06-2025 | ISSN 2734-9888 | tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION



Kỷ niệm

100 NĂM NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

TRUNGNAM
E&C

CÔNG TY CỔ PHẦN

XÂY DỰNG VÀ LẮP MÁY TRUNG NAM

TRUNG NAM CONSTRUCTION AND ENGINEERING CORPORATION

Địa chỉ: Thôn 2, xã Tân Thượng, huyện Di Linh, tỉnh Lâm Đồng
VP giao dịch: Số 238 đường 3/2, Phường 12, Quận 10, TP. HCM
Di động: 0834707579
Email: vanthutnec@trungnamgroup.com.vn
www.trungnamec.com.vn



CHÚC MỪNG
NGÀY BÁO CHÍ 21/6
CÁCH MẠNG VIỆT NAM

TỔNG CÔNG TY LẮP MÁY VIỆT NAM - CTCP

LILAMA CORPORATION

Địa chỉ: 124 Minh Khai, Q. Hai Bà Trưng, Hà Nội

Tel: 024.38633067; 024.38632059; 024.38637747 - Fax: 02438636104









CHÚC MỪNG NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM 21/6

BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 5

10B NGUYỄN CHÍ THANH, PHƯỜNG THẠCH THANG, QUẬN HẢI CHÂU, TP. ĐÀ NẴNG

Chúc mừng

100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)



BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG TỈNH TIỀN GIANG

Địa chỉ: Số 03A đường Ngô Quyền, phường 7, TP. Mỹ Tho, tỉnh Tiền Giang
Điện thoại: (0273) 3873.351



Chúc Mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

21/6

CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH THĂNG LONG

THANG LONG CONSTRUCTION QUALITY CONSULTANT JOINT STOCK COMPANY

Chủ tịch HĐQT, Tổng giám đốc

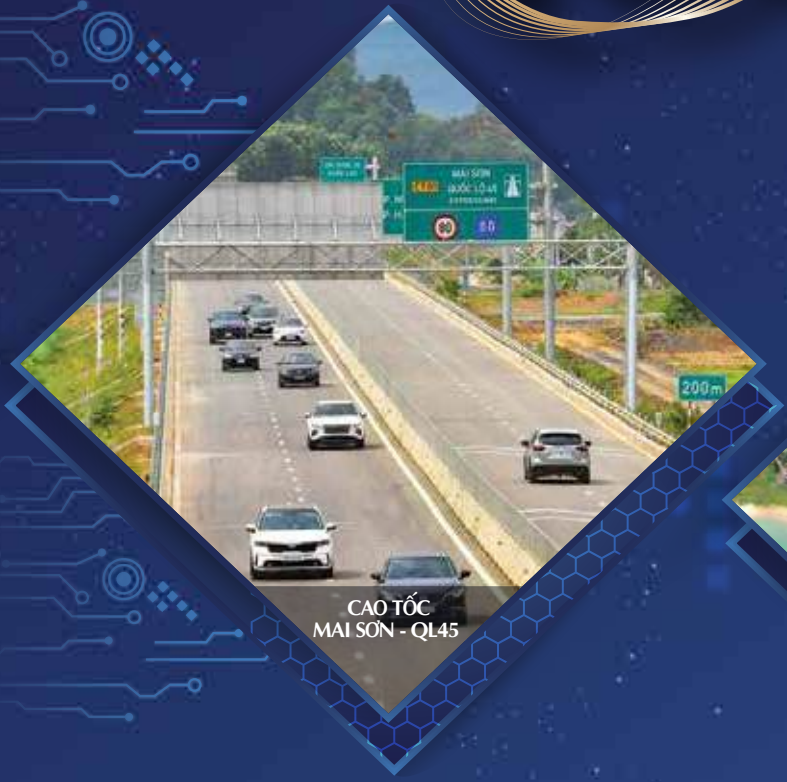
Tiến sĩ NGUYỄN DUY ANH

Chúc mừng

100 *năm*

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)



CAO TỐC
MAI SƠN - QL45



CẦU YÊN MỸ
CAO TỐC QL45 - NGHI SƠN

TRỤ SỞ CHÍNH:
Số 33, phố Dịch Vọng, quận Cầu Giấy, TP. Hà Nội

VĂN PHÒNG ĐẠI DIỆN TẠI TP.HCM:
Số 1702, Tòa nhà Indochina, số 4, Nguyễn Đình Chiểu, phường Đa Kao, quận 1, TP.HCM

024.38330026 | FAX *024.38336018* | *www.tuvangiamsat.com.vn*

KHANG NGUYÊN

CÔNG TY CỔ PHẦN
ĐẦU TƯ XÂY DỰNG HẠ TẦNG KHANG NGUYÊN


Cầu Nguyễn Trãi - Hải Phòng

Cầu Hoàng Văn Thụ - Hải Phòng


Cầu Trà Khúc 3 - Quảng Ngãi


Cầu Kinh Dương Vương - Bắc Ninh

Chúc mừng 100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng Hạ tầng Khang Nguyên (Khang Nguyên ICI) là nhà thầu chuyên nghiệp trong lĩnh vực thi công cầu và hạ tầng giao thông tại Việt Nam.

Trong suốt 15 năm qua, chúng tôi đã thực hiện nhiều công trình cầu cấp đặc biệt và cầu lớn, áp dụng thiết kế hiện đại cùng công nghệ tiên tiến như cầu vòm thép, cầu dây văng, cầu dây võng và cầu extradose.

Nhờ sự tin tưởng của khách hàng và nỗ lực không ngừng của ban lãnh đạo cùng đội ngũ cán bộ, công nhân viên, Khang Nguyên ICI đã đạt mức tăng trưởng ấn tượng.

Năm 2024, doanh thu xây lắp đạt 1.339 tỷ đồng, và dự kiến năm 2025 sẽ đạt khoảng 2.500 tỷ đồng.

Tầng 3, tòa nhà hỗn hợp Vườn Đào, ngõ 689, Lạc Long Quân, quận Tây Hồ, TP. Hà Nội
(+84) 24 222 39 261
info@khangnguyenjsc.com
https://khangnguyenjsc.com

MỤC LỤC CONTENT

06.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:
PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Lê Trung Thành - Thường trực Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dùng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:
37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI
Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài): 024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Văn phòng đại diện phía Nam:
14 Kỳ Đồng, Quận 3, TP.HCM
Giấy phép xuất bản:
Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.
ISSN: 2734-9888
Tài khoản: 113000001172
Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
Thiết kế: Thạc Cường
In tại: Công ty TNHH In Quang Minh
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785, Trương Định, Q Hoàng Mai, TP Hà Nội.

Ảnh bìa 1: Nắng sớm bên vịnh Nha Trang.
Ảnh: TRẦN ANH KHOA

Giá 75.000 đồng

PHONG THƯ 12 Tư tưởng Hồ Chí Minh về báo chí, tuyên truyền

QUẢN LÝ NGÀNH

THANH NGA 14 Bộ Xây dựng thực hiện phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền tối đa
CAO NGA 16 Phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực xây dựng
KTS PHẠM THANH TÙNG 18 Giấy phép xây dựng và câu chuyện quản lý đô thị trong kỷ nguyên số
THANH LƯƠNG 22 Triển khai các cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt cho một số dự án đường sắt
THẠCH LONG 24 Thực hiện chính sách đặc thù phát triển NƠXH: Không để khoảng trống pháp lý

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

PGS.TS.KTS HOÀNG VĨNH HƯNG 26 Các giải pháp trong lập và thực hiện quy hoạch đô thị của chính quyền địa phương hướng tới phát triển đô thị bền vững
PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN 32 Đường sắt đô thị - nhân tố quan trọng góp phần giải quyết vấn đề giao thông đô thị tại các thành phố lớn
TS KHUẤT VIỆT HÙNG 36 Tăng cường năng lực khoa học công nghệ, chuyển đổi số và nguồn nhân lực đối với doanh nghiệp quản lý vận hành khai thác đường sắt đô thị
TS HOÀNG ANH TUẤN 40 Giải pháp nâng cao chất lượng dịch vụ xe buýt Hà Nội
MỸ LỆ 44 Phát triển hệ sinh thái logistics hiện đại phía Nam: Vai trò trụ cột của vận tải đa phương thức trong kinh tế vùng
LÊ VĂN THỊNH 46 Ứng dụng AI trong công tác quản lý nhà nước về chất lượng công trình xây dựng: Nếu không đi trước, sẽ bị bỏ lại phía sau
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG 48 Cơ hội giải quyết triệt để tình trạng thiếu trường THPT công lập ở nội đô

DIỄN ĐÀN KHOA HỌC

TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG 50 Giải pháp nâng cao tính ứng dụng và tra cứu của hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kiến trúc

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

NGUYÊN HẠNH, THU THỦY 56 Thể chế hóa Nghị quyết 68-NQ/TW- Doanh nghiệp cần được vận hành trong môi trường pháp lý minh bạch và nhân văn

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

NGUYỄN MINH VÂN 62 Chuyện vô thường tài sản tư nhân
NGUYỄN HOÀNG LINH 64 Phát triển kinh tế tư nhân: Kiểm soát những "biến thái" pháp lý khi thực thi phân quyền

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

AN NHIÊN 67 Kinh tế xây dựng với cách mạng công nghiệp 4.0 và chuyển đổi số

PHÁT TRIỂN KINH TẾ TƯ NHÂN

THANH UYÊN 68 Ceo Dkra Living Vũ Tiến Thành: Sự hài lòng của khách hàng là tiêu chí cốt lõi trong mọi hoạt động vận hành
THÙY DƯƠNG 70 Tổ ấm triệu đô - Di sản sống giữa Vịnh Bình Minh
CÔNG DŨNG 72 Trưởng dự án Net Zero Vinamilk: Kết hợp sản xuất, năng lượng và công nghệ để "chuyển đổi xanh"
THỦY ANH 74 Gốm Đất Việt: Kiến tạo tri thức, giữ Hồn Đất Việt

DOANH NGHIỆP 4.0

MINH THÀNH 76 4 đột phá để VATM thực hiện thắng lợi các mục tiêu, chỉ tiêu giai đoạn 2025 - 2030
ĐÌNH QUANG 78 Ngành Đường sắt bùng nổ, cơ hội vàng cho doanh nghiệp Việt
BẢO CHÂU 80 Những mầm xanh đam mê nghiên cứu khoa học từ "Mái trường đại dương"
HẢI THANH 82 Để buýt Hà Nội "gần" hơn và "xanh" hơn
VĂN QUYẾT 84 Trung tâm Phát triển Quỹ đất tỉnh Cà Mau bàn giao hơn 96 ha mặt bằng xây dựng dự án mở rộng Cảng Hàng không Cà Mau
KỲ ANH 86 V-FRC tiên phong ứng dụng bê tông cốt sợi hiệu suất cao tại Việt Nam
PV 88 Ban Quản lý Dự án 7
PV 89 Ban Quản lý dự án Giao thông Khu vực và Chuyên ngành Nông nghiệp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu
PV 90 Ban quản lý dự án Mỹ Thuận
ĐẠI THẮNG 91 Quảng Ngãi thực hiện nhiều giải pháp đảm bảo an toàn giao thông

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

HÀ VĂN THANH KHƯƠNG 104 Mô hình quản lý không gian công cộng ven biển chia sẻ TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang
PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI 110 Xu hướng phát triển kiến trúc nhà ở nông thôn
TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY, THS.KTS BÙI THỊ MINH NGUYỆT 115 Thiết kế trường học cao tầng trong đô thị mật độ cao: Hướng đi nào cho Hà Nội?
LƯƠNG THỊ HIỀN, HOÀNG HẢI LONG 120 Giá trị đặc trưng tổ chức không gian cư trú dân tộc Thái tỉnh Thanh Hóa và tiềm năng phát triển du lịch cộng đồng
TRẦN TRUNG HIẾU, TRƯƠNG MINH LÂM 125 Ứng dụng mỹ học trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị: Nghiên cứu trường hợp nhà ga ngầm Ba Son và vai trò của vật liệu mới
THS.KTS NGUYỄN THỊ TÂM ĐAN, THS.KTS NGÔ HỒNG NĂNG 130 Nhận diện và phát huy giá trị các di tích tôn giáo, tín ngưỡng trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ, TP Vĩnh Long
PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH 136 Nhìn lại công tác phân vùng ở Việt Nam
TS TRẦN XUÂN HIẾU, THS DƯƠNG QUỲNH NGA 140 Chỉ số sinh kế bền vững trong xây dựng bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương khu vực ven biển huyện Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050
TS.KTS LÊ ĐÀM NGỌC TÚ 146 Thích ứng với biến đổi khí hậu và nước biển dâng tại thành phố ven biển ở các nước đang phát triển
TS LÊ QUỲNH CHI, THS NGUYỄN QUANG HUY, THS TRẦN QUỐC THÁI 152 Tổ chức không gian các xã vùng ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh thích ứng với biến đổi khí hậu





PHONG THU 12 Ho Chi Minh's Thoughts on journalism and propaganda

INDUSTRY MANAGEMENT

THANH NGA 14 The Ministry of Construction implements decentralization, delegation of authority, and
CAO NGA 16 maximum authority assignment.
PHAM THANH TRUNG 18 Delimitation of authority of two-level local government in the construction sector
THANH LUONG 22 Building permits and the story of urban management in digital age
THACH LONG 24 Deploying specific mechanisms and policies, especially for some railway projects
Implementing specific policies for social housing development: Leaving no legal gaps

FROM POLICY TO LIFE

HOANG VINH HUNG 26 Solutions in urban planning and implementation by local authorities towards sustainable urban development
NGUYEN HONG TIEN 32 Urban railways - an important factor contributing to solving urban traffic problems in big cities
KHUAT VIET HUNG 36 Strengthening science and technology capacity, digital transformation and human resources for urban railway operation management enterprises
HOANG ANH TUAN 40 Solutions to improve the quality of Hanoi bus services
MY LE 44 Developing a modern logistics ecosystem in the South: The pivotal role of multimodal transport in the regional economy
LE VAN THINH 46 The application of AI in state management of construction quality: If we do not take the lead, we will be left behind.
PHAM HOANG PHUONG 48 Opportunity to completely solve the shortage of public high schools in inner cities

SCIENCE FORUM

NGUYEN TAT THANG 50 Solutions to improve the applicability and searchability of the architectural design standards system

TALK WITH EXPERTS

NGUYEN HANH, THU THUY 56 Institutionalizing Resolution No. 68-NQ/TW - En-terprises need to operate in a transparent and hu-mane legal environment

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

NGUYEN MINH VAN 62 The uncertainty of private property
NGUYEN HOANG LINH 64 Fostering private sector growth: Preventing legal aberrations amid decentralization reforms

ABOUT NEW BOOK

AN NHIEN 67 Construction economy with industrial revolution 4.0 and digital transformation

PRIVATE ECONOMIC DEVELOPMENT

THANH UYEN 68 Dkra Living CEO Vu Tien Thanh: Customer satis-faction is the core criterion in all operations
THUY DUONG 70 Million Dollar Home - Living Heritage in the Mid-dle of Binh Minh Bay
CONG DUNG 72 Vinamilk Net-Zero project leader: Combining pro-duction, energy and technology for "green trans-formation"
THUY ANH 74 Gom Dat Viet: Creating knowledge, preserving the Soul of Vietnam

ENTERPRISE 4.0

MINH THANH 76 4 breakthroughs for VATM to successfully achieve goals and targets for the 2025 - 2030 period
DINH QUANG 78 Booming railway industry: A golden opportunity for Vietnamese businesses
BAO CHAU 80 Young green shoots of scientific passion from the "Ocean School"
HAI THANH 82 Bringing Hanoi's buses "closer" and "greener"
VAN QUYET 84 Land Fund Development Center of Ca Mau Prov-ince handed over more than 96 hectares of con-struction site for the Ca Mau Airport expansion project.
KY ANH 86 V-FRC pioneers the application of high-performance fiber reinforced concrete in Vietnam
PV 88 Project Management Unit No. 7
PV 89 Project Management Unit for Regional Transport and Agricultural Specialties of Ba Ria – Vung Tau Province
PV 90
DAI THANG 91 My Thuan Project Management Unit
Quang Ngai implements many solutions to ensure traffic safety

SCIENTIFIC RESEARCH

HA VAN THANH KHUONG 104 A shared coastal public space management model: the case of Phu Quoc City, Kien Giang province
NGUYEN DINH THI 110 Trends in the development of rural housing architecture
NGUYEN VIET HUY, BUI THI MINH NGUYET 115 Vertical school design in high-density urban contexts: A viable approach for Hanoi?
LUONG THI HIEN, HOANG HAI LONG 120 The distinctive values of spatial organization in Thai ethnic residences in Thanh Hoa province and their potential for community-Based tourism development
TRAN TRUNG HIEU, TRUONG MINH LAM 125 Aesthetic applications in Urban railway station design: A case study of Ba Son Underground station and the Role of Advanced materials
NGUYEN THI TAM DAN, NGO HONG NANG 130 Identifying and promoting the value of religious and belief relics in landscape architectural planning along two banks of Long Ho river, Vinh Long city
TRAN TRONG HANH 136 A Look back at Regionalization in Vietnam
TRAN XUAN HIEU, DUONG QUYNH NGA 140 Sustainable livelihood index in mapping the vulnerability assessment of the coastal area in Kim Son district, Ninh Binh province, toward 2030 with a vision to 2050
LE DAM NGOC TU 146 Climate change and sea level rise adaptation for coastal cities in developing countries
LE QUYNH CHI, NGUYEN QUANG HUY, TRAN QUOC THAI 152 Organizing spatial structure of rural communes along rao cai river, Ha Tinh City in adaptation to climate change
TRUONG THANH HAI 157 Adaptive reuse for modernism buildings in Ho Chi Minh City: Conservation opportunities in

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D
(Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
(Permanent Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D
Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
Dr. Khuat Viet Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof. Pham Huy Khang, Ph.D
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Thai Binh
DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Van Huong
Pham Van Dung
Nguyen Thanh Hoa
Ly Ngoc Thanh

OFFICE:
37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI
Editorial Board: 024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Representative Office in Ho Chi Minh City:
No. 14 Ky Dong, District 3, Ho Chi Minh City
Publication:
No: 14/GP-BVHTTDL dated April 11, 2025.
ISSN: 2734-9888
Account: 113000001172
Joint Stock Commercial Bank of Vietnam
Industrial and Commercial Branch,
Hai Ba Trung, Hanoi
Designed by: Thac Cuong
Printed at Quang Minh Company Limited
Address: No. 27, Alley 785, Truong Dinh Street,
Hoang Mai District, Hanoi City, Vietnam.

MỤC LỤC CONTENT

06.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:
PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Lê Trung Thành - Thường trực Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dùng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:
37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI
Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài):
024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Văn phòng đại diện phía Nam:
14 Kỳ Đồng, Quận 3, TP.HCM
Giấy phép xuất bản:
Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.
ISSN: 2734-9888
Tài khoản: 113000001172
Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
Thiết kế: Thạc Cường
In tại: Công ty TNHH In Quang Minh
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785, Trương Định, Q Hoàng Mai, TP Hà Nội.

TRƯƠNG THANH HẢI 157 Tái sử dụng thích ứng cho các công trình kiến trúc hiện đại tại TP.HCM: Cơ hội bảo tồn trong phát triển đô thị
THS NGUYỄN THỊ LAN ANH, TS LÊ THỊ MINH HUYỀN, THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN 162 Thực trạng hệ thống thông tin logistics tại Việt Nam
TS LÊ ĐĂNG MINH 166 Phát triển doanh nghiệp tư nhân ở Đài Loan: Bài học tham khảo và hàm ý chính sách cho Việt Nam
PHẠM THỊ VÂN, PHẠM TIẾN DŨNG, HOÀNG TÙNG, NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG 170 Nghiên cứu ứng dụng mô hình BIM phục vụ quản lý dự án trong quá trình thi công công trình giao thông
THS NGUYỄN ĐÌNH MINH, TS NGUYỄN VĂN SƠN, TS NGUYỄN THANH VIỆT, THS LÊ QUỐC LONG 174 Đánh giá các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM
PGS.TS LÊ ANH DŨNG, THS NGUYỄN DUY VINH 178 Xác định và phân tích các bên liên quan đến thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị tại Việt Nam, từ góc nhìn của doanh nghiệp
NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN 184 Nghiên cứu quy trình đấu tư xây dựng dự án vốn nhà nước nhóm C cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư
NGUYỄN THANH PHONG, HOÀNG HẢI, PHẠM PHÚ CƯỜNG 188 Ứng dụng AHP để lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện ở TP.HCM
PHẠM THỊ TUYẾT AN, LÊ TRUNG THÀNH 192 Quản lý vốn đầu tư công xây dựng cơ bản tại Tân Hồng, Đồng Tháp: Thực trạng và giải pháp
THS TRẦN VIẾT KHÁNH, TS NGUYỄN DUY HƯNG, THS NGUYỄN ĐÌNH MẬU 197 Đánh giá rủi ro trong quá trình thực hiện các dự án xây dựng theo hình thức hợp tác công tư (PPP) tại Việt Nam
PGS.TS LÊ HOÀNG AN, THS VŨ HIẾU PHƯƠNG 202 Nghiên cứu chế tạo và thí nghiệm sức chịu tải của song chắn rác bê tông tính năng cao
NGUYỄN VĂN CHÍNH 207 Nghiên cứu giải pháp kiểm soát ứng suất nhiệt trong xây dựng đập vòm bằng bê tông MgO
NGUYỄN THU HUYỀN, TRƯƠNG ĐỨC CẢNH, LÊ THÙY DƯƠNG 212 Tiềm năng giảm thiểu ô nhiễm môi trường khi thay thế túi ni lông sản xuất bằng nhựa truyền thống với túi nhựa bio plastic PLA tại các siêu thị Việt Nam
LÊ NGUYỄN THIỆN HUY, LÊ MẠNH TƯỜNG, VÕ NHẬT LUÂN 216 Khả năng sử dụng cát đen kết hợp với tro bay nhiệt điện để chế tạo sản phẩm bê tông trong các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm
PHAN ĐỨC HÙNG, VŨ ĐỨC ANH 222 Ứng dụng bê tông geopolymer dùng xỉ cho cấu kiện dầm bê tông cốt thép dưỡng hộ trong môi trường tự nhiên
PGS.TS NGUYỄN MINH ĐỨC, THS NGUYỄN VĂN HIỆP 226 Nghiên cứu ảnh hưởng của bão hòa đến chỉ số nén sập của đất sét đầm chặt
TS.KTS LÊ KIM THƯ, PGS.TS LÊ VĂN NHU, TS NGUYỄN QUANG HIỆP, TS NGUYỄN TRUNG THÀNH 230 Hiệu chỉnh ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng vật kính ảnh nhiệt bằng sử dụng kỹ thuật học sâu
TS LÊ THÁI BÌNH, TS CHU VIỆT THỨC 235 Nghiên cứu ứng dụng tro bay Nhà máy Nhiệt điện Phả Lại trong quản lý xây dựng nền đường khu vực đồng bằng sông Hồng
TS TRẦN HỮU BẰNG, THS NGUYỄN QUỐC TRÚC, THS VÕ THANH HÙNG, THS LÊ THÀNH TRUNG, THS PHÚ THỊ TUYẾT NGA 240 Đặc trưng cơ lý và ứng dụng làm mặt đường nội bộ của bê tông rỗng có sử dụng cốt liệu xỉ thép và tro bay
TS PHẠM ĐỨC THIỆN, THS TRỊNH THANH BÌNH 244 Ứng xử chịu uốn của sàn bán lắp ghép sử dụng kết hợp bê tông geopolymer và bê tông xi măng
TS TRẦN ĐỨC MINH HẢI, PGS.TSKH NGUYỄN XUÂN NGUYÊN 248 Đánh giá hiêu quả Clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo trong quá trình xử lý nước cấp sinh hoạt
THS LÊ HỒNG QUÂN, TS TRẦN VĂN TUẤN, TS NGUYỄN VĂN CHI, KS ĐỒNG VĂN KIÊN 253 Sử dụng phương pháp đo điện thế half-cell nghiên cứu ăn mòn cốt thép trong bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển
TS NGUYỄN TRẦN HIẾU, THS NGUYỄN MINH TUYỀN 258 Mô phỏng liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM
TS PHAN VĂN HUỆ, TS TRƯƠNG QUANG HẢI 263 Đề xuất phương pháp thiết kế liên kết giữa sàn phẳng bê tông cốt thép với cột ống thép nhồi bê tông khi chịu mô men không cân bằng
NGUYỄN BẢO VIỆT, PHAN TRỌNG KHANH 270 Nghiên cứu sức chịu tải của đất nền tựa cọc theo TCVN 10304:2014
CAO CHU QUANG, ĐINH VIẾT THANH, VŨ NGỌC ANH, LÊ BẢO QUỐC 274 Ảnh hưởng của kích thước biên và khoảng cách giữa hai đường hầm đến nội lực công trình ngầm chịu động đất bằng phương pháp ISGD
ĐOÀN VĂN ĐẸT, LÊ TẤN TRUYỀN 280 Dự đoán sức chịu tải cọc bê tông cốt thép theo chỉ số SPT và so sánh với kết quả thử tĩnh
THS TRẦN QUỐC TOÀN, TRẦN ĐẮC THÔNG, TS PHAN VŨ PHƯƠNG 284 Đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao bê tông cốt thép gia cường kháng cắt bằng tấm CFRP
TS NGUYỄN VIỆT HƯNG, VÕ QUỐC HÙNG, THS NGUYỄN THÀNH NHÂN 290 Tính toán mô men kháng nứt của tiết diện bê tông cốt thép theo mô hình ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng của bê tông
TS NGUYỄN PHI LONG 295 Đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông cốt thép trong kết cấu nhà ga hàng không theo tiêu chuẩn Eurocode
TRẦN ANH TÚ, CAO NGUYÊN THI, LƯƠNG BẢO BÌNH, VÕ NHẬT TIỄN, NGUYỄN QUỐC PHONG, HUỲNH QUỐC BÌNH, VÕ NGỌC HÀ, HÀ THIỆN Ý, VÕ SƠN, ĐÀM XUÂN THẾ, NGÔ TẤN PHONG 300 Xây dựng mô hình số độ cao bằng công cụ drone RTK cho TP Mỹ Tho, Tiền Giang
KS NGUYỄN QUỐC TUẤN, TS NGUYỄN CHÍ THỌ, TS NGUYỄN THANH SANG 304 Nghiên cứu ảnh hưởng của tác dụng nổ lên kết cấu cầu thép dạng vòm
TS.KTS LÊ KIM THƯ, THS LÊ DUY HOÀN 310 Nghiên cứu thiết kế vật kính ảnh nhiệt khẩu độ số lớn trong dải bước sóng hồng ngoại dài
KS NGUYỄN QUỐC HIỆP, TS PHAN THÀNH TRUNG 314 Nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu đặt hầm metro dưới tác động của vụ nổ trên mặt đất
TS PHẠM VĂN HÙNG, TS ĐẶNG QUANG HUY, THS NGỌ THỊ HƯƠNG TRANG, LÊ VĂN PHƯỚC NHÂN 318 Phân tích ổn định tổng thể tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết
323 Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ mảnh tương đối đến ứng xử của cột liên hợp thép-bê tông
LÊ VIỆT HUY 328 Ảnh hưởng của graphite Lào Cai đến đặc trưng cơ học và tính dẫn điện của bê tông hạt mịn cường độ cao





urban development

NGUYEN THI LAN ANH, LE THI MINH HUYEN, NGUYEN THI THANH HUYEN — 162 — Current state of logistics information system in Vietnam

LE DANG MINH — 166 — Private sector development in Taiwan: Policy lessons and implications for Vietnam

PHAM THI VAN, PHAM TIEN DUNG, HOANG TUNG, NGUYEN THI CAM NHUNG — 170 — Research on the Application of BIM in Project Management during the Construction Phase of Transportation Projects

NGUYEN DINH MINH, NGUYEN VAN SON, NGUYEN THANH VIET, LE QUOC LONG — 174 — Assessment of causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh city

LE ANH DUNG, NGUYEN DUY VINH — 178 — Identifying and analyzing stakeholders in urban development investment projects in vietnam from the perspective of enterprises

NGUYEN HAI QUANG, LE THANH TOAN — 184 — A Study on the Investment preparation process for Category C public investment projects in construction

NGUYEN THANH PHONG, HOANG HAI, PHAM PHU CUONG — 188 — Applying the AHP to select a central air handling unit system for a hospital construction investment project in Ho Chi Minh City

PHAM THI TUYET AN, LE TRUNG THANH — 192 — Public investment capital management in basic construction in Tan Hong district, Dong Thap province: Current status and policy implications

TRAN VIET KHANH, NGUYEN DUY HUNG, NGUYEN DINH MAU — 197 — Assess Risks in Implement (PPP) project in Vietnam

LE HOANG AN, VU HIEU PHUONG — 202 — Research on manufacturing and testing the load-bearing capacity of high-performance concrete gully grating

NGUYEN VAN CHINH — 207 — Research on Solutions for Controlling thermal stress in Arch dam construction using MgO Concrete

NGUYEN THU HUYEN, TRUONG DUC CANH, LE THUY DUONG — 212 — Potential to reduce environmental pollution when replacing traditional plastic bags with PLA bio plastic bags in Vietnamese supermarkets

LE NGUYEN THIEN HUY, LE MANH TUONG, VO NHAT LUAN — 216 — Feasibility of using natural black sand combined with fly ash for concrete production in ready-mixed concrete plants

PHAN DUC HUNG, VU DUC ANH — 222 — Application of slag-based geopolymer concrete for reinforced concrete beams under ambient curing condition

NGUYEN MINH DUC, NGUYEN VAN HIEP — 226 — The influence of degree of saturation on collapse potential index of compacted soil

LE KIM THU, LE VAN NHU, NGUYEN QUANG HIEP, NGUYEN TRUNG THANH — 230 — Correcting the impact of temperature variations on the image quality of thermal imaging optical system using deep learning techniques

LE THAI BINH, CHU VIET THUC — 235 — A study on the utilization of fly ash from the pha lai thermal power plant for roadbed construction management in the Red river Delta region

TRAN HUU BANG, THS NGUYEN QUOC TRUC, VO THANH HUNG, LE THANH TRUNG, PHU THI TUYET NGA — 240 — Mechanical properties and local pavement application of pervious concrete incorporating steel slag aggregate and fly ash

PHẠM DUC THIEN, TRINH THANH BINH — 244 — Flexural behavior of semi-precast slabs made from geopolymer concrete and cement concrete

TRAN DUC MINH HAI, NGUYEN XUAN NGUYEN — 248 — Evaluation of pretreatment stage with chlorine Dioxide in water supply for domestic use

LE HONG QUAN, TRAN VAN TUAN, NGUYEN VAN CHI, DONG VAN KIEN — 253 — Using half-cell potential measurement methods, investigating steel reinforcement corrosion in geopolymer concrete using coral sand, coral rock, and seawater

NGUYEN TRAN HIEU, NGUYEN MINH TUYEN — 258 — Modeling column base connections using CBFEM

PHAN VAN HUE, TRUONG QUANG HAI — 263 — Proposed design method for reinforced concrete flat slab and concrete filled steel tube column connections subjected unbalanced moment

NGUYEN BAO VIET, PHAN TRONG KHANH — 270 — A study of bearing capacity of the equivalent foundation of a pile foundation according to TCVN 10304:2014

CAO CHU QUANG, DINH VIET THANH, VU NGOC ANH, LE BAO QUOC — 274 — Influence of boundary size and Distance between two tunnels on the Internal forces of tunnel structures under Earthquake effects using the ISGD method

DOAN VAN DET, LE TAN TRUYEN — 280 — Predicting the bearing capacity of reinforced concrete piles based on N-SPT and comparison with static loading test

TRAN QUOC TOAN, TRAN ĐAC THONG, PHAN VU PHUONG — 284 — Proposal for adjusting the strut-and-tie model to predict the shear capacity of deep reinforced concrete beams strengthened with CFRP sheets

NGUYEN VIET HUNG, VO QUOC HUNG, NGUYEN THANH NHAN — 290 — Calculation of cracking moment of reinforced concrete section based on tri-linear stress-strain diagram of concrete

NGUYEN PHI LONG — 295 — Evaluation of fire resistance of reinforced concrete in airport structure according to Eurocode standards

TRAN ANH TU, CAO NGUYEN THI, LUONG BAO BINH, VO NHAT TIEN, NGUYEN QUOC PHONG, HUYNH QUOC BINH, VO NGOC HA, HA THIEN Y, VO SON, DAM XUAN THE, NGO TAN PHONG — 300 — Buid digital elevation model for My Tho City, Tien Giang province using drone RTK

NGUYEN QUOC TUAN, NGUYEN CHI THO, NGUYEN THANH SANG — 304 — Research on the impact of explosion effects on arch-type steel bridge structures

LE KIM THU, LE DUY HOAN — 310 — Research on the design of a large numerical aperture thermal imaging objective lens in the long-wave infrared (LWIR) spectrum

NGUYEN QUOC HIEP, PHAN THANH TRUNG — 314 — Investigation the influence of metro tunnel depths under the impact of surface explosion

PHAM VAN HUNG, DANG QUANG HUY, NGO THI HUONG TRANG — 318 — Overall stability analysis of a geosynthetic reinforced mechanically stabilized earth wallusing the simplified coherent gravity method

VAN PHUOC NHAN LE — 323 — Experimental Studying the effect of the column's relative slenderness on the steel-concrete composite columns' behavior

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D
(Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
(Permanent Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D
Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
Dr. Khuat Viet Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof. Pham Huy Khang, Ph.D
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Thai Binh
DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Van Huong
Pham Van Dung
Nguyen Thanh Hoa
Ly Ngoc Thanh

OFFICE:
37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI
Editorial Board: 024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Representative Office in Ho Chi Minh City:
No. 14 Ky Dong, District 3, Ho Chi Minh City
Publication:
No: 14/GP-BVHTTDL dated April 11, 2025.
ISSN: 2734-9888
Account: 113000001172
Joint Stock Commercial Bank of Vietnam Industrial and Commercial Branch, Hai Ba Trung, Hanoi
Designed by: Thac Cuong
Printed at Quang Minh Company Limited
Address: No. 27, Alley 785, Truong Dinh Street, Hoang Mai District, Hanoi City, Vietnam.

MỤC LỤC CONTENT

06.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:
PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Lê Trung Thành - Thường trực Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dùng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:
37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI
Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài):
024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Văn phòng đại diện phía Nam:
14 Kỳ Đồng, Quận 3, TP.HCM
Giấy phép xuất bản:
Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.
ISSN: 2734-9888
Tài khoản: 113000001172
Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
Thiết kế: Thạc Cường
In tại: Công ty TNHH In Quang Minh
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785, Trương Định, Q Hoàng Mai, TP Hà Nội.

NGUYỄN THANH TÚ, NGUYỄN MINH ĐỨC — 334 — Ảnh hưởng của xi măng đến ứng xử trương nở và giá trị CBR của đất bùn lòng sông
TRẦN ĐÌNH CƯƠNG, TRẦN ĐĂNG KHẢI, NGÔ VĂN QUÂN, NGUYỄN PHI LONG — 338 — Phân tích và đánh giá tiêu chuẩn thiết kế, xây dựng và nghiệm thu sân bay của Việt Nam với các khuyến nghị cập nhật dựa trên các tài liệu của ICAO
LÊ TRUNG PHONG, NGUYỄN PHI LONG — 344 — Đánh giá thực nghiệm về tính chất cơ lý của bê tông kết hợp vỏ hạt mắc ca
PHẠM HỮU HÀ GIANG, TRẦN HOÀNG NAM, LÊ GIA LINH, NGUYỄN MẠNH CƯƠNG, PHẠM MINH TRIẾT, ĐINH VĂN DUY — 348 — Ảnh hưởng của tải trọng động đến chuyển vị của cống thoát nước trong quá trình nâng cấp đô thị: Trường hợp nghiên cứu tại đường Trần Văn Hoài, TP Cần Thơ
NGUYỄN MINH ĐỨC, NGÔ NGỌC BẢO AN, DƯƠNG THU HẰNG — 353 — Đánh giá kỹ thuật-kinh tế các phương pháp chiết xuất thu hồi axit béo dễ bay hơi từ các dòng nước thải giàu hữu cơ
TS NGUYỄN LONG KHÁNH, THS ĐÀO ĐẮC HOÀNG — 358 — Tổng quan về ứng dụng phốt pho thạch cao trong xây dựng
TS ĐÀO PHÚC LÂM, PGS.TS DOÃN MINH TÂM — 361 — Đánh giá hiệu quả thiết kế kết cấu áo đường sửa chữa sử dụng vật liệu tái chế nguội tại chỗ theo chỉ dẫn AASHTO
TS ĐÀO SỸ ĐÁN — 366 — Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các dầm bê tông cốt thép giản đơn theo tiêu chuẩn ACI 216.1M-14
PGS.TS NGÔ ĐĂNG QUANG — 369 — Xác định hệ số dẫn nhiệt đối lưu của mặt trong dầm cầu bê tông có mặt cắt dạng hộp
GS.TS LÊ HÙNG LÂN, TS LÊ XUÂN TRƯỜNG, THS PHAN THỊ THANH NGỌC — 372 — Phát triển giao thông xanh dựa trên hệ thống giao thông thông minh và logistics thông minh
TS. NGUYỄN XUÂN LONG — 376 — Nghiên cứu đề xuất giải pháp hỗ trợ giảm phát thải các-bon tại cảng biển Việt Nam đến năm 2030
TS LÊ TIẾN DŨNG, TS HOÀNG THỊ THANH — 380 — Phát triển thị phần vận tải đường sắt Việt Nam
THS ĐỖ THỊ MỸ LINH, TS NGUYỄN THANH VÂN — 383 — Nghiên cứu phương pháp sửa lỗi truyền dẫn trong hệ thống thông tin hàng hải sử dụng dãy tiêu chuẩn
TS ĐỖ MINH NGỌC, TS NGUYỄN MINH KHOA, THS TRỊNH MINH HOÀNG, THS TỐNG DUY BÌNH, THS LÊ XUÂN HÙNG — 386 — Phân tích ổn định và cơ chế làm việc của hệ đinh đất gia cố mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đất
PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỚNG, THS PHẠM VĂN LUÂN, THS PHẠM TẤT TIỆP — 390 — Bộ điều khiển trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy với thời gian ổn định hữu hạn
THS PHẠM QUANG THỦY, PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỚNG — 393 — Điều khiển mạng nơ-ron thích nghi cho hệ thống buộc tàu hai điểm
TS ĐÀO SỸ ĐÁN, THS CAO THỊ MAI HƯƠNG — 396 — Nghiên cứu xác định nội lực trong cống hộp bê tông cốt thép nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D
PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA, THS.NCS NGUYỄN THẮNG LỢI, THS.NCS DU QUANG VINH, TS NGUYỄN HẰNG GIANG ANH, KS NGUYỄN LÊ MINH HOA, KS TRẦN ĐỨC KHÁNH TÂN, NGUYỄN HỒ THANH NGÂN — 400 — Đánh giá tiềm năng phát triển bền vững của hệ thống vận tải thủy nội địa trên địa bàn tỉnh Long An
PGS.TS NGUYỄN MẠNH TUẤN, LÊ ANH KHÔI — 404 — Phân tích ứng suất và biến dạng trong các lớp áo đường mềm theo phương pháp hệ nhiều lớp
TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG, PGS.TS VŨ LÊ HUY, PHẠM NGỌC VIỆT, LÊ VĂN TUẤN, VŨ ĐÌNH DŨNG, ĐẶNG THẾ DUY, NGUYỄN HOÀNG VIỆT AN — 408 — Thiết kế, chế tạo và tính toán động học ngược robot song song Delta Rostock
GS.TS PHẠM HUY KHANG, PGS.TS NGUYỄN TRỌNG HIỆP, TS NGUYỄN ĐÌNH CHUNG — 412 — Nghiên cứu sử dụng phần mềm FAARFIELD trong xác định chỉ số phân cấp mặt đường sân bay
TS PHẠM ĐỨC TIỆP, TS PHẠM ĐỨC PHONG, KS LÊ QUỐC HOÀN — 416 — Nghiên cứu thực nghiệm về mối tương quan giữa chỉ số xuyên của thiết bị xuyên động và độ chặt của nền san hô
PGS.TS ĐÀO MINH QUÂN, TS ĐÀO QUANG KHANH, THS HỨA XUÂN LONG, THS TỐNG LÂM TÙNG — 421 — Nghiên cứu mô phỏng quá trình truyền thông CAN Bus giữa các thiết bị trên xe ô tô
TS MAI ANH ĐỨC, PGS.TS PHẠM ANH ĐỨC — 424 — Dự đoán biến dạng tới hạn của cột bê tông gia cường CFRP dựa trên mô hình học máy
TS ĐÀO PHÚC LÂM, THS LÊ HỮU VƯƠNG, THS NGUYỄN HỮU BÌNH — 429 — Mô hình hóa và phân tích sức chịu tải của nền đất yếu gia cố cọc xi măng đất dưới tác dụng của nền đường đắp sử dụng mô hình Mohr-Coulomb và phương pháp FEM
TS NGUYỄN ANH TUẤN, THS ĐÀO QUANG HUY, THS PHẠM NGỌC TRƯỜNG — 434 — Thí nghiệm nghiên cứu khả năng dính bám giữa cốt thanh GFRP và bê tông trong dầm
TS THÁI MINH QUÂN, PGS.TS NGUYỄN THANH SANG — 438 — Nghiên cứu thực nghiệm về bê tông chịu mặn sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp xỉ lò cao nghiền mịn sử dụng cho công trình biển
PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN, TS NGUYỄN VĂN ĐĂNG, THS LƯƠNG VĂN VỊNH, THS VŨ QUANG KHÔI, THS CAO MẠNH HÙNG — 442 — Hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho đường sắt đô thị và một số vấn đề khi áp dụng cho dự án xây dựng các tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam
TS NGUYỄN LỘC KHA — 445 — Một số nội dung tính toán kháng chấn nhà cao tầng với kết cấu khung chịu lực bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018
TS PHẠM ĐỨC PHONG, GS.TS PHẠM CAO THĂNG — 448 — Tính toán xác định mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi tĩnh và mô-đun đàn hồi động của đất nền đường ô tô
TS. TRẦN THẾ NAM — 451 — Sử dụng thuật toán PSO để thiết lập các thông số của robot bóng
ĐỖ HÀ MY, NGUYỄN LƯƠNG HẢI — 454 — Quản lý giao thông đô thị trong kỷ nguyên rút ngắn không gian và thời gian: Tích hợp cảm nhận khả năng tiếp cận vào phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam
PHẠM ĐỨC PHONG — 460 — Tính toán thời gian khai thác còn lại của kết cấu áo đường cứng đường ô tô từ kết quả thí nghiệm hiện trường bằng FWD
TS NGUYỄN XUÂN LONG, PGS.TS PHAN VĂN HƯNG — 463 — Tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước tàu chở hàng rời
THS BÙI ĐÌNH VŨ — 466 — Thực trạng giao thông ở Việt Nam và ứng dụng của công nghệ AI nhận dạng người tham gia giao thông không thắt dây an toàn hoặc thắt dây an toàn không đúng cách



VIET HUY LE	328	Effects of Lao Cai graphite on the mechanical properties and electrical conductivity of high-performance concretes
NGUYEN THANH TU, NGUYEN MINH DUC	334	Effect of the cement on the swell and CBR behavior of silty soil
DINH CUONG TRAN, DANG KHAI TRAN, VAN QUAN NGO, PHI LONG NGUYEN	338	Analysis and evaluation of Vietnam's airport design, construction, and acceptance standards with recommendations for updates based on ICAO documents
LE TRUNG PHONG, NGUYEN PHI LONG	344	An experimentally evaluating the mechanical behavior concrete incorporating macadamia nutshells
PHAM HUU HA GIANG, TRAN HOANG NAM, LE GIA LINH, NGUYEN MANH CUONG, PHAM MINH TRIET, DINH VAN DUY	348	The impact of dynamic loads on the displacement of drainage system during urban upgrading: A case study on Tran Van Hoai street, Can Tho City
MINH DUC NGUYEN, NGOC BAO AN NGO, THU HANG DUONG	353	Technical-economical evaluation of extraction methods for volatile fatty acid recovery from rich organic wastewater streams
NGUYEN LONG KHANH, THS DAO DAC HOANG	358	Review of Phosphogypsum Application in Construction
DAO PHUC LAM, DOAN MINH TAM	361	Evaluation of pavement rehabilitation designs incorporating Cold-in place recycling materials based on AASHTO Guidelines
DAO SY DAN	366	Study on Evaluating the Fire Resistance of Simple Reinforced Concrete Beams Based on the ACI 216.1M-14
NGO DANG QUANG	369	Determination of the convective heat transfer coefficient on the inner surface of concrete bridge box girder
LE HUNG LAN, LE XUAN TRUONG, PHAN THI THANH NGOC	372	Green transport development based on intelligent transport system and intelligent logistics
NGUYEN XUAN LONG	376	Research proposes solutions to support carbon emission reduction at Vietnamese seaports by 2030
LE TIEN DUNG, HOANG THI THANH	380	Developing Vietnam's Railway transport market share
DO THI MY LINH, NGUYEN THANH VAN	383	A study of linear block error correction codes in maritime comunication system by using cosets
DO MINH NGOC, NGUYEN MINH KHOA, TRINH MINH HOANG, TONG DUY BINH, LE XUAN HUNG	386	Stability analysis and working mechanism of soil nailing reinforced slope systems under seismic loading
NGUYEN VAN SUONG, PHAM VAN LUAN, PHAM TAT TIEP	390	Fast terminal sliding mode controller for ship roll stabilization system with finite-time
PHAM QUANG THUY, NGUYEN VAN SUONG	393	Adaptive neural network controller for two-point ship mooring system
DAO SY ĐAN, CAO THI MAI HUONG	396	A study on determining internal forces in reinforced concrete box culverts beneath high highway embankments using Plaxis 2D finite element software
HO THI THU HOA, NGUYEN THANG LOI, DU QUANG VINH, NGUYEN HANG GIANG ANH, NGUYEN LE MINH HOA, TRAN DUC KHANH TAN, NGUYEN HO THANH NGAN	400	Evaluating the potential for sustainable development of the inland waterway transport system in Long An province
NGUYEN MANH TUAN, LE ANH KHOI	404	Stress and strain analysis in flexible pavement layers using multi-layer method
NGUYEN ĐINH DUNG, VU LE HUY, PHAM NGOC VIET, LE VAN TUAN, VU ĐINH DUNG, DANG THE DUY, NGUYEN HOANG VIET AN	408	Design, manufacture and calculate inverse kinematics of parallel robot Delta Rostock
PHAM HUY KHANG, NGUYEN TRONG HIEP, NGUYEN DINH CHUNG	412	Study on the Determination of Airport Pavement Condition Rating (PCR) Using FAARFIELD Software
PHAM DUC TIEP, PHAM DUC PHONG, LE QUOC HOAN	416	Experimental study on the correlation between the penetration index of the dynamic cone penetrometer and the density of coral soil
DAO MINH QUAN, DAO QUANG KHANH, HUA XUAN LONG, TONG LAM TUNG	421	A study simulation of CAN Bus communication process between devices on cars
MAI ANH DUC, PHAM ANH DUC	424	Predicting the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete based on machine learning models
DAO PHUC LAM, LE HUU VUONG, NGUYEN HUU BINH	429	Numerical modeling and analysis of the bearing capacity of soft soil reinforced with soil cement columns under embankment loading using the Mohr-coulomb model and the Finite element method (FEM)
NGUYEN ANH TUAN, DAO QUANG HUY, PHAM NGOC TRUONG	434	Experimental research on adhesion ability between GFRP bars and concrete in beams
THAI MINH QUAN, NGUYEN THANH SANG	438	Experimental study on salt-resistant concrete using a combination of fly ash from thermal power plants and finely ground blast furnace slag
TRAN THE TRUYEN, NGUYEN VAN DANG, LUONG VAN VINH, VU QUANG KHOI, CAO MANH HUNG	442	System of technical standards and regulations for urban railways and some problems when applied to urban railway construction projects in Vietnam
NGUYEN LOC KHA	445	Some calculation contents for the seismic resistance of high - rise buildings with reinforced concrete frame structures according to ACI-318 and IBC-2018 standards
PHAM DUC PHONG, PHAM CAO THANG	448	Calculation to determine the relationship between static elastic modulus and dynamic elastic modulus of the roadbed soil
TRAN THE NAM	451	Using the PSO algorithm to estimate the system parameters of Ballbot
DO HA MY, NGUYEN LUONG HAI	454	Managing urban mobility in the age of time-space compression: Integrating perceived accessibility into transport infrastructure development in Vietnam
PHAM DUC PHONG	460	Calculating the remaining operating life of rigid pavement structure from the results of field experiments using an FWD
NGUYEN XUAN LONG, PHAN VAN HUNG	463	Optimizing the efficiency of draft survey for bulk carriers
BUI DINH VU	466	Traffic situation in Vietnam and application of AI technology to identify drivers who do not wear seat belts or wear them incorrectly

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D
(Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
(Permanent Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D
Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
Dr. Khuat Viet Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof. Pham Huy Khang, Ph.D
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Thai Binh
DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Van Huong
Pham Van Dung
Nguyen Thanh Hoa
Ly Ngoc Thanh

OFFICE:
37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI
Editorial Board: 024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Representative Office in Ho Chi Minh City:
No. 14 Ky Dong, District 3, Ho Chi Minh City
Publication:
No: 14/GP-BVHTTDL dated April 11, 2025.
ISSN: 2734-9888
Account: 113000001172
Joint Stock Commercial Bank of Vietnam
Industrial and Commercial Branch,
Hai Ba Trung, Hanoi
Designed by: Thac Cuong
Printed at Quang Minh Company Limited
Address: No. 27, Alley 785, Truong Dinh Street,
Hoang Mai District, Hanoi City, Vietnam.

Tư tưởng Hồ Chí Minh về báo chí, tuyên truyền

> **PHONG THƯ**

Bằng thực tiễn hoạt động báo chí, Chủ tịch Hồ Chí Minh đã hình thành và phát triển được một hệ thống các quan điểm toàn diện, sâu sắc, có giá trị lý luận và thực tiễn to lớn về báo chí, tuyên truyền, đã và đang soi đường cho hoạt động báo chí, tuyên truyền Việt Nam.

Là một nhà hoạt động cách mạng, Hồ Chí Minh coi báo chí là công cụ đắc lực để tuyên truyền, động viên, cổ vũ, tổ chức, giáo dục ý thức chính trị, giác ngộ quần chúng đi theo cách mạng. Và, người hoạt động chính trị là phải nắm lấy báo chí trong tay, viết báo, dùng báo chí như là một thứ vũ khí sắc bén để đấu tranh với kẻ thù và những luận điệu sai trái, phản tiến bộ, những thói hư, tật xấu...

Trong hơn 50 năm làm báo, từ những bài viết đầu tiên đăng trên các tờ báo của nước Pháp 1918 - 1920, đến bài báo viết cuối cùng: "Thư trả lời Tổng thống Mỹ Richard M.Nixon" (viết ngày 25/8/1969, đăng Báo Nhân Dân số 5684 ngày 07/11/1969), Hồ Chí Minh đã viết hơn 2.000 bài báo thuộc nhiều đề tài, nhiều chủ đề, nhiều thể loại, nhiều phong cách và bằng các thứ tiếng khác nhau (Pháp, Anh, Nga, Hoa, Việt...) với trên 100 bút danh, đã sáng lập nhiều tờ báo để làm công cụ tuyên truyền, giáo dục, tổ chức, giác ngộ cách mạng (Le Paria: 1922, Thanh niên: 1925, Việt Nam độc lập: 1941...) và bằng thực tiễn hoạt động báo chí, Người đã hình thành và phát triển được một hệ thống các quan điểm toàn diện, sâu sắc, có giá trị lý luận và thực tiễn to lớn về báo chí, tuyên truyền, đã và đang soi đường cho hoạt động báo chí, tuyên truyền Việt Nam.

Bước đầu có thể nêu khái quát tư tưởng Hồ Chí Minh về báo chí, tuyên truyền như sau:

1. Báo chí là tự do của tinh thần con người (chứ không phải tự do của một số người). Và, tự do báo chí bao giờ cũng tồn tại, những người làm báo phải đấu tranh bảo vệ tự do báo chí với ý nghĩa là tự do chân chính của tinh thần con người.

2. Báo chí nhất thiết phải mang tính chính trị, nó phải là tiếng nói, là cơ quan ngôn luận của một Chính phủ, một tổ chức xã hội nhất định và luôn đứng ra bảo vệ cơ quan, tổ chức xã hội đó bằng thái độ, lập trường của tổ chức mình, vì sự tiến bộ của xã hội.

Mác - Ăngghen nói "Tuyệt đối từ bỏ chính trị là không thể được. Chính trị của báo chí cũng là chính trị. Tất cả những tờ báo chủ trương bỏ chính trị đều đang công kích Chính phủ. Vấn đề là can dự vào chính trị như thế nào và đến mức nào. Điều đó thuộc về tình hình chứ không phải theo quy định" (*C.Mác và Ph.Ăngghen toàn tập*, NXB Chính trị quốc gia, Hà Nội, 1994, t.17, tr.547).

3. Báo chí là công cụ tuyên truyền, cổ động, tổ chức, giáo dục ý thức chính trị cho quần chúng, tạo ra tính thống nhất tư tưởng và hành động trong xã hội để thực hiện những nhiệm vụ chung phát triển xã hội.

4. Báo chí là phương tiện phản ánh mọi hoạt động đời sống hàng ngày của xã hội, tạo ra sự tác động qua lại giữa quần chúng Nhân dân với báo chí.

5. Báo chí phải có tính chiến đấu, luôn chống lại những luận điểm sai trái, thù địch, xuyên tạc sự thật, tôn trọng sự thật, kiên quyết bảo vệ tư tưởng tiến bộ, đúng đắn, phê phán các tệ nạn xã hội, biểu dương cái tốt, chân, thiện, mỹ.

6. Báo chí phải có tính đại chúng, nội dung viết phải thiết thực, dễ hiểu, mọi người đọc hiểu được, làm được, hình thức sáng sủa, văn phong ngắn gọn, rõ ràng, sinh động, hấp dẫn, hợp với đối tượng, tư liệu phong phú, chính xác, lập luận chặt chẽ, thuyết phục.

7. Mỗi tờ báo phải mang một màu sắc riêng, một cá tính riêng, không hòa lẫn với các tờ báo khác.

8. Người làm báo phải có lập trường tư tưởng vững vàng, hiểu biết rộng, tinh thông nghiệp vụ, không ngừng học hỏi, nhạy bén chính trị và phải biết ít nhất một ngoại ngữ, thận trọng trong viết lách, bình luận.

9. Báo chí và thông tin, tuyên truyền là các lĩnh vực gắn kết



Chủ tịch Hồ Chí Minh với các đại biểu dự Đại hội lần thứ III những người viết báo Việt Nam (08/9/1962). Ảnh: Tư liệu TTXVN

chặt chẽ với nhau, Hồ Chí Minh nói: "Theo ý kiến của tôi, thì thông tin, tuyên truyền và báo chí là ba ngành trong một việc, ba ngành đó phải đi sát với nhau" (*Thư gửi Hội nghị Thông tin tuyên truyền và báo chí toàn quốc*, Hồ Chí Minh toàn tập, NXB Chính trị quốc gia, Hà Nội, 2011, t.5, tr.479).

Những tư tưởng về báo chí, tuyên truyền của Hồ Chí Minh là sự kế thừa, chọn lọc, sáng tạo các quan điểm của Mác - Ăngghen - Lênin về báo chí và là kết quả học hỏi, trải nghiệm hoạt động cách mạng và hoạt động báo chí của Người tại nhiều nước trên thế giới và thực tiễn vận động cách mạng Việt Nam. Chính Mác - Ăngghen đã từng tuyên bố: "Xét theo sứ mệnh của nó, báo chí là người bảo vệ của xã hội, là người tố cáo không mệt mỏi những nhà cầm quyền, là con mắt ở khắp mọi nơi, là tiếng nói rộng rãi của tinh thần Nhân dân đang hăng hái giữ quyền tự do của mình" (*C.Mác và Ph.Ăngghen toàn tập*, NXB Chính trị quốc gia, Hà Nội, 1993, t.6, tr.313). Lênin cũng nói "Vai trò của tờ báo không phải chỉ đóng khung ở chỗ phổ biến tư tưởng, giáo dục chính trị và thu hút những người bạn đồng tình chính trị. Tờ báo không chỉ là người tuyên truyền tập thể và cổ động tập thể mà còn là người tổ chức tập thể" (*Lênin toàn tập*, NXB Chính trị quốc gia, Hà Nội, 2006, t.5, tr.12-13).

Tư tưởng Hồ Chí Minh là một sự đúc kết đầy đủ và sáng tạo về những quan điểm có tính nguyên tắc trong hoạt động báo chí, tuyên truyền, là một vấn đề tư tưởng, học thuật rất lớn. Báo chí cách mạng Việt Nam muốn thực sự phát huy tốt vai trò của mình thì luôn phải quán triệt sâu sắc nội dung tư tưởng Hồ Chí Minh về nền báo chí cách mạng. Đây không chỉ là cơ sở lý luận, mà còn là phương pháp luận khoa học mang tính chỉ đạo, để báo chí cách mạng Việt Nam hoàn thành được sứ mệnh cao cả của mình.❖

BÁC HỒ GÓP Ý VỚI BÁO CHÍ

Có một vài cán bộ và cơ quan, vì sợ phê bình mà chẳng những không giúp đỡ người viết báo lại còn có thái độ không tốt với họ, thậm chí đi kiện họ trước tòa án. Những hành động như vậy cần phải chấm dứt. Mặt khác, các báo cũng cần khuyến khích quần chúng giúp ý kiến và phê bình báo mình để tiến bộ mãi.

Sẵn đây, nếu các cô, chú đồng ý, thì bác xung phong phê bình các báo.

- Bài báo thường quá dài, "dây cà ra dây muống", không hợp với trình độ và thời gian của quần chúng.

- Thường nói một chiều và đôi khi thổi phồng các thành tích, mà ít hoặc không nói đúng mức đến khó khăn và khuyết điểm của ta.

- Đưa tin hấp tấp, nhiều khi thiếu thận trọng.

- Thiếu cân đối, tin nên dài thì viết ngắn, nên ngắn lại viết dài; nên để sau thì để trước, nên trước lại để sau.

- Lộ bí mật.

- Có khi quá lố bịch.

- Khuyết điểm nặng nhất là dùng chữ nước ngoài quá nhiều và nhiều khi dùng không đúng.

Đời sống xã hội ngày càng phát triển và đổi mới. Có những chữ ta không sẵn có và khó dịch đúng, thì cần phải mượn chữ nước ngoài. Thí dụ: Độc lập, tự do, giai cấp, cộng sản, v.v… Còn những tiếng ta có, vì sao không dùng, mà cũng mượn chữ nước ngoài? Thí dụ: Không gọi xe lửa mà gọi "hỏa xa"; máy bay thì gọi là "phi cơ"…

(Bài nói chuyện tại Đại hội lần thứ III của Hội Nhà báo Việt Nam, ngày 08/9/1962).

Bộ Xây dựng thực hiện **phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền tối đa**



THANH NGA

Sau phân cấp, phân quyền và phân định thẩm quyền tối đa giữa Trung ương và địa phương, chỉ còn 117/368 nhiệm vụ, quyền hạn thuộc lĩnh vực xây dựng do Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ, Bộ Xây dựng và Bộ trưởng Bộ Xây dựng thực hiện.

CƠ QUAN TRUNG ƯƠNG QUẢN LÝ VĨ MÔ, XÂY DỰNG THỂ CHẾ

Theo Bộ trưởng Trần Hồng Minh, việc phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền tối đa giữa Trung ương và địa phương, giữa cấp trên và cấp dưới nhằm đáp ứng yêu cầu quản trị nhà nước hiện đại, chuyên nghiệp và phục vụ nhân dân, thể hiện cụ thể trong 3 Nghị định của Chính phủ ban hành ngày 12/6/2025 là: Nghị định số 140/2025/NĐ-CP về phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng; Nghị định số 144/2025/NĐ-CP về phân quyền phân cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng; và Nghị định số 145/2025/NĐ-CP quy định về phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp, phân quyền, phân cấp trong lĩnh vực quy hoạch đô thị và nông thôn.

Trong đó, Chính phủ, Bộ Xây dựng tập trung vào quản lý vĩ mô, xây dựng thể chế, chiến lược, quy hoạch, kế hoạch, cơ chế, chính sách, giữ vai trò kiến tạo chính sách.

Trung ương chỉ giữ lại những nhiệm vụ mang tính liên tỉnh, liên vùng và liên quốc gia, liên quan đến quốc phòng, an ninh quốc gia, chủ quyền quốc gia, phải thực hiện theo điều ước quốc tế.

Nâng cao vai trò tự chủ, tự chịu trách nhiệm của chính quyền địa phương, phát huy tính chủ động, sáng tạo của địa phương: "địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm".

Cấp tỉnh là cấp thực hiện chính sách, là cấp ban hành chính sách trên địa bàn tỉnh, thành phố.

Cấp xã trực tiếp tổ chức các hoạt động quản lý, điều hành các công việc hành chính và trực tiếp tổ chức thực hiện các chính sách, pháp luật tại địa bàn cấp xã.

Bảo đảm rành mạch nhiệm vụ, quyền hạn sau khi phân cấp, phân quyền và phân định thẩm quyền giữa các cơ quan trung ương, các cơ quan chính quyền địa phương để các nhiệm vụ, quyền hạn quản lý nhà nước trong lĩnh vực xây dựng, giao thông được thống nhất, liên tục, thông suốt, không gián đoạn ngay khi thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp trên toàn quốc.

Bộ trưởng Trần Hồng Minh khẳng định, Bộ Xây dựng thực hiện phân cấp, phân quyền và phân định thẩm quyền trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ đi kèm với bảo đảm các điều kiện, nguồn lực; đơn giản hóa, cắt giảm tối đa thủ tục hành chính, giảm khâu trung gian; hướng dẫn cụ thể trình tự, thủ tục thực hiện nhiệm vụ, quyền hạn.

Theo kết quả rà soát nhiệm vụ và thực hiện phân cấp, phân quyền và phân định thẩm quyền của Bộ Xây dựng, trong tổng số 368 nhiệm vụ xác định tại văn bản quy phạm pháp luật, thì số nhiệm vụ, quyền hạn thực hiện phân định thẩm quyền là 133 nhiệm vụ (chuyển từ cấp huyện cho cấp xã 94 nhiệm vụ, chuyển từ cấp huyện cho cấp tỉnh 22 nhiệm vụ, giao cấp tỉnh thực hiện 17 nhiệm vụ).

Số nhiệm vụ, quyền hạn thực hiện phân cấp, phân quyền là 235 nhiệm vụ, trong đó 118 nhiệm vụ phân cấp, phân quyền (phân quyền 34 nhiệm vụ, phân cấp 84 nhiệm vụ - chiếm 50,21% số nhiệm vụ, quyền hạn thực hiện phân cấp, phân quyền); 117 nhiệm vụ, quyền hạn còn lại do Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ, Bộ Xây dựng và Bộ trưởng Bộ Xây dựng thực hiện (chiếm 49,79% số nhiệm vụ, quyền hạn thực hiện phân cấp, phân quyền).

PHÂN CẤP, PHÂN QUYỀN VÀ PHÂN ĐỊNH THẨM QUYỀN TỐI ĐA

Cụ thể, đối với lĩnh vực giao thông đường bộ, phân cấp, phân quyền tổng số 12 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 13

nhiệm vụ. Trong đó, phân quyền 3 nhiệm vụ từ Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng Bộ Xây dựng: Phê duyệt quy hoạch mạng lưới đường bộ; Phê duyệt quy hoạch kết cấu hạ tầng đường bộ; Giao các tuyến, đoạn tuyến quốc lộ.

Phân cấp 9 nhiệm vụ từ cơ quan chuyên môn thuộc Bộ cho UBND cấp tỉnh: Chấp thuận cơ sở kinh doanh đào tạo thẩm tra viên an toàn giao thông đường bộ; Cấp, đổi, thu hồi chứng chỉ thẩm tra viên an toàn giao thông đường bộ; Cấp giấy phép lưu hành xe quá khổ, quá tải trọng; Cấp, cấp lại, thu hồi giấy phép vận tải đường bộ quốc tế (6 nhiệm vụ)…

Đối với lĩnh vực giao thông đường sắt, phân định 9 nhiệm vụ, phân quyền 4 nhiệm vụ, phân cấp 12 nhiệm vụ. Trong đó, chuyển 8 nhiệm vụ từ huyện về xã: Quản lý đất dành cho đường sắt, hành lang an toàn giao thông đường sắt (2 nhiệm vụ); Trách nhiệm quản lý nhà nước, rà soát, thống kê, phân loại về đường sắt (2 nhiệm vụ); Các nhiệm vụ về quản lý đường sắt (4 nhiệm vụ).

Phân quyền 4 nhiệm vụ từ Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng Bộ Xây dựng: Phê duyệt quy hoạch tuyến, ga đường sắt, quy hoạch mạng lưới đường sắt; Quyết định việc kết nối ray giữa đường sắt quốc gia với đường sắt nước ngoài; Thực hiện chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn của đại diện chủ sở hữu, thống nhất quản lý tài sản kết cấu hạ tầng đường sắt quốc gia; Quy định chi tiết về niên hạn sử dụng phương tiện giao thông đường sắt (tại dự án Luật Đường sắt sửa đổi)…

Đối với lĩnh vực hàng hải và đường thủy nội địa, phân quyền 8 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 8 nhiệm vụ, phân cấp 17 nhiệm vụ. Trong đó, phân cấp 10 nhiệm vụ từ Bộ cho UBND cấp tỉnh: Cấp, cấp lại, thu hồi Giấy chứng nhận cơ sở đủ điều kiện kinh doanh dịch vụ đào tạo thuyền viên, người lái phương tiện thủy nội địa; Quyết định đưa, lại đưa cơ sở phá dỡ tàu biển vào hoạt động; quyết định dừng ngay, dừng hoạt động cơ sở phá dỡ tàu biển… Phân cấp 1 nhiệm vụ từ cơ quan chuyên môn thuộc Bộ cho Sở Xây dựng: Phê duyệt phương án đưa tàu lặn vào hoạt động…

Đối với lĩnh vực đăng kiểm, phân cấp: 4 nhiệm vụ, trong đó có 01 nhiệm vụ từ Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng: Quyết định tuổi của phương tiện thủy được phép nhập khẩu; 2 nhiệm vụ từ Bộ cho UBND cấp tỉnh: Tổ chức thanh tra, kiểm tra và xử lý vi phạm của phương tiện thủy nội địa, Kinh doanh dịch vụ đóng mới, hoán cải, sửa chữa tàu biển; 01 nhiệm vụ từ cơ quan chuyên môn thuộc Bộ cho Sở Xây dựng: Kiểm tra việc tuân thủ quy định về niên hạn sử dụng phương tiện giao thông (tại Thông tư).

Đối với lĩnh vực hoạt động xây dựng, phân cấp, phân quyền 23 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 20 nhiệm vụ. Trong đó, phân quyền 3 nhiệm vụ từ Bộ, Bộ trưởng, cơ quan chuyên môn thuộc Bộ cho địa phương: Cấp chứng chỉ năng lực hoạt động xây dựng hạng I (cho Sở Xây dựng); Cấp chứng chỉ hành nghề hoạt động xây dựng hạng I (cho Sở Xây dựng); Trách nhiệm tổ chức và xét duyệt giải thưởng chất lượng công trình xây dựng (cho UBND cấp tỉnh).

Phân cấp 3 nhiệm vụ từ Thủ tướng Chính phủ cho Bộ, Bộ trưởng: Quy định lộ trình hạn chế, xóa bỏ các cơ sở sản xuất vật liệu xây dựng có công nghệ lạc hậu; Quy định lộ trình sử dụng vật liệu xây không nung, vật liệu tiết kiệm tài nguyên, năng lượng; Quy định lộ trình hạn chế đầu tư mới hoặc mở rộng các cơ sở sản xuất tấm lợp amiăng…

Đối với lĩnh vực nhà ở, kinh doanh BĐS, phân cấp, phân quyền 16 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 51 nhiệm vụ. Trong đó, phân quyền 01 nhiệm vụ từ Thủ tướng Chính phủ cho UBND cấp tỉnh: Quyết định chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở phục vụ tái định cư; Phân quyền 3 nhiệm vụ từ Bộ, Bộ trưởng, cơ quan chuyên môn thuộc Bộ cho chính quyền địa phương: Đề xuất việc chuyển đổi công năng nhà ở đối với trường hợp khác (cho UBND cấp tỉnh); Chấp thuận chuyển đổi công năng nhà ở (cho UBND cấp tỉnh); Công khai danh mục đơn vị đủ điều kiện quản lý vận hành nhà chung cư (cho Sở Xây dựng).

Chuyển 2 nhiệm vụ từ Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ cho UBND cấp tỉnh: Quyết định chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở phục vụ tái định cư; Chuyển nhượng toàn bộ hoặc một phần dự án BĐS…

Đối với lĩnh vực kiến trúc, phát triển đô thị và hạ tầng kỹ thuật, phân cấp 6 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 29 nhiệm vụ. Trong đó, chuyển 01 nhiệm vụ từ Thủ tướng Chính phủ cho UBND cấp tỉnh: Quyết định khu vực phát triển đô thị thuộc địa giới 2 tỉnh trở lên hoặc có ý nghĩa quan trọng về quốc phòng - an ninh; chuyển 01 nhiệm vụ từ Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng: Phê duyệt các định hướng, chiến lược về phát triển đô thị thuộc phạm vi quản lý.

Chuyển 4 nhiệm vụ từ Bộ cho UBND cấp tỉnh: Tổ chức lựa chọn đơn vị cấp nước đô thị và KCN; Tổ chức lựa chọn đơn vị cấp nước nông thôn; Hướng dẫn việc lập cơ sở dữ liệu về công trình ngầm đô thị; Ban hành định mức kinh tế - kỹ thuật cấp nước…

Đối với lĩnh vực quy hoạch đô thị và nông thôn, phân quyền 6 nhiệm vụ, phân định thẩm quyền 11 nhiệm vụ. Trong đó, chuyển từ Thủ tướng Chính phủ cho UBND cấp tỉnh phê duyệt quy hoạch chung đô thị và đô thị mới; phê duyệt quy hoạch chung khu du lịch quốc gia; Chuyển từ Bộ Xây dựng cho UBND cấp tỉnh/cơ quan chuyên môn thuộc Bộ Quốc phòng, Bộ Công an tổ chức lập quy hoạch và thẩm định quy hoạch (3 nhiệm vụ)…

Theo Bộ trưởng Trần Hồng Minh, với khối lượng nhiệm vụ mà cấp tỉnh, cấp xã thực hiện tăng lên so với hiện nay, chính quyền địa phương cấp tỉnh, cấp xã cần chủ động có kế hoạch triển khai và triển khai ngay từ ngày 01/7/2025; bố trí, lựa chọn nhân sự đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ; tăng cường tổ chức tập huấn.

Ngay sau khi các Nghị định, Thông tư được ban hành và Bộ Xây dựng công bố các thủ tục hành chính trong các lĩnh vực được sửa đổi, các địa phương khẩn trương công bố các nội dung mới để thực hiện trên địa bàn theo quy định của pháp luật về kiểm soát thủ tục hành chính.

"Bộ Xây dựng luôn đồng hành cùng địa phương trong quá trình triển khai, hỗ trợ kỹ thuật, nghiệp vụ kịp thời, hiệu quả và giải đáp mọi vướng mắc, khó khăn" - Bộ trưởng Trần Hồng Minh khẳng định.

Phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực xây dựng

> CAO NGA

Theo Nghị định số 140/2025/NĐ-CP của Chính phủ, từ ngày 01/7/2025, thẩm quyền cấp Giấy phép xây dựng, chấp thuận địa điểm xây dựng, do UBND cấp xã thực hiện.

Chính phủ vừa ban hành Nghị định số 140/2025/NĐ-CP ngày 12/6/2025 quy định về phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng, có hiệu lực thi hành từ ngày 01/7/2025.

Nghị định số 140/2025/NĐ-CP gồm 6 Chương, 32 Điều và 2 Phụ lục kèm theo, quy định cụ thể về việc phân quyền, phân định thẩm quyền, nhiệm vụ, quyền hạn và điều chỉnh một số nội dung liên quan tại 5 Luật của Quốc hội, gồm: Luật Xây dựng, Luật Nhà ở, Luật Kiến trúc, Luật Kinh doanh BĐS và Luật Đường bộ.

TẠO CHỦ ĐỘNG CHO CÁC BỘ, NGÀNH VÀ ĐỊA PHƯƠNG

Với tinh thần đẩy mạnh phân quyền, phân cấp, nhằm tạo sự chủ động cho các Bộ, ngành và tạo điều kiện để "địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm", tăng hiệu quả, hiệu lực quản lý nhà nước, Nghị định số 140/2025/NĐ-CP chuyển thẩm quyền của Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng Bộ Xây dựng 2 nhiệm vụ tại Luật Đường bộ: phê duyệt quy hoạch mạng lưới đường bộ; phê duyệt quy hoạch kết cấu hạ tầng đường bộ.

Chuyển thẩm quyền của Thủ tướng Chính phủ cho UBND cấp tỉnh 01 nhiệm vụ tại Luật Nhà ở: quyết định chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở phục vụ tái định cư.

Chuyển thẩm quyền, chức năng của UBND cấp huyện cho UBND cấp xã đối với 20 nhiệm vụ tại 5 Luật: *Thứ nhất,* có 5 nhiệm vụ tại Luật Xây dựng: cơ quan được giao thực hiện chức năng là cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng, cơ quan chuyên môn về xây dựng; thẩm quyền chấp thuận về địa điểm, quy mô xây dựng công trình và thời gian tồn tại của công trình tạm; thẩm quyền cấp Giấy phép xây dựng; trách nhiệm quản lý nhà nước.

Thứ hai, có 01 nhiệm vụ tại Luật Kiến trúc: trách nhiệm quản lý nhà nước.

Thứ ba, có 12 nhiệm vụ tại Luật Nhà ở: tiếp nhận thông báo về việc cho thuê nhà ở của chủ sở hữu là cá nhân nước ngoài; chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở phục vụ tái định cư; phối hợp thực hiện kiểm định, đánh giá chất lượng nhà chung cư; tiếp nhận đăng tải kế hoạch cải tạo, xây dựng lại nhà chung cư đã được phê duyệt; tiếp nhận đăng tải quyết định di dời; tổ chức thực hiện việc cưỡng chế di dời theo quyết định cưỡng chế di dời của UBND cấp tỉnh; lưu trữ hồ sơ nhà ở của hộ gia đình, cá nhân trong nước, người Việt Nam định cư ở nước ngoài; quản lý kiến trúc mặt ngoài của nhà ở; tổ chức cưỡng chế thu hồi nhà ở; ban hành quyết định cưỡng chế phá dỡ nhà ở, tổ chức cưỡng chế phá dỡ nhà ở; thực hiện việc cưỡng chế bàn giao kinh phí bảo trì của nhà chung cư; giải quyết tranh chấp về kinh phí quản lý vận hành nhà chung cư, quản lý, sử dụng kinh phí bảo trì.

Thứ tư, có 01 nhiệm vụ tại Luật Kinh doanh BĐS: trách nhiệm quản lý nhà nước.

Thứ năm, 01 nhiệm vụ tại Luật Đường bộ: cơ quan được giao thực hiện chức năng là cơ quan quản lý đường bộ.

Nghị định số 140/2025/NĐ-CP đồng thời làm rõ cơ quan quản lý nhà nước về kinh doanh BĐS cấp tỉnh quy định tại Luật Kinh doanh BĐS là Sở Xây dựng.

Điều chỉnh 8 nội dung liên quan đến việc thực hiện nhiệm vụ, quyền hạn tại 3 Luật. Trong đó, tại Luật Nhà ở, điều chỉnh 01 nội dung: đối tượng được thuê nhà ở công vụ là cán bộ, công chức được điều động giữ chức vụ từ Phó Chủ tịch UBND cấp huyện.

Tại Luật Đường bộ, điều chỉnh 6 nội dung: phân loại đường



Bộ trưởng Trần Hồng Minh khẳng định: Bộ Xây dựng luôn đồng hành cùng địa phương trong quá trình triển khai, hỗ trợ kỹ thuật, nghiệp vụ kịp thời, hiệu quả và giải đáp mọi vướng mắc, khó khăn.

bộ theo cấp quản lý; cách xác định đường tỉnh; phân loại đường địa phương; căn cứ xác định quỹ đất dành cho kết cấu hạ tầng đường bộ; xác định vị trí bến xe; xác định vị trí bãi đỗ xe.

Tại Luật Xây dựng, điều chỉnh 01 nội dung: kế hoạch sử dụng đất làm cơ sở để cấp Giấy phép xây dựng có thời hạn.

SỬA ĐỔI, BỔ SUNG 27 NGHỊ ĐỊNH HƯỚNG DẪN

Nghị định số 140/2025/NĐ-CP cũng sửa đổi, bổ sung một số điều của 27 Nghị định hướng dẫn các Luật. Nội dung sửa đổi, bổ sung một số điều của 27 Nghị định được thể hiện tại Chương III dự thảo Nghị định, trong đó tập trung vào 4 nội dung: Thứ nhất, đẩy mạnh phân cấp thẩm quyền, tạo sự chủ động cho địa phương với tinh thần "địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm", tăng cường phân cấp cho cấp xã - nơi sát dân nhất, gần dân nhất, đến với người dân nhanh nhất, trực tiếp tiếp xúc, làm việc nhiều với người dân và doanh nghiệp.

Trong đó, phân cấp thẩm quyền quyết định các khu vực phát triển đô thị của Thủ tướng Chính phủ tại Nghị định số 11/2013/NĐ-CP ngày 14/01/2023 của Chính phủ về quản lý đầu tư phát triển đô thị (đã được sửa đổi, bổ sung) cho Bộ trưởng Bộ Xây dựng.

Phân cấp thẩm quyền thông báo đơn vị đủ điều kiện thực hiện quản lý vận hành nhà chung cư quy định tại Nghị định số 95/2024/NĐ-CP ngày 24/7/2024 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Nhà ở cho cơ quan quản lý nhà ở cấp tỉnh, cơ quan quản lý nhà ở trực thuộc Bộ Xây dựng không tiếp tục thực hiện thủ tục hành chính này.

Phân cấp thẩm quyền tổ chức kỳ thi sát hạch và cấp chứng chỉ hành nghề môi giới BĐS của UBND cấp tỉnh tại Nghị định số 96/2024/NĐ-CP ngày 24/7/2024 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Kinh doanh BĐS, cho cơ quan quản lý nhà nước về kinh doanh BĐS cấp tỉnh (Sở Xây dựng).

Thứ hai, chuyển thẩm quyền từ chính quyền cấp huyện cho chính quyền cấp xã đối với 68 nhiệm vụ tại 16 Nghị định.

Thứ ba, sửa đổi, bổ sung các nội dung liên quan đến trách nhiệm của các cơ quan, đơn vị, thay thế các cụm từ liên quan đến tên gọi của các cơ quan, đơn vị khi thực hiện sắp xếp tổ chức bộ máy (Nghị quyết số 190/2025/QH15).

Thứ tư, sửa đổi, bổ sung về tên gọi và ký hiệu, mã định danh các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương tại 2 Phụ lục của 2 Nghị định.

Theo Bộ Xây dựng, Nghị định số 140/2025/NĐ-CP không phát sinh thủ tục hành chính mới, đơn giản hóa thủ tục hành chính hơn do chỉ còn 02 cấp đơn vị hành chính, đã chuyển 36 thủ tục hành chính cấp huyện đang thực hiện xuống cấp xã thực hiện.

Việc phân cấp thẩm quyền, đơn giản hóa thủ tục hành chính sẽ giảm chi phí tuân thủ thủ tục hành chính, tạo điều kiện thuận lợi cho người dân, doanh nghiệp, đáp ứng yêu cầu cải cách theo chỉ đạo của Chính phủ tại Nghị quyết số 66/NQ-CP ngày 26/3/2025 về Chương trình cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính liên quan đến hoạt động sản xuất, kinh doanh năm 2025 và 2026.

Bên cạnh đó, Bộ Xây dựng cũng cho biết, trong quá trình rà soát các VBQPPL thuộc lĩnh vực xây dựng, giao thông, cho thấy Điều 13 về kiểm tra việc thực hiện pháp luật trong các lĩnh vực quản lý nhà nước ngành Xây dựng, và Điều 14 về nguyên tắc thực hiện các thủ tục hành chính trong các lĩnh vực xây dựng, của Nghị định số 35/2023/NĐ-CP ngày 20/6/2023 sửa đổi, bổ sung một số điều của các Nghị định thuộc lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng, cần phải rà soát, đề xuất bãi bỏ.❖

Giấy phép xây dựng và câu chuyện **quản lý đô thị trong kỷ nguyên số**



KTS PHẠM THANH TÙNG*

Miễn Giấy phép xây dựng không phải là sự buông lỏng quản lý, mà là chuyển từ mô hình hành chính nặng tính phê duyệt (xin - cho) sang mô hình quản trị đô thị thông minh, lấy minh bạch dữ liệu và cộng đồng làm nền tảng. Đây là xu hướng tất yếu của quản lý đô thị hiện đại.

Ngày 29/5/2025 Thủ tướng Chính phủ ban hành Công điện số 78/CĐ-TTg về đẩy mạnh cải cách thủ tục hành chính trong lĩnh vực xây dựng, trong đó yêu cầu nghiên cứu miễn thủ tục cấp giấy phép xây dựng (GPXD) đối với nhà ở riêng lẻ tại các khu vực đã có quy hoạch chi tiết (QHCT) 1/500 và thiết kế đô thị (TKĐT). Chỉ đạo này xuất phát từ tinh thần của các văn bản pháp lý nền tảng, đó là: Luật Xây dựng sửa đổi năm 2020 (Khoản 2 Điều 89) cho phép miễn GPXD đối với công trình nằm trong khu vực đã có QHCT và TKĐT được phê duyệt; Nghị định 15/2021/NĐ-CP hướng dẫn Luật Xây dựng (Điều 42, 43) quy định cụ thể trường hợp không phải xin cấp GPXD; Chỉ thị số 05/CT-TTg ngày 18/02/2023 yêu cầu đơn giản hóa ít nhất 20% thủ tục hành chính trong xây dựng đến năm 2025.

1. VAI TRÒ CỦA GPXD TRONG QUẢN LÝ ĐÔ THỊ

Từ trước đến nay, GPXD là một công cụ quan trọng để quản lý đô thị, nhất là khi các đô thị hiện hữu ở nước ta ngoài Quy hoạch chung, Quy hoạch phân khu đã được phê duyệt, thì nhiều khu vực trong đô thị còn rất thiếu các QHCT 1/500, TKĐT cũng như Quy chế quản lý kiến trúc (QCQLKT), đặc biệt là ở các khu vực ngõ, hẻm đông dân cư. Vì thế, việc cấp GPXD truyền thống phải dựa vào các cơ sở pháp lý khác để đảm bảo tính hợp pháp và phù hợp với quy hoạch chung đô thị, như quy hoạch phân khu, văn bản chấp thuận của cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền chấp thuận về vị trí và tổng mặt bằng cho công trình, làm cơ sở để cấp GPXD (điều này rất quan trọng đối với dự án có quy mô nhỏ hoặc nằm ngoài khu vực QHCT). Để được xây dựng công trình trên lô đất hợp pháp (đã được cấp quyền sử dụng đất) thì người dân, doanh nghiệp phải làm hồ sơ xin GPXD có tỷ lệ 1/100, gửi cấp có thẩm quyền từ quận đến thành phố xem xét phê duyệt tùy theo quy mô, chức năng công trình được quy định của pháp luật (như nhà ở, nhà ở kết hợp dịch vụ; công trình thương mại; công trình công cộng…). Như vậy, GPXD đã trở thành thứ "bùa hộ mệnh", là biện pháp quản lý đô thị truyền thống không thể thiếu của các cấp chính quyền. Và như thế, cuộc hành trình làm thủ tục đi xin GPXD của người dân, doanh nghiệp mất rất nhiều thời gian và cũng nhiều phiền toái, kể cả thứ chi phí lót tay nào đó (!?).

Miễn GPXD không chỉ là bước đột phá cải cách thủ tục hành chính trong lĩnh vực xây dựng, mà còn tăng cường tính minh bạch, trao quyền cho cộng đồng giám sát thực thi quy hoạch. Đây cũng là xu hướng tiến bộ trong kỷ nguyên số, chuyển đổi từ mô hình tiền kiểm sang hậu kiểm phù hợp với xu hướng quốc tế; đồng thời cho phép chính quyền tập trung nguồn lực vào quy hoạch chiến lược thay vì xử lý hành chính vi mô. Thế nhưng, miễn GPXD là để công tác quản lý đô thị không bị buông lỏng mà chặt chẽ hơn, khoa học hơn, minh bạch hơn, phát huy quyền lực của Quy hoạch đô thị, mà trong đó, QHCT; TKĐT và QCQLKT chính là những công cụ quản lý đô thị hữu hiệu.

2. VAI TRÒ CỦA CÁC CÔNG CỤ TRONG QUẢN LÝ ĐÔ THỊ BỀN VỮNG

QHCT 1/500: Là một quy hoạch đô thị rất quan trọng, cụ thể, được sử dụng để quản lý quy hoạch xây dựng ở cấp độ lô đất, công trình kiến trúc và hạ tầng kỹ thuật chi tiết.

QHCT 1/500 không dùng để quản lý toàn đô thị, mà chỉ khi đô thị có nhu cầu xây dựng và phát triển một khu vực cụ thể trong đô thị, như khu dân cư mới; khu đô thị mới; khu công nghiệp dịch vụ; trung tâm thương mại; khu chung cư, khu phức hợp…; cải tạo chỉnh trang khu đô thị hiện hữu.

QHCT 1/500 là cơ sở để xem xét hồ sơ đăng ký xây dựng, bởi quy hoạch này cụ thể hóa quy hoạch phân khu 1/2000,

(*) *Chánh Văn phòng Trung ương Hội KTS Việt Nam.*



trong đó, xác định rõ vị trí, ranh giới, diện tích các công trình, tuyến đường, hệ thống hạ tầng kỹ thuật, cốt nền khu vực, cây xanh, công trình công cộng…

Do QHCT 1/500 minh bạch, cập nhật, khả thi, vì thế người dân, doanh nghiệp có nhu cầu xây dựng, cải tạo chỉ cần tuân thủ theo đúng quy hoạch đã được phê duyệt là được xây dựng, không cần phải xin phép nữa. Việc làm này giống như "Xây theo quy chế sẵn có" thay vì xin phép xây dựng.

TKĐT (Urban Design): Là quá trình tổ chức, sắp xếp và tạo lập không gian sống trong đô thị, nhằm đảm bảo sự hài hòa giữa các yếu tố tự nhiên và nhân tạo. Mục tiêu là tạo ra môi trường sống chất lượng, tiện nghi, an toàn và bền vững cho cộng đồng. Đặc điểm của TKĐT là:

+ Tổ chức không gian: Xác định cách bố trí các khu chức năng như nhà ở, thương mại, công cộng, giao thông, cây xanh… sao cho hợp lý, thuận tiện.

+ Tạo hình khối và cảnh quan: Thiết kế công trình, không gian mở, đường phố, quảng trường…để tạo nên cảnh quan đẹp mắt và dễ tiếp cận.

+ Đáp ứng nhu cầu của cộng đồng: Đảm bảo các yếu tố như an toàn, tiện nghi, thẩm mỹ, văn hóa và môi trường sống cho cư dân.

+ Bảo vệ môi trường: Sử dụng các giải pháp bền vững, tiết kiệm năng lượng và tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm và ứng phó biến đổi khí hậu.

+ Xác định mật độ xây dựng, tầng cao tối đa, khoảng lùi, chỉ giới đường đỏ, mạng lưới giao thông, không gian công cộng, cây xanh, hạ tầng kỹ thuật… tạo nên hình thái đô thị văn minh, có bản sắc, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sống của cư dân.

+ Đảm bảo sự đồng bộ và hài hòa giữa các công trình kiến trúc, tránh tình trạng mạnh ai nấy xây, gây mất mỹ quan và thiếu kết nối. Ví dụ việc quy định mầu sắc, vật liệu, hình thức kiến trúc giúp tạo nên một bộ mặt đô thị thống nhất, văn minh, có bản sắc.

QHCT 1/500 và TKĐT hỗ trợ nhau giúp tối ưu hóa việc sử dụng đất, phân bố hợp lý các chức năng như nhà ở, thương mại, dịch vụ, công cộng, cây xanh… Điều này không chỉ nâng cao chất lượng sống, mà còn bảo vệ môi trường, giảm thiểu ùn tắc giao thông và ô nhiễm không khí, tiếng ồn…

Vì thế QHCT 1/500 và TKĐT phải đi trước, được thực hiện một cách bài bản, chi tiết và minh bạch, công khai.

QCQLKT (Architectural Control Code): Đưa ra các quy định rõ ràng về tầng cao; màu sắc; mật độ xây dựng; chỉ giới quy hoạch; hình thức công trình, vỉa hè, không gian công cộng…; chi tiết từng tuyến phố, từng khu vực ngõ, hẻm khu dân cư.

Hệ thống quản lý số hóa - đô thị thông minh (GIS, BIM…): Tích hợp toàn bộ dữ liệu quy hoạch - kiến trúc - hạ tầng kỹ thuật trên nền tảng số. Cư dân, doanh nghiệp có thể kiểm tra online xem mình cần gì trước khi làm thủ tục đăng ký xây dựng.

Thanh tra và xử phạt nghiêm minh chủ đầu tư và tư vấn thiết kế khi tiến hành hậu kiểm phát hiện ra việc xây dựng sai theo hồ sơ đã đăng ký xây dựng.

3. KINH NGHIỆM BỎ GPXD TRÊN THẾ GIỚI

Một số quốc gia đã giảm hoặc bỏ GPXD đối với những loại công trình nhất định, bằng cách quản lý qua QHCT 1/500 đã được duyệt và QCQLKT minh bạch ngay từ đầu.

Nhật Bản: Có hệ thống tiêu chuẩn quy hoạch và kiến trúc cực kỳ chi tiết cho từng khu phố; Người dân xây dựng không cần xin phép nếu tuân thủ đúng quy định đã ban hành; Chủ đầu tư vi phạm bị xử lý ngay và rất nghiêm khắc.

Singapore: Sử dụng "Code Compliance System" để





Miễn GPXD không chỉ là bước đột phá cải cách thủ tục hành chính trong lĩnh vực xây dựng, mà còn tăng cường tính minh bạch, trao quyền cho cộng đồng giám sát thực thi quy hoạch.

quản lý xây dựng. Ai xây đúng các code quy định thì được phép xây dựng ngay; Việc cấp phép được tự động hóa, rút ngắn thủ tục chỉ vài ngày, không cần "xin phép" theo kiểu truyền thống.

Hà Lan: Thực hiện chính sách "Building without a permit" cho các công trình nhỏ, nhà ở riêng lẻ nếu tuân thủ quy hoạch-kiến trúc có sẵn.

Đức: Nếu công trình phù hợp với QHCT đã được phê duyệt thì chỉ cần đăng ký xây dựng, hoàn toàn không phải giấy phép…

Tóm lại, GPXD được loại bỏ hoặc đơn giản hóa nếu QHCT, QCQLKT rõ ràng minh bạch, công khai; Hạ tầng pháp lý số hóa, minh bạch; Cơ chế giám sát và xử phạt hiệu quả.

Ngày nay nhiều quốc gia đã chuyển sang mô hình "Quản lý trước - giám sát sau" thay vì "Xin phép - cấp phép - kiểm tra".

4. MÔ HÌNH QUẢN LÝ ĐÔ THỊ KHÔNG GPXD

Loại bỏ GPXD bằng hệ thống "Tự công bố xây dựng" (Declaration to Build):

Chủ đầu tư không phải xin phép chỉ cần nộp bản cam kết xây dựng đúng theo mẫu quy định đã công bố sẵn (thường qua nền tảng điện tử).

Nếu sai phạm bị xử lý hành chính, cưỡng chế tháo dỡ.

Ban hành QCQLKT địa bàn phường, khu vực đô thị. Đây sẽ là văn bản pháp lý thay thế GPXD có giá trị như một hợp đồng công khai, ai tuân thủ sẽ được xây dựng.

Các thành phần chính trong mô hình Quản lý đô thị không GPXD:

QHCT 1/500 được số hóa và công khai đưa toàn bộ QHCT lên nền tảng GIS đô thị để ai quan tâm cũng có thể dễ dàng tra cứu.

QCQLKT ban hành cho từng loại khu vực: phố cổ, khu dân cư mới, mặt tiền đường, ngõ nhỏ trong đô thị… gồm các quy định về: Tầng cao; màu sắc, vật liệu; kiến trúc mái, ban-công, biển hiệu; vệ sinh môi trường, không gian xanh… Có thể theo dạng bản đồ mã hóa, dễ tiếp cận (Code zoning map).

Hệ thống tự đăng ký xây dựng: qua Web hoặc App. Chủ đầu tư tự đăng nhập thông tin xây dựng (địa chỉ lô đất, chỉ giới diện tích lô đất, quy mô xây dựng, hồ sơ thiết kế…). Hệ thống sẽ tự động kiểm tra thông tin có phù hợp với quy hoạch không. Nếu hợp lệ sẽ cấp mã xác nhận xây dựng hợp quy, không cần nộp hồ sơ xin GPXD. Hệ thống sẽ lưu hồ sơ để phục vụ hậu kiểm và lưu trữ.

Hậu kiểm và giám sát: Cơ chế thanh tra điện tử và kiểm tra đột xuất. Sử dụng hệ thống camera, UAV giám sát tiến độ xây dựng và giám sát trực tiếp tại hiện trường.

Áp dụng chế tài mạnh nếu vi phạm: Phạt theo giá trị tài sản; cưỡng chế tháo dỡ; tước giấy phép hành nghề với tổ chức thi công hay tư vấn thiết kế nếu xây dựng công trình sai thiết kế đã đăng ký.

5. QUY TRÌNH ÁP DỤNG THỰC TẾ

Công bố QHCT 1/500 trên nền tảng số hóa, tra cứu online.

Người dân lên hệ thống "Đăng ký xây dựng" qua Web/App đơn giản.

Nhập thông tin bản vẽ sơ bộ (Hệ thống kiểm tra tự động).

Cấp mã xác nhận xây dựng khi đã hợp lệ (Có hiệu lực pháp lý như giấy phép xây dựng).

Chủ hộ tiến hành xây dựng (không cần trình hồ sơ xây dựng).

Cơ quan quản lý kiểm tra đột xuất (hậu kiểm, xử lý nếu có vi phạm).

Việc bỏ GPXD không có nghĩa là không cần TKĐT. Trái lại, TKĐT vẫn là yếu tố then chốt để đảm bảo sự phát triển bền vững, hài hòa và văn minh của không gian đô thị. Các địa phương phải nhanh chóng triển khai QHCT và công bố công khai trên nền tảng số trước khi bỏ GPXD.

6. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ HÓA QUẢN LÝ XÂY DỰNG

Áp dụng AI - GIS - Camera AI để giám sát theo thời gian





Miễn GPXD là để công tác quản lý đô thị không bị buông lỏng mà chặt chẽ hơn, khoa học hơn, minh bạch hơn, phát huy quyền lực của Quy hoạch đô thị.

thực tiến độ và sai phạm xây dựng.

Thử nghiệm "chứng nhận xây dựng hợp chuẩn tự động" đối với các hồ sơ thiết kế nộp online.

Biên chế thanh tra xây dựng cấp xã, phường và trang bị công cụ kiểm tra nhanh (đo chiều cao, diện tích sàn…).

Huy động cộng đồng dân cư, tổ dân phố tham gia phát hiện vi phạm (dựa trên quy chế phối hợp).

7. KẾT LUẬN

Có thể khẳng định rằng, miễn GPXD không phải là sự buông lỏng quản lý, mà là chuyển từ mô hình hành chính nặng tính phê duyệt (xin - cho) sang mô hình quản trị đô thị thông minh, lấy minh bạch dữ liệu và cộng đồng làm nền tảng.

Đây là xu hướng tất yếu của quản lý đô thị hiện đại, nếu được thiết kế thể chế và cơ sở hạ tầng phù hợp. Tuy nhiên, với điều kiện hiện nay của nước ta, cần nhận diện rõ ràng rằng: Không thể bỏ hoàn toàn ngay lập tức GPXD, mà mỗi địa phương tùy tình hình thực tế khu vực đô thị nào đã có QHCT 1/500 hay TKĐT, QCQLKT để có thể bỏ ngay GPXD để chuyển sang quản lý đô thị thông minh, phù hợp với chuyển đổi số.

Nhiều quốc gia trên thế giới đã từ bỏ mô hình cấp GPXD truyền thống sang các phương thức quản lý hiện đại hơn, phù hợp với xu hướng đô thị thông minh và chuyển đổi số để nâng cao hiệu quả quản lý và phát triển bền vững là những bài học quý giá để chúng ta tham khảo.

Sẽ còn nhiều thách thức trong quá trình bỏ GPXD, nhưng với quyết tâm của Chính phủ, sự chuyển biến năng động của ngành Xây dựng, chắc chắn rằng bỏ GPXD để chuyển sang một phương thức quản lý mới, ứng dụng công nghệ số, trí tuệ nhân tạo AI để quản trị đô thị hiện đại, văn minh, phát triển không gian sống, môi trường sống bền vững vì hạnh phúc của nhân dân, đó là "Mô hình quản trị đô thị từ Tiền kiểm sang Hậu kiểm" đáp ứng yêu cầu phát triển của cuộc cách mạng 4.0 trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc.❖

KHU VỰC ĐÃ CÓ QUY HOẠCH CHI TIẾT 1/500 ĐƯỢC PHÊ DUYỆT THÌ CÓ THỂ MIỄN CẤP PHÉP NGAY

"Quan điểm của Bộ Xây dựng là tất cả các thủ tục hành chính về cấp giấy phép đều thực hiện một cách nghiêm túc, rà soát lại, đơn giản hóa, bãi bỏ và tạo điều kiện tối đa cho người dân và doanh nghiệp, địa phương.

Đối với giấy phép xây dựng, tại Công điện số 78/CĐ-TTg ngày 29/5/2025, Thủ tướng Chính phủ đã chỉ đạo rất rõ tập trung cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính lĩnh vực xây dựng.

Trước hết, đối với những văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến lĩnh vực xây dựng, quy định cấp phép, Bộ Xây dựng rà soát lại, từ các nghị định, thông tư do Bộ Xây dựng ban hành.

Thứ hai, Bộ Xây dựng tiến hành đánh giá, tổng kết, vì toàn bộ thủ tục cấp phép xây dựng cho người dân đều xuất cấp cho tất cả các địa phương.

Chúng ta tạo điều kiện thuận lợi tối đa cho người dân, doanh nghiệp nhưng cũng phải đánh giá tác động nếu có việc bỏ cấp phép đi, việc người dân được tự quyền xây dựng có ảnh hưởng gì đến quyền lợi hợp pháp của người dân và doanh nghiệp khác không.

Bộ Xây dựng sẽ triển khai ngay việc tổng kết, đánh giá, từ các địa phương đánh giá lại.

Thứ ba, Bộ Xây dựng sẽ hiệu chỉnh, sửa đổi, cắt giảm các thủ tục từ Luật Xây dựng, toàn bộ các nội dung này sẽ hoàn thiện trong năm 2025.

Trước mắt, đối với khu vực đã có quy hoạch chi tiết 1/500 được phê duyệt thì có thể sửa đổi ngay, miễn cấp phép ngay, không còn việc cấp phép cho người dân xây dựng. Hay những khu vực đã có thiết kế đô thị theo Luật quy định chung thì sử dụng thiết kế đô thị đó" - Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Danh Huy.

Triển khai các cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt cho một số **dự án đường sắt**

> THANH LƯƠNG

Chính phủ vừa ban hành Nghị định số 123/2025/NĐ-CP quy định chi tiết về thiết kế kỹ thuật tổng thể và cơ chế đặc thù cho một số dự án đường sắt. Nghị định không phát sinh quy định về thủ tục hành chính mới, chỉ tích hợp quy trình thực hiện, rút ngắn thời gian thực hiện đối với các thủ tục về thẩm định, phê duyệt dự án, phê duyệt kế hoạch tổng thể lựa chọn nhà thầu và dự toán gói thầu.

HƯỚNG DẪN THI HÀNH CÁC CƠ CHẾ ĐẶC THÙ CHO MỘT SỐ DỰ ÁN ĐƯỜNG SẮT

Nghị định số 123/2025/NĐ-CP gồm 7 chương và 63 Điều, quy định chi tiết một số điều và hướng dẫn thi hành về nội dung, trình tự, thủ tục, thẩm quyền để triển khai các cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt tại các Nghị quyết Quốc hội về dự án đường sắt cụ thể như: Nghị quyết số 172/2024/QH15 ngày 30/11/2024 của Quốc hội về chủ trương đầu tư dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam (tại điểm a, b khoản 4, khoản 9, điểm b khoản 10, khoản 13, điểm a khoản 14, khoản 15, khoản 16, khoản 19 Điều 3); và Nghị quyết số 187/2025/QH15 ngày 19/02/2025 của Quốc hội về chủ trương đầu tư dự án đầu tư xây dựng tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng (tại điểm a, b khoản 3, điểm b khoản 8, điểm a khoản 11, khoản 12, khoản 15, khoản 16, khoản 18 Điều 3).

Nghị định số 123/2025/NĐ-CP quy định các biện pháp thi hành để thực hiện các Nghị quyết Quốc hội cho dự án đường sắt, gồm: *Thứ nhất,* quy định việc thành lập, quyền và trách nhiệm của Hội đồng thẩm định nhà nước đối với dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam.

Thứ hai, quy định về lập, thẩm định, phê duyệt, quyết định điều chỉnh dự án đường sắt đô thị, dự án đường sắt đô thị theo mô hình TOD theo trình tự, thủ tục như dự án nhóm A do địa phương quản lý theo quy định tại Nghị quyết số 188/2025/QH15 về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại TP Hà Nội, TP.HCM.

Thứ ba, quy định về khảo sát xây dựng, lập, thẩm tra, thẩm định, phê duyệt dự án khi sử dụng thiết kế FEED thay thế cho thiết kế cơ sở trong Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng; thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế FEED; việc phân chia dự án thành phần, lập tổng mức đầu tư, dự toán gói thầu, dự toán chi phí các hoạt động được thực hiện trước đối với các dự án đường sắt đô thị, dự án đường sắt đô thị theo mô hình TOD theo quy định tại Nghị quyết số 188/2025/QH15.

I lựa chọn nhà thầu thực hiện hợp đồng thiết kế - mua sắm vật tư, thiết bị - thi công xây dựng công trình (Engineering - Procurement - Construction viết tắt là EPC); hợp đồng thiết kế - thi công xây dựng công trình (Engineering - Construction viết tắt là EC); hợp đồng thiết kế - cung cấp thiết bị, công nghệ (Engineering - Procurement viết tắt là EP); Quản lý hợp đồng EPC, EC, EP.

Thứ năm, điều kiện năng lực hoạt động xây dựng của tổ chức, cá nhân tham gia thực hiện dự án; kiện toàn Ban quản lý dự án chuyên ngành; quyền và nghĩa vụ của các bên tham gia dự án.

KHÔNG PHÁT SINH THỦ TỤC HÀNH CHÍNH, ĐẨY MẠNH PHÂN CẤP

Nghị định số 123/2025/NĐ-CP áp dụng với các cơ quan, tổ chức, cá nhân trong nước; tổ chức, cá nhân nước ngoài hoạt động đầu tư xây dựng tại Việt Nam trong việc triển khai một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt quy định tại Nghị định số 123/2025/NĐ-CP để thực hiện các dự án đường sắt quan trọng quốc gia được Quốc hội quyết định chủ trương tại Nghị quyết số 172/2024/QH15, Nghị quyết số 187/2025/QH15; dự án đường sắt đô thị áp dụng thí điểm tại Nghị quyết số 188/2025/QH15.

Đáng chú ý, Nghị định số 123/2025/NĐ-CP quy định chi tiết về các dự án đường sắt như: Dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam, dự án đầu tư xây dựng tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng, dự án đường sắt đô thị tại TP Hà Nội, TP.HCM; đồng thời quy định về quy hoạch vùng phụ cận ga đường sắt, quản lý hợp đồng, quản lý năng lực hoạt động xây dựng, kiện toàn ban quản lý dự án, quyền và nghĩa vụ các bên tham gia dự án.

Nghị định số 123/2025/NĐ-CP không phát sinh quy định về thủ tục hành chính mới, chỉ tích hợp quy trình thực hiện, rút ngắn thời gian thực hiện đối với các thủ tục hành chính về thẩm định, phê duyệt dự án, phê duyệt kế hoạch tổng



thể lựa chọn nhà thầu và dự toán gói thầu, đơn giản hóa thủ tục đối với các quy định về năng lực hành nghề hoạt động xây dựng như: (1) Tích hợp nội dung thẩm định thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở với thẩm định thiết kế FEED tại Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng; (2) Quy định các công việc thực hiện song song để rút ngắn thời gian thực hiện thủ tục; (3) Đơn giản hóa quy định về năng lực hành nghề hoạt động xây dựng; (4) Phê duyệt đồng thời kế hoạch tổng thể lựa chọn nhà thầu và dự toán gói thầu EPC, EC, EP khi phê duyệt dự án.

Nghị định số 123/2025/NĐ-CP quy định theo hướng đẩy mạnh phân cấp, phân quyền như: (1) Phân cấp thẩm quyền thẩm định, phê duyệt chi phí thuê tư vấn nước ngoài; (2) Phân cấp thẩm quyền thẩm định, phê duyệt dự toán chi phí các công việc chuẩn bị dự án (không bao gồm chi phí thuê tư vấn nước ngoài); (3) Phân cấp nội dung đánh giá về an toàn công trình và công trình lân cận, an toàn phòng, chống cháy nổ cho tổ chức tư vấn thẩm tra thực hiện đối với thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế FEED do nhà thầu EPC, EC thực hiện. Về nội dung phân cấp thẩm quyền thẩm định, phê duyệt chi phí thuê tư vấn nước ngoài, chi phí chuẩn bị đầu tư cho chủ đầu tư hoặc cơ quan được giao nhiệm vụ chuẩn bị dự án, Bộ Xây dựng cho biết, theo quy định tại Nghị định 10/2021/NĐ-CP, người quyết định đầu tư quyết định việc thuê tư vấn nước ngoài; dự toán chi phí thuê tư vấn nước ngoài do cơ quan chuyên môn trực thuộc người quyết định đầu tư thẩm định trình người quyết định đầu tư phê duyệt hoặc cơ quan quản lý cấp trên của chủ đầu tư tổ chức thẩm định, phê duyệt (đối với dự án do Thủ tướng Chính phủ quyết định đầu tư). Đối với chi phí chuẩn bị đầu tư, pháp luật chưa có quy định cụ thể

Do đó, Nghị định quy định về kiện toàn BQLDA (chủ đầu tư dự án) để bảo đảm năng lực tổ chức thực hiện dự án, phân cấp thẩm quyền thẩm định, phê duyệt chi phí thuê tư vấn nước ngoài, chi phí chuẩn bị đầu tư cho chủ đầu tư hoặc cơ quan được giao nhiệm vụ chuẩn bị dự án.

XÁC ĐỊNH GÓI THẦU VÀ DỰ TOÁN GÓI THẦU EPC

Về nội dung phê duyệt đồng thời kế hoạch tổng thể lựa chọn nhà thầu và dự toán gói thầu EPC, EC, EP khi phê duyệt dự án, Bộ Xây dựng cho biết đã có cơ sở pháp lý cho vấn đề này. Theo khoản 2 Điều 36 Luật Đấu thầu năm 2023, kế hoạch tổng thể lựa chọn nhà thầu được lập đồng thời hoặc độc lập với Báo cáo nghiên cứu khả thi và được phê duyệt sau khi Báo cáo nghiên cứu khả thi được phê duyệt".

Còn theo quy định tại khoản 1 Điều 18 Nghị định số 10/2021/NĐ-CP về quản lý chi phí đầu tư xây dựng, việc thẩm tra, thẩm định dự toán gói thầu quy định tại khoản 2, 3 Điều 17 Nghị định số 10/2021/NĐ-CP thì thực hiện như đối với dự toán xây dựng công trình quy định tại Điều 13 Nghị định số 10/2021/NĐ-CP.

Do đó, đối với các dự án được sử dụng thiết kế FEED thay cho thiết kế cơ sở tại Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng, đủ cơ sở để xác định dự toán các gói thầu EPC, EP, EC trên tổng mức đầu tư xây dựng, để giảm bớt thủ tục thẩm tra, thẩm định riêng dự toán gói thầu và đẩy nhanh tiến độ thực hiện dự án.

Chính vì vậy, Nghị định đã quy định lập đồng thời kế hoạch tổng thể lựa chọn nhà thầu, xác định các gói thầu EPC, EP, EC và lập dự toán gói thầu trong bước lập Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng của dự án; và là nội dung được thẩm định, trình người quyết định đầu tư phê duyệt cùng với việc phê duyệt dự án.

Qua rà soát các nội dung quy định tại Nghị định bảo đảm phù hợp với các nội dung giao Chính phủ quy định chi tiết, Bộ Xây dựng đang xin ý kiến Chính phủ về việc mở rộng phạm vi áp dụng của Nghị định cho cả các dự án đường sắt quốc gia, đường sắt đô thị thuộc phạm vi áp dụng của Nghị quyết thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để đầu tư phát triển hệ thống đường sắt.

THỰC HIỆN CHÍNH SÁCH ĐẶC THÙ PHÁT TRIỂN NƠXH:

Không để **khoảng trống pháp lý**

> THẠCH LONG

Với sự vào cuộc quyết liệt từ cấp cao nhất, các chính sách liên quan đến phát triển nhà ở xã hội (NƠXH) đã dần được hoàn thiện. Vấn đề là, phát huy tối đa trách nhiệm của các bộ, ngành, địa phương; bảo đảm thi hành kịp thời, hiệu quả, không để khoảng trống pháp lý hoặc chồng chéo trong quá trình thực hiện.

CHÍNH PHỦ QUYẾT LIỆT TRONG HOÀN THIỆN CHÍNH SÁCH VỀ NƠXH

Để hiện thực hóa mục tiêu phát triển 1 triệu căn hộ NƠXH cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân khu công nghiệp giai đoạn 2021 - 2030, thời gian qua, Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ đã quyết liệt chỉ đạo và triển khai nhiều nhiệm vụ nhằm tháo gỡ khó khăn, vướng mắc để thúc đẩy phát triển NƠXH, đã trình ban hành 03 Luật Nhà ở, Luật Kinh doanh bất động sản, Luật Đất đai và nhiều luật liên quan,… Chính phủ đã ban hành trên 25 Nghị định, 22 Nghị quyết nhằm tạo lập hệ thống pháp luật về phát triển NƠXH; Thủ tướng Chính phủ đã ban hành khoảng 12 chỉ thị, quyết định, công điện, đồng thời đã chủ trì 03 hội nghị trực tiếp kết hợp trực tuyến toàn quốc với các địa phương, doanh nghiệp… với nhiều giải pháp, nhiệm vụ cụ thể, quyết liệt nhằm tháo gỡ khó khăn, thúc đẩy phát triển NƠXH.

Ngày 27/02/2025, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 444/QĐ-TTg về việc giao chỉ tiêu hoàn thành NƠXH cho các địa phương năm 2025 và các năm tiếp theo đến năm 2030 để các địa phương bổ sung vào chỉ tiêu phát triển kinh tế - xã hội, làm căn cứ để lãnh đạo, chỉ đạo.

Tại Hội nghị toàn quốc về tháo gỡ khó khăn, vướng mắc, thúc đẩy phát triển NƠXH ngày 06/3/2025, trên cơ sở lắng nghe phản ánh của các địa phương, doanh nghiệp, hiệp hội, Thủ tướng Chính phủ đã chỉ đạo ngay Bộ Xây dựng, Văn phòng Chính phủ xây dựng báo cáo để Đảng ủy Chính phủ báo cáo Bộ Chính trị xin chủ trương về 06 cơ chế, chính sách đặc thù để tháo gỡ ngay khó khăn, vướng mắc phát triển NƠXH.

Thực hiện chủ trương của Bộ Chính trị, Chính phủ đã trình Quốc hội thông qua Nghị quyết số 201/2025/QH15 ngày 29 tháng 5 năm 2025 thí điểm về một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NƠXH. Ngay sau khi Quốc hội thông qua các cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NƠXH, Chính phủ đã ban hành Nghị quyết số 155/NQ-CP ngày 01/6/2025 ban hành Kế hoạch của Chính phủ triển khai Nghị quyết số 201/2025/QH15 ngày 29 tháng 5 năm 2025 của Quốc hội thí điểm về một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NƠXH để xác định rõ trách nhiệm, tiến độ thực hiện của các bộ, ngành, địa phương, bảo đảm thi hành kịp thời, hiệu quả, không để khoảng trống pháp lý hoặc chồng chéo, bảo đảm sự phối hợp chặt chẽ giữa các bộ, ngành, địa phương trong quá trình thực hiện.

VẤN ĐỀ THỰC THI Ở ĐỊA PHƯƠNG

Với sự vào cuộc quyết liệt từ cấp cao nhất, đến nay, theo kết quả báo cáo của Bộ Xây dựng, công tác phát triển NƠXH đã có nhiều chuyển biến tích cực. Trên cả nước đã quy hoạch 1.309 vị trí với quy mô 9.737 ha đất làm NƠXH. Hầu hết các địa phương dành đủ quỹ đất để phát triển NƠXH. Đã có 686 dự án NƠXH triển khai với quy mô 627.867 căn. Trong 05 tháng đầu năm 2025 đã hoàn thành 22.649 căn hộ và có thêm 21 dự án khởi công với quy mô 20.428 căn. Tuy nhiên, việc triển khai dự án NƠXH còn gặp nhiều khó khăn.

Trước hết, là khó khăn trong tìm kiếm quỹ đất. Mặc dù chính sách có quy định về việc dành quỹ đất 20% trong các dự án nhà ở thương mại để phát triển NƠXH, nhưng việc thực thi gặp nhiều vướng mắc. Các chủ đầu tư thường không mặn mà với quỹ đất này do lợi nhuận thấp, hoặc tìm cách "né" nghĩa vụ. Không những thế, quỹ đất dành cho NƠXH thường nằm ở các khu vực xa trung tâm, thiếu tiện ích, gây khó khăn cho người dân trong việc đi lại, làm việc và tiếp cận các dịch



vụ xã hội. Việc đề xuất chuyển công sở dôi dư thành NƠXH sau sáp nhập tỉnh thành là một ý tưởng hay nhưng cần có sự rà soát và bố trí hợp lý.

Bên cạnh đó, việc thu hồi đất để làm NƠXH có thể gặp khó khăn về giá đền bù, đặc biệt khi phải thỏa thuận với người dân. Nếu giá thu hồi cao hơn giá của Nhà nước, điều này sẽ làm tăng chi phí dự án.

Mặc dù đã có những nỗ lực cắt giảm và rút ngắn thời gian, nhưng các thủ tục hành chính liên quan đến phê duyệt dự án NƠXH còn phức tạp và tốn nhiều thời gian, làm chậm tiến độ triển khai dự án. Cơ chế ưu đãi cho nhà đầu tư chưa đủ hấp dẫn. Các chính sách ưu đãi cho chủ đầu tư phát triển NƠXH chưa thực sự đủ mạnh để khuyến khích các doanh nghiệp tham gia. Lợi nhuận thấp, rủi ro cao khiến nhiều doanh nghiệp tư nhân còn e ngại. Việc chồng chéo, giao thoa giữa các quy định, thủ tục hành chính từ các bộ, ngành khác nhau cũng là một rào cản lớn.

Đặc biệt, lãi suất vay còn cao so với thu nhập. Mặc dù lãi suất cho vay NƠXH đã được ưu đãi, nhưng với mức thu nhập trung bình của đối tượng được hưởng chính sách, khoản trả góp hàng tháng vẫn chiếm một tỷ lệ đáng kể trong thu nhập, gây áp lực tài chính lớn cho người vay.

Thêm nữa, thị trường biến động liên tục, chi phí đầu vào tăng (chi phí xây dựng: vật liệu, thiết bị, nhân công… tăng), đẩy giá thành NƠXH lên cao, làm giảm khả năng tiếp cận của người thu nhập thấp. Trong bối cảnh đó, nguy cơ trục lợi, lạm dụng chính sách vẫn âm ỉ khi trên thị trường, giá NƠXH được âm thầm giao bán với giá chênh lệch nhiều so với thực tế. Vì thế, việc cấp phép, xác định đối tượng và giá bán NƠXH cần được quy định chặt chẽ, minh bạch để tránh tình trạng trục lợi, đầu cơ, làm mất đi ý nghĩa an sinh xã hội của NƠXH.

Đến nay, trên cả nước đã quy hoạch 1.309 vị trí, quy mô 9.737 ha đất làm NƠXH. Hầu hết các địa phương dành đủ quỹ đất để phát triển NƠXH với 686 dự án NƠXH đã triển khai với quy mô 627.867 căn.

Nhu cầu về NƠXH là rất lớn, đặc biệt tại các đô thị lớn và khu công nghiệp, trong khi nguồn cung còn hạn chế, chưa đáp ứng đủ. Nhưng, một số tiêu chí về thu nhập, điều kiện nhà ở hiện tại để được mua NƠXH chưa thực sự phù hợp với thực tế, dẫn đến việc nhiều người có nhu nhập thấp nhưng không đủ điều kiện tiếp cận. Tại một số địa phương, người dân vẫn có tâm lý muốn sở hữu nhà thay vì thuê. Việc phát triển NƠXH cho thuê cần được đẩy mạnh và thay đổi nhận thức để phù hợp hơn với nhu cầu linh hoạt về chỗ ở, đặc biệt là đối với người trẻ và công nhân.

Một số dự án NƠXH chưa thực sự đảm bảo chất lượng xây dựng, thiếu các tiện ích xã hội thiết yếu như trường học, bệnh viện, khu vui chơi, ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống của cư dân. Cần đảm bảo NƠXH phải đẹp, đồng bộ và có tiện ích…

Để chính sách đặc thù về NƠXH phát huy hiệu quả tối đa, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cấp, các ngành, tháo gỡ các vướng mắc về cơ chế, chính sách, thủ tục hành chính, đồng thời có giải pháp cụ thể về tài chính, quỹ đất và kiểm soát chặt chẽ để đảm bảo NƠXH thực sự đến được với đúng đối tượng cần thiết, không để xảy ra tình trạng trục lợi.❖

Các giải pháp trong lập và thực hiện quy hoạch đô thị của chính quyền địa phương **hướng tới phát triển đô thị bền vững**



PGS.TS.KTS HOÀNG VĨNH HƯNG*

Bài báo tổng quan về vai trò của đô thị; những đặc điểm, xu hướng và thách thức của quá trình đô thị hóa; các giải pháp trong lập và thực hiện quy hoạch mà chính quyền địa phương hai cấp cần thực hiện nhằm hướng tới phát triển đô thị bền vững ở Việt Nam.

1. ĐÔ THỊ VÀ CÁC MÔ HÌNH ĐÔ THỊ

Với tất cả các quốc gia trên thế giới, đô thị luôn là nơi tạo ra động lực tăng trưởng kinh tế (Fujita, M. and Thisse, J.F. 2002). Đô thị thường được định nghĩa theo tiêu chí dân số, nhưng ngưỡng dân số lại không đồng nhất giữa các nước: Ở Pháp, thành phố là các đơn vị hành chính có dân số từ 2 nghìn người, trong khi ở Nhật Bản, ngưỡng dân số để xác định thành phố là 50 nghìn người (UN-Habitat, 2014).

Ở Pháp và nhiều nước phát triển, ngoài tiêu chí dân số còn có thêm tiêu chí mật độ: Các công trình xây dựng phải có độ liên tục (khoảng cách giữa các công trình trung bình là dưới 100 m). Bên cạnh ngưỡng dân số và mật độ, các không gian được coi là đô thị còn phải đáp ứng một đặc điểm chung: Là nơi có các hoạt động "có tính tương tác" như thương mại, dịch vụ, hoạt động văn hóa, học hành... Trường hợp khu vực có 3 hay 4 nghìn dân và đáp ứng tiêu chí về mật độ nhưng vẫn được xếp là "nông thôn" nếu không có nhiều hoạt động "có tính tương tác". Từ 2005, các nước thuộc Tổ chức Hợp tác và phát triển kinh tế (OECD) đã đưa thêm tiêu chí "vùng ảnh hưởng" để xác định các "vùng đô thị" (phạm vi tạo việc làm trong vùng, tần suất tương tác giữa nội đô và các vùng ngoại ô) (UN-Habitat. 2014).

Tuy có nhiều định nghĩa khác nhau (thay đổi về ngưỡng xác định đô thị) nhưng các hình thái đô thị lại mang tính phổ quát. Lịch sử đô thị hóa trên thế giới cho thấy sự xuất hiện của nhiều hình thái đô thị khác nhau. Các hình thái này, sau đó, được mô hình hoá để phục vụ cho việc phân loại trong các phân tích học thuật. Tuy nhiên, trên thực tế không một thành phố nào giống hẳn với một loại mô hình, mỗi thành phố lại có sự phối hợp đặc điểm của nhiều loại mô hình (Irène Salenson, 2015).

Từ thời kỳ Trung đại, các đô thị từ Âu sang Á thường được cấu tạo với phần lõi là "thành" có các chức năng của các thành phố: Chức năng chỉ huy, chức năng ở (của lãnh chúa và quan quân), chức năng thương mại (chợ, cửa hàng) và dịch vụ chung (trường học, ngân hàng, bệnh viện, nơi thờ cúng). Khi phần trong thành không đáp ứng đủ nhu cầu nhà ở thì xuất hiện các khu vực "vùng ven" ở phía ngoài thành.

Cuối thế kỷ 19, đầu thế kỷ 20, các thành phố công nghiệp ra đời dẫn đến sự xuất hiện của nhiều hình thái đô thị mới. Hoạt động sản xuất công nghiệp được tập trung ở các vùng vành đai của thành phố vì cần có không gian và diện tích lớn. Các khu nhà ở công nhân hình thành gần các nhà máy công nghiệp, sau đó là giao thông đường sắt, và sau nữa giao thông đường bộ và sự phát triển của ô tô đã dẫn tới hiện tượng mở rộng các vùng ven về phía ngoại ô.

Sang thập kỷ 1960 - 1970 ở những nước thuộc địa cũ bắt đầu xuất hiện một hình thái đô thị mới: Mô hình đô thị tự phát. Xung quanh khu vực trung tâm, được mở rộng bằng một vùng ngoại ô chính thức nhỏ, sau đó phát triển các khu vực "phi chính thức" có mật độ cao, dẫn đến hiện tượng dàn trải đô thị (các công trình ở các khu vực này thường do dân tự xây dựng, với nhiều hình thức khác nhau). Sau đó, những chương trình nhà ở của chính phủ dành cho người có thu nhập thấp, các khu "đô thị mới" của tầng lớp trung lưu hoặc khu "nhà ở khép kín" của giới nhà giàu là các thành tố dần dần xâm lấn không gian khu vực nông thôn (Irène Salenson. 2015). Tình trạng mở rộng dàn trải này làm gia tăng chi phí xây dựng và khớp nối hạ tầng và gây ra tình trạng quá tải hạ tầng, tăng phát thải khí nhà kính và làm ô

(*) *Viện Quy hoạch đô thị và nông thôn quốc gia (Bộ Xây dựng)*



nhiễm không khí trầm trọng ở nhiều nước đang phát triển.

Những năm gần đây, sự xuất hiện của mô hình "đô thị bền vững" với mục tiêu hạn chế tình trạng dàn trải đô thị, giảm tác động của các thành phố tới môi trường sinh thái tự nhiên cũng như giảm mức phát thải carbon. Mô hình này thay đổi các hình thức tổ chức không gian đã có của các mô hình cũ theo hướng khuyến khích tăng mật độ ở các vùng trung tâm và vùng ngoại ô lân cận trung tâm; đồng thời, phát triển các "trung tâm đô thị cấp hai" để hình thành mô hình thành phố đa tâm (tạo việc làm và cung cấp dịch vụ ở nhiều nơi khác nhau ngoài trung tâm gốc, điều này sẽ giúp giảm nhu cầu di chuyển của người dân (Club France Rio+20, 2012). Để thực hiện được điều này các cơ quan quản lý cần phải kiểm soát chặt chẽ sự phát triển về mặt không gian: Lập quy hoạch đi kèm với các quy định đầy đủ. Các quy hoạch và quy định đó phải được thực hiện, có sự quản lý giám sát một cách chặt chẽ về mật độ xây dựng và hệ số sử dụng đất; xử lý nghiêm các trường hợp vi phạm, ngăn ngừa xu hướng tự do của người dân hay doanh nghiệp.

2. QUÁ TRÌNH ĐÔ THỊ HÓA VÀ THÁCH THỨC CHO TƯƠNG LAI

Đầu thế kỷ 21, hơn 50% dân số thế giới tập trung ở các khu vực đô thị. Quá trình đô thị hóa ban đầu diễn ra chủ yếu ở các nước OECD, do kết quả của quá trình công nghiệp hóa. Đến nay, châu Mỹ Latin lại là khu vực có tỷ lệ đô thị hóa cao nhất thế giới, trung bình dân số đô thị chiếm khoảng 75% tổng dân số các nước thuộc khu vực này. Đến 2050, tỷ lệ dân số đô thị trung bình trên thế giới sẽ là 70%. Đô thị hóa đang và sẽ diễn ra chủ yếu ở các nước đang phát triển (chiếm 95% tỷ lệ) (UN-Habitat. 2014). Thách thức lớn đặt ra cho các thành phố của các nước đang phát triển là làm sao đáp ứng được nhu cầu của người dân đô thị về nhà ở, hạ tầng, dịch vụ, việc làm...

Châu Á [1] hiện có tốc độ tăng trưởng đô thị [2] nhanh nhất thế giới, mức tăng trung bình là 1,5 - 3%/năm; tỷ lệ đô thị hóa trung bình sẽ vượt 50% vào năm 2030 (UN-Habitat. 2014). Ngược lại, ở các nước OECD, tỷ suất sinh xuống rất thấp, không đảm bảo mức sinh thay thế. Ở nhiều trong số các nước đã có tỷ lệ đô thị hóa cao, nay không còn hiện tượng di dân từ nông thôn ra thành phố, xuất hiện xu hướng quay về nông thôn hoặc các vùng vành đai ven các đô thị lớn, tỷ lệ đô thị hóa sẽ giảm, thậm chí về mức âm.

Đối với các nước đang phát triển, đô thị hóa chắc chắn mang lại nhiều cơ hội. Các nền kinh tế hiện đại (công nghiệp và hậu công nghiệp) đều có tỷ lệ đô thị hoá cao. Có sự tương quan tỷ lệ thuận giữa tốc độ đô thị hoá và tăng trưởng GDP bình quân đầu người. Đô thị thường là nơi tập trung các hoạt động kinh tế có giá trị gia tăng cao và các hoạt động công nghệ, nghiên cứu phát triển (tài chính, công nghệ thông tin...). Các hoạt động kinh tế tham gia vào toàn cầu hóa cũng diễn ra chủ yếu ở các thành phố lớn có kết nối quốc tế tốt (Irène Salenson. 2015).

Mức độ tập trung về dân số, hoạt động sản xuất, thương mại và dịch vụ ở đô thị có tác động tích cực. Khi đạt đến một ngưỡng nhất định, mật độ tập trung cao ở đô thị sẽ giúp giảm chi phí sản xuất (theo nguyên lý kinh tế bậc thang) và phát triển được dịch vụ chuyên nghiệp (Fujita, M. and Thisse, J.F. 2002).

Tuy nhiên, đô thị hoá nhanh cũng sẽ phải đối mặt với nhiều nguy cơ. Thứ nhất là nhóm những nguy cơ có nguyên nhân từ chính con người và hoạt động của con người. Việc mở rộng đô





Đô thị hoá nhanh cũng sẽ phải đối mặt với nhiều nguy cơ. Thứ nhất là nhóm những nguy cơ có nguyên nhân từ chính con người và hoạt động của con người.

thị nhanh và dàn trải [3] dẫn đến sự quá tải hay thiếu thốn về hạ tầng, nhà ở. Việc thiếu năng lực ngăn ngừa hiện tượng đô thị dàn trải và các vấn đề về hạ tầng sẽ dẫn đến các hậu quả như: Nguy cơ về mất an ninh lương thực quốc gia, rối loạn chu trình luân chuyển nước ở các lưu vực, và nhất là nguy cơ ách tắc giao thông và ngập lụt đô thị. Tiếp theo, ô nhiễm (không khí, nguồn nước) từ các hoạt động giao thông, công nghiệp và rác thải sẽ dẫn đến các vấn đề sức khỏe đối với người dân đô thị, nhất là trẻ em và người già. Các thành phố ở các nước đang phát triển thường không có đủ điều kiện, nhất là nguồn lực, khi phải đối mặt với các nguy cơ y tế, dịch bệnh. Việc thiếu khả năng giải quyết các khó khăn trong đời sống của người dân đô thị cũng sẽ kéo theo nhiều nguy cơ về mặt xã hội.

Nhóm nguy cơ thứ hai là các nguy cơ từ tai biến thiên nhiên: động đất, bão lụt, sóng thần, thiên tai thường để lại hậu quả ở đô thị lớn hơn so với ở nông thôn do mật độ dân cư và hạ tầng ở đô thị dày đặc hơn. Tác động của biến đổi khí hậu cũng ngày một lớn hơn. Trên phạm vi thế giới, tác động của biến đổi khí hậu tập trung chủ yếu ở các vùng ven biển; nhưng đây lại cũng là nơi tập trung nhiều thành phố siêu lớn và có mật độ đô thị dày đặc. Khu vực Trung Mỹ và vùng Andes, Nhật Bản, vùng duyên hải của Trung Quốc, Việt Nam, Thái Lan, Bangladesh là những nơi phải đối mặt với nguy cơ lớn nhất từ biến đổi khí hậu (De Sherbinin A., A. Schiller, A. Pulsipher. 2007). Nguy hiểm hơn là nguy cơ từ biến đổi khí hậu sẽ làm trầm trọng hơn các nguy cơ ở nhóm thứ nhất.

3. NHẬN DIỆN CÁC GIẢI PHÁP CHÍNH ĐỂ ĐỐI PHÓ VỚI CÁC THÁCH THỨC

Các thách thức và cơ hội đặt ra cho chính quyền các đô thị nhiệm vụ tìm kiếm giải pháp để đưa ra được chính sách quy hoạch và phát triển đô thị đúng đắn, kiểm soát được sự phân bố dân cư và các hoạt động của con người, từ đó đưa ra được các giải pháp phát triển bền vững cho đô thị trong tương lai (Irène Salenson. 2015).

Việt Nam đang thực hiện cuộc cách mạng về tinh gọn bộ máy hành chính, chuyển đổi sang mô hình chính quyền địa phương 2 cấp. Việc giảm số tỉnh sẽ giúp nguồn lực đầu tư được tập trung hơn. Trong thời gian tới, để thực hiện có hiệu quả công tác phát triển đô thị, các chính quyền địa phương cần quan tâm tìm giải pháp cho ba nội dung cơ bản: quy hoạch đô thị và nông thôn; quản lý đầu tư phát triển; huy động và sử dụng tài chính địa phương.

3.1. Giải pháp trong quy hoạch đô thị và nông thôn

Quy hoạch đô thị và nông thôn là quá trình chính quyền địa phương và các bên liên quan cùng nhau làm việc để dự báo phát triển và đưa ra giải pháp tổ chức không gian trên một vùng lãnh thổ xác định cho tương lai gần (khoảng 10 - 20 năm). Các quy hoạch này cần đạt được các mục tiêu chính: (i) đáp ứng nhu cầu của người dân về hạ tầng, nhà ở, việc làm và dịch vụ; (ii) đảm bảo cân bằng giữa các nhu cầu của các nhóm khác nhau, tiến tới xác định lợi ích chung của toàn xã hội; (iii) giúp chính quyền địa phương quản lý hiệu quả đất đai: đảm bảo quỹ đất cho xây dựng hạ tầng (công nghiệp, dân dụng), cải tạo chỉnh trang và phát triển dự án mới; (iv) gìn giữ và bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, môi trường sinh thái; (v) tạo thuận lợi cho phát triển các hoạt động kinh tế, tạo được nhiều việc làm (Irène Salenson, 2015). Tất cả các mục tiêu này đều có vai trò quan trọng như nhau trong việc đảm bảo sự phát triển cân bằng và bền vững của địa phương.

Việc dung hòa các mục tiêu và thách thức khác nhau trong quy hoạch đô thị và nông thôn là một thách thức lớn khó vượt qua nhất. Một hướng giải pháp quan trọng là xác định chính xác khu vực ưu tiên phát triển theo từng giai đoạn ở từng địa phương. Việc xác định các mục tiêu trong thời kỳ quy hoạch phải phù hợp với nguồn lực và phương tiện thực tế có thể huy động ở từng tỉnh/thành phố, phường/xã để phục vụ cho việc thực hiện các đồ án quy hoạch cũng như theo dõi về sau. Các đồ án quy hoạch rất không nên đưa ra những mục tiêu quá tham vọng so với năng lực thực hiện và phương tiện để đạt được mục tiêu này.

Quy hoạch chung đô thị cần phải xác định được mục tiêu, phạm vi, ranh giới phát triển hợp lý của đô thị trong tương lai dài hạn và từng giai đoạn (giúp hạn chế và ngăn ngừa hiện tượng đô thị dàn trải, cũng như bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, môi trường sinh thái); xác định rõ lợi ích chung, vấn đề chung của đô thị và đưa ra được định hướng giải pháp để vượt qua các thách thức chung (như cung cấp đầy đủ, khớp nối và đồng bộ hoá hệ thống hạ tầng kinh tế, hạ tầng đô thị, nhà ở…). Các quy hoạch





Thách thức lớn đặt ra cho các thành phố của các nước đang phát triển là làm sao đáp ứng được nhu cầu của người dân đô thị về nhà ở, hạ tầng, dịch vụ, việc làm...

cấp thấp hơn (quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết) xác định được các khu vực chức năng khác nhau và chỉ tiêu phù hợp để quản lý từng khu vực chức năng đó (chẳng hạn, các khu vực bán kính tạo việc làm để đảm bảo hạn chế người dân phải di chuyển ở khoảng cách quá xa, giúp giảm phát sinh nhu cầu di chuyển).

Bối cảnh sắp tới, sau khi sáp nhập đơn vị hành chính các cấp, các ranh giới hành chính không phải lúc nào cũng tương ứng với các không gian chức năng, sẽ làm xuất hiện các khó khăn trong quản trị địa phương. Do tình hình dân số, kinh tế, xã hội biến động rất nhanh, cũng như yêu cầu cấp thiết cần quy hoạch lại không gian đô thị và nông thôn, nội dung các quy hoạch, nhất là quy hoạch chung, cần phải đơn giản, linh hoạt và dễ điều chỉnh theo biến động của thị trường và tình hình kinh tế - xã hội. Điều này đòi hỏi phải xây dựng được hệ thống cơ sở dữ liệu chính xác, đáng tin cậy (về dân cư, đất đai, hạ tầng, nhà ở và các hoạt động kinh tế) của từng đơn vị hành chính đô thị và nông thôn; thường xuyên cập nhật các số liệu thống kê. Hệ thống các quy định pháp luật về quy hoạch, phát triển đô thị và nông thôn cần tạo được cơ chế và công cụ thống nhất, ổn định, mềm dẻo.

3.2. Giải pháp trong quản lý đầu tư công

Bối cảnh quá trình phân cấp, phân quyền quản lý, dẫn đến sự khẳng định vai trò của chính quyền địa phương. Việc lập quy hoạch đô thị sẽ đáp ứng tốt hơn nhu cầu của địa phương nếu huy động được sự tham gia đầy đủ của người dân và giải pháp quy hoạch là do các chính tác nhân địa phương quyết định. Tuy nhiên, quản trị địa phương còn gặp nhiều thách thức. Một mặt, việc phân chia thẩm quyền giữa chính quyền trung ương và các thực thể chính quyền địa phương cần thực hiện thông qua việc ban hành một hệ thống các văn bản và công cụ pháp lý đầy đủ. Mặt khác, khi đã có hệ thống các văn bản và công cụ chi tiết, chính quyền địa phương còn cần phải có đủ phương tiện để đảm trách nhiệm vụ công của mình ở cấp độ địa phương, nhất là phần ngân sách phân bổ từ nhà nước phải đủ để đáp ứng nhu cầu. Chính quyền địa phương còn phải đề ra các chính sách công phù hợp cho địa phương mình cũng như đảm bảo tìm ra các giải pháp bền vững. Chính quyền địa phương cũng phải tổ chức tốt mối quan hệ giữa các tác nhân khác nhau trong địa phương mình, dựa vào khu vực tư nhân và người dân, đưa họ vào trong quy trình ra quyết định (Irène Salenson, 2015).

Nhiều điều kiện cần phải có để tạo thuận lợi cho công tác quản lý đầu tư công ở các dự án phát triển địa phương. Đầu tiên, cần phải kiểm soát được vấn đề đất đai: Cả hai ngành (tài nguyên đất đai và quy hoạch đô thị) đều cần biết rõ hiện trạng của các loại đất; thống nhất được việc lập quỹ đất dự phòng cho xây dựng các hạ tầng thiết yếu; thống nhất kế hoạch thực hiện quy hoạch đô thị, thực hiện các dự án lớn về cải tạo, tái thiết hay phát triển mới. Thứ hai là, cơ quan quản lý quy hoạch và phát triển đô thị cần có đủ nguồn nhân lực để đảm bảo triển khai thực hiện quy hoạch và theo dõi thực hiện dự án: nhân lực phải có đủ trình độ, mức thu nhập phải tương xứng với trách nhiệm và công việc, điều kiện làm việc và phải đảm bảo ổn định số lượng nhân lực. Các cơ quan phải có năng lực trong quản lý các khâu về hành chính trong đầu tư công, nhất là phải có khả năng tổ chức đấu thầu cho nhiều dự án cùng một lúc, ký hợp đồng với các doanh nghiệp trúng thầu và hướng dẫn doanh nghiệp thực hiện, đồng thời phải có khả năng đảm trách công tác bảo trì bảo dưỡng thiết bị và hạ tầng (UN-Habitat, 2015).

3.3. Giải pháp về tài chính cho phát triển đô thị

Các chính quyền địa phương được phân cấp quản lý hoặc phân quyền có nhiều nguồn tài chính tiềm năng có thể huy động để đầu tư cho công tác phát triển đô thị. Tham khảo thực tiễn và kinh nghiệm quốc tế có thể thấy các nguồn tài chính đến với địa phương ở Việt Nam theo các kênh sau:

Thứ nhất, tiền từ Nhà nước sẽ được phân bổ cho các địa phương, ngân sách cấp thường chiếm hơn 50% trong nguồn ngân sách của địa phương. Tiền ngân sách có thể cấp theo định kỳ 5 năm, hàng năm hoặc đột xuất khi cần phải thực hiện một dự án có phạm vi tác động lớn. Đối với phần cấp ngân sách định kỳ, mức được cấp thường tỷ lệ thuận với quy mô dân số và mức đóng góp từ thuế của địa phương vào ngân sách nhà nước. Mức này cũng được tính toán trên cơ sở quy chế hành chính của địa phương nhận ngân sách (tỉnh/thành phố, phường/xã), và theo một cách khác, mức cấp sẽ được tính toán trên cơ sở nhu cầu hoặc hoàn cảnh khó khăn của địa phương. Theo đó, nhiều cơ chế cân bằng ngân sách giữa các địa phương được áp dụng để tăng mức ngân sách cấp cho các địa phương nghèo, số tiền bù chênh lệch này sẽ được lấy từ phần đóng góp ngân sách của các địa phương giàu hơn.



Tuy nhiên, ngân sách do Nhà nước cấp được sử dụng cho cả chi phí hoạt động của chính quyền địa phương lẫn đầu tư cho xây dựng cơ bản. Ở nhiều nơi, trong nhiều giai đoạn, gần như toàn bộ tiền ngân sách nhà nước cấp được sử dụng để trả lương cho đội ngũ cán bộ của chính quyền địa phương, và hậu quả là không còn tiền cho đầu tư. Các quy định pháp luật (cấp quốc gia và cấp địa phương) cần phải đưa ra nhiều biện pháp để quy định chặt chẽ mục đích sử dụng của các khoản đầu tư dành riêng cho phát triển đô thị (Irène Salenson, 2015).

Nguồn tài chính thứ hai có thể là nguồn riêng của các địa phương. Các khoản này có nhiều loại. Tiền thu từ bán quyền sử dụng đất, từ thuế đất, thuế bất động sản được địa phương thu trực tiếp; nguồn này thường có đối với các địa phương được phân quyền quản lý. Bên cạnh đó còn có thêm các loại thuế đánh vào các hoạt động kinh tế (thuế hoạt động nghề nghiệp, hoặc tiền kinh doanh, cho thuê các cơ sở thương mại), các khoản này thường thu trực tiếp ở địa phương, kể cả ở những địa phương không được phân quyền quản lý. Ngoài ra, các địa phương cũng thu tiền phí sử dụng dịch vụ công tại địa phương nếu có: tiền thu dọn rác thải sinh hoạt, tiền nước, tiền đỗ xe, tiền phí dịch vụ giao thông công cộng... Địa phương sẽ tìm cách để cải thiện các nguồn thu này vì đây là một nguồn thu nhập quan trọng cho ngân sách địa phương.

Nguồn thu tài chính thứ ba có thể áp dụng được ở Việt Nam là trích một phần giá trị gia tăng từ đất đai và bất động sản. Khi cấp phép xây dựng, địa phương có thu phí. Ngoài ra, địa phương cũng có thể bán quyền phát triển trên các mảnh đất thuộc sở hữu của mình, hoặc chuyển quyền xây dựng cho một bên nào đó, những việc này cũng mang lại thu nhập. Giá trị gia tăng (lợi nhuận) mà bên tư nhân được chuyển giao quyền xây dựng thu được từ việc chuyển đổi mục đích sử dụng từ đất nông nghiệp thành đất đô thị, hoặc các giao dịch khác (mua bán, chuyển nhượng) hoặc từ thừa kế, cũng có thể đánh thuế nếu như việc chuyển nhượng hoặc giao dịch đó được thực hiện một cách hợp pháp, theo quy định (UN-Habitat, 2015). Các dự án và hạng mục quy hoạch được thực hiện với sự tham gia của các công ty bất động sản, các công ty xây dựng và khai thác lớn của Nhà nước (đối với hạ tầng) và các doanh nghiệp và tập đoàn (trong quy hoạch các khu công nghiệp) sẽ mang lại nhiều lợi ích cho khu vực tư nhân, từ đó nâng cao nguồn đóng góp cho ngân sách địa phương.

Nguồn tài chính thứ tư cho phát triển đô thị là áp dụng mô hình đối tác công - tư. Chính quyền địa phương góp vốn vào dự án bằng đất, bảo lãnh vay vốn ngân hàng cho doanh nghiệp, còn các công ty tư nhân sẽ đảm trách chi phí thực hiện (quy hoạch chi tiết, xây dựng hạ tầng...). "Ủy quyền dịch vụ công" cũng là một hình thức của mô hình đối tác công - tư, trong đó, đối tác tư nhân chịu trách nhiệm phân phối một loại dịch vụ công nào đó cho cộng đồng. Đối tác tư nhân sẽ phải thực hiện các khoản đầu tư cần thiết để hoàn thành nhiệm vụ này (chẳng hạn, mở rộng mạng lưới đường ống dẫn nước sạch).

Nguồn tài chính cuối cùng cho phát triển đô thị là nguồn vốn vay ngân hàng. Nguồn này thường được áp dụng ở các nước phát triển nhưng hiện nay ít khi áp dụng ở các nước đang phát triển. Trên cơ sở dự báo nguồn thu hàng năm tính toán được và chất lượng của công tác quản lý tài chính, một địa phương có thể trực tiếp vay tiền ngân hàng, có thể là ngân hàng trong nước hoặc các định chế tài chính quốc tế (như Ngân hàng Thế giới, Ngân hàng Phát triển châu Á hoặc Cơ quan Phát triển của một số quốc gia có tại Việt Nam), hoặc vay gián tiếp từ các khoản vay của Chính phủ (từ Bộ Tài chính). Địa phương cũng có thể hưởng cơ chế bảo lãnh nợ, theo đó, một



tổ chức tài chính cam kết bảo đảm rủi ro cho các khoản vay của địa phương. Một nguồn nữa có thể nghĩ đến là một số thành phố lớn có thể phát hành trực tiếp trái phiếu trên thị trường tài chính để có thể đảm bảo có nguồn vốn lớn. Tuy nhiên, việc phát hành trái phiếu cũng nên chỉ giới hạn ở một mức độ hợp lý, tránh trường hợp nợ quá nhiều như đã từng xảy ra với nhiều tỉnh của Brasil và Argentina, gây ra hai cuộc khủng hoảng tiền tệ vào năm 1997 và 2001 (UN-Habitat. 2014).

Tất cả các hướng giải pháp trên đều nên được nghiên cứu khả năng áp dụng ở Việt Nam để huy động được nguồn vốn cho phát triển đô thị, đáp ứng nhu cầu đang ngày càng tăng do dân số gia tăng. Thực tế, phát triển đô thị sẽ không mang lại lợi ích gì nếu như không tìm được nguồn vốn cần thiết để thực hiện được các mục tiêu phát triển bền vững.

4. KẾT LUẬN

Để giải quyết các thách thức của quá trình đô thị hoá, khi lập và thực hiện quy hoạch đô thị và nông thôn cần phải tính đến ba trụ cột của phát triển bền vững: Phát triển kinh tế, bảo vệ môi trường và giải quyết tình trạng bất bình đẳng xã hội.

Phát triển kinh tế là động cơ giúp các đô thị mang lại cho người dân việc làm, dịch vụ, và cung cấp nguồn lực cho xây dựng hạ tầng công cộng. Đối với công tác quy hoạch đô thị cần phải xây dựng được các chiến lược và kế hoạch đầu tư hiệu quả.

Quy hoạch cũng phải làm sao đảm bảo phát huy được mô hình đô thị phát triển bao trùm (inclusive - không để ai bị bỏ lại phía sau). Để làm được điều này, công tác quy hoạch đô thị phải đặt ra mục tiêu tạo điều kiện thuận lợi để mọi người dân đều được tiếp cận với các dịch vụ cơ bản, và tiếp cận được với hạ tầng chung và các không gian công cộng chung. Công tác quy hoạch cũng phải đảm bảo ngăn chặn được hiện tượng phân tách không gian xã hội, mang lại cho người dân dịch vụ nhà ở hợp lý cho mọi người, cải thiện điều kiện sống ở các khu vực hiện hữu thông qua các dự án cải tạo đô thị.

Cuối cùng, việc lập quy hoạch đô thị cũng phải đưa ra các công cụ bảo vệ môi trường. Những thách thức chủ yếu hiện nay trong lĩnh vực này là làm sao thực hiện được các cam kết đã đưa ra (bảo vệ tài nguyên, bảo vệ không gian xanh, netzero) và tìm được nguồn tài chính cần thiết cho việc triển khai các biện pháp đã đưa ra (chẳng hạn để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng trong sản xuất công nghiệp, hoặc hạn chế lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính thải vào môi trường).❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Club France Rio+20 (2012), Sustainable Urban Territories: towards a new Model?, Club France Rio+20.

- De Sherbinin A., A. Schiller, A. Pulsipher (2007), The vulnerability of global cities to climate hazards, Publishing by SAGE on behalf of International Institute for Environment and Development.

- Fujita, M. and Thisse, J.F. (2002) Economics of agglomeration: Cities, industrial location, and regional growth. Cambridge University Press, Cambridge.

- Irène Salenson. 2015, Future Urban Challenges and Territorial Planning, AFD Conference.

- UN-Habitat. 2014, Urban Equyty in Development - Cities for Life, Report of Seventh Session of the World Urban Forum.

- UN-Habitat, 2015, Urban Rules and Legislation, Habitat III.

---

[1] *Không tính Nhật Bản.*

[2] *Tăng trưởng đô thị bao gồm tăng dân số nội tại và tăng dân số do di dân nông thôn - đô thị.*

[3] *Một số nghiên cứu và báo cáo của Ngân hàng thế giới gọi hiện tượng này ở Việt Nam là đô thị hoá đất đai nhanh hơn đô thị hoá dân số.*

Đường sắt đô thị - nhân tố quan trọng góp phần giải quyết vấn đề giao thông đô thị tại các thành phố lớn



PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN*

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, đường sắt đô thị là phương tiện góp phần giải quyết các vấn đề giao thông tại các đô thị lớn trong đó có Việt Nam. Việc triển khai đồng bộ các giải pháp để đẩy nhanh xây dựng mạng lưới đường sắt đô thị vừa giúp giải bài toán giao thông vừa góp phần bảo vệ môi trường tạo đà cho sự tăng trưởng, phát triển của đô thị và cả các vùng xung quanh.

KHÁI QUÁT VỀ ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

Đường sắt đô thị - Urban Railway (ĐSĐT) là đường sắt phục vụ nhu cầu đi lại hàng ngày của hành khách trong đô thị và vùng phụ cận; là loại hình vận tải hành khách công cộng sử dụng phương tiện vận tải bánh sắt (toa xe) trên đường ray.

Hệ thống đường sắt đô thị bao gồm: Đường tàu điện ngầm (Metro); đường tàu điện đi trên mặt đất (Monorail; Tramway) và đường tàu điện trên cao.

ĐSĐT không chỉ đáp ứng nhu cầu vận tải hành khách với số lượng lớn mà còn kết nối với các phương thức vận tải công cộng khác, tạo nên sự thuận lợi, thuận tiện cho việc đi lại của người dân.

ĐSĐT được ví như xương sống của hệ thống giao thông công cộng bởi năng lực vận chuyển ưu việt. Hơn nữa, ĐSĐT còn là phương tiện chủ đạo để những đô thị lớn kiến tạo một hệ thống giao thông xanh, bền vững.

Sự phát triển của ĐSĐT cùng với các công nghệ, kỹ thuật hiện đại sẽ đóng vai trò quan trọng cho sự phát triển của hệ thống giao thông thông minh và ĐSĐT là mắt xích quan trọng của hệ thống này.

VAI TRÒ CỦA ĐSĐT TRONG PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ

Việc đẩy mạnh đầu tư xây dựng mạng lưới ĐSĐT không chỉ góp phần thay đổi diện mạo đô thị, nâng cao năng lực cạnh tranh của đô thị mà còn góp phần giải quyết các vấn đề về ùn tắc giao thông, tiết kiệm thời gian, tiết kiệm năng lượng và giảm thiểu ô nhiễm không khí; đồng thời thay đổi nhận thức và thói quen sử dụng phương tiện công cộng, văn hóa giao thông của người dân hướng tới giảm thiểu phương tiện cá nhân góp phần bảo vệ môi trường.

ĐSĐT là bộ phận cấu thành quan trọng của cơ sở hạ tầng kỹ thuật, là tiền đề cho sự phát triển của giao thông đô thị và phát triển giao thông đô thị bền vững cũng chính là điều kiện để phát triển đô thị bền vững.

ĐSĐT mở ra không gian phát triển kinh tế mới, kết nối giữa khu vực ngoại thành và trung tâm thành phố, giữa đô thị hạt nhân và các đô thị vệ tinh trở nên dễ dàng, thuận tiện hơn.

ĐSĐT góp phần phân bố lại không gian ở và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của các khu vực dọc tuyến, hỗ trợ việc cải tạo và chỉnh trang đô thị hiện hữu, hình thành các khu đô thị mật độ cao, đa chức năng. Điều này không chỉ cải thiện diện mạo đô thị theo hướng hiện đại, xanh và bền vững mà còn tạo động lực phát triển các trung tâm kinh tế, dịch vụ, gia tăng năng lực cạnh tranh cho đô thị.

Việc phát triển đô thị và giao thông công cộng, đặc biệt ĐSĐT, có mối liên hệ mật thiết với nhau. Sự xuất hiện của các ga ĐSĐT trong các thành phố tạo ra những tác động khác nhau lên khu vực xung quanh ga, thúc đẩy phát triển đô thị theo mô hình TOD. Tại đây sẽ bố trí hỗn hợp các hoạt động dịch vụ để sử dụng đất hiệu quả nhằm không chỉ tối đa hóa giá trị tăng thêm từ đất bù đắp vốn đầu tư cho ĐSĐT, mà còn làm cho lưu lượng hành khách sử dụng ĐSĐT ngày càng tăng, giúp lĩnh vực kinh doanh vận tải hành khách công cộng sinh lời.

Việc phát triển đô thị theo mô hình TOD sẽ tạo điều kiện cho hành khách tiếp cận thuận tiện, an toàn các dịch vụ tới các ga ĐSĐT và ngược lại góp phần cải thiện môi trường, nâng cao chất lượng sống của người dân, bảo đảm trật tự an toàn xã hội tại địa phương, đặc biệt khi đô thị có mật độ

(*) *Nguyên Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật (Bộ Xây dựng)*



dân cư càng cao, nhu cầu đi lại lớn sẽ thúc đẩy đường sắt đô thị phát triển.

"Phát triển mạng lưới ĐSĐT không chỉ là kết nối giao thông hiện đại trong đô thị, mà còn là kết nối những ước mơ khát vọng của người dân thành phố về một cuộc sống tiện nghi hiện đại, là mở rộng không gian đô thị…".

ĐSĐT TẠI MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI VÀ BÀI HỌC KINH NGHIỆM

Ở Nhật Bản, ĐSĐT là một phần thiết yếu trong cuộc sống của người dân và đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế - xã hội của các thành phố. Chính vì vậy, Nhật Bản là một trong những nước trên thế giới tiên phong phát triển ĐSĐT, với mạng lưới trải rộng nhiều thành phố trên khắp cả nước, hiện đại và đồng bộ.

Mạng lưới đường sắt ngầm của khu vực Tokyo hiện có 14 tuyến đường với tổng chiều dài 293,1 km, bao gồm 282 nhà ga, đã đến được các điểm dân cư đông đúc và những điểm mà mạng đường bộ trên cao không thể đến. Một yếu tố đặc biệt của mạng lưới giao thông công cộng Tokyo là sự tích hợp chặt chẽ với các tiện ích đô thị. Xung quanh các nhà ga, người dân có thể dễ dàng tiếp cận các khu vực thương mại, văn phòng, nhà ở, cơ sở giải trí, cùng với không gian công cộng và các cảnh quan tiện ích. Sự kết hợp này không chỉ tạo điều kiện cho việc di chuyển thuận lợi mà còn thúc đẩy sự phát triển đô thị bền vững, mang lại cuộc sống thuận tiện cho người dân.

Tokyo đã xây dựng xung quanh các ga tàu điện ngầm những trung tâm thương mại, khu mua sắm, nhà hát và bảo tàng, giúp các khu vực này không chỉ sầm uất vào giờ cao điểm mà còn trở thành những tụ điểm sinh hoạt văn hóa. Ga Shibuya không chỉ là một đầu mối giao thông mà còn là một trung tâm của văn hóa đại chúng Nhật Bản, nơi diễn ra các sự kiện nghệ thuật đường phố, nơi những nghệ sĩ trẻ thử nghiệm phong cách mới và là không gian sống động phản ánh nhịp đập của thành phố.

Bài học của Nhật Bản trong hơn một thế kỷ phát triển ĐSĐT, đó là: (1) Tập trung xây dựng quy hoạch đồng bộ, gắn phát triển ĐSĐT với các khu vực đô thị. (2) Tối ưu hóa hiệu suất sử dụng đất, tăng giá trị bất động sản (3) Nâng cao tiện nghi và sự thuận lợi, giảm ùn tắc và lượng khí thải, tiết kiệm thời gian. (4) Đầu tư mới, sử dụng công nghệ tiên tiến và tiết kiệm năng lượng, thiết lập hệ thống bán vé thông minh và thanh toán qua thẻ từ hay các chỉ dẫn đa ngôn ngữ. (5) Sự phối hợp, liên kết chặt chẽ có hiệu quả giữa nhà nước và tư nhân trong đầu tư và quản lý vận hành thông qua hình thức hợp tác công tư (PPP)…

Tại Đức, mạng lưới ĐSĐT có ở hầu hết các đô thị trên cả nước và hệ thống giao thông ở Đức được biết đến với sự hiệu quả và độ chính xác cao. Hệ thống ĐSĐT bao gồm tàu điện ngầm U-Bahn; tàu điện trên mặt đất Tram; tàu điện kết nối nội và ngoại ô S-Bahn; tàu điện trên cao (LRT và H-Bahn). Trong đó, Tram và S-Bahn là hình thức giao thông công cộng phổ biến. Đối với hệ thống U-Bahn vận chuyển nhanh, khối lượng lớn và thông thường chạy chủ yếu dưới lòng đất.

Gần đây, Chính phủ Đức có kế hoạch thúc đẩy sự phát triển của ngành đường sắt, trong đó tập trung cải tạo lại những đường sắt cũ, hứa hẹn mức hỗ trợ tài chính chưa từng có để mở rộng và hiện đại hóa mạng đường sắt quốc gia.

Trung Quốc đến năm 2024 có hệ thống ĐSĐT lớn nhất thế giới với hơn 362 tuyến và tổng chiều dài hơn 12.168 km.

Sự tích hợp giữa ĐSĐT và phát triển các khu dân cư đã thúc đẩy mô hình phát triển "đa trung tâm". Xu hướng phát triển TOD của Trung Quốc nhằm mục đích tái cấu trúc không gian đô thị, giảm mở rộng đô thị không kiểm soát, hướng tới phát triển khu vực trung tâm kết nối. Đồng thời, thúc đẩy kinh tế địa phương, gia tăng giá trị đất đai và phát triển khu thương mại quanh các ga tàu. Đảm bảo tiếp cận giao thông công cộng cho mọi tầng lớp dân cư, giảm ô nhiễm và tiết kiệm năng lượng bằng cách khuyến khích sử dụng phương tiện công cộng hướng đến sự phát triển bền vững, giảm thiểu việc sử dụng xe cá nhân và tối ưu hóa việc sử dụng đất.

Sự phát triển của hệ thống ĐSĐT ở Trung Quốc mang một đặc điểm nổi bật. Trong khi ở hầu hết quốc gia khác, các dự án ĐSĐT chủ yếu được thúc đẩy bởi nhu cầu sử dụng, chiều dài và lượng tuyến theo dân số, thu nhập trung bình và hệ thống giao thông. Hầu hết các tuyến ĐSĐT ở Trung Quốc đều được xây dựng trước nhu cầu. Hơn nữa, hệ thống giao thông này thường có lưu lượng hành khách khá ít trong những năm đầu hoạt động.

Pháp cũng là một trong những quốc gia chú trọng phát triển đường sắt đô thị, với tổng chiều dài đường sắt lên đến 29 nghìn km. Mạng lưới đường sắt hiện đại của Pháp không chỉ đáp ứng nhu cầu vận tải hành khách mà góp phần vào vận chuyển hàng hóa và phục vụ du lịch. Hệ thống ĐSĐT tại thành phố Paris được xây dựng đầu thế kỷ 20, tổng chiều dài khoảng 214 km, gồm 16 tuyến tàu điện ngầm trong trung tâm phục vụ thành phố và vùng đô thị Paris. Đây được coi là một trong những hệ thống giao thông đô thị tốt nhất về mật độ dịch vụ, tần suất và độ an toàn.

Singapore hiện nay có 6 tuyến ĐSĐT với tổng chiều dài 231 km và 28,6 km đường sắt nhẹ (LRT) đang phục vụ 3,5 triệu lượt khách mỗi ngày. Hệ thống MRT, đang dự kiến mở rộng lên 360 km đến cuối năm 2030 để phủ 80% nhà dân sống trong bán kính 10 phút đi bộ đến nhà ga Metro. Sau nhiều năm phát triển, hệ thống giao thông công cộng tốc độ cao (MRT) dần trở thành phương tiện di chuyển phổ biến thứ hai tại Singapore, sau xe buýt.

Việc tích hợp giao thông với quy hoạch sử dụng đất đã tối ưu hóa giá trị quỹ đất hạn hẹp kết hợp phát triển các dịch vụ đi kèm xung quanh các nhà ga ĐSĐT, mặt khác chính quyền đã quy hoạch những khu phố đi bộ, quảng trường nghệ thuật, các khu vực trưng bày tác phẩm công cộng, giúp người dân không chỉ sử dụng giao thông công cộng mà còn tiếp cận văn hóa một cách dễ dàng. Các trung tâm văn hóa gần ga tàu như National Library Board hay Esplanade-Theatres on the Bay không chỉ phục vụ du khách mà còn là không gian để người dân địa phương học hỏi, giao lưu và phát triển sáng tạo.

MỘT SỐ THÁCH THỨC TRONG PHÁT TRIỂN ĐSĐT VIỆT NAM

Quy hoạch giao thông chưa đồng bộ: Các tuyến ĐSĐT hiện nay (bao gồm các tuyến đã được xác định trong quy hoạch và một vài tuyến đã đưa vào khai thác) còn thiếu tính gắn kết với việc tái cấu trúc không gian đô thị, thiếu tính liên thông, kết nối với chính hệ thống giao thông. Thiếu quy hoạch vị trí và bố trí không gian cho các bãi, điểm đỗ xe tại các tuyến ĐSĐT kết nối với nhau và kết nối với các phương thức vận tải khác. Vị trí các điểm dừng chờ xe buýt chưa tiệm cận một cách hợp lý với các ga ĐSĐT, mặt khác hình thức kiến trúc nhà chờ, tiện nghi (ghế ngồi, mái che, biển quảng cáo) của điểm dừng xe quá nghèo nàn, chưa tạo nên sự hấp dẫn và thu hút.

Một trong những "điểm nghẽn" khiến các dự án chậm trễ là công tác thu hồi đất và giải phóng mặt bằng. Bên cạnh đó, còn nhiều bất cập trong cơ chế, chính sách, quy định của pháp luật; vướng mắc liên quan đến quy định về thiết kế, thi công, hoàn công, trách nhiệm trọn gói, đánh giá an toàn hệ thống…; thủ tục đầu tư, phê duyệt và triển khai; tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, giải pháp về công nghệ, tổ chức thi công, cung cấp vật tư thiết bị, những bất cập này cần phải được quan tâm tháo gỡ.

Nguồn lực tài chính cho đầu tư phát triển hạ tầng giao thông còn hạn chế và việc đầu tư cho đường sắt cần nguồn lực rất lớn (vì tính đồng bộ hóa đối với đường sắt là rất cao). Hiện nay, toàn bộ nguồn lực tài chính để đầu tư xây dựng các tuyến ĐSĐT là vốn vay ODA cộng với khoảng 10 - 20% là từ ngân sách nhà nước. Tuy nhiên, việc đầu tư bằng nguồn vốn ODA ngày càng khó khăn do thủ tục, điều kiện vay phức tạp, suất đầu tư cao, phụ thuộc thiết kế, công nghệ và chuyển giao công nghệ… Bên cạnh đó, đường sắt là lĩnh vực khó thu hút vốn đầu tư từ khu vực tư nhân do lợi ích chính của đường sắt là lan tỏa phát triển kinh tế - xã hội, tạo thuận lợi cho người dân, trong khi nhà đầu tư quan tâm đến khả năng hoàn vốn, lợi ích cho doanh nghiệp.

Thách thức quan trọng khác là sự thiếu hụt nguồn nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực ĐSĐT. Hiện Việt Nam chưa có đội ngũ chuyên gia đủ năng lực về quản lý, thiết kế, xây dựng, vận hành và bảo trì hệ thống Metro, hoặc đã có nhưng còn thiếu kinh nghiệm. Nhân sự chủ yếu phụ thuộc vào các chương trình đào tạo từ nước ngoài, chưa có sự chuẩn bị bài bản ngay từ đầu để sẵn sàng tiếp nhận và vận hành hệ thống khi hoàn thành.

Tháo gỡ về cơ chế, chính sách, đào tạo, nâng cao năng lực quản lý và điều hành đã và đang được các cơ quan có thẩm quyền quan tâm đặc biệt.

NHỮNG CƠ HỘI CHO PHÁT TRIỂN ĐSĐT

Hình thành mạng lưới ĐSĐT đang là một trong những trọng tâm ưu tiên trong đầu tư phát triển hạ tầng giao thông của các thành phố lớn như Hà Nội, TP.HCM. Trong thời gian vừa qua, các cơ quan Nhà nước có thẩm quyền đã nghiên cứu và ban hành nhiều cơ chế, chính sách đặc thù… tạo hành lang pháp lý thúc đẩy phát triển ĐSĐT:

1. Ngày 19/02/2025, tại Kỳ họp bất thường lần thứ 9, Quốc hội đã thông qua Nghị quyết 188/2025/QH15 của Quốc hội thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để phát triển hệ thống mạng lưới ĐSĐT tại Hà Nội và TP.HCM. Việc Quốc hội thông qua Nghị quyết thí điểm ngay tại kỳ họp bất thường này được xem là cú hích lớn tạo đột phá, không chỉ



Tuyến Bến Thành - Suối Tiên



Tuyến Nhổn - Ga Hà Nội



Tuyến Cát Linh - Hà Đông

giúp rút ngắn thời gian triển khai ĐSĐT, mà còn mang lại nhiều lợi ích thiết thực cho người dân và nền kinh tế. Với 6 nhóm chính sách đặc thù, Nghị quyết thí điểm sẽ tạo thuận lợi trong huy động mọi nguồn lực hợp pháp, rút ngắn tối đa tiến độ thực hiện, khai thác có hiệu quả nguồn lực quỹ đất. Nghị quyết thí điểm cũng nhấn mạnh đến việc phân cấp, phân quyền mạnh mẽ trong triển khai đầu tư, phát huy tính chủ động, tích cực của hai thành phố. Trong đó, việc triển khai mô hình TOD (phát triển đô thị gắn với giao thông công cộng) trong xây dựng ĐSĐT sẽ kéo theo sự bùng nổ của thị trường bất động sản, đặc biệt tại các khu vực quanh ga tàu. Điều này đồng nghĩa với cơ hội đầu tư lớn cho người dân, thúc đẩy sự phát triển của các trung tâm thương mại, văn phòng, tạo ra hàng ngàn việc làm mới.

2. Nghị quyết số 198/2025/QH15 về một số cơ chế, chính sách đặc biệt phát triển kinh tế tư nhân. Nghị quyết này được Quốc hội khóa XV, kỳ họp thứ 9 thông qua ngày 17/5/2025. Nghị quyết quy định nhiều cơ chế, chính sách đặc biệt về cải thiện môi trường kinh doanh; hỗ trợ tiếp cận đất đai, mặt bằng sản xuất kinh doanh, thuê nhà, đất là tài sản công; hỗ trợ tài chính, tín dụng và mua sắm công; hỗ trợ khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số và đào tạo nhân lực; hỗ trợ hình thành doanh nghiệp vừa và lớn, doanh nghiệp tiên phong...

3. Luật Thủ đô 2024 dành riêng Điều 31 để quy định về phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD), bao gồm các nội dung như quy hoạch hệ thống đường sắt đô thị và khu vực TOD, đầu tư phát triển ĐSĐT và các cơ chế thu phí giá trị thặng dư từ đất trong khu vực TOD. Luật Thủ đô 2024 đã tạo ra khung pháp lý thuận lợi cho việc phát triển hệ thống ĐSĐT tại Hà Nội thông qua các cơ chế, chính sách đặc thù.

4. Đề án tổng thể đầu tư xây dựng hệ thống ĐSĐT Thủ đô, TP Hà Nội đặt mục tiêu đến năm 2030 hoàn thành thi công xây dựng 96,8 km, đến năm 2035 hoàn thành 301 km và đến năm 2045 hoàn thành đầu tư xây dựng 196,2 km.

5. Đề án phát triển hệ thống ĐSĐT TP.HCM đã đặt mục tiêu đến năm 2035 sẽ hoàn thành 355 km (gọi tắt là đề án Metro). Để thực hiện thành công và sớm hoàn thành mục tiêu, đề án đề xuất tổng cộng 43 cơ chế chính sách đột phá, trong đó bao gồm 32 cơ chế chính sách thuộc thẩm quyền ban hành của Quốc hội, 13 cơ chế thuộc thẩm quyền ban hành của Chính phủ.

6. Theo Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội đến năm 2045 tầm nhìn đến năm 2065, Hà Nội sẽ hoàn thành xây dựng 15 tuyến ĐSĐT với tổng chiều dài 617 km. Trong khi đó, theo Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung TP.HCM đến năm 2040 tầm nhìn đến năm 2060, TP.HCM sẽ hoàn thành xây dựng 10 tuyến đường sắt đô thị với tổng chiều dài 510 km.

Điểm qua một số quy định mới được ban hành cho thấy về cơ bản đã có khá đủ cơ sở pháp lý cao nhất (bao gồm cả cơ chế, chính sách phát triển kinh tế tư nhân - thu hút các nguồn lực) để tổ chức triển khai thực hiện phát triển ĐSĐT. Tuy nhiên, để triển khai thành công cần tiếp tục ban hành các quy định chi tiết cụ thể hơn các cơ chế, chính sách đã được thông qua; phân công, giao nhiệm vụ rõ ràng minh bạch tránh chồng chéo cho các tổ chức, cá nhân, giám sát, kiểm tra, kịp thời tháo gỡ các khó khăn vướng mắc.

THAY LỜI KẾT

Phát triển ĐSTĐ đang là nhu cầu cấp thiết của các đô thị Việt Nam đặc biệt của TP Hà Nội và TP.HCM. Các ngành các cấp đã vào cuộc, tháo gỡ kịp thời các khó khăn, với những tiện ích to lớn mang lại đối với cuộc sống người dân, môi trường, du lịch và kinh tế. ĐSĐT đã, đang và chắc chắn sẽ trở thành một trong những ưu tiên quan trọng trong chiến lược phát triển của Việt Nam, nhất là trong bối cảnh tác động từ biến đổi khí hậu và ô nhiễm môi trường đang rõ ràng hơn bao giờ hết.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nghị quyết 188/2025/QH15 của Quốc hội thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại TP Hà Nội, TP.HCM.

2. Nghị quyết số 198/2025/QH15 về một số cơ chế, chính sách đặc biệt phát triển kinh tế tư nhân.

3. Luật Thủ đô 2024.

4. Luật Đường sắt 06/2017/QH14.

5. Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội đến năm 2045, tầm nhìn đến năm 2065.

6. Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung TP.HCM đến năm 2040, tầm nhìn đến năm 2060.

7. Tạp chí GTVT (9/2024), "Kinh nghiệm thế giới phát triển ĐSĐT thành phương tiện công cộng chủ lực".

8. Kinh tế Đô thị cuối tuần (21/4/2024), "Kinh nghiệm phát triển ĐSĐT của các nước" và "Để phát triển ĐSĐT: Mô hình TOD là chiến lược then chốt".

9. Trường ĐH GTVT, Tọa đàm ngày 20/02/2025 về "Kinh nghiệm trong phát triển vận tải và điều khiển đường sắt tốc độ cao, đường sắt đô thị của Trung Quốc".



Tăng cường năng lực khoa học công nghệ, chuyển đổi số và nguồn nhân lực đối với doanh nghiệp quản lý vận hành khai thác đường sắt đô thị



TS KHUẤT VIỆT HÙNG*

Theo xu thế, lĩnh vực đường sắt đô thị (ĐSĐT) đang có những bước tiến hướng tới sự bứt phá về khoa học công nghệ (KHCN), số hóa. Đây là sự thay đổi mang tính hệ thống, tạo tiền đề cho hệ sinh thái vận hành thông minh, bền vững. Tuy nhiên, quá trình chuyển đổi số cũng đặt ra nhiều thách thức cho ĐSĐT, đòi hỏi phải có cơ chế đồng bộ cũng như giải pháp cụ thể từ các doanh nghiệp vận hành ĐSĐT.

TỔNG QUAN VỀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐƯỜNG SẮT TRÊN THẾ GIỚI

Trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 diễn ra mạnh mẽ, ngành Đường sắt nói chung và ĐSĐT nói riêng đang chuyển mình mạnh mẽ theo hướng số hóa, tích hợp công nghệ mới và hiện đại hóa đào tạo nhân lực. Các công nghệ cốt lõi như: Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) và Internet vạn vật (Internet of Things - IoT), dữ liệu lớn (Big Data), mô hình mô phỏng số (Digital Twin), điện toán đám mây, thực tế ảo và Internet of Trains đang được tích hợp đồng bộ vào công tác quản lý và điều hành hệ thống đường sắt hiện đại.

Những công nghệ này đóng vai trò then chốt trong việc giải quyết các vấn đề cốt lõi như giám sát tình trạng cơ sở hạ tầng, tối ưu hóa quy trình vận hành, bảo trì, dự báo tàu trễ và nâng cao mức độ an toàn trong vận hành. Cụ thể, các ứng dụng của AI được sử dụng trong lập lịch vận hành tàu, phát hiện hư hỏng và tối ưu hóa tiêu thụ năng lượng. Trong khi đó, thiết bị IoT hỗ trợ việc thu thập dữ liệu theo thời gian thực thông qua hệ thống cảm biến, camera và định vị toàn cầu (GPS). Một số công nghệ quan trọng khác như mô hình mô phỏng, phân tích dữ liệu lớn, điện toán đám mây và thực tế ảo cũng đang được ứng dụng mạnh mẽ, hỗ trợ ra quyết định trong công tác điều hành. Việc tích hợp đồng thời các công nghệ này cho phép xây dựng các giải pháp tổng thể, toàn diện, góp phần nâng cao hiệu quả vận hành bảo trì hệ thống đường sắt.

Quá trình chuyển đổi số trong ngành Đường sắt không chỉ đơn thuần là việc áp dụng công nghệ mà còn thể hiện một sự thay đổi mang tính hệ thống từ mô hình quản trị, mô hình kinh doanh đến phương thức cung cấp dịch vụ, tạo tiền đề cho việc hình thành một hệ sinh thái vận hành thông minh, thích ứng và bền vững trong lĩnh vực đường sắt. Đối với hành khách, quá trình chuyển đổi số thể hiện qua việc triển khai các ứng dụng hỗ trợ kết nối vận tải thông qua ứng dụng di động, hệ thống vé điện tử và các hệ thống thông tin, giải trí tích hợp trên tàu.

Đối với nhà vận hành, ứng dụng cảm biến IoT và phân tích dữ liệu lớn đang làm thay đổi căn bản cách thức quản lý tài sản, trang thiết bị và hoạt động bảo trì đoàn tàu và cơ sở hạ tầng. Hệ thống vận hành tàu tự động (Automated Train Operation - ATO) góp phần nâng cao mức độ an toàn và hiệu quả vận hành. Khái niệm "Internet of Trains - hệ thống kết nối công nghệ số, cảm biến, thiết bị, đoàn tàu, tín hiệu, cơ sở hạ tầng" đang từng bước hình thành một hệ thống kết nối liên thông toàn diện, mang lại lợi ích cho cả nhà sản xuất, đơn vị vận hành và hành khách.

Các tập đoàn đường sắt lớn trên thế giới đang triển khai các chiến lược số hóa toàn diện. Chương trình DB 4.0 của Deutsche Bahn (Đức) tập trung vào phát triển phần mềm hỗ trợ vận hành và xây dựng các mô hình kinh doanh mới. Các nhà khai thác hàng đầu như SBB (Thụy Sĩ) và Trenitalia (Italia) đã áp dụng các giải pháp phần mềm tích hợp nhằm chuyển đổi toàn diện công tác quản lý vận hành đường sắt, hướng đến tích hợp các ứng dụng về tối ưu hóa biểu đồ chạy tàu, lập kế hoạch đoàn tàu và quản lý hạ tầng thông minh; tự động hóa lập lịch và phân công nhân sự, điều phối bảo trì và triển khai đội tàu một cách hiệu quả; giám sát và điều hành hoạt động theo thời gian thực, hệ

(*) *Chủ tịch HĐTV Công ty TNHH MTV Đường sắt Hà Nội*

thống quản lý sự cố chủ động và cung cấp thông tin cho hành khách một cách linh hoạt và kịp thời…

Tuy nhiên, bên cạnh các cơ hội, quá trình chuyển đổi số cũng đặt ra những thách thức không nhỏ về phát triển nguồn nhân lực, đáp ứng năng lực công nghệ, đặc biệt là yêu cầu nâng cao trình độ chuyên môn và kỹ năng số cho đội ngũ quản lý và lực lượng lao động trực tiếp vận hành, bảo trì phương tiện, hạ tầng đường sắt. Các chức danh kỹ sư ngày càng đòi hỏi kiến thức chuyên sâu về KHCN tiên tiến, hệ thống số và cần phải được trang bị hiểu biết toàn diện hơn về các hệ thống tích hợp. Ngay cả khi tự động hóa có thể đơn giản hóa vai trò của người lái tàu, họ vẫn cần phải được trang bị kiến thức cập nhật, phù hợp với trình độ phát triển KHCN để đáp ứng yêu cầu vận hành trong môi trường công nghệ cao. Những yêu cầu này đặt ra thách thức rõ rệt đối với hệ thống đào tạo trong quá trình phát triển công nghệ, chuyển đổi số. Ví dụ, ở Úc, sự thiếu hụt các chương trình đào tạo chuyên sâu từ các cơ sở giáo dục truyền thống đã khiến các nhà vận hành phải tự thực hiện đào tạo và phụ thuộc vào các đơn vị đào tạo chuyên biệt như CERT, RTI và Skilled Rail.

Hiện nay, các chương trình đào tạo trong lĩnh vực ĐSĐT có sự phân hóa rõ rệt giữa các khu vực, phản ánh đặc điểm nhu cầu và định hướng phát triển riêng biệt của từng quốc gia. Cụ thể, tại Hoa Kỳ, các chương trình đào tạo thường tập trung vào các nội dung mang tính kỹ thuật chuyên sâu, đặc biệt là kỹ thuật xây dựng. Ngược lại, tại Liên minh châu Âu, các chương trình mang tính đa ngành hơn, bao phủ cả cơ sở hạ tầng, vận hành và hệ thống tích hợp. Tại Trung Quốc, quá trình phát triển nhanh chóng của hệ thống ĐSĐT đã thúc đẩy nhận thức sâu sắc về vai trò của tin học ứng dụng trong giáo dục kỹ thuật đường sắt. Các chương trình đào tạo tiên tiến hiện nay đang tích hợp các công nghệ mới nổi như trí tuệ nhân tạo (AI), phân tích dữ liệu lớn (Big Data Analytics) và bản sao số (Digital Twins) nhằm trang bị cho học viên năng lực thực hiện các chức năng hiện đại như lập lịch trình thời gian biểu, quản lý giao thông, dự đoán bảo trì và giám sát vận hành theo thời gian thực - những yếu tố then chốt trong hệ thống vận hành ĐSĐT thông minh.

Để đáp ứng các yêu cầu ngày càng cao trong bối cảnh hiện đại hóa và chuyển đổi số trong lĩnh vực đường sắt, các chương trình đào tạo do các đơn vị vận hành đã và đang được thiết kế theo hướng toàn diện. Cấu trúc chương trình bao gồm các lĩnh vực trọng yếu như kỹ thuật đường sắt, cơ sở hạ tầng, vận hành, tín hiệu, bảo trì, an toàn và quản lý…, kết hợp hài hòa giữa lý thuyết và kinh nghiệm thực tiễn. Mục tiêu cốt lõi của các chương trình là hình thành một đội ngũ chuyên gia lành nghề, có khả năng quản lý, vận hành hiệu quả các hệ thống vận hành tàu hiện đại an toàn.

Đáng chú ý, nhiều đơn vị vận hành đã chủ động ứng dụng các đào tạo số, bao gồm các phần mềm mô phỏng thực tế và chương trình đào tạo dựa trên máy tính (computer-based training). Cách tiếp cận này không chỉ nâng cao tính linh hoạt và hiệu quả chi phí mà còn giúp học viên phát triển kỹ năng phần mềm, phân tích dữ liệu và lập trình - những năng lực thiết yếu để quản lý hiệu quả các hệ thống ĐSĐT hiện đại. Bên cạnh đó, ngành Đường sắt đang từng bước chuyển đổi theo hướng áp dụng các tiêu chuẩn đào tạo dựa trên năng lực (competency-based training standards) được công nhận ở cấp quốc gia. Việc áp dụng các chuẩn mực đào tạo này góp phần đảm bảo tính thống nhất, chuẩn hóa đầu ra về đào tạo, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuyển đổi, công nhận năng lực giữa các cơ sở đào tạo và đơn vị vận hành khác nhau.

Ngành ĐSĐT toàn cầu đang chuyển mình mạnh mẽ theo hướng số hóa, tích hợp công nghệ mới và hiện đại hóa đào tạo nhân lực.

PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG CÔNG NGHỆ, CHUYỂN ĐỔI SỐ VÀ NHU CẦU NGUỒN NHÂN LỰC VỀ ĐSĐT TẠI HÀ NỘI VÀ TP.HCM

Tại Việt Nam, quá trình phát triển các tuyến ĐSĐT tại Hà Nội và TP.HCM đã đạt được những kết quả bước đầu, tuy nhiên vẫn còn tồn tại nhiều rào cản về mặt công nghệ, thiết kế không đồng bộ, thiếu liên thông hệ thống và phân mảnh trong quản lý, điều hành. Đặc biệt, sự lệ thuộc vào công nghệ nước ngoài và sự thiếu hụt chiến lược phát triển nguồn nhân lực chuyên sâu đang là những thách thức lớn đối với khả năng tự chủ công nghệ và vận hành hiệu quả các tuyến ĐSĐT trong dài hạn.

Hiện trạng triển khai ba tuyến ĐSĐT tại Việt Nam, bao gồm tuyến Cát Linh - Hà Đông (ODA Trung Quốc), tuyến Nhổn - Ga Hà Nội (ODA Pháp) và tuyến Bến Thành - Suối Tiên (ODA Nhật Bản) đang cho thấy những tồn tại đáng lưu ý về mặt kỹ thuật, vận hành và quản lý do sự thiếu đồng bộ trong thiết kế và công nghệ. Mỗi dự án là một hệ thống hoàn chỉnh riêng biệt, với sự khác biệt về đoàn tàu, hạ tầng kỹ thuật, hệ thống điều khiển, phần mềm điều độ và hệ thống vé. Sự không tương thích này đã tạo ra tình trạng vận hành độc lập giữa các tuyến, gây ra khó khăn trong việc tích hợp về kỹ thuật và tổ chức khai thác vận tải. Một trong những bất cập nổi bật là hệ thống vé hiện hành: Thẻ vé của tuyến nào chỉ sử dụng được cho tuyến đó, thiếu cơ chế thanh toán điện tử liên thông, không hỗ trợ thanh toán không tiền mặt khiến hành khách gặp bất tiện, làm giảm mức độ tiện lợi và hấp dẫn của dịch vụ ĐSĐT.

Ngoài ra, hệ thống phần mềm điều độ và cơ sở hạ tầng vận hành không thể dùng chung giữa các tuyến. Cụ thể, việc sử dụng phần mềm điều hành của tuyến Cát Linh - Hà Đông để lập biểu đồ chạy tàu cho tuyến Nhổn - Ga Hà Nội (hoặc ngược lại) là không khả thi do khác biệt về công nghệ nền tảng, dẫn đến tăng chi phí đầu tư ban đầu, chi phí vận hành và bảo trì do phải xây dựng hệ thống riêng biệt cho từng tuyến. Tình trạng thiếu đồng bộ nêu trên cho thấy sự cần thiết cấp bách phải xây dựng một kiến trúc tổng thể cho hệ thống ĐSĐT, bao gồm tiêu chuẩn kỹ thuật, khung tích hợp công nghệ, hệ thống vé liên thông, trung tâm điều hành tập trung và chiến lược phát triển nguồn nhân lực phù hợp với lộ trình chuyển đổi số và nội địa hóa công nghệ. Điều này không chỉ giúp tối ưu hóa chi phí đầu tư và vận hành mà còn nâng cao hiệu quả khai thác, tăng tính hấp dẫn và khả năng cạnh tranh của vận tải công cộng trong đô thị hiện đại.

Về nguồn nhân lực, sự khác biệt trong công nghệ giữa các tuyến kéo theo yêu cầu đào tạo riêng biệt, với chương trình, tiêu chuẩn và quy trình chuyển giao công nghệ khác nhau. Điều này không chỉ gây khó khăn trong việc chuẩn hóa đội ngũ vận hành, bảo trì mà còn làm gia tăng chi phí đào tạo và kéo dài thời gian làm chủ công nghệ trong nước. (Bảng 1)

Hiện nay, các chương trình đào tạo trong lĩnh vực ĐSĐT tại

Việt Nam chủ yếu tập trung vào các nội dung ngắn hạn, phục vụ trực tiếp cho nhu cầu vận hành, bảo trì trang thiết bị, bảo đảm an toàn hệ thống và cung cấp dịch vụ hỗ trợ theo từng dự án cụ thể. Tuy nhiên, các nội dung đào tạo liên quan đến sửa chữa, bảo dưỡng đoàn tàu và cơ sở hạ tầng, đặc biệt là sửa chữa trung tu và đại tu vẫn còn thiếu hụt nghiêm trọng.

Một trong những hạn chế căn bản là việc chưa xây dựng được chiến lược phát triển nguồn nhân lực bền vững cho lĩnh vực ĐSĐT. Hiện tại, quá trình chuyển giao công nghệ vẫn phụ thuộc lớn vào các chuyên gia nước ngoài và các nhà thầu công nghệ, đặc biệt trong công tác đào tạo đội ngũ giảng viên, kỹ sư nòng cốt và đội ngũ quản lý, kỹ thuật có tay nghề cao, đầu tư trang thiết bị thực hành, ứng dụng KHCN, tích hợp các công nghệ mới nổi như trí tuệ nhân tạo (AI), phân tích dữ liệu lớn (Big Data Analytics) và công nghệ thực tế ảo (Digital Twins) nhằm trang bị cho học viên khả năng thực hiện các chức năng hiện đại như lập lịch trình thời gian biểu, quản lý giao thông, bảo trì dự đoán và giám sát vận hành thời gian thực.

Bên cạnh đó, Việt Nam vẫn chưa hình thành được các trung tâm đào tạo thực hành chuyên sâu về ĐSĐT. Do đây là lĩnh vực còn mới mẻ, việc xây dựng hệ thống cơ sở vật chất phục vụ huấn luyện, phát triển đội ngũ giảng viên có trình độ chuyên môn cao và chuẩn hóa chương trình đào tạo theo hướng tiếp cận quốc tế vẫn đang là thách thức lớn đối với các cơ sở giáo dục và đào tạo trong nước.

ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN KHCN, CHUYỂN ĐỔI SỐ VÀ NGUỒN NHÂN LỰC TRONG LĨNH VỰC ĐSĐT Ở VIỆT NAM

Có thể khẳng định rằng, trong thời gian vừa qua, Việt Nam đã thể hiện sự quan tâm rõ rệt đến việc thúc đẩy phát triển KHCN, chuyển đổi số và đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực ĐSĐT. Các văn bản pháp luật và chính sách chiến lược đã được ban hành nhằm tạo khung pháp lý và định hướng cho sự phát triển này.

Luật Đường sắt số 06/2017/QH14 đã đặt nền tảng pháp lý để các doanh nghiệp vận hành như Hanoi Metro, HURC1 tập trung thúc đẩy nghiên cứu, ứng dụng khoa học, chuyển giao công nghệ trong lĩnh vực ĐSĐT, bảo đảm tiên tiến, khả năng làm chủ và phát triển công nghệ cũng như đồng bộ với công nghệ được chuyển giao và đào tạo phát triển nguồn nhân lực đáp ứng yêu cầu kinh doanh của doanh nghiệp.

Tuy nhiên, phạm vi điều chỉnh của luật hiện còn hạn chế. Cụ thể, các quy định về chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ số mới chỉ tập trung vào hệ thống cung cấp điện, giám sát tập trung và hệ thống quản lý điều hành chạy tàu (Điều 75) và yêu cầu đối với hệ thống kiểm soát vé, sử dụng công nghệ hiện đại, đồng nhất, có khả năng kết nối với các hệ thống giao thông khác (Điều 76). Hiện tại, Luật Đường sắt số 06/2017/QH14 chưa cập nhật kịp thời các xu hướng công nghệ mới như AI, IoT, dữ liệu lớn, điện toán đám mây, mô phỏng số, công nghệ thực tế ảo… những thành phần công nghệ cốt lõi đang được ứng dụng phổ biến trong công tác quản trị, quản lý, vận hành, bảo trì phương tiện, kết cấu hạ tầng ĐSĐT tại nhiều quốc gia phát triển.

Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển KHCN, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, cùng với Nghị quyết số 03/NQ-CP ngày 09/01/2025 của Chính phủ ban hành Chương trình hành động thực hiện Nghị quyết 57-NQ/TW đã xác lập định hướng chiến lược và đề ra các nhiệm vụ, giải pháp trọng tâm nhằm phát triển hạ tầng số quốc gia. Cụ thể, các nghị quyết nhấn mạnh mục tiêu, nhiệm vụ xây dựng, hoàn thiện hạ tầng vật lý số và hạ tầng tiện ích số; tích hợp cảm biến và ứng dụng công nghệ số vào các công trình hạ tầng thiết yếu; phát triển ngành công nghiệp Internet vạn vật (IoT) và hình thành các cụm công nghiệp IoT di động.

Đồng thời, các chính sách ưu tiên tăng cường đầu tư, đổi mới và nâng cao chất lượng giáo dục - đào tạo, bảo đảm cung ứng nguồn nhân lực chất lượng cao đáp ứng yêu cầu phát triển KHCN và chuyển đổi số; trong đó, đặc biệt chú trọng xây dựng các cơ sở đào tạo chuyên sâu về trí tuệ nhân tạo (AI), phát triển đội ngũ giảng viên, nhà khoa học có trình độ cao trong các lĩnh vực then chốt như kỹ thuật bán dẫn, vi mạch và công nghệ kỹ thuật số; hiện đại hóa chương trình đào tạo theo chuẩn quốc tế và tăng cường hợp tác với các đại học hàng đầu thế giới. Bên cạnh đó, các nghị quyết cũng đặt mục tiêu, nhiệm vụ thúc đẩy phát triển các nền tảng số an toàn, mở rộng ứng dụng công nghệ số trong các lĩnh vực trọng yếu, đồng thời đẩy mạnh hợp tác quốc tế trong nghiên cứu và chuyển giao công nghệ hiện đại, đặc biệt trong các lĩnh vực chiến lược như AI, IoT, công nghệ sinh học, công nghệ lượng tử, bán dẫn và năng lượng nguyên tử.

Ngoài ra, Nghị quyết số 188/2025/QH15 của Quốc hội quy định thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù nhằm phát triển hệ thống ĐSĐT tại Hà Nội và TP.HCM. Nghị quyết này đưa ra các chính sách ưu đãi đối với doanh nghiệp tham gia nghiên cứu, phát triển KHCN và đào tạo nguồn nhân lực công nghệ cao phục vụ vận hành ĐSĐT, đồng thời quy định bắt buộc về chuyển giao công nghệ và đào tạo nhân lực nhằm đảm bảo năng lực tự chủ trong quản lý, vận hành, bảo trì hệ thống ĐSĐT. Các Nghị quyết đặt nền tảng cho việc các doanh nghiệp vận hành khai thác dịch vụ ĐSĐT (Hanoi Metro, HURC1) trở thành chủ thể đổi mới công nghệ, trong đó Nhà nước giữ vai trò dẫn dắt, thúc đẩy, tạo điều kiện thuận lợi nhất cho phát triển KHCN, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số.

GIẢI PHÁP THÚC ĐẨY PHÁT TRIỂN KHCN, CHUYỂN ĐỔI SỐ VÀ NGUỒN NHÂN LỰC ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ VẬN HÀNH ĐSĐT, GÓP PHẦN TRIỂN KHAI THỰC HIỆN NGHỊ QUYẾT 57-NQ/TW

Mặc dù Nghị quyết 57-NQ/TW đã đưa ra các chính sách ưu đãi nhằm nghiên cứu, phát triển (R&D), đầu tư công nghệ và chuyển giao công nghệ, tuy nhiên Chính phủ cần bổ sung các quy định pháp lý cụ thể về ứng dụng các công nghệ tiên tiến như Digital Twins, hệ thống giám sát dự đoán bằng AI hoặc nền tảng điều hành dựa trên dữ liệu lớn trong quản lý và vận hành ĐSĐT. Điều này sẽ tạo hành lang pháp lý thuận lợi nhằm thúc đẩy các doanh nghiệp đổi mới công nghệ, đẩy mạnh chuyển đổi số và phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao.

Song song với việc hoàn thiện cơ chế chính sách, các doanh nghiệp vận hành ĐSĐT cần triển khai đồng bộ các nhóm giải pháp trọng tâm như sau:

Bảng 1. Tổng hợp chương trình đào tạo tại các tuyến ĐSĐT Việt Nam

Tuyến	Nhân sự	Nội dung đào tạo	Tiêu chuẩn	Hình thức đào tạo
Tuyến 2A (Cát Linh - Hà Đông)	681 nhân sự	Lái tàu, điều độ, bảo trì, vận hành hệ thống tín hiệu, điện, PCCC	Tiêu chuẩn Trung Quốc, với sự hỗ trợ từ tổng thầu Trung Quốc	Đào tạo lý thuyết tại Việt Nam và thực hành trên chính hệ thống Cát Linh - Hà Đông Đào tạo định kỳ và nâng cao kỹ năng bằng các chương trình nội bộ và hợp tác với các chuyên gia Trung Quốc
Tuyến 3.1 (Ga Nhổn - Ga Hà Nội, đoạn trên cao)	524 nhân sự	Vận hành tàu, bảo trì thiết bị, hệ thống tín hiệu, kiểm soát an toàn, điều độ và xử lý sự cố	Tiêu chuẩn châu Âu, với sự hỗ trợ kỹ thuật từ các chuyên gia nước ngoài	Hợp tác quốc tế: Gửi nhân sự sang Pháp đào tạo hoặc thực hành tại các trung tâm mô phỏng. Tăng cường đào tạo tại chỗ, kết hợp lý thuyết - thực hành - mô phỏng
Tuyến số 1 (Bến Thành - Suối Tiên)	706 nhân sự	Lái tàu, điều hành giao thông, bảo trì (cơ khí, điện, điện tử), quản lý kỹ thuật và hỗ trợ vận hành, nhân viên nhà ga, bán vé, hỗ trợ khách	Tiêu chuẩn Nhật Bản, có sự tham gia của các chuyên gia từ Tokyo Metro và các công ty tư vấn Nhật Bản	Đào tạo lý thuyết tại Việt Nam (Trung tâm Đào tạo của HURC1). Thực hành trên mô hình mô phỏng và tàu thật khi đưa vào chạy thử. Nhân sự (lái tàu và điều hành) đã được cử sang Nhật tham quan và học tập mô hình vận hành thực tế

Giải pháp về KHCN

Làm chủ công nghệ lõi trong vận hành ĐSĐT: Doanh nghiệp cần tập trung phát triển năng lực làm chủ các công nghệ cốt lõi như quản lý điều độ, điều hành vận hành, bảo trì cơ sở hạ tầng, tín hiệu và hệ thống an toàn; từng bước thực hiện nội địa hóa công nghệ đường sắt.

Phát triển phần mềm điều hành tích hợp: Chủ động phối hợp với các đối tác trong nước để nghiên cứu, thiết kế và triển khai hệ thống phần mềm điều độ và vận hành tổng thể bao gồm: Lập và quản lý biểu đồ chạy tàu, giám sát phương tiện, quản lý nhân lực, bảo trì - sửa chữa, hệ thống vé tự động (AFC), thông tin hành khách, doanh thu và kế toán và quản trị doanh nghiệp trong lĩnh vực ĐSĐT.

Hợp tác công - tư trong nội địa hóa công nghệ: Xây dựng kế hoạch hợp tác dài hạn với các doanh nghiệp công nghệ trong nước như Viettel, FPT, THACO, CMC… nhằm thúc đẩy nội địa hóa và làm chủ các giải pháp công nghệ trong các lĩnh vực điều độ, tín hiệu, ray, hệ thống an toàn và bảo trì, hệ thống ray.

Đẩy mạnh hợp tác nghiên cứu - phát triển (R&D): Phối hợp với viện nghiên cứu, trường đại học, doanh nghiệp công nghệ để nghiên cứu ứng dụng các công nghệ mới như AI, IoT, Big Data, Digital Twins vào khai thác ĐSĐT; sẵn sàng thử nghiệm, kiểm thử và thương mại hóa các sáng kiến công nghệ ứng dụng cho hạ tầng và vận hành hệ thống ĐSĐT.

Giải pháp về chuyển đổi số

Thúc đẩy chuyển đổi số cho doanh nghiệp ĐSĐT: Phát triển một kiến trúc tổng thể bao gồm các thành phần: Hạ tầng số, nền tảng điều hành số, hệ thống bảo trì thông minh và trung tâm dữ liệu tập trung.

Phát triển hệ thống điều hành và vé điện tử liên thông: Tích hợp hệ thống vé không dùng tiền mặt, liên thông giữa các tuyến ĐSĐT và các phương thức vận tải công cộng khác để nâng cao trải nghiệm người dùng và thúc đẩy chuyển đổi số trong dịch vụ vận tải đô thị.

Ứng dụng công nghệ số trong bảo trì dự đoán và quản lý tài sản: Áp dụng cảm biến IoT và phân tích dữ liệu lớn để giám sát tình trạng thiết bị theo thời gian thực và lập kế hoạch bảo trì dựa trên điều kiện thực tế.

Giải pháp về phát triển nguồn nhân lực

Thành lập trung tâm đào tạo chuyên sâu về ĐSĐT: Các doanh nghiệp cần đầu tư xây dựng trung tâm đào tạo có khả năng mô phỏng các tình huống vận hành và bảo trì thực tế, gắn kết chặt chẽ giữa đào tạo, nghiên cứu và thực tiễn sản xuất.

Tích hợp các công nghệ mới vào chương trình đào tạo: Tích hợp các nội dung về công nghệ số như AI, Big Data, Digital Twin, điều hành thông minh vào chương trình giảng dạy cho các chức danh kỹ thuật như kỹ sư, lái tàu, điều độ viên và nhân viên bảo trì.

Tăng cường liên kết đào tạo - doanh nghiệp - quốc tế: Tăng cường hợp tác với các trường đại học, tổ chức đào tạo quốc tế (như CERT, RTI, Tokyo Metro…) để phát triển đội ngũ nhân lực đạt chuẩn quốc tế; tổ chức các hội thảo khoa học, diễn đàn chuyên đề nhằm chia sẻ kinh nghiệm giữa doanh nghiệp vận hành (Hanoi Metro, HURC1) và cộng đồng KHCN toàn cầu.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Paula et al. (2017), Towards the Internet of Smart Trains: A Review on Industrial IoT -Connected Railways.

[2]. Zhang. (2022), Artificial Intelligence Applied on Traffic Planning and Management for Rail Transport: A Review and Perspective.

[3]. Ma and Lautala (2011), Railway Education Today and Steps Toward Global Education.

[4]. Mahendran et al. (2007), A profile of training and Skills development in Australian Rail Industry.

[5]. Sheng et al. (2017), Research on training of Computer Application Ability of Rail Transit Operators.

[6]. Pieriegud (2018), Digital Transformation of Railway.

[7]. Camilo et al. (2022), Industry 4.0 Technologies Applied to the Rail Transportation Industry: A Systematic Review.

[8]. Sylwia et al. (2024), Digital Twin Approach for Operation and Maintenance of Transportation System - Systematic Review.

[9]. Luật Đường sắt số 06/2017/QH14 ngày 16/6/2017 của Quốc hội.

[10]. Nghị quyết số Số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia.

[11]. Nghị quyết số 188/2025/QH15 ngày 19/02/2025 của Quốc hội quy định thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù nhằm phát triển hệ thống ĐSĐT tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh.

Giải pháp nâng cao chất lượng dịch vụ **xe buýt Hà Nội**



TS HOÀNG ANH TUẤN*

Bài viết phân tích thực trạng hệ thống xe buýt tại Hà Nội, làm rõ những hạn chế trong tổ chức mạng lưới, chất lượng phương tiện, kết nối liên thông và dịch vụ tiện ích. Trên cơ sở đó, tác giả tham khảo thêm kinh nghiệm từ các đô thị tiên tiến như Singapore, Nhật Bản để đề xuất các nhóm giải pháp nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ, thu hút người dân sử dụng vận tải công cộng, giảm ùn tắc và ô nhiễm đô thị.

1. MỞ ĐẦU

Giao thông công cộng đóng vai trò không thể thiếu trong việc giảm thiểu ùn tắc và ô nhiễm môi trường ở các thành phố lớn. Hà Nội, thủ đô của Việt Nam, là nơi có mật độ dân số cao và tình trạng giao thông ngày càng phức tạp. Mạng lưới xe buýt tại Hà Nội có hơn 80 tuyến xe, phục vụ hàng triệu hành khách mỗi năm, là trụ cột quan trọng trong hệ thống giao thông công cộng và thúc đẩy phát triển bền vững.

Tuy nhiên, dịch vụ xe buýt vẫn còn rất nhiều dư địa để cải thiện, từ tổ chức tuyến không hợp lý, thiếu sự đồng bộ trong vận hành, chất lượng phương tiện, dịch vụ chăm sóc hành khách và độ tin cậy của hệ thống. Bài báo này đánh giá chất lượng dịch vụ xe buýt và đưa ra các giải pháp cải thiện mạng lưới xe buýt Hà Nội.

2. THỰC TRẠNG MẠNG LƯỚI XE BUÝT HÀ NỘI

2.1. Lịch sử hình thành phát triển và cấu trúc, quy mô mạng lưới xe buýt Hà Nội

Hệ thống xe buýt công cộng tại Hà Nội được hình thành từ đầu thập niên 1960, gắn liền với tiến trình đô thị hóa và nhu cầu đi lại ngày càng gia tăng của người dân Thủ đô. Giai đoạn đầu, xe buýt chủ yếu phục vụ nội đô, sử dụng các loại xe khách cũ kỹ, vận hành chưa theo lịch trình cụ thể. Sau năm 1975, cùng với sự phục hồi kinh tế, xe buýt được mở rộng tới nhiều khu dân cư, khu công nghiệp, từng bước trở thành phương tiện chủ lực trong vận tải công cộng phục vụ ngày càng nhiều khu dân cư, khu công nghiệp và các trung tâm hành chính.

Đặc biệt, từ đầu những năm 2000, Hà Nội đã xác định rõ chiến lược phát triển vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt như một giải pháp căn cơ để giảm ùn tắc và ô nhiễm. Từ đó, thành phố đẩy mạnh đầu tư thay mới phương tiện, tổ chức lại lộ trình, đưa vào vận hành theo biểu đồ giờ cố định, và áp dụng trợ giá để mở rộng tiếp cận, từng bước hình thành hệ thống mạng lưới rộng khắp.

Tính đến năm 2024, Hà Nội đã có hơn 146 tuyến xe buýt (trong đó có 109 tuyến có trợ giá, 12 tuyến không trợ giá, 9 tuyến buýt kế cận (liên tỉnh), 1 tuyến BRT (buýt nhanh)) kết nối hầu hết các khu vực nội đô và vùng ven. Theo báo cáo của Tổng công ty Vận tải Hà Nội (Transerco), tổng chiều dài mạng lưới xe buýt đạt khoảng 2.800 km, năm 2024 hệ thống xe buýt Hà Nội phục vụ khoảng 800 triệu lượt hành khách (chiếm khoảng 15,2% tổng sản lượng vận tải hành khách công cộng của thành phố) [5]. Tuy nhiên, tốc độ phát triển của mạng lưới xe buýt vẫn chưa tương xứng với tốc độ gia tăng dân số, đô thị hóa và nhu cầu đi lại của người dân.

2.2. Đánh giá thực trạng mạng lưới xe buýt Hà Nội

Trong những năm gần đây, tỷ lệ sử dụng xe buýt đã tăng trưởng, nhưng theo khảo sát từ Viện Nghiên cứu GTVT, khoảng 60% người dân Hà Nội vẫn ưu tiên sử dụng phương tiện cá nhân như xe máy và ôtô, thay vì sử dụng xe buýt công cộng.

Việc tổ chức tuyến, chất lượng phương tiện, dịch vụ khách hàng và kết nối liên thông vẫn còn nhiều hạn chế, đặt ra yêu cầu cấp thiết phải cải tổ toàn diện nhằm khuyến khích người dân chuyển từ phương tiện cá nhân sang xe buýt trong thời gian tới. Một số vấn đề chủ yếu bao gồm:

Sự không đồng bộ trong tổ chức tuyến: Mạng lưới hiện nay còn thiếu sự phân bổ đồng đều, các tuyến chủ yếu tập trung trong khu vực nội đô, trong khi tại các huyện ngoại thành như Đông Anh, Gia Lâm, Thường Tín, Sóc Sơn…; tỷ lệ "phủ sóng" vẫn còn thấp. Theo khảo sát của Viện Chiến lược và phát triển GTVT (2024), chỉ khoảng 42% người dân tại các

(*) *Vụ trưởng Vụ Vận tải và An toàn giao thông (Bộ Xây dựng)*



huyện ngoại thành có thể tiếp cận điểm dừng xe buýt trong bán kính 500 m [6]. Bên cạnh đó, hệ thống kết nối giữa các tuyến xe buýt và các phương tiện khác như metro, đường sắt đô thị, xe đạp công cộng vẫn chưa thực sự thông suốt, gây khó khăn cho hành khách trong quá trình di chuyển đa phương thức.

Chồng lấn và thiếu sự phối hợp tuyến, dẫn đến hiện tượng nhiều tuyến buýt hoạt động trùng lặp trên cùng một hành lang, trong khi các khu vực khác lại không có tuyến phục vụ. Một số tuyến có đến 10 - 12 tuyến buýt trùng lặp lộ trình trên một đoạn đường dài (như trục Giải Phóng - Kim Đồng, Nguyễn Trãi - Trần Phú), gây lãng phí tài nguyên và ảnh hưởng đến lưu lượng giao thông. Trong khi đó, các khu vực có nhu cầu đi lại cao nhưng hạ tầng nhỏ (như ngõ, phố nội bộ, khu tái định cư) lại chưa được bố trí xe buýt nhỏ (mini bus) hoặc tuyến gom.

Thiếu kết nối liên thông với các loại hình vận tải công cộng khác, đặc biệt là các tuyến đường sắt đô thị (metro), BRT và hệ thống xe buýt nhanh tương lai. Hiện chỉ có tuyến buýt số 01 và số 03 kết nối tốt với tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông, trong khi các tuyến buýt khác chưa được thiết kế theo hướng trung chuyển hành khách đến các nhà ga metro. Việc thiếu điểm trung chuyển, bãi đỗ xe trung gian và cơ chế tích hợp vé liên thông cũng làm giảm sức hấp dẫn của hệ thống.

Phân bố điểm dừng, nhà chờ chưa hợp lý, nhiều khu vực có khoảng cách giữa các điểm dừng quá xa (>600 m), gây bất tiện cho người dân tiếp cận; đồng thời, điều kiện cơ sở vật chất tại các điểm dừng, nhà chờ chưa đảm bảo (thiếu mái che, chỗ ngồi, thông tin lộ trình). Tính đến năm 2024, Hà Nội mới chỉ có khoảng 4.500 điểm dừng xe buýt, trong đó chỉ 65% có nhà chờ [2].

Thiếu quy hoạch tổng thể và cơ chế cập nhật mạng lưới thường xuyên, dẫn đến việc điều chỉnh mạng lưới còn bị động, chưa theo sát biến động dân cư, phát triển đô thị và nhu cầu di chuyển thực tế của người dân [6]. Ngoài ra, nhiều tuyến xe buýt hiện nay chưa gắn kết với các trung tâm y tế, trường học, khu công nghiệp - những nơi có nhu cầu đi lại lớn nhưng bị bỏ qua trong quá trình thiết kế mạng lưới.

Chất lượng phương tiện: Chất lượng phương tiện xe buýt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả vận tải, môi trường và sự hài lòng của hành khách. Mặc dù có nhiều tuyến xe buýt mới được đưa vào sử dụng, nhưng chất lượng xe buýt vẫn chưa đồng đều, thiếu sự bảo trì định kỳ đã ảnh hưởng lớn đến trải nghiệm của hành khách, hiệu quả vận hành. Theo báo cáo của Sở GTVT Hà Nội năm 2024, khoảng 40% xe buýt hiện nay đã vận hành trên 10 năm, trong đó nhiều xe chưa được nâng cấp, thiếu điều hòa, xuống cấp về nội thất và thường xuyên gặp sự cố kỹ thuật [4]. Khảo sát với hơn 1.000 hành khách cho thấy: 45% phàn nàn về việc xe buýt cũ, xuống cấp; 35% cho rằng điều hòa không hoạt động hoặc hoạt động kém; 18% từng gặp sự cố phải xuống xe giữa chừng do hỏng hóc kỹ thuật [5].

Hạn chế trong dịch vụ khách hàng và tiện ích: Hệ thống thông tin tuyến chưa nhất quán, thiếu minh bạch và chưa tiện lợi với người mới sử dụng. Ngoài ra, việc chậm triển khai các tiện ích hiện đại như wifi miễn phí, cổng sạc điện thoại, màn hình thông báo điện tử... cũng làm giảm mức độ tiện nghi. Các phản hồi cũng cho thấy nhân viên phục vụ chưa đồng đều về kỹ năng giao tiếp và xử lý tình huống.

Hệ thống điều hành và quản lý: Công tác giám sát và điều phối tuyến còn thủ công, thiếu hệ thống theo dõi thời gian thực (real-time tracking) cho hành khách. Điều này dẫn tới tình trạng xe không chạy đúng giờ, hoặc bị trễ quá lâu gây ảnh hưởng đến uy tín dịch vụ. Một số tuyến còn thiếu linh

hoạt trong điều chỉnh giờ chạy theo thực tế lưu lượng giao thông.

Theo Báo cáo giám sát của HĐND TP Hà Nội (2023), chỉ 38% số tuyến xe buýt hiện nay có ứng dụng theo dõi thời gian thực qua thiết bị di động, trong khi tỉ lệ này ở các nước phát triển như Singapore, Nhật Bản đạt trên 90% [6].

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ

3.1. Kinh nghiệm từ Singapore

Singapore là một trong những quốc gia có hệ thống giao thông công cộng phát triển hàng đầu tại châu Á, trong đó mạng lưới xe buýt đóng vai trò chủ đạo cùng với hệ thống tàu điện ngầm (MRT). Mô hình quản lý xe buýt theo hình thức đấu thầu vận hành (Bus Contracting Model - BCM) do Cơ quan giao thông đường bộ Singapore (Land Transport Authority - LTA) điều hành được đánh giá là bước tiến lớn trong việc nâng cao hiệu quả và chất lượng dịch vụ. Dưới mô hình này, các doanh nghiệp vận tải tham gia đấu thầu khai thác tuyến trong khung quy hoạch chung của Nhà nước, trong đó LTA giữ quyền kiểm soát lộ trình, giá vé và chất lượng dịch vụ.

Hệ thống xe buýt của Singapore được trang bị công nghệ hiện đại như định vị GPS, giúp theo dõi hành trình, giám sát vận hành và cung cấp thông tin thời gian thực đến hành khách thông qua ứng dụng điện thoại hoặc bảng điện tử tại nhà chờ. Xe buýt tại đây đều được trang bị điều hòa, wifi miễn phí, sàn thấp cho người khuyết tật, hệ thống thanh toán điện tử tích hợp (EZ-Link), và tuân thủ nghiêm ngặt tiêu chuẩn khí thải. Sự kết nối chặt chẽ giữa xe buýt và các loại hình vận tải khối lượng lớn như MRT giúp hành khách dễ dàng chuyển tuyến và rút ngắn thời gian di chuyển.

Theo LTA (2023), hơn 50% chuyến đi trong ngày tại Singapore được thực hiện bằng phương tiện công cộng, trong đó xe buýt chiếm khoảng 25%, cho thấy vai trò thiết yếu của loại hình vận tải này trong hệ sinh thái giao thông đô thị.

3.2. Kinh nghiệm từ Nhật Bản

Nhật Bản là quốc gia có truyền thống lâu đời về quản lý vận tải công cộng, với hệ thống xe buýt đô thị và liên tỉnh được tổ chức chặt chẽ, hiệu quả và thân thiện với người sử dụng. Các tuyến xe buýt tại Nhật Bản thường xuyên được bảo trì, đổi mới phương tiện theo chu kỳ 8 - 10 năm nhằm đảm bảo chất lượng dịch vụ và độ an toàn. Việc ứng dụng công nghệ thông tin trong giám sát hành trình như GPS, camera hành trình, hệ thống cảnh báo sớm và điều phối tuyến tập trung giúp tối ưu hóa vận hành, đặc biệt trong các đô thị lớn như Tokyo, Osaka.

Một đặc điểm nổi bật trong dịch vụ xe buýt Nhật Bản là tính đúng giờ và thái độ phục vụ chuyên nghiệp của lái xe. Hệ thống thông tin cho hành khách rất chi tiết, dễ tiếp cận - từ biển chỉ dẫn đa ngôn ngữ tại điểm dừng đến ứng dụng điện thoại tích hợp thời gian thực và thanh toán không dùng tiền mặt qua thẻ IC (Suica, Pasmo). Ngoài ra, xe buýt tại Nhật Bản thường thiết kế sàn thấp, có không gian dành cho xe lăn và người cao tuổi.

Theo Bộ Đất đai, Hạ tầng, Giao thông và Du lịch Nhật Bản (2022), tỷ lệ người dân sử dụng phương tiện công cộng tại các đô thị lớn vẫn duy trì ở mức cao, trong đó xe buýt tiếp tục là phương tiện hỗ trợ hiệu quả cho hệ thống đường sắt đô thị, đặc biệt tại các khu vực ngoại ô hoặc dân cư thưa.

3.3. Bài học rút ra cho Hà Nội

Từ kinh nghiệm quốc tế, đặc biệt là các mô hình thành công tại Singapore và Nhật Bản cho thấy, vai trò của cơ quan quản lý Nhà nước cần được tăng cường, chuyển từ "quản lý hành chính" sang "quản lý hợp đồng dịch vụ công". Mô hình đấu thầu khai thác tuyến của Singapore cho thấy hiệu quả khi Nhà nước giữ vai trò quy hoạch, giám sát chất lượng và đặt hàng dịch vụ công; trong khi các đơn vị vận tải tập trung vào cung ứng, cạnh tranh lành mạnh dựa trên chất lượng. Việc ứng dụng công nghệ vào quản lý, điều hành và phục vụ hành khách là xu hướng tất yếu. Cả Singapore và Nhật Bản đều triển khai rộng rãi hệ thống định vị GPS, bảng điện tử tại nhà chờ, phần mềm theo dõi hành trình và cảnh báo thời gian đến. Hà Nội cần đầu tư đồng bộ vào hạ tầng số, kết nối cơ sở dữ liệu vận hành và mở rộng hệ thống thông tin giao thông đến người dân.

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, dân số tăng, và thách thức ùn tắc ngày càng lớn, Hà Nội không chỉ cần đầu tư hạ tầng và phương tiện mà còn phải đổi mới cơ chế quản lý, lấy người dân làm trung tâm và áp dụng linh hoạt các bài học quốc tế phù hợp với điều kiện thực tiễn. Đây là hướng đi phù hợp để Hà Nội tiếp tục cải tiến cơ chế đặt hàng xe buýt hiện nay, tiến tới hình thành thị trường dịch vụ công có tính cạnh tranh nhưng vẫn kiểm soát được chất lượng.

4. CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ XE BUÝT

Dựa trên phân tích thực trạng hoạt động xe buýt tại Hà Nội và tham khảo bài học kinh nghiệm quốc tế, đặc biệt từ các mô hình phát triển thành công như Singapore và Nhật Bản, bài viết đề xuất một số nhóm giải pháp trọng tâm nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ xe buýt, góp phần thu hút hành khách, phát triển bền vững hệ thống vận tải hành khách công cộng của Thủ đô.

4.1. Cải thiện và tối ưu hóa mạng lưới tuyến

Mạng lưới xe buýt cần được rà soát, điều chỉnh định kỳ dựa trên dữ liệu hành khách và đặc điểm đô thị hóa. Việc phân tích nhu cầu đi lại theo thời gian thực, kết hợp với mô hình hóa hành vi hành khách, sẽ giúp xác định các khu vực còn thiếu dịch vụ hoặc có tiềm năng phát triển. Ưu tiên mở rộng tuyến tới các khu đô thị mới, khu công nghiệp, vùng ven đô còn thiếu kết nối giao thông công cộng.

Song song với mở rộng, cần tổ chức lại mạng lưới theo hướng tăng tính kết nối và trung chuyển hiệu quả với các tuyến đường sắt đô thị đang và sẽ được đưa vào vận hành (Metro số 2A, số 3...), đồng thời phát triển mô hình vận tải đa phương thức – tích hợp xe buýt với các loại hình như xe đạp công cộng, xe buýt mini, dịch vụ trung chuyển "first-mile/last-mile". Việc này không chỉ nâng cao năng lực phục vụ mà còn giúp hình thành hành vi chuyển đổi từ phương tiện cá nhân sang phương tiện công cộng.

4.2. Nâng cao chất lượng phương tiện và tiện ích dịch vụ

Phương tiện xe buýt cần đảm bảo tiêu chuẩn cao về kỹ thuật, an toàn, môi trường và tiện nghi. Hà Nội nên xây dựng lộ trình thay thế dần các xe buýt cũ bằng phương tiện sử dụng năng lượng sạch như xe điện, xe hybrid, đáp ứng tiêu chuẩn khí thải EURO V trở lên. Đồng thời, tăng cường công tác bảo dưỡng định kỳ, giám sát chất lượng vận hành, và công khai thông tin về tuổi xe, số lần bảo trì để minh bạch hóa chất lượng dịch vụ.

Ngoài ra, việc trang bị các tiện ích như wifi miễn phí, điều hòa, sàn thấp tiếp cận cho người khuyết tật, bảng thông tin điện tử... sẽ góp phần nâng cao trải nghiệm và thu hút người dân sử dụng xe buýt. Đây là những tiêu chuẩn dịch vụ phổ biến tại các đô thị phát triển, cần được từng bước áp dụng tại Hà Nội.

4.3. Phát triển nguồn nhân lực và nâng cao chất lượng phục vụ

Chất lượng đội ngũ nhân sự đóng vai trò quyết định đến hình ảnh và mức độ hài lòng của hành khách. Hà Nội cần có chính sách đào tạo định kỳ cho đội ngũ lái xe, nhân viên phục vụ, kiểm soát viên với các nội dung chuyên sâu về an toàn giao thông, kỹ năng giao tiếp, xử lý tình huống khẩn cấp và hỗ trợ người yếu thế (người cao tuổi, người khuyết tật...).

Bên cạnh đó, cần tăng cường giám sát, đánh giá hiệu quả làm việc và có cơ chế khen thưởng - xử phạt minh bạch, nhằm tạo động lực nâng cao chất lượng phục vụ. Hình ảnh người lái xe buýt thân thiện, lịch sự, chuyên nghiệp chính là yếu tố then chốt giúp người dân yên tâm khi lựa chọn xe buýt.

4.4. Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ và chuyển đổi số

Thúc đẩy phát triển hệ thống GPS, áp dụng công nghệ hiện đại trong việc theo dõi, giám sát thời gian thực cho các chuyến xe buýt và dự báo tình trạng xe buýt sẽ giúp giảm thiểu tình trạng ùn tắc và tăng cường khả năng phục vụ hành khách. Cung cấp các hệ thống thanh toán điện tử và ứng dụng theo dõi chuyến đi qua điện thoại di động giúp hành khách dễ dàng theo dõi lịch trình sẽ tạo sự thuận tiện cho hành khách.

Ứng dụng công nghệ thông tin là giải pháp nền tảng để hiện đại hóa hệ thống vận hành xe buýt. Hà Nội cần đầu tư đồng bộ hệ thống định vị GPS, trung tâm giám sát điều hành thông minh, dữ liệu lớn (big data) về lưu lượng - hành trình - hành khách, từ đó tối ưu hóa điều phối tuyến, dự báo nhu cầu và giảm tình trạng xe trùng tuyến, tần suất không hợp lý.

Hành khách cần được cung cấp đầy đủ thông tin thời gian thực về vị trí xe, thời gian đến - đi, tình trạng xe... thông qua ứng dụng di động hoặc bảng điện tử tại điểm dừng. Đồng thời, hệ thống thanh toán không dùng tiền mặt (thẻ chip, QR code, ví điện tử) cần được mở rộng, tích hợp liên thông với các loại hình vận tải khác để tăng tính tiện dụng, đặc biệt trong giai đoạn đồng bộ với các tuyến Metro.

4.5. Tăng cường truyền thông và nâng cao nhận thức cộng đồng

Giải pháp mềm nhưng có tác động lâu dài chính là nâng cao nhận thức và hành vi sử dụng phương tiện công cộng. Hà Nội cần xây dựng chiến lược truyền thông bài bản, liên tục về lợi ích của xe buýt đối với người dân và môi trường đô thị, từ đó hình thành văn hóa đi xe buýt trong cộng đồng.

Đặc biệt, nên chú trọng tuyên truyền tại trường học, khu dân cư, khu văn phòng... kết hợp chính sách ưu đãi học sinh - sinh viên - người cao tuổi, và thúc đẩy chương trình "ngày đi làm không xe cá nhân", "đi xe buýt xanh - sống văn minh". Việc phát triển cộng đồng người sử dụng xe buýt cũng giúp lan tỏa thói quen tích cực và hình thành áp lực xã hội với việc sử dụng xe cá nhân.

5. KẾT LUẬN

Từ thực tiễn tổ chức và quản lý mạng lưới xe buýt tại Hà Nội, có thể khẳng định rằng xe buýt tiếp tục giữ vai trò nòng cốt trong hệ thống vận tải hành khách công cộng của Thủ đô trong giai đoạn trước mắt và trung hạn. Dù đã có những bước tiến đáng kể về mở rộng mạng lưới, đa dạng hóa tuyến và nâng cao chất lượng dịch vụ, song hệ thống xe buýt Hà Nội vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức như: kết nối chưa hiệu quả với các loại hình vận tải khối lượng lớn; hạ tầng điểm dừng, trung chuyển còn bất cập; chất lượng phương tiện và dịch vụ chưa đồng đều; sản lượng hành khách chưa tăng trưởng tương xứng với tiềm năng và kỳ vọng.

Thông qua việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế - đặc biệt từ các đô thị có hệ thống xe buýt tiên tiến như Singapore, Nhật Bản - bài viết đã phân tích một số mô hình quản lý, cơ chế vận hành và giải pháp công nghệ có giá trị tham khảo cao làm cơ sở đề xuất các bài học phù hợp với điều kiện Hà Nội.

Những phân tích và kiến nghị trong bài viết có thể là cơ sở để các cơ quan quản lý vận tải đô thị, đặc biệt là Sở Xây dựng Hà Nội và Trung tâm Quản lý giao thông công cộng tiếp tục nghiên cứu, điều chỉnh chính sách và đầu tư có trọng điểm nhằm phát triển hệ thống xe buýt theo hướng hiện đại, thân thiện và bền vững. Trong dài hạn, chỉ khi xe buýt trở thành lựa chọn ưu tiên thực sự của người dân thì mới có thể đạt mục tiêu chuyển dịch cơ cấu phương thức vận tải, giảm ùn tắc và ô nhiễm, góp phần xây dựng Thủ đô văn minh - xanh - thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Sở GTVT Hà Nội (2024). Báo cáo tình hình vận tải hành khách công cộng năm 2024.

2. Sở GTVT Hà Nội (2024). Thống kê chất lượng phương tiện vận tải hành khách công cộng (2024).

3. HĐND TP Hà Nội. Chuyên đề giám sát vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt (2024).

4. Thủ tướng Chính phủ. Quy hoạch GTVT Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn 2050.

5. Tổng công ty Vận tải Hà Nội. Báo cáo khảo sát hành khách thường niên 2024.

6. Viện Chiến lược và phát triển GTVT (2024). Báo cáo khảo sát vùng ngoại thành Hà Nội (2024).

7. Singapore Land Transport Authority. (2021). Public Bus Services in Singapore: Development and Modernization.

8. Japan Transport Ministry. (2022). Public Transportation Systems in Japan: Best Practices for Sustainability and Efficiency.



PHÁT TRIỂN HỆ SINH THÁI LOGISTICS HIỆN ĐẠI PHÍA NAM:

Vai trò trụ cột của vận tải đa phương thức trong kinh tế vùng



MỸ LỆ

Không thể phát triển một hệ sinh thái logistics hiện đại nếu thiếu vận tải đa phương thức. Khu vực phía Nam đang đứng trước ngã rẽ: Hoặc tận dụng thời điểm để tạo ra cú hích chiến lược; hoặc tiếp tục "giậm chân tại chỗ" và đánh mất vai trò trung tâm trung chuyển mà vị trí địa lý vốn dĩ đã ưu đãi.

Dù sở hữu lợi thế vượt trội về địa lý, nhưng khu vực phía Nam - đặc biệt là TP.HCM và vùng Đông Nam Bộ - vẫn chưa thể khai thác hiệu quả vận tải đa phương thức. Đây chính là điểm nghẽn đang kìm hãm tham vọng xây dựng một cảng trung chuyển tầm khu vực và hệ sinh thái logistics hiện đại.

TIỀM NĂNG LỚN NHƯNG BỊ "TRÓI CHÂN"

Khu vực phía Nam chiếm hơn 45% tổng kim ngạch xuất nhập khẩu cả nước, sở hữu những đầu mối giao thông quan trọng như cảng Cát Lái, Cái Mép - Thị Vải, sân bay Tân Sơn Nhất, cùng mạng lưới sông ngòi, đường bộ và đường sắt đan xen. Đây là điều kiện lý tưởng để phát triển vận tải đa phương thức - một hình thức tối ưu trong quản lý chuỗi cung ứng hiện đại.

Tuy nhiên, trên thực tế, hơn 70% lượng hàng hóa vẫn phụ thuộc vào đường bộ, gây quá tải hạ tầng, ùn tắc và chi phí logistics cao. Trong khi đó, các phương thức vận tải thủy, đường sắt và hàng không chưa tạo thành một mạng lưới phối hợp hiệu quả.

Những "nút thắt" cản trở vận tải đa phương thức, trong đó có hạ tầng thiếu kết nối đồng bộ. Việc quy hoạch thiếu nhất quán giữa các phương thức vận tải khiến quá trình chuyển đổi (intermodal) gặp khó khăn. Ví dụ, cảng Cái Mép - Thị Vải được quy hoạch là cảng trung chuyển quốc tế, nhưng kết nối đường sắt và trung tâm logistics nội địa vẫn rất yếu, khiến hàng hóa vẫn chủ yếu vận chuyển bằng xe container.

Hiện nay, khu vực phía Nam chưa có trung tâm logistics quy mô vùng đóng vai trò điều phối hàng hóa giữa các phương thức. Các kho bãi manh mún, phân tán, chủ yếu phục vụ riêng từng cảng/khu công nghiệp, chưa tạo ra giá trị gia tăng cao.

Dù đã có nhiều văn bản định hướng phát triển vận tải đa phương thức và logistics, nhưng chính sách triển khai thực tế tại địa phương còn chậm, thiếu nhất quán. Phần lớn doanh nghiệp logistics trong nước có quy mô nhỏ, năng lực công nghệ thấp, thiếu phương tiện vận tải chuyên dụng và chưa đủ khả năng cung cấp dịch vụ trọn gói liên phương thức. Trong khi đó, các doanh nghiệp nước ngoài thường chiếm lĩnh các khâu có giá trị cao như vận chuyển quốc tế và logistics đầu cuối.

Việc chưa phát triển được hệ thống vận tải đa phương thức hiệu quả khiến miền Nam bỏ lỡ nhiều cơ hội lớn:

Cảng Cái Mép - Thị Vải dù đón được tàu mẹ quốc tế nhưng chưa trở thành cảng trung chuyển khu vực vì thiếu nguồn hàng nội địa kết nối đa phương tiện.

Chi phí logistics tại Việt Nam vẫn ở mức cao (khoảng 16 - 17% GDP), ảnh hưởng trực tiếp đến năng lực cạnh tranh của hàng hóa xuất khẩu. Áp lực lên hệ thống giao thông đường bộ ngày càng nghiêm trọng, kéo theo hệ lụy về tai nạn, môi trường và ách tắc giao thương.

NHỮNG CON SỐ TĂNG TRƯỞNG ẤN TƯỢNG

Trong 10 năm qua (2015 - 2025), ngành logistics tại khu vực phía Nam, đặc biệt là vùng Đông Nam Bộ, đã có những bước phát triển đáng kể, đóng vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng quốc gia và quốc tế.

Chỉ riêng vùng Đông Nam Bộ, hiện có khoảng 14.800 doanh nghiệp logistics, chiếm gần 50% tổng số doanh nghiệp logistics cả nước. Trong đó, TP.HCM có hơn 11.000 doanh nghiệp, Bình Dương gần 1.700 và Đồng Nai hơn 1.200 doanh nghiệp. Hệ thống cảng biển như Cát Lái (TP. HCM) và Cái Mép - Thị Vải (Bà Rịa - Vũng Tàu) xử lý hơn 60% khối lượng hàng container của cả nước, với tổng lưu lượng container đạt khoảng 7 triệu TEU trong tổng số hơn 10 triệu TEU toàn quốc.

Để phát huy sức mạnh và lợi thế của vùng, TP.HCM đã phê duyệt đề án phát triển logistics đến năm 2025, định hướng đến 2030, với tổng vốn đầu tư gần 96.000 tỷ đồng. Mục tiêu là xây dựng 7 trung tâm logistics tại các khu vực như Long Bình, Cát Lái, Linh Trung, Tân Kiên, Củ Chi và Hiệp Phước. Đồng thời đẩy mạnh triển khai xây dựng các tuyến đường vành đai 2, 3, 4, cao tốc Bến Lức - Long Thành, TP.HCM - Mộc Bài và các dự án kết nối với Đồng bằng sông Cửu Long đang được triển khai nhằm cải thiện kết nối vùng và giảm tải cho hệ thống giao thông hiện tại.

Các doanh nghiệp logistics tại phía Nam đã tích cực ứng dụng công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và blockchain để tối ưu hóa hoạt động. Ví dụ, Lazada Logistics đã khánh thành trung tâm phân loại hàng hóa công nghệ cao tại Bình Dương, với khả năng xử lý tới 1 triệu bưu kiện mỗi ngày và mức độ tự động hóa lên đến 99%.

ĐỂ VẬN TẢI ĐA PHƯƠNG THỨC THỰC SỰ "BẬT DẬY"?

Để khu vực phía Nam có thể trở thành trung tâm trung chuyển mới của Đông Nam Á, cần những giải pháp mạnh mẽ và mang tính đột phá như: Đẩy nhanh xây dựng các trung tâm logistics vùng, gắn với cảng biển, sân bay và mạng lưới đường sắt; Đầu tư kết nối hạ tầng liên phương thức, đặc biệt là khôi phục và mở rộng vận tải đường sắt đến các cảng trọng điểm; Thúc đẩy chuyển đổi số logistics, ứng dụng nền tảng chia sẻ dữ liệu liên thông giữa các doanh nghiệp và cơ quan quản lý; Xây dựng khung pháp lý riêng cho vận tải đa phương thức, đơn giản hóa thủ tục và khuyến khích doanh nghiệp cung cấp dịch vụ tích hợp; Phát triển doanh nghiệp logistics trong nước, thông qua ưu đãi tài chính, hỗ trợ đổi mới công nghệ và đào tạo nguồn nhân lực chuyên sâu.

Trong đó, TP.HCM và các đơn vị đang nỗ lực thực hiện Dự án cảng trung chuyển quốc tế Cần Giờ. Đây là một trong những dự án hạ tầng hàng hải chiến lược của Việt Nam, nhằm đưa TP.HCM trở thành trung tâm logistics và trung chuyển quốc tế hàng đầu khu vực Đông Nam Á.

Ông Nguyễn Lê Chơn Tâm - Tổng giám đốc Công ty CP Cảng Sài Gòn cho biết, cảng biển là đầu mối quan trọng trong chuỗi logistics, có vai trò quyết định trong việc nâng cao hiệu quả của cả quy trình logistics. Mục tiêu của dịch vụ cảng biển logistics chính là tập trung xây dựng các hệ thống dịch vụ khai thác cảng nhằm tối ưu hóa quy trình logistics thông qua việc nâng cao tính tương thích của cảng trong chuỗi logistics. Sự tham gia của các dịch vụ do cảng cung cấp có thể tạo nên thị phần đáng kể trong chuỗi giá trị gia tăng thu được của chuỗi logistics.

Với chính sách phát triển dịch vụ logistics của TP.HCM cũng như việc thành phố có định hướng đầu tư, kết nối hệ thống hạ tầng giao thông với Cảng trung chuyển quốc tế Cần Giờ, sẽ góp phần phát triển cảng biển và dịch vụ cảng biển, nâng cao vị thế cảng Cần Giờ trong ngành logistic.

Dự án sẽ giúp phát triển kinh tế biển cho vùng kinh tế trọng điểm phía Nam và cả nước. Đồng thời giúp TP.HCM giữ vững vị trí trung tâm logistics của khu vực, vươn lên đứng hàng đầu về vận tải biển.

Cảng khi hình thành sẽ thu hút được số vốn đầu tư lớn từ doanh nghiệp. Ngoài ra, còn tạo việc làm cho khoảng 6.000 - 8.000 nhân viên, lao động tại cảng và hàng chục ngàn lao động phục vụ các ngành dịch vụ hậu cần, trung tâm logistics... Dự kiến giai đoạn đầu tư hoàn chỉnh, cảng đóng góp trực tiếp cho ngân sách thông qua các khoản thuế, phí ước tính từ 34.000 - 40.000 tỷ đồng/năm.

Cảng Cần Giờ cũng là nơi tạo môi trường thu hút các công ty vận tải, logistic, thương mại, tài chính và ngân hàng, bảo hiểm lớn trên thế giới về đặt trụ sở kinh doanh tại khu vực, góp phần thúc đẩy sự hình thành Trung tâm tài chính quốc tế tại TP.HCM. Dự án sẽ góp phần khẳng định vị thế, vai trò của Việt Nam trên trường quốc tế, định vị quốc gia trên bản đồ hàng hải với vai trò là các trung tâm trung chuyển quốc tế của khu vực, thu hút các nhà vận tải, logistic lớn của thế giới, là các mắt xích quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu, nâng cao vị thế đối ngoại, đóng góp quan trọng cho phát triển kinh tế - xã hội của vùng.

Do đó, chúng ta không thể phát triển một hệ sinh thái logistics hiện đại nếu thiếu vận tải đa phương thức. Phía Nam đang đứng trước ngã rẽ: Hoặc tận dụng thời điểm để tạo ra cú hích chiến lược; hoặc tiếp tục "giậm chân tại chỗ" và đánh mất vai trò trung tâm trung chuyển mà vị trí địa lý vốn dĩ đã ưu đãi.

Đã đến lúc hành động quyết liệt, để vận tải đa phương thức không chỉ là "giấc mơ trên giấy", mà trở thành trụ cột thực sự cho phát triển logistics và nâng tầm kinh tế vùng.

ỨNG DỤNG AI TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG:

Nếu không đi trước, **sẽ bị bỏ lại phía sau**



LÊ VĂN THỊNH*

Việc ứng dụng AI không còn là lựa chọn, mà là đòi hỏi cấp thiết nếu chúng ta muốn làm tốt vai trò quản lý nhà nước không chỉ trên giấy tờ, mà bằng kết quả thực tiễn, minh bạch và hiệu quả.

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra mạnh mẽ, Trí tuệ nhân tạo (AI) không còn là khái niệm xa lạ mà đang hiện diện trong mọi lĩnh vực đời sống - từ giáo dục, y tế, giao thông đến quốc phòng. Đối với ngành Xây dựng nói chung và công tác quản lý chất lượng công trình xây dựng nói riêng, AI không chỉ là công cụ hỗ trợ, mà đang trở thành "người bạn đồng hành" không thể thiếu nếu chúng ta không muốn bị chính hệ thống mình điều hành tụt lại phía sau.

QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH - MỘT LĨNH VỰC GIÀU DỮ LIỆU NHƯNG CHƯA KHAI THÁC HẾT

Ngành Xây dựng hiện nay tạo ra và lưu trữ một khối lượng dữ liệu khổng lồ: Từ hồ sơ khảo sát địa chất, thiết kế, thi công, nghiệm thu, cho đến bảo trì, sửa chữa và vận hành công trình. Tuy nhiên, phần lớn dữ liệu đó vẫn được lưu trữ rời rạc, dưới dạng giấy hoặc file scan PDF, không có tính kết nối, gây lãng phí tài nguyên thông tin và khó kiểm soát chất lượng công trình.

AI có khả năng học từ dữ liệu lịch sử để phát hiện sai sót thiết kế, dự báo sự cố kết cấu, xác định điểm bất thường trong thi công, thậm chí hỗ trợ đánh giá mức độ tuân thủ quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật.

Nhưng để làm được điều đó, dữ liệu phải được số hóa, chuẩn hóa và liên thông. Đây là điều mà nhiều đơn vị quản lý nhà nước hiện nay vẫn chưa sẵn sàng.

AI CÓ THỂ LÀM GÌ CHO CÔNG TÁC QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH?

Một số ứng dụng cụ thể và khả thi trong 2 - 3 năm tới nếu có sự chỉ đạo quyết liệt từ Lãnh đạo ngành Xây dựng:

Thứ nhất, tự động kiểm tra hồ sơ thiết kế, nghiệm thu bằng cách sử dụng AI để so sánh các bản vẽ, mô hình BIM với tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.

Thứ hai, phân tích rủi ro sự cố công trình dựa trên dữ liệu lịch sử tai nạn, sai sót kỹ thuật, điều kiện địa chất - khí hậu.

Thứ ba, giám sát thi công qua hình ảnh, video từ flycam hoặc camera công trường, phát hiện sai lệch hình học, vi phạm quy trình thi công.

Thứ tư, tự động tổng hợp báo cáo chất lượng cho hàng trăm công trình đang triển khai, thay vì chờ báo cáo thủ công từ từng BQLDA.

Thứ năm, cảnh báo công trình có nguy cơ xuống cấp dựa trên dữ liệu cảm biến (IoT) kết hợp AI học sâu (deep learning).

NẾU KHÔNG BIẾT DÙNG AI, CHÚNG TA SẼ BỊ THAY THẾ - KHÔNG PHẢI BỞI AI, MÀ BỞI NGƯỜI BIẾT DÙNG AI

AI không tự dưng thay thế con người. Nhưng những tổ chức, cơ quan biết cách sử dụng AI để tăng năng suất, kiểm soát rủi ro và ra quyết định nhanh hơn sẽ vượt lên.

Ngược lại, những nơi tiếp tục quản lý theo kiểu "sổ sách", phụ thuộc vào báo cáo giấy và kinh nghiệm chủ quan sẽ tụt hậu không tránh khỏi.

Trong quản lý chất lượng công trình, sự chậm trễ vài tháng trong phát hiện sai sót có thể dẫn đến sự cố nghiêm trọng, thất thoát hàng trăm tỷ đồng và nguy cơ mất niềm tin từ xã hội. Trong khi đó, AI có thể phát hiện lỗi thiết kế lặp đi lặp lại chỉ sau vài giây.

CẦN THAY ĐỔI TƯ DUY VÀ KỸ NĂNG

Để AI thực sự đi vào công tác quản lý nhà nước về chất lượng công trình, trước hết Lãnh đạo cần thay đổi tư duy quản lý từ chỉ đạo hành chính sang định hướng dựa trên dữ liệu.

Chuyên viên kỹ thuật cũng cần nâng cao năng lực số,

(*) Nguyên Trưởng phòng Giám định 1, Cục Giám định Nhà nước về chất lượng công trình xây dựng (Bộ Xây dựng)

CÁC ỨNG DỤNG AI TIÊN TIẾN TRONG NGÀNH XÂY DỰNG

Trí tuệ nhân tạo đang biến đổi toàn diện ngành Xây dựng với các ứng dụng đa dạng và tinh vi. Mỗi phân khúc AI phục vụ cho mục tiêu cụ thể, đồng thời tạo nên hệ sinh thái công nghệ toàn diện cho quá trình xây dựng hiện đại. Những ứng dụng AI nổi bật đang định hình lại bức tranh xây dựng.

AI phân tích dự báo. *Với khả năng xử lý dữ liệu khổng lồ từ hàng nghìn dự án, AI phân tích dự báo hoạt động như "nhà tiên tri" trong ngành xây dựng. Hệ thống này không chỉ dự đoán chi phí và thời gian hoàn thành mà còn lường trước được các biến số phức tạp như tác động của thời tiết, biến động giá vật liệu, hay thậm chí các rủi ro địa chất tiềm ẩn – tất cả đều dựa trên các mô hình toán học tiên tiến và thuật toán học máy.*

AI sáng tạo trong thiết kế. *Vượt xa khỏi vai trò công cụ đơn thuần, AI thiết kế ngày nay đang dần trở thành cộng sự sáng tạo của các kiến trúc sư. Thông qua thiết kế sáng tạo (generative design), AI có thể tạo ra hàng trăm phương án thiết kế khả thi chỉ trong vài giờ, mỗi phương án đều tối ưu cho các yếu tố như hiệu quả năng lượng, độ bền cấu trúc, và thẩm mỹ kiến trúc. Đặc biệt, khi kết hợp với BIM, AI tạo nên không gian làm việc số nơi mọi thay đổi thiết kế đều được phản ánh tức thời trên toàn bộ mô hình.*

AI quản lý dự án. *Các giải pháp AI quản lý dự án đang cách mạng hóa việc điều phối nguồn lực xây dựng. Không chỉ đơn thuần lập lịch trình, hệ thống này còn liên tục phân tích dữ liệu thời gian thực từ công trường, dự đoán "điểm nghẽn" tiềm tàng và đề xuất phương án tối ưu. Công nghệ này đặc biệt hiệu quả trong các dự án quy mô lớn với hàng nghìn công nhân và hàng trăm nhà thầu phụ, giúp giảm thiểu xung đột lịch trình và tăng đáng kể hiệu suất sử dụng nguồn lực.*

AI giám sát an toàn. *An toàn lao động tại công trường đã được nâng lên tầm cao mới nhờ AI giám sát. Với mạng lưới camera thông minh và các thuật toán nhận dạng hình ảnh tiên tiến, AI có thể liên tục quét toàn bộ công trường 24/7 để phát hiện các tình huống nguy hiểm tiềm tàng như công nhân không đeo thiết bị bảo hộ, xâm nhập vùng cấm, hay thậm chí nhận diện các dấu hiệu mệt mỏi quá mức của người lao động. Hệ thống này không chỉ đưa ra cảnh báo tức thời mà còn học hỏi từ mỗi sự cố để hoàn thiện khả năng dự đoán.*

AI kiểm soát chất lượng. *AI kiểm soát chất lượng đại diện cho bước tiến vượt bậc trong việc đảm bảo tiêu chuẩn xây dựng. Bằng cách kết hợp dữ liệu từ cảm biến IoT, hình ảnh độ phân giải cao và các mô hình kiểm tra chuẩn, hệ thống này có thể phát hiện ngay cả những khiếm khuyết nhỏ nhất không thể nhìn thấy bằng mắt thường như vết nứt vi mô trong bê tông hay sai lệch nhỏ trong cấu trúc thép. Đặc biệt, AI không chỉ phát hiện vấn đề mà còn phân tích nguyên nhân gốc rễ và đề xuất biện pháp khắc phục hiệu quả.*

AI tối ưu hóa vật liệu. *Trong thời đại xây dựng xanh và bền vững, AI tối ưu hóa vật liệu đóng vai trò then chốt. Hệ thống này phân tích toàn diện từ nguồn cung ứng, chi phí vận chuyển, đến hiệu suất môi trường của từng loại vật liệu để đề xuất lựa chọn tối ưu. Đáng chú ý, AI còn có khả năng dự đoán nhu cầu vật liệu chính xác đến từng đơn vị, giúp giảm thiểu tối đa lãng phí – một vấn đề nan giải trong ngành xây dựng truyền thống. Kết quả là các dự án không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn giảm đáng kể dấu chân carbon.*

(Nguồn: AsiaSoft)

hiểu và sử dụng được các công cụ AI ít nhất ở mức cơ bản để không trở thành "người thừa" trong guồng máy đổi mới.

Việc Bộ Xây dựng ban hành các chương trình đào tạo ngắn hạn, đưa nội dung "ứng dụng AI trong quản lý chất lượng công trình" vào khung đào tạo cán bộ, cập nhật tiêu chí trong đánh giá năng lực công chức, sẽ là bước đi quyết định.

ĐỀ XUẤT HÀNH ĐỘNG

Giải pháp trước mắt (6 tháng - 1 năm):

Ban hành văn bản hướng dẫn thử nghiệm sử dụng AI trong kiểm tra hồ sơ chất lượng một số dự án trọng điểm (có áp dụng BIM).

Tổ chức tập huấn cho các cán bộ thuộc Cục Giám định, Cục Kinh tế và Quản lý đầu tư xây dựng, các Sở Xây dựng.

Giải pháp trung hạn (1 - 3 năm):

Tích hợp AI vào các hệ thống quản lý công trình trên nền tảng số (như Cơ sở dữ liệu quốc gia về công trình xây dựng).

Phát triển mô hình "Trung tâm giám sát chất lượng xây dựng" cấp Bộ, ứng dụng dữ liệu lớn và AI.

KẾT LUẬN

Công tác quản lý chất lượng công trình là xương sống của ngành Xây dựng và AI đang là động cơ tăng tốc của thời đại mới. Việc ứng dụng AI không còn là lựa chọn, mà là đòi hỏi cấp thiết nếu chúng ta muốn làm tốt vai trò quản lý nhà nước không chỉ trên giấy tờ, mà bằng kết quả thực tiễn, minh bạch và hiệu quả.

Chúng ta có thể không chạy đua với AI, nhưng không thể đứng ngoài khi thế giới đã lên tàu. Người cán bộ xây dựng của thời đại mới phải biết cách dùng công nghệ để giám định chất lượng, như một kỹ sư biết dùng thước, máy toàn đạc hay phần mềm thiết kế.

Nếu không, chính chúng ta sẽ là "vấn đề chất lượng" đầu tiên cần được xử lý.❖

Cơ hội giải quyết triệt để tình trạng **thiếu trường THPT công lập ở nội đô**



THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG*

Việc sắp xếp tinh gọn các đơn vị hành chính cấp phường/xã, quận/huyện sẽ cho phép xác lập các tiêu chí quản lý, đầu tư xây dựng hệ thống trường học công lập hợp lý và đồng bộ hơn.

Tháng 6 đã dần trôi qua, một mùa thi chuyển cấp đã lại cận kề. Trong nhiều năm gần đây, đặc biệt là giai đoạn từ 2020 đến nay, việc giành được suất học tập tại một trường học cấp THPT công lập ở khu vực nội đô của các đô thị lớn như Hà Nội và TP.HCM được báo chí phản ánh là có diễn biến khá phức tạp, trở thành áp lực rất lớn cho cả cá nhân từng học sinh và nhiều gia đình phụ huynh học sinh khi có con học năm cuối cấp THCS. Dù đã có nhiều nỗ lực của các cấp chính quyền đô thị và cộng đồng trong nhiều năm gần đây, tuy nhiên theo dự báo, cho đến năm 2025 tình trạng này có lẽ cũng sẽ chưa thể sớm hạ nhiệt.

Cụ thể, giống như nhiều năm trước đây, theo số liệu thống kê của Sở GD&ĐT Hà Nội năm 2025 này, trong số 140 nghìn học sinh tại Hà Nội dự tuyển kỳ thi vào PTTH, sẽ chỉ có khoảng 80 nghìn suất được lựa chọn. Số còn lại khoảng 60 nghìn học sinh sẽ phải tham gia các hình thức phân tuyến học nghề hoặc học các trường ngoài công lập với chi phí hàng tháng cao từ 10 - 15 lần mức chi phí trường công lập.

Theo Sở GD&ĐT Hà Nội, tính đến tháng 01/2024, quy mô giáo dục cấp THCS trên địa bàn thành phố có 675 trường với gần 601 nghìn học sinh, tăng 6 trường và gần 62 nghìn học sinh so với cùng kỳ năm 2023.

Hiện nay, khối 6 có số lượng học sinh nhiều nhất, với hơn 189 nghìn em, tăng 31,5% so với cùng kỳ năm trước. Số học sinh khối lớp 7 là gần 150 nghìn em; số học sinh khối lớp 8 là hơn 129 nghìn em và số học sinh khối lớp 9 là 133 nghìn em. So với cùng kỳ năm trước, số học sinh các khối lớp 7, 8 và 9 đều tăng từ 21% đến gần 25%.

THIẾU TRƯỜNG THPT CÔNG LẬP DO MẤT CÂN BẰNG VỀ SỐ LƯỢNG TRƯỜNG HỌC GIỮA CÁC CẤP HỌC

Rất dễ dàng, chỉ cần nhìn vào danh sách công bố các trường PTTH công lập năm nay theo từng khu vực để học sinh đăng ký dự thi, năm 2025, tại TP Hà Nội, các quận nội thành đều có sự mất cân đối giữa số lượng trường cấp THCS và THPT trong cùng một khu vực thi.

Cụ thể, quận Ba Đình, có 3 trường PTTH công lập (Phan Đình Phùng, Nguyễn Trãi - Ba Đình, Phạm Hồng Thái); quận Hai Bà Trưng có 3 trường PTTH công lập (Đoàn Kết - Hai Bà Trưng, Thăng Long, Trần Nhân Tông); quận Hoàn Kiếm chỉ có 2 trường PTTH công lập (Trần Phú - Hoàn Kiếm và Việt Đức). Cá biệt, quận Tây Hồ hiện chỉ có 2 trường là PTTH Chu Văn An (hiện chỉ còn là trường chuyên) và trường THPT Tây Hồ. Các quận khác có nhiều trường nhưng cũng không quá số lượng 6. Như quận Thanh Xuân chỉ có 6 trường, Nam Từ Liêm 6 trường, Đống Đa 6 trường, Cầu Giấy 6 trường.

Trong khi đó, số lượng các trường THCS công lập tại các quận lại chênh rất nhiều. Cụ thể, địa bàn quận Ba Đình, theo thông tin chính thức, có 13 trường; quận Tây Hồ có 8 trường; quận Hoàn Kiếm có 7 trường; quận Nam Từ Liêm có 13 trường; quận Cầu Giấy có 9 trường.

Dưới góc độ quy hoạch và quản lý đô thị, theo Quyết định số 3075/QĐ-UBND ngày 12/7/2012 của UBND TP Hà Nội phê duyệt quy hoạch mạng lưới trường học đến năm 2020 tầm nhìn 2030, giáo dục PTTH đảm bảo khu vực từ 3 - 5 vạn dân có 1 trường THPT công lập. Giai đoạn 2020 - 2030 sẽ xây dựng mới và cải tạo 62 trường, bao gồm 20 trường công lập.

Nếu theo tiêu chí này, quận Đống Đa hiện có diện tích khoảng 9,95 km^2, với dân số trên 410 nghìn người. Quận này có mật độ dân số gần 40 nghìn người/km^2, cao nhất Hà Nội, cần có 8 - 10 trường PTTH công lập.

Quận Hoàn Kiếm có diện tích tự nhiên 5,35 km^2, dân số hơn 160 nghìn người, cần khoảng 3 - 4 trường PTTH công lập; quận Tây Hồ có diện tích 24 km^2, với dân số là 171.451 người, cần 3 - 4 trường PTTH công lập; quận Ba Đình diện tích đất

(*) *Viện Kiến trúc Quốc gia, Bộ Xây dựng*



Dự án cải tạo, xây mới trường THCS Láng Thượng (Đống Đa, Hà Nội) đang trong quá trình triển khai (nguồn: tác giả)

tự nhiên là 9,21 km^2, dân số 226.315 người, cần 4 - 5 trường PTTH công lập.

GIẢI PHÁP KỊP THỜI TỪ CƠ HỘI SÁP NHẬP TINH GỌN PHƯỜNG/XÃ, QUẬN/HUYỆN

Theo Tiêu chuẩn quốc gia 8974:2011 về yêu cầu thiết kế trường trung học (hiện vẫn chưa được thay thế) chỉ tiêu quy hoạch tối thiểu được xác định theo quy định sau: Trường THCS: từ 55 - 70 chỗ học cho học sinh/1.000 người; Trường THPT: từ 45 - 60 chỗ học cho học sinh/1.000 người. Như vậy, nếu căn cứ theo số dân, số lượng trường THPT phải tương đương với số lượng trường THCS.

Theo quy chuẩn quốc gia về quy hoạch xây dựng QC 01/2021/BXD, quy mô tối thiểu của các công trình dịch vụ - công cộng cấp đô thị hạng mục trường THPT, chỉ tiêu sử dụng công trình tối thiểu 40 học sinh/1.000 người, và chỉ tiêu sử dụng đất tối thiểu 10 m^2/ học sinh và quy mô tối thiểu của các công trình dịch vụ - công cộng cấp đơn vị ở hạng mục trường THCS, chỉ tiêu sử dụng công trình tối thiểu 55 học sinh/1.000 người, và chỉ tiêu sử dụng đất tối thiểu 10 m^2/ học sinh.

Quy định đã là vậy, nhưng tại sao nhiều năm nay, tình trạng trường PTTH công lập vẫn không đủ theo nhu cầu, để phụ huynh và học sinh tốt nghiệp THCS phải vất vả đi tìm một suất học vào trường PTTH công lập nội đô vẫn diễn ra?

Gần đây, theo chủ trương của Đảng và Nhà nước đẩy mạnh việc sắp xếp tinh gọn các đơn vị hành chính cấp phường/xã và quận/huyện sẽ cho phép xác lập các tiêu chí quản lý, đầu tư xây dựng hệ thống trường học công lập hợp lý và đồng bộ hơn.

Trước hết, với diện tích các phường nội đô mới hình thành sau tinh gọn và sát nhập, có quy mô diện tích và dân số được cân nhắc và tính toán hợp lý, sẽ là cơ sở cho phép nghiên cứu xây dựng các phương án quy hoạch và đầu tư xây dựng đồng bộ hệ thống trường học công lập các cấp một cách đồng bộ, đặc biệt là hệ thống trường học cấp PTTH công lập, hạn chế việc mất cân bằng giữa các cấp học, đặc biệt như giữa cấp THCS và THPT hiện đang có sự chênh lệch về số lượng rất lớn hiện nay.

Tiếp đó, trên cơ sở nhiều diện tích công sở dôi dư sau tinh gọn và sáp nhập, có thể là cơ hội để nghiên cứu chuyển đổi các diện tích đất và công trình xây dựng để tái sử dụng cho các mục đích công ích thiết yếu, đặc biệt là tổ chức thêm các trường PTTH công lập.

Phần tài chính dôi dư tiết kiệm được hàng năm cũng là cơ hội để mở rộng xây dựng thêm các bộ máy cán bộ giáo viên cho các trường học công lập loại này.

KẾT LUẬN

Rõ ràng, trong bối cảnh diện tích đất để bố trí xây dựng bổ sung trường học các cấp, đặc biệt là cấp PTTH trong khu vực nội đô các đô thị, chủ trương đẩy mạnh tinh gọn và sáp nhập phường/xã, quận/huyện của Đảng và Chính phủ thời gian qua sẽ tạo ra quỹ diện tích trụ sở, văn phòng làm việc dôi dư rất đáng kể. Một số các quyết sách lớn thông qua một số quy định của Chính phủ, ngành Giáo dục và một số địa phương đã chú trọng ưu tiên tái sử dụng phần diện tích dôi dư này để phát triển bổ sung hệ thống trường học các cấp.

Cơ hội lớn đã đến! Điều quan trọng lúc này cần được chú trọng chính là việc các chính quyền đô thị cần nắm bắt thời cơ, xây dựng các kế hoạch cải tạo, xây mới hệ thống trường học công lập các cấp, đặc biệt là hệ thống trường THPT công lập, để có được các bước chuyển biến lớn về hoàn thiện đồng bộ hệ thống trường học công lập tại các quận nội đô trong thời gian tới.❖

Giải pháp nâng cao tính ứng dụng và tra cứu của hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kiến trúc



TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG*

Hiện nay, hệ thống Tiêu chuẩn quốc gia lĩnh vực xây dựng nói chung và thiết kế nói riêng (TCVN) đang tồn tại những hạn chế nhất định trong cách biên soạn về nội dung và hình thức trình bày, như: Nhiều tiêu chuẩn trình bày dưới dạng văn bản dài, phức tạp, khó tra cứu nhanh, ngôn ngữ mang tính kỹ thuật cao, ít hình minh họa, gây khó khăn cho người dùng. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn chủ yếu ở dạng văn bản PDF hoặc sách in, khó tra cứu khi cần thông tin nhanh, do chưa được sử dụng công nghệ số với việc ứng dụng các phần mềm để số hóa dữ liệu và có công cụ hỗ trợ tìm kiếm tức thì theo từ khóa. Mặt khác, mỗi quốc gia lại có hệ thống tiêu chuẩn riêng, đôi khi không đồng nhất với các tiêu chuẩn quốc tế, do đó tổ chức và cá nhân làm việc trong môi trường toàn cầu gặp nhiều khó khăn khi áp dụng tiêu chuẩn khác nhau, nhiều kiến trúc sư gặp khó khăn khi áp dụng tiêu chuẩn vào thiết kế thực tế. Nhất là hiện nay, nhiều công trình có chức năng hỗn hợp chứ không đơn chức năng sử dụng như trước đây.

Cuốn Neufert (tên đầy đủ là "Neufert Architects' Data") là một tài liệu tham khảo nổi tiếng trong ngành kiến trúc và xây dựng, nhưng nó không phải là một tiêu chuẩn chính thống theo định nghĩa pháp lý hoặc kỹ thuật. Thay vào đó, nó được coi là một cẩm nang hữu dụng, hướng dẫn thiết kế và là nguồn tham khảo quan trọng cho các kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thiết kế. Vì vậy, nếu các tiêu chuẩn kiến trúc được biên soạn và trình bày một cách trực quan, có thể tra cứu nhanh trên nền tảng số và cập nhật linh hoạt theo thực tế như Neufert, chúng sẽ trở nên hữu ích và dễ áp dụng hơn rất nhiều. Đây cũng chính là ý tưởng và đề xuất nội dung của bài viết này.

(*) Nghiên cứu viên cao cấp - Viện Kiến trúc Quốc gia (Bộ Xây dựng)

1. GIỚI THIỆU TÓM TẮT VỀ VAI TRÒ CỦA NEUFERT ARCHITECTS' DATA - DỮ LIỆU THIẾT KẾ CỦA KIẾN TRÚC SƯ TRONG TƯ VẤN THIẾT KẾ

Dữ liệu thiết kế kiến trúc Neufert không được công nhận là tiêu chuẩn chính thức bởi các tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế, châu lục hoặc quốc gia (như ISO, Eurocodes, IBC…), nó không có giá trị pháp lý bắt buộc trong thiết kế hoặc xây dựng. Tuy vậy, Neufert lại cung cấp các hướng dẫn chi tiết về kích thước, không gian và bố trí công năng trong thiết kế kiến trúc, dựa trên kinh nghiệm và nghiên cứu thực tiễn. Và vì thế, nó được sử dụng rộng rãi như một công cụ hỗ trợ thiết kế.

Nội dung chính của Neufert bao gồm: Cung cấp các thông số kỹ thuật về kích thước tối thiểu và tối ưu cho các không gian khác nhau, như phòng ở, phòng làm việc, nhà vệ sinh, cầu thang, hành lang…; Hướng dẫn cách bố trí các khu vực chức năng trong công trình để đảm bảo tính hiệu quả và tiện nghi; Cung cấp thông tin về quy hoạch đô thị, thiết kế cảnh quan và các yếu tố liên quan đến môi trường xây dựng; Đề cập đến các loại vật liệu xây dựng và phương pháp thi công phổ biến…

Với vai trò đó của Neufert, các kiến trúc sư và nhà thiết kế có thể và thường sử dụng Neufert như một nguồn tham khảo để xác định kích thước, bố trí không gian và công năng phù hợp với yêu cầu của dự án. Để từ đó, giúp đưa ra các quyết định thiết kế dựa trên các tiêu chuẩn thực tiễn và kinh nghiệm, khi không có quy định cụ thể từ phía khách hàng hoặc cơ quan quản lý. Đặc biệt, Neufert có thể được sử dụng kết hợp với các tiêu chuẩn bắt buộc (như ISO, Eurocodes, IBC, QCVN, TCVN…) để đảm bảo thiết



Hình 1. Ví dụ về một số nội dung chi tiết kiến trúc nội thất trong nhà ở, văn phòng, bệnh viện... được minh họa trong Neufert.

kế đáp ứng cả yêu cầu pháp lý và tiện nghi sử dụng.

Chúng ta có thể thấy rõ sự khác biệt căn bản giữa Neufert và các Tiêu chuẩn khác từ tính pháp lý, mục đích sử dụng đến phạm vi áp dụng qua bảng 1:

Tuy nhiên, các chỉ dẫn của Neufert hết sức có giá trị, được các ngành kiến trúc và xây dựng toàn cầu sử dụng như một cẩm nang hướng dẫn chung. Thậm chí, nhiều quốc gia chưa phát triển, chưa xây dựng được các công cụ quản lý nhà nước thông qua tiêu chuẩn hoặc các công cụ hướng dẫn, chỉ dẫn về thiết kế, đều có thể nương tựa nhờ chỉ dẫn của Neufert. Đó là vì Neufert được xây dựng dựa trên sự đúc kết thực tiễn qua nhiều thời gian, lại được nghiên cứu thấu đáo thông qua thiết kế công thái học (ergonomic design) được dựa trên các nghiên cứu về nhân trắc học của con người, để hướng tới mục tiêu bảo vệ sức khỏe và sự an toàn của con người đi đôi với tăng năng suất lao động.

Có thể thấy rõ một số cách áp dụng Neufert vào thiết kế các công trình kiến trúc như: Với thiết kế nhà ở, Neufert cung cấp các thông số về kích thước phòng ngủ, phòng khách, nhà bếp, nhà vệ sinh, giúp kiến trúc sư thiết kế không gian sống tiện nghi và hiệu quả; Với thiết kế văn phòng, Neufert hướng dẫn cách bố trí bàn làm việc, khoảng cách giữa các phòng, và không gian lưu thông để đảm bảo hiệu quả công việc, hay với thiết kế bệnh viện, Neufert cung cấp thông tin về kích thước phòng bệnh, hành lang, khu vực y tế, giúp thiết kế đáp ứng nhu cầu sử dụng và vận hành… (Hình 1).

Như vậy, có thể khẳng định, Neufert là một tài liệu tham khảo quý giá trong ngành kiến trúc và xây dựng, nhưng nó không phải là tiêu chuẩn bắt buộc. Hiện nay, nó đang được sử dụng rộng rãi để hỗ trợ đắc lực cho thiết kế, đặc biệt trong việc xác định kích thước, bố trí không gian và công năng cho công trình.

2. NHỮNG LÝ DO VÀ CÁCH THỨC NÊN BIÊN SOẠN HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ THEO CẤU TRÚC CỦA NEUFERT?

Có thể thấy, trong nhiều thập kỷ qua, hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia lĩnh vực xây dựng (TCVN), đặc biệt là Tiêu chuẩn thiết kế đã ngày càng trở nên lỗi thời và lạc hậu. Sau đây là những lý do hạn chế trong biên soạn theo cách thức truyền thống và cách thức cũng như phương hướng mới để biên soạn tiêu chuẩn theo cấu trúc của Neufert, được trình bày tóm tắt, bao gồm những nội dung chính sau:

+ Hiện nay, nhiều tiêu chuẩn được trình bày dưới dạng văn bản dài, phức tạp, khó tra cứu nhanh. Ngôn ngữ mang tính kỹ thuật cao, nhưng lại ít hình minh họa, gây khó khăn cho người dùng. Do đó, cần hướng tới biên soạn tiêu chuẩn theo hướng trực quan và dễ tra cứu với tích hợp nhiều hình vẽ, sơ đồ minh họa giống như Neufert để trực quan hơn.

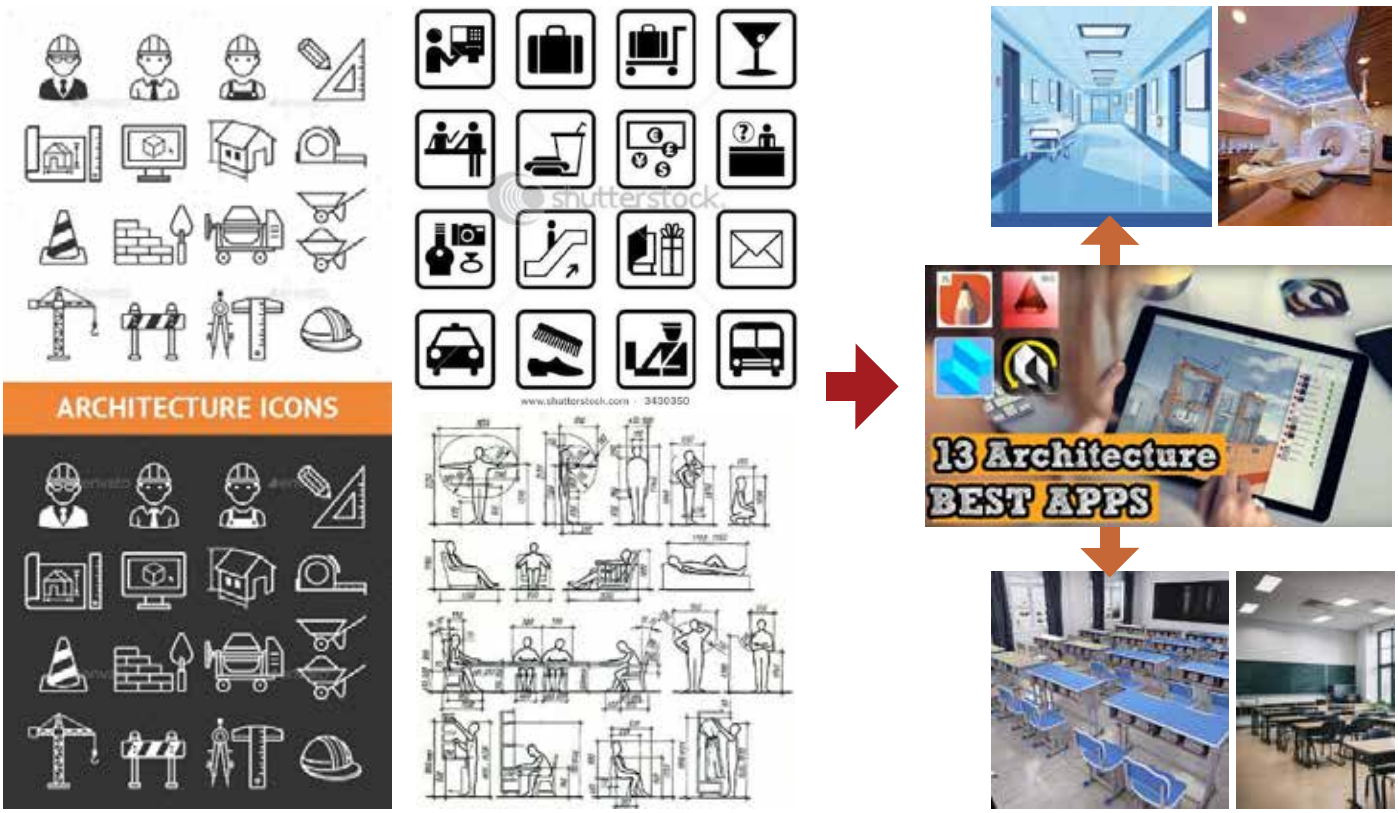
Biên soạn tiêu chuẩn theo dạng bảng biểu thay vì mô tả dài dòng.

Chia nhỏ nội dung tiêu chuẩn theo danh mục dễ tra cứu, ví dụ: Nhà ở: kích thước phòng, chiều cao trần, hành lang…; Trường học: diện tích lớp học, bàn ghế, khoảng cách giữa các hàng ghế…; Bệnh viện: giường bệnh, không gian di chuyển cáng cứu thương…

Hoặc thiết kế tài liệu theo dạng sổ tay (Handbook) giúp dễ tra cứu hơn so với tiêu chuẩn được biên soạn theo lối truyền thống.

Bảng 1

Tiêu chí	Neufert	Tiêu chuẩn chính thức (ví dụ: ISO, Eurocodes, IBC, QCVN, TCVN…)
Tính pháp lý	Không có giá trị pháp lý, chỉ là tài liệu tham khảo.	Có giá trị pháp lý, bắt buộc hoặc khuyến khích tuân thủ.
Mục đích sử dụng	Hỗ trợ thiết kế, cung cấp thông tin tham khảo về kích thước và bố trí.	Quy định các yêu cầu kỹ thuật và an toàn bắt buộc.
Phạm vi áp dụng	Được sử dụng rộng rãi trong ngành kiến trúc và xây dựng toàn cầu.	Áp dụng trong phạm vi quốc gia hoặc khu vực cụ thể.

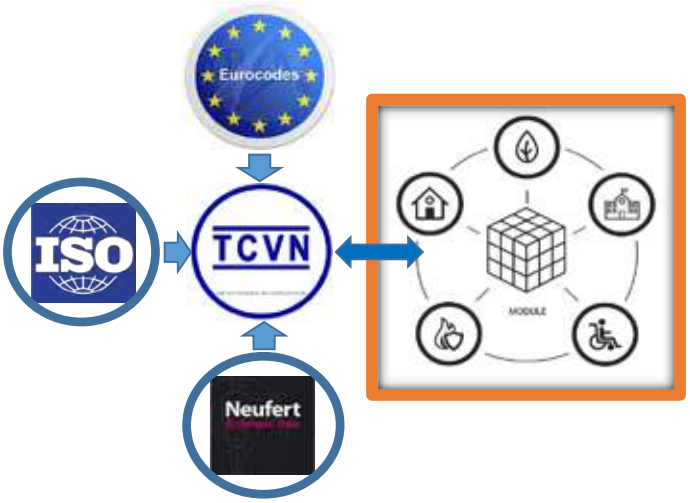


Hình 2. Tiêu chuẩn thiết kế được số hóa và được hỗ trợ bởi các công nghệ thông minh để có thể tra cứu trên máy tính hoặc điện thoại.

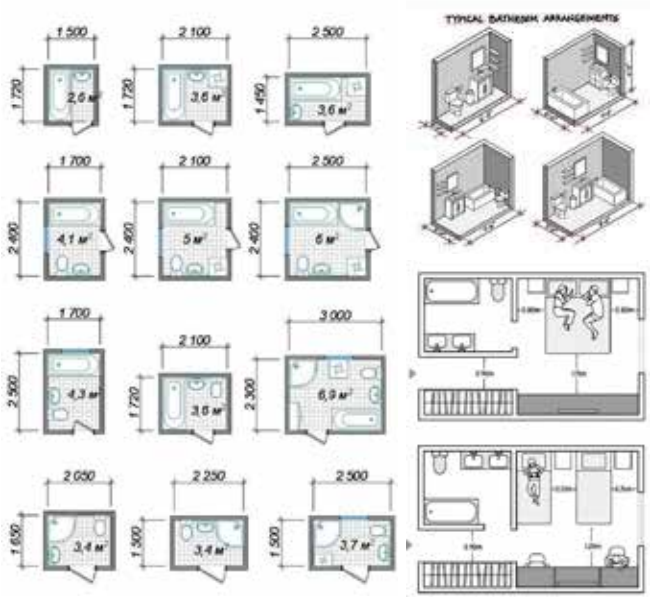
+ Tiêu chuẩn hiện nay chủ yếu ở dạng văn bản PDF hoặc sách in, khó tra cứu khi cần thông tin nhanh. Không có công cụ hỗ trợ tìm kiếm tức thì theo từ khóa. Vì vậy, cần số hóa tiêu chuẩn và phát triển ứng dụng tra cứu thông minh trên điện thoại và máy tính giúp người dùng tìm kiếm nhanh chóng. Trên cơ sở đó, tạo lập website để tra cứu trực tuyến, với các quy trình như: nhập từ khóa và tìm ra tiêu chuẩn liên quan; hiển thị thông tin theo dạng hình ảnh và bảng số liệu trực quan; cung cấp công cụ tính toán nhanh theo tiêu chuẩn (Ví dụ: diện tích tối thiểu phòng học theo số lượng học sinh). Tiến tới, ứng dụng AI để đề xuất tiêu chuẩn phù hợp với loại công trình đang thiết kế. (Ví dụ: khi thiết kế bệnh viện, nhập từ khóa "hành lang khoa cấp cứu", hệ thống sẽ trả về tiêu chuẩn chiều rộng tối thiểu, kèm theo hình minh họa trực quan). (Hình 2)

+ Mỗi quốc gia đều có hệ thống tiêu chuẩn riêng, vì vậy, người thiết kế làm việc trong môi trường toàn cầu sẽ gặp nhiều khó khăn khi áp dụng các tiêu chuẩn khác nhau, do chưa thể có sự tương thích nhất định với tiêu chuẩn quốc tế. Do đó, cần đồng bộ hóa tiêu chuẩn giữa các quốc gia và khu vực, trên cơ sở tạo dữ liệu chung về tiêu chuẩn xây dựng, trong đó có bảng đối chiếu giữa tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế, cũng chính là chuẩn hóa và đơn giản hóa hệ thống tiêu chuẩn quốc gia theo hướng gần với tiêu chuẩn quốc tế để thuận lợi khi hội nhập. (Ví dụ: Eurocodes ↔ TCVN ↔ ISO). Đặc biệt, cần phát triển hệ thống tiêu chuẩn theo dạng module, với phần cốt lõi (áp dụng chung cho mọi công trình) và phần mở rộng (tùy chỉnh theo điều kiện địa phương hoặc từng dự án cụ thể). (Nội dung này đã được trình bày tại phần 1 thuộc bài viết "Cần biên soạn hệ thống Tiêu chuẩn xây dựng quốc gia theo cấu trúc module ở Việt Nam", đã đăng trên Tạp chí kiến trúc số 06/2025). (Hình 3)

+ Một số tiêu chuẩn lạc hậu, chưa phù hợp với công nghệ mới hoặc nhu cầu thực tế, hoặc không có cơ chế phản hồi từ



Hình 3. Cấu trúc Module cốt lõi của Tiêu chuẩn thiết kế gồm: an toàn kết cấu, an toàn cháy nổ, sức khỏe và vệ sinh môi trường, tiếp cận công trình, VLXD và được tham chiếu từ các Tiêu chuẩn ISO, Eurocodes hoặc cả Neufert...



Hình 4. Không gian và nội thất các kiểu khu WC được minh họa bằng hình ảnh 2D và 3D.



Hình 5. Sử dụng các biểu tượng, ký hiệu, mã màu...để phân loại và định hướng tra cứu tiêu chuẩn

người dùng để cải tiến tiêu chuẩn. Do đó, cần định kỳ cập nhật tiêu chuẩn theo thực tế sử dụng. Với việc thiết lập kênh phản hồi từ kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thầu để cập nhật tiêu chuẩn dựa trên thực tế; Thiết lập hội đồng chuyên gia rà soát tiêu chuẩn định kỳ (3 - 5 năm/lần) để điều chỉnh nội dung phù hợp và tích hợp khảo sát thực tế trong các dự án đã xây dựng để kiểm tra mức độ hiệu quả của tiêu chuẩn hiện hành.

+ Với nhiều lý do cả khách quan lẫn chủ quan, rất nhiều kiến trúc sư trẻ gặp khó khăn khi áp dụng tiêu chuẩn vào thiết kế thực tế. Do đó, nên xây dựng tài liệu hướng dẫn tiêu chuẩn theo dạng Case Study (nghiên cứu trường hợp), với việc cung cấp tài liệu hướng dẫn theo từng loại công trình, có thể bao gồm: tiêu chuẩn áp dụng, ví dụ thiết kế thực tế và phân tích ưu nhược điểm khi áp dụng tiêu chuẩn. Bên cạnh đó, cần tổ chức các khóa đào tạo và tập huấn về tiêu chuẩn xây dựng, đặc biệt cho sinh viên kiến trúc và kỹ sư mới ra trường.

3. MỘT SỐ GIẢI PHÁP CHÍNH TRONG BIÊN SOẠN TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ THEO HƯỚNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ ĐỂ DỄ SỬ DỤNG NHƯ NEUFERT

Trong giai đoạn hiện nay, chúng ta đang triển khai thực hiện và cụ thể hóa Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 và Nghị quyết số 59-NQ/TW ngày 24/01/2025 của Bộ Chính trị về "Đột phá phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia" và "Hội nhập quốc tế trong tình hình mới". Vì vậy, để hệ thống tiêu chuẩn xây dựng có tính ứng dụng cao và dễ sử dụng như cuốn Neufert, chúng ta cần xem xét những yếu tố làm nên sự thành công của Neufert và áp dụng chúng vào việc phát triển và trình bày các tiêu chuẩn. Dưới đây là một số giải pháp chính để hệ thống tiêu chuẩn xây dựng có thể đạt được tính ứng dụng cao và dễ sử dụng tương tự như Neufert:

3.1. Tập trung vào tính trực quan và đồ họa

Tăng cường sử dụng hình ảnh, sơ đồ, bản vẽ: thay vì chỉ trình bày dưới dạng văn bản thuần túy, tiêu chuẩn nên tích hợp nhiều hình ảnh minh họa, sơ đồ nguyên lý, bản vẽ kỹ thuật, biểu đồ so sánh và các dạng đồ họa khác... Neufert thành công lớn nhờ vào việc sử dụng dày đặc hình ảnh trực quan, giúp người dùng nhanh chóng nắm bắt thông tin và hình dung ứng dụng thực tế. Ví dụ: thay vì chỉ mô tả bằng lời về kích thước và khoảng cách tối thiểu cho không gian vệ sinh tiếp cận, tiêu chuẩn nên kèm theo bản vẽ 2D và 3D minh họa rõ ràng, có ghi chú kích thước chi tiết. (Hình 4)

Sử dụng đồng bộ mã màu, biểu tượng và ký hiệu: áp dụng hệ thống mã màu nhất quán, biểu tượng trực quan và ký hiệu dễ hiểu để phân loại thông tin, đánh dấu các điểm quan trọng, giúp người dùng dễ dàng định hướng trong tài liệu. Ví dụ: sử dụng màu xanh lá cây cho các yêu cầu về môi trường, màu đỏ cho an toàn cháy, biểu tượng hình người khuyết tật cho các quy định về tiếp cận... (Hình 5)

Thiết kế giao diện trực quan cho phiên bản số: nếu tiêu chuẩn được phát hành dưới dạng số (website, phần mềm, ứng dụng), giao diện cần được thiết kế thân thiện, trực quan, dễ điều hướng và có khả năng tùy biến hiển thị. Ví dụ: giao diện website tiêu chuẩn nên có thanh tìm kiếm mạnh mẽ, bộ lọc theo lĩnh vực, loại công trình, từ khóa và khả năng xem trước nội dung bằng hình ảnh thu nhỏ.

3.2. Đảm bảo tính thực tiễn và hướng dẫn ứng dụng

Tập trung vào các thông tin thiết kế thực tế: tiêu chuẩn nên tập trung vào cung cấp thông tin và dữ liệu trực tiếp hữu ích cho quá trình thiết kế, thay vì chỉ là các quy định pháp lý thuần túy. Neufert thành công vì nó cung cấp dữ liệu nhân trắc học, kích thước không gian chức năng, thông số kỹ thuật vật liệu và các thông tin thiết kế cốt lõi. (Hình 6). Ví dụ: tiêu chuẩn về thiết kế trường học không chỉ quy định diện tích tối thiểu cho lớp học, mà còn cung cấp các sơ đồ bố trí bàn ghế, gợi ý về ánh sáng tự nhiên, thông gió và các yếu tố học đường khác.

Cung cấp ví dụ minh họa và case study: đi kèm với các quy định tiêu chuẩn, nên có các ví dụ minh họa cụ thể, các case study điển hình và các giải pháp thiết kế mẫu, giúp người dùng hiểu rõ cách áp dụng tiêu chuẩn vào thực tế. Ví dụ: tiêu chuẩn về tiết kiệm năng lượng nên có các ví dụ về công trình thực tế đã áp dụng thành công các giải pháp thiết kế thụ động và chủ động, kèm theo phân tích hiệu quả năng lượng đạt được.

Tạo ra các công cụ hỗ trợ ứng dụng tiêu chuẩn: phát triển các công cụ, phần mềm, hoặc ứng dụng hỗ trợ người dùng tra cứu, tính toán và áp dụng tiêu chuẩn một cách dễ dàng, nhanh chóng. Ví dụ: phần mềm tính toán hệ số truyền nhiệt vách, công cụ kiểm tra sự phù hợp với quy chuẩn về phòng cháy, ứng dụng tra cứu nhanh các thông số kỹ thuật vật liệu.

3.3. Tổ chức và cấu trúc thông tin rõ ràng, dễ tra cứu

Phân loại và cấu trúc logic: tiêu chuẩn cần được tổ chức theo cấu trúc logic, phân loại rõ ràng theo lĩnh vực, loại công trình, giai đoạn thiết kế, hoặc các tiêu chí khác... Neufert được đánh giá cao về cấu trúc phân mục rõ ràng, giúp người dùng nhanh chóng tìm đến thông tin cần thiết. Ví dụ: Phân chia tiêu chuẩn theo các lĩnh vực chính như: Kiến trúc, Kết cấu, Điện, Nước, PCCC, Môi trường…, sau đó lại chia nhỏ theo loại công trình (nhà ở, văn phòng, trường học, bệnh viện...) và các yếu tố thiết kế kỹ thuật (mặt bằng, mặt đứng, chi tiết cấu tạo, vật liệu...). Thực hiện được phân loại và cấu trúc này, cũng dẫn tới có thể chủ động lập các thiết kế điển hình hoặc các thiết kế mẫu cho các thể loại công trình khi chưa có tiêu chuẩn thiết kế hoặc cần có tiêu chuẩn thiết kế đặc thù và riêng biệt (Ví dụ khi đã có rất nhiều các tiêu chuẩn thiết kế về nhà ở như nhà ở thấp tầng riêng lẻ, căn hộ chung cư, nhà ở chung cư… thì việc triển khai thiết kế điển hình nhà ở xã hội là hoàn toàn có cơ sở và khả thi, mặc dù chưa có tiêu chuẩn thiết kế cho đối tượng này). (Hình 7)

Chỉ mục chi tiết và hệ thống tìm kiếm hiệu quả: xây dựng chỉ mục chi tiết (index) ở cuối tài liệu và trang bị hệ thống tìm kiếm mạnh mẽ (nếu là phiên bản số) để người dùng dễ dàng tra cứu theo từ khóa, chủ đề, hoặc mã số tiêu chuẩn. Ví dụ: chỉ mục có thể bao gồm cả thuật ngữ chuyên ngành, tên các loại cấu kiện, vật liệu, không gian chức năng và các chủ đề thiết kế quan trọng.

Liên kết nội bộ và liên kết tham chiếu: sử dụng siêu liên kết nội bộ (hyperlink) trong phiên bản số để kết nối các phần liên quan với nhau trong tài liệu. Đồng thời, cung cấp các liên kết tham chiếu đến các tiêu chuẩn, quy định và tài liệu khác có liên quan.

3.4. Ngôn ngữ trình bày dễ hiểu và nhất quán

Sử dụng ngôn ngữ đơn giản, rõ ràng, tránh thuật ngữ chuyên môn khó hiểu: tiêu chuẩn cần được viết bằng ngôn ngữ phổ thông, dễ hiểu, tránh sử dụng quá nhiều thuật ngữ chuyên ngành hoặc ngôn ngữ pháp lý phức tạp. Khi cần sử dụng thuật ngữ chuyên môn, cần giải thích rõ ràng. Ví dụ: thay vì viết "Đảm bảo hệ số truyền nhiệt U của lớp vỏ công trình tuân thủ yêu cầu về hiệu suất năng lượng," có thể viết "Vỏ và mái nhà cần được thiết kế để giữ nhiệt tốt, đảm bảo chỉ số cách nhiệt đạt mức quy định (xem Bảng...). Điều này giúp tiết kiệm năng lượng cho việc sưởi ấm và làm mát".

Đảm bảo tính nhất quán trong thuật ngữ và ký hiệu: sử dụng thuật ngữ và ký hiệu một cách nhất quán trong toàn bộ tài liệu để tránh gây nhầm lẫn cho người dùng. Xây dựng bảng chú giải thuật ngữ và ký hiệu ở đầu tài liệu để người dùng dễ dàng tham khảo.

Cấu trúc câu và đoạn văn mạch lạc, dễ đọc: trình bày thông tin theo cấu trúc câu và đoạn văn ngắn gọn, mạch lạc, dễ đọc, tránh các câu văn quá dài và phức tạp. Sử dụng gạch đầu dòng, đánh số thứ tự để phân chia ý và làm nổi bật thông tin quan trọng.

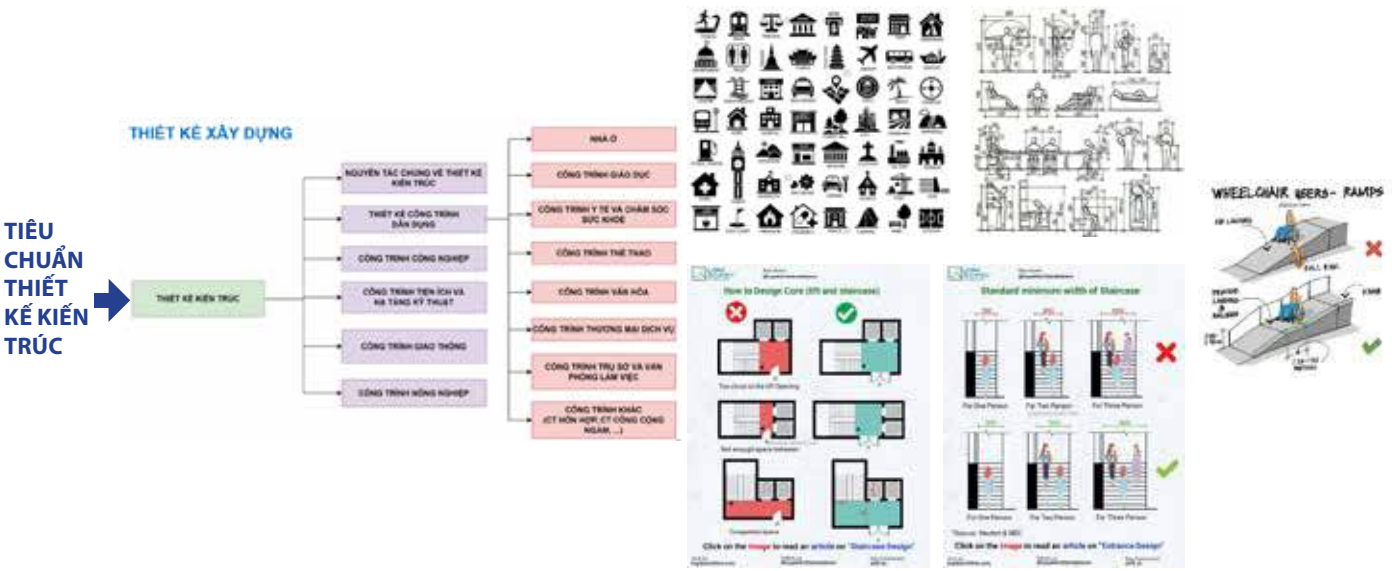
3.5. Cập nhật thường xuyên và thu thập phản hồi người dùng

Thiết lập quy trình cập nhật định kỳ: tiêu chuẩn cần được xem xét và cập nhật định kỳ để phản ánh những tiến bộ khoa học kỹ thuật, thay đổi trong thực tiễn xây dựng và các yêu cầu mới của xã hội. Quy trình cập nhật nên rõ ràng, minh bạch và có sự tham gia của các chuyên gia và người dùng.

Thu thập và phản hồi ý kiến người dùng: thiết lập cơ chế thu thập phản hồi từ người dùng (kiến trúc sư, kỹ sư, nhà thầu, sinh viên...) về tính ứng dụng, độ dễ sử dụng và những điểm cần cải thiện của tiêu chuẩn. Phản hồi này cần được xem xét



Hình 6. Các dữ liệu về nhân trắc học, kích thước không gian chức năng, thông số kỹ thuật vật liệu...nên được trình bày theo thông tin thiết kế trong tiêu chuẩn.



Hình 7: Phân loại và cấu trúc logic hệ thống Tiêu chuẩn thiết kế theo tầng bậc từ loại hình công trình đến thể loại công trình, đi cùng các bộ phận kỹ thuật và chi tiết yêu cầu chung.

nghiêm túc trong quá trình cập nhật và phát triển tiêu chuẩn. Có thể tổ chức các khảo sát trực tuyến, hội thảo, hoặc diễn đàn để thu thập ý kiến người dùng.

4. KẾT LUẬN

Tóm lại, để hệ thống tiêu chuẩn ngành xây dựng, đặc biệt là tiêu chuẩn thiết kế trở nên hữu ích và dễ sử dụng như Neufert - cần có sự chuyển đổi từ cách tiếp cận truyền thống (chủ yếu dựa trên văn bản pháp lý) sang cách tiếp cận lấy người dùng làm trung tâm, tăng cường tính trực quan, tập trung vào thực tiễn thiết kế và đảm bảo cấu trúc thông tin rõ ràng, dễ tra cứu. Sự kết hợp giữa nội dung tiêu chuẩn chất lượng cao và hình thức trình bày thân thiện, dễ tiếp cận sẽ giúp tiêu chuẩn trở thành công cụ đắc lực cho mọi chủ thể và đối tượng trong ngành Xây dựng. Đây chính là cách tiếp cận và chủ động biên soạn, xây dựng hệ thống tiêu chuẩn xây dựng theo hướng sáng tạo và ứng dụng công nghệ số. Đồng thời, cũng chính là góp phần tạo dựng một trong ba yếu tố chính để làm nên định hướng phát triển nền kiến trúc Việt Nam: Phù hợp với điều kiện tự nhiên, phát huy và kế thừa văn hóa bản địa cùng khai thác công nghệ của thời đại kỷ nguyên số.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật số 31/VBHN-VPQH ngày 10/12/2018

2.https://vneconomy.vn/sua-doi-luat-tieu-chuan-va-quy-chuan-ky-thuat-phai-phu-hop-voi-hoi-nhap-quoc-te.htm

3. Nguyễn Tất Thắng "Hệ thống Tiêu chuẩn quốc gia trong thiết kế và xây dựng các công trình giáo dục tại Việt Nam" - Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 03/2020

4. Nguyễn Tất Thắng "Định hướng xây dựng Tiêu chuẩn Quốc gia về thiết kế các công trình bệnh viện tại Việt Nam" - Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 04/2020

5. Nguyễn Tất Thắng "Xây dựng Quy chuẩn kỹ thuật địa phương về Quy hoạch và Kiến trúc - Sự cần thiết để phù hợp bản sắc văn hóa giữa các vùng miền của Việt Nam". Kỷ yếu hội thảo khoa học "Vai trò kiến trúc trong phát triển bền vững VĂN HÓA - KINH TẾ - XÃ HỘI" do Hội KTS Việt Nam tổ chức tháng 04/2023 tại Hà Nội.

6. Nguyễn Tất Thắng "Xu thế kết hợp Tiêu chuẩn thiết kế, Thiết kế điển hình và Xây dựng thực nghiệm - Kiềng 3 chân để phát triển NOXH tại Việt Nam" - Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 01/2024

7. Nguyễn Tất Thắng - Chủ nhiệm nhiệm vụ "Ban kỹ thuật xây dựng Tiêu chuẩn về Kiến trúc và hệ thống Kỹ thuật công trình" do Viện Kiến trúc Quốc gia thực hiện và hoàn thành năm 2022.

8. Nguyễn Tất Thắng "Cần biên soạn hệ thống Tiêu chuẩn xây dựng quốc gia theo cấu trúc hệ thống module ở Việt Nam" - Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 06/2025

DOANH NHÂN - ĐẠI BIỂU QUỐC HỘI NGUYỄN QUANG HUÂN:

Thể chế hóa Nghị quyết 68-NQ/TW- Doanh nghiệp cần được vận hành trong môi trường pháp lý **minh bạch và nhân văn**



NGUYÊN HẠNH



THU THỦY (thực hiện)

Sự ra đời Nghị quyết 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị (NQ 68) với định hướng rõ ràng về phát triển kinh tế tư nhân đã đặt nền tảng cho một bước ngoặt chính sách mới: Không chỉ cởi trói, tháo gỡ rào cản mà còn chủ động giao trọng trách lớn hơn cho khu vực này. BTV Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trò chuyện với doanh nhân - Đại biểu Quốc hội Nguyễn Quang Huân, qua đó, thêm một lần khẳng định sức lan tỏa và những yêu cầu đặt ra để đưa nghị quyết vào cuộc sống.

PHÁ BỎ ĐỊNH KIẾN - KHƠI DẬY KHÁT VỌNG

Thưa ông, NQ 68 khẳng định kinh tế tư nhân là một động lực quan trọng nhất của nền kinh tế quốc gia. Ông có thể dự báo sức lan tỏa của NQ 68 đối với nền kinh tế Việt Nam nói chung và với ngành Xây dựng nói riêng?

- Tại Việt Nam, mỗi nghị quyết của Đảng đều có sức lan tỏa rất mạnh, đặc biệt là các nghị quyết gắn liền với đời sống nhân dân và các hoạt động kinh tế - xã hội. Ví dụ, NQ 55 về phát triển năng lượng tái tạo, NQ 10 (Hội nghị Trung ương 5 khóa XII) về phát triển kinh tế tư nhân, NQ 41 về xây dựng đội ngũ doanh nhân thời kỳ đổi mới (ban hành cuối năm 2023), và gần đây nhất là NQ 68 về phát triển kinh tế tư nhân.

Sức lan tỏa của các nghị quyết này đến từ hai yếu tố chính: *Thứ nhất,* tính định hướng rõ ràng, cụ thể; *Thứ hai,* nội dung nghị quyết đáp ứng được mối quan tâm của xã hội. Chẳng hạn, NQ 68 nêu rõ quan điểm phát triển doanh nghiệp tư nhân theo hướng bền vững, từ đó tác động mạnh mẽ đến nhận thức của cộng đồng doanh nghiệp và người dân. Họ nhận thức được rằng không thể phát triển theo kiểu chụp giật, tận dụng tài nguyên một cách thiếu bền vững như trước kia.

Một điểm quan trọng khác trong NQ 68 là việc phá bỏ định kiến, khơi dậy khát vọng cống hiến và làm giàu của kinh tế tư nhân. Điều này tạo ra sự khích lệ lớn đối với đội ngũ doanh nhân, đặc biệt là giới trí thức, nhà khoa học, những người trước đây còn e ngại khi bước vào lĩnh vực kinh doanh vì sợ bị "đánh đồng" với hình ảnh tiêu cực của "con buôn". Việc được nhìn nhận và tôn trọng sẽ thúc đẩy họ tham gia mạnh mẽ hơn vào khối doanh nghiệp tư nhân.

NQ 68 không chỉ là định hướng chiến lược cho sự phát triển của khu vực kinh tế tư nhân, mà còn thể hiện quyết tâm chính trị mạnh mẽ của Đảng và Nhà nước trong việc cải cách môi trường kinh doanh, khơi thông nguồn lực xã hội và phát huy vai trò của doanh nhân trong thời kỳ mới. Sức lan tỏa của NQ 68 là rõ ràng, nhưng để lan tỏa đó đi vào thực tiễn, nhiệm vụ quan trọng tiếp theo là thể chế hóa nội dung nghị quyết thành các luật và văn bản dưới luật một cách đồng bộ, hiệu quả, là bước đi chiến lược trong hoàn thiện pháp luật.

Ở góc nhìn doanh nghiệp, ông cảm nhận sâu sắc gì từ NQ 68?

- Thật sự đây là một luồng gió mới, là niềm vui với những doanh nghiệp tư nhân như chúng tôi. Mục tiêu của NQ 68 nêu rất cụ thể: Đến năm 2030, cả nước có 2 triệu doanh nghiệp tư nhân, khu vực này đóng góp 55 - 58% GDP, tỷ lệ lao động tăng từ 82% lên 84%, năng suất lao động tăng 8 - 9% mỗi năm, và tốc độ tăng trưởng của khu vực tư nhân phải cao hơn tốc độ tăng trưởng GDP bình quân. Những con số này cho thấy Đảng và Nhà nước sẽ tập trung nguồn lực



Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

> ***NQ 68 ra đời không phải để dung túng cho hành vi sai trái. Những trường hợp cố ý vi phạm vẫn phải bị xử lý nghiêm. Tuy nhiên, đối với những sai sót do thiếu hiểu biết, hoặc xuất phát từ sự thiếu chặt chẽ của hệ thống pháp luật, thì NQ 68 nhấn mạnh nguyên tắc suy đoán vô tội, một hướng tiếp cận rất văn minh của pháp luật"***
>
> ông Nguyễn Quang Huân

để hiện thực hóa mục tiêu, chứ không chỉ dừng lại ở định hướng chung. Đó cũng là cơ sở để chúng tôi vui mừng!

Ông có thể dẫn chứng rõ hơn tác động đến hoạt động kinh doanh của doanh nghiệp tư nhân?

- Đơn cử thế này, lâu nay chúng tôi vẫn quan ngại về vấn đề hình sự hóa các hành vi vi phạm trong hoạt động sản xuất kinh doanh. Tuy nhiên hiện tại, NQ 68 đã thể hiện rõ tính định hướng và hỗ trợ doanh nghiệp, trong đó khẳng định không hình sự hóa các hành vi vi phạm kinh tế trong trường hợp có thể xử lý bằng dân sự. Mặc dù trước đây các văn bản pháp luật cũng từng đề cập đến nguyên tắc này, nhưng NQ 68 đã cụ thể hóa hơn như: Trong quá trình tố tụng, nguyên tắc suy đoán vô tội phải được áp dụng. Một là, nếu một hành vi có thể xử lý bằng luật dân sự hoặc hình sự, thì ưu tiên áp dụng luật dân sự. Hai là, trường hợp bắt buộc xử lý hình sự thì phải xem xét các yếu tố khắc phục hậu quả để giảm nhẹ trách nhiệm.

Điều này giúp đội ngũ doanh nhân yên tâm hơn trong quá trình đầu tư và vận hành doanh nghiệp, nhất là trong bối cảnh hệ thống pháp luật còn có những điểm chồng chéo, chưa đồng bộ. Đồng thời, các giải pháp như đảm bảo bình đẳng giữa các thành phần kinh tế trong tiếp cận nguồn lực, tài nguyên quốc gia, vốn tài chính… cũng tạo niềm tin cho doanh nghiệp.

NQ 68 cũng nhấn mạnh đến khuyến khích đổi mới sáng tạo, chấp nhận rủi ro trong nghiên cứu khoa học và khởi nghiệp, nội dung từng được đề cập trong NQ 57. Điều này đặc biệt quan trọng với các doanh nghiệp khởi nghiệp công nghệ, vì rủi ro là điều khó tránh khỏi. Nếu không có cơ chế bảo vệ, các doanh nghiệp có thể bị truy cứu trách nhiệm, làm triệt tiêu tinh thần sáng tạo.

Bên cạnh đó, NQ 68 đưa ra nhiều giải pháp cụ thể, thiết thực nhằm tạo môi trường kinh doanh lành mạnh và minh bạch. Ví dụ như nguyên tắc không hình sự hóa các quan hệ kinh tế, dân sự. Theo đó, các tranh chấp kinh tế, nếu có thể xử lý bằng luật dân sự, thì sẽ ưu tiên áp dụng dân sự thay vì hình sự. Đồng thời, trong quá trình tố tụng, nguyên tắc suy đoán vô tội được nhấn mạnh, cùng với cơ chế khắc phục hậu quả thay vì xử phạt hình sự một cách cực đoan.

Những quy định này không chỉ tạo niềm tin cho doanh nghiệp, mà còn góp phần khuyến khích đổi mới sáng tạo. Các doanh nghiệp khởi nghiệp, đặc biệt trong lĩnh vực công nghệ, sẽ không còn quá lo ngại khi thất bại trong nghiên cứu hay thử nghiệm sản phẩm mới.

CƠ HỘI CHO DOANH NGHIỆP TƯ NHÂN THAM GIA VÀO CÁC DỰ ÁN ĐẦU TƯ CÔNG

Quốc hội đã dành một nguồn lực lớn ngân sách quốc gia cho ngành Xây dựng. Vậy các doanh nghiệp tư nhân



NQ 68 đưa ra nhiều giải pháp cụ thể, thiết thực nhằm tạo môi trường kinh doanh lành mạnh và minh bạch.

có kỳ vọng gì ở đây, thưa ông?

- Một trong những điểm mới đáng chú ý của NQ 68 là việc ưu tiên doanh nghiệp tư nhân tham gia vào các dự án đầu tư công, đặc biệt là các dự án có quy mô từ 20 tỷ đồng trở lên. Trước đây, doanh nghiệp tư nhân khó có cơ hội tham gia do các yêu cầu khắt khe về năng lực và kinh nghiệm. Nay doanh nghiệp tư nhân có cơ hội được tham gia cạnh tranh bình đẳng, thúc đẩy sự phát triển của khu vực kinh tế tư nhân.

Đặc biệt, các doanh nghiệp đổi mới sáng tạo theo hướng phát triển xanh có thể hưởng lợi rõ rệt từ các chính sách này, giúp tiết kiệm chi phí, nâng cao năng lực cạnh tranh và tiếp cận được nhiều nguồn vốn ưu đãi hơn.

Trước đây, chúng ta thường nói nhiều về các quỹ hỗ trợ khởi nghiệp, nhưng trên thực tế lại rất khó tiếp cận do thiếu cơ sở pháp lý rõ ràng. Giờ đây, với NQ 68, mọi vấn đề liên quan đến hỗ trợ doanh nghiệp tư nhân đã được quy định cụ thể. Cơ quan quản lý quỹ sẽ không thể từ chối hỗ trợ cho doanh nghiệp mà không có lý do chính đáng.

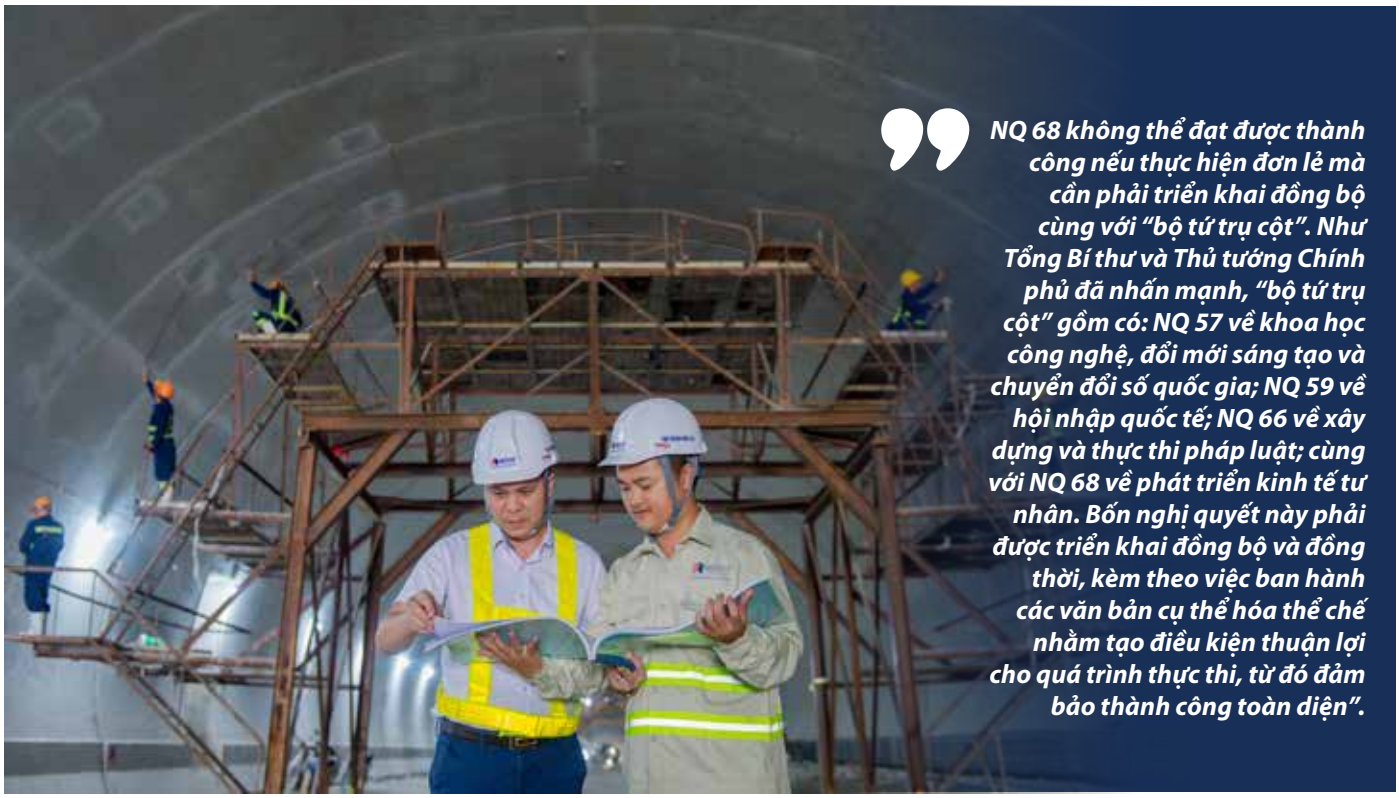
Tôi cho rằng, khi được ban hành và triển khai đúng cách, NQ 68 sẽ mang lại hiệu lực và hiệu quả thực tiễn rõ ràng, góp phần quan trọng thúc đẩy khu vực kinh tế tư nhân phát triển mạnh mẽ, bền vững hơn trong thời gian tới.

Nhưng thưa ông, trong thực tiễn, các doanh nghiệp xây dựng có quy mô vừa phải ít có cơ hội hơn khi tham gia đấu thầu dự án công?

- NQ 68 đã tạo ra một hướng mở quan trọng, khi đặt ra yêu cầu ưu tiên cho doanh nghiệp tư nhân trong đấu thầu. Cụ thể, trong những gói thầu có quy mô nhỏ hoặc trung bình, BQLDA có trách nhiệm sàng lọc, để các doanh nghiệp cùng cấp độ, ví dụ có 3 - 4 năm kinh nghiệm và vốn điều lệ từ 20 - 50 tỷ đồng được cạnh tranh công bằng với nhau. Điều này sẽ giúp tạo ra một "sân chơi đồng cấp", thay vì để một doanh nghiệp tư nhân nhỏ phải cạnh tranh với những tập đoàn nhà nước có hàng chục năm kinh nghiệm và tiềm lực tài chính hàng nghìn tỷ đồng, điều vốn dĩ khiến nhiều doanh nghiệp tư nhân không có cơ hội trúng thầu.

Chẳng hạn, trong ngành Xây dựng, một doanh nghiệp tư nhân có kinh nghiệm 4 năm với vốn điều lệ khoảng 30 tỷ đồng sẽ được ưu tiên tham gia các gói thầu xây dựng công trình dân dụng quy mô nhỏ, khoảng 20 tỷ đồng. Nếu không có NQ 68, doanh nghiệp tư nhân này rất dễ bị loại từ vòng xét hồ sơ kỹ thuật khi phải cạnh tranh trực tiếp với các tổng công ty xây dựng nhà nước có lịch sử hoạt động hơn 20 năm và nguồn vốn hàng nghìn tỷ đồng. Việc so sánh năng lực, kinh nghiệm, thiết bị máy móc và nhân lực giữa các bên là bất bình đẳng và không công bằng. Nhờ có NQ 68, các chủ đầu tư sẽ phải đưa ra tiêu chí phù hợp để tạo điều kiện cho các doanh nghiệp nhỏ cùng nhóm kinh nghiệm cạnh tranh với nhau, tránh việc "một mình đấu với cả tập đoàn".

Việc ưu tiên này không phải chỉ thể hiện bằng lời nói mà phải được thể chế hóa rõ ràng bằng các tiêu chí cụ thể trong hồ sơ mời thầu. Chẳng hạn, nếu tiêu chí yêu cầu doanh nghiệp có tối đa 5 năm kinh nghiệm và vốn điều lệ dưới 50 tỷ đồng, thì rõ ràng các doanh nghiệp lớn hơn sẽ tự



NQ 68 không thể đạt được thành công nếu thực hiện đơn lẻ mà cần phải triển khai đồng bộ cùng với "bộ tứ trụ cột". Như Tổng Bí thư và Thủ tướng Chính phủ đã nhấn mạnh, "bộ tứ trụ cột" gồm có: NQ 57 về khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia; NQ 59 về hội nhập quốc tế; NQ 66 về xây dựng và thực thi pháp luật; cùng với NQ 68 về phát triển kinh tế tư nhân. Bốn nghị quyết này phải được triển khai đồng bộ và đồng thời, kèm theo việc ban hành các văn bản cụ thể hóa thể chế nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thực thi, từ đó đảm bảo thành công toàn diện".

động bị loại. Ngược lại, nếu tiêu chí lại đòi hỏi kinh nghiệm 20 - 30 năm và vốn pháp định từ 1.000 tỷ đồng trở lên thì nhiều doanh nghiệp tư nhân sẽ không có "cửa" tham gia, và điều đó là vi phạm tinh thần của NQ 68. Với các gói thầu có giá trị nhỏ, khoảng 20 tỷ đồng trở xuống, nếu đơn vị tổ chức đấu thầu cố tình đặt ra tiêu chí loại doanh nghiệp tư nhân thì rõ ràng đã vi phạm NQ.

Ngoài ra, NQ 68 cũng nhấn mạnh đến việc bảo vệ quyền sở hữu và xây dựng một môi trường pháp lý ổn định, trong đó có nội dung rất quan trọng là không hồi tố và không hình sự hóa các hành vi kinh tế thuần túy. Đây là một chủ trương lớn nhằm giảm áp lực cho các doanh nghiệp, giúp họ yên tâm hơn khi đầu tư, sản xuất, kinh doanh, thay vì phải luôn lo lắng về nguy cơ bị hình sự hóa do sai sót trong hoạt động kinh tế.

Tuy nhiên, điều đó không đồng nghĩa với việc buông lỏng kỷ cương pháp luật. Trường hợp doanh nghiệp gây thiệt hại lớn, nếu có khả năng bồi thường toàn bộ, thì sẽ được xem xét miễn truy cứu trách nhiệm hình sự. Trước đây, dù đã bồi thường thiệt hại, doanh nghiệp vẫn có thể bị xử lý hình sự do không có quy định rõ ràng. Vì vậy, cần sửa đổi các đạo luật quan trọng như Bộ luật Hình sự và các luật liên quan, nhằm tạo điều kiện thúc đẩy kinh tế tư nhân phát triển lành mạnh và bền vững.

Doanh nghiệp cần được vận hành trong môi trường pháp lý minh bạch và nhân văn. Việc xử lý vi phạm, nếu có, nên ưu tiên theo hướng dân sự, thiên về bồi thường thay vì hình sự hóa, trừ khi vi phạm ở mức độ nghiêm trọng. Chỉ như vậy mới có thể khơi dậy tinh thần khởi nghiệp, khuyến khích doanh nhân mạnh dạn đầu tư và cống hiến cho sự phát triển kinh tế đất nước.

Còn về tiếp cận nguồn vốn, đất đai, ông nhìn nhận như thế nào?

- Trước đây, các doanh nghiệp tư nhân khi tiếp cận các nguồn lực như đất đai, khai khoáng, tài chính thường gặp nhiều khó khăn, không hề đơn giản để tiếp cận các khoản vay vốn lớn. Tuy nhiên, với sự ra đời của NQ 68, quyền tiếp cận của doanh nghiệp tư nhân đã được ghi nhận rõ ràng và được đảm bảo bình đẳng, không phân biệt với doanh nghiệp nhà nước. Tất cả các doanh nghiệp đều có quyền tiếp cận như nhau.

Nhưng thực tế nhiều doanh nghiệp vẫn gặp khó khăn trong tiếp cận vốn?

- Tại kỳ họp Quốc hội lần này, tôi đã kiến nghị Chính phủ nghiên cứu, đánh giá tác động của việc giảm lãi suất ngân hàng. Cụ thể, nếu lãi suất cho vay giảm 1%, GDP sẽ tăng bao nhiêu phần trăm? Bao nhiêu phần trăm doanh nghiệp tư nhân sẽ có khả năng tiếp cận vốn? Bởi lẽ, khi doanh nghiệp tư nhân tiếp cận được nguồn vốn tín dụng, nền kinh tế sẽ được kích thích phát triển.

Thực tế ở Việt Nam hiện nay, biên độ cho vay vẫn rất cao, lãi suất đầu vào khoảng 4,5%, thuộc hàng cao nhất khu vực, khiến doanh nghiệp tiếp cận vốn gặp rất nhiều khó khăn.



Để khẳng định vai trò của doanh nghiệp tư nhân trong phát triển bền vững, nhiều doanh nghiệp đã chủ động định hướng đầu tư vào các lĩnh vực có giá trị xã hội cao như: Năng lượng tái tạo, xử lý nước thải sinh hoạt...

Việc yêu cầu các ngân hàng thương mại giảm lãi suất bằng mệnh lệnh hành chính là không bền vững. Dù ngân hàng có thể giảm lãi suất theo yêu cầu thì họ sẽ tìm cách bù lại bằng các nguồn thu khác. Ví dụ, trước đây là cho vay kèm bán bảo hiểm, một hình thức tăng thu không minh bạch. Sau khi Chính phủ phát hiện và ban hành nghị quyết cấm, hoạt động này chuyển sang hình thức chào mời không chính thức, tinh vi hơn.

Vấn đề đặt ra là không thể quản lý bằng tư duy "không quản được thì cấm", như NQ 68 đã chỉ rõ. Xã hội và thị trường vận động theo quy luật riêng, vì vậy cần điều hành chính sách tiền tệ, tín dụng trên cơ sở cân đối vĩ mô.

Cụ thể, Chính phủ cần đánh giá độ nhạy của nền kinh tế đối với việc thay đổi lãi suất ngân hàng, từ đó đưa ra phương án điều hành hợp lý. Ngay cả ngành ngân hàng cũng cần được đánh giá tăng trưởng ở mức nào thì phù hợp. Tuy nhiên, hiện nay chúng ta chưa có một nghiên cứu đầy đủ, có tính khoa học về tác động toàn diện trong điều hành lãi suất ngân hàng. Vì vậy, ngân hàng vẫn có xu hướng tối đa hóa lợi nhuận, và khi bị điều chỉnh lãi suất, họ thường tìm cách bù đắp bằng các khoản thu khác để giữ vững nguồn thu của mình.

CÂN ĐỐI GIỮA TĂNG TRƯỞNG KINH TẾ VÀ TIẾN BỘ XÃ HỘI

NQ 68 đặt ra yêu cầu rất cao về đổi mới tư duy quản trị, minh bạch hóa và phát triển bền vững. Là Chủ tịch HĐQT một doanh nghiệp tư nhân, vậy doanh nghiệp của ông đã sẵn sàng?

Sự hỗ trợ từ NQ - bao gồm chính sách không hồi tố, ưu tiên tiếp cận đất đai, tín dụng xanh, và đấu thầu công bằng - đã góp phần tạo nền tảng cho các doanh nghiệp như Halcom phát triển bền vững, hiệu quả, và có trách nhiệm với cộng đồng.

- NQ 68 định hướng phát triển kinh tế tư nhân theo hướng bền vững; đồng thời khuyến khích cả doanh nghiệp vừa và nhỏ lẫn doanh nghiệp quy mô lớn. Một số ý kiến thắc mắc vì sao lại có khái niệm "doanh nghiệp vừa và lớn". Thực tế, đây là những doanh nghiệp đủ năng lực để chuyển mình vươn ra quốc tế. Cả hai nhóm doanh nghiệp mới khởi nghiệp và doanh nghiệp lớn, đều cần được hỗ trợ phù hợp: Doanh nghiệp nhỏ được tạo điều kiện phát triển, doanh nghiệp lớn được khuyến khích mở rộng, nâng tầm quốc tế. Việt Nam đang hướng tới xây dựng những doanh nghiệp tầm cỡ quốc gia, đủ sức cạnh tranh không chỉ trong nước mà cả trên thị trường toàn cầu.

Muốn phát triển bền vững, doanh nghiệp cần xây dựng nền tảng quản trị theo chuẩn ESG (Môi trường - Xã hội - Quản trị). ESG đang là xu thế toàn cầu, là yếu tố quyết định để doanh nghiệp tiếp cận vốn, mở rộng thị trường và

Ông Nguyễn Quang Huân, sinh năm 1964 tại Thái Bình. Tốt nghiệp chuyên ngành cơ khí, kỹ sư quản trị kinh doanh tại Đại học Bách khoa Hà Nội; thạc sĩ quản trị kinh doanh tại Đại học California Mirama (Mỹ) và có chứng chỉ sau đại học về quản lý ngành nước và môi trường của Trường Đại học Bách khoa Tampere (Phần Lan).

Ông là Đại biểu Quốc hội khoá XV, Uỷ viên Uỷ ban KHCN&MT của Quốc hội; Ủy viên Đoàn chủ tịch Ủy ban Trung ương Mặt trận Tổ quốc Việt Nam (khóa X, 2024-2029) và là Phó Chủ tịch Hiệp hội Doanh nhân tư nhân Việt Nam.

Hiện ông Nguyễn Quang Huân là Chủ tịch HĐQT Công ty CP Halcom Việt Nam.



hội nhập quốc tế. Mỗi doanh nghiệp cũng cần xác lập hệ tư tưởng phát triển rõ ràng: Triết lý kinh doanh, sứ mệnh doanh nghiệp và văn hóa nội bộ. Khi nền tảng vững chắc, doanh nghiệp mới có thể phát triển ổn định, bền vững và đủ sức thích ứng trước biến động thị trường.

NQ 68 cũng đặt mục tiêu đào tạo 10 nghìn doanh nghiệp tư nhân về mô hình phát triển bền vững. Dù con số còn khiêm tốn, nhưng đây là bước khởi đầu cần thiết để lan tỏa tư duy và mô hình tới toàn hệ sinh thái doanh nghiệp. Ví dụ như Công ty CP Halcom Việt Nam được Ngân hàng Thế giới (WB) tin tưởng giao đào tạo các doanh nghiệp Việt về quản trị liêm chính, cũng đã trực tiếp hỗ trợ và nhân rộng mô hình ra nhiều địa phương.

Xin chúc mừng Halcom đã được WB tín nhiệm trong lĩnh vực này. Vậy theo ông, NQ 68 đã đề cập đến vấn đề đó như thế nào?

- Đây cũng là điểm đáng chú ý, NQ 68 nghiêm cấm hành vi thâu tóm, thao túng thị trường và cạnh tranh không lành mạnh, đặc biệt để bảo vệ các doanh nghiệp nhỏ, đổi mới sáng tạo, vốn dễ bị tổn thương trong giai đoạn đầu phát triển. Các doanh nghiệp lớn được khuyến khích phát triển, nhưng phải minh bạch, tuân thủ chuẩn mực đạo đức và pháp luật, thay vì phát triển bằng cách "nuốt chửng" các doanh nghiệp nhỏ.

Liêm chính trong kinh doanh không phải là một hành động ngắn hạn mà là một hành trình. Ngay cả khi chỉ số minh bạch của Việt Nam hiện còn thấp (xếp thứ 80), nếu kiên trì cải thiện và theo đuổi liêm chính, chúng ta có thể đặt mục tiêu vươn lên top 40 vào năm 2045, nhân dịp kỷ niệm 100 năm thành lập nước. Đây sẽ là thành công lớn, không chỉ với cộng đồng doanh nghiệp mà còn với quốc gia trong việc nâng cao uy tín và năng lực cạnh tranh quốc tế.

Nói về phát triển bền vững thì ai cũng muốn nhưng khi thực hiện lại không hề dễ dàng. Vậy NQ 68 đã định hướng vấn đề này như thế nào?

- Hiện nay, để khẳng định vai trò của doanh nghiệp tư nhân trong phát triển bền vững, nhiều doanh nghiệp đã chủ động định hướng đầu tư vào các lĩnh vực có giá trị xã hội cao như: Năng lượng tái tạo (điện mặt trời), xử lý nước thải sinh hoạt, phát triển đô thị sinh thái thông minh… Đây là minh chứng cụ thể cho tinh thần NQ 68, vốn nhấn mạnh việc khuyến khích khu vực tư nhân không chỉ đóng góp vào tăng trưởng kinh tế, mà còn tham gia giải quyết các vấn đề môi trường và xã hội.

Dưới định hướng của NQ 68, các doanh nghiệp tư nhân được tạo điều kiện tiếp cận bình đẳng các nguồn lực về đất đai, vốn, chính sách hỗ trợ, đồng thời được ưu tiên trong các lĩnh vực góp phần vào chuyển đổi xanh, phát triển bền vững và giảm phát thải. Ví dụ, với các dự án điện mặt trời, lĩnh vực từng gặp nhiều vướng mắc về giá điện, quy trình thủ tục, thì hiện nay, chủ trương "không hồi tố" các chính sách đầu tư đã giúp doanh nghiệp yên tâm triển khai và mở rộng.

Ngoài ra, các dự án về xử lý nước thải sinh hoạt, phát triển đô thị sinh thái thường chịu áp lực vốn lớn, thời gian hoàn vốn dài và liên quan nhiều đến quy hoạch đô thị. NQ 68 định hướng rõ: Đối với các dự án có giá trị xã hội cao, đặc biệt là trong lĩnh vực môi trường, các doanh nghiệp tư nhân phải được ưu tiên đấu thầu, tiếp cận quỹ hỗ trợ, hưởng ưu đãi tín dụng xanh, và được khuyến khích đầu tư theo mô hình đối tác công tư (PPP).

NQ 68 cũng yêu cầu các cơ quan quản lý xây dựng tiêu chí đấu thầu phù hợp với năng lực của doanh nghiệp tư nhân nhỏ và vừa, đảm bảo họ có thể tham gia thực chất chứ không bị loại ngay từ vòng xét hồ sơ kỹ thuật, điều từng khiến khu vực tư nhân không thể chen chân vào các dự án công ích trước đây.❖

Trân trọng cảm ơn ông!

Chuyện vô thường **tài sản tư nhân**

> NGUYỄN MINH VÂN

Lòng yêu nước của người dân Việt Nam nghìn đời nay vẫn thế! Nếu phát triển một nền kinh tế với đội ngũ doanh nghiệp tư nhân hùng mạnh, có lòng yêu nước sâu sắc, sẵn sàng dâng hiến sức lực và của cải cho dân tộc thì điều gì dám ngáng trở dân tộc Việt Nam "sánh vai với các cường quốc 5 châu" như Bác Hồ kính yêu từng mong đợi?

NHÂN CHUYỆN HIẾN CÔNG VIÊN DI SẢN KHOA HỌC...

Khi được tin GS Nguyễn Anh Trí muốn tặng Công viên Di sản khoa học cho đất nước, nhiều người không khỏi ngỡ ngàng. Hãy thử nhìn những tấm hình đăng kèm bài viết này có thể nhận thấy, đây là một tài sản lớn được xây cất trên mảnh đất chừng 34 ha, cách trung tâm Thủ đô chừng 80 km, đã và đang là điểm du lịch của đông đảo người dân. Nhưng giá trị của tài sản ấy lại không chỉ là những thứ mắt nhìn thấy, tai nghe thấy...

Phải thừa nhận rằng, trong bạt ngàn thông tin thường ngày liên quan đến nỗ lực phát triển kinh tế đất nước vẫn còn không ít những điều khiến người dân buồn lòng, thậm chí phẫn nộ, lên án... Đây đó là những vụ án về sự lừa đảo hàng nghìn tỷ đồng liên quan thị trường chứng khoán, là những vụ lợi dụng thông tin mạng xã hội để chiếm đoạt tài sản, là những kẻ sản xuất thuốc chữa bệnh, thực phẩm chức năng giả để bòn mót từng đồng lợi nhuận bất chính... thì việc một nhà khoa học sẵn sàng hiến một khối tài sản khổng lồ của mình cho đất nước, cho thế hệ mai sau, làm sao không khiến nhiều người phải ngỡ ngàng!

Một câu hỏi ám ảnh, liệu quyết định hiến khối tài sản vô giá kia có bao giờ xuất hiện ở một con người bình thường không?

Theo kể lại thì GS Nguyễn Anh Trí sinh năm 1957 trong một gia đình công chức nghèo. Cha ông là một cán bộ y tế làm việc ở Ba Đồn tỉnh Quảng Bình. Sau khi học xong trung học phổ thông, ông thi đại học ngành Vật lý trường Đại học sư phạm Vinh. Cũng gặp vận hạn như bao người, khi nhận giấy báo trúng tuyển nhưng không may bị bệnh sốt rét phải nằm viện, ông đến trường muộn và không được chấp nhận nhập học. Năm 1976, ông thi tiếp đại học, trúng tuyển và nhập học trường Đại học Y Hà Nội.

Ông kể rằng năm 1993 bảo vệ luận án Phó tiến sĩ, ông mang bản thảo đến nhờ các thầy góp ý. Mỗi thầy để lại trong ông những dấu ấn riêng thông qua nét chữ, văn phong, những lời nhận xét sâu sắc. "Tôi đọc đi đọc lại và nghĩ rằng, những lời góp ý đó hết sức quý giá, không phải chỉ để làm luận văn, luận án, mà còn cho cả cuộc đời mình sau này" và ông bắt đầu tích lũy tài sản vô giá ấy theo cách của riêng mình.

Đến năm 1999, ông chia sẻ với vợ con về tâm nguyện xây dựng một công viên các nhà khoa học để sau này tặng lại cho đất nước và được ủng hộ. Vì là dự án tự bỏ tiền túi ra đầu tư, sự ủng hộ của gia đình rất quan trọng.

Trong một chuyến công tác trên Hòa Bình, ông nhờ người mua một mảnh đất nhỏ, tại vùng rừng núi xóm Tiếng, xã Bắc Phong, huyện Cao Phong. Sau đó, ông xin làm dự án Công viên Di sản các nhà khoa học Việt Nam - Medlatec và được tỉnh đồng ý. Nguyện vọng bước đầu của ông đã thành hình và cùng các đồng nghiệp gom góp tài sản cả vô hình lẫn hữu hình cho đến ngày nay…

Khi đến thăm cơ ngơi của ông và các đồng nghiệp, nhiều nhà khoa học về bảo tồn bảo tàng nhận xét rằng, mô hình này có lẽ cả thế giới mới có một. GS.TSKH Nguyễn Văn Hiệu lúc sinh thời cũng đã nói, mô hình này "chưa đâu trên thế giới có". Từ 2016 đến nay, mỗi năm đã có hàng vạn người đến tham quan. Học sinh đoàn ít thì 30 - 50 người, nhiều lên đến cả nghìn người. Trong đó, nhiều đoàn là cán bộ từ các viện, trường, bệnh viện, lãnh đạo từ trung ương và các tỉnh...

Lần theo các sự kiện liên quan đến cuộc đời và sự nghiệp của GS Nguyễn Anh Trí thì cũng thấy giống như bao người

XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN
HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC



con khác của dân tộc Việt Nam, cũng sinh ra ở một gia đình nghèo, rồi ham học, rồi phấn đấu, rồi thất bại gắn liền với thành công, rồi gắn cuộc đời mình với sự phát triển của đất nước, của dân tộc... Chả thế, ngay từ khi ở tuổi còn rất trẻ "tứ thập nhi bất hoặc" năm 1999, ông đã nghĩ ngay đến việc "xây dựng một công viên các nhà khoa học để sau này tặng lại cho đất nước".

Sự khác biệt có lẽ là ở chỗ, ông đã sớm ngộ ra sự vô thường của tài sản vật chất ngoại thân và sự cao cả của giá trị tinh thần khi hiến dâng tài sản của cả cuộc đời mình cho đất nước, cho cộng đồng.

… NGHĨ ĐẾN TẤM GƯƠNG NHÀ TƯ SẢN TRỊNH VĂN BÔ

Nếu nhắc về tấm gương doanh nhân hiến tài sản cho công cuộc dựng nước và giữ nước thì một trong những gương mặt đầu tiên cần nghĩ đến, đó là gia đình ông Trịnh Văn Bô (1914-1988). Ông là nhà tư sản theo chủ nghĩa dân tộc, năm 1945 đã từng ủng hộ cho Chính phủ cách mạng lâm thời Việt Nam 5.147 lượng vàng, tương đương số tiền gần gấp đôi ngân khố Chính phủ bấy giờ.

Theo sử sách ghi lại, ngay từ đầu năm 1945, ông bà Trịnh Văn Bô đã ủng hộ 1 vạn đồng Đông Dương, tương đương 25 lượng vàng cho Mặt trận Việt Minh, khởi đầu sự nghiệp đóng góp tài chính của gia đình ông bà với sự nghiệp cứu nước. Sau lần đó, gia đình ông bà còn ủng hộ nhiều lần nữa và tính đến trước Cách mạng tháng 8, gia đình họ Trịnh đã ủng hộ 8,5 vạn đồng Đông Dương, tương đương 212,5 lượng vàng theo thời giá bấy giờ.

Sau Cách mạng tháng Tám, ông bà tiếp tục ủng hộ Quỹ Độc lập, Tuần lễ Vàng… nhiều lần và theo các tài liệu chính thức ghi nhận, chỉ riêng gia đình ông bà đã ủng hộ cho Chính phủ 5.147 lượng vàng, Ngoài số vàng ủng hộ chính quyền cách mạng, ông bà còn hiến cả ngôi nhà 48 Hàng Ngang để làm Nhà lưu niệm, ghi dấu tích nơi Chủ tịch Hồ Chí Minh soạn thảo Tuyên ngôn Độc lập đọc tại lễ Quốc khánh 2/9/1945…

Có những chi tiết rất nhỏ nhưng đầy cảm động và có ý nghĩa sâu sắc, đó là y phục của các lãnh đạo Việt Minh trong ngày lễ Độc lập hầu hết do gia đình ông bà cung cấp. Thậm chí các ông Phạm Văn Đồng, Võ Nguyên Giáp đã mặc y phục của ông Bô trong ngày lễ. Riêng chiếc áo cho Chủ tịch Hồ Chí Minh, vải may áo do hiệu buôn Phúc Lợi của ông bà cung cấp…

Nhà sử học Dương Trung Quốc đã lý giải về đức hy sinh cao cả ấy như thế này: "Câu hỏi chúng tôi hay đặt ra cho người làm sử là tại sao Chủ tịch Hồ Chí Minh, một người cộng sản thấm nhuần tư tưởng đấu tranh giai cấp, mà lần đầu tiên sau khi trở về Hà Nội sau khi cách mạng thành công, lại chọn ở căn nhà của người giàu nhất ở con phố giàu nhất Hà thành, số 48 Hàng Ngang để làm việc.

Như thế là trong nhận thức, cụ Hồ luôn tin cậy vào lòng yêu nước của người Việt Nam ở bất cứ giai tầng xã hội nào. Chính vì vậy, mà cụ Hồ huy động được cả nguồn lực trong dân từ những người nghèo, lao động đến trí thức, quan lại và những người giàu có đi theo cách mạng. Khi đó, người dân cũng thực sự tin tưởng vào đường lối của cách mạng. Điều đó xác lập một khái niệm rất quan trọng mà đến giờ chúng ta càng thấm thía, khái niệm như cụ Hồ nói là "tín tâm", nghĩa là phải tin cậy lẫn nhau. Chính sự tin tưởng ở cả hai chiều đã tạo nên sức mạnh to lớn một thời".

Lòng yêu nước của người dân Việt Nam nghìn đời nay vẫn thế! Với 2 câu chuyện, một hiện tại là việc GS Nguyễn Anh Trí mong muốn tặng Công viên Di sản khoa học cho đất nước, hai là lịch sử ghi lại tấm gương của nhà tư sản dân tộc Trịnh Văn Bô, ta hãy thử ngẫm xem, nếu Việt Nam phát triển một nền kinh tế với đội ngũ doanh nghiệp tư nhân hùng mạnh, có lòng yêu nước sâu sắc, sẵn sàng dâng hiến sức lực và của cải cho dân tộc thì điều gì dám ngáng trở đất nước "sánh vai với cường quốc năm châu" như Bác Hồ kính yêu từng mong đợi?❖

Kiểm soát những "biến thái" pháp lý khi **thực thi phân quyền**



NGUYỄN HOÀNG LINH

Tại phiên họp Chính phủ ngày 29/5/2025 về phân cấp, phân quyền và phân định thẩm quyền gắn với thực hiện mô hình tổ chức chính quyền địa phương 2 cấp, Thủ tướng Phạm Minh Chính đã nhấn mạnh tinh thần "địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm"; phân cấp, phân quyền đi đôi với phân bổ nguồn lực, nâng cao năng lực thực thi, tăng cường tính khả thi của các cấp, đồng thời tăng cường công tác giám sát, kiểm tra, chống tiêu cực, tham nhũng…

Thực tiễn trong lĩnh vực xây dựng đã phân cấp, phân quyền nhiều công đoạn quản lý Nhà nước cho địa phương, nhưng với nhiều lý do khác nhau, những "biến thái quyền lực" vẫn hình thành trong thực thi phân quyền tại địa phương, khiến nhiều doanh nghiệp điêu đứng, muốn tồn tại cũng còn khó chứ chưa nói gì phát triển.

Để có những bài học thiết thực trong lĩnh vực này, thiết nghĩ, một trong những vụ việc diễn ra trong gần 20 năm đến nay vẫn chưa chấm dứt ngay tại trung tâm Hà Nội cần đưa ra mổ xẻ, phân tích, đó là Dự án xây dựng Tòa nhà 8B Lê Trực.

QUY HOẠCH 1/500 VẪN VI PHẠM PHÁP LUẬT?

Tại Nghị định số 12/2009/NĐ-CP ngày 10/02/2009 của Chính phủ về quản lý dự án đầu tư xây dựng công trình đã quy định tại Điểm C, Khoản 1, Điều 19 như sau: *"Công trình xây dựng thuộc dự án khu đô thị, khu công nghiệp, khu chế xuất, khu công nghệ cao, khu nhà ở có quy hoạch xây dựng chi tiết tỷ lệ 1/500 đã được cơ quan Nhà nước có thẩm quyền phê duyệt"* là đối tượng không phải cấp giấy phép xây dựng.

Công ty CP May Lê Trực vốn là một xưởng may của Công ty May Chiến Thắng, một DNNN trăm phần trăm, được cổ phần hóa. Thực hiện chủ trương của TP Hà Nội về việc chuyển các cơ sở sản xuất ra ngoại thành, đồng thời tái cấu trúc cơ cấu kinh doanh, May Lê Trực đã lập phương án cải tổ và được UBND TP Hà Nội cho phép chuyển mục đích sử dụng đất tại nhà số 8B Lê Trực được trở thành đất sử dụng hỗn hợp, làm Trung tâm thương mại, văn phòng, nhà ở để bán và cho thuê.

Ngày 05/12/2008, Chủ tịch UBND TP Hà Nội đã ký Quyết định số 2452/QĐ-UBND về việc phê duyệt điều chỉnh cục bộ quy hoạch chi tiết phần kiến trúc hai bên trục đường tỷ lệ 1/500 tại lô đất này. Theo đó, chiều cao công trình không vượt quá 70 m và số tầng không quá 20 tầng.

Ngày 16/3/2009, Sở QH-KT có Văn bản số 499/QHKT-P3 về việc chấp thuận quy hoạch tổng thể mặt bằng, phương án thiết kế sơ bộ kiến trúc dự án tại số 8B phố Lê Trực. Tại văn bản này xác định: "Khối cao tầng có khối đế 5 tầng, khối tháp 17 tầng (tính cả chiều cao khối đế) và 2 tầng kỹ thuật, 3 tầng hầm". Tổng chiều cao công trình là 69,1 m (tính từ độ cao sàn tầng 1 đến đỉnh mái).

Với những văn bản có tính pháp quy và quy chuẩn kỹ thuật như vậy, Công ty CP May Lê Trực tiến hành thực hiện dự án. Khi Tòa nhà 8B Lê Trực được thi công đến tầng 20 thì UBND quận Ba Đình yêu cầu dừng thi công và yêu cầu "cắt ngọn" xuống còn 18 tầng và chiều cao công trình chỉ còn 53 m với lý do vi phạm quy định tại Giấy phép xây dựng số 11/GPXD-SXD do Sở Xây dựng Hà Nội cấp ngày 24/3/2014.

Khi xảy ra sự việc này, hẳn nhiều người nghĩ rằng, Quyết định số 2452/QĐ-UBND của Chủ tịch UBND TP Hà Nội về việc phê duyệt quy hoạch chi tiết tỷ lệ 1/500 tại lô đất 8B Lê Trực đã bị bãi bỏ bởi một quyết định có tính pháp lý cao hơn. Nhưng không phải, tất cả đã được phân cấp, phân quyền cho thành phố và Quyết định số 2452/QĐ-UBND kia vẫn giữ nguyên hiệu lực pháp lý!

Sau những khiếu kiện kéo dài và cuộc cưỡng chế cắt ngọn tầng 19 và 18 của công trình 8B Lê Trực diễn ra trong



suốt 5 năm. Đến năm 2020, UBND quận Ba Đình công bố đã tháo dỡ xong toàn bộ tầng 19 và phần tường xây, vách ngăn, cửa, thiết bị tầng 18; hoàn thành khối lượng cắt 1.268 m^2 sàn tầng 18 của tòa nhà.

Điều thiếu minh bạch và "bí ẩn" trong vụ việc này ở chỗ, tại sao một văn bản có tính hành chính như tờ giấy phép xây dựng kia lại có thể phủ nhận một văn bản có tính quy phạm pháp luật? Tại sao một Giám đốc Sở lại có thể phủ quyết quyết định của Chủ tịch Thành phố?

CHỐNG CHẤT THỦ TỤC HÀNH CHÍNH MÀ VẪN KHÔNG ĐỦ!

Nếu tập hợp toàn bộ hồ sơ để Tòa nhà 8B Lê Trực hiện hữu như hiện nay thì có thể nhận xét rằng, không có nhiều dự án đầy đủ các văn bản pháp lý như thế. Thế nhưng chính những văn bản có tính pháp lý "rối rắm" này đã khiến các cơ quan có trách nhiệm của Hà Nội lúng túng suốt cả chục năm trời, không xử lý được.

Đầu tiên, Công ty CP May Lê Trực được UBND Thành phố cho phép chuyển mục đích sử dụng đất tại nhà số 8B Lê Trực theo Văn bản số 4335/UBND-NNĐC ngày 09/8/2007.

Kể từ khi được chuyển đổi mục đích sử dụng đất để thực hiện dự án, mặc dù biết rằng khu đất nằm ngoài chỉ giới khu vực Trung tâm chính trị Ba Đình nhưng Công ty CP May Lê Trực đã rất cẩn trọng, bởi biết đây là khu vực nhạy cảm, đặc biệt là độ cao công trình. Ngày 18/12/2007, Công ty có văn bản xin ý kiến Bộ Tổng tham mưu (Bộ Quốc phòng) và nhận được Văn bản số 82/TM-Tg1 ký ngày 16/01/2008 chấp nhận "độ cao tĩnh không tối đa của công trình nêu trên là 70 m trên cốt đất 7,0 m".

Ngày 05/12/2008, Chủ tịch UBND TP Hà Nội Nguyễn Thế Thảo đã ký Quyết định số 2452/QĐ-UBND về việc phê duyệt điều chỉnh cục bộ quy hoạch chi tiết phần kiến trúc hai bên trục đường tỷ lệ 1/500 tại lô đất này. Theo đó, chiều cao công trình không vượt quá 70 m và số tầng không quá 20 tầng. Đây là văn bản quy phạm pháp luật, mọi quy định của văn bản này sẽ "được Nhà nước bảo đảm thực hiện", trừ khi có những văn bản ở cấp cao hơn bãi bỏ.

Ngày 09/01/2009, Viện Quy hoạch Xây dựng Hà Nội có văn bản về việc cấp số liệu kỹ thuật tại dự án số 8B Lê Trực.

Ngày 16/3/2009, Sở QH-KT có Văn bản số 499/QHKT-P3 về việc chấp thuận quy hoạch tổng thể mặt bằng, phương án thiết kế sơ bộ kiến trúc dự án tại số 8B phố Lê Trực. Theo đó xác định: "Khối cao tầng có khối đế 5 tầng, khối tháp 17 tầng (tính cả chiều cao khối đế) và 2 tầng kỹ thuật, 3 tầng hầm". Tổng chiều cao công trình là 69,1 m (tính từ độ cao sàn tầng 1 đến đỉnh mái).

Ngày 25/3/2009, Công an TP Hà Nội ra Văn bản số 127/CVDA/PC23(TH) về việc thẩm duyệt về PCCC công trình.

Ngày 01/4/2009, Công ty Điện lực thành phố ký Văn bản thỏa thuận số 2491/ĐLHN-P04 về việc cấp điện cho dự án.

Ngày 02/4/2009, Công ty THHH Nhà nước MTV thoát nước thành phố ký Văn bản thỏa thuận số 318/TNHN về việc thoát nước cho dự án.

Ngày 03/4/2009, Công ty THHH Nhà nước MTV nước sạch thành phố ký Văn bản thỏa thuận số 527/NSHN-KT về việc cấp nước cho dự án.

Bên cạnh đó là các bản thuyết minh dự án đầu tư xây dựng, thuyết minh thiết kế cơ sở, bản vẽ thiết kế cơ sở dự án do Công ty Tư vấn Đại học Xây dựng (CCU) thực hiện.

Còn nữa là Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình dự án do Viện Khoa học công nghệ Xây dựng (Bộ Xây dựng) thực hiện.

Chưa hết, ngày 07/4/2009, Sở Xây dựng Hà Nội ra Văn



Ngỡ là với một hàng rào thủ tục hành chính dày đặc ấy, dự án Tòa nhà 8B Lê Trực sẽ "xuôi chèo mát mái", nhưng mọi rủi ro của doanh nghiệp có thể vẫn xảy ra.

bản số 2154/SXD-TĐ thông báo Kết quả thẩm định thiết kế cở sở. Theo đó, Sở đã xác định tất cả các văn bản nêu trên là phù hợp với các quy định hiện hành. Bên cạnh đó là một số khuyến nghị có tính kỹ thuật nhằm lưu ý và yêu cầu chủ đầu tư cần thực hiện trong quá trình triển khai dự án.

Thống kê như vậy với mong muốn các nhà hoạch định chính sách tham khảo để trong thời gian tới có thể cắt bớt, rút gọn nhưng vẫn phải bảo đảm tính pháp lý, tạo môi trường đầu tư minh bạch và an toàn cho các doanh nghiệp.

NHỮNG CÂU HỎI VÀ NHỮNG BÀI HỌC

Ngày 29/5/2025, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính đã ký Công điện số 78/CĐ-TTg về tập trung cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính lĩnh vực xây dựng, đặc biệt là vấn đề tiến tới bãi bỏ việc cấp giấy phép xây dựng khi đã được Nhà nước quản lý trong quy hoạch hoặc các quy chuẩn, tiêu chuẩn chuyên ngành.

Bài học đầu tiên cần được nêu ra ở vụ Tòa nhà 8B Lê Trực là mặc dù đã có các văn bản quy định quy chuẩn, tiêu chuẩn của Bộ Xây dựng nhưng địa phương vẫn bất chấp.

Trong Giấy phép xây dựng số 11/GPXD-SXD quy định, Tòa nhà 8B Lê Trực phải điều chỉnh công trình này xuống 18 tầng, chiều cao công trình 53 m(!?). Ngoài vấn đề đã nêu trên là, tại sao một văn bản có tính hành chính lại có thể phủ nhận một văn bản có tính quy phạm pháp luật thì có một vi phạm nghiêm trọng nữa đó là nó còn bất chấp các tiêu chuẩn trong Quyết định của Bộ trưởng Bộ Xây dựng về việc ban hành TCXDVN 323:2004 "Nhà ở cao tầng - Tiêu chuẩn thiết kế".

Tại tiêu chuẩn 6.2.4.12 quy định: Chiều cao thông thủy các phòng ở không được nhỏ hơn 3 m và không được lớn hơn 3,6 m (Chú thích: Chiều cao thông thủy là chiều cao từ mặt sàn đến mặt dưới của trần).

Về GPXD này, công trình được cấp phép là chiều cao là 53 m và 18 tầng nổi, có 4 tầng hầm. Chiều cao bình quân của các tầng là 2,94 m (53 m: 18 tầng = 2,94 m). Trừ đi chiều dày bê tông dầm sàn, trần 0,6 m, chiều cao thông thủy của một tầng chỉ còn khoảng 2,36 m(!?).

Thứ hai, một văn bản hành chính có thể đơn phương hủy những văn bản đồng cấp.

Như phần trên đã nói, ngày 16/3/2009, Sở QH-KT có Văn bản số 499/QHKT-P3 về việc chấp thuận quy hoạch tổng thể mặt bằng, phương án thiết kế sơ bộ kiến trúc dự án tại số 8B phố Lê Trực. Tại văn bản này xác định: "Khối cao tầng có khối đế 5 tầng, khối tháp 17 tầng (tính cả chiều cao khối đế) và 2 tầng kỹ thuật, 3 tầng hầm". Tổng chiều cao công trình là 69,1 m (tính từ độ cao sàn tầng 1 đến đỉnh mái).

Vậy với quyền hạn nào, căn cứ nào mà Giấy phép xây dựng số 11/GPXD-SXD của Sở Xây dựng Hà Nội lại có thể phủ quyết những thông số trong Văn bản số 499/QHKT-P3 của Sở QH-KT?

Thứ ba, thủ tục hành chính có thể phủ định tất cả những kết luận quá khứ của nơi sinh ra nó.

Như phần trên đã nêu, ngày 07/4/2009, Sở Xây dựng Hà Nội đã ra Văn bản số 2154/SXD-TĐ thông báo kết quả thẩm định thiết kế cơ sở. Theo đó, Sở đã xác định tất cả các văn bản nêu trên là phù hợp với các quy định hiện hành, trong phần những lưu ý, yêu cầu đối với chủ đầu tư và nhà thầu thiết kế có đoạn viết: "Sau khi hoàn chỉnh hồ sơ thiết kế cơ sở, Chủ đầu tư cần gửi hồ sơ về Sở Xây dựng để xác nhận và lưu trữ trước khi phê duyệt dự án đầu tư. Các bước thiết kế tiếp theo do Chủ đầu tư tự tổ chức thẩm định, phê duyệt (sau khi dự án đầu tư đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt) nhưng không được trái với thiết kế cơ sở đã được thẩm định".

Vậy lý gì mà 5 năm sau, ngày 24/3/2014, Sở Xây dựng Hà Nội lại có Giấy phép xây dựng số 11/GPXD-SXD cho dự án với các thông số hoàn toàn "trái với thiết kế cơ sở đã được thẩm định" mà mình đã nghiêm cấm trước đó?

Thứ tư, thủ tục hành chính có thể làm đảo lộn thông tin khiến mọi sự việc rối bời.

Cho đến nay, nhiều cấp chính quyền cũng như người dân vẫn cho rằng Dự án 8B Lê Trực đã bất chấp Giấy phép xây dựng, đã xây vượt 2 tầng và vượt cao thêm 16,1 m. Nhưng thực chất, Giấy phép xây dựng số 11/GPXD-SXD đã cấp thiếu cho dự án 2 tầng và 16,1 m về chiều cao. Sự đảo lộn này đã khiến việc xử lý sai phạm của tòa nhà trở nên rối rắm và lâm vào cảnh bế tắc suốt nhiều năm qua, hành hạ người dân và doanh nghiệp "lên bờ xuống ruộng" mà không có ai đứng ra có câu trả lời thỏa đáng.

Đúng như nhận xét của TS Phạm Gia Yên, khi đó đương chức Chánh Thanh tra Bộ Xây dựng: "Do việc báo cáo của các cấp dưới chưa đúng sự thật đã dẫn đến quyết định của cấp trên chưa chuẩn xác về mặt pháp luật. Vì vậy, việc xử lý này đã kéo dài nhiều năm, gây thiệt hại kinh tế của đất nước và nhân dân, gây bức xúc trong xã hội. Sự thiệt hại này có thể cấu thành tội phạm để khởi tố thành vụ án hình sự".

Có lẽ chính vì thế, khi Thủ tướng Phạm Minh Chính nhấn mạnh tinh thần "địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm" thì đồng thời nhắc nhở tăng cường công tác giám sát, kiểm tra, chống tiêu cực, tham nhũng… khi phân cấp, phân quyền.❖

Kinh tế xây dựng với cách mạng công nghiệp 4.0 và chuyển đổi số



> AN NHIÊN

Xuyên suốt nội dung cuốn sách là vấn đề sử dụng tiết kiệm vốn đầu tư, làm được nhiều việc, giảm nhẹ lao động, tiết kiệm hao phí vật tư, máy móc, thiết bị mà hiệu quả kinh tế cao.

Bộ sách gồm 3 tập: Tập 1 về ngành công nghiệp xây dựng và vấn đề kinh tế trong thiết kế và ứng dụng KHCN với CMCN 4.0 và chuyển đổi số, gồm 2 chương: Chương 1 về công nghiệp xây dựng với CMCN 4.0 và chuyển đổi số; Chương 2 về kinh tế trong thiết kế và ứng dụng KHCN xây dựng với CMCN 4.0 và chuyển đổi số.

Tập 2 đánh giá kinh tế, tổ chức lao động và bảo đảm vật tư trong doanh nghiệp xây dựng với CMCN 4.0 và chuyển đổi số, gồm 3 chương: Chương 3 về phương pháp so sánh đánh giá kinh tế các phương án kỹ thuật và thiết kế tổ chức thi công thời kỳ đầu chuyển đổi số; Chương 4 về tổ chức lao động, tiền lương và năng suất lao động trong xây dựng với CMCN 4.0 và chuyển đổi số; và Chương 5 về bảo đảm vật tư kỹ thuật của doanh nghiệp xây dựng khi chuyển đổi số.

Tập 3 về những vấn đề liên quan đến chi phí xây dựng khi chuyển đổi số, gồm 3 chương: Chương 6 về vốn sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp xây dựng khi chuyển đổi số; Chương 7 về giá, chi phí và lợi nhuận xây dựng với CMCN 4.0 và chuyển đổi số; và Chương 8 về giá đấu thầu xây dựng khi chuyển đổi số.

Nội dung quản lý nhà nước về đầu tư xây dựng thời kỳ đầu chuyển đổi số, nhóm tác giả cho rằng, để nâng cao hiệu quả quản lý trong đầu tư xây dựng, công tác chuyển đổi số phải dựa trên cơ sở hiện trạng hạ tầng và con người sẵn có với những mục tiêu và nhiệm vụ được xác định cụ thể, triển khai đến tất cả các đơn vị thành viên.

Trong đó, giai đoạn đầu tập trung đẩy mạnh đấu thầu qua hệ thống điện tử của Bộ KH&ĐT (nay là Bộ Tài chính - PV), với các gói thầu phù hợp với lộ trình và hệ thống mạng đấu thầu quốc gia hỗ trợ kỹ thuật hạ tầng tại thời điểm triển khai lựa chọn nhà thầu; ứng dụng nhật ký công trình điện tử và áp dụng chữ ký số trong quản lý dự án, áp dụng phần mềm quản lý tiến độ, xây dựng cơ sở dữ liệu giá vật tư, thiết bị mua sắm cho đầu tư xây dựng, triển khai hệ thống giám sát thông minh AI bằng camera đối với nhà thầu, nhân lực và trang thiết bị của nhà thầu ra vào công trường xây dựng;

Quản lý hồ sơ mới dưới dạng hồ sơ điện tử, thông qua hệ thống phần mềm quản lý đầu tư xây dựng của Bộ Xây dựng; ứng dụng công nghệ trong khảo sát thiết kế xây dựng như công nghệ 3D, HD, Laser 3D, UAV, BIM…; hoàn thành nâng cấp và hoàn thiện phần mềm chuyên dụng trong đó áp dụng công nghệ AI nhận diện khuôn mặt trong giám sát thi công.

Ở giai đoạn thứ hai, đặt ra mục tiêu cao hơn là đánh giá, chấm điểm tự động các nhà thầu; toàn bộ vật tư, thiết bị mua sắm được quản lý trong cơ sở dữ liệu giá toàn dự án; ứng dụng QR Code quản lý vật tư, thiết bị từ chế biến đến lắp đặt; giám sát công trình bằng hệ thống camera ứng dụng công nghệ số AI, camera thông minh; số hóa các quy trình nghiệp vụ công tác đầu tư xây dựng và các lĩnh vực khác có liên quan…

Cuốn sách "Kinh tế xây dựng với cách mạng công nghiệp 4.0 và chuyển đổi số", của nhóm tác giả: PGS.TS Bùi Mạnh Hùng, TS Trần Ngọc Phú và TS Nguyễn Quốc Toản; do NXB Xây dựng ấn hành dưới dạng bản in và bản điện tử (eBook).



CEO DKRA LIVING VŨ TIẾN THÀNH:

Sự hài lòng của khách hàng là **tiêu chí cốt lõi trong mọi hoạt động vận hành**

> **THANH UYÊN** (thực hiện)

Là một trong những doanh nghiệp tiên phong trong lĩnh vực quản lý vận hành (QLVH) nhà chung cư, DKRA Living - dưới sự điều hành của Tổng giám đốc Vũ Tiến Thành đã triển khai thành công nhiều mô hình quản lý hiện đại, đặc biệt tại các khu chung cư có quy mô lớn. Với phương châm hoạt động "Hiệu quả - Thân thiện", doanh nghiệp không ngừng cải tiến quy trình và chuẩn hóa chất lượng dịch vụ, đáp ứng yêu cầu ngày càng cao từ thị trường. Nhằm làm rõ các điểm mới trong chính sách, cũng như chia sẻ góc nhìn từ thực tiễn vận hành, PV Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trao đổi với ông Vũ Tiến Thành - Tổng giám đốc DKRA Living xung quanh vấn đề này.

**** Thưa ông, sau khi Luật Nhà ở 2023 và Thông tư số 05/2024/TT-BXD chính thức có hiệu lực. Ông đánh giá như thế nào về tác động của những thay đổi pháp lý này đối với công tác QLVH hiện nay?***

- Tôi đánh giá cao những điểm mới của Luật Nhà ở 2023 và Thông tư 05/2024/TT-BXD của Bộ Xây dựng. Hai văn bản này đã tháo gỡ được nhiều "nút thắt" tồn tại lâu nay, đặc biệt là các vấn đề liên quan đến tài chính, quyền hạn Ban Quản trị (BQT) và trách nhiệm của đơn vị QLVH.

Một trong những điểm nổi bật là việc chuyển nguồn thu từ dịch vụ khai thác tại khu vực sở hữu chung sang Quỹ bảo trì. Điều này giúp đảm bảo nguồn tài chính cho các hoạt động sửa chữa, cải tạo hạ tầng kỹ thuật khi Quỹ bảo trì không còn, thay vì phải kêu gọi cư dân đóng góp - điều vốn rất khó thực hiện trong thực tế.

Bên cạnh đó, việc siết chặt công tác tài chính thông qua cơ chế kiểm soát của ngân hàng là rất cần thiết. Trước đây, một số BQT chi tiêu thiếu minh bạch, thậm chí xảy ra tình trạng "ôm" quỹ rồi bỏ trốn. Nay, các khoản chi đều phải đi kèm chứng từ, không chỉ dựa vào chữ ký cá nhân như trước.

Quy định mới cũng tạo điều kiện thuận lợi hơn trong việc chuyển giao tài khoản giữa các nhiệm kỳ. Thay vì cần đủ chữ ký các thành viên cũ, hiện nay chỉ cần văn bản xác nhận từ BQT cùng quyết định công nhận là có thể chuyển đổi thông tin tài khoản - hoàn toàn phù hợp với nguyên tắc nhiệm kỳ ba năm.

Quy định cho phép đơn vị QLVH chủ động phối hợp với các đơn vị cung cấp dịch vụ chuyên môn trong quá trình vận hành nhà chung cư nhằm tăng hiệu quả vận hành và hạn chế tình trạng chồng chéo trong việc thuê dịch vụ, giúp đảm bảo tính thống nhất trong công tác quản lý, tránh lãng phí ngân sách, giảm thiểu rủi ro xung đột trách nhiệm giữa các bên.

Tôi cũng đánh giá rất cao sự chủ động của TP.HCM trong việc hướng dẫn và áp dụng thực tiễn các quy định pháp luật mới. Ngay cả trước khi Luật Nhà ở 2023 chính thức có hiệu lực, Sở Xây dựng TP.HCM đã ban hành nhiều văn bản hướng dẫn kịp thời, giúp tháo gỡ các tình huống phức tạp như tranh chấp chỗ đỗ xe giữa cư dân và chủ đầu tư, hay các vấn đề liên quan đến bàn giao diện tích sở hữu chung.

Đặc biệt, liên quan đến mức phí QLVH, UBND TP.HCM đã ban hành Quyết định số 26/2023/QĐ-UBND ngày 15/6/2023, quy định mức phí tối đa đối với nhà ở xã hội là 7.000 đồng/m^2/tháng (tính trên diện tích sử dụng căn hộ). Đây cũng là mức tham chiếu phù hợp khi xác lập giá dịch vụ tại các dự án thương mại trên địa bàn Thành phố.

**** DKRA Living được đánh giá là đơn vị có nhiều kinh nghiệm trong việc xử lý hiệu quả các tình huống phức tạp liên quan đến công tác QLVH nhà chung cư. Ông có thể chia sẻ thêm về những kinh nghiệm thực tiễn đáng chú ý trong quá trình triển khai thực tế?***

- Tại DKRA Living, chúng tôi luôn lấy hệ thống pháp lý làm nền tảng. Tất cả các văn bản pháp luật, hướng dẫn từ cơ quan chức năng và khuyến cáo chuyên môn đều được nghiên cứu kỹ lưỡng, áp dụng theo từng loại hình chung cư. Điều này giúp chúng tôi tránh được các tranh chấp, khiếu kiện phát sinh từ cư dân đối với BQT hoặc đơn vị vận hành.

Ngoài ra, DKRA Living chú trọng xây dựng hệ thống nhân sự chuyên nghiệp - từ khâu tuyển chọn, đào tạo đến quản lý tại hiện trường. Trước và sau khi tiếp nhận một dự án, chúng







tôi đều phân tích kỹ điểm mạnh, điểm yếu của từng công trình để bố trí nhân sự phù hợp. Trong lĩnh vực vận hành, yếu tố con người rất quan trọng - chỉ cần một nhân sự không phù hợp cũng có thể làm xáo trộn cả hệ thống, ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ và trải nghiệm cư dân.

**** Được biết DKRA Living đang QLVH nhiều dự án ở cả phân khúc trung cấp lẫn cao cấp. Với đặc điểm khách hàng và yêu cầu dịch vụ khác nhau, đơn vị đã áp dụng những biện pháp quản lý nào để đáp ứng phù hợp với từng mô hình?***

- Chúng tôi luôn bám sát triết lý hoạt động của DKRA Living là "Hiệu quả và Thân thiện" - nghĩa là dù quản lý dự án ở phân khúc nào thì chất lượng dịch vụ và sự hài lòng của cư dân vẫn phải là tiêu chí hàng đầu.

Ở những dự án cao cấp, cư dân thường có kỳ vọng rất cao về sự chỉn chu trong từng chi tiết nhỏ. Lúc này, đội ngũ quản lý không chỉ cần kinh nghiệm mà còn phải hiểu văn hóa cư dân, phong cách sống, tiêu chuẩn an ninh, dịch vụ... Chúng tôi thường bố trí lực lượng chuyên trách, quy trình nội bộ có mức độ kiểm soát chặt chẽ hơn để đảm bảo đồng bộ từ trong ra ngoài. Không chỉ cung cấp dịch vụ theo đúng chuẩn, mà còn phải tạo ra trải nghiệm sống xứng tầm, khiến cư dân cảm thấy được quan tâm và tôn trọng.

Ngược lại, với các chung cư trung cấp, mục tiêu là tối ưu chi phí nhưng không làm giảm chất lượng cốt lõi. Chúng tôi áp dụng các công cụ công nghệ phù hợp để nâng cao hiệu quả vận hành, tiết kiệm chi phí cho cư dân mà vẫn đảm bảo minh bạch và phản hồi kịp thời. Đặc biệt, tại các dự án này, việc vận hành hiệu quả còn gắn liền với yếu tố gắn kết cộng đồng - một trong những giá trị mềm mà DKRA Living luôn chú trọng.

Tôi cho rằng, điểm quan trọng nhất là không áp đặt một mô hình cứng nhắc cho tất cả. Mỗi dự án có đặc thù riêng, mỗi cộng đồng cư dân có những nhu cầu khác nhau, và mỗi đối tác mà chúng tôi phối hợp - từ chủ đầu tư, ban quản trị, nhà thầu kỹ thuật cho đến các đơn vị cung ứng dịch vụ - cũng đều có những yêu cầu và kỳ vọng riêng. Nhiệm vụ của đơn vị quản lý vận hành là phải hiểu rõ điều đó để tổ chức vận hành một cách phù hợp, linh hoạt mà vẫn đạt hiệu quả bền vững.

Với chúng tôi, một dự án được vận hành tốt không chỉ dừng lại ở vận hành kỹ thuật, mà còn là sự hài hòa giữa con người, quy trình và các giá trị cộng đồng. Đó cũng là điều giúp DKRA Living tạo ra sự khác biệt.

**** Thưa ông, DKRA Living đã được ghi nhận với nhiều thành tích nổi bật trong lĩnh vực QLVH nhà chung cư. Theo ông, đâu là những yếu tố then chốt giúp đơn vị đạt được sự đánh giá cao cũng như các giải thưởng chuyên ngành trong thời gian qua?***

- Thật ra, chúng tôi không đặt mục tiêu theo đuổi các giải thưởng mang tính hình thức. Với DKRA Living, mỗi dự án được khách hàng tin tưởng và đồng hành lâu dài đã là một sự ghi nhận quý giá. Đó là sự ghi nhận đến từ thực tiễn, từ sự hài lòng và tín nhiệm mỗi ngày trong quá trình vận hành - điều mà không một giải thưởng nào có thể thay thế.

Trong những năm gần đây, nhiều BQL do DKRA Living phụ trách đã vinh dự được UBND phường tuyên dương là "BQL chung cư tiêu biểu" - ghi nhận cho tinh thần trách nhiệm, sự minh bạch và tận tâm trong công tác phục vụ cộng đồng cư dân tại chỗ.

Song song với sự đánh giá tích cực từ địa phương, DKRA Living cũng được vinh danh tại hệ thống Dot Property Awards với danh hiệu "Đơn vị quản lý vận hành tốt nhất Việt Nam" - một giải thưởng chuyên ngành uy tín, xét chọn dựa trên chất lượng dịch vụ, quy trình vận hành và hiệu quả triển khai thực tế.

Không dừng lại ở đó, DKRA Living còn tích cực đóng góp chuyên môn thông qua việc chia sẻ kinh nghiệm tại các diễn đàn chuyên đề do Câu lạc bộ Quản lý tòa nhà tổ chức, góp phần lan tỏa tư duy vận hành hiệu quả, nhân văn và chuyên nghiệp trong toàn ngành.

Tuy nhiên, điều tôi luôn trân trọng nhất vẫn là nội lực từ bên trong tổ chức - khi mỗi thành viên trong hệ thống DKRA Living đều hiểu rõ vai trò của mình, chủ động học hỏi, cầu thị và giữ vững tinh thần trách nhiệm với công việc. Giải thưởng là động lực, nhưng đích đến của chúng tôi là xây dựng một hệ thống vận hành bền vững, chuẩn mực - không chỉ phục vụ cư dân mà còn tạo ra giá trị tích cực cho toàn bộ hệ sinh thái: từ đối tác, nhà cung cấp dịch vụ, đội ngũ kỹ thuật cho đến chính quyền địa phương. Khi mình làm tốt, làm thật, làm có tâm - sự ghi nhận sẽ đến một cách tự nhiên, bền vững và xứng đáng.

Tổ ấm triệu đô - **Di sản sống giữa Vịnh Bình Minh**

> THÙY DƯƠNG

Với giới tinh hoa, bất động sản không đơn thuần là nơi để ở, đó còn là tuyên ngôn thể hiện phong cách sống, phản chiếu bản sắc cá nhân và là di sản bền vững được kiến tạo cho thế hệ mai sau.

KHÔNG GIAN SỐNG - TUYÊN NGÔN BẢN NGÃ CỦA GIỚI TINH HOA

Theo Báo cáo Thịnh vượng Toàn cầu 2025 của Knight Frank, Việt Nam tiếp tục khẳng định vị thế trong bản đồ tài chính thế giới với 5.459 cá nhân sở hữu tài sản ròng từ 10 triệu USD trở lên, chiếm 0,2% tầng lớp siêu giàu toàn cầu. Đáng chú ý, bất động sản (BĐS) tiếp tục là trụ cột trong danh mục đầu tư của giới thịnh vượng - những cá nhân nổi bật bởi tầm nhìn dài hạn và sự kỹ tính trong mọi quyết định tài chính.

Tuy nhiên, theo các chuyên gia, xu hướng đầu tư cũng đang thay đổi. Thay vì tập trung vào giá trị sinh lời thuần túy, tầng lớp tinh hoa ngày nay ưu tiên các BĐS biệt lập, số lượng hữu hạn và được vận hành theo tiêu chuẩn riêng biệt. Những sản phẩm này không chỉ giúp bảo toàn tài sản, mà còn phản ánh hệ giá trị sống của chủ sở hữu giữa thế giới rộng lớn.

Không gian sống lý tưởng - theo quan điểm của giới tinh hoa hiện đại - phải hội tụ đủ 4 yếu tố cốt lõi: vị trí chiến lược, quy hoạch tinh tế, cộng đồng đẳng cấp và tính kế thừa bền vững. Một căn biệt thự không chỉ cần đẹp, mà còn phải là một phần của tổng thể đồng bộ, nơi mọi đường nét kiến trúc, tiện ích, trải nghiệm sống đều đạt tới chuẩn mực thẩm mỹ cao nhất, giúp tôn vinh đẳng cấp cá nhân của chủ nhân.

"Tư duy lựa chọn nơi ở của giới tinh anh cũng là một phần trong chiến lược đầu tư tài sản dài hạn. Khi chọn BĐS, họ yêu cầu dự án có quy hoạch tổng thể, hệ sinh thái tiện ích đẳng cấp và số lượng giới hạn. Đồng thời, họ cũng đặc biệt ưu tiên các sản phẩm sở hữu biên độ giá trị mở rộng, có khả năng chống chịu trước biến động ngắn hạn và đủ "tĩnh" để trở thành di sản truyền đời cho thế hệ tương lai", ông Trần Hồng Hải - Giám đốc một sàn giao dịch BĐS tại Hà Nội, nhận định.

CHỐN AN CƯ XỨNG TẦM DI SẢN

Trên bản đồ BĐS phía Tây Thủ đô, Vịnh Bình Minh - phân khu biệt lập thuộc đại đô thị Vinhomes Wonder City - được xem là biểu tượng sống mới dành cho giới tinh hoa. Nơi đây hội tụ trọn vẹn những yếu tố mà tầng lớp thượng lưu tìm kiếm: không gian sống giao hòa cùng thiên nhiên, hệ tiện ích mang tính đặc quyền và tiềm năng gia tăng giá trị bền vững theo thời gian.



Biệt thự Vịnh Bình Minh - không gian sống đặc quyền giữa "Riverside phía Tây Hà Nội".

Sự khác biệt đến ngay từ quy hoạch. Toàn bộ phân khu chỉ giới hạn chưa đến 250 căn biệt thự, thiết kế mặt tiền rộng từ 12 - 23 m, kết hợp sân vườn sau từ 30 - 36 m^2, đảm bảo sự riêng tư và thoáng đãng. Đặc biệt, một số căn biệt thự còn được sử dụng miễn phí khoảng sân vườn lên tới 200 m^2 - một lợi thế hiếm có, ngay cả trong phân khúc BĐS siêu sang.

Kiến trúc của Vịnh Bình Minh là sự kết hợp hài hòa giữa yếu tố thẩm mỹ và giá trị di sản. Lấy cảm hứng từ những công trình kinh điển, như cung điện Versailles hay Palais Royal,



Không gian sống hài hòa với thiên nhiên tại Vinhomes Wonder City.



Những tiện ích thời thượng dành cho giới tinh hoa đều hội tụ ở Vinhomes Wonder City.

từng chi tiết thiết kế đều mang đậm ngôn ngữ kiến trúc cổ điển Pháp, vừa sang trọng, tinh xảo, vừa trường tồn với thời gian.

Không chỉ dừng lại ở thiết kế, giá trị sống tại Vịnh Bình Minh còn được nâng tầm bởi một hệ sinh thái hoàn chỉnh và đẳng cấp. Hồ cảnh quan rộng 51.000 m^2 bao quanh phân khu, vừa mang lại không gian sinh thái, vừa đảm bảo phong thủy "tụ thủy sinh tài" hiếm có. Cùng với đó là một loạt tiện ích đẳng cấp như: chuỗi công viên 19 ha, sân tập golf 5.000 m^2, sân tennis, pickleball và bể bơi Olympic 1.250 m^2… tất cả góp phần tạo nên một không gian sống lý tưởng, hòa quyện giữa thiên nhiên và sự tiện nghi.

Bên cạnh đó, Vịnh Bình Minh còn gây ấn tượng với hệ thống an ninh 3 lớp vận hành theo chuẩn quốc tế, đảm bảo sự riêng tư tuyệt đối. Đây cũng là một trong những yếu tố quan trọng giúp phân khu trở thành đích đến của giới nhà giàu muốn tìm kiếm một không gian sống an toàn và đẳng cấp.

Đặc biệt, Vịnh Bình Minh còn sở hữu lợi thế kết nối đa tầng - bảo chứng cho giá trị sống và tiềm năng tăng giá mạnh mẽ.

Trên bình diện liên vùng, phân khu được bao quanh bởi hệ thống giao thông huyết mạch với 2 đại lộ (Tây Thăng Long, Quốc lộ 32), 3 tuyến vành đai (Vành đai 3, 3.5 và 4), cùng 4 cây cầu trọng yếu (Thượng Cát, Hồng Hà, Thăng Long và Nhật Tân). Trong đó, ngoài 2 cây cầu Thăng Long và Nhật Tân đã hiện hữu, cầu Hồng Hà và Thượng Cát đều đã được TP Hà Nội "chốt" lịch khởi công trong năm 2025. Nhờ vậy, cư dân tinh hoa tại đây dễ dàng di chuyển tới các khu vực trọng điểm nội đô như Tây Hồ, Mỹ Đình, Cầu Giấy trong vòng 15 - 20 phút, đồng thời thuận tiện tiếp cận các vùng kinh tế - công nghiệp chiến lược phía Bắc, như Vĩnh Phúc, Bắc Ninh, Phú Thọ…

Ở quy mô nội khu, Vịnh Bình Minh nổi bật với khả năng kết nối linh hoạt thông qua hệ thống trục đường lớn rộng 11 - 24 m như Đại lộ Ban Mai, Đại lộ Thời Đại hay tuyến đường Bình Minh. Phân khu cũng tiếp giáp trực tiếp với đường Liên Hà và các trục quy hoạch chính rộng 40 - 50 m, đảm bảo giao thông thông suốt và liên kết tiện lợi với toàn bộ hệ sinh thái tiện ích của đại đô thị.

Không đơn thuần là chốn đi về danh giá, Vịnh Bình Minh được ví như một "tài sản sưu tầm" bởi sự khan hiếm, quy hoạch độc bản, và tiềm năng gia tăng giá trị theo thời gian. Trong bối cảnh đô thị hóa mạnh mẽ và tiêu chuẩn sống ngày càng được nâng cao, đây chính là không gian an cư xứng tầm di sản mà giới tinh hoa lựa chọn để đầu tư cho bản thân và thế hệ tương lai.❖

TRƯỞNG DỰ ÁN NET ZERO VINAMILK:

Kết hợp sản xuất, năng lượng và công nghệ để "chuyển đổi xanh"

> CÔNG DŨNG

Ông Lê Hoàng Minh - Giám đốc điều hành sản xuất kiêm Trưởng dự án Net Zero của Vinamilk đã có những chia sẻ về sự tích hợp giữa sản xuất, năng lượng và công nghệ được đúc kết trong hành trình "xanh hóa" tại Vinamilk, hướng đến cam kết Net Zero vào 2050.

Trong thông điệp mở đầu của Báo cáo Phát triển bền vững năm 2024 Vinamilk mới công bố, CEO Mai Kiều Liên nhấn mạnh: "Thời khắc chuyển mình không chỉ là khẩu hiệu - đó là lời khẳng định: Vinamilk đã sẵn sàng, đã chủ động và quyết liệt trong chuyển đổi xanh, chuyển đổi số từ tư duy phát triển bền vững". Định hướng này đã được cụ thể hóa bằng những hành động và kết quả rõ ràng.

Năm 2024, Vinamilk tiếp tục duy trì 03 đơn vị đạt trung hòa carbon, bao gồm hai nhà máy và một trang trại; tỷ lệ năng lượng xanh thay thế gần 89% năng lượng hóa thạch trong sản xuất; duy trì việc đo đếm khí nhà kính theo chuẩn ISO 14064 cho tất cả các nhà máy trên cả nước. Đây là một số kết quả điển hình cho sự tích hợp hiệu quả giữa sản xuất, năng lượng và công nghệ - một bài học lớn mà Vinamilk đã đúc kết trong hành trình "xanh hóa" của mình và giúp họ tự tin hơn với cam kết Net Zero vào 2050.

Về chủ đề này, ông Lê Hoàng Minh - Giám đốc điều hành Sản xuất kiêm Trưởng dự án Net Zero của Vinamilk đã có nhiều chia sẻ tại các diễn đàn, hội nghị về phát triển bền vững xoay quanh các từ khóa như "công nghệ", "AI", "năng lượng", "dữ liệu" hay "minh bạch"…

CÔNG NGHỆ - CHÌA KHÓA ĐỂ BỨT TỐC

Với câu hỏi công nghệ đang ở đâu trong bức tranh chuyển đổi xanh của Vinamilk, đại diện doanh nghiệp cho biết luôn ưu tiên đầu tư cho công nghệ trong toàn bộ chuỗi giá trị, xem công nghệ là chìa khóa để quá trình chuyển đổi xanh diễn ra mạnh mẽ hơn.

Tại các nhà máy được xây dựng từ hơn 10 năm trước, hệ thống sản xuất, dây chuyền tự động hóa hoàn toàn theo công nghệ châu Âu, giúp tăng năng suất từ 10 - 20% và giảm tiêu hao năng lượng tương ứng. Các kho thông minh với sức chứa 50.000 pallet, không chỉ tiết kiệm 70% năng lượng vận hành mà còn tối ưu hóa diện tích sử dụng khi chỉ bằng 1/6 so với kho hàng truyền thống.

Tại các trang trại, công nghệ xử lý nước thải tạo ra biogas không chỉ giúp tái tạo nước cho tưới tiêu, phân bón hữu cơ cho trồng trọt, mà còn tận dụng khí metan để sấy cỏ, đun nước nóng và thanh trùng sữa tiết kiệm hàng trăm triệu đồng mỗi tháng - một mô hình kinh tế tuần hoàn hiệu quả.

Không đứng ngoài "thời đại của AI", Vinamilk đã từng bước ứng dụng AI trong quản lý, dự báo chính xác nhu cầu và tối ưu hóa kế hoạch sản xuất. Điều này không chỉ giúp tiết kiệm nguyên vật liệu, năng lượng mà còn giảm chi phí sản xuất, tăng lợi nhuận và lợi thế cạnh tranh.



Một số con số thống kê về năng lượng tại Vinamilk theo Báo cáo Phát triển bền vững 2024 mới công bố.

NĂNG LƯỢNG XANH - NỀN TẢNG CHUYỂN ĐỔI BỀN VỮNG

Để giảm dấu chân carbon, hướng đến Net Zero, năng lượng là điều mọi doanh nghiệp sản xuất cần ưu tiên ngay trong những bước đầu tiên. Vinamilk đã lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời tại tất cả nhà máy và trang trại. Ngoài ra, Công ty còn sử dụng năng lượng sinh khối từ mùn cưa, bã mía… Biomass và khí nén tự nhiên (CNG) thay thế nhiên liệu hóa thạch, giúp giảm đáng kể lượng khí thải carbon. Kết quả của quá trình chuyển đổi này, 89% năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch tại các nhà máy đã được thay thế bằng năng lượng xanh - một con số ấn tượng trong lĩnh vực sản xuất.

"Những ứng dụng này giúp nhà máy giảm được chi phí sản xuất. Khi chi phí được tiết kiệm sẽ giảm giá thành, tăng lợi nhuận, tăng lợi thế cạnh tranh. Tiết kiệm là việc dễ làm nhất và mang hiệu quả cao nhất. Và những giá trị tiết kiệm điện, tiết kiệm bao bì… có thể được quy đổi sang lượng phát thải giảm



Ông Lê Hoàng Minh - Giám đốc điều hành sản xuất kiêm Trưởng dự án Net Zero của Vinamilk.

Chúng tôi ứng dụng AI trong việc phân tích suất tiêu hao năng lượng cho 1.000 đơn vị sản phẩm theo kích cỡ của bao bì. Việc này bắt đầu đem lại lợi ích là xác định được suất tiêu hao năng lượng chính xác hơn và từ đó thấy được bức tranh sử dụng năng lượng của nhà máy, để có những hành động duy trì hay cải thiện quá trình sản xuất nhằm giảm tiêu hao năng lượng vô ích và tăng tiết kiệm năng lượng" - ông Lê Hoàng Minh chia sẻ.



Tích hợp công nghệ cao tiết kiệm năng lượng, robot, các giải pháp tự động hóa giúp Vinamilk đạt mục tiêu về nâng cao hiệu quả sản xuất, vừa thúc đẩy chuyển đổi xanh.



Năng lượng mặt trời đã phủ các nhà máy, trang trại của Vinamilk, cùng với các năng lượng xanh như Biomass, CNG, Biogas với tỷ lệ sử dụng ngày càng tăng.



Hệ thống dữ liệu ESG tập đoàn giúp Vinamilk quản trị bền vững minh bạch và theo thời gian thực.

là CO_2 tương đương, giúp hành trình Net Zero của chúng tôi nhanh hơn", ông Minh nhận định.

MINH BẠCH VÀ HIỆU QUẢ: KHÔNG CHỈ ĐI XA, MÀ CÒN ĐI ĐÚNG HƯỚNG

Quan điểm từ doanh nghiệp đi đầu về phát triển bền vững tại Việt Nam này cũng chỉ rõ, chuyển mình không chỉ là đổi mới mà là hành động minh bạch hơn và bền vững hơn. "Ngoài các giải pháp về năng lượng, công nghệ, kinh tế tuần hoàn, trong lộ trình chuyển đổi xanh, chúng ta cần xây dựng được cơ sở dữ liệu để thấy được chính xác hơn bức tranh phát thải, dấu chân carbon của chúng ta đang ở đâu, từ đó có lộ trình giảm phát thải, thực hiện các mục tiêu bền vững một cách minh bạch, hiệu quả", đại diện Công ty Vinamilk đưa ra gợi ý tại Hội thảo của Bộ Nông nghiệp & Môi trường (khuôn khổ Hội nghị Thượng đỉnh P4G 2025).

Cụ thể, Vinamilk đang triển khai phần mềm quản lý dữ liệu ESG và khí nhà kính xuyên suốt toàn hệ thống, giúp truy xuất dữ liệu kịp thời, dự báo xu hướng và đảm bảo tính toàn vẹn, bảo mật. Đây là bước đi quan trọng để xây dựng bức tranh phát thải rõ ràng, từ đó có lộ trình giảm phát thải hiệu quả và minh bạch. Hệ thống dữ liệu ESG tập đoàn cũng giúp Vinamilk quản trị bền vững minh bạch và theo thời gian thực (real-time)

Cũng từ kinh nghiệm thực tế, đại diện Vinamilk khuyến khích việc vận dụng các tiêu chuẩn quốc tế trong phát triển bền vững, như các tiêu chuẩn Global GAP hay Organic châu Âu cho trang trại, ISO50001 về quản lí năng lượng, ISO 14064 về kiểm kê khí nhà kính, chứng nhận về trung hòa carbon PAS2060:2014 và tiến tới ISO 14068… Không chỉ giúp chính doanh nghiệp làm phát triển bền vững "chuẩn" hơn, mà việc này sẽ tạo ra thông lệ tốt, thực hành tốt cho toàn ngành.

"Vinamilk đã bắt đầu thực hiện những mục tiêu xanh hóa sản xuất, hướng đến phát triển bền vững từ những năm 2010. Trong gần 15 năm qua, việc chuyển đổi năng lượng, áp dụng các giải pháp công nghệ mới, tích hợp cùng dữ liệu, quản trị theo các tiêu chuẩn quốc tế đã giúp chúng tôi tạo dựng được một hệ sinh thái sản xuất bền vững và thống nhất" - ông Lê Hoàng Minh đúc kết.



Gốm Đất Việt: Kiến tạo tri thức, giữ Hồn Đất Việt

> THỦY ANH

Tổ hợp Công ty CP Gốm Đất Việt được hình thành từ một khát vọng sâu xa nhưng đầy nhân văn: làm sao để viên gạch, viên ngói đất sét nung Việt Nam không chỉ mang dáng hình của đất mẹ, mà còn thấm đượm tinh thần, cốt cách dân tộc.

Người khởi xướng và hiện thực hóa khát vọng ấy là Anh hùng Lao động Nguyễn Quang Mâu - Chủ tịch HĐQT Tổ hợp Gốm Đất Việt. Với hành trình gần 50 năm đứng trong hàng ngũ của Đảng, từng là người thợ, người lính, ông đã khẳng định bản lĩnh và tâm huyết của một doanh nhân trí tuệ, giàu trách nhiệm. Ông luôn lấy chữ "Tâm" làm nền tảng, khoa học - công nghệ làm động lực, và con người làm trung tâm cho mọi chiến lược phát triển bền vững.

GỐM ĐẤT VIỆT TỪ GIAN KHÓ KHẲNG ĐỊNH VỊ THẾ

Tổ hợp Công ty CP Gốm Đất Việt gồm ba đơn vị thành viên: Công ty CP Gốm Đất Việt (thành lập ngày 25/01/2010), Công ty CP Gạch Ngói Đất Việt (10/01/2011) và Công ty CP Kinh doanh - Xuất nhập khẩu Gốm Đất Việt (01/01/2018)

Ra đời trong bối cảnh ngành sản xuất gạch ngói đất sét nung gặp nhiều khó khăn, từ suy thoái kinh tế toàn cầu đến ảnh hưởng nghiêm trọng của đại dịch Covid-19. Gốm Đất Việt vẫn vững bước, từng bước khẳng định vị thế bằng con đường riêng: đổi mới công nghệ, chú trọng yếu tố con người, đề cao lao động sáng tạo.

Doanh nghiệp là đơn vị tiên phong trong nghiên cứu, sáng chế và ứng dụng thành công công nghệ nghiền khô siêu mịn, lần đầu tiên trên thế giới được áp dụng trong ngành sản xuất gạch ngói đất sét nung. Công nghệ này giúp nâng cao năng suất, tiết kiệm tài nguyên, bảo vệ môi trường và cho ra đời các sản phẩm có chất lượng vượt trội: bền, đẹp, chịu lực tốt, chống thấm mặn, không rêu mốc, không gây ồn khi mưa lớn, mát mẻ về mùa hè, ấm áp về mùa đông.

Với định hướng phát triển bền vững, lấy khoa học - công nghệ làm nền tảng và con người làm trung tâm, Gốm Đất Việt đang từng bước khẳng định vai trò tiên phong trong ngành vật liệu xây dựng không chỉ tại Việt Nam mà còn trên thị trường quốc tế.

GỐM ĐẤT VIỆT THẮP LỬA NGHỀ, DỰNG XÂY HẠNH PHÚC

Không chỉ là nơi làm việc của hàng nghìn lao động, Gốm Đất Việt còn được xem là "ngôi nhà thứ hai", nơi người công nhân được chăm lo toàn diện, từ nơi ăn chốn ở, nhà tắm, giặt sấy đồ bảo hộ, đến việc học tập và vui chơi cho con em. Từ đời sống vật chất đến tinh thần, tất cả đều được vun đắp trên nền tảng tình người, nghĩa đồng bào.

Mỗi viên ngói, viên gạch làm ra không chỉ mang trong mình hình hài của đất và lửa, mà còn thấm đẫm mồ hôi, tình yêu nghề và niềm tự hào của những người thợ chân chất, mang tâm thế của người nghệ nhân.



AHLĐ Nguyễn Quang Mâu - Chủ tịch HĐQT Tổ hợp Công ty CP Gốm Đất Việt.



Khuôn viên Khu trưng bày và Định hướng sử dụng sản phẩm Gốm Đất Việt.



Công trình sử dụng sản phẩm Gốm Đất Việt.



Nhà máy sản xuất Gốm Đất Việt.



Gốm Đất Việt đạt Giải thưởng Hồ Chí Minh về khoa học và công nghệ.

Với Anh hùng Lao động Nguyễn Quang Mâu, Chủ tịch HĐQT Tổ hợp Gốm Đất Việt - tư tưởng "sống, học tập và làm việc theo gương Bác Hồ" không đơn thuần là khẩu hiệu, mà là phương châm sống và làm ăn tử tế. "Mỗi sản phẩm được nung trong lò là một lần thực hành triết lý của Chủ tịch Hồ Chí Minh: lao động, sáng tạo, tiết kiệm, yêu nước và phụng sự cộng đồng. Làm kinh tế nhưng không quên trách nhiệm xã hội, đó là bản sắc của Gốm Đất Việt".

Gần 15 năm hình thành và phát triển, Gốm Đất Việt vẫn kiên định với giá trị truyền thống cha ông để lại, đồng thời không ngừng đổi mới, hiện đại hóa và hội nhập. Doanh nghiệp hiện sở hữu hệ thống sản xuất tự động hóa ở nhiều công đoạn, cung cấp ra thị trường hơn 400 dòng sản phẩm gạch ngói với mẫu mã đa dạng, chất lượng vượt trội. Các sản phẩm được ứng dụng rộng rãi từ công trình dân dụng đến các dự án trọng điểm cấp quốc gia và đã có mặt tại hơn 56 quốc gia và vùng lãnh thổ trên thế giới.

Với những đóng góp nổi bật cho ngành vật liệu xây dựng, Gốm Đất Việt vinh dự được vinh danh với hơn 170 giải thưởng trong nước, 26 giải thưởng quốc tế và 71 giải thưởng tôn vinh cá nhân, trong đó có Giải thưởng Hồ Chí Minh về Khoa học và Công nghệ. Doanh nghiệp cũng liên tiếp giành giải Đặc biệt tại các triển lãm khoa học quốc tế tổ chức tại Seoul, Hàn Quốc vào năm 2022 và 2023.

Vững vàng trên hành trình phát triển, Gốm Đất Việt ngày càng khẳng định vị thế "cánh chim đầu đàn" của ngành sản xuất đất sét nung Việt Nam, là lựa chọn tin cậy của hàng triệu gia đình.❖

4 đột phá để VATM thực hiện thắng lợi các mục tiêu, chỉ tiêu giai đoạn 2025 - 2030

> MINH THÀNH

Nghị quyết Đại hội đại biểu Đảng bộ Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam (VATM) lần thứ IX, nhiệm kỳ 2025 - 2030 xác định rõ phương hướng, các mục tiêu, chỉ tiêu, nhiệm vụ, giải pháp, đặc biệt là xác định các nhiệm vụ trọng tâm và 4 đột phá để thực hiện thắng lợi các mục tiêu, chỉ tiêu trong nhiệm kỳ 5 năm tới.

ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO 100% CHUYẾN BAY TRONG VÙNG TRỜI TRÁCH NHIỆM

Ngày 4/6/2025, Đảng bộ Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam (VATM) đã tổ chức thành công Đại hội đại biểu lần thứ IX, nhiệm kỳ 2025-2030. Đại hội đã bầu Ban Chấp hành Đảng bộ Tổng công ty nhiệm kỳ 2025–2030 gồm 23 đồng chí.

Tại phiên họp thứ nhất, Ban Chấp hành đã bầu ông Lê Hoàng Minh, Chủ tịch Hội đồng thành viên giữ chức Bí thư Đảng ủy Tổng công ty; ông Nguyễn Công Long, Tổng giám đốc, Thành viên Hội đồng thành viên và bà Lê Bích Hòa, Chủ tịch Công đoàn Tổng công ty giữ chức Phó Bí thư Đảng ủy.

Trước đó, trình bày báo cáo chính trị tại Đại hội, ông Lê Hoàng Minh, Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch Hội đồng thành viên VATM cho biết, trong nhiệm kỳ 2020–2025, mặc dù có giai đoạn bị ảnh hưởng của đại dịch Covid-19 song với sự lãnh đạo, định hướng đúng đắn và linh hoạt của Đảng ủy Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam, đơn vị đã đảm bảo an toàn cho 100% chuyến bay trong vùng trời trách nhiệm, tham gia phối hợp bảo vệ vững chắc an ninh không phận quốc gia. Sản lượng điều hành bay sau 3 năm bị giảm sụt đáng kể do dịch bệnh Covid-19 đã tăng trưởng trở lại vào năm 2023 và đạt con số 867.086 lần chuyến vào năm 2024, tiệm cận trở lại mức đỉnh của năm 2019 - thời điểm trước khi đại dịch bùng phát.

Tổng sản lượng điều hành bay trong nhiệm kỳ ước đạt 3.822.639 lần chuyến. Tổng doanh thu và nộp ngân sách nhà nước trong nhiệm kỳ ước đạt lần lượt hơn 18.000 tỷ đồng và hơn 10.000 tỷ đồng.

Trong nhiệm kỳ, Tổng công ty đã triển khai hơn 360 dự án, với tổng mức đầu tư hơn 10.200 tỷ đồng, đảm bảo tiến độ, chất lượng, hiệu quả sử dụng vốn. Nhiều công trình, dự án quan trọng đã hoàn thành, đưa vào khai thác đúng tiến độ, phục vụ hiệu quả công tác điều hành bay như: Đài kiểm soát không lưu Phù Cát, Buôn Ma Thuột, Điện Biên...

Đặc biệt, với sự chỉ đạo quyết liệt, Đảng ủy Tổng công ty đã ban hành các nghị quyết chuyên đề, tổ chức phát động các đợt thi đua với quyết tâm "Vượt nắng, thắng mưa - sớm đưa công trình về đích", huy động tối đa nguồn lực để triển khai các dự án trọng điểm như dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ Quản lý bay" thuộc Dự án Cảng HKQT Long Thành giai đoạn 1 và Trung tâm Kiểm soát không lưu Hồ Chí Minh đảm bảo tiến độ theo thời gian yêu cầu.

Những nỗ lực, kết quả của nhiệm kỳ 2020-2025 là nền tảng quan trọng để bước vào chặng đường mới, nhiệm kỳ mới, nhiệm kỳ 2025-2030 vững bước vươn xa với mục tiêu "Đoàn kết - Dân chủ - Kỷ cương - Đột phá - Phát triển".

2 NHIỆM VỤ TRỌNG TÂM VÀ 4 ĐỘT PHÁ

Nghị quyết Đại hội đại biểu Đảng bộ Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam lần thứ IX, nhiệm kỳ 2025 - 2030 cũng nêu rõ, để thực hiện thắng lợi các mục tiêu, chỉ tiêu cho giai đoạn 5 năm tới, Đảng bộ xác định các nhiệm vụ, giải pháp, đặc biệt là 2 nhiệm vụ trọng tâm và 4 đột phá.

Trong đó, về nhiệm vụ trọng tâm, tiếp tục đẩy mạnh công tác xây dựng, chỉnh đốn Đảng và hệ thống chính trị trong sạch, vững mạnh toàn diện; coi trọng xây dựng Đảng về chính trị làm trung tâm, tư tưởng làm nền tảng, đạo đức làm trọng yếu, tổ chức và cán bộ làm then chốt. Nâng cao năng lực lãnh đạo, sức chiến đấu của tổ chức đảng và đội ngũ cán bộ, đảng viên; gắn xây dựng tổ chức đảng trong sạch, vững mạnh với xây dựng cơ quan, đơn vị vững mạnh toàn diện. Tiếp tục đổi mới phương thức lãnh đạo, lề lối làm việc, phong cách công tác của cấp ủy các cấp, bảo đảm tính thiết thực, hiệu quả, phù hợp với yêu cầu nhiệm vụ trong tình hình mới.

Đồng thời, tập trung đổi mới mạnh mẽ, phát triển toàn diện Tổng công ty theo đúng định hướng doanh nghiệp nhà nước đặc thù; thực hiện hiệu quả nhiệm vụ kép, trong đó nhiệm vụ

Một số chỉ tiêu giai đoạn 2025 – 2030

-100% chuyến bay điều hành an toàn tuyệt đối, không có sự cố nghiêm trọng do lỗi chủ quan.

-Sản lượng điều hành bay đạt 6 triệu lần chuyến, tăng trưởng bình quân 8–8,5%/năm; Tổng thu đạt 41.200 tỷ đồng, doanh thu đạt 28.400 tỷ đồng, tăng trưởng bình quân 8-8,3%/năm.

-Bảo đảm năng lực hệ thống ATM đáp ứng tối thiểu 1,5 lần lưu lượng hoạt động bay dự kiến; các hệ thống thiết bị điều hành bay trọng yếu bảo đảm 3 lớp dự phòng (tại chỗ, hệ thống, từ xa).

-100% nhân viên nhóm bảo đảm hoạt động bay đạt mức năng lực tiếng Anh ICAO theo yêu cầu.



Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐTV Lê Hoàng Minh trình bày Báo cáo chính trị tại Đại hội Đảng bộ VATM

chính trị trọng tâm là bảo đảm cung cấp dịch vụ. Bảo đảm hoạt động bay tuyệt đối an toàn, chất lượng, hiệu quả, đáp ứng yêu cầu phát triển của ngành hàng không; đồng thời giữ vững quốc phòng, an ninh và chủ quyền quốc gia trên không phận.

Đối với các đột phá, thứ nhất là đột phá về nguồn nhân lực. Tập trung xây dựng đội ngũ cán bộ, đảng viên và người lao động có bản lĩnh chính trị vững vàng, phẩm chất đạo đức nghề nghiệp trong sáng, tinh thông nghiệp vụ, làm chủ công nghệ hiện đại; đáp ứng yêu cầu phát triển của Tổng công ty và tiêu chuẩn quốc tế. Thực hiện đồng bộ chiến lược phát triển nguồn nhân lực gắn với công tác quy hoạch, đào tạo, bồi dưỡng, tuyển dụng, sử dụng, đãi ngộ và đánh giá hiệu quả công việc, coi đây là nhiệm vụ mang tính chiến lược, lâu dài, quyết định đến năng lực cạnh tranh và sự phát triển bền vững của Tổng công ty.

Thứ hai, đột phá về khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số và phát triển hạ tầng. Đẩy mạnh ứng dụng khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số trong toàn bộ hoạt động của Tổng công ty; lấy đây là động lực trọng yếu để nâng cao năng suất, chất lượng, hiệu quả và năng lực cạnh tranh. Ưu tiên đầu tư phát triển hạ tầng đồng bộ, hiện đại, tạo nền tảng vững chắc cho quá trình chuyển đổi số, ứng dụng khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo. Phấn đấu đưa Tổng công ty đạt trình độ công nghệ tiên tiến hàng đầu khu vực, đặc biệt trong các lĩnh vực then chốt; trở thành một trong ba nhà cung cấp dịch vụ bảo đảm hoạt động bay hàng đầu Đông Nam Á về ứng dụng khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số.

Thứ ba, đột phá về thể chế và môi trường pháp lý. Tập trung hoàn thiện cơ chế quản trị nội bộ theo hướng hiện đại, chuyên nghiệp; xây dựng đồng bộ hệ thống quy trình, quy chế, hướng dẫn nghiệp vụ; bảo đảm rõ ràng trong phân cấp, phân quyền; thực hiện nghiêm các quy định pháp luật. Chủ động kiến nghị tháo gỡ các rào cản về thể chế, chính sách; xây dựng hành lang



Tháp không lưu sân bay Long Thành đã hoàn thành phần bê tông cốt thép đến cao độ 107,880m.

pháp lý minh bạch, đồng bộ, tạo điều kiện thuận lợi cho phát triển nhanh, hiệu quả, bền vững. Triển khai hiệu quả hệ thống quản lý nội bộ, bảo đảm hoàn thành tốt nhiệm vụ chính trị được giao. Đổi mới mạnh mẽ công tác quản trị doanh nghiệp theo hướng hiện đại, minh bạch, chuyên nghiệp, phù hợp với đặc thù của ngành quản lý bay.

Thứ tư, đột phá về hợp tác quốc tế. Triển khai Nghị quyết số 59-NQ/TW của Bộ Chính trị về hội nhập quốc tế trong tình hình mới, Tổng công ty đẩy mạnh hợp tác quốc tế trong quản lý, điều hành và bảo đảm hoạt động bay, bảo vệ vững chắc chủ quyền quốc gia, phù hợp định hướng đối ngoại của Đảng, Nhà nước và chiến lược phát triển ngành. Chủ động tham gia các tổ chức hàng không quốc tế để nâng cao vị thế, năng lực tiếp cận và ứng dụng công nghệ tiên tiến. Mở rộng hợp tác chiến lược với các đối tác quốc tế uy tín; nâng cao vai trò và vị thế của Tổng công ty trong khu vực và quốc tế, khẳng định năng lực cung cấp dịch vụ bảo đảm hoạt động bay tầm khu vực và toàn cầu.

Ngành Đường sắt bùng nổ, cơ hội vàng cho doanh nghiệp Việt

> ĐÌNH QUANG

Ngành đường sắt đang bước vào giai đoạn phát triển mạnh mẽ nhất trong nhiều thập kỷ. Đây là thời điểm vàng để các doanh nghiệp Việt nắm bắt cơ hội, tham gia sâu vào chuỗi giá trị và khẳng định vị thế trong ngành công nghiệp đầy tiềm năng này.

ĐƯỜNG SẮT - "ĐỘT PHÁ CHIẾN LƯỢC" ĐỂ PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI

Quyết định số 1769/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch mạng lưới đường sắt thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 nêu rõ quan điểm: Đường sắt là chuyên ngành đặc thù có vai trò quan trọng trong hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông vận tải, được xác định là một trong ba đột phá chiến lược cần ưu tiên đầu tư để phát triển kinh tế - xã hội gắn với bảo đảm quốc phòng, an ninh, thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển bền vững.

Quy hoạch mạng lưới đường sắt Quốc gia, Chính phủ đặt mục tiêu đến năm 2030 sẽ hiện đại hóa các tuyến đường sắt hiện có, xây dựng mới các tuyến quan trọng như đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, các tuyến kết nối cảng biển, khu công nghiệp và cửa khẩu quốc tế. Tầm nhìn đến năm 2050, Việt Nam sẽ hoàn thiện mạng lưới đường sắt quốc gia hiện đại, đồng bộ, đáp ứng nhu cầu vận tải hành khách và hàng hóa ngày càng tăng.

Bên cạnh các tuyến đường sắt quốc gia, Việt Nam cũng đang tập trung đầu tư phát triển hệ thống đường sắt đô thị tại các thành phố lớn như Hà Nội và TP.HCM.

ƯU TIÊN DOANH NGHIỆP NỘI ĐỊA

Hai trong số nhiều nghị quyết đã được Quốc hội thông qua: Nghị quyết số 172/2024/QH15 về chủ trương đầu tư dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam (ban hành ngày 30/11/2024) và Nghị quyết số 188/2025/QH15 về cơ chế đặc thù phát triển mạng lưới đường sắt đô thị tại Hà Nội và TP.HCM (ban hành ngày 19/02/2025), Chính phủ đã thể hiện rõ định hướng ưu tiên tối đa cho các doanh nghiệp trong nước.

Theo đó, doanh nghiệp Việt Nam được ưu tiên thực hiện dự án đường sắt trên tất cả các lĩnh vực từ tư vấn, thi công xây lắp, đến sản xuất vật liệu, cung cấp hàng hóa công nghiệp đường sắt... Chủ trương này không chỉ mở ra cơ hội lớn cho ngành công nghiệp đường sắt nội địa mà còn cho thấy tầm nhìn dài hạn trong việc xây dựng một nền công nghiệp đường sắt độc lập, tiến tới giảm sự phụ thuộc vào công nghệ và thiết bị nhập khẩu.

Tuy nhiên, cơ hội đi kèm với yêu cầu cấp thiết về năng lực. Để gia nhập "sân chơi" lớn này, các doanh nghiệp trong nước cần có sự chuyển mình mạnh mẽ, tập trung đầu tư có chiều sâu cho nghiên cứu - phát triển (R&D), áp dụng tiêu chuẩn quốc tế trong sản xuất, nâng cao năng lực công nghệ.



Gối cầu tải trọng 34.500kN của Việt Nam do Công ty CP Thương mại, Tư vấn và Xây dựng Vĩnh Hưng sản xuất được xuất khẩu, lắp đặt tại dự án Đường sắt đô thị Malolos-Clark (Phillippines).

Trên thực tế, một số doanh nghiệp cơ khí giao thông trong nước đã nhanh chóng nắm bắt thời cơ, triển khai chiến lược đổi mới toàn diện - đầu tư dây chuyền sản xuất hiện đại, đẩy mạnh hoạt động R&D và chủ động kết nối hợp tác với các tập đoàn hàng đầu thế giới trong lĩnh vực đường sắt.

Với tinh thần "dám nghĩ, dám làm", doanh nghiệp Việt không chỉ thành công nội địa hóa nhiều sản phẩm kỹ thuật cao như gối



Đại diện Chính phủ trao biểu trưng "Thương hiệu Quốc gia Việt Nam" cho ông Võ Tá Lương - Tổng giám đốc Công ty CP Thương mại, Tư vấn và Xây dựng Vĩnh Hưng, ghi nhận chất lượng sản phẩm gối cầu - khe co giãn Vĩnh Hưng cũng như vị thế tiên phong của doanh nghiệp trong lĩnh vực cơ khí giao thông nước nhà.



Vĩnh Hưng là đại diện duy nhất của Việt Nam tham gia trưng bày và giới thiệu các sản phẩm, giải pháp công nghệ trong lĩnh vực đường sắt tại sự kiện Asia Pacific Rail 2025.

cầu, khe co giãn, tường chống ồn,… giành lại và chiếm lĩnh thị phần trong nước mà còn xuất khẩu sang các dự án giao thông trọng điểm khu vực Đông Nam Á.

Năm 2024, lần đầu tiên một doanh nghiệp thuộc ngành cơ khí giao thông được Chính phủ trao tặng danh hiệu "Thương hiệu Quốc gia Việt Nam". Đây là chương trình do Thủ tướng giao Bộ Công Thương chủ trì thực hiện, với quy trình xét chọn nghiêm ngặt từ hơn 1.000 hồ sơ tham dự dựa trên ba tiêu chí cốt lõi: Chất lượng sản phẩm, Đổi mới - Sáng tạo và Năng lực tiên phong.

Để tham gia sâu hơn vào chuỗi cung ứng ngành đường sắt, việc chủ động thiết lập các mối quan hệ hợp tác chiến lược với những đơn vị có kinh nghiệm và vị thế trên thị trường quốc tế đang trở thành hướng đi quan trọng. Mới đây, tại Hội thảo và Triển lãm đường sắt "Asia Pacific Rail 2025" - một trong những sự kiện thường niên lớn nhất ngành đường sắt khu vực châu Á, tổ chức tại Bangkok (Thái Lan), các sản phẩm mang "Thương hiệu Quốc gia Việt Nam" như gối cầu, khe co giãn, đặc biệt là giải pháp công nghệ Tường chống ồn đã được trưng bày, thu hút sự quan tâm lớn từ các nhà thầu quốc tế, đơn vị tư vấn thiết kế, các tập đoàn cung cấp sản phẩm và giải pháp công nghệ hàng đầu thế giới. Bên lề triển lãm, nhiều cuộc gặp song phương đã được kết nối giữa doanh nghiệp Việt và các đối tác tiềm năng, tập trung vào các chủ đề như chuyển giao công nghệ, hợp tác sản xuất... mở ra các cơ hội hợp tác thiết thực trong tương lai.

Ngành đường sắt đang bước vào giai đoạn phát triển mạnh mẽ nhất trong nhiều thập kỷ. Việt Nam đang đứng trước cơ hội lịch sử để nâng cấp hệ thống giao thông vận tải và xây dựng ngành công nghiệp đường sắt tự chủ. Thách thức là thật, nhưng cơ hội cũng chưa từng lớn đến thế. Những doanh nghiệp như Vĩnh Hưng cho thấy: nếu chuẩn bị bài bản, đi đúng hướng và đầu tư thực chất, doanh nghiệp Việt hoàn toàn có thể chủ động kiến tạo tương lai ngành giao thông Việt Nam.

Những mầm xanh đam mê nghiên cứu khoa học từ "Mái trường đại dương"

> BẢO CHÂU

Nghiên cứu khoa học (NCKH) trong sinh viên là một hoạt động thường xuyên, luôn được lãnh đạo Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đặc biệt quan tâm, tạo điều kiện. Từ hoạt động này đã khẳng định vai trò quan trọng của NCKH gắn với đào tạo nhân lực chất lượng cao, góp phần nâng cao uy tín, vị thế hội nhập quốc tế của Nhà trường.

NĂM HỌC THÀNH CÔNG NHẤT CỦA PHONG TRÀO NCKH

TS Trần Thế Nam - Trưởng phòng KH&CN, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam cho biết, những năm qua, hoạt động NCKH của sinh viên Nhà trường đạt kết quả đáng ghi nhận, không chỉ là các đề tài nghiên cứu mà từ đây đã nhân rộng mô hình, phong trào NCKH sinh viên trong toàn trường, từ đó giúp trau dồi kiến thức, áp dụng khoa học vào giải quyết những vấn đề thực tiễn.

2024 - 2025 là năm học được đánh giá thành công nhất đối với phong trào NCKH sinh viên trong 10 năm trở lại đây của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam với rất nhiều thành tích nổi bật như: 05 đề tài được lựa chọn gửi tham gia xét tặng Giải thưởng KHCN dành cho sinh viên trong các cơ sở giáo dục đại học năm 2025 và đều giành được những thành tích cao gồm: 01 giải Nhất; 02 giải Nhì; 01 giải Ba và 01 giải Khuyến khích; trong 04 hồ sơ đề tài gửi đăng ký Giải thưởng sinh viên NCKH - Euréka lần thứ 26 năm 2024 thì đoạt 01 giải Nhất thuộc lĩnh vực Kỹ thuật công nghệ; 01 hồ sơ gửi tham dự Cuộc thi "Học sinh, sinh viên với ý tưởng khởi nghiệp" lần thứ VI do Bộ GD&ĐT tổ chức trong khuôn khổ chương trình của Đề án 1665 hỗ trợ hoạt động Hướng nghiệp, Khởi nghiệp của học sinh, sinh viên và đã đoạt giải Khuyến khích; 01 dự án tham dự Sáng kiến Khoa học (Creative Science Contest - CSC 2025) do Báo VnExpress cùng Bộ KHCN phối hợp tổ chức đã giành giải Nhất hạng mục Nhà khoa học không chuyên.

Cũng trong năm học 2024 - 2025, theo Quyết định số 2388/QĐ-ĐHHHVN ngày 24/10/2024, toàn trường có 162 đề tài NCKH sinh viên được giao thực hiện, với sự tham gia của 565 sinh viên và 129 lượt giảng viên hướng dẫn. Các đề tài được triển khai trong vòng 6 tháng (từ tháng 11/2024 đến hết tháng 4/2025). Nội dung nghiên cứu rất đa dạng, thuộc nhiều lĩnh vực như kỹ thuật mô phỏng, tự động hóa, công nghệ thông tin, cơ khí chế tạo, môi trường, logistics, kinh tế, luật, ngôn ngữ Anh…

Từ các đề tài đăng ký, Hội đồng khoa học của các khoa, viện đã lựa chọn kỹ lưỡng được 26 đề tài xuất sắc tham gia báo cáo, xét tặng Giải thưởng "Sinh viên NCKH" Trường Đại học Hàng hải Việt Nam năm học 2024 - 2025. Nhằm đánh giá chính xác, công bằng và hơn cả là động viên, ghi nhận những nỗ lực của các nhóm sinh viên, Nhà trường đã tổ chức Hội đồng thành 2 phân ban tiến hành họp song song, bao gồm: Phân ban Khoa học kỹ thuật và Công nghệ (17 đề tài, chiếm 65,38%) và Phân ban Kinh tế và Xã hội (9 đề tài, chiếm 34,62%).

ĐÓNG GÓP VÀO HÀNH TRÌNH 70 NĂM XÂY DỰNG, HỘI NHẬP VÀ PHÁT TRIỂN

Thời gian qua, hoạt động NCKH trong sinh viên luôn nhận được sự quan tâm, chỉ đạo sát sao của lãnh đạo Nhà trường, sự ủng hộ của các nhà khoa học, các giảng viên và sự tham gia của đông đảo sinh viên trong toàn trường.

Đặc biệt, trong năm học vừa qua, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam tự hào có 01 nhóm nghiên cứu của sinh viên chuyên ngành Quản lý kỹ thuật công nghiệp đến từ Khoa Máy tàu biển với Đề tài "Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo trạm lắp ráp thủ công có thể tùy biến theo nhân trắc học và tích hợp giám sát thao tác phục vụ cải tiến nâng cao hiệu suất làm việc cho công nhân" do các sinh viên Ngô Vương Quốc, Nguyễn Thị Minh Anh, Phạm Văn Quỳnh thực hiện dưới sự hướng dẫn của giảng viên TS Phạm Văn Triệu đã được vinh danh ở các hạng mục: Giải Nhất tại Giải thưởng KHCN dành cho sinh viên trong các cơ sở giáo dục đại học trên toàn quốc năm 2024; Giải Nhất tại Giải thưởng Sinh viên NCKH - Euréka lần thứ 26 năm 2024; Giải Nhất hạng mục Nhà khoa học không chuyên Cuộc thi Sáng kiến khoa học năm 2025; Giải Nhất tại Hội nghị khoa học "Sinh viên với công trình NCKH phục vụ phát triển kinh tế, xã hội TP Hải Phòng".

PGS.TS Phạm Xuân Dương - Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam cho biết, NCKH sinh viên được xác định



Đề tài nghiên cứu của các sinh viên Khoa Máy tàu biển đạt giải Nhất tại nhiều cuộc thi NCKH uy tín trên cả nước.



Sản phẩm của đề tài NCKH Phân ban Khoa học kỹ thuật và Công nghệ.



Hoạt động NCKH của Nhà trường gắn với giải quyết những vấn đề thực tiễn.

là một nhiệm vụ trọng tâm để nâng cao chất lượng đào tạo của Nhà trường. Với phương châm: "Đẩy mạnh NCKH để nâng cao chất lượng đào tạo và tự tạo ra công nghệ nhằm góp phần thực hiện hiệu quả chiến lược biển quốc gia", thực hiện thành công Nghị quyết 57-NQ/TW về đột phá phát triển KHCN, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia.

"Trải qua nhiều năm tổ chức, Giải thưởng "Sinh viên NCKH cấp Trường" đã thật sự trở thành một sân chơi khoa học lớn và có uy tín đối với sinh viên. "Mái trường Đại dương" luôn là nơi chắp cánh cho những ước mơ, hoài bão và các bạn sinh viên chính là nhân tố quan trọng đánh dấu sự trường tồn, phát triển của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam", PGS.TS Phạm Xuân Dương nhấn mạnh.

Với các sinh viên, hoạt động NCKH không chỉ tạo ra cơ hội tiếp cận với các lĩnh vực chuyên môn mà còn giúp các em sớm định hình tác phong làm việc khoa học. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam luôn trân trọng biểu dương, đánh giá cao các thầy, cô giáo đã tận tâm hướng dẫn, khơi dậy sự nhiệt tình, lòng đam mê khoa học tới sinh viên; ghi nhận sự nghiêm túc của các khoa, viện trong việc thực hiện kế hoạch góp phần vào sự thành công chung của hoạt động NCKH sinh viên, qua đó khẳng định vai trò, vị thế của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam - Hành trình 70 năm xây dựng, hội nhập và phát triển.

Để buýt Hà Nội "gần" hơn và "xanh" hơn

> HẢI THANH

Hiện thực hóa những nhiệm vụ, mục tiêu tạo tiền đề cho sự đột phá trong thời gian tới, buýt Hà Nội đang "thay da đổi thịt" với sự đầu tư đồng bộ hướng tới nâng cao chất lượng phục vụ hành khách. Khó khăn vẫn còn hiện hữu, song buýt Hà Nội bằng sự quyết tâm đang nỗ lực vượt lên để biến lợi thế thành hành động, biến tiềm năng thành sức mạnh để tăng tốc trên hành trình hướng tới sự phát triển bền vững.

THÀNH QUẢ TỪ NỖ LỰC THAY ĐỔI

Xe buýt là "xương sống" của hệ thống giao thông công cộng, là lựa chọn văn minh, tiết kiệm và bền vững cho người dân đô thị. Những cải tiến, thay đổi của xe buýt muốn đạt hiệu quả cần sự đồng bộ trong chiến lược, quy hoạch, đầu tư, dịch vụ, kết nối và thông tin tuyên truyền rộng rãi, lan tỏa.

Những tháng đầu năm 2025, chứng kiến buýt Hà Nội có nhiều thay đổi tích cực, sự chủ động có thể nhận thấy từ các cơ quan hữu quan, các đơn vị trực tiếp quản lý hoạt động như Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội (Tramoc).

Ông Thái Hồ Phương - Giám đốc Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội cho biết, tính đến hết quý I/2025 đã có 28 tuyến buýt thí điểm áp dụng thẻ vé điện tử liên thông trên toàn mạng lưới, tăng 3 tuyến so với năm 2024, chiếm 22,2% tổng số tuyến. Thời gian này, xe buýt Hà Nội đã vận chuyển được 106,8 triệu lượt hành khách, tăng 6% so với cùng kỳ năm 2024. Đây là tín hiệu vui, chứng tỏ những sự thay đổi đã gặt hái được thành quả.

Hiện nay, Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia đang được triển khai, thực hiện sâu rộng tới các cấp, ngành, từng cơ quan, đơn vị và Tramoc cũng không đứng ngoài công cuộc đó.

Theo ông Phương, tại Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội, hạ tầng giao thông thông minh (ITS) và trí tuệ nhân tạo (AI) đang được tích hợp vào công tác giám sát và điều hành hệ thống xe buýt. Công nghệ hiện đại không chỉ cải thiện độ chính xác và độ tin cậy của dịch vụ mà còn nâng cao hiệu quả quản lý và trải nghiệm của hành khách.

Với việc tập trung đầu tư phương tiện mới, đẩy mạnh ứng dụng công nghệ trong công tác tổ chức, quản lý và vận hành hệ thống xe buýt, ngày càng có nhiều học sinh, sinh viên, người cao tuổi, cán bộ, người lao động lựa chọn xe buýt làm phương tiện di chuyển hàng ngày bởi sự tiện nghi và thuận lợi. Đặc biệt, với chính sách giá vé tháng ưu đãi chỉ 70.000 đồng cho một tuyến và 140.000 đồng cho liên tuyến đã giúp phương tiện xe buýt trở thành một lựa chọn vừa tiết kiệm, vừa thuận tiện. Riêng chính sách ưu đãi cho những hành khách trên 60 tuổi thì giá vé là miễn phí.

ĐỒNG BỘ QUY HOẠCH, PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Bên cạnh sự thuận lợi và những tín hiệu tích cực thì buýt Hà Nội cũng đối mặt với không ít khó khăn, thách thức. Có rất nhiều vấn đề mà buýt Hà Nội phải khắc phục như hạn chế về điểm dừng, nhà chờ. Để kịp thời tháo gỡ, ngày 16/4/2025, tại Quyết định số 2066/QĐ-UBND, UBND TP Hà Nội đã phê duyệt "Đề án đánh giá tổng thể mạng lưới xe buýt làm cơ sở đề xuất các giải pháp nhằm điều chỉnh, nâng cao chất lượng dịch vụ và sản lượng vận tải hành khách công cộng trên địa bàn thành phố", trong đó, việc cải tạo hạ tầng là một trong những nhóm giải pháp quan trọng. Cụ thể, Hà Nội sẽ rà soát lại toàn bộ các điểm dừng để hành khách dễ dàng tiếp cận và bảo đảm tính liên thông của mạng lưới với khoảng cách trung bình từ 500 m khu vực nội thành và 800 m khu vực ngoại thành.

Thực hiện công tác này, Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội đã tiến hành rà soát, cải tạo, duy tu, chỉnh trang nhà chờ xe buýt ở các tuyến phố trung tâm, khu vực cửa ngõ và các trục giao thông trọng điểm như: Trần Phú, Phan Đình Phùng, Điện Biên Phủ, Nguyễn Trãi, Hoàng Diệu… Qua đó, hàng trăm nhà chờ, điểm dừng xe buýt đã được sửa chữa, vệ sinh sạch sẽ, tạo sự hấp dẫn đối với hành khách khi sử dụng dịch vụ vận tải công cộng này.

Thông tin từ Sở Xây dựng Hà Nội, dự kiến trong thời gian tới sẽ nâng lên khoảng 6.500 điểm dừng, tăng 65 - 70% số



Buýt Hà Nội tăng cường các tuyến kết nối hiệu quả với hệ thống đường sắt đô thị.

điểm so với hiện tại. Theo Sở này, các điểm dừng sẽ được bố trí lại để tiếp cận các khu dân cư, cơ sở hạ tầng nhà ga đường sắt đô thị, các điểm trông giữ phương tiện và kết nối thuận lợi với taxi, xe đạp công cộng, đảm bảo cự ly trung chuyển phù hợp giữa các loại hình.

Để đảm bảo lộ trình đến năm 2030, toàn bộ xe buýt sử dụng nhiên liệu xăng, dầu diesel trên địa bàn TP Hà Nội được thay thế hoàn toàn bằng xe buýt chạy điện hoặc sử dụng năng lượng tái tạo, Hà Nội sẽ tập trung hoàn thiện khung chính sách và cơ chế hỗ trợ cho doanh nghiệp trong việc chuyển đổi phương tiện.

Đây là bước tiến quan trọng nhằm hiện thực hóa định hướng phát triển giao thông bền vững, hiện đại, thân thiện với môi trường của Thủ đô. Với mục tiêu hoàn thành 100% thay thế phương tiện hiện tại bằng xe buýt điện hoặc năng lượng xanh vào năm 2030, khu vực nội đô sẽ được ưu tiên triển khai sớm để giảm thiểu ô nhiễm và cải thiện chất lượng không khí.

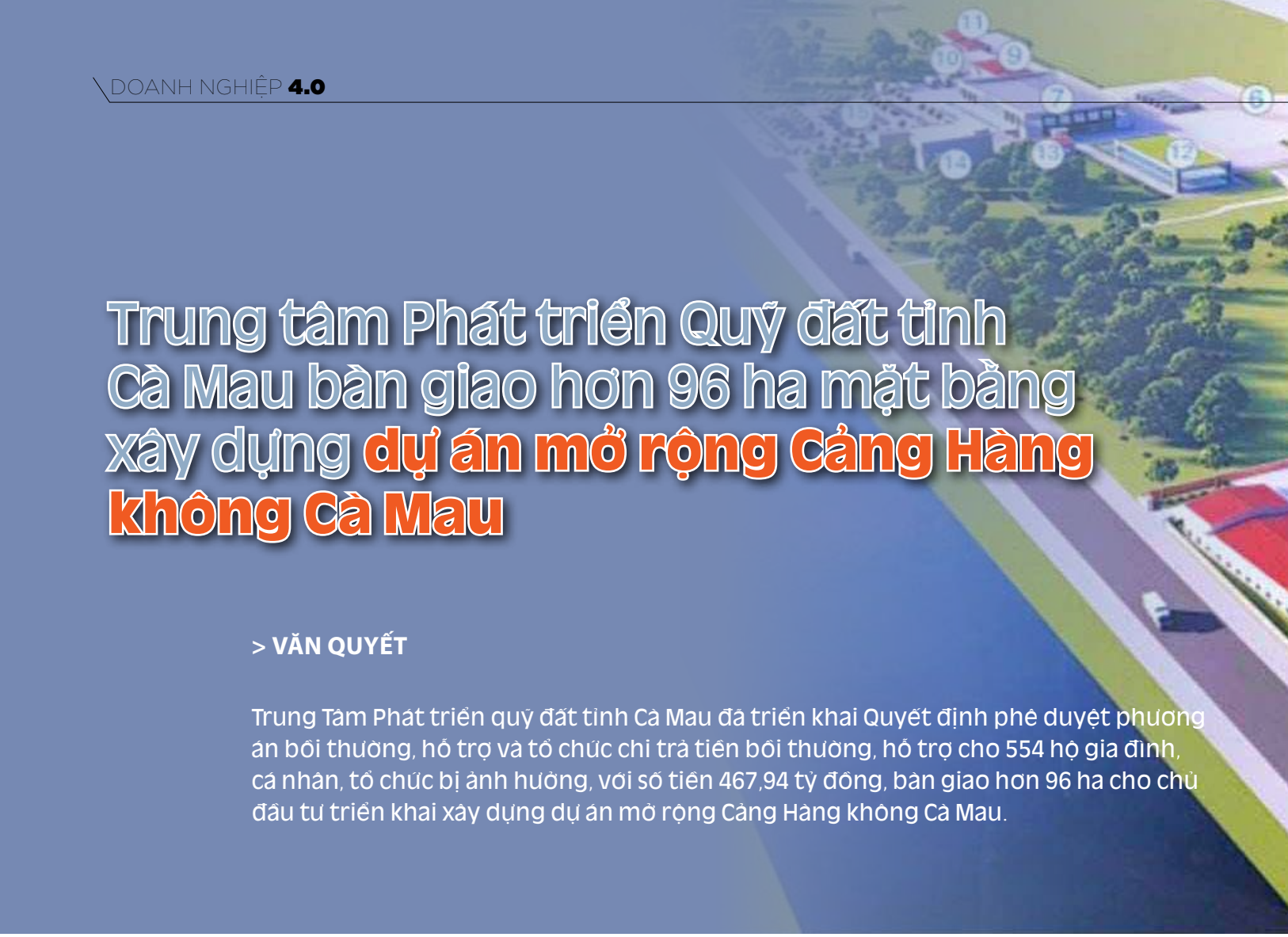
Để phù hợp với quy hoạch và xu thế phát triển, mạng lưới xe buýt điện và năng lượng xanh sẽ được mở rộng theo hướng đồng bộ với quy hoạch giao thông đô thị. Đồng thời, hệ thống trạm sạc sẽ được đầu tư xây dựng tại các điểm đầu cuối tuyến, các khu vực công cộng cũng như các điểm giao thông trọng yếu, đảm bảo nguồn cung điện năng ổn định. TP Hà Nội cũng sẽ ưu tiên phát triển các tuyến xe buýt điện kết nối hiệu quả với hệ thống đường sắt đô thị, khu đô thị mới, trung tâm hội nghị - triển lãm, bảo tàng và các khu vực phát triển trọng điểm.

Trong lộ trình chuyển đổi xanh, các doanh nghiệp cung cấp dịch vụ vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt cần chủ động, có kế hoạch đầu tư phương tiện sử dụng điện và năng lượng sạch, đưa Hà Nội trở thành đô thị xanh, sạch, phát triển bền vững.❖



Cải tạo, chỉnh trang nhà chờ xe buýt ở các tuyến phố trung tâm, trục giao thông trọng điểm.

Giám đốc Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội Thái Hồ Phương cho biết, trong quý I/2025, mạng lưới tuyến đã điều chỉnh hợp lý hóa lộ trình, dịch vụ đối với 24/126 tuyến xe buýt (chiếm 19%), đảm bảo lộ trình các tuyến xe buýt hợp lý hơn (tránh các điểm nóng về ùn tắc giao thông, giảm cự ly tuyến…), hoạt động ổn định (xe hoạt động thông suốt hơn, giảm thời gian chuyến đi…), góp phần giảm ùn tắc giao thông, phục vụ tốt hơn nhu cầu đi lại của người dân.



Trung tâm Phát triển Quỹ đất tỉnh Cà Mau bàn giao hơn 96 ha mặt bằng xây dựng dự án mở rộng Cảng Hàng không Cà Mau

> VĂN QUYẾT

Trung Tâm Phát triển quỹ đất tỉnh Cà Mau đã triển khai Quyết định phê duyệt phương án bồi thường, hỗ trợ và tổ chức chi trả tiền bồi thường, hỗ trợ cho 554 hộ gia đình, cá nhân, tổ chức bị ảnh hưởng, với số tiền 467,94 tỷ đồng, bàn giao hơn 96 ha cho chủ đầu tư triển khai xây dựng dự án mở rộng Cảng Hàng không Cà Mau.

Thực hiện chủ trương của UBND tỉnh Cà Mau tại Công văn số 9842/UBND-NNTN ngày 20/11/2024 về việc giao nhiệm vụ bồi thường, giải phóng mặt bằng Dự án thu hồi đất, bồi thường, hỗ trợ, tái định cư để mở rộng, nâng cấp Cảng Hàng không Cà Mau. Theo đó, giao Trung tâm Phát triển quỹ đất tỉnh Cà Mau (Trung tâm) chủ trì, phối hợp với UBND TP Cà Mau, các đơn vị có liên quan tổ chức thực hiện công tác bồi thường, giải phóng mặt bằng, hỗ trợ, tái định cư để mở rộng, nâng cấp Cảng Hàng không Cà Mau.

Dự án thu hồi đất, bồi thường, hỗ trợ, tái định cư để mở rộng, nâng cấp Cảng hàng không Cà Mau thực hiện trên địa bàn phường 6 và phường Tân Thành, thành phố Cà Mau, ảnh hưởng 615 hộ gia đình, cá nhân và tổ chức (518 hộ gia đình, cá nhân và tổ chức có đất và 97 hộ cất nhà, nuôi cá trên đất người khác), với diện tích khoảng 105,96 ha, gồm diện tích đất thu hồi của hộ gia đình, cá nhân, tổ chức 99,68 ha, đất giao thông, thủy lợi có diện tích là 4,21 ha và đất nghĩa địa có diện tích là 2,07 ha.

Thời gian qua, Trung tâm đã phối hợp với các đơn vị có liên quan trên địa bàn TP Cà Mau triển khai thông báo thu hồi đất, kế hoạch thu hồi đất, điều tra, khảo sát, đo đạc, kiểm đếm. Đến nay, Trung tâm đã hoàn thành công tác đo đạc, kiểm kê tài sản gắn liền với đất của 615 hộ gia đình, cá nhân và tổ chức; lập phương án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư và đã được UBND TP Cà Mau phê duyệt tại 10 lần phương án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư đối với 615 hộ gia đình, cá nhân và tổ chức, với số tiền 572,69 tỷ đồng, diện tích 99,68 ha.

Đến thời điểm hiện tại, Trung tâm đã triển khai các Quyết định phê duyệt phương án bồi thường, hỗ trợ và tổ chức chi trả tiền bồi thường, hỗ trợ cho 554 hộ gia đình, cá nhân, tổ chức bị ảnh hưởng, với số tiền 467,94 tỷ đồng (đạt 81,71%) tổng số tiền theo phương án được duyệt (trong đó, có 26 hộ chưa nhận tiền nhưng đồng ý bàn giao mặt bằng với diện tích 8,62 ha; 44 hộ nhận tiền một phần là 40,81 tỷ đồng, diện tích 4,58 ha; 56 hộ vắng chủ với số tiền 9,32 tỷ đồng, diện tích 2,25 ha). Đã bàn giao mặt bằng cho chủ đầu tư được 96,52 ha, đạt 91,09% (bao gồm phần đất giao thông, thủy lợi và đất nghĩa địa).

Thời gian tới, Trung tâm sẽ tiếp tục phối hợp với Hội đồng bồi thường, hỗ trợ, tái định cư TP Cà Mau, UBND các phường tổ chức tuyên truyền, vận động hộ gia đình, cá nhân, tổ chức chấp hành chủ trương của Đảng, chính sách pháp luật của Nhà nước, nhận tiền bồi thường, hỗ trợ và bàn giao mặt bằng cũng như phối hợp với UBND cấp xã liên



Phối cảnh sân đỗ tàu bay Cảng Hàng không Cà Mau sau khi hoàn thành việc mở rộng.

hệ đối với những trường hợp không có mặt tại địa phương để làm thủ tục nhận tiền, đồng thời hướng dẫn những trường hợp chết chủ chưa thực hiện thủ tục thừa kế hoặc cử người đại diện thực hiện thủ tục nhận tiền theo quy định và tổ chức thực hiện các quy trình cưỡng chế theo quy định của pháp luật đối với các trường hợp đã vận động nhưng không chấp hành bàn giao mặt bằng để bàn giao mặt bằng cho chủ đầu tư, đảm bảo theo kế hoạch của UBND tỉnh Cà Mau đề ra.

Cảng Hàng không Cà Mau hiện là sân bay cấp 3C, nhà ga hành khách 2 cao trình, công suất khai thác thực tế 35.000 - 40.000 hành khách/năm (công suất tối đa 200.000 hành khách/năm), lượng khách giờ cao điểm là 150 hành khách/giờ. Phi cơ đang khai thác là dòng cỡ nhỏ cánh quạt ATR-72, sức chở 90 hành khách.

Theo Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng hàng không, sân bay toàn quốc tại Quyết định số 648/QĐ-TTg ngày 07/6/2023 của Thủ tướng Chính phủ thì đến năm 2030, Cảng Hàng không Cà Mau đạt công suất 1 triệu hành khách/năm. Quy hoạch tổng thể Cảng Hàng không Cà Mau giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, sân bay Cà Mau có thể bảo đảm tiếp nhận các dòng máy bay tầm trung Airbus A321, A320, A319, Embraer 195...❖



Trung tâm Phát triển Quỹ đất tỉnh Cà Mau tổ chức chi trả tiền bồi thường, hỗ trợ cho người dân.



V-FRC tiên phong ứng dụng bê tông cốt sợi hiệu suất cao tại Việt Nam

> KỲ ANH

Trong bối cảnh ngành Xây dựng đang chuyển mình theo hướng hiện đại, bền vững và công nghệ hóa, Công ty TNHH Bê tông Cốt sợi Việt Nam (V-FRC) khẳng định vị thế là một trong những đơn vị tiên phong tại Việt Nam trong nghiên cứu, sản xuất và ứng dụng các dòng bê tông hiệu suất cao như UHPC, HPC, ECC, SCC, SFRC…

TỪ NỀN TẢNG HỌC THUẬT ĐẾN ỨNG DỤNG THỰC TIỄN

V-FRC được thành lập vào năm 2020 bởi tập thể kỹ sư, chuyên gia và nhà khoa học có kinh nghiệm thực tiễn và nền tảng học thuật sâu rộng. Công ty quy tụ các kỹ sư từng trực tiếp tham gia thiết kế, thi công, giám sát và quản lý hàng loạt dự án cầu đường, thủy lợi và hạ tầng kỹ thuật trên phạm vi cả nước, ở nhiều vai trò từ kỹ sư hiện trường đến quản lý dự án, tư vấn giám sát và thiết kế thi công.

Điểm đặc biệt của V-FRC là sự kết nối chặt chẽ giữa nghiên cứu và công trình thực tế, một lợi thế trong chiến lược phát triển sản phẩm và công nghệ. Đây là giá trị cốt lõi giúp Công ty tạo ra các giải pháp bê tông đúc sẵn và bê tông hiệu suất cao có tính ứng dụng cao, phù hợp với điều kiện thi công tại Việt Nam và vẫn đảm bảo các tiêu chuẩn quốc tế khắt khe.

Dấu ấn học thuật và tầm nhìn chiến lược của V-FRC được thể hiện rõ qua vai trò của người sáng lập là PGS.TS Lê Hoàng An, một trong những chuyên gia trẻ tiêu biểu trong lĩnh vực kết cấu và vật liệu xây dựng hiện nay. Sau khi bảo vệ thành công luận án Tiến sỹ chuyên ngành kết cấu tại Đại học Kassel (CHLB Đức), ông tiếp tục hoàn thành nghiên cứu sau tiến sỹ tại Đại học Quốc gia Singapore (NUS), với đề tài ứng dụng bê tông siêu tính năng (UHPC) trong kết cấu liên hợp cho nhà siêu cao tầng. PGS.TS. Lê Hoàng An đã xuất bản nhiều bài báo trên các tạp chí uy tín trong nước và quốc tế, chủ nhiệm một số đề tài cấp quốc gia Nafosted, cấp bộ, và cấp tỉnh liên quan đến các kết cấu mới sử dụng bê tông cốt sợi. Đồng thời, ông cũng đang tham gia giảng dạy tại Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM, nơi ông đã gắn bó 20 năm. Ông là người trực tiếp dẫn dắt các hoạt động R&D của V-FRC, định hình chiến lược phát triển sản phẩm theo hướng khoa học - sáng tạo - ứng dụng cao. Đồng thời, cũng là cầu nối giữa doanh nghiệp và các trung tâm nghiên cứu trong và ngoài nước, tạo nên lợi thế cạnh tranh đáng kể cho V-FRC về mặt công nghệ, tiêu chuẩn thiết kế và khả năng thử nghiệm, kiểm chứng sản phẩm.

SẢN PHẨM MỚI CỦA SỰ KẾT HỢP THẨM MỸ, ĐỘ BỀN VÀ HIỆU QUẢ THI CÔNG

Không chỉ dừng lại ở vai trò nhà sản xuất, V-FRC hiện đang triển khai đồng bộ các giải pháp toàn diện từ vật liệu và kết cấu bê tông cốt sợi hiệu suất cao. Các sản phẩm nổi bật của Công ty đã và đang được ứng dụng tại nhiều dự án quy mô trên cả nước, bao gồm: Mặt dựng kiến trúc (façade) cho công trình cao tầng từ bê tông cốt sợi tự lèn (FRC), kết hợp thẩm mỹ và độ bền; Tấm chắn rác, nắp hố ga, bó vỉa hoa văn 3D, gạch tự chèn, sản xuất từ HPC hoặc ECC, thay thế hiệu quả các giải pháp truyền thống; Cấu kiện siêu mỏng, siêu nhẹ, phục vụ các công trình cải tạo hoặc lắp ghép nhanh với yêu cầu khắt khe về tải trọng và tiến độ.



Hình 1: Nhà xưởng sản xuất và showroom trưng bày sản phẩm của V-FRC



Tấm lát bê tông đúc sẵn khổ lớn hoa văn 3D – Vỉa hè KCN Sonadezi Châu Đức



Nắp đậy mương kĩ thuật công trình Cảng Phước An

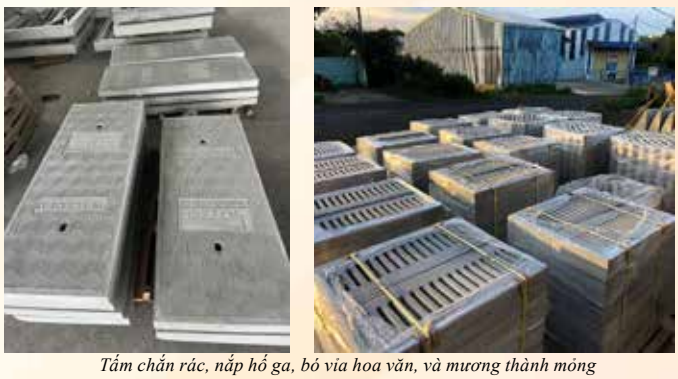


Vỉa hè gạch tự chèn và nắp hố ga bê tông tính năng cao – KCN Loteco

V-FRC cũng đi đầu trong việc ứng dụng các loại bê tông mới như bê tông tái chế, bê tông geopolymer, bê tông dẻo, bê tông nhẹ cường độ cao… vào các giải pháp kết cấu đúc sẵn, thi công và gia cường kết cấu. Việc sử dụng lớp phủ UHPC, kết hợp lưới sợi thủy tinh, CFRP, FRP hay lưới thép mảnh đã được công ty ứng dụng trong gia cố các công trình cũ, góp phần nâng cao tuổi thọ, giảm chi phí và rút ngắn thời gian thi công.

Với phương châm "Bền vững từ sáng tạo và trách nhiệm người kỹ sư", V-FRC không ngừng đổi mới công nghệ, hoàn thiện sản phẩm và cung cấp giải pháp toàn diện trong lĩnh vực xây dựng từ thiết kế kết cấu, chế tạo cấu kiện đúc sẵn đến chuyển giao vật liệu mới, góp phần nâng cao chất lượng công trình và tối ưu chi phí cho nhà đầu tư.❖

CÔNG TY TNHH BÊ TÔNG CỐT SỢI VIỆT NAM (V-FRC)
Trụ sở chính: 418 Lê Văn Việt, Phường Tăng Nhơn Phú A, Thành phố Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam
Hệ thống nhà xưởng:
Nhà xưởng 1: Lô C46 - Khu quy hoạch Cụm Công nghiệp Diên Phú, xã Diên Phú, TP Pleiku, Tỉnh Gia Lai
Nhà xưởng 2: Số 255, Đường Trần Nhật Duật, TP. Pleiku, Tỉnh Gia Lai
Nhà xưởng 3: Cảng Thủy Nội Địa Đức Hạnh, Tổ 14, Khu phố Phước Lộc, phường Tân Phước, thị xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu
Tel: +84 968 876 879
Email: pgslehoangan@gmail.com; hoadonvfrc@gmail.com



Tấm chắn rác, nắp hố ga, bó vỉa hoa văn, và mương thành mỏng



Hình 2: Một số cấu kiện đúc sẵn và dự án V-FRC tham gia

BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 7

BQLDA 7 thuộc Bộ Xây dựng, có trụ sở đặt tại TP.HCM. Đây là đơn vị thực hiện nhiều dự án trọng điểm tại khu vực phía Nam như cầu Cổ Chiên, cầu Mỹ Thuận 2, cao tốc Vĩnh Hảo - Phan Thiết, tuyến tránh TP Cà Mau. Các dự án nâng cấp quốc lộ 1A đoạn qua tỉnh Hậu Giang và Sóc Trăng; Dự án nâng cấp QL53 đoạn Trà Vinh - Long Toàn; Dự án nâng cấp mặt đường tuyến Quản Lộ - Phụng Hiệp.

Hiện nay, BQLDA 7 đang tập trung hoàn thành 2 dự án quan trọng quốc gia gồm, Dự án thành phần cao tốc đoạn Chí Thạnh - Vân Phong (tỉnh Phú Yên) và Dự án thành phần cao tốc đoạn Vân Phong - Nha Trang (tỉnh Khánh Hòa) đã hoàn thành đưa vào khai thác 70/83 km ngày 19/4/2025.

Đối với công tác xây dựng kế hoạch vốn, kế hoạch giải ngân, BQLDA 7 luôn điều chỉnh kịp thời theo từng giai đoạn phù hợp điều kiện thực tiễn, tổ chức nghiệm thu, thanh toán kịp thời, hiệu quả. Với những quyết tâm và nỗ lực của tập thể BQLDA7 đã giải ngân đạt tỷ lệ giải ngân trung bình trên 96,3%, đảm bảo thực hiện đúng kế hoạch Bộ Xây dựng giao.

Với phương châm "Chất lượng, an toàn, tiến độ, hiệu quả", BQLDA 7 sẽ phấn đấu đạt và vượt chỉ tiêu, kế hoạch giải ngân hàng năm và nhiệm kỳ; quyết toán các dự án hoàn thành theo đúng kế hoạch giao; tìm kiếm công ăn việc làm, tạo thu nhập đảm bảo đời sống vật chất và tinh thần cho cán bộ và người lao động.

Đặc biệt, BQLDA 7 tiếp tục đổi mới mạnh mẽ phương thức lãnh đạo, chỉ đạo, phát huy vai trò tiên phong và trách nhiệm nêu gương, lao động sáng tạo, dám nghĩ, dám làm, dám chịu trách nhiệm, nỗ lực phấn đấu hoàn thành tốt các nhiệm vụ chính trị của Ngành và xây dựng Ban QLDA 7 phát triển vững mạnh toàn diện.



Dự án cao tốc Vân Phong - Nha Trang đã hoàn thành từ 19/4/2025.



Ông Lê Quốc Dũng, Bí thư Đảng uỷ, Giám đốc BQLDA 7.



Cầu Mỹ Thuận 2 đã được hoàn thành.

Ban Quản lý dự án Giao thông Khu vực và Chuyên ngành Nông nghiệp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

1939, Quốc lộ 55, Thị trấn Long Điền, Huyện Long Đất, Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

BQLDA Giao thông Khu vực và Chuyên ngành Nông nghiệp tỉnh được thành lập trên cơ sở hợp nhất BQLDA Giao thông khu vực cảng Cái Mép-Thị Vải và BQLDA Chuyên ngành Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn tỉnh. Sau khi được thành lập, đơn vị đã nhanh chóng ổn định tổ chức, bảo đảm hoạt động thông suốt. Trong đó tập trung cho các dự án giao thông trọng điểm của tỉnh như Dự án thành phần 3, cao tốc Biên Hoà - Vũng Tàu, Dự án cầu Phước Án, Dự án đường 991B nối từ quốc lộ 51 vào cụm cảng Cái Mép - Thị Vải. Ngoài ra, BQLDA Giao thông Khu vực và Chuyên ngành Nông nghiệp tỉnh cũng tập trung hoàn thành mục tiêu bảo đảm tiến độ thi công, giải ngân kế hoạch vốn đầu tư công hàng năm đạt từ 80-95% kế hoạch được giao; tăng cường công tác an toàn vệ sinh lao động, phòng, chống cháy nổ, bảo vệ môi trường tại các dự án do BQLDA làm chủ đầu tư.





BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN MỸ THUẬN

• BQLDA Mỹ Thuận được thành lập từ năm 1994 để thực hiện quản lý dự án cầu Mỹ Thuận và các dự án trong khu vực.

• Qua hơn 30 năm hình thành và phát triển, BQLDA Mỹ Thuận đã được Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) tin tưởng và giao nhiệm vụ quản lý nhiều Dự án trọng điểm khu vực phía Nam, tổng số các dự án BQLDA Mỹ Thuận đã và đang quản lý 47 dự án với nhiều nguồn vốn đầu tư khác nhau và luôn hoàn thành tốt nhiệm vụ:

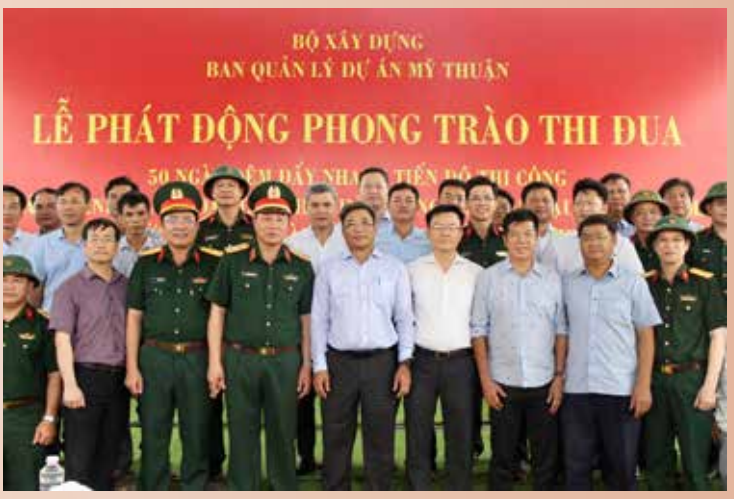
- Các Dự án cầu dây văng đã hoàn thành gồm: cầu Mỹ Thuận, cầu Cần Thơ, cầu Cao Lãnh và cầu Vàm Cống. Các Dự án quan trọng khác như: đường cao tốc TP.HCM - Trung Lương, cao tốc Mỹ Thuận - Cần Thơ, đường Xuyên Á, Dự án đường hành lang ven biển phía nam, Tuyến tránh TP Long Xuyên. Các dự án này đều sử dụng các nguồn vốn khác nhau như vốn tài trợ của Chính phủ Úc, vốn ADB, EDCF, vốn JICA Nhật Bản…

- Các dự án hiện nay mà BQLDA Mỹ Thuận đang triển khai gồm: Dự án đường cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025 đoạn Cần Thơ - Cà Mau, Dự án thành phần 1A đoạn Tân Vạn - Nhơn Trạch, cầu Rạch Miễu 2, Dự án nâng cấp tuyến Cao Lãnh - Lộ Tẻ và Lộ Tẻ - Rạch Sỏi, Dự án đường cao tốc Mỹ An - Cao Lãnh.

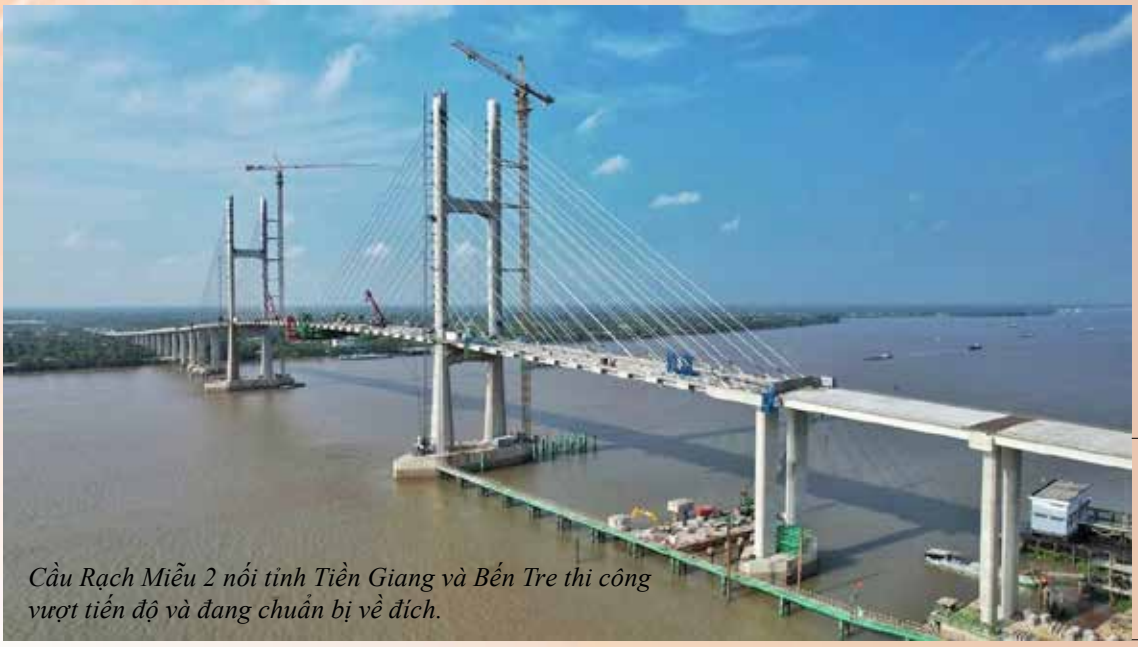
• Ngoài việc tập trung các dự án đang triển khai, BQLDA Mỹ Thuận đang tăng cường công tác đào tạo, phát triển nguồn nhân lực đường sắt. BQLDA Mỹ Thuận đã chủ động ký thỏa thuận hợp tác đào tạo với phân hiệu Trường Đại học Giao thông vận tải (đào tạo quản lý thi công, vận hành các công trình đường sắt tốc độ cao, đường cao tốc và cầu cạn…). Hiện Ban đã cử 18 cá nhân học văn bằng hai chuyên ngành đường sắt tốc độ cao, 03 Kỹ sư học Cao học chuyên ngành đường sắt và 58 cá nhân học bồi dưỡng lớp đường sắt tốc độ cao do Tesdi tổ chức, do các chuyên gia của Nhật Bản giảng dạy.



Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh đến thăm công trường dự án cao tốc Cần Thơ - Cà Mau.



BQLDA phát động phong trào thi đua tại các dự án.



Cầu Rạch Miễu 2 nối tỉnh Tiền Giang và Bến Tre thi công vượt tiến độ và đang chuẩn bị về đích.

Địa chỉ: 1041/80 Trần Xuân Soạn, Phường Tân Hưng, Quận 7, Thành phố Hồ Chí Minh
Điện thoại: 84-28-38410088
Fax: 84-28-38411872
Email: pmumythuan@moc.gov.vn

Quảng Ngãi thực hiện nhiều giải pháp **đảm bảo an toàn giao thông**

> ĐẠI THẮNG

Tiếp tục triển khai thực hiện Năm An toàn giao thông 2025 có chủ đề "Hành trình an toàn, kiến tạo tương lai" với tinh thần "Tính mạng con người là trên hết", từ nay đến cuối năm 2025, Ban ATGT tỉnh Quảng Ngãi tập trung thực hiện đồng bộ nhiều giải pháp để đạt mục tiêu kiềm chế, giảm TNGT so với năm 2024.

Theo đó, tập trung triển khai chỉ thị, chủ trương, kế hoạch, chương trình hành động Ban Bí thư, Chính phủ, Ban Thường trực Tỉnh uỷ, UBND tỉnh Quảng Ngãi về thực hiện các giải pháp bảo đảm TTATGT gắn với chủ đề Năm An toàn giao thông 2025 trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi. Tập trung hơn nữa hiệu quả phong trào thi đua "Cán bộ đảng viên 3 gương mẫu, nhân dân 3 tự giác, doanh nghiệp vận tải và lái xe 3 an toàn" theo Kế hoạch số 179/KH-UBND của Chủ tịch UBND tỉnh Quảng Ngãi.

Thường xuyên đổi mới, đa dạng hóa hình thức, nội dung tuyên truyền, ứng dụng công nghệ số, các cơ quan thông tấn - báo chí, nền tảng mạng xã hội nhằm nâng cao hiệu quả tuyên truyền. Tăng cường tuyên truyền gương người tốt, việc tốt, tận tụy, dũng cảm trong thực hiện nhiệm vụ đảm bảo TTATGT, đấu tranh với các hành vi vi phạm pháp luật về TTATGT, lên án các hành vi đua xe trái phép, gây rối trật tự công cộng và chống người thi hành công vụ.

Tiếp tục thực hiện các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước về vận tải; kiểm tra, siết chặt công tác đào tạo, sát hạch lái xe cơ giới đường bộ, cấp GPLX. Quản lý an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với phương tiện cơ giới đường bộ, phương tiện thủy nội địa; kiểm soát ô tô kinh doanh vận tải hành khách và vận tải hàng hóa bằng container.

Tăng cường thực hiện nhiệm vụ bảo đảm TTATGT đường bộ, đường thủy, nhất là kiểm tra, kiểm soát tải trọng xe, phương tiện thủy, điều kiện an toàn của phương tiện và người lái. Qua công tác tuần tra, kiểm soát và điều tra, xử lý TNGT, kịp thời kiến nghị khắc phục các bất hợp lý về tổ chức giao thông.

Tiếp tục huy động các lực lượng phối hợp, hỗ trợ lực lượng CSGT tổ chức tuần tra khép kín trên các tuyến giao thông trọng điểm, phức tạp nhằm kịp thời phát hiện, xử lý các vi phạm là nguyên nhân chính gây TNGT. Quá trình tuần tra, kiểm soát, xử lý vi phạm phải thượng tôn pháp luật, "không có vùng cấm, không có ngoại lệ", tập trung kiểm soát vi phạm nồng độ cồn, ma túy, tốc độ đối với phương tiện kinh doanh vận tải hàng hóa, hành khách, ô tô cá nhân.

Xử lý nghiêm các cơ sở, cá nhân có hành vi "độ, chế" các loại xe ô tô, mô tô. Phối hợp với Viện Kiểm sát nhân dân, TAND cùng cấp xem xét đưa ra xét xử công khai, lưu động đối với một số vụ án xâm phạm ATGT gây hậu quả đặc biệt nghiêm trọng để tuyên truyền, cảnh báo, phòng ngừa chung.



Từ đầu năm 2025 đến nay, tỉnh Quảng Ngãi đã đóng, xoá 21 lối đi tự mở qua đường sắt và hiện lực lượng chức năng, chính quyền địa phương xây dựng kế hoạch đóng, xoá 28 lối đi tự mở còn tồn tại, nhằm đảm bảo an toàn chạy tàu trên tuyến đường sắt Bắc - Nam qua địa bàn.

Tăng cường quản lý an toàn giao thông đường thủy nội địa, kiên quyết đình chỉ hoạt động các bến đò trái phép, phương tiện không đảm bảo tiêu chuẩn an toàn, không trang bị dụng cụ cứu sinh, cứu đắm (đặc biệt là tuyến đảo Lớn - đảo Bé thuộc địa bàn huyện Lý Sơn). Các đơn vị, lực lượng chức năng địa phương thường xuyên phối hợp kiểm tra TTATGT đường sắt, tham mưu chính quyền cùng cấp bố trí người hướng dẫn, cảnh giới tại các vị trí đường ngang có nguy cơ cao xảy ra TNGT. Tiếp tục tổ chức thực hiện Quyết định số 358/QĐ-TTg ngày 10/3/2020 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án đảm bảo TTATGT và xử lý dứt điểm lối đi tự mở qua đường sắt.

Tăng cường công tác quản lý, bảo trì kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ trên các tuyến đường được giao quản lý; thực hiện nghiêm quy định về quản lý hành lang ATGT; thường xuyên rà soát, phát hiện, kiến nghị, khắc phục kịp thời các điểm đen, điểm tiềm ẩn TNGT và các bất hợp lý trong tổ chức giao thông.

A-GROUP

Kiến tạo
CÔNG TRÌNH BỀN VỮNG
CHẠM ĐẾN KHÔNG GIAN
Hoàn mỹ



TƯ VẤN - THIẾT KẾ - XÂY DỰNG - NỘI THẤT - SÂN VƯỜN









A-GROUP
ĐƠN VỊ THIẾT KẾ THI CÔNG

0931 2222 81
0941 2222 81

TP. Rạch Giá : P31-19, Tôn Đức Thắng, KĐT Phú Cường, P. An Hòa
TP. Phú Quốc : Đường Dương Đông Cửa Cạn, KP10, P. Dương Đông
TP. HCM : 524 Lý Thường Kiệt, P.7, Q. Tân Bình

QUÉT MÃ NGAY
Để biết thêm
thông tin chi tiết

PETROLIMEX

NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX

Nhà cung cấp nhựa đường hàng đầu Việt Nam

HỆ THỐNG NHÀ MÁY, CHI NHÁNH



NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG THƯỢNG LÝ (HẢI PHÒNG)

Số 1 Hùng Vương - P. Sở Dầu - Q. Hồng Bàng - TP. Hải Phòng
Sức chứa kho bể : 9,100 tấn (15 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX HẢI PHÒNG

Số 1 Hùng Vương - P. Sở Dầu - Q. Hồng Bàng - TP. Hải Phòng

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG CỬA LÒ (NGHỆ AN)

Phường Nghi Tân - Thị xã Cửa Lò - Nghệ An
Sức chứa kho bể : 5,400 tấn (24 bể)

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG THỌ QUANG (ĐÀ NẴNG)

Số 100 Yết Kiêu - Phường Thọ Quang - Q. Sơn Trà - TP. Đà Nẵng
Sức chứa kho bể : 6,550 tấn (8 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX ĐÀ NẴNG

Tầng 8 - Toà nhà Petrolimex Đà Nẵng - Số 122 Đường 2/9 Bình Thuận
Hải Châu - TP. Đà Nẵng

Q.Đ Hoàng Sa

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG QUY NHƠN (BÌNH ĐỊNH)

KV Cảng Quy Nhơn - Số 2 Phan Chu Trinh - TP. Quy Nhơn - Bình Định
Sức chứa kho bể : 3,500 tấn (3 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX BÌNH ĐỊNH

Tầng 5 - Số 1 Đinh Bộ Lĩnh - P. Lê Lợi - TP. Quy Nhơn - Bình Định

BIỂN ĐÔNG

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG CAM RANH (KHÁNH HÒA)

Cảng Cam Ranh - Phường Cam Linh - TP. Cam Ranh - Tỉnh Khánh Hoà
Sức chứa kho bể: 8,100 tấn (15 bể)

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG NHÀ BÈ (TP. HCM)

kho dầu B - Tổng kho dầu Nhà Bè - Huyện Nhà Bè - TP. Hồ Chí Minh
Sức chứa kho bể : 9,000 tấn (17 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX SÀI GÒN

Tầng 6 - Toà nhà VOV - Số 7 Nguyễn Thị Minh Khai - Quận 1 - TP. HCM

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG TRÀ NÓC (CẦN THƠ)

Khu công nghiệp Trà Nóc 1 - Quận Bình Thuỷ - TP. Cần Thơ
Sức chứa kho bể : 6,400 tấn (7 bể)

Q.Đ Trường Sa

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX CẦN THƠ

Khu công nghiệp Trà Nóc 1 - Q. Bình Thuỷ - TP. Cần Thơ

HABECO Est. 1890

BIA HƠI HÀ NỘI
THƯƠNG HIỆU QUỐC GIA



NGƯỜI DƯỚI 18 TUỔI KHÔNG ĐƯỢC UỐNG RƯỢU, BIA

TEDI

TỔNG CÔNG TY TƯ VẤN THIẾT KẾ GIAO THÔNG VẬN TẢI – CTCP (TEDI)



Cầu Mỹ Thuận 2



Cao tốc Vân Đồn - Móng Cái

Chúc mừng

100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

Khởi tạo giá trị bền vững của mỗi công trình xây dựng

TEDI tiền thân là Viện Thiết kế Giao thông vận tải, thành lập vào ngày 27/12/1962. Với hơn 1.600 cán bộ, công nhân viên, TEDI là đơn vị tư vấn duy nhất tại Việt Nam có thể cung cấp đầy đủ dịch vụ tư vấn lập quy hoạch, tư vấn KSTK và tư vấn BIM các lĩnh vực xây dựng cơ sở hạ hạ tầng giao thông vận tải gồm: Đường bộ; đường sắt; cảng Hàng không, sân bay; cảng biển và đường thủy nội địa.

Trong hơn 60 năm hoạt động trong lĩnh vực tư vấn thiết kế công trình giao thông, TEDI vinh dự đón nhận các phần thưởng cao quý của Nhà nước trao tặng, như: Anh hùng Lao động, Huân chương Hồ Chí Minh, Huân chương Độc lập, Huân chương Lao động.

TEDI đã đạt được nhiều giải thưởng cho các công trình do Nhà nước và các tổ chức quốc tế trao tặng.

Là một trong những đơn vị tư vấn hàng đầu của Việt Nam có mối quan hệ với hơn 70 đối tác tư vấn quốc tế, TEDI đã áp dụng các tiến bộ khoa học công nghệ mới tiên tiến từ nước ngoài và ứng dụng hiệu quả trong lĩnh vực tư vấn xây dựng các công trình giao thông tại Việt Nam.

TEDI luôn hướng tới mục tiêu phát triển toàn diện, bền vững cả về chất và lượng. Các công trình giao thông do TEDI tư vấn khảo sát thiết kế trong suốt thời gian qua đã góp phần không nhỏ trong sự nghiệp xây dựng và phát triển hạ tầng giao thông của đất nước.

TRỤ SỞ
278 Tôn Đức Thắng, quận Đống Đa, TP. Hà Nội

CHI NHÁNH TẠI TP. HỒ CHÍ MINH
15A Hoàng Hoa Thám, quận Bình Thạch

+84.2438.514.431 *+84.2438.514.980*

www.tedi.vn *tedi@tedi.com.vn*

CÔNG TY CỔ PHẦN CẤP THOÁT NƯỚC KHÁNH HÒA

Địa chỉ: 58 Yersin - Nha Trang - Khánh Hòa
Điện thoại: (0258) 3822315 - 3828807.
Fax: (0258) 3810740 - 3819144
Website: ctnkh.com.vn - Email: support@ctnkh.com.vn
Tổng giám đốc: Nguyễn Văn Đảm

NƯỚC LÀ SỰ SỐNG - BẢO VỆ NGUỒN NƯỚC LÀ QUYỀN LỢI VÀ TRÁCH NHIỆM CỦA CHÚNG TA



CÔNG TY CỔ PHẦN

MÔI TRƯỜNG ĐÔ THỊ ĐÀ NẴNG

471 NÚI THÀNH, PHƯỜNG HOÀ CƯỜNG NAM, QUẬN HẢI CHÂU, TP. ĐÀ NẴNG

Chúc mừng

100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)



SỞ XÂY DỰNG TỈNH AN GIANG

Địa chỉ: Số 99, đường Trần Quang Diệu, phường Mỹ Hòa, thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang.
Điện thoại: 0296.3.852105 - 3.957.567 - Fax : 0296.3.856513 - Email: soxaydung@angiang.gov.vn

Chúc mừng **100** NĂM

Ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam





Sở Xây dựng tỉnh An Giang là cơ quan chuyên môn thuộc Ủy ban nhân dân tỉnh, thực hiện chức năng: Tham mưu, giúp Ủy ban nhân dân tỉnh quản lý nhà nước về: Quy hoạch xây dựng; kiến trúc; hoạt động đầu tư xây dựng; phát triển đô thị; hạ tầng kỹ thuật; nhà ở; công sở; thị trường bất động sản; vật liệu xây dựng; đường bộ, đường thủy nội địa; vận tải; an toàn giao thông; quản lý khai thác, duy tu, bảo trì hạ tầng giao thông đường tỉnh và quốc lộ được ủy thác, gồm: cầu đường bộ, dải phân cách, hệ thống biển báo hiệu đường bộ, đèn tín hiệu điều khiển giao thông, bến xe, bãi đỗ xe, trên địa bàn tỉnh.

Thực hiện một số nhiệm vụ, quyền hạn khác theo quy định của pháp luật và theo phân cấp hoặc ủy quyền của Ủy ban nhân dân tỉnh, Chủ tịch Ủy ban nhân dân tỉnh và theo quy định của pháp luật.

LÃNH ĐẠO SỞ:

Giám đốc Nguyễn Phú Tân	Email: nptan@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Trần Thanh Vũ	Email: ttvu@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Phan Duy Quang	Email: pdquang@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Ngọc Vệ	Email: nnve@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Thanh Cường	Email: ntcuong@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Thanh Sang	Email: ntsang@angiang.gov.vn

VĂN PHÒNG SỞ:

Chánh Văn phòng Nguyễn Hồng Linh	Email: nhlinh02@angiang.gov.vn
Phó Chánh Văn phòng Trương Văn Bằng	Email: tvbang@angiang.gov.vn
Phó Chánh Văn phòng Phạm Minh Tiến	Email: pmtien@angiang.gov.vn
Phó ChánhVăn phòng Huỳnh Minh Dương	Email: hmduong@angiang.gov.vn

THANH TRA SỞ:

Chánh Thanh tra Võ Hoàng Thạch	Email: vhthach@angiang.gov.vn
Phó Chánh Thanh tra Nguyễn Đăng Nhật	Email: ndnhat@angiang.gov.vn
Phó Chánh Thanh tra Nguyễn Ngọc Tân	Email: nntan@angiang.gov.vn
Phó Chánh Thanh tra Huỳnh Ngọc Sang	Email: hnsang02@angiang.gov.vn

PHÒNG QUẢN LÝ HẠ TẦNG:

Trưởng phòng Lâm Vĩnh Cường	Email: lvcuong01@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Cao Thị Thu Loan	Email: ctlloan@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Lê Văn Bình	Email: lvbinh@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Nguyễn Thành Luân	

PHÒNG KINH TẾ - QUẢN LÝ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG:

Trưởng phòng Đặng Tiến Hưng	Email: dthung@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Đặng Thanh Huyền	Email: dthuyen@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Trần Ngọc Hiếu Ân	Email: tnhan@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Lê Cao Lịch	Email: kdich@angiang.gov.vn

PHÒNG QUY HOẠCH-KIẾN TRÚC VÀ ĐÔ THỊ:

Trưởng phòng Lâm Hùng Tài	Email: lhtai@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Phan Minh Tố Mai	Email: pmtmai@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Huỳnh Hồng Huy	Email: hhhuy01@angiang.gov.vn

PHÒNG QUẢN LÝ NHÀ VÀ THỊ TRƯỜNG BẤT ĐỘNG SẢN:

Trưởng phòng Lê Minh Diệt	Email: lmdiet@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Tô Bích Thủy	Email: tbthuy@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Thang Nguyên Đạt	Email: tndat@angiang.gov.vn

QUẢN LÝ VẬN TẢI, PHƯƠNG TIỆN VÀ NGƯỜI LÁI:

Trưởng phòng Nguyễn Thanh Kỳ	Email: ntky@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Lê Quốc Hưng	Email: lqhung03@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Huỳnh Trí Minh	Email: htminh@angiang.gov.vn

KẾ HOẠCH - TÀI CHÍNH:

Trưởng phòng Hồ Thị Mỹ Tuyền	Email: htmtuyen01@angiang.gov.vn
Phó Trưởng phòng Võ Phú Hiền	Email: vphien01@angiang.gov.vn

CẢNG VỤ ĐƯỜNG THỦY NỘI ĐỊA:

Giám đốc Trương Khiết Quang	Email: tkquang@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Võ Minh Chánh	Email: vmchanh@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Võ Ngọc Hiền	Email: vnhien@angiang.gov.vn

BAN QUẢN LÝ BẢO TRÌ ĐƯỜNG BỘ:

Giám đốc Bùi Lê Anh Tài	Email: blatai01@angiang.gov.vn

TRUNG TÂM GIÁO DỤC NGHỀ NGHIỆP GIAO THÔNG VẬN TẢI AN GIANG:

Giám đốc Khưu Phong Nhã	Email: kpnha@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Lê Hoàng Diệu	Email: lhdieu01@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Công Bằng	Email: ncbang02@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Trung Hiếu	Email: nthieu19@angiang.gov.vn

TRUNG TÂM ĐĂNG KIỂM PHƯƠNG TIỆN THỦY, BỘ AN GIANG:

Giám đốc Nguyễn Thiện Bằng	Email: ntbang@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Hồ Minh Ức	Email: hmuc@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Trung Hiếu	Email: nthieu02@angiang.gov.vn

TRUNG TÂM TƯ VẤN VÀ KIỂM ĐỊNH XÂY DỰNG:

Giám đốc Trần Anh Quân	Email: taquan@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Thanh Xuyên	Email: ntxuyen@angiang.gov.vn
Phó Giám đốc Nguyễn Hữu Phước	Email: nhphuoc09@angiang.gov.vn

CÔNG TY TNHH
THƯƠNG MẠI VÀ DỊCH VỤ VẬN TẢI KYHATY



BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP TỈNH QUẢNG NGÃI

Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)



Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng các công trình dân dụng và công nghiệp tỉnh Quảng Ngãi là chủ đầu tư Dự án Trung tâm Hội nghị và Triển lãm tỉnh Quảng Ngãi.

GELEXIMCO









Trụ sở: 36 Hoàng Cầu - Đống Đa - Hà Nội

geleximco.vn

0243.514.1199

info@geleximco.vn

CÔNG TY THOÁT NƯỚC VÀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÀ NẴNG

DA NANG DRAINAGE AND WASTEWATER TREATMENT COMPANY

18 Hồ Nguyên Trừng, P. Hòa Cường Nam, Q. Hải Châu, TP Đà Nẵng

Giám đốc: ThS HÀ VĂN THÀNH



CÔNG TY TNHH
XÂY DỰNG PHÁT TRIỂN THÁI ANH ĐÀ NẴNG

Chúc mừng

100 NĂM NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)



■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Mô hình quản lý không gian công cộng ven biển chia sẻ TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang

A shared coastal public space management model: the case of Phu Quoc City, Kien Giang province

NCS HÀ VĂN THANH KHƯƠNG

TÓM TẮT

Phú Quốc - một đặc khu, một đô thị biển đảo có sức hút phát triển du lịch với hệ sinh thái đa dạng, hoang sơ đã được xác định trở thành trung tâm dịch vụ du lịch mang tầm vóc quốc tế với không gian sống có chất lượng và gắn bó với người dân trên đảo với một thành phần quan trọng rất có giá trị, đặc trưng của đô thị là các không gian công cộng (KGCC) ven biển. Hơn 20 năm qua, Phú Quốc với vị thế riêng đã trở thành đô thị có sức hút lớn với các doanh nghiệp đầu tư tư nhân đã góp phần tạo nên sự thay đổi lớn bộ mặt đô thị, đặc biệt là khu vực ven biển.. Đây có thể coi chính là động lực phát triển nhanh, bền vững các KGCC ven biển có chất lượng cao được quản lý, đầu tư xây dựng, vận hành, chia sẻ với cộng đồng dựa trên sức mạnh của kinh tế tư nhân chủ động tham gia, chia sẻ trách nhiệm, hài hòa lợi ích của các bên.

Bài viết phân tích, nhận diện các đặc điểm KGCC ven biển TP Phú Quốc, kinh nghiệm quốc tế và đề xuất Mô hình quản lý KGCC ven biển chia sẻ với sự tham gia của Nhà nước - Nhà đầu tư - Cộng đồng.

Từ khóa: Quản lý đô thị; quy hoạch đô thị; không gian công cộng; không gian công cộng ven biển; sự tham gia cộng đồng,

ABSTRACT

Phu Quoc - an island urban area with a diverse and pristine ecosystem - has been oriented to become an international-scale tourism and service center. In the process of urban development, coastal public spaces (CPS) play a crucial role in both preserving local identity and enhancing quality of life by fostering connections between local communities and the natural environment. Over the past two decades, the strong engagement of the private sector has significantly transformed coastal areas, creating momentum for the development of high-quality CPS that are well-invested, operated, and shared with the community.

This article analyzes the distinctive characteristics of CPS in Phu Quoc, assesses the role of private investment in the management and development of these spaces, and compares international experiences to propose a shared coastal public space governance model. This model emphasizes the coordinated participation of the State - Investors - Community, aiming for sustainable development, balanced interests, and the preservation of coastal spatial identity.

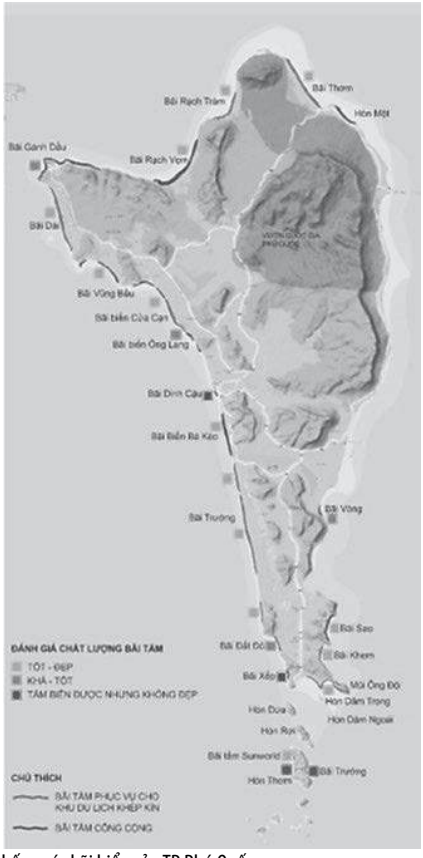
Keywords: Urban management; urban planning; public space; coastal public space; community participation.

1. NHẬN DIỆN VÀ ĐẶC ĐIỂM KGCC VEN BIỂN TP PHÚ QUỐC

Trên thế giới các thành phố được quy hoạch, xây dựng và quản lý đang thay đổi nhanh chóng, việc cung cấp KGCC trong các thành phố và các dự án phát triển mới đã trở thành một yếu tố quan trọng để tăng sức hấp dẫn, sự hài lòng, khuyến khích một cuộc sống đô thị lành mạnh. KGCC rất quan trọng vì chúng là không gian tương tác giữa con người với nhau; tiếp cận các hoạt động thương mại và dịch vụ công cộng; cung cấp không gian để giải trí, tập thể dục và tái tạo, đẩy mạnh giáo dục và văn hoá; thúc đẩy tính giao lưu và tự do ngôn luận; có ý nghĩa quan trọng đối với ký ức cá nhân, tập thể và bản sắc cộng đồng; có ý nghĩa sống còn trong việc tích hợp các hệ sinh thái kiến trúc và xác định hình ảnh của thành phố; là một trong những công cụ chính để chính quyền xây dựng sự giàu có về kinh tế - xã hội và nâng cấp không gian đô thị.

Trong xã hội hiện đại, việc cung cấp các KGCC thường được thúc đẩy bởi động cơ vì lợi nhuận và hoàn vốn đầu tư hơn là lợi ích công cộng. Phát triển KGCC thường không phải là nỗ lực chủ yếu của chính quyền, công chúng mà liên quan đến sự tham gia đáng kể của khu vực tư nhân từ giai đoạn lập quy hoạch, cấp vốn, xây dựng và quản lý. Nhiều kinh nghiệm cũng cho thấy các đô thị đều có khả năng nâng cao năng lực xây dựng và duy trì KGCC chất lượng cao thông qua sự tham gia của các chủ thể tư nhân.

TP Phú Quốc với đặc điểm là đảo, với 04 mặt giáp biển nên đặc điểm các KGCC ven biển có sự khác biệt với các đô thị lớn, các thành phố ven biển tại Việt Nam. Trong đó, KGCC ven biển TP Phú Quốc là các không gian mở, bán tự nhiên hoặc nhân tạo, nằm trong khu vực ven biển của TP Phú Quốc có những đặc điểm riêng biệt gồm: các bãi biển và công viên ven biển (khu vực bãi tắm biển và các công viên được xây dựng dọc theo bờ biển); Quảng trường biển và các không gian kết nối xuống biển (bao gồm các quảng trường được xây dựng gần biển, các dải cây xanh hoặc đường giao thông tạo điều kiện cho cộng đồng tiếp cận không gian biển). Cụ thể:



Hình 1. Hệ thống các bãi biển của TP Phú Quốc

a. Bãi biển và bãi tắm công cộng

Theo thống kê, các bãi biển và bãi tắm công cộng dài khoảng 150km đường bờ biển, trong đó các bãi tắm chiều dài khoảng 73,9km và còn lại là các bờ đá ven biển. Các bãi tắm công cộng chủ yếu gắn liền với các công viên ven biển: gồm 21 bãi biển và công viên ven biển. Tuy nhiên một số bãi biển đã gắn với các không gian của các khu du lịch tương đối khép kín hạn chế quyền tiếp cận của cộng đồng, cụ thể:

+ 09 bãi biển và công viên ven biển, dài 46,1 km, phục vụ cho cộng đồng.

+ 11 bãi biển và công viên ven biển, dài 34,5 km, gắn liền với các khu du lịch khép kín, có hạn chế tiếp cận của cộng đồng.

Bảng 1. Hệ thống các bãi biển và công viên ven biển TP Phú Quốc

STT	Tên bãi biển	Bãi biển và công viên ven biển công cộng (Km)	Bãi biển và công viên ven biển công cộng (Km)
1	Bãi Vòng	3,5	
2	Bãi Sao	2,1	
3	Bãi Khem	0,5	1
4	Bãi Mũi Ông Đọi		1,8
5	Bãi Xếp	1,8	
6	Bãi Cầu Hôn		0,7
7	Bãi Đất Đỏ	1,2	
8	Bãi Vựa Muối		1,9
9	Bãi Trường	8,6	
10	Bãi Bà Kèo		2,6
11	Bãi Dinh Cậu	0,4	
12	Bãi Trần Phú	2,5	
13	Bãi Ông Lang		2,3
14	Bãi Cửa Cạn		4
15	Bãi Vũng Bầu		3,6
16	Bãi Dài		3,6
17	Bãi Gành Dầu	3,3	
18	Bãi Rạch Vẹm		3,2
19	Bãi Rạch Tràm		2,3
20	Bãi Thơm		6,6
21	Bãi biển phía Đông từ Hòn Một đến Bãi Vòng	25,3	
	Phần còn lại là các Bãi Đá (không tính vào bãi tắm)	*69,4*	
	TỔNG	**46,1**	**34,5**

b. Quảng trường ven biển

Hệ thống quảng trường ven biển TP Phú Quốc cũng có sự phân biệt giữa hệ thống các quảng trưởng do nguồn lực nhà nước đầu tư và khối tư nhân đầu tư xây dựng và vận hành.

Quảng trường biển và dải cây xanh kết nối xuống biển hiện đã được nhà nước đầu tư 2 khu quảng trường (bãi Bà Kèo (đường số 13) và bãi Dinh Cậu) và Tư nhân đầu tư 05 khu quảng trường (Bãi Khem, Bãi Cầu Hôn, Bãi Vựa Muối, Bãi Trường (Bimgroup) và Bãi Dài). Còn 14 khu quảng trường theo quy hoạch chưa được đầu tư, đây là các khu vực tiềm năng, cần có mô hình quản lý đầu tư xây dựng, vận hành hợp lý nhằm sớm xây dựng đưa vào sử dụng phục vụ người dân, du khách và cộng đồng.

c. Đường ven biển

TP Phú Quốc và tỉnh Kiên Giang đã đầu tư xây dựng nhiều tuyến đường ven biển, tạo nên kết nối trực tiếp của người dân với biển như: Dự án Đường số 13 (khu du lịch Bà Kèo - Cửa Lấp giai đoạn 1); Dự án Nâng cấp bờ kè và công viên Bạch Đằng; Dự án Nâng cấp bờ kè và công viên Bạch Đằng; Dự án Đường ven biển Bãi Trường (2021-2023).

Trong đó, dự án Tuyến đường ven biển Bãi Trường đi qua 39 dự án có mặt biển đã tạo nên một tuyến đi bộ dọc biển lý tưởng, góp phần hoàn chỉnh cơ sở hạ tầng, nhu cầu tiếp cận biển của cộng đồng dân cư, kết nối các quảng trường dọc biển và các dự án liền kề. Dự án được phê duyệt theo Quyết định số 7223/QĐ-UBND ngày 30/12/2020, dài khoảng 10,6km, tổng mức đầu tư khoảng 124 tỷ đồng. Tuyến đường có mặt cắt ngang dãy cây xanh không xây dựng công trình 10m (chủ đầu tư quản lý), đường đi bộ 6m, phần hành lang cây xanh (không xây dựng công trình) 10m, hành lang biển 50m, tổng cộng 76m.

Dự án thực hiện với hình thức đầu tư xây dựng do Nhà nước và Doanh nghiệp cùng làm, đã có sự chia sẻ, phối hợp, thỏa thuận giữa nhà nước và doanh nghiệp trong thực hiện vận hành dự án.



Hình 2. Hiện trạng tuyến đường ven biển Bãi Trường

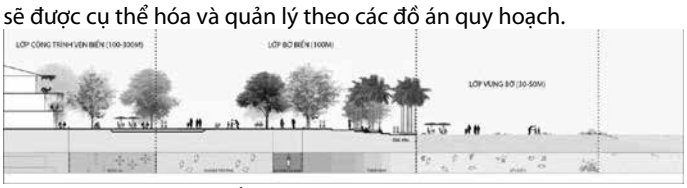
2. BA LỚP, BỐN PHÂN VÙNG VÀ 12 PHÂN KHU QUẢN LÝ KGCC VEN BIỂN TP PHÚ QUỐC

Ba lớp không gian ven biển

Lớp vùng bờ: Lớp đầu tiên tính từ đường giới hạn (đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm) về phía đất liền, có chiều rộng từ 30m (bãi đá) - 50m (bãi cát); Là lớp không gian là không được xây dựng công trình gồm 23 khu vực được xác định cụ thể theo Quyết định số 2044/QĐ-UBND ngày 20/08/2021 của UBND tỉnh Kiên Giang về phê duyệt danh mục các khu vực phải thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển. Các ranh giới lớp vùng bờ đã được cụ thể hóa trong các đồ án quy hoạch, dự án đầu tư xây dựng ven biển TP Phú Quốc. Các KGCC ven biển thuộc 23 khu vực kiểm soát có thể được đầu tư xây dựng công trình trong giới hạn từ 30-50m phù hợp với các đồ án quy hoạch, dự án đã được phê duyệt.

Lớp bờ biển: Là lớp thứ hai, tính từ đường giới hạn (đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm) về phía đất liền, có chiều rộng từ 100m; Là lớp không gian không được xây dựng công trình và phải thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển gồm 7 khu vực thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển theo quy định tại Khoản 1, Điều 79 của Luật Tài nguyên, Môi trường biển và Hải đảo. Ngoài một số khu vực nằm trong 23 khu vực theo Quyết định số 2044/QĐ-UBND ngày 20/08/2021 được phép xây dựng công trình trong giới hạn 30-50m. Các khu vực ven biển còn lại đều là khu vực không đầu tư xây dựng các công trình, KGCC ven biển lớp thứ hai này chủ yếu là các bãi tắm, bãi cát, bãi đá, quảng trường, công viên cây xanh.

Lớp công trình ven biển: Là lớp thứ ba, tính từ đường giới hạn (đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm) về phía đất liền có chiều rộng từ 100-300m, là lớp không gian được phép xây dựng các công trình, xây dựng các không gian công cộng kết hợp công trình, quảng trường và các công trình tiện tích, dịch vụ ven biển, công viên, vườn hoa... Các chức năng KGCC ven biển sẽ được cụ thể hóa và quản lý theo các đồ án quy hoạch.



Hình 3. Ba lớp KGCC ven biển TP Phú Quốc

Bốn vùng kiểm soát

Phân vùng KGCC ven biển Phú Quốc cần được xét đến khai thác các vùng phát triển chức năng được chia làm 04 phân vùng lớn phù hợp theo định hướng của QHCPQ2040 và đặc điểm về địa hình, điều kiện tự nhiên của TP Phú Quốc gồm Vùng A - Vùng bảo tồn, bảo vệ; Vùng B - Vùng phát triển đô thị phía Tây; Vùng C - Vùng phát triển đô thị phía Tây Nam; Vùng D - Quần đảo Nam An Thới

Mười hai phân khu phát triển

Hệ thống các KGCC ven biển TP Phú Quốc được quản lý theo 12 phân khu phát triển bằng công cụ quy hoạch của 12 đồ án án QHPK theo các ranh giới được QHCPQ2040 xác lập. Hệ thống 12 đồ án QHPK sẽ quy định các nội dung về không gian, chức năng sử dụng, công trình kiến trúc, giao thông, hạ tầng kỹ thuật… phục vụ cho các KGCC ven biển.

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VÀ VIỆT NAM TRONG QUẢN LÝ KGCC VEN BIỂN

KGCC ven biển TP Hạ Long

KGCC của TP Hạ Long gồm các bãi tắm biển, quảng trường, công viên, các tuyến phố đi bộ. KGCC được thiết kế khá đẹp, hội tụ các yếu tố cơ bản của đô thị hiện đại. Dù đã được đầu tư về nhiều mặt nhưng nhìn chung KGCC ven biển vẫn còn có nhiều hạn chế như việc khai thác và sử dụng KGCC chưa hiệu quả, thiếu các không gian để tổ chức các sự kiện, lễ hội, các bãi tắm thiếu các dịch vụ tiện ích. Bên cạnh đó, khoảng gian mở hướng ra biển bị hạn chế bởi các công trình thuơng mại dịch vụ, hàng quán. Tỉnh Quảng Ninh đã ban hành các văn bản quy định về quản lý các bãi tắm trên địa bàn tỉnh để khai thác tốt nhất các bãi tắm, các dịch vụ trên mặt biển để phục vụ cộng đồng.

KGCC ven biển TP Đà Nẵng

KGCC ven biển thành phố tập trung chủ yếu ở phía Bắc của bờ biển thành phố, khoảng cách đi lại ngắn, mọi người đều có thể tiếp cận những không gian với đầy đủ dịch vụ và chất lượng cao. Không gian kiến trúc cảnh quan của các KGCC, bãi biển còn đơn điệu, HTKT về xử lý môi trường còn hạn chế, tác động tiêu cực đến chất lượng cuộc sống người dân và du khách. Tổ chức giao thông kết nối từ các khu chức năng của đô thị tới các KGCC ven biển chưa tốt, các hoạt động ven biển chưa kết nối với mặt biển bằng các đường cầu dẫn ra biển, thiếu các bãi xe công cộng làm đầu mối giao thông.

TP Đà Nẵng đã học hỏi theo kinh nghiệm của các đô thị trên thế giới như Miami (Mỹ), Rio de Janero (Brazil), Cancun (Mexico), đó là phân chia KGCC ven biển thành hai khu vực công cộng và riêng tư vừa đảm bảo phục vụ cộng đồng và khuyến khích khu vực tư nhân trong phát triển kinh tế nói chung và KGCC ven biển nói riêng.

KGCC ven biển TP Nha Trang

Loại hình không gian mở và cây xanh chủ yếu là dạng tĩnh, các điểm công viên giải trí có tính động chưa được đầu tư nhiều về chất lượng và đang ngày càng xuống cấp, giảm thu hút đối với du khách. Hiện trạng quỹ đất khai thác cho các hoạt động dịch vụ công cộng và du lịch ven biển chiếm tỷ lệ khoảng 5,32%, chưa phát huy hiệu quả của KGCC ven biển. Năm 2019, UBND tỉnh Khánh Hoà ban hành quy chế cụ thể quản lý quy hoạch, kiến trúc khu đô thị ven biển TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hoà.

Luật bờ biển cộng hòa Pháp

Luật quy định các nguyên tắc bắt buộc trong công tác quản lý vùng bờ như: tạo sự phát triển liên tục của các khu vực dân cư ven biển hiện hữu, tránh phát triển theo "vệt dầu loang"; hạn chế mở rộng khu vực đô thị hóa ra gần mép nước; thiết lập hành lang không đô thị hóa rộng 100m dọc mép nước; bảo vệ các khu vực cảnh quan thiên nhiên, sinh thái, điểm nhìn đẹp; cấm xây dựng mới các đường giao thông chính trong khoảng cách 2000m tính từ mép nước

Luật quản lý vùng bờ biển tại Mỹ

Luật quản lý vùng ven biển (Coastal Zone Management Act) được Mỹ thông qua năm 1972 nhằm tăng cường sự tham gia và phối hợp của các bên liên quan trong việc quản lý vùng ven biển, cân bằng và điều tiết về lợi ích ở vùng ven biển giữa các nhóm. CZMA cho phép các tiểu bang xây dựng kế hoạch quản lý vùng ven biển và có thể điều chỉnh chương trình quản lý vùng ven biển phù hợp với bối cảnh và nhu cầu của Bang mình.

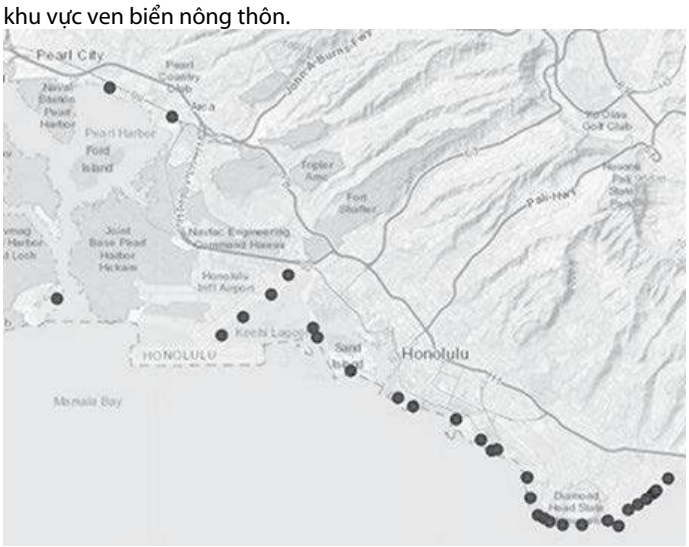
Trong đó, các chính sách ưu tiên gồm: (1) bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, (2) quản lý phát triển vùng ven biển để giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản do không tính toán đến lũ lụt, bão, NBD, lún đất, xâm nhập mặn, (3) cải thiện, bảo vệ và phục hồi chất lượng nước vùng bờ biển, bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, (4) ưu tiên cho mục đích sử dụng ven biển như: quốc phòng, năng lượng, phát triển thuỷ sản, vui chơi giải trí, bến cảng và giao thông vận tải, (5) tiếp cận công cộng tới các bờ biển để phục vụ cho các mục đích giải trí, (6) hỗ trợ trong việc tái phát triển cảnh quan đô thị ven biển, bảo tồn và phục hồi khu vực tính chất lịch sử, văn hóa và

thẩm mỹ, (7) kiểm soát ô nhiễm cơ sở nuôi trồng thủy sản trong khu vực ven biển.

Quyền tiếp cận bờ biển ở Honolulu

Nature Resources and Public Open Space coi "Không gian mở" là một thuật ngữ rộng liên quan đến các khu vực thường không có tòa nhà nhưng có thể bao gồm các công viên, không gian giải trí, khu bảo tồn thiên nhiên hoặc không gian tụ tập công cộng. Họ có thể cung cấp các tiện ích công cộng như ghế dài, bàn nhỏ, ánh sáng và các tính năng về nước. Chúng thường có cảnh quan đẹp và phục vụ nhiều mục đích (giữ nước mưa, bảo tồn lịch sử và văn hóa, bảo tồn thiên nhiên, ngắm cảnh và tạo địa điểm).

Quyền tiếp cận bờ biển: Với số lượng các dự án phát triển mới, điều quan trọng là công chúng không bị mất khả năng tiếp cận các khu vực bờ biển. Có thể cần phải có những yêu cầu chặt chẽ hơn về quyền sử dụng đất công cộng áp đặt trên đất tư nhân. Chính sách hoạt động của Thành phố là cung cấp quyền tiếp cận bãi biển cứ sau 1/4 dặm ở các khu vực ven biển đô thị và cứ 1/2 dặm ở các khu vực ven biển nông thôn.



Hình 4. Các điểm tiếp cận bờ biển công cộng ở Honolulu

4. YÊU CẦU QUẢN LÝ KGCC VEN BIỂN TP PHÚ QUỐC

TP Phú Quốc là đô thị biển đảo, có những điều kiện đặc thù về tự nhiên, cảnh quan, khí hậu, do vậy các KGCC ven biển TP Phú Quốc cần có các yêu cầu về quản lý được xét với mọi đối tượng, loại hình KGCC ven biển nhằm đảm bảo hạn chế tối đa các tác động tiêu cực đến sự phát triển bền vững của đảo Phú Quốc.

Dựa trên các nhận diện, phân tích về phân vùng KGCC ven biển Phú Quốc cần đảm bảo các yêu cầu tập trung vào 09 nhóm nội dung: (1) Phân vùng quản lý, (2) Tiêu chí quản lý (3) Mô hình quản lý, (4). Bộ máy quản lý, (5) Cơ chế & chính sách, (6) Sự tham gia của 3 khu vực nhà nước- tư nhân- cộng đồng dân cư, (7) Công cụ quản lý, (8) Ứng dụng khoa học công nghệ, (9) Phát triển bền vững & ứng phó BĐKH với các yêu cầu quản lý, cụ thể như sau.

Bảng 2. Yêu cầu quản lý KGCC ven biển TP Phú Quốc

Nội dung	Tiêu chí quản lý
1. Phân vùng quản lý KGCC ven biển	Ranh giới TP Phú Quốc.
	Lớp không gian ven biển
	Vùng kiểm soát phát triển và các Khu vực phải thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển.
	Các phân khu phát triển
2. Tiêu chí quản lý	(1) Phù hợp với phân vùng quản lý;
	(2) Quản lý vùng không gian phía trên mặt đất, mặt biển;
	(3) Bảo vệ cảnh quan môi trường và bảo tồn hệ sinh thái ven bờ;
	(4) Quản lý chức năng sử dụng, khả năng kết nối GTCC;
	(5) Quản lý chia sẻ các KGCC ven biển;
3. Mô hình quản lý	KGCC ven biển công cộng (Mô hình 1)
	KGCC ven biển cộng đồng (Mô hình 2)
	KGCC ven biển xã hội hóa (Mô hình 3)
	KGCC ven biển chia sẻ (Mô hình 4)
4. Bộ máy quản lý	Cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng *Bộ Xây dựng.* *UBND tỉnh Kiên Giang* *UBND TP Phú Quốc.*
	Cơ quan chuyên môn về xây dựng *Sở Xây dựng Kiên Giang.* *Ban quản lý Khu kinh tế Phú Quốc.* *Phòng quản lý đô thị thành phố Phú Quốc.*
5. Cơ chế & chính sách	Thuế, phí.
	Đất đai.
	Đầu tư - thu hút nguồn lực xã hội, tư nhân.
	Nguồn vốn.
	Thời gian đầu tư.
6. Sự tham gia của 3 khu vực Nhà nước - Tư nhân - Cộng đồng dân cư	Ý tưởng.
	Nguồn lực tài chính.
	Nguồn lực con người.
	Trang thiết bị.
	Quản lý khai thác sử dụng.
	Giám sát thực hiện.
7. Công cụ quản lý	Quy hoạch tỉnh.
	Quy hoạch xây dựng.
	Quy hoạch đô thị.
	Thiết kế đô thị.
	Quy chế quản lý kiến trúc.
	Giấy phép xây dựng.
8. Ứng dụng khoa học công nghệ	Ứng dụng công nghệ bản đồ, thông tin và AI trong quản lý KGCC ven biển(GIS, 3D, BIM, Viễn thám, RTK (đo đạc), AI, Camera tầm xa, UAV (Drone)…)
9. Phát triển bền vững & ứng phó BĐKH	Kinh tế - sự phát triển bền vững kinh tế đô thị, kinh tế đêm, kinh tế tuần hoàn.
	Xã hội - xã hội văn minh, hướng đến phát triển xanh, đô thị thông minh, xã hội xanh…
	Môi trường - kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng.
	Quốc phòng an ninh, bảo vệ biên giới biển.

5. MÔ HÌNH QUẢN LÝ KGCC VEN BIỂN CHIA SẺ TP PHÚ QUỐC

Các không gian dự án ven biển được số lượng lớn các dự án của các nhà đầu tư tư nhân triển khai, chủ yếu tập trung tại các khu vực ven biển với các chức năng dịch vụ, du lịch chiếm tỷ trọng khoảng 73%. Trên thực tế các nhà đầu tư tư nhân đã thực hiện đầu tư và đã tạo nên nhiều không gian mở, nơi tập trung, thu hút khách du lịch trong nước và quốc tế trên địa bàn thành phố. Các không gian này tại nhiều khu vực được mở cửa tự do cho mọi đối tượng bao gồm cả người dân thành phố có thể sử dụng và các khách du lịch nói chung của thành phố. Ngoài việc đầu tư khai thác và vận hành kinh doanh, các không gian này đã tạo nên được các điểm nhấn cảnh quan, hình ảnh của thành phố biển Phú Quốc, nổi bật như cầu "Hôn" Kiss Bridge, Kiss The Stars, Địa Trung Hải Phú Quốc.

Theo kinh nghiệm quốc tế và thực tiễn phát triển KGCC do các chủ đầu tư đã và đang thực hiện tại Phú Quốc. Trong tương lai nhằm thu hút được các nguồn lực xã hội trong xây dựng các KGCC ven biển đã được xác định trong đồ án QHCPQ, việc nghiên cứu áp dụng các mô hình đầu tư, vận hành khai thác có sự tham gia của các nhà đầu tư là cần thiết và phù hợp với thực tiễn và xu thế hoàn thiện khung thể chế pháp luật ở Việt Nam:

Tác giả đề xuất 04 mô hình quản lý quản lý KGCC ven biển Phú Quốc nhằm quản lý, khai thác sử dụng, vận hành tối ưu, khai thác được nguồn lực xã hội, gồm:

+ Mô hình KGCC ven biển công cộng (Mô hình 1) là KGCC do khu vực nhà nước đầu tư, quản lý, vận hành và khai thác sử dụng;

+ Mô hình KGCC ven biển cộng đồng (Mô hình 2) là KGCC do nhà nước đầu tư, quản lý và trao quyền khai thác sử dụng với cộng đồng;

+ Mô hình KGCC ven biển xã hội hóa (Mô hình 3) là KGCC do khu vực tư nhân đầu tư, vận hành, quản lý và khai thác sử dụng;

+ Mô hình KGCC ven biển chia sẻ (Mô hình 4) là KGCC do khu vực tư nhân đầu tư, quản lý, vận hành và chia sẻ quyền khai thác sử dụng với cộng đồng.

Trong đó, các KGCC thuộc các khu vực ven biển gắn với các bãi biển áp dụng các mô hình quản lý có khu vực tư nhân được khuyến khích tham gia tương ứng với khoảng 39,9km đường bờ biển, có tỷ trọng 46,12% . Dự kiến mô hình KGCC ven biển xã hội hóa (Mô hình 3) là KGCC do khu vực tư nhân đầu tư, vận hành, quản lý và khai thác sử dụng 9,9km đường bờ biển, có tỷ trọng khoảng 11,44%; Đây xác định là các khu vực bờ biển có vị trí nằm xa các khu dân cư, khó tiếp cận và gắn liền với các khu du lịch sinh thái cao cấp, khách sạn có tiêu chuẩn từ 5 sao trở lên và khép kín trong một quần thể. Hướng đến chuyển giao hoàn toàn quyền quản lý cho khu vực này nhằm đảm bảo sự đồng bộ trong đầu tư và vận hành với các tiêu chuẩn, tiêu chí cao nhất, nhằm tạo nên các điểm nhấn độc đáo, riêng biệt đem lại sức hút và sự phát triển chung của TP Phú Quốc.

Mô hình KGCC ven biển chia sẻ (Mô hình 4) là mô hình sẽ chiếm tỷ trọng lớn trong các KGCC do khu vực tư nhân đầu tư, quản lý, vận hành và chia sẻ quyền khai thác sử dụng với cộng đồng, gồm khoảng 30km đường bờ biển, có tỷ trọng 34,68%, có các nội dung cụ thể như sau:

a. Đặc điểm mô hình: là KGCC do khu vực tư nhân đầu tư, quản lý, vận hành và chia sẻ quyền khai thác sử dụng với cộng đồng.

b. Mô hình quản lý có sự tham gia: Nhà nước đóng vai trò chủ thể quản lý nhà nước phê duyệt dự án đầu tư, nhà đầu tư được giao thực hiện đầu tư, xây dựng, quản lý và vận hành, khai thác và chia sẻ quyền khai thác sử dụng với cộng đồng. Sự tham gia của tư nhân đóng vai trò chủ đạo quyết định phù hợp với các nội dung đã được phê duyệt và các cam kết với nhà nước và sự chia sẻ quyền sử dụng với cộng đồng.

c. Đối tượng quản lý và sử dụng KGCC ven biển công cộng: Nhà nước quản lý nhà nước, nhà đầu tư thực hiện quản lý đầu tư xây dựng và vận hành khai thác sử dụng và chia sẻ một phần sử dụng với cộng đồng. Các KGCC ven biển cộng đồng phục vụ chủ yếu cho khách du lịch và các hoạt động cộng đồng.

d. Nguồn lực và phạm vi áp dụng: Sử dụng nguồn lực tư nhân, áp dụng tại các khu vực phát triển đa chức năng, có điều kiện phù hợp, gắn với các dự án đầu tư tư nhân, khuyến khích áp dụng rộng rãi.

e. Địa điểm có thể áp dụng:

Khu vực này gắn liền với khu du lịch sinh thái cao cấp, khách sạn có tiêu chuẩn từ 5 sao trở lên, vị trí và điều kiện địa hình đặc thù, biệt lập, khép kín trong một quần thể, tạo điểm nhấn độc đáo, riêng biệt, cách xa các khu khu dân cư. Các khu du lịch sinh thái Premier Village Phu Quoc Resort, khu bãi biển Cầu Hôn, khu Park Hyatt Phú Quốc, khu du lịch và dân cư Rạch Tràm, khu du lịch và dân cư Rạch Vẹm. Chiều dài khoảng 9,9km, gồm 05 khu vực, khu Mũi Ông Đọi, bãi biển Cầu Hôn, bãi Vựa Muối, bãi Rạch Vẹm, bãi Rạch Tràm.

6. VÍ DỤ VỀ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG TẠI CÁC DỰ ÁN VEN BIỂN THÀNH PHỐ

KGCC ven biển bãi Đất Đỏ, phường An Thới, TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang. Bãi biển Đất Đỏ với chiều dài khoảng 1,2km, diện tích khoảng 12ha. Bãi biển hiện tại bao gồm một làng chài và nhiều dãy nhà hàng, quán tự phát phục vụ khách du lịch. Toàn tuyến hoàn toàn hoang sơ, gần như chưa có sự xuất hiện của cơ sở hạ tầng hiện đại, bền vững. Bãi biển Đất Đỏ thuộc vùng A, phân khu 6, khu vực An Thới, là lớp không gian biển số II, III.



Hình 5. Vị trí và hiện trạng khu vực dự án

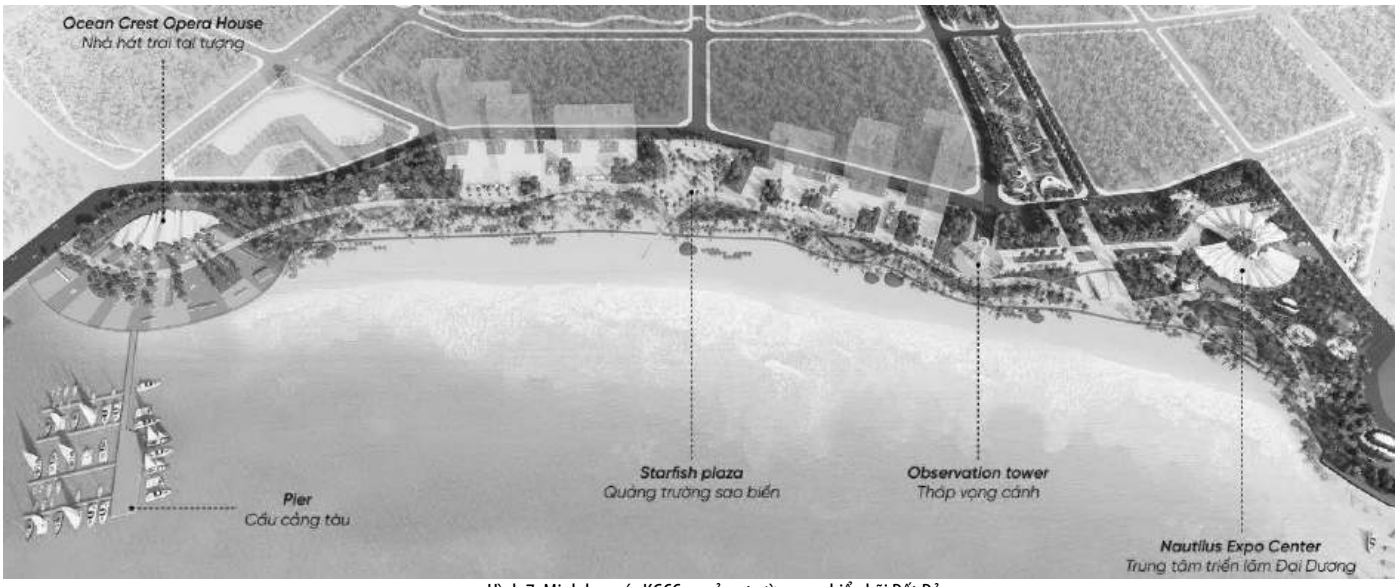
Dự kiến dự án sẽ phát triển KGCC ven biển chia sẻ theo mô hình 4 - mô hình KGCC ven biển chia sẻ, do khu vực tư nhân đầu tư, quản lý, vận hành và chia sẻ quyền khai thác sử dụng với cộng đồng. Các KGCC bao gồm:

Các KGCC ven biển gồm Quảng trường biển, công viên ven biển, dãy cây xanh kết nối xuống biển. KGCC ven biển dài khoảng 1,2km, gắn với trục giao thông ven biển và các nhóm công trình công cộng như nhà hát Trai Tai Tượng (Ocean Crest Opera House), quảng trường Sao Biển (Starfish Square), trục đi bộ ven biển Đất Đỏ (Red promenade), trung tâm triển lãm quốc tế đại dương (Nautilus Expo Center) và dãy cây xanh kết nối từ đường Tỉnh 975 xuống KGCC ven biển.



Hình 6. Minh họa các KGCC, tuyến đường ven biển bãi Đất Đỏ





Hình 7. Minh họa các KGCC - quảng trường ven biển bãi Đất Đỏ

Dự án sẽ không thu phí sử dụng KGCC ven biển (chỉ thu phí các dịch vụ bổ sung như vui chơi giải trí, lặn biển…). Thời gian quản lý KGCC ven biển xác định theo thời gian thuê đất của chủ đầu tư, sau thời gian này thì chủ đầu tư bàn giao lại cho UBND TP Phú Quốc quản lý khai thác sử dụng hoặc chủ đầu tư muốn tiếp tục quản lý sẽ thực hiện theo quy định hiện hành.

Dự án hình thành các hệ thống quảng trường: Quảng trường hướng biển sẽ tạo ra đa dạng KGCC ven biển, phù hợp để thúc đẩy các lễ hội du lịch biển, carnival, sự kiện lớn ngoài trời, kết hợp không gian cảnh quan, cây xanh, nhạc nước ánh sáng, thu hút nhiều hơn khách du lịch tới Nam đảo Phú Quốc. Trục đi bộ Đất Đỏ ven biển, rộng 9m sẽ được kết hợp với cây xanh, cảnh quan, chiếu sáng, tạo thêm nhiều tiện ích cộng cộng cho bãi biển Đất Đỏ. Không chỉ vậy, trục đi bộ này cũng sẽ bao gồm các nhà hàng, quán bar ven biển, hoặc tổ chức các hội chợ, triển lãm ngoài trời.

Hình thành lễ hội bãi biển như: Carnival biển Phú Quốc, lễ hội Nghinh Ông, lễ hội đua thuyền, lễ hội thả diều, lễ hội pháo hoa, lễ hội lâu đài cát. Các hoạt động thể dục thể thao, tắm nắng, đi bộ leo núi Radar, đạp xe núi Radar, khiêu vũ, chạy bộ, bơi thuyền thúng, bar bãi biển, thưởng thức ẩm thực, biểu diễn nghệ thuật, khám phá, trò chơi dân gian, lái moto nước, chiếu phim bãi biển. Biểu tượng điểm nhấn tại quảng trường Sao Biển được lấy cảm hứng và thiết kế cách điệu từ loài sao biển Phú Quốc, kết hợp cùng hình tượng những thuyền chài đơn sơ dưới ánh hoàng hôn.

Theo chức năng, nhiệm vụ được quy định về quản lý KGCC ven biển bãi Đất Đỏ gồm: UBND tỉnh Kiên Giang, BQLKKT Phú Quốc, UBND TP Phú Quốc (chủ thể quản lý), UBND phường An Thới; Nhà đầu tư tư nhân sẽ đầu tư xây dựng, trực tiếp quản lý, khai thác, sử dụng và chia sẻ hoạt động, không gian mở cho Cộng đồng dân cư. 03 thành phần này sẽ xây dựng và ban hành Quy chế phối hợp quản lý KGCC ven biển bãi Đất Đỏ theo quy định của pháp Luật, phù hợp thực tiễn, đảm bảo nhiệm vụ, quyền hạn, trách nhiệm và lợi ích của các bên. Dự kiến các KGCC ven biển sẽ được triển khai đầu tư sớm, hoàn thành năm 2025, với nguồn lực 100% của tư nhân.

7. KẾT LUẬN

Mặc dù, nhiều nhà nghiên cứu và các tổ chức quốc tế đồng ý việc phát triển và quản lý KGCC mở (nhà nước) được ưu tiên hơn so với quản lý không gian do tư nhân (quản lý vận hành hoặc đầu tư xây dựng). Điều này, do sự tham gia của tư nhân thường có thể dẫn đến vượt chi phí, thiếu cam kết lâu dài, ít giám sát hoặc hạn chế khả năng tiếp cận của công chúng. Tuy nhiên mặc dù có nhiều rào cản đối với sự thành công của của việc tư nhân tham gia vào KGCC nhưng thực tế là nó đang ngày càng trở nên phổ biến.

Xu thế và thực tiễn tại Phú Quốc cho thấy, các giải pháp quản lý KGCC ven biển với các mô hình có sự tham gia, đặc biệt là sự tham gia của nhà đầu tư tư nhân, với vai trò quản lý nhà nước là chủ thể và sự tham gia tích cực có trách nhiệm của người dân, cộng đồng dân cư, khách du lịch là mô hình bền vững và thích ứng. Đây sẽ là giải pháp đề xuất có tính khả thi cao, phù hợp với đặc điểm, điều kiện kinh tế xã hội, khả năng thu hút nguồn lực xã hội hóa, nguồn lực các nhà đầu tư tư nhân trong phát triển, quản lý các KGCC ven biển TP Phú Quốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Alexander Ståhle (2018), The Public space making cycle.

[2]. Aaron Vansintjan (2020), Open Public space and the Private Sector: A toolkit for overcoming barriers and best practices.

[3]. Ahmed radwan, Ahmed A. Ghaney Morsi, Mohamed faried (2018), Smart urban public spaces- Towarde a better city life.

[4]. Arthur C. Nelson, Rick Pruetz and Doug Woodruff (2012), TDR Handbook Designing and implementing Transfer of development rights programs, Island Press.

[5]. Christian Dimmer, Privately Owned Public Space: The International Perspective;

[6]. Nguyễn Hoàng Minh (2015), Chuyển nhượng quyền phát triển (TDR) một công cụ bổ sung trong quy hoạch và quản lý đô thị ở Việt Nam - Tạp chí Quy hoạch xây dựng, Bộ Xây dựng số 71-72/2015.

[7]. Quyết định số 2044/QĐ-UBND ngày 20/08/2021 về phê duyệt danh mục các khu vực phải thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển.

[8]. Quyết định số 7223/QĐ-UBND của UBND TP Phú Quốc về việc phê duyệt dự án ĐTXD đường ven biển Bãi Trường

[9]. Thủ tướng Chính phủ (2024), Phê duyệt đồ án QHC TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang đến năm 2040, Quyết định số 150/QĐ-TTg ngày 06/02/2024, Hà Nội.

[10]. UN Habitat (2016), Global Public Space Toolkit: From Global Principles to Local Policies and Practice.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 31/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2025

Xu hướng phát triển kiến trúc nhà ở nông thôn

Trends in the development of rural housing architecture

> PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI
Viện Bảo tồn và Phát triển bền vững, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: thind@huce.edu.vn

TÓM TẮT

50 năm sau ngày thống nhất, đất nước ta chính thức bước vào giai đoạn ổn định và phát triển kinh tế, xã hội. Đảng và Nhà nước đã rất quan tâm phát triển kiến trúc nông thôn ngày càng hiện đại trên cơ sở giữ gìn bản sắc văn hóa kiến trúc truyền thống. Tuy nhiên, dưới ảnh hưởng của đô thị hóa, công nghiệp hóa, hiện đại hóa, sự giao lưu văn hóa trong thời đại công nghệ số và nhất là mức sống của người dân ngày một nâng cao nên kiến trúc nông thôn đang phát triển và biến đổi một cách thiếu kiểm soát, làm mất đi bản sắc văn hóa địa phương. Đây sẽ là một thiệt thòi to lớn đối với khối lượng di sản văn hóa nhiều giá trị đang lưu giữ trong kiến trúc nhà ở dân gian truyền thống của 54 dân tộc anh em. Chính vì những vấn đề nêu trên, bài viết với mong muốn nhận diện các xu hướng phát triển kiến trúc nhà ở nông thôn trong 50 năm qua để giúp các nhà nghiên cứu lý luận, các nhà chuyên môn, các nhà quản lý có cái nhìn thực tiễn về sự phát triển của kiến trúc nông thôn. Từ đó có định hướng chính sách quản lý, bảo tồn và kế thừa giá trị kiến trúc truyền thống trong phát triển nhà ở nông thôn một cách bền vững.

Từ khóa: Xu hướng; phát triển; kiến trúc; nhà ở nông thôn.

ABSTRACT

Fifty years after national reunification, Vietnam has entered a period of economic and social stability and development. The Party and the State have paid special attention to promoting increasingly modern rural architecture while preserving the traditional cultural and architectural identity. However, under the impact of urbanization, industrialization, modernization, cultural exchange in the digital age, and especially the improvement in living standards, rural architecture has been evolving in an uncontrolled manner, leading to the erosion of local cultural identity. This poses a significant loss to the rich cultural heritage embodied in the traditional folk housing of Vietnam's 54 ethnic groups. Given these issues, this paper aims to identify the key trends in the development of rural housing architecture over the past 50 years. The findings seek to provide researchers, professionals, and policymakers with a practical perspective on rural architectural transformation, thereby contributing to policy orientation for the management, preservation, and sustainable inheritance of traditional architectural values in rural housing development.

Keywords: Trends; development; architecture; rural housing.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Năm 1975 sau khi thống nhất đất nước, Đảng và Nhà nước ta đã thực hiện nhiều chủ trương, chính sách lớn hỗ trợ phát triển nông nghiệp, nông dân, nông thôn nhằm nâng cao đời sống vật chất, tinh thần của người dân. Nhận thức được tầm quan trọng của nông dân, nông thôn trong quá trình phát triển kinh tế nông nghiệp, ngay sau khi đổi mới, tại Hội nghị số 10/1988 Bộ Chính trị đã ban hành chính sách đổi mới kinh tế nông nghiệp (khoán 10); tiếp theo tại Nghị định số 5/2001/NĐ-CP của Chính phủ đã ban hành khuyến khích hiện đại hoá và công nghiệp hoá nông nghiệp và nông thôn trong giai đoạn 2001-2010; Hội nghị lần thứ 7, Ban Chấp hành Trung ương khoá X đã ban hành Nghị quyết số 26/2008/NQTW về nông nghiệp, nông dân, nông thôn. Nhờ có những chính sách quan trọng có tính đột phá về phát triển nông nghiệp, nông dân và nông thôn nêu trên, nhất là sau giai đoạn đổi mới (từ năm 1986) đời sống của người dân ngày một nâng cao. Theo báo cáo của Tổng cục Thống kê, năm 2024 mức thu nhập bình quân khu vực nông thôn là 6,7 triệu đồng/tháng (đạt 72,04% so khu vực thành thị) [9]. Sau khi đời sống nông dân được nâng cao, nhà ở nông thôn cũng phát triển rất nhanh chóng, như vậy có thể cho thấy mức thu nhập của người dân và xu hướng xây dựng phát triển nhà ở luôn tỷ lệ thuận với nhau. Trên cơ sở từ thực tiễn phát triển kiến trúc nhà ở nông thôn (KTNONT) hiện nay, nhằm định hướng phát triển và quản lý quy hoạch, kiến trúc nông thôn theo hướng bền vững, Chính phủ đã quan tâm chỉ đạo thực hiện chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới. Theo đó, đã ban hành các văn bản pháp luật có liên quan, trong đó, ban hành Quyết định số 800/QĐ-TTg ngày 04/6/2010 về phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn

2010-2020 và Quyết định số 263/QĐ-TTg ngày 22/02/2022 về phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025; các Quyết định số: 318/QĐ-TTg, 319/QĐ-TTg, 320/QĐ-TTg của Chính phủ phê duyệt Bộ tiêu chí quốc gia xây dựng nông thôn mới, nông thôn mới nâng cao, nông thôn mới kiểu mẫu; Chỉ thị số 4/CT-TTg ngày 07/02/2023 của Chính phủ về định hướng phát triển quy hoạch kiến trúc nông thôn Việt Nam, tạo bản sắc và giữ gìn kiến trúc truyền thống và Quyết định số 1246/QĐ-TTg ngày 19/7/2021 của Chính phủ phê duyệt Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2030 [10].

Mặc dù đã có nhiều chính sách, văn bản pháp lý về phát triển kinh tế, văn hóa, xã hội nông thôn nói chung cũng như phát triển KTNONT nói riêng nhưng thực tế cho thấy, tại các khu vực nông thôn việc triển khai quy hoạch, KTNONT còn nhiều bất cập. Việc triển khai các văn bản chỉ đạo, văn bản pháp luật về quy hoạch kiến trúc nông thôn còn chậm, nguồn nhân lực thực hiện tại các địa phương còn yếu nên hiệu quả chưa cao. Đối với không gian kiến trúc cảnh quan các công trình di sản văn hóa, lịch sử kiến trúc truyền thống như đình, chùa, đền, miếu, sân đình, giếng làng, ao làng,... đang bị lấn chiếm bởi không gian nhà ở và sản xuất nên việc chỉ đạo công tác quản lý bảo tồn và giữ gìn không gian kiến trúc cảnh quan các công trình di sản văn hóa, lịch sử nêu trên chưa đạt yêu cầu. Đối với phát triển KTNONT, ngày càng mất dần đi bản sắc văn hóa truyền thống, kiến trúc nhà ở bị lai tạp nhiều hình thức, phong cách, không gian nhà ở xa rời cảnh quan tự nhiên và điều kiện khí hậu địa phương, chưa thích ứng với biến đổi khí hậu; việc kế thừa, phát huy giá trị kiến trúc nhà ở dân gian truyền thống chưa được quan tâm, chú trọng.

Từ những vấn đề nêu trên, bài nghiên cứu tập trung nhận diện các xu hướng phát triển KTNONT, chỉ ra những cơ sở thực tiễn tạo nên những xu hướng này, những mặt tích cực và tồn tại, hạn chế của mỗi xu hướng đó; sau đó đưa ra một số định hướng phát triển KTNONT giúp giữ gìn bản sắc văn hóa dân tộc và kế thừa, phát huy các giá trị kiến trúc nhà ở dân gian truyền thống địa phương. Bài viết đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu như tổng hợp tài liệu, phân tích các kết quả nghiên cứu đã công bố để tìm ra khoảng trống trong nghiên cứu; sử dụng phương pháp đối chiếu, so sánh và đánh giá thực trạng để nhận diện ra xu hướng phát triển KTNONT; phương pháp dự báo để làm cơ sở đề xuất định hướng phát triển KTNONT trong thời gian tới.

2. XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Để có thể nhận diện được các xu hướng phát triển KTNONT trong thời gian qua, có thể phân theo các giai đoạn phát triển kinh tế, xã hội của đất nước từ sau năm 1975 đến nay và dự báo phát triển trong thời gian tới.

- Giai đoạn năm 1975 đến năm 1986: là giai đoạn đất nước ta đang phải tập trung khắc phục hậu quả chiến tranh cùng với nền kinh tế kế hoạch hóa đã làm cho đời sống khu vực nông thôn vô cùng khó khăn. Từ đó dẫn đến KTNONT đơn sơ, nhà tạm, kém phát triển. Nhà ở nông thôn giai đoạn này mang xu hướng tiếp biến kiến trúc truyền thống do kế thừa, phát huy các giá trị truyền thống trong cấu trúc không gian công năng và hình thức kiến trúc ngôi nhà các giai đoạn trước đây. Riêng về vật liệu xây dựng cũng như kết cấu có biến đổi và được phân thành hai nhóm: nhóm thứ nhất là nhà bằng vật liệu tre, nứa, tranh; nhóm thứ hai là vật liệu tường trình đất, tường xây gạch đất nung. Cụ thể đối với các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc và Tây Nguyên, nhà ở là kiểu nhà sàn truyền thống làm bằng vật liệu gỗ, tre; nhà tường trình bằng đất, mái lợp gỗ, ngói, gianh; đối với nhà ở các vùng Đồng bằng Bắc Bộ, Trung Bộ do vật liệu gỗ dựng nhà ngày càng khan khiếm nên nhà ở được xây bằng tường gạch chịu lực kết hợp với kết cấu vì kèo gỗ đã biến thể từ bộ vì kèo truyền thống (bộ vì kèo được lược bỏ bớt cột, thậm chí bỏ hoàn toàn cột chịu lực chỉ còn có thanh quá giang và thanh kèo gác trực tiếp lên tường chịu lực); nền đắp đất đầm chặt, mái lợp bằng bổi cói (khu vực ven biển), lợp bằng rơm rạ hay ngói đất nung, ngói không nung ép thủ công bằng xi măng cát. Ngoài ra là nhà ở làm bằng vật liệu tre, tường đan phên tre trát bùn đất trộn với rơm rạ, mái lợp tranh; đối với nhà ở vùng Nam Bộ, do là vùng thường xuyên ngập nước nên vật liệu xây dựng khan hiếm, vì thế nhà ở sử dụng vật liệu khai thác tại chỗ như dừa, cau, tràm, mắm, đước để làm cột và thanh kèo; tường đan phên bằng lá dừa nước; mái cũng được lợp các tấm gianh bằng lá dừa (Hình 1,2,3).



Hình 1. Nhà ở dân tộc Thái vùng miền núi phía Bắc



Hình 2. Nhà ở ven biển vùng duyên hải Bắc Bộ [11]



Hình 3. Hình ảnh nhà ở vùng Nam Bộ [12]

- Giai đoạn năm 1986 đến nay: giai đoạn này đất nước bước sang thời kỳ đổi mới, xóa bỏ nền kinh tế bao cấp chuyển sang cơ chế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa, đặc biệt nông thôn đã được hưởng chính sách đổi mới kinh tế nông nghiệp theo hướng khoán ruộng đất trực tiếp cho người nông dân đã giúp cho kinh tế nông nghiệp, nông thôn ngày một phát triển. Đây chính là động lực quan trọng giúp cho nhà ở nông thôn phát triển nhanh chóng, giúp người dân có không gian sinh sống khang trang, rộng rãi. Ngoài tác động chính từ kinh tế, đô thị hóa, công nghiệp hóa, hiện đại

hóa nông thôn cũng đã ảnh hưởng lớn đến KTNONT, làm cho nhà ở phát triển và biến đổi một cách thiếu kiểm soát, thiếu định hướng, ngày một xa rời văn hóa kiến trúc truyền thống, làm mất đi bản sắc văn hóa dân tộc. KTNONT đã phát triển theo một số xu hướng sau:

+ *Xu hướng tiếp biến kiến trúc nhà ở truyền thống:* là xu hướng phát triển, xây dựng mới hoặc cải tạo, nâng cấp mở rộng ngôi nhà ở nhưng vẫn lưu giữ, kế thừa được cấu trúc không gian chức năng trong nhà ở truyền thống, riêng hệ kết cấu và vật liệu xây dựng nhà ở có thay đổi cho phù hợp với xu thế và điều kiện thực tiễn xã hội. Xu hướng này hình thành và phát triển dựa trên giá trị căn bản, cốt lõi của KTNONT truyền thống đã được gìn giữ và truyền từ thế hệ này sang thế hệ khác tại các vùng nông thôn. Lý do mà hệ kết cấu và vật liệu xây dựng nhà ở biến đổi là do vật liệu gỗ khan hiếm, đắt đỏ; vật liệu tre, nứa, lá, rơm rạ, là vật liệu sẵn có tại địa phương nhưng không còn hấp dẫn người nông dân vì sự xuống cấp nhanh và không đảm bảo sự an toàn, kiên cố, vững chãi khi vào mùa mưa, bão, lũ lụt. Trong khi đó, các vật liệu gạch ngói đất nung, gạch ngói không nung, bê tông, bê tông cốt thép khi xây dựng nhà ở lại rất kiên cố, có tuổi thọ cao, bền, đẹp nên được người dân quan tâm lựa chọn. Đặc biệt các vật liệu mặc dù có hại cho môi trường nhưng lại có giá thành thấp, dễ dàng thi công, tiến độ nhanh, phù hợp với thu nhập nông thôn nên được sử dụng nhiều như tấm lợp fibroximăng, nhôm, kính, tôn. Chính vì thế, tại các vùng miền núi phía Bắc, khu vực Tây Nguyên, vùng Nam Bộ những ngôi nhà truyền thống lợp mái gianh, mái lá đều lần lượt được thay thế bằng tấm tôn, tấm lợp fibroximăng (Hình 4,5,6,7). Đây là xu hướng cần giữ gìn và phát huy, nó luôn có tính thời đại vì được kế thừa những giá trị kiến trúc quý báu của dân gian truyền thống lưu truyền lại trong quá trình phát triển. Đây cũng là những xu hướng kiến trúc xanh, kiến trúc sinh thái, kiến trúc môi trường,... mà cha ông ta đã mất cả ngàn đời nay để tìm tòi và tạo dựng nên.



Hình 4. Hình ảnh ngôi nhà sàn dân tộc miền núi phía Bắc đã biến đổi nhưng vẫn giữ được kiến trúc truyền thống (vật liệu mái gianh đã thay thế bằng tấm tôn)



Hình 5. Hình ảnh nhà ở ven biển Bắc Bộ đã thay thế tường gạch và một phần mái lợp ngói thay cho mái lợp bổi [6]



Hình 6. Ngôi nhà Đồng bằng Bắc Bộ xây dựng theo xu hướng tiếp biến kiến trúc nhà ở truyền thống (vật liệu tường gạch xây, vì kèo gỗ gác lên tường chịu lực, mái lợp ngói) [6]



Hình 7. Ngôi nhà ở Nam Bộ đã được thay thế vật liệu mới thay cho mái lá dừa truyền thống [13]



Hình 8. Kiến trúc ngôi nhà sàn vùng miền núi phía Bắc đã kết hợp hài hòa giữa vật liệu hiện đại bê tông cốt thép với vật liệu bản địa để lưu giữ lại giá trị kiến trúc truyền thống

+ *Xu hướng truyền thống kết hợp với hiện đại:* là xu hướng nhu nhập văn hóa kiến trúc ngoại lai từ bên ngoài, kể cả một phần xu hướng ảnh hưởng bởi kiến trúc địa phương Pháp. Xu hướng này phát triển mạnh sau năm 1986, khi kinh tế nông thôn đã phát triển nên mặc dù không gian nhà ở vẫn theo cấu trúc truyền thống nhưng kết cấu ngôi nhà được thay thế từ vật liệu gỗ bằng gạch xây chịu lực. Lúc này tường và cột hiên được xây gạch, trát vữa vôi hoặc vữa xi măng cát, phần mái hiên dốc lợp ngói được thay thế thành mái bằng đổ bê tông cốt thép. Để mở rộng không gian buồng đầu hồi, cắt bớt một gian hiên để mở gian lồi làm thành hiên cụt, một số nhà làm 5 gian tường chịu lực, trong đó 4 gian làm vì kèo gác lên tường chịu lực và lợp ngói mái dốc, gian buồng và hiên đổ mái bằng bê tông cốt thép làm thành ngôi nhà nửa mái bằng, nửa mái dốc.

Xu hướng này phát triển mạnh nhất ở vùng châu thổ sông Hồng và miền trung du miền Bắc. Tại miền núi phía Bắc, xu hướng này đang được phát triển nhờ vào việc thay thế vật liệu kiên cố là bê tông cốt thép thay cho vật liệu gỗ khan hiếm hiện nay. Đây là sự kết hợp giữa không gian kiến trúc nhà ở truyền thống với vật liệu xây dựng hiện đại, nhưng vẫn đảm bảo kế thừa giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống. Một số ngôi nhà sàn truyền thống, người dân cải tạo không gian gầm sàn bằng cách nâng cao tựa lên chân tảng và xây ngăn không gian để thành phòng vệ sinh, không gian bán hàng, thương mại, dịch vụ nông nghiệp (Hình 8,9,10).



Hình 9. Hình thức kiến trúc ngôi nhà vùng Đồng bằng Bắc Bộ kết hợp mái hiên Tây, cột xây gạch và sử dụng gian lồi che một phần hiên trước nhà [6]



Hình 10. Nhà sàn Tây Nguyên xây dựng theo kiến trúc truyền thống kết hợp với vật liệu hiện đại [14]

+ *Xu hướng đô thị hóa:* là xu hướng ảnh hưởng bởi văn hóa kiến trúc đô thị, xu hướng này được phân thành các nhánh như sau: thứ nhất là phân lô đất khuôn viên ngôi nhà truyền thống thành các lô đất rộng từ 5-7m bám theo mặt đường làng, đường liên thôn. Những lô đất này được chia cho các con làm nhà ở hoặc bán bớt để lấy tiền xây nhà theo hình ống kiểu đô thị từ 1-3 tầng. Kiểu KTNONT này hoàn toàn không còn giữ được giá trị nào của nhà ở truyền thống, kể cả cấu trúc không gian, hình thức hay kết cấu (Hình 11); thứ hai là phá bỏ ngôi nhà truyền thống để xây ngôi nhà biệt thự 2-3 tầng. Kiểu nhà này cũng hoàn toàn thay đổi cấu trúc không gian truyền thống để chuyển sang cấu trúc không gian nhà biệt thự theo kiểu nhà ở đô thị (Hình 12).



Hình 11. Nhà ở nông thôn ảnh hưởng của kiến trúc nhà ở chia lô tại các đô thị



Hình 12. Nhà ở kiểu biệt thự tại nông thôn

+ *Xu hướng phục cổ:* là xu hướng khôi phục lại ngôi nhà ở dân gian truyền thống bằng cách sử dụng vật liệu gỗ để xây dựng những ngôi nhà với đầy đủ cấu trúc không gian và hình thức truyền thống với ba vòng cấu trúc không gian khuôn viên, vòng ngoài cùng là vườn cây bóng mát, cây chắn gió; vòng giữa là ao cá, vườn trồng rau xanh, trồng cây ăn quả; vòng trung tâm là ngôi nhà truyền thống 5-7 gian, kết hợp với sân, vườn trồng hoa và các ngôi nhà phụ dành cho các hoạt động sinh hoạt gia đình. Ngôi nhà này thực sự có giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống với những chi tiết cầu kỳ chạm trổ trên các bộ vì kèo gỗ và vách gỗ. Tuy nhiên, xu hướng này phát triển hạn chế trong phạm vi hẹp, không có tính phổ quát vì chỉ dành cho gia đình thu nhập cao và mong muốn lưu giữ truyền thống (Hình 13).



Hình 13. Nhà ở nông thôn theo xu hướng phục cổ

Trong thời gian tới, khi công nghệ số và chuyển đổi số cũng như công nghệ vật liệu mới phát triển, KTNONT cũng sẽ hình thành nên những xu hướng mới. Tuy nhiên đó chỉ là sự biến đổi về hình thức, vật liệu, trang thiết bị hiện đại, thông minh trong ngôi nhà nông thôn chứ cấu trúc không gian làng, xóm, thôn, bản cũng như ngôi nhà ở nếu không kế thừa được cấu trúc không gian truyền thống thì các xu hướng đó cũng sẽ không bao giờ phát triển bền vững tại các khu vực nông thôn Việt Nam.

3. ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nhằm giúp cho KTNONT phát triển bền vững, cần có định hướng đúng đắn trong việc kế thừa kinh nghiệm, văn hóa kiến trúc truyền thống vừa đáp ứng được nhu cầu ăn ở, sinh hoạt, tín ngưỡng, nghỉ ngơi, học tập và hoạt động sinh kế hộ gia đình nông dân theo xu hướng phát triển của xã hội là cần thiết. Đề xuất một số định hướng phát triển như sau:

Thứ nhất: cần phát triển xu hướng tiếp biến kiến trúc nhà ở truyền thống và xu hướng truyền thống kết hợp với hiện đại, nếu hai xu hướng này kết hợp thêm với kiến trúc thông minh, đây sẽ là những xu hướng có thể phát triển bền vững cho nông thôn nước ta.

Thứ hai: hạn chế tối đa xu hướng phát triển theo hướng đô thị hóa, đây là xu hướng sao chép áp đặt kiến trúc nhà ở đô thị vào KTNONT một cách khiên cưỡng, một xu hướng phát triển kém bền vững đối với nông thôn. Mặc dù chấp nhận đô thị hóa là tất yếu trong quá trình phát triển kinh tế xã hội nông thôn, nhưng cần đảm bảo tính "hòa nhập" tức là nên đưa những yếu tố văn minh đô thị vào KTNONT và nói không với việc "hòa tan" KTNONT với kiến trúc đô thị.

Thứ ba: KTNONT phải phát triển theo xu hướng tiên tiến, hiện đại nhưng phải giữ gìn được giá trị di sản kiến trúc và bản sắc văn hóa truyền thống các dân tộc. Đảm bảo KTNONT được kết nối xuyên suốt bởi sợi dây văn hóa từ truyền thống quá khứ đến tương lai, phát huy các giá trị văn hoá truyền thống, phong tục, tập quán riêng biệt của mỗi vùng miền, địa phương, mỗi dân tộc; KTNONT phải gắn bó và hòa đồng với thiên nhiên, thích ứng với thiên nhiên; phù hợp với đặc điểm thiên nhiên, con người; giữ gìn hình ảnh tinh thần nơi chốn tại nông thôn như cổng làng, cây đa, bến nước, ao đình, cảnh quan của không gian cư trú làng, xã; phát huy các kinh nghiệm về phòng, chống thiên tai và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Thứ tư: khi xây dựng nhà ở tại nông thôn, cần ưu tiên khai thác sử dụng vật liệu tại địa phương, loại vật liệu thân thiện với môi trường như gạch không nung, gạch đất ép, đá tự nhiên, đất đá ong, ngói xi măng, tre, gỗ công nghiệp, lá cọ, gianh, tấm tường 3D, bê tông cốt thép. Hạn chế sử dụng các vật liệu thép, nhôm, kính, tôn, tấm fibroximăng trong xây dựng nhà ở nông thôn. Cần sử dụng giải pháp công nghệ thi công xây dựng thích hợp sao cho đáp ứng được trình độ lao động giản đơn và sức lao động của người dân với các loại máy thi công nhỏ, cầm tay. Khai thác lao động xây dựng tại chỗ với nguồn nhân lực là bà con trong làng, bản cùng giúp đỡ nhau tạo dựng ngôi nhà ở cho dân làng.

Thứ năm: cần có sự chung tay, vào cuộc một cách sát sao của các cấp chính quyền, các tổ chức xã hội, các nhà khoa học, viện nghiên cứu, trường đại học, các doanh nghiệp cùng với sự tham gia của cộng đồng dân cư trong việc tạo lập, chỉnh trang không gian cư trú và xây dựng phát triển KTNONT ngày một tiện nghi, hiện đại, bền vững.

4. KẾT LUẬN

Xu hướng phát triển KTNONT là tất yếu trong quá trình phát triển kinh tế, văn hóa, xã hội tại các khu vực nông thôn. Nếu thiếu định hướng, các xu hướng phát triển sẽ tùy tiện, làm mất đi giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống đặc trưng của mỗi vùng, miền, địa phương, mất đi bản sắc văn hóa dân tộc.

Bài nghiên cứu đã nhận diện được 04 xu hướng phát triển KTNONT sau 50 năm thống nhất đất nước. Đó là các xu hướng: 1) Tiếp biến kiến trúc nhà ở truyền thống, đây là xu hướng chủ yếu, có tính quyết định đến sự kế thừa giá trị kiến trúc truyền thống; 2) Truyền thống kết hợp với hiện đại, là xu hướng giao thoa văn hóa và ảnh hưởng bởi vật liệu xây dựng mới; 3) Theo hướng đô thị hóa, là hướng chạy theo thị hiếu nhất thời của người dân; 4) Theo hướng phục cổ, đây là xu hướng phát triển nhà ở nông thôn gần như giữ gìn toàn bộ giá trị kiến trúc truyền thống, cần tiếp tục phát huy. Bài viết cũng đề xuất 05 định hướng phát triển bền vững KTNONT, theo đó: thứ nhất cần ưu tiên phát triển xu hướng tiếp biến kiến trúc nhà ở truyền thống và xu hướng truyền thống kết hợp với hiện đại; thứ hai cần hạn chế xu hướng đô thị hóa vì đây là xu hướng phát triển kém bền vững đối với nông thôn; thứ ba là ưu tiên phát triển theo hướng tiên tiến, hiện đại nhưng phải giữ gìn được giá trị di sản kiến trúc và bản sắc văn hóa truyền thống các dân tộc; thứ tư là cần ưu tiên khai thác sử dụng vật liệu ngay tại địa phương, loại vật liệu thân thiện với môi trường. Đồng thời nên sử dụng giải pháp công nghệ thi công xây dựng thích hợp, đáp ứng trình độ lao động giản đơn và sức lao động của người dân. Khai thác lao động xây dựng tại chỗ với nguồn nhân lực là bà con trong làng, bản cùng giúp đỡ nhau tạo dựng nhà ở; thứ năm cần có sự quan của các cấp chính quyền, các tổ chức xã hội, các nhà khoa học, viện nghiên cứu, trường đại học, các doanh nghiệp cùng với sự tham gia của cộng đồng dân cư trong việc tạo lập, chỉnh trang và phát triển bền vững KTNONT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vũ Hiệp (2021), Các xu hướng kiến trúc Việt Nam sau năm 1975, Tạp chí Kiến trúc số 05/2021, Hà Nội.

[2]. Lã Thị Kim Ngân (2022), Kiến trúc nông thôn Việt Nam - Phát triển và hội nhập, Tạp chí Kiến trúc số 02/2022, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Quốc Thông (2020), Kiến trúc Việt Nam giai đoạn 1975 - 2020: Thực tiễn và triển vọng (phần I; phần II), Tạp chí Kiến trúc số 03/2020, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Đình Thi (chủ biên) (2024), Phát triển bền vững kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Đình Thi (2021), Kiến trúc nhà ở nông thôn thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[6]. Nguyễn Đình Thi (2011), Kiến trúc nhà ở nông thôn, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[7]. Nguyễn Đình Thi (2015), Dự báo các loại hình nhà ở nông thôn phù hợp với cơ cấu kinh tế nông nghiệp, Tạp chí Kiến trúc số 05/2015, Hà Nội.

[8]. Lê Chiến Thắng (2024), Kiến trúc bản địa mới tại Việt Nam: Xu hướng nào phát triển phù hợp trong tương lai? https://moitruongxaydungvn.vn/kien-truc-ban-dia-moi-tai-viet-nam-xu-huong-nao-phat-trien-phu-hop-trong-tuong-lai.

[9]. Tổng Cục thống kê (2025), Thông cáo báo chí về tình hình lao động, việc làm quý IV và năm 2024, https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2025/01/thong-cao-bao-chi-ve-tinh-hinh-lao-dong-viec-lam-quy-iv-va-nam-2024/.

[10]. Thủ tướng Chính phủ (2021), Quyết định số 1246/QĐ-TTg phê duyệt Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2030.

[11]. https://phapluatplus.baophapluat.vn/nhung-ngoi-nha-lop-mai-boi-doc-dao-o-ninh-binh-181041.html.

[12]. https://baovinhlong.com.vn/nhip-song-dong-bang/202012/khong-gian-nha-o-vung-nong-thon-dbscl-xua-3036736/.

[13]. https://nhalatreviet.com/kham-pha-cac-kieu-kien-truc-nha-o-mien-tay-nam-bo-co-ban-nhat/.

[14]. https://nhasan.com.vn/tin-tuc/nha-san-tay-nguyen.html.

■Ngày nhận bài: 24/3/2025 ■Ngày sửa bài: 11/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 9/5/2025

Thiết kế trường học cao tầng trong đô thị mật độ cao: Hướng đi nào cho Hà Nội?

Vertical school design in high-density urban contexts: A viable approach for Hanoi?

> TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY[1], THS.KTS BÙI THỊ MINH NGUYỆT[2]
[1] Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[2] Trường Đại học Mở Hà Nội

TÓM TẮT

Sự gia tăng dân số và thiếu hụt quỹ đất xây dựng trường học tại Hà Nội đang tạo áp lực lớn lên hệ thống giáo dục công, dẫn đến tình trạng quá tải, sỹ số vượt chuẩn và suy giảm chất lượng đào tạo. Trong bối cảnh đó, mô hình trường học theo chiều đứng (Vertical School) đã được nhiều quốc gia có mật độ đô thị cao như Singapore, Trung Quốc... áp dụng hiệu quả. Mô hình này giúp tối ưu sử dụng đất, tích hợp không gian học tập - sinh hoạt - cộng đồng trong một cấu trúc theo chiều đứng linh hoạt, hiện đại. Bài báo tập trung phân tích cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm quốc tế về thiết kế trường học cao tầng, từ đó đánh giá khả năng áp dụng tại Hà Nội. Trên cơ sở đó, tác giả đề xuất một định hướng thiết kế thí điểm, nhằm xây dựng mô hình học đường hiệu quả, tiết kiệm đất và gắn kết với cấu trúc đô thị bền vững.

Từ khóa: Thiết kế trường học; đô thị nén; đô thị hóa; Hà Nội.

ABSTRACT

The rapid population growth and limited availability of land for school construction in Hanoi have placed significant pressure on the public education system, resulting in overcrowding, oversized class sizes, and declining educational quality. In response, the vertical school model has been effectively adopted in high-density urban contexts such as Singapore and China. This model optimizes land use by integrating learning, recreational, and community spaces within a compact, vertical structure. This paper analyzes the theoretical foundations and international case studies of vertical school design, and assesses its applicability in Hanoi. Based on these insights, the authors propose a pilot design approach aimed at developing an efficient, space-saving educational model that aligns with sustainable urban development strategies.

Keywords: School design; compact urban; urbanization; Hanoi.

1.TỔNG QUAN

1.1 Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Trong hai thập niên trở lại đây, tốc độ đô thị hóa tại Hà Nội diễn ra nhanh chóng và mạnh mẽ trên diện rộng. Năm 1990 có 500 đô thị, tỉ lệ đô thị hóa 19.51%, năm 2025 là 916 đô thị, tỉ lệ là 44.3%. Theo Tổng cục Thống kê (2023), dân số Hà Nội tăng trung bình 2,2% mỗi năm trong giai đoạn 2010-2022, vượt mức trung bình toàn quốc [15]. Ngoài khó khăn về thiếu đất nội đô, Hà Nội hiện có khoảng 174 khu đô thị, nhưng 55 dự án không có trường học trong quy hoạch. Kéo theo nhu cầu sử dụng đất ngày càng lớn, đặc biệt cho các công trình hạ tầng xã hội như trường học, bệnh viện, công viên [17]

Trong điều kiện quỹ đất đô thị ngày càng hạn hẹp, đặc biệt là khu vực có mật độ cao, mô hình kiến trúc trường học dàn trải theo chiều ngang không còn phù hợp. Trước thực trạng này, xu hướng thiết kế phân tầng lớp học theo chiều đứng và tích hợp nhiều hoạt động trong một thể thống nhất đang trở thành giải pháp được nhiều đô thị áp dụng. Mô hình trường học cao tầng (vertical school) không chỉ giúp giải quyết bài toán về đất, mà còn mang lại hiệu quả sử dụng không gian, tổ chức linh hoạt các hoạt động học tập, sinh hoạt, vui chơi trong môi trường khép kín, an toàn và hiện đại.

1.2. Thực trạng về đô thị Hà Nội và các mô hình trường học điển hình

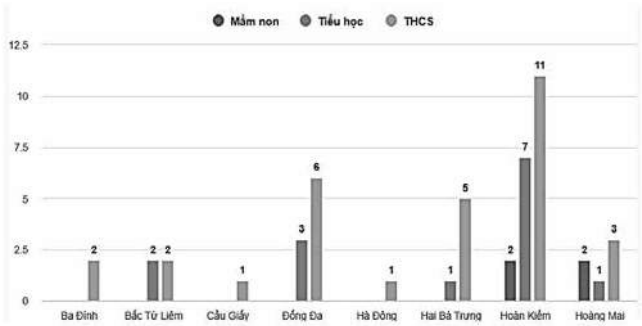
Theo Thông kê của Chi cục dân số, TP Hà Nội Đến năm 2022, dân số toàn thành phố đạt khoảng 8,4 triệu người, với mật độ dân số trung bình là 2.511 người/km^2, cao hơn gấp 8,2 lần so với mức trung bình toàn quốc [13]

Quận	Diện tích khoảng	Dân số khoảng	Mật độ khoảng
Đống Đa	9.59 km^2	410.000 người	41.205 người/km^2
Thanh Xuân	9.09 km^2	300.000 người	33.000 người/km^2
Hai Bà Trưng	10.26 km^2	304.101 người	29.639 người/km^2
Hoàn Kiếm	5.35 km^2	141.687 người	24.573 người/km^2
Ba Đình	9.25 km^2	226.315 người	24.573 người/km^2
Cầu Giấy	12.44 km^2	294.235 người	23.652người/km^2

Thống kê của của Chi cục dân số, TP Hà Nội đến năm 2022

Hà Nội tăng cơ học 50.000-60.000 học sinh, tương đương 30-40 trường học. Điều này tạo áp lực lớn lên hệ thống trường học tại Hà Nội trong việc đảm bảo đủ chỗ học và công nhận trường chuẩn quốc gia [15].

Theo Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Quy hoạch xây dựng (QCVN 01:2021/BXD), diện tích đất tối thiểu dành cho giáo dục mầm non và phổ thông trong khu đô thị là 2,7 m^2/học sinh. Theo ý kiến của lãnh đạo Sở Giáo dục cho biết nội thành Hà Nội, nhất là các quận lõi, gặp khó khăn về đất xây trường, 180 trường vượt số lớp theo quy định, tức nhiều hơn 30 lớp ở bậc tiểu học và 45 lớp ở bậc THCS, THPT. Xét theo những tiêu chí này, đến nay 8 quận nội thành Hà Nội vẫn thiếu 49 trường, trong đó có 4 trường mầm non, 14 tiểu học, 31 THCS. Quận Hoàn Kiếm thiếu nhiều nhất với 2 trường mầm non, 7 tiểu học, 11 THCS, tổng 20 trường. Hoàng Mai và Đống Đa cùng thiếu 9 trường, Hai Bà Trưng thiếu 6 trường. Theo quy định của Bộ GD&ĐT, sỹ số học sinh ở cấp tiểu học không được vượt quá 35 em/lớp. Tuy nhiên, thực tế tại Hà Nội, nhiều trường học có sỹ số học sinh vượt xa quy định này. Cụ thể, tại quận Cầu Giấy, Trường Tiểu học Nghĩa Tân có lớp lên tới 50 học sinh; Trường Tiểu học Phan Đình Giót (quận Thanh Xuân) có lớp lên tới 48 học sinh . Tại quận Hoàng Mai, Trường Tiểu học Hoàng Liệt có lớp lên tới 60 học sinh [15].



Trường mầm non, tiểu học, THCS đang thiếu tại TP Hà Nội (Nguồn UBND TP Hà Nội)

Với mật độ dân số cao như vậy, quỹ đất trống tại các quận này gần như không còn. Việc tiếp tục áp dụng mô hình trường học truyền thống với quy mô 2-3 tầng trải rộng theo chiều ngang không còn phù hợp. Điều này dẫn đến một số hệ lụy nghiêm trọng:

• Quá tải học sinh: Nhiều trường học phải tiếp nhận số lượng học sinh vượt quá khả năng thiết kế, ảnh hưởng đến chất lượng giảng dạy và học tập.

• Thiếu trường học đạt chuẩn: Việc không đáp ứng tiêu chuẩn về diện tích và cơ sở vật chất làm giảm chất lượng môi trường giáo dục.

• Gia tăng bất bình đẳng trong tiếp cận giáo dục: Học sinh ở các khu vực thiếu trường học phải di chuyển xa, ảnh hưởng đến sức khỏe và an toàn giao thông.

• Khó khăn trong việc xây dựng trường học mới: Quỹ đất hạn chế khiến việc mở rộng hoặc xây dựng mới các trường học gặp nhiều trở ngại.

Với nhu cầu thực tiễn cấp bách, khả năng áp dụng và xu hướng tích hợp công năng đang được nhiều quốc gia theo đuổi, đề tài này không chỉ có ý nghĩa về mặt học thuật mà còn mang giá trị thiết thực đối với công tác quy hoạch giáo dục trong các đô thị mật độ cao.

1.3. Phân tích các yếu tố môi trường tự nhiên, kinh tế - xã hội và văn hóa bản địa ảnh hưởng đến thiết kế trường học cao tầng tại Hà Nội

1.3.1. Môi trường tự nhiên

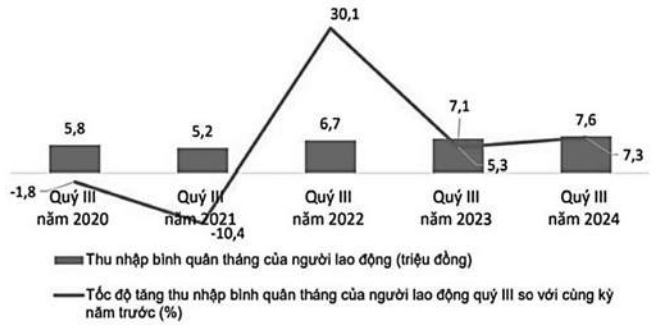
Hà Nội nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa, với mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều và mùa đông lạnh, khô. Theo Tổng cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam (2023), nhiệt độ trung bình năm là 23,6°C, lượng mưa trung bình khoảng 1.800 mm và độ ẩm trung bình quanh năm đạt 79% [12]. Đặc điểm này đặt ra yêu cầu nghiêm ngặt đối với giải pháp vi khí hậu trong thiết kế trường học: cần đảm bảo thông gió tự nhiên hiệu quả, tránh hiện tượng tích nhiệt và ẩm mốc trong công trình cao tầng.

Các giải pháp như mặt đứng có lam chắn nắng, giếng trời xuyên tầng, lớp học thông thoáng hai mặt, và mảng xanh theo chiều đứng là những giải pháp kiến trúc để đảm bảo điều kiện vi khí hậu bền vững cho trường học cao tầng trong môi trường nhiệt đới ẩm như Hà Nội hiện nay.

1.3.2. Kinh tế - xã hội

Theo Cục Thống kê TP Hà Nội, dân số trung bình của thành phố năm 2024 ước đạt 8.718.000 người, tăng 1,5% so với năm 2023.

Quá trình phát triển mạnh về dịch vụ và chuyển dịch lao động cũng góp phần gia tăng thu nhập. Trong quý III năm 2024, thu nhập bình quân tháng của người lao động tại Hà Nội đạt 10,7 triệu đồng, cao hơn gần 46% so với mức bình quân toàn quốc (7,3 triệu đồng) [14]. Điều này phản ánh nhu cầu ngày càng cao về chất lượng giáo dục và môi trường học tập phù hợp với lối sống đô thị hiện đại.



Thu nhập và tốc độ tăng/giảm bình quân tháng của lao động quý III/2024 so với cùng kỳ năm trước, giai đoạn 2020-2024. Nguồn: Tổng cục Thống kê

Tuy nhiên, việc tăng nhanh số lượng học sinh trong khi quỹ đất giáo dục không thay đổi, dẫn tới tình trạng các trường học bị quá tải nghiêm trọng. Trong bối cảnh đó, mô hình trường học cao tầng mang lại tiềm năng giải quyết hai thách thức cùng lúc: tối ưu hóa sử dụng đất và nâng cao chất lượng không gian học đường thông qua tích hợp đa chức năng theo chiều đứng. Đây không chỉ là giải pháp kiến trúc, mà còn là chiến lược giải quyết áp lực hạ tầng giáo dục trong bối cảnh phát triển kinh tế - xã hội đô thị cao như Hà Nội.

1.3.3. Văn hóa bản địa và di sản đô thị: Yếu tố định hình thiết kế học đường cao tầng

Không gian đô thị Hà Nội là sự đan xen phức hợp giữa các lớp văn hóa: từ kiến trúc làng nghề, đình, chùa cổ, phố Pháp đến nhà ống hiện đại [10]. Những yếu tố này không chỉ tạo nên bản sắc địa phương, mà còn đặt ra yêu cầu cụ thể khi triển khai các mô hình kiến trúc hiện đại như trường học cao tầng.

Trường học không chỉ là công trình giáo dục mà còn đóng vai trò như một "điểm tựa văn hóa" trong khu dân cư. Mô hình cao tầng cần kế thừa tinh thần của không gian cộng đồng truyền thống, nơi kết nối và chia sẻ bằng cách tổ chức các khu chức năng mở ở tầng trệt như thư viện cộng đồng, quảng trường nhỏ, sảnh sinh hoạt đa năng hoặc không gian tổ chức lễ hội của trường.

Ngoài ra, yếu tố bản địa còn có thể được thể hiện vào thiết kế thông qua: mặt đứng mang ngôn ngữ kiến trúc phù hợp (màu sắc, vật liệu gạch mộc, lam gỗ...); tổ chức không gian đệm xen kẽ như sân trong, hiên, hành lang, vốn rất quen thuộc trong kiến trúc truyền thống Bắc Bộ.

Việc tích hợp yếu tố văn hóa không nên giới hạn ở hình thức, mà cần thể hiện qua tư duy tổ chức không gian bền vững, linh hoạt,

nơi trường học trở thành "một phần tự nhiên" của cộng đồng và cảnh quan Hà Nội.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ VẬT LIỆU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Theo Matthews và cộng sự [7], các trường học cao tầng không chỉ là nơi diễn ra hoạt động giáo dục mà còn có thể trở thành trung tâm cộng đồng, đóng vai trò tạo dựng mạng lưới xã hội và tăng cường sự gắn kết trong khu dân cư đô thị nén. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh trường học không chỉ phục vụ học sinh mà còn trở thành không gian công cộng đa chức năng phục vụ cả cộng đồng địa phương.

"Vertical school" hay còn gọi là trường học theo chiều đứng, là mô hình thiết kế trường học được tổ chức theo trục đứng, thường có từ 5 tầng trở lên.

Khái niệm này được phát triển và làm rõ trong các nghiên cứu của Swinburn, Matthews và cộng sự [7] [11], cũng như Mokhtar [8] và cộng sự, với mục tiêu đáp ứng các yêu cầu của đô thị nén: tiết kiệm diện tích đất, tích hợp chức năng và nâng cao trải nghiệm học tập. Trong mô hình này, các không gian học tập, vận động, sinh hoạt và cộng đồng được thiết kế trong một khối nhà, thay vì bố trí dàn trải theo chiều ngang như trường học truyền thống. "Vertical school" tận dụng chiều cao để tiết kiệm diện tích đất, đồng thời cho phép tổ chức lại chức năng không gian học đường một cách linh hoạt và sáng tạo hơn.

Theo Dudek, môi trường học là "người thầy thứ ba" bên cạnh thầy cô và chương trình học [4]. Trường học theo chiều đứng không chỉ là phản ứng trước áp lực quỹ đất, mà còn thể hiện triết lý giáo dục hiện đại, trong đó kiến trúc đóng vai trò tạo nên trải nghiệm học tập tích cực, sáng tạo và toàn diện cho học sinh.

Vi khí hậu là yếu tố then chốt trong thiết kế trường học cao tầng, đặc biệt khi công trình có chiều cao lớn và chịu ảnh hưởng của gió, bức xạ mặt trời và chênh lệch nhiệt độ giữa các tầng. Việc bố trí các giếng trời, mặt đứng có lớp cách nhiệt, lam chắn nắng và thông gió xuyên tầng giúp đảm bảo sự thoải mái nhiệt và chất lượng không khí cho học sinh. Swinburn nhấn mạnh rằng giải pháp chiếu sáng và thông gió tự nhiên không chỉ giảm chi phí vận hành mà còn cải thiện khả năng tập trung và sức khoẻ tinh thần của học sinh. Dudek cũng chỉ ra rằng môi trường học lý tưởng cần tạo được cảm giác an toàn, thoáng đãng và linh hoạt về cảm xúc, điều mà các yếu tố vi khí hậu góp phần quan trọng [7] [4].

Swinburn cho rằng trường học cao tầng phù hợp với bối cảnh đô thị mật độ cao khi được thiết kế hướng đến khả năng kết nối cộng đồng, tiếp cận giao thông công cộng, và tổ chức các không gian chức năng linh hoạt theo cụm. Đồng thời, kiến trúc đứng cũng cần đảm bảo tâm sinh lý học sinh, khả năng thích nghi và vận hành an toàn đặc biệt khi triển khai cho các cấp học nhỏ tuổi [7].

Mô hình trường học cao tầng với tổ chức không gian theo trục đứng không đơn thuần là giải pháp kiến trúc, mà được xây dựng trên nền tảng lý thuyết học thuật vững chắc về thiết kế không gian linh hoạt, đa chức năng, thân thiện môi trường và lấy học sinh làm trung tâm. Những đặc điểm như phân tầng chức năng, giao thông đứng rõ ràng, không gian xanh theo tầng, tối ưu vi khí hậu và tích hợp cộng đồng đã được xác nhận bởi nhiều nghiên cứu quốc tế (OECD 2011; Duffy 2024; Willis et al. 2024)[9] [5] [18], đồng thời được chứng minh hiệu quả qua thực tiễn tại các thành phố lớn như Melbourne, Singapore, Thẩm Quyên (Trung Quốc).

• Tổ chức không gian theo trục đứng: Phân tầng theo nhóm tuổi hoặc chức năng (học tập, sinh hoạt, vận động) là giải pháp thiết kế phổ biến trong các trường học cao tầng, giúp tối ưu sử dụng đất và tách biệt luồng hoạt động. OECD (2011) khuyến nghị mô hình "flexible learning spaces", không gian học tập linh hoạt, có khả năng phân vùng chức năng theo tầng hoặc theo nhu cầu sử dụng [9].

• Giao thông đứng: Sử dụng thang máy, thang bộ rộng, cầu nối tầng; có phương án thoát hiểm rõ ràng. CTBUH (2018) nhấn mạnh trong thiết kế công trình giáo dục cao tầng, hệ thống giao thông đứng là thành phần cấu trúc bắt buộc để đảm bảo tiếp cận đa chiều và thoát hiểm hiệu quả [3].

• Không gian xanh phân bố theo tầng: Vườn học trên mái, sân chơi xen tầng, giếng trời lấy sáng. Duffy (2024) đề xuất nguyên lý "biophilic design" trong thiết kế học đường cao tầng, cho thấy không gian xanh nâng cao hiệu suất học tập và giảm căng thẳng cho học sinh [5].

• Thiết kế tối ưu vi khí hậu: Tăng cường thông gió tự nhiên, chiếu sáng tự nhiên, giảm tiêu thụ năng lượng. Aminpour (2023) nhấn mạnh vai trò của môi trường vật lý trong việc cải thiện sự tập trung và hạnh phúc học sinh [1].

• Tính đa năng và cộng đồng: Tích hợp thư viện, phòng sinh hoạt, sảnh cộng đồng để mở rộng chức năng công trình. Willis et al. (2024) xác nhận rằng trường học cao tầng cần tổ chức không gian mở, linh hoạt phục vụ học tập cá nhân, nhóm và cả hoạt động cộng đồng [18]

Mô hình trường học theo chiều đứng không chỉ là giải pháp về mặt kỹ thuật xây dựng mà còn là biểu hiện rõ nét của tư duy giáo dục đổi mới, kết hợp kiến trúc thông minh, vận hành linh hoạt và đặt học sinh làm trung tâm trong mọi quyết định thiết kế.

2.2. Cơ sở pháp lý

Việc nghiên cứu và đề xuất mô hình trường học cao tầng trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và mật độ cao tại Hà Nội cần dựa trên một hệ thống cơ sở pháp lý chặt chẽ, đảm bảo tuân thủ các quy chuẩn kỹ thuật, định hướng đổi mới giáo dục và chính sách sử dụng đất hiện hành.

Thiết kế công trình trường học cao tầng cần tuân thủ đầy đủ hệ thống tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật quốc gia hiện hành. Dưới đây là các văn bản có giá trị pháp lý và chuyên môn, làm căn cứ bắt buộc trong thiết kế:

Luật và nghị quyết cấp Quốc hội & Chính phủ

- Luật Giáo dục 2019 đặt nền tảng về nghĩa vụ nhà nước với cơ sở vật chất giáo dục.
- Luật Đất đai 2024 & Nghị định 102/2024/NĐ-CP cho phép thu hồi đất để phục vụ cho mục đích giáo dục, rất quan trọng để triển khai ở nội đô.
- Nghị quyết 88/2014/QH13 & Quyết định 404/QĐ-TTg (2015), là định hướng đổi mới chương trình và sách giáo khoa, tạo nhu cầu thay đổi không gian học tập

Văn bản điều hành của Bộ GD&ĐT

- Thông tư 32/2018/TT-BGDĐT (chương trình GDPT 2018)
- Thông tư 13/2022/TT-BGDĐT (sửa đổi)
- Thông tư 23/2024/TT-BGDĐT (về điều kiện cơ sở vật chất trong đô thị)

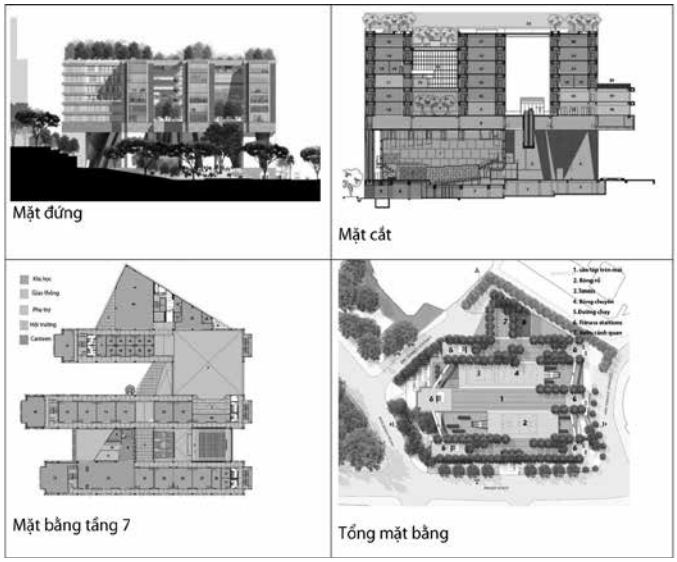
Tiêu chuẩn & quy chuẩn kỹ thuật quốc gia

- CVN 8793:2011, TCVN 8794:2011- tiêu chuẩn thiết kế cho trường tiểu học và THCS.
- QCVN 06:2022/BXD - quy chuẩn PCCC bắt buộc cho nhà cao tầng, bao gồm cả công trình giáo dục.
- TCVN 4605:1988 - chỉ tiêu quy hoạch cho quy mô trường học đô thị.
- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01:2021/BXD

2.3. Cơ sở thực tiễn

a. School of the Arts (SOTA) tại Singapore.

Trường học cao tầng (6 tầng) do WOHA Architects thiết kế. Công trình tích hợp lớp học, không gian công cộng và vườn mái theo chiến lược phân tầng: khối đế là các không gian văn hóa mở như nhà hát, phòng hòa nhạc; tầng trên là lớp học module linh hoạt (9x9m), thông gió chéo, mặt đứng phủ xanh. Kết nối giao thông công cộng, tổ chức không gian học-chơi - sáng tạo trên trục đứng và sử dụng vật liệu bền vững.

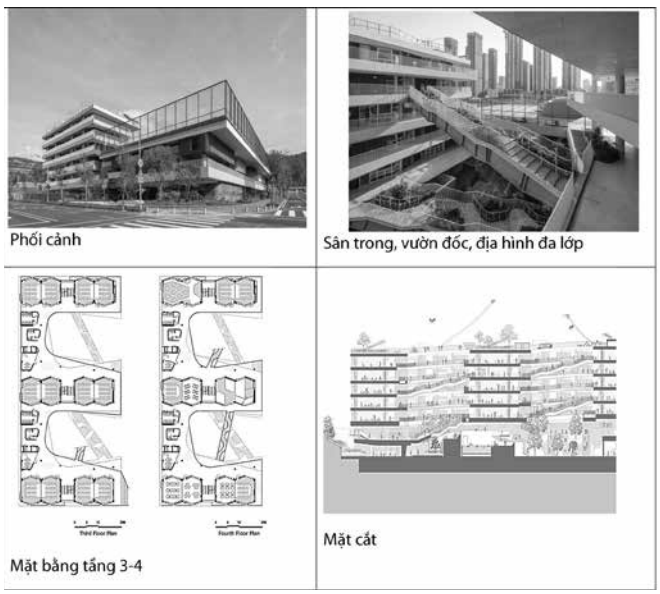


School of the Arts (SOTA) tại Singapore (Nguồn Archidaily)

b. Thẩm Quyến, Trung Quốc Trường Tiểu học Thực nghiệm Hongling (HEPS)

Nằm tại trung tâm quận Futian, một khu đô thị có mật độ dân cư cao và tốc độ phát triển nhanh tại Thâm Quyến. HEPS là điển hình cho mô hình trường học cao tầng, xu hướng giáo dục tiến bộ, thích ứng với điều kiện không gian chật hẹp và khí hậu cận nhiệt đới.

Trường được xây dựng trên khu đất 100 × 100m, mặt bằng hình chữ E được chia thành hai khối phía Đông và Tây. Không gian giữa các dãy lớp học được tổ chức thành "sân trong ", khu vực sinh hoạt kết hợp địa hình đa lớp, vườn dốc, khán phòng, hồ bơi và sân chơi nổi đặt trên tầng ba



Thẩm Quyến, Trung Quốc. Trường Tiểu học Thực nghiệm Hongling (HEPS) (nguồn Archidaily)

Điểm nổi bật của thiết kế là các "đơn vị học tập hình trống", lớp học có thể mở rộng hoặc chia tách linh hoạt bằng vách ngăn di động. Cầu vườn và hệ thống mái đa năng kết nối các tầng lớp học, tạo không gian bán ngoài trời liên hoàn.

3. KẾT QUẢ

3.1. Đề xuất tiêu chí thiết kế

Từ những nghiên cứu về lý thuyết thiết kế trường học đã trình bày ở trên, đề xuất hệ thống tiêu chí thiết kế cho mô hình trường học cao tầng tại đô thị mật độ cao, cụ thể như sau:

- Tiêu chí phân tầng chức năng:

• Phân bố không gian theo chiều đứng cần phù hợp với tính chất sử dụng và tần suất hoạt động (học tập, sinh hoạt, vận động, cộng đồng).

• Cần đảm bảo khả năng tách biệt luồng giao thông giữa các nhóm tuổi hoặc hoạt động khác nhau.

- Tiêu chí tổ chức hình khối và mặt đứng:

• Hình khối kiến trúc cần gọn, phát triển theo phương đứng, tận dụng tối đa diện tích đất đô thị.

• Mặt đứng phản ánh rõ cấu trúc chức năng bên trong và tích hợp giải pháp thẩm mỹ, khí hậu.

- Tiêu chí về vật liệu và công nghệ xây dựng:

• Ưu tiên vật liệu nhẹ, cách nhiệt, tiêu âm, thân thiện môi trường.

• Áp dụng công nghệ thi công nhanh, giảm tiếng ồn và bụi, phù hợp không gian đô thị đông dân.

- Tiêu chí vi khí hậu và môi trường học tập:

• Thiết kế cần tối ưu chiếu sáng tự nhiên, thông gió xuyên tầng.

• Tích hợp cây xanh theo tầng, giếng trời, sân chơi mở để cải thiện chất lượng không gian học đường.

- Tiêu chí kết nối cộng đồng và cảnh quan học đường:

• Tăng cường tính mở và khả năng tương tác với không gian đô thị xung quanh.

• Tầng trệt và tầng mái có thể tích hợp chức năng phục vụ cộng đồng ngoài giờ học.

3.2. Những nguyên tắc thiết kế cụ thể ứng với từng tiêu chí, thích ứng trong bối cảnh đô thị Hà Nội

Việc hiện thực hóa mô hình trường học cao tầng tại Hà Nội đòi hỏi hệ nguyên tắc thiết kế rõ ràng, toàn diện, vừa đảm bảo hiệu quả kỹ thuật, công năng, vừa phản ánh định hướng giáo dục đổi mới và phát triển đô thị bền vững. Các nguyên tắc này cần được xây dựng dựa trên tổng hợp lý thuyết, kinh nghiệm quốc tế và thực tiễn địa phương, làm nền tảng cho các giải pháp khả thi trong bối cảnh đặc thù của Hà Nội.

Bảng đối chiếu Tiêu chí và Nguyên tắc thiết kế

STT	Tiêu chí thiết kế (Mục tiêu cần đạt)	Nguyên tắc thiết kế (Cách thức thực hiện)
1	Tổ chức không gian công năng	Tổ chức không gian theo mô hình hệ sinh thái học đường đa tầng, mỗi tầng là không gian học tập độc lập, gắn với đặc thù nhóm tuổi và tính chất hoạt động. Tầng thấp ưu tiên chức năng cộng đồng, tầng giữa bố trí cụm lớp học, tầng cao dành cho sáng tạo, sinh hoạt, vườn mái.
2	Hình khối kiến trúc	Mặt đứng phản ánh tổ chức công năng, giúp tăng nhận diện và tạo sự thân thiện về thị giác cho học sinh. Phát triển công trình theo phương đứng có kiểm soát, kết hợp phân mảnh hình khối bằng sân xen tầng, khối giật cấp, hành lang mở.

3	Vật liệu	Lựa chọn vật liệu nhẹ, cách nhiệt, tiêu âm tốt, thân thiện môi trường và cảm quan học đường. Ưu tiên kết cấu lắp ghép, dễ thi công, giải pháp thi công phù hợp trong khu đô thị chật hẹp. Nội thất lớp học cần hạn chế phản xạ âm và đủ về ánh sáng.
4	Vi khí hậu	Tận dụng thông gió tự nhiên, chiếu sáng xuyên phòng, giếng trời theo trục dọc, lam chắn nắng, cây xanh phân tầng. Mỗi tầng có các khoảng trống, tạo sự điều hòa khí hậu nội bộ và giảm phụ thuộc vào điều hòa cơ học.
5	Cảnh quan	Thiết kế mảng xanh theo tầng, từ sân chơi mái, vườn học, đến hành lang xanh. Không gian cảnh quan cần được sử dụng đa mục đích vừa học tập, vừa nghỉ ngơi, sinh hoạt, đồng thời tạo kết nối mở với cộng đồng xung quanh như công viên, vỉa hè, trung tâm dân cư.

4. KẾT LUẬN

Mô hình trường học theo chiều đứng có thể là một giải pháp khả thi và cần thiết cho Hà Nội trong bối cảnh thiếu hụt quỹ đất giáo dục tại khu vực nội đô. Tuy nhiên, việc triển khai cần thận trọng, có chọn lọc và dựa trên khảo sát thực tiễn cụ thể.

Trên cơ sở phân tích các mô hình quốc tế tại Singapore và Trung Quốc, có thể thấy rằng trường học cao tầng phát huy hiệu quả khi được tổ chức hợp lý về không gian học tập, thông gió, ánh sáng, giao thông đứng và gộp chức năng cộng đồng. Hà Nội có thể học tập cách tích hợp nhiều chức năng trong cùng một công trình như: tổ chức không gian linh hoạt, chú trọng vi khí hậu và tận dụng chiều đứng. Tuy nhiên, cũng cần tránh những bất cập như quá tải kỹ thuật, phụ thuộc vào vận hành cơ điện, hoặc thiết kế thiếu tương tác giữa các tầng học.

Do đó, Hà Nội nên tiếp cận mô hình này theo hướng thí điểm, áp dụng tại các khu đất phù hợp về quy mô - kết nối - hạ tầng, đồng thời cần xây dựng khung pháp lý riêng cho trường học cao tầng, đảm bảo các tiêu chuẩn về an toàn PCCC, vận hành, và chất lượng giáo dục trong điều kiện đặc thù của đô thị Việt Nam.

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

[1]. Aminpour, F. (2023). Children's preferences for biophilic design in vertical schools. CTBUH Journal, 2023(II), 20-29. CTBUH 2018+2global.ctbuh.org+2ScienceDirect+2.

[2]. Bộ Xây dựng. (2021). QCVN 01:2021/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy hoạch xây dựng. Hà Nội: NXB Xây dựng.

[3]. Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH). (2018). Vertical school design considerations. CTBUH Journal.ctbuh.org.

[4]. Dudek, M. (2005). Children's spaces. Routledge.journal.uts.edu.my +1Google Books+1.

[5]. Duffy, A. J. (2024). The 'nature' of vertical school design-An evolving concept. Architecture, 4(3), 479-492. Australian Design Review+4Terrapin Bright Green+4Children & Nature Network+4.

[6]. Gillett-Swan, J. K., Willis, J., & Volz, K. (2024). Thriving in vertical. schools: Aspirations for inclusion and capability. The Australian Educational Researcher.

[7]. Matthews, J. (2022). Vertical schools as community hubs. In J. Matthews (Ed.), Innovative learning environments in urban settings (pp. 215-230). Springer. SpringerLink.

[8]. Mokhtar, K. F., Denan, Z., & Asif, N. (2024). Vertical school: Innovative urban school design strategies in Kuala Lumpur, Malaysia. Borneo Journal of Sciences and Technology, 6(2), 63-72. ResearchGate+2krinstitute.org+2journal.uts.edu.my+2.

[9]. OECD. (2011). The future of the physical learning environment: School facilities that support the user. OECD Publishing. ScienceDirect+2OECD+2OECD+2.

[10]. Sở Văn hóa và Thể thao Hà Nội. (2023). Báo cáo tổng hợp hiện trạng di sản đô thị và kiến trúc truyền thống Hà Nội. Hà Nội: Sở Văn hóa và Thể thao Hà Nội.

[11]. Swinburn, A. (2017). Vertical school design. NSW Architects Registration Board. architects.nsw.gov.au.

[12]. Tổng cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam. (2023). Niên giám khí tượng thủy văn năm 2023. Hà Nội: Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.

[13] . Tổng cục Thống kê. (2023). Niên giám thống kê năm 2022. Hà Nội: NXB Thống kê.

[14]. Tổng cục Thống kê. (2024). Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội quý III năm 2024. Truy cập ngày 27 tháng 5 năm 2025, từ https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2024/10/bao-cao-tinh-hinh-kinh-te-xa-hoi-quy-iii-nam-2024/

[15]. UBND TP Hà Nội. (2023). Báo cáo số 123/BC-UBND về tình hình phát triển giáo dục và đào tạo năm học 2022-2023. Hà Nội: UBND TP Hà Nội.

[16]. UBND TP Hà Nội. (2024). Báo cáo số 456/BC-UBND về quy hoạch phát triển mạng lưới trường học đến năm 2030. Hà Nội: UBND TP Hà Nội.

[17]. Viện Quy hoạch Xây dựng Hà Nội. (2023). Định hướng phát triển không gian đô thị Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn 2050. Hà Nội: Viện Quy hoạch Xây dựng Hà Nội.

[18]. Willis, J., Gillett-Swan, J. K., & Miles, P. (2024). Student wellbeing in vertical schools: A multilayered student voice approach for inclusion and influence. The Australian Educational Researcher. LinkedIn+3D-NB+3ResearchGate+3.

■Ngày nhận bài: 21/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2025

Giá trị đặc trưng tổ chức không gian cư trú dân tộc Thái tỉnh Thanh Hóa và tiềm năng phát triển du lịch cộng đồng

The distinctive values of spatial organization in Thai ethnic residences in Thanh Hoa province and their potential for community-Based tourism development

> LƯƠNG THỊ HIỀN[1*], HOÀNG HẢI LONG[2]
[1]Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; [*]Email: hienlt@huce.edu.vn
[2]Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Du lịch cộng đồng (DLCĐ) đang trở thành xu hướng phát triển mạnh mẽ tại Việt Nam, đặc biệt ở các bản người Thái tại miền núi Thanh Hóa. Tuy nhiên, sự phát triển tự phát và thiếu định hướng đã gây ra những tác động tiêu cực, làm biến đổi tổ chức không gian bản và kiến trúc nhà ở - những giá trị cốt lõi tạo nên sức hấp dẫn của DLCĐ. Vì vậy, việc nhận diện các giá trị đặc trưng trong tổ chức không gian cư trú và đánh giá tiềm năng của những giá trị này trong phát triển DLCĐ là hai mục tiêu trọng tâm của nghiên cứu. Với phương pháp tổng hợp tài liệu, khảo sát thực địa và phân tích, nghiên cứu đã tập trung làm rõ các khía cạnh như tổ chức cấu trúc không gian bản, tổ chức khuôn viên, cảnh quan tự nhiên, cảnh quan nhân tạo và đặc biệt là giá trị kiến trúc nhà sàn của người Thái. Trên cơ sở phân tích các giá trị này, nghiên cứu đánh giá tiềm năng khai thác chúng để phát triển DLCĐ. Kết quả không chỉ góp phần bảo tồn và gìn giữ các giá trị văn hóa - kiến trúc truyền thống độc đáo mà còn hỗ trợ khai thác tiềm năng phát triển DLCĐ và nâng cao chất lượng cuộc sống của cộng đồng dân tộc Thái.

Từ khóa: Tổ chức không gian cư trú; du lịch cộng đồng; dân tộc Thái tỉnh Thanh Hóa

ABSTRACT

Community-based tourism (CBT) has emerged as a strong development trend in Vietnam, particularly in the villages of the Thai ethnic group in the mountainous areas of Thanh Hoa province. However, unregulated and spontaneous development has led to negative impacts, altering the spatial organization of villages and traditional housing architecture – the core values that form the foundation of CBT's appeal. Therefore, identifying the distinctive values of spatial organization in Thai ethnic residences and assessing their potential for CBT development are the two primary objectives of this study. Using methods such as literature review, field survey and analysis, the study focused on clarifying aspects such as the spatial organization of village structures, campus organization, natural landscape, artificial landscape and especially the architectural value of Thai stilt houses. Based on the analysis of these values, the study assesses the potential for exploiting them to develop community-based tourism. The results not only provide strategic directions for tourism development but also help protect unique cultural and architectural values, contributing to improving the quality of life of the Thai ethnic community.

Keywords: Spatial organization of residential areas; community-based tourism; Thai ethnic group in Thanh Hoa province.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và sự gia tăng nhu cầu du lịch trải nghiệm, du lịch cộng đồng đã trở thành một xu hướng nổi bật, vừa thúc đẩy phát triển kinh tế địa phương vừa bảo tồn văn hóa truyền thống. Đặc biệt, cộng đồng người Thái tại miền núi Thanh Hóa, dân tộc đông thứ hai của tỉnh sống tập trung chủ yếu ở các vùng núi như Mường Khoòng (Bá Thước), Mường Ca Da (Quan Hóa), Mường Chiềng Vạn (Thường Xuân), Mường Đanh (Lang Chánh)[14]. Với lịch sử lâu đời, dân tộc Thái đã sở hữu nhiều giá trị về tổ chức không gian bản, không gian khuôn viên, cảnh quan tự nhiên, cảnh quan nhân tạo cùng với kiến trúc nhà sàn độc đáo. Các bản thường được bố trí ở những vị trí thuận lợi như thung lũng, chân đồi hoặc ven suối, nguồn nước dồi dào và thuận tiện cho sản xuất. Sự gắn kết giữa con người với thiên nhiên thể hiện rõ trong cách tổ chức không gian khuôn viên nhà ở và lựa chọn vật liệu xây dựng phù hợp với môi trường. Kiến trúc nhà sàn truyền thống không chỉ đáp ứng nhu cầu sinh hoạt mà còn là biểu tượng văn hóa, phản ánh kinh nghiệm thích ứng

với điều kiện khí hậu, địa hình vùng núi. Sự đan xen hài hòa giữa cảnh quan tự nhiên như suối, núi rừng và các yếu tố nhân tạo như ruộng bậc thang, nương rẫy đã góp phần tạo nên một môi trường sống giàu bản sắc - là nền tảng quan trọng tạo nên tiềm năng lớn cho phát triển DLCĐ theo hướng bền vững.

Tuy nhiên, trong thực tế, việc khai thác tiềm năng du lịch vẫn đang gặp nhiều khó khăn thách thức. Đó là sự phát triển du lịch ồ ạt mạnh ai nấy làm, thiếu hướng dẫn và tổ chức quản lý đã dẫn đến những thay đổi tiêu cực trong không gian bản và kiến trúc nhà ở truyền thống. Người dân xây dựng thêm những không gian phục vụ du lịch, không gian dành cho khách cư trú trên khuôn viên khu đất một cách tùy tiện làm diện tích sân vườn, diện tích sản xuất nông nghiệp bị thu hẹp. Đối với chính bản thân ngôi nhà truyền thống, người dân đã tự thay đổi từ không gian, vật liệu, đến kết cấu của ngôi nhà để thuận tiện phục vụ du khách. Hậu quả dẫn đến hình thức những ngôi nhà truyền thống bị biến đổi và những không gian được coi là phần hồn, phần lõi giá trị của lối sống văn hóa truyền thống đã bị thay đổi. Việc xây dựng phát triển nhà ở mới đã phá vỡ cấu trúc địa hình tự nhiên, ảnh hưởng đến cảnh quan thiên nhiên tại miền núi Thanh Hóa.

Trên thế giới đã và đang có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến không gian nhà ở truyền thống điều này cho thấy sự chú ý rất lớn của cộng đồng nghiên cứu khoa học trên toàn thế giới, không chỉ phục vụ vấn đề bảo tồn mà còn nhằm phát huy các giá trị, trong đó có giá trị phát triển DLCĐ. Jorge Fernandes cùng các cộng sự (2014) [3] đã sử dụng phương pháp định tính để nghiên cứu về kiến trúc nhà ở truyền thống ở Bồ Đào Nha, cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa kiến trúc và khí hậu. Sorinano và Albert (2015) [1] đã phân tích các kinh nghiệm trong kiến trúc dân gian ở vùng núi Sierra Magina, Tây Ban Nha với đề xuất áp dụng các kinh nghiệm dân gian vào các công trình xây mới. Zhenkai Huang (2021) [4] đề cập tới mối quan hệ cộng sinh giữa thiết kế kiến trúc nhà homestay ở nông thôn. Kết hợp yếu tố truyền thống với công nghệ hiện đại, kết hợp tòa nhà cũ và mới, tích hợp nhiều ngành đã nâng cao chất lượng của các homestay, giảm tỷ lệ nhàn rỗi của các ngôi nhà, nâng cao sức hấp dẫn vùng nông thôn, thúc đẩy sự phục hồi và phát triển kinh tế nông thôn. Guohua Bi và Qingyuan Yang (2023) cảnh báo việc phát triển nhà ở nông thôn làm thay đổi không gian sống và sinh kế người dân, đề xuất quản lý phù hợp để đảm bảo công bằng và bền vững không gian[2].

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu để cập đến nhà ở truyền thống các dân tộc thiểu số và du lịch. Nguyễn Khắc Tụng (2023) [8] đã phân tích các đặc điểm về tổ chức bản làng, về khuôn viên ngôi nhà, tổ chức mặt bằng, vật liệu và kết cấu kiến trúc nhà ở truyền thống, nhấn mạnh mối liên hệ với điều kiện tự nhiên, xã hội và tín ngưỡng. Cầm Trọng (2005) [12] làm rõ bản sắc văn hóa và cách người Thái thích nghi môi trường để xây dựng không gian cư trú đặc trưng. Nguyễn Đình Thi (2024) [7] nhấn mạnh việc bảo tồn kiến trúc nhà ở truyền thống không chỉ là gìn giữ di sản văn hóa vật thể mà còn là bảo tồn lối sống, phong tục, tập quán của các cộng đồng dân tộc thiểu số góp phần thúc đẩy phát triển du lịch. Phan Đăng Sơn (2012) [11] đã nghiên cứu về môi trường ở truyền thống từ đó đưa ra nguyên tắc và giải pháp cho nhiều dân tộc khác nhau ở miền núi phía bắc theo hướng sinh thái và giữ gìn bản sắc. Phạm Hùng Cường (2015) [10] đã nghiên cứu về biến đổi kiến trúc nhà sàn truyền thống dân tộc Thái ở tỉnh Yên Bái và đề xuất bảo tồn giá trị kiến trúc. Nguyễn Thu Hương (2021) [9] đã thiết lập các nguyên tắc xây dựng mô hình quy hoạch Làng nghề truyền thống theo hướng phát triển du lịch. Lâm Ngọc Như Trúc (2019) phân tích kinh nghiệm Nhật Bản trong phát huy vai trò cộng đồng, gợi ý giải pháp cho phát triển DLCĐ ở Việt Nam[5].

Dù đã có nhiều nghiên cứu về nhà ở truyền thống, môi trường cư trú và du lịch cộng đồng, nhưng vẫn thiếu các nghiên cứu chuyên sâu về tổ chức không gian cư trú của người Thái ở Thanh Hóa gắn với tiềm năng phát triển du lịch bền vững. Do đó, việc nhận diện giá trị không gian cư trú và đánh giá khả năng khai thác du lịch cộng đồng là trọng tâm của nghiên cứu này, nhằm góp phần bảo tồn văn hóa truyền thống và định hướng phát triển du lịch phù hợp với bối cảnh kinh tế - xã hội hiện nay.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu thực hiện dựa trên các phương pháp sau:

+ *Phương pháp tổng hợp, thống kê:* nghiên cứu thu thập dữ liệu từ tài liệu học thuật được tổng hợp từ các cơ sở dữ liệu uy tín trực tuyến những nghiên cứu về quy hoạch không gian, kiến trúc truyền thống và DLCĐ bền vững.

+ *Phương pháp khảo sát thực địa:* là quá trình thu thập dữ liệu trực tiếp từ hiện trường, giúp nghiên cứu thu thập thông tin thực tiễn về không gian cư trú, văn hóa bản địa và tiềm năng phát triển DLCĐ của dân tộc Thái chủ yếu tại 5 huyện miền núi tỉnh Thanh Hóa gồm huyện Bá Thước, Quan Sơn, Quan Hóa, Thường Xuân, Lang Chánh. Quá trình khảo sát bao gồm thực hiện việc quan sát, chụp ảnh và ghi chép trực tiếp cách tổ chức không gian cư trú truyền thống của các dân tộc thiểu số từ tổng thể cảnh quan, cấu trúc bản làng đến từng khuôn viên và kiến trúc nhà ở, các hoạt động sinh hoạt hàng ngày và cách cư dân tương tác với môi trường tự nhiên, với khách du lịch nhằm ghi lại các yếu tố đặc trưng của không gian cư trú.

+ *Phương pháp phân tích*: Dữ liệu thu thập được tiến hành phân nhóm, so sánh và tổng hợp nhằm nhận diện các yếu tố đặc trưng của không gian cư trú dân tộc Thái và những yếu tố thuận lợi cho phát triển DLCĐ.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Giá trị đặc trưng tổ chức không gian cư trú dân tộc Thái tỉnh Thanh Hóa

Kế thừa từ thời cha ông, cộng đồng dân tộc Thái ở tỉnh Thanh Hóa đang sở hữu một hệ thống không gian cư trú độc đáo, không chỉ phản ánh sự gắn kết giữa con người với tự nhiên, văn hóa và xã hội mà còn là một biểu tượng văn hóa, chứa đựng những giá trị sâu sắc. Việc nhận diện những giá trị trong tổ chức không gian cư trú dân tộc Thái sẽ là cơ sở bảo tồn và phát huy để phục vụ tốt nhất cho du lịch theo hướng bền vững. Giá trị đặc trưng tổ chức không gian cư trú gồm giá trị trong quy hoạch và trong kiến trúc.

3.1.1. Giá trị về quy hoạch

(1) Trong tổ chức không gian bản

Nổi bật trong tổ chức cấu trúc không gian bản của người Thái tại Thanh Hóa chính là tư duy sinh thái và tính cộng đồng được thể hiện rõ nét qua từng yếu tố không gian. Việc lựa chọn vị trí bản làng gắn liền với địa hình sườn đồi, chân núi, gần nguồn nước, thể hiện sự thích nghi khôn khéo với tự nhiên và khai thác hiệu quả điều kiện sinh thái để phát triển canh tác, sinh hoạt ổn định. Cấu trúc bản bao gồm đầy đủ các yếu tố cần thiết: đất ở, đất canh tác, bãi chăn thả đến rừng và khu mộ địa. Không gian công cộng được chú trọng, với bãi đất đầu bản phục vụ lễ hội, giao lưu văn hóa và khu mộ địa tại "Rừng ma" mang ý nghĩa tâm linh sâu sắc, phản ánh mối quan hệ tôn trọng giữa con người với tự nhiên và tổ tiên [8]. Các cụm nhà ở được bố trí theo tuyến, cụm hoặc hình vành khăn, lưng tựa núi, mặt hướng suối cũng như phù hợp với địa hình. Sự phân bố hợp lý giữa các khu vực ở, sản xuất và sinh hoạt chung tạo nên một cấu trúc không gian bản làng hài hòa, bền vững và giàu bản sắc, thể hiện rõ tinh thần tổ chức cộng đồng chặt chẽ, sống thuận theo tự nhiên -

nét đặc trưng văn hóa lâu đời của người Thái như hình 1.

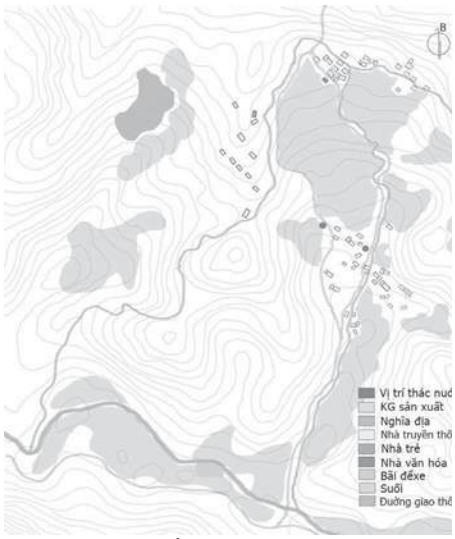
(2) Trong tổ chức không gian khuôn viên

Khuôn viên được quy hoạch phù hợp với địa hình và cảnh quan xung quanh, với ngôi nhà chính nằm ở vị trí trung tâm, lưng tựa vào đồi hoặc núi, mặt hướng ra nguồn nước hay cánh đồng, tận dụng điều kiện khí hậu và phong thủy. Xung quanh khuôn viên thường được bao bọc bởi hàng rào tre, nứa hoặc cây gai, lối vào nối liền với ngõ xóm. Cây cau trước nhà, bàn thờ thổ thần sát cổng, vườn rau, cây ăn quả, hoặc cây dược liệu không chỉ mang giá trị văn hóa sâu sắc mà còn đáp ứng nhu cầu sinh hoạt và sản xuất của gia đình. Đặc biệt, không gian linh hoạt trong khuôn viên nhà ở vừa là nơi sinh hoạt thường ngày, vừa là địa điểm giao lưu hàng xóm cũng là nơi diễn ra các hoạt động lao động như chế biến nông sản hoặc sản xuất thủ công. Những yếu tố này thể hiện sự hài hòa giữa con người và thiên nhiên, công năng, văn hóa và phong tục, góp phần bảo tồn và phát huy giá trị ngôi nhà truyền thống trong đời sống cộng đồng như hình 2.

(3) Trong tổ chức kiến trúc cảnh quan

+ Miền núi Thanh Hóa sở hữu cảnh quan tự nhiên đa dạng, bao gồm núi non hùng vĩ, rừng nguyên sinh, sông suối uốn lượn, ruộng bậc thang và hệ thống hang động độc đáo, tất cả đều góp phần tạo nên giá trị trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan đặc trưng của vùng. Những hang động, sông, suối cùng thung lũng xen kẽ núi, đồi những triền ruộng canh tác theo mùa và hệ sinh thái rừng - nước - đá được được kết hợp một cách tự nhiên trong tổ chức không gian, hình thành những điểm nhìn cảnh quan hấp dẫn và sinh động vừa mang giá trị sinh thái, vừa thu hút khách du lịch khám phá. Cảnh quan không chỉ hỗ trợ đời sống sinh hoạt mà còn nâng tầm giá trị văn hóa, thẩm mỹ, góp phần phát triển du lịch cộng đồng bền vững tại miền núi Thanh Hóa.

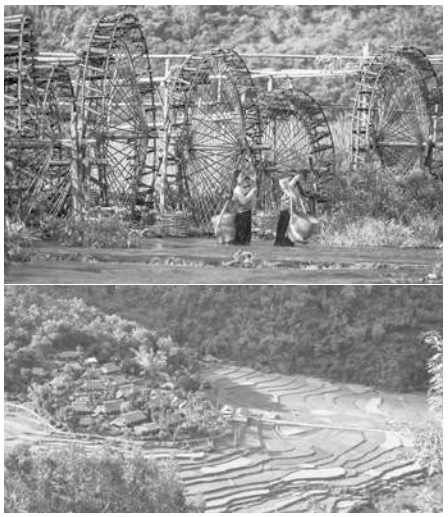
+ Cảnh quan nhân tạo ở miền núi Thanh Hóa thể hiện sự kết hợp hài hòa giữa bàn tay con người và tự nhiên, tạo nên một không gian sống vừa đáp ứng chức năng, vừa giàu giá trị thẩm mỹ. Cấu trúc giao thông bản có dạng hình vành khăn uốn lượn ven triền đồi hoặc suối tạo nên hệ thống giao thông mềm mại, phù hợp với địa hình. Một số bản phát triển theo tuyến dọc thung lũng, kết nối nhà sàn và không gian cộng đồng thành mạch liên hoàn, đan xen ruộng bậc thang và nương rẫy. Các yếu tố như ruộng bậc thang, cánh đồng hoa màu, cọn nước, sân lễ hội, cầu treo, bến nước được gìn giữ và khai thác hiệu quả, góp phần tạo nên điểm nhấn bản sắc cảnh quan, đáp ứng sinh hoạt và thu hút khách thúc đẩy phát triển DLCĐ gắn với bảo tồn văn hóa như hình 3,4.



Hình 1. Tổ chức không gian bản



Hình 2. Khuôn viên ngôi nhà



Hình 3,4. Cảnh quan bản Thái

3.1.2. Giá trị về kiến trúc

Ngôi nhà truyền thống của người Thái là một minh chứng tiêu biểu cho sự kết hợp khéo léo giữa môi trường tự nhiên, văn hóa và tập quán sinh hoạt. Kiến trúc nhà sàn không chỉ đảm bảo chức năng chống ẩm, tránh lũ lụt, thú dữ mà còn tận dụng tối đa thông gió tự nhiên và ánh sáng, tạo nên môi trường vi khí hậu lý tưởng, giúp chống nóng mùa hè và giữ ấm vào mùa đông. Hệ kết cấu độc đáo với các cột gỗ chôn hoặc kê trên đá tảng, mái dốc bốn phía và vật liệu thân thiện với môi trường như gỗ, tre, nứa, tranh không chỉ phản ánh sự bền vững mà còn thể hiện sự sáng tạo dựa trên điều kiện địa phương.

(1) Về thẩm mỹ

Nhà sàn truyền thống của người Thái thể hiện rõ nét giá trị thẩm mỹ độc đáo, hòa quyện giữa tỉ lệ kiến trúc, vật liệu tự nhiên và văn hóa truyền thống. Tỷ lệ giữa các bộ phận chính của ngôi nhà được thiết kế hài hòa: tỷ lệ theo chiều cao giữa hệ cột chống, thân nhà và mái nhà thường là hệ cột chống có chiều cao nhỏ nhất, thân nhà có chiều cao tương đương hoặc cao hơn hệ cột chống và mái nhà có độ cao lớn nhất, dốc đều về bốn phía lợp tranh nhiều lớp [7] thể hiện vẻ đẹp giản dị và không kém phần tinh tế như hình 5 và 6. Chính sự cân đối này đã tạo nên vẻ đẹp đặc trưng và cảm giác vững chãi cho ngôi nhà sàn. Đầu hồi nhà được trang trí bằng hình nộm đầu cọp (xong meo) hoặc đầu voi (hua chạng), thường xuất hiện ở các gia đình khá giả, thay cho "khau cút" phổ biến ở Tây Bắc [14]. Các chi tiết như cửa sổ, lan can có chạm khắc hoa văn trang trí và hành làng, sân phơi với vật liệu tự nhiên như gỗ, tre, nứa, tranh, không chỉ gần gũi môi trường mà còn phản ánh sự khéo léo trong kiến trúc và văn hóa của người Thái.

(2) Về kỹ thuật

Từ thời cha ông nhà sàn của người Thái luôn được lắp dựng bằng phương pháp thủ công đòi hỏi nhiều công sức nên đồng bào có truyền thống giúp đỡ nhau làm nhà thể hiện tình đoàn kết gắn bó của người dân. Khi dựng nhà thường nhờ người trong gia đình và các hộ khác trong bản giúp đỡ, nếu bản ít hộ thì sẽ nhờ thêm các hộ ở bản khác lân cận [6]. Bộ khung nhà hình thành trên cơ sở liên kết các bộ phận vì kèo, giữa vì kèo và cột hoàn toàn tạc khắc, gác

chận lên nhau không dùng mộng và không sử dụng đinh [13]. Hệ khung nhà cổ truyền của người Thái có hai kiểu vì là kiểu "Khứ tháng" và "Khay điêng". Vì kiểu "Khứ tháng" gồm hai cột và một quá giang như hình 7. Vì kiểu "Khay điêng" là kiểu vì khứ tháng mở rộng thêm hai cột con ở hai bên như hình 8 [8]. Hệ cột gồm cột kê và cột chôn. Cột chôn thường được chọn là những cây gỗ tốt để tránh mối mọt. Lớp mặt sàn được làm bằng những thanh tre, nứa đập dập hoặc miếng gỗ xẻ xếp xít vào nhau. Ưu điểm là nhà sàn có độ nhẹ, hút ẩm dưới gầm sàn một cách ít nhất, bốc hơi nhanh và thông thoáng.

(3) Về không gian

Ngôi nhà thường có số gian lẻ, phân chia giữa các khu vực chức năng. Phần "nửa trên" dành cho thờ cúng và sinh hoạt gia đình, nửa dưới" bố trí bếp, tiếp khách, ăn uống và để dụng cụ sản xuất thủ công. Hai cửa đi, cửa "Chan" và "Quản," hai cầu thang, một thang dành cho khách và một thang nội bộ gia đình. Gác bếp và gác xép được tận dụng tối ưu để lưu trữ lương thực. Phần sàn ngoài nhà có hai khu vực: "Táng chan" - có mái che và "Táng quản" - sân phơi không có mái che [8]. Bếp lửa được ví như "linh hồn" trong đời sống của người Thái thể hiện giá trị văn hóa gia đình. Bếp chính đặt gần khu ngủ của chủ nhà để nấu ăn hàng ngày và làm không gian sinh hoạt, tiếp khách trong khi bếp phụ dùng để nấu ăn cho vật nuôi hoặc sưởi ấm cho phụ nữ sau sinh. Cách tổ chức mặt bằng và bố cục không gian của ngôi nhà sàn không chỉ đáp ứng nhu cầu sinh hoạt mà còn chứa đựng những giá trị tinh thần, phản ánh lối sống, tư duy và tập quán được hình thành qua bối cảnh lịch sử và xã hội như hình 9. Đây chính là nét độc đáo và giá trị cốt lõi trong không gian cư trú của người Thái, góp phần tạo nên sức hút đặc biệt cho cộng đồng và du lịch bền vững.

(4) Về vật liệu sử dụng

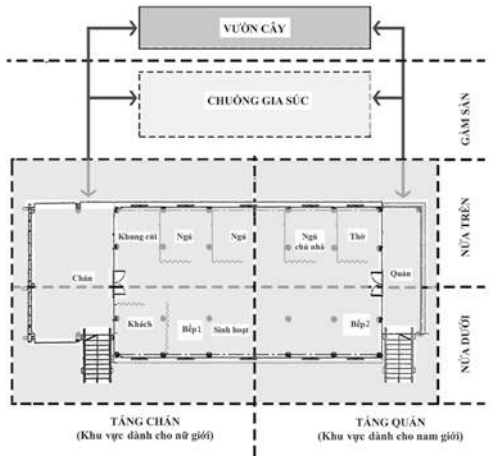
Vật liệu xây dựng luôn được tận dụng từ thiên nhiên, bao gồm gỗ, tranh, tre, nứa, lá và đất. Những vật liệu này không chỉ dễ tìm, dễ sử dụng mà còn tiết kiệm chi phí, phù hợp với điều kiện sống ở vùng miền núi. Tuy nhiên, một số vật liệu có độ bền thấp và phải thay thế thường xuyên. Trong khi đó, các cột nhà chính thường được làm từ những loại gỗ quý như đinh, lim, sến, táu, trắc… giúp ngôi nhà giữ được sự vững chắc và bền bỉ qua nhiều thế hệ. Để tăng độ bền của vật liệu, người Thái có những phương pháp xử lý khéo léo như tre, luồng được ngâm trong nước suốt nhiều ngày để tăng độ chắc chắn và chống mối mọt. Lá tranh dùng để lợp mái được cắt vào đầu mùa đông, khi lá đã đủ già và đạt độ bền tối ưu, giảm nguy cơ thấm dột. Những kỹ thuật này không chỉ phản ánh sự hiểu biết sâu sắc về thiên nhiên mà còn thể hiện sự tài tình và kinh nghiệm được truyền qua nhiều thế hệ, góp phần bảo tồn nét đặc trưng trong kiến trúc truyền thống của người Thái.



Hình 5,6. Hình thức kiến trúc ngôi nhà



Hình 7,8. Kết cấu "Khứ tháng", "Khay điêng"



Hình 9. Mặt bằng bố trí nhà truyền thống

3.2. Tiềm năng phục vụ DLCĐ

Từ những giá trị đặc trưng trong qui hoạch cũng như trong kiến trúc của dân tộc Thái không chỉ thể hiện sự hài hòa giữa con người với thiên nhiên mà còn với văn hóa truyền thống. Những giá trị này một mặt tạo nên bản sắc riêng mà còn tiềm ẩn sức hấp dẫn lớn đối với DLCĐ.

(1) Tổ chức cấu trúc không gian bản

Cấu trúc bản người Thái được tổ chức theo các nguyên tắc truyền thống, với sự phân bổ hợp lý giữa khu vực nhà ở, không gian sinh hoạt cộng đồng và khu vực sản xuất, tất cả đều hòa quyện với cảnh quan tự nhiên. Đây không chỉ là không gian sống mà còn là một hệ sinh thái văn hóa độc đáo, nơi du khách có thể trực tiếp trải nghiệm và tìm hiểu sâu sắc đời sống cộng đồng đặc trưng của người Thái. Bản người Thái mở ra cơ hội lớn để phát triển các sản phẩm du lịch đa dạng, từ tham quan cảnh quan bản làng, trải nghiệm sản xuất nông nghiệp, nghề thủ công truyền thống hay lễ hội. Với sự khai thác hợp lý các không gian cùng với sự bảo tồn giá trị văn hóa không chỉ góp phần làm phong phú thêm trải nghiệm du lịch mà còn thúc đẩy phát triển bền vững, trở thành hình mẫu cho DLCĐ tại miền núi Thanh Hóa.

(2) Tổ chức không gian khuôn viên

Không gian khuôn viên nhà truyền thống tại miền núi Thanh Hóa được tổ chức hài hòa giữa các yếu tố chức năng và cảnh quan, thể hiện mối quan hệ mật thiết giữa con người và môi trường tự nhiên. Ngôi nhà chính thường đặt tại vị trí trung tâm vừa đảm bảo yếu tố phong thủy vừa tạo cảnh quan hấp dẫn. Các thành phần như hàng rào tre, cau trước nhà, bàn thờ thổ thần, vườn rau và cây ăn quả không chỉ phản ánh nếp sống bản địa mà còn góp phần định hình bản sắc cảnh quan. Khuôn viên được tổ chức linh hoạt, vừa phục vụ sinh hoạt thường ngày, vừa thích ứng với các hoạt động du lịch cộng đồng như giao lưu văn hóa, trải nghiệm nghề truyền thống như dệt thổ cẩm, chế biến nông sản, hoặc sản xuất thủ công

mỹ nghệ. Bên cạnh đó, việc cải thiện hạ tầng kỹ thuật - từ cấp thoát nước, không gian vệ sinh đến điểm check-in và bố trí khu vực chăn nuôi hợp lý - giúp nâng cao giá trị sử dụng và thẩm mỹ, đáp ứng yêu cầu bảo tồn di sản và phát triển du lịch bền vững.

(3) Tổ chức không gian nhà ở

Với cấu trúc chặt chẽ và thiết kế phù hợp, nhà sàn của người Thái không chỉ đáp ứng nhu cầu sinh hoạt mà còn tái hiện sinh động lối sống, phong tục truyền thống, tạo sức hút đặc biệt đối với du khách quan tâm đến văn hóa bản địa. Đây là không gian hấp dẫn để tổ chức các hoạt động du lịch trải nghiệm như thực hành nghề thủ công, thưởng thức ẩm thực, biểu diễn nghệ thuật dân gian. Bếp lửa - trung tâm của ngôi nhà - đóng vai trò là nơi nấu nướng, sưởi ấm và kết nối, tạo điều kiện để du khách và người dân giao lưu giúp họ cảm nhận sâu sắc hơn về giá trị văn hóa gia đình. Ngoài ra, nhà sàn có tiềm năng lớn trong phát triển mô hình homestay, giúp du khách trải nghiệm đời sống thực tế cùng người bản địa. Sự kết hợp giữa bảo tồn kiến trúc, tổ chức không gian truyền thống và phát triển các dịch vụ du lịch đặc trưng đã biến nhà sàn trở thành điểm nhấn trong hành trình khám phá văn hóa địa phương, góp phần nâng cao thu nhập cho người dân, đồng thời giữ gìn và lan tỏa bản sắc văn hóa truyền thống.

(4) Cảnh quan tự nhiên

Miền núi Thanh Hóa sở hữu cảnh quan thiên nhiên phong phú và hùng vĩ, mang trong mình tiềm năng lớn để phát triển du lịch cộng đồng theo hướng trải nghiệm. Hệ thống hang động, sông suối, thác nước, rừng nguyên sinh và các dãy núi đá vôi xen kẽ thung lũng trù phú không chỉ tạo nên bức tranh thiên nhiên sinh động mà còn mở ra nhiều loại sản phẩm du lịch hấp dẫn. Du khách có thể tham gia trekking xuyên rừng, khám phá hang động, tắm suối, cắm trại giữa thiên nhiên hoặc đạp xe qua các bản làng để cảm nhận đời sống thường nhật của người dân. Cảnh quan tự nhiên không chỉ là nền tảng hình thành bản sắc không gian sống vùng cao, mà còn là nguồn tài nguyên quý giá, tạo tiền đề để xây dựng các sản phẩm du lịch đặc thù, góp phần phát triển du lịch cộng đồng một cách bền vững và giàu trải nghiệm.

(5) Cảnh quan nhân tạo

Với sự kết hợp hài hòa giữa bàn tay lao động cần mẫn và thiên nhiên, dân tộc Thái đã kiến tạo nên không gian sống mang đậm giá trị văn hóa và thẩm mỹ. Những thửa ruộng bậc thang uốn lượn theo triền núi không chỉ phản ánh kỹ năng canh tác khéo léo mà còn trở thành điểm nhấn cảnh quan thu hút du khách. Cánh đồng hoa màu rực rỡ trải dài dưới thung lũng, thay đổi theo mùa, tạo nên những bức tranh sinh động hấp dẫn. Bên cạnh đó, hình ảnh cọn nước mộc mạc trở thành một yếu tố cảnh quan động góp phần làm phong phú thêm cảnh quan bản làng. Những yếu tố này không chỉ giúp duy trì đời sống nông nghiệp truyền thống mà còn mở ra cơ hội phát triển du lịch trải nghiệm gắn với mùa vụ như ruộng bậc thang vào mùa lúa chín, mùa nước đổ hoặc khám phá các thung lũng hoa mùa xuân hay chợ phiên vũng cao. Việc bảo tồn và phát huy hài hòa các giá trị cảnh quan nhân tạo, kết hợp tổ chức DLCĐ một cách hợp lý, sẽ là nền tảng vững chắc để xây dựng hình ảnh bản làng miền núi Thanh Hóa như một điểm đến du lịch độc đáo, thân thiện, bền vững với du khách trong và ngoài nước.

4. KẾT LUẬN

Quá trình hình thành và phát triển kiến trúc truyền thống của dân tộc Thái tại miền núi Thanh Hóa không chỉ đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng và gìn giữ bản sắc văn hóa của các dân tộc miền núi, mà còn góp phần làm giàu thêm di sản văn hóa quốc gia. Các giá trị đặc trưng trong tổ chức không gian cư trú đã được nhận diện thông qua nghiên cứu gồm: cấu trúc bản được bố trí theo địa hình và tư duy sinh thái, bố cục khuôn viên nhà sàn truyền thống gắn với tín ngưỡng và điều kiện khí hậu, sự hòa quyện cảnh quan tự nhiên với yếu tố nhân tạo, cùng kỹ thuật xây dựng bản địa, sử dụng vật liệu tại chỗ thân thiện môi trường. Những giá trị này thể hiện không chỉ tính thẩm mỹ và kỹ thuật cao mà còn là biểu hiện rõ nét của sự thích ứng thông minh với môi trường. Đây chính là những di sản văn hóa vật thể và phi vật thể cần được bảo tồn và phát huy, đồng thời mở ra tiềm năng to lớn trong phát triển du lịch cộng đồng theo hướng bền vững, lấy chính không gian sống truyền thống làm sản phẩm du lịch văn hóa đặc sắc. Từ đó góp phần nâng cao đời sống người dân và gìn giữ bản sắc dân tộc trong bối cảnh phát triển du lịch mạnh mẽ hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Albert, J. García Soriano & C. López (2014), *Lessons from the vernacular architecture in Sierra Mágina, Jaén; Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future*, 1st Edition, CRC Press, London.

[2]. Bi, Guohua và Yang, Qingyuan (2023), "The spatial production of rural settlements as rural homestays in the context of rural revitalization: Evidence from a rural tourism experiment in a Chinese village", *Land Use Policy*. 128, tr. 106600.

[3]. Fernandes, Jorge và các cộng sự. (2015), "Portuguese vernacular architecture: The contribution of vernacular materials and design approaches for sustainable construction", *Architectural Science Review*. 58, tr. 324-336.

[4]. Huang, Zhenkai (2022), *Research on the Design of Chinese Rural Homestay Inn Based on the Concept of Symbiosis*, University of Pécs.

[5]. Lâm Ngọc Như Trúc (2019), Kinh nghiệm phát triển du lịch cộng đồng ở Nhật Bản và một số gợi ý cho du lịch Việt Nam, *Phát triển du lịch bền vững*.

[6]. Nguyễn Đình Thi (2011), *Kiến trúc nhà ở nông thôn*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 196.

[7]. Nguyễn Đình Thi, Trần Quốc Bảo (2024), *Phát triển bền vững kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc thiểu số miền trung phía Bắc*, NXB Xây dựng.

[8]. Nguyễn Khắc Tụng (2023), *Nhà ở cổ truyền các dân tộc Việt Nam*, NXB Khoa học Xã hội, Hà nội, 695.

[9]. Nguyễn Thu Hương (2021), *Mô hình quy hoạch làng nghề truyền thống - du lịch vùng Đồng bằng sông Hồng*, Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Hà Nội.

[10]. Phạm Hùng Cường (2015), "Những biến đổi trong kiến trúc nhà ở dân tộc Thái (tỉnh Yên Bái), từ truyền thống đến hiện đại", *Khoa học và Công nghệ Việt Nam* 57.

[11]. Phan Đăng Sơn (2011), *Tổ chức môi trường ở của các dân tộc miền núi phía bắc theo hướng sinh thái phát triển bền vững và gìn giữ bản sắc dân tộc*, Khoa Kiến trúc và Quy Hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

[12]. Trọng, Cẩm (2005), *Những hiểu biết về người Thái ở Việt Nam*, NXB Chính trị quốc gia.

[13]. Ủy ban nhân dân huyện Quan Hóa tỉnh Thanh Hóa (2019), *Địa chí huyện Quan Hóa tỉnh Thanh Hóa*, NXB Thanh Hóa.

[14]. Ủy ban nhân dân tỉnh Thanh Hóa (2000), *Địa chí Thanh Hóa*, NXB Văn hóa thông tin, 1025.

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Ứng dụng mỹ học trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị: Nghiên cứu trường hợp nhà ga ngầm Ba Son và vai trò của vật liệu mới

Aesthetic applications in Urban railway station design: A case study of Ba Son Underground station and the Role of Advanced materials

> TRẦN TRUNG HIẾU[1*], TRƯƠNG MINH LÂM[2]
[1]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
[2]Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT

Nghiên cứu này khám phá vai trò quan trọng của mỹ học trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị, tập trung vào nhà ga ngầm Ba Son thuộc tuyến Metro số 1 TP.HCM . Thông qua việc phân tích sự tích hợp các yếu tố văn hóa và lịch sử vào khung kiến trúc hiện đại, nghiên cứu chứng minh rằng thiết kế mỹ học không chỉ nâng cao trải nghiệm người dùng mà còn tối ưu hóa hiệu quả vận hành và khẳng định bản sắc văn hóa trong hạ tầng giao thông công cộng. Ngoài ra, nghiên cứu bổ sung việc ứng dụng các vật liệu mới trong xây dựng để nâng cao giá trị thẩm mỹ và công năng. Bằng cách kết hợp phân tích lý thuyết, nghiên cứu các trường hợp và đề xuất thiết kế thực tiễn. Bài báo đưa ra các giải pháp khắc phục những hạn chế về mỹ học, đồng thời phù hợp với các thực tiễn xây dựng bền vững và hiện đại. Kết quả cho thấy sự kết hợp giữa mỹ học mang bản sắc văn hóa và vật liệu mới có thể biến các nhà ga đường sắt đô thị thành những biểu tượng kiến trúc, hòa quyện giữa bản sắc địa phương và tiêu chuẩn toàn cầu.

Từ khóa: Đường sắt đô thị; nhà ga; kiến trúc; vật liệu mới; mỹ học.

ABSTRACT

This study explores the critical role of aesthetics in the design of urban railway stations, with a focus on the Ba Son Underground Station of Ho Chi Minh City's Metro Line 1. By analyzing the integration of cultural and historical elements into modern architectural frameworks, the research demonstrates that aesthetic design not only enhances user experience but also optimizes operational efficiency and reinforces cultural identity within public transportation infrastructure. Furthermore, the study incorporates the application of advanced materials in construction to elevate both aesthetic and functional values. Through a combination of theoretical analysis, case study, and practical design proposals, the paper presents solutions to address aesthetic shortcomings while aligning with sustainable and modern construction practices. The findings suggest that the integration of culturally inspired aesthetics with advanced materials can transform urban railway stations into iconic architectural landmarks, harmoniously blending local identity with global standards.

Keywords: Urban railway; station design; architecture; advanced materials; aesthetics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển nhanh chóng của đô thị hóa tại các thành phố lớn trên toàn cầu đã thúc đẩy nhu cầu về các hệ thống giao thông công cộng hiệu quả, trong đó đường sắt đô thị (metro) đóng vai trò trung tâm trong việc giải quyết áp lực giao thông và định hình diện mạo đô thị [1]. Tại Việt Nam, các dự án metro tại Hà Nội và TP.HCM, chẳng hạn như tuyến Cát Linh - Hà Đông và tuyến Bến Thành - Suối Tiên, không chỉ đáp ứng nhu cầu di chuyển mà còn có tiềm năng trở thành các biểu tượng kiến trúc, phản ánh bản sắc văn hóa và trình độ phát triển của quốc gia [2]. Tuy nhiên, nhiều nhà ga metro tại Việt Nam hiện nay vẫn ưu tiên công năng và chi phí thấp, dẫn đến sự thiếu hụt về mỹ học, gây ảnh hưởng đến trải nghiệm người dùng và giá trị văn hóa của công trình [3].

Mỹ học, được định nghĩa như một lĩnh vực nghiên cứu về cái đẹp, nghệ thuật và cảm nhận thẩm mỹ, đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra các không gian công cộng không chỉ hiệu quả về mặt chức năng mà còn mang lại giá trị cảm xúc và văn hóa [5]. Trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị, mỹ học không chỉ liên quan đến hình thức kiến trúc mà còn bao gồm sự hài hòa giữa ánh sáng, màu sắc, vật liệu và các yếu tố văn hóa địa phương [6]. Các nghiên cứu quốc tế đã chứng minh rằng thiết kế thẩm mỹ có thể cải thiện sự hài lòng của hành khách, tăng cường tính bền vững và củng cố bản sắc đô thị [7]. Ví dụ, nhà ga Atocha ở Madrid, Tây Ban Nha, với khu vườn nhiệt đới trong không gian nội thất, đã trở thành một biểu tượng kiến trúc kết hợp giữa chức năng và nghệ thuật [8].

Song song với mỹ học, sự phát triển của các vật liệu xây dựng mới, như kính cường lực tích hợp LED, bê tông trong suốt và vật liệu composite tái chế, đã mở ra cơ hội để nâng cao giá trị thẩm mỹ và tính

bền vững trong thiết kế công trình xây dựng nói chung và nhà ga đường sắt đô thị nói riêng [9]. Đặc biệt, bê tông cường độ cao, với khả năng chịu lực vượt trội và độ bền lâu dài [10-11], cho phép tạo ra các cấu trúc mỏng, thanh thoát, đồng thời tích hợp các họa tiết trang trí tinh tế, nâng cao tính thẩm mỹ trong các công trình kiến trúc [12-13]. Vật liệu này, khi kết hợp với các kỹ thuật gia công hiện đại, có thể mang lại sự linh hoạt trong thiết kế. Từ đó tạo ra các không gian nhà ga vừa bền vững vừa mang tính biểu tượng. Tuy nhiên, tại Việt Nam, việc ứng dụng các vật liệu tiên tiến trong các công trình giao thông công cộng vẫn còn hạn chế do các rào cản về chi phí, công nghệ và thiếu tiêu chuẩn thiết kế thẩm mỹ rõ ràng [4, 14].

Nghiên cứu này tập trung vào nhà ga ngầm Ba Son thuộc tuyến Metro số 1 TP.HCM, nhằm đề xuất các giải pháp thiết kế mỹ học tích hợp bản sắc văn hóa Việt Nam với các vật liệu xây dựng hiện đại. Mục tiêu là làm rõ vai trò của mỹ học trong việc nâng cao trải nghiệm người dùng, hiệu quả vận hành và giá trị văn hóa, đồng thời cung cấp các phương án thiết kế thực tiễn để biến nhà ga thành một biểu tượng đô thị hòa quyện giữa di sản văn hóa và tiêu chuẩn toàn cầu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ MỸ HỌC VÀ THIẾT KẾ NHÀ GA

2.1. Thiết kế nhà ga metro: Yêu cầu và thách thức

Mỹ học là một nhánh của triết học nghiên cứu về cái đẹp, nghệ thuật và cảm nhận thẩm mỹ. Trong kiến trúc công trình, mỹ học không chỉ đề cập đến vẻ đẹp hình thức mà còn liên quan đến sự hài hòa giữa chức năng, hình thức và bối cảnh văn hóa. Đối với nhà ga đường sắt đô thị, mỹ học đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra không gian không chỉ đáp ứng nhu cầu giao thông mà còn mang lại trải nghiệm thoải mái, an toàn và gợi cảm xúc cho hành khách. Các yếu tố thẩm mỹ trong thiết kế nhà ga bao gồm kiến trúc, màu sắc, ánh sáng, vật liệu và sự tích hợp bản sắc văn hóa địa phương. Một nhà ga được thiết kế với mỹ học tốt không chỉ thu hút thị giác mà còn trở thành biểu tượng văn hóa, phản ánh lịch sử và bản sắc của khu vực (Hình 1).



a) Ga Ba Son, TP.HCM



b) Ga Milano, Ý



c) Ga Atocha, Tây Ban Nha



d) Ga Kanazawa, Nhật Bản



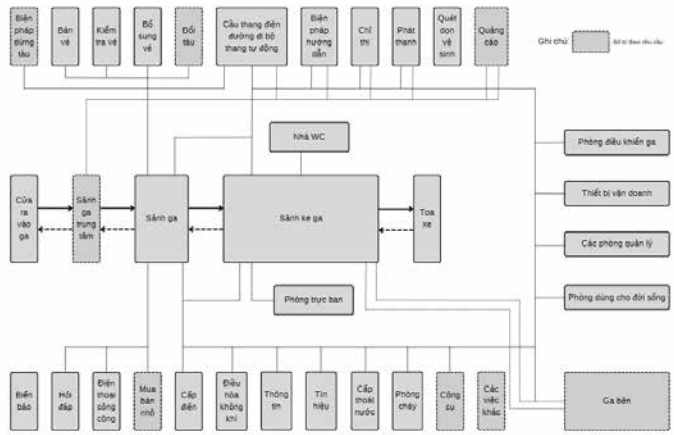
e) Ga Komsomolskaya, Nga



f) Ga Mayakovskaya, Nga

Hình 1. Một số nhà ga trong và ngoài nước.

Thiết kế nhà ga metro đòi hỏi sự cân bằng giữa công năng và mỹ học. Các yếu tố chính bao gồm bố trí lối ra vào, không gian hành khách, hệ thống thông tin và tiện ích kỹ thuật (Hình 2). Thiết kế ga metro tập trung vào chức năng giao thông, phục vụ hành khách và vận hành kỹ thuật. Các khu vực chính như sảnh ga, sảnh ke ga, bán vé và kiểm tra vé được bố trí hợp lý, đảm bảo luồng di chuyển nhanh chóng, an toàn. Cầu thang, thang cuốn và lối đi tự động hỗ trợ tiếp cận cho mọi đối tượng. Hệ thống kỹ thuật, bao gồm phòng điều khiển, cấp điện, điều hòa, phòng cháy chữa cháy, đảm bảo hoạt động ổn định và ứng phó khẩn cấp. Tiện ích như nhà vệ sinh, máy bán hàng, cửa hàng nhỏ tạo không gian hiện đại, thân thiện, đồng thời tăng nguồn thu phụ trợ. Chức năng hỗ trợ gồm phòng công cụ, khu vực nhân viên và ga bến kết nối với các phương tiện giao thông khác, đảm bảo liên kết đô thị. Ga metro không chỉ là nút giao thông mà còn là hệ sinh thái phức hợp, thúc đẩy phát triển đô thị bền vững và giao thông thông minh. Tài liệu [2] cung cấp thông tin chi tiết về cấp bậc quy mô ga, chiều cao tối thiểu, năng lực thông qua và các phòng chức năng, làm nền tảng để đảm bảo hiệu quả vận hành.



Hình 2. Sơ đồ chức năng ga Metro [2].

Thách thức lớn nhất là tích hợp mỹ học mà không làm giảm công năng. Ví dụ, quá nhiều biển báo có thể gây rối mắt, hoặc thiết kế hiện đại có thể không hòa hợp với bối cảnh đô thị truyền thống. Ngoài ra, việc bảo trì kém và thiếu bản sắc văn hóa địa phương cũng làm giảm giá trị thẩm mỹ của nhiều nhà ga tại Việt Nam. Chi phí và ngân sách hạn chế cũng là rào cản, đặc biệt ở các nước đang phát triển như Việt Nam, nơi nguồn lực thường ưu tiên cho kỹ thuật hơn là trang trí hay vật liệu cao cấp. Ví dụ, nhà ga tuyến Cát Linh - Hà Đông tại Hà Nội bị nhận xét thiếu điểm nhấn thẩm mỹ do thiết kế quá đơn giản nhằm tiết kiệm chi phí. Tính đồng bộ với đô thị xung quanh đặt ra vấn đề khi nhà ga hiện đại có thể không hòa hợp với cảnh quan truyền thống, như một công trình kính thép giữa khu phố cổ dễ gây cảm giác lạc lõng. Việc thiếu tích hợp bản sắc văn hóa địa phương cũng là hạn chế, chẳng hạn một số nhà ga metro TP.HCM bị cho là chưa thể hiện rõ nét đặc trưng Việt Nam qua hình khối hay họa tiết. Ngoài ra, bảo trì kém khiến nhiều nhà ga xuống cấp nhanh, với sơn tróc, rác bừa bãi làm mất đi vẻ đẹp ban đầu, như thấy ở một số ga cũ tại Việt Nam. Trải nghiệm người dùng bị ảnh hưởng nếu thiết kế thiên về hình thức mà bỏ qua sự thoải mái, như ga ngầm thiếu ánh sáng tự nhiên gây ngột ngạt. Để khắc phục, cần tích hợp chức năng vào thiết kế tinh tế, sử dụng vật liệu bền vững như kính và thép, điều chỉnh phong cách phù hợp bối cảnh đô thị, kết hợp yếu tố văn hóa như họa tiết hoa sen, và lập kế hoạch bảo dưỡng định kỳ, nhằm tạo nên những nhà ga vừa đẹp, vừa tiện ích, đồng thời trở thành biểu tượng của sự phát triển đô thị hiện đại.

2.2. Vai trò của vật liệu mới trong thiết kế kiến trúc

Sự phát triển của các vật liệu xây dựng tiên tiến đã mở ra những cơ hội đáng kể để nâng cao cả mỹ học và tính bền vững trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị. Các vật liệu như kính cường lực tích hợp LED, thép không gỉ, bê tông trong suốt, bê tông tính năng cao (ultra-high performance concrete - UHPC), và vật liệu composite tái chế không chỉ mang lại độ bền vượt trội mà còn tạo ra các hiệu ứng thị giác độc đáo, góp phần định hình không gian kiến trúc hiện đại.

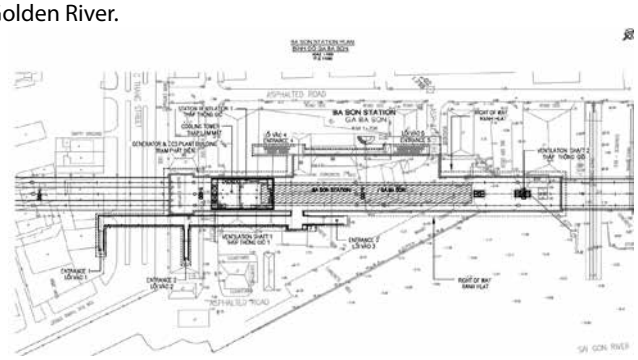
Kính cường lực với lớp phủ LED cho phép tạo ra các hiệu ứng ánh sáng động, mô phỏng các họa tiết văn hóa hoặc cảnh quan tự nhiên, mang lại trải nghiệm thị giác sống động trong các không gian ngầm như nhà ga Ba Son. Bê tông trong suốt, với khả năng cho ánh sáng tự nhiên xuyên qua, giúp giảm cảm giác ngột ngạt trong các ga ngầm, đồng thời tạo nên các bề mặt trang trí tinh tế. Trong khi đó, bê tông tính năng cao (UHPC) nổi bật với cường độ chịu nén vượt trội (lên đến 150-200 MPa), độ bền lâu dài và khả năng tạo ra các cấu trúc mỏng, thanh thoát mà vẫn đảm bảo an toàn kết cấu. UHPC cho phép thiết kế các tấm ốp tường, cột hoặc sàn nhà ga với độ dày giảm đáng kể, tạo cảm giác nhẹ nhàng và không gian mở, đồng thời hỗ trợ tích hợp các họa tiết chạm khắc tinh xảo, như hình hoa sen hoặc trống đồng, để phản ánh bản sắc văn hóa Việt Nam. Ngoài ra, UHPC có khả năng chống ăn mòn và chịu được điều kiện môi trường khắc nghiệt, giúp giảm chi phí bảo trì dài hạn, đặc biệt phù hợp với các công trình ngầm chịu tác động của độ ẩm và áp lực đất.

Vật liệu tái chế và thân thiện với môi trường, như nhựa tái chế hoặc gỗ công nghiệp, cũng ngày càng được ưa chuộng trong các công trình giao thông quốc tế, chẳng hạn như ga Berlin Hauptbahnhof. Những vật liệu này không chỉ giảm thiểu tác động môi trường mà còn mang lại sự linh hoạt trong thiết kế, cho phép tạo ra các chi tiết trang trí phức tạp mà không làm tăng chi phí đáng kể. Sự kết hợp giữa các vật liệu tiên tiến như UHPC và vật liệu tái chế không chỉ nâng cao tính thẩm mỹ mà còn góp phần xây dựng các nhà ga bền vững, đáp ứng xu hướng phát triển hạ tầng giao thông thông minh và thân thiện với môi trường trong tương lai.

3. NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP: NHÀ GA NGẦM BA SON

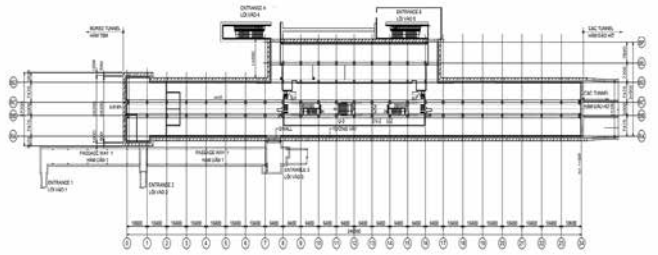
3.1. Tổng quan về dự án

Nhà ga ngầm Ba Son là một trong những nhà ga quan trọng của tuyến Metro số 1 TP.HCM (Bến Thành - Suối Tiên), tọa lạc tại vị trí chiến lược ở giao lộ đường Tôn Đức Thắng và Nguyễn Hữu Cảnh, Quận 1, gần khu vực trung tâm thành phố và sông Sài Gòn (Hình 3). Với quy mô lớn, ga có chiều dài 240m, chiều rộng 34,5m và độ sâu khoảng 20m, được thiết kế với hai tầng ngầm chính: tầng B1 bao gồm khu vực sảnh, phòng bán vé, kiểm soát vé và các tiện ích hành khách; tầng B2 là khu vực sân ga với hai đường ray và một ke ga đảo, tối ưu hóa luồng di chuyển hành khách (Hình 4-5). Nhà ga được xây dựng để đáp ứng lưu lượng hành khách cao, kết nối khu vực trung tâm với các quận lân cận và các khu đô thị mới như Vinhomes Golden River.

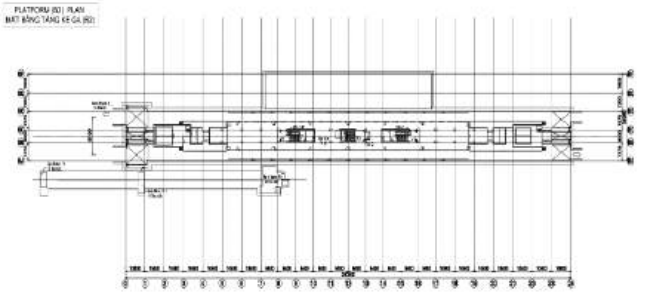


Hình. 3. Bình đồ Ga Ba Son.

Dự án do Ban Quản lý Đường sắt đô thị TP.HCM (MAUR) làm chủ đầu tư, với sự hợp tác của các liên danh quốc tế, bao gồm Nippon Koei (Nhật Bản) phụ trách thiết kế và liên danh Shimizu - Maeda (Nhật Bản) đảm nhận thi công. Công trình khởi công vào năm 2014, hoàn thành cơ bản vào cuối năm 2023 và chính thức đi vào vận hành từ ngày 22/12/2024. Nhà ga Ba Son không chỉ đóng vai trò là một nút giao thông quan trọng mà còn mang ý nghĩa văn hóa, nằm gần khu vực lịch sử Ba Son - nơi từng là xưởng đóng tàu nổi tiếng từ thế kỷ 18, góp phần định hình bản sắc đô thị của TP.HCM.



Hình 4. Mặt bằng tầng B1.



Hình 5. Mặt bằng tầng B2.

3.2. Hiện trạng và hạn chế về mỹ học

Mặc dù được thiết kế theo tiêu chuẩn quốc tế, nhà ga ngầm Ba Son vẫn bộc lộ nhiều hạn chế về mỹ học, làm giảm sức hấp dẫn và giá trị văn hóa của công trình. Thứ nhất, thiết kế hiện tại chủ yếu sử dụng vật liệu công nghiệp như đá granite, thép không gỉ và kính, thiếu các yếu tố phản ánh lịch sử Ba Son - một di sản đóng tàu quan trọng từ thế kỷ 18 - hoặc bản sắc văn hóa Sài Gòn. Thứ hai, không gian ga chưa tích hợp các tác phẩm nghệ thuật công cộng hay các chi tiết trang trí mang tính biểu tượng, dẫn đến cảm giác đơn điệu và thiếu sức sống. Thứ ba, hệ thống chiếu sáng chủ yếu dựa trên đèn âm trần trắng, phục vụ công năng nhưng không tạo được hiệu ứng nghệ thuật, gây cảm giác khô cứng và không thân thiện với hành khách. Thứ tư, việc sử dụng vật liệu tiên tiến như bê tông tính năng cao (UHPC) còn rất hạn chế, mặc dù vật liệu này có tiềm năng tạo ra các cấu trúc mỏng và họa tiết tinh xảo. Tuy nhiên, chi phí sản xuất UHPC cao, yêu cầu kỹ thuật thi công phức tạp và thiếu đội ngũ nhân lực lành nghề tại Việt Nam đã cản trở việc ứng dụng rộng rãi, khiến nhà ga chưa khai thác được tối đa tiềm năng thẩm mỹ và bền vững của vật liệu này. Cuối cùng, thiết kế mặt ngoài ga chưa tận dụng được cảnh quan ven sông Sài Gòn và kết nối yếu với các khu vực lân cận như Vinhomes Golden River, làm giảm sự hòa nhập với bối cảnh đô thị.

3.3. Giải pháp mỹ học đề xuất

Dựa trên những phân tích thực trạng về thẩm mỹ không gian và bản sắc kiến trúc của nhà ga ngầm Ba Son, định hướng thiết kế mỹ học cho phương án cải tạo được xây dựng theo hướng tôn vinh bản sắc văn hóa – lịch sử Việt Nam, kết hợp với ngôn ngữ kiến trúc hiện đại và công nghệ ánh sáng tương lai. Mục tiêu là tạo nên một không gian giao thông công cộng không chỉ hiệu quả về mặt công năng, mà còn gợi cảm xúc, khơi dậy niềm tự hào văn hóa và mang tính biểu tượng đô thị lâu dài.

3.3.1. Triết lý thiết kế: "Di sản sống - Đô thị tương lai"

Thiết kế lấy cảm hứng từ vùng đất Ba Son - nơi giao thoa giữa truyền thống lịch sử, dòng chảy sông nước và công nghiệp hiện đại. Các yếu tố mỹ học được lồng ghép theo hướng gợi nhắc lịch sử nhưng không rập khuôn, thay vào đó sử dụng ngôn ngữ đương đại để thể hiện tinh thần dân tộc một cách sống động và tinh tế.

3.3.2. Ngôn ngữ thẩm mỹ và biểu tượng chủ đạo

Không gian ga được khắc họa dựa trên các biểu tượng văn hóa - lịch sử Việt Nam:

- Trống đồng Đông Sơn (Hình 6), hoa sen (Hình 7), hình gợn sóng, chạm trổ thuyền gỗ, phong cách Đông Dương.
- Hình tượng rồng thời Nguyễn (Hình 8), khảm trai, hình lá đề cách điệu: thể hiện trong phù điêu trang trí, đèn trần hoặc tay vịn lan can.
- Màu sắc: sử dụng các tông đồng cổ, xanh cổ vịt, nâu trầm, vàng sẫm gợi cảm giác hoài niệm nhưng hiện đại.



Hình 6. Hình ảnh họa tiết trống đồng trong kiến trúc.



Hình 7. Hình ảnh họa tiết hoa sen trong kiến trúc.



Hình 8. Hình ảnh họa tiết rồng thời Nguyễn trong kiến trúc.

3.3.3. Gợi ý không gian ứng dụng cụ thể

Sảnh tầng B1:

- Tích hợp các cột đèn chiếu sáng nghệ thuật với thân đèn lấy hình tượng cột buồm thuyền xưa.
- Tường bao sảnh đặt phù điêu hoa sen, bản đồ Ba Son xưa bằng kỹ thuật chạm nổi giả đá hoặc đắp nổi đèn viền.
- Trần lượn sóng ánh sáng ấm, điểm xuyết hoa văn sóng nước và chim Lạc.

Ke ga tầng B2:

- Sàn bê tông xi măng đánh bóng, điểm hoa văn gợn sóng bằng đá khảm.
- Tường kính phối hợp màn chiếu đèn LED ánh sáng xanh lam nhạt - gợi dòng sông.
- Một góc ke ga đặt mô hình tàu gỗ cổ hoặc đèn LED tạo hình rồng uốn quanh trụ cột, tượng trưng cho sự bảo hộ và sức mạnh.

Lối vào từ mặt đất:

- Lam nhôm CNC hình ảnh thuyền cổ, họa tiết bản đồ Sài Gòn xưa gắn trên mái vòm.
- Biển tên ga được thiết kế bằng chữ nổi đồng xước với nền đá khắc hình trống đồng cách điệu.

Các hình ảnh phối cảnh minh họa được thể hiện trong Hình 9-14.



Hình 9. Phối cảnh minh họa khu vực sảnh chờ tàu.



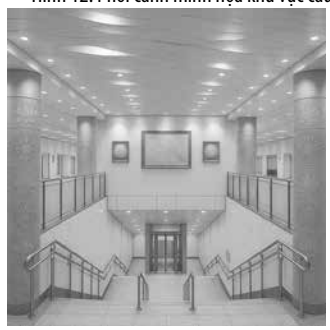
Hình 10. Phối cảnh minh họa khu vực cầu thang bộ.



Hình 11. Phối cảnh minh họa khu vực soát vé .



Hình 12. Phối cảnh minh họa khu vực cầu thang máy và sảnh .



Hình 13. Phối cảnh minh họa khu vực cầu thang bộ từ tầng B1 xuống tầng B2



Hình 14. Phối cảnh minh họa khu vực cầu thang bộ từ trên mặt đất

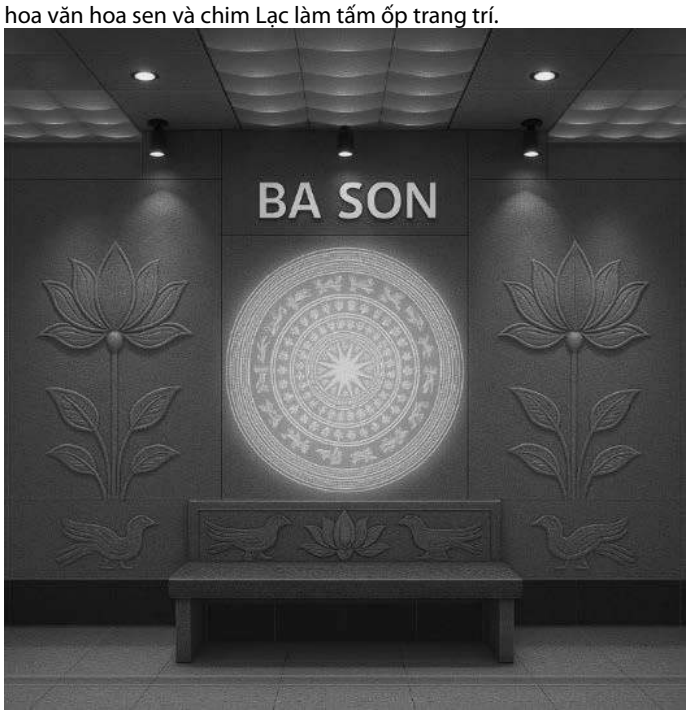
3.3.4. Ứng dụng vật liệu mới

➢ Kính cường lực tích hợp LED: Tạo hiệu ứng ánh sáng động, mô phỏng sóng nước hoặc hình ảnh văn hóa, như tại khu vực ke ga, tăng trải nghiệm thị giác cho hành khách. Hình 15 mô tả cách sử dụng kính cường lực tích hợp LED ở khu vực ke ga, tạo hiệu ứng chuyển động kết hợp với các họa tiết mang tính chất văn hóa - lịch sử.



Hình 15. Phối cảnh minh họa khu vực ke ga.

➢ Bê tông trong suốt và bê tông tính năng cao: Bê tông trong suốt cho phép ánh sáng tự nhiên xuyên qua, giảm cảm giác ngột ngạt trong ga ngầm. Bê tông tính năng cao (UHPC), với cường độ chịu nén 150-200 MPa và khả năng chống ăn mòn vượt trội, được sử dụng cho các tấm ốp, cột và sàn, tạo cấu trúc mỏng, bền vững và tích hợp họa tiết văn hóa phức tạp. UHPC giúp giảm chi phí bảo trì dài hạn và tăng tính thẩm mỹ thông qua các bề mặt chạm khắc tinh xảo. Hình 16 minh họa cách sử dụng bê tông trong suốt họa tiết trống đồng kết hợp đèn led hắt sáng từ phía sau tạo thành vách xuyên sáng. Hai bên sử dụng bê tông tính năng cao (UHPC) tạo hình hoa văn hoa sen và chim Lạc làm tấm ốp trang trí.



Hình 16. Phối cảnh minh họa khu vực ghế ngồi chờ tàu.

➢ Vật liệu composite tái chế: Sử dụng trong các chi tiết trang trí như lan can hoặc ghế chờ, vừa bền vững vừa linh hoạt để tạo hình hoa văn truyền thống, như họa tiết chim Lạc hoặc hoa sen.

➢ Thép không gỉ mạ màu: Áp dụng cho các chi tiết như tay vịn hoặc cột, mang lại vẻ hiện đại, dễ bảo trì và phù hợp với môi trường ngầm.

Các vật liệu này không chỉ nâng cao tính thẩm mỹ mà còn đảm bảo độ bền, dễ bảo trì và thân thiện với môi trường, phù hợp với xu hướng phát triển bền vững trong kiến trúc giao thông. Việc sử dụng UHPC đặc biệt mang lại cơ hội tạo ra các thiết kế đột phá, biến nhà ga Ba Son thành biểu tượng kiến trúc độc đáo.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã khẳng định vai trò thiết yếu của mỹ học trong thiết kế nhà ga đường sắt đô thị, không chỉ nâng cao trải nghiệm hành khách mà còn góp phần định hình bản sắc đô thị và thúc đẩy phát triển bền vững. Thông qua trường hợp nhà ga ngầm Ba Son, việc tích hợp các yếu tố văn hóa Việt Nam, như họa tiết trống đồng, hoa sen và rồng thời Nguyễn, vào khung kiến trúc hiện đại đã tạo nên một không gian giàu giá trị thẩm mỹ, phản ánh di sản địa phương trong bối cảnh toàn cầu. Đặc biệt, việc ứng dụng các vật liệu tiên tiến như kính cường lực tích hợp LED, bê tông trong suốt, composite tái chế, và bê tông siêu tính năng (UHPC) đã mang lại sự đột phá trong thiết kế, kết hợp giữa công năng, thẩm mỹ và tính bền vững. UHPC, với cường độ chịu nén vượt trội (150-200 MPa) và khả năng tạo cấu trúc mỏng, đã cho phép thiết kế các chi tiết nội thất tinh xảo, như tấm ốp tường và cột chạm khắc, nâng cao giá trị nghệ thuật của nhà ga. Kết quả nghiên cứu cho thấy Ba Son có tiềm năng trở thành biểu tượng kiến trúc, góp phần định vị TP.HCM như một đô thị hiện đại, văn hóa và thông minh.

Tuy nhiên, nghiên cứu còn một số hạn chế. Phạm vi chỉ tập trung vào nhà ga Ba Son, chưa so sánh với các ga khác tại Việt Nam hoặc khu vực, dẫn đến thiếu dữ liệu toàn diện. Dữ liệu thực nghiệm từ hành khách về trải nghiệm mỹ học và phân tích chi phí - lợi ích dài hạn của vật liệu mới, đặc biệt là UHPC, vẫn còn hạn chế. Ngoài ra, các rào cản về chi phí sản xuất và kỹ thuật thi công UHPC tại Việt Nam chưa được đánh giá sâu.

Trong tương lai, nghiên cứu cần mở rộng so sánh đa điểm với các nhà ga metro trong khu vực để rút ra bài học thiết kế. Đặc biệt, việc ứng dụng UHPC trong thiết kế nội thất nhà ga tàu điện đô thị cần được nghiên cứu sâu hơn, tập trung vào tối ưu hóa chi phí sản xuất, phát triển kỹ thuật thi công phù hợp với điều kiện Việt Nam, và thử nghiệm các mẫu nội thất như ghế ngồi, quầy vé hoặc vách ngăn sử dụng UHPC với họa tiết văn hóa tích hợp. Ngoài ra, công nghệ mô phỏng thực tế ảo (AR/VR) có thể được sử dụng để đánh giá trải nghiệm hành khách với các thiết kế nội thất UHPC, từ đó nâng cao tính thực tiễn và hiệu quả thẩm mỹ của nhà ga.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. UITP (2020). How to make stations lively hubs for citizens and public transport users. International Association of Public Transport, Brussels.

[2]. Phạm Văn Ký, Nguyễn Hồng Phong, Trần Quốc Đạt, Chu Quang Chiến (2017). Thiết kế công trình ga đường sắt đô thị. NXB Xây dựng, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Hồng Ngọc (2023). Nhận thức lại vấn đề bản sắc trong kiến trúc và đô thị: Một cách tiếp cận mới sử dụng ngôn ngữ kiểu mẫu trong việc nhận thức đô thị Hà Nội thời kỳ thuộc địa. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng 21(3):45-50.

[4]. Uông Chính Chương (2020). Mỹ học kiến trúc. NXB Xây dựng, Hà Nội.

[5]. Pallasmaa, J. (2005). The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses. Wiley, Chichester.

[6]. Jasim IA, Farhan SL, Hasan HM (2021). The Impact of Transit on Sustainable Urban Form. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1058 012049.

[7]. Latip NSA, Zulnaidi NZ, Redzuan N, Osman MM, Harun NZ (2023). Place making of public spaces within transit-oriented development (TOD): A review. Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners 21(1): 516-531.

[8]. Ferrarini A (2005). Railway Stations: From the Gare de l'Est to Penn Station. Electra Architecture, Phaidon Press, London.

[9]. Bechthold M, Weaver JC (2017). Materials science and architecture. Nat Rev Mater 2, 17082.

[10]. Trung-Hieu Tran (2025). Cyclic load-drift behavior of exterior beam-column joints retrofitted with ultra-high-performance concrete. International journal of GEOMATE 28(128): 108-116.

[11]. Trung-Hieu Tran (2025). Enhancing Seismic Performance of Reinforced Concrete Exterior Joints with Ultra-high-performance Steel Fiber Reinforced Concrete: A Parametric Finite Element Study. Journal of science and transport technology 5(2): 31-47.

[12]. White J, Pleau R, Bouchard (2004). Innovative design with ultra-high performance concrete: A case study. Concrete Structures: The challenge of creativity. Symposium 2004 – April 26-28, Avignon, France.

[13]. Jia Y (2024). The application of high-performance concrete in building structures and analysis of its effects. Journal of civil engineering and urban planning 6(2): 143-149.

[14]. Vũ Hiệp (2024). Lý luận về bản sắc kiến trúc và di sản kiến trúc ở Việt Nam. Tạp chí kiến trúc 02/2024: 9-12.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 23/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2025

Nhận diện và phát huy giá trị các di tích tôn giáo, tín ngưỡng trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ, TP Vĩnh Long

Identifying and promoting the value of religious and belief relics in landscape architectural planning along two banks of Long Ho river, Vinh Long city

> THS.KTS NGUYỄN THỊ TÂM ĐAN*, **THS.KTS NGÔ HỒNG NĂNG**
Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
*Email: nguyenthitamdan@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Sông Long Hồ là dòng sông lịch sử, gắn liền với quá trình hình thành và phát triển của vùng đất Vĩnh Long, thủ phủ của Long Hồ Dinh dưới thời các chúa Nguyễn. Đặc biệt, dọc hai bờ sông Long Hồ tập trung nhiều công trình kiến trúc tôn giáo, tín ngưỡng, trong số đó có những công trình còn lưu giữ giá trị lịch sử, văn hóa, kiến trúc từ thời khai hoang lập ấp. Trong bài viết này, nhóm tác giả tiến hành khảo sát, phân tích và xác định giá trị của các di tích kiến trúc tôn giáo tín ngưỡng, từ đó đề xuất định hướng trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan nhằm phát huy giá trị các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc hai bờ sông Long Hồ.

Từ khóa: Giá trị di tích; cảnh quan; sông Long Hồ.

ABSTRACT

Long Ho River is a historical river, associated with the history of formation and development of the Vinh Long land, the capital of Long Ho Dinh under the Nguyen Lords. In particular, along the two banks of Long Ho River, there are many religious and belief buildings, among which there are buildings that still preserve historical, cultural and architectural values from the reclamation time. In this article, the authors conduct surveys, analyze the results and identify the values of religious and belief architectural relics, thereby proposing directions in landscape architectural planning for promoting the value of religious and belief relics along two banks of Long Ho river.

Keywords: Relic's value; landscape; Long Ho River.

1. GIỚI THIỆU

Sông Long Hồ là một nhánh của sông Cổ Chiên, có chiều dài khoảng 8km, chảy qua địa phận TP Vĩnh Long và các huyện Long Hồ, Mang Thít của tỉnh Vĩnh Long. Đây là dòng sông lịch sử, gắn liền với quá trình hình thành và phát triển của vùng đất Vĩnh Long (từng một thời là thủ phủ của Long Hồ Dinh xưa). Sông Long Hồ đã được cả hai sách Đại Nam nhất thống chí và Gia Định thành thông chí biên soạn vào thời Nguyễn đề cập đến. Theo Đại Nam nhất thống chí, sông Long Hồ "chảy đến thì khuất khúc, chảy đi thì là đà, chảy ngang ra thì đi quanh co, tích tụ lại thì đứng trong trẻo, bốn mùa nước ngọt, quanh lộn trong các châu chử thôn lạc, có chỗ như lâm động, có chỗ thành vực đầm, nên gọi là Long Hồ. Chảy quanh trước tỉnh thành hiệp với Tiền Giang, hình thế như một cửa ải hùng vĩ thiên nhiên" [1]. Gia Định thành thông chí cũng mô tả tương tự [2]: "Sông này chảy đến quanh co, chảy đi vòng vèo, dòng ngang uốn lộn, nước đọng trong ngần, bốn mùa ngon ngọt; cồn cát cao thấp xa gần, làng xóm la liệt đông tây, có rừng, động, vực, đầm nên gọi tên Long Hồ. Chảy quanh phía bắc trấn thành rồi hiệp lưu với Tiền Giang, mở thành hào lớn thiên nhiên". Sông Long Hồ "thuận lợi về việc lưu thông ghe thuyền" [2], nên từ xưa đã là tuyến đường thủy quan trọng nối liền các vùng miền, tạo điều kiện thuận lợi cho việc giao thương hàng hóa, nông sản. Các khu chợ cũng phát triển dọc theo sông Long Hồ, tạo nên trung tâm giao thương sầm uất của vùng. Bên cạnh đó, sông Long Hồ còn là một phần quan trọng trong hệ thống phòng thủ của thành Long Hồ xưa, "phía tả thành này có sông Long Hồ, phía hữu có Ngư câu, mặt sau có sông lớn, mặt trước thành có đào đường cử sâu, dài 425 tầm, ngang 40 tầm lưu thông với sông Long Hồ và Ngư câu để làm hào thành ngoại" [2]. Bởi vì có địa thế thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp, lưu thông, giao thương và gần trung tâm hành chính, quân sự quan trọng của vùng nên từ thuở khai hoang lập lấp, nhiều cư dân đã chọn vùng đất bên bờ sông Long Hồ làm nơi định cư, tạo nên những xóm làng trù phú dọc hai bờ sông. Sau khi lập làng, ổn định cuộc sống, các cư dân đã xây dựng các công trình tôn giáo, tín ngưỡng như đình, chùa, miếu làm nơi thực hiện các việc trong làng và phục vụ nhu cầu tâm linh, tín ngưỡng của người dân trong làng. Trải qua các giai đoạn lịch sử, các công trình tôn giáo, tín ngưỡng tiếp tục được gìn giữ, tu bổ và xây mới. Đến nay, dọc hai bờ sông Long Hồ tập trung nhiều di tích, là những công trình tôn giáo tín ngưỡng được xây dựng trong quá khứ, còn lưu giữ đến ngày nay. Trong số đó, có những công trình có giá trị về lịch sử, văn hóa, khoa học nên đã được xếp hạng di tích lịch sử, văn hoá cấp quốc gia, cấp tỉnh.

Một số nghiên cứu liên quan đến các di tích kiến trúc tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ đã được thực hiện như: "Nghiên cứu quá trình định cư dọc theo sông Long Hồ, thông qua cơ sở tín ngưỡng, tôn giáo" [3], "Kiến trúc Văn Thánh Miếu tỉnh Vĩnh Long" [4], "Nghệ thuật kiến trúc Miếu Thất Phủ tỉnh Vĩnh Long" [5]. Những nghiên cứu này tập trung tìm hiểu quá trình định cư của các tộc người, sự hình thành các cơ sở tín ngưỡng tôn giáo và kiến trúc của những di tích tiêu biểu dọc bờ sông. Đến nay vẫn chưa có nghiên cứu để phát huy giá trị các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan. Vì vậy, nghiên cứu này tiến hành khảo sát, phân tích, đánh giá, xác định giá trị các di tích tôn giáo tín ngưỡng, từ đó đề xuất định hướng trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vị trí nghiên cứu là khu vực hai bên bờ sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long và giới hạn trong phạm vi 200m tính từ bờ sông. Đối tượng nghiên cứu là các di tích tôn giáo, tín ngưỡng, trong đó tập trung vào các di tích đã được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh trở lên và một số công trình đang được đề xuất công nhận di tích. Sự phân bố các di tích tôn giáo tín ngưỡng dọc hai bên bờ sông Long Hồ được thể hiện trong Hình 1.

Nhóm tác giả sử dụng phương pháp điền dã, khảo sát thực tế các công trình để quan sát, chụp ảnh, đo vẽ hiện trạng và kiểm tra, đối chiếu bản vẽ đã có của một số công trình. Ngoài ra, nhóm tác giả còn sử dụng phương pháp so sánh, phân tích, tổng hợp các nguồn tài liệu thu thập được, từ đó khái quát lịch sử hình thành, phát triển cũng như xác định giá trị lịch sử, văn hóa, kiến trúc của các di tích kiến trúc tôn giáo, tín ngưỡng dọc hai bờ sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long.



Hình 1. Bản đồ phân bố các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ (đoạn qua TP Vĩnh Long) (Nguồn: Google Earth)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Quá trình hình thành và phát triển của các di tich tôn giáo, tín ngưỡng dọc bờ sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long

Qua khảo sát cho thấy dọc hai bờ sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long có 20 công trình tôn giáo tín ngưỡng. Trong đó, ba công trình được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (Văn Thánh Miếu, Đình Long Thanh, Thất Phủ Miếu), ba công trình được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (Đình Long Hồ, Minh Hương hội quán, Chùa Long Khánh) và hai công trình được đề xuất công nhận di tích (Thiên Hậu miếu, Chùa Long Quang), còn lại là di tích phổ thông [3]. Quá trình hình thành, phát triển và tồn tại của các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long được tóm lược ở Bảng 2, cụ thể:

Giai đoạn trước 1802 (Thời kỳ chúa Nguyễn): Người Việt từ miền ngoài vào khai khẩn vùng đất hoang, cùng với các cộng đồng cư dân khác mở mang, phát triển Vĩnh Long thành một vùng đất trù phú và sớm được Chúa Nguyễn công nhận chủ quyền lãnh thổ với việc thành lập dinh Long Hồ vào năm 1732 (lỵ sở ở Cái Bè). Từ đây công cuộc khai hoang được xúc tiến quy mô hơn, cư dân đến đây lập nghiệp ngày một đông, các làng xã được hình thành [6]. Với địa thế thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp, lưu thông, giao thương nên nhiều cư dân đến sinh sống tập trung hai bên bờ sông Long Hồ. Chợ, đình, chùa, miếu cũng được lập nên để đáp ứng nhu cầu sinh hoạt và tín ngưỡng của người dân. Năm 1732, Chợ Long Hồ đã được lập ra ở vàm sông Long Hồ, phục vụ nhu cầu mua bán, trao đổi hàng hóa của cư dân [2]. Năm 1754, Đình Long Thanh được dựng lên ở thôn Long Thanh, làm nơi thực hiện các việc làng và phục vụ tín ngưỡng của người dân trong làng. Công trình này ban đầu chỉ được xây cất đơn sơ bằng tre lá, nền đất [6]. Đến năm 1757, Chúa Nguyễn chọn xứ Tầm Bào thuộc địa phận thôn Long Hồ (Vĩnh Long ngày nay) là nơi đặt lỵ sở Dinh Long Hồ và Châu Định Viễn [7].

Giai đoạn 1802-1867 (Thời kỳ triều Nguyễn): Sau khi triều đình nhà Nguyễn được thành lập vào năm 1802, công cuộc khẩn hoang được xúc tiến mạnh mẽ. Ruộng đất được khai phá, nhiều xóm làng được hình thành và phát triển [6]. Đình, chùa, miếu tiếp tục được xây dựng như Đình Long Hồ, Minh Hương hội quán, Thất Phủ Miếu, Chùa Long Khánh [8]. Trong đó, Minh Hương hội quán và Thất Phủ Miếu là những công trình của người Hoa xây dựng ở khu phố chợ Long Hồ, lúc này đã phát triển thành trung tâm thương mại lớn nhất vùng với "phố xá liên tiếp chạy dài đến 5 dặm, trăm món hàng hóa được bày bán, ghe thuyền đậu đầy bến sông, đình miếu thờ thần rực rỡ, đờn ca náo nhiệt" [2] (Hình 2). Ban đầu các công trình này cũng được xây cất đơn sơ, sau đó được xây cất lại kiên cố hơn bằng gạch, ngói [3, 8].



Hình 2. Quang cảnh sông Long Hồ vào cuối thời nhà Nguyễn (Nguồn: Công Báo Nam Kỳ 1867)

Vào cuối thời Nguyễn, trong bối cảnh Pháp chiếm đóng 3 tỉnh miền Đông Nam kỳ, Văn Thánh Miếu được gấp rút xây dựng (1864-1866) làm nơi ôn tập cho các sĩ tử và cũng là nơi để hoạt động văn hóa, đề cao các tiền hiền, giáo dục lòng yêu nước cho nhân dân, trở thành trung tâm văn hoá của khu vực miền Tây Nam kỳ [3, 8].

Giai đoạn 1867-1954 (Thời kỳ Pháp thuộc): Sau khi đánh chiếm Vĩnh Long (1867), thực dân Pháp đã cho phá các công trình văn hoá của nhà Nguyễn để lại và có ý định phá hủy Văn Thánh Miếu nhưng nhân dân Vĩnh Long đã tìm nhiều biện pháp để bảo vệ và trùng tu Văn Thánh Miếu. Với tinh thần giữ gìn văn hóa dân tộc, nhiều công trình có từ thời trước cũng được tôn tạo, sửa chữa và bảo tồn đến ngày nay (Đình Long Thanh, Đình Long Hồ, Thất Phủ Miếu, Minh Hương Hội quán, Chùa Long Khánh). Bên cạnh đó, một số công trình cũng được xây dựng mới (Thiên Hậu miếu, Long Hưng hội quán, Chùa Long Quang, Chùa Long Thiền, Chùa Long Viễn, Chùa Long Phước, Chùa Giác Thiên, Chùa Viên Giác, Miếu Bà Chúa xứ Chợ Cua, Miếu Bảy Bà Cây Trôm, Miếu Bà Cửu Phẩm) [3, 8].

Giai đoạn 1954-1975: Giai đoạn này, do ảnh hưởng của chiến tranh nên một số công trình bị hư hỏng phải sửa chữa và cũng có một vài công trình được xây mới (Chùa Pháp Hải, Chùa Thanh Châu, Nhà thờ Thiếng Đức) [3, 8].

Giai đoạn 1975-nay: Trong những năm 1975-1985, phần lớn các công trình không được quản lý tốt, bị xuống cấp trầm trọng và thất thoát khá nhiều hiện vật có giá trị (Đình Long Thanh, Đình Long Hồ…). Từ năm 1986 đến nay, các công trình tôn giáo, tín ngưỡng nhận được sự quan tâm, chăm sóc và bảo tồn tốt hơn từ nhà nước và nhân dân. Nhiều công trình được công nhận là di tích cấp tỉnh, cấp quốc gia (Văn Thánh Miếu, Đình Long Thanh, Thất Phủ Miếu, Đình Long Hồ, Minh Hương hội quán, Chùa Long Khánh) [3, 8], được nhà nước đầu tư kinh phí để trùng tu tôn tạo di tích nhằm gìn giữ, bảo tồn và phát huy những giá trị văn hóa truyền thống. Một số công trình được nhân dân đóng góp mở rộng, xây mới. Tuy nhiên, việc xây dựng theo kiểu kiến trúc hiện đại đã làm mất đi ít nhiều giá trị lịch sử, văn hóa, kiến trúc của công trình.

Bảng 1. Tóm lược quá trình hình thành, phát triển và tồn tại của các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ, đoạn qua TP Vĩnh Long [3, 8]

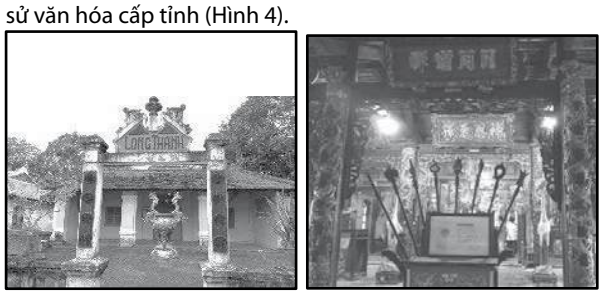
TT	Tên gọi	Hình ảnh	Trước 1802	1802-1867	1867-1954	1954-1975	1975-nay
1	Đình Long Thanh		Được xây cất đơn sơ (1754)	Được di dời và xây cất kiên cố (1844); Được sắc phong (1852);	Được trùng tu với gạch vôi, đá xanh, gỗ, ngói (1913);	Được xây thêm cổng và hàng rào (1965);	Được công nhận di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (1991); Tu bổ (2005), (2007), (2010);
2	Văn Thánh Miếu			Được khởi công (1864) và hoàn thành (1866);	Được xây thêm Văn Xương Các (1872) và trùng tu (1902, 1914,1933);	Được trùng tu (1963);	Được công nhận di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (1991); Trùng tu lớn (2006);
3	Thất Phủ Miếu (Chùa Ông)			Có từ thời Nguyễn, là hội quán của người Hoa ở 7 phủ;	Được đại tu bởi nhóm thợ từ Phúc Kiến (1892-1909);		Được công nhận di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (1994); Trùng tu (1957, 2006);
4	Đình Long Hồ			Được xây cất đơn sơ (nửa đầu thế kỷ XIX); Được sắc phong (1853);	Được trùng tu (1904) và xây thêm võ ca (1917);	Được trùng tu (1972);	Được công nhận di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (2000); Lát nền gạch tàu (2006); lợp mái chính điện (2014);
5	Chùa Long Khánh			Được tạo lập và xây cất đơn sơ bằng tre lá (từ giữa thế kỷ XIX);	Được trùng tu (1912);	Được xây thêm cổng, hàng rào (1959); trùng tu (1975);	Được công nhận di tích lịch sử cách mạng cấp tỉnh (2003); Thường xuyên được tôn tạo (2005, 2015);
6	Minh Hương hội quán			Được xây cất đơn sơ (1811); kiên cố (1820); xây võ ca (1845); trùng tu chính điện (1855, 1858);	Được trùng tu võ ca (1867); trùng tu toàn bộ (1904);		Được công nhận di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (2008); Trùng tu sửa chữa (2015);
7	Thiên Hậu miếu				Được xây dựng (1898);	Tháo dỡ đông lang để xây trường dạy chữ Hoa (1940);	Được trùng tu, sửa chữa (1997, 2000); Đang được đề xuất xếp hạng di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia;
8	Chùa Long Quang				Được xây dựng (1900);	04 lần trùng tu, sửa chữa từ khi xây dựng, lần gần nhất sửa chữa lớn (2015); Đang được đề xuất xếp hạng di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh;	
9	Chùa Long Phước				Được xây cất (1872);	Nhiều lần trùng tu, sửa chữa từ khi xây dựng và lần gần đây nhất là vào năm 2010;	
10	Chùa Long Viễn				Được xây dựng (1877);	Được trùng kiến (1902);	Được đại trùng tu (2001);
11	Chùa Long Thiền				Được cất bằng tranh tre, nứa lá (1878); Được xây cất lại và hoàn thành (1902)	Bị pháo kích cháy toàn bộ đông lang (1968);	Được đại trùng tu (2008);

12	Long Hưng hội quán		Được xây dựng vào cuối thế kỷ XIX;	Được trùng tu, sửa chữa 3 lần từ khi xây dựng, lần gần nhất trùng tu, sửa chữa toàn bộ (2017);	
13	Chùa Giác Thiên		Được xây dựng (1907);	Trung tâm hoạt động Phật sự (1954);	Được trùng tu nhiều lần (1996, 2000);
14	Chùa Viên Giác		Được xây dựng (1930);		Được trùng tu, sửa chữa (1982, 2014);
15	Miếu Bà Chúa xứ Chợ Cua		Được xây dựng bằng cây gỗ tre lá (1954);	02 lần trùng tu, sửa chữa từ khi xây dựng, lần gần nhất là vào năm 2013;	
16	Miếu Bảy Bà Cây Trôm		Được xây dựng đầu thế kỷ XX, bằng cây gỗ tre lá;	Được trùng tu, sửa chữa (1974);	Được trùng tu, sửa chữa (2001);
17	Miếu Bà Cửu Phẩm Cầu Kè				Được trùng tu, sửa chữa (2014);
18	Chùa Pháp Hải			Được xây dựng (1963);	Được trùng tu (1980);
19	Chùa Thanh Châu			Được tạo lập với am nhỏ (1972), xây chùa (1974);	Được sữa chữa và nâng cấp (1990, 2014);
20	Nhà thờ Thiềng Đức			Được xây dựng (1974);	Được sửa chữa, mở rộng (1992,1998, 2006, 2014);

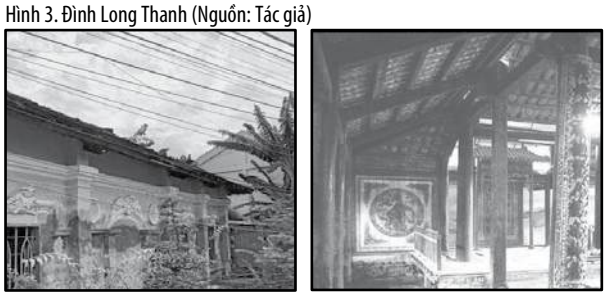
3.2. Giá trị các di tích tôn giáo tín ngưỡng dọc hai bờ sông Long Hồ

Các di tích tôn giáo, tín ngưỡng dọc sông Long Hồ là chứng nhân lịch sử cho quá trình hình thành và phát triển của vùng đất Vĩnh Long. Trong 20 công trình tôn giáo tín ngưỡng đã khảo sát, có 01 công trình từ thời chúa Nguyễn, 05 công trình từ thời triều Nguyễn, 11 công trình từ thời thuộc Pháp thuộc, 03 công trình được xây dựng trong giai đoạn sau đó, bao gồm các thể loại như: Đình, Chùa, Miếu, Hội quán, Nhà thờ.

Đình: là công trình tín ngưỡng xuất hiện sớm ở vùng đất này, được đánh dấu bằng sự ra đời của Đình Long Thanh vào năm 1754 và sau đó là Đình Long Hồ vào nửa đầu thế kỷ XIX. Sự ra đời của Đình Long Thanh và Đình Long Hồ đánh dấu bước phát triển quan trọng của quá trình định cư của cư dân người Việt, cho thấy cuộc sống cư dân đã ổn định, thôn làng được hình thành nên đình cũng được dựng lên làm nơi thờ Thành hoàng, nơi hội họp, sinh hoạt văn hóa người dân trong làng. Đình Long Thanh và Long Hồ đều được sắc phong Bổn cảnh Thành Hoàng chi Thần vào năm Tự Đức thứ 5 (1852-1853). Đây được coi là sự công nhận chính thức của nhà nước thời Nguyễn về sự hợp pháp của làng Long Thanh và Long Hồ [6]. Đình Long Thanh và Long Hồ vẫn còn lưu giữ những nét văn hóa đặc trưng Nam Bộ, từ nghệ thuật kiến trúc, điêu khắc cho đến đối tượng thờ cúng, nghi lễ, lễ hội nên Đình Long Thanh được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (Hình 3) và Đình Long Hồ là di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (Hình 4).



Hình 3. Đình Long Thanh (Nguồn: Tác giả)



Hình 4. Đình Long Hồ (Nguồn: Tác giả)

Chùa: là công trình tôn giáo chiếm số lượng lớn nhất trong số các di tích ở đây, với 09 ngôi chùa là: Long Khánh, Long Quang, Long Thiền, Long Viễn, Long Phước, Giác Thiên, Viên Giác, Pháp Hải và Thanh Châu. Việc nhiều ngôi chùa được xây dựng cho thấy Phật giáo là tôn giáo được người dân trong vùng tin tưởng và ngôi chùa là chỗ dựa tâm linh, văn hóa không thể thiếu trong đời sống của người dân nơi đây. Phần lớn các ngôi chùa đều được xây dựng trong thời nhà Nguyễn và được trùng tu sửa chữa nhiều lần để trở nên khang trang như hiện nay, được nhiều phật tử địa phương cũng như khách thập phương đến lễ bái và tu học. Các ngôi chùa có bố cục khá tương đồng theo thức "Tiền Phật Hậu Tổ", giữa chánh điện và hậu tổ có sân thiên tĩnh hoặc gian nhà nối, hai bên có hai gian nhà phụ. Bên trong các ngôi chùa còn nhiều hiện vật có giá trị lịch sử như: bao lam, hoành phi, khánh thờ niên đại đầu thế kỷ XIX (Long Viễn), đại hồng chung niên đại năm 1888 (Long Phước), tượng phật bằng gỗ có niên đại đầu thế kỷ XX (Long Quang), hoàng phi, câu đối, khánh thờ, tượng Phật có niên đại đầu thế kỷ XX (Long Khánh) [3]. Chùa Long Quang được đề xuất xếp hạng di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (Hình 5).



Hình 5. Chùa Long Quang (Nguồn: Tác giả)

Đặc biệt, Chùa Long Khánh không chỉ là cơ sở tôn giáo lâu đời mà còn là cơ sở cách mạng từ 1943 đến 1975 nên được công nhận là di tích lịch sử cách mạng cấp tỉnh (Hình 6).



Hình 6. Chùa Long Khánh (Nguồn: Tác giả)

Văn Thánh Miếu: là công trình tín ngưỡng đề cao Nho giáo, thờ Đức Khổng Tử và các bậc tiền nhân. Đây là văn miếu được xây dựng sau cùng ở Nam kỳ dưới thời Nguyễn (1864-1866) và là công trình duy nhất còn tồn tại cho đến hôm nay. Văn Thánh Miếu không chỉ là công trình tín ngưỡng mà còn là một công trình văn hoá, là biểu trưng văn hoá của vùng đất Vĩnh Long, một vùng đất được mệnh danh là "vùng đất học", "vùng đất địa linh nhân kiệt". Trải qua thăng trầm lịch sử, Văn Thánh Miếu luôn được gìn giữ và tôn tạo nên vẫn giữ được những nét cơ bản nguyên sơ. Hiện nay di tích còn lưu giữ nhiều hiện vật có giá trị, có niên đại từ thế kỷ XIX như các hoành phi, bao lam, liễn đối, khám thờ, bia đá và nhiều hiện vật khác [3]. Văn Thánh Miếu đã được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (Hình 7).



Hình 7. Văn Thánh Miếu (Nguồn: Tác giả)

Miếu, Hội quán (người Hoa): là công trình tín ngưỡng, thờ những vị thần linh của người Hoa (Thiên Hậu Thánh Mẫu, Quan Đế Thánh Quân, Ông Bổn...). Sự ra đời của các di tích này gắn liền với lịch sử định cư của người Hoa ở vùng đất Vĩnh Long. Các di dân người Hoa đã có mặt tại Vĩnh Long từ cuối thế kỷ XVII gồm những người "phản Thanh phục Minh" qua tị nạn chính trị và hậu duệ của họ được là người Minh Hương. Từ cuối thế kỷ thứ XVIII có thêm người Hoa từ bảy phủ thuộc 3 tỉnh của Trung Quốc đến làm ăn sinh sống. Với thế mạnh về thương mại, dịch vụ, nên ngay từ khi định cư ở Vĩnh Long, người Hoa đã chọn cư trú ở nơi thuận tiện cho hoạt động kinh doanh, buôn bán. Vì vậy, 04 di tích tín ngưỡng của người Hoa (Minh Hương Hội quán, Thất Phủ Miếu, Long Hưng Hội quán, Thiên Hậu Miếu) đều được xây dựng ở khu phố chợ xưa như chợ Long Hồ, chợ Trường Xuân. Minh Hương Hội quán (1811) và Long Hưng Hội quán (cuối thế kỷ XIX) do cộng đồng người Minh Hương xây dựng, Thất Phủ Miếu (cuối thế kỷ XIX) do cộng động người Hoa gốc thuộc bảy phủ đóng góp và sau này là người Hoa gốc Phúc Kiến đại tu, Thiên Hậu Miếu (1898) do người Hoa gốc Quảng Đông xây dựng [3]. Mỗi công trình mang nét đặc trưng riêng của mỗi cộng đồng người Hoa. Thất Phủ Miếu đã được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia (Hình 8), Minh Hương Hội quán là di tích lịch sử văn hóa cấp tỉnh (Hình 9), Thiên Hậu Miếu được đề xuất xếp hạng di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia.



Hình 8. Thất Phủ Miếu (Nguồn: Tác giả)



Hình 9. Minh Hương Hội quán (Nguồn: Tác giả)

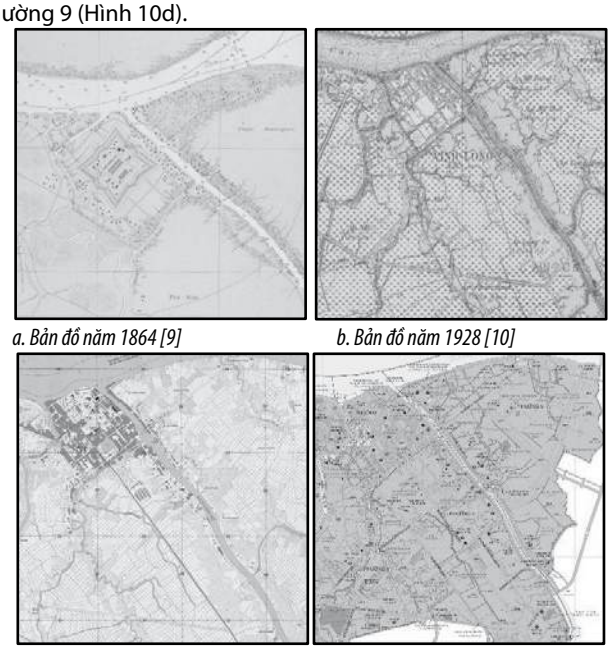
Miếu (người Việt): là công trình tín ngưỡng thờ Mẫu của người Việt, có 03 miếu là Miếu Bà Chúa xứ Chợ Cua, Miếu Bảy Bà Cây Trôm, Miếu Bà Cửu Phẩm Cầu Kè. Các miếu này có quy mô nhỏ, được xây dựng muộn và trải qua nhiều lần trùng tu, sửa chữa nên kiến trúc khá mới và các hiện vật trong công trình có niên đại thế kỷ XXI [3].

Nhà thờ: là công trình tôn giáo được xây dựng muộn nhất so với các công trình khác (1974) và chỉ có 01 nhà thờ cho xóm đạo Thiềng Đức. Nhà thờ được trùng tu, sửa chữa gần đây theo lối kiến trúc cổ điển phương Tây nên không có nhiều giá trị lịch sử, kiến trúc [3].

3.3. Phát huy giá trị các di tích trong quy hoạch cảnh quan hai bờ sông Long Hồ

Sông Long Hồ đã và đang đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc định hình và phát triển đô thị Vĩnh Long. Từ thời nhà Nguyễn, sông Long Hồ ở phía tả, cùng với rạch Cái Cá ở phía hữu, sông Cổ Chiên ở phía sau và đường cừ sâu phía trước (nay là rạch Cầu Lầu) tạo thành hệ thống hào xung quanh thành ngoại (Hình 10a). Sau khi

đánh chiếm Vĩnh Long (1867), Pháp đã phá Thành Vĩnh Long (1877), tiến hành quy hoạch đường sá, xây dựng công sở dinh thự và phát triển khu vực này thành trung tâm tỉnh lỵ Vĩnh Long (Hình 10b). Trong giai đoạn 1954-1975, khu trung tâm được kiến thiết và chỉnh trang thành đô thị hiện đại hơn (Hình 10c). Từ năm 1975 đến nay, đô thị Vĩnh Long ngày càng phát triển và mở rộng. Ngoài khu trung tâm đô thị lịch sử ở phường 1 còn có khu trung tâm hành chính mới ở phường 9 (Hình 10d).



a. Bản đồ năm 1864 [9] *b. Bản đồ năm 1928 [10]*

c. Bản đồ năm 1966 [11] *d. Bản đồ năm 2022 [12]*

Hình 10. Bản đồ trung tâm Vĩnh Long và khu vực bờ sông Long Hồ qua các thời kỳ lịch sử

Trải qua các giai đoạn lịch sử, sông Long Hồ luôn là tuyến giao thông thương mại quan trọng và là trục phát triển của đô thị, thể hiện qua việc dân cư sống tập trung hai bên bờ sông ngày càng đông và theo đó nhiều công trình tôn giáo tín ngưỡng được xây dựng ở hai bên bờ sông. Ngày nay, việc sở hữu nhiều di tích có tuổi đời trên 200 năm ở hai bên bờ sông đã tạo nên nét đặc trưng cho sông Long Hồ mà không dòng sông nào trên địa bàn TP Vĩnh Long có được. Chính vì vậy, trong định hướng phát triển đô thị, sông Long Hồ cần được xác định là trục cảnh quan và kết nối các di tích vào trục cảnh quan này, tạo thành "con đường di sản" của đô thị Vĩnh Long. Đây là nơi lưu giữ, bảo tồn các giá trị lịch sử của vùng đất Long Hồ Dinh xưa, đồng thời cũng là tuyến du lịch văn hóa, lịch sử đường sông phục vụ du khách trong và ngoài nước.

Giải pháp quy hoạch kiến trúc cảnh quan nhằm phát huy giá trị của các di tích dọc hai bờ sông Long Hồ như sau (Hình 11):

- Tạo trục cảnh quan trên sông kết hợp với trục cảnh quan hai bên bờ sông; tạo các điểm kết nối trục cảnh quan với các trục giao thông đô thị;

- Kết nối các di tích với trục cảnh quan; kết nối di tích với các công trình, khu vực lân cận hiện hữu nhằm bảo tồn và phát triển toàn đô thị;

- Mở rộng tầm nhìn ra phía sông và tạo các góc nhìn, tầm nhìn đẹp từ sông về phía các di tích.

4. KẾT LUẬN

Sông Long Hồ không chỉ đơn thuần là tuyến giao thông thủy quan trọng, là nguồn cung cấp nước ngọt cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp, mà sông Long Hồ còn là dòng sông lịch sử gắn liền với quá trình hình thành và phát triển của vùng đất Vĩnh Long. Sự tồn tại của các di tích tôn giáo tín ngưỡng dọc hai bờ sông là minh chứng lịch sử cho quá trình phát triển này. Đến nay, nhiều công trình tôn giáo tín ngưỡng dọc hai bờ sông Long Hồ vẫn giữ được những giá trị về lịch sử, văn hóa, kiến trúc đặc trưng cho từng giai đoạn lịch sử và tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong đời sống tâm linh của người dân địa phương. Do đó, các di tích này cần được bảo tồn và phát huy giá trị trong phát triển đô thị Vĩnh Long, cụ thể là trong quy hoạch kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ thông qua việc kết nối các di tích vào trục cảnh quan bờ sông, góp phần tạo nét đặc trưng cho đô thị và phát triển du lịch.



Hình 11. Sơ đồ tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Long Hồ (Nguồn: Tác giả)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Quốc sử quán triều Nguyễn, Nguyễn Tạo dịch, Đại Nam nhất thống chí - Lục tỉnh Nam Việt - Tập trung: Định Tường - Vĩnh Long, Sài Gòn: NXB Nha văn hóa, 1973.

[2]. Trịnh Hoài Đức, Nguyễn Tạo dịch, Gia định thành thông chí – Tập hạ, Sài Gòn: NXB Nha văn hóa, 1972.

[3]. N. T. Nha, "Nghiên cứu quá trình định cư dọc theo sông Long Hồ, thông qua cơ sở tín ngưỡng, tôn giáo," Ban quản lý di tích Sở Văn hóa, Thể thao và Du lịch, Vĩnh Long, 2019.

[4]. T. L. V. Trà và L. T. H. Na, "Kiến trúc Văn Thánh Miếu tỉnh Vĩnh Long," Tạp chí Xây dựng, tập 8, tr. 20, 2020.

[5]. L. H. Nam và N. H. Dũng, "Nghệ thuật kiến trúc Miếu Thất Phủ tỉnh Vĩnh Long," Tạp chí Khoa học ĐH Đồng Tháp, tập 24, tr. 59, 2017.

[6]. N.T.T.Đan, "Bảo tồn giá trị nghệ thuật kiến trúc đình làng ở TP Vĩnh Long," Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường ĐH Xây dựng Miền Tây, tập 11, tr. 102, 2024.

[7]. Ban Tuyên giáo Tỉnh ủy Vĩnh Long, Lịch sử tỉnh Vĩnh Long, Hà Nội: NXB Chính trị quốc gia, 2002.

[8]. Tỉnh ủy - Ủy ban nhân dân tỉnh Vĩnh Long, Di tích lịch sử Văn hóa Vĩnh Long, Vĩnh Long: Bảo tàng tỉnh Vĩnh Long, 2004.

[9]. Đại học Côte d'Azur, "Bản đồ Vĩnh Long 1864," [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://humazur.univ-cotedazur.fr/iiif-img/25076/full/8368,/0/default.jpg.

[10]. Thư viện số Sorbonne, "Bản đồ Vĩnh Long 1928," [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://nubis-iiif.bis-sorbonne.fr/iiif/2/ark_15733_14gq%2Fark_15733_nqtv%2FBIS_00_01152_0003.jpg/full/4268,/0/default.jpg.

[11]. National Imagery and Mapping Agency, "Bản đồ Vĩnh Long 1966," [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://elib.monre.gov.vn/DigitalDocument/Detail?treeId=6680&fileId=83413.

[12]. Sở Tài nguyên và Môi trường, "Bản đồ quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 Thành phố Vĩnh Long," [Trực tuyến]. Địa chỉ: https://stnmt.vinhlong.gov.vn/DesktopModules/LIINK_STNMT/images/origin/20221215104116_TPVLQH_30_HC-m.jpg.

■Ngày nhận bài: 24/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2025

Nhìn lại công tác phân vùng ở Việt Nam

A Look back at Regionalization in Vietnam

> PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH
Nguyên Hiệu trưởng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá ý nghĩa và tầm quan trọng của công tác phân vùng trong chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam. Tổng quan quá trình phân vùng qua bốn thời kỳ lịch sử và chỉ ra những tồn tại, hạn chế của hệ thống phân vùng gồm 06 vùng hiện tại. Từ đó, đề xuất phương án điều chỉnh phân vùng cho giai đoạn chuyển đổi, gồm ba vùng lớn (Bắc, Trung, Nam) và 7 á vùng. Phương án này nhằm khắc phục hạn chế và thúc đẩy phát triển vùng bền vững, gắn với các đô thị trung tâm, giữ vai trò là trung tâm của vùng và á vùng. Nghiên cứu làm cơ sở cho quy hoạch, chính sách và đầu tư kết cấu hạ tầng vùng. Bài báo đồng thời trình bày phương án điều chỉnh phân vùng theo quyết định của Đảng ủy Chính phủ tại Thông báo số 65-TB/DU ngày 04/6/2025, làm cơ sở trình Bộ Chính trị xem xét quyết định để phục vụ cho việc điều chỉnh các quy hoạch vùng thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Từ khóa: Vùng; phân vùng; quy hoạch vùng; liên kết vùng; phát triển bền vững.

ABSTRACT

The article assesses the significance and importance of regional planning in Vietnam's socio-economic development strategy. It provides an overview of the regional planning process through four historical periods, pointing out the existing shortcomings and limitations of the current six-region system. Based on this, it proposes a revised regional planning scheme for the transition period, comprising three major regions (North, Central, South) and 7 sub-regions. This scheme aims to overcome limitations and promote sustainable regional development, linked with central urban areas, that play the role of center of regions and subregions. The study serves as a basis for regional planning, policies, and infrastructure investment. The article also introduces the draft amendment to the system of socio-economic regions approved by the Government Party of Vietnam in Documentation No. 65-TB/DU of June 4, 2025, as a basis for reporting to the Political Bureau for consideration and decision to serve which serves as the basis for drafting amendments to regional plans for the period 2021-2030, with the Vision to 2050.

Keywords: Region; regionalization; regional Planning; regional links; sustainable development.

1. Ý NGHĨA VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA CÔNG TÁC PHÂN VÙNG

Vùng được đề cập ở đây là vùng kinh tế - xã hội, lãnh thổ tích hợp, cấp quốc gia. Là một đơn vị không gian hoặc một khu vực lãnh thổ của quốc gia được đặc trưng bởi tính toàn vẹn, tính thống nhất và có đầy đủ các thành phần tác động, hỗ trợ lẫn nhau. Nó được hình thành bởi một tập hợp các đơn vị hành chính cấp tỉnh (đơn vị cơ sở), tiếp giáp với nhau, có các tính chất tương đồng và giữa chúng có các mối quan hệ tương hỗ ổn định, bền chặt, hợp tác; hoạt động vì mục tiêu chung xác định. Khoản 6 Điều 3 Luật Quy hoạch số 21/2017/QH14 đã định nghĩa: "*Vùng là một bộ phận lãnh thổ quốc gia bao gồm một số tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương lân cận gắn với một số lưu vực sông hoặc có sự tương đồng về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội, quốc phòng, an ninh, lịch sử, dân cư, kết cấu hạ tầng và có mối quan hệ tương tác tạo nên sự liên kết bền vững với nhau*". Điều 110 Hiến pháp nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2013) không quy định vùng là một thực thể, một cấp hành chính của quốc gia. Tuy vậy, vai trò và sứ mệnh của vùng là rất lớn đối với công tác chỉ đạo điều hành của Đảng, Nhà nước. Trong Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2021-2030, phát triển kinh tế vùng đã được coi trọng theo định hướng "Lấy quy hoạch làm cơ sở quản lý phát triển vùng. Xây dựng cơ chế, chính sách đặc thù thúc đẩy phát triển vùng, liên kết vùng và thể chế điều phối phát triển vùng đủ mạnh". [1,3,4,6].

Công tác phân vùng là sự phân chia lãnh thổ quốc gia thành các vùng trên cơ sở một tập hợp các đặc điểm được xác định với mục tiêu: (i) Lập quy hoạch vùng; (ii) Xây dựng các chính sách cơ chế thu hút các nguồn lực phát triển bền vững; (iii) Điều phối các hoạt động của các Bộ, ngành và chính quyền của các đơn vị hành chính cấp tỉnh thuộc vùng vốn có chung một vận mệnh để cùng nhau thống nhất về nhận thức, tư duy, hành động trong công tác quản trị vùng, nhằm thực hiện hiệu quả quy hoạch vùng được cơ quan nhà nước có thẩm quyền phê duyệt, đồng thời giải quyết các mâu thuẫn, xung đột liên ngành, liên tỉnh giữa các bên liên quan. [5,6]

Công tác phân vùng là một bộ môn của Khoa học Địa lý. Xuất phát từ quan điểm Vùng là một đơn vị không gian hoặc là 01 hệ sinh thái gồm 02 phân hệ Tự nhiên và Xã hội, vùng được kiến tạo bởi các nhân tố hoặc bộ phận tạo vùng và mối quan hệ bền vững giữa chúng. Do đó, ở đâu kết thúc các mối quan hệ đó thì ở đó chính là ranh giới của vùng. Các phương pháp phân vùng thường áp dụng trên thế giới gồm: (i) Phương pháp đồng tính; (ii) Phương pháp Dentita (cành cây) dựa trên khoảng cách tính chất của các vùng; (iii) Phương pháp phân cực; (iv) Phương pháp tổng hợp thể sản xuất - lãnh thổ dựa trên sự liên kết vùng hoặc các chuỗi giá trị nội vùng để phân vùng. Tuy nhiên, ở Việt Nam việc phân vùng chủ yếu vẫn dựa vào phương pháp phân tích và định tính. [6]

Công tác phân vùng là cơ sở lập quy hoạch vùng, trong đó quy hoạch vùng là một loại quy hoạch trong hệ thống quy hoạch quốc gia, nhằm cụ thể hóa các quy hoạch cấp quốc gia ở cấp vùng; xác định phương hướng phát triển, sắp xếp không gian và phân bố nguồn lực cho các hoạt động kinh tế - xã hội, quốc phòng, an ninh,

bảo vệ môi trường có tính liên ngành và liên tỉnh. Quy hoạch vùng là cơ sở quản trị vùng; xây dựng các chính sách, cơ chế phát triển vùng, liên kết vùng và điều phối phát triển vùng; đầu tư xây dựng mạng lưới kết cấu hạ tầng diện rộng đồng bộ và hiện đại tạo đột phát phát triển. [3]

Trên cơ sở hệ thống các vùng kinh tế - xã hội, trong thời gian qua quy hoạch các vùng kinh tế - xã hội của Việt Nam thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Tuy nhiên, căn cứ vào Kết luận số 127-KL/TW ngày 14/2/2025 của Bộ Chính trị và Quyết định số 759-QĐ-TTg ngày 14/4/2025 của Thủ tướng Chính phủ, hệ thống các vùng kinh tế - xã hội hiện nay không còn phù hợp, cần phải được phân tích, đánh giá tổng quan một cách toàn diện để lựa chọn phương án điều chỉnh phân vùng cho phù hợp. [2,9]

2. TỔNG QUAN CÔNG TÁC PHÂN VÙNG Ở VIỆT NAM

2.1. Thời kỳ 1954-1975

Tháng 9/1955, thành lập khu tự trị Thái Mèo và đến 1962 được đổi thành khu tự trị Tây Bắc gồm các tỉnh: Lào Cai, Sơn La, Nghĩa Lộ. Năm 1956, thành lập khu tự trị Tây Bắc gồm các tỉnh: Cao Bằng, Bắc Cạn, Lạng Sơn, Tuyên Quang, Thái Nguyên và huyện Hữu Lũng (Bắc Giang).

Giai đoạn 1960-1975, Giáo sư Trần Đình Giám, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội đã đề xuất phương án chia nước ta thành 02 vùng kinh tế cơ bản gồm ba cấp phân vị: (i) Vùng kinh tế lớn; (ii) Vùng kinh tế hành chính tỉnh hoặc liên tỉnh; (iii) Vùng kinh tế cơ sở huyện hoặc liên huyện.

Trong thời kỳ này, Ủy ban Kế hoạch Nhà nước và Bộ Nông nghiệp đã chia miền Bắc thành 04 vùng: (i) Vùng Tây Bắc; (ii) Vùng Đông Bắc; (iii) Vùng Đồng bằng sông Hồng; (iv) Vùng khu bốn cũ.

2.2. Thời kỳ 1975-1986

Giai đoạn 1975-1977, Chính phủ quyết định thành lập 07 vùng nông nghiệp gồm: (i) Vùng Đồng bằng sông Hồng; (ii) Vùng núi và Trung du Bắc Bộ; (iii) Vùng khu bốn cũ; (iv) Vùng duyên hải Nam Trung Bộ; (v) Vùng Tây Nguyên; (vi) Vùng Đông Nam Bộ; (vii) Vùng ĐBSCL.

Năm 1976, Viện Phân vùng quy hoạch Trung ương kiến nghị phương án chia nước ta thành 08 vùng: (i) Vùng Đồng Bằng và Trung du Bắc Bộ; (ii) Vùng Quảng Ninh; (iii) Vùng Tây Bắc; (iv) Vùng Cao Bằng - Lạng Sơn - Bắc Thái; (v) Vùng Thanh Hóa - Nghệ Tĩnh - Bình Trị Thiên; (vi) Vùng Tây Nguyên và duyên hải Trung Bộ; (vii) Vùng Đông Nam Bộ; (viii) Vùng ĐBSCL.

Năm 1982, với sự trợ giúp của chuyên gia Liên Xô trong việc nghiên cứu Tổng sơ đồ phân bố lực lượng sản xuất giai đoạn 1986-2000, Ủy ban phân vùng KTTW đã chia nước ta thành 04 vùng kinh tế cơ bản gồm: (i) Vùng kinh tế Bắc Bộ; (ii) Vùng kinh tế Bắc Trung Bộ; (iii) Vùng kinh tế Nam Trung Bộ; (iv) Vùng kinh tế Nam Bộ. Trong quá trình nghiên cứu phân vùng đã có nhiều phương án tham gia gồm: (1) Phương án của Khoa Địa lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội, chia nước ta thành 02 vùng kinh tế lớn và 04 á vùng; (2) Phương án của Đoàn Đình Hòe đã chia nước ta thành 03 vùng; (i) Vùng Bắc Bộ; (ii) Vùng Trung Bộ; (iii) Vùng Nam Bộ như cách chia nước ta thành 03 kỳ của thực dân Pháp. (3) Phương án của Bộ môn Địa lý Kinh tế, Trường Đại học Kinh tế đã chia nước ta thành 04 vùng: (i) Vùng Bắc Bộ; (ii) Vùng Thanh - Nghệ Tĩnh; (iii) Vùng Quảng Nam - Đà Nẵng, Đắc Lắc, Phú Khánh; (iv) Vùng Thuận Hải - Lâm Đồng - Sông Bé và các tỉnh còn lại. (4) Phương án của Ban Địa lý, Ủy ban Khoa học Xã hội đã chia nước ta thành 05 vùng: (i) Vùng Bắc Bộ; (ii) Vùng Bắc Trung Bộ; (iii) Vùng Bắc Trung Bộ - Bắc Tây Nguyên; (iv) Vùng Nam Tây Nguyên - Nam Trung Bộ; (v) Vùng Nam Bộ. (5) Phương án của chuyên gia Nguyễn Xuân Ngọc đã chia nước ta thành 04 vùng.

2.3. Thời kỳ 1986-2006

Giai đoạn 1980-1990, Ủy ban Kế hoạch Nhà nước đã có phương án chia nước ta thành 08 vùng: (i) Vùng Đông Bắc; (ii) Vùng Tây Bắc; (iii) Vùng Đồng Bằng Sông Hồng; (iv) Vùng Bắc Trung Bộ; (v) Vùng Duyên hải Nam Trung Bộ; (vi) Vùng Tây Nguyên; (vii) Vùng Đông Nam Bộ; (ix) Vùng ĐBSCL. Ngoài 08 vùng kinh tế lớn, còn có ba vùng kinh tế trọng điểm là: (i) Vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ; (ii) Vùng kinh tế trọng điểm miền Nam; (iii) Vùng kinh tế trọng điểm miền Trung.

Năm 1991, Chiến lược ổn định phát triển kinh tế - xã hội đến năm 2000 đã chia nước ta thành ba vùng: (i) Vùng Đồng Bằng; (ii) Vùng Trung du và Miền núi; (iii) Vùng Biển và hải đảo.

Năm 2001, Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội đến năm 2010, xác định nước ta chia thành 06 vùng kinh tế - xã hội: (i) Vùng Trung du và miền núi phía Bắc; (ii) Vùng Đồng bằng sông Hồng; (iii) Vùng Duyên hải miền Trung; (iv) Vùng Tây Nguyên; (v) Vùng Đông Nam Bộ; (vi) Vùng ĐBSCL và 03 vùng kinh tế trọng điểm Bắc, Trung, Nam.

2.4. Thời kỳ từ năm 2006 đến nay

Phương án 06 vùng kinh tế - xã hội vẫn được duy trì. Năm 2006, Nghị định số 92/2006/NĐ-CP ngày 07/9/2006 của Chính phủ quyết định 06 vùng kinh tế - xã hội và 04 vùng kinh tế trọng điểm.

Năm 2000, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 492/QĐ-TTg ngày 16/04/2009 bổ sung thêm 01 vùng kinh tế trọng điểm phía Nam.



Hình 1. Hiện trạng các vùng KT - XH của Việt Nam

(Nguồn: Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 20250)

Theo đề nghị của Bộ Xây dựng, năm 1998 Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 10/1998/QĐ-TTg ngày 23/01/1998 phê duyệt Định hướng quy hoạch tổng thể Việt Nam, trong đó nước ta được chia thành 10 vùng đô thị theo phương pháp phân cực gồm: (i) Vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ và Đồng bằng sông Hồng; (ii) Vùng kinh tế trọng điểm miền Trung và Trung Trung Bộ; (iii) Vùng ĐBSCL; (iv) Vùng Nam Trung

Bộ; (v) Vùng Tây Nguyên; (vi) Vùng Bắc Trung Bộ; (vii) Vùng Nam Trung Bộ; (viii) Vùng Tây Bắc; (ix) Vùng Đông Bắc; (x) Vùng Lào Cai - Yên Bái - Hà Giang - Tuyên Quang - Vĩnh Phú. Năm 2009, tại Quyết định số 445/QĐ-TTg ngày 07/4/2009 của Thủ tướng Chính phủ đã điều chỉnh lại 06 vùng đô thị phù hợp với 06 vùng kinh tế - xã hội thay cho 10 vùng trước đó.

Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2021-2030 đã quyết định 06 vùng kinh tế - xã hội, như quy định tại Nghị định số 92/2006/ND-CP của Chính phủ.

Ngày 25/10/2022, Chính phủ ban hành Nghị quyết số 138/NQ-CP về Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã bổ sung 04 vùng động lực phía Bắc, phía Nam, miền Trung và ĐBSCL và một số hành lang kinh tế Bắc - Nam, Đông - Tây. (Hình 1)

2.5. Phương án điều chỉnh phân vùng theo nghiên cứu của tác giả

Căn cứ các kết quả nghiên cứu xây dựng phương án điều chỉnh phân vùng của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo yêu cầu của Bộ Kế hoạch và Đầu tư năm 2015; căn cứ bối cảnh hiện nay, tác giả kiến nghị phương án điều chỉnh phân vùng của Việt Nam thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 với nội dung chủ yếu sau:

2.5.1. Bối cảnh và những chính sách có tác động đến công tác phân vùng của nước ta

a) Bối cảnh quốc tế:

Bối cảnh quốc tế đang diễn biến phức tạp trước sự cạnh tranh giữa các nước lớn, sự trỗi dậy của chủ nghĩa cực đoan. Cuộc cách mạng 4.0 tạo thời cơ và thách thức lớn đối với mọi quốc gia. Hòa bình, hợp tác và phát triển bền vững vẫn là xu thế lớn, nhưng đang đứng trước nhiều trở ngại. Khu vực châu Á - Thái Bình Dương - Ấn Độ Dương tiếp tục phát triển năng động và là địa bàn cạnh tranh chiến lược. Tác động của chiến tranh, ô nhiễm môi trường, BĐKH, thiên tai, dịch bệnh tiềm ẩn nhiều nguy cơ, tạo ra thách thức lớn cho toàn nhân loại.

b) Bối cảnh trong nước:

- Việt Nam chính thức bước vào Kỷ nguyên mới với 07 định hướng lớn: (i) Cải tiến phương thức lãnh đạo của Đảng; (ii) Tăng cường tính Đảng trong xây dựng, hoàn thiện Nhà nước pháp quyền XHCH của Dân, do Dân và vì Dân; (iii) Tinh gọn tổ chức bộ máy hoạt động hiệu lực, hiệu quả; (iv) Chuyển đổi số; (v) Chống lãng phí; (vi) Cán bộ và công tác cán bộ; (viii) Tăng trưởng và phát triển kinh tế đột phá.

- Nghị quyết 18-NQ/TW ngày 25/10/2017 của Hội nghị lần thứ 6 Ban chấp hành Trung ương Khóa XII về một số vấn đề tiếp tục đổi mới, sắp xếp tổ chức lại bộ máy tinh gọn, hiệu lực, hiệu quả. Nghị quyết số 57-NQ-TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, xác định tầm nhìn đến năm 2045, Việt Nam có quy mô nền kinh tế số đủ lớn.

- Chủ trương sáp nhập địa giới hành chính một số tỉnh, thành phố, tạo dư địa phát triển theo Kết luận số 127-KL/TW ngày 14/2/2025 của Bộ Chính trị về tổ chức chính quyền địa phương 02 cấp. Chủ trương trên đã được Ban Chấp hành Trung ương thông qua tại Nghị quyết số 60-NQ/TW ngày 12/4/2025 tại Hội nghị lần thứ 11 Ban Chấp hành Trung ương Đảng Khóa XIII. Tiếp sau đó, Thủ tướng Chính phủ đã có Quyết định số 759/QĐ-TTg ngày 14/4/2025 về Phê duyệt Đề án sắp xếp, tổ chức lại đơn vị hành chính các cấp và xây dựng mô hình tổ chức chính quyền địa phương 02 cấp.

- Tập trung sửa đổi và hoàn thiện thể thế, trước hết là hệ thống chính sách, pháp luật, trong đó có sửa đổi Hiến pháp, Luật Tổ chức chính quyền địa phương, Luật Quy hoạch và Đầu tư (Luật số 07/2024/QH15), Luật Quy hoạch đô thị & nông thôn (Luật số 47/2024/QH15) và một số Luật khác liên quan.

2.5.2. Một số tồn tại, hạn chế của phương án phân vùng hiện nay

a) Việt Nam là một quốc gia nhỏ, diện tích tự nhiên chỉ bằng một tỉnh của những nước lớn; nhưng có số lượng vùng quá nhiều, dẫn đến phân tán các nguồn lực và sự chỉ đạo dàn trải, không tập trung. Các nước lớn như Mỹ, Trung Quốc và Nhật là những quốc gia có nền kinh tế hàng đầu thế giới, nhưng cũng chỉ có 04 vùng.

b) Việt Nam là quốc gia có 3260 km^2 bờ biển, với diện tích thềm lục địa và vùng đặc quyền kinh tế rộng lớn hàng triệu km^2, nhưng có đến 02 vùng kinh tế - xã hội là vùng Trung du Miền núi phía Bắc và Vùng Tây Nguyên không thể tiếp cận trực tiếp được biển.

c) Một số vùng liên kết lỏng lẻo như vùng Trung du Miền núi phía Bắc, vùng Bắc Trung Bộ - Duyên hải Miền Trung và vùng Tây Nguyên, không đảm bảo điều kiện quản trị, hợp tác liên tỉnh, thành phố tạo ra các phức hợp lãnh thổ với các chuỗi giá trị có ý nghĩa, về kinh tế, văn hóa, xã hội và khai thác bảo vệ tài nguyên thiên nhiên. Tỉnh Thanh Hóa liên kết với khu vực Tây Bắc mạnh hơn, nhưng lại bố trí ở vùng Bắc Trung Bộ, Duyên hải miền Trung xem ra chưa phù hợp. Tỉnh Long An liên kết với vùng Đông Nam Bộ mạnh hơn, đặc biệt gắn với Tây Ninh trong lưu vực hệ thống sông Vàm Cỏ lại bố trí ở vùng ĐBSCL là không phù hợp.

d) Các vùng và á vùng thiếu các đô thị lớn, giữ vai trò làm đầu mối, hạt nhân dẫn dắt sự phát triển toàn vùng. Quản trị vùng còn nặng về hình thức, chưa đi vào thực chất. Tính phân cực và liên kết nội vùng còn hạn chế.

e) Sự sắp xếp lại các đơn vị hành chính cấp tỉnh theo Nghị quyết số 18-NQ/TW ngày 25/10/2017 và Kết luận số 127-KL/TW của Bộ chính trị là tiền đề điều chỉnh phạm vi, ranh giới và quy mô các vùng hiện có vốn có quy mô rất nhỏ bé, không phù hợp với chủ trương tinh gọn và xu hướng phân bố, phát triển lực lượng sản xuất, các nguồn lực phát triển vùng.

2.5.3. Kiến nghị phương án điều chỉnh vùng của Việt Nam

a) Mục tiêu

- Khắc phục và sửa chữa 05 tồn tại, hạn chế hiện có của hệ thống 06 vùng quốc gia.

- Hình thành các vùng kinh tế - xã hội tích hợp như là một phức hợp lãnh thổ dựa trên các tiêu chí phân vùng: (i) Tập hợp các tỉnh, thành phố trực thuộc TW lân cận, có cùng tính chất và quan hệ mật thiết; (ii) Gắn với lưu vực sông chính; (iii) Có tính chất tương đồng về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội, lịch sử - văn hóa, địa lý, phong thổ, kết cấu hạ tầng; (iv) Có mối quan hệ tương tác, khách quan, ổn định, bền vững; (v) Trung tâm vùng và á vùng là các thành phố lớn, cực lớn có ý nghĩa quốc gia và toàn cầu; (vi) Ranh giới từng vùng phù hợp với phương án phân chia địa giới hành chính; (vii) Quy mô vùng đủ lớn, cho phép tạo ra sự phát triển cân bằng giữa các miền Bắc, Trung, Nam trước mắt và lâu dài.

- Làm cơ sở để lập lại Quy hoạch vùng, thúc đẩy sự hình thành mạng lưới thành phố quốc gia, toàn cầu, đảm nhiệm vai trò trung tâm vùng và phát triển mạng lưới kết cấu hạ tầng diện rộng hiện đại, đồng bộ và bền vững cho từng vùng và cả nước; đồng thời giảm đi sự đầu tư giàn trải, để tập trung nguồn lực tạo ra những khu vực có tiềm năng, lợi thế làm hạt nhân, đầu tầu dẫn dắt kinh tế vùng và kinh tế quốc dân hiệu quả.

b) Kiến nghị phương án điều chỉnh phân vùng

Trên cơ sở áp dụng các phương pháp phân vùng hiện đại như phương pháp đồng tính, phân cực và mô hình THSXLT, có xem xét yếu tố lịch sử - văn hóa vùng miền và yếu tố địa lý phong thổ học, phương án điều chỉnh phân vùng cụ thể như sau:

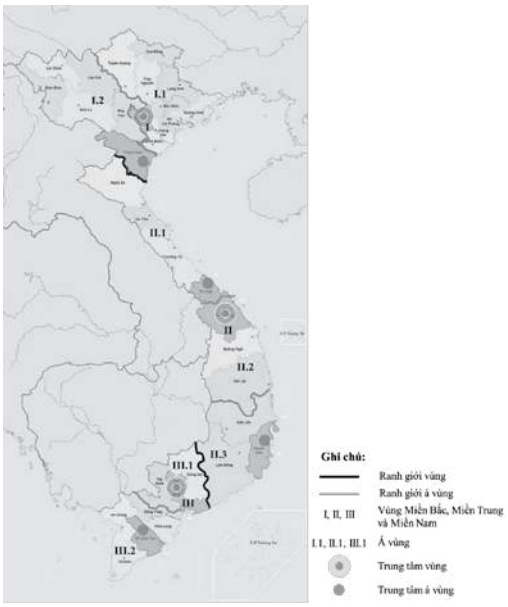
- Số lượng các vùng: 03 vùng gồm: (I) Vùng miền Bắc; (II) Vùng miền Trung; Vùng miền Nam.

- Số lượng các á vùng: 07 á vùng gồm:

+ Vùng I: Vùng miền Bắc gồm 02 á vùng: I.1, trung tâm là Thủ đô Hà Nội và II.2; trung tâm là Thanh Hóa.

+ Vùng II: Vùng miền Trung gồm 03 á vùng: II.1, trung tâm là TP Huế; II.2, trung tâm là TP Đà Nẵng; II.3, trung tâm là Khánh Hòa.

+ Vùng III: Vùng miền Nam gồm 02 á vùng: III.1, trung tâm là TP.HCM và III.2, trung tâm là TP Cần Thơ. [6] (Hình 2)



Hình 2. Phương án điều chỉnh phân vùng [5]



Hình 3. Dự kiến phương án điều chỉnh phân vùng

- Các tỉnh, thành phố tạo vùng và diện tích dân số năm 2024. (Bảng 1)

Bảng 1: Phương án điều chỉnh phân vùng Việt Nam

STT	Vùng	Quy mô		Các tỉnh, thành Trung ương theo KL 127-KLTW và các á vùng	Trung tâm vùng
		Đất đai (km^2)	Dân số (1000ng)		
I	Vùng miền Bắc (16 tỉnh, thành phố)	127.461,400	39.872	1. Thủ đô Hà Nội. 2. TP Hải Phòng. 3. Quảng Ninh. 4. Hưng Yên. 5. Ninh Bình. 6. Tuyên Quang. 7. Thái Nguyên. 8. Bắc Ninh. 9. Lạng Sơn. 10. Cao Bằng **(á vùng I.1)**. 11. Sơn La. 12. Lai Châu. 13. Điện Biên. 14. Lào Cai. 15. Phú Thọ. 16. Thanh Hóa. **(á vùng I.2)**	Thủ đô Hà Nội
II	Vùng miền Trung (10 tỉnh, thành phố)	139.347,100	25.088	1. Nghệ An. 2. Hà Tĩnh. 3. Quảng Trị. 4. TP Huế **(á vùng II.1)**. 5. TP Đà Nẵng. 6. Quảng Ngãi. 7. Gia Lai **(á vùng II.2)**. 8. Khánh Hòa. 9. Đắc Lắc. 10. Lâm Đồng **(á vùng II.3)**	TP Đà Nẵng
III	Vùng miền Nam (8 tỉnh, thành phố)	64.146,100	36.153	1. TP.HCM. 2. Đồng Nai. 3. Tây Ninh **(á vùng III.1)**. 4. TP Cần Thơ. 5. Vĩnh Long. 6. Đồng Tháp. 7. An Giang. 8. Cà Mau **(á vùng III.2)**	TP.HCM

3. DỰ KIẾN ĐỊNH HƯỚNG ĐIỀU CHỈNH PHÂN VÙNG KINH TẾ - XÃ HỘI

3.1. Các phương án định hướng điều chỉnh phân vùng theo đề nghị của Đảng ủy Bộ Tài chính

Thực hiện Nghị quyết số 60-NQ/TW ngày 12/4/2025 của Hội nghị lần thứ 11 Ban chấp hành TW Đảng Khóa XIII và chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ ngày 29/4/2025, Đảng ủy Bộ Tài chính đã có văn bản số 155/BC-BCT về điều chỉnh phương án phân vùng, trong đó đã đề xuất phân thành 06 vùng với 02 phương án. [7]

3.2. Định hướng điều chỉnh phân vùng theo Quyết định của Đảng ủy Chính phủ

Ngày 04/6/2025 tại Thông báo số 65-TB/ĐU của Đảng ủy Chính phủ về định hướng điều chỉnh phân vùng và điều chỉnh quy hoạch vùng kinh tế - xã hội đã quyết định lựa chọn phương án 2 nêu tại Báo cáo của Đảng ủy Bộ Tài chính để làm cơ sở báo cáo Bộ Chính trị xem xét quyết định, theo đó Việt Nam được chia thành 06 vùng như sau:

3.2.1. Vùng Trung du và miền núi phía Bắc gồm 9 tỉnh: Lạng Sơn, Cao Bằng, Thái Nguyên, Tuyên Quang, Phú Thọ, Lào Cai, Lai Châu, Điện Biên, Sơn La.

3.2.2. Vùng Đồng bằng sông Hồng gồm 6 tỉnh, thành phố: Hà Nội, Hải Phòng, Ninh Bình, Hưng Yên, Bắc Ninh, Quảng Ninh.

3.2.3. Vùng Bắc Trung Bộ gồm 5 tỉnh, thành phố: Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Trị, Huế.

3.2.4. Vùng Nam Trung Bộ (Duyên hải Nam Trung Bộ và Tây Nguyên) gồm 6 tỉnh, thành phố: Đà Nẵng, Quảng Ngãi, Gia Lai, Đắk Lắk, Khánh Hòa, Lâm Đồng.

3.2.5. Vùng Đông Nam Bộ gồm 3 tỉnh, thành phố: TP.HCM, Đồng Nai, Tây Ninh.

3.2.6. Vùng Đồng bằng sông Cửu Long gồm 5 tỉnh, thành phố: Cần Thơ, Vĩnh Long, Đồng Tháp, An Giang, Cà Mau. (Hình 3)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII (2020), Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2021-2030.

[2]. Bộ Chính trị (2025), Kết luận số 127-KL/TW ngày 14/2/2025 về tổ chức chính quyền địa phương 02 cấp.

[3]. Quốc hội (2013), Hiến pháp nước Cộng hòa XHCN Việt Nam.

[4]. Quốc hội (2017), Luật Quy hoạch số 21/2017/QH14.

[5]. Trần Trọng Hanh (2015), Quy hoạch vùng.

[6]. Trần Trọng Hanh (2015), Nghiên cứu đề xuất hệ thống các vùng, lãnh thổ của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Kế hoạch và Đầu tư.

[7]. Bộ Tài chính (2025), Văn bản số 155/BC-BTC ngày 23/4/2025 của Đảng ủy Bộ Tài chính về điều chỉnh phương án phân vùng và định hướng điều chỉnh quy hoạch các vùng KT-XH phù hợp với định hướng sắp xếp lại các đơn vị hành chính cấp tỉnh.

[8]. Đảng ủy Chính phủ (2025), Thông báo số 65-TB/ĐU ngày 04/6/2025 về kết luận của Ban Thường vụ Đảng ủy Chính phủ về định hướng điều chỉnh phân vùng kinh tế - xã hội.

[9]. Thủ tướng Chính phủ (2025), Quyết định số 759/QĐ-TTg ngày 14/4/2025 về Phê duyệt Đề án sắp xếp, tổ chức lại đơn vị hành chính các cấp và xây dựng mô hình tổ chức chính quyền địa phương 02 cấp.

■Ngày nhận bài: 17/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Chỉ số sinh kế bền vững trong xây dựng bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương khu vực ven biển huyện Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050

Sustainable livelihood index in mapping the vulnerability assessment of the coastal area in Kim Son district, Ninh Binh province, toward 2030 with a vision to 2050

> TS TRẦN XUÂN HIẾU[1*], THS DƯƠNG QUỲNH NGA[2]
[1*]Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: hieutx@huce.edu.vn
[2]Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: ngadq@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Kim Sơn là một huyện đồng bằng ven biển nằm phía Nam của tỉnh Ninh Bình, hàng năm chịu ảnh hưởng mưa bão và xâm nhập mặn tác động đến sinh hoạt và sinh kế của người dân. Do đó để phát huy được tiềm năng thế mạnh vủa vùng kinh tế ven biển cần thực hiện phân tích, đánh giá rủi ro thiên tai làm tiền đề đưa ra định hướng phát triển phù hợp. Cơ quan chiến lược về giảm nhẹ thiên tai của Liên Hợp Quốc (UNISDR) xác định "Rủi ro thiên tai là sự giao thoa giữa hiểm họa, tính dễ bị tổn thương và mức độ phơi nhiễm trước thiên tai". Bài báo chỉ ra các chỉ số sinh kế có ý nghĩa thống kê đối với việc lập bản đồ đánh giá tính dễ bị tổn thương và góp phần quan trọng trong việc xác định các khu vực có mức độ rủi ro thiên tai cao đối với sinh kế bền vững của dân cư khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: huyện Kim Sơn; sinh kế bền vững; thiên tai; ven biển.

ABSTRACT

Kim Son is a coastal lowland district in the southern part of Ninh Binh province, which is annually affected by storms and saltwater intrusion, impacting the livelihoods and daily lives of local residents. Therefore, to fully harness the potential and strengths of the coastal economic region, it is necessary to analyze and assess natural disaster risks as a foundation for developing appropriate development strategies. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) defines disaster risk as the intersection of hazards, vulnerability, and exposure to natural disasters. This paper identifies livelihood indices with statistical significance in mapping vulnerability assessments and plays a crucial role in determining high-risk areas for natural disasters that threaten the sustainable livelihoods of residents in the study area.

Keywords: Kim Son district, sustainable livelihoods, natural disasters, coastal areas.

1. GIỚI THIỆU

Huyện Kim Sơn là khu vực giáp biển duy nhất của tỉnh Ninh Bình, được hình thành bởi Doanh điền sứ Nguyễn Công Trứ trong công cuộc khai hoang lấn biển cách đây 2 thế kỷ (năm Kỷ Sửu, ngày 05/4/1829). Khu vực ven biển của huyện gồm các xã: Kim Đông, Kim Trung, Kim Mỹ, Kim Tân, Kim Hải, Văn Hải, Cồn Thoi và thị trấn Bình Minh. Vùng đất nằm giữa hạ lưu hai con sông Càn và sông Đáy, hàng năm tốc độ bồi tụ tiến ra biển từ 80 - 100m. Khi thành lập huyện vào năm 1829, diện tích 14.600 mẫu ruộng tương đương 5.256 ha, đến nay là 23.978 ha, gấp 4,56 lần so với ngày đầu thành lập huyện [9]. Vì vậy, Kim Sơn được gắn với lịch sử của những cuộc chinh phục đất hoang bồi - quai đê lấn biển.

Các khu vực ven biển Việt Nam thường chịu ảnh hưởng lớn bởi ngập lụt do mưa bão và xâm nhập mặn. châu Á được coi là khu vực có số lượng bão và lũ lụt lớn nhất trên thế giới [1], trong đó Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi loại hình thiên tai đó [8]. Xâm nhập mặn là thảm họa tác động lớn đến các khu vực ven biển Bắc Bộ, gây ra những hậu quả về cả đời sống và sinh kế của người dân [5]. Bên cạnh đó, Việt Nam đã trải qua quá trình đô thị hóa nhanh, tỷ lệ đô thị hóa của cả nước đã tăng từ 29,6% năm 2009 lên 38,1% năm 2023 [Tổng cục thống kê, 2023], tốc độ đô thị hóa nhanh làm tăng nguy cơ rủi ro với xâm nhập mặn, lũ lụt đối với các khu vực ven biển.

Trước các rủi ro thiên tai, các lựa chọn được đưa ra là: né tránh, phòng chống hoặc thích ứng [7]. Ở Việt Nam, kịch bản phổ biến nhằm ứng phó với thảm họa tự nhiên được đưa ra ở các cấp là xây dựng chiến lược phòng chống thiên tai. Tuy nhiên các chiến lược phòng chống thiên tai ngoài việc phân tích, dự báo về thảm họa tự nhiên cần xác định các khu vực nhạy cảm để từ đó phân vùng giải pháp phù hợp. Các chiến lược phòng chống rủi ro tự nhiên đã và đang gặp một số khó khăn, đặc

biệt trong đánh giá mức độ dễ bị tổn thương, đánh giá rủi ro để từ đó đưa ra các kế hoạch theo từng vùng là còn thiếu sót [6]. Do đó, đánh giá mức độ dễ bị tổn thương từ đó đưa ra các bản đồ phân vùng tính dễ bị tổn hương là một công cụ quan trọng để hỗ trợ các cơ quan quản lý đưa ra thông báo, lập kế hoạch đảm bảo an toàn cho cư dân sống trong khu vực rủi ro ven biển.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

2.1. Khung sinh kế bền vững

a. Các khái niệm liên quan đến sinh kế bền vững

Theo cơ quan Phát triển Quốc tế Vương quốc Anh (Department for International Development - DFID) khái niệm sinh kế "*bao gồm khả năng, nguồn lực cùng các hoạt động cần thiết làm phương tiện sống cho con người*"; sinh kế bao gồm các nguồn lực tự nhiên, kinh tế, xã hội và văn hóa mà các cá nhân, hộ gia đình, hoặc nhóm xã hội sở hữu có thể tạo ra thu nhập để nâng cao đời sống vật chất và tinh thần hoặc có thể được sử dụng, trao đổi để đáp ứng nhu cầu của họ trong cuộc sống.

Khái niệm sinh kế bền vững được nhận định theo Carney "*Sinh kế trở nên bền vững khi nó ứng phó được các tác động ngắn hạn và thích nghi được các ảnh hưởng dài hạn hoặc có khả năng phục hồi, duy trì và tăng cường khả năng và nguồn lực hiện tại và tương lai, mà không làm tổn hại đến tài nguyên thiên nhiên, nguồn sinh kế*". Trong đó, tác động ngắn hạn là quá trình xảy ra nhanh có thể do các yếu tố tự nhiên (bão, lũ, sâu bệnh, sóng thần, nắng, nóng… 3 hoặc xã hội (dịch bệnh, biến động giá cả, tai nạn...) tác động ảnh hưởng bất ngờ đến sinh kế bền vững. Những tác động dài hạn của sinh kế thường xảy ra rất chậm cũng có thể do yếu tố tự nhiên như: biến đổi khí hậu, hạn hán, lũ chậm... hoặc xã hội tạo nên như khủng hoảng kinh tế và những tác động của nó... Tuy nhiên, tác động dài hạn thường ảnh hưởng trực tiếp và lâu dài đến sinh kế bền vững của con người trong quá trình tồn tại và phát triển.

Theo Chambers và Conway, một sinh kế được xem là bền vững khi nó phải phát huy được tiềm năng con người (lấy con người làm trung tâm) để từ đó phát triển sản xuất và duy trì phương tiện kiếm sống của họ, giúp con người có khả năng đương đầu và vượt áp lực cũng như tạo ra các thay đổi bất ngờ trong quá trình vận động và phát triển cuộc sống. Sinh kế bền vững được hiểu là tổng thể các điều kiện tự nhiên, văn hóa, con người, kinh tế, xã hội, chính sách, thông tin để cộng đồng sinh tồn và phát triển nhằm hướng tới phát triển ổn định và bền vững.

Một số học giả cho rằng, tiếp cận nghiên cứu sinh kế bền vững cần kết hợp với các yếu tố văn hóa, truyền thống (bao gồm giới), vì hai yếu tố này có tác động quan trọng đến phát triển sinh kế dưới nhiều góc độ khác nhau. Do đó, định nghĩa thông thường về sinh kế cần được điều chỉnh cho phù hợp với từng khu vực. Cụ thể là: "*Sinh kế bền vững phát triển trong khuôn khổ một bối cảnh truyền thống và văn hóa thích nghi và đối phó với tổn thương, trong khi duy trì và tăng cường các tài sản và nguồn lực*". Một số nghiên cứu khác phát triển các cách tiếp cận mới, như tiếp cận dựa vào các quyền (*rights-based approach*) hay cách tiếp cận dựa vào tài sản (*assets-based approach*).

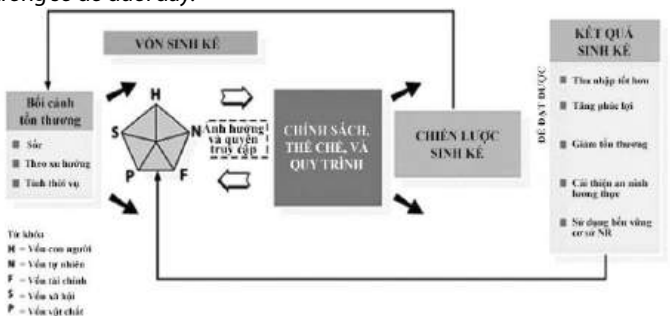
b. Tiếp cận khung sinh kế bền vững

Trong phát triển bền vững, những nghiên cứu về sinh kế cũng hướng theo phân tích các yếu tố trong khung sinh kế bền vững. Khung sinh kế bền vững được một số nhà nghiên cứu nhận định là *"một cách tiếp cận toàn diện về các vấn đề phát triển thông qua việc nhấn mạnh đến việc thảo luận về sinh kế của con người và đói nghèo trong các bối cảnh khác nhau"*. Khung sinh kế bền vững giúp tổ chức các nhân tố hạn chế hay tăng cường cơ hội sinh kế, đồng thời cũng cho thấy mối quan hệ giữa các nhân tố này. Ý niệm trung tâm là các hộ gia đình khác nhau có tiếp cận khác nhau đối với các tài sản sinh kế vốn là mục tiêu phát triển và mở rộng của phương pháp tiếp cận sinh kế bền vững.

Khung lý thuyết sinh kế bền vững DFID được trình bày chi tiết và có hệ thống trong "Sustainable Livelihoods Guidance Sheets" (Các bản hướng dẫn sinh kế bền vững) do DFID công bố vào năm 1999, để thúc đẩy các chính sách, hành động vì sinh kế bền vững và giảm nghèo.

Khung sinh kế bền vững giúp tổ chức các nhân tố hạn chế hay tăng cường cơ hội sinh kế, đồng thời cũng cho thấy mối quan hệ giữa các nhân tố này. Ý niệm trung tâm là các hộ gia đình khác nhau có tiếp cận khác nhau đối với các tài sản sinh kế vốn là mục tiêu phát triển và mở rộng của phương pháp tiếp cận sinh kế bền vững.

Nội dung chính của khung phân tích này có thể được khái quát trong sơ đồ dưới đây.



Hình 1. Khung sinh kế bền vững DFID

** Bối cảnh gây tổn thương (vunerable context)*

Các yếu tố làm nên bối cảnh gây tổn thương gồm các cú sốc (shocks), các xu hướng (trends) và tính mùa vụ (seasonity) có ảnh hưởng trực tiếp đến tình trạng tài sản của hộ gia đình, cá nhân cũng như làm phương hại các lựa chọn sinh kế của người dân.

Các xu hướng dù có thể dự báo được, nhưng có thể mang đến tác động tích cực hoặc tiêu cực. Các xu hướng gồm: xu hướng về dân số, dân cư (ví dụ dịch chuyển lao động nông thôn ra thành thị để đáp ứng nhu cầu lao động của quá trình công nghiệp hóa ở các đô thị); xu hướng về nguồn tài nguyên (ví dụ tình trạng đất nhiễm phèn, nhiễm mặn ở vùng ven biển, giảm lượng nước mạch ngầm, mất đất canh tác do mực nước biển dâng cao), xu hướng kinh tế trong nước và quốc tế (ví dụ thiếu hụt nguồn cung cấp sản xuất nước ngọt coca cola trên phạm vi toàn cầu); và xu hướng về công nghệ (ví dụ công nghệ trong sản xuất giống, công nghệ trong sản xuất phân bón vi sinh). Các xu hướng này đều có tác động quan trọng đến tỷ suất đầu tư, do đó ảnh đến các chiến lược sinh kế được lựa chọn. Không phải xu hướng nào cũng bất lợi. Tuy nhiên việc sử dụng thuật ngữ bối cảnh gây tổn thương (hàm ý tính bất lợi từ môi trường) là nhằm nhấn mạnh thực tế rằng tổng hợp các xu hướng này giải thích (trực tiếp hoặc gián tiếp) cho rất nhiều khó khăn mà người nghèo phải đối diện.

Tính dễ tổn thương sẵn có trong sinh kế của người nghèo khiến họ khó đối phó với những nguy cơ, dù có dự đoán được hay không. Ngoài ra, điều này cũng làm giảm khả năng của người nghèo để tác động ngược trở lại đối với môi trường nhằm giảm các nguy cơ này; và hệ quả là, họ lại càng trở nên dễ tổn thương hơn. Kể cả khi xu hướng là tích cực, thì người nghèo cũng thường khó được lợi vì họ thiếu tài sản, thiếu cách tổ chức đủ mạnh để khai thác được các cơ hội từ những xu hướng tích cực này.

Bối cảnh gây tổn thương nằm ngoài khả năng kiểm soát của người dân. Trong ngắn hạn đến trung hạn, một cá nhân hoặc một nhóm nhỏ người dân hầu như không thể làm gì để trực tiếp thay đổi các yếu tố thuộc bối cảnh này.

2.2. Mô hình phân tích

a. Đánh giá trọng số (AHP)

Phương pháp phân tích tầng bậc (AHP - Analytical Hierarchy Pricess) hỗ trợ đưa ra quyết định trong mô hình đánh giá mức độ rủi ro thiên tai do lũ lụt, xâm nhập mặn thông qua phương thức làm việc với nhiều biến định lượng, xác định trọng số cho các tiêu chí. AHP đưa ra trọng số của các tiêu chí được đánh giá thông qua các thuật toán và ma

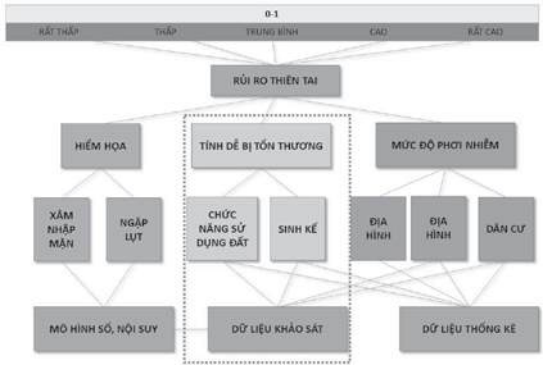
trận so sánh cặp, hỗ trợ quá trình ra quyết định bằng cách định lượng các tiêu chí theo mức độ ưu tiên.

Phương pháp AHP dựa trên 4 nguyên tắc sau đây: (1) Nguyên tắc phân tích: Xác định mục tiêu, tiêu chí, phương án và các thành phần khác có liên quan đến vấn đề ra quyết định và Sắp xếp chúng theo cấu trúc thứ bậc; (2) Nguyên tắc so sánh: Xác định mức độ quan trọng tương đối của các tiêu chí chính, tiêu chí phụ và các phương án bằng cách so sánh cặp; Mức độ quan trọng trong so sánh cặp, thể hiện bằng một con số duy nhất trong khoảng từ 1 đến 9; (3) Nguyên tắc tổng hợp: Tổng hợp là quá trình tính toán độ ưu tiên từ các ma trận so sánh cặp, từ đó tính toán trọng số của các phương án. Vector độ ưu tiên của các tiêu chí và phương án được xác định bằng phương pháp chuẩn hóa ma trận; (4) Nguyên tắc đo lường sự không nhất quán: Mức độ không nhất quán của các nhận định được thể hiện bằng tỉ số nhất quán (CR) với các giả thiết: 1) Nếu CR ≤ 10%: các kết quả tính toán trọng số thể chấp nhận được; 2) Nếu CR > 10%: các kết quả cần phải thẩm định lại các bước trước đó.

Trên cơ sở trên, các bước phân tích AHP thực hiện như sau:

(1) Phân tích vấn đề và xác định lời giải yêu cầu;

(2) Xác định các yếu tố và xây dựng cây phân cấp yếu tố;



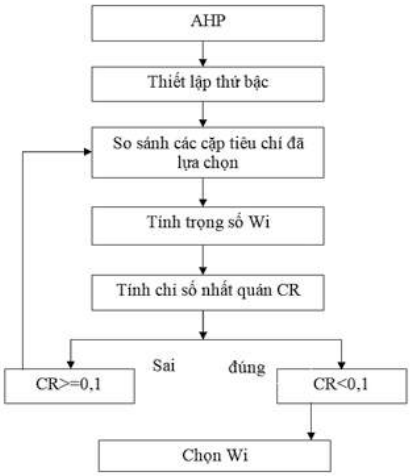
Hình 2. Cây phân cấp yếu tố để tính toán rủi ro thiên tai

(3) Điều tra thu thập ý kiến chuyên gia về mức độ ưu tiên;

(4) Thiết lập các ma trận so sánh cặp;

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Quy trình xác định trọng số các chí tiêu đánh giá được nêu trên hình



Hình 3. Quy trình xác định trọng số bằng phương pháp AHP

Thuật toán AHP được tính toán thông qua phần mềm Supperdecisons, các tiêu chí đánh giá rủi ro thiên tai được xác định trọng số bởi AHP và sau đó được tích hợp vào GIS, sử dụng các kỹ thuật phân tích không gian để tạo ra các bản đồ phân loại theo tiêu chí. Kỹ thuật liên kết trọng số tuyến tính (WLC - Weighted Linear Combination) được sử dụng để tổng hợp tất cả các lớp có trọng số theo các tiêu chí tương ứng. Phương pháp tích hợp AHP-WLC được sử dụng để tạo ra các bản đồ hiểm họa thiên tai, mức độ phơi nhiễm và tính dễ bị tổn thương trong nghiên cứu. Áp dụng AHP để xác định trọng số cho các biến độc lập tác động nhiều ít tới biến phụ thuộc trong việc xây dựng Bộ tiêu chí sinh kế bền vững.

b. Hồi quy tuyến tính trong SPSS

Hồi quy tuyến tính là phép hồi quy xem xét mối quan hệ tuyến tính - dạng quan hệ đường thẳng giữa biến độc lập với biến phụ thuộc. Trong nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính bội (đa biến) MRL (Multiple Linear Regression) để phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến sinh kế, cụ thể là thu nhập của người dân. Với hồi quy tuyến tính cũng vậy, các hệ số hồi quy tổng thể như βi hay hằng số hồi quy β0 là những tham số không thể đo lường được.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả dùng thông tin của mẫu nghiên cứu để ước lượng hoặc kiểm định thông tin của tổng thể. Nhóm tác giả tiến hành điều tra khảo sát với quy mô 581 phiếu với 5 đối tượng: Cán bộ cơ quan quản lý tỉnh (40 phiếu), cán bộ cơ quan quản lý huyện (30 phiếu), cán bộ cơ quan quản lý xã và thị trấn khu vực ven biển (80 phiếu), người dân khu vực ven biển (240 phiếu), tổ chức quản lý cấp tỉnh, huyện và xã (31 phiếu), cơ sở hoạt động kinh doanh (120 phiếu), nhóm người dân (40 phiếu).

Do đó, nghiên cứu này sẽ sử dụng tham số tương ứng từ mẫu để ước lượng và từ đó suy ra tổng thể. Phương trình hồi quy trên mẫu nghiên cứu được viết dưới dạng như sau:

$Yi = \beta 0 + \beta 1X1 + \beta 2X2 + \beta 3X3 + \beta 4X4 \dots + \beta iXi + \varepsilon i$ (1)

Yi: Thu nhập của nông hộ = biến phụ thuộc; β0: hằng số hồi quy; βi: Các tham số cần ước lượng trong mô hình = hệ số hồi quy; Xi là các biến độc lập trong mô hình hồi quy; εi là sai số của mô hình hồi quy có phân phối chuẩn.

Các biến độc lập đưa vào mô hình là các biến đại diện cho 05 nguồn vốn sinh kế và các biến ảnh hưởng của rủi ro thiên tai đến sinh kế người dân khu vực nghiên cứu.

Tất cả các nội dung hồi quy trong nghiên cứu này chỉ nói về hồi quy trên tập dữ liệu mẫu. Do vậy, thuật ngữ sai số sẽ không được đề cập mà chỉ nói về phần dư.

Tất cả các kiểm định, thống kê trong nghiên cứu này sử dụng thống nhất mức ý nghĩa 0.05 = 5% (tương ứng độ tin cậy 95%). Do đó, khi đọc kết quả các kiểm định, tác giả sẽ so sánh Sig kết quả xuất ra với mức 0.05.

Phân tích hồi quy tuyến tính bội trên SPSS:

(1)_Đánh giá độ phù hợp mô hình một cách chính xác qua kiểm định giả thuyết. Để kiểm định độ phù hợp mô hình hồi quy với giả thuyết H0: $R^2 = 0$, phép kiểm định F được sử dụng để kiểm định giả thuyết này. Kết quả kiểm định trên SPSS cho trong bảng phân tích phương sai ANOVA nếu:

- Sig < 0.05: Bác bỏ giả thuyết H0, nghĩa là $R^2 \neq 0$ một cách có ý nghĩa thống kê, mô hình hồi quy là phù hợp;

- Sig > 0.05: Chấp nhận giả thuyết H0, nghĩa là $R^2 = 0$ một cách có ý nghĩa thống kê, mô hình hồi quy không phù hợp.

Bảng 1. Bảng phân tích phương sai ANOVA

ANOVA[a]

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	46950.710	20	2347.536	3.841	.021[b]
Residual	5500.090	9	611.121		
Total	52450.800	29			

(2)_Đánh giá hệ số hồi quy của mỗi biến độc lập có ý nghĩa trong mô hình hay không dựa vào kiểm định t (student) với giả thuyết H0: Hệ số hồi quy của biến độc lập Xi = 0. Trên SPSS, các số liệu của kiểm định t được lấy từ bảng hệ số hồi quy Coefficients với lưu ý rằng nếu một biến độc lập không có ý nghĩa thống kê trong kết quả hồi quy thì sẽ kết luận biến đó không có sự tác động lên biến phụ thuộc mà không cần thực hiện loại biến và phân tích lại hồi quy. Cụ thể, nếu:

- Sig < 0.05: Bác bỏ giả thuyết H0, nghĩa là Xi ≠ 0 một cách có ý nghĩa thống kê, biến Xi có tác động lên biến phụ thuộc;
- Sig > 0.05: Chấp nhận giả thuyết H0, nghĩa là Xi = 0 một cách có ý nghĩa thống kê, biến Xi không tác động lên biến phụ thuộc.

Bảng 2. Bảng hệ số hồi quy Coefficients

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-153.447	244.711		-0.627	0.546		
	A4. Giới tính người trả lời phỏng vấn (1=M; 2=FM)	-	-	-	-	-	-	-
	A5. Ông/Bà sinh năm bao nhiêu? (1= sau 1993; 2=1993-1973; 3= 1973-1963; 4= trước 1963	-	-	-	-	-	-	-
	A6. Trình độ học vấn cao nhất đã hoàn thành của Ông/Bà là gì? (1=Phổ thông; 2= TC Nghề; 3=CĐ; 4=ĐH; 5=Trên ĐH)	7.756	11.472	0.177	0.676	0.040	0.170	1.200
	A7. Xin cho biết, tình trạng hôn nhân của Ông/Bà (1=chưa KH; 2=Đã KH, chưa có con; 3=Đã KH, có con; 4=Khác)	-	-	-	-	-	-	-
	A8. Gia đình Ông/Bà có bao nhiêu khẩu (những người hiện tại đang chung sống dưới cùng một mái nhà)	14.895	11.777	0.352	1.265	0.238	0.150	2.800
	A9. Gia đình Ông/Bà có bao nhiêu lao động (Những người làm ra thu nhập nuôi sống gia đình)	11.474	14.744	0.179	0.778	0.456	0.221	4.517
	A10. Hộ gia đình Ông/Bà hiện đang làm (các) công việc gì? (Có thể chọn nhiều mục) (1=Có; 0=Không) (Thống kê số lượng nghề)	7.756	11.472	0.177	0.676	0.040	0.047	1.180
	A 11. Ông/Bà có được tham gia khóa học/đào tạo nào để hỗ trợ cho các hoạt động nghề trên không (1=Có; 0=Không)	47.437	36.290	0.386	1.307	0.022	0.034	1.550
	A12. Trong các công việc trên, việc nào tạo thu nhập chính (Đánh theo số câu A11. Ví dụ: nghề đánh bắt cá – Số 6)	-	-	-	-	-	-	-
	A13. Trong các công việc trên, việc nào tạo thu nhập thứ Nhì (Đánh theo số câu A11. Ví dụ: nghề đánh bắt cá – Số 6)	-	-	-	-	-	-	-
	A14. Trong các công việc trên, việc nào tạo thu nhập thứ Ba (Đánh theo số câu A11. Ví dụ: nghề đánh bắt cá – Số 6)	-	-	-	-	-	-	-
	A15. So sánh với những người xung quanh ở cùng độ tuổi, Ông/Bà thấy tình trạng sức khỏe của của mình hiện đang ở mức nào?(10: sức khỏe hoàn hảo; 1: sức khỏe rất yếu)	-6.873	17.696	-0.123	-0.388	0.071	0.017	1.710
	A16. Trong vòng 12 tháng trở lại đây, Ông/Bà đi bệnh viện bao nhiêu lần?	-	-	-	-	-	-	-
	A17. Trong vòng 12 tháng qua, Ông/Bà phải nghỉ bao nhiêu ngày vì lý do sức khỏe?	-	-	-	-	-	-	-
	A18. Gia đình Ông/Bà có bảo hiểm y tế không (1=Có; 2=Không)	-4.135	17.696	-0.123	-0.388	0.071	0.117	1.710

b. Dependent Variable: C5. Tổng thu nhập hàng năm của gia đình (triệu đồng)

Cũng trong bảng hệ số hồi quy Coefficients, hệ số phóng đại phương sai (VIF) là một chỉ số đánh giá hiện tượng cộng tuyến trong mô hình hồi quy. VIF càng nhỏ, càng ít khả năng xảy ra đa cộng tuyến do đó nếu VIF > 2 cần lưu ý đã có thể xảy ra đa cộng tuyến gây sai lệch các ước lượng hồi quy.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Chỉ số đánh giá sinh kế bền vững

Dựa vào các phân tích hồi quy, nhóm nghiên cứu lọc các biến (được nhập vào dưới dạng các câu hỏi trong bảng khảo sát) có giá trị thống kê, để từ đó đưa ra các chỉ số đánh giá cho chỉ số sinh kế bền vững khu vực nghiên cứu. Với 40 biến số được thể hiện bảng khảo sát, nhóm nghiên cứu đã chỉ ra 22 chỉ số có mức độ ảnh hưởng có ý nghĩa đến việc đánh giá sinh kế bền vững.

Bảng 3. Các chỉ số được lựa chọn cho đánh giá sinh kế bền vững khu vực nghiên cứu

TT	Vốn	Chỉ số đánh giá	Thang đo	Ảnh hưởng
1	Vốn con người	Giới tính		-
2		Trình độ học vấn	Theo 5 mức	(+)
3		Tình trạng hôn nhân		-
4		Số thành viên gia đình		-
5		Số lao động		-
6		Tham gia đào tạo nghề	Có/Không	(+)
7		Đa dạng hóa nghề nghiệp	Từ 1 đến 3	(+)
8		Công việc tạo thu nhập chính		-
9		Tình trạng sức khỏe	Từ 1 đến 10	(+)

10		Tỷ lệ có bảo hiểm y tế, tiêm chủng*	Có/Không	(+)
11	Vốn tự nhiên	Đất sản xuất bình quân đầu người*		(+)
12		Đất trồng lúa, hoa màu		-
13		Đất chuồng trại, chăn nuôi		-
14		Đất nhà xưởng		-
15		Đất mặt nước bình quân đầu người*		(+)
16		Số vụ canh tác một năm		-
17		Đất chưa sử dụng bình quân đầu người*		(+)
18		Hoạt động sản xuất gián đoạn do thiên tai		-
19	Vốn vật chất	Diện tích đất ở		(+)
20		Diện tích nhà ở		(+)
21		Loại nhà ở		-
22		Nhà khép kín		-
23		Chất lượng nhà ở	Từ 1-5	(+)
24		Tiện nghi nhà ở		-
25		Hạ tầng khu ở	Từ 1-5	(+)
26		Số công cụ sản xuất gia đình sở hữu		(+)
27	Vốn tài chính	Tổng thu nhập năm hộ gia đình		(+)
28		Chi tiêu		-
29		Tiết kiệm gia đình/năm		(+)
30		Nhu cầu vay vốn trong 12 tháng		-
31		Vốn vay được sử dụng việc gì		-
32		Nhận hỗ trợ khi rủi ro thiên tai		-
33		Số doanh nghiệp công nghiệp*		(+)
34		Số doanh nghiệp thương mại*		(+)
35	Vốn xã hội	Quan hệ xóm giềng		(+)
36		Tham gia ít nhất 1 hội nhóm	Có/Không	(+)
37		Có nơi sinh hoạt cộng đồng		-
38		Quy mô trung bình hội nhóm		(+)
39		Hỗ trợ cộng đồng khi có thiên tai		-
40		Tham gia hội nhóm nghề	Có/Không	(+)

Ghi chú: (+) Các chỉ số được lựa chọn trong tổng số 40 chỉ số khảo sát
(*): Những chỉ số có thể lấy từ dữ liệu thứ cấp

Các trọng số

Việc tính các trọng số cho từng nguồn vốn cũng như từng chỉ số đánh giá được thực hiện theo phương pháp phân tích thứ bậc AHP.

Kết quả chỉ ra, 5 nguồn vốn sinh kế bền vững, xếp theo thứ tự quan trọng là: Vốn tự nhiên (trọng số α = 0.31); Vốn tài chính (α = 0.268); Vốn con người (α = 0.177); Vốn xã hội (α = 0.137); Vốn vật chất (α = 0.108). Điều này chỉ ra, việc có quyền sử dụng hoặc tiếp cận (thuê dài hạn) với các tài nguyên canh tác như đất trồng trọt, chăn nuôi, mặt nước nuôi trồng thủy sản, rừng ngập mặn... có vai trò quan trọng nhất. Việc người dân có vốn (hoặc tiếp cận được nguồn vốn) và có các tri thức, kỹ năng nghề nghiệp, sức khỏe cũng có vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng lực sinh kế bền vững cho các hộ gia đình. Mối quan hệ của người lao động với xóm giềng, với các cộng đồng nghề nghiệp (như hợp tác xã, hội nghề, các đối tác trong sản xuất, kinh doanh...) có ảnh hưởng nhất định đến kết quả sinh kế bền vững. Vốn vật chất có ảnh hưởng ít, có thể lý giải bởi điều kiện đất ở, nhà ở tại khu vực nông thôn không có chênh lệch lớn giữa các hộ gia đình (như khu vực đô thị), vì vậy chỉ số này không thể hiện rõ tác động của nó đến kết quả sinh kế bền vững.

Bên cạnh các trọng số cho các nguồn vốn, phương pháp AHP cũng chỉ ra trọng số cho các chỉ số đánh giá thành phần. Ví dụ, nếu coi vốn con người có giá trị cao nhất là 1, thì trình độ học vấn chiếm trọng số là 0.205. Bảng sau thống kê toàn bộ các chỉ số đánh giá sinh kế bền vững và các trọng số của chúng.

Bảng 4. Bộ dữ liệu đánh giá sinh kế bền vững (bao gồm các chỉ số đánh giá và trọng số).

TT	Vốn	Ký hiệu	Trọng số	Chỉ số đánh giá
	Con người	***A***	***0.177***	
1		A1	0.205	Trình độ học vấn
2		A2	0.153	Tham gia đào tạo nghề
3		A3	0.161	Đa dạng hóa nghề nghiệp
4		A4	0.440	Tình trạng sức khỏe
5		A5	0.032	Tỷ lệ có BHYT và tiêm chủng*
	Tự nhiên	***B***	***0.310***	
6		B1	0.429	Đất sản xuất bình quân đầu người*
7		B2	0.429	Đất mặt nước bình quân đầu người*
8		B3	0.143	Đất chưa sử dụng bình quân đầu người*
	Vật chất	***C***	***0.108***	
9		C1	0.427	Diện tích đất ở
10		C2	0.202	Diện tích nhà ở
11		C3	0.062	Nhà khép kín
12		C4	0.102	Chất lượng nhà ở
13		C5	0.093	Hạ tầng khu ở
14		C6	0.115	Số công cụ sản xuất gia đình sở hữu
	Tài chính	***D***	***0.268***	
15		D1	0.437	Tổng thu nhập năm hộ gia đình
16		D2	0.117	Tiết kiệm gia đình/năm
17		D3	0.134	Số doanh nghiệp công nghiệp*
18		D4	0.313	Số doanh nghiệp thương mại*
	Xã hội	***E***	***0.137***	
19		E1	0.478	Quan hệ xóm giềng
20		E2	0.101	Tham gia ít nhất 1 hội nhóm
21		E3	0.052	Quy mô trung bình hội nhóm
22		E4	0.370	Tham gia hội nhóm nghề

3.2. Lập bản đồ đánh giá tình trạng dễ bị tổn thương

Tính dễ bị tổn thương đặc trưng cho tính nhạy cảm, thiếu năng lực ứng phó với thảm họa.

Trong nghiên cứu này, tính dễ bị tổn thương được xác định bởi 2 yếu tố chính: Chức năng sử dụng đất và Chỉ số sinh kế bền vững. Theo kết quả phương pháp AHP, tính dễ bị tổn thương được xác định theo trọng số sau:

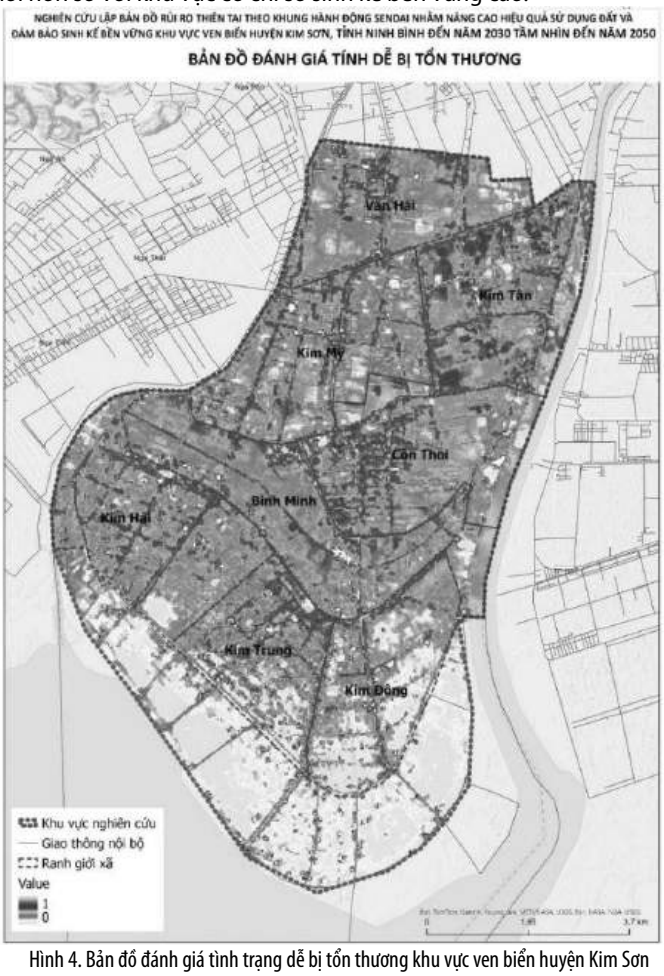
Tính dễ bị tổn thương = 0.450* Sử dụng đất + 0.550* Chỉ số sinh kế bền vững

Mức độ tổn thương cao nhất là các khu vực chức năng sử dụng đất gắn với các chức năng hành chính, hạ tầng xã hội (0.301) và hoạt động cư trú của người dân (0.250) do những thiệt hại xảy ra khi tác động lên khu vực này sẽ gây thiệt hại về đời sống, tài sản, sức khỏe của người dân và làm gián đoạn thậm chí mất khả năng điều hành các cơ quan quản lý nhà nước trong khu vực. Hạ tầng giao thông được đánh giá có mức độ dễ bị tổn thương cao (0.217) do những thiệt hại về hạ tầng giao thông sẽ gây gián đoạn các hoạt động kinh tế xã hội và tìm kiếm cứu nạn khi thiên tai xảy ra. Các chức năng sử dụng đất gắn với sinh kế của người dân như đất cơ sở sản xuất, kinh doanh (0.122) và đất nông nghiệp (0.082) được xác định có mức độ dễ bị tổn thương khá cao do những thiệt hại kinh tế gây ra đối với người dân khi thiên tai tác động lên khu vực này. Các chức năng đất còn lại được đánh giá là có mức dễ bị tổn thương thấp (0.028) do mức độ thiệt hại thấp khi thiên tai tác động đến đối tượng đất đai này.

Bảng 5. Trọng số đánh giá tính dễ bị tổn thương

Component	Criteria	Weight	Sub-criteria	Weight
Tính dễ bị tổn thương	Hiện trạng sử dụng đất	0.450	Đất ở	0.250
			Đất công cộng	0.301
			Đất cơ sở sản xuất, kinh doanh	0.122
			Đất giao thông	0.217
			Đất nông nghiệp	0.082
			Đất khác	0.028
	Chỉ số sinh kế bền vững	0.550	0.8 - 1.0	0.039
			0.6 - 0.8	0.065
			0.4 - 0.6	0.181
			0.2 - 0.4	0.280
			0.0 - 0.2	0.435

Mức độ dễ bị tổn thương được xác định tỷ lệ nghịch với giá trị chỉ số sinh kế bền vững, do những thiệt hại đối với khu vực có chỉ số sinh kế bền vững thấp sẽ cao hơn và cần nhiều thời gian để phục hồi hơn so với khu vực có chỉ số sinh kế bền vững cao.



Hình 4. Bản đồ đánh giá tình trạng dễ bị tổn thương khu vực ven biển huyện Kim Sơn

4. KẾT LUẬN

Khu vực ven biển huyện Kim Sơn có khả năng phát triển không chỉ các ngành nông nghiệp, nuôi trồng thủy hải sản truyền thống mà còn có tiềm năng phát triển các hoạt động du lịch ven biển, cũng như đã được định hướng là khu kinh tế ven biển của tỉnh Ninh Bình, hỗ trợ phát triển kinh tế toàn tỉnh. Do nằm ở vị trí ven biển, khu vực nghiên cứu đứng trước nguy cơ chịu chịu tác động của các hiện tượng thiên tai đặc biệt với hai loại hình chính là ngập lụt và xâm nhập mặn. Vì vậy, việc lập bản đồ tính dễ bị tổn thương là rất cần thiết cho các định hướng quy hoạch và quản lý của địa phương.

Rủi ro thiên tai do ngập lụt và xâm nhập mặn được xác định dựa trên 3 nhóm yếu tố là: hiểm họa, mức độ phơi nhiễm và khu vực dễ bị tổn thương, với các tiêu chí sinh kế bền vững cùng các trọng số. Kết quả nghiên cứu khẳng định hướng tiếp cận mới dựa trên các nền tảng lý luận về giảm thiểu rủi ro thiên tai kết hợp với khung lý thuyết về Sinh kế bền vững của DFID trong việc dự báo các khu vực dễ bị tổn thương do ngập lụt và xâm nhập mặn là cần thiết và phù hợp thực tiễn nhằm đưa ra các định hướng phát triển bền vững cho khu vực ven biển huyện Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình. Từ các kết quả nghiên cứu này xác lập cơ sở để đưa ra quy trình đề xuất quy hoạch sử dụng đất theo hướng giảm nhẹ rủi ro thiên tai, để lập đồ án quy hoạch xây dựng thích ứng với biến đổi khí hậu và đảm bảo sinh kế bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, http://emdat.be/, truy cập ngày 14/8/2022

[2]. C. Luu, J. Von Meding, S. Kanjanabootra (2018), *Assessing flood hazard using flood marks and analytic hierarchy process approach: a case study for the 2013 flood event in Quang Nam, Vietnam*, Nat. Hazards. 90 1031-1050. doi:https://doi.org/10.1007/s11069-017-3083-0.

[3]. H.C. Winsemius, J.C.J.H. Aerts, L.P.H. van Beek, M.F.P. Bierkens, A. Bouwman, B. Jongman, J.C.J. Kwadijk, W. Ligtvoet, P.L. Lucas, D.P. van Vuuren, P.J. Ward (2015), *Global drivers of future river flood risk*, Nat. Clim. Chang. 6 381-385. doi:https://doi.org/10.1038/nclimate2893.

[4]. I. Millet, P.T. Harker (1990), *Globally effective questioning in the Analytic Hierarchy Process*, Eur. J. Oper. Res. 48 88-97. doi:https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90065-J.

[5]. [29] Nguyễn Văn Đào (2023), Nghiên cứu đánh giá rủi ro xâm nhập mặn khu vực ven biển Thái Bình - Nam Định ứng với các kịch bản mực nước triều và nước biển dâng, Trường Đại học Thủy lợi

[6]. P.B. Sayers, J.W. Hall, I.C. Meadowcroft (2002), *Towards risk-based flood hazard management in the UK*, Proc. Inst. Civ. Eng. - Civ. Eng. 150 36–42. doi:https://doi.org/10.1680/cien.2002.150.5.36.

[7]. Q. Zhou, P.S. Mikkelsen, K. Halsnæs, K. Arnbjerg-Nielsen (2012), *Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits*, J. Hydrol. 414–415 539–549. doi:10.1016/J.JHYDROL.2011.11.031

[8]. S. Kreft, D. Eckstein, I. Melchior (2016), *Global climate risk index 2017*, Germanwatch e.V., Berlin. https://germanwatch.org/en/12978.

[9]. UNDP. Application of the Sustainable Livelihoods Framework in Development Projects, 2017.

[10]. Khảo sát điều tra do nhóm nghiên cứu "Nghiên cứu lập bản đồ rủi ro thiên tai theo khung hành động Sendai nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng đất và đảm bảo sinh kế bền vững khu vực ven biển huyện Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050" thực hiện tháng 7/2023.

■Ngày nhận bài: 04/3/2025 ■Ngày sửa bài: 22/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2025

Thích ứng với biến đổi khí hậu và nước biển dâng tại thành phố ven biển ở các nước đang phát triển

Climate change and sea level rise adaptation for coastal cities in developing countries

> TS.KTS LÊ ĐÀM NGỌC TÚ*
Nhóm nghiên cứu Đổi mới Công nghệ và Dữ liệu phục vụ phát triển bền vững (iTechdata for SDGs)
Trường Đại học Xây dựng Miền Trung; *Email: ledamngoctu@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Đối mặt với tình trạng biến đổi khí hậu (BĐKH) ngày càng gia tăng, các thành phố ven biển ở các nước đang phát triển ngày càng bị ảnh hưởng bởi thiên tai và nước biển dâng (NBD). Nghiên cứu này tìm hiểu những biện pháp các thành phố này ứng phó với tình trạng khí hậu cực đoan và NBD. Nghiên cứu tập trung phân tích các tài liệu quy hoạch thích ứng với BĐKH ở 27 thành phố ven biển ở các nước đang phát triển. Kết quả cho thấy lũ lụt, NBD, bão, xói mòn bờ biển và hạn hán nằm trong số các mối nguy hiểm tự nhiên có tác động lớn nhất đến các thành phố ven biển. Các thành phố ven biểm đã sử dụng nhiều biện pháp thích ứng khác nhau để ứng phó với các rủi ro. Các biện pháp thích ứng phổ biến nhất là đầu tư vào cơ sở hạ tầng và thích ứng dựa vào hệ sinh thái. Nghiên cứu này chỉ ra rằng để thích ứng với BĐKH và NBD hiệu quả, các thành phố cần thực hiện nhiều hành động trên nhiều khía cạnh, phải hướng đến đa mục tiêu - đồng thời bảo vệ, tăng cường năng lực thích ứng và lập kế hoạch ứng phó các tác động của BĐKH cực đoan trong tương lai. Trong nhiều trường hợp, các thành phố phải thực hiện các chính sách rút lui tích cực để bảo vệ cơ sở hạ tầng và khu dân cư. Các biện pháp thích ứng với thiên tai hiện tại và BĐKH trong tương lai cần phải kết hợp, đa mục tiêu, linh hoạt, và tiết kiệm chi phí.

Từ khóa: Thích ứng biến đổi khí hậu; nước biển dâng; thành phố ven biển; các quốc gia đang phát triển.

ABSTRACT

Faced with increasing climate change, coastal cities in developing countries are being increasingly vulnerable by natural disasters and rising sea levels. This study explores strategies these cities can adopt to tackle extreme climate events and sea level rise. Through an analysis of climate adaptation planning documents from 27 coastal cities across developing countries, the study identifies key hazards, including floods, rising seas, storms, coastal erosion, and droughts, which have significant impacts. These cities propose a variety of adaptation strategies to cope with potential risks. Various adaptation strategies are proposed, with the most prominent being investments in infrastructure and ecosystem-based solutions. The findings emphasize that effective adaptation requires a multi-faceted approach, combining efforts to safeguard infrastructure, enhance adaptive capacities, and proactively plan for future climate extremes. In some instances, active retreat policies may be necessary to protect both settlements and essential facilities. Adaptation measures must be practical, versatile, cost-efficient, and well-suited to both current and future climate conditions.

Keywords: Climate change adaptation; sea level rise; coastal cities; developing countries.

1. MỞ ĐẦU

Các cộng đồng và khu định cư ven biển dễ bị tổn thương trước các mối nguy hiểm của BĐKH và NBD. Việc tiếp xúc với bờ biển khiến họ thường xuyên bị tác động của bão, sóng dâng và lũ lụt tấn công dẫn đến xói mòn, ngập lụt, mất môi trường sống và cơ sở hạ tầng, cũng như thiệt hại cho hệ sinh thái. Mực NBD đã gia tăng qua từng giai đoạn, trung bình 1.3mm/năm từ 1901 - 1971, 1.9 mm/năm từ 1971 - 2006 và lên mức 3.7mm/năm từ 2016 - 2018 [1]. Sự tập trung dân số và tài sản ở các khu vực ven biển làm gia tăng thêm các tác động và tổn thất về mặt xã hội và kinh tế. Theo kịch bản mực NBD 1 mét, ước tính hơn năm mươi triệu người ở các nước đang phát triển có khả năng phải di dời, kèm theo thiệt hại nghiêm trọng về kinh tế và sinh thái [2].

Năm 1990, nhóm quản lý vùng ven biển đã tổ chức các hội thảo để trao đổi thông tin về các giải pháp thích ứng phù hợp [3]. Trong vòng 30 năm sau đó, các cộng đồng ven biển trên khắp thế giới đã thực hiện nhiều biện pháp thích ứng để bảo vệ con người, tài sản và hệ sinh thái ven biển. Nghiên cứu này xem xét mối liên hệ giữa tính dễ bị tổn thương của các thành phố ven biển và các giải pháp thích ứng phù hợp cho các đô thị. Mặc dù các lựa chọn thích ứng được

dựa trên bối cảnh, phân tích từ nhiều thành phố ven biển sẽ cung cấp bài học bổ ích cho các thành phố trong việc tìm ra các lộ trình thích ứng phù hợp với BĐKH và NBD. Bài báo này nhằm mục tiêu: (1) mô tả các tác động của BĐKH, NBD ở các thành phố ven biển vừa và nhỏ tại các nước đang phát triển, (2) tiến hành tổng hợp các chiến lược thích ứng cho các thành phố ven biển, đặc biệt là các thành phố vừa và nhỏ, nơi có ít năng lực thích ứng hơn, (3) đề xuất các giải pháp thích ứng cho các đô thị duyên hải Việt Nam.

2. CÁC LOẠI HÌNH THÍCH ỨNG CỦA VÙNG VEN BIỂN VỚI BĐKH

Các lựa chọn để thích ứng với bờ biển có thể được phân loại thành ba loại chính, bao gồm bảo vệ, thích nghi và rút lui có quản lý [4, 5]. Các lựa chọn này được mô tả như sau:

• ***Bảo vệ*** là giảm thiểu rủi ro của các mối nguy hiểm bằng cách sử dụng các biện pháp kết cấu "cứng" hoặc "mềm" để bảo vệ các cơ sở hạ tầng quan trọng, chẳng hạn như tường chắn biển, đê, rào chắn, nuôi dưỡng bãi biển hoặc phục hồi hệ sinh thái đất ngập nước, đai rừng ven bờ.

• ***Thích nghi*** bao gồm những thay đổi trong các hoạt động của con người và cơ sở hạ tầng để tăng cường khả năng ứng phó với các tác động, như cải tạo các tòa nhà, nâng cao độ cao sàn hoặc điều chỉnh các chương trình quản lý sử dụng đất và bảo hiểm.

• ***Rút lui có quản lý*** bao gồm việc lùi lại khỏi vùng rủi ro để tránh thảm họa như di chuyển ra xa bờ biển, cho phép nước biển thủy triều tràn vào các khu vực trước đây được bảo vệ, di dời các tòa nhà bị đe dọa.

• ***Tấn công,*** theo phân loại của [6], là một loại hình thích ứng khác nhưng phản ứng tích cực hơn với việc tiến lên và lấn ra biển hay sông bằng cách áp dụng một số phương tiện xây dựng trên mặt nước, chẳng hạn như nhà sàn, cấu trúc nổi hoặc cải tạo đất.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này kế thừa dữ liệu và một phần kết quả từ nghiên cứu năm 2021 của chính tác giả [7]. Nghiên cứu tập trung vào các thành phố vừa và nhỏ có dân số dưới một triệu người ở vùng ven biển tại các nước đang phát triển (dân số năm 2015), bao gồm 27 thành phố nằm dọc theo hoặc trong phạm vi 100km từ bờ biển chịu ảnh hưởng bởi các mối nguy hiểm ven biển và mực NBD (Hình 1). Các trường hợp được chọn bao gồm 2 thành phố ở châu Phi, 17 ở châu Á, 4 ở Nam Mỹ và Caribe và 5 ở châu Đại Dương.

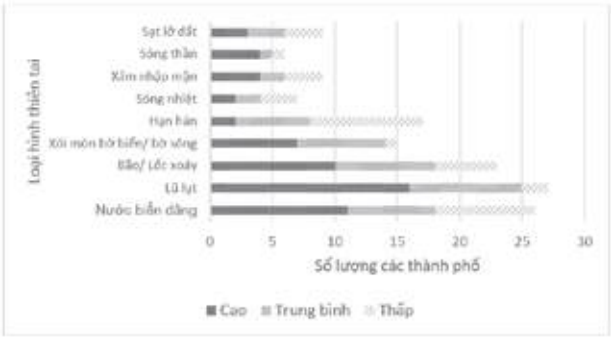


Hình 1. Sơ đồ vị trí các thành phố được nghiên cứu [7]

Nghiên cứu sử dụng các tài liệu lập kế hoạch ứng phó với BĐKH của thành phố làm nguồn dữ liệu chính, bao gồm các báo cáo đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do BĐKH đến thành phố, kế hoạch thích ứng, kế hoạch hành động về khí hậu và chiến lược phục hồi của thành phố chịu tác động của BĐKH. Từ các tài liệu đã chọn, dữ liệu được thu thập thành hai nhóm để mô tả các loại nguy cơ ven biển và các lựa chọn thích ứng (được mô tả chi tiết trong nghiên cứu [8]). Việc đánh giá từng nguy cơ hoặc rủi ro BĐKH tuân theo thang thứ tự ba cấp. Tác động thấp là nguy cơ đã hoặc có khả năng gây ra ảnh hưởng với mức thiệt hại thấp đối với thành phố và người dân, trung bình nếu nguy cơ gây ra tác động hoặc thiệt hại vừa phải và cao nếu gây ra tác động hoặc thiệt hại đáng kể.

4. RỦI RO KHÍ HẬU Ở CÁC THÀNH PHỐ VEN BIỂN CỦA CÁC NƯỚC ĐANG PHÁT TRIỂN

Phân tích từ 27 thành phố vừa và nhỏ cho thấy lũ lụt, mực NBD và bão hoặc lốc xoáy là những rủi ro khí hậu phổ biến nhất ở các thành phố ven biển của các nước đang phát triển (Hình 2). Tất cả các thành phố đều đã chịu ảnh hưởng bởi lũ lụt. Cùng với lượng mưa tăng vào mùa mưa, tần suất bão và lốc xoáy mạnh ngày càng tăng, các thành phố ngày càng bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi lũ lụt, bão hoặc lốc xoáy, dẫn đến xói mòn bờ biển , bờ sông.



Hình 2. Số lượng thành phố bị tác động bởi các thiên tai vùng biển

Thang tác động:

Cao: Nguy cơ gây ra tác động hoặc thiệt hại đáng kể cho thành phố.

Trung bình: Nguy cơ gây ra tác động hoặc thiệt hại vừa phải cho thành phố.

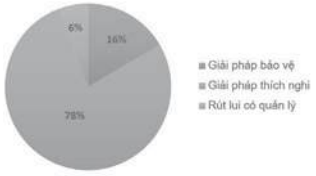
Thấp: Nguy cơ được đề cập là mối đe dọa không mô tả chi tiết hoặc ở mức tác động thấp.

Mực NBD, triều cường và sóng mạnh đã gây xói mòn bờ biển nghiêm trọng, dẫn đến mất rừng phòng hộ và xói lở bờ biển lên đến 10 đến 20m mỗi năm ở một số nơi. Dự báo vào giữa và cuối thế kỷ XXI, hàng trăm bãi biển có nguy cơ xói mòn và ngập lụt, khiến hàng nghìn người phải di dời (như ở Hội An, Castries, Cartagena, …).

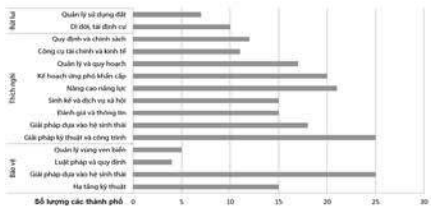
BĐKH làm nhiệt độ tăng, gây hạn hán, nắng nóng gay gắt,và thiếu nước trong mùa khô. Điều này ảnh hưởng lớn đến các hoạt động kinh tế, như trồng trọt, đánh bắt thủy hải sản, làm trắng san hô, …, ảnh hưởng nghiệm trọng đến đời sống kinh tế của người dân. Hạn hán và NBD làm trầm trọng thêm xâm nhập mặn trong mùa khô, gây thiệt hại nông nghiệp, hệ sinh thái, cơ sở hạ tầng và nước ngầm. BĐKH và NBD gây tác động rõ rệt đến các thành phố ven biển, đặc biệt ở các nước đang phát triển, nơi thường thiếu năng lực và nguồn lực phản ứng với những tác động này.

5. THÍCH ỨNG VỚI BĐKH CỰC ĐOAN VÀ NBD

Từ các tài liệu kế hoạch ứng phó với BĐKH tại 27 thành phố, nghiên cứu phân tích 587 giải pháp ứng phó được đề xuất. Trong số này, 78% các giải pháp được đề xuất nhằm mục đích thích nghi, trong khi 16% được sử dụng để bảo vệ và 6% là để rút lui có quản lý (Hình 3). Kết quả này cho thấy thích nghi vẫn là giải pháp can thiệp quan trọng để các thành phố ứng phó với BĐKH, các sự kiện cực đoan và NBD, giúp nâng cao năng lực ứng phó cho thành phố và cư dân.



Hình 3. Tỷ lệ các loại giải pháp được đề xuất để thích ứng BĐKH, NBD



Hình 4. Các nhóm giải pháp thích ứng được đề xuất bởi các thành phố nghiên cứu

Hình 4 biểu thị tần suất các loại hình thích ứng được áp dụng tại các thành phố. Kết quả minh họa cho sự đa dạng, mức độ phổ biến và mức độ quan trọng của các biện pháp ứng phó với BĐKH. Thích ứng hiệu quả sẽ cần sự kết hợp của nhiều khía cạnh, từ bảo vệ đến thích nghi và rút lui, đòi hỏi sự tương tác lẫn nhau của nhiều hành động can thiệp vào các khía cạnh khác nhau, cả biện pháp cứng và mềm, xây dựng năng lực, quản lý và lập kế hoạch, chính sách và quy định, … (Hình 4).

Để thích ứng với BĐKH và NBD, các thành phố đã đề xuất tổng hợp nhiều giải pháp khác nhau với các mục tiêu đa dạng giữa bảo vệ, thích ứng và rút lui có quản lý (Bảng 1). Việc lựa chọn các giải pháp cần phù hợp với đặc điểm khu vực và mục tiêu cụ thể nhưng phải có lợi ích về chi phí, với ít tác động tiêu cực, ứng phó được với thiên tai mà thành phố đang đối mặt và ảnh hưởng của BĐKH trong tương lai.

Bảng 1. Các biện pháp thích ứng được áp dụng ở các thành phố ven biển

Khu vực địa lý	Thành phố	Quốc gia	Bảo vệ				Thích nghi									Rút lui có quản lý	
			Hạ tầng kỹ thuật	Giải pháp dựa vào hệ sinh thái	Luật pháp và quy định	Quản lý vùng ven biển	Giải pháp kỹ thuật & công trình	Giải pháp dựa vào hệ sinh thái	Đánh giá và thông tin	Sinh kế và dịch vụ xã hội	Nâng cao năng lực	Kế hoạch ứng phó khẩn cấp	Quản lý và quy hoạch	Công cụ tài chính và kinh tế	Quy định và chính sách	Tái định cư	Quản lý sử dụng đất
Châu Á	Bandar Lampung	Indonesia	X	X			X			X		X					
	Batticaloa	Sri Lanka	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Đà Nẵng	Việt Nam	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Hội An	Việt Nam	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	Huế	Việt Nam	X	X			X		X		X	X	X	X			
	Iloilo	Philippines	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X
	Kalmunai	Sri Lanka	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Khulna	Bangladesh					X	X				X		X	X	X	
	Kupang	Indonesia	X	X			X	X	X	X	X	X	X				
	Manado	Indonesia		X			X										
	Mannar	Sri Lanka	X				X	X		X	X	X		X	X		
	Mullaitivu	Sri Lanka		X			X	X		X	X	X					
	Negombo	Sri Lanka	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X		
	Panaji	Ấn Độ		X			X		X			X	X				X
	Sihanoukville	Campuchia	X	X			X		X	X	X	X	X			X	X
	Sorsogon	Philippines		X		X	X			X	X		X				
Châu Đại dương	Apia	Samoa										X			X		X
	Honiara	Quần đảo Solomon		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
	Lami Town	Fiji		X			X	X			X	X	X	X		X	
	Port Moresby	Papua New Guinea	X	X				X	X		X				X		
	Port Vila	Vanuatu		X			X	X	X								
Châu Phi	Port Louis	Mauritius	X	X			X	X	X		X	X	X		X	X	X
	Walvis Bay	Mauritius	X	X		X	X	X		X	X	X	X			X	X
Nam Mỹ và vùng Caribbean	Cartagena	Colombia		X		X	X	X	X		X						
	Castries	Saint Lucia	X	X			X	X		X	X	X	X	X			
	Esmeraldas	Ecuador		X			X		X	X	X				X	X	
	Santos	Brasil		X			X	X		X	X		X	X			

X: Biện pháp được đề xuất áp dụng tại thành phố

5.1. Biện pháp bảo vệ

Dựa trên kết quả nghiên cứu, các thành phố thường sử dụng kết hợp biện pháp cứng và mềm để đối phó với thiên tai ven biển và BĐKH. Trong đó, các biện pháp dựa trên hệ sinh thái được nhiều thành phố ưu tiên áp dụng nhất, với 25 trên tổng số 27 thành phố đã lựa chọn giải pháp này. Trong khi đó, chỉ 8 thành phố đưa ra đề xuất về luật lệ và chính sách bảo vệ, 15 thành phố đã đề xuất các công trình kỹ thuật khác nhau.

Bảng 2. Các biện pháp bảo vệ

Loại hình	Biện pháp thích ứng
Hạ tầng kỹ thuật	
• Cấu trúc kỹ thuật cứng	• Xây dựng tường chắn sóng, đê, tường kè và hồ chứa để kiểm soát lũ, bão và xói lở. • Gia cường cảng và bến tàu để đối phó với NBD và bão ven biển.
Giải pháp dựa vào hệ sinh thái	
• Phục hồi rừng	• Tái tạo rừng, bảo vệ thảm thực vật trên đồi, lưu vực và sườn sông để giảm xói mòn, hạn chế nhiệt độ cực đoan.
• Đất ngập nước, rừng ngập mặn	• Quản lý và bảo vệ sông, hồ và các nguồn nước, lưu vực và tiểu lưu vực, tái tạo rừng ngập mặn • Tái tạo thảm thực vật lưu vực, thiết lập hành lang nước tự nhiên/ hành lang thoát lũ/ Kế hoạch thoát lũ.
• Hệ sinh thái biển	• Phục hồi rạn san hô, thảm cỏ biển và bảo tồn cồn cát để giảm tác động của nhiệt độ nước biển tăng và bảo vệ nguồn cá.
• Không gian xanh	• Trồng cây và phát triển các vành đai xanh dọc bờ biển, không gian xanh trong đô thị, và duy trì sinh thái ven sông.
Luật pháp và quy định	
• Quy định bảo vệ hệ sinh thái ven biển và đất ngập nước	• Cấm khai thác cát, đánh bắt cá bất hợp pháp và phá rừng ngập mặn. • Bảo tồn các khu vực trữ nước, tháo dỡ các công trình xây dựng trái phép để đảm bảo khả năng thoát lũ và chống xói mòn.
Quản lý vùng ven biển	
• Khu vực bảo vệ bờ biển	• Thành lập Khu vực bảo vệ bờ biển (CPZ) để bảo vệ các khu vực dễ bị tổn thương và cân bằng các lợi ích kinh tế và xã hội bền vững. • Thiết lập Luật bảo vệ tài sản ven biển.
• Quản lý tổng hợp vùng ven biển	• Tích hợp các chiến lược hệ sinh thái vào quy hoạch và phát triển. • Cải tạo dọc bờ biển để giảm thiểu nguy cơ thiên tai.

5.2. Biện pháp thích nghi

Nghiên cứu cho thấy các biện pháp thích nghi đa dạng cần được kết hợp để ứng phó hiệu quả với BĐKH và các sự kiện cực đoan (Hình 4 và Bảng 3). Các thành phố cần đánh giá mức độ dễ bị tổn thương và năng lực thích ứng, từ đó tập trung vào các khía cạnh khác nhau để ứng phó và các biện pháp nâng cao sinh kế, bảo hiểm, y tế, cảnh báo sớm, sơ tán. Đồng thời, một chiến lược dài hạn với công cụ tài chính, quy định và chính sách sẽ giúp thành phố và người dân thích ứng bền vững với BĐKH và thiên tai ven biển.

Bảng 3. Các biện pháp thích nghi với BĐKH, NBD.

Loại hình	Biện pháp thích ứng
Giải pháp kỹ thuật và công trình	
• Quản lý nước	• Áp dụng các biện pháp xử lý, tái sử dụng và bảo tồn nước, như thu thập nước mưa, công nghệ xử lý nước lợ, lọc nước. • Cải thiện và bảo vệ hệ thống cấp nước để giảm thiểu rò rỉ và xâm nhập nước lũ. • Quản lý nhu cầu về nước thông qua định giá nước cho các mục đích sử dụng.
• Thoát nước và vệ sinh	• Bảo trì và xây dựng hệ thống thoát nước đô thị bền vững. Tích hợp hệ thống quản lý nước thải vào mạng lưới thoát nước. • Quản lý chất thải, cải thiện hệ thống vệ sinh, đảm bảo an toàn vệ sinh môi trường và nguồn nước.
• Thiết kế đô thị, cộng đồng thân thiện, đàn hồi với khí hậu	• Phát triển đô thị, khu dân cư, các không gian mở công cộng thân thiện, thích ứng với BĐKH, sử dụng vật liệu thấm và cấu trúc nhà ở an toàn chống lũ, bão. • Cải tạo trường học, bệnh viện và các cơ sở công cộng khác để tăng cường khả năng ứng phó với thiên tai.
• Hạ tầng giao thông và năng lượng	• Xây dựng, bảo vệ các tuyến đường, cầu và cảng, sân bay, đảm bảo hoạt động trong điều kiện khắc nghiệt như lũ lụt và gió mạnh. • Cải thiện các cơ sở hạ tầng năng lượng để đảm bảo hoạt động ổn định trong thời gian thiên tai.
Giải pháp dựa vào hệ sinh thái	
• Quản lý lưu vực sông	• Nạo vét, mở rộng cửa sông, lạch và đầm phá trong mùa mưa để giảm nguy cơ lũ lụt, xói lở và cải thiện khả năng điều tiết nước.
• Phát triển không gian xanh	• Bảo tồn cây xanh, phát triển thảm thực vật tự nhiên trong đô thị để hạn chế nhiệt đô thị và giúp giữ độ ẩm đất. • Trồng các loại cây chịu mặn, vườn trên mái và tăng bề mặt thấm để lọc nước và tăng độ bền đất.
Đánh giá & thông tin	
• Khảo sát và đánh giá	• Tiến hành khảo sát, đánh giá các khu vực dễ bị tổn thương trước thiên tai và BĐKH. • Đánh giá nguồn nước, hiệu quả hệ thống thoát nước.

Loại hình	Biện pháp thích ứng
• Thông tin và cơ sở dữ liệu	• Phát triển hệ thống thông tin tích hợp, bao gồm cơ sở dữ liệu GIS và các ứng dụng cung cấp thông tin về BĐKH, các điểm sạt lở, thường xuyên bị tác động bởi thiên tai, giúp cư dân truy cập thông tin khí tượng cập nhật.
Sinh kế và dịch vụ xã hội	
• Hỗ trợ sinh kế bền vững	• Hỗ trợ tài chính, kinh nghiệm, kỹ thuật cho nông dân và cộng đồng ngư dân. • Phát triển các cây trồng chịu mặn, cây trồng theo mùa. • Xây dựng cơ sở thủy lợi chống chịu với khí hậu. • Đào tạo nghề. Thực hiện kế hoạch thích ứng sinh kế cộng đồng thí điểm.
• Bảo hiểm và dịch vụ y tế	• Phát triển các chương trình bảo hiểm nhà ở và y tế giúp cư dân chống chọi với thiên tai. • Phát triển các dịch vụ y tế phục hồi, y tế lưu động và nâng cao năng lực các bệnh viện để ứng phó thiên tai.
Nâng cao năng lực	
• Cộng đồng	• Nâng cao nhận thức BĐKH thông qua các chiến dịch giáo dục, đào tạo nghề và các chương trình giáo dục trong trường học.
• Thể chế	• Đào tạo cán bộ quản lý về dự báo và ứng phó với thiên tai, thành lập các ủy ban kỹ thuật cấp địa phương để ra quyết định về sáng kiến phát triển.
Kế hoạch ứng phó khẩn cấp	
• Hệ thống cảnh báo sớm và sơ tán	• Phát triển hệ thống cảnh báo sớm lũ lụt, lốc xoáy và các nguy cơ khác. • Phát triển trung tâm sơ tán và các tuyến đường an toàn. • Phân phát bản đồ sơ tán và sách hướng dẫn để người dân sẵn sàng ứng phó.
Quản lý & quy hoạch	
• Quản lý rủi ro thiên tai	• Lồng ghép giảm thiểu rủi ro và BĐKH vào kế hoạch phát triển thành phố, huy động nguồn lực tư nhân để hỗ trợ quản lý rủi ro.
• Quy hoạch tích hợp	• Tích hợp đánh giá BĐKH, mức độ dễ bị tổn thương, dịch vụ hệ sinh thái vào quy hoạch quản lý bờ biển và các chính sách sử dụng đất.
Công cụ tài chính & kinh tế	
• Ngân sách và hỗ trợ tài chính	• Thành lập các quỹ cứu trợ thiên tai, hỗ trợ vay vốn cho cộng đồng chịu thiên tai, và phân bổ ngân sách cho các dự án ứng phó với BĐKH.
• Công cụ kinh tế	• Định giá nước theo mục đích sử dụng, thu thuế xử lý nước thải và phạt xả rác để khuyến khích bảo vệ môi trường.
Quy định & chính sách	
• Kiểm soát và quy định sử dụng đất	• Điều chỉnh quy định sử dụng đất để ứng phó với BĐKH, ngăn chặn ô nhiễm nguồn nước và triển khai quy trình xả lũ an toàn.
• Khuyến khích bảo vệ môi trường	• Hỗ trợ và khuyến khích các doanh nghiệp có sáng kiến thân thiện với môi trường và chống chịu khí hậu để phát triển bền vững.

5.3. Rút lui có quản lý

Bảng 4. Rút lui có quản lý

Loại hình	Biện pháp thích ứng
Tái định cư/ Di dời	• Di dời các khu dân cư và các cơ sở quan trọng nằm ở khu vực thường xuyên bị ảnh hưởng lũ lụt hoặc xói mòn. • Di chuyển điểm lấy nước xa hơn về thượng nguồn để tránh nhiễm mặn.
Quy định sử dụng đất	• Kiểm soát và quy định sử dụng đất. • Rút lui có quản lý khỏi các khu vực ven biển có nguy cơ cao. • Cấm xây dựng ở khu vực nguy hiểm. • Thực thi Khu vực quản lý ven biển.

Dù có nhiều tài liệu đề xuất các phương án rút lui có quản lý trước tác động của BĐKH và NBD, nghiên cứu này cho thấy các thành phố ít chú trọng biện pháp này. Chỉ 7 thành phố đề xuất quản lý sử dụng đất để phát triển ra khỏi khu vực rủi ro, và 10 thành phố đề xuất di dời cộng đồng và hạ tầng quan trọng. Một số thành phố nhấn mạnh rằng việc rút lui nên là phương án cuối cùng cần cân nhắc khi các biện pháp khác không đủ để bảo vệ cộng đồng (Bảng 4). Nguyên nhân do chi phí di dời số lượng lớn các tòa nhà, cư dân quá cao và sự không chắc chắn của BĐKH nên nhiều thành phố do dự khi thực hiện các biện pháp này.

6. RỦI RO THIÊN TAI VÀ THÍCH ỨNG VỚI BĐKH TẠI CÁC THÀNH PHỐ VEN BIỂN VIỆT NAM

Đối soát với các kết quả của nghiên cứu này, thời gian qua các rủi ro thiên nhiên đã xảy ra tại nhiều khu vực ven biển Việt Nam. Lũ lụt, bão, xói mòn sạt lở đất, hạn hán, BĐKH, NBD, ... đã tác động đáng kể đến nơi ở, sản xuất, sinh hoạt của cộng đồng cư dân ven biển, các công trình hạ tầng của các thành phố. Cơn bão số 3 - Yagi đã gây ra thiệt hại vô cùng lớn cho đồng bào các tỉnh phía Bắc. Mới đây nhất, cơn bão số 6 tấn công vào các tỉnh miền Trung đã gây ra mưa lũ ở nhiều nơi, nhiều khu vực có nguy cơ sạt lở đất. Các khu vực ven biển đã và đang thu hút nhiều nguồn lực đầu tư các công trình cứng, mềm, rút lui để thích ứng, giảm thiểu các mối nguy hiểm của sạt lở đất, xâm nhập mặn, sóng biển, … tác động gây hại đáng kể, nhất là vào mùa mưa bão, gió mạnh, sóng lớn và triều cường dâng cao có thể xảy ra cùng một lúc.

Một số bài học rút ra từ những nghiên cứu này đã và đang áp dụng tại nhiều thành phố ven biển của nước ta như giải pháp xây dựng kè cứng tại các vùng biển và ven biển, giải pháp xây

dựng các công trình mềm như: phát triển và bảo vệ hệ sinh thái rừng phi lao ven biển, trồng tái sinh rừng ngập mặn, …. Giải pháp rút lui có quản lý cũng được thực hiện tại những nơi xói lở, triều cường xâm thực phải di dời và tái định cư. Để thích ứng với BĐKH và NBD hiệu quả, các thành phố ven biển cần thực hiện một số các biện pháp sau:

- Tiếp tục thực hiện các dự án phục hồi rừng, chăm sóc bảo vệ, mở rộng các không gian xanh trong đô thị, lưu vực, thuỷ vực nước và ven bờ biển, bờ sông. Rà soát bổ sung các công trình, dự án chống chịu với thiên tai, đề cao khả năng thích ứng tổng hợp của cơ sở hạ tầng cứng kết hợp với hệ sinh thái.

- Rà soát các khu vực ven biển dễ bị tổn thương đến các khu dân cư, công trình hạ tầng, cảnh quan tự nhiên để nghiên cứu tổng hợp tối đa hóa các lợi ích kinh tế và xã hội bền vững. Từ đó xác định các công trình cứng, mềm, rút lui có quản lý.

- Phát triển, quản lý và bảo tồn các vùng đất ngập nước, hồ, ao, bàu để điều hoà lũ lụt; bảo tồn thảm thực vật ở khu vực sườn đồi, sườn dốc; thiết lập hành lang thoát nước tự nhiên, hành lang thoát lũ các sông, suối.

- Bảo vệ, phục hồi hệ sinh thái biển và trên cạn, đất ngập nước, rừng ngập mặn, rạn san hô, rừng trong đô thị; quy định về mùa, kích thước đánh bắt các loại thuỷ sản; phát triển sinh kế bền vững cho cư dân ven biển.

- Tuyên truyền nâng cao nhận thức cộng đồng về BĐKH, NBD, khuyến khích đồng thuận trong quy hoạch các dự án, công trình ứng phó, thích nghi với BĐKH, NBD, đồng thuận khi bồi thường, giao đất kịp thời để thực hiện công trình.

- Ứng dụng, nhân rộng các mô hình hộ gia đình, cộng đồng đã thành công trong chống chịu lũ lụt như xây dựng nhà ở, chuồng trại chăn nuôi an toàn khi lũ lụt, hạn hán cực đoan. Tổng kết, đánh giá các công trình, dự án đã thực hiện.

- Phát triển hệ thống thông tin số về BĐKH, NBD, các cơ chế chia sẻ thông tin để công chúng tiếp cận. Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian về sử dụng đất, thông tin cơ sở hạ tầng, các địa điểm dễ bị thiên tai, tài sản thiên nhiên và hệ sinh thái bờ biển, nước biển.

- Phát triển đô thị theo hướng thân thiện, thích nghi với BĐKH, NBD với các không gian mở công cộng đàn hồi với khí hậu, các hành lang sinh học, kết nối với các hoạt động cộng đồng, sử dụng vật liệu thấm ở những khu vực dễ bị ngập lụt để lưu trữ nước và làm chậm dòng chảy.

- Thực hiện các chính sách hỗ trợ, khuyến khích các nhà nghiên cứu, doanh nghiệp đầu tư các sáng kiến, công trình, dự án thân thiện với môi trường và có khả năng chống chịu với BĐKH, NBD.

7. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phân tích các rủi ro đối với BĐKH, NBD, các sự kiện thời tiết cực đoan và lập danh mục các biện pháp thích ứng tại các thành phố ven biển vừa và nhỏ ở các nước đang phát triển. Nghiên cứu phát hiện ra rằng lũ lụt, NBD , bão, xói mòn bờ biển và hạn hán nằm trong số các mối nguy hiểm tự nhiên bị ảnh hưởng nhiều nhất. Tại các thành phố ven biển vừa và nhỏ đã thực hiện nhiều biện pháp thích ứng khác nhau để ứng phó với những rủi ro này ở cả ba hạng mục: bảo vệ, thích nghi và rút lui. Trong số các biện pháp thích ứng khác nhau, cơ sở hạ tầng vật chất và thích ứng dựa trên hệ sinh thái là những biện pháp được áp dụng phổ biến nhất. Mỗi hành động đều bao gồm các ưu và nhược điểm, như các giải pháp cấu trúc cứng sẽ tiết kiệm đất nhưng có thể vượt quá khả năng chống chịu trong tương lai và tốn chi phí bảo dưỡng định kỳ, trong khi các biện pháp dựa trên hệ sinh thái bền vững hơn nhưng chiếm dụng đất lớn. Sự kết hợp của các biện pháp cấu trúc cứng và mềm sẽ tận dụng được lợi ích của cả hai hạng mục và giúp cân bằng các bất lợi. Việc thực hiện thích ứng cũng nên tập trung vào nhiều khía cạnh khác nhau như xây dựng năng lực, quản lý, chính sách và quy định, quy hoạch tích hợp, tối ưu hoá đa lợi ích, nâng cao nhận thức của cộng đồng, tăng cường sinh kế của người dân, cộng đồng ven biển, … bảo vệ bền vững đời sống cư dân, cơ sở hạ tầng của các đô thị vừa và nhỏ ven biển trước tác động có hại của BĐKH, NBD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Allan, R.P., et al., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers, in Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 2023, Cambridge University Press. p. 3-32.

[2]. Dasgupta, S., et al., The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. Climatic Change, 2009. **93**(3): p. 379-388.

[3]. CZMS, I., Strategies for adaptation to sea level rise. Report of the Coastal Zone Management Subgroup, Response Strategies Working Group of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Ministry of Transport. Public Works and Water Management, The Hague, 1990.

[4]. Klein, R.J.T., et al., Technological Options for Adaptation to Climate Change in Coastal Zones. Journal of Coastal Research, 2001. **17**(3): p. 531-543.

[5]. Wong, P.P., et al., Coastal systems and low-lying areas, in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, C.B. Field, et al., Editors. 2014, Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA. p. 361-409.

[6]. Building Futures and ICE, Facing up to Rising Sea-Levels: Retreat? Defend? Attack? 2010: London.

[7]. Le, T.D.N. and R. Awal, Chapter 9 - Adaptation to climate extremes and sea level rise in coastal cities of developing countries, in Climate Change and Extreme Events, A. Fares, Editor. 2021, Elsevier. p. 145-170.

[8]. Le, T.D.N., Climate change adaptation in coastal cities of developing countries: characterizing types of vulnerability and adaptation options. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2019.

■Ngày nhận bài: 17/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/5/2025

Tổ chức không gian các xã vùng ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh thích ứng với biến đổi khí hậu

Organizing spatial structure of rural communes along rao cai river, Ha Tinh City in adaptation to climate change

> TS LÊ QUỲNH CHI[1*], THS NGUYỄN QUANG HUY[2], THS TRẦN QUỐC THÁI[1]
[1]Bộ môn Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[2]Viện Quy hoạch và Kiến trúc đô thị (UAI), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Việt Nam có đường bờ biển dài 3.260km, với 350 đô thị ven biển, chiếm 66% tổng số đô thị cả nước. Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Hội nghị Trung ương 8 (khóa XII) về "Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn 2045" xác định mục tiêu đưa Việt Nam trở thành quốc gia biển mạnh. Nghị quyết tạo hành lang pháp lý thúc đẩy phát triển đô thị ven biển, trong đó dải Bắc Trung Bộ đã có chuyển biến mạnh về kinh tế - xã hội và không gian. Tuy nhiên, các đô thị ven biển, đặc biệt dải ven biển miền Trung, đang chịu tác động nặng nề từ biến đổi khí hậu, nổi bật là vấn đề lũ sông. Do đó, bài báo nghiên cứu mô hình và giải pháp tổ chức không gian cho các xã ven đô nằm cạnh rìa sông, nhằm tăng cường khả năng chống chịu biến đổi khí hậu và giảm nhẹ rủi ro thiên tai, lấy các xã ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh làm khu vực nghiên cứu cụ thể. Phương pháp nghiên cứu chính là chồng lớp bản đồ. Các kết quả đề xuất sẽ hỗ trợ tư vấn quy hoạch chung xã và làm cơ sở khoa học xây dựng tiêu chuẩn, quy chuẩn phục vụ quản lý quy hoạch.

Từ khóa: Thành phố có khả năng chống chịu; biến đổi khí hậu; Bắc Trung Bộ; ven đô; lũ sông.

ABSTRACT

Vietnam has a 3,260km coastline with 350 coastal cities, accounting for 66% of the country's total. At the 8th Conference of the 12th Party Central Committee, Resolution No. 36-NQ/TW (October 22, 2018) on the "Strategy for sustainable development of Vietnam's marine economy to 2030, vision to 2045" aims to turn Vietnam into a strong maritime nation. This resolution created a legal framework for breakthrough coastal urban development, notably transforming the North Central Coast socio-economically and spatially. However, coastal cities, especially in the Central strip, face severe impacts from climate change, notably river flooding. Therefore, this article studies spatial development models and solutions for peri-urban communes along riverbanks to enhance climate resilience and disaster risk reduction, focusing on riparian communes along the Rao Cai River (Ha Tinh City). The research primarily uses the mapping overlay method. The findings will support commune master planning and provide a scientific basis for establishing planning standards and regulations.

Keywords: Resilient city; climate change; North Central region; city fringe; river flood.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) hiện là một trong những thách thức nghiêm trọng nhất đối với sự phát triển bền vững toàn cầu, với những tác động sâu rộng đến môi trường, kinh tế - xã hội và đời sống con người. Tại Việt Nam, đặc biệt ở khu vực miền Trung, BĐKH không chỉ làm gia tăng tần suất và cường độ các hiện tượng thời tiết cực đoan mà còn đặt ra những yêu cầu cấp thiết trong việc xây dựng các giải pháp thích ứng hiệu quả, đặc biệt ở các khu vực nông thôn ven sông.

a. BĐKH: Diễn biến phức tạp trên phạm vi toàn cầu

BĐKH, chủ yếu do gia tăng khí nhà kính (CO_2, CH_4, N_2O) từ hoạt động công nghiệp, giao thông và thay đổi sử dụng đất, đang thúc đẩy nóng lên toàn cầu. Theo Báo cáo Tổng hợp lần thứ 6 của IPCC (2023), nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng 1,1°C so với giai đoạn tiền công nghiệp (1850-1900), với nguy cơ vượt ngưỡng 1,5°C trong hai thập kỷ tới nếu không giảm phát thải mạnh mẽ. Báo cáo của Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO, 2025) ghi nhận năm 2024 là năm nóng nhất, với nhiệt độ vượt 1,55°C so với mức tiền công nghiệp. Các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt, bão, sóng nhiệt và hạn hán ngày càng gia tăng, ảnh hưởng đến an ninh lương thực, sức khỏe cộng đồng và chuỗi cung ứng toàn cầu. Nghiên cứu của Ripple et al. (2024) nhấn mạnh "tình trạng khẩn cấp khí hậu" với hơn 20 chỉ số khí hậu (nhiệt độ, mực nước biển, độ axit hóa đại dương) thay đổi bất lợi, kêu gọi hành động toàn cầu cấp bách để giảm thiểu rủi ro.

b. Tác động của BĐKH tại Việt Nam và khu vực miền Trung

Với đường bờ biển dài 3.260km và hệ thống sông ngòi dày đặc, Việt Nam được xếp vào nhóm quốc gia dễ bị tổn thương nhất trước tác động của BĐKH. Báo cáo Quốc gia về khí hậu của Ngân hàng Thế giới (World Bank, 2022) dự báo rằng, trong kịch bản không có hành động giảm nhẹ, BĐKH có thể gây thiệt hại tương đương 12-14,5%

GDP mỗi năm vào năm 2050 và đẩy hơn một triệu người vào tình trạng nghèo đói cùng cực.

Khu vực miền Trung, với đặc trưng địa hình hẹp ngang, núi cao phía Tây và đồng bằng thấp trũng ven biển phía Đông, cho thấy mức độ nhạy cảm cao đối với các hiện tượng thời tiết cực đoan. Báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE, 2020) ghi nhận sự gia tăng 11-20% lượng mưa cực đoan tại Bắc và Trung Trung Bộ trong những mùa mưa gần đây, với các đợt lũ lịch sử xảy ra tại Hà Tĩnh, Quảng Bình và Thừa Thiên Huế trong các năm 2010, 2016 và 2020. Theo nghiên cứu của Nguyen et al. (2023) các khu vực đô thị hóa mới ven sông, điển hình như tại TP Hà Tĩnh, thường ghi nhận mức độ ngập sâu lớn hơn do thiếu hụt các cấu trúc điều tiết nước tự nhiên như vùng trũng hoặc hành lang thoát lũ. Bên cạnh đó, hiện tượng xói lở bờ biển, xâm nhập mặn và sự gia tăng bề mặt bê tông do quá trình đô thị hóa thiếu kiểm soát đang làm suy giảm năng lực trữ nước và tiêu thoát lũ tự nhiên, từ đó làm trầm trọng thêm rủi ro thiên tai trong khu vực này.

c. Thiếu hụt nghiên cứu và giải pháp tổ chức không gian nông thôn thích ứng BĐKH

Mặc dù đã có nhiều nỗ lực trong thích ứng với BĐKH, các nghiên cứu và giải pháp tổ chức không gian tại khu vực nông thôn, đặc biệt ven sông, vẫn còn hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu là sự tập trung quá mức vào khu vực đô thị trong nghiên cứu và chính sách, trong khi nông thôn - nơi chiếm phần lớn dân số và chịu ảnh hưởng nặng nề từ lũ lụt, xói lở, xâm nhập mặn - chưa được chú trọng đúng mức.

Các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào các đô thị lớn và khu vực ven biển như Hà Nội, TP.HCM... Ví dụ, nghiên cứu của Nguyen et al. (2023 phân tích ngập lụt ở đô thị miền Trung, nhưng chủ yếu đề cập các khu vực nội đô hoặc vùng đô thị hóa mới với hạ tầng kỹ thuật và dữ liệu khí hậu tương đối đầy đủ. Các giải pháp như hệ thống thoát nước, hồ điều hòa, kè bê tông thường khó áp dụng tại nông thôn do điều kiện kinh tế, xã hội và địa hình khác biệt. Báo cáo của Ngân hàng Phát triển châu Á (ADB, 2022) cũng chỉ ra rằng các chiến lược thích ứng BĐKH mới chỉ được thí điểm ở đô thị miền Trung, còn nông thôn hầu như chưa được quan tâm đầy đủ.

Tại nông thôn, các nghiên cứu tổ chức không gian thích ứng BĐKH còn rời rạc, thiếu mô hình tích hợp đa chức năng phù hợp với các kịch bản khí hậu cực đoan. Theo Phạm Hồng Giang và cộng sự (2024), đa số các địa phương nông thôn chưa có cơ sở dữ liệu khí hậu đầy đủ, khiến việc tích hợp yếu tố BĐKH vào quy hoạch gặp nhiều khó khăn. Các phương pháp quy hoạch truyền thống thường ưu tiên phát triển kinh tế hoặc bảo tồn văn hóa, trong khi yếu tố thích ứng với rủi ro khí hậu như lũ lụt, xâm nhập mặn chưa được lồng ghép hiệu quả.

Bên cạnh đó, sự thiếu phối hợp liên ngành và hạn chế tham gia của cộng đồng địa phương cũng là một thách thức lớn. Các cơ quan quản lý, nhà nghiên cứu và cộng đồng thường hoạt động rời rạc, thiếu sự phối hợp để xây dựng các mô hình quy hoạch tích hợp, sát với thực tiễn và nhu cầu của địa phương. Điều này làm giảm hiệu quả và tính bền vững của các giải pháp thích ứng BĐKH ở khu vực nông thôn.

Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này hướng tới đề xuất các mô hình tổ chức không gian phù hợp cho các xã ven sông Rào Cái nhằm tăng cường khả năng chống chịu BĐKH, giảm thiểu rủi ro thiên tai, đồng thời đóng góp cho công tác quy hoạch nông thôn bền vững. Các giải pháp sẽ kết hợp yếu tố kỹ thuật và sinh thái, đồng thời thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng và các ngành liên quan nhằm đảm bảo hiệu quả và bền vững trong dài hạn.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC

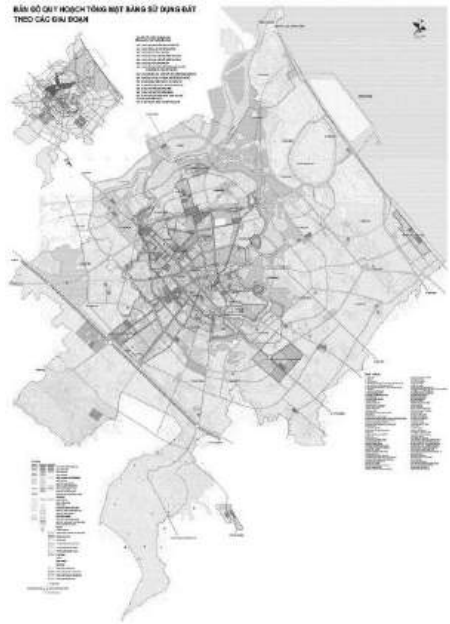
a. Cơ sở lý luận về tiếp cận thích ứng

Trước diễn biến phức tạp của BĐKH, tổ chức không gian tại các khu vực dễ tổn thương như các xã ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh đòi hỏi cơ sở khoa học vững chắc, với trọng tâm là cách tiếp cận thích ứng. Theo IPCC (2023), thích ứng BĐKH là quá trình điều chỉnh hệ thống tự nhiên hoặc nhân tạo để giảm tác động tiêu cực và tận dụng cơ hội từ BĐKH. Khác với giảm nhẹ (mitigation) tập trung vào giảm phát thải khí nhà kính, thích ứng nhằm tăng khả năng chống chịu và linh hoạt trước các tác động không thể tránh khỏi. Smit và Wandel (2006) cũng nhấn mạnh rằng thích ứng bao gồm cả giải pháp kỹ thuật (xây dựng hạ tầng chống lũ) và phi kỹ thuật (quy hoạch không gian, nâng cao nhận thức cộng đồng).

Tại Việt Nam, đặc biệt khu vực miền Trung, thích ứng được coi là chiến lược ưu tiên. Theo MONRE (2020), các hiện tượng cực đoan như lũ lụt và mưa lớn đang gia tăng, đòi hỏi tổ chức không gian phải linh hoạt, đa chức năng và phù hợp với điều kiện địa phương. Thích ứng không chỉ giảm thiểu rủi ro mà còn mở ra cơ hội phát triển bền vững, như du lịch sinh thái hoặc nông nghiệp thích ứng khí hậu.

Cách tiếp cận thích ứng trong tổ chức không gian dựa trên các nguyên tắc khoa học quốc tế như Khung hành động Sendai (UNISDR, 2015) và Mục tiêu Phát triển Bền vững (SDGs, 2015), bao gồm:

- **Tính linh hoạt (Flexibility):** Mô hình không gian cần thích ứng với nhiều kịch bản khí hậu khác nhau và có khả năng điều chỉnh khi điều kiện thay đổi. Folke et al. (2010) nhấn mạnh vai trò của vùng đệm sinh thái và hạ tầng đa chức năng trong tăng cường linh hoạt.
- **Tính đa dạng (Diversity):** Kết hợp đa dạng chức năng và hình thái không gian (nông nghiệp, dân cư, vùng ngập, vùng cao) giúp phân tán rủi ro, tăng khả năng chống chịu (Adger et al., 2011).
- **Tính dự phòng (Redundancy):** Thiết lập các hành lang thoát lũ bổ sung và công trình công cộng đa năng để duy trì hoạt động hệ thống khi gặp sự cố (Walker và Salt, 2006).
- **An toàn sự cố (Fail-safe):** Phân vùng chức năng và thiết kế hạ tầng nhằm hạn chế tác động dây chuyền khi xảy ra sự cố cục bộ, như đề xuất trong báo cáo của ADB (2022).



Hình 1. Bản đồ Điều chỉnh Quy hoạch chung TP Hà Tĩnh và vùng phụ cận giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050

b. Cơ sở thực tiễn

TP Hà Tĩnh được xác định là đô thị cấp vùng, đóng vai trò trung tâm chính trị, kinh tế, văn hóa, giáo dục, khoa học - kỹ thuật và du lịch của tỉnh Hà Tĩnh, đồng thời là động lực thúc đẩy quan hệ quốc tế với các nước láng giềng như Lào, Đông Bắc Thái Lan và khu vực ASEAN. Theo Bản đồ Điều chỉnh Quy hoạch chung TP Hà Tĩnh và vùng phụ cận giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, thành phố được tổ chức

theo mô hình "đô thị dạng tập trung hướng tâm", với trung tâm thành phố là hạt nhân và các khu vực ngoại thành, vùng phụ cận được kết nối qua mạng lưới giao thông hướng tâm và vành đai.

Các xã ven sông Rào Cái thuộc khu vực ven đô mở rộng, được định hướng phát triển nông nghiệp bền vững, du lịch sinh thái, công trình công cộng đa năng, đồng thời bảo vệ giá trị văn hóa và cảnh quan tự nhiên.

c. Cơ sở pháp lý

Trước bối cảnh các quốc gia trên thế giới ngày càng phải chịu tác động lớn của thiên tai gây ra những hậu quả thiệt hại nặng nề về người và tài sản, Liên Hợp Quốc và các tổ chức quốc tế đã đưa ra nhiều công ước cũng như có hiệp định, khung hành động quốc tế về việc giảm nhẹ các tác hại của môi trường. Có thể chia các công ước quốc tế thành 3 nhóm: nhóm công ước về BĐKH, nhóm công ước về phát triển bền vững và nhóm công ước về GNRRTT. Các công ước, khung hành động này là khung pháp lý quốc tế, hướng dẫn chung cho các quốc gia.

Tại Việt Nam, BĐKH đã được xác định là vấn đề chiến lược quan trọng. Chính phủ Việt Nam cam kết tham gia các khung hành động quốc tế và đã ban hành nhiều văn bản chỉ đạo để triển khai thích ứng BĐKH. Ngày 05/12/2011, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 2139/QĐ-TTg về Chiến lược quốc gia về BĐKH, định hướng dài hạn và toàn diện cho mọi ngành nhằm xây dựng chính sách thích ứng hiệu quả. Nghị quyết số 24-NQ/TW của Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XI (03/06/2013) cũng khẳng định việc thích ứng BĐKH là một trong những nhiệm vụ trọng tâm của hệ thống chính trị.

Năm 2013, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Đề án "Phát triển các đô thị Việt Nam thích ứng với BĐKH giai đoạn 2013-2020" với mục tiêu chủ động thích ứng, cải tạo và phát triển đô thị bền vững. Đề án đặc biệt chú trọng các khu vực ven biển và ven sông có nguy cơ ngập lụt, xâm nhập mặn, như TP Hà Tĩnh, nơi chịu ảnh hưởng nặng nề của BĐKH.

3. PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

a. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp chồng lớp bản đồ (overlay mapping) kết hợp với phân tích định tính và tham vấn cộng đồng để đề xuất các giải pháp tổ chức không gian. Phương pháp chồng lớp bản đồ được áp dụng để xác định các vùng nguy cơ lũ lụt, phân vùng chức năng và đánh giá khả năng thích ứng của các xã ven sông Rào Cái. Dữ liệu đầu vào bao gồm bản đồ địa hình, bản đồ thủy văn, bản đồ sử dụng đất hiện trạng và dữ liệu khí hậu từ các báo cáo của Bộ TN&MT (MONRE, 2020) và các trạm quan trắc địa phương. Phân tích định tính dựa trên các tài liệu khoa học và chính sách, kết hợp với tham vấn cộng đồng thông qua các cuộc phỏng vấn và hội thảo với người dân tại các xã nghiên cứu nhằm đảm bảo tính thực tiễn của các giải pháp.

b. Ranh giới nghiên cứu

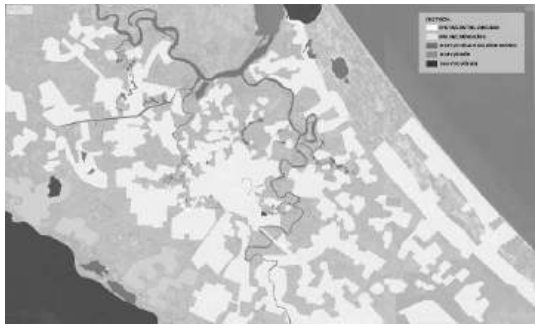
Khu vực nghiên cứu bao gồm các xã ven sông Rào Cái thuộc TP Hà Tĩnh, cụ thể là các xã nằm dọc theo hai bờ sông Rào Cái, từ cửa sông giáp biển đến khu vực thượng lưu gần cầu Đồng Môn.

**** Điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu***

Khu vực các xã ven sông Rào Cái chịu ảnh hưởng trực tiếp từ các đặc điểm tự nhiên đặc thù của vùng Bắc Trung Bộ, bao gồm địa hình, thủy văn và khí hậu, tạo ra cả cơ hội và thách thức trong việc thích ứng với BĐKH.

• Địa hình: Địa hình khu vực nghiên cứu có đặc trưng chung của địa hình các xã ven sông Rào Cái là nằm trên vùng đồng bằng ven biển miền Trung, có địa hình thấp, bằng phẳng, đất đai được tạo thành do bồi tích sông, biển, độ cao từ -0,3m đến +3,2m.

• Thủy văn: Sông Rào Cái là một trong những con sông chính của Hà Tĩnh, có chế độ thủy văn phức tạp với lưu lượng nước dao động mạnh theo mùa. Mùa lũ (tháng 9-11) thường ghi nhận mực nước dâng cao, gây ngập lụt nghiêm trọng tại các xã ven sông.

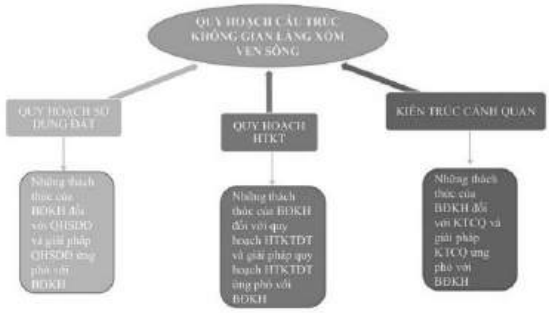


Hình 2. Bản đồ địa hình vùng sông Rào Cái

• Khí hậu: Khu vực chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa, với mùa mưa tập trung vào cuối năm và các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng do BĐKH. Theo MONRE (2020), lượng mưa cực đoan tại Hà Tĩnh đã tăng 11-20% trong các mùa mưa gần đây. Ngoài ra, xâm nhập mặn từ cửa sông Rào Cái cũng gây ảnh hưởng đến nguồn nước sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp.

4. ĐỀ XUẤT NGUYÊN TẮC TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CHO CÁC XÃ VÙNG VEN SÔNG RÀO CÁI THÍCH ỨNG BĐKH

Việc tổ chức không gian tại các xã ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh nhằm thích ứng với BĐKH cần tuân thủ các nguyên tắc mang tính khoa học, bền vững và phù hợp với đặc thù địa phương. Dựa trên các quan điểm về mô hình quy hoạch và phát triển không gian được trình bày trong tài liệu, các nguyên tắc tổ chức không gian được diễn giải dưới đây, nhấn mạnh sự kết hợp giữa quy hoạch nông thôn truyền thống, yêu cầu thích ứng BĐKH, bảo vệ môi trường và tôn trọng giá trị văn hóa. Những nguyên tắc này là nền tảng để xây dựng các giải pháp không gian linh hoạt, đa chức năng và bền vững, đáp ứng các thách thức từ lũ lụt, xói lở và xâm nhập mặn.



Hình 3. Mô hình cấu trúc quy hoạch cho các xã

• ***Phát triển bền vững dựa trên nguyên tắc quy hoạch nông thôn và thích ứng BĐKH:*** Tổ chức không gian tại các xã ven sông Rào Cái cần kết hợp hài hòa giữa các nguyên tắc quy hoạch điểm dân cư nông thôn truyền thống và các yêu cầu đặc thù để thích ứng với BĐKH. Theo nghiên cứu của Phạm Hồng Giang và cộng sự (2024), quy hoạch nông thôn tại miền Trung Việt Nam cần duy trì cấu trúc làng xóm gắn với cảnh quan tự nhiên, đồng thời tích hợp các giải pháp thích ứng để giảm thiểu rủi ro thiên tai.

• ***Bảo vệ môi trường và nâng cao đời sống kinh tế - xã hội.*** Các giải pháp tổ chức không gian phải hướng đến sự ổn định môi trường, phát triển kinh tế và cải thiện chất lượng cuộc sống cho cộng đồng tại khu vực nghiên cứu, đồng thời tránh tác động tiêu cực đến hệ sinh thái tự nhiên.

• ***Tôn trọng giá trị văn hóa và không gian bảo tồn.*** Các không gian và công trình có giá trị văn hóa, lịch sử tại các xã ven sông Rào Cái cần được bảo tồn và ứng xử phù hợp trong quá trình quy hoạch. Việc bảo tồn các giá trị văn hóa bản địa trong quy hoạch không chỉ duy trì bản sắc cộng đồng mà còn tăng cường sức hút cho các hoạt động du lịch.

• ***Lựa chọn cấu trúc không gian linh hoạt và đa chức năng.*** Tổ chức không gian cần tuân thủ các nguyên tắc linh hoạt, đa chức năng và hỗn hợp sử dụng đất để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm thiểu rủi ro thiên tai và tăng cường khả năng thích ứng với BĐKH.

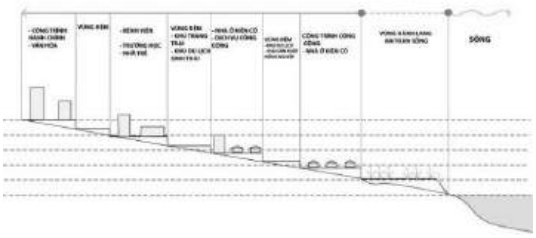


Hình 4. Mô hình và giải pháp áp dụng cho các xã vùng ven sông Rào Cái, TP Hà Tĩnh

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CHO CÁC XÃ VÙNG VEN SÔNG RÀO CÁI THÍCH ỨNG BĐKH

5.1. Giải pháp tổ chức không gian tổng thể

Các giải pháp tổ chức không gian được xây dựng theo hướng phát triển bền vững, tăng cường kết nối giữa các chức năng sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, du lịch và dịch vụ, đồng thời thích ứng với BĐKH. Khu vực nghiên cứu được chia thành các vành đai không gian (vùng an toàn, vùng đệm, vùng sinh thái) để thích ứng hiệu quả với các tác động của lũ lụt và xâm nhập mặn.



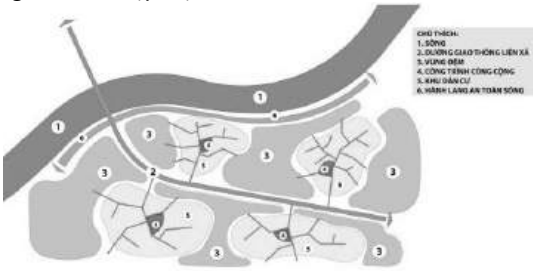
Hình 5. Minh họa phân vùng chức năng linh hoạt theo cao độ

Các giải pháp tổng thể bao gồm:

• **Phân vùng chức năng linh hoạt:** Dựa trên phương pháp chồng lớp bản đồ (overlay mapping), các khu vực dễ bị ngập lụt được xác định và hạn chế phát triển dân cư, ưu tiên các chức năng như nông nghiệp thích ứng khí hậu, du lịch sinh thái …. Các khu vực có cao độ cao hơn được bố trí các công trình công cộng đa năng, đảm bảo an toàn trước lũ lụt.

• **Tăng cường kết nối liên vùng:** Nâng cấp các tuyến giao thông liên xã, liên huyện, kết nối trực tiếp tới các cụm dân cư làng xóm, đảm bảo khả năng tiếp cận và sơ tán an toàn trong trường hợp thiên tai. Các tuyến giao thông được thiết kế theo cấu trúc mạng nhánh cây truyền thống, phù hợp với địa hình và tối ưu hóa thoát nước bề mặt.

• **Phát triển bền vững và đa dạng chức năng:** Tận dụng cảnh quan sông Rào Cái để phát triển các sản phẩm du lịch trải nghiệm và nông nghiệp đặc thù, như trồng cây bán ngập hoặc nuôi trồng thủy sản thích ứng với xâm nhập mặn.



Hình 6. Minh họa giải pháp tăng cường kết nối vùng

5.2. Giải pháp thiết kế không gian và cảnh quan

Thiết kế không gian và cảnh quan được định hướng theo nguyên tắc mềm dẻo, hài hòa với thiên nhiên và tôn trọng đặc điểm địa hình, thủy văn của khu vực. Các giải pháp cụ thể bao gồm:

• **Phát triển vùng đệm và vành đai xanh:** Thiết lập các vùng đệm sinh thái dọc sông Rào Cái với các loài cây bán ngập (tre, liễu) có rễ sâu, bám chắc, đóng vai trò chốt chặn dòng chảy lũ và chống xói lở.

• **Bảo tồn vùng ngập nước:** Các khu vực ngập nước tự nhiên được bảo tồn và mở rộng để giảm độ sâu ngập lụt và tăng khả năng thấm hút. Những khu vực này được khai thác cho du lịch sinh thái hoặc nông nghiệp thích ứng, như mô hình trồng lúa nước mặn, phù hợp với điều kiện xâm nhập mặn ngày càng gia tăng.

• **Tự nhiên hóa kè sông:** Thay vì kè bê tông kín, sử dụng vật liệu thân thiện như rọ đá trồng cây hoặc bê tông có lỗ để tăng thẩm thấu nước lũ, giảm xói lở và hỗ trợ sự phát triển của thực vật ven sông.

• **Thiết kế mặt cắt cảnh quan:** Các mặt cắt cảnh quan được điều chỉnh theo độ cao địa hình, đảm bảo không cản trở dòng chảy nước mặt. Các công trình xây dựng được bố trí trên nền đất cao, với thiết kế kiến trúc xanh, sử dụng vật liệu bền vững và tiết kiệm năng lượng, như mái nhà xanh hoặc tường xanh, để giảm tiêu thụ năng lượng và hỗ trợ thoát nước.

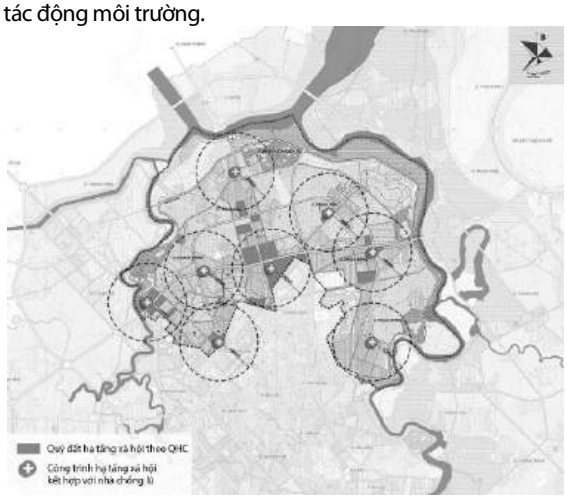
5.3. Giải pháp phát triển phân khu chức năng

Các phân khu chức năng được thiết kế để thích ứng với đặc điểm tự nhiên và nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội của khu vực, bao gồm:

• **Khu vực đồng bằng ven sông:** Khu vực đồng bằng sông Rào Cái, với đất phù sa màu mỡ, được ưu tiên bảo tồn để duy trì sản xuất nông nghiệp truyền thống và giữ gìn giá trị văn hóa bản địa. Các giải pháp như phát triển nông nghiệp thích ứng (trồng cây chịu mặn, lúa nước mặn) và xây dựng các vùng ngập nước có kiểm soát giúp giảm thiểu tác động của lũ lụt và xâm nhập mặn, đồng thời đảm bảo sinh kế bền vững cho người dân.

• **Khu công trình công cộng - dịch vụ:** Các công trình công cộng, như nhà văn hóa hoặc trường học, được xây dựng trên nền đất cao, với kết cấu chắc chắn và thiết kế đa chức năng, có thể chuyển đổi thành điểm sơ tán an toàn trong trường hợp lũ lụt.

• **Khu nhóm nhà ở:** Nhà ở được phân chia theo các vành đai nguy cơ lũ lụt, với các giải pháp kiến trúc thích ứng như nhà nổi, nhà sàn hoặc nhà xây trên cột cao tại các khu vực dễ ngập. Sử dụng vật liệu bền vững (gỗ tái chế, bê tông nhẹ) và thiết kế tiết kiệm năng lượng (hệ thống thông gió tự nhiên, năng lượng mặt trời) đảm bảo tính bền vững và giảm tác động môi trường.



Hình 7. Bản đồ mô hình mạng lưới công trình công cộng - dịch vụ làm nơi tránh lũ cho người dân

5.4. Giải pháp kỹ thuật tăng cường thoát nước

Để thích ứng với tình trạng ngập lụt do địa hình thấp và mưa cực đoan, các giải pháp kỹ thuật tập trung vào tăng cường thoát nước bề mặt và giảm thiểu tác động của lũ lụt, kết hợp các biện pháp "cứng" và "mềm":

• **Mở rộng không gian cho nước:** Thiết lập các hành lang thoát lũ tự nhiên và khơi thông các kênh rạch hiện có để tăng khả năng thoát nước. Loại bỏ các vật cản như chất thải rắn, cây đổ hoặc công trình không cần thiết để duy trì vận tốc dòng chảy, phù hợp với khuyến nghị của Nguyen et al. (2023) về giảm độ sâu ngập lụt.

• **Tự nhiên hóa kè sông và đê:** Chỉ kè hóa các bờ sông dễ bị xói lở, sử dụng vật liệu như rọ đá trồng cây để tăng thẩm thấu và giảm tốc độ dòng chảy. Các đê hiện có được cải tạo để duy trì chức năng bảo vệ nhưng không gây cản trở dòng chảy tự nhiên, đảm bảo cân bằng sinh thái.

• **Xây dựng mạng lưới công trình thích ứng lũ:** Phát triển các công trình như hồ điều hòa, vườn mưa hoặc bể chứa nước tạm thời, có thể hoạt động như không gian công cộng trong điều kiện bình thường và hỗ trợ giảm tải hệ thống thoát nước khi lũ xảy ra. Các công trình này, theo ADB (2022), giúp tăng cường khả năng chống chịu trước các kịch bản lũ lụt cực đoan.

• **Biện pháp hỗ trợ:** Triển khai các giải pháp như mái nhà xanh, tường xanh và hệ thống lọc rác trong khu dân cư để giảm nước chảy tràn. Hệ thống cảnh báo lũ và đánh dấu mực nước được cài đặt để hỗ trợ cộng đồng thích ứng kịp thời khi mực nước dâng cao.

5.5. Giải pháp tích hợp công nghệ thông tin và quy hoạch

Ứng dụng công nghệ thông tin và quy trình quy hoạch hiện đại là yếu tố then chốt để nâng cao hiệu quả các giải pháp tổ chức không gian, bao gồm:

• **Lập bản đồ nguy cơ lũ lụt:** Sử dụng công nghệ GIS để lập bản đồ nguy cơ lũ lụt với các tần suất khác nhau (1%, 5%, 10%), cung cấp thông tin về chiều sâu, vận tốc và hướng dòng chảy. Bản đồ này là cơ sở cho quy hoạch sử dụng đất, lập kế hoạch cứu hộ và nâng cao nhận thức cộng đồng.

• **Quy hoạch liên ngành:** Thành lập hội đồng tư vấn về BĐKH tại cấp địa phương, với sự tham gia của các cơ quan như Cục Phòng chống Thiên tai (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn) và Cục BĐKH (Bộ TN&MT). Quy trình lấy ý kiến cộng đồng, theo Luật Quy hoạch (2017), đảm bảo các giải pháp phản ánh nhu cầu thực tế và đặc thù địa phương.

• **Hệ thống giám sát và cảnh báo:** Triển khai các hệ thống cảm biến mực nước và ứng dụng công nghệ IoT để giám sát thời gian thực, cung cấp cảnh báo sớm về nguy cơ lũ lụt. Giải pháp này tăng cường khả năng thích ứng chủ động của cộng đồng, đặc biệt trong các kịch bản thời tiết cực đoan.

Các giải pháp tổ chức không gian tại các xã ven sông Rào Cái được thiết kế dựa trên sự tích hợp giữa các biện pháp kỹ thuật, sinh thái và công nghệ, với sự tham gia của cộng đồng và các ngành liên quan. Những giải pháp này không chỉ tăng cường khả năng chống chịu trước BĐKH mà còn góp phần phát triển bền vững, bảo vệ hệ sinh thái và nâng cao sinh kế cho người dân.

6. KẾT LUẬN

BĐKH đang đặt ra thách thức lớn cho các vùng nông thôn ven sông tại Việt Nam, đặc biệt là các xã ven sông Rào Cái TP Hà Tĩnh, nơi thường xuyên chịu ảnh hưởng bởi lũ lụt, xói lở và xâm nhập mặn. Nghiên cứu này đề xuất hệ thống giải pháp tổ chức không gian dựa trên cơ sở khoa học, pháp lý và thực tiễn nhằm tăng khả năng chống chịu, bảo vệ môi trường và thúc đẩy phát triển bền vững. Các giải pháp mang tính tích hợp, kết hợp kỹ thuật, sinh thái và cộng đồng, đồng thời tôn trọng giá trị văn hóa bản địa và định hướng quy hoạch của thành phố.

Nguyên tắc tổ chức không gian như phát triển bền vững, bảo vệ môi trường, linh hoạt và đa chức năng đã định hướng các giải pháp cụ thể: phân vùng chức năng theo nguy cơ lũ, bảo tồn vùng ngập nước, tự nhiên hóa kè sông, phát triển hạ tầng đa năng và ứng dụng công nghệ thông tin. Những giải pháp này không chỉ giảm thiểu rủi ro khí hậu mà còn mở ra cơ hội phát triển du lịch sinh thái, nông nghiệp thích ứng và nâng cao sinh kế cộng đồng.

Tuy nhiên, để triển khai hiệu quả cần sự phối hợp liên ngành, sự tham gia của cộng đồng và đầu tư vào dữ liệu khí hậu và công nghệ giám sát. Các nghiên cứu tiếp theo nên tập trung đánh giá tác động dài hạn và nhân rộng mô hình cho các vùng ven sông khác. Với cách tiếp cận tích hợp, các xã ven sông Rào Cái có thể trở thành mô hình quy hoạch thích ứng BĐKH tiêu biểu cho miền Trung Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Adger, W. N., Brown, K., Nelson, D. R., Berkes, F., Eakin, H., Folke, C., ... Tompkins, E. L. (2011). Resilience implications of policy responses to climate change. *Global Environmental Change, 21*(3), 757-766. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.004

[2]. Asian Development Bank (ADB). (2022). *Climate change adaptation in urban development: Lessons from Asia*. Manila: ADB.

[3]. Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society, 15*(4), 20. https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420

[4]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Sixth Assessment Report (AR6): Synthesis Report*. Geneva: IPCC. https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

[5]. Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE). (2020). *Vietnam National Climate Assessment Report*. Hanoi: MONRE.

[6]. Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., & Wang, J. (2023). Urban flooding in Central Vietnam: Current status and future challenges. *Natural Hazards, 116*(2), 1453-1472. https://doi.org/10.1007/s11069-022-05789-3

[7]. Phạm, H. G., Nguyễn, V. T., & Trần, T. T. (2024). Challenges in integrating climate change adaptation into rural planning in Vietnam. *Journal of Vietnamese Environment, 15*(1), 23-34.

[8]. Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Gregg, J. W., Lenton, T. M., ... Rockström, J. (2024). World scientists' warning of a climate emergency 2024. *BioScience, 74*(1), 12-19. https://doi.org/10.1093/biosci/biad100

[9]. Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change, 16*(3), 282-292. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008

[10]. United Nations Development Programme (UNDP). (2021). *Climate change adaptation in Vietnam: Opportunities and challenges*. Hanoi: UNDP.

[11]. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Geneva: UNISDR.

[12]. Van Nguyen, H., Pham, T. T., & Nguyen, Q. H. (2021). Coastal erosion and saltwater intrusion in Central Vietnam: Current trends and future projections. *Science of the Total Environment, 785*, 147321. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147321

[13]. Walker, B., & Salt, D. (2006). *Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Washington, DC: Island Press.

[14]. World Bank. (2022). *Vietnam Country Climate and Development Report*. Washington, DC: World Bank.

Văn bản pháp lý và chính sách

[15]. Chỉ thị số 35/2005/CT-TTg về tổ chức thực hiện Nghị định thư Kyoto thuộc UNFCCC.

[16]. Quyết định số 47/2007/QĐ-TTg phê duyệt Kế hoạch tổ chức thực hiện Nghị định thư Kyoto giai đoạn 2007-2010.

[17]. Quyết định số 2139/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược Quốc gia về Biến đổi khí hậu.

[18]. Nghị quyết số 24-NQ/TW về chủ động thích ứng với biến đổi khí hậu, tăng cường quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường.

[19]. Đề án Phát triển các đô thị Việt Nam thích ứng với biến đổi khí hậu giai đoạn 2013-2020.

[20]. Luật Quy hoạch (2017)

[21]. Nghị quyết số 36-NQ/TW về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

[22]. Quyết định 1422/QĐ-TTg về Kế hoạch Thích ứng Quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến

[23]. Luật Phòng chống Thiên tai. (2013)

[24]. Luật Xây dựng (2014)

■Ngày nhận bài: 14/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Tái sử dụng thích ứng cho các công trình kiến trúc hiện đại tại TP.HCM: Cơ hội bảo tồn trong phát triển đô thị

Adaptive reuse for modernism buildings in Ho Chi Minh City: Conservation opportunities in urban development

> TRƯƠNG THANH HẢI
Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: hai.truongthanh@uah.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu áp dụng mô hình tái sử dụng thích ứng cho các công trình kiến trúc hiện đại tại TP.HCM, được xây dựng chủ yếu trong giai đoạn 1950 - 1975, trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và áp lực phát triển. Các công trình này chứa đựng các giá trị lịch sử, kiến trúc và đô thị nhưng đang xuống cấp, thiếu bảo vệ, pháp lý và dần bị thay thế, làm mất đi bản sắc đô thị. Qua phân tích thực trạng, bài viết chỉ ra tiềm năng và thách thức của tái sử dụng thích ứng, như chuyển đổi biệt thự thành không gian thương mại dịch vụ, hay cải tạo công trình hành chính thành trung tâm hoạt động công cộng. Từ đó, bài báo đề xuất các giải pháp như hoàn thiện khung pháp lý, khuyến khích thiết kế sáng tạo và nâng cao nhận thức cộng đồng, nhằm thúc đẩy phát triển bền vững và bảo tồn di sản kiến trúc đô thị.

Từ khóa: Tái sử dụng thích ứng; kiến trúc hiện đại; bảo tồn; phát triển đô thị.

ABSTRACT

This paper explores the application of Adaptive Reuse for modernist buildings in Ho Chi Minh City, mostly constructed between 1950 and 1975, amid rapid urbanization and development pressures. Despite their historical and architectural value, many of these buildings are deteriorating, legally unprotected, and being replaced, leading to a loss of urban identity. Through analysis of current conditions, the study propose adaptive solutions such as converting modernist villas into creative commercial spaces or repurposing public buildings into educational public centers. Consequently, the paper highlights both the potential and challenges of adaptive reuse. It proposes legal frameworks, design innovation, and public awareness as key strategies for promoting sustainable urban development and preserving architectural heritage.

Keywords: Adaptive reuse; Modernism; conservation; Urban development.

1. BỐI CẢNH

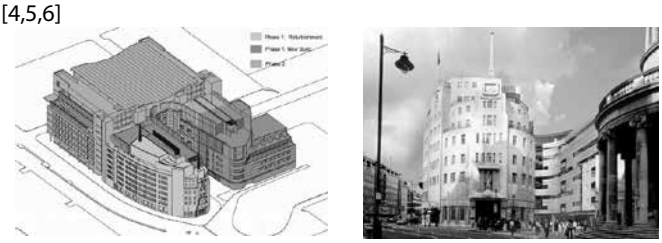
Trong hội thảo về xu hướng kiến trúc đương đại nổi bật tại Vương quốc Anh được tổ chức tại Trường Đại học kiến trúc TP.HCM năm 2012, giáo sư Jon Bush (Đại học Huderfield Vương quốc Anh) đã chọn một xu hướng tái sử dụng các công trình có giá trị lịch sử kiến trúc để trình bày. Bài thuyết trình đề cập đến các công trình đạt giải thưởng như cải tạo BBC Headquarter office, tái sử dụng nhà ga St Pancras, King's Cross. Nhìn chung, các công trình này được xây dựng từ những năm cuối thế kỷ 19 và được tái sử dụng hiệu quả cả về bền vững, thẩm mỹ và chức năng cho giai đoạn hiện nay. Tuy nhiên, tại thời điểm hội thảo, các nội dung này chỉ được tiếp nhận như những hoạt động "hiển nhiên" của việc ứng xử đối với các công trình lịch sử. Một xu hướng kiến trúc tiến bộ và đóng góp cho sự phát triển bền vững của kiến trúc và đô thị chưa được nhìn nhận. [1]

Trong hai thập kỷ gần đây, Tái sử dụng thích ứng đã được khẳng định trong nền kiến trúc thế giới với nhiều nghiên cứu chính thức và được ứng dụng rộng rãi, trở thành chiến lược chung với đa dạng các thể loại công trình kiến trúc, tạo nên những tác động tích cực cho bộ mặt kiến trúc đô thị, công tác bảo tồn di sản văn hóa kiến trúc và rộng hơn, đóng góp lớn cho phát triển kiến trúc và đô thị bền vững. [2,3]

Trong quá trình phát triển đô thị rất nhanh chóng, TP.HCM đang chứng kiến sự biến đổi mạnh mẽ về không gian kiến trúc và cảnh quan đô thị. Nhiều công trình kiến trúc hiện đại, được xây dựng trong giai đoạn giữa thế kỷ XX, đặc biệt từ những năm 1950 đến 1980, đang dần bị thay thế bởi các tòa nhà theo phong cách mới hoặc rơi vào tình trạng xuống cấp, bị bỏ hoang do không còn "phù hợp" với đặc thù sử dụng hiện nay. Đây không chỉ là sự mất mát về công trình kiến trúc có giá trị lịch sử mà còn là sự suy giảm khá nghiêm trọng giá trị văn hóa - lịch sử và bản sắc kiến trúc đô thị Sài Gòn - TP.HCM. [4,5,6]

Kiến trúc hiện đại (Modernism Architecture) ở TP.HCM - một sản phẩm của thời kỳ giao thoa giữa tư duy thiết kế phương Tây và các sáng tạo hướng đến giá trị văn hóa môi trường của các kiến trúc sư

Việt Nam đương thời - từng là biểu tượng của sự tiến bộ và hiện đại hóa trong một thời điểm lịch sử cụ thể như Thư viện Tổng hợp, Hội trường Thống nhất, Trung tâm giao lưu văn hóa Pháp- Idecap v.v. [4,5,6]



Hình 1. Phương án tái sử dụng công trình trụ sở tập đoàn truyền thông BBC (1932) bảo tồn được công trình lịch sử và duy trì tính đặc thù không gian đô thị. [1]

Gần đây, sự thành công của hội thảo do Docomomo Nhật Bản thực hiện năm 2017 tại khu vực Đông Nam Á, trong đó có Việt Nam về kiến trúc hiện đại đã khẳng định giá trị đặc biệt của kiến trúc hiện đại Việt Nam. Năm 2020, cuốn sách "*Kiến trúc hiện đại Miền Nam Việt Nam - Dấu ấn bản địa giữa Thế kỷ XX*" của tác giả Mel Schenck một lần nữa khẳng định giá trị của các công trình kiến trúc này, đặc biệt là trong hình thức kiến trúc. Tuy nhiên, bên cạnh một số công trình được tái sử dụng một cách hiệu quả, nhiều công trình kiến trúc hiện đại đang được khai thác một cách khá tùy tiện, không tạo được hiệu quả kinh tế văn hóa mà còn từng bước làm hư hại các công trình quý giá này. Một trong những nguyên nhân là giới chuyên môn còn nhiều lúng túng trong xác định giá trị sử dụng, giá trị lịch sử đô thị và phương pháp bảo tồn và sử dụng các công trình này. [6,7]

Trong bối cảnh đó, *tái sử dụng thích ứng* nổi lên như một mô hình giải pháp hiệu quả để vừa bảo tồn kiến trúc hiện đại, tính đặc thù không gian đô thị vừa đảm bảo tính thích nghi với yêu cầu công năng, kinh tế và xã hội đương đại. Mặc dù *mô hình tái sử dụng thích ứng* đã được áp dụng thành công ở nhiều quốc gia như Anh, Úc, Nhật Bản…, việc triển khai xu hướng này tại Việt Nam, đặc biệt đối với các công trình kiến trúc hiện đại, vẫn còn hạn chế do thiếu khung pháp lý, nhận thức cộng đồng chưa đầy đủ, và những rào cản về kỹ thuật, tài chính. Do đó, cần có những nghiên cứu cụ thể về tiềm năng, thách thức và mô hình áp dụng phù hợp với bối cảnh đô thị Việt Nam.

Bài viết này, một lần nữa làm rõ cơ sở lý luận của mô hình tái sử dụng thích ứng trong mối quan hệ với kiến trúc hiện đại, từ đó phân tích hiện trạng và tiềm năng ứng dụng tại TP.HCM thông qua một số nghiên cứu điển hình và cơ bản để xuất các định hướng và giải pháp thúc đẩy bảo tồn kiến trúc hiện đại bằng mô hình tái sử dụng thích ứng trong định hướng phát triển đô thị bền vững.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Một cách ngắn gọn, *tái sử dụng thích ứng* là "*việc tái sử dụng một công trình hoặc một cấu trúc nhằm mang lại sức sống mới thông qua một chức năng mới*" (ODASA, 2014) [8]. Theo Wilkinson, Remøy và Langston (2014), *tái sử dụng thích ứng* được định nghĩa là sự thay đổi lớn đối với một công trình, bao gồm cả việc điều chỉnh cấu trúc vật lý của công trình lẫn công năng. Đây không chỉ là quá trình chuyển đổi công trình thông qua việc tái tạo (recycling) các bộ phận còn sử dụng được cho chức năng mới, mà còn là một phương pháp và chiến lược nhằm bảo tồn giá trị di sản văn hóa của công trình. [9]

Nhiều nghiên cứu và ấn phẩm học thuật như Building Adaptation của Douglas (2006), Adaptive Reuse of Built Heritage của Plevoets và Cleempoel (2019), hay Sustainable Building Adaptation của Wilkinson và cộng sự (2014) đã tập trung làm rõ quy trình thực hiện các dự án tái sử dụng thích ứng - từ bước nghiên cứu ban đầu cho đến quá trình triển khai thực tế. Ở các quốc gia phát triển, adaptive reuse được xem là giải pháp cân bằng giữa bảo tồn và phát triển, góp phần tạo nên các khía cạnh tích cực như: [2,10]

- Kéo dài vòng đời công trình;
- Giảm phát thải carbon trong xây dựng mới;
- Bảo tồn bối cảnh văn hóa - xã hội của đô thị;
- Thúc đẩy du lịch, kinh tế sáng tạo và phát triển cộng đồng.



Hình 2. Các khía cạnh tác động tích cực của mô hình Tái sử dụng thích ứng cho môi trường đô thị. [11]

Tùy theo mục tiêu, adaptive reuse có thể chia thành nhiều cấp độ khác nhau. Các cách phân loại này đóng vai trò định hướng cho Adaptive reuse trong thực tế. Theo nghiên cứu của Wilkinson và Reed (2011), adaptive reuse có thể được phân loại dựa trên mức độ can thiệp vật lý vào công trình hiện hữu: [10]

- *Bảo tồn nguyên trạng* (Preservation): Giữ nguyên cấu trúc và chức năng ban đầu của công trình, chỉ thực hiện các sửa chữa nhỏ để duy trì tình trạng sử dụng.
- *Tái sử dụng có điều chỉnh* (Adaptive Reuse): Thay đổi chức năng sử dụng của công trình, đồng thời thực hiện các điều chỉnh cần thiết về không gian và cấu trúc để phù hợp với chức năng mới.
- *Tái cấu trúc* (Reconstruction): Thực hiện các thay đổi lớn về cấu trúc và không gian của công trình, có thể bao gồm việc phá dỡ một phần và xây dựng lại để phục vụ chức năng mới.

Theo Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA), Adaptive Reuse có thể được phân loại dựa trên mục đích và phạm vi can thiệp: [12]

- *Tái sử dụng toàn phần* (Complete Reuse): Giữ lại toàn bộ cấu trúc và hình thức ban đầu của công trình, chỉ thay đổi chức năng sử dụng.
- *Tái sử dụng một phần* (Partial Reuse): Giữ lại một phần cấu trúc hoặc hình thức ban đầu của công trình, đồng thời thực hiện các thay đổi cần thiết để phục vụ chức năng mới.
- *Tái sử dụng kết hợp phá dỡ* (Reuse with Partial Deconstruction): Phá dỡ một phần công trình để xây dựng lại hoặc mở rộng, đồng thời giữ lại các phần có giá trị về mặt kiến trúc hoặc lịch sử.

Theo nghiên cứu của Plevoets và Van Cleempoel (2019), Adaptive Reuse có thể được phân loại dựa trên tính linh hoạt và khả năng thích ứng của công trình: [3]

- *Tái sử dụng linh hoạt* (Flexible Reuse): Thiết kế lại công trình để có thể dễ dàng thích ứng với các chức năng sử dụng khác nhau trong tương lai.
- *Tái sử dụng cố định* (Fixed Reuse): Thiết kế lại công trình để phục vụ một chức năng sử dụng cụ thể, ít khả năng thay đổi trong tương lai.

Kiến trúc hiện đại tại TP.HCM - phát triển mạnh mẽ từ những năm 1950 đến 1975 - chịu ảnh hưởng từ chủ nghĩa hiện đại quốc tế (Modernism architecture), kết hợp với tư duy tôn trọng các giá trị văn hóa xã hội và môi trường của các thế hệ kiến trúc sư đương thời. Các công trình thời kỳ này thường mang đặc trưng: [4,6]

Bảng 1. Các công trình hiện đại tại TP.HCM với giá trị văn hóa lịch sử cần được nghiên cứu mô hình Adaptive Reuse.

STT	Tên công trình	Phong cách	Năm xây dựng	Chức năng ban đầu	Chức năng hiện tại	Mức độ thích ứng
Thể loại công trình nhà ở-khách sạn						
1	Khách sạn Rex	Hiện đại	1959	Trung tâm thương mại	Khách sạn	Thích ứng hoàn toàn.
2	Khách sạn Caravelle	Hiện đại – Quốc tế	1959	Khách sạn Văn phòng giao dịch Air France	Khách sạn	Thích ứng hoàn toàn.
3	Biệt thự Ưng Thi- Duy Tân, KTS Ngô Viết Thụ	Hiện đại	1959	Biệt thự	Không rõ	Thích ứng không hoàn toàn
4	Chung cư 42 Nguyễn Huệ	Hiện đại	1960s	Chung cư cao cấp	Chung cư kết hợp quán cà phê, shops	Thích ứng không hoàn toàn
5	Chung cư Thanh Đa	Hiện đại	1960s	Cư xá	Chung cư	Thích ứng không hoàn toàn
Các công trình hành chính						
5	Dinh Độc Lập (Hội trường Thống Nhất)	Hiện đại	1962	Dinh Tổng thống	Hội trường, di tích	Thích ứng hoàn toàn
6	Tòa nhà VAR; 9-19 Hồ Tùng Mậu	Hiện đại	1973	Ngân hàng	Trụ sở văn phòng	Thích ứng.
7	Cơ sở Đại học Ngân hàng	Hiện đại	1952	Tòa đại sứ Mỹ tại Sài gòn	Trụ sở	Thích ứng không hoàn toàn
Các công trình văn hóa giáo dục						
8	ĐH Y Dược TP.HCM- Hồng Bàng	Hiện đại	1966	Giáo dục - Y tế	Cơ sở giáo dục - Y tế	Thích ứng
9	Thư viện Tổng hợp TP.HCM	Hiện đại	Không rõ	Thư viện	Thư viện	Thích ứng

• Hình khối đơn giản, tổ chức mặt bằng linh hoạt;

• Sử dụng vật liệu mới (vào thời điểm xây dựng) như bê tông cốt thép, kính, gạch block thông gió kết hợp hệ thống lam ngang, làm đứng và ô văn, bề mặt vỏ bao che đá rửa, thô mộc (brutalism).

• Ưu tiên giải quyết các vấn đề chức năng và các vấn đề cải tạo vi khí hậu công trình bao gồm không gian đệm trong và ngoài công trình, lam chắn nắng, mái đua, ô văng, sê nô v.v phù hợp với khí hậu nóng ẩm.

• Sử dụng các mã truyền thống trong hình thức kiến trúc.

Tuy tạo được tiếng vang rất lớn với nhiều công trình đẹp, hiện đại và khoa học, nhiều công trình kiến trúc hiện đại có giá trị ở khu vực miền Nam, đặc biệt là TP.HCM vẫn chưa được công nhận chính thức là "di sản", dẫn đến việc ít được bảo tồn hoặc đầu tư cải tạo đúng mức. Nhiều công trình hiện nay đang xuống cấp, sử dụng sai mục đích hoặc bị phá bỏ thay thế bởi cao ốc thương mại. Adaptive Reuse, trong bối cảnh này, không chỉ là giải pháp kỹ thuật mà còn là hành vi văn hóa - xã hội có ý nghĩa bảo vệ ký ức đô thị và bản sắc kiến trúc.

Bài viết sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính, kết hợp:

• Khảo sát hiện trạng một số công trình kiến trúc hiện đại tiêu biểu tại TP.HCM đang được sử dụng lại hoặc có tiềm năng tái sử dụng.

• Phân tích điển hình (case study): lựa chọn 2-3 dự án Adaptive Reuse tiêu biểu cho mỗi nhóm công trình đã hoàn thành, phân tích về mặt kiến trúc, công năng, giải pháp thiết kế và tác động xã hội căn cứ trên khung tiếp cận (Hình 2).

• Đối chiếu lý luận và thực tiễn, rút ra các yếu tố thành công - thất bại, làm cơ sở đề xuất giải pháp phù hợp.

Nguồn tư liệu được khảo sát bao gồm: tài liệu học thuật, báo cáo quy hoạch, bản vẽ kiến trúc, hình ảnh hiện trạng, thông tin từ các trang web chuyên ngành và phỏng vấn chuyên gia.

3. HIỆN TRẠNG VÀ VẤN ĐỀ CỦA CÔNG TRÌNH HIỆN ĐẠI TẠI TP.HCM

Trong nghiên cứu này, kiến trúc hiện đại tại TP.HCM xem xét trong giai đoạn từ những năm 1950 đến sau 1975: ảnh hưởng từ Pháp, Mỹ, và trào lưu kiến trúc quốc tế, kết hợp các giải pháp nhiệt đới hóa như lam chắn nắng, loggia, mái hiên rộng, tường gạch lỗ, vật liệu thô mộc (đá rửa). Hiện nay, nhiều công trình hiện đại không còn giữ được vai trò trong đô thị. Một số đã bị phá bỏ, một số bị hoang hóa, chia nhỏ để cho thuê không phù hợp chức năng, hoặc bị thay đổi hình thức và không gian đến mức không nhận diện được kiến trúc ban đầu với các giá trị quý giá của chúng. Những vấn đề chính bao gồm.

a) Không được công nhận là di sản kiến trúc

Không giống như kiến trúc thời kỳ Pháp thuộc hay kiến trúc truyền thống, kiến trúc hiện đại thường không được xếp hạng di tích, dẫn đến việc dễ bị thay thế hoặc phá bỏ trong các dự án tái phát triển đô thị. Đây là hệ quả của một số quan niệm sai lệch cho rằng kiến trúc hiện đại là "mới" nên không cần xem xét bảo tồn.

b) Xuống cấp và mất khả năng sử dụng

Phần lớn các công trình hiện đại đã tồn tại hơn 40-70 năm, tuy hệ kết cấu còn tốt do đa số sử dụng kết cấu bê tông cốt thép chất lượng tốt, hạ tầng kỹ thuật, chất liệu trang trí, bao che trong và ngoài nhà không còn phù hợp với tiêu chuẩn hiện nay. Tường, mái, cửa, hệ thống điện nước bị hư hỏng, gây khó khăn trong cải tạo mà vẫn đảm bảo an toàn - hiệu quả sử dụng. Bên cạnh đó là sự không tương thích với hệ thống trang thiết bị hiện đại ngày nay.

c) Mâu thuẫn trong quy hoạch - phát triển

Tốc độ đô thị hóa và áp lực phát triển kinh tế khiến phần lớn quỹ đất đô thị được ưu tiên cho các công trình cao tầng, có khả năng khai thác thương mại cao. Các công trình hiện đại, đặc biệt là biệt thự đơn lập hoặc công trình công cộng cũ, do có diện tích sử dụng tương đối giới hạn, bị xem là "lãng phí đất" nếu giữ nguyên trạng.

d) Thiếu khung pháp lý và hướng dẫn kỹ thuật

Việc cải tạo hoặc tái sử dụng công trình hiện đại gặp rào cản pháp lý: không có tiêu chuẩn hướng dẫn cụ thể, không được hỗ trợ từ chính quyền hoặc thiếu mô hình hợp tác công– tư trong bảo tồn. Chủ đầu tư tư nhân thiếu động lực tham gia khi không có ưu đãi về

quy hoạch, thuế, tín dụng. Dù tồn tại nhiều khó khăn, TP.HCM vẫn còn nhiều công trình hiện đại có giá trị, tọa lạc tại các vị trí đắc địa, với tiềm năng cao để chuyển đổi thành không gian sáng tạo, cộng đồng, giáo dục hoặc dịch vụ đô thị mềm. Nếu có chính sách hợp lý, các công trình này có thể trở thành nguồn lực văn hóa - kinh tế quan trọng.

4. PHÂN TÍCH CÁC NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH

Các nghiên cứu điển hình được lựa chọn dựa trên các tiêu chí:

- Có giá trị kiến trúc hiện đại tiêu biểu trong giai đoạn từ 1950-1975;
- Đã được cải tạo theo hướng tái sử dụng thích ứng hoặc có đề xuất cải tạo rõ ràng;
- Đa dạng về công năng chuyển đổi: văn phòng sáng tạo, không gian cộng đồng, dịch vụ văn hóa;

Các trường hợp tiêu biểu được phân tích dưới đây nằm trong khu vực trung tâm TP.HCM, là một nhóm các công trình điển hình cho các thể loại công trình đang được tái sử dụng một cách khá hiệu quả.

Quá trình khảo sát cho thấy, có khá nhiều công trình đã thực hiện việc tái sử dụng thích ứng thành công, đóng vai trò quan trọng về mặt kiến trúc đô thị cũng như đời sống của nhân dân thành phố như hội trường Thống nhất, Khách sạn 5 sao Rex, Khách sạn Caravelle v.v.




Hình 3. Một điển hình thành công của mô hình tái sử dụng thích ứng - Hội trường Thống Nhất (phải) và Khách sạn Rex (trái).

Tuy nhiên, bên cạnh đó vẫn còn khá nhiều công trình tuy phần nào đáp ứng được nhu cầu bảo tồn không gian cảnh quan và kiến trúc đô thị, nhưng tiềm ẩn nhiều vấn đề trong điều kiện môi trường trong nhà, không gian chức năng không phù hợp và không tương thích về hệ thống trang thiết bị như trụ sở VAR, trụ sở ngân hàng Vietinbank, biệt thự Ưng Thi.






Hình 4. Biệt thự Ưng Thi (trái) và tòa nhà Đại học Ngân hàng (phải) - Mô hình tái sử dụng thích ứng cần cân nhắc bảo tồn giá trị công trình đối với tính đặc thù không gian đô thị. [13]





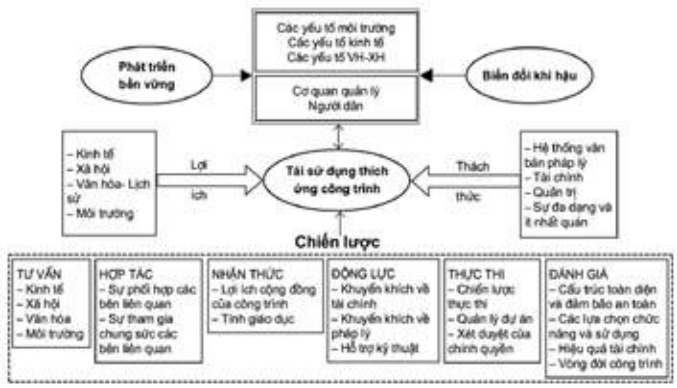
Hình 5. Công trình trụ sở V.A.R (trái) và trụ sở VietinBank (phải)- Giải pháp bảo tồn cấu trúc mặt đứng tạo giá trị đặc thù cho không gian đô thị.

Một số công trình tuy đáp ứng tốt nhu cầu sử dụng, thu hút được nhiều quan tâm của cộng đồng cư dân đô thị và mang lại giá trị kinh tế khá lớn lại chưa đựng nhiều nguy cơ về độ bền kết cấu, an toàn cháy và thoát hiểm hay đôi khi ảnh hưởng tiêu cực đến không gian cảnh quan đô thị như công trình cơ sở Trường Đại Học Ngân hàng, Chung cư 42 Nguyễn Huệ hay chung cư Thanh Đa v.v. Đa dạng các mô hình tái sử dụng công trình với hiệu quả về mặt thích ứng với môi trường đô thị hiện tại được ghi nhận.

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Về quan điểm tiếp cận, tái sử dụng thích ứng không nên chỉ là giải pháp kỹ thuật cải tạo công trình, mà cần được hiểu là chiến lược kiến trúc đô thị tổng thể nhằm:

- Giữ gìn ký ức kiến trúc cũng như không gian đô thị;
- Hỗ trợ phát triển bền vững;
- Tái cấu trúc đô thị một cách nhân văn, tiết kiệm tài nguyên và tôn trọng bối cảnh.



Hình 6. Khung tiếp cận các khía cạnh liên quan trong mô hình tái sử dụng thích ứng một công trình cụ thể. [11]

Với TP.HCM - nơi đang đối mặt với tốc độ phát triển đôi khi quá nhanh dẫn đến việc thiếu bản sắc và thiếu không gian công cộng chất lượng, việc sử dụng lại các công trình hiện đại theo

hướng sáng tạo có thể trở thành chiến lược đô thị hiệu quả, thay vì phá bỏ và xây mới không kiểm soát đến di sản đô thị. Năm nhóm giải pháp được đề xuất bao gồm:

a) Nhận diện và phân loại kiến trúc hiện đại có giá trị

• Lập danh mục công trình hiện đại theo tiêu chí giá trị kiến trúc, lịch sử, tính điển hình theo thời kỳ (1954-1975, 1975-1990);

• Kết nối với các chuyên gia, tổ chức bảo tồn để định hướng sử dụng lại đúng chức năng hoặc đề xuất công năng phù hợp.

b) Xây dựng khung pháp lý và cơ chế khuyến khích

• Ban hành hướng dẫn kỹ thuật về cải tạo - tái sử dụng công trình hiện đại;

• Áp dụng cơ chế khuyến khích: miễn giảm thuế, tăng hệ số sử dụng đất có điều kiện, ưu đãi vốn vay… cho các dự án Adaptive Reuse;

• Thúc đẩy mô hình hợp tác công - tư để hỗ trợ bảo tồn những công trình có giá trị cộng đồng.

c) Tích hợp vào quy hoạch đô thị và chính sách phát triển

• Tích hợp việc tái sử dụng thích ứng vào quy hoạch phân khu, quy chế quản lý kiến trúc và quy hoạch cảnh quan các khu vực đô thị, đặc biệt là khu vực trung tâm;

• Xác định cụ thể các vùng lõi sáng tạo, vùng bảo tồn mềm - nơi khuyến khích bảo tồn công trình hiện đại qua tái sử dụng thích ứng thay vì phá bỏ.

d) Thúc đẩy sáng tạo kiến trúc và chuyển đổi công năng linh hoạt

• Khuyến khích kiến trúc sư, nhà đầu tư đổi mới sáng tạo khai thác giá trị không gian hiện đại trong các mô hình: văn phòng sáng tạo, không gian cộng đồng, khách sạn boutique, thư viện mở, giáo dục không chính quy…

• Kết nối các mô hình khởi nghiệp - văn hóa - thiết kế với các công trình hiện đại có tiềm năng.

e) Giáo dục và nâng cao nhận thức cộng đồng

• Tổ chức triển lãm, hội thảo, tọa đàm về di sản hiện đại và giá trị của tái sử dụng thích ứng;

• Lồng ghép nội dung về kiến trúc hiện đại và bảo tồn đương đại trong giáo dục kiến trúc, quy hoạch và quản lý đô thị.

Định hướng dài hạn, chính quyền thành phố, các cơ quan liên quan cũng như cộng đồng cần tập trung thực hiện các công tác:

• Thiết lập chính sách phát triển đô thị hậu hiện đại dựa trên giá trị tích hợp (di sản - sáng tạo - cộng đồng);

• Biến TP.HCM thành trung tâm đi đầu cả nước về mô hình bảo tồn kiến trúc hiện đại bằng Adaptive Reuse;

• Phát triển hệ sinh thái "kiến trúc không mới nhưng hấp dẫn và hiệu quả" - nơi các công trình cũ tạo ra giá trị mới thông qua sáng tạo, văn hóa và hoạt động cộng đồng.

6. KẾT LUẬN

Tái sử dụng thích ứng là một chiến lược hiệu quả và cấp thiết để bảo tồn, phát huy giá trị các công trình kiến trúc hiện đại tại TP.HCM - một loại hình kiến trúc di sản đang bị lãng quên và đứng trước nguy cơ bị thay thế. Qua việc phân tích hiện trạng, cơ sở lý luận và nghiên cứu các điển hình tiêu biểu, có thể thấy:

• Kiến trúc hiện đại tại TP.HCM có giá trị đặc biệt về mặt lịch sử, kỹ thuật xây dựng và ngôn ngữ thiết kế, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới. Các giá trị đặc biệt này phù hợp với việc tái sử dụng trong môi trường đô thị hiện nay với chi phí điều chỉnh thấp, tiềm năng sử dụng hiệu quả cao.

• Việc tái sử dụng thích ứng không chỉ giúp kéo dài vòng đời công trình, mà còn mở ra những khả năng mới về không gian sáng tạo, phát triển cộng đồng và bản sắc đô thị.

• Các giải pháp đề xuất cần được nhìn nhận trong chiến lược phát triển đô thị tích hợp, với sự đồng thuận giữa nhà nước, nhà đầu tư, giới chuyên môn và cộng đồng.

Với các chính sách phù hợp, TP.HCM hoàn toàn có thể trở thành điển hình trong việc chuyển hóa hệ di sản công trình kiến trúc hiện đại thành một phần động lực phát triển văn hóa, kinh tế và môi trường đô thị của thành phố theo định hướng phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. Bush., Bài giảng Seminar Kiến trúc London, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM, 2012.

[2]. J. Douglas, Building adaptation. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2006.

[3]. B. Plevoets and K. Van Cleempoel, Adaptive reuse of the built heritage: Concepts and cases of an emerging discipline. Abingdon, UK: Routledge, 2019.

[4]. Phạm Phú Cường, S. H. N. Nguyễn, and N. S. Nguyễn, "Các xu hướng tiêu biểu của kiến trúc hiện đại miền Nam Việt Nam giai đoạn 1954–1975," Tạp chí Kiến trúc, 8–2024.

[5]. M. Schenck,. "Kiến trúc hiện đại: Giá trị riêng của Việt Nam," Kienviet.net, Sep. 30, 2024. [Online]. Available: https://kienviet.net/2022/9/30/kien-truc-hien-dai-gia-tri-rieng-cua-viet-nam.

[6]. T. T. Hải and H. Vũ, "Modern architecture of Saigon – Ho Chi Minh City," in Proc. MATEC Web Conf., vol. 252, 04004, 2018. doi: 10.1051/matecconf/201825204004

[7]. M. Schenck, Kiến trúc hiện đại Miền Nam Việt Nam – Dấu ấn bản địa giữa Thế kỷ XX. TP.HCM: Phương Nam Book, 2024.

[8]. Office for Design and Architecture South Australia (ODASA), Integrated design strategy for inner Adelaide: A collaborative approach for building a better city. Chính quyền Nam Úc, 2014.

[9]. S. J. Wilkinson, H. Remøy, and C. Langston, Eds., Sustainable building adaptation: Innovations in decision-making. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2014.

[10]. S. Wilkinson and R. Reed, "The business case for incorporating sustainability in office buildings: The adaptive reuse of existing buildings," in Proc. Annual Pacific Rim Real Estate Society Conf., Gold Coast, Australia, 2011.

[11]. I. E. Aigwi, A. Duberia, and A. N. Nwadike, "Adaptive reuse of existing buildings as a sustainable tool for climate change mitigation within the built environment," Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 56, 102945, 2023. doi: 10.1016/j.seta.2022.102945.

[12]. Environmental Protection Agency, "Best practices for reducing, reusing, and recycling construction and demolition materials," U.S. EPA. [Online]. Available: https://www.epa.gov/smm/best-practices-reducing-reusing-and-recycling-construction-and-demolition-materials.

[13]. Ngô Viết Nam Sơn, "Cha & con & những công trình để lại," Kienviet.net, Apr. 28, 2012. [Online]. Available: https://kienviet.net/2012/4/28/cha-con-nhung-cong-trinh-de-lai.

[14]. C. Langston, F. K. W. Wong, E. C. M. Hui, and L. Y. Shen, "Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong," Building and Environment, vol. 43, no. 10, pp. 1709-1718, 2008.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2025

Thực trạng hệ thống thông tin logistics tại Việt Nam

Current state of logistics information system in Vietnam

> THS NGUYỄN THỊ LAN ANH*, **TS LÊ THỊ MINH HUYỀN, THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN**
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; *Email: anhntl@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống thông tin logistics là một giải pháp tích hợp nhằm thu thập, xử lý, lưu trữ và truyền tải thông tin liên quan đến hoạt động logistics một cách chính xác, đầy đủ và kịp thời hỗ trợ việc lập kế hoạch, tổ chức thực hiện, kiểm soát và ra quyết định. Tại Việt Nam, hoạt động logistics của các doanh nghiệp còn rất nhiều bất cập mặc dù đã được Chính phủ hỗ trợ cũng như đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số. Một trong những nguyên nhân đó là việc sử dụng hệ thống thông tin logistics tại các doanh nghiệp chưa được hiệu quả. Bài báo nghiên cứu tình trạng ứng dụng hệ thống thông tin logistics tại Việt Nam nhằm hỗ trợ thông tin cho các nhà lập chính sách cũng như các doanh nghiệp trong việc lập kế hoạch và ra quyết định liên quan đến thiết lập hệ thống thông tin logistics.

Từ khóa: Hệ thống thông tin logistics; công nghệ thông tin; hàng hóa; vận tải.

ABSTRACT

Logistics information system is an integrated solution that collects, processes, stores and transmits information related to logistics activities accurately, fully and promptly to support planning, implementation, control and decision-making. In Vietnam, the logistics activities of businesses still have many inadequacies despite being supported by the government as well as accelerating the digital transformation process. One of the reasons is that the use of logistics information systems at businesses has not been effective. This paper studies the application of logistics information systems in Vietnam to support information for policymakers as well as businesses in planning and decision-making related to the establishment of logistics information systems.

Keywords: Logistics information system; information technology; goods; transport.

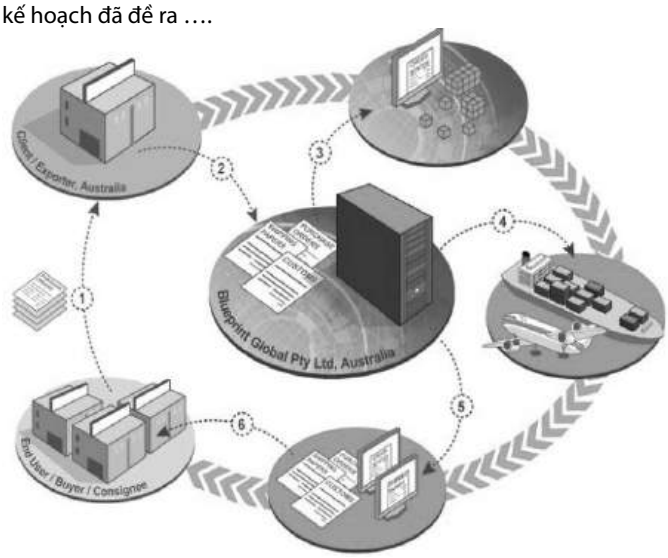
1. HỆ THỐNG THÔNG TIN LOGISTICS

Logistics đã xuất hiện từ rất lâu đời trong lịch sử phát triển trên thế giới và tại Việt Nam các hoạt động về quân sự thời Quang Trung, Nguyễn Huệ, chiến dịch Điện Biên Phủ… đã có những ứng dụng thành công của logistics. Khái niệm về logistics không còn quá xa lạ đối với Việt Nam tuy nhiên cũng chưa có tài liệu nào tìm được thuật ngữ phù hợp để dịch từ logistics sang tiếng việt. Đến giữa thế kỷ XX rất ít doanh nghiệp biết đến logistics thì đến cuối thế kỷ XX, logistics được coi như một chức năng kinh tế chủ yếu, một công cụ hữu hiệu mang lại những thành công to lớn cho các doanh nghiệp trong sản xuất và dịch vụ.

Trong hoạt động logistics để phát triển nhanh chóng và thành công thì việc quản lý hiệu quả và ra quyết định đúng đắn có tính kinh tế cao là rất quan trọng. Để đạt được điều này cần phải thông qua việc triển khai Hệ thống thông tin logistics.

Hệ thống thông tin logistics (LIS) là một tập hợp các chương trình kỹ thuật số tiên tiến chạy trên cơ sở hạ tầng phần mềm tích hợp được triển khai để tạo điều kiện cho việc quản lý thông minh và ra quyết định dựa trên dữ liệu trong logistics. LIS giúp các doanh nghiệp lập kế hoạch và xây dựng chiến lược để tối ưu hóa hoạt động logistics của mình và trao quyền cho họ quản lý dễ dàng các hoạt động như mua sắm, lưu trữ, chọn đơn hàng, theo dõi lô hàng, vận chuyển…

LIS giúp lập kế hoạch và kiểm soát nhiều hoạt động như thực hiện đơn hàng, theo dõi lô hàng, trạng thái lô hàng/người vận chuyển/đơn hàng theo thời gian thực, quản lý các hoạt động theo kế hoạch đã đề ra ….



Hình 1. Hệ thống thông tin logistics (Nguồn: Internet)

Một hệ thống thông tin logistics sẽ bao gồm 4 thành phần chính như sau: [7, 15]

Hệ thống lập kế hoạch: Đây là bước khởi đầu ra các kế hoạch tầm chiến lược có tính chất lâu dài, khách quan và phải dựa trên các nguồn dữ liệu, các yếu tố định lượng để đánh giá.

Hệ thống lập kế hoạch là nền tảng cho toàn bộ quá trình logistics, hỗ trợ tối đa hiệu quả sử dụng các nguồn lực và có tính đảm bảo linh hoạt trước những thay đổi của thị trường.

Trong giai đoạn này cần sử dụng và tích hợp nhiều kỹ thuật cần thiết để thiết kế mạng lưới, dự đoán và lập kế hoạch nhu cầu, phối hợp các nguồn lực, lập kế hoạch cung ứng, sắp xếp và lên kế hoạch sản xuất, phân phối, các kế hoạch chiến thuật như quản trị dự trữ, vận tải, và các hoạt động hàng ngày trong quá trình đặt hàng và quản lý kho.

Hệ thống thực thi: Hệ thống thực thi chịu trách nhiệm triển khai và giám sát các hoạt động logistics theo đúng kế hoạch. Hệ thống thực thi logistics bao gồm các kỹ thuật đảm nhiệm các chức năng triển khai logistics trong thời gian ngắn hoặc hàng ngày về quản lý nhà kho, vận tải, mua sắm, dự trữ, quản lý hiệu quả các đơn hàng của khách. Hệ thống này điều phối và quản lý các quy trình nghiệp vụ hàng ngày như mua sắm, sản xuất, đóng gói, lưu kho, vận chuyển và giao nhận. Hệ thống thực thi tích hợp với nhiều công nghệ tự động hóa như mã vạch, RFID, hệ thống quản lý kho (WMS), hệ thống quản lý vận tải (TMS)... để nâng cao năng suất và chính xác trong các tác nghiệp logistics.

Hệ thống thực thi còn giúp hợp lý hóa quy trình nghiệp vụ, loại bỏ các khâu trung gian, giảm thiểu sai sót và rủi ro trong chuỗi cung ứng. Nó cũng cho phép tích hợp và chia sẻ dữ liệu một cách nhanh chóng và an toàn giữa các đơn vị nội bộ cũng như các đối tác, nhà cung cấp dịch vụ bên ngoài.

Hệ thống nghiên cứu và thu thập thông tin: Hệ thống nghiên cứu và thu thập thông tin giữ vai trò quan trọng trong việc giám sát quy trình logistics, đây là một trong những bước quan trọng của việc xây dựng hệ thống thông tin logistics. Hệ thống này thu thập, lưu trữ và xử lý thông tin từ nhiều nguồn khác nhau như: từ các bản đồ về vị trí các đối tượng logistics, tuyến logistics bên cạnh các tuyến giao thông, bản đồ vận tải, các dữ liệu GIS từ các nguồn hiện trạng và định hướng quy hoạch của các tỉnh thành. Đây là nguồn dữ liệu phong phú và có sẵn trong hệ thống dữ liệu quốc gia hỗ trợ được các bài toán logistics từ khi lập kế hoạch chiến lược cho đến các bước nhỏ như quản lý đơn hàng. Từ dữ liệu không gian các doanh nghiệp cập nhật thông tin các dữ liệu thuộc tính như:

- *Dữ liệu nội bộ:* doanh số, chi phí, năng suất, chất lượng, mức tồn kho, vị trí hàng hóa... tại mỗi vị trí đối tượng logistics.

- *Dữ liệu bên ngoài:* nhu cầu thị trường, hoạt động của đối thủ, xu hướng tiêu dùng, điều kiện kinh tế vĩ mô, các quy định pháp lý...

- *Dữ liệu chuỗi cung ứng:* trạng thái đơn hàng, kế hoạch sản xuất, lịch giao hàng của nhà cung cấp...

- *Dữ liệu IoT:* tín hiệu GPS để xác định tuyến hàng, tính toàn quãng đường di chuyển thực, xác định thời điểm tắc đường…

Bằng việc ứng dụng các công cụ phân tích không gian và thuộc tính, các bài toán đa tiêu chí trong GIS để khai phá dữ liệu, hệ thống thông tin địa lý cung cấp thông tin có giá trị phục vụ cho việc hoạch định chiến lược và điều hành logistics.

Hệ thống báo cáo kết quả: Hệ thống báo cáo trong LIS đóng vai trò cuối cùng nhưng vô cùng quan trọng. Nếu thông tin báo cáo và kết quả không được truyền đạt một cách hiệu quả, các giải pháp quản lý và nghiên cứu có thể sẽ không đạt được mục tiêu.

Các báo cáo hỗ trợ quyết định quản trị logistics tập trung vào 3 loại chính: báo cáo lập kế hoạch, báo cáo hoạt động và báo cáo kiểm soát chi phí.

- Báo cáo lập kế hoạch cung cấp thông tin lịch sử và thông tin trong tương lai, bao gồm xu hướng bán hàng, dự báo khuynh hướng, thông tin thị trường và yếu tố chi phí.

- Báo cáo hoạt động cung cấp thông tin về hoạt động thực tế, bao gồm hàng tồn kho, thu mua, đơn hàng vận tải, kế hoạch sản xuất,...

- Báo cáo kiểm soát tổng kết chi phí và thông tin hoạt động ở các giai đoạn thích hợp, so sánh ngân sách và chi phí hiện tại, tạo nền tảng cho việc tiếp cận chiến lược hoạt động và các sách lược một cách cụ thể.

2. VAI TRÒ CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN LOGISTICS TRONG CÁC DOANH NGHIỆP

Hiện nay, công nghệ ngày càng phát triển, môi trường kinh doanh đầy biến động, hệ thống thông tin logistics đóng vai trò quan trọng đối với sự thành công và phát triển bền vững của các doanh nghiệp. LIS giúp tối ưu hóa quy trình logistics, tối ưu hóa hoạt động, cải thiện việc ra quyết định, quản lý chuỗi cung ứng hợp lý, tiến bộ công nghệ cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng và tăng cường năng lực cạnh tranh …

- *Cải thiện việc ra quyết định:* LIS cung cấp dữ liệu và thông tin chi tiết theo thời gian thực cho phép các nhà quản lý logistic đưa ra quyết định có hiệu quả như có thể tích hợp nhiều nguồn thông tin khác nhau trong cơ sở dữ liệu như phân tích không gian tìm tuyến vận chuyển.

- *Quản lý chuỗi cung ứng hợp lý:* Bằng cách tự động hóa và số hóa các quy trình hậu cần, LIS nâng cao hiệu quả và khả năng hiển thị chung của các hoạt động chuỗi cung ứng. Nó cho phép phối hợp liền mạch giữa các bên liên quan khác nhau, từ nhà cung cấp đến đơn vị vận chuyển đến khách hàng, đảm bảo luồng thông tin trôi chảy và giảm thời gian giao hàng. [9, 10, 11, 12]

- *Tối ưu hóa hoạt động:* Hệ thống thông tin hậu cần giúp tối ưu hóa các hoạt động vận hành, chẳng hạn như quản lý kho, kiểm soát hàng tồn kho và hoàn thành đơn hàng. Thông qua phân tích nâng cao và thuật toán thông minh, LIS cải thiện độ chính xác của hàng tồn kho, giảm thiểu tình trạng hết hàng và tăng tỷ lệ hoàn thành đơn hàng. [9, 10, 11, 12]

- *Tiến bộ công nghệ:* LIS tận dụng các công nghệ hiện đại, bao gồm công nghệ thông tin, phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo, để thúc đẩy sự đổi mới trong hậu cần. Với sự tích hợp của các thiết bị IoT, theo dõi GPS và phân tích dự đoán, các nhà quản lý logistics có thể chủ động xác định các điểm nghẽn tiềm ẩn, giảm thiểu rủi ro và tối ưu hóa các tuyến giao hàng.

- *Giao tiếp và cộng tác nâng cao:* Quản lý logistics hiệu quả phụ thuộc rất nhiều vào giao tiếp và cộng tác liền mạch giữa các bên liên quan. LIS tạo điều kiện chia sẻ thông tin theo thời gian thực, cho phép phản hồi nhanh, phối hợp tốt hơn và cải thiện dịch vụ khách hàng.

- *Giảm chi phí:* Việc triển khai LIS có thể giúp tiết kiệm đáng kể chi phí trong các hoạt động logistics. Bằng cách tối ưu hóa các tuyến vận chuyển, giảm chi phí lưu kho, giảm thiểu lỗi thủ công và cải thiện kế hoạch nguồn lực, các nhà quản lý logistics có thể đạt được hiệu quả về chi phí trong toàn bộ chuỗi cung ứng.

3. THỰC TRẠNG HỆ THỐNG THÔNG TIN LOGISTICS TẠI VIỆT NAM

Cơ chế, chính sách của Việt Nam: Trong những năm gần đây Việt Nam đã chú trọng vào việc xây dựng và phát triển dịch vụ logistics.

Tại điều 233 Luật Thương mại năm 2005 quy định rõ về dịch vụ logistics. "Dịch vụ logistics là hoạt động thương mại, theo đó thương nhân tổ chức thực hiện một hoặc nhiều công việc bao

gồm nhận hàng, vận chuyển, lưu kho, lưu bãi, làm thủ tục hải quan, các thủ tục giấy tờ khác, tư vấn khách hàng, đóng gói bao bì, ghi ký mã hiệu, giao hàng hoặc các dịch vụ khác có liên quan đến hàng hoá theo thoả thuận với khách hàng để hưởng thù lao. Dịch vụ logistics được phiên âm theo tiếng Việt là dịch vụ lô-gi-stíc".

Ngày 03/7/2015, Thủ tướng Chính phủ ban hành quyết định số 1012/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch phát triển hệ thống trung tâm logistics trên địa bàn cả nước đến năm 2020, định hướng đến năm 2030. Theo đó miền Bắc sẽ có 07 Trung tâm logistics hạng I, hạng II và 01 Trung tâm logistics chuyên dụng gắn liền với cảng hàng không tại địa bàn các vùng, tiểu vùng và hành lang kinh tế. Miền Trung - Tây Nguyên: Hình thành và phát triển 06 Trung tâm logistics hạng I, hạng II và 01 Trung tâm logistics chuyên dụng hàng không tại địa bàn các vùng, tiểu vùng và hành lang kinh tế. Miền Nam: Hình thành và phát triển 05 trung tâm logistics hạng I, hạng II và 01 trung tâm logistics chuyên dụng hàng không tại địa bàn các vùng, tiểu vùng và hành lang kinh tế. [3]

Ngày 14/02/2017, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 200/QĐ-TTg về việc phê duyệt Kế hoạch hành động nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển dịch vụ logistics Việt Nam đến năm 2025. Kế hoạch hành động nêu rõ nhóm nhiệm vụ chủ yếu là hoàn thiện chính sách, pháp luật về dịch vụ logistics; hoàn thiện kết cấu hạ tầng logistics; nâng cao năng lực doanh nghiệp và chất lượng dịch vụ; phát triển thị trường dịch vụ logistics; đào tạo, nâng cao nhận thức và chất lượng nguồn nhân lực. [4]

Ngày 30/12/2017, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Nghị định số 163/2017/NĐ-CP quy định về kinh doanh dịch vụ logistics. Theo đó Nghị định này quy định về điều kiện kinh doanh dịch vụ logistics và giới hạn trách nhiệm đối với thương nhân kinh doanh dịch vụ logistics.

Ngày 22/02/2021, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 221/QĐ-TTg về Sửa đổi, bổ sung Quyết định số 200/QĐ-TTg về việc phê duyệt Kế hoạch hành động nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển dịch vụ logistics Việt Nam đến năm 2025. Bổ sung Lộ trình thực hiện từ năm 2020-2025, trong đó năm 2025 phải "Tổng kết, đánh giá kết quả thực hiện Kế hoạch hành động. Triển khai thực hiện Chiến lược phát triển dịch vụ logistics Việt Nam thời kỳ 2025-2035, tầm nhìn đến 2045". [5]

Chính phủ đã từng bước xây dựng khung pháp lý và chính sách phát triển dịch vụ logistics, nhiều doanh nghiệp logistics đã được thành lập và phát triển từng bước hình thành chuỗi cung ứng hàng hoá, dịch vụ tới các vùng miền trong nước và quốc tế.

Ứng dụng hệ thống thông tin trong logistics: Tính đến năm nay, hơn 30.000 doanh nghiệp đang hoạt động trong lĩnh vực logistics tại Việt Nam. Tuy nhiên số lượng doanh nghiệp có hệ thống thông tin logistics đáp ứng được nhu cầu mang lại hiệu quả cho doanh nghiệp còn rất ít, hoạt động nhỏ lẻ, không có liên kết trong nước cũng như quốc tế.

Ứng dụng hệ thống thông tin logistics Việt Nam chỉ có những tập đoàn lớn mới có: (1) Các hệ thống thông tin vào các lĩnh vực vận tải đường bộ nhằm tối ưu hóa năng lực phương tiện, hoạch định và kiểm soát tuyến đường, lịch trình, thời gian, nâng cao tỷ lệ đầy xe hàng (Grab, Be, Gojek,…); (2) Các giải pháp tự động hóa kho hàng thương mại điện tử, giao hàng chặng cuối và chuyển phát nhanh (Shopee, Lazada, Tiki,…); (3) Các hệ thống điều hành kết hợp tự động hóa sản xuất với các nguyên tắc sản xuất tinh gọn, hoạt động hiệu quả; (4) Một số nhà bán lẻ trong nước triển khai ứng dụng kết hợp giữa hệ thống thông tin - tự động hóa - trí tuệ nhân tạo trong quản lý chuỗi cung ứng từ khâu thu mua tới khâu phân phối và đến người tiêu dùng cuối cùng.

Trong các doanh nghiệp logistic nhỏ hiện nay thì việc đầu tư này chưa được chú trọng, một số những tập đoàn lớn họ tự xây dựng hệ thống thông tin cho riêng mình. Hệ thống thông tin trong logistics thể hiện khá rõ sức mạnh đối với các doanh nghiệp dẫn đầu. Với khả năng tài chính tốt, nguồn nhân lực dồi dào, các doanh nghiệp dẫn đầu đã mạnh dạn đầu tư xây dựng hệ thống thông tin logistic.

Điển hình doanh nghiệp lớn ứng dụng hệ thống thông tin logistic có Tổng công ty CP Bưu chính Viettel, doanh nghiệp này đã ứng dụng hệ thống thông tin về không gian và thuộc tính của tuyến hàng, đơn hàng… Mới đây nhất là giải pháp công nghệ trong hệ thống thông tin logistics là tích hợp Robot AGV - Matrix - Crossbelt được sử dụng tại Tổ hợp công nghệ chia chọn thông minh đầu tiên của Việt Nam, có mức tự động hóa cao nhất Việt Nam, sử dụng robot tự hành chia chọn hàng hoá (robot AGV), hệ thống chia hàng lớn (Wheel Sorter Matrix) và hệ thống chia chọn dạng băng tải (Cross-belt Sorter). [8]



Hình 2. Robot AGV tại ViettelPost (Nguồn: Internet)

Ứng dụng công nghệ thông tin tạo bộ cơ sở dữ liệu hệ thống thông tin logistic nhằm quản trị dây chuyền cung ứng trong nước, toàn cầu, đã và đang ngày càng được áp dụng rộng rãi trong kinh doanh. Thông tin được truyền càng nhanh và chính xác thì các quyết định trong hệ thống logistics càng hiệu quả.

Mức độ ứng dụng công nghệ thông tin và chuyển đổi số tại doanh nghiệp dịch vụ logistics nhỏ cũng còn nhiều hạn chế. Tỷ lệ lớn các ứng dụng công nghệ thông tin hiện đang được sử dụng tại các doanh nghiệp dịch vụ logistics nhỏ là các ứng dụng cơ bản với những chức năng riêng biệt như quản lý giao nhận, kho bãi, trao đổi dữ liệu điện tử, quản lý vận tải hay khai báo hải quan... Nguyên nhân chính là khó khăn về tài chính do chi phí để đầu tư chuyển đổi số lớn trong khi phần lớn các doanh nghiệp dịch vụ logistics Việt Nam là doanh nghiệp nhỏ với số vốn hạn chế.

Hiện nay nhiều doanh nghiệp lớn logistics vận tải sử dụng các công nghệ như hệ thống thông tin địa lý GIS và GPS để xây dựng hệ thống thông tin logistics, GIS cho phép kết hợp những nguồn dữ liệu khác như hình ảnh, bản đồ, dữ liệu địa lý, hỗ trợ thiết kế lộ trình tối ưu, giảm thiểu chi phí, phân tích các tuyến đường vận tải, cho phép các lựa chọn tuyến đường thay thế, tìm ra vị trí thuận lợi cho trung tâm logistics và kho bãi. GIS đã đóng một vai trò quan trọng không thể thiếu để hỗ trợ quy hoạch hệ thống kho hàng, trung tâm logistics, kết nối phương thức vận tải và hạ tầng giao thông, đưa ra các phương án và kế hoạch thực hiện cho tiến trình vận hành logistics. Bên cạnh hệ

thống GIS thì hệ thống định vị toàn cầu cho phép tìm kiếm chính xác vị trí của đối tượng ở bất cứ nơi đâu trên thế giới với điều kiện nhận tín hiệu vệ tinh và kết nối dữ liệu di động. Việc theo dõi chính xác vị trí phương tiện không chỉ giúp doanh nghiệp tối ưu hóa lộ trình và tiết kiệm thời gian vận chuyển, mà còn đảm bảo độ bảo mật và an toàn cho hàng hóa. Đây là công nghệ then chốt mang lại sự minh bạch trong lĩnh vực hoạt động vận tải và logistics.

Thực trạng cho thấy một số tồn tại hạn chế và thách thức cho ngành logistics như thiếu các cơ chế, chính sách tài chính khuyến khích, tạo điều kiện cũng như quy định các doanh nghiệp cần phải xây dựng hệ thống thông tin logistics theo quy định. Các hệ thống thông tin logistics cần có sự liên kết giữa các doanh nghiệp và kết nối với các thông tin về mặt không gian. Cần ứng dụng các công nghệ hiện đại vào trong việc xây dựng hệ thống thông tin logistics.

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN LOGISTICS TẠI CÁC DOANH NGHIỆP LOGISTICS

Để các doanh nghiệp logistics Việt Nam khẳng định được vai trò, vị trí trên bản đồ ngành logistics chúng ta cần:

Thứ nhất, Chính phủ tiếp tục hoàn thiện chính sách, pháp luật về dịch vụ logistics, tạo cơ sở pháp lý thuận lợi cho hoạt động logistics. Ban hành các chính sách hỗ trợ thúc đẩy ngành dịch vụ logistics phát triển. Hỗ trợ doanh nghiệp dịch vụ logistics trong việc tiếp cận các nguồn vốn trong và ngoài nước, phát triển thị trường, đào tạo, tiếp cận thông tin. Đẩy mạnh nhanh việc xây dựng các chính sách phát triển kinh tế số và thương mại điện tử (bao gồm việc hoàn thiện khung pháp lý, hỗ trợ tài chính cho doanh nghiệp, khuyến khích đầu tư, phát triển hạ tầng số, bảo vệ dữ liệu và an ninh mạng, thúc đẩy thương mại điện tử xuyên biên giới, tăng cường nghiên cứu, đầu tư phát triển công nghệ mới và chuyển đổi số) [14].

Thứ hai, hoàn thiện kết cấu hạ tầng logistics, bằng việc tiếp tục rà soát các quy hoạch, kế hoạch, đảm bảo tính đồng bộ của hạ tầng giao thông và dịch vụ vận tải với mục tiêu phát triển ngành dịch vụ logistics. Rà soát, điều chỉnh quy hoạch, cơ cấu sản xuất địa phương gắn với phát triển hạ tầng và dịch vụ logistics [13, 14].

Thứ ba, doanh nghiệp cần dành ngân sách phù hợp để đầu tư mua sắm, triển khai ứng dụng các công nghệ thông tin hiện đại và phần mềm mới cần thiết cho hệ thống thông tin logistics. Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý GIS và GPS để xây dựng hệ thống thông tin logistics. Ứng dụng công nghệ thông tin, phần mềm như tự động hóa, AI, dữ liệu lớn, robot vào logistics sẽ giúp các doanh nghiệp tối ưu hóa quy trình logistics, nâng cao hiệu quả hoạt động logistics, tăng năng suất lao động, giảm sai sót và chi phí logistics, tăng cường tính chính xác, độ tin cậy của quy trình logistics. Đồng thời tiến hành chuyển đổi số thông qua chuẩn hóa quy trình logistics và tích hợp dữ liệu. Việc bảo vệ và an toàn dữ liệu của khách hàng cũng phải được ưu tiên hàng đầu [1, 2, 6].

5. KẾT LUẬN

Việt Nam là thị trường tiềm năng cho sự phát triển của ngành logistics. Logistics đóng vai trò quan trọng, góp phần thúc đẩy sự phát triển kinh tế của Việt Nam.

Hệ thống thông tin trong logistics đóng vai trò quan trọng đối với sự thành công và phát triển bền vững của các doanh nghiệp. LIS giúp tối ưu hóa quy trình logistics, tối ưu hóa hoạt động, cải thiện việc ra quyết định, quản lý chuỗi cung ứng hợp lý, tiến bộ công nghệ cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng và tăng cường năng lực cạnh tranh.

Tại Việt Nam còn rất nhiều doanh nghiệp chưa có hệ thống thông tin logistics đáp ứng được yêu cầu nên hiệu quả kinh doanh còn thấp. Cần ứng dụng công nghệ thông tin, các hệ thống GIS, GPS và các công nghệ thông minh khác trong quá trình hình thành hệ thống thông tin logistics.

Việc ứng dụng công nghệ thông tin, các hệ thống GIS, GPS và áp dụng công nghệ cao như tự động hóa, AI, dữ liệu lớn và robot trong logistics giúp các doanh nghiệp logistics Việt Nam duy trì sự cạnh tranh mạnh mẽ trong ngành thương mại điện tử, đồng thời đáp ứng nhu cầu của khách hàng trong nước và thế giới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Công Thương, Báo cáo logistics Việt Nam 2023 - Chuyển đổi số trong logistics, NXB Công Thương.

[2]. Bộ Công Thương, Báo cáo logistics Việt Nam 2024 - Khu thương mại tự do, NXB Công Thương.

[3]. Thủ tướng Chính phủ (2015). Quyết định số 1012/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch phát triển hệ thống trung tâm logistics trên địa bàn cả nước đến năm 2020, định hướng đến năm 2030.

[4]. Thủ tướng Chính phủ (2017). Nghị định số 163/2017/NĐ-CP quy định về kinh doanh dịch vụ logistics.

[5]. Thủ tướng Chính phủ (2021). Quyết định số 221/QĐ-TTg về Sửa đổi, bổ sung quyết định số 200/QĐ-TTg về việc phê duyệt Kế hoạch hành động nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển dịch vụ logistics Việt Nam đến năm 2025.

[6]. Trần Thị Hòa, Tạp chí Khoa học Công nghệ Thông tin và Truyền thông số 01 (2023), Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong các doanh nghiệp logistics Việt Nam.

[7]. GS.TS Đặng Đình Đào, PGS.TS Trần Văn Bảo, TS Phạm Cảnh Huy, TS Đặng Thị Thúy Hồng (đồng chủ biên), Giáo trình Quản trị logistics (Dùng cho ngành Kinh tế và Quản trị kinh doanh), NXB Tài chính, 2018.

[8]. https://viettelpost.com.vn/thong-tin-bao-chi/viettel-post-khai-truong-to-hop-cong-nghe-chia-chon-thong-minh-dau-tien-cua-viet-nam/

[9]. https://vlr.vn/chuyen-doi-so-trong-quan-ly-chuoi-cung-ung-toi-uu-hoa-va-thach-thuc-20027.html

[10]. https://vlr.vn/ai-va-tu-dong-hoa-trong-quan-ly-chuoi-cung-ung-19643.html.

[11]. https://logistics.gov.vn/elogistics/thi-truong-thiet-bi-tu-dong-hoa-nganh-logistics-cua-trung-quoc-xu-huong-va-kinh-nghiem-tham-khao-cho-viet-nam.

[12]. https://logistics.gov.vn/elogistics/giai-phap-nao-thuc-day-va-nang-cao-hieu-qua-chuyen-doi-so-trong-nganh-logistics.

[13]. https://tapchitaichinh.vn/phat-trien-ha-tang-logistics-cua-viet-nam.html.

[14]. https://mof.gov.vn/webcenter/portal/ttpltc/pages_r/l/chi-tiet-tin-ttpltc?dDocName=MOFUCM195235.

[15]. https://taichinhdoanhnghiep.net.vn/hoan-thien-he-thong-thong-tin-quan-ly-hoat-dong-logistics-tai-ha-noi-d7006.html.

■Ngày nhận bài: 14/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/5/2025

Phát triển doanh nghiệp tư nhân ở Đài Loan: Bài học tham khảo và hàm ý chính sách cho Việt Nam

Private sector development in Taiwan: Policy lessons and implications for Vietnam

> TS LÊ ĐĂNG MINH
Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn (STU)

TÓM TẮT

Khu vực kinh tế tư nhân luôn được coi trọng ở hầu hết các nền kinh tế, Đài Loan cũng không phải là ngoại lệ. Bài viết đã phân tích mô hình phát triển doanh nghiệp tư nhân ở Đài Loan - một nền kinh tế thành công trong việc khuyến khích doanh nghiệp nhỏ và vừa, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và xây dựng hệ sinh thái hỗ trợ doanh nghiệp bền vững. Từ đó, bài viết đánh giá thực trạng khu vực kinh tế tư nhân tại Việt Nam, nêu rõ những hạn chế còn tồn tại và đề xuất các bài học, hàm ý chính sách phù hợp trong bối cảnh Việt Nam vừa ban hành Nghị quyết số 68-NQ/TW của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân.

Từ khóa: Doanh nghiệp tư nhân; Đài Loan; Việt Nam; phát triển kinh tế; Nghị quyết 68-NQ/TW.

ABSTRACT

The private economic sector had always been considered importantly in almost national economies, and Taiwan is not exceptional. This article analyzes Taiwan's successful model in developing private enterprises - especially SMEs - by fostering innovation and building an enabling ecosystem. It then examines the current situation of Vietnam's private sector, outlines existing constraints, and proposes relevant lessons and policy implications, especially in the context of Vietnam's newly adopted Resolution No. 68-NQ/TW on private sector development. The article contributes to the policy discourse on fostering a dynamic and competitive private sector in transitional economies.

Keywords: private enterprise, Taiwan, Vietnam, economic development, resolution 68-ND/TW.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển của khu vực doanh nghiệp tư nhân (DNTN) được xem là một trong những yếu tố then chốt thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, tạo việc làm và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Trong bối cảnh toàn cầu hóa và chuyển dịch chuỗi cung ứng, việc xây dựng một khu vực kinh tế tư nhân năng động, sáng tạo và hiệu quả càng trở nên cấp thiết.

Đài Loan là một trong những mô hình thành công đáng chú ý trong việc phát triển khu vực DNTN, đặc biệt là doanh nghiệp nhỏ và vừa (SMEs), với sự hỗ trợ mạnh mẽ từ Chính phủ, hệ sinh thái đổi mới sáng tạo và các chính sách ưu tiên công nghiệp chiến lược. Trong khi đó, Việt Nam đang đặt mục tiêu nâng tỷ trọng kinh tế tư nhân trong GDP lên 60-65% vào năm 2030 theo Nghị quyết số 68-NQ/TW. Do đó, việc nghiên cứu mô hình Đài Loan sẽ giúp Việt Nam rút ra các bài học có giá trị trong quá trình hiện thực hóa mục tiêu trên.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VÀ PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

2.1. Cơ sở lý thuyết

Kinh tế tư nhân được xem là một cấu phần thiết yếu trong nền kinh tế thị trường hiện đại. Theo lý thuyết thể chế (institutional theory), sự phát triển của DNTN không chỉ phụ thuộc vào nguồn lực nội tại của doanh nghiệp mà còn bị chi phối mạnh mẽ bởi các thể chế chính trị, pháp luật và cấu trúc khuyến khích trong môi trường kinh doanh (North, 1990). Lý thuyết tăng trưởng nội sinh (endogenous growth theory) cũng chỉ ra rằng đổi mới sáng tạo và tích lũy tri thức - thường khởi phát từ khu vực tư nhân - là yếu tố quyết định tăng trưởng dài hạn (Romer, 1986).

Ngoài ra, các lý thuyết về mạng lưới công nghiệp (industrial clusters) và hệ sinh thái đổi mới (innovation ecosystem) cho thấy vai trò của các mối liên kết giữa doanh nghiệp - nhà nước - viện nghiên cứu trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh. Mô hình Đài Loan là một minh chứng sinh động cho sự kết hợp hiệu quả giữa thể chế định hướng và doanh nghiệp năng động trong phát triển khu vực tư nhân.

2.2. Tổng quan nghiên cứu

Nhiều công trình nghiên cứu quốc tế đã làm rõ vai trò của khu vực tư nhân trong tăng trưởng và chuyển đổi cơ cấu kinh tế ở các quốc gia đang phát triển (WB, 2018; ADB, 2022). Các nghiên cứu về Đông Á cho thấy mô hình hỗ trợ doanh nghiệp nhỏ và vừa (DNNVV), xây dựng cụm công nghiệp và chính sách công nghệ phù hợp là chìa khóa thành công (Lin, 2019).

Riêng với Đài Loan, nhiều học giả nhấn mạnh vai trò của các doanh nghiệp gia đình quy mô vừa và nhỏ, được hỗ trợ bởi một hệ sinh thái khởi nghiệp và chính sách R&D tích cực (Wade, 1990; Mathews, 2007). Các nghiên cứu cũng cho rằng sự điều phối linh hoạt của Nhà nước - thông qua tổ chức như Viện Nghiên cứu Công nghệ Công nghiệp (Industrial Technology Research Institute, ITRI) - đã giúp khu vực tư nhân vượt qua giới hạn về quy mô để tham gia vào chuỗi giá trị toàn cầu.

Tại Việt Nam, có một số nghiên cứu đề cập đến thực trạng DNTN nhưng chủ yếu tập trung ở góc độ chính sách hoặc thống kê mô tả (CIEM, 2023; Ngọc An, 2025; Lê Đăng Minh, 2023). Việc tiếp cận so sánh hệ thống với một trường hợp thành công như Đài Loan còn tương đối ít. Do đó, bài viết này đóng góp bằng cách đặt Việt Nam trong bối cảnh Đông Á, từ đó rút ra các bài học chính sách thiết thực.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Bài viết sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính kết hợp với phân tích so sánh. Dữ liệu chủ yếu được thu thập từ nguồn thứ cấp: Các báo cáo của các tổ chức quốc tế (WB, ADB, IMF), các văn bản chính sách của Chính phủ Việt Nam và Đài Loan, các công trình học thuật và cơ sở dữ liệu từ CIEM, Tổng cục Thống kê,...

Trường hợp Đài Loan được chọn làm điển cứu (case study) do lãnh thổ này có nhiều tính tương đồng với Việt Nam. Bài viết so sánh và đối chiếu các yếu tố về thể chế, tài chính, đào tạo nguồn nhân lực, đổi mới sáng tạo và văn hóa kinh doanh giữa hai nước.

Thông qua việc tổng hợp dữ liệu và phân tích chính sách, bài viết đề xuất một số gợi ý cho Việt Nam trong bối cảnh thực hiện Nghị quyết số 68-NQ/TW năm 2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân.

3. KINH NGHIỆM PHÁT TRIỂN DOANH NGHIỆP TƯ NHÂN TẠI ĐÀI LOAN

Đài Loan được xem là một hình mẫu điển hình về phát triển DNTN thành công ở châu Á. Không sở hữu nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú, nhưng nhờ chiến lược phát triển kinh tế dựa trên khu vực tư nhân năng động, Đài Loan đã vươn lên trở thành một trong những nền kinh tế công nghiệp hóa mới (NIEs) tiêu biểu. Trọng tâm chiến lược của Đài Loan không chỉ nằm ở việc nuôi dưỡng DNNVV, mà còn ở sự kết hợp hiệu quả giữa nhà nước kiến tạo, giáo dục kỹ thuật và hệ sinh thái đổi mới sáng tạo.

3.1. Chính sách nhà nước hỗ trợ doanh nghiệp tư nhân

Ngay từ thập niên 1960, Đài Loan đã triển khai các chương trình cải cách nhằm tạo ra môi trường kinh doanh thân thiện cho khu vực tư nhân. Trong đó, vai trò của Nhà nước không phải là "chủ đầu tư lớn nhất" mà là "người định hướng thị trường và tạo điều kiện". Nhà nước chủ động thiết lập các khu công nghiệp, cung cấp hạ tầng cơ bản, bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ, cải cách thủ tục hành chính và hỗ trợ tiếp cận tín dụng thông qua các ngân hàng chuyên biệt và quỹ bảo lãnh tín dụng cho DNNVV.

Quan trọng hơn, Đài Loan áp dụng chiến lược "chuyên môn hóa và linh hoạt", khuyến khích hình thành các cụm DNNVV, gắn kết chặt chẽ với nhau trong mạng lưới sản xuất phi tập trung. Điều này giúp DNTN phát triển dựa trên sự phối hợp thay vì cạnh tranh tiêu cực, đồng thời thích ứng nhanh với thay đổi thị trường toàn cầu.

3.2. Phát triển nguồn nhân lực và liên kết giữa giới nghiên cứu và thực tiễn

Một đặc điểm nổi bật trong thành công của khu vực DNTN Đài Loan là nền tảng giáo dục kỹ thuật và liên kết chặt chẽ giữa doanh nghiệp với các viện nghiên cứu - trường đại học. Hệ thống đào tạo kỹ thuật - dạy nghề được Chính phủ đầu tư đồng bộ từ cấp trung học đến đại học, giúp hình thành lực lượng lao động có kỹ năng cao phù hợp với nhu cầu sản xuất công nghiệp và công nghệ cao.

Chẳng hạn, ITRI đóng vai trò trung gian kết nối giữa khu vực nghiên cứu và doanh nghiệp, cung cấp các dịch vụ chuyển giao công nghệ, tư vấn đổi mới sáng tạo, và vườn ươm doanh nghiệp. Nhiều doanh nghiệp lớn tại Đài Loan như TSMC, Acer, Foxconn đã phát triển từ các chương trình hỗ trợ khởi nghiệp có sự tham gia của viện/trường và Chính phủ.

3.3. Văn hóa doanh nghiệp và tinh thần khởi nghiệp

Đài Loan sở hữu một văn hóa kinh doanh đề cao tính cộng đồng, sự cần cù, và tinh thần tự lực. Các doanh nghiệp gia đình tuy chiếm tỷ lệ cao, nhưng luôn hướng tới chuẩn hóa mô hình quản trị, chuyên nghiệp hóa đội ngũ, và có chiến lược kế thừa rõ ràng. Hệ thống hỗ trợ khởi nghiệp tại Đài Loan cũng được đánh giá cao, với nhiều vườn ươm công nghệ, chính sách thuế ưu đãi, và sự hiện diện của các quỹ đầu tư mạo hiểm trong và ngoài nước.

3.4. Một số thách thức và điều chỉnh chính sách gần đây

Mặc dù đã đạt nhiều thành tựu, Đài Loan cũng đối mặt với một số thách thức như thiếu lao động trẻ, chi phí sản xuất tăng, và cạnh tranh khốc liệt từ Trung Quốc đại lục. Để đối phó, *một mặt*, Đài Loan đã thúc đẩy mạnh mẽ chiến lược "Go South - Hướng Nam" - khuyến khích doanh nghiệp tư nhân mở rộng đầu tư sang Đông Nam Á, nhằm đa dạng hóa thị trường, giảm phụ thuộc vào Trung Quốc, đồng thời quốc tế hóa năng lực của khu vực tư nhân trong môi trường cạnh tranh toàn cầu. *Thứ hai và quan trọng nhất là*, Đài Loan đã chuyển hướng sang hỗ trợ doanh nghiệp đổi mới sáng tạo và tự động hóa, thúc đẩy phát triển các ngành công nghiệp chiến lược như bán dẫn, y sinh, trí tuệ nhân tạo, năng lượng sạch. Các chương trình như "5+2 Innovative Industries" và chính sách về "Thành phố thông minh" giúp DNTN mở rộng sang các lĩnh vực giá trị gia tăng cao, tránh bị mắc kẹt trong mô hình sản xuất gia công truyền thống.

Tổng thể, kinh nghiệm Đài Loan cho thấy rằng, phát triển khu vực tư nhân bền vững cần kết hợp giữa thể chế chính sách minh bạch, nền tảng giáo dục chất lượng, liên kết nghiên cứu - doanh nghiệp, và sự dẫn dắt chiến lược của nhà nước. Đây là những bài học sâu sắc mà Việt Nam có thể cân nhắc trong quá trình hoạch định và triển khai chính sách phát triển DNTN trong thời gian tới.

4. THỰC TRẠNG DOANH NGHIỆP TƯ NHÂN TẠI VIỆT NAM

Trong gần bốn thập niên đổi mới, khu vực DNTN tại Việt Nam đã có bước phát triển đáng kể, đóng vai trò ngày càng lớn trong nền kinh tế quốc dân. Theo số liệu từ Tổng cục Thống kê (2024), đến cuối năm 2023, cả nước có hơn 900.000 doanh nghiệp đang hoạt động, trong đó trên 96% là doanh nghiệp ngoài quốc doanh, chủ yếu thuộc khu vực tư nhân. Những con số này phản ánh sự lớn mạnh về lượng, tuy nhiên, khi xem xét về chất - tức năng lực cạnh tranh, năng suất lao động, đổi mới sáng tạo - thì DNTN Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế so với yêu cầu phát triển kinh tế hiện đại.

Trước hết, quy mô của phần lớn DNTN còn nhỏ và siêu nhỏ, dẫn đến khả năng tích lũy, đầu tư dài hạn và ứng dụng công nghệ còn thấp. Theo báo cáo của Ngân hàng Thế giới (2023), năng suất lao động của khu vực tư nhân thấp hơn nhiều so với doanh nghiệp thuộc khu vực FDI và DNNN, và chỉ khoảng 12% doanh nghiệp có hoạt động R&D, so với hơn 35% ở Đài Loan. Tình trạng manh mún, thiếu liên kết giữa các doanh nghiệp cùng ngành cũng hạn chế khả năng tham gia sâu vào chuỗi giá trị toàn cầu.

Thứ hai, thể chế kinh doanh vẫn còn bất cập, môi trường đầu tư thiếu minh bạch, chi phí không chính thức cao là những rào cản lớn đối với sự phát triển bền vững của DNTN. Trong nhiều khảo sát như PCI và VCCI gần đây, không ít doanh nghiệp phản ánh về tình trạng bị phân biệt đối xử, đặc biệt trong tiếp cận đất đai, tín dụng và các ưu đãi phát triển.

Mặt khác, năng lực quản trị, đặc biệt là khả năng số hóa và chuyển đổi mô hình kinh doanh của nhiều DNTN còn hạn chế. Đây là điểm yếu lớn trong bối cảnh chuyển đổi số và xu hướng thương mại điện tử đang ngày càng chi phối chuỗi cung ứng toàn cầu.

Tuy nhiên, một điểm sáng chính sách gần đây là việc Bộ Chính trị ban hành Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025), lần đầu tiên xác định rõ kinh tế tư nhân là "một động lực quan trọng nhất" của nền kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa. Nghị quyết này không chỉ đề cập đến mục tiêu về mặt lượng - nâng tỷ trọng đóng góp GDP lên 60-65% đến năm 2030 - mà còn nhấn mạnh yêu cầu nâng cao chất lượng, hiệu quả, năng lực cạnh tranh và khả năng hội nhập quốc tế của khu vực tư nhân. Đây là cơ sở chính trị - pháp lý quan trọng để thúc đẩy cải cách thể chế, định hướng lại chính sách hỗ trợ, và tạo môi trường thuận lợi cho sự phát triển của DNTN.

5. BÀI HỌC TỪ ĐÀI LOAN VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH CHO VIỆT NAM

Mô hình phát triển DNTN của Đài Loan mang lại nhiều giá trị tham khảo cho Việt Nam, không chỉ bởi những thành tựu ấn tượng trong công nghiệp hóa, mà còn vì giữa hai nền kinh tế tồn tại nhiều điểm tương đồng đáng chú ý.

Thứ nhất, cả hai quốc gia đều là các nền kinh tế Đông Á có xuất phát điểm từ nông nghiệp, từng trải qua chiến tranh, thiếu hụt vốn và công nghệ, và buộc phải tìm hướng đi phát triển dựa vào khu vực tư nhân và xuất khẩu.

Thứ hai, khu vực DNNVV chiếm tỷ trọng áp đảo trong cơ cấu doanh nghiệp của cả hai nước: tại Đài Loan, con số này là 97,6%, còn ở Việt Nam là trên 96%. Điều này khiến các vấn đề như thiếu năng lực quản trị, khó tiếp cận tài chính, và hạn chế đổi mới sáng tạo trở thành bài toán chung.

Thứ ba, cả hai nền kinh tế đều lựa chọn hội nhập quốc tế làm động lực phát triển. Đài Loan đã tận dụng tốt quan hệ với Mỹ, Nhật Bản để thúc đẩy chuyển giao công nghệ và nâng cấp chuỗi giá trị, trong khi Việt Nam đang tích cực tham gia các hiệp định thương mại tự do thế hệ mới như CPTPP, EVFTA và RCEP.

Thứ tư, về mặt thể chế, cả Việt Nam và Đài Loan đều từng, và đang, đối mặt với những rào cản về môi trường kinh doanh, chất lượng thể chế và năng lực thực thi chính sách. Tuy nhiên, Đài Loan đã sớm có những cải cách mạnh mẽ trong thiết kế chính sách hỗ trợ doanh nghiệp, thúc đẩy đổi mới sáng tạo, và khuyến khích tinh thần khởi nghiệp - những điều mà Việt Nam có thể tham khảo, nhất là trong bối cảnh Nghị quyết 68-NQ/TW (2025) xác định phát triển kinh tế tư nhân là một động lực quan trọng nhất của nền kinh tế.

Từ các điểm tương đồng trên, có thể thấy rằng kinh nghiệm của Đài Loan không chỉ mang tính lý thuyết mà còn có giá trị thực tiễn cao trong hoạch định chính sách phát triển DNTN tại Việt Nam trong giai đoạn tới

5.1. Bài học từ Đài Loan

Sự phát triển mạnh mẽ và bền vững của khu vực tư nhân tại Đài Loan mang đến nhiều bài học có giá trị thực tiễn cho Việt Nam trong bối cảnh Đảng và Nhà nước đang thúc đẩy vai trò của khu vực kinh tế tư nhân như một động lực quan trọng nhất của nền kinh tế theo Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025).

Thứ nhất, Đài Loan đã xây dựng hệ sinh thái hỗ trợ DNTN rất bài bản, với các thể chế minh bạch, đơn giản hóa thủ tục hành chính, và cung cấp nền tảng pháp lý ổn định cho hoạt động kinh doanh. Điều này tạo niềm tin và động lực để khu vực tư nhân phát triển dài hạn (SMEA, 2023).

Thứ hai, quốc gia này chú trọng phát triển các doanh nghiệp nhỏ và vừa (SMEs) có khả năng đổi mới sáng tạo, tham gia sâu vào chuỗi giá trị toàn cầu, đặc biệt trong lĩnh vực công nghệ cao và công nghiệp hỗ trợ. Theo SMEA (2023), khoảng 97,6% tổng số doanh nghiệp ở Đài Loan là SMEs, đóng góp 45% GDP và tạo việc làm cho hơn 8 triệu lao động.

Thứ ba, vai trò của nhà nước trong thúc đẩy đổi mới sáng tạo được thể hiện qua các chính sách tài chính, thuế, tín dụng ưu đãi và hỗ trợ kỹ thuật cho DNTN. Mô hình "vườn ươm đổi mới" và sự liên kết chặt chẽ giữa nhà nước - doanh nghiệp - viện nghiên cứu là yếu tố then chốt giúp DNTN Đài Loan phát triển vượt bậc (ADB, 2022).

Cuối cùng, văn hóa khởi nghiệp và giáo dục doanh nhân được tích hợp trong chương trình giáo dục phổ thông và đại học, từ đó hình thành nền tảng tư duy kinh doanh sớm cho thế hệ trẻ (Asc, 2008).

5.2. Hàm ý chính sách cho Việt Nam

Việt Nam và Đài Loan, ngoài những điểm tương đồng như đã nêu, còn có những điểm khá giống nhau như: quy mô dân số trung bình, lịch sử phát triển kinh tế dựa vào công nghiệp nhẹ và xuất khẩu, văn hóa khởi nghiệp từ nền tảng gia đình. Do đó, các bài học từ Đài Loan có thể được tham khảo và vận dụng một cách linh hoạt trong quá trình hoạch định chính sách tại Việt Nam.

Một là, cần tiếp tục hoàn thiện thể chế, đặc biệt trong cải cách thủ tục hành chính, xây dựng môi trường kinh doanh ổn định, công bằng giữa các khu vực kinh tế. Việc hiện thực hóa các mục tiêu của Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025) đòi hỏi cam kết mạnh mẽ từ cả trung ương đến địa phương.

Một trong những thách thức đáng kể mà khu vực DNTN Việt Nam hiện nay đang phải đối mặt là tình trạng tư bản thân hữu - hiện tượng một số DNTN lớn có mối quan hệ chặt chẽ với các quan chức nhà nước, từ đó được ưu ái trong tiếp cận đất đai, tín dụng, chính sách thuế hoặc các dự án đầu tư công. Tình trạng này không chỉ tạo ra sự bất bình đẳng trong cạnh tranh, mà còn làm xói mòn lòng tin vào thể chế, cản trở các doanh nghiệp thực lực và đổi mới sáng tạo phát triển.

Kinh nghiệm từ Đài Loan cho thấy, dù từng tồn tại tình trạng thân hữu trong giai đoạn đầu phát triển, nhưng nước này đã nhanh chóng áp dụng các cải cách thể chế minh bạch, xây dựng các thiết chế giám sát độc lập và đảm bảo công bằng trong tiếp cận nguồn lực. Đặc biệt, các DNTN Đài Loan phát triển được là nhờ cơ chế cạnh tranh mở, sự tách bạch rõ ràng giữa kinh tế và chính trị, và một hệ thống pháp luật nghiêm minh, không dung dưỡng cho đặc quyền, đặc lợi.

Từ đó, Việt Nam cần xây dựng một môi trường thể chế minh bạch, giảm thiểu cơ hội hình thành quan hệ "móc ngoặc" giữa khu vực tư nhân và quan chức nhà nước. Các chính sách cần được hoặc định theo hướng thúc đẩy:

- Cạnh tranh công bằng thông qua cải cách đấu thầu, cấp phép, và tiếp cận đất đai.
- Nâng cao tính minh bạch và trách nhiệm giải trình của cơ quan quản lý.
- Bảo vệ DNNVV thực lực trước tình trạng thao túng chính sách bởi các nhóm lợi ích.

Đây là điều kiện tiên quyết để DNTN Việt Nam phát triển thực chất, bền vững và đóng vai trò chủ đạo trong nền kinh tế, như tinh thần Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025) của Bộ Chính trị đã nhấn mạnh.

Hai là, xây dựng chiến lược phát triển DNNVV theo hướng chuyên sâu, hỗ trợ chuyển đổi số, đổi mới sáng tạo và tham gia chuỗi giá trị toàn cầu. Cần thành lập các quỹ hỗ trợ đổi mới sáng tạo cho DNTN, học tập mô hình tài trợ từ các cơ quan như SMEA hoặc Chương trình Tăng tốc Đổi mới của Đài Loan (WB, 2023).

Ba là, thúc đẩy hợp tác nhà nước - doanh nghiệp - trường đại học nhằm phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, hỗ trợ nghiên cứu ứng dụng và thương mại hóa sáng chế. Đây là nhân tố cốt lõi để DNTN Việt Nam nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển bền vững.

Bốn là, thiết kế hệ thống giáo dục thúc đẩy tinh thần khởi nghiệp, tăng cường đào tạo kỹ năng mềm và quản trị kinh doanh cho các nhà sáng lập trẻ.

Cuối cùng, Chính phủ cần giữ vai trò định hướng, tạo không gian phát triển bình đẳng cho DNTN nhưng không can thiệp sâu vào thị trường, dứt khoát loại bỏ tư duy không quản được thì cấm như Tổng Bí thư Tô Lâm đã yêu cầu: "*Để đất nước vươn mình phát triển mạnh mẽ, chúng ta dứt khoát nói không với bất cứ hạn chế, bất cập nào trong thể chế, pháp luật; không thỏa hiệp với bất kỳ yếu kém nào trong thiết kế chính sách, soạn thảo pháp luật, hay tổ chức thực thi*" (Vũ Tuân, 2025). Và, mô hình "nhà nước kiến tạo phát triển" như tại Đài Loan là một gợi ý phù hợp trong điều kiện Việt Nam hiện nay.

6. KẾT LUẬN

Sự phát triển của khu vực DNTN đóng vai trò quyết định trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập kinh tế quốc tế của các nền kinh tế đang phát triển như Việt Nam. Nghiên cứu này cho thấy, Đài Loan là một điển hình thành công trong việc xây dựng môi trường thể chế, hạ tầng công nghệ, và hệ sinh thái đổi mới sáng tạo để thúc đẩy DNTN phát triển bền vững và hiệu quả. Mô hình Đài Loan đặc biệt nổi bật nhờ vào vai trò định hướng chiến lược của nhà nước, sự liên kết chặt chẽ giữa viện nghiên cứu - doanh nghiệp - giáo dục, cùng văn hóa kinh doanh linh hoạt và sáng tạo.

Từ những bài học kinh nghiệm của Đài Loan, bài viết đã phân tích sâu về thực trạng phát triển DNTN tại Việt Nam, đồng thời chỉ ra các điểm nghẽn lớn như quy mô nhỏ, thiếu liên kết chuỗi, năng suất thấp và môi trường kinh doanh còn nhiều rào cản. Trong bối cảnh Việt Nam đang thực hiện Nghị quyết số 68-NQ/TW của Bộ Chính trị với mục tiêu đưa khu vực tư nhân trở thành một động lực quan trọng nhất của nền kinh tế, việc học hỏi kinh nghiệm quốc tế một cách có chọn lọc và phù hợp với điều kiện trong nước là cần thiết.

Bài viết đề xuất một số hàm ý chính sách như: Củng cố thể chế minh bạch, khuyến khích đổi mới sáng tạo, phát triển các cụm doanh nghiệp, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và xây dựng các liên kết chiến lược giữa nhà nước, doanh nghiệp và hệ thống giáo dục - đào tạo. Những định hướng này không chỉ giúp nâng cao năng lực cạnh tranh của DNTN mà còn tạo nền tảng vững chắc cho sự chuyển dịch mô hình tăng trưởng của Việt Nam trong kỷ nguyên kinh tế số - kỷ nguyên vươn mình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Acs, Z. J., Desai, S., Jolanda Hessels, J. (2008). Entrepreneurship, economic development and institutions. Small Business Economics, volume 31, pp. 219 - 234.

[2]. ADB (2022). Asia Small and Medium-sized Enterprise Monitor Volume I: Country and Regional Reviews. Asean Development Bank.

[3]. Ngọc An (2025). Khơi thông các điểm nghẽn thể chế, thúc đẩy tinh thần kinh doanh để kinh tế tư nhân phát triển. Truy cập tại: https://tuoitre.vn/chinh-phu-ban-thao-giai-phap-de-dua-kinh-te-tu-nhan-la-dong-luc-quan-trong-nhat-20250315134418019.htm, cập nhật ngày 15/3.

[4]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2023) (2024). Sách trắng Doanh nghiệp Việt Nam năm 2023, 2024. NXB Thống kê.

[5]. Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam (2025). Nghị quyết số 68-NQ/TW của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân. Truy cập tại: https://tulieuvankien.dangcongsan.vn/he-thong-van-ban/van-ban-cua-dang/nghi-quyet-so-68-nqtw-ngay-452025-cua-bo-chinh-tri-ve-phat-trien-kinh-te-tu-nhan-11562, cập nhật ngày 11/5.

[6]. Lin, J. Y. (2019). The China Miracle and the East Asian Model: Policies, Lessons and Implications. World Scientific Publishing.

[7]. Mathews, J. A., & Hu, M. C. (2007). Enhancing the Role of Universities in Building National Innovative Capacity in Asia: The Case of Taiwan. World Development, 35(6), pp. 1005-1020.

[8]. Lê Đăng Minh (2023). Kinh tế tư nhân ở Việt Nam hiện nay: Thực trạng, vấn đề và giải pháp. Tạp chí Nghiên cứu Kinh tế, số 1, tr. 37-47.

[9]. North, D. C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge University Press.

[10]. Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. Journal of Political Economy, 94(5), pp. 1002-1037.

[11]. Small and Medium Enterprise Administration (SMEA), Ministry of Economic Affairs (2023). White Paper on Small and Medium Enterprises in Taiwan. Truy cập tại: https://eng.smea.gov.tw, ngày cập nhật 11/5.

[12]. Vũ Tuân (2025). Tổng Bí thư: Dứt khoát bỏ tư duy không quản được thì cấm. Truy cập tại: https://vnexpress.net/tong-bi-thu-dut-khoat-bo-tu-duy-khong-quan-duoc-thi-cam-4881453.html, ngày cập nhật 4/5.

[13]. Viện nghiên cứu quản lý kinh tế Trung ương (CIEM) (2023). Báo cáo kinh tế thường niên doanh nghiệp tư nhân Việt Nam. Trung tâm Thông tin và Dự báo Kinh tế - Xã hội Quốc gia.

[14]. Wade, R. (1990). Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization. Princeton University Press.

[15]. WB (2023). Doing Business in Vietnam 2023: Understanding Regulations for SMEs. Washington, D.C.: World Bank Publications.

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 21/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2025

Nghiên cứu ứng dụng mô hình BIM phục vụ quản lý dự án trong quá trình thi công công trình giao thông

Research on the Application of BIM in Project Management during the Construction Phase of Transportation Projects

> PHẠM THỊ VÂN[1], PHẠM TIẾN DŨNG[2], HOÀNG TÙNG[1], NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG[1]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải
[2]Ban quản lý Công trình Giao thông 2

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực xây dựng, công tác quản lý dự án thi công công trình giao thông thường phải đối mặt với nhiều thách thức, rủi ro ảnh hưởng đến chi phí, chất lượng và tiến độ của dự án. Bài báo tập trung nghiên cứu ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý dự án xây dựng, với trọng tâm là giai đoạn thi công các công trình giao thông. Việc ứng dụng BIM mang lại lợi ích trong việc đồng bộ hóa dữ liệu, tối ưu hóa các yếu tố về tiến độ, ngân sách và chất lượng công trình, đồng thời hạn chế rủi ro và nâng cao hiệu suất phối hợp. Nghiên cứu đưa ra đề xuất về quy trình, giải pháp thực thi BIM phù hợp với bối cảnh Việt Nam, hướng tới mục tiêu thúc đẩy quá trình số hóa và phát triển bền vững trong lĩnh vực xây dựng.

Từ khóa: Mô hình thông tin công trình (BIM); môi trường dữ liệu chung (CDE); quản lý dự án; ứng dụng mô hình BIM,...

ABSTRACT

In the construction industry, project management in the execution of transportation infrastructure projects faces numerous challenges and risks that impact cost, quality, and schedule. This study focuses on the application of Building Information Modeling (BIM) in construction project management, with an emphasis on the execution phase of transportation projects. The implementation of BIM offers benefits such as data synchronization, optimization of schedule, budget, and quality factors, while also mitigating risks and enhancing coordination efficiency. The study proposes processes and implementation solutions for BIM that are suitable for the Vietnamese context, aiming to promote digitalization and sustainable development in the construction industry.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); common Data environment (CDE); project management; BIM applications,...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc cách mạng số hóa đang tạo ra những thay đổi sâu sắc trong lĩnh vực xây dựng, với BIM đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao năng suất và tính bền vững của các công trình. BIM được xem như một hệ thống tổng thể để quản lý thông tin xuyên suốt quá trình phát triển dự án, vượt xa khỏi phạm vi một công cụ thiết kế đơn thuần. Dù đã được triển khai thành công trong nhiều dự án cơ sở hạ tầng trên thế giới, việc ứng dụng BIM tại Việt Nam còn khá hạn chế, chủ yếu tập trung vào khâu thiết kế. Những thách thức gồm nguồn nhân lực có chuyên môn còn thiếu, vấn đề chi phí đầu tư cao, chưa có quy chuẩn thống nhất, tâm lý ngại thay đổi,... Đối với các công trình giao thông, sự kết nối chặt chẽ giữa các giai đoạn thiết kế, thi công và vận hành là yếu tố quan trọng. Việc tích hợp BIM vào quản lý thi công sẽ mang lại những lợi ích đáng kể về mặt tiến độ, ngân sách và chất lượng công trình, đồng thời hạn chế rủi ro và thúc đẩy sự phát triển bền vững của hệ thống giao thông.

2. THỰC TRẠNG ỨNG DỤNG BIM

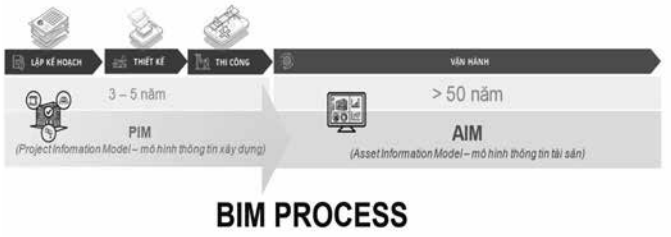
2.1. Khái niệm và tầm quan trọng của BIM trong quản lý dự án

Ngành Xây dựng đang trải qua quá trình chuyển đổi mạnh mẽ, vượt xa các phương pháp truyền thống và áp dụng các công nghệ tiên tiến để cung cấp các dự án hiệu quả, bền vững và tiết kiệm chi phí hơn. Trọng tâm của cuộc cách mạng này nằm ở các yếu tố chính: Mô hình thông tin công trình (BIM), Open BIM, Quản lý dự án và Xây dựng. Mặc dù những khái niệm này có vẻ khác biệt nhưng chúng đan xen một cách phức tạp, tạo thành một sức mạnh tổng hợp mạnh mẽ thúc đẩy việc hoàn thành dự án thành công.

Theo Ủy ban Dự án Tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ đã định nghĩa về BIM như sau: Mô hình thông tin xây dựng (BIM) là một biểu diễn

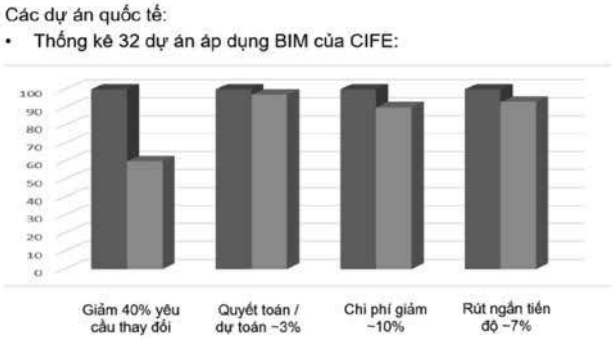
kỹ thuật số của các đặc điểm về mặt vật lý và công năng của một tiện ích (công trình). Một mô hình BIM là nguồn thông tin chung để thu thập thông tin về một công trình, tạo nên một cơ sở đáng tin cậy cho quyết định trong suốt vòng đời của nó; từ giai đoạn sơ bộ ban đầu cho đến giai đoạn phá hủy. [1]

Tại Việt Nam, theo Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 khái niệm BIM được hiểu là "Việc sử dụng các tiến bộ của công nghệ thông tin để số hoá các thông tin của công trình thể hiện thông qua mô hình không gian ba chiều (3D) nhằm hỗ trợ quá trình thiết kế, thi công, quản lý vận hành công trình" [2].

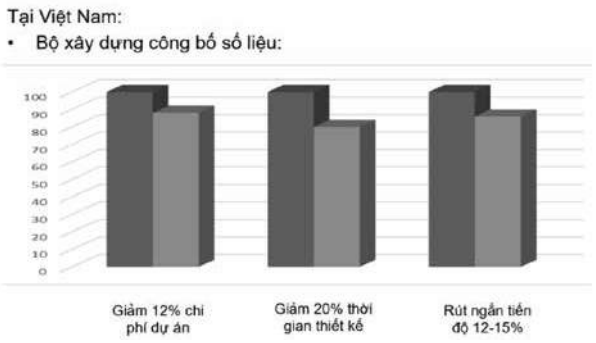


Hình 1. Tiến trình BIM

BIM giúp dự báo rủi ro, phân tích các xung đột trong thiết kế trước khi thi công, từ đó giảm thiểu các sai sót và sự chậm trễ trong quá trình thi công. Thêm vào đó, BIM cho phép các nhà thầu và các bên liên quan kiểm soát tiến độ và chất lượng công trình, giúp dự án đi đúng hướng về mặt chi phí và thời gian.



Hình 2. Thống kê 32 dự án áp dụng BIM của CIFE



Hình 3. Thống kê hiệu quả áp dụng BIM tại Việt Nam

2.2. Hiện trạng ứng dụng BIM trong quản lý dự án thi công công trình giao thông trên thế giới và tại Việt Nam

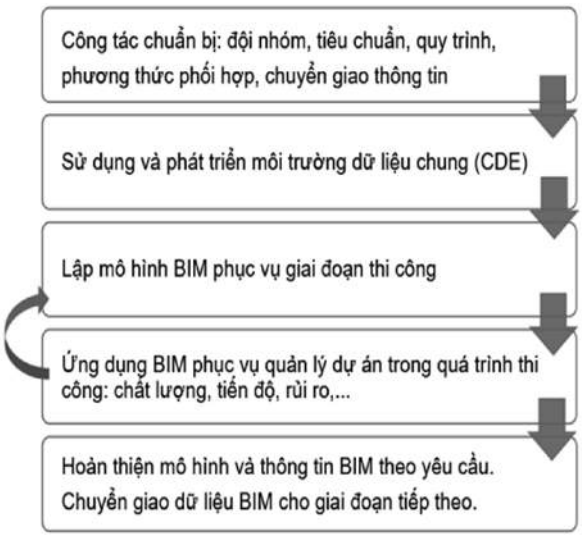
Trên thế giới, BIM đã được áp dụng thành công trong nhiều dự án lớn, đặc biệt trong các công trình hạ tầng giao thông như cầu, đường, và các dự án công cộng quy mô lớn. Các nghiên cứu chỉ ra rằng việc áp dụng BIM giúp giảm thiểu các sai sót trong thiết kế, giảm thời gian thi công, và tối ưu hóa chi phí. Ví dụ, ở nhiều nước phát triển triển như Nhật Bản, Anh, Mỹ..., BIM đã trở thành công cụ chủ yếu trong việc quản lý dự án xây dựng công trình cầu và đường. Chính phủ các nước này đã đưa ra các chính sách bắt buộc áp dụng BIM đối với các dự án công cộng. ISO 19650-1:2018 định nghĩa BIM như sau: Sử dụng biểu diễn kỹ thuật số chung của một sản phẩm xây dựng để hỗ trợ quá trình thiết kế, thi công và vận hành để tạo nên một cơ sở đáng tin cậy để đưa ra quyết định.[3] Quy chuẩn này bao gồm tất cả các nguyên tắc và yêu cầu cấp và phù hợp với các tiêu chuẩn về quản lý thông tin sử dụng mô hình BIM. Trong thập kỷ qua, số lượng tài liệu hướng dẫn BIM đã tăng theo cấp số nhân ở giai đoạn đầu của nghiên cứu. Theo BuildingSmart, tính đến năm 2021, đã có 126 tài liệu về BIM được công bố. [4]

Tại Việt Nam, Bộ Xây dựng đã ban hành các văn bản pháp lý về BIM như Quyết định 2500/QĐ-TTg (2016), Thông tư số 01/2023/TT-BXD (Bộ Xây dựng), Quyết định 258/QĐ-BXD (2019), Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/04/2021 về việc Công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM),...[2]. Mặc dù đã có sự quan tâm và khuyến khích từ Chính phủ, nhưng việc ứng dụng BIM vẫn còn hạn chế. Các dự án BIM tại Việt Nam tập trung chủ yếu vào giai đoạn thiết kế, trong khi ứng dụng vào thi công và vận hành vẫn chưa phát huy hết tiềm năng. Những thách thức như thiếu hụt nhân lực có chuyên môn về BIM, chi phí đầu tư cho các công cụ và phần mềm, cùng với sự thiếu đồng bộ trong quy chuẩn kỹ thuật là những vấn đề cần giải quyết.

3. NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ỨNG DỤNG BIM. ĐỀ XUẤT NHÓM GIẢI PHÁP, PHƯƠNG ÁN BIM PHỤC VỤ QUẢN LÝ DỰ ÁN TRONG THI CÔNG CÔNG TRÌNH TẠI VIỆT NAM

Một số giải pháp để triển khai BIM hiệu quả trong quản lý thi công công trình bao gồm:

- Xây dựng quy trình triển khai BIM: Việc xây dựng quy trình triển khai BIM trong các giai đoạn của dự án, từ thiết kế đến thi công và vận hành là cấp thiết. Quy trình cần đảm bảo sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan thông qua việc sử dụng Môi trường Dữ liệu chung (CDE) để nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng, tiến độ, rủi ro,...



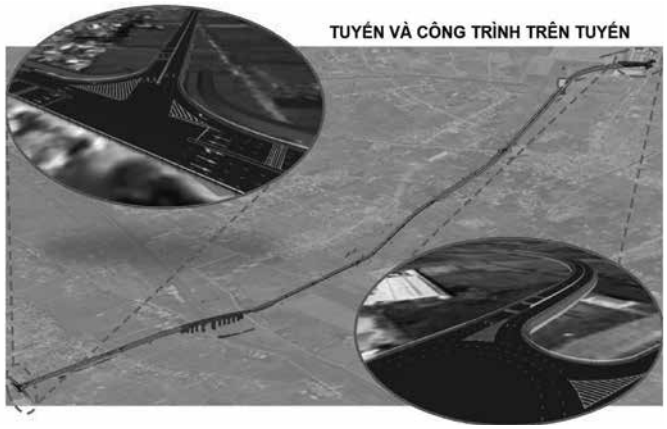
Hình 4. Quy trình triển khai BIM phục vụ quản lý thi công dự án

Dựa trên các văn bản pháp quy về BIM kết hợp với việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ chúng tôi lập sơ đồ quy trình triển khai BIM phục vụ quản lý thi công dự án như sau:

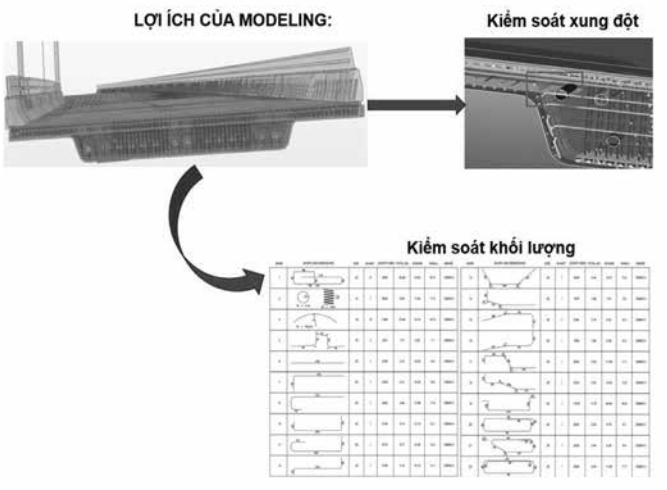
- Sử dụng các công cụ BIM phù hợp. Hiện nay, các công ty công nghệ lớn trong lĩnh vực thiết kế như Tekla, Autodesk,... đã và đang dẫn đầu trong việc nghiên cứu và quảng bá BIM trên toàn thế giới. Tuy nhiên, Việt Nam hiện vẫn chưa có một quy trình nhất quán. Chính vì vậy, việc học hỏi BIM từ các công ty quốc tế, để đảm bảo tính hợp lý trong việc sử dụng công nghệ này là rất quan trọng đối với các công trình lớn trong nước.

Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả đề xuất sử dụng nhóm công cụ riêng biệt để thực hiện các công trình giao thông cầu đường hiện đại. Mỗi công cụ trong nhóm giải pháp đều mang tính kế thừa, chuyển đổi dữ liệu một cách hợp lý, nhanh chóng và chính xác, từ đó giải pháp được ứng dụng linh hoạt và phù hợp trong từng dự án cụ thể.

Nhóm giải pháp này sử dụng các phần mềm như: Autodesk Construction Cloud (ACC) và các công cụ BIM như Fuzor, Revit, AutoCAD Civil 3D,.. có thể được áp dụng để quản lý chất lượng, tiến độ thi công (BIM 4D), kiểm soát chi phí (BIM 5D) và giám sát chất lượng công trình. Việc sử dụng các phần mềm này sẽ giúp tối ưu hóa quản lý tài nguyên, kiểm soát tiến độ, và giảm thiểu sai sót.



Hình 5. AutoCad Civil 3D để thiết kế chi tiết các hạng mục



Hình 6. Revit để Modeling công trình cầu và kiểm soát khối lượng



Hình 7. Quy trình phê duyệt ứng dụng BIM (ACC)



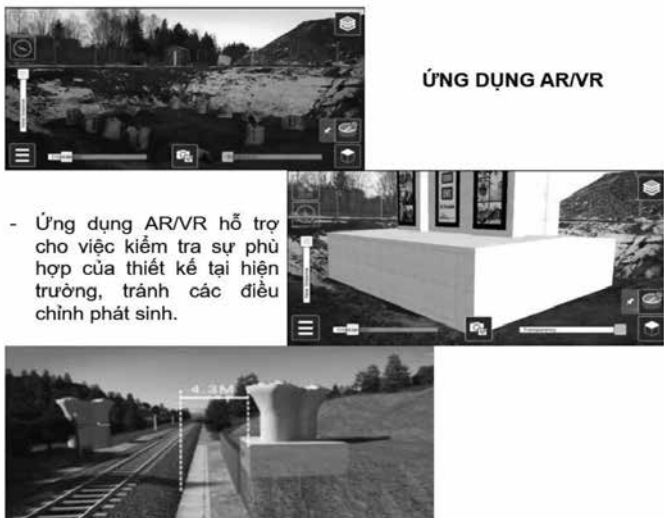
Hình 8. Áp dụng BIM tạo nhắc nhở các vấn đề cần xử lý (ACC)



Hình 9. Quản lý tiến độ các hạng mục, vật tư, cấu kiện (ACC)



Hình 10. Mô phỏng tiến độ thi công (Fuzor)



Hình 11. Ứng dụng AR/VR hỗ trợ kiểm tra sự phù hợp của thiết kế (BIM 4D)

Một số lợi ích tiêu biểu của các giải pháp phần mềm cho giai đoạn thi công công trình:

Giải pháp	**Lợi ích tiêu biểu**
AutoCad Civil 3D, Revit,..	Phát hiện xung đột; Dự đoán rủi ro; Đối chiếu mô hình thiết kế và công trình thực tế để phát hiện sai lệch và xử lý kịp thời;...

Môi trường dữ liệu chung (CDE): Autodesk Construction Cloud (ACC)	Đồng bộ hóa kênh giao tiếp. Thuận tiện cho việc truy cập, theo dõi. Phối hợp trao đổi, giải quyết các vấn đề và quản lý trên CDE trong suốt quá trình thực hiện dự án; Theo dõi tiến trình xử lý công việc; Quản lý tài liệu dữ liệu theo tiêu chuẩn quốc tế ISO 19650. Lưu trữ kết quả và tài liệu liên quan phục vụ hậu kiểm;....
Fuzor	Mô phỏng lập biện pháp thi công/ quản lý tiến độ; Lập kế hoạch, so sánh/đối chiếu mô hình thiết kế và công trình thực tế để phát hiện sai lệch và xử lý kịp thời;...
AR/VR	Hỗ trợ kiểm tra sự phù hợp của thiết kế tại hiện trường, tránh các điều chỉnh phát sinh; Hỗ trợ việc kiểm tra chất lượng thi công tại hiện trường;...
Bản sao kỹ thuật số	Quản lý tình trạng tài sản trong quá trình vận hành - khai thác; Hệ thống quản lý hỗ trợ theo dõi các vấn đề liên quan đến công trình/ tài sản trong quá trình vận hành một cách trực quan; Kiểm soát hoạt động của công trình theo thời gian thực qua việc tích hợp hệ thống SHM và CDE;...

- Đào tạo và phát triển nhân lực: Các trường đại học, viện nghiên cứu, và các công ty xây dựng cần hợp tác để đào tạo đội ngũ kỹ sư có đủ năng lực sử dụng các công cụ và phần mềm BIM hiệu quả.



Hình 12. Bản sao kỹ thuật số (BIM 5D)

4. KẾT LUẬN

Ứng dụng BIM trong thi công công trình giao thông tại Việt Nam là một bước tiến quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả quản lý dự án về sau. Để BIM có thể phát huy tối đa hiệu quả, cần có sự hỗ trợ từ Chính phủ trong việc hoàn thiện các quy chuẩn kỹ thuật, tăng cường đào tạo nhân lực, giảm bớt chi phí đầu tư cho các công ty xây dựng. Cùng với đó, việc phát triển và lựa chọn các phần mềm BIM phù hợp, đồng bộ là điều kiện tiên quyết để đảm bảo sự thành công của BIM trong lĩnh vực xây dựng, giao thông tại Việt Nam.

Lời cảm ơn: Tác giả Phạm Thị Vân được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2024.ThS.70

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. National BIM Standard - United States. National Building Information Model Standard Project Committee, Lưu trữ ngày 16/10/2014 tại Wayback Machine

[2]. Bộ Xây dựng. Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/04/2021 về việc Công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM). Bộ Xây dựng, Hà Nội, 2021.

[3]. British Standards Institution (2019) BS EN ISO 19650: Organisation and digitisation of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling – Information management using building information modelling, London: BSI

[4]. C. M. Eastman[1]; Y.-S. Jeong[2]; R. Sacks[3]; and I. Kaner, "Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards", 2015.

■Ngày nhận bài: 19/3/2025 ■Ngày sửa bài: 03/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2025

Đánh giá các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM

Assessment of causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh city

> THS NGUYỄN ĐÌNH MINH[1], TS NGUYỄN VĂN SƠN[2*], TS NGUYỄN THANH VIỆT[3], THS LÊ QUỐC LONG[4]

[1]Cục Hậu cần-Kỹ thuật, Quân khu 7; Email: Nguyendinhminhdt367@gmail.com

[2]Phân viện, Trường Đại học Thủy lợi; [*]Email: sonnv@tlu.edu.vn

[3]Trường Đại học công nghiệp TP.HCM; Email: Nguyenthanhviet@iuh.edu.vn

[4]Công ty TNHH MTV Đầu tư và Xây lắp ACC; Email: quoclong.dwpi@outlook.com

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM. Thông qua khảo sát và phân tích dữ liệu, nghiên cứu xác định 5 nguyên nhân chính, bao gồm: (1) Các công việc, thay đổi nội dung phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu; (2) Sai sót, khiếm khuyết hoặc thiếu sót trong các tài liệu, điều khoản của hợp đồng; (3) Các bên liên quan không thực hiện đúng các quy trình, thoả thuận như hợp đồng, vi phạm các điều khoản hợp đồng; (4) Sai sót về bản vẽ thiết kế; (5) Hồ sơ thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế. Từ đó, đề xuất các biện pháp nhằm tránh và xử lý kịp thời tranh chấp, nâng cao hiệu quả dự án.

Từ khóa: Nguyên nhân; tranh chấp; xây dựng; dự án xây dựng dân dụng.

ABSTRACT

This paper assesses the causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh City. Through surveys and data analysis, seven primary causes were identified: changes in work outside the initial contract; errors in contract documents; violations of contract terms; design errors; incomplete bidding documents; lack of transparency in processes; and errors in estimating quantities and costs. Based on these findings, measures are proposed to prevent and promptly address disputes, enhancing project effectiveness.

Keywords: Causes; disputes; construction; civil construction projects; Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP.HCM là đô thị lớn với số lượng dự án xây dựng triển khai hàng năm rất cao, giữ vai trò đầu tàu kinh tế của cả nước. Tuy nhiên, bên cạnh những dự án hoàn thành mang lại hiệu quả, vẫn tồn tại nhiều dự án xây dựng dân dụng bị chậm tiến độ, vượt chi phí, gây thất thoát nguồn lực. Một trong những nguyên nhân quan trọng dẫn đến tình trạng này là các tranh chấp trong quá trình thực hiện dự án giữa các bên liên quan. Tranh chấp làm gián đoạn thi công, kéo dài thời gian, tăng chi phí và làm xấu đi mối quan hệ giữa chủ đầu tư, nhà thầu, đơn vị tư vấn... Do đó, việc nhận diện và phân tích các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM là vấn đề cấp thiết, giúp đưa ra giải pháp quản lý hiệu quả hơn.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã đề cập đến tranh chấp trong xây dựng, song với đặc thù của TP.HCM có tốc độ đô thị hóa cao và môi trường pháp lý, văn hóa riêng đòi hỏi một nghiên cứu chuyên sâu cho bối cảnh này. Hiện nay, chưa có nhiều nghiên cứu cập nhật sau năm 2020 tập trung vào dự án xây dựng dân dụng ở Việt Nam trong bối cảnh đô thị. Bài báo tập trung xác định và phân tích nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM. Từ các nguyên nhân được khám phá, các nhà quản lý xây dựng có thể đưa ra giải pháp để phòng tránh, hạn chế mức thấp nhất các tranh chấp có thể xảy ra trong quá trình thực hiện dự án.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Tranh chấp trong xây dựng

Tranh chấp trong xây dựng là những bất đồng hoặc mâu thuẫn giữa các bên tham gia trong quá trình thực hiện dự án xây dựng, thường liên quan đến việc thực hiện, giải thích, hoặc tuân thủ các điều khoản của hợp đồng. Theo Fenn et al. (1997), tranh chấp trong xây dựng thường phát sinh từ sự khác biệt trong hiểu biết và kỳ vọng giữa các bên về các điều khoản hợp đồng hoặc điều kiện thực hiện dự án. Những tranh chấp này có thể xuất phát từ sai sót trong thiết kế, sự khác biệt trong khối lượng công việc, thay đổi yêu cầu dự án, chi phí phát sinh ngoài hợp đồng, chậm trễ trong tiến độ, hoặc vi phạm các điều khoản đã thỏa thuận (Yates & Epstein, 2006). Về bản chất, tranh chấp trong xây dựng thường xảy ra khi các bên không đồng thuận về trách nhiệm, nghĩa vụ, chi phí, hoặc quyền lợi liên quan đến việc thực hiện dự án, và thường yêu cầu sự can thiệp của các biện pháp giải quyết tranh chấp như thương lượng, hòa giải, trọng tài, hoặc khởi kiện ra tòa (Cheung & Yiu, 2006).

2.2. Tổng quan các nghiên cứu trước đây

Nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng nhận được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới và trong nước như:

Ayudhya (2011) nghiên cứu Các tranh chấp phổ biến liên quan đến các dự án công trình công cộng ở Thái Lan, kết quả các tranh

chấp được phân loại thành những vấn đề tranh chấp hợp đồng và kỹ thuật; tranh chấp về tài chính; tranh chấp về môi trường và những tranh chấp khác.

Rizwan U. Farooqui, Fawwad Masood and Farhan Saleem (2012) nghiên cứu Nguyên nhân chính của tranh chấp xây dựng ở Pakistan đã chỉ ra các nguyên nhân chính dẫn đến tranh chấp: (1) Sai sót, khiếm khuyết hoặc thiếu sót trong các tài liệu hợp đồng. (2) Các thay đổi về điều kiện tự nhiên, xã hội không thể lường trước. (3) Yêu cầu ngoài các điều khoản ban đầu xuất phát từ Chủ đầu tư, Nhà thầu.

Ilter, (2012) nghiên cứu xác định các mối quan hệ giữa các nguyên nhân tranh chấp và các loại tranh chấp trong các dự án xây dựng, đã chỉ ra kết quả nguyên nhân dẫn đến tranh chấp: do giới hạn về thời gian; thông số kỹ thuật không rõ ràng; điều kiện hợp đồng không rõ ràng; định nghĩa phạm vi không rõ ràng; giao tiếp kém giữa các bên.

Pınar (2013) đã nghiên cứu nguyên nhân của tranh chấp trong ngành Xây dựng ở Thổ Nhĩ Kỳ, trong các dự án ngành công nghiệp xây dựng. Các phát hiện cho thấy rằng các lĩnh vực vấn đề làm phát sinh tranh chấp chủ yếu liên quan đến 7 loại tranh chấp như đơn giá, sự chậm trễ và kéo dài thời gian, các vấn đề hợp đồng, sự thay đổi thiết kế, tài liệu hợp đồng, thanh toán và các tranh chấp khác.

Ali (2019) nghiên cứu điều tra các Nguyên nhân và tác động chính của Tranh chấp trong các dự án xây dựng đường bộ ở Pakistan, bao gồm: mơ hồ về thông số kỹ thuật và bản vẽ, mơ hồ tài liệu hợp đồng, trao hợp đồng với tiêu chí giá thầu thấp, các thay đổi trong thiết kế, các vấn đề thanh toán chậm dẫn đến các yêu cầu bồi thường, xác định chi phí dự toán, các điều khoản thanh toán.

Assaf và cộng sự (2019) nghiên cứu nguyên nhân đáng kể của các yêu cầu và tranh chấp trong xây dựng các dự án ở Ả Rập Xê Út. Kết quả nghiên cứu cho thấy những nguyên nhân sau đây là những nguyên nhân góp phần quan trọng nhất vào các khiếu nại và tranh chấp: thay đổi đơn đặt hàng do yêu cầu mới từ khách hàng (78%), thay đổi khối lượng do yêu cầu từ khách hàng (74 %), sự chậm trễ do nhà thầu gây ra (74 %), thiết kế lỗi hoặc thiếu sót (72 %) và sự không nhất quán trong các bản vẽ và thông số kỹ thuật (70 %).

Trần Minh Kính (2021) Phân tích các yếu tố dẫn đến sự xung đột giữa nhà thầu chính và nhà thầu phụ trong giai đoạn thi công xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp. Bằng cách xếp hạng các yếu tố, nghiên cứu đã xác định được 08 yếu tố quan trong nhất dẫn đến sự xung đột giữa nhà thầu chính và nhà thầu phụ trong giai đoạn thi công xây dựng công trình Dân dụng và Công nghiệp. Các yếu tố được xếp thứ tự như: Nhà thầu phụ hoàn thành công việc thiếu chất lượng; Nhà thầu phụ thi công chậm tiến độ theo hợp đồng; Nhà thầu phụ không tuân thủ các điều khoản hợp đồng; Nhà thầu phụ nhập vật tư, thiết bị chất lượng kém, không đúng nguồn gốc và xuất xứ theo hợp đồng; Nhà thầu phụ không tuân thủ hồ sơ thiết kế, nội quy, chỉ dẫn của nhà thầu chính; nhà thầu chính chậm trễ trong việc hoàn thành hồ sơ, thanh toán các công việc phát sinh ngoài hợp đồng với nhà thầu phụ; nhà thầu phụ thi công thiếu an toàn lao động; nhà thầu chính chậm thanh toán cho nhà thầu phụ theo hợp đồng.

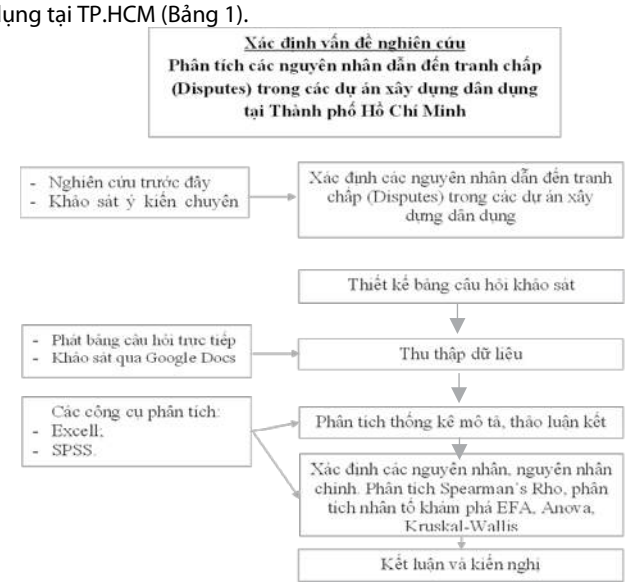
3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

3.1. Quy trình nghiên cứu

Quy trình nghiên cứu được mô tả qua sơ đồ hình 1.

Giai đoạn 1: Thu thập thông tin

Sau khi xác định vấn đề nghiên cứu, tiến hành tham khảo sách, báo, tài liệu, các nghiên cứu trước, tham khảo ý kiến chuyên gia và những người có kinh nghiệm nhằm xác định được các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong dự án dân dụng và các nguyên nhân đó phải phù hợp với điều kiện tại TP.HCM. Tổng kết các ý kiến góp ý của nhóm chuyên gia, cuối cùng nhóm tác giả đã tổng hợp được 26 nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM (Bảng 1).



Hình 1. Sơ đồ quy trình thực hiện khảo sát, phân tích nguyên nhân

Giai đoạn 2: Khảo sát và thu thập dữ liệu

Sau khi xác định được các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM, tiếp tục thiết kế bảng câu hỏi khảo sát thử nghiệm, tiến hành khảo sát thử nghiệm. Điều chỉnh lại bảng câu hỏi và lập bảng khảo sát chính thức. Sau đó tiến hành khảo sát chính thức để thu thập dữ liệu. Phần nội dung khảo sát nằm ở đầu bảng câu hỏi nhằm giới thiệu cho người được khảo sát biết rõ mục đích và lý do khảo sát. Các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM chia làm 04 nhóm chính: các nguyên nhân do liên quan đến chủ đầu tư; các nguyên nhân do liên quan đến nhà thầu tư vấn; các nguyên nhân do liên quan đến nhà thầu thi công và các nguyên nhân do yếu tố tự nhiên, xã hội. Phần này yêu cầu người được khảo sát đánh giá về mức độ quan trọng của Các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM. Các câu hỏi được trả lời với thang đo Likert năm mức độ như sau: [1] Rất đồng ý; [2] Đồng ý; [3] Trung lập; [4] Không đồng ý; [5] Rất không đồng ý.



Hình 2. Sơ đồ nguyên nhân-kết quả của tranh chấp hợp đồng xây dựng tại TP.HCM

Giai đoạn 3: Phân tích và kết luận

Sau khi thu thập số liệu khảo sát, tiến hành phân tích số liệu, nhận xét, thảo luận trên kết quả đạt được. Cuối cùng đưa ra các kết luận, kiến nghị trên kết quả đạt được.

3.2. Thông tin đối tượng khảo sát

Số lượng đã gửi đi là 170 bảng (100%) và nhận về là 170 bảng (100%) trong đó số bảng hợp lệ là 150 bảng (chiếm gần 88%) sẽ đưa vào phân tích số liệu nghiên cứu, số bảng không hợp lệ là 20 bảng (chiếm 12%) bị loại ra không đưa vào phân tích vì trả lời thiếu, chọn nhiều phương án khảo sát và không đánh giá hết các câu hỏi khảo sát.

Kết quả khảo sát cho thấy, số lượng bảng khảo sát phản hồi từ chủ đầu tư và đơn vị tư vấn chiếm tỷ lệ cao nhất (30,67%); tiếp theo là đơn vị thi công (29,33%); Sở, ban ngành Nhà nước (9,33%). Đối với vị trí công việc, Lãnh đạo (10%); Trưởng/Phó Phòng (24%); Chỉ huy trưởng/Phó công trình (26%); Cán bộ kỹ thuật liên quan (40%). Đối với thời gian công tác trong lĩnh vực hoạt động xây dựng, số người được khảo sát có kinh nghiệm dưới 3 năm (2,67%); từ 3-5 năm (34,67%); từ 5-7 năm (38%); trên 7 năm (24,67%). Các tỷ lệ về thời gian công tác của đối tượng khảo sát có thể cho thấy rằng dữ liệu thu thập là tương đối đáng tin cậy có giá trị.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Để đánh giá độ tin cậy của thang đo, ta dùng hệ số Cronbach's Alpha đo lường mức độ các biến trong một thang đo liên quan chặt chẽ với nhau. Giá trị Cronbach's Alpha dao động từ 0 đến 1 trong đó: < 0.6: Thang đo không đáng tin cậy; 0.6 - 0.7: Độ tin cậy chấp nhận được, nhưng chưa cao; 0.7 - 0.8: Độ tin cậy tốt; 0.8 - 0.9: Độ tin cậy rất tốt; > 0.9: Độ tin cậy xuất sắc, nhưng có thể thang đo bị dư thừa biến. Hệ số Cronbach's Alpha được tính dựa trên công thức:

$$\alpha = \frac{N}{N-1} \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_T^2}\right)$$

Trong đó:

N: Số lượng biến (câu hỏi) trong thang đo.

σ_i^2: Phương sai của từng biến.

σ_T^2: Phương sai tổng của thang đo.

Kết quả hệ số Cronbach's Alpha của 26 nguyên nhân được tính toán là 0.896 nên thang đo được đánh giá là đáng tin cậy và có thể tiến hành các bước tiếp theo. Kết quả xếp hạng các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM được trình bày như Bảng 1.

Bảng 1. Xếp hạng các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp

Các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp loại
Các công việc, thay đổi nội dung phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu	1,407	0,592	1
Sai sót, khiếm khuyết hoặc thiếu sót trong các tài liệu, điều khoản của hợp đồng	1,433	0,584	2
Các bên liên quan không thực hiện đúng các quy trình, thoả thuận như hợp đồng, vi phạm các điều khoản hợp đồng	1,447	0,681	3
Sai sót về bản vẽ thiết kế	1,487	0,621	4
Hồ sơ thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế	1,600	0,890	5
Chưa chủ động cập nhật thông tin, dữ liệu, rõ ràng, thống nhất về quy trình làm việc.	1,673	0,690	6
Sai sót trong ước lượng khối lượng, xác định chi phí dự toán	1,707	0,980	7
Tính pháp lý của dự án không chặt chẽ, rõ ràng	1,767	0,700	8
Trao đổi thông tin, liên lạc giữa các bên liên quan đến dự án còn kém, hạn chế, chưa kịp thời.	1,800	0,696	9
Tình hình tài chính của các nhà thầu tham gia không đảm bảo	1,807	0,587	10
Thay đổi chính sách pháp luật, quy chuẩn, tiêu chuẩn hiện hành	1,840	0,557	11
Phạm vi công việc, các yêu cầu không được xác định rõ ràng, đầy đủ từ chủ đầu tư	1,847	0,695	12
Yêu cầu xử phạt vi phạm, bồi thường mang tính chủ quan, thiếu căn cứ	1,847	0,695	13
Công tác giải phóng mặt bằng chậm, không kịp thời gian bàn giao mặt bằng cho nhà thầu	1,867	0,652	14
Thị trường lạm phát, giao động đột biến về giá cả đối với các mặt hàng, trang thiết bị, vật liệu xây dựng	1,893	0,557	15
Chủ đầu tư, đơn vị tư vấn chậm trễ trong việc phê duyệt hoặc đưa ra quyết định (xác nhận khối lượng công việc, phê duyệt bản vẽ, vật tư, biện pháp thi công…)	1,893	0,625	16
Chậm trễ trong việc cung cấp vật tư và thiết bị	1,900	0,653	17
Sai sót trong thi công; không tuân thủ theo hồ sơ thiết kế được duyệt gây ảnh hưởng đến chất lượng công trình	1,920	0,499	18
Không đảm bảo an toàn lao động, dẫn đến tai nạn trong thi công	1,940	0,521	19
Chậm tiến độ dự án kéo dài, không có biện pháp, giải quyết dứt điểm	2,007	0,562	20
Chủ đầu tư khó khăn tài chính, thanh toán chi phí thực hiện chậm cho các nhà thầu liên quan trong dự án	2,020	0,680	21
Năng lực các bên tham gia dự án còn hạn chế, không đáp ứng được kỳ vọng	2,027	0,612	22
Sự thiếu hụt về nhân lực, công nhân xây dựng công trình	2,033	0,595	23
Kế hoạch thực hiện dự án không thực tế, thiếu khả thi	2,040	0,542	24
Sự chia sẻ quyền lợi và phân bổ rủi ro không công bằng giữa các bên liên quan	2,060	0,534	25
Các yếu tố không lường trước được (thời tiết xấu, điều kiện địa chất phức tạp,…)	2,160	1,075	26

Kết quả nghiên cứu trên về cơ bản phù hợp với thực tiễn quản lý dự án xây dựng tại TP.HCM, đồng thời có những điểm tương đồng thú vị khi so sánh với các nghiên cứu quốc tế trước đây.

"Các công việc, thay đổi nội dung phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu" được xem là yếu tố hàng đầu dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng có thể do tính phức tạp của nó. Có thể hợp đồng ban đầu thường không được soạn thảo một cách đủ chi tiết và rõ ràng, tạo ra những hiểu lầm hoặc sự khác biệt trong cách diễn giải giữa các bên khi có tình huống phát sinh. Thêm vào đó, trong quá trình thực hiện dự án, các yêu cầu thay đổi từ phía chủ đầu tư liên quan đến thiết kế, vật liệu hoặc phạm

vi công việc thường đẩy chi phí lên cao và làm kéo dài thời gian thực hiện. Khi không có sự thống nhất về các điều khoản bổ sung này, các tranh cãi về tài chính và trách nhiệm dễ dàng xảy ra. Kết quả này tương đồng với nhận định của Assaf et al. (2019) tại Ả Rập Xê-út rằng thay đổi yêu cầu từ khách hàng là nguyên nhân quan trọng nhất, xuất hiện ở 78% các trường hợp khiếu nại, tranh chấp. Lee (2006) ở Hàn Quốc và Chan & Suen (2005) ở Trung Quốc cũng ghi nhận yêu cầu thay đổi từ chủ đầu tư là nguồn gốc thường xuyên của mâu thuẫn.

Các nguyên nhân được xếp hạng thứ 2, thứ 3 lần lượt là "Sai sót, khiếm khuyết hoặc thiếu sót trong các tài liệu, điều khoản của hợp đồng" và "Các bên liên quan không thực hiện đúng các quy trình, thoả thuận như hợp đồng, vi phạm các điều khoản hợp đồng". Việc không nghiên cứu, kiểm tra kỹ về hợp đồng dẫn các điều khoản trong hợp không được chặt chẽ, thiếu sót và tính pháp lý không cao dẫn đến tiềm ẩn nhiều rủi ro và tranh chấp trong các hợp đồng xây dựng.

"Sai sót về bản vẽ thiết kế" và "Hồ sơ thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế" là các nguyên nhân được xếp hạng thứ 4, thứ 5. Có thể nói việc triển khai dự án ban đầu ngay từ khâu chuẩn bị đầu tư thì yếu tố hồ sơ, thiết kế bản vẽ đóng vai trò cực kỳ quan trọng. Dự án được khảo sát kỹ, hồ sơ bản vẽ được lập, hoàn chỉnh càng chính xác thì việc tính toán, triển khai dự án sẽ gặp thuận lợi. Tránh các trường hợp khi đã được phê duyệt lại thiếu kinh phí thực hiện hoặc không bảo đảm thiết kế dẫn đến phải hủy bỏ, lập lại từ đầu gây ảnh hưởng đến tiến độ và thiệt hại cho dự án. Trong quá trình tổ chức lựa chọn nhà thầu việc lập hồ sơ sơ sài, không đầy đủ thông tin sẽ làm ảnh hưởng, gây khó khăn trong công tác tiếp cận và hoàn chỉnh các hồ sơ dự thầu của nhà thầu, làm nhà thầu phải gửi ý kiến phản hồi, yêu cầu làm rõ, trong trường hợp yêu cầu không được giải quyết thỏa đáng sẽ gây ra tranh chấp và phản ánh lên cơ quan chức năng có thẩm quyền để xem xét xử lý.

Các nguyên nhân ít ảnh hưởng hơn (hạng 20-26). Thú vị là những nguyên nhân xếp cuối danh sách liên quan nhiều đến yếu tố khách quan và môi trường bên ngoài. Tuy nhiên, không nên xem nhẹ các yếu tố này: khi xảy ra đồng loạt (ví dụ năng lực yếu + thiếu nhân lực + kế hoạch thiếu thực tế), chúng có thể cộng hưởng gây nên thất bại dự án và tranh chấp dây chuyền. Nhà quản lý dự án cần có tầm nhìn tổng quát, không chỉ kiểm soát các nguyên nhân "điểm nóng" mà còn phòng ngừa những rủi ro tiềm ẩn này. Một câu hỏi đặt ra là liệu chủ đầu tư, nhà thầu và tư vấn có nhìn nhận khác nhau về mức độ quan trọng của các nguyên nhân tranh chấp hay không. Kết quả phân tích cho thấy nhìn chung có sự đồng thuận cao giữa các bên về thứ tự xếp hạng (như đã đề cập, Cronbach's Alpha chung khá cao và các ý kiến không quá phân tán). Kiểm định ANOVA cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa nhóm Chủ đầu tư/Tư vấn và nhóm Nhà thầu đối với phần lớn các nguyên nhân. Điều này nghĩa là các bên cơ bản thống nhất đâu là nguyên nhân lớn gây tranh chấp, phù hợp với nhận định trong kết luận rằng thứ hạng nguyên nhân "phù hợp thể hiện đúng thực trạng tại TP.HCM". Tuy nhiên, khi xem xét chi tiết, có một vài điểm khác biệt thú vị: Nhóm nhà thầu có xu hướng đánh giá cao hơn tác động của các nguyên nhân liên quan phía chủ đầu tư. Chẳng hạn, nguyên nhân "Chủ đầu tư khó khăn tài chính, thanh toán chậm" được nhà thầu chấm điểm trung bình ~1,9 (rất đồng ý) trong khi chủ đầu tư tự đánh giá cao hơn (~2,1 - tức chỉ đồng ý mức độ vừa phải). Ngược lại, nhóm Chủ đầu tư/Tư vấn lại nhấn mạnh các lỗi của nhà thầu: họ cho điểm thấp hơn (nghiêm trọng hơn) đối với nguyên nhân "nhà thầu vi phạm an toàn lao động" so với chính phía nhà thầu tự đánh giá. Do vậy, trong thực tiễn đàm phán hợp đồng và giải quyết tranh chấp, cần có bên trung gian (tư vấn quản lý dự án, trọng tài…) để đánh giá công bằng, hạn chế định kiến từ mỗi phía.

5. KẾT LUẬN

Từ 26 nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM được xác định dựa trên các nghiên cứu trước đây và đề xuất của các chuyên gia, qua đánh giá. Kết quả phân tích đã xác định được 5 nhân tố xếp hạng cao nhất gồm: (1) Các công việc, thay đổi nội dung phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu; (2) Sai sót, khiếm khuyết hoặc thiếu sót trong các tài liệu, điều khoản của hợp đồng; (3) Các bên liên quan không thực hiện đúng các quy trình, thoả thuận như hợp đồng,vi phạm các điều khoản hợp đồng; (4) Sai sót về bản vẽ thiết kế; (5) Hồ sơ thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế. Kết quả phân tích thể hiện sự thống nhất giữa các bên tham gia trong việc đánh giá xếp hạng các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM. Các nguyên nhân được xếp hạng phù hợp thể hiện đúng thực trạng tại TP.HCM. Để từ đó làm căn cứ cơ sở để xác định nhóm các nhân tố và đề xuất giải pháp hạn chế tranh chấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ayudhya, N., & Israngkura, B. (2011). Common disputes related to public work projects in Thailand. Songklanakarin Journal of Science & Technology, 33(5).

[2]. Assaf, S., Hassanain, M. A., Abdallah, A., Sayed, A. M., & Alshahrani, A. (2019). Significant causes of claims and disputes in construction projects in Saudi Arabia. Built Environment Project and Asset Management.

[3]. Cakmak, E., & Cakmak, P. I. (2014). An analysis of causes of disputes in the construction industry using analytical network process. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 109, 183-187.

[4]. Farooqui, R. U., Masood, F., & Saleem, F. (2012, July). Key causes of construction disputes in Pakistan. In Third International Conference on Construction in Developing Countries (ICCDC-III)"Advancing Civil, Architectural and Construction Engineering & Management (pp. 72-79).

[5]. Farooqui, R. U., Azhar, S., & Umer, M. (2014). Key causes of disputes in the Pakistani construction industry-assessment of trends from the viewpoint of contractors. NED University of engineering and technology Karachi, Pakistan.

[6]. Malik, F. I., & Ali, A. (2019). Investigating the major causes and impacts of disputes in the road construction projects: A study of the selected projects of Pakistan. Int. J. Sci. Eng. Res, 10(5), 679-687.

[7]. Trần Minh Kính. Phân tích các yếu tố dẫn đến sự xung đột giữa nhà thầu chính và nhà thầu phụ trong giai đoạn thi công xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp.

■Ngày nhận bài: 05/3/2025 ■Ngày sửa bài: 28/42025 ■Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2025

Xác định và phân tích các bên liên quan đến thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị tại Việt Nam, từ góc nhìn của doanh nghiệp

Identifying and analyzing stakeholders in urban development investment projects in vietnam from the perspective of enterprises

> PGS.TS LÊ ANH DŨNG[1*], THS NGUYỄN DUY VINH[2,]
[1]Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
[2]Công ty TNHH Tư vấn và Đầu tư Trung Tín, Nha Trang, Khánh Hòa
*Email: Lead.moc@gmail.com

TÓM TẮT

Chiến lược phát triển đô thị tại Việt Nam nói chung và đặc biệt ở khu vực Hà Nội nói riêng đang thu hút sự tham gia ngày càng sâu rộng của các doanh nghiệp tư nhân. Tuy nhiên, quá trình triển khai các dự án khu đô thị mới thường gặp khó khăn do thiếu phân tích hệ thống và quản trị hiệu quả các bên liên quan như cơ quan nhà nước, cộng đồng dân cư, nhà đầu tư thứ cấp, tổ chức tài chính và truyền thông. Mặc dù các mô hình phân tích bên liên quan đã được đề cập trong tài liệu quốc tế (PMBOK, ISO 21500, Power-Interest Grid, Salience...), các doanh nghiệp Việt Nam vẫn thiếu công cụ tiếp cận phù hợp với thực tiễn. Bài viết này tổng hợp và áp dụng các công cụ quản lý bên liên quan từ góc nhìn doanh nghiệp, bao gồm: Power-Interest Grid, mô hình Salience, Stakeholder Map, phân tích SWOT, khung logic và SMART. Thông qua các trường hợp thực tế như khu đô thị Ecopark, Vinhomes Ocean Park, Smart City..., nghiên cứu khẳng định việc nhận diện đầy đủ và xây dựng chiến lược tương tác phù hợp với từng nhóm bên liên quan là yếu tố then chốt giúp doanh nghiệp kiểm soát rủi ro, nâng cao hiệu quả quản trị và đầu tư trong các dự án phát triển đô thị tại Việt Nam.

Từ khóa: Các bên liên quan (stakeholder); phát triển đô thị; quản trị dự án; phân tích SWOT; khung logic; SMART.

ABSTRACT

The urban development strategy in Vietnam-particularly in the Hanoi metropolitan area-is increasingly attracting the active participation of private enterprises. However, the implementation of new urban area projects often encounters difficulties due to the lack of systematic analysis and effective management of key stakeholders, including government agencies, local communities, secondary investors, financial institutions, and the media. Although stakeholder analysis models have been discussed in international references (e.g., PMBOK, ISO 21500, Power-Interest Grid, Salience model), Vietnamese enterprises still lack context-appropriate tools for practical application. This paper synthesizes and applies a set of stakeholder management tools from the enterprise perspective, including the Power-Interest Grid, Salience model, Stakeholder Map, SWOT analysis, Logical Framework, and SMART criteria. Through case studies of urban development projects such as Ecopark, Vinhomes Ocean Park, and Smart City, the study affirms that comprehensive identification and strategic engagement of stakeholder groups are critical factors enabling enterprises to manage risks, enhance governance capacity, and optimize investment performance in Vietnam's urban development initiatives.

Keywords: Stakeholders; urban development; project governance; SWOT analysis; logical framework; SMART.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong suốt nhiều thập kỷ qua, từ khi Việt Nam thực hiện chính sách Đổi mới và hội nhập kinh tế quốc tế, quá trình đô thị hóa tại Việt Nam, đặc biệt ở Hà Nội và các vùng phụ cận, đã diễn ra mạnh mẽ từ sau thời kỳ Đổi mới, với tỷ lệ đô thị hóa toàn quốc đạt trên 41% tính đến cuối năm 2023 [1]. Cùng với đó, nhu cầu phát triển các khu đô thị mới tích hợp hạ tầng, dịch vụ và thương mại ngày càng tăng, kéo theo sự tham gia ngày càng sâu rộng của doanh nghiệp tư nhân. Các doanh nghiệp như Vingroup, Sunshine Group, Ecopark, Khai Sơn, Hà Đô... đã và đang thực hiện nhiều dự án quy mô lớn như Vinhomes Ocean Park, Smart City, Ecopark Hưng Yên, Khai Sơn City [2].

Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy việc triển khai các dự án đô thị không chỉ là quá trình kỹ thuật và tài chính, mà còn chịu tác động từ

các yếu tố xã hội, thể chế và đặc biệt là sự tương tác phức tạp giữa các bên liên quan. Các bên này bao gồm cơ quan quản lý nhà nước, cộng đồng dân cư, nhà đầu tư thứ cấp, tổ chức tài chính, truyền thông và các tổ chức xã hội - môi trường, với lợi ích và mục tiêu không luôn đồng thuận [3]. Nếu không có chiến lược quản trị phù hợp, doanh nghiệp có thể đối mặt với các rủi ro như khiếu kiện, trì trệ thủ tục, tăng chi phí và tổn hại đến hình ảnh thương hiệu [4].

Trong quản lý dự án hiện đại, phân tích các bên liên quan được xem là một lĩnh vực kiến thức thiết yếu. PMBOK Guide (phiên bản 7) xác định quản lý các bên liên quan là một trong mười lĩnh vực cốt lõi [5], trong khi ISO 21500 coi việc nhận diện, phân loại và giám sát các bên liên quan là nội dung bắt buộc [6]. Về mặt học thuật, nhiều mô hình phân tích đã được xây dựng, tiêu biểu như Power-Interest Grid (Bryson, 2004) [7], mô hình Salience (Mitchell et al., 1997) [8], cùng các công cụ hỗ trợ như Stakeholder Map, SWOT, khung logic và SMART [9][10].

Với Việt Nam, mặc dù pháp luật xây dựng và quy hoạch đã đề cập đến vai trò của các bên liên quan trong quá trình lập và thực hiện dự án [11], cách tiếp cận vẫn mang tính hành chính, hình thức. Các nghiên cứu học thuật hiện có chủ yếu từ góc nhìn của chính quyền hoặc cộng đồng, trong khi góc nhìn từ phía doanh nghiệp - chủ thể chịu rủi ro trực tiếp - còn thiếu vắng [12].

Do vậy, bài báo hướng tới ba mục tiêu chính sau:

i. Hệ thống hóa lý thuyết và công cụ phân tích các bên liên quan phù hợp với bối cảnh Việt Nam;

ii. Xác định và phân tích các nhóm bên liên quan từ một số dự án điển hình tại Hà Nội và vùng phụ cận, dưới góc nhìn doanh nghiệp;

iii. Đề xuất khung phân tích tích hợp có tính ứng dụng, hỗ trợ doanh nghiệp ra quyết định và quản lý hiệu quả trong suốt vòng đời dự án.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN VỀ XÁC ĐỊNH VÀ PHÂN TÍCH CÁC BÊN LIÊN QUAN

2.1. Tổng quan

Khái niệm "bên liên quan" (stakeholder) được đưa vào lĩnh vực quản trị tổ chức và dự án từ những năm 1980, nổi bật là công trình của Freeman, người định nghĩa stakeholder là "bất kỳ cá nhân hay nhóm nào có thể ảnh hưởng hoặc bị ảnh hưởng bởi việc thực hiện mục tiêu của tổ chức" [1]. Trong quản lý dự án hiện đại, các bên liên quan không chỉ là những người ra quyết định hoặc chịu tác động trực tiếp, mà còn bao gồm các nhóm có ảnh hưởng gián tiếp, có khả năng tác động đến kết quả dự án thông qua hành vi, thái độ hoặc vai trò truyền thông [2].

Trong lĩnh vực đầu tư phát triển đô thị, stakeholder thường bao gồm: cơ quan quản lý nhà nước các cấp, cộng đồng dân cư hiện hữu, người dân bị thu hồi đất, nhà đầu tư thứ cấp, ngân hàng tài trợ, nhà thầu chính và phụ, tổ chức tư vấn, các tổ chức xã hội - môi trường và phương tiện truyền thông [3]. Sự đa dạng và phức tạp của các nhóm stakeholder trong các dự án đô thị là nguyên nhân chính dẫn đến nhiều thách thức trong triển khai thực tiễn, như trì trệ thủ tục, phát sinh mâu thuẫn lợi ích và giảm mức độ chấp nhận xã hội của dự án [4].

Trên thế giới, việc phân tích các bên liên quan là một yêu cầu bắt buộc trong các dự án sử dụng vốn công, vốn vay ưu đãi hoặc có yếu tố môi trường - xã hội nhạy cảm. Các tổ chức như Ngân hàng Thế giới (WB), ADB, UN-Habitat đều có hướng dẫn riêng về xác định, phân loại và quản lý các bên liên quan trong các dự án hạ tầng và phát triển đô thị [5]. Các nghiên cứu học thuật tại Hoa Kỳ, châu Âu và Đông Á cũng chỉ ra rằng năng lực quản trị các bên liên quan của doanh nghiệp quyết định sự thành công dài hạn của dự án, đặc biệt trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, hệ thống chính quyền phân tầng và xã hội dân sự ngày càng phát triển [6], [7].

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu đã đề cập đến vai trò của các bên liên quan trong các dự án PPP, dự án hạ tầng quy mô lớn hoặc trong quá trình lấy ý kiến cộng đồng khi lập quy hoạch [8]. Tuy nhiên, các nghiên cứu còn thiếu tính hệ thống, chủ yếu tập trung vào phân tích thể chế hoặc khảo sát phản ứng cộng đồng, trong khi vai trò và nhu cầu công cụ phân tích stakeholder từ phía doanh nghiệp vẫn chưa được nghiên cứu chuyên sâu.

Các bên liên quan trong một dự án phát triển đô thị có thể được phân loại như bảng 1

Bảng 1. Phân loại các bên liên quan điển hình trong dự án phát triển đô thị

Nhóm chính	**Bên liên quan tiêu biểu**	**Vai trò / ảnh hưởng chính**
Nhà nước	UBND tỉnh/thành phố, Sở Quy hoạch - Kiến trúc, Sở Xây dựng, chính quyền địa phương	Quản lý, phê duyệt, hỗ trợ/kiểm soát quy hoạch
Doanh nghiệp	Chủ đầu tư, tổng thầu, nhà thầu phụ, đơn vị tài chính	Thực hiện dự án, chịu rủi ro tài chính, triển khai
Cộng đồng	Người dân bị thu hồi đất, cư dân tương lai, cộng đồng lân cận	Chấp nhận dự án, phản hồi, giám sát xã hội
Đối tác kỹ thuật	Đơn vị tư vấn thiết kế, giám sát, quản lý vận hành	Đảm bảo chất lượng và tiến độ dự án
Truyền thông - xã hội	Báo chí, mạng xã hội, tổ chức môi trường, luật sư	Tác động đến hình ảnh, gây áp lực truyền thông

2.2. Cơ sở lý luận

Trên thế giới, nhiều mô hình phân tích đã được phát triển nhằm giúp tổ chức và doanh nghiệp nhận diện, phân loại và quản lý các bên liên quan một cách có hệ thống. Trong phạm vi bài viết này, một số mô hình lý luận tiêu biểu được lựa chọn và vận dụng bao gồm:

(1) Ma trận Quyền lực - Lợi ích (Power-Interest Grid): Được phát triển bởi Bryson (2004), mô hình này phân chia các bên liên quan theo hai tiêu chí cơ bản:

- Quyền lực (Power): mức độ ảnh hưởng mà các bên liên quan có thể tạo ra đối với quyết định và kết quả của dự án.
- Lợi ích (Interest): mức độ quan tâm hoặc mức độ bị ảnh hưởng của các bên liên quan đối với dự án.

Các bên liên quan được thể hiện trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Ma trận Quyền lực - Lợi ích

	Quan tâm thấp	Quan tâm cao
Quyền lực cao	Giữ hài lòng	Quản lý chặt chẽ
Quyền lực thấp	Theo dõi (giám sát)	Cung cấp thông tin

VD, trong dự án Smart City (quận Nam Từ Liêm, TP Hà Nội), UBND thành phố là nhóm các bên liên quan có cả quyền lực và mức độ quan tâm cao - do đó cần được doanh nghiệp hợp tác và tham vấn thường xuyên. Ngược lại, người dân địa phương tuy quyền lực thấp nhưng quan tâm cao - đòi hỏi sự minh bạch và truyền thông kịp thời từ phía chủ đầu tư [4].

(2) Mô hình Salience (Mitchell, Agle & Wood, 1997):Mô hình Salience phân tích các bên liên quan dựa trên ba yếu tố:

- Quyền lực (Power)
- Tính chính đáng (Legitimacy)

• Tính cấp thiết (Urgency)

Sự kết hợp của ba yếu tố này cho phép phân loại các bên liên quan thành bảy nhóm với mức độ "nổi bật" (salience) khác nhau, từ đó xác định mức độ ưu tiên tương tác. Mô hình này đặc biệt hữu ích trong bối cảnh đô thị khi các bên liên quan tưởng như yếu (ví dụ: báo chí, tổ chức xã hội, mạng lưới cư dân) có thể trở thành tác nhân gây rủi ro lớn nếu bị bỏ sót trong quá trình lập kế hoạch và triển khai dự án.

(3) Sơ đồ Stakeholder Map: Đây là công cụ trực quan hóa mối quan hệ giữa các bên liên quan, thể hiện mức độ ảnh hưởng tương hỗ và vai trò trung tâm của từng nhóm trong hệ sinh thái dự án. Stakeholder Map giúp doanh nghiệp hiểu rõ "bức tranh quyền lực" và mức độ kết nối của các bên liên quan, từ đó phân bổ nguồn lực tiếp cận, vận động chính sách và thiết lập kênh đối thoại hiệu quả.

(4) Các công cụ phân tích hỗ trợ khác: Ngoài các mô hình phân loại và sơ đồ hóa, bài viết còn sử dụng một số công cụ hỗ trợ khác giúp bổ sung cho quá trình đánh giá và xây dựng chiến lược quản trị stakeholder:

• Phân tích SWOT: đánh giá tổng thể điểm mạnh (Strengths), điểm yếu (Weaknesses), cơ hội (Opportunities) và thách thức (Threats) trong quan hệ với từng nhóm các bên liên quan - từ đó xác định chiến lược thích ứng.

• Khung logic (Logical Framework - LogFrame): tổ chức hệ thống mối quan hệ giữa mục tiêu, đầu vào, hoạt động, kết quả, và rủi ro trong tương tác các bên liên quan. Đây là công cụ phổ biến trong lập kế hoạch và giám sát dự án do WB và ADB khuyến nghị sử dụng [5].

• Phân tích SMART: cụ thể hóa các mục tiêu tương tác với các bên liên quan theo năm tiêu chí: cụ thể (Specific), đo lường được (Measurable), khả thi (Achievable), phù hợp (Relevant) và có thời hạn (Time-bound). Công cụ này giúp doanh nghiệp lượng hóa kết quả cần đạt và theo dõi hiệu quả chiến lược tương tác với từng nhóm stakeholder theo thời gian.

Ví dụ Bảng 3 minh họa phân tích các bên liên quan trong dự án Vinhomes Ocean Park (Gia Lâm, Hà Nội)**.** Thể hiện cụ thể cách doanh nghiệp có thể sử dụng các mô hình như Power-Interest Grid**,** Salience**,** SWOT**,** Stakeholder Map**,** Khung logic **và** SMART để quản trị các bên liên quan hiệu quả.

Bảng 3. Ví dụ minh họa áp dụng các công cụ phân tích stakeholder trong dự án Vinhomes Ocean Park

Công cụ	Ứng dụng cụ thể trong dự án Vinhomes Ocean Park
Power-Interest Grid	- UBND TP Hà Nội: quyền lực cao - quan tâm cao → cần hợp tác chặt chẽ, duy trì đối thoại liên tục. - Người dân xã Dương Xá: quan tâm cao - quyền lực thấp → cần cung cấp thông tin minh bạch, thường xuyên.
Salience Model	- Cư dân tiềm năng và nhà đầu tư thứ cấp có tính cấp thiết cao (mong muốn nhận nhà đúng tiến độ), tính chính đáng cao → cần được ưu tiên trong truyền thông và phản hồi. - Truyền thông có quyền lực gián tiếp, chính đáng, nhưng thường bị bỏ qua nếu không đánh giá đúng.
Stakeholder Map	- Chính quyền - doanh nghiệp - cộng đồng dân cư - truyền thông - ngân hàng được sơ đồ hóa để làm rõ kênh thông tin, mối quan hệ hai chiều và mức độ ảnh hưởng lẫn nhau. → Hỗ trợ doanh nghiệp xây dựng kế hoạch tiếp cận theo nhóm cụ thể.
SWOT (trong quản trị stakeholder)	S: Hệ thống truyền thông mạnh của Vingroup giúp phổ biến thông tin hiệu quả. W: Khó kiểm soát phản ứng cộng đồng nếu truyền thông không minh bạch. O: Sự ủng hộ từ chính quyền TP Hà Nội với dự án đại đô thị. T: Phản ứng từ người dân mất đất, khiếu nại kéo dài có thể ảnh hưởng tiến độ.
Khung Logic (LogFrame)	- Mục tiêu: Phát triển đô thị đại học - thông minh tích hợp dịch vụ. - Đầu vào: vốn, pháp lý, quy hoạch. - Hoạt động: giải phóng mặt bằng, xây dựng, truyền thông, bán hàng. - Kết quả: hoàn thành các phân khu đúng tiến độ. - Rủi ro: khiếu kiện, chậm phê duyệt hạ tầng liên kết (giao thông).
SMART	- Specific: Đối thoại với người dân xã Dương Xá thông qua các buổi họp công khai. - Measurable: Tối thiểu 80% hộ dân bị ảnh hưởng hiểu rõ kế hoạch bồi thường. - Achievable: Thực hiện 3 vòng khảo sát định kỳ trước - trong - sau GPMB. - Relevant: Gắn trực tiếp với mục tiêu giải phóng mặt bằng không có khiếu kiện lớn. - Time-bound: Hoàn thành công tác tương tác cộng đồng trong 6 tháng đầu năm.

2.3. Cơ sở thực tiễn

Tại Thủ đô Hà Nội và các tỉnh lân cận như Hưng Yên, Bắc Ninh, Vĩnh Phúc, nhiều doanh nghiệp tư nhân đã chủ động đầu tư và triển khai các khu đô thị quy mô lớn. Những dự án này không chỉ có ảnh hưởng đến không gian đô thị, mà còn tạo ra sự tương tác phức tạp giữa các nhóm bên liên quan (stakeholders), bao gồm chính quyền địa phương, cộng đồng dân cư, nhà đầu tư thứ cấp, ngân hàng, báo chí, và các tổ chức xã hội. Tuy nhiên, thực tế cho thấy việc phân tích và quản trị các bên liên quan trong phần lớn các dự án vẫn còn mang tính cảm tính, thiếu hệ thống và thường chỉ phản ứng bị động khi xảy ra khủng hoảng truyền thông hoặc khiếu nại cộng đồng.

2.3.1. Phân tích các bên liên quan qua một số dự án tiêu biểu

• Dự án Vinhomes Ocean Park (Gia Lâm, Hà Nội): Đây là một trong những đại đô thị lớn nhất tại phía Đông Hà Nội, với diện tích hơn 400 ha, tích hợp nhà ở, thương mại, giáo dục, y tế và công nghệ thông minh. Chủ đầu tư - Tập đoàn Vingroup - đã gặp phải những thách thức đáng kể trong giai đoạn giải phóng mặt bằng tại xã Dương Xá, khi một số hộ dân không đồng thuận về mức bồi thường và cơ chế tái định cư [1]. Tuy nhiên, doanh nghiệp đã áp dụng một số công cụ quản trị các bên liên quan hiệu quả như đối thoại công khai, thành lập tổ truyền thông nội bộ, cung cấp thông tin qua kênh đa phương tiện, từ đó kiểm soát được dư luận, xây dựng hình ảnh tích cực và đẩy nhanh tiến độ dự án.

• Dự án Ecopark (Văn Giang, Hưng Yên): Được triển khai từ năm 2004, Ecopark là dự án đô thị sinh thái với quy mô gần 500 ha, có sự thay đổi lớn về cấu trúc không gian và dân cư vùng ven

đô. Thời kỳ đầu, dự án vấp phải sự phản đối mạnh mẽ từ một bộ phận người dân bị thu hồi đất - dẫn đến các cuộc khiếu kiện tập thể kéo dài và làm đình trệ dự án trong nhiều năm [2]. Nguyên nhân chính đến từ việc thiếu đánh giá đúng mức độ ảnh hưởng và quyền lực tiềm ẩn của cộng đồng dân cư địa phương - một nhóm các bên liên quan có quyền lực pháp lý hạn chế nhưng có tính cấp thiết cao và khả năng gây ảnh hưởng dư luận mạnh mẽ. Sau giai đoạn khủng hoảng, chủ đầu tư đã tái cấu trúc chiến lược các bên liên quan bằng cách phối hợp với chính quyền huyện, tăng cường hoạt động tiếp cận cộng đồng, hỗ trợ sinh kế hậu thu hồi đất và đầu tư vào hạ tầng vùng đệm.

• Dự án Khai Sơn City (Long Biên, Hà Nội): Là một khu đô thị kiểu châu Âu do Công ty CP Khai Sơn đầu tư, Khai Sơn City được kỳ vọng là điểm nhấn phát triển đô thị tại cửa ngõ Đông Bắc Hà Nội. Tuy nhiên, trong quá trình triển khai, dự án đã gặp phải một số phản ứng từ phía cộng đồng dân cư liên quan đến điều chỉnh quy hoạch chi tiết (tăng mật độ xây dựng, thay đổi chiều cao tầng) mà chưa tham vấn đủ rộng rãi [3]. Dự án này cho thấy thiếu vắng công cụ phân tích các bên liên quan truyền thông - xã hội, dẫn đến khủng hoảng niềm tin từ một bộ phận cư dân và gây ảnh hưởng đến hình ảnh dự án trên báo chí. Trong thực tế triển khai các dự án phát triển đô thị tại khu vực Hà Nội và vùng phụ cận, mỗi dự án có đặc điểm khác nhau về bối cảnh pháp lý, mức độ tác động xã hội, cũng như chiến lược quản lý các bên liên quan của doanh nghiệp.

Bảng 4. So sánh các nhóm các bên liên quan điển hình tại ba dự án

Nhóm stakeholder	Ecopark (Hưng Yên)	Vinhomes Ocean Park (Hà Nội)	Khai Sơn City (Long Biên)
Chính quyền địa phương	Đồng hành nhưng ban đầu thiếu phối hợp cấp xã → khiếu kiện kéo dài	Phối hợp tốt với TP Hà Nội và huyện Gia Lâm	Tốt, nhưng thiếu tham vấn ở cấp phường, tổ dân phố
Người dân bị thu hồi đất	Phản đối mạnh đầu kỳ do thiếu bồi thường minh bạch	Có ý kiến nhưng được giải quyết qua đối thoại công khai	Không phản ứng mạnh nhưng chưa thực sự đồng thuận
Ngân hàng, tài chính	Vai trò trung lập - ít ảnh hưởng	Hợp tác chặt chẽ (VIB, Techcombank…) → hỗ trợ dòng vốn	Hạn chế thông tin → chậm giải ngân giai đoạn giữa
Truyền thông, mạng xã hội	Từng đưa tin tiêu cực giai đoạn 2012–2014	Chủ động truyền thông sớm, kiểm soát nội dung	Bị động, truyền thông phản ứng khi có sự kiện quy hoạch
Cộng đồng dân cư lân cận	Ban đầu lo ngại → chuyển biến nhờ phát triển hạ tầng	Có kỳ vọng tăng giá đất, hỗ trợ truyền thông dự án	Lo ngại về hạ tầng - mật độ - thay đổi môi trường sống

Theo mô hình Power-Interest Grid, ta phân tích cấu trúc các bên liên quan trong dự án Vinhomes Ocean Park (huyện Gia Lâm, Hà Nội) để minh họa cụ thể cho cách ứng dụng các mô hình lý thuyết trong thực tiễn.

Bảng 5 trình bày phân loại các nhóm, bên liên quan chính trong dự án.

Nhóm các bên liên quan	Quyền lực	Mức độ quan tâm	Chiến lược quản trị
UBND TP Hà Nội	Cao	Cao	Tham vấn thường xuyên, cập nhật tiến độ
Người dân xã Dương Xá	Thấp	Cao	Tổ chức đối thoại, truyền thông minh bạch
Ngân hàng tài trợ	Cao	Vừa	Giữ hài lòng, bảo đảm thông tin tài chính
Cư dân tương lai	Vừa	Cao	Quản trị kỳ vọng, minh bạch hợp đồng
Báo chí, mạng xã hội	Vừa	Vừa	Dự phòng rủi ro, thiết lập truyền thông chủ động
Nhà đầu tư thứ cấp	Cao	Cao	Hợp tác chặt, ưu tiên tiếp cận thông tin

2.3.2. Những hạn chế điển hình trong thực tiễn quản trị các bên liên quan

Từ các trường hợp nêu trên, ta có thể nhận diện một số điểm yếu phổ biến trong thực tiễn phân tích và quản trị các bên liên quan tại các doanh nghiệp phát triển đô thị ở Việt Nam:

• Thiếu phân loại rõ ràng stakeholder ngay từ giai đoạn đầu: Nhiều doanh nghiệp chỉ tập trung vào chính quyền địa phương và người dân bị thu hồi đất mà bỏ sót các nhóm có ảnh hưởng gián tiếp như báo chí, nhà đầu tư thứ cấp, tổ chức xã hội, ngân hàng tài trợ.

• Thiếu công cụ đánh giá định lượng và hệ thống hóa chiến lược tương tác: Phần lớn việc tương tác với stakeholder còn cảm tính, thiếu khung phân tích như Power-Interest Grid hay Salience, dẫn đến thiếu ưu tiên hoặc ưu tiên sai nhóm cần quản lý chặt.

• Thiếu quy trình và nguồn lực chuyên biệt cho quản trị stakeholder: Rất ít doanh nghiệp có bộ phận hoặc cán bộ chuyên trách về stakeholder engagement. Các hoạt động thường bị phân tán giữa truyền thông, pháp lý và dự án, thiếu sự thống nhất và theo dõi dài hạn.

• Thiếu cơ chế phản hồi hai chiều và tham vấn minh bạch: Các cuộc họp cộng đồng, nếu có, thường mang tính hình thức, không đủ để xây dựng niềm tin hoặc lắng nghe sâu kỳ vọng - lo ngại từ các bên liên quan.

3. XÁC ĐỊNH VÀ PHÂN TÍCH CÁC BÊN LIÊN QUAN

Quản lý các bên liên quan (stakeholders) là một nội dung cốt lõi trong quản lý dự án phát triển đô thị, đặc biệt trong bối cảnh doanh nghiệp tư nhân đóng vai trò trung tâm trong việc đầu tư, triển khai và vận hành các dự án quy mô lớn. Việc xác định đầy đủ, phân loại chính xác và xây dựng chiến lược tương tác hiệu quả với các bên liên quan giúp doanh nghiệp giảm thiểu rủi ro về pháp lý, xã hội và truyền thông; đồng thời nâng cao khả năng chấp thuận dự án, tiến độ triển khai và hiệu quả đầu tư. Phần này trình bày quá trình nhận diện, phân tích và đánh giá các nhóm stakeholder chính trong các dự án phát triển đô thị điển hình tại khu vực Hà Nội và vùng phụ cận, kết hợp giữa cơ sở lý luận và thực tiễn.

3.1. Nhận diện và phân loại các bên liên quan chính

Dựa trên tổng hợp từ các khung lý thuyết quốc tế như PMBOK [14], ISO 21500 [15], mô hình stakeholder của Freeman [1] và các hướng dẫn của WB, ADB [16], các bên liên quan trong một dự án phát triển đô thị có thể được chia thành năm nhóm chủ yếu như sau:

Bảng 6. Phân loại các nhóm các bên liên quan chính trong dự án phát triển đô thị

Nhóm stakeholder	**Các bên liên quan cụ thể**
Cơ quan nhà nước	UBND thành phố/quận/huyện, Sở Quy hoạch - Kiến trúc, Sở Tài nguyên và Môi trường, thanh tra
Cộng đồng dân cư	Người dân bị thu hồi đất, cư dân hiện hữu, cư dân tiềm năng, đại diện tổ dân phố, hội đồng nhân dân
Đối tác tài chính	Ngân hàng tài trợ, quỹ đầu tư, nhà đầu tư thứ cấp, đơn vị phân phối bất động sản
Truyền thông - xã hội	Báo chí, mạng xã hội, tổ chức xã hội, hội nghề nghiệp, tổ chức phản biện cộng đồng
Tổ chức chuyên môn	Đơn vị tư vấn, thiết kế, tổng thầu, nhà thầu phụ, đơn vị vận hành quản lý sau đầu tư

3.2. Phân tích các bên liên quan theo mô hình Power-Interest Grid

Mô hình Power-Interest Grid do Bryson phát triển [17] giúp phân loại các **các bên liên quan** theo mức độ quyền lực và mức độ quan tâm, từ đó hỗ trợ doanh nghiệp xác định mức độ ưu tiên trong quản lý và tương tác.

Bảng 7. Phân tích **các bên liên quan** theo Power-Interest Grid (Dự án Vinhomes Ocean Park)

Bên liên quan	Quyền lực	Quan tâm	Chiến lược tương tác
UBND TP Hà Nội	Cao	Cao	Hợp tác chặt chẽ, cập nhật định kỳ
Người dân xã Dương Xá	Thấp	Cao	Truyền thông minh bạch, tổ chức họp cộng đồng
Ngân hàng tài trợ	Cao	Vừa	Báo cáo tài chính định kỳ, đảm bảo uy tín tín dụng
Nhà đầu tư thứ cấp	Vừa	Cao	Cung cấp thông tin đầy đủ, bảo vệ lợi ích pháp lý
Báo chí và mạng xã hội	Vừa	Vừa	Chủ động truyền thông, phòng ngừa khủng hoảng

3.3. Phân tích theo mô hình Salience

Mô hình Salience của Mitchell, Agle & Wood (1997) [18] phân loại stakeholder dựa trên ba tiêu chí: quyền lực (power), tính chính đáng (legitimacy) và tính cấp thiết (urgency). Việc đánh giá theo ba yếu tố này cho phép doanh nghiệp xác định nhóm **các** bên liên quan "nổi bật" (definitive stakeholder) - tức là nhóm cần được ưu tiên trong quản lý và truyền thông.

Áp dụng tại dự án Ecopark (Hưng Yên):

- **Người dân bị thu hồi đất**: có tính chính đáng và cấp thiết cao → cần ưu tiên đối thoại sớm, hỗ trợ sinh kế và thông tin minh bạch.
- **UBND tỉnh, huyện**: hội tụ cả ba tiêu chí → cần duy trì hợp tác chiến lược liên tục.
- **Báo chí địa phương**: có quyền lực và cấp thiết cao trong bối cảnh khủng hoảng → phải có chiến lược chủ động kiểm soát thông tin.

3.4. Phân tích SWOT trong quản trị các bên liên quan: Tổng hợp từ các dự án nghiên cứu cho thấy một số đặc điểm phổ biến trong năng lực quản trị stakeholder của doanh nghiệp phát triển đô thị tại Việt Nam.

Bảng 8. Phân tích SWOT trong quản trị stakeholder

Strengths (S)	**Weaknesses (W)**
Năng lực tài chính, truyền thông mạnh	Thiếu bộ phận chuyên trách về stakeholder
Quan hệ tốt với chính quyền cấp cao	Phân tích stakeholder còn cảm tính, thiếu hệ thống
Opportunities (O)	**Threats (T)**
Hỗ trợ từ chính quyền với chính sách mở rộng đô thị	Phản ứng xã hội khi thiếu minh bạch thông tin
Thị trường hấp dẫn với nhà đầu tư thứ cấp	Lan truyền tiêu cực trên mạng xã hội rất nhanh

3.5. Phân tầng mức độ ảnh hưởng của các bên liên quan (Stakeholder Map)

Để hỗ trợ doanh nghiệp trong việc xác định mức độ ưu tiên và xây dựng chiến lược quản lý hiệu quả, các bên liên quan trong một dự án đầu tư phát triển đô thị có thể được phân chia theo bốn cấp ảnh hưởng, dựa trên quyền lực thực thi, mức độ tác động và tần suất tương tác.

Bảng 9. Phân tầng các nhóm, bên liên quan theo mức độ ảnh hưởng

Cấp ảnh hưởng	Nhóm, bên liên quan tiêu biểu	Mối quan hệ với doanh nghiệp
Cấp 1 (quyết định)	UBND TP, UBND quận/huyện, Sở Quy hoạch - Kiến trúc, Sở TN&MT	Phê duyệt chủ trương, quy hoạch, cấp phép, giám sát pháp lý
Cấp 2 (thực thi)	Nhà thầu, tư vấn thiết kế, đơn vị quản lý dự án, ngân hàng tài trợ	Hợp đồng hợp tác, triển khai kỹ thuật, cung cấp vốn và giải ngân
Cấp 3 (bị tác động)	Người dân bị thu hồi đất, cư dân hiện hữu và cư dân tương lai	Phản hồi xã hội, phản ứng cộng đồng, tham gia giám sát và truyền thông
Cấp 4 (gián tiếp)	Truyền thông, báo chí, nhà đầu tư thứ cấp, tổ chức xã hội - nghề nghiệp	Định hình dư luận, gây ảnh hưởng đến hình ảnh và tính chấp nhận dự án

3.5. Nhận xét cho doanh nghiệp phát triển đô thị

Từ phân tích trên, có thể rút ra cho các doanh nghiệp phát triển đô thị:

- Cần tiến hành phân loại các bên liên quan từ sớm bằng các mô hình khoa học như Power-Interest Grid và Salience để thiết lập mức độ ưu tiên.
- Xây dựng chiến lược tương tác linh hoạt theo giai đoạn, trong đó xác định rõ ai là nhóm cần hợp tác chiến lược, ai cần truyền thông minh bạch, ai cần theo dõi sát.
- Tổ chức kênh thông tin hai chiều giữa doanh nghiệp và cộng đồng - truyền thông - cơ quan quản lý, không chỉ nhằm truyền tải mà còn để tiếp nhận phản hồi và điều chỉnh kế hoạch.
- Hình thành bộ phận chuyên trách quản lý stakeholder trong các dự án lớn, có chức năng phối hợp liên ngành (truyền thông - pháp lý - điều hành) để đảm bảo sự nhất quán.

Việc nhận diện và phân tích các bên liên quan không chỉ giúp doanh nghiệp kiểm soát rủi ro, mà còn tạo điều kiện cho sự phát triển bền vững và xây dựng niềm tin xã hội trong dài hạn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Với việc trình bày một cách có hệ thống cơ sở lý luận, thực tiễn và các công cụ phân tích nhằm nhận diện, phân loại và đánh giá các bên liên quan trong các dự án phát triển đô thị tại Việt Nam dưới góc nhìn của doanh nghiệp. Trên cơ sở vận dụng các mô hình như Ma trận quyền lực - lợi ích (Power-Interest Grid), mô hình Salience, Stakeholder Map**,** kết hợp với phân tích SWOT và khung logic, bài viết đã làm rõ:

- Hệ sinh thái các bên liên quan trong các dự án phát triển đô thị tại Hà Nội và vùng phụ cận rất đa dạng, bao gồm các nhóm đến từ khu vực công, tư, cộng đồng dân cư, tài chính và truyền thông - xã hội, với mức độ tác động và kỳ vọng khác nhau.
- Mỗi nhóm, bên liên quan có ảnh hưởng, vai trò và lợi ích riêng biệt. Nếu doanh nghiệp không xác định chính xác và tương tác đúng mức, các bên này có thể trở thành nguồn xung đột, làm trì hoãn dự án, gia tăng chi phí và tổn hại đến uy tín thương hiệu.
- Các mô hình phân tích lý thuyết quốc tế hoàn toàn có thể được vận dụng linh hoạt vào thực tiễn Việt Nam nếu được điều chỉnh phù hợp với điều kiện thể chế, xã hội và trình độ quản trị doanh nghiệp.
- Các trường hợp nghiên cứu thực tế như Vinhomes Ocean Park, Ecopark hay Khai Sơn City đều cho thấy sự cần thiết phải có chiến lược quản lý các bên liên quan ngay từ giai đoạn chuẩn bị đầu tư, đặc biệt đối với nhóm dân cư bị ảnh hưởng, chính quyền địa phương và truyền thông.

Như vậy, việc xác định và phân tích các bên liên quan không thể được xem là một hoạt động phụ trợ mà cần được tích hợp như một phần chiến lược trong quản lý tổng thể dự án phát triển đô thị. Việc nhận diện và quản lý hiệu quả các bên liên quan không chỉ là điều kiện bảo đảm tiến độ và hiệu quả đầu tư mà còn là cơ sở để hướng đến phát triển đô thị bền vững, xây dựng niềm tin, đồng thuận xã hội và nâng cao chất lượng môi trường sống cho cộng đồng dân cư tại Việt Nam trong dài hạn.

4.2. Kiến nghị

Từ các kết quả phân tích, bài viết đề xuất một số kiến nghị nhằm nâng cao hiệu quả quản lý các bên liên quan trong các dự án phát triển đô thị, phù hợp với từng nhóm chủ thể liên quan.

Đối với doanh nghiệp phát triển đô thị:

- Xây dựng cơ chế quản trị các bên liên quan như một phần chính thức trong quy trình quản lý dự án, với kế hoạch cụ thể từ giai đoạn chuẩn bị đầu tư đến giai đoạn vận hành sau đầu tư.
- Áp dụng linh hoạt các công cụ phân tích như Ma trận quyền lực - lợi ích và mô hình Salience để xác định mức độ ảnh hưởng, ưu tiên và xây dựng chiến lược tương tác phù hợp với từng nhóm bên liên quan.
- Thành lập bộ phận chuyên trách quản lý các bên liên quan trong doanh nghiệp, đảm nhiệm công tác theo dõi, phân tích, phản hồi và kết nối thông tin với các nhóm liên quan trong suốt vòng đời dự án.
- Tăng cường đối thoại, minh bạch hóa thông tin và thiết lập cơ chế lắng nghe có phản hồi rõ ràng đối với nhóm dân cư, nhà đầu tư thứ cấp và các tổ chức xã hội - truyền thông.

Đối với cơ quan quản lý nhà nước:

- Hoàn thiện quy định pháp lý về tham vấn cộng đồng, công khai quy hoạch và trách nhiệm giám sát mối quan hệ giữa doanh nghiệp với các bên liên quan trong quá trình thực hiện dự án.
- Tăng cường vai trò điều phối của chính quyền địa phương trong việc hòa giải, hỗ trợ đối thoại và giải quyết mâu thuẫn giữa doanh nghiệp và các nhóm dân cư bị ảnh hưởng.
- Xây dựng cơ sở dữ liệu các bên liên quan theo ngành, lĩnh vực tại cấp địa phương nhằm hỗ trợ quản lý, đánh giá tác động xã hội và tạo điều kiện để các dự án có thể triển khai thuận lợi, minh bạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman.

[2]. Bryson, J. M. (2004). What to do when stakeholders matter: Stakeholder identification and analysis techniques. *Public Management Review*, 6(1), 21-53.

[3]. Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853-886.

[4]. UN-Habitat (2020). *Stakeholder Engagement in Urban Planning: A Guide for Practitioners*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.

[5]. World Bank (2017). *Environmental and Social Framework: Stakeholder Engagement Plan*. Washington D.C.: World Bank Group.

[6]. ADB (2018). *Strengthening Participation for Development Results: An Evaluation of ADB's Approaches and Practices*. Manila: Asian Development Bank.

[7]. Nguyen, T. V. (2021). Stakeholder mapping in urban infrastructure projects in Vietnam: A case-based approach. *Journal of Construction Economics and Management*, 34(2), 45-60.

[8]. Lê, H. T. (2020). Phân tích bên liên quan trong các dự án đối tác công tư tại Việt Nam: Bài học từ lĩnh vực hạ tầng giao thông. *Tạp chí Kinh tế và Dự báo*, số 20, tr. 78-84.

[9]. PMBOK Guide - Seventh Edition (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute (PMI).

[10.] ISO 21500:2021. *Guidance on Project Management*. International Organization for Standardization.

[11]. Quốc hội Việt Nam (2014). *Luật Xây dựng sửa đổi năm 2014*, Luật số 50/2014/QH13.

[12]. Quốc hội Việt Nam (2009). *Luật Quy hoạch đô thị*, Luật số 30/2009/QH12.

[13]. Nguyễn, D. Q. & Trần, V. A. (2019). Tổ chức và quản lý dự án bất động sản tại Việt Nam: Một số vấn đề và gợi ý. *Tạp chí Xây dựng*, số 6/2019, tr. 23-31.

[14]. Project Management Institute (2013). *Managing Change in Organizations: A Practice Guide*. Newtown Square, Pennsylvania: PMI.

[15]. ISO (2012). *ISO 21500: Guidance on Project Management*. Geneva: International Organization for Standardization.

[16]. World Bank (2022). *Good Practice Note: Assessing Stakeholder Engagement Plans*. Washington, D.C.

[17]. Bryson, J. M. (2011). *Strategic Planning for Public and Nonprofit Organizations: A Guide to Strengthening and Sustaining Organizational Achievement*. San Francisco: Jossey-Bass.

[18]. Olander, S. (2007). Stakeholder impact analysis in construction project management. *Construction Management and Economics*, 25(3), 277-287.

■Ngày nhận bài: 11/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Nghiên cứu quy trình đầu tư xây dựng dự án vốn nhà nước nhóm C cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư

A Study on the Investment preparation process for Category C public investment projects in construction

> NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN
Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng, Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Giai đoạn chuẩn bị đầu tư là bước nền tảng quan trọng quyết định hiệu quả, tiến độ và tính bền vững của toàn bộ vòng đời dự án đầu tư xây dựng. Trong thực tiễn tại Việt Nam, đặc biệt đối với các dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước, quy trình chuẩn bị đầu tư còn tồn tại nhiều bất cập như thiếu đồng bộ, kéo dài thời gian, thiếu minh bạch và lãng phí nguồn lực. Bài báo này phân tích hệ thống văn bản pháp lý điều chỉnh, quy trình thực hiện hiện hành, cũng như thực trạng triển khai tại địa phương. Qua đó, đề xuất một mô hình quy trình tối ưu cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư, tích hợp ứng dụng công nghệ thông tin và cải tiến quản lý đa bên. Các khuyến nghị nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư công, rút ngắn thời gian phê duyệt, đồng thời tăng cường tính minh bạch và hiệu quả sử dụng vốn cũng được trình bày. Bài viết có thể làm cơ sở tham khảo cho các cơ quan quản lý, chủ đầu tư, và đơn vị tư vấn trong thực thi và cải tiến quy trình đầu tư xây dựng dự án nhóm C tại Việt Nam.

Từ khóa: Đầu tư công; dự án nhóm C; chuẩn bị đầu tư; quy trình đầu tư xây dựng; hiệu quả đầu tư; cải cách thủ tục hành chính.

ABSTRACT

The investment preparation stage is a foundational phase that critically influences the effectiveness, schedule, and sustainability of the entire life cycle of public construction projects. In Vietnam, especially for Category C projects using state capital, this stage faces several challenges such as procedural inefficiencies, lack of transparency, and resource waste. This paper analyzes the current legal framework and actual implementation practices, identifying common shortcomings and institutional barriers. It then proposes an optimized and integrated investment preparation process that incorporates information technology applications and multi-stakeholder management improvements. The proposed model aims to enhance public investment efficiency, shorten approval times, and increase transparency. This study serves as a practical reference for government agencies, project owners, and consulting firms in improving investment preparation processes for Category C public projects in Vietnam.

Keywords: Public investment; Category C projects; investment preparation; construction investment process; investment efficiency; administrative procedure reform.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa, đầu tư công đóng vai trò then chốt trong phát triển cơ sở hạ tầng và đảm bảo an sinh xã hội tại Việt Nam. Theo Luật Đầu tư công năm 2019, các dự án đầu tư sử dụng vốn nhà nước được chia thành các nhóm A, B và C, trong đó nhóm C chiếm số lượng lớn nhất về mặt dự án và thường có quy mô nhỏ nhưng lại trực tiếp liên quan đến đời sống dân sinh, như trường học, trạm y tế, đường giao thông nông thôn, hạ tầng cấp thoát nước... [1].

Giai đoạn chuẩn bị đầu tư là bước khởi đầu có ý nghĩa quyết định trong toàn bộ vòng đời dự án. Việc lập, thẩm định và phê duyệt các hồ sơ đầu tư ở giai đoạn này ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sử dụng vốn, tiến độ thực hiện và chất lượng công trình. Tuy nhiên, trong thực tế, nhiều dự án nhóm C còn tồn tại những bất cập như chậm phê duyệt, thiếu cơ sở pháp lý rõ ràng, trùng lặp thủ tục giữa các cơ quan, và chất lượng hồ sơ chưa cao [2], [5].

Ngoài ra, hệ thống pháp lý liên quan đến đầu tư xây dựng hiện nay vẫn còn phân tán giữa nhiều luật và nghị định khác nhau như: Luật Xây dựng 2014 (sửa đổi 2020), Luật Đầu tư công 2019, Luật Ngân sách Nhà nước 2015, và các nghị định hướng dẫn thi hành. Sự phân tán này gây khó khăn trong việc áp dụng đồng bộ, đặc biệt tại cấp cơ sở - nơi trực tiếp tổ chức thực hiện các dự án nhóm C [3], [6].

Bên cạnh đó, quá trình chuyển đổi số và cải cách hành chính trong quản lý đầu tư công cũng đặt ra yêu cầu cần có một quy

trình chuẩn hóa, minh bạch và ứng dụng công nghệ thông tin để nâng cao hiệu quả. Việc nghiên cứu, đánh giá và đề xuất một mô hình quy trình phù hợp cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư là rất cần thiết, nhất là trong bối cảnh đẩy mạnh phân cấp, phân quyền cho địa phương theo tinh thần Nghị quyết số 04/NQ-CP năm 2022 của Chính phủ [4], [7].

Trên cơ sở đó, bài báo hướng đến mục tiêu:

(i) Tổng quan hóa các quy định pháp luật và quy trình hiện hành đối với dự án nhóm C;

(ii) Phân tích các tồn tại và nguyên nhân trong thực tiễn thực hiện tại địa phương;

(iii) Đề xuất một mô hình quy trình tối ưu, có tích hợp yếu tố công nghệ thông tin và cải cách thủ tục, nhằm nâng cao hiệu quả của giai đoạn chuẩn bị đầu tư các dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước tại Việt Nam [8], [10].

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ PHÁP LÝ VỀ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG

a. Khái niệm và đặc điểm của đầu tư xây dựng

Đầu tư xây dựng là quá trình sử dụng các nguồn lực (vốn, lao động, vật liệu, công nghệ...) nhằm tạo ra, duy trì, cải tạo hoặc nâng cấp các công trình hạ tầng kỹ thuật và xã hội. Đây là một trong những lĩnh vực có tỷ trọng lớn trong tổng vốn đầu tư toàn xã hội, đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế - xã hội và nâng cao chất lượng cuộc sống người dân [2].

Đặc điểm nổi bật của hoạt động đầu tư xây dựng là có quy mô vốn lớn, thời gian thực hiện dài, liên quan đến nhiều ngành nghề và chịu ảnh hưởng bởi yếu tố địa phương, thời tiết, điều kiện kỹ thuật - công nghệ cũng như chính sách của Nhà nước. Ngoài ra, hiệu quả đầu tư không chỉ đo bằng lợi nhuận kinh tế mà còn ở giá trị sử dụng, hiệu quả xã hội và môi trường [4], [9].

b. Vai trò của giai đoạn chuẩn bị đầu tư

Giai đoạn chuẩn bị đầu tư là bước đầu tiên nhưng có vai trò quyết định tới tính khả thi và hiệu quả tổng thể của dự án. Các nội dung như xác định nhu cầu, lựa chọn phương án đầu tư, thẩm định nguồn vốn và lựa chọn địa điểm, lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi và khả thi đều được thực hiện trong giai đoạn này [1].

Nếu thực hiện tốt bước chuẩn bị, sẽ giảm thiểu rủi ro trong thi công và vận hành, đồng thời đảm bảo sử dụng hiệu quả vốn ngân sách. Ngược lại, nếu chuẩn bị không đầy đủ, có thể dẫn đến lãng phí, đội vốn, chậm tiến độ hoặc chất lượng không đạt yêu cầu [5].

c. Khung pháp lý về đầu tư xây dựng hiện hành

Hoạt động đầu tư xây dựng ở Việt Nam hiện được điều chỉnh bởi hệ thống pháp luật gồm nhiều luật và nghị định. Một số văn bản pháp lý chính bao gồm:

Luật Xây dựng năm 2014, sửa đổi năm 2020: Quy định chung về hoạt động đầu tư xây dựng, quản lý chất lượng, cấp phép xây dựng và năng lực tổ chức thực hiện [6].

Luật Đầu tư công năm 2019: Phân loại dự án theo quy mô và nguồn vốn; quy định trình tự, thủ tục lập, thẩm định, phê duyệt chủ trương đầu tư và quyết định đầu tư [3].

Luật Ngân sách nhà nước năm 2015: Quy định về quản lý, phân bổ và sử dụng nguồn vốn đầu tư công [9].

Nghị định 40/2020/NĐ-CP, Nghị định 15/2021/NĐ-CP và các thông tư hướng dẫn: Cụ thể hóa trách nhiệm và quy trình quản lý đầu tư từ lập dự án đến tổ chức thực hiện.

Tuy nhiên, thực tế cho thấy vẫn còn hiện tượng chồng chéo giữa các luật và chưa có sự đồng bộ hóa trong việc thực hiện, đặc biệt ở cấp địa phương - nơi triển khai các dự án nhóm C [7].

d. Đặc điểm pháp lý của dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước

Dự án nhóm C có tổng mức đầu tư nhỏ hơn 120 tỷ đồng (với công trình dân dụng) và thường do cấp huyện hoặc xã làm chủ đầu tư [1], [8]. Vì vậy, quy trình thực hiện thường được rút gọn nhưng vẫn cần đảm bảo tuân thủ các bước lập, thẩm định và phê duyệt theo đúng quy định.

Tuy nhiên, do năng lực cán bộ tại cơ sở còn hạn chế, việc tiếp cận và áp dụng đồng bộ các quy định pháp lý còn nhiều vướng mắc. Việc nghiên cứu để hệ thống hóa và đề xuất mô hình quy trình hợp lý, dễ áp dụng là yêu cầu cấp thiết để đảm bảo hiệu quả quản lý vốn nhà nước [10].

3. THỰC TRẠNG THỰC HIỆN QUY TRÌNH CHUẨN BỊ ĐẦU TƯ CHO DỰ ÁN NHÓM C TẠI ĐỊA PHƯƠNG

a. Tổng quan tình hình triển khai các dự án nhóm C

Tại nhiều địa phương trên cả nước, đặc biệt ở cấp huyện và xã, các dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước thường tập trung vào các lĩnh vực thiết yếu như: giao thông nông thôn, trường học, trạm y tế, hệ thống cấp thoát nước, và cải tạo hạ tầng kỹ thuật. Đây là những dự án có quy mô nhỏ, thời gian thực hiện ngắn, và chịu sự điều hành trực tiếp từ các cơ quan quản lý nhà nước cấp cơ sở [3], [5].

Mặc dù quy mô không lớn, nhưng các dự án này đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao chất lượng sống cho người dân và đảm bảo công bằng trong phân bổ ngân sách phát triển giữa các vùng, miền.

b. Các bước triển khai giai đoạn chuẩn bị đầu tư

Theo quy định của Luật Đầu tư công năm 2019 và Luật Xây dựng sửa đổi năm 2020, giai đoạn chuẩn bị đầu tư cho dự án nhóm C thông thường gồm các bước:

Lập đề xuất chủ trương đầu tư hoặc báo cáo đề xuất dự án.

Thẩm định và phê duyệt chủ trương đầu tư.

Lập báo cáo nghiên cứu khả thi hoặc báo cáo kinh tế kỹ thuật.

Thẩm định, phê duyệt báo cáo và kế hoạch lựa chọn nhà thầu.

Tuy nhiên, ở nhiều địa phương, các bước này thường bị rút gọn hoặc lồng ghép do thiếu nguồn lực về nhân sự và tài chính, dẫn đến nguy cơ thiếu sót hồ sơ, không đảm bảo chất lượng đánh giá hiệu quả đầu tư [2], [8].

c. Những tồn tại và khó khăn chủ yếu

Qua khảo sát và tổng hợp các báo cáo giám sát đầu tư tại địa phương cho thấy, việc triển khai quy trình chuẩn bị đầu tư dự án nhóm C còn tồn tại một số vấn đề sau:

Thiếu đồng bộ trong thực hiện các bước: Nhiều dự án không có đủ thời gian lập báo cáo nghiên cứu khả thi chi tiết, dẫn đến việc lập kế hoạch và dự toán không sát với thực tế [6].

Năng lực cán bộ còn hạn chế: Cán bộ cấp xã, huyện thường kiêm nhiệm nhiều công việc, thiếu chuyên môn sâu về đầu tư xây dựng, đặc biệt trong việc lập và thẩm định hồ sơ kỹ thuật [4], [7].

Khó khăn trong tiếp cận nguồn vốn và quy trình thẩm định: Việc phân bổ vốn không đều, chậm giải ngân hoặc thay đổi kế hoạch vốn giữa chừng gây ảnh hưởng đến tiến độ triển khai [1].

Thiếu sự phối hợp giữa các cơ quan: Các phòng ban liên quan (kế hoạch đầu tư, tài chính, xây dựng…) tại địa phương nhiều khi chưa phối hợp hiệu quả, gây chồng chéo hoặc chậm trễ [10].

d. Một số ví dụ điển hình từ thực tiễn

Tại một huyện miền núi phía Bắc, dự án cải tạo đường giao thông liên thôn (tổng mức đầu tư 10 tỷ đồng) đã hoàn tất chỉ

sau 5 tháng chuẩn bị đầu tư nhờ có sự phối hợp chặt chẽ giữa UBND huyện và Phòng Kinh tế - Hạ tầng. Tuy nhiên, tại một địa phương khác ở Đồng bằng sông Cửu Long, dự án xây dựng nhà văn hóa xã (5 tỷ đồng) bị đình trệ hơn một năm do thay đổi đơn vị tư vấn và chậm thẩm định nguồn vốn [2].

Những trường hợp này phản ánh tính không đồng đều trong năng lực quản lý, tổ chức triển khai giữa các địa phương, từ đó đặt ra yêu cầu về việc xây dựng một quy trình chuẩn tối ưu và linh hoạt hơn để áp dụng hiệu quả tại cơ sở.

4. ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH TỐI ƯU CHO GIAI ĐOẠN CHUẨN BỊ ĐẦU TƯ DỰ ÁN NHÓM C

a. Cơ sở của đề xuất

Từ phân tích thực trạng đã nêu ở phần trước, có thể thấy quy trình hiện hành vẫn còn những hạn chế trong việc đáp ứng yêu cầu về tiến độ, chất lượng và hiệu quả sử dụng nguồn lực cho các dự án nhóm C tại địa phương. Việc tối ưu hóa quy trình là cần thiết nhằm đảm bảo:

Rút ngắn thời gian chuẩn bị đầu tư mà vẫn đảm bảo tuân thủ pháp luật.

Tăng tính minh bạch và khả năng giám sát.

Phù hợp với năng lực tổ chức và thực tiễn tại địa phương [3], [5].

Ngoài ra, đề xuất còn tham khảo một số mô hình thực tiễn tốt từ các tỉnh thành như Quảng Ninh, Đồng Tháp, nơi đã áp dụng thành công quy trình tinh gọn và có ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý đầu tư [2], [7].

b. Nguyên tắc xây dựng quy trình đề xuất

Quy trình đề xuất cần đảm bảo các nguyên tắc sau:

Tuân thủ pháp luật hiện hành, bao gồm Luật Đầu tư công, Luật Xây dựng, các Nghị định và Thông tư liên quan [1].

Tối giản hóa các bước trung gian không cần thiết, phù hợp với dự án nhóm C quy mô nhỏ.

Tăng cường vai trò của chính quyền địa phương, đặc biệt là UBND cấp xã và huyện trong việc chủ động tổ chức lập, thẩm định và phê duyệt.

Ứng dụng công nghệ thông tin để giảm thiểu hồ sơ giấy tờ và tăng cường giám sát tiến độ [4], [6].

c. Quy trình đề xuất gồm 5 bước chính

Bước 1 - Khảo sát, xác định nhu cầu và ưu tiên đầu tư

Chính quyền địa phương phối hợp với cộng đồng dân cư lập danh mục dự án cần đầu tư, có văn bản xác nhận mức độ cần thiết và khả năng bố trí quỹ đất (nếu có) [10].

Bước 2 - Lập báo cáo đề xuất chủ trương đầu tư

Dựa trên mẫu đơn giản hóa, có thể lồng ghép nội dung báo cáo nghiên cứu khả thi nếu dự án có tổng mức đầu tư dưới 15 tỷ đồng (theo Luật Đầu tư công) [1].

Bước 3 - Thẩm định và phê duyệt chủ trương đầu tư

Phòng Tài chính - Kế hoạch cấp huyện hoặc Sở Kế hoạch Đầu tư cấp tỉnh tổ chức thẩm định nội dung. UBND cấp huyện hoặc tỉnh ra quyết định phê duyệt tùy theo thẩm quyền [3].

Bước 4 - Lập báo cáo kinh tế - kỹ thuật và kế hoạch lựa chọn nhà thầu

Sử dụng mẫu báo cáo rút gọn, tập trung vào phương án kỹ thuật, tổng mức đầu tư, và đề xuất hình thức lựa chọn nhà thầu [6].

Bước 5 - Phê duyệt báo cáo kinh tế - kỹ thuật và chuẩn bị triển khai

Sau khi báo cáo được phê duyệt, tổ chức công khai danh sách nhà thầu và thời gian dự kiến khởi công, đồng thời phân công đơn vị chủ trì giám sát cộng đồng [7].

d. Khác biệt chính so với quy trình hiện hành

NỘI DUNG	QUY TRÌNH HIỆN HÀNH	QUY TRÌNH ĐỀ XUẤT TỐI ƯU
SỐ BƯỚC THỰC HIỆN	6–7 BƯỚC	5 BƯỚC
THỜI GIAN TRUNG BÌNH	8–12 THÁNG	4–6 THÁNG
TÍNH TÍCH HỢP	ÍT	CÓ (GỘP BƯỚC)
ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THÔNG TIN	THẤP	TRUNG BÌNH – CAO
SỰ THAM GIA CỦA CỘNG ĐỒNG	CHƯA RÕ	CÓ TỪ BƯỚC ĐẦU TIÊN
HÌNH THỨC BÁO CÁO	ĐẦY ĐỦ, PHỨC TẠP	RÚT GỌN, DỄ HIỂU

e. Tính khả thi của quy trình đề xuất

Đây là quy trình có tính khả thi cao đối với các địa phương đã có sẵn nền tảng về tổ chức, cán bộ và ứng dụng phần mềm quản lý đầu tư (MIS, PMIS). Với những địa phương chưa có điều kiện, có thể thí điểm trước tại một số xã/thị trấn để rút kinh nghiệm triển khai rộng rãi [8].

Việc chuẩn hóa quy trình này sẽ giúp tăng tỷ lệ hoàn thành dự án nhóm C đúng tiến độ, nâng cao hiệu quả đầu tư công và tạo điều kiện thuận lợi cho giám sát của cộng đồng [5], [9].

5. GIẢI PHÁP HỖ TRỢ TRIỂN KHAI QUY TRÌNH ĐỀ XUẤT

Để đảm bảo khả năng hiện thực hóa quy trình đề xuất trong thực tế, cần có các giải pháp hỗ trợ đồng bộ trên các phương diện: công nghệ, nhân lực, thể chế và tổ chức thực hiện. Dưới đây là ba nhóm giải pháp trọng tâm:

a. Ứng dụng công nghệ thông tin

Việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý dự án đầu tư công nói chung và dự án nhóm C nói riêng là xu hướng tất yếu nhằm minh bạch hóa, rút ngắn thời gian xử lý thủ tục và nâng cao năng suất của cơ quan quản lý.

Một số giải pháp cụ thể:

Triển khai phần mềm quản lý đầu tư: Các địa phương có thể sử dụng các phần mềm hiện có như PMIS (Project Management Information System), MIS của Bộ Kế hoạch và Đầu tư, hoặc xây dựng hệ thống quản lý riêng tích hợp các bước lập - thẩm định - phê duyệt [3], [7].

Tích hợp hệ thống một cửa điện tử: Đồng bộ với phần mềm quản lý hồ sơ hành chính cấp huyện để theo dõi tiến độ từng dự án, tránh tình trạng chồng chéo và thất lạc hồ sơ [4].

Lưu trữ, chia sẻ dữ liệu tập trung: Các sở, ngành và cấp huyện nên thống nhất sử dụng cơ sở dữ liệu chung về dự án nhóm C để tra cứu thông tin và phục vụ kiểm toán, thanh tra về sau [9].

Thực tế từ các tỉnh như Quảng Ninh, Bình Dương, Long An cho thấy, ứng dụng công nghệ thông tin đã giúp rút ngắn tới 30-50% thời gian chuẩn bị đầu tư so với cách làm thủ công trước đây [5].

b. Nâng cao năng lực của các chủ thể tham gia

Một trong những hạn chế phổ biến hiện nay là năng lực của đội ngũ cán bộ cấp xã, huyện còn hạn chế trong việc lập hồ sơ đầu tư, báo cáo kinh tế - kỹ thuật, cũng như giám sát thực hiện. Do vậy, việc nâng cao năng lực là điều kiện tiên quyết để thực hiện hiệu quả quy trình đề xuất.

Các biện pháp cụ thể:

Tổ chức tập huấn chuyên đề: Các Sở Kế hoạch và Đầu tư, Sở Xây dựng cần phối hợp định kỳ với UBND cấp huyện tổ chức các lớp tập huấn về quy trình đầu tư, cập nhật các văn bản pháp luật, hướng dẫn lập báo cáo kỹ thuật - tài chính [6], [8].

Xây dựng cẩm nang quy trình đầu tư nhóm C: Biên soạn tài liệu đơn giản, dễ tra cứu về quy trình đề xuất kèm theo biểu mẫu hồ sơ, mẫu báo cáo rút gọn, hướng dẫn các bước thực hiện [2].

Tăng cường vai trò của đội ngũ tư vấn: Khuyến khích xã hội hóa khâu tư vấn lập hồ sơ bằng việc thuê đơn vị tư vấn có kinh nghiệm, đặc biệt với những địa phương có ít cán bộ chuyên trách [1].

c. Cơ chế phối hợp và giám sát cộng đồng

Đối với dự án nhóm C - vốn có quy mô nhỏ, ảnh hưởng trực tiếp đến người dân - thì sự tham gia của cộng đồng và cơ chế phối hợp giữa các đơn vị có vai trò rất lớn.

Một số đề xuất cụ thể:

Thiết lập cơ chế phối hợp liên ngành: Ban hành quy chế phối hợp giữa Phòng Tài chính - Kế hoạch, Phòng Quản lý Đô thị, Phòng Tài nguyên - Môi trường và UBND cấp xã để tránh chồng chéo và nâng cao hiệu quả xét duyệt hồ sơ [7].

Phát huy vai trò giám sát cộng đồng: Thành lập Ban giám sát cộng đồng từ tổ chức đoàn thể địa phương (Mặt trận Tổ quốc, Hội Cựu chiến binh…) ngay từ bước chuẩn bị đầu tư để giám sát tính minh bạch và hiệu quả [10].

Công khai thông tin dự án: Niêm yết công khai danh mục dự án, nguồn vốn, tiến độ thực hiện tại trụ sở xã hoặc qua cổng thông tin điện tử cấp huyện để tăng cường giám sát xã hội [3].

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

a. Kết luận

Dự án đầu tư xây dựng nhóm C sử dụng vốn nhà nước tuy có quy mô nhỏ nhưng lại chiếm số lượng lớn trong tổng thể các dự án công. Giai đoạn chuẩn bị đầu tư giữ vai trò quyết định đến chất lượng, tiến độ và hiệu quả của cả quá trình thực hiện dự án. Qua nghiên cứu, bài báo đã hệ thống hóa các cơ sở lý luận, đánh giá thực trạng triển khai quy trình hiện hành, chỉ ra những hạn chế về mặt thủ tục, phối hợp liên ngành và năng lực tổ chức thực hiện ở cấp cơ sở.

Từ đó, bài viết đã đề xuất một mô hình quy trình tối ưu hóa cho giai đoạn chuẩn bị đầu tư dự án nhóm C, với các bước rút gọn, tăng cường ứng dụng công nghệ và sự tham gia của cộng đồng. Bên cạnh đó, các giải pháp hỗ trợ cũng được đề xuất đồng bộ trên các mặt: nâng cao năng lực cán bộ, ứng dụng phần mềm quản lý dự án, hoàn thiện cơ chế phối hợp và minh bạch hóa thông tin [1], [3], [6].

Nếu được áp dụng nhất quán, quy trình này có thể giúp rút ngắn 20-30% thời gian chuẩn bị đầu tư, giảm thiểu thủ tục chồng chéo, đồng thời nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư công tại địa phương [4], [5].

b. Kiến nghị

Để hiện thực hóa quy trình đề xuất, bài báo xin đưa ra một số kiến nghị sau:

Về thể chế: Bộ Xây dựng, Bộ Kế hoạch và Đầu tư cần ban hành hướng dẫn cụ thể, đơn giản hóa thủ tục đối với dự án nhóm C, khuyến khích địa phương tự xây dựng quy trình phù hợp đặc thù nhưng đảm bảo tính pháp lý [6].

Về tổ chức thực hiện: UBND cấp tỉnh và cấp huyện cần chủ động xây dựng hệ thống quản lý đầu tư tập trung, có quy chế phối hợp rõ ràng giữa các phòng ban chuyên môn, đồng thời tăng cường kiểm tra - giám sát trong quá trình lập và thẩm định dự án [2], [7].

Về đào tạo và truyền thông: Tổ chức tập huấn định kỳ về quy trình đầu tư nhóm C cho cán bộ chuyên môn cấp xã, đồng thời xây dựng tài liệu hướng dẫn ngắn gọn, dễ tiếp cận cho các bên liên quan [8].

Về công nghệ thông tin: Đẩy mạnh ứng dụng các phần mềm quản lý dự án và cổng thông tin một cửa điện tử để minh bạch hóa và số hóa quy trình đầu tư, phù hợp với xu thế chuyển đổi số quốc gia [3], [9].

Việc cải thiện giai đoạn chuẩn bị đầu tư của dự án nhóm C không chỉ giúp nâng cao hiệu quả sử dụng ngân sách nhà nước mà còn góp phần tăng cường năng lực quản trị đầu tư ở cấp địa phương, hướng tới nền hành chính hiện đại, minh bạch và hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam, Luật Xây dựng số 50/2014/QH13, Hà Nội: NXB Lao động, 2014.

[2]. Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam, Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14, Hà Nội: NXB Tư pháp, 2020.

[3]. Chính phủ, Nghị định số 10/2021/NĐ-CP về quản lý chi phí đầu tư xây dựng, Hà Nội, 2021.

[4]. Chính phủ, Nghị định số 15/2021/NĐ-CP về quản lý dự án đầu tư xây dựng, Hà Nội, 2021.

[5]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Thông tư số 01/2021/TT-BKHĐT hướng dẫn thực hiện Nghị định 10/2021/NĐ-CP, Hà Nội, 2021.

[6]. Bộ Xây dựng, Thông tư số 13/2022/TT-BXD hướng dẫn xác định và quản lý chi phí đầu tư xây dựng, Hà Nội, 2022.

[7]. Lê H. T. và Trần Q. N., "Phân tích các rào cản trong giai đoạn chuẩn bị đầu tư dự án vốn nhà nước tại Việt Nam," Tạp chí Kinh tế và Dự báo, số 25, tr. 30-34, 2020.

[8]. Nguyễn T. V. và Bùi H. P., "Nghiên cứu hiệu quả quản lý dự án đầu tư công ở cấp địa phương," Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 4, tr. 48-53, 2022.

[9]. Nguyễn M. H., "Tối ưu hóa quy trình phê duyệt chủ trương đầu tư dự án nhóm C," Tạp chí Xây dựng, số 3, tr. 25-29, 2021.

[10]. Đào V. T., "Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý đầu tư công," Tạp chí Tài chính, số 10, tr. 50-53, 2019.

[11]. Asian Development Bank, Public Investment Management in Vietnam: Strengthening the Preparation and Appraisal Process, Manila: ADB, 2020.

[12]. World Bank, Vietnam Public Expenditure Review: Improving Efficiency and Equity, Washington, DC: World Bank, 2019.

[13]. OECD, Good Practices for Public Investment across Levels of Government, Paris: OECD Publishing, 2021.

[14]. Ministry of Planning and Investment, Vietnam Public Investment Report 2020, Hanoi: MPI, 2021.

[15]. Trần V. D., "Đề xuất cải tiến quy trình lập và thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi cho dự án nhóm C," Tạp chí Kinh tế xây dựng, số 1, tr. 15–19, 2023.

■Ngày nhận bài: 13/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Ứng dụng AHP để lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện ở TP.HCM

Applying the AHP to select a central air handling unit system for a hospital construction investment project in Ho Chi Minh City

> NGUYỄN THANH PHONG[1,2*], HOÀNG HẢI[3], PHẠM PHÚ CƯỜNG[4]
[1]Nhóm nghiên cứu liên ngành về Quản lý dự án & Tri thức Chuyên nghiệp (K2P), Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
[2]Bộ môn Quản lý xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
[3]Khoa Đào tạo Sau Đại học, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
[4]Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
*Corresponding author Email: phong.nt@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Việc lựa chọn thiết bị có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, bởi nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng, hiệu quả vận hành cũng như chi phí bảo trì trong các dự án xây dựng ngành y tế. Đối với dự án xây dựng bệnh viện, việc chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cần được xem xét kỹ lưỡng. Vì hệ thống này đảm bảo môi trường nhiệt độ và độ ẩm ổn định, đáp ứng các yêu cầu nghiêm ngặt về vệ sinh và an toàn. Cũng như tiết kiệm năng lượng và chi phí vận hành, nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình điều trị và chăm sóc bệnh nhân. Bài báo này trình bày việc ứng dụng phương pháp định lượng AHP để so sánh, đánh giá các tiêu chí nhằm lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho một dự án xây dựng bệnh viện tại TP.HCM. Kết quả nghiên cứu gợi ý các khuyến nghị giúp chủ đầu tư, đội ngũ quản lý đưa ra quyết định tối ưu khi lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện.

Từ khóa: Quy trình thứ bậc phân tích (AHP); hệ thống điều hòa không khí trung tâm; dự án xây dựng bệnh viện; TP.HCM, cơ sở hạ tầng y tế.

ABSTRACT

The selection of equipment is crucial as it directly impacts quality, operational efficiency, and maintenance costs in healthcare construction projects. For hospital construction projects, the choice of a central air handling unit (AHU) system must be carefully considered, as it ensures stable temperature and humidity conditions, meets strict hygiene and safety requirements, and optimizes energy efficiency and operational costs, ultimately facilitating patient care and treatment. This paper applies the Analytic Hierarchy Process (AHP) to quantitatively compare and evaluate criteria for selecting a central air handling unit system for a hospital construction project in Ho Chi Minh City. The research findings provide recommendations to assist investors and project management teams in making optimal decisions when selecting an AHU system for hospital construction projects.

Keywords: Analytic hierarchy process (AHP); central air handling unit; hospital construction project; Ho Chi Minh City; healthcare infrastructure.

1. GIỚI THIỆU

Môi trường điều trị và chăm sóc sức khỏe đòi hỏi các điều kiện vi khí hậu nghiêm ngặt như nhiệt độ, độ ẩm, chất lượng không khí, áp suất phòng... để đảm bảo an toàn, thoải mái cho bệnh nhân, đội ngũ y tế và khách thăm. Tại Việt Nam, các bệnh viện ở đô thị lớn như TP.HCM thường phải đối mặt với hiện tượng quá tải bệnh nhân, mật độ lưu thông cao, và điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm quanh năm. Do đó, việc lựa chọn một hệ thống lạnh trung tâm hiệu quả, an toàn và bền vững là vô cùng quan trọng.

Hệ thống điều hòa không khí trung tâm (chiller, AHU, tháp giải nhiệt. v.v…) trong bệnh viện thường có nhiều yêu cầu khắt khe hơn so với các công trình xây dựng dân dụng thông thường. Một mặt, hệ thống phải duy trì được chất lượng không khí trong sạch, loại bỏ vi sinh vật, các chất gây nhiễm khuẩn, hạn chế lây chéo; mặt khác, hệ thống phải tiết kiệm năng lượng và dễ dàng bảo trì, vận hành. Theo [1], chi phí năng lượng cho hệ thống điều hòa không khí có thể chiếm đến 40-60% tổng năng lượng tiêu thụ của một bệnh viện. Do vậy, việc tối ưu hóa giải pháp lạnh trung tâm không chỉ mang ý

nghĩa về mặt kỹ thuật - sức khỏe, mà còn tác động đáng kể đến tài chính và môi trường.

2. TỔNG QUAN

Trong các dự án đầu tư xây dựng ngành y tế, hệ thống điều hòa không khí trung tâm, thường gọi là hệ thống lạnh trung tâm, không đơn thuần chỉ là máy điều hoà nhiệt độ, mà còn phải đáp ứng yêu cầu kiểm soát nhiễm khuẩn, lọc vi sinh vật, kiểm soát áp suất dương/âm cho các khu phòng mổ, phòng cách ly, nhà thuốc, khu vô trùng. Nó là một hệ thống gồm một hay nhiều máy trung tâm phối hợp thành một hệ thống tổng thể phân phối lạnh cho toàn bộ các khu vực trong tòa nhà. Hệ thống điều hòa không khí trung tâm chính là thiết bị xử lý không khí trung tâm, kết hợp lọc bụi, điều chỉnh nhiệt độ, và phân phối khí sạch với độ ồn thấp để không ảnh hưởng đến bệnh nhân. Vì vậy, việc đánh giá và lựa chọn AHU quyết định lớn đến chất lượng không khí, khả năng khử khuẩn, chi phí vận hành và khả năng mở rộng trong tương lai cho các dự án bệnh viện.

Bên cạnh đó, áp lực quá tải bệnh nhân tại các bệnh viện ở TP.HCM cũng khiến các khu vực chờ, sảnh, khu khám bệnh thường xuyên đông đúc, đòi hỏi hệ thống điều hòa phải có công suất lớn, có khả năng cấp gió tươi hiệu quả, đồng thời tiết kiệm năng lượng. Mặt khác, TP.HCM có khí hậu nhiệt đới gió mùa với nhiệt độ trung bình hàng năm dao động 27-32°C, độ ẩm không khí cao quanh năm (thường >70%) nên có nhu cầu làm mát lớn xuyên suốt 12 tháng trong năm cũng như chống ẩm mốc, và tiết kiệm năng lượng. Ngoài yếu tố khí hậu, TP.HCM còn nằm trong vùng nhiệt đới ẩm, khả năng ăn mòn thiết bị cao nếu không có biện pháp bảo vệ. Do đó, hệ thống lạnh trung tâm yêu cầu vật liệu bền bỉ (chống gỉ sét, chống ăn mòn), đặc biệt là đối với các bộ phận dàn ngưng tụ, dàn bay hơi, quạt gió, đường ống, v.v.

Để xác định các tiêu chí đánh giá và lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện, các tác giả khảo lược một số các tài liệu nghiên cứu trong và ngoài nước trước đây [2-9], kết hợp phỏng vấn sâu với các chuyên gia giàu kinh nghiệm. Sau đây là bảng tổng hợp 9 tiêu chí chính để lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho các dự án bệnh viện [19-20]:

Bảng 1. Bảng tiêu chí lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho các dự án ngành Y tế

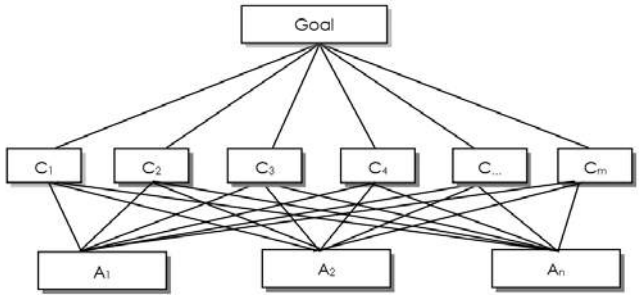
Tiêu chí	**Mô tả tiêu chí**
Hiệu quả năng lượng	Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng, hiệu suất hệ thống (COP, EER, SEER), thiết kế quạt AHU, khả năng hồi nhiệt. Hệ thống Inverter giúp giảm 30-50% điện năng so với công nghệ cũ. Ví dụ, AHU Daikin VRV đạt COP 5.09 nhờ công nghệ biến tần và thu hồi nhiệt. Tiêu chuẩn ASHRAE 90.1 quy định ngưỡng hiệu suất năng lượng tối thiểu cho các thiết bị điều hoà không khí. Tại Việt Nam, TCVN 7830, QCVN 09:2017/BXD cũng có yêu cầu chung về hiệu quả năng lượng cho các công trình xây dựng. Hệ thống có hiệu suất năng lượng cao giúp tiết kiệm chi phí lâu dài, mặc dù chi phí đầu tư ban đầu có thể cao hơn. Trong bối cảnh bệnh viện hoạt động 24/7, tối ưu hiệu quả năng lượng có ý nghĩa rất quan trọng
Khả năng kiểm soát vi sinh và phòng sạch	Việc kiểm soát nhiễm khuẩn và lây chéo trong bệnh viện là ưu tiên hàng đầu. Khả năng kiểm soát nhiễm khuẩn, cấp lọc HEPA, tạo áp suất dương/âm, vật liệu kháng khuẩn, tuân thủ ASHRAE 170, TCVN 5687:2010 để đảm bảo chất lượng không khí trong cơ sở y tế.
Độ bền, độ tin cậy và tính ổn định	Bệnh viện hoạt động liên tục, bất kỳ sự cố nào từ hệ thống lạnh trung tâm cũng ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh mạng, sức khoẻ bệnh nhân cũng như hoạt động phẫu thuật. Độ bền của quạt, motor, dàn lạnh; thiết kế module; dự phòng điều khiển, chỉ số MTBF (Mean Time Between Failures - Thời gian trung bình giữa các lần hỏng) nen cao (thiết bị càng đáng tin cậy).
Độ ồn và độ rung	Độ ồn thấp nên thấp để không ảnh hưởng đến bệnh nhân. Ví dụ: Động cơ DC không chổi than và thiết kế giảm rung có thể đạt độ ồn 56 dB, phù hợp cho phòng hồi sức. Hoặc có dòng tích hợp công nghệ Nanoe™ X khử mùi và ức chế vi khuẩn, giảm tải cho hệ thống lọc.
Tính linh hoạt trong vận hành	Bệnh viện có nhiều khu vực khác nhau: phòng mổ, khu cách ly, phòng ICU, khu khám bệnh, khu hành chính... Mỗi khu vực có yêu cầu thông số không khí, lịch vận hành khác nhau nên hệ thống DHKKTTphải dễ dàng chia zone, cài đặt chế độ và tải phù hợp; điều khiển biến tần (VFD), dễ dàng mở rộng và thay đổi mục đích sử dụng.
Bảo trì và dịch vụ hậu mãi	Một yếu tố thực tiễn rất quan trọng là khả năng bảo trì, bảo dưỡng, thay thế phụ tùng và dịch vụ hậu mãi của nhà sản xuất/cung cấp. Tiêu chí này đặc biệt nhạy cảm với bệnh viện, vốn hoạt động liên tục, cần đảm bảo thiết bị luôn sẵn sàng và linh kiện thay thế có thể được cung cấp nhanh chóng: Mức độ phổ biến của thương hiệu, dịch vụ hậu mãi, hỗ trợ kỹ thuật 24/7, chính sách bảo hành dài hạn.
Chi phí đầu tư và vòng đời (LCC)	Tính toán LCC giúp chủ đầu tư đưa ra quyết định dựa trên chi phí tổng thể trong suốt vòng đời công trình, không chỉ dừng lại ở giá mua thiết bị ban đầu. Các khoản cần xem xét: + Chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX): thiết bị, lắp đặt, thiết kế hệ thống. + Chi phí vận hành (OPEX): tiền điện, nước, hóa chất, nhân công vận hành. + Chi phí bảo trì, bảo dưỡng, thay thế linh kiện. + Tuổi thọ thiết bị: trung bình 15-20 năm cho AHU, 20-25 năm cho chiller. Một hệ thống AHU có giá cao nhưng hiệu suất năng lượng tốt, vật liệu bền, chi phí bảo trì thấp có thể tối ưu hơn về tổng chi phí vòng đời so với hệ thống rẻ nhưng tiêu tốn điện năng và bảo trì phức tạp
Tuân thủ tiêu chuẩn, quy chuẩn	Tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn, quy chuẩn liên quan đến chất lượng không khí, phòng sạch, cơ điện lạnh…gồm tiêu chuẩn quốc tế và Việt Nam như ASHRAE 170, TCVN 5687:2010, QCVN 09:2017/BXD.
Yếu tố môi trường và phát triển bền vững	Sử dụng môi chất lạnh thân thiện môi trường, tích hợp năng lượng tái tạo, giảm tiếng ồn, đạt chứng nhận LEED/GREEN MARK/LOTUS.
Công suất và khả năng mở rộng	Công suất AHU phải phù hợp với quy mô bệnh viện. Nói cách khác, diện tích của công trình sẽ quyết định loại hệ thống và công suất cần thiết . Ví dụ: Hệ thống Modular nên cho phép kết nối linh hoạt các module, dễ dàng mở rộng từ 10 HP đến 20 HP hoặc đối với công trình có diện tích rất lớn và yêu cầu cao về kiểm soát nhiệt độ, hệ thống Chiller là lựa chọn phù hợp nhất.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quá trình thứ bậc phân tích AHP (Analytic Hierachy Process) được đề xuất bởi nhà toán học Thomas L. Saaty trong những năm 1980. AHP là một phương pháp định lượng được phát triển để hỗ trợ ra quyết định dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau. Nó cho phép xem xét và kết hợp cả các yếu tố định tính lẫn định lượng trong quá trình đánh giá và lựa chọn. AHP đã trở thành phương pháp phân tích định lượng đa chỉ tiêu được sử dụng phổ biến nhất vì nó khá đơn giản, có tính khách quan khá cao và phù hợp với tư duy của con người. AHP thường được ứng dụng để sắp xếp các phương án quyết định và chọn một phương án tốt nhất thỏa mãn các tiêu chí cho trước. Nó giúp đưa ra quyết định một cách khoa học và khách quan, dựa trên việc đánh giá toàn diện các yếu tố ảnh hưởng. Dựa trên nguyên tắc so sánh cặp, phương pháp AHP có thể được mô tả với 3 nguyên tắc chính, đó là phân tích, đánh giá và tổng hợp để ra quyết định [10-14].

Mục tiêu (Goal) của bài toán là lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án xây dựng bệnh viện, phải dựa trên nhiều tiêu chí (Tiêu chí C_1, Tiêu chí C_2, …, Tiêu chí C_m) trong bảng 1.

Các phương án có thể đưa vào so sánh là phương án (A_1), phương án (A_2),…, và phương án (A_n).



Hình 1. Sơ đồ thứ bậc của bài toán AHP

* Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) được tính toán theo các bước như sau [15-18]:

+ Bước 1: Chọn các tiêu chí đánh giá trên cơ sở ý kiến của các chuyên gia từ bảng 1.

+ Bước 2: Xác định mức độ ưu tiên (còn gọi là mức độ quan trọng hay trọng số) của các tiêu chí bằng phương pháp so sánh từng cặp theo thang đo 1-9 của GS. Thomas L. Saaty trình bày trong bảng 2.

+ Bước 3: Sau khi tính toán trọng số cho các tiêu chí, bước tiếp theo là đánh giá các phương án theo từng tiêu chí và tính toán và kiểm tra độ nhất quán của các đánh giá thông qua chỉ số nhất quán (CI) và tỷ số nhất quán (CR).

Nếu tỷ số nhất quán CR nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 thì sự đánh giá tương đối nhất quán, ngược lại, sự đánh giá chưa chính xác, cần đánh giá lại ở cấp tương ứng. Tỷ số CR được xác định như sau:

Chỉ số nhất quán được tính theo công thức sau đây:

$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ (1)

Trong đó λmax là hệ số giá trị riêng = Trị trung bình của vec-tơ nhất quán.

Công thức tính tỷ số không nhất quán:

$CR = CI/RI.$ (2)

Trong đó, RI (chỉ số ngẫu nhiên) là một hàm số của bậc ma trận (n), được cho trong Bảng 3.

Bảng 2. Bảng Thang đo đánh giá so sánh từng cặp 1-9

MỨC ĐỘ	SO SÁNH
1	Quan trọng như nhau
2	Giữa mức độ 1 và 3
3	Tương đối quan trọng hơn
4	Giữa mức độ 3 và 5
5	Quan trọng hơn
6	Giữa mức độ 5 và 7
7	Rất quan trọng hơn
8	Giữa mức độ 7 và 9
9	Vô cùng quan trọng hơn

Bảng 3. Bảng chỉ số ngẫu nhiên ứng với số tiêu chí lựa chọn (n) được xem xét

n	1	2	3	4	5
RI	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12
n	6	7	8	9	10
RI	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
n	11	12	13	14	15
RI	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Bước 4: Tính điểm số tổng thể cho từng phương án hệ thống điều hòa không khí trung tâm bằng cách nhân điểm số của mỗi phương án trong từng tiêu chí với trọng số của tiêu chí tương ứng và xếp hạng các phương án. Từ đó đưa ra sự lựa chọn phương án thích hợp (phương án tốt nhất là phương án có điểm cao nhất).

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Bảng 4 sau đây trình bày tóm tắt thông tin của 4 hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho một dự án xây dựng bệnh viện X ở tại TP.HCM

Bảng 4. Thông tin tóm tắt của 4 hệ thống điều hòa không khí trung tâm

HTDHKKTT R	HTDHKKTT M	HTDHKKTT D	HTDHKKTT P
Giá thành tương đối thấp. Tuổi thọ 15-20 năm nếu bảo trì đúng chuẩn Modular Chiller cho phép ghép nối các máy theo nhu cầu. Hiệu suất thấp hơn (COP 3.5-4.0) so với các hệ thống khác. Thiếu công nghệ kháng khuẩn tiên tiến. Độ bền ổn, phù hợp điều kiện khí hậu Việt Nam. Linh kiện phổ biến, thay thế trong nước khá dễ dàng.	Giá thành cao. Có chứng nhận Euro Vent A+ đảm bảo chất lượng không khí theo tiêu chuẩn châu Âu. Hiệu suất tổng thể khá cao, có thể đạt EER ≥ 12 (phụ thuộc model). Cấu tạo cánh quạt, vách ngăn, khay nước ngưng bằng inox hoặc vật liệu cao cấp, hạn chế vi khuẩn. Dải công suất 25-150 kW, phù hợp cho bệnh viện đa năng. Chi phí bảo trì cao do phụ thuộc vào linh kiện nhập khẩu. Đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn quốc tế và có các chứng chỉ về tiết kiệm năng lượng, giảm tiếng ồn, rung động, bảo vệ môi trường.	Giá trung-cao, với vòng đời 15-20 năm, Có công nghệ VRV/VRF nên điềuchỉnh lưu lượng môi chất lạnh biến thiên, tiết kiệm 40% điện năng. MTBF cao, có khả năng vận hành liên tục 24/7 Bộ lọc 3 lớp: Kết hợp lọc thô, lọc túi và tia UV diệt khuẩn . Đạt hầu hết tiêu chuẩn quốc tế (ASHRAE, ISO) và Việt Nam. Tối ưu hóa vận hành, giảm phát thải CO_2.	Giá cạnh tranh với vòng đời khoảng 15 năm. Có công nghệ lọc Nanoe™. Hiệu suất làm lạnh vượt trội trong điều kiện nhiệt độ cao. Tích hợp IoT: Điều khiển qua điện thoại và giám sát từ xa. Công suất tối đa chỉ 48 HP. Chính sách bảo hành tốt, thân thiện. Tiếng ồn, độ rung thấp, hướng đến trải nghiệm người dùng tốt. Đạt các tiêu chuẩn quốc tế cơ bản, có chứng chỉ ISO, JIS.

Để đơn giản minh họa tính toán phương pháp AHP, chúng ta xét 1 ma trận so sánh từng cặp theo tiêu chí Độ bền, độ tin cậy và tính ổn định cho 4 phương án hệ thống điều hòa không khí trung tâm như sau:

Bảng 5. So sánh từng cặp các phương án hệ thống điều hòa không khí trung tâm theo tiêu chuẩn Độ bền, độ tin cậy và tính ổn định

Độ bền, độ tin cậy và tính ổn định	HTDHKKTT R	HTDHKKTT M	HTDHKKTT D	HTDHKKTT P	Véc tơ độ ưu tiên
HTDHKKTT R	1	1/2	3	1/6	0,1259
HTDHKKTT M	2	1	4	1/4	0,2083
HTDHKKTT D	1/3	1/4	1	1/5	0,6670
HTDHKKTT P	6	4	5	1	0,5991

Dựa vào các công thức của phương pháp AHP, chúng ta tính được:

Hệ số giá trị riêng: $\lambda max = 4.208$;

Chỉ số nhất quán: $CI = (\lambda max - n)/(n - 1) = (4,208-4)/(4-1) = 0.0069$;

Chỉ số ngẫu nhiên: RI = 0,9 ứng với tra bảng n = 4;

Tỷ số không nhất quán: CR = CI/RI = 0,0069/ 0,9 = 7,7% < 10% (chấp nhận được, nghĩa là ý kiến đánh giá của các chuyên gia là nhất quán).

Tương tự như vậy, dựa trên ý kiến đánh giá của chuyên gia, thiết lập các ma trận so sánh từng cặp của 4 phương án hệ thống điều hòa không khí trung tâm cho dự án bệnh viện cho từng tiêu chí lựa chọn khác; cũng như đánh giá trọng số, còn gọi là tầm quan trọng, của từng tiêu chí đánh giá.

Sau đó, chúng ta tổng hợp các kết quả và tính điểm cho từng phương án hệ thống điều hòa không khí trung tâm và xếp hạng các phương án. Kết quả cho thấy hệ thống điều hòa không khí trung tâm P xếp hạng thứ nhất; còn vị trí xếp hạng thứ hai, thứ ba và thứ tư lần lượt là hệ thống điều hòa không khí trung tâm R; hệ thống điều hòa không khí trung tâm M, và hệ thống điều hòa không khí trung tâm D. Do vậy chủ đầu tư nên lựa chọn mua và lắp đặt hệ thống điều hòa không khí trung tâm P cho dự án xây dựng bệnh viện X nêu trên.

5. KẾT LUẬN

Bài báo nhận dạng một số tiêu chí quan trọng trong quá trình đánh giá và lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm như sau: hiệu quả năng lượng; khả năng kiểm soát vi sinh và phòng sạch; độ bền, độ tin cậy và tính ổn định; độ ồn và độ rung; tính linh hoạt trong vận hành; bảo trì và dịch vụ hậu mãi; chi phí đầu tư và vòng đời; tuân thủ tiêu chuẩn, quy chuẩn; yếu tố môi trường và phát triển bền vững; và công suất và khả năng mở rộng. Bài báo đề xuất phương pháp thứ bậc phân tích AHP để đánh giá và lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm tối ưu cho một dự án xây dựng bệnh viện tại TP.HCM. Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) cung cấp một cách tiếp cận khoa học và có hệ thống trong việc lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm. Quy trình này giúp đưa ra quyết định dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau, cả định lượng và định tính, đảm bảo lựa chọn được hệ thống phù hợp nhất cho công trình. Việc lựa chọn hệ thống điều hòa không khí trung tâm không chỉ ảnh hưởng đến môi trường điều trị và chăm sóc sức khỏe, mà còn tác động đến chi phí vận hành và tính bền vững của bệnh viện. Bài báo là tài liệu hỗ trợ ra quyết định giúp các nhà quản lý dự án có cơ sở khoa học và khách quan hơn trong việc lựa chọn giải pháp kỹ thuật phù hợp cũng như làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về tối ưu hóa hệ thống cơ điện trong dự án ngành y tế, nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và đảm bảo chất lượng dịch vụ y tế.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ một phần nội dung nghiên cứu bài báo khoa học này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. V. C. Công, H. H. Lê, And Q. D. N. Trần, "Áp dụng hệ thống quản lý năng lượng theo tiêu chuẩn TCVN ISO 50001:201 9 nhằm sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả tại các công trình bệnh viện," Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2024..

[2]. T. T. H. Đặng et al., "Tổng quan can thiệp kiểm soát nhiễm khuẩn áp dụng chiến lược tiếp cận đa phương thức của Tổ chức Y tế Thế giới," Tạp chí Y học Dự phòng, 2023.

[3]. Q. C. Hoàng, N. P. Q. Huỳnh, V. N. Nguyễn, T. L. Nguyễn, and V. C, "Đánh giá việc thực hiện bộ tiêu chí chất lượng bệnh viện tại các cơ sở khám, chữa bệnh ở thành phố Cần Thơ năm 2023," Tạp chí Y học Dự phòng, 2024.

[4]. H. H. Lê, Q. D. N. Trần, C. N, Q. K. N. Phan, And Đ. T. I. Trương, "Bộ tiêu chí đánh giá thực trạng công trình trường học phục vụ cải tạo nhằm cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng và tiện nghi môi trường tro ng phòng," Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN, 2021 2021.

[5]. H.T. Nguyễn, et al. "Giải pháp cải tạo và vận hành công trình y tế nhằm sử dụng năng lượng hiệu quả: Nghiên cứu điển hình tại một bệnh viện ở Hà Nội." Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDHN, 2024.

[6]. T. T. T. Nguyễn et al., "Thực trạng quản lý và sử dụng thiết bị bảo quản lạnh tại các phòng thí nghiệm của Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương, 2017 - 2018," Tạp chí Y học Dự phòng, 2024.

[7]. V. T. I. Phạm, Q. D. Nguyễn, H. H. Lê, N. C. H. N. Chu, And N. T. N. Hoàng, "Khảo sát một số bệnh viện ở Hà Nội và đề xuất các giải pháp tiết kiệm năng lượng hiệu quả," Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2024.

[8]. T. N. Văn, H. T. Văn, M. H. N. Thị, P. N. Minh, and H. N. Văn, "Nghiên cứu nâng cao hiệu quả làm việc cho cụm dàn nóng của hệ thống điều hòa không khí VRF," Journal of Technical Education Science, 2022.

[9]. D. Đ. Nguyễn, "Nghiên cứu sử dụng bơm nhiệt trong hệ thống cấp nhiệt và điều hòa không khí," Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE, 2018.

[10]. S. Moslem, M. K. Saraji, A. Mardani, A. Alkharabsheh, S. Duleba, and D. Esztergár-Kiss, "A Systematic Review of Analytic Hierarchy Process Applications to Solve Transportation Problems: From 2003 to 2019," IEEE Access, 2023.

[11]. Z. D. Kenger, Ö. N. Kenger, and E. Özceylan, "Analytic hierarchy process for urban transportation: a bibliometric and social network analysis," Central European Journal of Operations Research, pp. 1-20, 2023.

[12]. A. Ishizaka and E. Mu, "What is so special about the analytic hierarchy and network process?," Annals of Operations Research, pp. 1-10, 2023.

[13]. M. Tavana, M. Soltanifar, and F. J. Santos-Arteaga, "Analytical hierarchy process: revolution and evolution," Annals of Operations Research, pp. 1-29, 2021.

[14]. M. A. Marhraoui and A. El Manouar, "An AHP Model towards an Agile Enterprise," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 8, no. 11, pp. 151-156, Nov 2017.

[15]. C. A. R. Algarin, A. P. Llanos, and A. O. Castro, "An Analytic Hierarchy Process Based Approach for Evaluating Renewable Energy Sources," International Journal of Energy Economics and Policy, vol. 7, no. 4, pp. 38-47, 2017.

[16]. N. S. M. Zaini, N. E. A. Basri, S. M. Zain, and N. F. M. Saad, "Selecting the best composting technology using analytical hierarchy process (AHP)," Jurnal Teknologi, vol. 77, no. 1, pp. 1-8, 2015.

[17]. K. M. A.-S. Al-Harbi, "Application of the AHP in project management," Int. J. Proj. Manag., vol. 19, no. 1, pp. 19-27, 2001

[18]. T. L. Saaty and L. G. Vargas, "Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process," European Journal of Operational Research, vol. 32, no. 1, pp. 107-117, 10, 1987.

[19]. R. A, N. L, and Y. Asmara, "Study of the VRF/VRV Air Conditioning System in the Hospital: A Review of Economic and Environmental Aspects," Jurnal Teknik Mesin, 2022.

[20]. M. Triyank, S. Ravneet, G. Vikas, C. Joydeep, and Sorabh, "Air-Conditioning System in Surgical and Critical Care: A Review," Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021.

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 11/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Quản lý vốn đầu tư công xây dựng cơ bản tại Tân Hồng, Đồng Tháp: Thực trạng và giải pháp

Public investment capital management in basic construction in Tan Hong district, Dong Thap province: Current status and policy implications

> PHẠM THỊ TUYẾT AN[1,2], LÊ TRUNG THÀNH[2,*]
[1]Phòng Tài chính - Kế hoạch, huyện Tân Hồng, tỉnh Đồng Tháp
[2]Trường Đại học Thuỷ lợi; *Email: thanh@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung đánh giá thực trạng và đề xuất các giải pháp nhằm tối ưu hóa việc quản lý vốn đầu tư công từ nguồn ngân sách nhà nước cho phát triển cơ sở hạ tầng tại huyện Tân Hồng, tỉnh Đồng Tháp. Trong bối cảnh Tân Hồng là huyện biên giới với cơ sở hạ tầng còn hạn chế và tỷ lệ giải ngân đầu tư công chưa thực sự ổn định, nghiên cứu này hướng đến mục tiêu nâng cao hiệu quả sử dụng vốn, giảm thiểu thất thoát và đóng góp vào sự phát triển kinh tế - xã hội bền vững của địa phương. Kết quả phân tích dựa trên dữ liệu giai đoạn 2020-2024 cho thấy các yếu tố như thể chế pháp lý tại địa phương chưa hoàn thiện, năng lực tổ chức còn hạn chế và công tác giám sát chưa đạt hiệu quả tối đa là những nguyên nhân chính ảnh hưởng đến chất lượng quản lý vốn. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một hệ thống giải pháp toàn diện, bao gồm các cải cách về thể chế, tăng cường năng lực tổ chức, ứng dụng công nghệ và hoàn thiện cơ chế tài chính, nhằm tối ưu hóa việc phân bổ và sử dụng vốn đầu tư công tại địa phương.

Từ khóa: Giải ngân; hiệu quả đầu tư; nguồn vốn đầu tư công; quản lý vốn đầu tư xây dựng cơ bản; phân bổ nguồn lực; quản lý đầu tư; ngân sách nhà nước.

ABSTRACT

The study focuses on evaluating the current situation and proposing solutions to optimize the management of public investment capital from state budget funds for infrastructure development in Tân Hồng District. In the context of Tân Hồng being a border district with limited infrastructure and an occasionally unstable public investment disbursement rate, this research aims to improve capital utilization efficiency, minimize losses, and contribute to the sustainable socio-economic development of the locality. The analysis of data from the 2020-2024 period indicates that factors such as an incomplete local institutional framework, limited organizational capacity, and less than optimal oversight effectiveness are a primary causes affecting the quality of capital management. Based on these findings, the study proposes a comprehensive system of solutions, encompassing institutional reforms, organizational capacity building, technological applications, and financial mechanism enhancements, to optimize the allocation and utilization of public investment capital at the local level.

Keywords: Disbursement; investment efficiency; public investment capital; management of capital for basic construction investment; resource allocation; investment management; state budget.

I. GIỚI THIỆU

Đầu tư công (ĐTC) đóng vai trò trụ cột trong việc thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, phát triển cơ sở hạ tầng và nâng cao phúc lợi xã hội, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển và trong các giai đoạn kinh tế cần sự phục hồi (Dabla-Norris, Brumby, Kyobe, Mills & Papageorgiou, 2012). Hiệu quả của ĐTC không chỉ thể hiện qua quy mô vốn được giải ngân mà còn ở chất lượng của các dự án, khả năng tạo ra giá trị gia tăng và tác động lan tỏa đến các khu vực kinh tế khác. Tại Việt Nam, Chính phủ luôn xác định ĐTC là một trong những động lực tăng trưởng quan trọng, với các nghiên cứu chỉ ra rằng việc giải ngân hiệu quả vốn ĐTC có thể tạo ra hiệu ứng số nhân đáng kể, thúc đẩy tổng cầu và đóng góp vào tăng trưởng GDP (Lâm, 2024). Quỹ Tiền tệ Quốc tế (IMF) cũng nhấn mạnh rằng việc cải thiện hiệu quả quản lý ĐTC, dù chỉ một phần trăm nhỏ, cũng có thể mang lại những lợi ích đáng kể cho tăng trưởng kinh tế quốc gia.

Tuy nhiên, công tác quản lý ĐTC trên thực tế thường đối mặt với nhiều thách thức phức tạp. Các "điểm nghẽn" trong quản lý ĐTC, bao gồm từ khâu lập kế hoạch, thẩm định, lựa chọn dự án đến triển khai, giám sát và đánh giá, đã được ghi nhận ở nhiều quốc gia, dẫn đến tình trạng chậm tiến độ, vượt dự toán, lãng phí nguồn lực và hiệu quả đầu tư không như kỳ vọng (Eltokhy, Feruglio, Miao, Navarro & Tandberg, 2024). Tại Việt Nam, những hạn chế trong quản lý ĐTC ở một số địa phương cũng đã được chỉ ra, chẳng hạn như các vấn đề liên quan đến hệ thống văn bản pháp lý chưa đồng bộ, năng lực tổ chức thực hiện còn hạn chế và tiến độ thi công các dự án còn chậm chạp. Những yếu kém này không chỉ làm giảm hiệu quả của

nguồn vốn nhà nước mà còn ảnh hưởng đến niềm tin của xã hội và mục tiêu phát triển bền vững.

Trong bối cảnh đó, huyện Tân Hồng, tỉnh Đồng Tháp, một huyện biên giới với nền kinh tế chủ yếu dựa vào nông nghiệp, cơ sở hạ tầng còn nhiều hạn chế và công nghiệp - dịch vụ chưa phát triển mạnh, đứng trước yêu cầu cấp thiết phải nâng cao hiệu quả sử dụng vốn ĐTC. Trong những năm qua, nguồn vốn ĐTC từ ngân sách nhà nước đã đóng góp quan trọng vào việc cải thiện hạ tầng kinh tế - xã hội của huyện. Mặc dù vậy, công tác quản lý nguồn vốn này vẫn còn bộc lộ những tồn tại nhất định, như tỷ lệ giải ngân đôi khi chưa ổn định, một số dự án còn kéo dài, và hiệu quả tổng thể của đầu tư cần được cải thiện hơn nữa để đáp ứng yêu cầu phát triển nhanh và bền vững của địa phương.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu chính là đánh giá một cách toàn diện thực trạng công tác quản lý vốn ĐTC trong lĩnh vực xây dựng cơ bản tại huyện Tân Hồng, tỉnh Đồng Tháp giai đoạn 2020-2024. Trên cơ sở đó, nghiên cứu sẽ phân tích các yếu tố ảnh hưởng, xác định những điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức, từ đó đề xuất hệ thống các giải pháp khả thi nhằm nâng cao chất lượng công tác quản lý và hiệu quả sử dụng vốn ĐTC tại địa phương. Kết quả của nghiên cứu được kỳ vọng sẽ cung cấp những luận cứ khoa học và thực tiễn quan trọng, góp phần vào việc hoàn thiện cơ chế quản lý ĐTC, tối ưu hóa việc phân bổ và sử dụng nguồn lực công, qua đó thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho huyện Tân Hồng nói riêng và đóng góp vào kinh nghiệm quản lý ĐTC cho các địa phương có điều kiện tương tự.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên cách tiếp cận định tính, nhằm mục đích khám phá sâu và diễn giải các khía cạnh phức tạp của công tác quản lý vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng. Phương pháp định tính cho phép tác giả thu thập và phân tích thông tin một cách chi tiết, làm nổi bật các sắc thái và bối cảnh cụ thể mà các phương pháp định lượng có thể bỏ qua, đặc biệt phù hợp khi nghiên cứu các vấn đề liên quan đến chính sách, quy trình quản lý và các yếu tố ảnh hưởng mang tính đặc thù của địa phương.

Nguồn dữ liệu chủ yếu được sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu thứ cấp. Cụ thể, tác giả đã tiến hành thu thập và tổng hợp các báo cáo tài chính và báo cáo tình hình thực hiện kế hoạch đầu tư công hàng năm của Ủy ban nhân dân (UBND) huyện Tân Hồng trong giai đoạn từ năm 2020 đến năm 2024. Bên cạnh đó, các văn bản pháp lý quan trọng liên quan đến quản lý ĐTC cũng được xem xét kỹ lưỡng, bao gồm Luật Đầu tư công, các Nghị quyết của Quốc hội, các văn bản hướng dẫn thi hành của Chính phủ, và các văn bản chỉ đạo, điều hành cụ thể của UBND tỉnh Đồng Tháp. Các niên giám thống kê và các ấn phẩm nghiên cứu có liên quan cũng được tham khảo để bổ sung và đối chiếu thông tin, đảm bảo tính toàn diện và độ tin cậy của dữ liệu.

Quá trình phân tích dữ liệu được tiến hành thông qua việc tổng hợp, hệ thống hóa các số liệu thu thập được, đặc biệt là các số liệu về kế hoạch vốn và kết quả giải ngân qua các năm. Phương pháp so sánh được áp dụng để nhận diện các xu hướng, biến động và những điểm nổi bật trong quá trình thực hiện ĐTC tại địa phương. Một công cụ phân tích quan trọng được sử dụng trong nghiên cứu này là phương pháp phân tích SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) (Sammut-Bonnici & Galea, 2015). Việc vận dụng mô hình SWOT giúp xác định một cách có hệ thống các yếu tố nội tại, bao gồm những điểm mạnh và điểm yếu trong công tác quản lý vốn ĐTC của huyện Tân Hồng. Đồng thời, các yếu tố bên ngoài như cơ hội và thách thức từ môi trường kinh tế, xã hội và pháp lý cũng được nhận diện và đánh giá. Kết quả phân tích SWOT là cơ sở then chốt để làm rõ nguyên nhân của các tồn tại, hạn chế và đề xuất các nhóm giải pháp chiến lược phù hợp với điều kiện thực tiễn của huyện, nhằm nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng vốn ĐTC.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

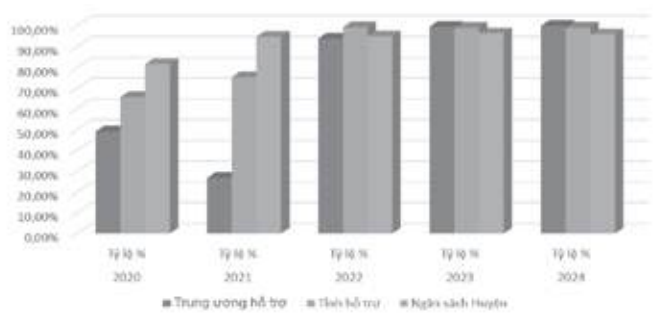
3.1. Thực trạng quản lý vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng giai đoạn 2020-2024

Phân tích số liệu thu thập cho thấy, trong giai đoạn 2020-2024, tổng vốn ĐTC từ ngân sách nhà nước (NSNN) phân bổ cho huyện Tân Hồng dao động trong khoảng từ 280 tỷ đồng đến 380 tỷ đồng mỗi năm. Về cơ cấu nguồn vốn, ngân sách địa phương (NSĐP), bao gồm ngân sách tỉnh và ngân sách huyện, đóng vai trò chủ đạo. Đặc biệt, từ năm 2022 đến 2024, trên 95% tổng vốn ĐTC tại huyện là do tỉnh và huyện tự cân đối, cho thấy sự chủ động ngày càng tăng của địa phương trong việc huy động và phân bổ nguồn lực.

Bảng 1. Tổng hợp kế hoạch vốn đầu tư nguồn ngân sách Trung ương và NSĐP (ngân sách Tỉnh và ngân sách Huyện) và kết quả giải ngân giai đoạn 2020-2024

Đvt: tỷ đồng

Cơ cấu vốn	2020		2021		2022		2023		2024	
	Kế hoạch	Giải ngân	Kế hoạch	Giải ngân	Kế hoạch	Giải ngân	Kế hoạch	Giải ngân	Kế hoạch	Giải ngân
Trung ương hỗ trợ	96,270	47,280	33,156	8,856	14,643	13,747	11,305	11,260	7,871	7,871
Tỉnh hỗ trợ	170,281	111,849	209,857	157.961	206,206	204,965	132,340	131,116	140,484	139,388
Ngân sách Huyện	49,286	40,180	79,535	75.381	157,976	150,026	209,729	202,203	136,517	130,894
Tổng cộng	**315,837**	**199,309**	**322,548**	**242,198**	**378,825**	**368,738**	**353,374**	**344,579**	**284,872**	**278,153**



Hình 1: Biểu đồ tỷ lệ % giải ngân giai đoạn 2020 -2024

Nguồn vốn hỗ trợ từ Trung ương chiếm tỷ trọng đáng kể trong giai đoạn đầu (khoảng 17-33% trong năm 2020-2021) nhưng đã giảm mạnh xuống còn khoảng 3-4% trong các năm tiếp theo (xem Bảng 1). Tỷ lệ giải ngân vốn ĐTC hàng năm của huyện Tân Hồng đạt mức cao, bình quân trên 97% kế hoạch trong giai đoạn 2022-2024, thể hiện nỗ lực lớn của địa phương trong việc triển khai các dự án. Năm 2021, do ảnh hưởng của đại dịch Covid-19, tỷ lệ giải ngân chỉ đạt 75%, phản ánh những khó khăn khách quan trong giai đoạn này (xem hình 1).

Khi xem xét chi tiết hơn về cơ cấu vốn theo loại hình đầu tư, vốn đầu tư xây dựng cơ bản (XDCB) luôn chiếm tỷ trọng lớn nhất. Nguồn vốn xổ số kiến thiết và nguồn thu từ sử dụng đất là hai cấu phần quan

trọng trong tổng vốn đầu tư XDCB (xem Bảng 2). Kết quả giải ngân đối với vốn XDCB và vốn sự nghiệp mang tính chất đầu tư cũng đạt tỷ lệ cao so với kế hoạch, đặc biệt trong những năm gần đây (xem Bảng 3 và Hình 2). Những kết quả này cho thấy sự quyết liệt trong chỉ đạo, điều hành của huyện Tân Hồng, cùng với việc công tác thanh tra, kiểm tra được thực hiện thường xuyên đã góp phần phát hiện, chấn chỉnh kịp thời các sai phạm, hạn chế lãng phí ngân sách và đảm bảo tuân thủ tương đối tốt các quy định quản lý ĐTC.

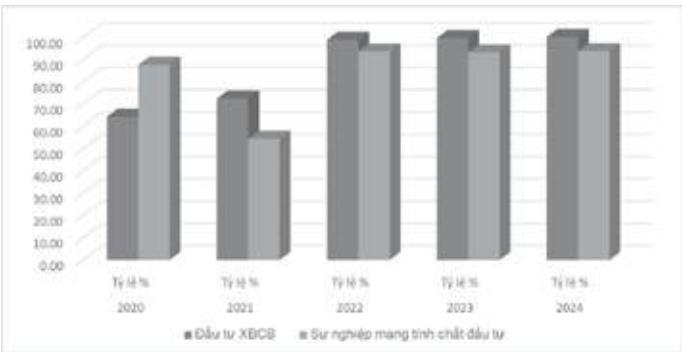
Bảng 2. Tổng hợp kế hoạch vốn đầu tư XDCB và nguồn vốn sự nghiệp mang tính chất đầu tư giai đoạn 2020 -2024

Năm	2020	2021	2022	2023	2024
1. Vốn đầu tư XBCB	**218,030**	**281,208**	**281,016**	**244,940**	**179,344**
Nguồn vốn ngân sách tập trung	33,818	34,482	78,326	80,797	47,810
Nguồn vốn thu sử dụng đất	8,490	21,132	25,573	69,598	35,685
Nguồn vốn xổ số kiến thiết	109,452	162,438	162,474	83,240	72,645
Nguồn vốn Chương trình MTQG	64,234	13,156	14,643	11,305	7,871
Nguồn vốn trái phiếu Chính phủ	2,036	-	-	-	-
Nguồn vốn tài trợ	-	-	-	-	-
Nguồn vốn dự phòng NSTW	30,000	20,000	-	-	-
Nguồn vốn khác	-	-	-	-	15,333
2. Kế hoạch nguồn vốn sự nghiệp mang tính chất đầu tư	**67,807**	**71,340**	**97,809**	**108,434**	**105,528**
Tổng cộng	**315,837**	**322,548**	**378,825**	**353,374**	**284,872**

Bảng 3. Tổng hợp kết quả giải ngân vốn đầu tư XDCB và nguồn vốn sự nghiệp mang tính chất đầu tư giai đoạn 2020 -2024

Năm	2020	2021	2022	2023	2024
1. Vốn đầu tư XBCB	**139,985**	**203,482**	**277,309**	**243,672**	**179,343**
Nguồn vốn ngân sách tập trung	27,600	32,592	77,128	80,797	47,810
Nguồn vốn thu sử dụng đất	5,160	11,998	25,045	69,598	35,685
Nguồn vốn xổ số kiến thiết	59,726	150,036	161,389	82,017	72,644
Nguồn vốn Chương trình MTQG	47,280	8,856	13,747	11,260	7,871
Nguồn vốn trái phiếu Chính phủ	0,219	-	-	-	-
Nguồn vốn tài trợ	-	-	-	-	-
Nguồn vốn dự phòng NSTW	-	-	-	-	-
Nguồn vốn khác	-	-	-	-	15,333
2. Giải ngân nguồn vốn sự nghiệp mang tính chất đầu tư	**59,324**	**38,716**	**91,429**	**100,907**	**98,810**
Tổng cộng	**199,309**	**242,198**	**368,738**	**344,579**	**278,153**
Tỷ lệ giải ngân/Kế hoạch vốn	**63,11%**	**75,09%**	**97,34%**	**97,51%**	**97,64%**

Nguồn tổng hợp từ các Báo cáo đầu tư phát triển năm 2020 -2024 của huyện Tân Hồng



Hình 2. Biểu đồ tỷ lệ % giải ngân vốn đầu tư giai đoạn 2020 -2024

3.2. Phân tích SWOT về công tác quản lý vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng

Dựa trên việc phân tích thực trạng và các yếu tố liên quan, các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức (SWOT) trong công tác quản lý vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng được xác định như sau:

• **Điểm mạnh (Strengths):** Huyện Tân Hồng thể hiện những ưu điểm nổi bật bao gồm tỷ lệ giải ngân vốn ĐTC duy trì ở mức cao, đặc biệt là trên 97% bình quân các năm gần đây. Cơ chế phối hợp liên ngành trong quản lý dự án được đánh giá là tương đối tốt, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình triển khai. Công tác thanh tra, kiểm tra được tổ chức thường xuyên, góp phần phát hiện và hạn chế lãng phí nguồn vốn. Sự quyết tâm cao của chính quyền địa phương và khả năng huy động nguồn vốn từ ngân sách tỉnh và huyện là những yếu tố quan trọng đảm bảo nguồn lực cho các dự án cơ bản.

• **Điểm yếu (Weaknesses):** Mặc dù đạt được những kết quả tích cực, công tác quản lý vốn ĐTC tại huyện vẫn còn những hạn chế. Thể chế pháp lý tại địa phương đôi khi chưa thực sự rõ ràng, hoặc việc ban hành các văn bản hướng dẫn còn chậm, gây khó khăn trong quá trình thực hiện thủ tục đầu tư. Năng lực chuyên môn của một bộ phận cán bộ trực tiếp phụ trách dự án còn hạn chế, thiếu kinh nghiệm trong quản lý các dự án có quy mô lớn và tính chất phức tạp. Hệ quả là một số dự án đầu tư XDCB vẫn còn tình trạng chậm trễ, phát sinh nợ đọng công trình, và hiệu quả đầu tư tổng thể chưa đạt như kỳ vọng do công tác đánh giá, chuẩn bị đầu tư chưa được thực hiện kỹ lưỡng. Việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý ĐTC, đặc biệt là theo dõi tiến độ và minh bạch hóa thông tin dự án, còn hạn chế.

• **Cơ hội (Opportunities):** Môi trường chính sách đang có những thay đổi tích cực, mang lại cơ hội cho huyện Tân Hồng. Việc ban hành Luật Đầu tư công 2024 và các nghị quyết mới về phân bổ vốn, cùng với các cơ chế phân cấp mạnh mẽ hơn cho địa phương, mở ra không gian để huyện chủ động và linh hoạt hơn trong quản lý vốn. Sự hỗ trợ từ Trung ương và tỉnh trong việc thí điểm các mô hình quản lý mới, như áp dụng phần mềm quản lý dự án, triển khai hệ thống chỉ số đo lường hiệu suất (KPI), và tăng cường phân cấp

quản lý dự án nhóm nhỏ cho cấp huyện, là những cơ hội quý báu. Xu hướng chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý nhà nước nói chung cũng là một động lực quan trọng để cải thiện quy trình theo dõi giải ngân và báo cáo.

• **Thách thức (Threats):** Huyện Tân Hồng cũng đối mặt với không ít thách thức. Những biến động của kinh tế vĩ mô như dịch bệnh, biến động giá nguyên vật liệu, và lạm phát có thể ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng cân đối ngân sách địa phương và tiến độ thực hiện các dự án. Sự cạnh tranh trong thu hút vốn ĐTC giữa các địa phương ngày càng gay gắt, trong khi nguồn lực của tỉnh và Trung ương có hạn. Bên cạnh đó, sự bất ổn hoặc thay đổi thường xuyên trong môi trường pháp lý có thể tạo ra sự chậm trễ trong quá trình phê duyệt và thanh quyết toán dự án. Cuối cùng, nếu công tác giám sát không được tăng cường và thực hiện hiệu quả, nguy cơ thất thoát và lãng phí vốn ĐTC vẫn còn tiềm ẩn.

4. THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy huyện Tân Hồng đã đạt được những thành tựu đáng ghi nhận trong công tác giải ngân vốn ĐTC giai đoạn 2020-2024, với tỷ lệ giải ngân duy trì ở mức cao, đặc biệt trong những năm gần đây. Điều này phản ánh sự nỗ lực và quyết tâm của chính quyền địa phương, cũng như hiệu quả của cơ chế phối hợp liên ngành và công tác thanh tra, kiểm tra thường xuyên. Tuy nhiên, một nghịch lý đáng chú ý là dù tỷ lệ giải ngân cao, "hiệu quả đầu tư chưa cao" vẫn được xác định là một điểm yếu. Sự thiếu tương xứng này gợi ý rằng việc tập trung vào số lượng vốn được giải ngân chưa đủ để đảm bảo chất lượng và tác động lan tỏa của các dự án. Nguyên nhân có thể xuất phát từ chất lượng công tác chuẩn bị đầu tư chưa kỹ lưỡng, dẫn đến việc lựa chọn dự án chưa thực sự tối ưu, hoặc quy trình quản lý dự án còn những bất cập khiến chi phí tăng cao, tiến độ kéo dài dù vốn đã được giải ngân. Phát hiện này tương đồng với các nghiên cứu của IMF khi nhấn mạnh rằng hiệu quả ĐTC không chỉ nằm ở việc giải ngân mà còn ở chất lượng của các khâu thẩm định, lựa chọn và quản lý dự án.

Các hạn chế về thể chế pháp lý tại địa phương, năng lực chuyên môn của cán bộ và việc ứng dụng công nghệ thông tin còn hạn chế là những yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả quản lý vốn ĐTC tại Tân Hồng. Thực trạng này không phải là cá biệt, nhiều nghiên cứu trong nước như của Le, H. A., & Tran, T. N. (2022) tại huyện Năm Căn tỉnh Cà Mau hay nghiên cứu của Cường, H. (2020) tại huyện Cam Lộ tỉnh Quảng Trị đã chỉ ra những vấn đề tương tự về vướng mắc trong hệ thống văn bản pháp lý và tiến độ thi công chậm chạp. Điều này cho thấy sự cần thiết của việc hoàn thiện khung pháp lý một cách đồng bộ từ Trung ương đến địa phương, đồng thời tăng cường đào tạo, bồi dưỡng nâng cao năng lực cho đội ngũ cán bộ làm công tác quản lý ĐTC. Việc ứng dụng công nghệ thông tin, như kinh nghiệm từ việc áp dụng đấu thầu điện tử ở Ấn Độ và Indonesia giúp cải thiện chất lượng và tiến độ công trình, cũng là một giải pháp tiềm năng mà Tân Hồng cần đẩy mạnh.

Phân tích SWOT đã chỉ ra những cơ hội quan trọng từ sự thay đổi chính sách, đặc biệt là Luật Đầu tư công 2024 và xu hướng phân cấp mạnh mẽ hơn cho địa phương. Đây là thời điểm thuận lợi để Tân Hồng chủ động đề xuất và triển khai các mô hình quản lý mới, linh hoạt hơn. Tuy nhiên, những thách thức từ biến động kinh tế vĩ mô, cạnh tranh nguồn lực và sự bất ổn của môi trường pháp lý đòi hỏi huyện phải có những chiến lược ứng phó chủ động. Việc thiết kế cơ cấu đầu tư hợp lý và minh bạch, như khuyến nghị của Kangur, A., & Papageorgiou, C. (2017), là nền tảng để giảm thiểu lãng phí và tăng hiệu suất đầu tư trong bối cảnh nguồn lực hạn chế. Hơn nữa, các nghiên cứu định lượng như của Kosec, K., & Mogues, T. (2018) cho thấy hiệu quả ĐTC địa phương còn phụ thuộc vào mức độ ưu tiên chính sách và nhu cầu thực tiễn, điều này gợi ý rằng Tân Hồng cần tập trung nguồn lực vào các dự án thực sự cấp thiết và có tác động lan tỏa lớn đến kinh tế - xã hội địa phương.

Các kết quả nghiên cứu và phân tích SWOT đã làm nổi bật bức tranh đa chiều về quản lý vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng. Mặc dù có những điểm sáng về tỷ lệ giải ngân, huyện cần tập trung giải quyết các vấn đề cốt lõi liên quan đến hiệu quả đầu tư, năng lực thể chế và tổ chức, cũng như tận dụng các cơ hội từ cải cách chính sách và công nghệ. Việc xây dựng một hệ thống giải pháp đồng bộ, tác động toàn diện vào các khâu của chu trình quản lý ĐTC là yêu cầu cấp thiết để Tân Hồng có thể tối ưu hóa việc sử dụng nguồn lực công, góp phần vào sự phát triển bền vững của địa phương.

5. GIẢI PHÁP

Dựa trên kết quả phân tích thực trạng và các yếu tố chiến lược từ mô hình SWOT, nghiên cứu đề xuất một hệ thống các giải pháp toàn diện nhằm nâng cao chất lượng công tác quản lý và hiệu quả sử dụng vốn ĐTC tại huyện Tân Hồng. Các giải pháp này được cấu trúc theo bốn nhóm chiến lược, kết hợp giữa việc phát huy các yếu tố nội lực và tận dụng cơ hội, đồng thời đối phó với các thách thức và khắc phục những điểm yếu còn tồn tại.

Nhóm giải pháp phát huy điểm mạnh và tận dụng cơ hội (S-O): Để khai thác tối đa lợi thế về tỷ lệ giải ngân cao, cơ chế phối hợp nội bộ hiệu quả và sự quyết tâm của chính quyền, đồng thời đón đầu các cơ hội từ đổi mới thể chế và xu hướng chuyển đổi số, huyện Tân Hồng cần chủ động đề xuất với cấp trên việc thí điểm triển khai các phần mềm quản lý dự án ĐTC hiện đại. Việc ứng dụng công nghệ này sẽ giúp chuẩn hóa quy trình, tăng cường tính minh bạch và hiệu quả theo dõi, đánh giá. Song song đó, huyện cần chủ động tiếp nhận cơ chế phân cấp từ cấp tỉnh trong việc phê duyệt và tổ chức thực hiện các dự án nhóm C có quy mô nhỏ, phù hợp với năng lực quản lý của địa phương. Thiết lập và áp dụng hệ thống chỉ số đo lường hiệu suất (KPI) cụ thể cho từng giai đoạn của dự án và cho các đơn vị liên quan cũng là một giải pháp quan trọng nhằm lượng hóa hiệu quả, xác định trách nhiệm và tạo động lực cải tiến liên tục, từ đó phát huy tối đa lợi thế vốn có về nguồn lực và khả năng điều hành.

Nhóm giải pháp phát huy điểm mạnh để đối phó với thách thức (S-T): Trước những thách thức từ biến động kinh tế vĩ mô, cạnh tranh nguồn lực và sự thiếu ổn định của môi trường pháp lý, việc phát huy các điểm mạnh sẵn có như quản lý giải ngân tốt và cơ chế kiểm tra nội bộ hiệu quả là rất cần thiết. Cụ thể, huyện cần tăng cường minh bạch hóa thông tin dự án thông qua việc công bố rộng rãi trên cổng thông tin điện tử của huyện, bao gồm kế hoạch vốn, tiến độ thực hiện, tỷ lệ giải ngân và các báo cáo đánh giá. Việc thành lập một tổ công tác chuyên trách, có sự tham gia của các phòng ban liên quan, để thường xuyên rà soát, kiểm soát tiến độ và kỷ luật tài chính trong giải ngân ĐTC là giải pháp quan trọng. Tổ công tác này sẽ có nhiệm vụ cảnh báo sớm các rủi ro, đề xuất các biện pháp tháo gỡ vướng mắc, đảm bảo tính minh bạch và trách nhiệm giải trình của các chủ đầu tư, qua đó giúp huyện chủ động ứng phó hiệu quả với các yếu tố bất lợi từ bên ngoài.

Nhóm giải pháp khắc phục điểm yếu và tận dụng cơ hội (W-O): Để khắc phục những hạn chế về thể chế nội bộ, năng lực cán bộ và trình độ ứng dụng công nghệ thông tin, huyện cần tận dụng tối đa các chính sách hỗ trợ từ Trung ương và tỉnh. Trọng tâm là tổ chức các chương trình đào tạo, tập huấn chuyên sâu về quản lý dự án, giám sát, đấu thầu và quyết toán vốn cho đội ngũ cán bộ chuyên trách, đặc biệt là cán bộ tại các xã - thị trấn, những người trực tiếp tham gia vào quá trình triển khai dự án ở cơ sở. Huyện cần phối hợp chặt chẽ với các Sở, ngành của tỉnh để triển khai đồng bộ các phần

mềm kế toán - đầu tư công theo hướng dẫn chung, đồng thời xây dựng và chuẩn hóa các quy trình nội bộ từ giai đoạn lập kế hoạch đến quyết toán dự án. Việc này không chỉ nâng cao năng lực thực thi mà còn giúp huyện tiếp cận và áp dụng hiệu quả các cơ hội từ chính sách và công nghệ mới.

Nhóm giải pháp khắc phục điểm yếu và đối phó với thách thức (W-T): Đối với những điểm yếu có nguy cơ bị khuếch đại bởi các thách thức bên ngoài, huyện cần tập trung kiện toàn tổ chức bộ máy và nâng cao trách nhiệm giải trình. Cần củng cố Ban Quản lý dự án và Phát triển quỹ đất theo hướng chuyên môn hóa cao hơn, phân định rõ chức năng, nhiệm vụ. Xây dựng và áp dụng bộ tiêu chí đánh giá hiệu quả làm việc (KPI) cụ thể cho từng vị trí, từng bộ phận trong các đơn vị này, kết hợp với việc thiết lập hệ thống kiểm tra, giám sát nội bộ định kỳ, sẽ góp phần giảm thiểu nguy cơ chậm tiến độ, đội vốn hoặc thất thoát ngân sách. Bên cạnh đó, việc xây dựng các kịch bản và kế hoạch ứng phó rủi ro chi tiết cho từng loại dự án, đặc biệt là các dự án lớn, chịu ảnh hưởng nhiều bởi biến động thị trường và chính sách, là hết sức cần thiết trong bối cảnh kinh tế - xã hội còn nhiều biến động, đảm bảo tính chủ động và bền vững trong quản lý ĐTC.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

6.1. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá một cách hệ thống và toàn diện thực trạng công tác quản lý nguồn vốn ĐTC trong lĩnh vực xây dựng cơ bản tại huyện Tân Hồng, tỉnh Đồng Tháp trong giai đoạn 2020-2024. Kết quả cho thấy, huyện Tân Hồng đã đạt được những thành tựu đáng kể, nổi bật là tỷ lệ giải ngân vốn ĐTC duy trì ở mức cao, thể hiện sự nỗ lực và quyết tâm của chính quyền địa phương trong việc triển khai các dự án phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả tích cực, công tác quản lý vốn ĐTC tại huyện vẫn còn bộc lộ nhiều hạn chế cần được khắc phục. Các yếu tố như thể chế pháp lý tại địa phương chưa hoàn thiện, năng lực chuyên môn của một bộ phận cán bộ còn hạn chế, việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý chưa sâu rộng, và đặc biệt là hiệu quả tổng thể của một số dự án đầu tư chưa tương xứng với nguồn vốn đã giải ngân, là những thách thức chủ yếu. Phân tích SWOT đã làm rõ các điểm mạnh, điểm yếu nội tại cũng như các cơ hội và thách thức từ môi trường bên ngoài, tạo cơ sở vững chắc cho việc đề xuất các giải pháp mang tính chiến lược.

Trên cơ sở phân tích thực trạng và các yếu tố ảnh hưởng, nghiên cứu đã đề xuất một hệ thống giải pháp toàn diện, bao gồm các nhóm giải pháp nhằm hoàn thiện thể chế, nâng cao năng lực tổ chức và con người, tăng cường ứng dụng công nghệ, và cải tiến cơ chế tài chính cũng như công tác giám sát. Các giải pháp này được xây dựng dựa trên nguyên tắc phát huy lợi thế, khắc phục yếu kém, nắm bắt cơ hội và chủ động đối phó với thách thức, hướng đến mục tiêu cuối cùng là nâng cao chất lượng công tác quản lý và hiệu quả sử dụng vốn ĐTC tại địa phương.

6.2. Kiến nghị

Để các giải pháp đề xuất trong nghiên cứu có thể được triển khai và phát huy hiệu quả trong thực tiễn, tác giả xin đưa ra một số kiến nghị cụ thể như sau:

• **Đối với UBND huyện Tân Hồng:** Cần sớm xây dựng kế hoạch hành động chi tiết để triển khai các nhóm giải pháp đã được đề xuất, trong đó phân công rõ trách nhiệm cụ thể cho từng phòng ban chuyên môn và các đơn vị liên quan. Ưu tiên các giải pháp mang tính đột phá như thí điểm ứng dụng phần mềm quản lý dự án, xây dựng hệ thống KPI, và tăng cường đào tạo nâng cao năng lực cho đội ngũ cán bộ. Đồng thời, cần tăng cường công tác kiểm tra, giám sát việc thực hiện và định kỳ đánh giá, điều chỉnh kế hoạch cho phù hợp với tình hình thực tế.

• **Đối với UBND tỉnh Đồng Tháp và các Sở, ngành cấp tỉnh:** Đề nghị UBND tỉnh quan tâm, tạo điều kiện hỗ trợ nguồn lực (tài chính, kỹ thuật) và cơ chế chính sách thuận lợi để huyện Tân Hồng có thể thực hiện thí điểm các mô hình quản lý ĐTC mới, đặc biệt là các giải pháp liên quan đến phân cấp quản lý và ứng dụng công nghệ. Các Sở, ngành chuyên môn của tỉnh cần tăng cường công tác hướng dẫn nghiệp vụ, phối hợp chặt chẽ với huyện trong việc giải quyết các vướng mắc phát sinh, đồng thời xem xét, tổng hợp các kiến nghị của huyện liên quan đến những bất cập trong quy định pháp luật hiện hành (ví dụ: quy định về thanh toán, quyết toán vốn) để kiến nghị cấp Trung ương điều chỉnh.

• **Đối với Trung ương (Chính phủ và các Bộ, ngành liên quan):** Cần tiếp tục hoàn thiện khung pháp luật về ĐTC, đặc biệt là ban hành các văn bản hướng dẫn chi tiết, đồng bộ và dễ áp dụng cho Luật Đầu tư công 2024. Nghiên cứu và điều chỉnh các quy định về phân cấp quản lý, cơ chế tài chính nhằm tăng tính chủ động và linh hoạt cho các địa phương trong việc quản lý và sử dụng vốn ĐTC, nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả và chống thất thoát. Bên cạnh đó, cần đẩy mạnh hơn nữa công tác thanh tra, kiểm toán và xử lý nghiêm minh các vi phạm trong lĩnh vực ĐTC trên phạm vi cả nước để tạo môi trường đầu tư công lành mạnh, hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cương, H. (2020). Quản lý vốn đầu tư xây dựng các công trình thủy lợi từ nguồn ngân sách nhà nước trên địa bàn huyện Cam Lộ, tỉnh Quảng Trị (Luận án Tiến sĩ). Huế: Trường Đại học Kinh tế Huế.

[2]. Dabla-Norris, E., Brumby, J., Kyobe, A., Mills, Z., & Papageorgiou, C. (2011). Investing in Public Investment: An Index of Public Investment Efficiency. Washington, D.C.: International Monetary Fund. IMF Working Paper WP/11/37, trang 1-37.

[3]. Eltokhy, K., Feruglio, N., Miao, K., Navarro, A., & Tandberg, M. E. (2024). Public Investment Management Bottlenecks in Low-income Countries. Washington, D.C.: International Monetary Fund.

[4]. Kangur, A., & Papageorgiou, C. (2017). Public sector investment efficiency in developing countries. Trong The New Palgrave Dictionary of Economics (trang 1-10). London: Palgrave Macmillan.

[5]. Kosec, K., & Mogues, T. (2018). Public goods provision in developing countries: a research agenda for New Institutional Economics (trang 42-50). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

[6]. Lâm, N. B. (2024). Đầu tư công: 'Mệnh lệnh' tăng trưởng kinh tế năm 2024. Truy cập tại: https://stockbiz.vn/tin-tuc/dau-tu-cong-menh-lenh-tang-truong-kinh-te-nam-2024/23283979.

[7]. Lê, H. A., & Trần, T. N. (2022). Các nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả quản lý ngân sách nhà nước tại huyện Năm Căn, tỉnh Cà Mau. Tập san Khoa học và Kỹ thuật Trường Đại học Bình Dương, 5(4).

[8]. Sammut-Bonnici, T., & Galea, D. (2015). SWOT analysis. Wiley Encyclopedia of Management, 12(1).

■Ngày nhận bài: 14/3/2025 ■Ngày sửa bài: 08/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2025

Đánh giá rủi ro trong quá trình thực hiện các dự án xây dựng theo hình thức hợp tác công tư (PPP) tại Việt Nam

Assess Risks in Implement (PPP) project in Vietnam

> THS TRẦN VIẾT KHÁNH[1], TS NGUYỄN DUY HƯNG[2*], THS NGUYỄN ĐÌNH MẬU[1]
[1]Viện Nghiên cứu - Đào tạo Đèo Cả, Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
[2]Viện Kinh tế và Phát triển Giao thông vận tải, Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
*Email: duyhung.nguyen@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Rủi ro từ lâu đã được công nhận là một rào cản lớn đối với các dự án hợp tác công tư (PPP), thu hút sự quan tâm từ các học giả và chuyên gia trong ngành Xây dựng. Nghiên cứu này tập trung xác định các rủi ro quan trọng trong dự án PPP và phân tích mối liên hệ giữa vai trò của người tham gia với cách họ đánh giá rủi ro. Bước đầu, một danh sách các rủi ro tiềm tàng đã được tổng hợp thông qua quá trình phân tích tài liệu và phỏng vấn các chuyên gia dày dạn kinh nghiệm. Tiếp theo, cuộc khảo sát với sự tham gia của 110 chuyên gia xây dựng đã được thực hiện nhằm xác thực các yếu tố rủi ro đã xác định. Để khám phá mối quan hệ giữa vai trò, khu vực làm việc của người tham gia và cách họ đánh giá rủi ro, nghiên cứu sử dụng phương pháp kiểm định ANOVA. Kết quả nghiên cứu cung cấp một danh sách toàn diện các rủi ro được phân loại theo vòng đời của dự án PPP. Đáng chú ý, phân tích ANOVA cho thấy không có mối tương quan đáng kể giữa đánh giá rủi ro với vai trò hay khu vực làm việc của người tham gia. Nghiên cứu này đóng góp về mặt học thuật bằng cách cung cấp bằng chứng thực nghiệm về rủi ro trong các dự án PPP, đặc biệt trong bối cảnh của một nước đang phát triển. Kết quả cho thấy vai trò thiết yếu của sự hợp tác giữa các bên liên quan trong việc quản lý rủi ro hiệu quả. Những hiểu biết sâu sắc từ nghiên cứu này có thể giúp các chuyên gia xây dựng nâng cao nhận thức về rủi ro và phát triển các chiến lược quản lý hiệu quả hơn cho các dự án PPP trong tương lai.

Từ khóa: Rủi ro; dự án PPP; vai trò; Việt Nam.

ABSTRACT

Risk has long been recognized as a major barrier to public-private partnership (PPP) projects, attracting significant attention from scholars and professionals in the construction industry. This study focuses on identifying critical risks in PPP projects and analyzing the relationship between participants' roles and their risk assessments. First, a list of potential risks was compiled through a literature review and interviews with experienced experts. Next, a survey involving 110 construction professionals was conducted to validate the identified risk factors. To explore the relationship between participants' roles, work sectors, and their risk assessments, the study employed the ANOVA test. The research findings provide a comprehensive list of risks categorized according to the PPP project lifecycle. Notably, ANOVA analysis revealed no significant correlation between risk assessment and participants' roles or work sectors. This study contributes to academic knowledge by providing empirical evidence on risks in PPP projects, particularly in the context of a developing country. The results highlight the essential role of stakeholder collaboration in effective risk management. Insights from this study can help construction professionals enhance risk awareness and develop more effective risk management strategies for future PPP projects.

Keyword: Risk; PPP project; Vai trò; Vietnam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành Xây dựng được xem là động lực quan trọng thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển [1]. Trong bối cảnh nguồn lực quốc gia còn hạn chế, các dự án hợp tác công tư PPP đóng vai trò thiết yếu trong việc phát triển cơ sở hạ tầng, giúp thu hút đầu tư và tối ưu hóa nguồn lực [2]. Những năm gần đây, nhiều nền kinh tế mới nổi, điển hình như Việt Nam và Malaysia, đã tích cực áp dụng mô hình PPP như một chiến lược quan trọng nhằm thúc đẩy sự phát triển [3]. Đối với Việt Nam, PPP không chỉ là một phương thức tài trợ mà còn là chiến lược cốt lõi để nâng cao chất lượng hạ tầng và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế bền vững [4].

Các dự án PPP có sự khác biệt đáng kể so với các dự án xây dựng truyền thống do tính phức tạp cao và sự tham gia của nhiều bên liên quan từ khu vực công và tư [2]. Chính vì vậy, các dự án này tiềm ẩn nhiều rủi ro có thể làm gián đoạn tiến độ và gia tăng chi phí thực hiện. Vấn đề rủi ro trong PPP đã thu hút sự quan tâm lớn từ cả giới học thuật và các chuyên gia xây dựng. Nhìn chung, các dự án xây dựng thường đối mặt với hàng loạt thách thức liên quan đến chi phí, tiến độ và yếu tố kỹ thuật [5]. Tuy nhiên, đối với các dự án PPP, những thách thức này còn nghiêm trọng hơn do sự phức tạp trong quản lý và phối hợp giữa các bên [6]. Thực tế cho thấy, sự phức tạp này không chỉ ảnh hưởng đến việc triển khai PPP tại Việt Nam mà còn là rào cản lớn đối với các nước đang phát triển khác [1].

Dù ngành Xây dựng đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu trong những thập kỷ qua, nhưng số lượng nghiên cứu về rủi ro trong triển khai PPP tại các nước đang phát triển vẫn còn hạn chế. Khoảng trống này khiến chúng ta chưa thực sự hiểu rõ về tác động của các rủi ro đối với việc thực hiện dự án PPP, từ đó làm giảm hiệu quả triển khai mô hình này. Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã đề cập đến rủi ro trong PPP, song phần lớn chỉ tập trung nhận diện rủi ro mà thiếu đi phân tích chuyên sâu về mối quan hệ giữa đánh giá rủi ro và đặc điểm của các chuyên gia thực hành trong ngành. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu gặp phải hạn chế về quy mô mẫu nhỏ, dẫn đến sai lệch thống kê, làm giảm độ tin cậy của kết quả và ảnh hưởng đến khả năng khái quát hóa phát hiện.

Nhận thức được khoảng trống này, nghiên cứu hiện tại được thực hiện nhằm điều tra mối quan hệ giữa rủi ro và vai trò cũng như khu vực làm việc của các chuyên gia xây dựng trong bối cảnh các dự án PPP tại Việt Nam.

2. XÁC ĐỊNH CÁC YẾU TỐ RỦI RO VÀ GIẢ THUYẾT NGHIÊN CỨU

2.1. Xác định các yếu tố rủi ro

Trong những năm gần đây, một số nghiên cứu đã tập trung điều tra các yếu tố rủi ro trong các dự án PPP trên toàn thế giới.

Tại Trung Quốc, Ke et al. [7] đã thực hiện một cuộc khảo sát Delphi hai vòng, xác định các rủi ro quan trọng như sự can thiệp của Chính phủ, bất ổn tài chính và tham nhũng. Họ cũng phân tích sâu hơn về hậu quả tiềm tàng, các bên bị ảnh hưởng nhiều nhất và cơ chế phân bổ rủi ro. Tương tự, Chan et al. [8] đã làm rõ các rủi ro nổi bật bao gồm sự can thiệp của Chính phủ, tham nhũng và ra quyết định kém. Kết quả nghiên cứu của họ cung cấp những góc nhìn quan trọng về cách khu vực công và tư đánh giá rủi ro, đặc biệt là sự đồng thuận về việc chia sẻ vấn đề rủi ro môi trường giữa hai bên.

Tại Singapore, Hwang et al. [9] đã điều tra các yếu tố thành công và xu hướng phân bổ rủi ro trong các dự án PPP. Nghiên cứu cũng cho thấy các yếu tố tiêu cực có tác động lớn hơn so với các yếu tố tích cực, dẫn đến việc xác định 23 rủi ro quan trọng. Trong số này, tám rủi ro được ưu tiên giao cho khu vực công, 19 rủi ro thuộc trách nhiệm của khu vực tư nhân, trong khi 11 rủi ro còn lại được đề xuất chia sẻ giữa hai bên, với bốn rủi ro có thể thay đổi tùy thuộc vào hoàn cảnh dự án. Trong một nghiên cứu khác tại Thổ Nhĩ Kỳ, Aladağ & Işık [10] đã phân tích các yếu tố rủi ro trong các dự án giao thông theo mô hình Xây dựng - Vận hành - Chuyển giao (BOT). Kết quả nhấn mạnh các vấn đề quan trọng như tai nạn lao động, sự thay đổi quá mức trong thiết kế và khó khăn trong việc tích hợp thiết kế - thi công. Những phát hiện này mang lại cái nhìn sâu sắc về cách giảm thiểu rủi ro trong PPP, cung cấp hướng dẫn quan trọng cho các bên liên quan.

Tại Việt Nam, Dang et al. [11] đã nghiên cứu các mô hình rủi ro trong các dự án cầu đường và phân loại rủi ro thành bốn nhóm chính: rủi ro liên quan đến nhà thầu, rủi ro liên quan đến dự án, rủi ro liên quan đến chủ đầu tư và rủi ro bên ngoài. Nghiên cứu này bao gồm nhiều loại dự án (nhỏ, vừa và lớn) cũng như các nguồn tài trợ khác nhau (vốn Chính phủ, quỹ hỗ trợ phát triển chính thức và mô hình PPP). Trong một nghiên cứu khác, Le et al. [12] đã khám phá mối quan hệ giữa các yếu tố rủi ro trong các dự án giao thông BOT, xác định bảy nhóm rủi ro chính thông qua khảo sát các bên liên quan. Những rủi ro này bao gồm rủi ro khả thi, rủi ro tài chính và rủi ro pháp lý, cung cấp nền tảng quan trọng để quản lý rủi ro hiệu quả. Tuy nhiên, nghiên cứu này có hạn chế về quy mô mẫu tương đối nhỏ, ảnh hưởng đến tính chính xác và khả năng khái quát hóa các kết quả.

Dựa trên những kết quả từ việc tổng quan tài liệu, nghiên cứu đã tổng hợp một danh sách toàn diện các yếu tố rủi ro. Danh sách này đóng vai trò làm cơ sở để tham vấn các chuyên gia giàu kinh nghiệm nhằm xác định các yếu tố rủi ro đặc thù trong bối cảnh Việt Nam.

2.2. Giả thuyết nghiên cứu

Việc đạt được các mục tiêu thành công trong các dự án PPP đòi hỏi sự tham gia của nhiều bên liên quan, mỗi bên đóng một vai trò và chịu trách nhiệm riêng biệt trong cả khu vực công và tư nhân. Tuy nhiên, sự khác biệt trong quan điểm giữa các nhóm vai trò khác nhau là một vấn đề đáng quan tâm [13]. Trên thực tế, các bên tham gia từ khu vực công và tư có thể có nhận thức khác nhau về các dự án PPP, dẫn đến những tranh luận kéo dài về cách tiếp cận và quản lý dự án.

Hơn nữa, quan điểm về rủi ro trong PPP có thể thay đổi tùy thuộc vào vai trò cụ thể của từng cá nhân trong ngành Xây dựng [14]. Điều này có nghĩa là các chuyên gia xây dựng có thể đánh giá rủi ro theo những cách khác nhau, chịu ảnh hưởng bởi trách nhiệm, chức năng và phạm vi công việc của họ trong dự án.

Dựa trên những thảo luận trước đó, nghiên cứu này đề xuất hai giả thuyết chính:

- H1: Có mối quan hệ giữa khu vực làm việc của người tham gia (Sector) và đánh giá rủi ro (RA) trong các dự án PPP.
- H2: Có mối quan hệ giữa vai trò cụ thể của người tham gia (Role) và đánh giá rủi ro (RA) trong các dự án PPP.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp khảo sát bằng bảng câu hỏi nhằm xác định các yếu tố rủi ro quan trọng nhất và kiểm định các giả thuyết nghiên cứu. Những người tham gia khảo sát được yêu cầu cung cấp thông tin theo ba nội dung chính:

1) Kinh nghiệm của họ trong các dự án PPP và công tác quản lý rủi ro.

2) Đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố rủi ro.

3) Thông tin chung, bao gồm vị trí trong công ty, kinh nghiệm trong ngành Xây dựng và vai trò cụ thể trong dự án.

Người tham gia đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố rủi ro theo thang điểm từ 1 (rất không quan trọng) đến 5 (rất quan trọng). Ngoài ra, họ cũng được khuyến khích đề xuất thêm các yếu tố rủi ro khác dựa trên kinh nghiệm thực tế của mình.

Bảng câu hỏi được gửi qua email hoặc bản cứng đến 300 chuyên gia có kinh nghiệm trong các dự án xây dựng theo mô hình PPP tại Việt Nam. Nghiên cứu thu được tổng cộng 120 phản hồi, bao gồm 95 phản hồi trực tuyến và 35 phản hồi từ bản cứng, đạt tỷ lệ phản hồi 40%. Trong số này, 10 bảng câu hỏi bị loại bỏ do không hoàn thành đầy đủ, dẫn đến 110 phản hồi hợp lệ được sử dụng cho các phân tích tiếp theo.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Đặc điểm của người tham gia khảo sát

Bảng 1 trình bày thông tin chi tiết về những người tham gia khảo sát. Kết quả cho thấy, trong tổng số người tham gia, 9.09% giữ vị trí giám đốc, trong khi 34.54% đang làm việc ở cấp quản lý. Đáng chú

ý, hơn 45% số người tham gia có hơn 10 năm kinh nghiệm trong ngành Xây dựng. Vị trí cao và kinh nghiệm lâu năm của những người tham gia góp phần nâng cao độ tin cậy của các phản hồi trong khảo sát.

Những người tham gia được phân thành ba nhóm chính dựa trên vai trò của họ trong dự án: 47 người đại diện chủ đầu tư, 31 người đến từ các công ty thiết kế, kỹ thuật hoặc tư vấn, 32 người thuộc nhóm nhà thầu. Kết quả cho thấy sự đa dạng và tỷ trọng phù hợp của các vai trò khác nhau trong dự án.

Về kinh nghiệm quản lý rủi ro, gần 40% người tham gia tự đánh giá là "quen thuộc" với quản lý rủi ro, trong khi 18.18% được xem là "chuyên gia" trong lĩnh vực này. Những kết quả này cho thấy mức độ hiểu biết và năng lực phù hợp của người tham gia trong việc đánh giá bảng câu hỏi nghiên cứu.

Ngoài ra, chỉ số Cronbach's Alpha đạt 85.19%, cho thấy mức độ nhất quán cao của dữ liệu thu thập được, đảm bảo độ tin cậy của các kết quả phân tích tiếp theo.

Bảng 1. Thông tin của những người tham gia khảo sát

Thông tin cá nhân		Tần suất	Phần trăm (%)
Vai trò trong dự án	Đại diện chủ đầu tư	47	42.72
	Tư vấn	31	28.18
	Nhà thầu	32	29.09
Vị trí trong công ty	Cấp giám đốc	10	9.09
	Cấp quản lý	38	34.54
	Chuyên viên	62	56.36
Số năm kinh nghiệm	Dưới 5 năm	29	26.36
	6-10 năm	30	27.27
	11-15 năm	25	22.72
	Hơn 15 năm	26	23.63
Khu vực làm việc	Nhà nước	70	63.63
	Tư nhân	40	36.36
Kiến thức về quản lý rủi ro	Chuyên gia	20	18.18
	Quen thuộc	43	39.09
	Phần nào quen thuộc	39	35.45
	Không quen thuộc	8	7.27

(n = 110)

4.2. Đánh giá các yếu tố rủi ro

Trước tiên, thống kê mô tả được thực hiện nhằm đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố rủi ro trong các dự án PPP. Bảng 2 trình bày các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và thứ hạng của các yếu tố rủi ro theo ba giai đoạn chính của dự án PPP.

Kết quả phân tích cho thấy, trong mười yếu tố rủi ro hàng đầu, có bốn yếu tố xuất hiện trong giai đoạn thiết kế, trong khi sáu yếu tố còn lại thuộc giai đoạn xây dựng. Điều đáng chú ý là không có yếu tố rủi ro nào nằm trong giai đoạn vận hành, một kết quả khá bất ngờ. Phát hiện này có thể cho thấy rằng giai đoạn thiết kế và xây dựng đóng vai trò rất quan trọng trong các dự án PPP và do đó nhận được nhiều sự quan tâm từ các bên liên quan.

Ngoài ra, Bảng 2 cũng cho thấy mức độ nghiêm trọng của các yếu tố rủi ro. Cụ thể, 41/44 yếu tố có giá trị trung bình ≥ 4.00, trong khi giá trị trung bình tổng thể của rủi ro là 4.21. Kết quả này cho thấy mức độ rủi ro trong các dự án PPP là rất cao, nhấn mạnh tầm quan trọng của việc quản lý rủi ro hiệu quả trong quá trình thực hiện dự án.

Bảng 2. Đánh giá tầm quan trọng của các yếu tố rủi ro trong các dự án CTX

Ký hiệu	Yếu tố rủi ro	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
D	**Giai đoạn nghiên cứu khả thi và thiết kế**			
D1	Các vấn đề liên quan đến việc phê duyệt và giấy phép cho dự án	4.42	0.99	4
D2	Các vấn đề về việc phê duyệt về môi trường	4.15	0.99	27.5
D3	Thay đổi chính sách của nhà nước	4.35	0.91	9
D4	Nạn tham nhũng, quan liêu	4.14	1.03	30
D5	Cơ cấu nguồn vốn ko phù hợp **	4.24	0.97	21
D6	Thay đổi về điều kiện kinh tế	3.99	0.94	42
D7	Ước tính tổng mức đầu tư không chính xác (*)	4.25	0.99	19
D8	Năng lực tài chính của chủ đầu tư không đảm bảo	4.34	0.99	11.5
D9	Các vấn đề về thu hồi đất, đền bù và tái định cư	4.50	0.78	2
D10	Năng lực quản lý dự án của chủ đầu tư	4.31	0.83	15
D11	Sự phản đối của công chúng đối với quy trình xây dựng (*)	4.02	0.99	39
D12	Nội dung báo cáo nghiên cứu khả thi/Lập dự án đầu tư không đầy đủ	4.30	0.91	16
D13	Dữ liệu đầu vào để lập dự án không đáng tin cậy (vd. Dự báo lưu lượng giao thông không chính xác; khảo sát địa hình, địa chất, thủy văn không đầy đủ)	4.43	0.82	3
D14	Phương pháp đánh giá dự án còn mang tính chủ quan	4.21	0.89	23
C	**Giai đoạn thi công xây dựng**			
C1	Chi phí thi công xây dựng cao hơn dự kiến	4.35	0.84	9
C2	Sự gia tăng của chi phí xây dựng do biến động giá vật liệu, nhân công	4.27	0.89	17
C3	Biến động tỷ lệ lạm phát	3.93	1.03	43
C4	Biến động lãi suất	3.82	1.03	44
C5	Thiếu dòng tiền	4.38	0.77	6
C6	Phân chia trách nhiệm về rủi ro không phù hợp giữa các bên liên quan	4.03	1.01	36.5
C7	Quá trình ra quyết định kém	4.08	0.93	33
C8	Rủi ro do tổ chức, phối hợp và giao tiếp kém	4.02	0.92	39
C9	Năng lực quản lý dự án của nhà thầu	4.35	0.81	9
C10	Quá trình đấu thầu chậm trễ	4.03	1.02	36.5
C11	Điều kiện hợp đồng không rõ ràng và còn tồn tại xung đột **	4.22	0.90	22
C12	Các yêu cầu hoặc sự can thiệp của nhà tài trợ/chủ đầu tư trong quá trình xây dựng	4.02	1.01	39

Ký hiệu	Yếu tố rủi ro	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
C13	Tiến độ không phù hợp với tính chất hạng mục công việc trong dự án	4.11	0.88	32
C14	Sự không phù hợp của công nghệ và/hoặc biện pháp thi công	4.26	0.83	18
C15	Năng lực của nhà thầu	4.57	0.66	1
C16	Tiến độ dự án bị trễ**	4.33	0.83	13.5
C17	Thay đổi thiết kế	4.20	0.90	24
C18	Chất lượng của thiết kế và các chỉ dẫn kỹ thuật	4.34	0.84	11.5
C19	Nguồn cung cấp vật tư	4.25	0.84	20
C20	Sự sẵn có của lao động có trình độ và/hoặc thiết bị	4.13	0.91	31
C21	Thiên tai/Thời tiết khắc nghiệt**	4.15	0.92	27.5
C22	An toàn lao động tại công trường	4.39	0.84	5
C23	Bảo vệ các di chỉ văn hóa khi được phát hiện tại công trường dự án (Vd. cổ vật, hài cốt…)	4.05	1.11	35
C24	Trật tự lưu thông giao thông liền kề với đoạn đang thi công	4.00	1.08	41
C25	Vấn đề về môi trường trong quá trình thi công ***	4.05	0.99	34
C26	Điều kiện địa chất/ địa hình công trường không lường trước được	4.37	0.79	7
O	**Giai đoạn bàn giao và đưa vào sử dụng**			
O1	Thiếu sự hợp tác của các bên liên quan trong việc bàn giao đưa công trình vào sử dụng ***	4.18	0.88	25
O2	Bảo trì công trình không đầy đủ***	4.15	0.93	27.5
O3	Khai thác không hiệu quả về mặt kinh tế***	4.15	0.97	27.5
O4	Sự suy giảm chất lượng công trình**	4.33	0.95	13.5
	Rủi ro tổng thể	**4.21**		

Để làm rõ hơn các rủi ro trong dự án PPP, nghiên cứu đã xem xét và phân tích một số yếu tố rủi ro quan trọng.

Rủi ro nghiêm trọng nhất: Năng lực của nhà thầu (C15)

Yếu tố C15 - Năng lực của nhà thầu được đánh giá là rủi ro nghiêm trọng nhất, phản ánh sự thiếu hụt phổ biến về năng lực của các nhà thầu tại Việt Nam. Điều này đặc biệt đáng lo ngại do quy mô lớn và sự tham gia của nhiều nhà thầu trong các dự án PPP. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về rủi ro trong các dự án cầu đường tại Việt Nam [11] và các dự án đường cao tốc PPP tại Trung Quốc, nơi yếu tố này cũng được xếp hạng cao [15]. Để giải quyết vấn đề này, cần lựa chọn kỹ lưỡng nhà thầu có năng lực và cải thiện quy trình đấu thầu bằng cách nâng cao các tiêu chuẩn pháp lý liên quan.

Các rủi ro hàng đầu trong giai đoạn thiết kế:

D9 - Các vấn đề về thu hồi đất, đền bù và tái định cư (Xếp hạng #2, giá trị trung bình 4.5):

Đây là một trong những rủi ro lớn nhất trong các dự án PPP tại Việt Nam do các quy trình pháp lý phức tạp, làm chậm tiến độ thực hiện. Vấn đề này không chỉ phổ biến ở Việt Nam mà còn được ghi nhận ở Trung Quốc [8, 16]. Giải pháp để giảm thiểu rủi ro này bao gồm thiết lập một khuôn khổ pháp lý toàn diện và hợp lý hóa quy trình thu hồi đất, bồi thường và tái định cư.

D13 - Dữ liệu đầu vào không đáng tin cậy để chuẩn bị dự án (Xếp hạng #3):

Yếu tố này thường bị bỏ qua trong các nghiên cứu nhưng lại có tác động đáng kể đến các dự án PPP tại Việt Nam. Nguyên nhân xuất phát từ dự báo giao thông không chính xác, khảo sát địa chất - địa hình không đầy đủ, và sự thiếu công nghệ cũng như nhân lực có trình độ. Giải pháp đề xuất là tăng cường ngân sách cho khảo sát thực địa và thu thập dữ liệu, đồng thời sử dụng các chuyên gia có năng lực và phương pháp nghiên cứu hiện đại.

D3 - Thay đổi chính sách của nhà nước (Xếp hạng #4):

Sự thay đổi chính sách có thể ảnh hưởng đến cam kết lợi nhuận của nhà đầu tư, đặc biệt trong các quy định về thu phí BOT, ưu đãi tài chính hoặc tín dụng. Điều này làm giảm tính hấp dẫn của PPP đối với khu vực tư nhân. Để giảm thiểu rủi ro, cần đưa vào hợp đồng các cơ chế bảo vệ nhà đầu tư, như bù đắp tài chính hoặc kéo dài thời gian thu phí, đồng thời tăng cường đối thoại giữa chính phủ và doanh nghiệp trước khi ban hành chính sách mới.

D1 - Các vấn đề liên quan đến phê duyệt và cấp phép (Xếp hạng #5, giá trị trung bình 4.42):

Sự chậm trễ trong việc phê duyệt và cấp phép xuất phát từ quy trình hành chính phức tạp và kém hiệu quả. Mặc dù vấn đề này được đánh giá thấp hơn tại Singapore [9] và Trung Quốc [7], nhưng tại Việt Nam, đây vẫn là một trở ngại lớn. Để giải quyết, cần hợp lý hóa quy trình hành chính, xây dựng tài liệu hướng dẫn toàn diện và tăng cường trao đổi với các bên liên quan ngay từ giai đoạn lập dự án.

Các rủi ro trong giai đoạn thi công:

C22 - An toàn lao động tại công trường (Xếp hạng #6, giá trị trung bình 4.39):

Điều kiện thi công phức tạp, quản lý an toàn lỏng lẻo và thiếu đào tạo cho công nhân là những nguyên nhân chính gây ra tai nạn lao động. Một số doanh nghiệp thậm chí còn cắt giảm biện pháp bảo hộ do áp lực chi phí. Giải pháp đề xuất bao gồm: tuân thủ nghiêm các quy định an toàn, áp dụng công nghệ giám sát hiện đại (camera, cảm biến cảnh báo nguy hiểm), đào tạo định kỳ cho công nhân và tăng cường thanh tra để đảm bảo môi trường làm việc an toàn.

C5 - Thiếu dòng tiền (Xếp hạng #7, giá trị trung bình 4.38):

Rủi ro này phản ánh sự chậm trễ trong giải ngân vốn vay, đặc biệt khi các tổ chức tài chính e ngại rủi ro và yêu cầu bảo lãnh tín dụng chặt chẽ. Ngoài ra, việc thu phí hoàn vốn có thể gặp khó khăn do lưu lượng giao thông thấp hơn dự báo hoặc chính sách điều chỉnh phí chưa hợp lý. Các yếu tố như chi phí xây dựng tăng cao, lạm phát hoặc biến động tỷ giá cũng có thể khiến nhà đầu tư rơi vào tình trạng thiếu hụt vốn. Giải pháp đề xuất là thiết lập cơ chế bảo lãnh tín dụng từ ngân hàng hoặc các quỹ hỗ trợ tài chính, đồng thời xây dựng kế hoạch tài chính chặt chẽ ngay từ đầu dự án.

C26 - Điều kiện địa chất/địa hình không lường trước được (Xếp hạng #8, giá trị trung bình 4.37):

Yếu tố này xuất phát từ việc khảo sát địa chất không đầy đủ hoặc thiếu chính xác, dẫn đến các tình huống bất ngờ như nền đất yếu, sạt lở, hoặc mạch nước ngầm. Điều này không chỉ làm tăng chi phí xử lý nền móng mà còn kéo dài thời gian thi công. Ngoài ra, địa hình phức tạp như đồi núi dốc, sông suối hoặc vùng ngập lụt cũng gây

ra nhiều thách thức kỹ thuật. Để giảm thiểu rủi ro, cần thực hiện khảo sát địa chất chi tiết ngay từ đầu dự án, ứng dụng công nghệ mô phỏng địa hình và các phương pháp thăm dò hiện đại. Đồng thời, cần xây dựng kế hoạch dự phòng kỹ thuật và tài chính để kịp thời điều chỉnh phương án thi công khi gặp các điều kiện bất lợi.

4.3. Kiểm tra giả thuyết nghiên cứu

Nghiên cứu này đưa ra giả thuyết rằng vai trò và khu vực làm việc của người hành nghề xây dựng có ảnh hưởng đến cách họ đánh giá rủi ro trong các dự án PPP. Để kiểm định giả thuyết này, các tác giả đã thực hiện kiểm định ANOVA nhằm phân tích mối quan hệ giữa vai trò, khu vực làm việc và mức độ đánh giá rủi ro của người tham gia.

Kết quả phân tích cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong cách đánh giá rủi ro giữa các vai trò và khu vực làm việc khác nhau trong tất cả các giai đoạn của dự án xây dựng (Bảng 3). Hơn nữa, đánh giá rủi ro tổng thể cũng không có mối tương quan đáng kể với vai trò và khu vực làm việc, với giá trị p-value lần lượt là 0.291 và 0.300. Do đó, giả thuyết H1 và H2 không được chứng minh.

Một lời giải thích hợp lý cho kết quả này là do PPP là một mô hình dự án phức tạp, vẫn còn gặp nhiều thách thức khi áp dụng tại Việt Nam. Các rủi ro trong dự án PPP có tính đặc thù cao, khác biệt đáng kể so với các dự án xây dựng thông thường. Vì vậy, ảnh hưởng của các rủi ro này không chỉ tập trung vào một nhóm tham gia cụ thể mà tác động đến tất cả các bên liên quan trong dự án.

Phát hiện này một lần nữa nhấn mạnh tầm quan trọng của sự hợp tác giữa các bên trong việc quản lý rủi ro hiệu quả đối với các dự án PPP tại Việt Nam. Việc chia sẻ trách nhiệm và xây dựng một chiến lược quản lý rủi ro tổng thể là điều cần thiết để đảm bảo thành công cho mô hình hợp tác công tư trong lĩnh vực xây dựng.

Bảng 3. Kết quả của ANOVA để kiểm tra các giả thuyết nghiên cứu

Giai đoạn xây dựng	Vai trò trong dự án		Khu vực làm việc	
	F-value	P-value	F-value	P-value
Rủi ro trong giai đoạn nghiên cứu khả thi và thiết kế	0.685	0.506	0.155	0.694
Rủi ro trong giai đoạn thi công xây dựng	1.628	0.201	1.856	0.176
Rủi ro trong giai đoạn bàn giao và đưa vào sử dụng	0.573	0.565	0.251	0.617
Rủi ro tổng thể của dự án	1.247	0.291	1.09	0.300

5. KẾT LUẬN

Việc phát triển các dự án hợp tác công tư là cần thiết để thúc đẩy cơ sở hạ tầng và tăng trưởng kinh tế. Tuy nhiên, quá trình triển khai các dự án PPP thường đối mặt với nhiều rủi ro, đòi hỏi những người thực hành trong lĩnh vực này phải được trang bị kiến thức và kỹ năng quản lý rủi ro hiệu quả. Đây là một thách thức không nhỏ, đặc biệt là trong bối cảnh các nước đang phát triển như Việt Nam, nơi mà hiểu biết về rủi ro trong PPP vẫn còn hạn chế.

Nhằm giải quyết vấn đề này, nghiên cứu đã tiến hành điều tra các rủi ro chính mà các dự án PPP tại Việt Nam thường gặp phải. Đồng thời, nghiên cứu cũng khám phá mối quan hệ giữa vai trò, khu vực làm việc của người hành nghề xây dựng và cách họ đánh giá rủi ro.

Kết quả nghiên cứu đã cung cấp một danh sách chi tiết các yếu tố rủi ro, cùng với đánh giá và xếp hạng mức độ quan trọng của chúng theo ba giai đoạn trong suốt quá trình triển khai dự án PPP. Thông tin này có thể hỗ trợ kỹ sư và nhà quản lý trong việc nhận diện và kiểm soát rủi ro hiệu quả. Ngoài ra, nghiên cứu xác nhận rằng không có mối tương quan có ý nghĩa thống kê giữa vai trò, khu vực làm việc của người tham gia và mức độ đánh giá rủi ro. Phát hiện này nhấn mạnh rằng công tác quản lý rủi ro trong các dự án PPP cần có sự hợp tác chặt chẽ giữa các bên liên quan, thay vì chỉ dựa vào một nhóm tham gia cụ thể.

Trong bối cảnh hiện nay, để nâng cao hiệu quả triển khai PPP, cần cải tiến mô hình áp dụng và hoàn thiện khung pháp lý, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho sự tham gia và hợp tác của các bên liên quan.

Mặc dù một số nghiên cứu trước đây đã đề cập đến rủi ro trong PPP, còn khá ít nghiên cứu tập trung vào bối cảnh các nước đang phát triển, như Việt Nam. Đặc biệt, rất ít nghiên cứu cung cấp bằng chứng thực nghiệm về mối quan hệ giữa vai trò, khu vực làm việc của người hành nghề xây dựng và cách họ đánh giá rủi ro trong các dự án PPP. Do đó, nghiên cứu này không chỉ đóng góp về mặt lý thuyết, mà còn mở ra hướng nghiên cứu thực nghiệm về quản lý rủi ro trong các dự án PPP tại Việt Nam. Những nghiên cứu tiếp theo theo hướng này có thể giúp nâng cao chất lượng công tác quản lý rủi ro, qua đó góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của các dự án PPP ở Việt Nam nói riêng và trên thế giới nói chung.

Lời cảm ơn: Bài báo được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, thuộc đề tài nghiên cứu khoa học với mã số KH2401 theo quyết định số 140/QĐ-ĐHGTVT ngày 05/06/2024.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Le PT, Chileshe N, Kirytopoulos K, et al. Exploring the underlying relationship among risks in BOT transportation projects in developing countries: the case of Vietnam. J Financ Manag Prop Constr 2020; 26: 103-125.

[2]. Le PT, Kirytopoulos K, Chileshe N, et al. Taxonomy of risks in PPP transportation projects: a systematic literature review. Int J Constr Manag 2022; 22: 166-181.

[3]. Miyamoto K, Biousse K. Official support for private sector participation in developing country infrastructure.

[4]. Sy TD, Likhitruangsilp V. Public-private partnership transportation projects in Vietnam: Opportunities and challenges. In: The Twenty-Sixth KKCNN Symposium on Civil Engineering. 2013, pp. 18-20.

[5]. Nguyen HD, Do QNH, Macchion L. Influence of practitioners' characteristics on risk assessment in Green Building projects in emerging economies: a case of Vietnam. Eng Constr Archit Manag. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1108/ecam-05-2021-0436.

[6]. Hall D. Why public-private partnerships don't work: The many advantages of the public alternative.

[7]. Ke Y, Wang S, Chan APC, et al. Understanding the risks in China's PPP projects: Ranking of their probability and consequence. Eng Constr Archit Manag 2011; 18: 481-496.

[8]. Chan APC, Yeung JFY, Yu CCP, et al. Empirical Study of Risk Assessment and Allocation of Public-Private Partnership Projects in China. J Manag Eng 2011; 27: 136-148.

[9]. Hwang BG, Zhao X, Gay MJS. Public private partnership projects in Singapore: Factors, critical risks and preferred risk allocation from the perspective of contractors. Int J Proj Manag 2013; 31: 424-433.

[10]. Aladağ H, Işık Z. Design and construction risks in BOT type mega transportation projects. Eng Constr Archit Manag 2019; 26: 2223-2242.

[11]. Dang CN, Le-Hoai L, Kim S-Y, et al. Identification of risk patterns in Vietnamese road and bridge construction: Contractor's perspective. Built Environ Proj Asset Manag 2017; 7: 59-72.

[12]. Le PT, Chileshe N, Kirytopoulos K, et al. Investigating the significance of risks in BOT transportation projects in Vietnam. Eng Constr Archit Manag 2020; 27: 1401-1425.

[13]. Nguyen HD, Nguyen TA, Doan VV, et al. Assessing critical barriers and success factors of PPP projects in emerging economies: a case of Vietnam. J Eng Des Technol. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1108/JEDT-08-2023-0340.

[14]. Qin X, Mo Y, Jing L. Risk perceptions of the life-cycle of green buildings in China. J Clean Prod 2016; 126: 148-158.

[15]. Li J, Zou PXW. Fuzzy AHP-Based Risk Assessment Methodology for PPP Projects. J Constr Eng Manag 2011; 137: 1205-1209.

[16]. Cheung E, Chan APC. Evaluation model for assessing the suitability of public-private partnership projects. J Manag Eng 2011; 27: 80-89.

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2025

Nghiên cứu chế tạo và thí nghiệm sức chịu tải của song chắn rác bê tông tính năng cao

Research on manufacturing and testing the load-bearing capacity of high-performance concrete gully grating

> PGS.TS LÊ HOÀNG AN, THS VŨ HIẾU PHƯƠNG
Viện Kinh tế và Phát triển Giao thông vận tải
Nhóm nghiên cứu SDCT, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM

TÓM TẮT

Bài báo trình bày việc ứng dụng bê tông tính năng cao (high performance concrete - HPC) gia cường bằng các loại sợi khác nhau trong việc sản xuất song chắn rác cho kết cấu hạ tầng đô thị. Mục tiêu của bài báo là đánh giá khả năng chịu lực của các mẫu song chắn rác bê tông HPC sử dụng ba loại sợi gia cường bao gồm sợi thép thẳng, sợi polypropylene, sợi thép có móc hai đầu, và sợi hỗn hợp. Kết quả thí nghiệm cho thấy các mẫu song chắn rác bê tông HPC có sợi gia cường đều có khả năng chịu lực cao hơn nhiều so với mẫu bê tông HPC không có sợi. Trong đó, mẫu song chắn rác gia cường phối trộn sợi hỗn hợp gồm 0.1% sợi polypropylene và 1% sợi thép thẳng chịu tải trọng cực hạn là 135 kN, cao hơn gấp 2.1 lần so với mẫu không có sợi đạt 65 kN. Bên cạnh đó, mẫu sử dụng sợi hỗn hợp khi phá hoại có vết nứt nhỏ và phân bố ngẫu nhiên hơn so với các mẫu còn lại. Mẫu song chắn rác sử dụng 2% sợi thép có móc hai đầu có khả năng chịu tải cao nhất là 152 kN. Thông qua kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy bê tông HPC gia cường sợi đơn hoặc sợi hỗn hợp cải thiện khả năng chịu lực và hạn chế các vết nứt của song chắn rác rất nhiều so với trường hợp không sử dụng sợi. Việc sử dụng HPC để chế tạo song chắn rác giúp giảm chi phí bảo trì và thay thế, đồng thời nâng cao mỹ quan trong các kết cấu hạ tầng đô thị.

Từ khóa: Bê tông tính năng cao; HPC; sợi gia cường; sợi thép; song chắn rác.

ABSTRACT

This study presents the applications of high-performance concrete (HPC) reinforced with different fiber types to produce gully gratings for the urban infrastructure. The aim of this study is to experimentally evaluate the load-bearing capacity of gully gratings made of HPC reinforced with three types of fibres: straight steel fibers, polypropylene fibers, hooked-end steel fibers, and hybrid fibers. The test results show that the fibre-reinforced HPC samples exhibited higher load-bearing capacities compared to the control HPC sample without fibers. Among these, the gully gratings made of HPC reinforced with 0.1% polypropylene fibres and 1% straight steel fibers achieved a ultimate load of 135 kN, 2.1 times higher than the control HPC samples with a ultimate load of 65 kN. Furthermore, the samples using hybrid fibers exhibited more minor and more randomly distributed cracks than the other samples. Based on the test results, it is indicated that HPC reinforced with single fibers or hybrid fibers significantly enhances the load-bearing capacity of gully gratings as compared to HPC without fibers. The use of HPC in producing the gully gratings reduces the maintenance and replacement costs, and improving the aesthetics of the urban infrastructure.

Keywords: High performance concrete; HPC; fibers; steel fibers; gully grating.

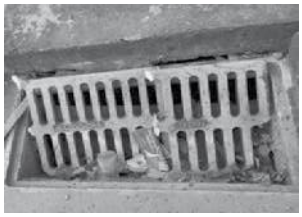
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các kết cấu đúc sẵn hạ tầng đô thị như nắp hố ga và song chắn rác thường xuyên gặp phải các vấn đề về hư hỏng, nứt vỡ do tải trọng và tác động từ môi trường, đặc biệt là tình trạng mất cắp khi sử dụng vật liệu gang và thép. Điều này gây ảnh hưởng xấu đến an toàn giao thông và tăng chi phí bảo trì hoặc thay thế (xem hình 1). Để khắc phục các vấn đề trên, trong những năm gần đây, một số nghiên cứu đã tập trung vào việc ứng dụng vật liệu bê tông tính năng cao (HPC - High Performance Concrete) và bê tông tính năng siêu cao (UHPC - Ultra-High Performance Concrete) cho các kết cấu hạ tầng kỹ thuật đô thị như nắp hố ga và song chắn rác [1, 2]. Trong đó, HPC là loại bê tông được thiết kế để đạt được các đặc tính cơ học cao so với bê tông thông thường như cường độ chịu nén (lớn hơn 60 MPa) và cường độ chịu kéo cao, độ bền theo thời gian và khả năng chống thấm tốt. Ngoài ra, HPC sử dụng thêm các phụ gia khoáng và hóa học để cải thiện các tính chất cơ lý so với bê tông thường như giảm nứt, tăng khả năng chịu các tác động môi trường như ăn mòn và xâm thực, tăng khả năng mài mòn và chịu lửa rất tốt [3-4]. So với bê tông UHPC thì HPC có giá thành tương đối rẻ hơn nhiều, do vậy HPC được ứng dụng rộng rãi trong việc chế tạo các

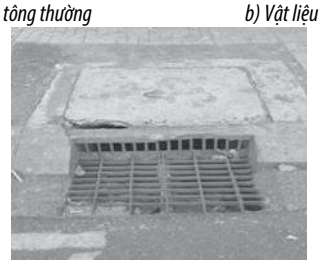
kết cấu đúc sẵn ở Việt Nam cũng như trên thế giới. HPC có cấp phối cốt liệu mịn và sử dụng phụ gia siêu dẻo cho nên có độ tự lèn cao, phù hợp với việc đúc các khuôn mẫu khác nhau không cần đầm rung như bê tông thường, dễ tạo hoa văn, họa tiết, và tăng tính thẩm mỹ cho bề mặt song chắn rác. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng HPC để chế tạo các loại song chắn rác cho hạ tầng đô thị.



a) Vật liệu từ bê tông thường



b) Vật liệu từ composite



c) Vật liệu từ Thép

Hình 1. Một số hư hỏng thường gặp của song chắn rác sử dụng vật liệu truyền thống

Theo Hoàng Tuấn Nghĩa và cộng sự [5], UHPC có khả năng sử dụng để chế tạo nắp hố ga với cường độ chịu nén đạt khoảng 120 MPa và khả năng chịu uốn trên 15 MPa, cao hơn nhiều so với bê tông thường. Vật liệu này có thể giúp giảm trọng lượng kết cấu khoảng từ 30-50% so với gang thép, đồng thời tiết kiệm khoảng 30-50% chi phí sản xuất, hạn chế tình trạng mất cắp so với nắp gang truyền thống [5]. Trong đó, Hoàng Ngọc Hoài [6] đề xuất thành phần cấp phối bê tông UHPC với hàm lượng sợi thép 2% thể tích, sử dụng nguồn vật liệu tại Việt Nam, đạt cường độ chịu nén khoảng 120 MPa và cường độ chịu kéo khoảng 6 MPa. Kết quả mô phỏng sử dụng phần mềm ANSYS cho thấy, các kết cấu song chắn rác từ UHPC thể hiện khả năng chịu tải tốt hơn và độ biến dạng thấp hơn rõ rệt so với bê tông cốt thép thường, đồng thời cải thiện diện tích thoát nước thêm khoảng 31%. Ngoài ra, Đoàn Thị Thu Loan và Nguyễn Thị Sen [7] sử dụng vật liệu phế thải như bột đá để chế tạo sản phẩm composite dùng cho nắp hố ga và song chắn rác, góp phần giảm chi phí nguyên liệu và bảo vệ môi trường. Tuy nhiên, các tính năng cơ lý còn thấp hơn so với mẫu thông thường.

Các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào việc sử dụng sợi thép trong HPC và UHPC, tuy nhiên, vẫn ít các nghiên cứu về vai trò và hiệu quả của phối trộn sợi hỗn hợp trong việc gia cường bê tông HPC, đặc biệt là khi áp dụng vào các sản phẩm như song chắn rác. Trong khi nhiều nghiên cứu đã chỉ ra tiềm năng của việc sử dụng các loại sợi gia cường khác nhau để nâng cao các tính chất cơ học của HPC. Hơn nữa, việc phối trộn sợi hỗn hợp trong các sản phẩm như song chắn rác và các kết cấu hạ tầng kỹ thuật đô thị vẫn còn hạn chế. Do đó, nghiên cứu này tập trung đánh giá khả năng áp dụng các loại sợi khác nhau và sợi hỗn hợp trong việc gia cường bê tông HPC, từ đó tăng khả năng chịu tải của song chắn rác. Kết quả của nghiên cứu này có ý nghĩa trong việc lựa chọn các loại sợi hoặc phối sợi hỗn hợp trong bê tông HPC và ứng dụng vào việc chế tạo song chắn rác theo các cấp tải thiết kế khác nhau.

2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu và kích thước mẫu thử nghiệm

Bảng 1 trình bày thành phần cấp phối của bê tông HPC với các loại vật liệu chính bao gồm xi măng, cát, silicafume, phụ gia siêu dẻo, nước và các loại sợi gia cường. Mỗi loại vật liệu đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao chất lượng bê tông. Các loại sợi gia cường như sợi thép thẳng mạ đồng (straight steel fibers - SF), sợi polypropylene (PP) và sợi móc hai đầu (hooked-end steel fibers - HF được sử dụng nhằm nâng cao khả năng chịu kéo cho bê tông HPC (Hình 2). Sợi thép mạ đồng là loại sợi nhỏ (dạng micro) nhập từ Trung Quốc, có chiều dài trung bình lf=13±2 mm, đường kính df=0.2±0.02 mm, cường độ chịu kéo là 2850 MPa, tỉ số ảnh hưởng (aspect ratio) lf /df =65. Sợi thép móc hai đầu là loại sợi nhỏ (dạng micro) nhập từ Trung Quốc, có chiều dài trung bình lf =35±3 mm, đường kính df =0.55±0.1 mm, cường độ chịu kéo là 1100 MPa, tỉ số ảnh hưởng (aspect ratio) lf /df = 63.6. Sợi tổng hợp PP do hãng Grace cung cấp (Grace MicroFiber) là loại vi sợi tổng hợp dùng trong bêtông, được sản xuất từ 100% polypropylene nguyên chất ở dạng vi sợi. Sợi PP có chiều dài trung bình 19 mm, đường kính trung bình 22 µm, cường độ chịu kéo trung bình 42 MPa. Các cấp phối bê tông HPC được thiết kế với các tỷ lệ sợi khác nhau trên cơ sở đảm bảo được độ chảy lan và tự lèn của bê tông tươi, nhằm mục đích đổ vào khuôn đúc tạo hình song chắn rác không cần các thiết bị rung. Tỷ lệ nước và xi măng (N/XM) trong cấp phối thiết kế được duy trì ở mức 0.24 cho tất cả các loại mẫu, giúp kiểm soát độ tự lèn, khả năng tự điền đầy khuôn, và tính đồng nhất của bê tông HPC, cũng như đảm bảo được cường độ chịu nén thiết kế M800. Các tiêu chuẩn chính áp dụng là TCVN 12393:2018 [8], TCVN 12209:2018 [9], TCVN 10306:2014 [10], và TCVN 12632:2020 [11].



a) Sợi thép nhỏ (SF)



b) Sợi polypropylene (PP)



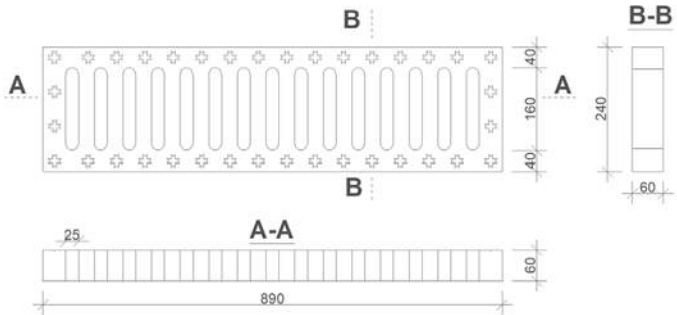
c) Sợi móc hai đầu (Hooked)

Hình 2. Các loại sợi sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 1. Thành phần cấp phối vật liệu (một mẻ trộn 60 lít)

Thành phần vật liệu	Đơn vị tính	M800 Không sợi	M800 0.2% PP	M800 2% SF	M800 2% HF	M800 0.1% PP + 1% SF
Xi măng PCB40 (XM)	kg	50	50	50	50	50
Cát	kg	80	80	80	80	80
Silicafume 944	kg	5	5	5	5	5
Phụ gia siêu dẻo ADVA	kg	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Nước (N)	lít	12	12	12	12	12
Sợi móc hai đầu (HF)	kg			9.42		
Sợi thép nhỏ (SF)	kg				9.42	4.71
Sợi polypropylene (PP)	kg		0.2			0.1
N/XM		0.24	0.24	0.24	0.24	0.24

Song chắn rác có kích thước là 890x240x60 mm (xem Hình 3), với các lỗ thoát nước có chiều rộng 25 mm và chiều dài 160 mm để đảm bảo dòng chảy nước trong hệ thống thoát nước không bị cản trở, đồng thời có khả năng chịu được tải trọng từ các phương tiện di chuyển trên bề mặt. Song chắn rác được chế tạo từ bê tông có cường độ chịu nén mác 800. Bên trong, lưới thép D10 được sử dụng để gia cường, giúp tăng cường khả năng chịu kéo và chịu uốn, đảm bảo độ bền và độ ổn định cho cấu kiện trong quá trình sử dụng.



Hình 3. Hình dáng và kích thước song chắn rác (đơn vị mm)

2.2. Quy trình gia công mẫu song chắn rác

Quy trình gia công mẫu song chắn rác HPC được thực hiện qua các bảy bước (xem hình 4) nhằm tạo ra được sản phẩm có hoa văn theo yêu cầu thiết kế, bề mặt không rỗ, sắc nét, và khác biệt so với các sản phẩm bê tông truyền thống. Hình 5 mô tả hình ảnh thực tế các bước cơ bản trong quy trình chế tạo mẫu.

Bước 1: Chuẩn bị khuôn

Quá trình chuẩn bị khuôn bắt đầu bằng việc gia công mẫu khuôn đúc song chắn rác theo kích thước và hoa văn thiết kế. Khuôn đúc được chế tạo bằng vật liệu silicon hoặc cao su để dễ tạo hình hoa văn và tháo khuôn dễ dàng. Khuôn đúc được vệ sinh sạch sẽ và bảo quản ở nơi khô thoáng để đảm bảo không bị ảnh hưởng trong quá trình sản xuất. Các tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 7570:2006 [12], TCVN 7572:2006 [13].

Bước 2: Lắp dựng hệ dàn thép đỡ khuôn đúc

Hệ đỡ và ván khuôn được lắp dựng chắc chắn, trong đó giằng thép hộp được lắp đặt và kiểm tra độ cao, độ phẳng bằng các thiết bị đo chuyên dụng. Điều này giúp khuôn được cố định chắc chắn và không bị dịch chuyển trong suốt quá trình đổ bê tông. Tiêu chuẩn áp dụng: TCXDVN 302:2004 [14].

Bước 3: Lắp đặt lưới thép

Lưới thép chịu lực được gia công sẵn theo bản vẽ thiết kế và sau đó được đặt vào khuôn bê tông. Việc lắp đặt lưới thép cần tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật về chiều dày lớp bê tông bảo vệ. Lắp đặt có thể thực hiện trước hoặc sau khi đổ bê tông, tùy theo yêu cầu thiết kế. Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 10306:2014 [15].

Bước 4: Trộn bê tông

Nguyên vật liệu cho bê tông được cân đong chính xác theo thành phần cấp phối. Hỗn hợp bê tông được trộn bằng máy trộn cưỡng bức, với các cốt liệu, xi măng, phụ gia dạng bột, nước và phụ gia siêu dẻo dạng lỏng được thêm vào tuần tự. Sợi thép được cho vào hỗn hợp từ từ và phân tán đều để đảm bảo độ đồng nhất. Trước khi đổ bê tông HPC vào khuôn đúc, độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông cần được kiểm tra để đảm bảo đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 2628:1999 [16] và TCVN 6062:1997 [17].

Bước 5: Đổ bê tông

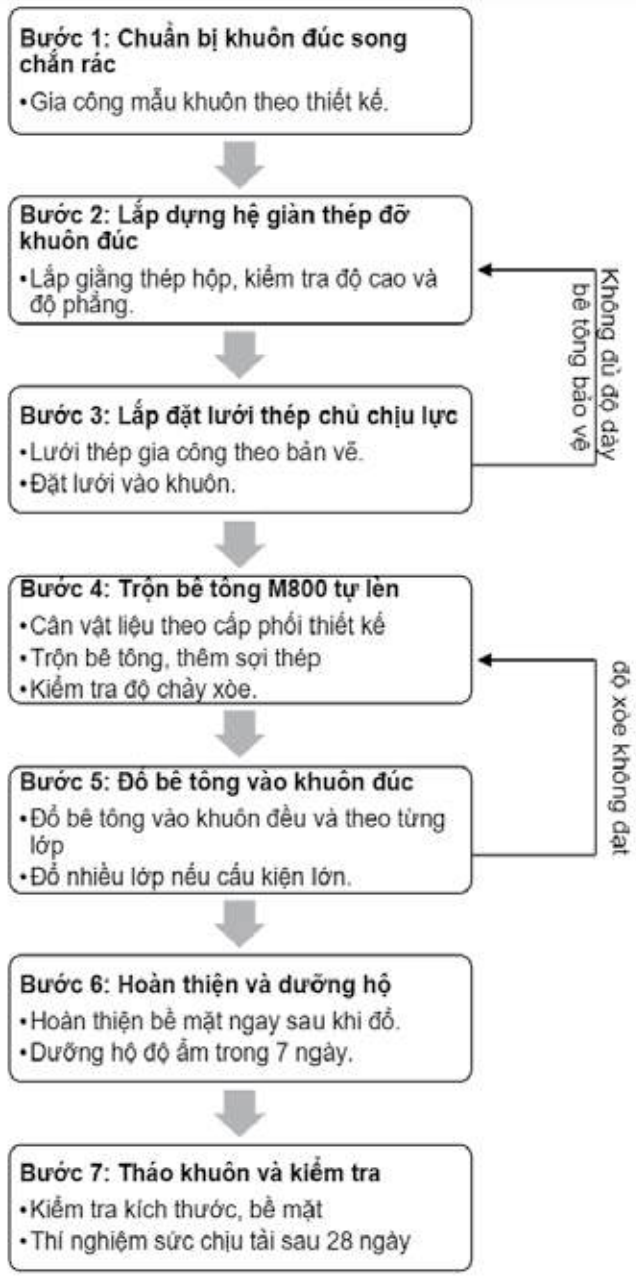
Bê tông được vận chuyển và đổ từ từ vào khuôn, chú ý không làm xê dịch khuôn và lưới thép. Đối với các cấu kiện bê tông lớn, bê tông sẽ được đổ thành nhiều lớp để đảm bảo chất lượng và tránh sai lệch cấu trúc. Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 12209:2018 [18].

Bước 6: Hoàn thiện bề mặt và dưỡng hộ

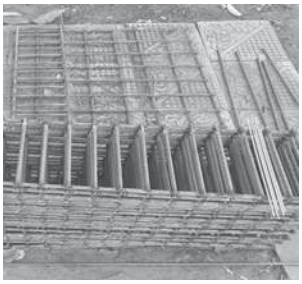
Sau khi đổ bê tông, bề mặt sản phẩm sẽ được hoàn thiện ngay lập tức để đảm bảo tính thẩm mỹ và độ phẳng. Quá trình dưỡng hộ cũng cần được thực hiện liên tục trong ít nhất 7 ngày bằng phương pháp phủ bao bố ướt, vải địa kỹ thuật hoặc bạt nhựa trong để hạn chế vết nứt do co ngót của bê tông trong giai đoạn đầu. Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 10797:2015 [19].

Bước 7: Tháo khuôn và kiểm tra chất lượng

Khuôn sẽ được tháo sau 12 giờ kể từ khi đổ bê tông. Các sản phẩm được kiểm tra kỹ lưỡng về kích thước và đánh giá bề mặt. Mẫu thí nghiệm về cường độ chịu nén và chịu uốn cũng sẽ được lấy theo quy định (mẫu lập phương kích thước 150x150x150 mm và mẫu 100x100x400 mm tương ứng).



Hình 4. Quy trình chế tạo song chắn rác bê tông HPC



a) Gia công lưới thép



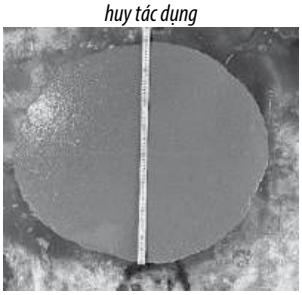
b) Cấp phối vật liệu



c) Mẫu vón cục khi phụ gia siêu dẻo phát huy tác dụng



d) Mẫu đạt độ dẻo theo yêu cầu



e) Đo độ chảy xòe



f) Đổ vào khuôn



g) Bảo dưỡng

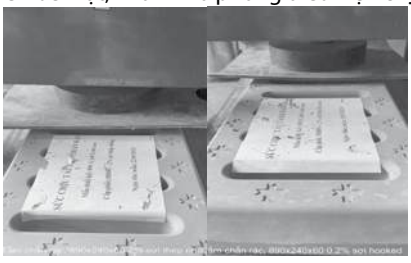


h) Thành phẩm sau khi tháo khuôn

Hình 5. Hình ảnh thực tế chế tạo song chắn rác HPC

2.3. Thí nghiệm sức chịu tải mẫu song chắn rác

Các mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén HPC được bảo dưỡng trong 28 ngày, kết quả nén các mẫu thí nghiệm đều đạt mác 800. Thí nghiệm sức chịu tải song chắn rác được thực hiện để đánh khả năng chịu lực theo tiêu chuẩn 10333-3:2016 [20]. Song chắn rác được đặt trên hai cạnh của khung thép cứng, giống như cách lắp đặt thực tế, và chịu tác động của tải trọng thẳng đứng. Tấm thép có đường kính D=356mm được đặt lên giữa tấm để phân bố lực đều trên bề mặt, nhằm mô phỏng điều kiện chịu tải thực tế, xem Hình 6.



a) Quá trình nén mẫu HPC



b) Thiết bị đo nứt

Hình 6. Thí nghiệm khả năng chịu tải của song chắn rác.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

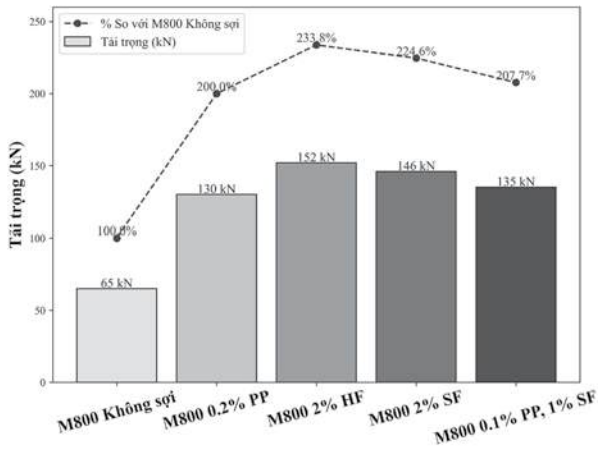
3.1. Sức chịu tải lớn nhất

Kết quả thí nghiệm sức chịu tải lớn nhất khi gia tải lên tấm nén đặt tại trọng tâm song chắn rác cho thấy rằng việc bổ sung sợi gia cường vào bê tông HPC mang lại hiệu quả trong việc tăng cường khả năng chịu tải của vật liệu (Bảng 2). Kết quả trong bảng 2 cho thấy khi so sánh với mẫu đối chứng không có sợi, các mẫu song chắn rác bê tông có gia cường đều đạt khả năng chịu tải rất cao.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm sức chịu tải

STT	Loại mẫu	Dài (mm)	Rộng (mm)	Dày (mm)	Tải trọng lớn nhất (kN)
01	M800 Không sợi (mẫu đối chứng)	890	240	60	65
02	M800 0.2% PP	890	240	60	130
03	M800 2% HF	890	240	60	152
04	M800 2% SF	890	240	60	146
05	M800 0.1% PP+1% SF	890	240	60	135

Hình 7 cho thấy kết quả lực tới hạn của các mẫu, trong đó mẫu đối chứng, không sử dụng sợi chỉ đạt khả năng chịu tải là 65 kN. Trong đó, mẫu M800 có chứa 0.2% sợi PP cho kết quả chịu tải 130 kN, gấp 2 lần so với mẫu đối chứng. Như vậy sợi PP góp phần cải thiện cao khả năng chịu kéo của bê tông HPC, từ đó nâng cao đáng kể khả năng chịu tải tổng thể của song chắn rác. Với mẫu M800 có 2% sợi thép HF đạt chịu tải 152 kN, tương ứng 2.3 lần so với mẫu không sợi. Đây là mẫu có kết quả cao nhất trong các mẫu thí nghiệm, cho thấy hiệu quả cao của loại sợi thép móc hai đầu trong việc gia cường. Trong khi đó, mẫu M800 chứa 2% sợi thép nhỏ SF cũng cho thấy hiệu quả lớn với khả năng chịu tải đạt 146 kN, tương đương 2.2 lần so với mẫu đối chứng. Như vậy sợi thép SF và HF tăng cường khả năng chịu lực của song chắn rác rất nhiều so với các mẫu còn lại. Với mẫu hỗn hợp M800 sử dụng 0.1% sợi PP và 1% sợi thép nhỏ SF đạt khả năng chịu tải 135 kN, cao hơn 2.1 lần so với mẫu không có sợi. Mặc dù không đạt mức chịu tải cao nhất, nhưng việc phối hợp hai loại sợi PP và sợi thép SF với hàm lượng thấp vẫn cho thấy hiệu quả tốt.



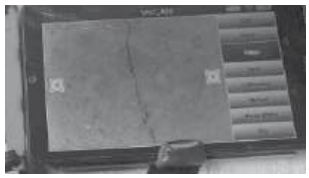
Hình 7. Kết quả so sánh sức chịu tải lớn nhất của các mẫu song chắn rác

3.2. Hình thái vết nứt

Hình 8 cho thấy sự khác biệt rõ về hình thái và mức độ phát triển của vết nứt giữa hai mẫu bê tông (mẫu đối chứng không sợi và mẫu 1% SF+0.1% PP) sau khi chịu tác động của tải trọng tới hạn khi được đo máy kiểm tra vết nứt. Kết quả cho thấy việc bổ sung sợi gia cường vào HPC đã cho thấy tác dụng lớn trong việc cải thiện khả năng kháng nứt.



a) Vết nứt mẫu không sợi



b) Vết nứt mẫu 1% SF+0.1% PP

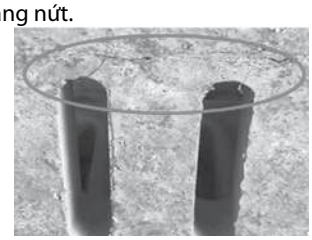
Hình 8. Đo bề rộng vết nứt của các mẫu

Hình 9a cho thấy mẫu nén không có sợi, với vết nứt lớn và lan rộng, cho thấy khả năng chịu lực của bê tông còn hạn chế. Với mẫu có gia cường, Hình 9b với 0.2% sợi PP cho thấy vết nứt đã giảm nhiều cả về kích thước và độ lan rộng, cho thấy sợi PP đã giúp cải thiện khả năng chịu kéo và kháng nứt của bê tông. Hình 9c với mẫu gia cường 2% sợi thép móc hai đầu HF, trong đó vết nứt xuất hiện ít và ít lan rộng, cho thấy sợi thép móc hai đầu giúp liên kết chắc chắn với vữa xi măng, cải thiện khả năng chịu lực và kháng nứt một cách hiệu quả. Hình 9d với 2% sợi thép nhỏ SF cho thấy vết nứt nhỏ hơn sợi móc hai đầu không lan rộng nhiều như mẫu không sợi, cho thấy sợi thép nhỏ có tác dụng làm giảm vết nứt nhiều.

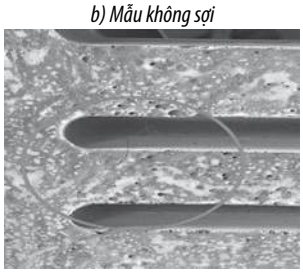
Cuối cùng, Hình 9e với sự kết hợp giữa 1% sợi thép nhỏ SF và 0.1% sợi PP cho thấy sự cải thiện khả năng kháng nứt, vết nứt kích thước nhỏ và ít lan rộng hơn so với sợi thép nhỏ và sợi móc hai đầu trước khi bị phá hủy. Do đó, việc bổ sung sợi gia cường, bao gồm sợi PP, sợi thép nhỏ SF và sợi thép móc hai đầu HF, đã đem lại sự cải thiện cao tính chất cơ học của HPC. Trong các loại sợi, sợi thép móc hai đầu HF thể hiện khả năng chịu tải tốt nhất. Bên cạnh đó, việc kết hợp hai loại sợi thép và sợi PP cũng cho thấy hiệu quả cao, đặc biệt là trong việc cải thiện khả năng kháng nứt.



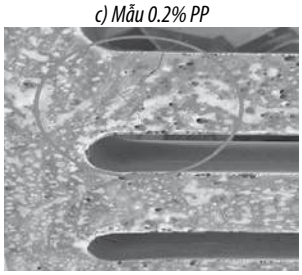
b) Mẫu không sợi



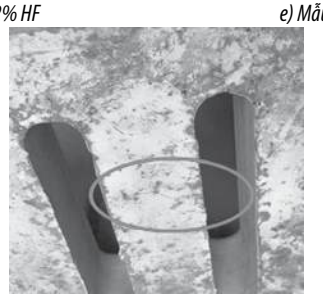
c) Mẫu 0.2% PP



d) Mẫu 2% HF



e) Mẫu 2% SF



f) Mẫu 1% SF+0.1% PP

Hình 9. Hình thái vết nứt khi mẫu phá hoại

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả thí nghiệm các mẫu song chắn rác gia cường cốt sợi, có thể kết luận một số điểm sau:

- Việc bổ sung các loại sợi như sợi PP, sợi thép nhỏ SF và sợi thép móc hai đầu HF đã giúp cải thiện cao tính chất cơ học của song chắn rác HPC, đặc biệt là khả năng chịu tải và kháng nứt.
- Mẫu song chắn rác gia cường bằng sợi thép móc hai đầu HF cho khả năng chịu tải cao nhất trong các mẫu thực nghiệm.
- Các mẫu kết hợp hai loại sợi, như sợi thép nhỏ và sợi polypropylene, cho thấy khả năng kháng nứt tốt, với vết nứt nhỏ hơn và ít lan rộng so với các mẫu không sợi.
- Việc áp dụng bê tông HPC gia cường sợi, đặc biệt là phối trộn sợi, có thể cải thiện khả năng chịu tải của song chắn rác, mang lại tính thẩm mỹ cao cho cấu kiện đúc sẵn, và giá thành sản xuất phù hợp.
- Cần có nhiều nghiên cứu hơn nữa về việc áp dụng các loại sợi khác nhau trong bê tông HPC để chế tạo song chắn rác.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả của bài báo xin cảm ơn sự tài trợ của đề tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh Đắk Lắk: "Nghiên cứu sử dụng bê tông tính năng cao gia cường cốt sợi để chế tạo tấm chắn rác, nắp hố ga, và bó vỉa hoa văn trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk", theo hợp đồng số 310/HĐ-SKHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Graybeal, B. (2006). Material property characterization of ultra-high performance concrete. Federal Highway Administration, US Department of Transportation.

[2]. Richard, P., & Cheyrezy, M. (1995). Composition of reactive powder concretes. Cement and Concrete Research, 25(7), 1501-1511.

[3]. Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Công Thắng (2006). Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông chất lượng siêu cao tại Việt Nam. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

[4]. ACI Committee 239. (2011). Ultra-high performance concrete: A state-of-the-art report. American Concrete Institute.

[5]. Hoàng Tuấn Nghĩa và cộng sự (2018, 2021). Nghiên cứu thực nghiệm về sản xuất nắp hố ga bằng bê tông UHPC. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng.

[6]. Hoàng Ngọc Hoài (2019). Nghiên cứu thành phần cấp phối bê tông UHPC phục vụ ứng dụng cho công trình giao thông tỉnh Thừa Thiên Huế. Luận văn Thạc sỹ, Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng.

[7]. Đoàn Thị Thu Loan, Nguyễn Thị Sen (2018). Đánh giá đặc trưng của bột đá phế thải từ làng đá Non Nước và khả năng chế tạo sản phẩm composite. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng.

[8]. TCVN 12393:2018 Bê tông cốt sợi - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

[9]. TCVN 12209:2018 Bê tông tự lèn - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

[10]. TCVN 10306:2014: Bê tông cường độ cao – Thiết kế thành phần mẫu hình trụ.

[11]. TCVN 12632:2020: Bê tông tự lèn - Thi công và nghiệm thu.

[12]. TCVN 7570:2006, "Khuôn mẫu bê tông - Yêu cầu kỹ thuật", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 2006.

[13]. TCVN 7572:2006, "Khuôn bê tông - Yêu cầu đối với khuôn silicon", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 2006.

[14]. TCXDVN 302:2004, "Xây dựng và lắp đặt khuôn bê tông", Bộ Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 2004.

[15]. TCVN 10306:2014, "Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với sản phẩm bê tông cốt thép", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 2014.

[16]. TCVN 2628:1999, "Bê tông - Hướng dẫn trộn bê tông", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 1999.

[17]. TCVN 6062:1997, "Bê tông - Phương pháp xác định độ chảy của bê tông", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 1997.

[18]. TCVN 12209:2018, "Quy trình đổ bê tông cho kết cấu", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 2018.

[19]. TCVN 10797:2015, "Phương pháp bảo dưỡng bê tông", Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam, 2015.

[20]. TCVN 10333-3:2016 quy định các yêu cầu kĩ thuật và phương pháp thử đối với sản phẩm "Nắp hố ga và song chắn rác bằng bê tông cốt thép thành mỏng đúc sẵn" dùng trong các công trình thoát nước.

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2025

Nghiên cứu giải pháp kiểm soát ứng suất nhiệt trong xây dựng đập vòm bằng bê tông MgO

Research on Solutions for Controlling thermal stress in Arch dam construction using MgO Concrete

> NGUYỄN VĂN CHÍNH
Trường Đại học Điện lực; Email: Chinhnv@epu.edu.vn

TÓM TẮT

Đập vòm là giải pháp kỹ thuật hiệu quả trong xây dựng thủy lợi, đặc biệt ở khu vực có địa hình hẹp và nền đá vững chắc. Tuy nhiên, trong quá trình thi công, đập vòm phải đối mặt với vấn đề ứng suất nhiệt do thay đổi nhiệt độ, có thể gây nứt nẻ bê tông. Giải pháp tiềm năng là sử dụng bê tông chứa MgO, giúp giảm thiểu nứt nhiệt nhờ vào khả năng giãn nở tự sinh. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về khả năng kiểm soát ứng suất nhiệt của bê tông MgO trong kết cấu đập vòm. Thông qua các thí nghiệm kiểm tra quá trình giãn nở thể tích tự sinh của bê tông MgO ở các điều kiện nhiệt độ và hàm lượng MgO khác nhau, nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả của vật liệu này trong việc hạn chế nứt nhiệt và nâng cao tuổi thọ công trình. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa về mặt kỹ thuật mà còn mở ra hướng đi mới trong việc quản lý xây dựng, quản lý chất lượng, chi phí và an toàn trong các dự án xây dựng thủy lợi, đặc biệt là các công trình đập vòm.

Từ khóa: MgO; biến dạng thể tích tự sinh; bê tông khối lớn; ứng suất nhiệt.

ABSTRACT

Arch dams are recognized as an efficient structural solution in hydraulic engineering, particularly in regions with narrow valleys and stable rock foundations. However, during construction, these structures are susceptible to thermal stresses induced by temperature variations, often resulting in concrete cracking that compromises structural integrity. This study investigates the potential of MgO-containing concrete as a means to mitigate thermal cracking through its self-induced expansive properties. A series of laboratory experiments were conducted to evaluate the volumetric expansion behavior of MgO concrete under varying temperature conditions and MgO contents. The results demonstrate the effectiveness of MgO concrete in controlling thermal stress and reducing the likelihood of cracking. Beyond its technical implications, the study offers insights into improving construction quality control, cost efficiency, and overall safety in hydraulic projects, particularly those involving arch dam construction.

Keywords: Quality management of MgO concrete; autogenous volume deformation; large volume concrete; thermal stress.

1. GIỚI THIỆU

Đập vòm là loại đập bê tông cốt thép thiết kế cong hai chiều, giúp chuyển tải trọng nước hiệu quả và giảm vật liệu, tiết kiệm chi phí. Các đập vòm nổi bật trong lịch sử bao gồm đập Vallon De Baume (La Mã), đập Zola (Pháp, thế kỷ XVII) [1], và đập Hoover (Mỹ, 1936). Đập Vajont (Ý, 1958) là ví dụ về đập vòm mỏng tối ưu hóa khả năng chịu lực và giảm khối lượng bê tông. Sau 1949, Trung Quốc đã xây dựng hơn 500 đập vòm, chiếm 46,9% tổng số đập vòm toàn cầu, với các công trình nổi bật như Ertan (240m), Xiaowan (292m) và Xiluodu (278m). Ở Việt Nam, đập vòm còn ít được áp dụng do địa hình không phù hợp và kinh nghiệm thi công hạn chế. Tuy nhiên, dự án Thủy điện Nậm Chiến với đập chính cao 135m là công trình tiên phong sử dụng công nghệ này. Đập vòm phù hợp với khu vực địa hình hẹp và vách đá vững chắc, giúp tiết kiệm vật liệu và có khả năng chịu lực tốt. Tuy nhiên, việc áp dụng còn gặp khó khăn do chi phí thiết kế và thi công cao [2]. Với nhu cầu năng lượng tăng cao và sự phát triển công nghệ, nghiên cứu và ứng dụng đập vòm tại Việt Nam đang được quan tâm. Các vấn đề như ứng suất nhiệt do chênh lệch nhiệt độ giữa lõi và bề mặt bê tông trong quá trình thủy hóa xi măng là thách thức lớn. Đặc biệt với kết cấu mỏng và cong của đập vòm, việc kiểm soát ứng suất nhiệt không đồng đều càng quan trọng. Giải pháp bao gồm sử dụng xi măng nhiệt thấp, phụ gia khoáng, và hệ thống ống làm mát bên trong bê tông, đồng thời theo dõi và điều chỉnh nhiệt độ trong quá trình thi công để đảm bảo tính toàn vẹn và tuổi thọ công trình.

Bê tông MgO (Magnesium Oxide Concrete) là giải pháp tiềm năng trong việc kiểm soát ứng suất nhiệt nhờ khả năng tự bù trương nở trong quá trình thủy hóa, giúp giảm nguy cơ nứt do ứng suất nhiệt trong các công trình đập bê tông. Bê tông MgO cũng có lợi ích môi trường, tiêu tốn ít năng lượng hơn xi măng Portland và hấp thụ CO_2, góp phần giảm phát thải khí nhà kính. Ngoài ra, MgO cải thiện độ bền lâu dài, đặc biệt trong môi trường nước giàu ion sunfat. Tuy

nhiên, để sử dụng bê tông MgO hiệu quả, cần kiểm soát hàm lượng MgO và đảm bảo quá trình trương nở đồng đều. Các nghiên cứu và thử nghiệm thực tế đang tiếp tục để tối ưu hóa đặc tính của bê tông MgO, giúp ứng dụng trong xây dựng các công trình đập bê tông lớn một cách bền vững.

Bài báo thảo luận về giải pháp quản lý ứng suất nhiệt trong xây dựng đập vòm thông qua việc sử dụng bê tông MgO, giúp giảm ứng suất nhiệt và hạn chế nứt do co ngót. Kiểm soát ứng suất nhiệt là yếu tố quan trọng trong quản lý chất lượng và an toàn công trình, đặc biệt khi sự chênh lệch nhiệt độ trong quá trình thủy hóa có thể dẫn đến nứt. Bê tông MgO có khả năng trương nở có kiểm soát, mang lại lợi ích kỹ thuật và kinh tế, giúp bù co ngót và duy trì tính toàn vẹn của công trình. Nghiên cứu sẽ phân tích cơ chế hoạt động của bê tông MgO, các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả kiểm soát ứng suất nhiệt như hàm lượng MgO, kích thước hạt, bảo dưỡng và phương pháp thi công. Nghiên cứu cũng đề xuất các hướng nghiên cứu chuyên sâu để tối ưu hóa đặc tính của bê tông MgO, nhằm ứng dụng bền vững trong xây dựng đập vòm và các công trình bê tông lớn.

2. NGUYÊN NHÂN VÀ CÁCH PHÒNG TRỪ NỨT DO ỨNG SUẤT NHIỆT

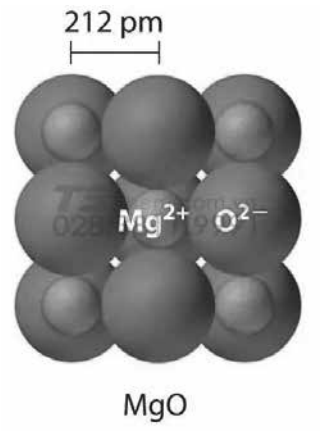
Đập vòm bê tông là kết cấu siêu tĩnh đặc biệt, sử dụng dạng cong để phân tán và chịu lực hiệu quả. Tuy nhiên, kiểm soát nứt do ứng suất nhiệt là một thách thức lớn trong thi công. Quá trình thủy hóa xi măng tạo chênh lệch nhiệt giữa lõi và bề mặt bê tông, dẫn đến ứng suất kéo và hình thành vết nứt, đặc biệt khi đập có cấu tạo cong mỏng. Để giảm thiểu tác động này, kỹ sư tính toán ứng suất nhiệt từ khâu thiết kế, sử dụng mối nối giãn nở và vật liệu hấp thụ nhiệt. Các biện pháp như dùng xi măng nhiệt thấp, bổ sung phụ gia khoáng và hệ thống làm mát trong bê tông cũng được áp dụng, nhưng đi kèm với chi phí xây dựng và bảo trì cao, thời gian thi công dài hơn. Các giải pháp thay thế ít tốn kém hơn có thể bao gồm cải tiến thiết kế kết cấu, sử dụng bê tông chịu nhiệt tốt hơn và áp dụng công nghệ tính toán để dự đoán và giảm tác động nhiệt độ. Vì vậy, các kỹ sư thường phải cân nhắc giữa chi phí, hiệu quả và khả năng duy trì lâu dài khi lựa chọn giải pháp phòng ngừa nứt.

3. ỨNG DỤNG BÊ TÔNG MGO TRONG ĐẬP VÒM

3.1. Ứng dụng của MgO trong đập vòm bê tông



Hình 1. Bột MgO (Magie Oxide)



Hình 2. Cấu tạo phân tử của MgO

Việc sử dụng MgO trong xây dựng đập bê tông đã trở thành một phương pháp phổ biến kể từ khi nó được áp dụng lần đầu tiên trong các công trình lớn từ năm 1995. Các đập như Liujiaxia, Hengren, và Panjiakou ở Trung Quốc là những ví dụ điển hình của việc sử dụng xi măng chứa từ 2% đến 5% MgO trong toàn bộ thân đập. Đây là một bước tiến quan trọng, giúp giải quyết vấn đề nứt do nhiệt độ trong quá trình thi công bê tông khối lớn. Kể từ khi phương pháp thêm MgO vào xi măng hoặc thêm MgO trực tiếp vào bê tông trong quá trình trộn được áp dụng, nó đã trở thành một phương pháp hiệu quả trong việc xây dựng các đập bê tông lớn ở Trung Quốc. Các đập như Shitang, Tongjiezi, Shuikou, Doufeng, Yanjinqiao, Lijiaxia, Qingxi, và Feilaixia ở Trung Quốc [3],[4] là những ví dụ điển hình cho sự thành công của phương pháp này.

3.2. Hiệu quả chống nứt của bê tông MgO đối với đập vòm

Xi măng chứa MgO đang ngày càng được quan tâm trong xây dựng đập bê tông khối lớn nhờ khả năng tạo ra giãn nở vi mô có kiểm soát, giúp bù đắp ứng suất kéo sinh ra trong quá trình co ngót nhiệt. Một số công trình tiêu biểu tại Trung Quốc đã ứng dụng thành công công nghệ này, trong đó có đập Baishan, Thanh Tây, Thủy Khẩu.

Tại **đập vòm trọng lực Baishan**, xi măng MgO được sử dụng để kiểm soát nứt trong điều kiện khí hậu khắc nghiệt. Hàm lượng MgO trong xi măng dao động từ 4,28% đến 4,38%, giúp tạo ra sự giãn nở từ từ trong trung hạn nhờ phản ứng thủy hóa chậm tạo $Mg(OH)_2$. Sự giãn nở này chủ yếu diễn ra trong 1000 ngày đầu, chiếm khoảng 80% tổng độ giãn nở trong 20 năm đầu, tạo ra ứng suất nén nội bộ bù đắp ứng suất kéo - yếu tố then chốt trong việc nâng cao độ bền và tuổi thọ kết cấu [5].

Tại **nhà máy thủy điện Thanh Tây**, việc sử dụng bê tông MgO giúp khắc phục hạn chế của phương pháp trộn nước đá, vốn không đạt được yêu cầu về nhiệt độ thi công. Bê tông MgO được đổ tại nền móng đập với chiều cao 7-8m, chiếm khoảng 36% tổng thể tích bê tông. Nhiệt độ thi công được nâng lên 31°C nhằm giảm chênh lệch nhiệt độ. Hệ thống cách nhiệt bề mặt được duy trì quanh năm để kiểm soát vết nứt. Các thông số kỹ thuật ghi nhận bao gồm biến dạng thể tích tự sinh $(80\text{-}100)\times10^{-6}$, ứng suất bù đạt 0,6 MPa, hoàn toàn đáp ứng yêu cầu thiết kế [6].

Tại **đập Thủy Khẩu**, độ giãn nở hiệu quả của bê tông MgO đạt $60\text{-}80\times10^{-6}$, cao hơn nhiều so với bê tông thường $(20\text{-}30\times10^{-6})$. Nhờ đó, công trình đạt được ứng suất bù từ 0,3-0,5 MPa, góp phần ổn định lâu dài cho kết cấu. Đây là minh chứng cho hiệu quả rõ rệt của đặc tính giãn nở trung hạn của MgO trong môi trường vận hành thực tế [6].

Cuối cùng, **đập vòm Trường Sa** là công trình đầu tiên trên thế giới áp dụng bê tông MgO cho toàn bộ thân đập. Với tỷ lệ MgO từ 3,5-4,5%, công trình không sử dụng biện pháp làm lạnh truyền thống mà vẫn đạt hiệu quả kiểm soát nứt cao. Sau hơn 20 năm vận hành, đập vẫn duy trì hiệu suất ổn định, trở thành mô hình tiêu biểu cho việc áp dụng công nghệ MgO trong xây dựng đập vòm nhanh, hiệu quả và bền vững [7].

Các ví dụ trên khẳng định vai trò quan trọng của xi măng MgO trong việc kiểm soát nứt nhiệt, nâng cao độ bền và giảm chi phí duy tu lâu dài cho các công trình đập bê tông lớn.

4. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÊ TÔNG MGO ĐẾN KHẢ NĂNG CHỐNG NỨT

4.1. Đặc tính của bê tông MgO

4.1.1. Cơ chế bù co ngót của bê tông MgO

Sản phẩm thủy hóa của xi măng Portland (OPC): Chủ yếu là C-S-H (Calcium-Silicate-Hydrate), $Ca(OH)_2$, ettringite, ...Sản phẩm thủy hóa của MgO: Chủ yếu tạo ra $Mg(OH)_2$ (brucite). Do phản ứng thủy hóa của xi măng Portland và MgO diễn ra tương đối độc lập, MgO hoạt động như một chất nở, giúp kiểm soát ứng suất nhiệt và giảm nguy cơ nứt trong bê tông. Điều này đặc biệt hữu ích trong các công trình bê tông khối lớn như đập bê tông trọng lực và đập vòm. Thủy

hóa MgO diễn ra theo phương trình sau và sự thay đổi thể tích được tính như sau:

Phản ứng thủy hóa của MgO diễn ra theo phương trình hóa học sau:

$$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 \quad (1)$$

Sự thay đổi thể tích trong quá trình thủy hóa có thể được tính dựa trên sự chênh lệch thể tích mol của các chất tham gia và sản phẩm tạo thành. Thể tích mol của MgO và $Mg(OH)_2$ lần lượt là khoảng 11.25 cm^3/mol và 24.64 cm^3/mol. Do đó, độ trương nở thể tích lý thuyết khi MgO chuyển hóa hoàn toàn thành $Mg(OH)_2$ có thể được tính bằng công thức:

$$\Delta = \frac{V_{Mg(OH)Mg(OH)_2} - V_{MgO}}{V_{MgO}} \times 100\% V \quad (2)$$

Thay số vào:

$$\Delta V = \frac{24.65 - 11.25}{11.25} \times 100\% \approx 119\% \quad (3)$$

Điều này có nghĩa là MgO có thể tạo ra một mức độ trương nở đáng kể khi phản ứng với nước. Tuy nhiên, trong thực tế, mức độ trương nở của bê tông MgO phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kích thước hạt MgO, tỷ lệ MgO trong hỗn hợp, điều kiện bảo dưỡng và tốc độ phản ứng.

4.1.2. Ảnh hưởng đến kiểm soát ứng suất nhiệt

Trong các công trình bê tông khối lớn như đập vòm, sự chênh lệch nhiệt độ giữa lõi và bề mặt bê tông có thể tạo ra ứng suất nhiệt và gây nứt. Việc sử dụng MgO giúp kiểm soát hiện tượng này nhờ khả năng trương nở từ từ, giảm nguy cơ nứt do co ngót và ứng suất kéo. Khi bê tông đông cứng, quá trình thủy hóa xi măng tỏa nhiệt, làm nhiệt độ lõi bê tông tăng cao, trong khi bề mặt nguội nhanh hơn, tạo ra sự chênh lệch nhiệt đáng kể. Chênh lệch này gây ra ứng suất kéo trên bề mặt, dẫn đến nguy cơ nứt. MgO, khi thêm vào bê tông, phản ứng với nước tạo $Mg(OH)_2$, làm trương nở từ từ, bù đắp sự co ngót và giảm ứng suất kéo, ngăn ngừa nứt. Nhờ đó, MgO đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát ứng suất nhiệt, đặc biệt trong các công trình bê tông khối lớn, nơi ứng suất nhiệt thường xuyên xảy ra và có thể gây hư hại nếu không được kiểm soát tốt.

4.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả bù co ngót

Hiệu quả của việc sử dụng MgO trong bê tông để bù co ngót phụ thuộc vào ba yếu tố chính: hàm lượng MgO, kích thước hạt và điều kiện bảo dưỡng. Hàm lượng MgO từ 3-6% khối lượng xi măng là tối ưu, đảm bảo sự trương nở hiệu quả mà không ảnh hưởng đến độ bền kết cấu. Nếu hàm lượng quá cao, có thể gây trương nở quá mức, tạo ứng suất kéo và làm giảm độ bền [8]. Ngược lại, hàm lượng quá thấp sẽ không đạt được hiệu quả bù co ngót. Kích thước hạt MgO ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng với nước, hạt nhỏ phản ứng nhanh hơn, còn hạt lớn duy trì sự trương nở lâu dài. Cuối cùng, điều kiện bảo dưỡng như nhiệt độ và độ ẩm có ảnh hưởng lớn đến tốc độ hydrat hóa của MgO, cần được kiểm soát chính xác để đảm bảo hiệu quả bù co ngót.

4.1.4. Ứng dụng thực tiễn và nghiên cứu chuyên sâu

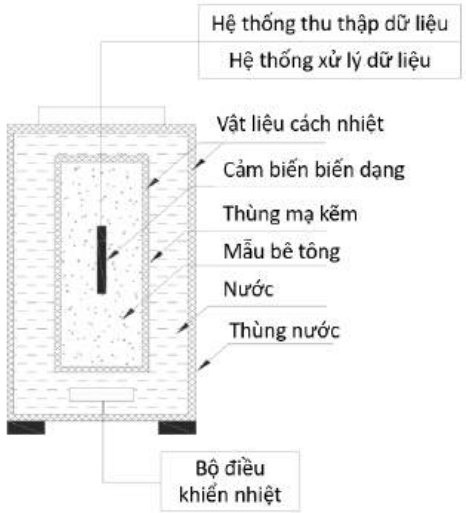
Các nghiên cứu thực nghiệm đã chỉ ra rằng việc bổ sung MgO vào bê tông giúp giảm hiệu quả vết nứt nhiệt trong các công trình bê tông khối lớn như đập thủy điện và cầu. Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả tối ưu, cần tiếp tục nghiên cứu và tối ưu hóa tỷ lệ MgO cũng như phương pháp thi công. Các nghiên cứu chuyên sâu cần tập trung vào đánh giá độ bền lâu dài của bê tông MgO trong môi trường khắc nghiệt, đặc biệt với nhiệt độ cao, độ ẩm thấp và tác động hóa chất. Kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm sẽ là yếu tố quan trọng giúp cải thiện hiệu quả sử dụng MgO trong các công trình thực tế.

4.2. Nghiên cứu thí nghiệm khả năng giãn nở của bê tông MgO

4.2.1. Nghiên cứu thí nghiệm

Bê tông MgO là một vật liệu xây dựng tiềm năng nhờ khả năng giãn nở tự sinh, giúp giảm thiểu hiện tượng nứt nhiệt trong các công trình thủy lợi, đặc biệt là đập vòm. Tuy nhiên, lý thuyết về MgO trong bê tông có thể khác biệt so với thực tế do ảnh hưởng của môi trường, vật liệu và quy trình thi công. Vì vậy, thí nghiệm đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm chứng lý thuyết và xác định hiệu quả thực tế của bê tông MgO.

Các thí nghiệm thực tế giúp xác định các yếu tố tối ưu như tỷ lệ MgO, kích thước hạt và chế độ bảo dưỡng. Bê tông chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các yếu tố thực tế như nhiệt độ, độ ẩm và tải trọng, điều mà lý thuyết không thể giải quyết hoàn toàn. P.W. Gao và cộng sự [9] đã thực hiện thí nghiệm về sự biến dạng thể tích của bê tông MgO, qua đó hiểu rõ hơn về tác động của các hàm lượng MgO khác nhau. Kết quả cho thấy sự giãn nở thể tích tự sinh của bê tông tăng theo hàm lượng MgO và thời gian bảo dưỡng, đạt sự ổn định sau 180 ngày, với biến dạng chủ yếu xảy ra trong 120 ngày đầu. Bê tông chứa 8% hoặc 10% MgO có độ giãn nở cao hơn 1,21 lần (hoặc 1,46 lần) so với bê tông có 6% MgO.



Hình 3. Bộ đo biến dạng theo nghiên cứu của P.W.Gao [9]

Ngoài ra, nghiên cứu của Li và cộng sự [10] nhấn mạnh vai trò quan trọng của nhiệt độ trong quá trình bảo dưỡng bê tông MgO. Nhiệt độ từ 20°C đến 80°C ảnh hưởng đến động học hydrat hóa và giãn nở của MgO, làm tăng tốc độ giãn nở ở nhiệt độ cao. Fang và Yongchao [11] cho thấy nhiệt độ từ 40°C đến 80°C làm tăng đáng kể tốc độ giãn nở, trong khi Qian và cộng sự [23] nhận thấy bảo dưỡng từ 20°C đến 60°C làm giảm cường độ nén của bê tông, trong khi dưới 20°C lại cải thiện cường độ nén. Hai cơ chế giải thích hiện tượng này là quá trình hydrat hóa nhanh tạo cấu trúc vi mô không đồng nhất, làm giảm cường độ cuối cùng, và tốc độ phản ứng nhanh hơn tốc độ khuếch tán, tạo lớp dày cản trở sự khuếch tán ion [12]. Các thí nghiệm này giúp cải tiến quy trình bảo dưỡng bê tông MgO và ứng dụng hiệu quả trong các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình thủy lợi như đập vòm, góp phần nâng cao tuổi thọ và độ bền của công trình.

4.2.2. Phương pháp thí nghiệm

Để hiểu rõ hơn về ảnh hưởng của các yếu tố này đến sự giãn nở và phát triển cường độ của bê tông MgO, nghiên cứu này tiếp tục tập trung vào quá trình biến dạng thể tích tự sinh (Autogenous Volume Deformation-AVD) dưới các điều kiện bảo dưỡng khác nhau. Việc đánh giá AVD giúp làm sáng tỏ mối quan hệ giữa hàm lượng MgO, nhiệt độ bảo dưỡng và thời gian ảnh hưởng đến sự giãn nở của bê tông, từ đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc tối ưu hóa hỗn hợp bê tông MgO trong thực tế.

Trong bài báo này, các tác giả tập trung vào thí nghiệm quá trình biến dạng thể tích tự của bê tông MgO trong các điều kiện hàm lượng MgO, nhiệt độ và thời gian bảo dưỡng khác nhau. Mỗi nhóm thí nghiệm có ba mẫu bê tông có kích thước 150x150x500 (mm), trong đó vật liệu nở được trộn với hàm lượng MgO lần lượt là 3%, 4% và 5%.

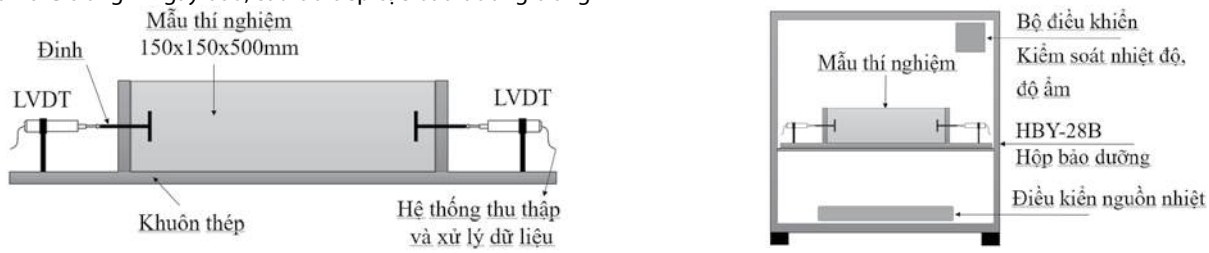
Bảng 2. Cấp phối vật liệu của các mẫu bê tông (kg/m^3)

Cường độ BT	Hàm lượng MgO %	Hàm lượng FA %	Nước/Xi	Thành phần cấp phối (kg/m^3)							
				Xi măng	FA	Nước	Cát	Đá 40-60 mm	Đá 20-40 mm	Đá 5-20 mm	MgO
C_{90}15	3	60	0.55	66	99	91	729	425	566	425	4.8
	4	60	0.55	66	99	91	729	425	566	425	6.4
	5	60	0.55	66	99	91	729	425	566	425	7.9

Tất cả các mẫu thí nghiệm được trộn với 60% tro bay (FA). Nghiên cứu tập trung vào biến dạng nở và sự phát triển của quá trình AVD trong bê tông MgO, vốn phụ thuộc vào hàm lượng MgO, thời gian bảo dưỡng và nhiệt độ. Thí nghiệm bê tông trộn MgO tuân theo Tiêu chuẩn quốc gia Trung Quốc DL/T5433-2009 [13], với tỷ lệ trộn vật liệu được trình bày trong Bảng 2. Loại MgO sử dụng có thời gian phản ứng 120 giây và hàm lượng MgO hiệu dụng trên 90%.

4.2.3. Các điều kiện thử nghiệm

Trong thí nghiệm AVD của bê tông MgO, các mẫu được bảo dưỡng ở 20°C trong 2 ngày đầu, sau đó tiếp tục bảo dưỡng trong hộp CSC HBY-28B theo tiêu chuẩn Trung Quốc GB/T50081-2002 [14] và JG238-2008 [15]. Thiết bị này kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm (>95%) bằng bộ điều khiển kỹ thuật số. Sau 2 ngày, mẫu được tháo khuôn và thử nghiệm trong 207 ngày ở nhiệt độ 20°C, 30°C, 40°C và 50°C. Biến dạng giãn nở được đo chính xác bằng hai máy biến áp vi sai biến thiên tuyến tính (Linear Variable Differential Transformers - LVDTs), sơ đồ thí nghiệm thể hiện trong Hình 5.



Hình 4. Sơ đồ thí nghiệm đo biến dạng

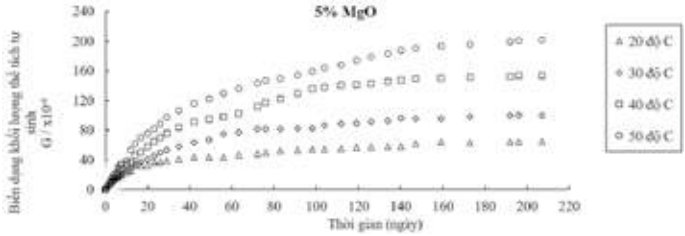
Theo Tiêu chuẩn DL/T5296-2013 [16], đối với biến dạng giãn nở tuyến tính nhỏ trong không gian ba chiều của vật liệu đẳng hướng, AVD của mẫu bê tông MgO sẽ được xác định công thức (1) dưới đây:

$$\varepsilon_\tau = 3 \cdot \frac{L_\tau - L_0}{L_0 - 2 \cdot \Delta} \quad (4)$$

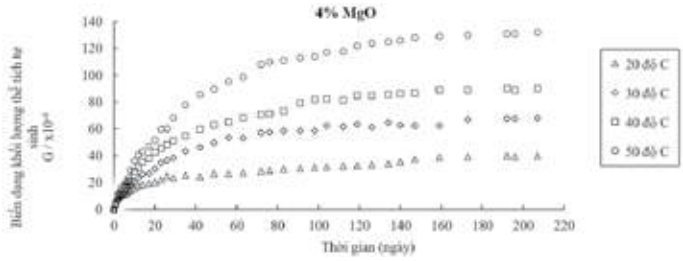
Trong đó: ε_τ là hệ số biến dạng thể tích của mẫu bê tông MgO ở tuổi τ-ngày. $L\tau$ (mm) là chiều dài đo được của mẫu trong 207 ngày thử nghiệm, với thời gian đo thể hiện trong Hình 2, 3, 4. L_0 (mm) là chiều dài tham chiếu, đo ngay sau khi tháo khuôn. Δ (mm) là chiều dài của chốt được định vị một phần vào mẫu và được kết nối với LVDTs. Kết quả AVD được tính theo công thức (4) và trình bày trong Hình 6, 7, 8.

4.2.4. Kết quả thí nghiệm

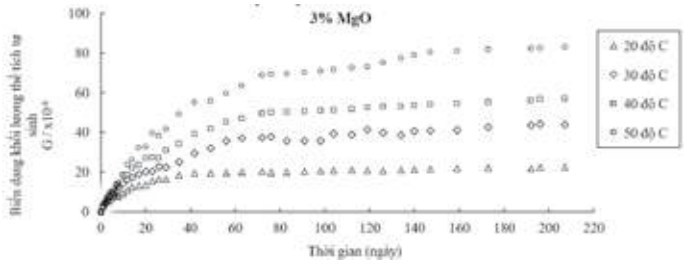
Theo Công thức (4), kết quả tính toán độ giãn nở của bê tông trộn với hàm lượng MgO 5%, 4% và 3% được tính toán và thể hiện ở hình 6, 7, 8 sau. Có thể thấy, độ giãn nở xuất hiện là kết quả của sự giãn nở của bê tông MgO.



Hình 5. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 5% MgO



Hình 6. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 4% MgO



Hình 7. Quá trình AVD của mẫu được trộn với hàm lượng 3% MgO

Co ngót là hiện tượng phổ biến ở bê tông, đặc biệt khi hàm lượng MgO thấp, độ giãn nở không đủ để bù đắp co ngót. Ở tuổi sớm, bê tông còn mềm nên có thể co lại với biến dạng rất nhỏ. Khi trộn 3%, 4%, và 5% MgO, độ giãn nở vượt co ngót, xảy ra ở tuổi muộn hơn. Dữ liệu từ ba biểu đồ hình 6, 7, 8 cho thấy rõ tác động của hàm lượng MgO đến quá trình giãn nở tự sinh (AVD)

của bê tông, chứng tỏ hàm lượng MgO càng cao, quá trình AVD càng lớn, chứng tỏ MgO có thể bù đắp co ngót thông qua quá trình hydrat hóa. Giá trị AVD lớn nhất ε_{max} của kết quả thực nghiệm tương ứng với từng trường hợp. Trong thực nghiệm này, $\varepsilon_{\tau=207\text{-ngày}}$ là giá trị AVD tại ngày thực nghiệm thứ 200.

1. Ảnh hưởng của hàm lượng MgO

Khi hàm lượng MgO tăng từ 3% lên 5%, mức giãn nở tự sinh của bê tông cũng tăng đáng kể. Bê tông chứa 5% MgO có mức giãn nở lớn nhất, trong khi 3% MgO có giãn nở thấp nhất. Điều này chứng minh rằng hàm lượng MgO cao hơn thúc đẩy quá trình thủy hóa mạnh hơn, dẫn đến sự hình thành $Mg(OH)_2$ nhiều hơn và gây giãn nở thể tích lớn hơn.

2. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng

Trong cả ba trường hợp (3%, 4% và 5% MgO), nhiệt độ bảo dưỡng cao hơn dẫn đến mức giãn nở lớn hơn. Ở 50°C, độ giãn nở đạt mức cao nhất, trong khi ở 20°C, sự giãn nở bị hạn chế đáng kể. Xu hướng này cho thấy nhiệt độ cao thúc đẩy quá trình thủy hóa MgO nhanh hơn, từ đó tăng cường mức giãn nở.

3. Xu hướng phát triển theo thời gian

Sự giãn nở của bê tông với vật liệu giãn nở MgO tăng theo thời gian bảo dưỡng như thể hiện trong Hình 3.5 ở độ tuổi sớm và có xu hướng không đổi ở độ tuổi sau. AVD của bê tông MgO tăng nhanh trong giai đoạn 200 ngày và chậm hơn sau khi bảo dưỡng trong 200 ngày. Điều này có thể được giải thích bởi nhiệt độ bảo dưỡng cao hơn khiến hỗn hợp nở ra nhiều hơn, các phân tử trong dung dịch hoạt động nhanh hơn và MgO phản ứng nhiều hơn với nước, do đó quá trình hydrat hóa của MgO và sự giãn nở của hỗn hợp tăng lên [17].

Ứng dụng thực tiễn: Bê tông MgO đã được áp dụng thành công trong nhiều công trình đập vòm lớn tại Trung Quốc, chẳng hạn như đập Baishan, đập Thanh Tây, và đập Thủy Khẩu. Các kết quả thực tế cho thấy bê tông MgO không chỉ giúp kiểm soát nứt mà còn cải thiện độ bền và tuổi thọ của công trình.

Hướng nghiên cứu tương lai: Để tối ưu hóa hiệu quả của bê tông MgO, cần tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố như kích thước hạt MgO, thành phần hóa học của xi măng, và điều kiện môi trường. Ngoài ra, việc đánh giá độ bền lâu dài của bê tông MgO trong các điều kiện khắc nghiệt cũng là một hướng nghiên cứu quan trọng.

Tóm lại, bê tông MgO là một giải pháp tiềm năng trong việc kiểm soát ứng suất nhiệt và ngăn ngừa nứt trong các công trình đập vòm bê tông. Với sự phát triển của công nghệ và nghiên cứu chuyên sâu, bê tông MgO có thể trở thành một lựa chọn hiệu quả và bền vững trong xây dựng các công trình thủy điện và đập lớn trên toàn thế giới.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tập trung vào việc đánh giá hiệu quả của bê tông MgO trong việc kiểm soát ứng suất nhiệt và ngăn ngừa nứt trong các công trình đập vòm bê tông nói riêng và công trình bê tông khối lớn nói chung. Thông qua các nghiên cứu thí nghiệm và phân tích, nghiên cứu đã chứng minh khả năng giảm thiểu nguy cơ nứt do co ngót nhiệt thông qua cơ chế trương nở từ từ của MgO khi phản ứng với nước tạo thành $Mg(OH)_2$. Sự trương nở này giúp bù đắp ứng suất kéo phát sinh trong quá trình thủy hóa xi măng, đặc biệt trong các công trình bê tông khối lớn như đập vòm. Các kết quả thực tế cho thấy bê tông MgO không chỉ giúp kiểm soát nứt mà còn cải thiện độ bền và tuổi thọ của công trình. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng rộng rãi MgO và ứng dụng của nó trong việc kiểm soát vết nứt bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. H. Zhen, Hydraulic Structures [M]. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015.

[2]. N. Q. H. Vũ Hoàng Hưng, "Hoàn thiện công nghệ tính toán kết cấu đập vòm bê tông," VnCold.

[3]. Y. Zhu, Z. Xu, and L. Zhang, "Comment on dam construction technology with MgO concrete [G]," Hongshui River, vol. 21, no. 3. pp. 45-49, 2002.

[4]. X. P. Luo, "Simulation Analysis of Magnesia Concrete Arch Dam Without Contraction Joints [D]," Tsinghua University, 2002.

[5]. B. F. Zhu, "On Construction of Dams by Concrete With Gentle Volume Expansion [J]," J. Hydroelectr. Eng., no. 3, pp. 1-13, 2000.

[6]. Z. S. Cao, "Crack prevention technique in rapid dam construction with MgO weakly expending concrete [J]," Water Power, no. 6, .pp. 52–53, 1994.

[7]. Z. W. Liu, "Application of new technology of rapid construction of arch dam with MgO micro expansion concrete in Changsha Arch Dam of Guangdong Province [J]," Guangdong Water Resour. Hydropower, no. 6, pp. 8-14, 2000.

[8]. L. Mo, M. Deng, and A. Wang, "Effects of MgO-based expansive additive on compensating the shrinkage of cement paste under non-wet curing conditions," vol. 34, pp. 377-383, 2012, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2011.11.018.

[9]. F. Guo, J. P. Liu, Q. Tian, T. Yao, and S. Z. Zhang, "Autogenous Volume Deformation of Concrete due to MgO under the Temperature History of a Diversion Tunnel Concrete [J]," Appl. Mech. Mater., vol. 357-360, pp. 1399–1404, 2013, [Online]. Available: http://www.scientific.net/AMM.357-360.1399

[10]. H. Li, Q. Tian, H. Zhao, A. Lu, and J. Liu, "Temperature sensitivity of MgO expansive agent and its application in temperature crack mitigation in shiplock mass concrete," Constr. Build. Mater., vol. 170, pp. 613–618, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.184.

[11]. F. Yu and Y. Li, "The effect of curing conditions on the expansion efficiency of MgO expansion agent," E3S Web Conf., vol. 233, no. 03047, pp. 0-3, 2021.

[12]. A. Mahmood et al., "Effects of MgO-Based Expansive Agent on the Characteristics of Expansive Concrete," pp. 1–6, 2021.

[13]. China National Standard DL/T5433-2009, Test Code for Hydraulic Roller Compacted Concrete. Changjiang Water Resources Commission Yangtze River Scientific Research, 2009.

[14]. China National Standard: GB/T50081-2002, Standard for Test Method of Mechanical Properties on Ordinary Concrete [S]. Ministry of Construction, 2002.

[15]. China National Standard JG238-2008, Standard Curing Chamber for Concrete [S]. Ministry of Construction, 2008.

[16]. China National Standard DL/T5296-2013, Technical Specification of MgO for use in Hydraulic Concrete. Ministry of Construction, 2013.

[17]. P. W. Gao, S. Y. Xu, X. Chen, J. Li, and X. L. Lu, "Research on autogenous volume deformation of concrete with MgO [J]," Constr. Build. Mater., vol. 40, pp. 998-1001, 2013, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.025.

■Ngày nhận bài: 19/3/2024 ■Ngày sửa bài: 15/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2025

Tiềm năng giảm thiểu ô nhiễm môi trường khi thay thế túi ni lông sản xuất bằng nhựa truyền thống với túi nhựa bio plastic PLA tại các siêu thị Việt Nam

Potential to reduce environmental pollution when replacing traditional plastic bags with PLA bio plastic bags in Vietnamese supermarkets

NGUYỄN THU HUYỀN[1], TRƯƠNG ĐỨC CẢNH[1*], LÊ THUỲ DƯƠNG[2]
[1]Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
[*]Email: tdcanh@hunre.edu.vn),
[2]Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên - môi trường biển khu vực phía Bắc

TÓM TẮT

Túi ni-lông nhựa sử dụng một lần đã và đang trở thành một trong những mối đe dọa nghiêm trọng đối với môi trường toàn cầu. Tại Việt Nam, với mức tiêu thụ khoảng 3 triệu tấn túi ni-lông mỗi năm, các tác động môi trường từ lượng chất thải rắn có nguồn gốc từ túi ni-lông đã ảnh hưởng xấu đến chất lượng sống của con người. Vì vậy, việc sử dụng các giải pháp giảm thiểu lượng túi này là rất cần thiết, trong đó thay thế nguyên liệu là một trong những giải pháp phù hợp. Việc triển khai các giải pháp thay thế nhựa sinh học. Đặc biệt là các sản phẩm làm từ PLA, có thể dẫn đến cân bằng carbon âm trong giai đoạn thu thập nguyên liệu thô thông qua quá trình hấp thụ CO_2 trong quá trình tăng trưởng sinh khối. Quá trình chuyển đổi này đặc biệt có tác động khi xem xét toàn bộ vòng đời của các sản phẩm nhựa, từ khai thác nguyên liệu thô đến khi đưa vào sử dụng. Tiềm năng giảm carbon rõ rệt nhất ở giai đoạn sản xuất, trong đó nhựa truyền thống thường tạo ra lượng khí thải cao nhất do có nguồn gốc từ dầu mỏ và bản chất không phân hủy sinh học. Tuy nhiên chi phí ban đầu của các giải pháp thay thế phân hủy sinh học cao hơn so với nhựa truyền thống, nghiên cứu này được thực hiện nhằm tính toán lượng khí nhà kính giảm thiểu khi thay thế túi nhựa truyền thống bằng túi nhựa bio plastic loại PLA. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với lượng túi tại mỗi siêu thị tiêu thụ khoảng 1.454 túi ni-lông /ngày thì lượng khí nhà kính giảm thiểu sẽ nằm trong khoảng 7,08 - 21,33 kgCO_2 eq/ngày (tương đương 2,6-7,8 tấn CO_2 eq /năm).

Từ khóa: Phát thải khí nhà kính; nhựa sinh học; túi nhựa.

ABSTRACT

Single-use plastic bags have become one of the most serious threats to the global environment. In Vietnam, with a consumption of about 3 million tons of plastic bags per year, the environmental impacts from solid waste from plastic bags have negatively affected people's quality of life. Therefore, the use of solutions to reduce the amount of these bags is essential, in which raw material substitution is one of the suitable solutions. The implementation of bioplastic alternatives, especially products made from PLA, can lead to a negative carbon balance in the raw material collection stage through the absorption of CO_2 during biomass growth. This transition is particularly impactful when considering the entire life cycle of plastic products, from raw material extraction to use. The carbon reduction potential is most evident in the production stage, where traditional plastics often generate the highest emissions due to their petroleum origin and non-biodegradable nature. However, the initial cost of biodegradable alternatives is higher than that of traditional plastics. This study was conducted to calculate the amount of greenhouse gas reduction when replacing traditional plastic bags with PLA bioplastic bags. The results of the study showed that with the number of bags consumed at each supermarket of about 1,454 plastic bags/day, the amount of greenhouse gas reduction will be in the range of 7.08 - 21.33 kg CO_2 eq/day (2,6-7,8 T CO_2 eq /year).

Keywords: Greenhouse gas emissions; bio plastics; plastic bags.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Túi ni-lông, đặc biệt là túi PE (bao gồm HDPE và LDPE), đang trở thành một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường ở Việt Nam. Quy trình sản xuất túi ni-lông bắt đầu từ việc thu gom và xử lý nguyên liệu thô như dầu mỏ và khí thiên nhiên, dẫn đến phát thải khí nhà kính. Mỗi năm, Việt Nam tiêu thụ khoảng 3 triệu tấn túi ni-lông, chủ yếu từ các siêu thị và cửa hàng tiện lợi. Một siêu thị lớn có thể phát ra từ 10.000 đến 20.000 túi ni-lông mỗi ngày, tương đương hàng triệu túi mỗi năm. Khi tính toán tổng số lượng túi ni-lông từ hàng triệu siêu thị và cửa hàng trên toàn quốc, con số này có thể lên đến hàng chục triệu tấn. Việc sử dụng túi ni-lông không chỉ tạo áp lực lên hệ thống rác thải mà còn gây ra ô nhiễm nghiêm trọng, ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Với sự phát triển mạnh của công nghệ sinh học, nhiều loại nhựa sinh học đã được nghiên cứu chế tạo với các ưu điểm về tính bền vững, thân thiện với môi trường. Nghiên cứu cho thấy việc chuyển sang sử dụng bio plastics có thể giảm thiểu đáng kể lượng khí thải carbon và một số các tác động tiêu cực đến môi trường. Bài báo này trình bày kết quả tính toán khả năng giảm thiểu phát thải khí nhà kính khi thay thế các túi ni-lông sử dụng nhựa truyền thống bằng túi bio plastic.

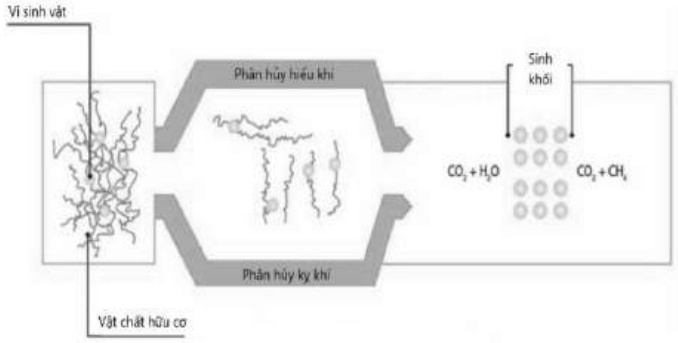
2. TỔNG QUAN VỀ CÁC LOẠI NHỰA SINH HỌC VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT TÚI NI-LÔNG TẠI VIỆT NAM

2.1. Tổng quan chung về nhựa sinh học

Có 3 nhóm nhựa sinh học được phân loại dựa vào nguồn gốc sinh học hay khả năng phân hủy sinh học, gồm:

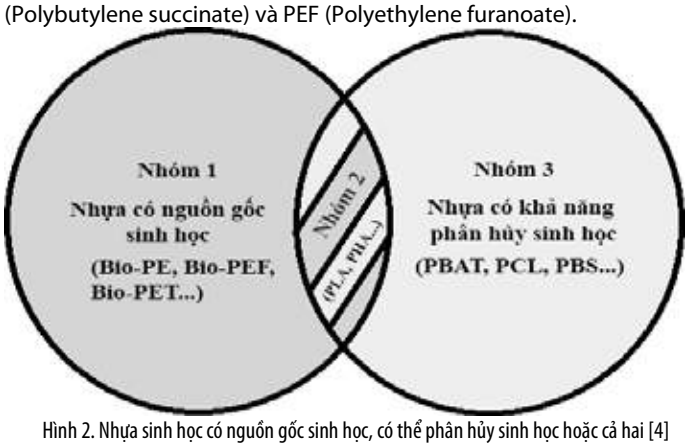
* Nhóm 1 - Nhựa có nguồn gốc sinh học nhưng không có tính phân hủy sinh học (Bio-based). Các loại nhựa này như: Bio-PE, Bio-PP, Bio-PET... chúng có tính chất hoàn toàn giống với nhựa truyền thống (có nguồn gốc hóa thạch) là PE, PP, PET. Loại nhựa sinh học này dù được làm từ các nguyên liệu có nguồn gốc từ tự nhiên như bột gạo, ngô, khoai, sắn… Nhưng trong quá trình sản xuất các loại tinh bột này sẽ được chuyển hóa thành ethanol sau đó được tổng hợp thành ethylene/propylene mà không phải axit polylactic (PLA). Từ ethylene hoặc propylene người ta tiếp tục tiến hành các phản ứng trùng hợp để tạo thành nhựa PE, PP truyền thống. Về bản chất, nhựa PE và PP không phân huỷ mà chỉ phân rã thành các mảnh nhỏ. Chính vì vậy mặc dù là nhựa sinh học nhưng loại nhựa này lại không có khả năng phân huỷ sinh học. Tuy nhiên, vì chúng được sản xuất từ các nguyên liệu có thể tái tạo (bột gạo, bột ngô…), vì thế xét theo một nghĩa rộng hơn thì chúng vẫn có phần thân thiện hơn so với loại nhựa PP/PE có nguồn gốc từ dầu mỏ.

* Nhóm 2 - Nhựa sinh học vừa có nguồn gốc sinh học vừa có tính tự phân hủy sinh học (Bio-based và Biodegradable). Loại nhựa này dưới sự tác động của vi sinh vật thì sẽ bị biến đổi hoàn toàn thành CO2, H2O, sinh khối… Cơ chế phân hủy sinh học của nhựa sinh học được trình bày trong Hình 1. [1]. Các loại nhựa sinh học có khả năng phân huỷ sinh học phổ biến là PLA, PHA và TPS. Trong đó PLA (Polylactic acid) là nguyên liệu sinh học được sản xuất từ tinh bột thực vật như ngô, khoai, sắn… PHA (Polyhydroxyalkanoates): Loại nhựa này được sản xuất tự nhiên nhờ vi khuẩn cùng các mô thực vật biến đổi gen. Nhựa PHA được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành nghề như là chỉ khâu, gạc, vỏ thuốc y tế hoặc là trong đóng gói thực phẩm… TPS (Thermoplastic starch): Là sản phẩm đồng nhất được làm từ tinh bột tự nhiên, nước và các chất hóa dẻo bổ sung như glycerol, sorbitol và glucose. Nó chủ yếu được sử dụng trong vật liệu đóng gói và một số sử dụng chất độn sinh học hoặc chất xơ trong công thức để tăng cường nhựa sinh học.



Hình 1. Cơ chế phân huỷ sinh học của nhựa sinh học

* Nhóm 3 - Nhựa sinh học chỉ có tính phân hủy sinh học (nhưng có nguồn gốc nguyên liệu hóa thạch) (Biodegradable) như: PBAT (Polybutylene adipate terephthalate), PCL (Polycaprolactone), PBS (Polybutylene succinate) và PEF (Polyethylene furanoate).



Hình 2. Nhựa sinh học có nguồn gốc sinh học, có thể phân hủy sinh học hoặc cả hai [4]

2.2. Nhựa truyền thống hiện đang sử dụng

Túi ni-lông thông thường hay túi ni-lông khó phân huỷ có thể được sản xuất từ các hai nhóm chính Polyethylene (đặc trưng HDPE, LDPE) và nhựa Polypropylen (PP và OPP).

Túi ni-lông HDPE và LDPE: Túi ni-lông làm từ 2 vật liệu này đều có đặc điểm chung như: có độ trong suốt, độ bóng mịn bề mặt, chống thấm nước, nhưng chống thẩm thấu khí kém. Ngoài ra chúng cũng có những đặc tính khác nhau. Túi HDPE (High Density Polyethylene): Tuỳ theo kỹ thuật sản xuất của nhà cung cấp mà túi HDPE hay túi ni-lông giá rẻ có độ trong, độ bóng bề mặt ở mức độ trung bình. Độ mềm dẻo kém, có độ cứng nhất định, dễ gập nếp, tạo ra tiếng động xột xoạt rõ ràng khi cọ xát. Thường gặp là túi đen đựng rác, túi xốp đựng hàng chợ, túi ni-lông siêu thị và cửa hàng nhỏ. Túi LDPE (Low Density Polyethylene): túi có độ trong, bề mặt mịn, bóng hơn so với túi HDPE. Nhờ độ dẻo dai, mịn màng hơn, nên giá thành sản xuất túi cao hơn so với túi HDPE, nhưng chất lượng túi ni-lông sẽ cao cấp hơn.

Túi PP (Polypropylen): Túi làm từ nhựa PP có độ bền cơ học cao hơn, khá cứng, nên không mềm dẻo, khó bị kéo giãn dọc như nhựa HD hay PE. Đặc biệt, túi PP có độ mịn, bóng bề mặt cao, sức bền cơ lý tốt hơn. Ngoài ra, vật liệu PP có khả năng chống thấm khí, thấm nước, nên thường dùng làm túi đựng thực phẩm, bảo quản hàng hoá, hoặc màng chít pallet bọc hàng hoá - thực phẩm. Túi OPP: Túi OPP là loại túi ép, cấu tạo từ 2 lớp màng polypropylene, có độ co giãn cơ lý tốt, độ nét cao, chống ẩm tuyệt vời. Vì vậy túi OPP là loại túi cao cấp, độ bền, chống ẩm tốt, dùng để đựng hàng hoá đặc biệt, hoặc in túi ni-lông cho quảng cáo marketing. Thích hợp đóng gói các thực phẩm: bánh kẹo, trái cây khô, các loại gia vị, thảo dược, các loại hạt, hay vật tư y tế...

Bảng1. Các loại nhựa truyền thống

Tiêu chí	Túi HDPE	Túi LDPE	Túi PP	Túi OPP
Đặc điểm bề mặt	- Độ trong suốt trung bình - Độ bóng mịn trung bình - Tạo tiếng xột xoạt khi cọ xát	- Độ trong suốt cao - Bề mặt mịn, bóng hơn HDPE	- Độ mịn, bóng bề mặt cao - Khá cứng	- Độ nét cao - Bề mặt mịn bóng cao cấp
Độ bền và đặc tính cơ học	- Độ mềm dẻo kém - Có độ cứng nhất định - Dễ gập nếp	- Độ dẻo dai tốt - Mềm mại hơn HDPE	- Độ bền cơ học cao - Khó bị kéo giãn dọc - Không mềm dẻo	- Độ co giãn cơ lý tốt - Độ bền cao
Khả năng chống thấm	- Chống thấm nước tốt - Chống thẩm thấu khí kém	- Chống thấm nước tốt - Chống thẩm thấu khí kém	- Chống thấm khí tốt - Chống thấm nước tốt	- Chống ẩm tuyệt vời
Ứng dụng chính	- Túi đen đựng rác - Túi xốp đựng hàng chợ - Túi siêu thị	- Túi đựng hàng cao cấp hơn	- Túi đựng thực phẩm - Bảo quản hàng hóa - Màng chít pallet	- Đóng gói bánh kẹo - Trái cây khô - Gia vị, thảo dược - Vật tư y tế
Giá thành	Thấp	Cao hơn HDPE	Cao	Cao cấp nhất
Tỷ lệ sử dụng	31%	40%	Phổ biến	Hạn chế
Cấu tạo đặc biệt	Polymer đơn lớp	Polymer đơn lớp	Polymer đơn lớp	2 lớp màng polypropylene

Các loại túi ni-lông dùng phổ biến nhất là túi PE (túi HDPE: 31%, túi LDPE:40%) và túi PP. Quy trình sản xuất nhựa HDPE (High-Density Polyethylene) bắt đầu từ việc thu gom và xử lý nguyên liệu thô, chủ yếu là dầu mỏ hoặc khí thiên nhiên. Đầu tiên, các nguyên liệu này được tinh chế để loại bỏ tạp chất và sau đó được chuyển đổi thành ethylene thông qua quá trình cracking nhiệt. Ethylene sau đó được polymer hóa để tạo ra polymer HDPE. Có hai phương pháp chính để polymer hóa: phương pháp áp suất cao và phương pháp áp suất thấp. Trong phương pháp áp suất cao, ethylene được đưa vào một bình phản ứng với áp suất cao, thường sử dụng các chất xúc tác như peroxit để kích thích phản ứng. Ngược lại, trong phương pháp áp suất thấp, ethylene được polymer hóa trong điều kiện áp suất thấp với sự có mặt của các chất xúc tác Ziegler-Natta hoặc metallocene, cho phép kiểm soát tốt hơn các tính chất của sản phẩm cuối cùng. Sau khi polymer hóa, sản phẩm HDPE được làm nguội và cắt thành hạt nhựa. Các hạt nhựa này sau đó có thể được sử dụng để sản xuất túi nhựa.

Bảng 2 Ưu nhược điểm của nhựa sinh học nói chung so với nhựa thông thường

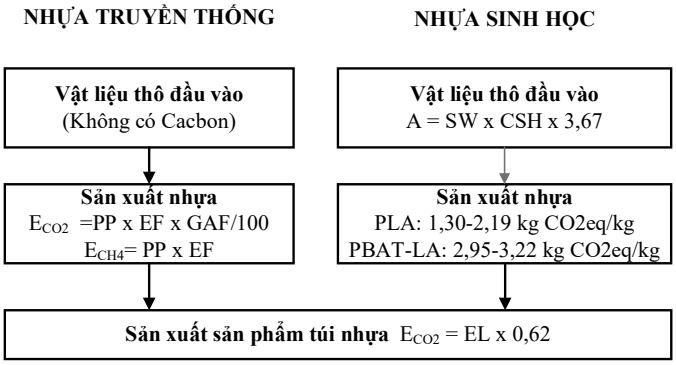
Phân loại	Ưu điểm	Nhược điểm
Nhựa sinh học	Bền vững, ít hoặc không chứa chất độc hại	Chi phí sản xuất cao
	Giảm lượng khí thải carbon	Tính bất ổn định nhiệt
	Giảm hiệu quả sử dụng năng lượng (tiêu thụ ít năng lượng hơn trong quá trình sản xuất)	Vấn đề tái chế
	Một phần dựa vào nguyên liệu tự nhiên	Có tính giòn, dễ gãy, dễ vỡ
Nhựa thông thường	Chi phí thấp	Dựa trên hóa dầu
	Đặc tính kỹ thuật tốt và xuất sắc	Khó tái chế
	Có thể tiết kiệm năng lượng và tài nguyên	Hầu hết không thể phân hủy sinh học
	Có thể tái chế nhiệt	Đốt cháy không kiểm soát có thể giải phóng các chất độc hại

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ LƯỢNG KHÍ NHÀ KÍNH PHÁT SINH KHI SỬ DỤNG TÚI NHỰA TẠI CÁC SIÊU THỊ VIỆT NAM

Theo kết quả khảo sát tại dự án "sáng kiến thành lập liên minh siêu thị nhằm giảm thiểu việc tiêu thụ túi ni-lông dùng một lần tại Việt Nam", trung bình mỗi siêu thị ở Hà Nội sử dụng từ 70-2.800 túi ni-lông dùng một lẫn mỗi ngày [6]. trung bình mỗi siêu thị tiêu thụ khoảng 1.454 túi ni-lông mỗi ngày. Trung bình mỗi khách hàng mua sắm tại siêu thị phát miễn phí từ 2,48 đến 2,92 túi/lần/khách; tỷ lệ khách hàng tái sử dụng túi đạt 78,2% nhưng hầu hết được sử dụng cho đựng rác thải sinh hoạt.

Các túi này sau khi sử dụng đều được đưa vào xử lý bằng biện pháp chôn lấp. Vì vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng mức tiêu thụ tại mỗi siêu thị là 1.454 túi sử dụng một lần trong một ngày làm số liệu tính toán.

Theo nghiên cứu tính toán phát thải khí carbon từ quá trình sản xuất và sử dụng nhựa truyền thống với nhựa sinh học [5], trong nghiên cứu này giới hạn tính toán lượng khí nhà kính phát sinh từ quá trình sản xuất nguyên liệu thô đến khi sản xuất ra sản phẩm, việc tính toán phát thải khí nhà kính từ quá trình xử lý chất thải không được xem xét đến do tại Việt Nam việc xử lý chất thải còn chưa được triệt để. Khung tính toán được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Khung tính toán phát thải khí nhà kính của nghiên cứu

Giả sử các túi ni-lông mà các siêu thị đang sử dụng là túi PE có kích thước 260.00x420.00x0.04 mm, và túi ni-lông sinh học thay thế là túi PLA, ta có thể tính toán lượng khí nhà kính phát sinh trong một ngày như bảng 3.

Bảng 3.

	PE	PLA
Khối lượng tiêu thụ (kg/ngày)	12,07	15,88
Hàm lượng carbon (%)	85,60 – 93,02	50,00 – 50,20
Lượng CO_2 thu vào ($kgCO_2$ eq)	0	29,14 – 29,25
Lượng CO_2 thải ra trong giai đoạn sản xuất hạt nhựa ($kgCO_2$ eq)	17,86	20,64 – 34,77
Lượng CO_2 thải ra trong giai đoạn sản xuất túi ($kgCO_2$ eq)	4,11	20,09
Tổng lượng CO_2 thải ra ($kgCO_2$ eq)	25,57 – 32.82	11,49 – 25,74

Việc thay thế túi nhựa truyền thống bằng các sản phẩm thay thế có thể phân hủy sinh học trong hoạt động siêu thị tại Việt Nam mang đến cơ hội đáng kể để giảm khí nhà kính (GHG). Dựa trên những phát hiện nghiên cứu gần đây, túi nhựa truyền thống được sử dụng tại các siêu thị Việt Nam tạo ra khoảng 25,57 - 32.82 $kgCO_2$ eq mỗi ngày, trong đó sản xuất nhựa đóng góp hơn 50% lượng khí thải này. Bằng cách chuyển sang nhựa phân hủy sinh học, đặc biệt là các sản phẩm gốc PLA (axit polylactic), các siêu thị có thể giảm đáng kể lượng khí thải carbon, từ 21,57% đến 64,99%, tùy thuộc vào loại nhựa sinh học và phương pháp xử lý được sử dụng. Dữ liệu hiện tại cho thấy trung bình một siêu thị Việt Nam phân phối khoảng 1.454 túi nhựa dùng một lần mỗi ngày, tương đương với lượng khí thải carbon đáng kể trên toàn bộ ngành bán lẻ của đất nước. Việc triển khai các giải pháp thay thế nhựa sinh học, đặc biệt là các sản phẩm làm từ PLA, có thể dẫn đến cân bằng carbon âm trong giai đoạn thu thập nguyên liệu thô thông qua quá trình hấp thụ CO_2 trong quá trình tăng trưởng sinh khối. Quá trình chuyển đổi này đặc biệt có tác động khi xem xét toàn bộ vòng đời của các sản phẩm nhựa, từ khai thác nguyên liệu thô đến thải bỏ. Tiềm năng giảm carbon rõ rệt nhất ở giai đoạn sản xuất và thải bỏ, trong đó nhựa truyền thống thường tạo ra lượng khí thải cao nhất do có nguồn gốc từ dầu mỏ và bản chất không phân hủy sinh học. Khi áp dụng vào hoạt động của các siêu thị tại Việt Nam, tiềm năng giảm carbon hàng năm có thể đạt tới 2,58 - 7,79 tấn CO_2 eq. Mặc dù chi phí ban đầu của các giải pháp thay thế phân hủy sinh học cao hơn, trung bình gấp 2,63 - 3,16 lần so với nhựa truyền thống, nhưng lợi ích về môi trường và sự phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu khiến quá trình chuyển đổi này ngày càng có giá trị. Như vậy có thể thấy việc thay thế túi nhựa truyền thống bằng các sản phẩm nhựa sinh học trong hoạt động của các siêu thị góp một phần đáng kể trong việc thực hiện cam kết phát thải ròng bằng "0" cũng như thực hiện mục tiêu Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050.

4. KẾT LUẬN

Túi ni-lông nhựa sử dụng một lần đã và đang trở thành một trong những mối đe dọa nghiêm trọng đối với môi trường toàn cầu. Tại Việt Nam, với mức tiêu thụ khoảng 3 triệu tấn túi ni-lông mỗi năm, các tác động môi trường từ lượng chất thải rắn có nguồn gốc từ túi ni-lông đã ảnh hưởng xấu đến chất lượng sống của con người. Vì vậy, việc sử dụng các giải pháp giảm thiểu lượng túi này là rất cần thiết, trong đó thay thế nguyên liệu là một trong những giải pháp phù hợp. Việc triển khai các giải pháp thay thế nhựa sinh học, đặc biệt là các sản phẩm làm từ PLA, có thể dẫn đến cân bằng carbon âm trong giai đoạn thu thập nguyên liệu thô thông qua quá trình hấp thụ CO_2 trong quá trình tăng trưởng sinh khối. Quá trình chuyển đổi này đặc biệt có tác động khi xem xét toàn bộ vòng đời của các sản phẩm nhựa, từ khai thác nguyên liệu thô đến khi đưa vào sử dụng. Tiềm năng giảm carbon rõ rệt nhất ở giai đoạn sản xuất, trong đó nhựa truyền thống thường tạo ra lượng khí thải cao nhất do có nguồn gốc từ dầu mỏ và bản chất không phân hủy sinh học. Khi áp dụng vào hoạt động của các siêu thị tại Việt Nam, tiềm năng giảm carbon hàng năm có thể đạt tới vài tấn CO_2 tương đương. Mặc dù chi phí ban đầu của các giải pháp thay thế phân hủy sinh học cao hơn, trung bình gấp 2,63 - 3,16 lần so với nhựa truyền thống, nhưng lợi ích về môi trường và sự phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu khiến quá trình chuyển đổi này ngày càng có giá trị. Cách tiếp cận toàn diện này đối với việc sử dụng nhựa tại các siêu thị Việt Nam không chỉ giải quyết vấn đề phát thải carbon ngay lập tức mà còn góp phần vào các mục tiêu phát triển bền vững môi trường rộng lớn hơn và các sáng kiến về kinh tế tuần hoàn của đất nước. Tuy nhiên, cần có sự hỗ trợ từ Chính phủ và cộng đồng để thúc đẩy việc sử dụng bioplastics và giảm thiểu tác động của túi nilong đến môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. ADB. "Is There a Case for Bio plastics? Experience from Thailand." *ADB Briefs No. 269*, 2023.

[2]. Bộ Công Thương, Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu cơ sở khoa học, đề xuất giải pháp giảm thiểu, loại bỏ việc sử dụng, phát thải túi ni-lông khó phân hủy, sản phẩm nhựa sử dụng một lần tại các chợ, siêu thị, trung tâm thương mại. 2022.

[3]. Environmental impact assessment of degradable plastics and policy support research project. Report. Beijing: Tsinghua University, China Petroleum and Chemical Corporation; 2022. Chinese.

[4]. European bioplastics. "Bioplastics Market Development Update 2023," 2023. https://docs.european.
bioplastics.org/publications/market_data/2023/EUBP_Market_Data_Report_2023.pdf.

[5]. Guanyi Chen, at all, Replacing Traditional Plastics with Biodegradable Plastics: Impact on Carbon Emissions, 10.1016/j.eng.2023.10.002, Engineering, Volume 32, pp. 152-162.

[6]. Viện chiến lược, chính sách Tài nguyên và Môi trường, Báo cáo tóm tắt hiện trạng tiêu thụ túi ni-lông dùng một lần trong chuỗi siêu thị tại Hà Nội. 2021.

■Ngày nhận bài: 20/3/2024 ■Ngày sửa bài: 15/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2025

Khả năng sử dụng cát đen kết hợp với tro bay nhiệt điện để chế tạo sản phẩm bê tông trong các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm

Feasibility of using natural black sand combined with fly ash for concrete production in ready-mixed concrete plants

> LÊ NGUYỄN THIỆN HUY[1], LÊ MẠNH TƯỜNG[2], VÕ NHẬT LUÂN[3]
[1]Công ty TNHH Xây dựng và thương mại Bình Trang; Email: huylelongan@gmail.com
[2]Công ty CP Đào tạo - xây dựng và phát triển nguồn nhân lực sáu; Email: tuongnhanluc6@gmail.com
[3]Trường Đại học Văn Hiến; Email: luanvn@vhu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong giai đoạn hiện nay, cát vàng tiêu chuẩn là nguồn tài nguyên ngày càng khan hiếm và giá thành cao, đặc biệt là ở khu vực phía Nam nước ta. Việc khai thác cát vàng ở độ sâu lớn đang gây sạt lở bờ sông, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và cuộc sống của con người. Qua khảo sát tại nhiều nhà máy sản xuất bê tông thương phẩm khu vực phía Nam cho thấy, việc giá cát vàng tăng quá cao như hiện nay đã ảnh hưởng lớn đến giá thành của các sản phẩm bê tông trên thị trường. Giá thành sản phẩm bê tông thương phẩm cao gây nhiều khó khăn cho các nhà đầu tư xây dựng và giảm tính cạnh tranh trên thị trường vật liệu xây dựng. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng các loại cát đen hạt mịn thay thế cát vàng trong sản xuất các sản phẩm bê tông thương phẩm là một vấn đề rất cần thiết hiện nay.

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu sử dụng cát đen kết hợp với tro bay nhiệt điện trong chế tạo sản phẩm bê tông thương phẩm với mác từ C20 đến mác C40. Trong đó, cát đen sông Vàm Cỏ Đông được sử dụng để thay toàn bộ cát vàng tiêu chuẩn. Để bổ sung cấp hạt thô cho cốt liệu nhỏ, nghiên cứu đã sử dụng 15% đá mạt từ đá vôi với kích thước 5,0 mm. Cốt liệu lớn là đá dăm D_{max}=20 mm từ mỏ đá vôi Hòa An (Đồng Nai). Chất kết dính gồm xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên và tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân. Trong đó, tro bay được sử dụng để thay thế từ 20-35% hàm lượng xi măng. Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định bằng độ sụt của côn hình nón cụt tiêu chuẩn theo TCVN 3106:2022 và cường độ của mẫu thí nghiệm được xác định trên mẫu hình trụ tiêu chuẩn kích thước 150x300 mm theo TCVN 3118:2022. Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế được thành phần cấp phối sản phẩm bê tông thương phẩm thương mại trên thị trường với độ sụt từ 100-200 mm và đạt các mác thiết kế từ C20 đến mác C40 theo giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày. Những kết quả thu được cho thấy tiềm năng thay thế toàn bộ cát vàng tiêu chuẩn bằng cát đen hạt mịn để chế tạo các mác bê tông thương phẩm phổ biến phục vụ hoạt động xây dựng hiện nay với giá thành thấp hơn từ 10% đến 21%. Việc sử dụng nguồn vật liệu cát đen và tro bay nhiệt điện trong sản xuất bê tông thương phẩm không chỉ mang ý nghĩa kinh tế rõ rệt, mà còn phù hợp với định hướng phát triển nền kinh tế tuần hoàn, giảm thiểu phế thải nhiệt điện và bảo vệ môi trường theo các mục tiêu chiến lược quốc gia về tăng trưởng "xanh" và chống biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Bê tông thương phẩm; cát đen hạt mịn; cát vàng; tro bay nhiệt điện; độ sụt; cường độ nén.

ABSTRACT

Currently, standard yellow sand is a resource that is becoming increasingly scarce and expensive, particularly in the southern regions of Vietnam. The extraction of yellow sand is causing riverbank erosion, impacting ecosystems and human livelihoods. Surveys conducted at several ready-mixed concrete plants in southern Vietnam show that the significant rise in yellow sand prices has greatly affected the cost of concrete products in the market. The high cost of ready-mixed concrete products creates difficulties for construction investors and reduces the competitiveness in the building materials market. Therefore, researching the use of fine-grained black sand as a substitute for yellow sand in the production of ready-mixed concrete products is an urgent issue at present.

This paper presents some research results on the use of black sand combined with fly ash from thermal power plants in the production of ready-mixed concrete products with grades ranging from C20 to C40. Specifically, black sand from the Vam Co Dong River is used to replace all standard

yellow sand. To supplement the coarse aggregate, 15% of limestone fines with a particle size of 5.0 mm were used. The coarse aggregate consists of crushed stone with a D_{max}=20 mm from the Hoa An limestone quarry (Dong Nai). The binder includes mixed Portland cement PCB40 from Ha Tien and fly ash from Vinh Tan thermal power plant. Fly ash is used to replace 20-35% of the cement content. The workability of the concrete mix is determined by the slump of a standard cone according to TCVN 3106:2022, and the strength of the specimens is measured on standard cylindrical samples of size 150x300 mm according to TCVN 3118:2022. The goal of the study is to design a mix proportion for ready-mixed concrete products in the market with a slump from 100 to 200 mm and compressive strength grades from C20 to C40 at 28 days. The results show the potential to completely replace standard yellow sand with fine-grained black sand in the production of common ready-mixed concrete grades for current construction activities, with a cost reduction ranging from 10% to 21%. The use of black sand and fly ash from thermal power plants in ready-mixed concrete production not only brings significant economic benefits but also aligns with the development of a circular economy, reduces thermal power plant waste, and protects the environment in line with national strategic goals for green growth and climate change mitigation.

Keywords: Ready-mixed concrete; fine-grained black sand; yellow sand; fly ash; slump; compressive strength.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, cùng với quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa mạnh mẽ tại các đô thị lớn, nhu cầu sử dụng bê tông thương phẩm để đẩy nhanh quá trình thi công xây dựng trong các công trình cơ sở hạ tầng, nhà ở xã hội tại khu vực kinh tế trọng điểm phía Nam và các khu vực lân cận đang gia tăng không ngừng [1]. Sản phẩm bê tông thương phẩm với tính công tác tốt, cường độ cao luôn có yêu cầu khắt khe về chất lượng nguyên vật liệu đầu vào, trong đó thành phần cát vàng tiêu chuẩn đóng vai trò hết sức quan trọng để tạo ra hỗn hợp bê tông có tính dẻo cao, sản phẩm bê tông sau khi rắn chắc có cường độ cao và độ bền trong môi trường sử dụng [2].

Tuy nhiên, nguồn cung cát vàng tự nhiên đang đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng. Các mỏ cát lớn tại miền Nam (như Đồng Nai, An Giang, Tiền Giang…) đã khai thác ở mức cao trong nhiều năm, dẫn đến hiện tượng suy giảm trữ lượng, sạt lở bờ sông, và các hệ lụy môi trường nghiêm trọng [3]. Trước tình hình đó, Nhà nước đã tăng cường siết chặt quản lý hoạt động khai thác cát, hạn chế cấp phép mới, đồng thời đẩy mạnh việc xử phạt các hành vi khai thác trái phép. Hệ quả là nguồn cung cát vàng ngày càng khan hiếm, trong khi nhu cầu xây dựng không ngừng tăng cao, đẩy giá cát vàng trên thị trường lên mức rất cao, có thời điểm tăng 200÷300% so với giai đoạn trước năm 2020. Tình trạng khan hiếm và biến động giá cát vàng đã trực tiếp làm tăng chi phí sản xuất sản phẩm bê tông thương phẩm trộn sẵn trong các nhà máy, ảnh hưởng lớn đến tiến độ và hiệu quả kinh tế của các dự án xây dựng, đặc biệt tại trung tâm kinh tế trọng điểm phía Nam [4].



Hình 1. Nhà máy sản xuất bê tông thương phẩm khu vực phía Nam[i]

Song song với bài toán nguyên vật liệu, một vấn đề môi trường cấp bách khác cũng đang đặt ra đối với khu vực phía Nam là lượng khói bụi, tro xỉ phát sinh từ các nhà máy nhiệt điện than. Các nhà máy như Nhiệt điện Vĩnh Tân (Bình Thuận), Nhiệt điện Duyên Hải (Trà Vinh), Nhiệt điện Long Phú (Sóc Trăng)..., mỗi năm đã thải ra hàng triệu tấn tro bay và tro đáy [5]. Phần lớn lượng tro xỉ này hiện chưa được xử lý triệt để, chủ yếu chôn lấp tạm thời hoặc tồn kho, gây ô nhiễm nghiêm trọng đến môi trường đất, nước và không khí, đặc biệt tại các khu vực dân sinh xung quanh nhà máy [6, 7]. Khí thải từ các nhà máy nhiệt điện mặc dù đã được lọc qua các hệ thống lọc bụi, nhưng trong khí thải vẫn còn một lượng lớn bụi mịn, gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái [8, 9].

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và ứng dụng cát đen, một nguồn tài nguyên nội địa có trữ lượng dồi dào hơn, kết hợp với tro bay từ các nhà máy nhiệt điện để sản xuất bê tông thương phẩm trở thành giải pháp hết sức cần thiết và phù hợp với xu hướng phát triển bền vững và tăng trưởng "xanh" hiện nay [10]. Cát đen được tuyển rửa và kết hợp với các loại cốt liệu thô, đặc biệt là đá mạt, hỗn hợp này có thể thay thế cát vàng tiêu chuẩn trong sản xuất sản phẩm bê tông thương phẩm, góp phần giảm chi phí vật liệu và ổn định nguồn cung tại các nhà máy bê tông thương phẩm [11, 12].

Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu là sử dụng cát đen kết hợp với tro bay nhiệt điện trong chế tạo sản phẩm bê tông trong các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm. Sản phẩm bê tông thương phẩm với độ sụt từ 100÷200 mm và đạt các mác thiết kế từ C20 đến C40 theo giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày. Việc sử dụng cát đen hạt mịn kết hợp với tro bay nhiệt điện để chế tạo bê tông vừa giảm được giá thành của sản phẩm bê tông vừa khắc phục được tình trạng khan hiếm nguồn cát vàng tiêu chuẩn phục vụ chế tạo bê tông trong các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm của nước ta hiện nay.

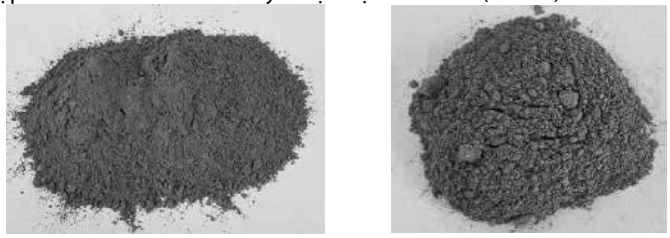
2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

Vật liệu đã sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm:

2.1.1. Chất kết dính

Chất kết dính gồm có hai thành phần là xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên và tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân (Hình 2).



a. Xi măng Portland PCB40 Hà Tiên *b. Tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân*

Hình 2. Chất kết dính sử dụng

a) Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 (XM) Hà Tiên thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 6260:2020 [14]. Các tính chất cơ lý của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên được giới thiệu trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm	Theo yêu cầu TCVN 6260:2020 [14]
1	Độ mịn, theo phương pháp Blaine	cm^2/g	3520	-
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,10	-
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên	kg/m^3	1650	-
4	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,7	-
5	Thời gian đông kết: Thời gian bắt đầu: Thời gian kết thúc:	 Phút Phút	 85 310	 ≥ 45 ≤ 420
6	Cường độ nén ở các tuổi: Tuổi 3 ngày: Tuổi 28 ngày:	 MPa MPa	 22,1 46,5	 ≥ 18 ≥ 40
7	Độ ổn định thể tích, phương pháp Le Chatelier	mm	6,5	≤ 10

Thành phần khoáng vật và thành phần hóa học của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên được trình bày trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Thành phần khoáng vật của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên

Thành phần khoáng vật (% theo khối lượng)				
Tricanxi-silicate (C_3S)	Dicanxi-silicate (C_2S)	Tricanxi-aluminate (C_3A)	Tetracanxi-Alumino-Ferit (C_4AF)	Thành phần khác
55,0	26,5	5,5	10,5	2,5

Bảng 3. Thành phần hóa học của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên

Thành phần hóa học (% theo khối lượng)										
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	CO_2	P_2O_5	Hàm lượng mất khi nung
18,5	5,2	3,7	2,5	0,6	0,2	3,2	62,5	-	1,1	2,5

b) Tro bay (TB) loại F của nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014 [15].

Thành phần hóa học và các tính chất vật lý cơ bản của tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân được thể hiện trong Bảng 4 và Bảng 5.

Bảng 4. Tính chất vật lý của tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm
1	Tỷ diện bề mặt riêng	cm^2/g	3750
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,35
3	Khối lượng thể tích khô	kg/m^3	1570
4	Chỉ số hoạt tính của tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân ở tuổi: 7 ngày 28 ngày	 % %	 80,5 92,8

Bảng 5. Thành phần hóa học của tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân

Thành phần hóa học (%)									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	P_2O_5	Hàm lượng mất khi nung
58,5	20,7	6,8	2,4	1,5	1,6	1,3	2,0	1,2	4,0

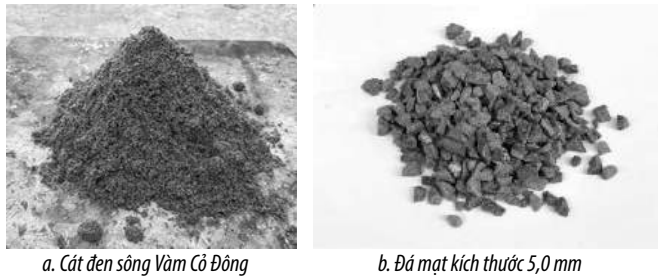
Như vậy, tổng hàm lượng chất kết dính (CKD) trong hỗn hợp BTĐL được xác định theo công thức số (1):

$$CKD = XM + TB \quad (1)$$

2.1.2. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu này là cát đen hạt mịn (CM) sông Vàm Cỏ Đông kết hợp với đá mạt (DM) từ đá vôi với kích thước 5,0 mm (Hình 3).

a) Cát đen hạt mịn (CM) sông Vàm Cỏ Đông được sàng sơ bộ qua sàng kích thước 5,0 mm để loại bỏ lượng các hạt sỏi có kích thước lớn (Hình 3a). Các tính chất cơ lý và thành phần hạt của cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông được trình bày trong Bảng 6 và Bảng 7.



a. Cát đen sông Vàm Cỏ Đông *b. Đá mạt kích thước 5,0 mm*

Hình 3. Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 6. Tính chất cơ lý của các loại cát sử dụng cho nghiên cứu

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo yêu cầu TCVN 7570:2006 [16]
1	Nguồn gốc	-	Cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông	-
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,60	-
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	1420	-
4	Độ hổng giữa các hạt cốt liệu	%	45,4	-
5	Độ ẩm của cát	%	3,65	-
6	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,87	< 2,0

7	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	So màu	Sẫm ngang màu chuẩn	-
8	Hàm lượng SO_3	%	0,02	< 1,0

Bảng 7. Thành phần hạt của cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông

STT	Đường kính mắt sàng	Lượng sót sàng tích luỹ theo thí nghiệm (%)	Lượng sót sàng tích luỹ theo TCVN 10796:2015 (%) [17]
1	5,0 mm	0	0
2	2,5 mm	0	0÷20
3	1,25 mm	0,50	15÷45
4	630 µm	3,39	35÷70
5	315 µm	69,44	65÷90
6	140 µm	93,49	90÷100
7	< 140 µm	6,51	< 10
8	Mô đun độ lớn $M_{đl}$	1,67	0,7÷2,0

Từ kết quả thí nghiệm trên cho thấy, mẫu cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông đã khảo sát có các tính chất vật lý như thành phần hạt, mô đun độ lớn, khối lượng riêng, khối lượng thể tích… đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trong tiêu chuẩn TCVN 10796:2015 "Cát mịn cho bê tông và vữa" [17] và được xếp vào loại cát mịn, chất lượng tốt. Mặt khác, theo tiêu chuẩn TCVN 10796:2015, các loại cát mịn có mô đun độ lớn $M_{đl}$ = 1,67 có thể được sử dụng để chế tạo bê tông cấp đến B45 hoặc cao hơn.

Nhiều nghiên cứu [10-12] cho thấy cát đen có kích thước nhỏ, lẫn tạp chất hữu cơ nên khi dùng cát đen hạt mịn để chế tạo bê tông thường làm giảm chất lượng bê tông và ảnh hưởng đến chất lượng công trình. Trong nghiên cứu này, thành phần tạp chất hữu cơ trong cát đen được xác định theo TCVN 7572-9:2006 [18]. Kết quả thí nghiệm cho thấy, màu của dung dịch trên cốt liệu nhỏ được so sánh và đánh giá sẫm ngang với màu chuẩn. Từ đó có thể kết luận rằng hàm lượng tạp chất hữu cơ trong cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông nằm trong phạm vi cho phép để chế tạo bê tông và vữa xây dựng.

b) Đá mạt từ đá vôi

Vì cát đen hạt mịn hầu như thiếu hoàn toàn cấp hạt với kích thước từ 2,5 mm đến 5,0 mm (Hình 3b), do đó trong nghiên cứu này đã sử dụng 15% hàm lượng đá mạt (DM) từ đá vôi với kích thước dao động trong khoảng 2,5 mm đến 5,0 mm để bổ sung cấp hạt thô cho cát đen hạt mịn. Đá mặt từ đá vôi có khối lượng riêng trung bình khoảng 2,68 g/cm^3 và thành phần hạt gồm 13% hạt có kích thước 2,5÷5,0 mm và 87% hạt có kích thước trên 5,0 mm.

2.1.3. Cốt liệu lớn cho bê tông

Cốt liệu lớn sử dụng cho chế tạo bê tông thương phẩm là loại đá dăm (D) có kích thước hạt 5÷20 mm.

Đá dăm sử dụng có nguồn gốc từ đá vôi mỏ đá Hòa An (Đồng Nai). Tính chất cơ lý và thành phần hạt của đá thể hiện Bảng 8.

Bảng 8. Tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo TCVN 7570:2006 [16]
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,73	-
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	1450	-
3	Độ hổng giữa các hạt cốt liệu	%	46,9	-
4	Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	13,32	< 15
5	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,78	< 2,0
6	Lượng sót sàng tích lũy trên các sàng:			
	20 mm	%	5,7	0÷10
	10 mm	%	58,3	40÷70
	5,0 mm	%	97,2	90÷100

2.1.4. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo được sử dụng có tên là MVN-SR (PGSD) của Công ty cổ phần phụ gia bê tông Silkroad Việt Nam. Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thế hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate với khối lượng riêng 1,15 g/m^3 ở nhiệt độ 25 ± 5^{0}C. Tính chất của phụ gia MVN-SR phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 8826:2024 - "Phụ gia hóa học cho bê tông" [19].

2.1.5. Nước sạch

Nước sử dụng trộn mẫu trong nghiên cứu này là nước máy sinh hoạt thành phố Hà Nội. Tính chất của nước (N) nhào trộn phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 4506:2012 - "Nước trộn cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật" [20].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu đã xác định thành phần cấp phối sơ bộ của các mác bê tông thương phẩm theo hướng dẫn tại phụ lục A của tiêu chuẩn TCVN 10796:2015 [17]. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã tiến hành kiểm chứng bằng thực nghiệm để điều chỉnh lại thành phần cấp phối đạt sản phẩm bê tông thương phẩm từ mác C20 đến mác C40. Các tính chất của sản phẩm bê tông thương phẩm trong nhà máy được xác định theo các tiêu chuẩn sau:

+ Lấy mẫu, đúc mẫu và bảo dưỡng mẫu bê tông được thực hiện theo TCVN 3105:2022 [21];

+ Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông được thực hiện theo TCVN 3106:2022 [22] (Hình 4);

+ Cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi khác nhau được xác định trên mẫu hình trụ kích thước 150x300 mm theo TCVN 3118:2022 [23] (Hình 5).

2.3. Thành phần cấp phối của sản phẩm bê tông thương phẩm

Yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông thương phẩm và sản phẩm bê tông sau khi rắn chắc:

- Hỗn hợp bê tông thương phẩm phải có độ sụt dao động từ 100÷200 mm ngay sau khi nhào trộn và duy trì độ sụt trong vòng 01 giờ để đảm bảo thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông.

- Sản phẩm bê tông sau khi cứng rắn phải đạt các mác thiết kế từ C20 đến C40 theo giá trị trung bình của cường độ nén ở tuổi 28 ngày.

- Hàm lượng phụ gia siêu dẻo sử dụng trong nghiên cứu này bằng 0,85% theo hàm lượng của chất kết dính sử dụng [13].

Theo hướng dẫn tại phụ lục A tiêu chuẩn TCVN 10796:2015, nghiên cứu đã xác định được 05 thành phần cấp phối bê tông thương phẩm sử dụng cát mịn và tro bay. Các cấp phối này được trình bày chi tiết trong Bảng 9.



Hình 4. Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông



Hình 5. Mẫu bê tông thí nghiệm hình trụ kích thước 150x300 mm

Bảng 9. Thành phần cấp phối của bê tông thương phẩm sử dụng cát đen hạt mịn

STT	Mác bê tông	Độ sụt SN (cm)	Tỷ lệ N/CKD	XM (kg/m^3)	TB (kg/m^3)	N (kg/m^3)	CM (kg/m^3)	DM (kg/m^3)	D (kg/m^3)	PGSD (kg/m^3)
1	C20	100÷200	0,51	290	100	171	713	142	988	3,34
2	C25	100÷200	0,43	355	119	171	649	130	988	3,97
3	C30	100÷200	0,36	380	95	170	657	149	970	4,03
4	C35	100÷200	0,33	417	104	171	641	152	935	4,43
5	C40	100÷200	0,31	444	111	170	652	158	888	4,72

Đơn giá các loại nguyên vật liệu được nhà máy sử dụng trong chế tạo bê tông thương phẩm được trình bày trong Bảng 10.

Bảng 10. Đơn giá các nguyên vật liệu sử dụng chế tạo sản phẩm bê tông thương phẩm

STT	Vật liệu sử dụng	Đơn vị tính	Đơn giá (Đồng)
1	Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hà Tiên	kg	1.200
2	Tro bay nhiệt điện Trà Vinh	kg	350
3	Phụ gia MVN-SR (Silkroad)	lít	18.000
4	Đá dăm An Hòa-Đồng Nai (D_{max} = 20 mm)	m^3	340.000
5	Cát đen hạt mịn sông Vàm Cỏ Đông	m^3	150.000
6	Cát vàng tiêu chuẩn	m^3	460.000

Qua bảng đơn giá trên cho thấy cát vàng sử dụng trong chế tạo bê tông thương phẩm hiện nay có giá thành cao, khan hiếm làm giảm tính cạnh tranh của sản phẩm. Trong khi đó cát đen với lượng tài nguyên dồi dào và giá thành chỉ bằng khoảng 35% giá thành của cát vàng. Với ưu điểm này thì cát đen sẽ góp phần giảm chi phí vật liệu và ổn định nguồn cung nguyên vật liệu cho các nhà máy bê tông. Bên cạnh đó, tro bay nhiệt điện cũng có giá thành rẻ hơn rất nhiều so với xi măng, đồng thời mang lại hiệu quả về giảm ô nhiễm môi trường.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông thương phẩm sử dụng cát đen hạt mịn và tro bay nhiệt điện

Dựa vào các kết quả thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm cho thấy hỗn hợp bê tông sau khi tạo hình có độ dẻo cao, tính công tác tốt và tổn thất độ sụt sau 60 phút nhào trộn là không đáng kể. Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ bản của hỗn hợp bê tông được trình bày chi tiết trong Bảng 11.

Khi thay đổi cát vàng bằng cát đen và sử dụng thêm tro bay thay thế 20÷35% hàm lượng xi măng thì tính chất hỗn hợp bê tông thay đổi đáng kể, điều này được giải thích do cát đen có thành phần hạt mịn và hàm lượng bụi cao nên hút nước nhiều ảnh hưởng đến độ dẻo và độ sụt của bê tông. Hàm lượng nước nhào trộn trong sản phẩm bê tông sử dụng cát đen có nhiều hơn so với các sản phẩm bê tông xi măng sử dụng cát vàng tiêu chuẩn [10-12]. Bên cạnh đó, tro bay có thành phần hạt mịn và có dạng hạt hình cầu nên đã tạo ra lượng hồ chất kết dính lớn hơn, tăng độ dẻo và giữ được độ sụt của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn. Mặt khác, khi kết hợp đồng thời cát đen và tro bay nhiệt điện trong thành phần cấp phối của sản phẩm bê tông thương phẩm cần phải điều chỉnh lượng nước nhào trộn và phụ gia siêu dẻo phù hợp để đạt được độ sụt của hỗn hợp theo yêu cầu của nhà sản xuất [6-8].

Bảng 11. Tính chất của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn

STT	Mác bê tông	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (mm)		Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (kg/m^3)
		Ngay sau khi nhào trộn	Sau 60 phút khi nhào trộn	
1	C20	185	155	2409
2	C25	165	150	2416
3	C30	180	160	2424
4	C35	200	180	2425
5	C40	210	195	2428

3.2. Tính chất sản phẩm bê tông sử dụng cát đen và tro bay nhiệt điện ở trạng thái cứng rắn

Thí nghiệm cường độ nén của mẫu bê tông được thực hiện trên mẫu hình trụ kích thước 150x300 mm. Hỗn hợp bê tông sau khi đã nhào trộn được đưa đi đổ mẫu thí nghiệm và bảo dưỡng các mẫu bê tông theo tiêu chuẩn quy định.

Cường độ chịu nén của mẫu bê tông được xác định ở các mức tuổi 3 ngày, 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày trên thiết bị máy nén 3000 KN phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của TCVN 3118:2022 (Hình 10). Mỗi tổ mẫu thí nghiệm gồm 06 viên hình trụ ứng với các mác từ C20 đến C40. Các kết quả nghiên cứu về cường độ nén và khối lượng thể tích của bê tông đã được trình bày trong Bảng 12.

Bảng 12. Giá trị cường độ nén trung bình và khối lượng thể tích của bê tông

STT	Mác bê tông	Giá trị cường độ nén (MPa) của bê tông ở các tuổi:				Khối lượng thể tích của bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m^3)
		3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	
1	C20	14,7	23,2	28,3	31,5	2385
2	C25	18,2	27,7	33,9	38,7	2397
3	C30	19,3	30,3	35,3	41,5	2405
4	C35	22,4	33,8	40,3	45,3	2410
5	C40	24,6	35,5	43,1	50,7	2415

Từ các giá trị cường độ nén trung bình của 06 mẫu thí nghiệm của 05 cấp phối trong bảng 12 cho thấy, cường độ nén ở tuổi 28 ngày đã vượt khoảng 130÷160% so với mác thiết kế ban đầu. Điều này cho thấy sản phẩm bê tông sau khi đông kết và rắn chắc cường độ nén cao, đảm bảo mác bê tông ban đầu đặt ra.

Mặt khác, về tốc độ phát triển cường độ của sản phẩm bê tông sử dụng cát đen trong nghiên cứu này cho thấy, cường độ ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đạt khoảng 48%, 73% và 87% so với cường độ ở tuổi 28 ngày. Với kết quả này cho thấy, bê tông sử dụng cát đen hạt mịn có tốc độ phát triển cường độ tương đương với các loại bê tông xi măng sử dụng cát vàng tiêu chuẩn trong các nghiên cứu trước đây [2, 4, 13].

3.3. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Từ giá của các loại nguyên vật liệu sử dụng được khảo sát trên thị trường vật liệu xây dựng khu vực phía Nam và giá của các sản phẩm bê tông thương phẩm tại một số công ty sản xuất bê tông, nghiên cứu đã so sánh được giá các sản phẩm bê tông thương phẩm khi sử dụng cát vàng và cát đen và trình bày trong Bảng 13.

Bảng 13. So sánh giá các sản phẩm bê tông thương phẩm sử dụng cát vàng và cát đen

STT	Mác bê tông	Đơn vị tính	Đơn giá sản phẩm bê tông thương phẩm (Đồng)		Giá thành đã được giảm
			Với bê tông sử dụng cát vàng tiêu chuẩn[ii]	Với bê tông sử dụng cát đen hạt mịn và tro bay	
1	C20	m^3	950.000	783.402	21%
2	C25	m^3	985.000	869.818	13%
3	C30	m^3	1.020.000	893.578	14%
4	C35	m^3	1.055.000	939.134	12%
5	C40	m^3	1.125.000	970.752	16%

Từ đơn giá của các nguyên vật liệu thực tế tại tháng 04/2025 do Công ty Bê tông Thăng Long cung cấp có thể thấy rằng, mỗi khối bê tông thương phẩm có giá thành giao động từ 950.000 đồng/m^3 đến 1.125.000 đồng/m^3. Sau khi nghiên cứu và tính toán giá thành của các mác bê tông từ C20 đến C40 sử dụng cát đen Sông Vàm Cỏ Đông và tro bay nhiệt điện thay thế cát vàng và xi măng trong thành phần sản phẩm bê tông thương phẩm cho thấy giá thành của các sản phẩm này thấp hơn từ 10% đến 21% so với bê tông sử dụng cát vàng trên thị trường hiện nay (Bảng 13).

Không những giá thành phù hợp và đem lại hiệu quả về mặt kỹ thuật cho bê tông mà còn giải quyết được vấn đề thiếu hụt tài nguyên, giải quyết được lượng lớn các loại phế thải công nghiệp và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn bền vững [6, 7].

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm đã rút ra một số kết luận như sau:

+ Sử dụng cát đen hạt mịn có mô đun độ lớn M_{dl} = 1,67 kết hợp với tro bay nhiệt điện Trà Vinh có thể chế tạo được các sản phẩm bê tông thương phẩm với mác từ C20 đến C40 phù hợp với điều kiện của các công ty sản xuất sản phẩm bê tông thương phẩm.

+ Hỗn hợp bê tông thương phẩm có tính công tác tốt, độ dẻo cao, độ sụt ngay sau khi nhào trộn dao động từ 165÷210 mm và tổn thất độ sụt sau 60 phút nhào trộn là không đáng kể. Tuy nhiên, khi kết hợp đồng thời cát đen và tro bay nhiệt điện trong thành phần cấp phối của sản phẩm bê tông thương phẩm cần phải điều chỉnh lượng nước nhào trộn và phụ gia siêu dẻo phù hợp để đạt được độ sụt của hỗn hợp theo yêu cầu của nhà sản xuất.

+ Cường độ nén của các mác bê tông C20 đến C40 ở tuổi 28 ngày dao động từ 31,5÷50,7 MPa vượt khoảng 130÷160% so mác thiết kế ban đầu. Điều này cho thấy sản phẩm bê tông sau khi đông kết và rắn chắc cường độ nén cao, đảm bảo mác bê tông ban đầu đặt ra.

+ Các mác bê tông từ C20 đến C40 sử dụng cát đen Sông Vàm Cỏ Đông và 20÷35% tro bay nhiệt điện thay thế cát vàng và xi măng trong thành phần sản phẩm bê tông thương phẩm có giá thành thấp hơn từ 10% đến 21% so với bê tông sử dụng cát vàng trên thị trường hiện nay phù hợp với công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp.

+ Việc sử dụng nguồn vật liệu cát đen và tro bay nhiệt điện trong sản xuất bê tông thương phẩm không chỉ mang ý nghĩa kinh tế rõ rệt, mà còn phù hợp với định hướng phát triển nền kinh tế tuần hoàn, giảm thiểu phát thải Carbon và bảo vệ môi trường theo các mục tiêu chiến lược quốc gia về tăng trưởng "xanh" và chống biến đổi khí hậu ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Nguyễn Thiện Huy, Tăng Văn Lâm, Võ Nhật Luân, Hồ Anh Cương. Sử dụng sợi xơ dừa trong chế tạo bê tông nâng cao chất lượng nhà ở xã hội khu vực Tây Nam Bộ thích ứng với biến đổi khí hậu. Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng. Số 02 năm 2025. pp. 40-45.

[2]. Nguyễn Trọng Lâm, Nguyễn Ngọc Linh, Trần Văn Nam, Vũ Duy Kiên, Trần Văn Khải, and Phùng Đức Hiếu. Ảnh hưởng của tro bay thay thế một phần xi măng đến tính chất của bê tông thương phẩm. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Vol. 14, No. 4V (2020): 96-105.

[3]. Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh. Nghiên cứu sử dụng cát đụn tại chỗ làm đường bê tông xi măng trên đảo Phú Quốc. Khoa học Công Nghệ Xây dựng 3 (2017). 37-43.

[4]. Lê Hùng Anh, Cao Văn Chơn. Nghiên cứu tái chế tro - xỉ từ lò đốt làm bê tông nặng. Hội nghị khoa học trẻ lần 4. Đại học Công nghiệp TP.HCM. Năm 2022.

[5]. Lê Hoàng Sơn, Tăng Văn Lâm, Võ Nhật Luân, Hồ Thanh Phong. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao từ nguồn vật liệu địa phương phục vụ xây dựng công trình hạ tầng ven biển khu vực Kiên Giang. Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng. Tháng 12 năm 2024. Trang 72-77.

[6]. Lê Văn Tuấn, Nguyễn Quốc Toản, (2021). Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhà máy điện đốt rác than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam. Tạp chí Xây dựng, số 10/2021. Trang 176-182.

[7]. Hoàng Minh Đức, Trần Quốc Toản, Lee Sang Hyun, and Do Kwang Soo. Nghiên cứu ảnh hưởng của xỉ hạt lò cao nghiền mịn và tro bay đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Tạp chí KHCN Xây dựng số 3 (2020): 33-40.

[8]. Lâm N.T., Kiên T.T., Đại B.D., (2021). Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 15(6V), Trang 1-11.

[9]. Đoàn Công Chánh, Nguyễn Phú Nhuận, Trần Văn Khánh, and Huỳnh Trọng Phước. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế một phần xi măng đến các tính chất của bê tông cường độ cao. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng số 11, no. 05 (2021): 6 trang.

[10]. Hoàng Minh Đức (2016). Nghiên cứu sử dụng cát đen sông Hồng trong chế tạo bê tông cho các công trình xây dựng trên địa bàn Hà Nội, Tạp chí Xây dựng, số 4 năm 2016, 167-171.

[11]. Ngọ Văn Toản. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao hoạt hóa và tro trấu. Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng 4 (2014): 36-45.

[12]. Ngọ Văn Toản. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu cấp phối gián đoạn với cát mịn. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 3, no. 2012 (2012): 12-15.

[13]. Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh, (2020). Lý thuyết bê tông. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 Tr.

[14]. TCVN 6260:2020. Xi măng poóc lăng hỗn hợp. 7 trang.

[15]. TCVN 10302:2014. Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng. 14 trang.

[16]. TCVN 7570:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật. 11 trang.

[17]. TCVN 10796:2015. Cát mịn cho bê tông và vữa. 35 trang.

[18]. TCVN 7572:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.

[19]. TCVN 8826:2024 - Phụ gia hóa học cho bê tông. 15 trang.

[20]. TCVN 4506:2012. Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật. 17 trang.

[21]. TCVN 3105:2022. Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử. 22 trang.

[22]. TCVN 3106:2022. Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định độ sụt. 9 trang.

[23]. TCVN 3118:2022. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén. 13 trang.

[i] https://betongmekong.com/he-thong-tram-tron-be-tong/

[ii] Báo giá một số sản phẩm bê tông thương phẩm do Công ty Bê tông Thăng Long cung cấp ngày 25/04/2025.

■Ngày nhận bài: 17/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2025

Ứng dụng bê tông geopolymer dùng xỉ cho cấu kiện dầm bê tông cốt thép dưỡng hộ trong môi trường tự nhiên

Application of slag-based geopolymer concrete for reinforced concrete beams under ambient curing condition

> PHAN ĐỨC HÙNG[1], VŨ ĐỨC ANH[2]*
[1]GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
[2]HV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
*Email: hungpd@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu ứng dụng bê tông geopolymer dùng xỉ lò cao để chế tạo cấu kiện dầm bê tông cốt thép chịu lực không cần dưỡng hộ nhiệt sử dụng hai cấp phối bê tông geopolymer có tỷ lệ xỉ thay thế tro bay lần lượt là 90% và 100%. Mặc dù các cấu kiện dầm được dưỡng hộ trong môi trường tự nhiên nhưng vẫn thể hiện khả năng chịu lực đủ để ứng dụng trong xây dựng. Kết quả thí nghiệm cho thấy dầm 90% xỉ chịu lực tốt hơn với mô men phá hoại đạt 40,8 kN.m, dầm 100% xỉ đạt 39,3 kN.m. Kết quả cũng cho thấy dầm 90% xỉ trên tro bay chuyển vị ít hơn so với dầm 100% xỉ trên tro bay. Việc không cần dưỡng hộ nhiệt không những giúp tiết kiệm giá thành và thời gian và còn giảm thiểu nguy cơ nứt bề mặt do sự chênh lệch nhiệt độ khi đông kết. Điều này cũng giúp cải thiện hiệu suất thi công. Từ đó có thể thấy bê tông geopolymer sử dụng xỉ là một giải pháp tiềm năng cho việc chế tạo cấu kiện bê tông cốt thép cho các hạng mục yêu cầu thi công trực tiếp ngoài hiện trường.

Từ khóa: Geopolymer; dầm bê tông cốt thép; xỉ lò cao; tro bay; dưỡng hộ tự nhiên.

ABSTRACT

This study investigates the application of slag-based geopolymer concrete for manufacturing the reinforced concrete beam elements without heat curing condition using two geopolymer concrete mixtures ground granulated blast-furnace slag (GGBFS) to fly ash ratio of 90% and 100%. Although the beam specimens are cured under ambient conditions, they still demonstrate sufficient load-bearing capacity for construction applications. The results indicated that beams with mixture of 90% slag exhibited better performance, achieving a moment of 40.8 kN·m, compared to 39.3 kN·m for beams with mixture of 100% slag. Furthermore, the 90% slag beams experienced smaller deflections than the 100% slag counterparts. Without high-temperature curing not only reduces construction cost and time but also minimizes the risk of surface cracking caused by thermal gradients during setting period. This contributes to improved construction efficiency. The study concludes that slag-based geopolymer concrete is a potential alternative for producing reinforced concrete structures for elements requiring direct construction on site.

Keywords: Geopolymer; reinforced concrete beams; ground blast furnace slag; fly Ash; Ambient curing.

1. GIỚI THIỆU

Ngành Xây dựng hiện đang phải đối mặt áp lực từ việc giảm thiểu ảnh hưởng đến môi trường và sự cạn kiệt các nguồn tài nguyên. Xi măng Portland, vật liệu chủ lực trong ngành xây dựng, đã và đang gây phát thải CO_2 đáng kể trong quá trình sản xuất, tiêu tốn nguồn năng lượng khổng lồ. Hơn nữa, ngành công nghiệp này còn khai thác cạn kiệt nguồn tài nguyên không tái sinh như đá vôi, đất sét và nhiên liệu. Vì vậy, việc tìm kiếm giải pháp xây dựng bền vững, bảo vệ môi trường là yêu cầu cấp thiết. Sự chuyển đổi sang vật liệu thân thiện hơn với môi trường là điều không thể tránh khỏi, từ đó hướng đến sự phát triển bền vững của ngành Xây dựng.

Khái niệm về vật liệu geopolymer lần đầu tiên được giới thiệu bởi Joseph Davidovits vào năm 1978, đánh dấu bước khởi đầu cho một xu hướng mới trong ngành Xây dựng [1]. Không giống như xi măng Portland, công nghệ geopolymer tận dụng phản ứng trùng ngưng giữa các chất kiềm và những vật liệu giàu oxit nhôm và oxit silic, điển hình là tro bay và xỉ lò cao.

Việc sử dụng những nguyên liệu này không chỉ góp phần làm giảm lượng phát thải khí CO_2 mà còn là giải pháp tận dụng hiệu quả các phụ phẩm công nghiệp chứa alumino-silicate. Bằng cách biến các chất thải công nghiệp thành nguyên liệu đầu vào có giá trị, công nghệ này đã góp phần tích cực vào mục tiêu giảm ô nhiễm và phát triển bền vững. Chính vì vậy, geopolymer đang được đánh giá là một phương án thay thế khả thi cho xi măng truyền thống. Các công bố khoa học đã chỉ ra rằng bê tông geopolymer không chỉ có cường độ cao, khả năng kháng môi trường ăn mòn tốt mà còn thể hiện độ bền vượt trội so với bê tông thông thường [2, 3].

Tại Việt Nam, các nguồn phụ phẩm như tro bay từ nhà máy nhiệt điện và xỉ lò cao từ ngành luyện kim đang được xem là nguồn nguyên liệu dồi dào cho việc phát triển vật liệu geopolymer. Trong bối cảnh ngành Xây dựng đang hướng đến những giải pháp thân thiện với môi trường, việc áp dụng vật liệu geopolymer trong thi công không những giúp giảm thiểu tác động sinh thái mà còn mang lại hiệu quả lâu dài. Tuy nhiên, trở ngại lớn nhất trong việc ứng dụng rộng rãi loại bê tông này chính là yêu cầu về quá trình dưỡng hộ nhiệt để đảm bảo phản ứng hóa học diễn ra hoàn chỉnh, từ đó đạt được cường độ cơ học mong muốn. Quá trình này không chỉ đòi hỏi thiết bị dưỡng hộ chuyên dụng mà còn tiêu tốn nhiều năng lượng, gây khó khăn trong việc áp dụng tại hiện trường, đặc biệt với các cấu kiện có kích thước lớn. Trước thách thức đó, nhiều nghiên cứu gần đây đã hướng đến việc chế tạo bê tông geopolymer có khả năng phát triển cường độ ở điều kiện môi trường xung quanh, không cần dưỡng hộ ở nhiệt độ cao [4-6]. Hướng tiếp cận này hứa hẹn sẽ góp phần đơn giản hóa quy trình thi công, giảm chi phí và thời gian, đồng thời hạn chế các tác động bất lợi đến môi trường, từ đó mở ra tiềm năng ứng dụng thực tiễn cao hơn cho loại vật liệu mới này.

Bài báo này hướng đến nghiên cứu ứng dụng các cấp phối bê tông geopolymer có tỷ lệ xỉ trên tro bay lần lượt là 90% và 100% vào chế tạo cấu kiện dầm bê tông cốt thép chịu lực được dưỡng hộ trong môi trường tự nhiên (không dưỡng hộ nhiệt) để xác định khả năng làm việc của cấu kiện.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆP

2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên vật liệu cần thiết để chế tạo bê tông geopolymer trong thí nghiệm bao gồm: xỉ lò cao, tro bay, đá, cát, dung dịch thuỷ tinh lỏng (natri silicat), dung dịch NaOH, cốt liệu và nước.

Xỉ lò cao: một sản phẩm phụ phát sinh trong quá trình luyện gang thép. Loại xỉ sử dụng là dạng nghiền mịn (GGBFS), có khả năng phản ứng tốt trong môi trường kiềm. Mẫu xỉ thí nghiệm có khối lượng riêng là 2,67 g/cm^3 và diện tích bề mặt riêng đạt 3600 cm^2/g, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 11586:2016 [7]. Thành phần hóa của xỉ được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa của xỉ lò cao nghiền mịn (%)

FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2
0,38	33,85	13,74	40,08	8,16	0,25	0,82	0,68

Tro bay: một phụ phẩm thu được từ quá trình đốt than trong các nhà máy nhiệt điện. Tro bay được sử dụng có hàm lượng CaO thấp hơn 6%, thuộc nhóm tro bay loại F theo phân loại của ASTM. Các chỉ tiêu vật lý gồm khối lượng riêng 2,2 g/cm^3 và tỷ trọng khối xốp 0,953 g/cm^3, hoàn toàn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn ASTM C618 [8]. Bảng 2 trình bày thành phần hóa học của loại tro bay.

Bảng 2. Thành phần hóa học tro bay (%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O Na_2O	MgO	SO_3	MKN
51,7	31,9	3,48	1,21	1,02	0,81	0,25	9,63

Dung dịch hoạt hóa: dung dịch được sử dụng trong nghiên cứu là sự kết hợp giữa dung dịch natri silicat (Na_2SiO_3) và dung dịch natri hydroxit (NaOH) có nồng độ 12M. Dung dịch NaOH được pha chế bằng cách hòa tan NaOH dạng vảy khô, có độ tinh khiết cao (≥99%) trong nước để đạt nồng độ 12mol. Dung dịch thủy tinh lỏng có tỷ lệ SiO_2/Na_2O là 2,5, với hàm lượng thành phần chính gồm 11,8% Na_2O và 29,5% SiO_2. Tỷ trọng của dung dịch này dao động trong khoảng 1,42 ± 0,01 g/cm^3. Sự kết hợp giữa hai dung dịch trên tạo ra một hỗn hợp kiềm hoạt hóa, đóng vai trò kích hoạt phản ứng trùng ngưng giữa các oxit silic và nhôm trong tro bay và xỉ lò cao, góp phần hình thành cấu trúc geopolymer bền chắc.

Cốt liệu lớn: được sử dụng là đá dăm có kích thước hạt từ 5 đến 20 mm, đóng vai trò quan trọng trong chịu lực cho bê tông geopolymer. Đá dăm được xử lý nhằm loại bỏ các tạp chất không mong muốn như bụi, bùn và sét những yếu tố có thể ảnh hưởng tiêu cực đến sự liên kết giữa cốt liệu và vữa geopolymer, từ đó làm giảm chất lượng tổng thể của sản phẩm bê tông. Về tiêu chuẩn kỹ thuật, loại đá này đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của TCVN 7570:2006 [9] về thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý. Khối lượng riêng của đá đạt 2,79 g/cm^3, khối lượng thể tích xốp là 1,69 g/cm^3.

Cốt liệu nhỏ: đóng vai trò không thể thiếu trong việc đảm bảo độ đặc chắc, khả năng thi công và tính đồng đều của hỗn hợp bê tông geopolymer. Trong nghiên cứu này, cốt liệu nhỏ sử dụng cát sông đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật quy định trong tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 [9] về cốt liệu cho bê tông và vữa xây dựng. Trước khi sử dụng, cát được xử lý làm sạch kỹ lưỡng nhằm loại bỏ các tạp chất như muối, phèn, bùn mịn và các thành phần hữu cơ không mong muốn khác. Quá trình này nhằm đảm bảo độ tinh khiết cần thiết, từ đó hạn chế những ảnh hưởng bất lợi đến quá trình đóng rắn và phát triển cường độ của bê tông geopolymer. Các chỉ tiêu vật lý của cát sử dụng được xác định thông qua thí nghiệm, bao gồm khối lượng riêng đạt 2,67 g/cm^3 và khối lượng thể tích xốp là 1,63 g/cm^3.

2.2. Cấp phối bê tông geopolymer

Tiếp nối các kết quả nghiên cứu đã được công bố trong bài báo trước đây [10] về việc xác định cường độ chịu nén của bê tông geopolymer với các cấp phối có hàm lượng xỉ lò cao thay thế tro bay khác nhau. Kết quả cho thấy, trong điều kiện dưỡng hộ tự nhiên, cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày đạt lần lượt 25,9 MPa và 22,2 MPa, tương ứng với cấp phối sử dụng 90% và 100% xỉ lò cao thay thế tro bay.

Hai cấp phối bê tông geopolymer sử dụng trong nghiên cứu này có hàm lượng xỉ lò cao thay thế cho tro bay theo hai tỷ lệ là 90% và 100% tương ứng với cấp phối 1 và cấp phối 2 trong điều kiện không dưỡng hộ nhiệt.

Bảng 3. Cấp phối bê tông geopolymer

Tên CP	Tỷ lệ xỉ/tro	Xỉ lò cao	Tro bay	Cốt liệu lớn	Cốt liệu nhỏ	Natri silicat	Natri	
							NaOH	Mol
	%	kg/m^3						M
CP-1	90	396	44	1080,3	581,7	141,4	56,6	12
CP-2	100	440	0					

2.3. Quy trình thí nghiệm bê tông geopolymer

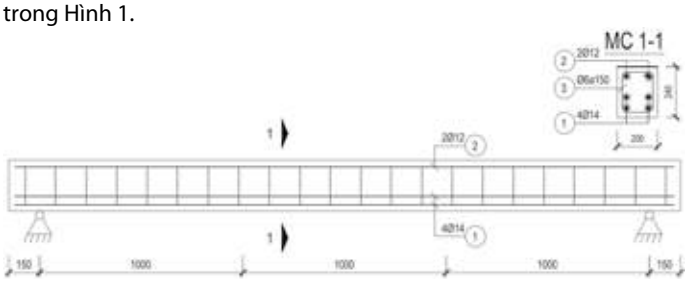
Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng tối ưu quy trình thực nghiệm nâng cao đáng kể tính năng cơ lý bê tông geopolymer, mở rộng tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng. [13-16]

Dung dịch kiềm hoạt hóa: NaOH khan được hòa tan vào nước tạo thành dung dịch NaOH đạt nồng độ 12mol. Dung dịch này được để nguội và sau đó được kết hợp với dung dịch thủy tinh lỏng để tạo thành dung dịch kiềm hoạt hóa, sẵn sàng cho quá trình trộn bê tông.

Quá trình trộn bê tông: Các thành phần khô bao gồm đá, cát, xỉ lò cao và tro bay được trộn đều trong máy trộn trong 2 phút. Tiếp theo, dung dịch kiềm hoạt hóa được cho vào và trộn đều thêm 3 phút nữa để đảm bảo hỗn hợp đồng nhất.

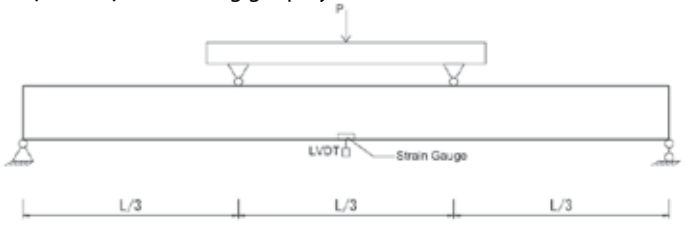
Các mẫu thí nghiệm sau khi đúc để tĩnh định trong 24 giờ, tháo khuôn và dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng thí nghiệm.

Dầm có kích thước 3,3x0,2x0,24m. Kết cấu dầm được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Kết cấu dầm thí nghiệm

Sử dụng thiết bị tác dụng tải trọng uốn 4 điểm, thiết bị đo chuyển vị và biến dạng của Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM để thí nghiệm chịu uốn cho cấu kiện dầm bê tông cốt thép chịu lực được chế tạo từ bê tông geopolymer.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm

Thiết bị đo chuyển bị (LDVT) được đặt ở giữa dầm để ghi nhận độ võng. Strain gauge được dán ở dưới dầm tại vị trí giữa dầm để đo biến dạng do uốn gây ra. Các giá trị tải, chuyển vị và biến dạng của dầm được ghi nhận bằng bộ thiết bị TDS-150.

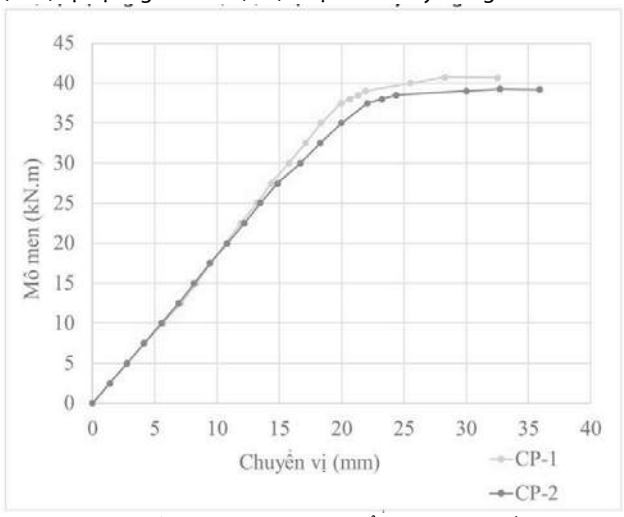
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm uốn 4 điểm để xác định khả năng chịu lực của cấu kiện dầm. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Chuyển vị và biến dạng tại vị trí giữa dầm

CP-1			CP-2		
Mô men	Chuyển vị	Biến dạng	Mô men	Chuyển vị	Biến dạng
(kN.m)	(mm)	(με)	(kN.m)	(mm)	(με)
0,00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
2,50	1,381	190,448	2,50	1,381	157,698
5,00	2,762	429,858	5,00	2,762	362,320
7,50	4,143	684,387	7,50	4,143	580,747
10,00	5,650	930,800	10,00	5,524	782,930
12,50	7,090	1200,448	12,50	6,900	1000,940
15,00	8,310	1460,650	15,00	8,130	1242,520
17,50	9,490	1681,500	17,50	9,415	1480,560
20,00	10,707	1901,084	20,00	10,827	1745,548
22,50	11,896	2113,645	22,50	12,183	1992,400
25,00	13,194	2333,449	25,00	13,459	2224,630
27,50	14,349	2530,531	27,50	14,854	2456,298
30,00	15,758	2749,675	30,00	16,695	2718,997
32,50	17,092	2969,088	32,50	18,263	2983,817
35,00	18,343	3206,208	35,00	19,980	3308,076
37,50	19,950	3403,763	37,50	22,069	4014,766
38,00	20,627	3465,537	38,00	23,243	4103,461
38,50	21,324	3519,811	38,50	24,358	-
39,00	21,926	3555,587	39,00	30,013	-
40,00	25,495	3646,294	39,25	32,720	-
40,75	28,278	3879,578	39,19	35,900	-
40,69	32,510	3904,937	-		-

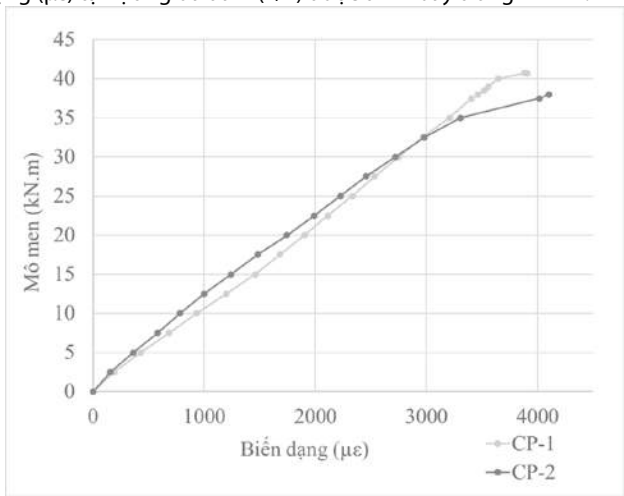
Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mô men (kN.m) và chuyển vị (mm) tại vị trí giữa dầm (L/2) được trình bày trong Hình 3.



Hình 3. Quan hệ khả năng chịu mô men và chuyển vị tại vị trí giữa dầm.

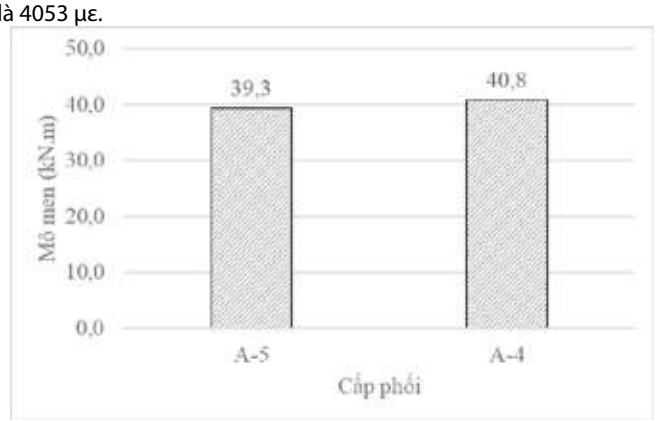
Đường cong của hai cấp phối CP-1 và CP-2 gần như trùng nhau ở giai đoạn đầu khi mô men từ 0 đến 20 kN.m. Điều này cho thấy cả hai cấp phối đều có độ cứng tương đương trong giai đoạn này. Phản ánh tính chất đàn hồi tương đồng của hai loại dầm trong giai đoạn này. Mô men từ 20 kN.m trở đi biểu đồ cho thấy độ chuyển vị của CP-2 tăng nhanh hơn so với CP-1, chứng tỏ độ cứng cấu kiện dầm sử dụng CP-1 được duy trì tốt hơn.

Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mô men (kN.m) và biến dạng (με) tại vị trí giữa dầm (L/2) được trình bày trong Hình 4.



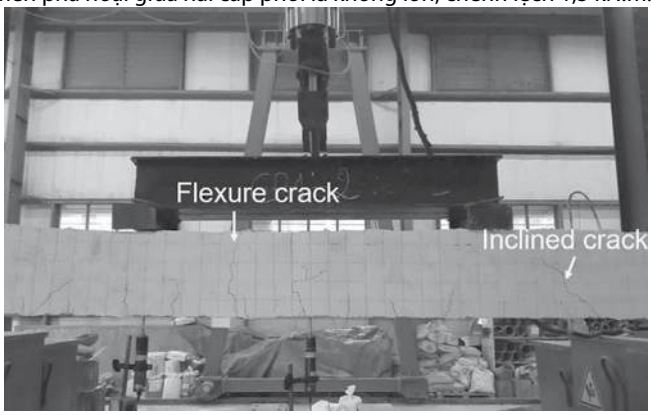
Hình 4. Quan hệ khả năng chịu mô men và biến dạng tại vị trí giữa dầm

Biến dạng của cả hai cấp phối không khác nhau quá lớn. Biến dạng ở mô men tối đa của cấp phối CP-1 là 3880 με, cấp phối CP-2 là 4053 με.

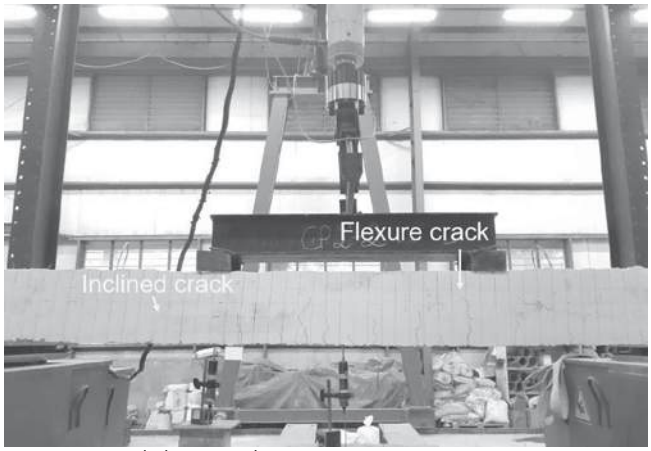


Hình 5. Mô men giới hạn của dầm

Cấu kiện dầm với CP-1 có mô men phá hoại cao hơn (40,75 kN.m) so với cấu kiện với CP-2 (39,25 kN.m). Sự khác biệt về mô men phá hoại giữa hai cấp phối là không lớn, chênh lệch 1,5 kN.m.



Hình 6. Phân bố vết nứt trên dầm CP-1



Hình 7. Phân bố vết nứt trên dầm CP-2

Trong dầm bê tông, nứt xảy ra khi cường độ kéo của bê tông vượt quá ứng suất kéo chính. Nứt uốn xảy ra ở vùng có mô men lớn nhất ở phía chịu kéo và vết nứt vuông góc với trục dọc của dầm. Trong khi đó, gần các điểm gia tải có lực cắt lớn, do ứng suất kéo chéo được tạo ra ở khoảng 45° so với trục dầm dẫn đến sự phát triển của các vết nứt nghiêng. Trong quá trình thực nghiệm nhận thấy vết nứt uốn xuất hiện trước và phát triển ở vùng giữa nhịp dầm sau khi tải trọng tăng vết nứt nghiên xuất hiện và bắt đầu phát triển lúc này sự phân bố lại ứng suất xảy ra và thép đai được kích hoạt khả năng chịu cắt chống lại tải trọng tải trọng tăng đến lúc phá hoại dầm nhận thấy vết nứt uốn phát triển sâu vào vùng kéo hơn cho thấy dầm bị phá hủy do uốn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu từ bài báo đánh giá được khả năng ứng dụng bê tông geopolymer sử dụng xỉ chế tạo cấu kiện dầm bê tông cốt thép chịu lực không dưỡng hộ nhiệt:

- Cấu kiện dầm bê tông geopolymer với cấp phối chứa 90% xỉ lò cao CP-1 cho thấy khả năng chịu lực tốt hơn so với cấp phối chứa 100% xỉ lò cao CP-2. Mô men phá hoại của dầm CP-1 đạt 40,8 kN.m, cao hơn dầm CP-2 với mô men phá hoại 39,3 kN.m. Xét về độ võng, dầm CP-1 cũng có giá trị chuyển vị bé hơn so với CP-2. Điều này phù hợp với kết quả cường độ chịu nén của các mẫu bê tông, trong đó cấp phối 90% xỉ đạt cường độ cao hơn. Mặc dù dầm GPC 100% xỉ lò cao có độ võng lớn hơn và lực phá hoại thấp hơn so với dầm 90% xỉ 10% tro bay nhưng sự chênh lệch không đáng kể. Điều này chứng minh rằng việc thay thế hoàn toàn tro bay bằng xỉ là khả thi trong việc ứng dụng xây dựng.
- Các mẫu cấu kiện dầm bê tông geopolymer sử dụng hai cấp phối có hàm lượng xỉ lò cao 100% và 90% xỉ kết hợp 10% tro bay được dưỡng hộ trong điều kiện tự nhiên đều có khả năng chịu uốn phù hợp để ứng dụng trong xây dựng mà không cần quá trình dưỡng hộ nhiệt.

Hướng phát triển tiếp theo là nghiên cứu ứng dụng bê tông geopolymer vào các cấu kiện chịu lực khác như cột và sàn trong công trình xây dựng không cần dưỡng hộ nhiệt. Việc thử nghiệm và đánh giá hiệu suất của bê tông geopolymer trong các cấu kiện này sẽ giúp hiểu rõ hơn về khả năng chịu lực của vật liệu trong điều kiện tải trọng phức tạp. Việc không cần dưỡng hộ nhiệt giúp làm đơn giản quá trình thi công, tiết kiệm kinh phí và giảm gây ô nhiễm môi trường.

Acknowledgement: This work belongs to the project grant No: T2024-95 funded by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. Davidovits, "Global warming impact on the cement and aggregates industries," World resource review, vol. 6, no. 2, pp. 263-278, 1994.

[2]. Phan Đức Hùng, Phạm Đức Thiện, Nguyễn Trọng Nam, "Ảnh hưởng của một số phế phẩm công nghiệp đến cường độ chịu nén của bê tông geopolymer," Tạp chí Xây dựng, pp. 113-120, 04.2021.

[3]. Lê Anh Tuấn, Phan Đức Hùng, "Tính chất cơ học của bê tông geopolymer sử dụng tro bay gia cường sợi poly-propylene," Tạp chí KHCN Xây dựng, pp. 60-67, 1.2016.

[4]. D. Hardjito, S. E. Wallah, D. M. Sumajouw, and B. V. Rangan, "On the development of fly ash-based geopolymer concrete," Materials Journal, vol. 101, no. 6, pp. 467-472, 2004.

[5] P. Nath and P. K. Sarker, "Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition," Construction and Building materials, vol. 66, pp. 163-171, 2014.

[6]. M. Olivia and H. Nikraz, "Properties of fly ash geopolymer concrete designed by Taguchi method," Materials & Design (1980-2015), vol. 36, pp. 191-198, 2012.

[7]. Tiêu chuẩn quốc gia, "TCVN 11586:2016 về Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa," Hà Nội, 2016.

[8]. ASTM International, "STM C618-19: Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete," West Conshohocken, 2019.

[9]. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam, "Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 7570:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật," Hà Nội: Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường chất lượng, 2006.

[10]. V. D. Anh và P. D. Hùng, "Ảnh hưởng hàm lượng xỉ lò cao thay thế cho tro bay đến cường độ nén của bê tông Geopolymer," Tạp chí Xây dựng, vol. 11, no. 2, pp. 156-160, 2024

■Ngày nhận bài: 19/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2025

Nghiên cứu ảnh hưởng của bão hòa đến chỉ số nén sập của đất sét đầm chặt

The influence of degree of saturation on collapse potential index of compacted soil

> PGS.TS NGUYỄN MINH ĐỨC[1], THS NGUYỄN VĂN HIỆP[2*]
[1]GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM; Email: ducnm@hcmute.edu.vn
[2]HVCH Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM; *Email: nv.hiep.31@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày kết quả thí nghiệm xác định chỉ số nén sập của đất sét nạo vét lòng kênh tỉnh Bến Tre. Mẫu thí nghiệm được chế bị với khoảng mức độ đầm chặt và độ ẩm lần lượt là 85%-100% và 12.0%-20.5%. Kết quả cho thấy khi chuyển sang trạng thái bão hòa, mẫu đất sét có độ ẩm và độ chặt ban đầu nhỏ nhất xảy ra độ lún nén sập lớn nhất. Với mức độ đầm chặt tối thiểu 97% và độ ẩm lớn hơn 19.0%, đất sét Bến Tre có mức độ sập lún không đáng kể (chỉ số nén sập I_e < 0.1%). Mức độ sập lún này có thể đạt được khi độ bão hòa không nhỏ hơn 75%. Ngược lại, đất sét có mức độ sập lún nghiêm trọng, I_e > 6.0 khi độ bão hòa nhỏ hơn 38%.

Từ khóa: Độ bão hòa; chỉ số nén sập; mức độ đầm chặt.

ABSTRACT

The study presents a series of laboratory tests to measure the collapse potential index of dredged clay in Ben Tre Province. Test variation includes compaction ratios ranging from 85% to 100% and moisture contents from 12.0% to 20.5%. The results indicate that the soil specimens prepared at the lowest initial moisture content and compaction ratio exhibited the highest collapse potential index. Ben Tre clay showed negligible collapse potential (i.e., I_e < 0.1%) at a minimum compaction ratio of 97% and moisture content above 19.0%. At least 75% saturation of the specimens also achieved this collapse level. Conversely, the clay exhibited severe collapse settlement (i.e., I_e > 6.0%) when the initial degree of saturation was below 38%.

Keywords: Degree of saturation; collapse potential Index; compaction ratio.

1. GIỚI THIỆU

Việc ứng dụng đất sét nạo vét lòng sông làm vật liệu thay thế cát san lấp trong xây dựng đường giao thông nông thôn tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long đang được xem xét kỹ lưỡng, dựa trên những ưu điểm đáng chú ý về tính thân thiện môi trường, trữ lượng vật liệu dồi dào và chi phí khai thác thấp. Tuy nhiên, tiềm năng này đi kèm với những thách thức kỹ thuật đáng kể. Đất sét nạo vét có đặc tính cơ lý phức tạp, đặc trưng bởi hệ số rỗng cao, độ bão hòa lớn, tính thoát nước kém và dung trọng khô thấp, đòi hỏi các biện pháp xử lý kỹ thuật tiên tiến để đảm bảo cường độ chịu lực cần thiết cho công trình.Trong điều kiện công nghệ hiện tại, việc sử dụng đất sét nạo vét thường bị giới hạn trong các công trình đường giao thông nông thôn có chiều cao đắp nhỏ hơn 2m. Quy trình thi công tiêu chuẩn bao gồm giai đoạn chờ cố kết kéo dài sáu tháng sau khai thác, tiếp theo là đầm nén bề mặt. Tuy nhiên, hiệu quả của quá trình đầm nén bị hạn chế bởi năng lực của thiết bị hiện có, dẫn đến tình trạng các lớp đất sâu hơn không đạt được độ chặt yêu cầu, duy trì độ ẩm cao và hệ số rỗng lớn. Điều này làm tăng nguy cơ nén sập, đặc biệt dưới tác động của các yếu tố môi trường biến đổi như sự thay đổi mùa vụ hoặc mực nước ngầm.

Đất phù sa, đất trầm tích kể trên được coi là một loại đất có nguy cơ nén sập. Đất nén sập được mô tả là loại đất chuyển sang trạng thái bão hòa, dưới tác động của tải trọng, gây ra quá trình sắp xếp lại hạt theo phương ngang từ đó giảm thể tích gây ra độ lún, biến dạng của đất nền. Điển hình là các kết cấu đất có trọng lượng riêng nhỏ, trầm tích chưa cố kết chứa hạt thô được dính kết bởi các hạt mịn hoặc hạt sét hoặc bởi sức căng bề mặt của nước tại mặt phân cách giữa nước và không khí [1].

Theo L. Barden và cộng sự [2], nguyên nhân của nén sập trong đất sét do cấu trúc bông của các hạt sét, đặc biệt trong kết cấu của sét đầm chặt. Thông thường, khi thêm nước vào sẽ kích hoạt sự nén sập trong kết cấu đất. Quá trình nén sập trong đất có thể xảy ra bở sự gia tăng ứng suất vượt quá cường độ của đất hoặc giảm cường độ của đất xuống dưới ứng suất bên ngoài. Bên cạnh đó, I. Egretli và R.N. Singh [3], D.G. Fredlund và J.K. Gan [4] đều cho thấy nén sập xảy ra ngay khi đất bị bão hòa. Độ lún lớn nhất nén sập xảy ra với mẫu đất có hệ số rỗng lớn nhất.

Mức độ nén sập của đất được xác định thông qua chỉ số nén sập I_e được định nghĩa theo tiêu chuẩn ASTM D5333-92 [5].

$$I_e = \frac{d_f - d_i}{h_0} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

d_f và d_i lần lượt là biến dạng dọc trục của mẫu tại cấp tải trọng 200kPa trong điều kiện nén 1 trục không nở hông trước và sau khi làm bão hòa mẫu thí nghiệm

h_0 là chiều cao ban đầu của mẫu thí nghiệm.

Bảng 1 phân loại mức độ sập lún nghiêm trọng theo chỉ số nén sập Ie của đất nền, trong đó, có thể bỏ qua nguy cơ nén sập khi có chỉ số Ie < 1 [5]. Chỉ số nén sập nhỏ hơn 1% cũng cho thấy đất nền ổn định khi có sự thay đổi về độ ẩm [6].

S. Thornton và K. Arulanandan [7], E.A. Nowatzki [8] đã chỉ ra ảnh hưởng của các đại lượng ban đầu của đất như độ ẩm, hệ số rỗng, trọng lượng riêng khô, mức độ đầm chặt đến ứng xử nén sập của đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ ẩm ban đầu và áp lực nén là 2 đại lượng cơ bản ảnh hưởng đến ứng xử nén sập. N. Phien-wej và cộng sự [9] cũng thấy rằng độ ẩm càng nhỏ thì áp lực cực hạn gây nén sập càng lớn. Bên cạnh đó, độ chặt càng nhỏ (hệ số rỗng càng lớn), đất càng có nguy cơ cao tạo ra độ sập lớn khi bão hòa. Các nghiên cứu trên đã cho thấy các đại lượng ban đầu gồm độ ẩm, hệ số rỗng, mức độ đầm chặt ảnh hưởng lớn đến ứng xử đầm nén của đất. Tuy nhiên, khá ít nghiên cứu chuyên sâu chỉ rõ ảnh hưởng của độ bão hòa ban đầu của đất đầm chặt đến chỉ số nén sập. Nghiên cứu thực hiện các thí nghiệm trong phòng nhằm xác định chỉ số nén sập của đất sét nạo vét tại tỉnh Bến Tre. Các mẫu thí nghiệm được chế bị bằng cách đầm chặt tại các mức độ đầm và độ ẩm khác nhau, từ đó xác định ảnh hưởng của các điều kiện ban đầu đối với chỉ số nén sập của mẫu thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu sẽ bổ sung thêm những hiểu biết về chỉ số nén sập của đất sét nạo vét đầm chặt tại tỉnh Bến Tre.

Bảng 1. Phân loại mức độ sập lún của đất nén sập ASTM D5333-92 [5]

Chỉ số nén sập, Ip	*Mức độ sập lún*
0-0.1	*Không có*
0.1-2.0	*Mức độ nhẹ*
2.1-6.0	*Trung bình*
6.1-10	*Nghiêm trọng*
>10	*Cực kỳ nghiêm trọng*

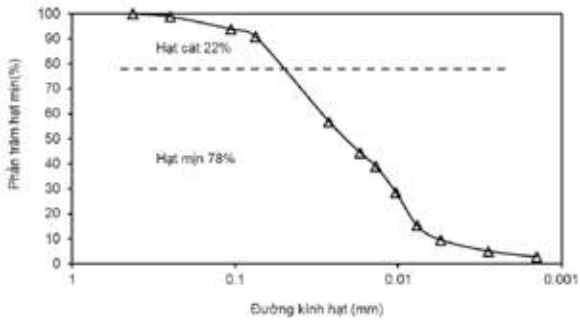
2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Đất sét

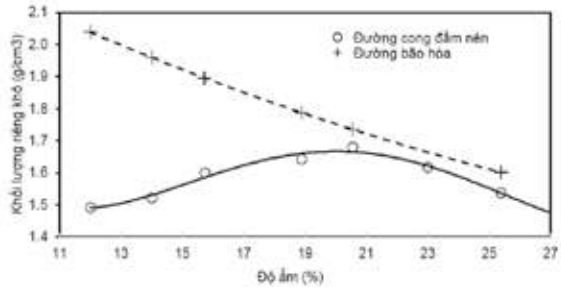
Nghiên cứu sử dụng đất nạo vét từ lòng kênh tại tỉnh Bến Tre sau đó tiến hành các thí nghiệm để xác định các tính chất cơ lý cơ bản. Các giới hạn Atterberg được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D318-17 [10], với giới hạn chảy, LL = 47.0, giới hạn dẻo, PL= 25.8. Biểu đồ phân bố thành phần hạt được thể hiện trong **Hình 1**, trong đó hàm lượng hạt mịn khoảng 78%. Kết quả thí nghiệm đầm Proctor tiêu chuẩn cho thấy đó độ ẩm tối ưu và trọng lượng riêng khô lớn nhất lần lượt là 20.54% và 1.69 g/cm3 (**Hình 2**). Dựa theo phân loại USCS (Unified Soil Classification System) [11], đất thí nghiệm được phân loại là CL (Bảng 2).

Bảng 2. Tính chất cơ bản của đất sét nạo vét lòng sông

Tính chất	Đơn vị	Giá trị
Giới hạn chảy, LL	-	47.00
Giới hạn dẻo, PL	-	25.80
Chỉ số dẻo, PI	-	21.20
Phần trăm hạt mịn	%	78.0
Dung trọng riêng khô lớn nhất, ρ_{dmax}	g/cm^3	1.68
Độ ẩm tối ưu, OMC	%	20.54
Tỷ trọng hạt, G_s	-	2.70
Phân loại đất (USCS)	-	CL



Hình 1. Biểu đồ phân bố hạt của đất sét Bến Tre



Hình 2. Kết quả thí nghiệm đầm Proctor tiêu chuẩn của đất sét Bến Tre

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Mẫu đất sét được xử lý sơ bộ bằng phương pháp phơi khô tự nhiên, tiếp theo là nghiền mịn bằng cối và chày. Quá trình sàng lọc qua rây #4 được thực hiện nhằm loại bỏ các tạp chất hữu cơ và hạt thô. Mẫu đất đã sàng được sấy khô liên tục trong 24 giờ ở nhiệt độ 110°C để loại bỏ hoàn toàn độ ẩm. Ngay sau khi sấy, mẫu được bảo quản trong túi nhựa kín để ngăn ngừa sự hấp thụ độ ẩm từ môi trường. Sau khi làm nguội đến nhiệt độ phòng, đất được trộn với nước theo tỷ lệ xác định để đạt được độ ẩm mong muốn. Hỗn hợp đất được dán nhãn và ủ trong túi nhựa trong vòng 48 giờ để đảm bảo sự phân bố độ ẩm đồng đều.

Thí nghiệm nén sập được tiến hành tuân thủ theo tiêu chuẩn ASTM D5333-96 [5], trong đó tải trọng được gia tăng theo các cấp 12.5, 25, 50, 100 và 200 kPa. Mỗi cấp tải trọng được duy trì trong thời gian một giờ nhằm đảm bảo sự ổn định của mẫu và hạn chế tối đa sự mất nước. Quy trình thí nghiệm bao gồm giai đoạn gia tải trong điều kiện khô kéo dài 5 giờ, tiếp theo là giai đoạn bão hòa mẫu trong 24 giờ dưới tải trọng không đổi 200 kPa bằng cách cấp nước từ đáy mẫu. Tổng thời gian thí nghiệm cho mỗi mẫu là 29 giờ. Theo ASTM 5333-96 [5], việc bão hòa mẫu đất từ đáy là yêu cầu bắt buộc nhằm loại bỏ hiện tượng khí bị giữ lại trong mẫu. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này không quy định cụ thể lượng nước cần thiết, mà chỉ tập trung vào quá trình chuyển pha từ trạng thái chưa bão hòa sang bão hòa hoàn toàn.

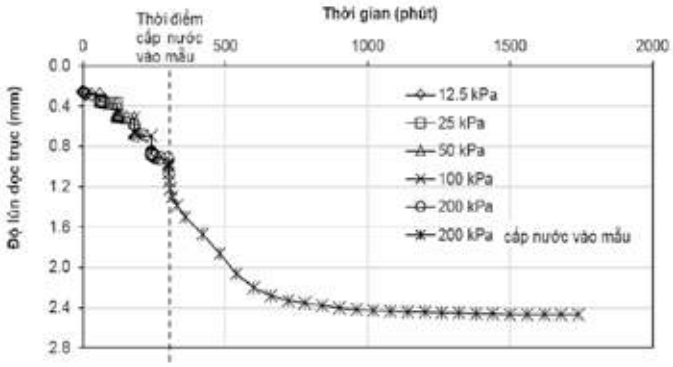
Mặc dù đất được đầm chặt ở độ ẩm tối ưu sẽ có hệ số đầm chặt lớn nhất, luôn được cân nhắc khi thi công thực tế ngoài công trường. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này một quy trình thí nghiệm được thiết kế với hệ số đầm chặt K trong khoảng từ 85% đến 100%. Độ ẩm ban đầu của mẫu, ω_0 được kiểm soát trong phạm vi từ 12.0% đến 20.5%, nhằm mô phỏng các điều kiện độ ẩm khác nhau của đất sét trong thực tế đến tính nén sập của đất sét nạo vét lòng sông mà các nghiên cứu trước chưa đánh giá. Độ ẩm và hệ số đầm chặt được cho trong bảng 3 với tổng cộng có 25 mẫu thí nghiệm.

Bảng 3. Các thông số ban đầu về độ ẩm và hệ số đầm chặt

Độ ẩm, ω_0 (%)	Mức độ đầm chặt, K (%)
20.5, 19.0, 16.0, 14.0, 12.0	100; 97; 95; 90; 85

3. KẾT QUẢ

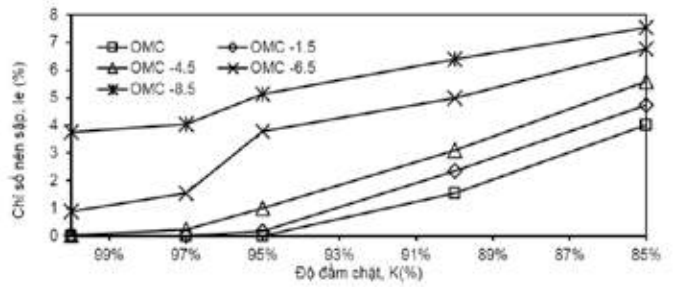
3.1. Kết quả thí nghiệm xác định chỉ số nén sập của đất sét Bến Tre



Hình 3. Kết quả thí nghiệm nén sập của mẫu đầm chặt tại độ ẩm ban đầu, $\omega_0 = 12\%$ và độ chặt K = 85%

Hình 3 thể hiện kết quả của thí nghiệm nén sập của mẫu thí nghiệm trong 29h thí nghiệm, trong đó, tải trọng được gia tăng từ 12.5 kPa đến 200 kPa. Sau 5h gia tải, nước được cấp vào mẫu thí nghiệm và gây ra độ lún nén sập. Dựa theo kết quả thí nghiệm, chỉ số nén sập được tính theo công thức (1). Kết quả thí nghiệm của các mẫu được tổng hợp trong bảng 4. Kết quả cho mẫu đất có độ ẩm càng nhỏ và mức độ đầm chặt ban đầu càng thấp, càng có chỉ số nén sập cao (Hình 4). Kết quả này phù hợp với những nghiên cứu trước của N. Phien-wej và cộng sự [9], S.M. Rao và cộng sự [12] về ảnh hưởng của độ ẩm và mức độ đầm chặt ban đầu đối với chỉ số nén sập. Bên cạnh đó, độ ẩm càng nhỏ hơn độ ẩm tối ưu (miền khô của OMC) càng gây ra chỉ số nén sập lớn. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu đối với các loại đất hoàng thổ A. Howayek và cộng sự [13]; đất granit gneiss tại đông bắc Brazil của J.H.F. Pereira và D.G. Fredlund [14]; đất đá ong của B.R. Phanikumar và cộng sự [15] và các loại đất tái tạo từ hỗn hợp đất cát và đất hạt mịn của H.A. Alawaji [16], K. Abbeche và cộng sự [17].

3.2. Ảnh hưởng mức độ đầm chặt đến chỉ số nén sập



Hình 4. Tương quan chỉ số nén sập theo độ chặt và độ ẩm ban đầu của các mẫu thí nghiệm.

Mức độ đầm chặt, K ảnh hưởng lớn đến chỉ số nén sập của đất sét. Với độ chặt K ≥ 97% và độ ẩm tối thiểu 19%, đất sét Bến Tre có chỉ số nén sập không đáng kể, Ie ≤ 0.1% (Bảng 4). Tuy nhiên, với độ ẩm 12%, mẫu đất sét đầm chặt vẫn có thể gây ra mức độ sập lún trung bình đến nghiêm trọng tùy thuộc vào mức độ đầm chặt ban đầu với Ie = 3.75-7.55% theo xếp hạng chỉ số nén sập ASTM 5333-96 [5]. Trong đó, đất sét đầm chặt tại K=90% và K = 85% sẽ có mức độ sập lún ở cấp độ nguy hiểm với chỉ số nén sập 6.38% và 7.55%, gây ra sự mất ổn định cho kết cấu đất đầm chặt. Như vậy, trong vòng đời của kết cấu đất tại độ chặt K ≤ 90, khi chuyển từ trạng thái khô sang trạng thái bão hòa, kết cấu đất có thể gây ra độ lún sập nghiêm trọng (Hình 4).

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm nén sập đất sét Bến Tre đầm chặt tại độ ẩm và độ chặt khác nhau

Thí nghiệm	Độ ẩm ban đầu, ω_0 (%)	Mức độ đầm chặt K (%)	Chỉ số nén sập I_e (%)	Xếp hạng mức độ sập lún (ASTM 5333-96)
1		1.00	0.00	Không có
2		0.97	0.01	Không có
3	20.5	0.95	0.02	Không có
4		0.90	1.56	Mức độ nhẹ
5		0.85	4.07	Trung bình
6		1.00	0.01	Không có
7		0.97	0.03	Không có
8	19.0	0.95	0.17	Không có
9		0.90	1.87	Mức độ nhẹ
10		0.85	4.74	Trung bình
11		1.00	0.03	Không có
12		0.97	0.22	Không có
13	16.0	0.95	0.99	Mức độ nhẹ
14		0.90	2.35	Trung bình
15		0.85	5.60	Trung bình
16		1.00	0.89	Mức độ nhẹ
17		0.97	1.56	Mức độ nhẹ
18	14.0	0.95	3.79	Trung bình
19		0.90	5.00	Trung bình
20		0.85	6.78	Nghiêm trọng
21		1.00	3.75	Trung bình
22		0.97	4.03	Trung bình
23	12.0	0.95	5.13	Trung bình
24		0.90	6.39	Nghiêm trọng
25		0.85	7.55	Nghiêm trọng

3.3. Ảnh hưởng độ bão hòa đến mức độ sập lún

Độ bão hòa ban đầu của mẫu thí nghiệm được tính theo công thức

$$S_r = \frac{G_s \times \omega_0}{e_0} \times 100\% \quad (2)$$

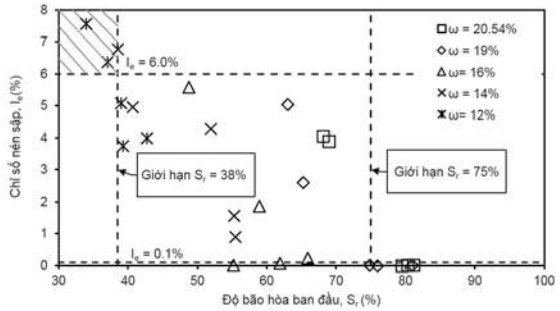
Trong đó: e_0 = hệ số rỗng ban đầu của mẫu đất

G_s = tỷ trọng hạt

ω_0 = độ ẩm ban đầu

Kết quả phân tích cho thấy độ bão hòa ban đầu ảnh hưởng lớn đến chỉ số nén sập. Hình 5 cho thấy mẫu thí nghiệm hầu như không xảy ra độ lún sập khi độ bão hòa ban đầu của mẫu lớn. Trong đó, khi độ bão hòa ban đầu S_r lớn hơn 75%, mẫu thí nghiệm hầu như không có có độ lún sập với chỉ số nén sập nhỏ hơn 0.1%. Giới hạn về độ bão hòa ban đầu này phù hợp với kết quả được đề xuất bởi E.C. Lawton và cộng sự [18]. Cụ thể, nhằm đảm bảo chỉ số nén sập I_e nhỏ hơn 1%, nghiên cứu đề xuất giới hạn độ bão hòa không nên nhỏ hơn 15% so với độ bão hòa tại độ ẩm tối ưu và độ chặt K = 100%, $S_{r(opt)}$. Đối với đất sét thí nghiệm, giới hạn độ bão hòa này là 75% tương ứng với độ bão hòa $S_{r(opt)}$= 90%.

Đặc biệt, khi độ bão hòa ban đầu nhỏ hơn 38%, chỉ số nén sập của mẫu thí nghiệm lớn hơn 6% (Hình 5). Kết quả này xấp xỉ với độ bão hòa Sr = 40% gây ra mức độ sập lún lớn nhất đối với mẫu đất đầm chặt tại K = 75% đề xuất bởi A.R. Booth [19].



Hình 5. Tương quan chỉ số nén sập theo độ bão hòa ban đầu của mẫu đất sét Bến Tre sau khi đầm chặt

Bảng 5 đề xuất giới hạn độ bão hòa S_r nhằm đánh giá mức độ sập lún đối với đất sét Bến Tre đầm chặt. Trong đó, khi độ bão hòa ban đầu của đất nhỏ hơn 38%, khi chuyển sang trạng thái bão hòa, kết cấu đất sẽ có khả năng chịu độ lún nén sập trên mức nghiêm trọng với I_e > 6.0. Ngược lại, với độ bão hòa lớn hơn 75%, kết cấu đất sét đầm chặt hầu như không xảy ra nén sập khi bão hòa (Ie < 0.1%). Những giới hạn về độ bão hòa này cũng phù hợp với giới hạn bão hòa đưa ra bởi A.R. Booth [19] và E.C. Lawton và cộng sự [18] (Bảng 5).

Bảng 5. Phân loại chỉ số nén sập theo độ bão hòa ban đầu đối với đất sét Bến Tre đầm chặt

Giới hạn S_r	I_e(%)	Mức độ sập lún	Giới hạn đề xuất từ tài liệu tham khảo
≤ 38%	I_e > 6.0	Trên mức trung bình	$S_r \leq 40\%$ A.R. Booth [19]
≥ 75%	I_e < 0.1	Không có	$S_r \geq S_{r(opt)} - 15\%$ E.C. Lawton và cộng sự [18]

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu trình bày chỉ số nén sập của đất sét Bến Tre dưới các điều kiện ban đầu khác nhau gồm độ ẩm, mức độ đầm chặt và độ bão hòa. Nghiên cứu cho thấy những điều kiện ban đầu này là những đại lượng quyết định đến mức độ xảy ra lún nén sập của đất sét Bến Tre khi chuyển từ trạng thái ban đầu sang trạng thái bão hòa. Một số kết luận cụ thể bao gồm:

- Mức độ đầm chặt ảnh hưởng chặt chẽ đến độ lún nén sập của mẫu đất sét khi chuyển trạng thái bão hòa. Kết quả nghiên cứu cho thấy đất sét Bến Tre sau khi đầm chặt với mức độ đầm chặt K ≥ 97%, mẫu đất thí nghiệm có số chỉ số nén sập rất nhỏ, Ie < 0.1% tương ứng với miền độ ẩm khảo sát từ 19% đến 20.5%. Ngược lại, với mức độ đầm chặt thấp, K ≤ 90%, khi chuyển từ trạng thái khô sang trạng thái bão hòa, kết cấu đất có thể gây ra cấp độ lún sập nghiêm trọng với Ie ≥ 6.38%.

- Độ ẩm ban đầu của đất sét đầm chặt càng nhỏ, khi chuyển sang trạng thái bão hòa, độ lún sập càng lớn. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi độ ẩm của đất ω_0=12%, mức độ sập lún từ thay đổi từ trung bình đến nghiêm trọng khi giảm mức độ đầm chặt từ 100% xuống 85%.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy độ bão hòa ban đầu của đất sét đầm chặt ảnh hưởng lớn đến chỉ số nén sập. Mẫu thí nghiệm có chỉ số nén sập lớn khi độ bão hòa ban đầu của mẫu nhỏ và ngược lại. Nghiên cứu đề xuất giá trị giới hạn độ bão hòa tối thiểu 75% nhằm đảm bảo kết cấu đất sét Bến Tre đầm chặt không xảy ra lún sập khi bão hòa (tương ứng với chỉ số nén sập nhỏ hơn 0.1%). Nghiên cứu cũng đưa giới hạn độ bão hòa nhỏ hơn 38% sẽ gây ra mức độ sập lún nghiêm trọng đối với kết cấu đất sét sau khi bão hòa (I_e > 6.0%).

Các kết luận nghiên cứu dựa trên kết quả thí nghiệm trong phòng thí nghiệm đối với đất sét nạo vét lòng kênh tại tỉnh Bến Tre, Việt Nam. Nghiên cứu đề xuất những giới hạn về độ bão hòa ban đầu nhằm đánh giá chỉ số nén sập của đất sét đầm chặt trong quá trình thi công và sử dụng công trình đất đắp. Kết quả nghiên cứu cho thấy tầm quan trọng mức độ đầm chặt K ≥ 97% kết hợp với độ ẩm tối thiểu 19% hoặc duy trì độ bão hòa tối thiểu 75% nhằm phòng tránh ảnh hưởng của quá trình bão hòa gây ra độ lún nén sập cho công trình đất sét đầm chặt. Nghiên cứu cũng cho thấy tầm quan trọng cần bảo vệ khối đất sét đầm chặt bị bão hòa trong quá trình sử dụng.

Acknowledgement: This work belongs to the project grant No: T2024-87 funded by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. P.C. Knodel. Characteristics and problems of collapsible soil. US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver Office, Research and Laboratory Services Division, Materials Engineering Branch, p. 15, 1992.

[2]. L. Barden, A. McGown, và K. Collins. The collapse mechanism in partly saturated soil. Engineering Geology, vol. 7. p. 49-60, 1973.

[3]. I. Egretli và R.N. Singh. A laboratory investigation into the effects of air void and water saturation on the collapse settlement of opencast mine backfill. Mining Science and Technology, vol 7, p. 87-97, 1988.

[4]. D.G. Fredlund và J.K. Gan. The collapse mechanism of a soil subjected to one-dimensional loading and wetting. ASIC, vol 468. p. 173-205, 1995.

[5]. ASTM 5333-92. Standard test method for measurement of collapse potential of soils. The America, p 3, 1996.

[6]. M.A. Khodabandeh, G. Nagy và A. Török. Stabilization of collapsible soils with nanomaterials, fibers, polymers, industrial waste, and microbes: Current trends. Construction and Building Materials, vol 368, p. 130463, 2023.

[7]. S. Thornton và K. Arulanandan. Collapsible soils, State-of-the-art. Idaho Transportation Department, Division of Highways, 26th Annual Highway Geology Symposium, Boise, p. 205-219, 1975.

[8]. E. A. Nowatzki. A Critical Evaluation of Collapse Criteria for Soils in Tucson, Arizona. Proc. Int. Arid Lands Res. Dev. Conf., Phoenix, AZ, 1985.

[9]. N. Phien-Wej, T. Pientong và A.S. Balasubramaniam. Collapse and strength characteristics of loess in Thailand. Engineering Geology, vol 32, p. 59-72, 1992.

[10]. ASTM D4318-17e1. Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. The America, p. 3, 2010.

[11]. USCS. Unified soil classification system. The America, vol 52, p. 61- 62, 1982.

[12]. S.M. Rao và K. Revanasiddappa. Influence of cyclic wetting drying on collapse behaviour of compacted residual soil. Geotechnical & Geological Engineering, vol 24, p. 725-734, 2006.

[13]. A. Howayek, P. Huang, R.V. Bisnett và M. Santajata. Identification and behavior of collapsible soils. Purdue University. Joint Transportation Research Program, p. 75, 2011.

[14]. J.H.F. Pereira và D.G. Fredlund. Volume change behavior of collapsible compacted gneiss soil. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol 126, p. 907-916, 2000.

[15]. B.R. Phanikumar, R. Raghav và K. Bhargav. Collapse behavior of lateritic soil. Geomechanics and Geoengineering, vol 11, p. 119-124, 2016.

[16]. H.A. Alawaji. Settlement and bearing capacity of geogrid-reinforced sand over collapsible soil. Geotextiles and Geomembranes, vol 19, p. 75-88, 2001.

[17]. K. Abbeche, F. Hammoud và T. Ayadat. Influence of relative density and clay fraction on soils collapse. Experimental Unsaturated Soil Mechanics, vol 112, p. 3-9, 2007.

[18]. E.C. Lawton, R.J. Fragaszy và M.D. Hetherington. Review of wettinginduced collapse in compacted soil. Journal of Geotechnical Engineering, vol 118, p. 1376-1394, 1992.

[19]. A.R. Booth. Collapse settlement in compacted soils. National Institute for Transport and Road Research (South Africa), 1997.

■Ngày nhận bài: 24/3/2025 ■Ngày sửa bài: 09/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/5/2025

Hiệu chỉnh ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng vật kính ảnh nhiệt bằng sử dụng kỹ thuật học sâu

Correcting the impact of temperature variations on the image quality of thermal imaging optical system using deep learning techniques

> TS.KTS LÊ KIM THƯ, PGS.TS LÊ VĂN NHU, TS NGUYỄN QUANG HIỆP, TS NGUYỄN TRUNG THÀNH
Học viện Kỹ thuật quân sự

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất một giải pháp hai bước nhằm khử ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng ảnh thu được từ hệ thống vật kính ảnh nhiệt (VKAN). Ở bước đầu tiên, mô hình học được huấn luyện để phục hồi ảnh mờ ở các mức nhiệt độ khác nhau về gần với ảnh tại nhiệt độ thiết kế (20°C), giúp tạo ra tập dữ liệu đầu vào có chất lượng đồng đều. Bước thứ hai sử dụng ảnh đầu ra từ bước 1 làm ảnh huấn luyện và ảnh gốc, ảnh tham chiếu để tiếp tục cải thiện chất lượng ảnh bằng mô hình học sâu. Việc chia nhỏ khoảng nhiệt độ trong bước 1 giúp cải thiện độ chính xác khi phục hồi ảnh. Kết quả ảnh mô phỏng đã chứng minh khả năng khử ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng tạo ảnh của VKAN và nâng cao chất lượng ảnh. Giải pháp đề xuất mang tính thích nghi cao, mở ra hướng ứng dụng hiệu quả kỹ thuật học sâu trong xử lý ảnh nhiệt biến đổi theo môi trường.

Từ khóa: Vật kính ảnh nhiệt, kỹ thuật học sâu và xử lý ảnh.

ABSTRACT

In this study, we propose a two-stage solution to eliminate the impact of temperature variations on the image quality produced by thermal imaging optical systems. In the first stage, a learning model is trained to restore blurred images captured at different temperatures to resemble those at the design temperature (20°C), thereby creating an input dataset with uniform quality. The second stage uses the output images from the first step as training data and the original high-quality images as references to further enhance image quality through a deep learning model. Dividing the temperature range into smaller intervals in the first step improves the accuracy of image restoration. The simulation results demonstrate the capability of the proposed approach to effectively correct temperature-induced degradation and improve image quality in thermal imaging optical systems. This adaptive solution paves the way for the efficient application of deep learning techniques in processing thermal images affected by environmental changes.

Keywords: Thermal imaging optical systems; deep learning techniques; image processing.

1. GIỚI THIỆU

Vật kính ảnh nhiệt (VKAN) đóng vai trò thiết yếu trong các hệ thống khí tài quang học sử dụng công nghệ ảnh nhiệt, với nhiệm vụ chính là hội tụ bức xạ hồng ngoại để tạo ảnh lên mặt phẳng cảm biến. Để đáp ứng yêu cầu hoạt động liên tục cả ngày lẫn đêm trong các vùng phổ hồng ngoại trung bình và xa, cụ thể là khoảng 3-5 µm hoặc 8-14 µm (Holst, G. C., 2006; Rogalski, A., 2011; Vollmer, M. and Möllmann, K.-P., 2010), các vật kính này thường được chế tạo từ các vật liệu tinh thể như Germanium (Ge), Kẽm Seleniua (ZnSe), và Silic (Si). Những vật liệu này có đặc điểm quang học nhạy cảm với sự biến đổi của nhiệt độ (Palik, E. D., 2017; Bennett, J. M., and Ashley, E. J., 1968). Sự thay đổi nhiệt độ môi trường có thể dẫn đến các biến thiên về chiết suất, độ cong bề mặt (bán kính), cũng như độ dày của các thành phần thấu kính. Hệ quả là vị trí mặt phẳng ảnh bị dịch chuyển khỏi vị trí tiêu chuẩn, nơi cảm biến được đặt, gây ra hiện tượng quang sai do mất tiêu cự (defocus). Đây chính là yếu tố chủ yếu làm suy giảm chất lượng ảnh trong điều kiện nhiệt độ không ổn định. Để khắc phục vấn đề này, đã có nhiều giải pháp kỹ thuật được nghiên cứu và ứng dụng nhằm bù trừ sai lệch tiêu cự. Các phương pháp này bao gồm: phương pháp bù cơ khí (Bennett, J. M., and Ashley, E. J., 1968), phương pháp bù quang học (Kim, J. and Kim, J., 2013), phương pháp cơ-điện (Zhang, X. et al., 2018).

Nhiều phương pháp đã được nghiên cứu nhằm bù trừ ảnh hưởng của nhiệt độ lên hiệu suất của VKAN, mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng. Việc duy trì chất lượng ảnh ổn định trong điều kiện môi trường nhiệt độ thay đổi là một thách thức quan trọng trong thiết kế và ứng dụng các hệ thống ảnh nhiệt, đặc

biệt trong các lĩnh vực yêu cầu cao như quốc phòng, hàng không vũ trụ, và giám sát công nghiệp ngoài trời.

Phương pháp bù cơ khí là một phương pháp bù thụ động, trong đó các thành phần cơ khí của hệ thống quang học được thiết kế sao cho sự giãn nở nhiệt của các vật liệu sẽ tự động điều chỉnh vị trí các thấu kính để duy trì tiêu cự. Thiết kế này dựa trên việc kết hợp các vật liệu có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau (CTE) để tạo nên một cơ cấu dịch chuyển thấu kính theo nhiệt độ một cách tự động. Tuy nhiên, nhược điểm lớn của phương pháp này là yêu cầu thiết kế cơ khí rất phức tạp, đòi hỏi sự phối hợp chính xác giữa các vật liệu có hệ số giãn nở khác nhau. Hơn nữa, phạm vi bù trừ bị giới hạn và thường chỉ tối ưu tại một dải nhiệt độ hẹp. Số lượng vật liệu thích hợp để chế tạo khung đỡ quang học cũng khá hạn chế, ảnh hưởng đến tính linh hoạt của thiết kế (Holst, G. C., 2006; Rogalski, A., 2011).

Phương pháp bù quang học có hai hướng tiếp cận chính. Hướng thứ nhất là thiết kế vật kính ảnh nhiệt theo nguyên lý tự bù nhiệt (passive optical athermalization), tức là cấu trúc hệ quang được tối ưu sao cho các hiệu ứng nhiệt tác động lên các phần tử quang học sẽ tự triệt tiêu lẫn nhau. Phương pháp này giúp duy trì vị trí mặt phẳng ảnh gần như không đổi trong một phạm vi nhiệt độ nhất định. Tuy nhiên, khả năng bù trừ sẽ bị suy giảm đáng kể khi khẩu độ số (NA) tăng cao, vì các sai số quang học khó kiểm soát hơn trong trường hợp này (Vollmer, M. and Möllmann, K.-P., 2010). Hướng tiếp cận thứ hai là tích hợp mặt nạ pha (phase mask) vào hệ quang để điều chỉnh đáp ứng không gian của hệ thống. Mục tiêu là làm cho hàm phân bố điểm ảnh (PSF) trở nên bất biến với nhiệt độ. Điều này cho phép ảnh đầu ra duy trì độ phân giải gần nhiễu xạ bất chấp thay đổi nhiệt độ. Tuy nhiên, do ảnh đầu ra không phải là ảnh sắc nét ngay lập tức, phương pháp này yêu cầu xử lý ảnh hậu kỳ để tái lập lại ảnh chất lượng cao. Quá trình xử lý này tốn thời gian và tài nguyên tính toán, đồng thời làm tăng độ phức tạp của hệ thống tích hợp (Schwartz, O. et al., 2017; Rivenson, Y., Stern, A., and Javidi, B., 2014).

Phương pháp cơ-điện là một phương pháp chủ động, ngày càng được quan tâm nhờ tính chính xác và linh hoạt. Trong phương pháp này, cảm biến nhiệt độ được gắn trực tiếp trên thân hoặc thấu kính của VKAN để đo nhiệt độ thời gian thực. Dựa trên dữ liệu nhiệt, một hoặc nhiều phần tử quang học (thường là thấu kính cuối) sẽ được điều khiển dịch chuyển theo trục quang học để điều chỉnh lại vị trí mặt phẳng ảnh. Cơ chế truyền động có thể là động cơ bước, piezoelectric, hoặc actuator tuyến tính. Ưu điểm nổi bật của phương pháp này- là khả năng bù trừ liên tục trên dải nhiệt độ rộng và không phụ thuộc vào đặc tính vật liệu. Tuy nhiên, nó yêu cầu hệ thống điều khiển chính xác, tốc độ phản hồi nhanh và việc chế tạo các linh kiện cơ khí quang học tích hợp rất tinh vi, phức tạp (Bennett, J. M., and Ashley, E. J., 1968; Zhang, X. et al., 2018).

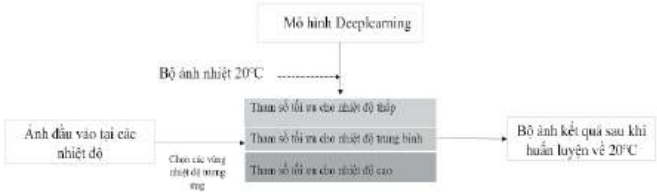
Trong những năm gần đây, kỹ thuật học sâu (deep learning) đã nổi lên như một công cụ then chốt trong việc giải quyết nhiều bài toán kỹ thuật phức tạp, đặc biệt là trong lĩnh vực xử lý ảnh. Học sâu không chỉ cho phép khôi phục ảnh bị suy giảm chất lượng mà còn tăng cường chi tiết và độ rõ nét, giúp tái tạo lại hình ảnh gần với thực tế hơn trong nhiều điều kiện khác nhau. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một phương pháp hai bước nhằm khử ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng ảnh do (VKAN) tạo ra. Bước đầu tiên tập trung vào việc chuẩn hóa ảnh nhiệt ở các mức nhiệt độ khác nhau về trạng thái tương đương với ảnh tại mức nhiệt độ tối ưu (20°C). Bước thứ hai ứng dụng mô hình học sâu để nâng cao chất lượng ảnh đã được hiệu chỉnh từ bước một, hướng đến việc tái lập ảnh có chất lượng gần nhất với ảnh thu được trong điều kiện tối ưu. Giải pháp đề xuất không chỉ mang lại tính linh hoạt và khả năng thích nghi cao mà còn mở ra hướng đi mới cho việc cải tiến hiệu suất của các hệ thống quang học hồng ngoại trong các điều kiện nhiệt độ thay đổi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối với các hệ thống quang học sử dụng vật kính ảnh nhiệt, chất lượng ảnh thu được đạt mức tối ưu nhất tại nhiệt độ môi trường xung quanh là 20°C. Nguyên nhân là vì trong quá trình thiết kế và chế tạo vật kính ảnh nhiệt, các thông số quang học đã được tối ưu hóa để hoạt động hiệu quả nhất tại nhiệt độ này. Do đó, khi nhiệt độ môi trường thay đổi và không còn duy trì ở mức 20°C, các đặc tính quang học của vật kính, chẳng hạn như tiêu cự hay chỉ số truyền dẫn, có thể bị ảnh hưởng dẫn đến suy giảm hiệu suất hình ảnh. Mức độ suy giảm chất lượng ảnh tỉ lệ thuận với độ lệch nhiệt độ so với mốc 20°C: càng xa nhiệt độ thiết kế, ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng ảnh càng nghiêm trọng.

Trước thực tế đó, trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp nhằm khắc phục và loại bỏ ảnh hưởng tiêu cực của sự thay đổi nhiệt độ đến chất lượng ảnh của vật kính ảnh nhiệt. Giải pháp bao gồm hai bước chính như sau:

Bước 1: Nhóm tác giả đề xuất phương pháp hiệu chỉnh ảnh nhiệt được chụp ở các mức nhiệt độ khác nhau về trạng thái tương đương với ảnh thu được tại 20°C - mức nhiệt độ tối ưu của vật kính ảnh nhiệt. Đây là ngưỡng nhiệt độ mà tại đó các thông số quang học của vật kính được thiết kế để đạt hiệu suất tối đa, do đó ảnh tại 20°C có chất lượng cao nhất. Khi nhiệt độ thay đổi, các sai lệch quang học phát sinh sẽ làm suy giảm độ nét và độ chính xác của ảnh. Việc quy chuẩn ảnh từ các nhiệt độ khác nhau về điều kiện 20°C giúp đảm bảo tính đồng nhất về chất lượng ảnh. Trong quá trình này, các ảnh bị suy giảm chất lượng do ảnh hưởng của nhiệt độ sẽ được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho quá trình huấn luyện mô hình, trong khi các ảnh chụp tại 20°C sẽ đóng vai trò là ảnh chất lượng cao để làm cơ sở tham chiếu.



Hình 1. Quá trình huấn luyện đưa ảnh ở nhiệt độ khác nhau về ảnh ở nhiệt độ 20°C

Bước 2: Quá trình nâng cao chất lượng ảnh được thực hiện dựa trên ảnh đã được khôi phục từ bước 1. Trong giai đoạn này, ảnh khôi phục sẽ đóng vai trò là dữ liệu đầu vào cho mô hình học sâu. Đồng thời, các ảnh chất lượng cao - được sử dụng làm nhãn trong quá trình huấn luyện - sẽ là các ảnh gốc thu được từ mô phỏng tại điều kiện tối ưu. Sự kết hợp giữa ảnh đầu vào bị suy giảm và ảnh nhãn chất lượng cao giúp mô hình học sâu học được cách tái tạo lại ảnh rõ nét và chính xác hơn. Qua đó, hệ thống có thể cải thiện đáng kể chất lượng ảnh đầu ra, ngay cả khi ảnh ban đầu chịu ảnh hưởng tiêu cực từ sự thay đổi nhiệt độ.



Hình 2. Quá trình huấn luyện đưa các ảnh khôi phục ở bước 1 về ảnh gốc

VKAN được thiết kế nhằm đảm bảo hiệu suất quang học cao tại nhiệt độ 20°C có cấu hình như Hình. Các thông số kỹ thuật cụ thể của VKAN sử dụng trong nghiên cứu bao gồm:

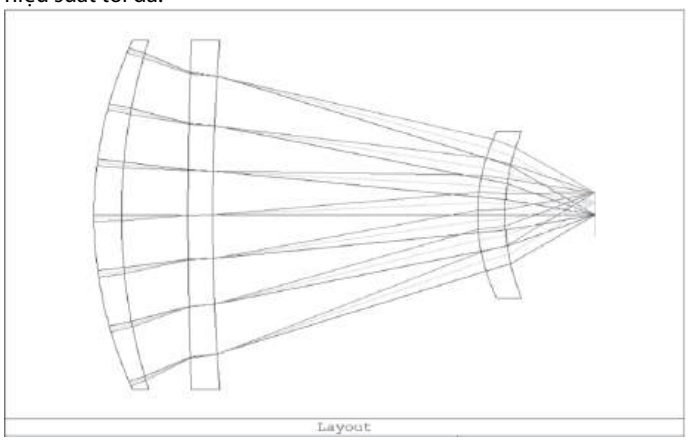
• Tiêu cự (focal length): 40 mm. Đây là thông số xác định độ phóng đại và góc nhìn của hệ quang học, đồng thời ảnh hưởng đến kích thước vùng ảnh được ghi nhận trên cảm biến.

• Số khẩu độ (F-number / F/#): 1. Giá trị F/# thấp cho phép hệ thống thu nhận nhiều năng lượng bức xạ hồng ngoại hơn, góp phần nâng cao độ nhạy nhiệt và cải thiện độ tương phản ảnh trong điều kiện ánh sáng yếu.

• Thị giới (Field of view - FOV): 7,60 độ. Thị giới cho biết góc nhìn tối đa mà vật kính có thể bao quát, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng quan sát không gian và kích thước ảnh tạo ra.

• Dải phổ hoạt động: 8-11 µm. Đây là vùng phổ hồng ngoại xa (LWIR) nơi mà các cảm biến hồng ngoại hoạt động hiệu quả, đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng quan sát trong điều kiện ban đêm hoặc môi trường có độ tương phản nhiệt cao.

• Nhiệt độ thiết kế: 20°C. Đây là mức nhiệt độ tại đó hệ thống quang học được tối ưu hóa. Tại nhiệt độ này, các thông số quang học như chiết suất, tiêu cự và bề mặt quang được thiết kế để đạt hiệu suất tối đa.



Hình 3. Cấu hình của VKAN

Quá trình tạo ảnh của hệ thống quang học với đầu thu có thể được mô tả theo công thức dưới đây:

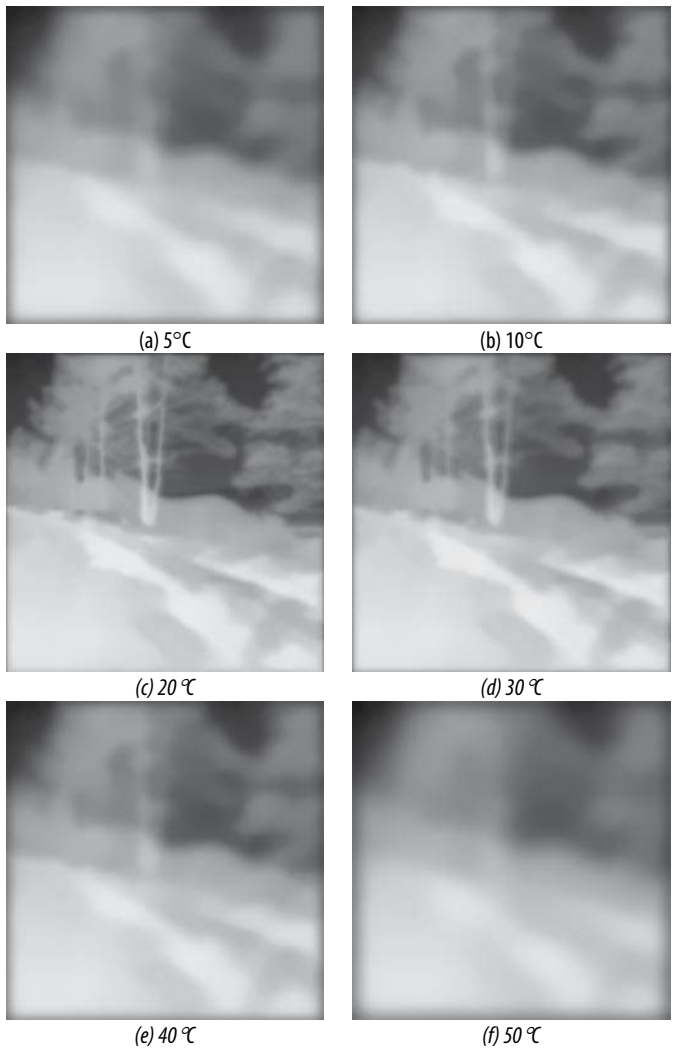
$$I(x, y) = \int\int PSF(x', y') * O(x - x', y - y')\, dx'\, dy' \quad (1)$$

trong đó, I(x, y) là ảnh thu được tại vị trí điểm ảnh (x, y) trên cảm biến; O(x', y') là vật cần chụp, có vị trí tại điểm (x', y'); PSF(x', y') là hàm nhòe điểm sinh ra bởi vật kính ảnh nhiệt, mô tả sự phân bố ánh sáng do vật kính tạo ra khi ánh sáng qua hệ quang học. PSF có thể được tính toán và thu được từ các phần mềm quang học như Zemax.



Hình 4. Ảnh gốc.

Để quan sát sự suy giảm chất lượng ảnh do sự thay đổi nhiệt độ, chúng ta xem xét một ảnh gốc, như được minh họa trong Hình 4, làm ảnh đầu vào cho quá trình mô phỏng. Ảnh thu được ở các giá trị nhiệt độ khác nhau, cụ thể là tại các mức 5°C, 10°C, 20°C, 30°C, 40°C, và 50°C. Các ảnh này sẽ được so sánh với ảnh của hệ thống quang học ở những nhiệt độ khác nhau, được trình bày trong Hình 5. Như có thể thấy, ảnh ở nhiệt độ 20°C cho kết quả tốt nhất, vì đây là mức nhiệt độ thiết kế của VKAN, nơi hệ thống quang học hoạt động hiệu quả nhất. Khi nhiệt độ lệch so với 20°C, chất lượng ảnh bắt đầu suy giảm. Mức độ suy giảm chất lượng ảnh càng lớn khi nhiệt độ lệch càng xa 20°C, đặc biệt là khi nhiệt độ giảm xuống 5°C hoặc tăng lên đến 50°C. Các ảnh chụp tại nhiệt độ 5°C và 50°C cho thấy sự suy giảm rõ rệt về độ sắc nét và chi tiết, phản ánh ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến hiệu suất của hệ thống quang học.



(a) 5°C (b) 10°C

(c) 20 °C (d) 30 °C

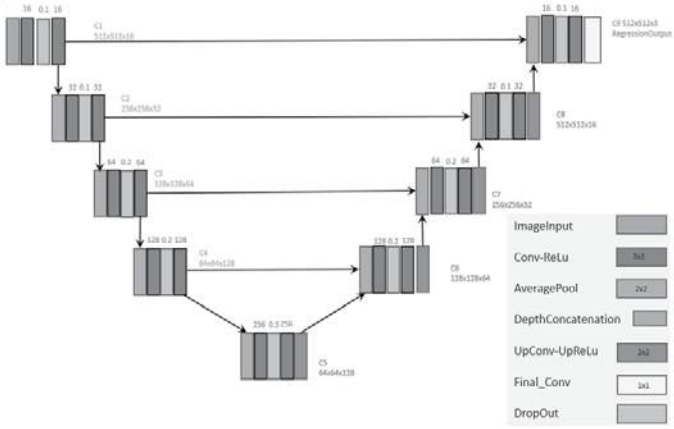
(e) 40 °C (f) 50 °C

Hình 5. Ảnh của VKAN tại các nhiệt độ môi trường khác nhau

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bài báo này sử dụng mô hình học sâu U-Net, được thiết kế cho phân đoạn ảnh với kiến trúc hình chữ U bao gồm một bộ mã hóa và giải mã (hình 2). Bộ mã hóa sử dụng các lớp tích chập 3x3 và lớp giảm chiều trung bình 2x2 để trích xuất đặc trưng từ ảnh đầu vào (512x512x1). Tại mỗi bước mã hóa, ảnh được xử lý qua các lớp tích chập với hàm kích hoạt ReLU để phát hiện các đặc trưng cơ bản như các cạnh, sau đó là bước giảm chiều không gian thông qua pooling để giảm kích thước không gian đồng thời giữ lại các đặc trưng quan trọng. Số lượng kênh đặc trưng gấp đôi ở mỗi bước giảm mẫu, cho phép mô hình trích xuất các đặc trưng ngày càng phức tạp và bộ mã hóa xuất ra một ảnh có kích thước 64x64x128.

Chuẩn bị dữ liệu huấn luyện: Dữ liệu hàm truyền điểm (PSF) được tạo ra bằng phần mềm Zemax - một công cụ nổi tiếng và chuyên dụng trong thiết kế hệ thống quang học. Phần mềm này cho phép mô phỏng các hàm PSF tương ứng với từng mức nhiệt độ khác nhau của môi trường. Dựa trên các hàm PSF thu được, ảnh tạo bởi vật kính ảnh nhiệt được mô phỏng theo phương trình (1). Trong khuôn khổ nghiên cứu này, ảnh hưởng của nhiễu không được tính đến. Như đã trình bày trong phần phương pháp đề xuất, quá trình xử lý gồm hai bước chính. Ở bước thứ nhất, dữ liệu ảnh mờ do ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ môi trường được chuẩn bị, trong đó ảnh tại nhiệt độ 20°C - mức nhiệt độ thiết kế tối ưu của vật kính - được chọn làm ảnh tham chiếu. Ở bước tiếp theo, ảnh được khôi phục từ bước 1 sẽ đóng vai trò là dữ liệu đầu vào cho quá trình huấn luyện mô hình học sâu, còn ảnh tham chiếu ở 20°C sẽ được sử dụng làm ảnh gốc để đối chiếu.



Hình 6. Mô hình mạng học sâu Unet

Hàm tối ưu hóa: Mean Squared Error (MSE) là một trong những hàm mất mát phổ biến nhất trong học sâu, đặc biệt là trong các bài toán xử lý ảnh. Công thức MSE được định nghĩa như sau:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

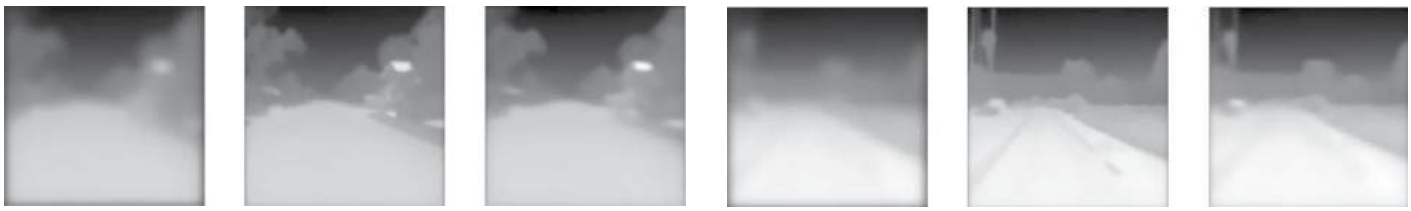
MSE tính toán độ chênh lệch bình phương giữa giá trị dự đoán và thực tế, giúp mô hình học cách giảm sai số ở mức pixel. Mạng học sâu được triển khai và huấn luyện trên nền tảng Google Colab. Trong quá trình huấn luyện, mạng sẽ tự động điều chỉnh các tham số bên trong nhằm tối ưu khả năng khôi phục ảnh từ chất lượng thấp lên chất lượng cao. Quá trình này được thực hiện thông qua việc học từ cặp dữ liệu gồm ảnh đầu vào bị suy giảm chất lượng và ảnh tham chiếu tương ứng có chất lượng tốt.

Hàm đánh giá chất lượng ảnh: Trong bài báo này, hai chỉ số phổ biến là SSIM (Structural Similarity Index Measurement) và PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) được lựa chọn để đánh giá mức độ chất lượng của ảnh sau xử lý. SSIM là chỉ số đo lường mức độ tương đồng về mặt cấu trúc giữa hai ảnh, dựa trên ba thành phần chính: độ sáng, độ tương phản, và cấu trúc không gian. SSIM cho giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1, trong đó giá trị gần 1 biểu thị sự giống nhau gần như tuyệt đối giữa ảnh đánh giá và ảnh gốc. Chỉ số này đặc biệt hữu ích trong việc đánh giá các phương pháp khôi phục hoặc tái tạo ảnh vì nó phản ánh được đặc trưng thị giác của con người. PSNR là chỉ số đánh giá chất lượng ảnh dựa trên độ chính xác của tín hiệu ảnh sau khi trải qua quá trình nén hoặc xử lý, được tính toán thông qua sai số bình phương trung bình (MSE - Mean Squared Error). PSNR được biểu diễn bằng đơn vị decibel (dB), với giá trị càng cao càng cho thấy độ sai lệch thấp giữa ảnh gốc và ảnh tái tạo.

Tại bước 1, ảnh được mô phỏng tương ứng với các mức nhiệt độ cách nhau 5°C nhằm tạo dữ liệu huấn luyện hướng tới ảnh chuẩn ở 20°C. Việc chia nhỏ dải nhiệt độ theo bước 5°C giúp các ảnh khôi phục từng bước tiến gần hơn đến ảnh chuẩn, từ đó cải thiện độ chính xác của quá trình khôi phục. Nhờ vậy, chất lượng ảnh đầu vào cho bước 2 trở nên đồng đều hơn, tạo tiền đề cho quá trình huấn luyện và phục hồi ảnh đạt hiệu quả cao hơn. Kết quả tối ưu thu được ở bước 1 được trình bày trong Bảng 1. Dễ dàng nhận thấy rằng các chỉ số đánh giá chất lượng ảnh, bao gồm SSIM và PSNR, đều có sự cải thiện rõ rệt khi khôi phục ảnh về điều kiện chuẩn tại 20°C. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đầu vào càng lệch xa so với 20°C, chất lượng ảnh khôi phục có xu hướng giảm, thể hiện qua việc các chỉ số SSIM và PSNR thấp hơn. Điều này cho thấy mức độ ảnh hưởng của độ lệch nhiệt độ đến khả năng tái tạo ảnh chuẩn, đồng thời cũng xác nhận tính hợp lý của việc chia nhỏ dải nhiệt độ trong bước xử lý đầu tiên. Kết quả được thể hiện trên Hình. Dễ dàng nhận thấy ảnh tại 20°C (b, e) giữ được mức độ chi tiết và sắc nét cao nhất. Trong khi đó, ảnh mờ tại các nhiệt độ lệch (a, d) thể hiện rõ sự suy giảm về chất lượng như mất nét, giảm độ tương phản. Sau bước xử lý khôi phục, ảnh (c) và (f) cho thấy mức cải thiện đáng kể về mặt trực quan so với ảnh mờ ban đầu, đặc biệt là trong việc khôi phục các chi tiết cảnh vật và ranh giới vật thể. Tuy nhiên, chất lượng khôi phục vẫn bị ảnh hưởng nhất định nếu mức nhiệt độ lệch quá xa so với ngưỡng 20°C.

Bảng 1. Kết quả SSIM và PSNR cho ảnh mờ và ảnh khôi phục bước 1

Ảnh	Chỉ số	Các điểm nhiệt độ								
		5:10	10:15	15:20	20:25	25:30	30:35	35:40	40:45	45:50
Ảnh mờ	SSIM	0,72	0,75	0,91	0,96	0,83	0,69	0,71	0,55	0,49
	PSNR	25,3	28,8	29,6	30,2	29,2	26,5	26,1	24,5	20,1
Ảnh khôi phục bước 1	SSIM	0,87	0,89	0,92	0,96	0,92	0,89	0,85	0,82	0,78
	PSNR	29,8	32,7	36,5	37,5	35,7	33,4	31,4	28,9	26,3



(a) ảnh mờ tại 5°C *(b) ảnh tại 20°C* *(c) ảnh khôi phục* *(d)ảnh mờ tại 50°C* *(e) ảnh tại 20°C* *(f) ảnh khôi phục*

Hình 7. Ảnh mờ (bên trái), ảnh tại 20 (ở giữa) và ảnh khôi phục (bên phải) tại các nhiệt độ khác nhau.

Sau khi thực hiện bước 1 - đưa các ảnh mờ về gần với chất lượng ảnh tại nhiệt độ thiết kế (20°C), bước tiếp theo là nâng cao chất lượng ảnh thông qua mô hình học sâu. Cụ thể, ảnh đã được khôi phục ở bước 1 sẽ được sử dụng làm ảnh đầu vào cho mô hình học, trong khi ảnh gốc sẽ đóng vai trò là ảnh tham chiếu (ground truth) để huấn luyện và đánh giá hiệu quả. Quá trình này nhằm mục tiêu khôi phục các chi tiết bị mất mát, tăng cường độ sắc nét và cải thiện cấu trúc hình ảnh, từ đó mang lại chất lượng ảnh cao hơn và gần hơn với ảnh lý tưởng tại điều kiện nhiệt độ thiết kế.



(a) tại 5 ℃



(b) tại 10 ℃



(c) tại 35 ℃



(d) tại 45 ℃

Hình 8. Ảnh khôi phục bước 1 (bên trái), ảnh gốc (ở giữa) và ảnh khôi phục bước 2 (bên phải).

Hình 8 minh họa kết quả của bước 2 trong quy trình khôi phục ảnh. Ở mỗi hàng, từ trái sang phải lần lượt là: ảnh khôi phục ở bước 1, ảnh gốc, và ảnh khôi phục sau bước 2. Có thể thấy rằng mô hình học sâu ở bước 2 đã làm nổi bật lại các chi tiết bị mất trong ảnh khôi phục bước 1, đưa chất lượng ảnh tiến gần hơn tới ảnh gốc. Đặc biệt trong các trường hợp nhiệt độ lệch nhiều khỏi 20°C, bước 2 giúp nâng cao độ sắc nét và cấu trúc ảnh rõ rệt hơn, góp phần cải thiện hiệu quả tổng thể của quá trình khôi phục ảnh nhiệt. Ảnh khôi phục bước 2 đạt giá trị PSNR = 28,7và SSIM = 0,89 so với ảnh gốc tại 5°C. Ảnh khôi phục bước 2 đạt giá trị PSNR = 32,3 và SSIM = 0,93 so với ảnh gốc tại 10°C. Ảnh khôi phục bước 2 đạt giá trị PSNR = 31,5 và SSIM = 0,94 so với ảnh gốc tại 35°C. Ảnh khôi phục bước 2 đạt giá trị PSNR = 26,3 và SSIM = 0,78 so với ảnh gốc tại 45°C. Các giá trị này nói lên rằng khoảng nhiệt độ càng xa giá trị 20°C thì khả năng khôi phục về ảnh gốc sẽ kém hơn. Tuy nhiên, chất lượng ảnh khôi phục ở bước 2 là được cải thiện hơn ảnh khôi phục ở bước 1.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất một phương pháp hai bước sử dụng kỹ thuật học sâu để khử ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ lên chất lượng ảnh trong hệ thống vật kính ảnh nhiệt (VKAN). Bước đầu tiên nhằm mục tiêu chuẩn hóa ảnh đầu vào bằng cách phục hồi ảnh mờ về gần với ảnh tại nhiệt độ thiết kế. Điều này giúp tạo ra tập dữ liệu huấn luyện đồng đều và ổn định cho bước tiếp theo. Ở bước hai, mô hình được huấn luyện để nâng cao chất lượng ảnh đầu ra bằng cách so sánh với ảnh gốc, từ đó cho phép cải thiện sâu hơn chi tiết và cấu trúc ảnh. Kết quả thực nghiệm cho thấy chất lượng ảnh được cải thiện rõ rệt, đặc biệt với các mức nhiệt độ gần với nhiệt độ thiết kế. Tuy nhiên, với nhiệt độ lệch quá lớn, khả năng khôi phục vẫn còn hạn chế và cần được nghiên cứu thêm. Giải pháp đề xuất chứng minh hiệu quả của việc kết hợp giữa mô phỏng quang học và học sâu trong xử lý ảnh nhiệt. Hướng phát triển tiếp theo có thể tập trung vào mô hình học thích nghi theo thời gian thực hoặc mở rộng cho nhiều dải phổ khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bennett, J. M., and Ashley, E. J. (1968). Temperature dependence of the refractive index of Germanium and Silicon. Applied Optics, Vol. 7, No. 8.

[2]. Ebrahim, A. et al. (2017). Mechanically Tuned Athermalization in IR Optical Systems. Optical Engineering.

[3]. Holst, G. C. (2006). Electro-Optical Imaging System Performance. SPIE Press.

[4]. Kim, J. and Kim, J. (2013). Optical athermalization design for IR lenses using passive optical elements. Infrared Physics & Technology, Vol. 59.

[5]. Palik, E. D. (2017). Handbook of Optical Constants of Solids, Academic Press.

Rogalski, A. (2011). Infrared Detectors, CRC Press.

[6]. Rivenson, Y., Stern, A., and Javidi, B. (2014). Computational imaging techniques for thermal systems," IEEE Access, Vol. 2.

[7]. Vollmer, M. and Möllmann, K.-P. (2010). Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications, Wiley-VCH.

[8]. Schwartz, O. et al. (2017). Phase masks for temperature-invariant imaging in IR systems. Optics Express, Vol. 25, No. 6.

[9]. Zhang, X. et al. (2018). Electro-mechanical compensation system for infrared imaging optics under temperature variation," Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 272.

■Ngày nhận bài: 05/3/2025 ■Ngày sửa bài: 15/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/5/2025

Nghiên cứu ứng dụng tro bay nhà máy nhiệt điện Phả Lại trong quản lý xây dựng nền đường khu vực Đồng bằng sông Hồng

A study on the utilization of fly ash from the pha lai thermal power plant for roadbed construction management in the Red river Delta region

> TS LÊ THÁI BÌNH[1], **TS CHU VIỆT THỨC**[2]
[1]Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng, Trường Đại học Điện lực; Email: binhlt@epu.edu.vn
[2]Phòng Quản lý khoa học & Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Điện lực; Email: thuccv@epu.edu.vn

TÓM TẮT

Dùng tro bay từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại vào việc gia cố nền đất yếu trong quản lý xây dựng công trình, nhằm cải thiện tính chất cơ lý của đất và giảm chi phí xây dựng. Nghiên cứu kết hợp lý thuyết và thí nghiệm thực tế trong phòng để đánh giá khả năng làm việc của đất gia cố tro bay. Kết quả thí nghiệm cho thấy việc bổ sung tro bay và xi măng giúp tăng cường cường độ chịu nén và chịu uốn của đất gia cố. Bài báo đề xuất ứng dụng này cho các công trình giao thông tại khu vực Đồng bằng sông Hồng, nơi đất yếu chiếm diện tích lớn. Ngoài việc cải thiện tính chất đất, việc sử dụng tro bay cũng góp phần bảo vệ môi trường và giảm tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên.

Từ khóa: Tro bay; nhiệt điện Phả Lại, đất gia cố.

ABSTRACT

This study explores the use of fly ash from the Pha Lai Thermal Power Plant for stabilizing weak soil foundations in construction, aiming to enhance the geotechnical properties of the soil and reduce construction costs. The research combines theoretical analysis and laboratory experiments to evaluate the performance of fly ash-stabilized soils. Experimental results indicate that the addition of fly ash and cement significantly improves the compressive and flexural strength of the treated soil. The paper proposes this application for transportation infrastructure projects in the Red River Delta region, where weak soils are widespread. In addition to improving soil properties, the use of fly ash contributes to environmental protection and reduces the consumption of natural resources.

Keywords: Fly ash; Pha Lai thermal power plant; stabilized soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình xây dựng các công trình dân dụng, công nghiệp, giao thông hay thủy lợi tại Việt Nam, việc phải đặt móng trên nền đất yếu là hiện tượng khá phổ biến. Loại đất này xuất hiện nhiều tại các vùng đồng bằng, đặc biệt là ở Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long. Riêng tại khu vực Đồng bằng sông Hồng, đất yếu không chỉ phân bố rộng mà còn có đặc điểm địa chất rất phức tạp. Các lớp đất yếu thường nằm sát mặt đất tự nhiên, chủ yếu tập trung ở những khu vực gần sông và cửa biển - nơi có điều kiện thủy văn đặc biệt, khiến cho nền đất có sức chịu tải thấp. Ngoài ra, chiều dày lớn và tính chất không đồng nhất của các lớp đất yếu càng làm tăng độ khó trong thi công và thiết kế móng. Để đảm bảo ổn định công trình, việc xử lý nền tại những khu vực này thường đòi hỏi các giải pháp kỹ thuật phức tạp hoặc phải sử dụng móng sâu, từ đó kéo theo chi phí xây dựng tăng cao đáng kể.

Theo thông tin từ Bộ Công Thương, tính đến khoảng cuối năm 2023, Việt Nam có 33 nhà máy nhiệt điện than đang vận hành [1] với tổng lượng than tiêu thụ hàng năm lên tới trên 48 triệu tấn. Quá trình đốt than này tạo ra khoảng 17 triệu tấn tro, xỉ mỗi năm. Tuy nhiên, phần lớn lượng chất thải rắn này hiện vẫn chưa được tái sử dụng hiệu quả, do nhiều nhà máy chưa triển khai các giải pháp xử lý và tận dụng một cách đồng bộ và triệt để. Dự báo đến năm 2025, số lượng nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam sẽ tăng lên 47, và tiếp tục đạt mốc 64 nhà máy vào năm 2030. Sự gia tăng này đồng nghĩa với lượng tro, xỉ phát sinh sẽ còn tiếp tục tăng mạnh nếu không có biện pháp quản lý và tái sử dụng phù hợp, từ đó đặt ra thách thức lớn đối với công tác bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Subhan Ahmad và các cộng sự đã tiến hành tổng quan một cách có hệ thống các nghiên cứu trước đây về hiệu quả của tro bay như một chất ổn định đất trong việc cải thiện hành vi cơ học của đất trương nở. Việc bổ sung các tỷ lệ khác nhau của tro bay (từ 25-40%) vào đất trương nở cho thấy sự cải thiện rõ rệt về hành vi dẻo (lên đến 30-33%), cường độ cắt nén (40-48%), khả năng kháng xuyên (52-55%), cùng với độ trương nở thấp hơn (42-48%) và độ nén lún (36-40%) của hỗn hợp tro bay - đất. Hơn nữa, sự ổn định thể tích (trương/phồng và co ngót) của đất sét được quy cho sự thay đổi khoáng vật và thành phần hóa học do các phản ứng pozzolan tích cực gây ra. Nghiên cứu này có thể mang lại hiệu quả lớn trong việc

tìm ra một giải pháp ổn định thay thế để giải quyết các vấn đề về tính chất kép của đất trương nở [2].

Theo Viện Vật liệu Xây dựng, Bộ Xây dựng, do trước đây chưa có quy định bắt buộc về việc xử lý và sử dụng tro, xỉ nên các nhà máy phát thải chỉ cần đảm bảo đáp ứng yêu cầu về môi trường mà không quan tâm đến việc tái sử dụng lượng chất thải này. Tro, xỉ chủ yếu được lưu chứa tạm thời, chưa được định hướng khai thác làm nguyên liệu cho sản xuất vật liệu xây dựng hay ứng dụng trong các hạng mục công trình xây dựng, đặc biệt là trong lĩnh vực giao thông như gia cố nền đường [3].

Bên cạnh đó, việc thiếu hụt các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia dành riêng cho việc sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng hay vật liệu san lấp đã gây khó khăn trong việc xử lý và tiêu thụ. Nguyên nhân một phần do tro, xỉ bị xếp chung trong nhóm chất thải rắn, dẫn đến việc áp dụng các quy định chưa thực sự phù hợp [2]. Rào cản chính hiện nay không còn nằm ở công nghệ hay kỹ thuật, mà chủ yếu nằm ở tầm chính sách - tức là cần có sự điều chỉnh và hoàn thiện từ các cơ quan quản lý nhà nước để thúc đẩy việc sử dụng tro, xỉ theo hướng bền vững và hiệu quả hơn [4].

"Nghiên cứu ứng dụng tro bay nhà máy nhiệt điện Phả Lại cho xây dựng nền công trình" nhằm tìm ra giải pháp kỹ thuật mới trong công tác gia cố cũng như làm giảm chi phí, giảm tác động tới môi trường do tro, xỉ gây ra. Với mục tiêu nghiên cứu, đánh giá ứng xử của đất nền trong quá trình làm việc sau khi được gia cố bằng tro bay nhiệt điện thông qua kết quả thí nghiệm. Kết quả mong muốn là bổ sung thêm tro bay và phụ gia xi măng làm tăng giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn của đất gia cố.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.1.1. Tro bay

Tro bay sử dụng là tro bay nhiệt điện Phả Lại với các tính chất cơ lý như sau:

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật của tro bay

Loại tro	Độ ẩm, %	Khối lượng riêng, kg/m^3	Khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên, kg/m^3
Tro tuyển 1	1,5	2350	725

Bảng 2. Thành phần hóa của các loại tro bay theo TCVN 8262:2009

	SiO_2	**Fe_2O_3**	**Al_2O_3**	**CaO**	**MgO**	**K_2O**	**Na_2O**	**SO_3**
Tro tuyển 1	62,07	6,4	24,19	1,3	1,23	1,12	1,34	0,02

Thành phần hóa học của tro bay cho thấy: chiếm tỷ trọng lớn nhất là oxit silic, tiếp đến là oxit nhôm. Hàm lượng canxi oxit thấp, hàm lượng vôi tự do rất thấp và nhỏ hơn 1%.

Hàm lượng MKN (mất khi nung - Loss On Ignition) của tro bay nhỏ hơn 8% và hàm lượng SO_3 là 0,13% < 3,5% đáp ứng được yêu cầu theo TCVN 10302:2014 đối với tro bay dùng trong xi măng.

Bảng 3. Đặc tính kỹ thuật của tro bay

TT	Tính chất	Ký hiệu	Đơn vị	Trị số
1	Khối lượng riêng	ρ_T	g/cm^3	2,35
2	Độ ẩm	w	%	0,6
3	Hàm lượng mất khi nung	MKN	%	4,5
4	Hàm lượng sót trên sàng 45μm	-	%	23
5	Độ mịn (Blaine)	S	cm^2/g	3250
6	Chỉ số hoạt tính cường độ 28 ngày	-	%	84
7	Hàm lượng: SiO_2+ Al_2O_3+ Fe_2O_3	-	%	81
8	Hàm lượng SO_3	-	%	0,02

2.1.2. Xi măng

Các đặc tính cơ bản và thành phần khoáng của xi măng Portland PC40 do Công ty Xi măng Nghi Sơn sản xuất thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2020, được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Tính chất cơ lý và thành phần khoáng của xi măng PC40 Nghi Sơn

TT	Tính chất cơ lý	Ký hiệu	Đơn vị	Kết quả
1	Thời gian đông kết - Thời gian bắt đầu - Thời gian kết thúc	 $\tau_{bđ}$ τ_{kt}	 Phút Phút	 123 162
2	Độ mịn (Blaine)	S	cm^2/g	3599
3	Khối lượng riêng	ρ_x	g/cm^3	3,1
4	Cường độ nén 3 ngày	R_{n3}	MPa	33,6
5	Cường độ nén 28 ngày	R_{n28}	MPa	51,4
6	Nước tiêu chuẩn	N_{tc}	%	26,8
7	Thành phần khoáng của clinke gốc (nguồn: nhà sản xuất), %	*C_3S = 62,22; C_2S = 16,57; C_3A = 7,87; C_4AF = 10,52*		
8	Thành phần của PC40, % khối lượng (nguồn: nhà sản xuất)	Clinker : Thạch cao : Đá vôi = 91,0 : 5,0 : 4,0		

2.1.3. Đất

Đất sử dụng được lấy từ khu vực Đồng bằng sông Hồng có các đặc trưng địa chất thông qua các số liệu tham khảo kết quả khảo sát địa kỹ thuật công trình "Nhà máy nhiệt điện Thái Bình 2" tại xã Mỹ Lộc, huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình do Công ty Cổ phần Khảo sát Kiểm định Công trình Dầu khí Việt Nam (PV CIS) lập ra [5].

Dựa trên các tài liệu thu thập trong quá trình khảo sát địa kỹ thuật tại hiện trường, kết hợp với kết quả thí nghiệm trong phòng, mẫu đất được xác định thuộc Lớp 2: Sét pha màu nâu hồng, có trạng thái dẻo mềm. *Hệ tầng Thái Bình Trầm tích sông.*

Lớp đất 2 nằm ngay bên dưới lớp cát san lấp và là lớp đất nằm trên bề mặt tự nhiên trước khi san lấp. Lớp 2 xuất hiện trong các hố khoan với bề dày thay đổi từ 1.0 (BH-7) đến 1.9m (BH-16), trung bình khoảng 1.4m. Đất thuộc loại sét pha, đôi chỗ xen kẹp các vệt mỏng cát pha, trạng thái đất dẻo chảy - dẻo mềm. Giá trị xuyên tiêu chuẩn SPT thay đổi N30 = 1 ÷ 6, trung bình là 4. Đây là loại đất có khả năng chịu tải và đặc tính biến dạng ở mức trung bình, phù hợp với các công trình có tải trọng nhỏ và sử dụng móng nông trong thiết kế nền móng.

Trong lớp đất này lấy 10 mẫu đất để thí nghiệm trong phòng. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Các chỉ tiêu cơ lý của đất

STT	**Các chỉ tiêu cơ lý**	**Ký hiệu**	**Đơn vị**	**Giá trị**
1	Thành phần hạt	P		
	9.50 - 19.0		%	
	4.75 - 9.50		%	
	2.0 - 4.75		%	0.03
	2.0 - 0.425		%	1.1
	0.425 - 0.075		%	20.5
	0.075 - 0.005		%	55.1
	0.005 - 0.002		%	3.6
	<0.002		%	19.6
2	Độ ẩm	W	%	32.6

3	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_w	g/cm^3	1.85
4	Khối lượng thể tích khô	γ_k	g/cm^3	1.40
5	Tỷ trọng	Δ	g/cm^3	2.71
6	Hệ số rỗng	e		0.941
7	Độ lỗ rỗng	n	%	48.36
8	Độ bão hòa	G	%	93.58
9	Giới hạn chảy	W_l	%	43.9
10	Giới hạn dẻo	W_P	%	23.7
11	Chỉ số dẻo	I_P	%	20.2
12	Độ sệt	I_S		0.462
13	Hệ số nén lún	a_{1-2}	cm^2/kG	0.032
14	Lực dính kết	C	kG/cm^2	0.208
15	Góc ma sát	φ	Độ	14°52'
16	Chỉ số nén	C_c		0.147
17	Áp lực tiền cố kết	P_C	kG/cm^2	0.710
18	Vận tốc sóng ngang	V_p	m/s	1232
19	Vận tốc sóng dọc	V_s	m/s	533
20	Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn	N_{30}	Búa	4
21	Sức chịu tải quy ước	R_0	kG/cm^2	1.50
22	Modul tổng biến dạng	E_{1-2}	kG/cm^2	94.0

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập thông tin và lập kế hoạch

- Thu thập thông tin về đất nền: Tiến hành khảo sát địa chất để xác định loại đất, thành phần hạt, độ ẩm tự nhiên, giới hạn Atterberg, trọng lượng riêng...

- Thu thập thông tin về tro bay: Xác định thành phần hóa học, hoạt tính pozzolan, độ mịn, hàm lượng các thành phần có hại...

2.2.2. Thí nghiệm

- Thí nghiệm xác định tính chất của tro bay: Xác định thành phần hóa học, hoạt tính pozzolan, độ mịn, hàm lượng các thành phần có hại.

- Đất: Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý như hàm lượng ẩm, độ rỗng, giới hạn Atterberg, trọng lượng riêng, cường độ chịu cắt không thoát nước.

- Thí nghiệm gia cố đất (theo TCVN 10379:2014): Trộn đất và tro bay: Trộn đều đất và tro bay với các tỷ lệ khác nhau để tạo ra các mẫu thí nghiệm.

- Thí nghiệm nén: Đánh giá cường độ chịu nén của đất gia cố. Thí nghiệm nén trực tiếp là một trong những phương pháp phổ biến để đánh giá cường độ chịu nén của đất gia cố. Phương pháp này giúp xác định khả năng chịu tải của đất sau khi được xử lý, từ đó đánh giá hiệu quả của biện pháp gia cố.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Mẫu thí nghiệm

Để phục vụ cho việc nghiên cứu 50 mẫu đúc đã được tạo ra với các kích thước và thành phần hỗn hợp pha trộn khác nhau. Quá trình chế bị các mẫu được thể hiện qua Hình 1.

+ Nhóm mẫu TXĐ1: Tỷ lệ khối lượng thành phần các chất gồm tro bay - 40%, xi măng - 4%, đất - 56%. Xi măng được đưa thêm vào nhằm tăng khả năng dính kết. Nước đưa vào hỗn hợp trộn là 20%.

+ Nhóm mẫu TXĐ2: Tỷ lệ thành phần các chất gồm tro xỉ -30%, xi măng - 4%, đất - 66%, nước 20%.

+ Nhóm mẫu TXĐ3: Tỷ lệ thành phần các chất gồm tro xỉ -10%, xi măng - 4%, đất - 86%, nước 20%.



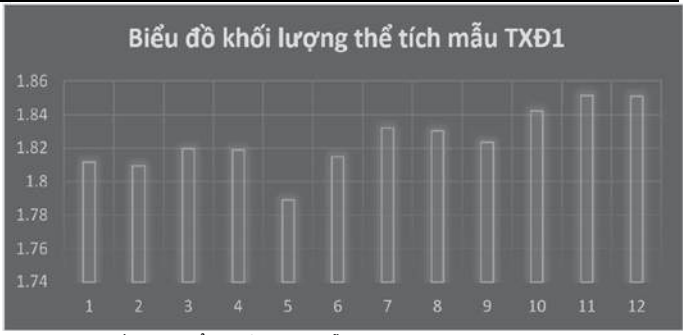
Hình 1. Một số hình ảnh gia công chế bị mẫu thí nghiệm

3.2. Kết quả thí nghiệm xác định khối lượng thể tích

Kết quả thí nghiệm cân để xác định Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ1 được thể hiện trong Bảng 6 và Hình 2.

Bảng 6. Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ1

XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG THỂ TÍCH			
Mẫu	Khối lượng m (g)	Thể tích V (mm^3)	Khối lượng thể tích (g/mm^3)
1.	463,81	256015	$1{,}81.10^{-3}$
2.	463,39	256103	$1{,}81.10^{-3}$
3.	465,78	256003	$1{,}82.10^{-3}$
4.	465,59	256006	$1{,}82.10^{-3}$
5.	457,94	255997	$1{,}79.10^{-3}$
6.	464,77	256112	$1{,}81.10^{-3}$
7.	468,98	255980	$1{,}83.10^{-3}$
8.	468,51	256000	$1{,}83.10^{-3}$
9.	466,79	256001	$1{,}82.10^{-3}$
10.	471,59	256030	$1{,}84.10^{-3}$
11.	474,33	256213	$1{,}85.10^{-3}$
12.	473,83	255995	$1{,}85.10^{-3}$
			$\gamma_{TB} = 1{,}823.10^{-3}$



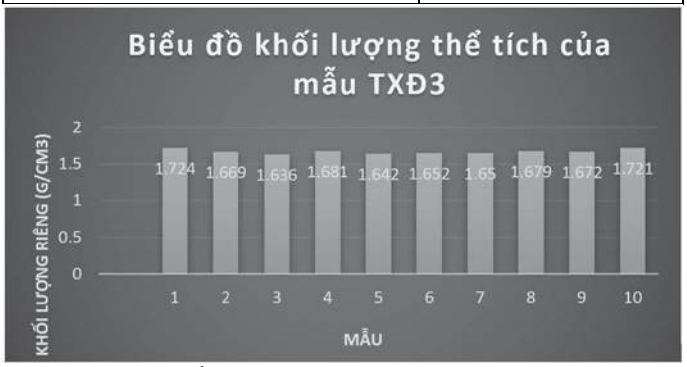
Hình 2. Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ1

Đối với nhóm mẫu TXĐ2 sau khi tháo mẫu thì nhận thấy mẫu nhiều nước có thể do độ ẩm môi trường rất cao. Tuy nhiên ngoại hình vẫn đạt yêu cầu, nhưng không xác định khối lượng thể tích.

Kết quả thí nghiệm xác định Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ3 được thể hiện trong Bảng 7 và Hình 3.

Bảng 7. Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ3

Mẫu	Khối lượng m (g)	Thể tích V (mm^3)	Khối lượng thể tích (g/mm^3)
1	441,52	256030	$1{,}724.10^{-3}$
2	427,19	256001	$1{,}669.10^{-3}$
3	418,90	255988	$1{,}636.10^{-3}$
4	430,53	256113	$1{,}681.10^{-3}$
5	420,46	255992	$1{,}642.10^{-3}$
6	423,17	256106	$1{,}652.10^{-3}$
7	422,36	255985	$1{,}650.10^{-3}$
8	429,84	256007	$1{,}679.10^{-3}$
9	428,03	255996	$1{,}672.10^{-3}$
10	440,90	256215	$1{,}721.10^{-3}$
			$\gamma_{TB} = 1{,}673.10^{-3}$



Hình 3. Khối lượng thể tích của nhóm mẫu TXĐ3

3.3. Kết quả thí nghiệm cường độ

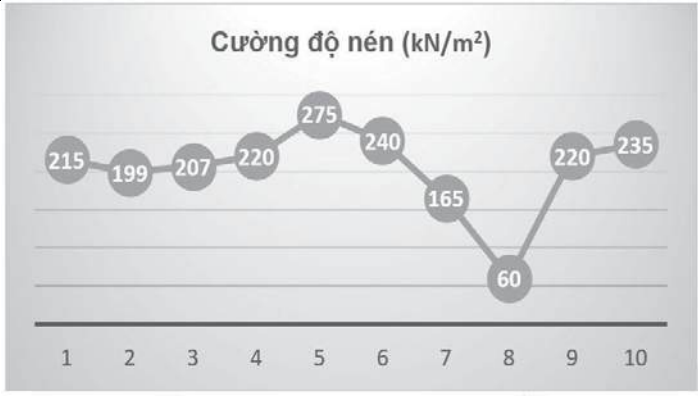
Vì điều kiện không cho phép nên thí nghiệm nén chỉ thực hiện với tổ hợp nhóm mẫu TXĐ2 và TXĐ3. Kiểm tra cường độ chịu uốn và nén của mẫu thí nghiệm bằng máy nén.

a) Cường độ chịu nén

Sử dụng mẫu lập phương kích thước 4x4x4cm. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ2 được thể hiện trong Bảng 8 và Hình 4.

Bảng 8. Cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ2

Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ nén (kN/m²)	215	199	207	220	275	240	165	60	220	235

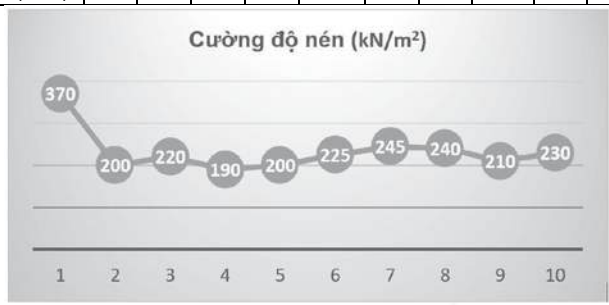


Hình 4. Cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ2

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ3 được thể hiện trong Bảng 9 và Hình 5.

Bảng 9. Cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ3

Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ nén (kN/m²)	370	200	220	190	200	225	245	240	210	230



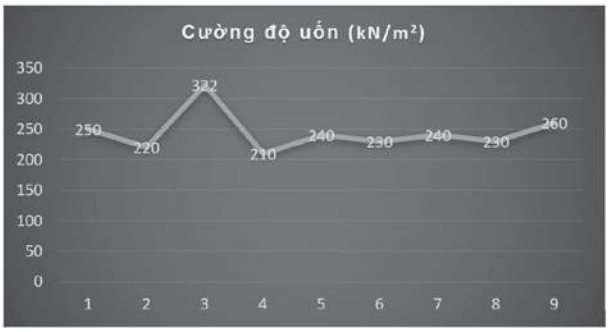
Hình 5. Cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ3

b) Cường độ chịu uốn

Sử dụng mẫu dầm kích thước 4x4x16cm. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ2 được thể hiện trong Bảng 10 và Hình 6.

Bảng 10. Cường độ chịu uốn của nhóm mẫu TXĐ2

Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ uốn (kN/m²)	250	220	322	210	240	230	240	230	260	250



Hình 6. Cường độ chịu uốn của nhóm mẫu TXĐ2

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của nhóm mẫu TXĐ3 được thể hiện trong Bảng 11 và Hình 7.

Bảng 11. Cường độ chịu uốn của nhóm mẫu TXĐ3

Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ uốn (kN/m²)	180	245	225	210	205	203	240	222	210	205



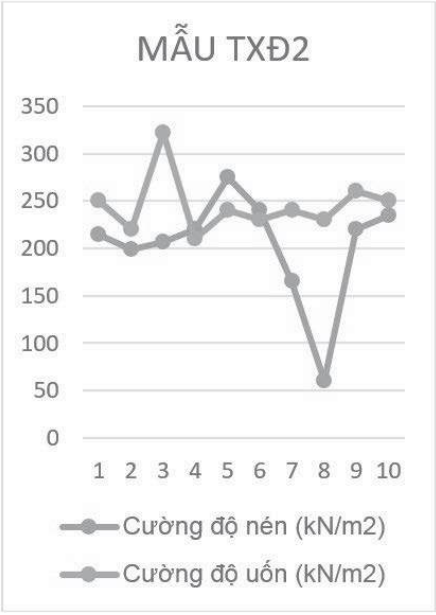
Hình 7. Cường độ chịu uốn của nhóm mẫu TXĐ3

Bảng 12. Kết quả thí nghiệm nhóm mẫu TXĐ2

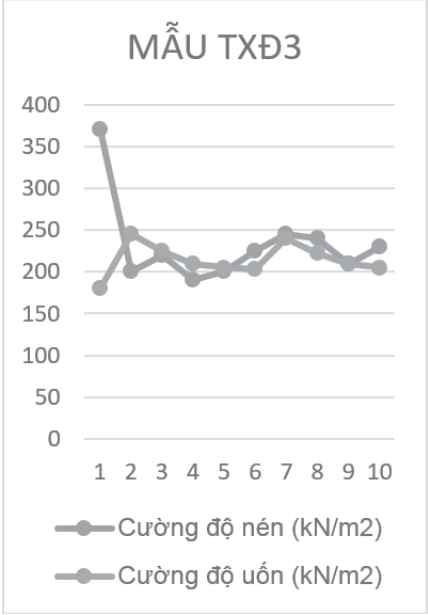
Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ nén (kN/m^2)	215	199	207	220	275	240	165	60	220	235
Cường độ uốn (kN/m^2)	250	220	322	210	240	230	240	230	260	250

Bảng 13. Kết quả thí nghiệm nhóm mẫu TXĐ3

Số lượng mẫu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cường độ nén (kN/m^2)	370	200	220	190	200	225	245	240	210	230
Cường độ uốn (kN/m^2)	180	245	225	210	205	203	240	222	210	205



Hình 8. Kết quả thí nghiệm nhóm mẫu TXĐ2



Hình 9. Kết quả thí nghiệm nhóm mẫu TXĐ3

Các kết quả bị phân kỳ là do quá trình làm khuôn mẫu chưa được chuẩn xác, cũng như việc ảnh hưởng của độ ẩm, trộn hỗn hợp không được đều.

3.4. Nhận xét, đánh giá kết quả

Từ 4 biểu đồ có thể thấy rằng khi lượng tro xỉ 30% thì cường độ chịu nén nhỏ hơn uốn, nhưng với lượng tro xỉ 10% thì lại ngược lại, nghĩa cường độ chịu nén lớn hơn uốn. Hàm lượng tro xỉ 10% đưa đến khả năng uốn, nén nhỏ hơn mẫu với hàm lượng 30%.

Kết quả thí nghiệm cho thấy việc bổ sung thêm tro xỉ và phụ gia xi măng làm tăng giá trị cường độ chịu nén, uốn của đất gia cố.

Kết quả tổng hợp thí nghiệm nén và uốn của nhóm mẫu TXĐ2, TXĐ3 được thể hiện trong Bảng 3.7 đến 3.8 và từ Hình 3.8 đến 3.9.

4. KẾT LUẬN

Qua các thí nghiệm cũng như biểu đồ ở trên chúng ta có thể thấy về những khả năng của tro bay trong việc gia cố nền đất nói riêng cũng như trong ngành xây dựng nói chung. Việc sử dụng tro bay trong xây dựng là một giải pháp kỹ thuật hiệu quả và bền vững. Tro bay đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện các tính chất của đất và bê tông, giúp gia cố nền móng công trình, tăng độ bền vững cho các cấu kiện xây dựng.

Ngoài ra, việc sử dụng tro bay còn góp phần bảo vệ môi trường bằng cách giảm thiểu lượng chất thải rắn thải ra từ các nhà máy nhiệt điện và giảm tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên. Tuy nhiên, để phát huy tối đa hiệu quả của tro bay, cần nghiên cứu sâu hơn về các vấn đề như: Tối ưu hóa tỷ lệ trộn tro bay trong các loại vật liệu xây dựng khác nhau. Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến độ bền của bê tông có tro bay. Xây dựng các quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật về sử dụng tro bay trong xây dựng.

Số liệu thí nghiệm chưa phản ánh đầy đủ tính chất cơ học của đất gia cố. Trong tương lai cần phải tiến hành thêm nhiều thí nghiệm với tỷ lệ khác nhau nhằm tìm ra tỷ lệ hợp lý nhất đối với mỗi loại đất yếu cụ thể.

Với những ưu điểm về kỹ thuật, kinh tế và môi trường, tro bay được kỳ vọng sẽ trở thành một loại vật liệu quan trọng trong lĩnh vực thi công và quản lý xây dựng công trình trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cục Môi trường (2024), Giải pháp bảo vệ môi trường tại các nhà máy nhiệt điện than.

[2]. Subhan Ahmad, Mohd Shah Alam Ghazi, Mazhar Syed (2024), Utilization of fly ash with and without secondary additives for stabilizing expansive soils: A review, Sciencedirect.

[3]. Tập đoàn Điện lực Việt Nam - EVN (2017), Gỡ "nút thắt" về xử lý tro xỉ từ nhiệt điện than.

[4]. PGS.TS Trương Duy Nghĩa (2020), Tro xỉ và sử dụng tro xỉ của nhà máy nhiệt điện than. Tạp chí Công nghiệp Môi trường.

[5]. Hồ sơ khảo sát địa kỹ thuật công trình "Nhà máy nhiệt điện Thái Bình 2" tại xã Mỹ Lộc, huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình do Công ty Cổ phần Khảo sát Kiểm định Công trình Dầu khí Việt Nam (PV CIS) lập.

■Ngày nhận bài: 26/3/2025 ■Ngày sửa bài: 18/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/5/2025

Đặc trưng cơ lý và ứng dụng làm mặt đường nội bộ của bê tông rỗng có sử dụng cốt liệu xỉ thép và tro bay

Mechanical properties and local pavement application of pervious concrete incorporating steel slag aggregate and fly ash

> TS TRẦN HỮU BẰNG*, THS NGUYỄN QUỐC TRÚC, THS VÕ THANH HÙNG, THS LÊ THÀNH TRUNG, THS PHÚ THỊ TUYẾT NGA
Trường Đại học Thủ Dầu Một
Tác giả liên hệ Email: bangth@tdmu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của xỉ thép và tro bay đến mô đun đàn hồi, khả năng chống mài mòn và hệ số thấm nước của bê tông rỗng (Pervious Concrete - PC). Năm cấp phối được thiết kế với tỷ lệ thay thế cốt liệu tự nhiên bằng xỉ thép là 0%, 25%, 50%, 75% và 100%, trong khi hàm lượng tro bay cố định ở mức 20% thay thế xi măng. Kết quả cho thấy cấp phối SSAPC 50% đạt hiệu quả tối ưu về cơ lý và khả năng thoát nước, phù hợp để ứng dụng thiết kế mặt đường nội bộ tại tỉnh Bình Dương. Nghiên cứu góp phần tận dụng phế thải công nghiệp và thúc đẩy phát triển bền vững trong xây dựng hạ tầng giao thông.

Từ khóa: Bê tông rỗng; cốt liệu xỉ thép; tro bay; mô đun đàn hồi; khả năng chống mài mòn; hệ số thấm; mặt đường bền vững

ABSTRACT

This study investigates the effects of steel slag and fly ash on the elastic modulus, abrasion resistance, and water permeability coefficient of pervious concrete (PC). Five concrete mixtures were designed with natural aggregate partially replaced by steel slag at levels of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, while the fly ash content was fixed at 20% as a partial cement replacement. The results indicate that the SSAPC 50% mix achieves optimal performance in terms of mechanical properties and drainage capacity, making it suitable for application in local pavement design in Binh Duong Province. This research contributes to the utilization of industrial waste and promotes sustainable development in transportation infrastructure construction.

Keywords: Pervious concrete; steel slag aggregate; fly ash; elastic modulus; abrasion resistance; permeability coefficient; Sustainable pavement.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, khu vực miền Đông Nam Bộ - nơi tập trung nhiều đô thị lớn như TP.HCM, Biên Hòa, Thủ Dầu Một và Vũng Tàu - đang phải đối mặt với tình trạng ngập úng đô thị ngày càng nghiêm trọng. Theo Sở Giao thông vận tải TP.HCM [1], toàn thành phố hiện có tới 22 điểm ngập nặng, chủ yếu xuất phát từ sự quá tải của hệ thống thoát nước hiện hữu và tốc độ bê tông hóa gia tăng. Cùng với đó, nghiên cứu của Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam (2022) [2] cho thấy tỷ lệ diện tích bề mặt không thấm nước tại các đô thị trong vùng đã tăng hơn 40% chỉ trong vòng 15 năm qua. Sự gia tăng này làm suy giảm đáng kể khả năng tiêu thoát nước mưa tự nhiên, dẫn đến dòng chảy tràn mặt lớn hơn và gây áp lực lên hệ thống cống thoát nước hiện có.

Trong bối cảnh đó, bê tông rỗng (Pervious Concrete) được xem là một giải pháp tiềm năng nhằm thúc đẩy hệ thống thoát nước đô thị theo hướng bền vững. Nhờ cấu trúc lỗ rỗng liên thông chiếm khoảng 15÷25%, loại vật liệu này cho phép nước mưa nhanh chóng thấm qua lớp mặt và thấm xuống nền đất bên dưới, Từ đó làm giảm dòng chảy bề mặt, hạn chế ngập úng, bổ sung nguồn nước ngầm và giảm chi phí đầu tư cho hệ thống cống thoát nước (ACI Committee 522, 2010) [3]. Tuy vậy, hạn chế lớn của bê tông rỗng là cường độ chịu nén và uốn tương đối thấp, thường chỉ đạt từ 6 đến 15 MPa - thấp hơn nhiều so với bê tông thường (~25÷40 MPa). Bên cạnh đó, nếu cấp phối và độ rỗng không được kiểm soát hợp lý, vật liệu này dễ bị suy giảm khả năng chịu tải lặp và dẫn đến giảm tuổi thọ công trình.

Bên cạnh đó, các nhà máy nhiệt điện tại Duyên Hải và Phú Mỹ cũng thải ra một lượng lớn tro bay, ước tính lên đến 7÷8 triệu tấn mỗi năm, tuy nhiên chỉ khoảng 50% trong số đó được tái sử dụng (Bộ Xây dựng, 2023) [4]. Tro bay là phụ gia khoáng hoạt tính pozzolan, có khả năng phản ứng với $Ca(OH)_2$ sinh ra trong quá trình thủy hóa xi măng, từ đó cải thiện vi cấu trúc và tăng độ bền lâu của bê tông. Nhiều nghiên cứu, như của Chindaprasirt et al. (2007) [5], đã chỉ ra rằng việc bổ sung tro bay vào bê tông rỗng có thể giúp tăng cường độ chịu nén từ 10÷20% sau 28 ngày, đồng thời làm giảm hệ số thấm nước không hiệu quả nếu được sử dụng với tỷ lệ thích hợp.

Việc kết hợp xỉ thép làm cốt liệu thô và tro bay thay thế một phần xi măng trong bê tông rỗng không chỉ là một giải pháp kỹ

thuật nhằm cải thiện cường độ chịu lực và duy trì độ rỗng hiệu quả, mà còn là định hướng chiến lược trong tái sử dụng chất thải công nghiệp và giảm phát thải CO_2 [6]. Tuy nhiên, mỗi loại vật liệu tái chế đều tác động theo cách riêng đến cấu trúc và tính chất của bê tông: xỉ thép có thể ảnh hưởng đến độ rỗng và phân bố lỗ rỗng nếu cấp phối không hợp lý, trong khi tro bay làm thay đổi quá trình thủy hóa và ảnh hưởng đến đặc tính của hồ xi măng. Trong công trình công bố tạp chí khoa học kỳ trước nhóm nghiên cứu đã trình bày kết quả: chỉ tiêu cơ lý hóa của SSA và FA; thiết kế thành phần PC; kết quả cường độ nén và kéo uốn; khối lượng riêng và độ rỗng của PC[7].

Công trình nghiên cứu này tập trung làm rõ các nội dung sau: Mô đun đàn hồi của PC; Khả năng chống mài mòn PC; hệ số thấm PC; lượng nước thấm qua mẫu PC và đề xuất thiết kế mặt đường nội bộ tại tỉnh Bình Dương.

2. KẾ HOẠCH VÀ TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

Kế hoạch triển khai thực nghiệm được nhóm tác giả thực hiện tại các đơn vị chuyên môn gồm: Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM; Công ty CP Khoa học Công nghệ Bách khoa TP.HCM; Phòng thí nghiệm Vật liệu Xây dựng LAS-XD 238 và Phân hiệu Trường Đại học Giao thông Vận tải tại TP.HCM - Phòng thí nghiệm Vật liệu Xây dựng.

2.1. Mô đun đàn hồi của PC

Mô đun đàn hồi ($E_{đh}$) của bê tông rỗng (PC) sử dụng cốt liệu xỉ thép và tro bay phụ thuộc vào tính chất đàn hồi của cốt liệu và đá xi măng, cùng với tỷ lệ N/X giảm, làm tăng độ đặc chắc của bê tông.

Thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C469 và TCVN 5726:2022, bao gồm:

- Đúc mẫu trụ có đường kính 150 mm, chiều cao 300 mm, thí nghiệm mô đun đàn hồi ở 28 và 56 ngày tuổi;
- Lắp giá mô đun lên mẫu, gắn đồng hồ đo biến dạng và thực hiện thí nghiệm bằng máy nén điện tử TTM 2000 (tải trọng tối đa 2000 kN).



Hình 1. Thí nghiệm $E_{đh}$ của PC

- Mô đun đàn hồi nén tĩnh được xác định theo công thức:

$$E_{đh} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - 0.000050} \text{ (GPa)} \quad (1)$$

Trong đó:

- σ_1: Ứng suất tương ứng biến dạng ε_1, (GPa);
- σ_2: Ứng suất tương ứng với 40% của tải trọng phá hủy (GPa);
- ε_2: Biến dạng tương đối tương ứng với ứng suất σ_2.

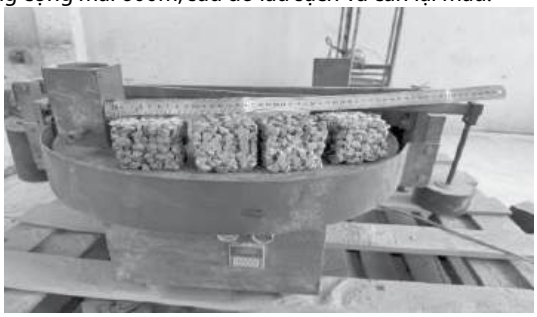
2.2. Khả năng chống mài mòn của PC

Khả năng chống mài mòn là yếu tố quan trọng của bê tông mặt đường, phản ánh khả năng chịu ma sát, phụ thuộc vào cường độ nén và độ cứng cốt liệu. Thử nghiệm được thực hiện theo TCVN 3114:2022 (tham khảo ASTM C944), xác định bằng tổn thất khối lượng trên diện tích mẫu.

Thiết bị: máy mài, cân (0.1g), thước kẹp, cát mài.

Quy trình:

- Đúc mẫu lập phương 7.07 cm ở tuổi 28 và 56 ngày;
- Cân, đo mẫu; rải 20±1g cát lên bề mặt, gia tải 0.6 daN/cm^2;
- Mài 30 vòng (30m), thay cát, mài tiếp 5 lần (150m mỗi lần), xoay mẫu 90° sau mỗi chu kỳ;
- Tổng cộng mài 600m, sau đó lau sạch và cân lại mẫu.



Hình 2. Thí nghiệm độ mài mòn của PC

- Độ mài mòn của từng viên mẫu được tính theo công thức:

$$M_m = \frac{m_1 - m_2}{F} \text{ (g/cm}^2\text{)} \quad (2)$$

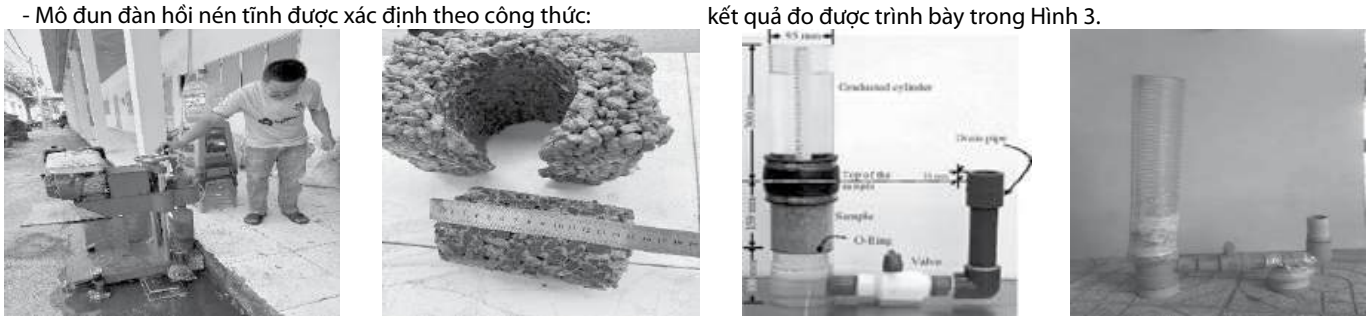
Trong đó: m_1 là khối lượng viên mẫu trước khi thử, (g);

m_2 là khối lượng viên mẫu sau 4 chu kỳ mài, (g);

F là diện tích mặt mẫu bị mài, cm^2.

2.3. Hệ số thấm của PC

Hệ số thấm nước là một thông số đặc trưng quan trọng trong đánh giá hiệu quả thoát nước của PC. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, khả năng thấm nước được xác định bằng phương pháp thí nghiệm theo Trường hợp 2 của tiêu chuẩn ASTM C1701/C1701M-17a, được khuyến nghị trong tài liệu hướng dẫn ACI 522R-2010. Mẫu thí nghiệm có kích thước đường kính 100 mm, chiều cao 150 mm và kết quả đo được trình bày trong Hình 3.



a) Gia công mẫu (100x150)mm *b) Thiết bị thử thấm theo ACI 522R-11* *c) Thiết bị thử thấm trong nghiên cứu*

Hình 3. Thí nghiệm hệ số thấm

Trong trường hợp này, mẫu hình trụ đường kính 100 mm, chiều cao 150 mm được đặt trong thiết bị thí nghiệm như thể hiện ở Hình 3(c). Quá trình thấm được đánh giá theo định luật Darcy, áp dụng cho trường hợp mực nước thay đổi theo thời gian. Khi đó, hệ số thấm k của bê tông rỗng được xác định theo công thức (3), dựa trên cơ sở dòng thấm không ổn định qua môi trường rỗng bão hòa.

$$k = \frac{aL}{At} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (mm/s) \quad (3)$$

Trong đó:

k = Khả năng thấm trong trường hợp 2 (mm/s)

a = Mặt cắt ngang của ống chứa nước (mm^2)
L = Chiều cao (chiều dài) của mẫu (mm)
A = Mặt cắt ngang của mẫu (mm^2)
t = Thời gian cần thiết để nước thấm qua mẫu từ h_1 đến h_2 (s)
h_1 = Chiều cao mực nước ban đầu (mm)
h_2 = Chiều cao mực nước sau cùng (mm)

2.4. Nước thấm qua mẫu PC

Để đánh giá chất lượng nước thấm từ PC, các chỉ tiêu như pH, TDS (Tổng chất rắn hòa tan) và hàm lượng Fe cần được so sánh với các tiêu chuẩn quy định. Dưới đây là những giá trị được thí nghiệm theo TCVN và các tiêu chuẩn môi trường hiện hành, cụ thể là QCVN 08-MT:2015/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt). Thí nghiệm được thực hiện tại Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG-HCM - Phòng thí nghiệm Vật liệu Xây dựng LAS-XD 238 – Công ty CP Khoa học Công nghệ Bách khoa TP.HCM. Quy định theo Bàng 1.

Bảng 1. Tiêu chuẩn thí nghiệm được áp dụng

Chỉ tiêu	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Thiết bị / phương pháp thí nghiệm	Giới hạn theo QCVN	Nguồn tiêu chuẩn quy định
pH	TCVN 6492:2011 ISO 10523 : 2008	Máy đo pH	5.5÷9.5	QCVN 08-MT:2023/BTNMT – Cột A hoặc B (nước mặt)
TDS (Tổng chất rắn hòa tan)	TCVN 6625:2000	Máy đo TDS	≤ 500 mg/L	QCVN 08-MT:2023/BTNMT
Fe tổng	TCVN 6177:1996 ISO 6332:1988 (E)	Dúng thuốc thử 1.10-Phenantrolin	≤ 1.0 mg/L	
Độ đục	TCVN 6184:1996	Máy đo độ đục	< 10 NTU	

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô đun đàn hồi $E_{đh}$ của PC

Bảng 2. Kết quả mô đun đàn hồi $E_{đh}$ ở tuổi 28 ngày và 56 ngày

TT	Ký hiệu	PC hỗn hợp xỉ thép				SSAPC 0
		SSAPC 25	SSAPC 50	SSAPC 75	SSAPC 100	
		E_{hh}				$E_{đc}$
Kết quả mô đun đàn hồi $E_{đh}$ ở tuổi 28 ngày						
1	Kết quả thí nghiệm, GPa	14.168	15.439	14.477	14.388	13.240
		14.255	15.543	14.388	14.343	13.202
		14.212	15.647	14.388	14.388	13.393
2	Giá trị trung bình $E_{đh}$, GPa	**14.212**	**15.543**	**14.418**	**14.373**	**13.278**
3	Tỷ số mô đun đàn hồi hỗn hợp / mô đun đàn hồi đối chứng ($E_{hh}/E_{đc}$)	107.04	117.06	108.59	108.25	100.00
Kết quả mô đun đàn hồi $E_{đh}$ ở tuổi 56 ngày						
1	Kết quả thí nghiệm, GPa	14.847	16.421	15.040	14.847	13.872
		14.753	16.306	15.088	14.943	13.956
		14.943	16.363	14.991	14.943	14.040
2	Giá trị trung bình $E_{đh}$, GPa	**14.848**	**16.364**	**15.040**	**14.911**	**13.956**
3	Tỷ số mô đun đàn hồi hỗn hợp / mô đun đàn hồi đối chứng ($E_{hh}/E_{đc}$)	106.39	117.25	107.77	106.84	100.00

*** Nhận xét:**

- Giá trị $E_{đh}$ của hỗn hợp xỉ thép / mẫu đối chứng có giá trị như sau:

+ Ở 28 ngày tuổi (14.212÷14.543) GPa và ở 56 ngày tuổi (14.848÷16.364) GPa;

+ Kết quả nghiên cứu phù hợp với quy định heo ACI 522R-10 (Hướng dẫn bê tông thấm nước của Viện Bê tông Hoa Kỳ) quy định Mô đun đàn hồi của PC thông thường: (10÷16) GPa: Trong nước có quy định thiết kế mặt đường giao thông tại Bảng 11- Trị số mô đun đàn hồi tính toán của các loại BTXM trang 38 theo TCCS 39:2022/TCĐBVN;

- Giá trị $E_{đh}$ của SSA sử dụng 50% cốt liệu xỉ thép đạt giá trị lớn nhất (điều này phù hợp với giá trị cường độ nén, kéo uốn của PC ở 28 ngày và 56 ngày tuổi).

3.2. Khả năng chống mài mòn M_m của PC

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn ở tuổi 28 ngày và 56 ngày tuổi

TT	Ký hiệu	PC hỗn hợp xỉ thép				SSAPC 0
		SSAPC 25	SSAPC 50	SSAPC 75	SSAPC 100	
Kết quả độ mài mòn M_m ở tuổi 28 ngày						
1	Kết quả thí nghiệm, g/cm^2	0.406	0.404	0.364	0.280	0.474
		0.414	0.394	0.374	0.266	0.452
		0.412	0.412	0.390	0.280	0.448
2	Giá trị trung bình M_m, g/cm^2	**0.411**	**0.403**	**0.376**	**0.275**	**0.458**
Kết quả độ mài mòn M_m ở tuổi 56 ngày						
1	Kết quả thí nghiệm, g/cm^2	0.394	0.392	0.354	0.274	0.458
		0.406	0.388	0.366	0.262	0.438
		0.398	0.394	0.376	0.274	0.434
2	Giá trị trung bình M_m, g/cm^2	**0.399**	**0.391**	**0.365**	**0.270**	**0.443**

*** Nhận xét**

- Kết quả cho thấy, với bê tông rỗng sử dụng cốt liệu xỉ thép (SSA) - đặc biệt ở mức thay thế cao - độ rỗng không còn là yếu tố chính ảnh hưởng đến khả năng chống mài mòn. Khả năng chống mài mòn vượt trội được lý giải bởi đặc tính bền mài mòn của SSA, phù hợp với nhận định của Shunxiang Wang et al. (2020) [8]. Bề mặt thô, xốp của SSA giúp tăng liên kết cơ học với hồ xi măng (Topçu et al., 2010) [9], trong khi thành phần chứa các oxit kim loại như FeO, MgO, CaO góp phần nâng cao độ bền mài mòn (Zalnezhad & Hesami, 2019) [10].

- SSA còn có độ cứng cao, giúp PC kháng tốt các tác động cơ học như:

+ Tải trọng đứng từ xe cộ;

+ Tải trọng ngang do phanh, rẽ, hoặc tăng tốc.

- Bê tông rỗng sử dụng SSA cho thấy độ chống mài mòn vượt trội so với bê tông thường, đặc biệt ở mức thay thế SSA từ 75-100%. Đây là ưu điểm khi áp dụng cho kết cấu chịu mài mòn như đường nội bộ, vỉa hè, bãi đỗ xe.

- Cấp phối 50% SSA được đề xuất sử dụng dùng thiết kế mặt đường PC khu vực miền Đông Nam Bộ nói chung tại tỉnh Bình Dương nói riêng, với độ mài mòn không vượt quá 6.0 kg/m^2 và đáp ứng yêu cầu mặt đường bê tông cấp IV trở xuống theo TCCS 40:2022/TCĐBVN ban hành bởi Tổng cục Đường bộ Việt Nam.

3.3. Kết quả hệ số thấm của PC

Bảng 4. Kết quả tổng hợp hệ số thấm

Hỗn hợp	Kích thước mẫu	SSAPC 0	SSAPC 25	SSAPC 50	SSAPC 75	SSAPC 100
Hệ số thấm (mm/s)	Mẫu trụ D100mmxH150mm	2.15	2.35	2.41	2.28	2.12
Quan sát		Cốt liệu tự nhiên, khả năng thấm ổn định	Tăng nhẹ do cấu trúc rỗng của SSA giúp nước thấm nhanh hơn	**Giá trị cao nhất,** đạt sự cân bằng giữa độ rỗng và tính đồng đều	Có xu hướng giảm do phân bố hạt kém đồng đều, gây tắc nghẽn cục bộ	Giảm nhẹ so với mẫu đối chứng, do cấu trúc rỗng không đồng nhất

*** Nhận xét**

- Hệ số thấm tăng dần từ 0% đến 50%, đạt giá trị tối ưu tại 50% SSA, do cốt liệu xỉ thép giúp tạo cấu trúc rỗng mở hơn;

- Khi thay thế SSA vượt mức 50% khả năng thấm bắt đầu giảm, có thể do ảnh hưởng của hình dạng hạt, tỷ trọng lớn và khả năng kết cấu không đồng đều gây ảnh hưởng đến đường dẫn nước;

- Tỷ lệ 50% SSA là phù hợp để duy trì tính thấm nước hiệu quả đồng thời vẫn đảm bảo độ bền cơ học.

3.4. Kết quả nước thấm qua của PC

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm mẫu nước

Loại mẫu	Hệ số thấm (mm/s)	Lượng nước thấm ra (ml)	pH	TDS (mg/l)	Fe tổng (mg/l)	Độ đục (NTU)	Phù hợp với QCVN
SSAPC 0	2.15	923	7.5	225	0.06	4.5	Phù hợp
SSAPC 25	2.35	915	8.2	238	0.17	4.9	
SSAPC 50	2.41	908	8.5	269	0.28	6.2	
SSAPC 75	2.38	895	9.8	294	0.43	7.4	Không phù hợp
SSAPC 100	2.12	878	10.4	325	0.58	8.5	

*** Nhận xét**

- pH: Giới hạn cho phép từ 5.5÷9.5 (QCVN). pH < 5.5 ảnh hưởng đến sinh vật thủy sinh, pH > 9.5 làm giảm độ hòa tan chất hữu cơ. Kết quả cho thấy PC sử dụng 25÷50% xỉ thép vẫn nằm trong giới hạn cho phép;

- Tổng chất rắn hòa tan (TDS):

+ Nước mặt: không vượt quá 500 mg/l;

+ TDS > 1.000 mg/L có thể ảnh hưởng đến thủy sinh vật và chất lượng nước;

+ Kết quả cho thấy nước thấm qua tất cả các cấp phối PC đều có TDS < 500 mg/l.

- Hàm lượng sắt tổng (Fe):

+ Giới hạn trong nước mặt: ≤ 1.0 mg/l;

+ Fe vượt ngưỡng gây đục, ăn mòn thiết bị và ảnh hưởng sức khỏe;

+ Tất cả mẫu nước thấm từ PC đều có hàm lượng Fe đạt yêu cầu.

- Độ đục: Tất cả mẫu đều có độ đục < 10 NTU, đáp ứng QCVN 08-MT:2023/BTNMT (nước thải loại B) và TCVN 6184:1996.

4. KẾT LUẬN

- Nghiên cứu đã cho thấy rằng việc sử dụng xỉ thép làm cốt liệu thô kết hợp với tro bay thay thế một phần xi măng có ảnh hưởng tích cực đến đặc tính cơ học của PC như:

+ Khả năng chống mài mòn: Thành phần xỉ thép giúp tăng khả năng chống mài mòn của bê tông rỗng nhờ vào tính chất cơ học cao và bề mặt gồ ghề của hạt xỉ, phù hợp với các yêu cầu về mặt đường đô thị có lưu lượng giao thông nhẹ;

+ Mô đun đàn hồi: Mô đun đàn hồi của bê tông rỗng sử dụng xỉ thép cao hơn so với mẫu đối chứng dùng cốt liệu tự nhiên, cho thấy độ cứng và khả năng biến dạng đàn hồi tốt hơn. Việc sử dụng tro bay không làm giảm đáng kể mô đun đàn hồi khi tỉ lệ thay thế hợp lý;

+ Hệ số thấm: PC chế tạo với cốt liệu xỉ thép vẫn giữ được khả năng thấm nước tốt. Cấu trúc rỗng được duy trì, trong khi tro bay giúp cải thiện sự liên kết hạt và làm giảm sự mất liên tục trong cấu trúc lỗ rỗng, đảm bảo tính thấm ổn định và lâu dài;

+ Nước thấm qua mẫu khi sử dụng hàm lượng 25÷50% SSA thì kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu nước thải ra môi trường phù hợp với tiêu chuẩn quy định. Với hàm lượng này được nhóm nghiên cứu đề xuất ứng dụng thiết kế mặt đường nội bộ trong đô thị khu vực miền Đông Nam Bộ.

- Kết quả thí nghiệm khẳng định tiềm năng ứng dụng của loại vật liệu này trong các công trình đường nội bộ đô thị, đồng thời góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường và phát thải CO_2 thông qua việc tái sử dụng chất thải công nghiệp.

Lời cảm ơn: "Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Thủ Dầu Một trong đề tài mã số DT.22.3-010"

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Sở Giao thông vận tải TP.HCM (2023). "Báo cáo hiện trạng điểm ngập trong đô thị TP.HCM".

[2]. Viện Quy hoạch Xây dựng Miền Nam (2022). "Đánh giá hệ thống thoát nước đô thị khu vực Đông Nam Bộ".

[3]. ACI Committee 522. (2010). "Report on Pervious Concrete (ACI 522R-10)".

[4]. Bộ Xây dựng (2023). "Báo cáo tình hình quản lý, xử lý tro xỉ từ các nhà máy nhiệt điện".

[5]. Chindaprasirt, P., et al. (2007). "Strength and water permeability of concrete containing fly ash". Construction and Building Materials, 21(7), 1492-1499.

[6]. Manso, J. M., et al. (2004). "Durability of concrete made with EAF slag as aggregate". Cement and Concrete Composites, 26(5), 323–331.

[7]. Trần Hữu Bằng và cộng sự, "Bê tông rỗng sử dụng cốt liệu xỉ thép và tro bay cho công trình thoát nước đô thị khu vực miền Đông Nam Bộ", Tạp chí Cầu đường, chấp nhận đăng số tháng 6/2025.

[8]. Shunxiang Wang, et al. (2020), "Mechanical strengths and durability properties of pervious concretes with blended steel slag and natural aggregate". Journal of Cleaner Production, Volume 271, 20 October 2020, 122590.

[9]. Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T., (2010), "Effect of aggregate type on properties of hardened self-consolidating lightweight concrete (SCLC)". Constr. Build. Mater. 24, 1286-1295. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.007.

[10]. Zalnezhad, M., Hesami, E., (2019), "Effect of steel slag aggregate and bitumen emulsion types on the performance of microsurfacing mixture", J. Traffic Transpor. Eng. (English Edition). https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.12.005.

■Ngày nhận bài: 28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 04/4/2025

Ứng xử chịu uốn của sàn bán lắp ghép sử dụng kết hợp bê tông geopolymer và bê tông xi măng

Flexural behavior of semi-precast slabs made from geopolymer concrete and cement concrete

> TS PHẠM ĐỨC THIỆN[1], THS TRỊNH THANH BÌNH
[1]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
Email: thienpd@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm khả năng chịu uốn của cấu kiện sàn bán lắp ghép dùng 2 loại bê tông: bê tông geopolyme (GPC) và bê tông xi măng (OPC). Thí nghiệm đồng thời cũng được thực hiện cho cấu kiện sàn bán lắp ghép dùng chung 1 loại bê tông xi măng làm kết quả đối sánh. Kết quả thực nghiệm cho thấy tính tương đồng trong ứng xử chịu uốn của sàn bán lắp ghép GPC-OPC so với sàn bán lắp ghép OPC-OPC. Thực nghiệm cũng chỉ ra tính hiệu quả của cốt thép gia cường tại vị trí mối nối 2 vật liệu nhằm làm tăng khả năng kháng nứt và khả năng chịu uốn của cấu kiện sàn bán lắp ghép.

Từ khóa: Bê tông geopolymer; cấu kiện bán lắp ghép; sàn chịu uốn.

ABSTRACT

This paper presents an experimental investigation into the flexural behavior of semi-precast slabs using two types of concrete: geopolymer concrete (GPC) and ordinary Portland cement concrete (OPC). A concurrent experiment was also conducted on a semi-precast slab made solely with OPC concrete as a control specimen. The experimental results reveal a similarity in the flexural response between the GPC-OPC semi-precast slabs and the OPC-OPC semi-precast slabs. Furthermore, the experiment also demonstrates the effectiveness of additional reinforcement at the interface between the two materials in enhancing the crack resistance and flexural capacity of semi-precast slabs.

Keywords: Geopolymer concrete; semi-precast structure; flexural slab.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu xây dựng ngày càng tăng trên toàn cầu đã dẫn đến việc tiêu thụ một lượng lớn bê tông [1]. Tuy nhiên, quá trình sản xuất xi măng, thành phần chính của bê tông truyền thống, là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính lớn nhất, chiếm khoảng 5-8% tổng lượng khí thải CO_2 toàn cầu [2, 3]. Bên cạnh đó, việc khai thác các nguồn tài nguyên thiên nhiên như đá vôi và đất sét để sản xuất clinker xi măng cũng gây ra những tác động tiêu cực đáng kể đến môi trường, bao gồm xói mòn đất, phá hủy cảnh quan và mất cân bằng hệ sinh thái [4, 5].

Trong bối cảnh đó, bê tông geopolymer nổi lên như một giải pháp thay thế "xanh" và bền vững cho bê tông truyền thống [6]. Vật liệu này được tạo ra thông qua quá trình polyme hóa vô cơ của các vật liệu chứa nhiều aluminosilicate như tro bay, xỉ lò cao, metakaolin, mà không cần sử dụng xi măng Portland [7, 8]. Đặc biệt, việc tận dụng tro bay, một sản phẩm phụ từ các nhà máy nhiệt điện đốt than, không chỉ giúp giảm thiểu lượng chất thải công nghiệp mà còn giảm đáng kể lượng khí thải CO_2 liên quan đến sản xuất vật liệu xây dựng [9, 10]. Nghiên cứu của Davidovits từ những năm 1980 đã đặt nền móng cho sự phát triển của bê tông geopolymer, giới thiệu khái niệm về vật liệu polyme vô cơ có khả năng đóng rắn ở nhiệt độ thường hoặc nhiệt độ cao [11, 12]. Kể từ đó, một lượng lớn các nghiên cứu khoa học đã được thực hiện để khám phá các tính chất cơ học, độ bền, khả năng kháng hóa chất và các ứng dụng tiềm năng của bê tông geopolymer trong nhiều lĩnh vực xây dựng khác nhau [13, 14, 15]. Các nghiên cứu này đã chứng minh rằng bê tông geopolymer có thể đạt được cường độ tương đương hoặc thậm chí cao hơn bê tông truyền thống, đồng thời thể hiện khả năng chống chịu tốt hơn trong môi trường khắc nghiệt [16, 17].

Ở một khía cạnh khác, việc nâng cao hiệu quả và giảm thiểu thời gian thi công trong xây dựng cũng là một mối quan tâm lớn. Kết cấu bê tông cốt thép bán lắp ghép, kết hợp giữa các cấu kiện đúc sẵn và đổ tại chỗ, đã được chứng minh là một giải pháp hiệu quả trong một số trường hợp cụ thể, đặc biệt là đối với các công trình có nhịp lớn, yêu cầu tiến độ thi công nhanh hoặc trong điều kiện thi công khó khăn [18, 19]. Việc sử dụng các cấu kiện đúc sẵn giúp kiểm soát chất lượng tốt hơn, giảm thiểu lãng phí vật liệu và nhân công tại công trường, đồng thời rút ngắn thời gian thi công tổng thể [20, 21]. Trong những năm gần đây, đã có nhiều nghiên cứu khoa học tập trung vào hiệu suất của các cấu kiện dầm và sàn bê tông cốt thép bán lắp ghép dưới các tác động khác nhau. Các nghiên cứu này bao gồm việc phân tích khả năng chịu lực uốn, cắt, độ võng, cũng như hành vi liên kết giữa phần đúc sẵn và phần đổ tại chỗ [22, 23].

Một hướng nghiên cứu đầy hứa hẹn là việc kết hợp tính bền vững của bê tông geopolymer với hiệu quả thi công của kết cấu bán lắp ghép. Việc ứng dụng bê tông geopolymer để chế tạo các cấu kiện bán lắp ghép không chỉ góp phần giảm thiểu tác động môi trường mà còn có thể mang lại những lợi ích về độ bền và tuổi thọ công trình [24]. Tuy nhiên, lĩnh vực nghiên cứu này vẫn còn tương đối mới mẻ và đòi hỏi nhiều nghiên cứu sâu hơn để đánh giá đầy đủ các khía cạnh kỹ thuật và kinh tế [25].

Bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm về ứng xử chịu uốn của cấu kiện mô phỏng sàn bán lắp ghép dùng hai loại vật liệu bê tông geopolymer và bê tông xi măng. Phần chính của cấu kiện sàn dùng bê tông GPC đúc trước và dưỡng hộ nhiệt tạo cường độ. Phần bê tông đúc sau sử dụng bê tông OPC nhằm phù hợp với thực tế giới hạn về khả năng dưỡng hộ nhiệt cấu kiện ngoài công trường xây dựng. Thí nghiệm cũng được thực hiện cho cấu kiện sàn bán lắp ghép dùng 1 loại bê tông OPC làm kết quả đối sánh. Các nghiên cứu tập trung vào khảo sát sự hình thành và phát triển vết nứt, biến dạng của cấu kiện tại vị trí mối nối, khả năng chịu tải của cấu kiện và giải pháp gia cường cốt thép chịu lực tại khu vực mối nối.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU, CẤP PHỐI BÊ TÔNG VÀ THÍ NGHIỆM

2.1. Cốt liệu

Cốt liệu dùng chung cho bê tông geopolymer (GPC) và bê tông xi măng (OPC) bao gồm cát và đá dăm đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật khác theo TCVN 7570:2006 [26]. Cát có khối lượng thể tích 1520 kg/m^3, khối lượng riêng 2610 kg/m^3 và mô đun độ lớn 1.82. Đá dăm có khối lượng riêng 2700 kg/m^3, khối lượng thể tích 145 kg/m^3.

2.2. Chất kết dính

Chất kết dính geopolymer là sản phẩm của phản ứng geopolymer hóa giữa các chất hoạt hóa kiềm và vật liệu aluminosilicat như tro bay, xỉ hạt lò cao, metakaolin,…Tro bay sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ nhà máy nhiệt điện và được phân loại F theo tiêu chuẩn ASTM C618 [27]. Tro bay có khối lượng riêng 2500 kg/m^3 và độ mịn đạt 94%. Thành phần hóa học gồm: 51.7% SiO_2, 31.9% Al_2O_3, 3.48% Fe_2O_3, 1.21% CaO, 1.02% Na_2O, 0.81% MgO, 0.25% SO_3 và 9.63% hàm lượng mất khi nung.

Dung dịch alkaline đóng vai trò hoạt hóa thúc đẩy quá trình geopolymer hóa tạo chất kết dính cho bê tông GPC. Dung dịch hoạt hóa là hỗn hợp của Sodium Hydroxide NaOH (SH) và Sodium Silicate Na_2SiO_3 (SS). Thí nghiệm này dùng Sodium Hydroxide nguyên liệu dạng vảy khô có độ tinh khiết trên 90%. Dung dịch Sodium Silicate có tỷ trọng 1.42±0,01 g/ml, thành phần Na_2O chiếm 11.8%, SiO_2 chiếm 29.5% theo khối lượng, tỷ lệ SO_2/Na_2O là 2.5.

Bên cạnh đó, thí nghiệm này sử dụng xi măng thương phẩm PCB30 phổ biến trên thị trường làm chất kết dính cho phần kết cấu bê tông xi măng lắp ghép.

2.3. Cấp phối bê tông

Thí nghiệm này dùng 2 cấp phối bê tông định hướng cường độ mục tiêu ~20 MPa với thành phần cấp phối được trình bày chi tiết trong Bảng 1 và 2. Cấp phối bê tông GPC có tỷ lệ Sodium Silicate/Sodium Hydroxide là 2.5, nồng độ dung dịch NaOH trong hỗn hợp đạt 16M. Cấp phối bê tông OPC có tỷ lệ nước/xi măng là 0.5. Phần bê tông GPC sau khi đúc mẫu được tĩnh định ở nhiệt độ phòng trong 24h, mẫu sau đó được dưỡng hộ nhiệt ở nhiệt độ 100^{0}C trong thời lượng 8 giờ để thúc đẩy quá trình geopolymer hóa tạo cường độ vật liệu. Phần bê tông OPC được đúc sau và dưỡng hộ ở nhiệt độ phòng, các thí nghiệm được thực hiện sau khi bê tông OPC đạt 28 ngày tuổi theo các tiêu chuẩn thí nghiệm hiện hành.

Bảng 1. Thành phần cấp phối cho 1m^3 bê tông GPC.

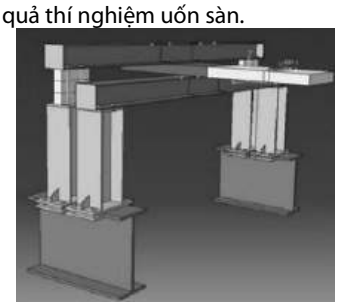
Cấp phối	Đá (kg)	Cát (kg)	Tro bay (kg)	Na_2SiO_3 (kg)	NaOH (kg)
GPC	1079	593	418	185	75

Bảng 2. Thành phần cấp phối cho 1m^3 bê tông OPC.

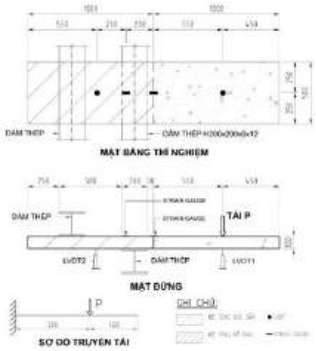
Cấp phối	Đá (kg)	Cát (kg)	Xi măng (kg)	Nước (kg)	Nước / XM
OPC	1209.6	630	370	185	0.5

2.4. Thí nghiệm

Để mô phỏng sự làm việc chịu uốn của kết cấu sàn bán lắp ghép, thí nghiệm uốn sàn được thiết kế như Hình 1 và sơ đồ kỹ thuật ở Hình 2. Hệ thống trụ thép và dầm thép sử dụng thép hình H200x200x8x12 đóng vai trò mô phỏng liên kết ngàm cho cấu kiện sàn consol. Thí nghiệm bước đầu được mô phỏng nhằm xác định biến dạng của hệ khung thép có ảnh hưởng không đáng kể đến kết quả thí nghiệm uốn sàn.



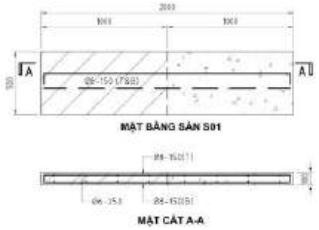
Hình 1. Thí nghiệm uốn sàn bán lắp ghép



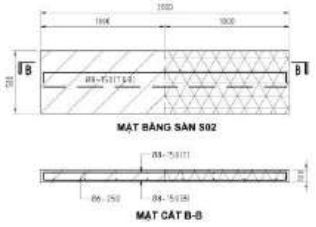
Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm uốn sàn bán lắp ghép

Mẫu sàn thí nghiệm S01 có kích thước 2000x500x100 mm. Để mô phỏng kết cấu bán lắp ghép, một nửa kết cấu sàn được đúc trước bằng bê tông geopolymer và dưỡng hộ nhiệt đạt cường độ thiết kế, giống như phần kết cấu đúc sẵn trong nhà máy của cấu kiện bán lắp ghép. Phần kết cấu sàn còn lại được đúc sau bằng bê tông xi măng tương tự quy trình đúc liên kết các cấu kiện bán lắp ghép tại công trường. Do hạn chế về khả năng dưỡng hộ nhiệt ngoài công trường, nên phần bê tông đúc sau trong nghiên cứu này không sử dụng bê tông GPC mà chỉ sử dụng bê tông OPC truyền thống. Cốt thép chịu lực trong sàn được bố trí ∅8a150 cho cả lớp dưới và trên như Hình 3.

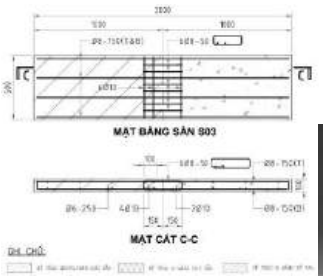
Sàn S02 có cấu tạo và cốt thép chịu uốn tương tự sàn S01, trong đó phần bê tông đúc sẵn được sử dụng bê tông OPC thay cho bê tông GPC, được dùng làm thí nghiệm đối sánh (Hình 4). Còn sàn S03 có 2 phần bê tông GPC và OPC giống như sàn S01, cốt thép dọc cơ bản giống sàn S01 và gia cường thêm cốt thép chịu lực ∅8a50 tại vị trí liên kết giữa 2 phần bê tông đúc trước và sau (Hình 5, Hình 6).

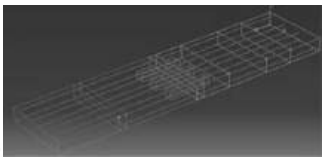


Hình 3. Cấu tạo sàn bán lắp ghép S01 (GPC-OPC)



Hình 4. Cấu tạo sàn bán lắp ghép S02 (OPC-OPC)





Hình 5. Cấu tạo sàn bán lắp ghép S03 (GPC-OPC) có gia cường thép tại mối nối



Hình 6. Đúc mẫu sàn bán lắp ghép 2 giai đoạn

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cường độ chịu nén, hệ số poisson và mô đun đàn hồi của bê tông

Mẫu bê tông GPC và OPC được thí nghiệm xác định cường độ chịu nén theo tiêu chuẩn TCVN 3118:2022 [28]. Mô đun đàn hồi và hệ số poisson của vật liệu được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 5726:2022 [29] (Hình 7). Bên cạnh đó, thông số khả năng chịu kéo của cốt thép thanh cũng được thí nghiệm xác định theo tiêu chuẩn TCVN 197-1:2014 [30].

Kết quả thí nghiệm thu được cường độ chịu nén trung bình của bê tông GPC là 20.734 MPa, đạt mục tiêu dự kiến ban đầu. Cường độ chịu nén trung bình của bê tông OPC cao hơn GPC khoảng 6.5% và đạt mức 22.072 MPa. Hệ số Poisson của 2 loại bê tông lần lượt là 0.180 và 0.177. Mô đun đàn hồi của 2 loại bê tông cũng chênh lệch không đáng kể, chỉ 6.6%, và lần lượt đạt 22.108 GPa và 23.574 GPa.



Hình 7. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi và hệ số Poisson của bê tông

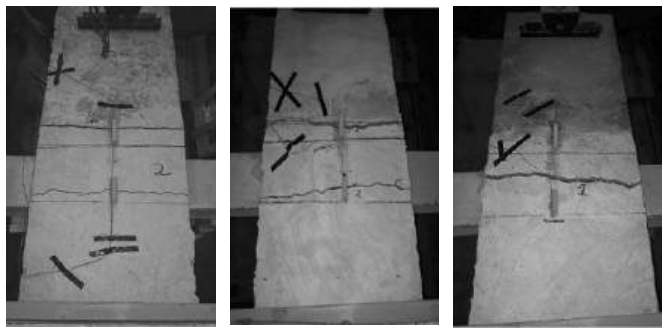
Bảng 3. Tính chất cơ học của bê tông GPC và OPC

Bê tông	Cường độ nén (MPa)	Hệ số Poisson	Mô đun đàn hồi (Gpa)
GPC	20.734	0.180	22.108
OPC	22.072	0.177	23.574

3.2. Sự phát triển vết nứt của sàn bán lắp ghép chịu uốn

Sự phát triển vết nứt của các sàn bán lắp ghép chịu uốn được thể hiện bằng các số thứ tự vết nứt trên Hình 8. Đối với các sàn không được gia cường cốt thép mối nối, S01 và S02, vết nứt đầu tiên xuất hiện khá tương đồng tại vị trí tiếp giáp giữa 2 phần bê tông đúc trước và sau, vết nứt tiếp theo cũng xuất hiện tương đồng tại khu vực phía trên gối đỡ nơi có mômen uốn lớn. Tải trọng gây ra vết nứt thứ nhất có thể quan sát bằng mắt thường đối với sàn S01 là khoảng 4 kN và đối với sàn S02 khoảng 6 kN. Kết quả này khá tương đồng với kết quả thu được từ thiết bị đo biến dạng sàn được trình bày ở mục sau. Khả năng kháng nứt tốt hơn của sàn S02 so với sàn S01 được giải thích do khả năng liên kết tốt hơn giữa phần bê tông OPC đúc trước và phần bê tông OPC đúc sau do có cùng cấu trúc vật liệu kết dính. Sự khác biệt về cấu trúc vật liệu kết dính giữa bê tông GPC đúc trước và bê tông OPC đúc sau của sàn S01 làm cho khả năng kháng nứt của sàn hơi kém hơn so với sàn S02.

Đối với sàn S03, khi được gia cố cốt thép chịu uốn ∅8a50 tại vị trí mối nối, xu hướng hình thành và phát triển vết nứt của sàn có sự khác biệt tương đối rõ ràng so với sàn S01. Vết nứt đầu tiên của sàn S03 xuất hiện ở tải trọng khoảng 7.5 kN, tại vị trí giữa gối đỡ, nơi có mômen uốn lớn. Vết nứt thứ hai xuất hiện tại vị trí tiếp giáp giữa 2 phần bê tông GPC đúc trước và OPC đúc sau, và vết nứt thứ ba xuất hiện tại khu vực kết thúc của cốt thép gia cường. Kết quả thực nghiệm này chứng minh tính hiệu quả của cốt thép gia cường trong việc củng cố liên kết mối nối giữa 2 phần bê tông đúc trước-sau và gia tăng khả năng kháng nứt của liên kết cấu kiện bán lắp ghép.

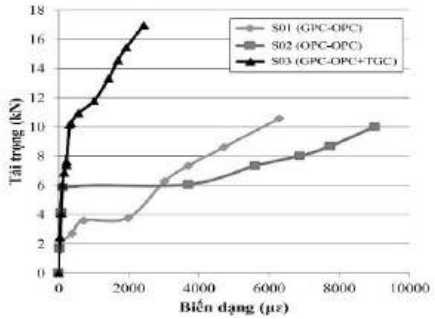


a) Sàn S01 *b) Sàn S02* *c) Sàn S03*

Hình 8. Sự phát triển vết nứt của các sàn bán lắp ghép chịu uốn

3.3. Biến dạng tại vị trí liên kết 2 phần bê tông đúc trước và sau

Đồ thị Hình 9 thể hiện tương quan giữa tải trọng và biến dạng của sàn bán lắp ghép tại vị trí mối 2 phần bê tông. Kết quả thực nghiệm sàn S02 cho thấy liên kết giữa 2 phần bê tông OPC đúc trước và sau là khá tốt khi giữ được biến dạng rất thấp đến gia tải 6 kN. Liên kết giữa bê tông GPC và bê tông OPC của sàn S01 không thực sự tốt khi biến dạng bắt đầu tăng mạnh từ tải trọng gần 4 kN, kém hơn sàn S02 gần 33.33%. Sự liên kết kém này có thể giải thích do sự khác biệt về tính chất của chất kết dính geopolymer hoặc gốc xi măng của 2 loại bê tông.

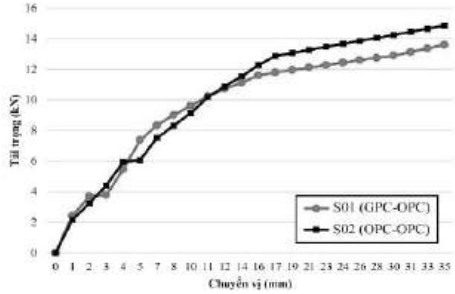


Hình 9. Quan hệ tải trọng và biến dạng của sàn bán lắp ghép

Để tăng cường khả năng liên kết giữa 2 phần bê tông GPC và OPC, sàn S03 đã được thiết kế với cốt thép gia cường (TGC) ∅8a50 tại vị trí mối nối so với sàn S01. Kết quả thực nghiệm cho thấy sàn S03 giữ được biến dạng rất nhỏ ở vị trí mối nối đến gia tải khoảng 7.5 kN, gấp gần 1.88 lần so với sàn S01. Sàn S03 cũng giữ được biến dạng khá nhỏ cho đến tải trọng phá hoại cấu kiện. Kết quả thực nghiệm này chỉ ra vai trò vô cùng quan trọng và cần thiết của cột thép dọc gia cường nhằm gia tăng khả năng liên kết giữa 2 phần bê tông đúc trước-đúc sau và khả năng chịu lực tổng thể của cấu kiện bán lắp ghép.

3.4. So sánh khả năng chịu uốn của sàn bán lắp ghép GPC-OPC và sàn bán lắp ghép OPC-OPC

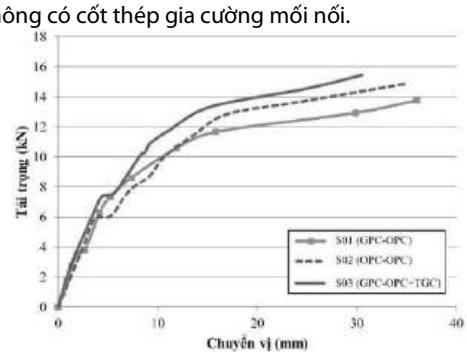
Quan hệ giữa tải trọng gây uốn và chuyển vị của các sàn bán lắp ghép sử dụng 2 loại bê tông GPC-OPC (sàn S01) và 1 loại bê tông OPC-OPC (sàn S02) được trình bày trong Hình 10. Ở giai đoạn chịu tải ban đầu, tương ứng với trạng thái làm việc đàn hồi của vật liệu, quy luật ứng xử của 2 mẫu sàn khá tương đồng với chênh lệch không đáng kể. Ở giai đoạn sau, khi tải gây uốn lớn hơn 10 kN, có sự chênh lệch khả năng chịu tải giữa sàn S01 và S02 trung bình khoảng 9%. Tuy nhiên nếu căn cứ theo điều kiện làm việc của kết cấu thông thường được giới hạn ở giai đoạn đàn hồi của vật liệu, thì sàn bán lắp ghép bê tông GPC-OPC (sàn S01) có thể xem như có khả năng chịu tải và ứng xử tương đồng với sàn bán lắp ghép bê tông đồng nhất OPC-OPC (sàn S02). Điều này góp phần chứng tỏ tính khả thi ứng dụng bê tông geopolymer trong sản xuất cấu kiện bán lắp ghép dùng trong xây dựng.



Hình 10. Quan hệ tải trọng và chuyển vị của sàn S01 và S02

3.5. Ảnh hưởng của cốt thép gia cường mối nối đến khả năng chịu uốn của sàn bán lắp ghép

Đồ thị Hình 11 cho thấy khi tải trọng và chuyển vị còn nhỏ, các sàn làm việc đàn hồi và có ứng xử khá tương đồng lẫn nhau. Sàn bán lắp ghép S03 có cốt thép gia cường mối nối, có giai đoạn làm việc đàn hồi lớn hơn các sàn còn lại. Sàn S03 ứng xử đàn hồi đến gia tải khoảng 7.5 kN, tốt hơn khoảng 188% so với sàn S01 cùng vật liệu nhưng không có cốt thép gia cường mối nối.



Hình 11. Quan hệ giữa tải trọng gây uốn và chuyển vị của các sàn bán lắp ghép

Ở giai đoạn chịu tải sau đàn hồi, sàn S03 cũng cho khả năng chịu lực tốt hơn sàn S01 trung bình khoảng 16% và tốt hơn sàn S02 khoảng trung bình 6% ứng với mỗi cấp chuyển vị. Tải trọng phá hủy của sàn có cốt thép gia cường mối nối S03 cũng cao hơn sàn S01 khoảng 12%, và cao hơn sàn S02 khoảng 5%. Tất cả các kết quả này củng cố cho tính hiệu quả của việc gia cường cốt thép chịu lực tại vị trí tiếp giáp giữa 2 phần bê tông đúc trước và đúc sau.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu ứng xử chịu uốn của cấu kiện sàn mô phỏng bán lắp ghép dùng 2 loại bê tông GPC và OPC. Sàn bán lắp ghép OPC-OPC cũng được làm thực nghiệm đối sánh. Tuy số lượng mẫu khảo sát còn hạn chế, các kết quả thí nghiệm cho thấy các xu hướng ứng xử của cấu kiện phù hợp logic và có thể giải thích được. Một số kết luận chính như sau:

- Sàn bán lắp ghép dùng 2 loại bê tông GPC và OPC có ứng xử chịu uốn khá tương đồng với sàn bán lắp ghép chỉ dùng một loại vật liệu bê tông OPC.

- Các kết quả thực nghiệm góp phần chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng bê tông geopolymer trong sản xuất cấu kiện bán lắp ghép dùng trong ngành xây dựng.

- Liên kết giữa bê tông GPC đúc trước và bê tông OPC đúc sau không được tốt do sự khác biệt về cấu trúc vật liệu dùng làm chất kết dính.

- Liên kết giữa bê tông OPC đúc trước và OPC đúc sau cũng không thực sự tốt so với bê tông đúc liền mạch dẫn đến sự suy giảm khả năng kháng nứt của cấu kiện bán lắp ghép.

- Cốt thép gia cường đóng vai trò quan trọng trong việc gia tăng sự liên kết và khả năng chống nứt của mối nối cũng như tăng cường khả năng chịu tải tổng thể của kết cấu bán lắp ghép.

Acknowledgement: This work belongs to the project grant No: T2024-94 funded by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Van Oss, H. G., & Padovani, A. C. (2003). Cement manufacture and the environment. Journal of Industrial Ecology, 7(1), 93-126.

[2]. Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C., & Meida, L. O. (2001). Carbon dioxide emissions from the global cement industry. Annual Review of Energy and the Environment, 26(1), 303-329.1.

[3]. Gartner, E. (2004). Industrially produced global CO2 emissions. Cement and Concrete Research, 34(11), 2101-2103.

[4]. Schneider, M., Romer, M., Tschudin, M., & Bolio, H. (2011). Sustainable cement production-present and future. Cement and Concrete Research, 41(7), 642-650.2.

[5]. Andrew, R. M. (2018). Global CO2 emissions from cement production, 1928–2017. Earth System Science Data, 10(1), 195-217.

[6]. Rangan, B. V. (2014). Sustainable concrete: The future of concrete construction. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 19(4), 03114001.

[7]. Davidovits, J. (1991). Geopolymers: inorganic polymeric new materials. Journal of Thermal Analysis, 37(8), 1633-1656.

[8]. Provis, J. L. (2018). Alkali-activated materials. Cement and Concrete Research, 114, 40-58.

[9]. Mehta, P. K. (2002). Green concrete: opportunities and challenges for the cement industry. Cement and Concrete Composites, 24(2-3), 161-169.

[10]. Song, S., & Saraswathy, V. (2006). Mechanical properties and sulfate resistance of geopolymer concrete made with ground granulated blast-furnace slag. Cement and Concrete Research, 36(11), 2066-2071.

[11]. Davidovits, J. (1988). Soft mineralogy and geopolymers. In 1st European conference on soft mineralogy (Vol. 1, pp. 27-33).

[12]. Davidovits, J. (1994). High-alkali silico-aluminate cements for 21st century concretes. In ACI special publication (Vol. 144, pp. 383-397).

[13]. Duxson, P., Provis, J. L., Lukey, G. C., van Deventer, J. S. J. (2007). The role of inorganic polymer technology in sustainable development. Cement and Concrete Research, 37(12), 1590-1597.

[14]. Pacheco-Torgal, F., Castro-Gomes, J., & Jalali, S. (2008). High-performance concrete with incorporation of fly ash and bottom ash. Construction and Building Materials, 22(7), 1352-1358.

[15]. Provis, J. L., & van Deventer, J. S. J. (2009). Alkali activated materials: state-of-the-art report. RILEM TC 224-AAM.

[16]. Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, M. D. J., & Rangan, B. V. (2004). On the development of a new generation of high-volume fly ash-based concrete. Construction and Building Materials, 18(8), 595-602.

[17]. Nematollahi, B., Sanjayan, J. G., & Nazari, A. (2015). Semi-precast concrete beams using geopolymer concrete. Construction and Building Materials, 95, 581-591.

[18]. Elliott, K. S. (2017). Precast concrete structures. Routledge.

[19]. Hegger, J. P., & Bertram, W. (2008). Precast concrete structures. Ernst & Sohn.

[20]. Goodier, C. I., Austin, S. A., Gibb, A. G. F., & Thorpe, A. (1997). Benefits of off-site production in construction. Construction Management and Economics, 15(6), 591-600.

[21]. Warszawski, A. (1996). Industrialized and automated building systems: potential for housing. Journal of Architectural Engineering, 2(3), 93-100.

[22]. Mast, R. F. (1992). Analysis and design of segmental concrete bridges. PCI journal, 37(4), 66-79.

[23]. Belleri, A., Clemente, P., & Scolari, M. (2017). Experimental investigation on the seismic behaviour of precast concrete beam-column joints with different connection types. Engineering Structures, 130, 187-201.

[24]. Nematollahi, B., Sanjayan, J. G., & Nazari, A. (2015). Semi-precast concrete beams using geopolymer concrete. Construction and Building Materials, 95, 581-591.

[25]. Law, D. W., Adam, G. P., & Ihrsan, S. N. (2017). Structural behaviour of precast concrete connections using geopolymer mortar. Materials and Structures, 50(5), 235.

[26]. TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật.

[27]. ASTM C618-03, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, American Society for Testing and Materials, 2003.

[28]. TCVN 3118:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén.

[29]. TCVN 5726:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ lăng trụ, môđun đàn hồi và hệ số Poisson.

[30]. TCVN 197-1:2014, Vật liệu kim loại - Thử kéo - Phần 1: phương pháp thử ở nhiệt độ phòng.

■Ngày nhận bài: 24/3/2025 ■Ngày sửa bài: 18/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2025

Đánh giá hiệu quả clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo trong quá trình xử lý nước cấp sinh hoạt

Evaluation of pretreatment stage with chlorine Dioxide in water supply for domestic use

> TS TRẦN ĐỨC MINH HẢI[1], PGS.TSKH NGUYỄN XUÂN NGUYÊN[2]
[1]Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[2]Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

TÓM TẮT

Trong quá trình xử lý nước cấp sinh hoạt từ nguồn nước mặt bị ô nhiễm các chất hữu cơ và Mangan, cần thiết phải có giai đoạn clo hóa sơ bộ nguồn nước thô. Tuy nhiên nếu sử dụng các loại clo tự do sẽ có nguy cơ tạo ra sản phẩm phụ của quá trình khử trùng (DBPs). Trong nghiên cứu này, sản phẩm thay thế an toàn hơn cho con người (dioxit clo) được lựa chọn cho quá trình tiền xử lý. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm tại Nhà máy nước An Dương, Hải Phòng cho thấy dùng dioxit clo thay cho nước Javen (clo hoạt tính) không ảnh hưởng đến quá trình xử lý (keo tụ, lắng và lọc) nước sinh hoạt, đồng thời hiệu quả xử lý các chất hữu cơ, mangan hòa tan,... còn cao hơn đáng kể so với sử dụng Javen. COD xác định theo KMnO4 sau lọc khi châm dioxit clo là 2,02-2,21 mg/L so với khi châm javen là 2,08-2,41 mg/L và không châm hóa chất là 2,47 mg/L. Mn hòa tan trong nước sau khi châm dioxit clo giảm còn 0,026-0,055 mg/L còn khi châm javen thì giá trị này không thay đổi. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm cho thấy dùng dioxit clo có thể là phương pháp thay thế cho nước Javen để clo hóa sơ bộ nguồn nước thô bị ô nhiễm bởi hữu cơ và mangan trong quá trình xử lý nước cấp.

Từ khóa: Tiền xử lý; dioxit clo; nước Javen; ô nhiễm hữu cơ; hợp chất hữu cơ; xử lý nước cấp.

ABSTRACT

In water supply treatment from surface water contaminated by organic substances and manganese, preliminary treatment by chlorination is often required. However, if free chlorine is used, there could be a potential risk of the formation of disinfection by-products (DBPs). In this study, an alternative that is safer for human health (chlorine dioxide) was selected for the preliminary treatment. The obtained results of the experimental study at An Duong water treatment plant (Hai Phong city) demonstrate that using chlorine dioxide instead of active chlorine (Javen) does not compromise the major treatment stages (i.e., coagulation, sedimentation and filtration). Notably, the removal of COD (determined by KMnO4 method), dissolved manganese, etc. by chlorine dioxide is significantly higher than by the conventional chemical (sodium hypochlorite). COD determined by KMnO4 method after filtration was 2.02-2.21 mg/L, 2.08-2.41 mg/L and 2.47 mg/L in three cases: adding chlorine dioxide, adding sodium hypochlorite, and no added chemicals, respectively. In addition, the content of dissolved Mn in treated water after adding chlorine dioxide reduced to 0.026-0.055 mg/L, compared to the unchanged value when adding sodium hypochlorite. The results of the experimental study imply that chlorine dioxide can be a potential substitute for sodium hypochlorite to pre-chlorinate raw water sources contaminated by organic substances and manganese in the water supply treatment.

Keywords: Preliminary treatment; chlorine dioxide; sodium hypochlorite; organic substances; water supply treatment.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay nguồn nước thô để cấp nước sinh hoạt tập trung chủ yếu là nước sông hồ, trong đó có hàm lượng hữu cơ cao, nhiều thành phần ô nhiễm và vi sinh vật gây bệnh. Nước sau khi xử lý đạt quy chuẩn chất lượng nước sinh hoạt cần thiết phải khử trùng để các chỉ số Coliform < 3 CFU/100mL, E.Coli hoặc Coliform chịu nhiệt < CFU/100 mL. Phương pháp truyền thống khử trùng nước sinh hoạt hiện nay là dùng clo hoạt tính dưới dạng clo khí hóa lỏng hoặc hypoclorit natri NaOCl (javen) và để ngăn ngừa vi sinh vật gây bệnh tái xâm nhập vào nước yêu cầu hàm lượng clo dư trên mạng lưới cấp nước sinh hoạt phải duy trì từ 0,2 đến 1,0 mg/L [1].

Các chất hữu cơ hòa tan (dissolved organic matter -DOM)

trong nước sông hồ có nguồn gốc tự nhiên hoặc các hợp chất hữu cơ bền vững khác nguồn gốc từ nước thải, nước chảy tràn bề mặt,.. DOM tạo ra độ màu, làm tăng độ oxy hóa của nước,… tác động tiêu cực đến quá trình xử lý nước cấp như: gây tắc bể lọc hoặc nghẹt màng lọc, đóng vai trò như một chất nền cho sự phát triển của vi sinh vật trong hệ thống phân phối nước,…. [2, 3]. Trong nước tự nhiên khí sunfua hydro (H_2S) là sản phẩm của quá trình phân hủy các chất hữu cơ. Khí sunfua hydro tạo cho nước có mùi khó chịu và làm cho nước có tính ăn mòn cao [4]. Theo Bảng 11 của TCVN 13606:2023, khi nước có độ mầu cao, có nhiều chất hữu cơ, sunfua hyđro, phù du sinh vật,… thì cần xử lý sơ bộ trước bằng phương pháp hoá học nhờ các chất oxy hóa mạnh, mà thông thường là các hợp chất clo hoạt tính như clo lỏng, nước javen NaOCl,…. Quá trình này thường được gọi là quá trình clo hóa sơ bộ [5].

Tuy nhiên, hầu hết các hợp chất DOM như: hợp chất humic, fulvic, ... có khả năng phản ứng với clo để tạo thành các hợp chất dạng haloforms và các hợp chất hữu cơ halogen hóa khác. Các chất nguồn của Trihalomethane (THMs) cũng được tạo ra khi brom và chất hữu cơ hòa tan đều có mặt trong nước. Như vậy, DOM còn dư trong nước khi kết hợp với clo trong quá trình clo hóa sẽ tạo ra sản phẩm phụ DBPs (disinfection by-products - DBPs). DBPs gây hại và dẫn đến các mối lo ngại về sức khỏe [6]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về QCVN 01-1:2018/BYT quy định rất chặt chẽ về các giá trị tối đa của các thông số nhóm B về hóa chất khử trùng và sản phẩm phụ của nó trong nước sinh hoạt nêu trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số nhóm B: Thông số hóa chất khử trùng và sản phẩm phụ [1]

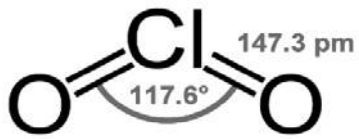
TT	Thông số	Giá trị, µg/L	TT	Thông số	Giá trị, µg/L
1	2,4,6 - Triclorophenol	200	8	Dichloroacetonitrile	20
2	Bromat	10	9	Dichloroacetic acid	50
3	Bromodichloromethane	60	10	Formaldehyde	900
4	Bromoform	100	11	Monochloramine	3,0
5	Chloroform	300	12	Monochloroacetic acid	20
6	Dibromoacetonitrile	70	13	Trichloroacetic acid	200
7	Dibromochloromethane	100	14	Trichloroaxetonitril	1

Như vậy, cần thiết phải tìm các giải pháp loại bỏ hiệu quả chất hữu cơ cũng như thay thế clo hoạt tính để khử trùng, ngăn ngừa tạo thành các sản phẩm phụ sản DBPs trong nước cấp sinh hoạt. Một trong những giải pháp đó là thay thế bằng dioxit clo. Do chỉ phản ứng oxi hóa nên dioxit clo ít kết hợp với các hợp chất hữu cơ khác để tạo thành các sản phẩm như phenol clo hóa, THMs, dioxin,... Các sản phẩm phụ tạo ra khi dioxit clo tác dụng với nước là các clorit, clorat vô hại [7]. Dioxit clo (ClO_2) được quốc tế công nhận là một thế hệ chất oxy hóa mới có hiệu quả, phổ rộng, an toàn khi khử trùng, …, là lựa chọn tốt cho quá trình clo hóa khi xử lý nước, bảo quản thực phẩm, khử trùng môi trường,…. Ở Việt Nam, Bộ Y tế đã đưa ClO_2 như là một trong những biện pháp kiểm soát nhiễm khuẩn môi trường bệnh viện [8].

Trong xử lý nước cấp và nước thải, dioxit clo đã được khuyến cáo sử dụng để oxy hóa chất hữu cơ do nó tốt hơn clo vì kiểm soát được sản phẩm phụ hình thành trong quá trình khử trùng. Đồng thời hoá chất này cũng không gây cho nước có vị, mùi và màu sắc không mong muốn. Trong bài báo này tập trung nghiên cứu thử nghiệm về hiệu quả clo hóa sơ bộ nước sinh hoạt bằng dioxit clo thay cho clo hoạt tính thường được sử dụng trong quy trình công nghệ xử lý nước cấp sinh hoạt hiện nay.

2. CƠ CHẾ CLO HÓA SƠ BỘ BẰNG DIOXIT CLO

Dioxit clo (ClO_2) là một oxit của clo có công thức hóa học nêu trên Hình 1.



Hình 1. Công thức hóa học của dioxit clo

Dioxit clo là là chất khí màu vàng lục ở nhiệt độ và áp suất bình thường, nhưng ở dạng lỏng ở nhiệt độ thấp hơn. Đồng thời, khác với clo hoạt tính, dioxit clo tồn tại trong nước lâu hơn và có tác dụng diệt trùng ngay cả ở trong môi trường kiềm [9].

Khi cho dioxit clo vào nước, các ion clorit sẽ tiếp nhận điện tử từ các hóa chất khác trong nước để khử thành ion clorua và oxy hóa các chất khác theo cơ chế phản ứng sau:

$ClO_2 + e^- \rightarrow ClO_2^-$

$ClO_2^- + 2H_2O + 4e^- \rightarrow Cl^- + 4OH^-$

ClO_2 với clo trong đó có hóa trị +4 và thế oxy hóa 0,95 V, biến đổi mạnh gấp 5 lần trong bản chất oxi hóa so với clo nên có khả năng oxi hóa các chất hữu cơ và vô cơ. Ví dụ, phản ứng với ion sulfite (SO_3^{2-}):

$ClO_2 + 2SO_3^{2-} + 2H+ \rightarrow Cl- + 2HSO_4- + H_2O$

Dioxit clo và các sản phẩm phụ clorit nhanh chóng oxy hóa Fe(II) thành Fe(III) kết tủa sau đó bị loại bỏ bằng lắng và lọc. Sau phản ứng ban đầu clorit tạo thành ở pH=6,5 tiếp tục chuyển đổi Fe(II) thành Fe(III) theo phản ứng sau đây:

$4Fe^{2+} + ClO_2^- + 10H_2O \leftrightarrow 4Fe(OH)_3 + Cl^- + 8H^+$

Cũng như với Fe(II), clorit cũng nhanh chóng phản ứng với mangan hòa tan tạo thành mangan dioxit không hòa tan trong nước.

Khi pH >7 oxy hóa mangan theo phản ứng: $Mn^{2+} + 2ClO_2^- + 4OH^- \leftrightarrow MnO_2 + 2ClO_2 + 2H_2O$

Khi pH<7: $5Mn^{2+} + 2ClO_2^- + 6H_2O \leftrightarrow 5MnO_2 + 12\ H^+ + 2Cl^-$

Hiệu quả oxy hóa mangan nhất là khi pH<7.

Như vậy, dioxit clo là chất oxi hóa mạnh hơn clo. Có thể thấy rằng nếu khả năng oxy hóa của khí clo là 100%, thì khả năng oxy hóa theo lý thuyết của dioxit clo là 2,6 lần so với khí clo, gấp 2,0 lần so với natri hypochlorite và 1,3 lần so với hydro peroxide.

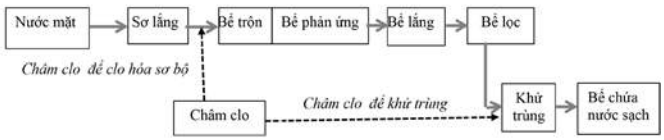
Tác dụng diệt khuẩn: dioxide clo là một chất khử trùng phổ rộng, hiệu quả cao. Về cơ chế khử trùng, ClO_2 phản ứng trực tiếp với các axit amin và RNA trong tế bào, ngăn cản quá trình tổng hợp protein. ClO_2 ảnh hưởng tới màng tế bào bằng cách thay đổi proten và chất béo và ngăn cản sự hấp thụ. Vi khuẩn bị loại bỏ khi ClO_2 thâm nhập qua vỏ tế bào. Trong khi đó ClO_2 tiêu diệt vi rút bằng sự ngăn cản sự hình thành protein. Thực nghiệm cho thấy ClO_2 chống lại virút hiệu quả hơn clo và ozone. Nhiều nghiên cứu nước ngoài đã chỉ ra rằng dioxit clo có thể tiêu diệt nhiều mầm bệnh như Escherichia coli và Staphylococcus aureus ở nồng độ rất thấp (0,1

ppm). Ngay cả dưới sự can thiệp của chất hữu cơ, tất cả các vi sinh vật như vi khuẩn, vi rút viêm gan, vi khuẩn và bào tử vi khuẩn có thể bị tiêu diệt hoàn toàn ở nồng độ vài chục ppm. ClO_2 có khả năng khử trùng tương đương với Clo nếu như đạt nồng độ phù hợp nhưng về cơ bản, chúng sở hữu nhiều ưu điểm hơn, điển hình **là** việc không bị ảnh hưởng bởi độ pH trong khoảng 4 đến 10, thời gian tiếp xúc thấp hơn, không bị ăn mòn ở nhiệt độ cao, và ClO_2 không có mùi.

Dioxit clo cũng không phản ứng với NH_3 và các muối amoni hay các hợp chất hữu cơ chứa nhóm amoni; Nó cũng không phản ứng với các hợp chất của Brom tạo ra các muối Br. Mặc dù có tính oxy hoá cao nhưng ClO_2 chỉ phản ứng với một số hợp chất hữu cơ, sunfua, các amin,... Do chỉ phản ứng oxi hóa nên dioxit clo ít kết hợp với các hợp chất hữu cơ khác để tạo thành các sản phẩm như phenol clo hóa, THMs, dioxin,... Không như chlorine và hypochlorite, ClO_2 không sẵn sàng ghép thêm các liên kết đôi hoặc tạo ra các gốc hydrocarbon chứa chlorine (gây ung thư) khi phản ứng với các chất hữu cơ. Các sản phẩm phụ tạo ra khi dioxit clo tác dụng với nước là các clorit, clorat vô hại.

3. HIỆU QUẢ XỬ LÝ SƠ BỘ NƯỚC SINH HOẠT BẰNG DIOXIT CLO

Trong quy trình xử lý nước sinh hoạt, khi cần thiết có thể đưa clo vào hệ thống xử lý nước trước bể lắng và bể lọc (gọi là quá trình clo hóa sơ bộ) với các mục đích: oxy hóa sắt hòa tan ở dạng hợp chất hữu cơ, oxy hóa mangan hòa tan để tạo thành các kết tủa tương ứng, oxy hóa các chất hữu cơ có trong nước mà quá trình lắng, lọc sau đó không loại bỏ được hoặc trung hòa ammoniac thành cloramin có tính chất tiệt trùng lâu dài,... Đồng thời ngăn chặn sự phát triển của rong rêu trong bể phản ứng và bể lắng, phá hủy tế bào của các vi sinh sinh sản ra các chất nhầy trên mặt bể lọc, làm tăng thời gian chu kỳ lọc. Sơ đồ quá trình clo hóa sơ bộ trong dây chuyền công nghệ xử lý nước mặt được nêu trên Hình 2.

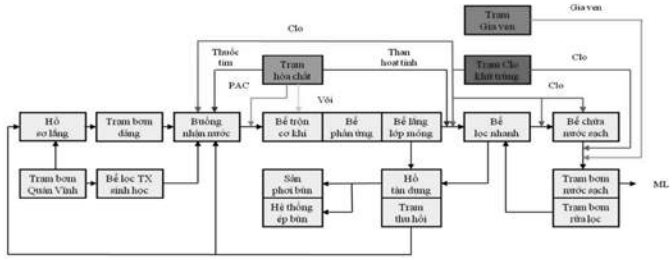


Hình 2. Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước mặt có clo hóa sơ bộ

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả quá trình clo hóa sơ bộ đối với quá trình xử lý nước khi thay thế clo hoạt tính bằng dioxit clo. Quá trình này được triển khai thử nghiệm tại Nhà máy nước An Dương thuộc Công ty Cấp nước Hải Phòng.

Nhà máy nước An Dương, Hải Phòng, có quy mô công suất thiết kế 200.000 m^3/ngày. Nguồn nước thô cấp cho nhà máy nước lấy từ Sông Rế. Theo Công ty Cấp nước Hải Phòng, trong giai đoạn từ năm 2015-2021, nồng độ các chất ô nhiễm hữu cơ (COD theo $KMnO_4$) có xu hướng gia tăng, đạt tới giá trị 7-8 mgCOD/L vào giai đoạn mùa hè. Nồng độ chất ô nhiễm amoni đều cao hơn so với ngưỡng cho phép là 0,3 mg/L, dao động trong khoảng từ 0,2 - 1,7 mg/L. Nồng độ mangan có xu hướng tăng cao trong những năm gần đây, đặc biệt từ tháng 5 tới tháng 10, nằm trong khoảng từ 0,05 - 0,45 mg/L [11].

Nước nguồn với lưu lượng 40.000 m^3/ngày đi vào hồ sơ lắng, theo sau là trạm bơm dâng. Cả hai đường nước tập trung tại buồng tiếp nhận, sau đó nước được châm phèn PAC tại bể trộn cơ khí, tiếp theo là bể phản ứng cơ khí, bể lắng lamella và bể lọc nhanh 2 lớp vật liệu lọc. Cuối cùng, nước được khử trùng bằng javen khi đi vào bể chứa nước sạch, được trạm bơm cấp 2 bơm vào mạng lưới cấp nước. Sơ đồ hoạt động của nhà máy nước An Dương được nêu trên Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ công nghệ Nhà máy nước An Dương - Hải Phòng

a. Quy trình nghiên cứu triển khai tại Phòng thí nghiệm

Quy trình nghiên cứu được chia thành 2 bước như sau:

- Bước 1: Thí nghiệm clo hóa sơ bộ

Trên 6 mô hình thí nghiệm, thể tích hữu dụng mỗi mô hình W=500 L, nước thô của nhà máy nước An Dương sau hồ sơ lắng (tại trạm bơm dâng) được cấp đầy cho mỗi mô hình. Các mô hình thử nghiệm được đánh số hiệu là M1, M2, M3, M4, M5 và M6, trong đó châm hóa chất để clo hóa sơ bộ như sau:

- Mô hình M1, M2 và M3 được châm dioxit clo (ClO_2) với nồng độ tương ứng với liều lượng clo hoạt tính là: 1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L. Các liều lượng dioxit clo này được lấy theo khuyến cáo của Hiệp hội nước Hoa Kỳ (AWWA) [12].

- Mô hình M4, M5 và M6 được châm javen (NaOCl) với nồng độ tương ứng với liều lượng clo hoạt tính là: 1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L. Liều lượng javen châm phù hợp với khoảng nồng độ mà Công ty Cấp nước Hải Phòng thường sử dụng để clo hóa sơ bộ nước thô tại Nhà máy nước An Dương.

Khuấy trộn đều hóa chất trong các mô hình này và để thời gian phản ứng 60 phút, sau đấy lấy mẫu nước từ các mô hình và mẫu nước đối chứng (nước thô không châm hóa chất sau hồ sơ lắng) để phân tích các thông số: hàm lượng clo dư, hàm lượng clo tổng, độ màu, hàm lượng hữu cơ theo $KMnO_4$, hàm lượng nitơ amoni, hàm lượng mangan hòa tan.

Hiệu quả diệt khuẩn tính theo tỉ lệ giữa số coliform ban đầu (N_0, CFU/100mL) và sau thời gian tiếp xúc với hóa chất khử trùng (N_t, CFU/100mL) tương ứng với nồng độ clo hoạt tính trong các mẫu M1, M2, M3, M4, M5 và M6 cũng được xác định.

Hóa chất sử dụng cho nghiên cứu là: dioxit clo (ClO_2) dạng bột được phòng thí nghiệm Viện Vật liệu thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam điều chế và cung cấp. Javen (NaOCl) là sản phẩm thị trường được Nhà máy nước An Dương sử dụng. Các thông số chất lượng nước được phân tích theo các phương pháp nêu trong các TCVN, quy định trong QCVN 01-01:2018/BYT.

Các kết quả phân tích chất lượng nước ở bước 1 sẽ dùng để đánh giá hiệu quả quá trình clo hóa sơ bộ khi châm clo bằng hai loại hóa chất khác nhau (ClO_2 và NaOCl) với nồng độ clo hoạt tính khác nhau (1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L).

- Bước 2: Thí nghiệm keo tụ tạo bông sau clo hóa sơ bộ trên thiết bị jar-test

- Mô hình M1, M2 và M3 được châm dioxit clo (ClO_2) với nồng độ tương ứng với liều lượng clo hoạt tính là: 1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L;

- Mô hình M4, M5 và M6 được châm javen (NaOCl) với nồng độ tương ứng với liều lượng clo hoạt tính là: 1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L;

- Mô hình đối chứng là nước thô sau sơ lắng, không châm clo.

Sau khi châm và khuấy đều clo 10 phút, tiến hành châm PAC liều lượng 10 mg/L và thực hiện các bước thử nghiệm jar-test theo quy trình quy định của nhà máy nước. Mẫu nước sau lắng từ thiết bị jar-test sẽ được lọc trên cột lọc của phòng thí nghiệm để xác định các thông số chất lượng nước sau lọc.

Các thông số chất lượng nước sau lắng và sau lọc là: độ đục sau lắng, độ đục sau lọc, nồng độ clo hoạt tính sau lọc, độ màu sau lọc, hàm lượng hữu cơ COD theo $KMnO_4$) sau lọc.

Các kết quả phân tích chất lượng nước ở bước 2 sẽ dùng để đánh giá hiệu quả quá trình xử lý nước (sau keo tụ, lắng và lọc) khi châm clo trước đó bằng hai loại hóa chất khác nhau (ClO_2 và NaOCl) với nồng độ clo hoạt tính khác nhau (1 mg/L, 2mg/L và 3 mg/L).

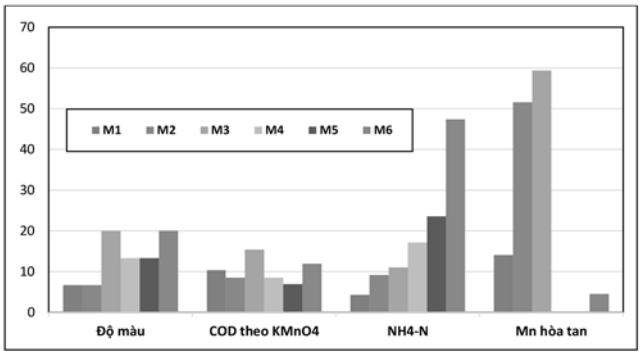
b. Kết quả nghiên cứu

Kết quả phân tích chất lượng nước sau quá trình clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo và hypoclorit natri theo bước 1 của quy trình thí nghiệm được nêu trong Bảng 2.

Bảng 2. Giá trị các thông số chất lượng nước sau quá trình clo hóa sơ bộ nước thô

Thông số	Thứ nguyên	Châm dioxit clo			Châm nước javen			Đối chứng
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Clo hoạt tính	mg/L	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	0
Clo dư	mg/L	0,11	0,14	0,16	0,12	0,14	0,17	0,0
Clo tổng	mg/L	0,15	0,26	0,21	0,58	0,94	1,28	0,0
Độ màu	Độ Pt-Co	7,0	7,0	6,0	6,5	6,5	6,0	7,5
COD $KMnO_4$	mg/L	3,38	3,45	3,19	3,45	3,51	3,32	3,77
NH_4-N	mg/L	0,313	0,297	0,291	0,271	0,250	0,172	0,327
Mn hòa tan	mg/L	0,055	0,031	0,026	0,067	0,067	0,064	0,067

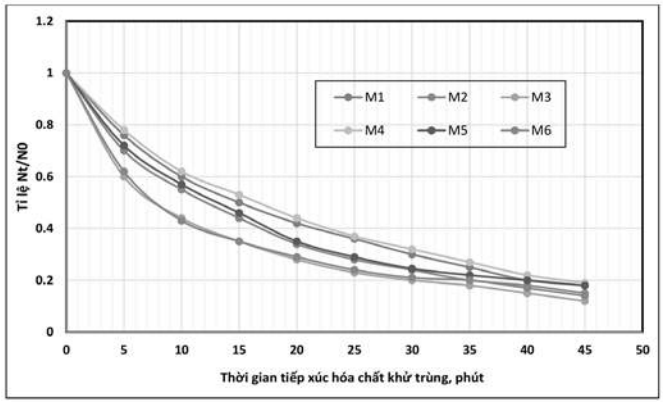
Trên cơ sở kết quả phân tích nêu ở Bảng 1, hiệu quả loại bỏ các thành phần ô nhiễm trong nước thô sau quá trình clo hóa sơ bộ (bước 1) được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Hiệu quả loại bỏ các thành phần ô nhiễm trong giai đoạn clo hóa sơ bộ (%) theo các loại clo được châm với nồng độ khác nhau

Các thí nghiệm bước 1 cho thấy hiệu quả xử lý độ màu trong nước thô bằng javen (trung bình là 15,6%) tốt hơn dùng dioxit clo (trung bình là 11,1%); trong khi đó hiệu quả xử lý các chất hữu cơ (COD theo $KMnO_4$) của các mẫu châm dioxit clo (trung bình là 11,4%) cao hơn các mẫu châm javen (trung bình là 9,1%). Đối với nitơ amoni, kết quả phân tích các mẫu M4, M5 và M6 cho thấy khả năng xử lý của javen tốt hơn so với các mẫu châm dioxit clo và hiệu quả cao nhất xử lý amoni là khi châm javen nồng độ 3,0 mg/L đạt 47,4% (mẫu M6). Hiệu quả xử lý mangan hòa tan trong nước thô khi châm dioxit clo cao hơn hẳn so với các mẫu châm javen, khi châm dioxit clo nồng độ ≥2,0 mg/L thì hiệu quả xử lý mangan sẽ trên 50%.

Số Coliform còn lại sau thời gian tiếp xúc với hóa chất khử trùng ClO_2 (các mẫu M1,M2 và M3) hoặc NaOCl (các mẫu M4, M5 và M6) được xác định theo TCVN 6187-1:2009 [12]. Biểu đồ tỉ số N_t (số lượng vi khuẩn coliform còn lại sau thời gian tiếp xúc với hóa chất khử trùng) và N_0 (số lượng vi khuẩn coliform ban đầu trong nước thô) thể hiên trên Hình 5.



Hình 5. Hiệu quả diệt khuẩn (Coliform) theo thời gian trong nước thô với nồng độ ClO_2 và NaOCl khác nhau

Trên biểu đồ thấy rõ, sau thời gian tiếp xúc và một phần hóa chất oxy hóa tiêu thụ cho các quá trình khác (oxy hóa các chất hữu cơ, mangan, hình thành cloramin,..) các chất khử trùng ClO_2 và NaOCl xâm nhập vào tế bào và tiêu diệt vi khuẩn. Hiệu suất khử trùng của ClO_2 cao hơn NaOCl không đáng kể. Các kết quả này cũng tương tự như của các nghiên cứu trước đây của Robert at all.,1960, và công bố khác gần đây.

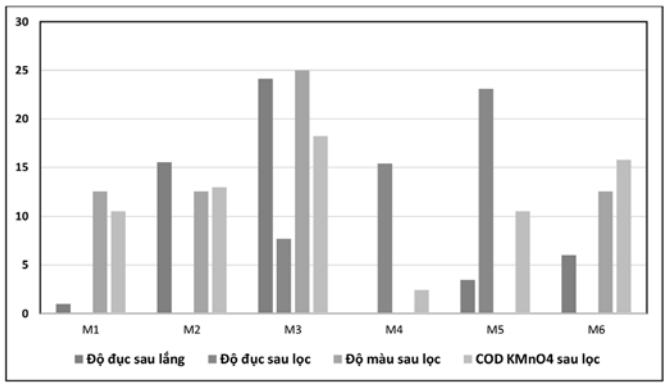
Sau khi clo hóa và châm PAC trên thiết bị jar-test, nước mẫu được lọc qua các cột lọc. Kết quả phân tích chất lượng nước thử nghiệm xử lý theo bước 2 được nêu trong Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị các thông số chất lượng nước thử nghiệm sau quá trình keo tụ - lắng và lọc

Thông số	Thứ nguyên	Châm dioxit clo			Châm nước javen			Đối chứng
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Clo hoạt tính	mg/L	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	0
Độ đục sau lắng	NTU	1,16	0,98	0,88	1,18	1,12	1,09	1,16
Độ đục sau lọc	NTU	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,13	0,13
Độ màu	Độ Pt-Co	3,5	3,5	3,0	4,0	4,0	3,5	4,0
COD $KMnO_4$	mg/L	2,21	2,15	2,02	2,41	2,21	2,08	2,47

Từ các kết quả phân tích chất lượng nước nêu trong Bảng 2, thiết lập được biểu đồ hiệu quả xử lý nước qua các quá trình keo tụ - lắng và lọc đối với nước thô Nhà máy nước An Dương trong các trường hợp châm dioxit clo và javen so với không châm các chất oxy hóa như trên Hình 6.

Các thí nghiệm bước thứ hai cho thấy sau clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo hiệu quả làm trong nước sau lắng (tính theo độ đục) cao hơn so với châm javen, tuy nhiên sau lọc độ đục của nước khi châm javen sẽ giảm nhiều hơn so với châm dioxit clo. Khi dùng dioxit clo cho quá trình xử lý nước, hiệu quả khử màu và loại bỏ chất hữu cơ (COD theo $KMnO_4$) tăng lên rõ rệt so với các trường hợp không clo hóa sơ bộ hoặc clo hóa bằng javen.



Hình 6. Độ tăng hiệu quả xử lý nước (%) trong các trường hợp châm dioxit clo (M1, M2, M3) và javen (M4, M5, M6) so với không châm hóa chất oxy hóa (mẫu đối chứng)

Như vậy, khi clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo hiệu quả xử lý nước mặt các quá trình tiếp theo (lắng, lọc) không bị ảnh hưởng. Quá trình clo hóa sơ bộ bằng dioxit clo còn làm tăng hiệu quả loại bỏ độ màu, các chất hữu cơ, mangan hòa tan,… so với javen. Liều lượng dioxit clo dùng cho quá trình clo hóa sơ bộ từ 1,0-3,0 mg/L là hợp lý khi tham chiếu quy định của Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA) chấp nhận cho sử dụng dioxit clo nồng độ 5 ppm để xử lý nước uống được.

4. KẾT LUẬN

Dioxit clo (ClO_2) là một chất oxy hóa mạnh đã được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất và đời sống, đặc biệt là trong kiểm soát nhiễm khuẩn cũng như làm sạch môi trường, bảo quản hoa quả, thực phẩm,… Hiện nay nhiều nước trên thế giới cũng đã khuyến cáo và hướng dẫn đưa dioxit clo vào trong quá trình xử lý nước như là một biện pháp hữu hiệu để hạn chế và ngăn ngừa sự hình thành các sản phẩm phụ (DBPs), trong đó trihalomethane (THMs).

Đối với nguồn nước mặt bị ô nhiễm việc đưa chất oxy hóa mạnh (phổ biến là clo hoạt tính) vào dây chuyền công nghệ của nhà máy xử lý nước thường theo hai bước: clo hóa sơ bộ trước khi lắng, lọc để loại bỏ các chất hữu cơ, nitơ amoni, mangan hòa tan, khí H_2S,… và clo hóa diệt vi khuẩn trước khi nước cấp vào hệ thống phân phối nước sạch. Trong nghiên cứu này đã thử nghiệm đưa dioxit clo vào giai đoạn clo hóa sơ bộ đối với nguồn nước thô sau sơ lắng của Nhà máy nước An Dương, Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm tại hiện trường cho thấy dùng dioxit clo thay cho clo hoạt tính (javen) không ảnh hưởng đến quá trình xử lý (keo tụ, lắng và lọc) nước sinh hoạt của nhà máy, đồng thời hiệu quả xử lý các chất hữu cơ (COD theo $KMnO_4$), mangan hòa tan,… còn cao hơn đáng kể so với dùng javen. Mặt khác hiệu quả loại bỏ vi sinh vật gây bệnh khi dùng dioxit clo và dùng javen với nồng độ tính theo clo hoạt tính tương đương có giá trị gần như nhau.

Kiến nghị để hạn chế và tiến đến ngăn ngừa rủi ro do sự hình thành THMs trong nước sinh hoạt có thể thay thế clo hoạt tính (clo lỏng hoặc javen) bằng dioxit clo trong giai đoạn clo hóa sơ bộ nước thô cho các nguồn nước mặt bị ô nhiễm hữu cơ.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Công ty Cấp nước Hải Phòng đã hợp tác, hỗ trợ và tạo điều kiện để triển khai nghiên cứu này tại Nhà máy nước An Dương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. QCVN 01-1:2018/BYT về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

[2]. Ritson JP, Graham NJD, Templeton MR, Clark JM, Gough R, Freeman C. The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: a UK perspective. Sci Total Environ. 2014;473-474(0):714-30.

[3]. Delpla I, Jung AV, Baures E, Clement M, Thomas O. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. Environ Int. 2009;35(8):1225-33.

[4]. Trần Đức Hạ, Trần Thị Việt Nga, Trần Thị Hiền Hoa, Dương Thu Hằng, Trần Thúy Anh, Nguyễn Thúy Liên. Cơ sở các quá trình lý hóa sinh trong kỹ thuật nước- Môi trường nước. NXB Xây dựng, 2023.

[5]. TCVN 13606:2023 Cấp nước - Mạng lưới đường ống và công trình - Yêu cầu thiết kế.

[6]. Nguyễn Thị Thanh Phượng, Trần Ngọc Hân, Nguyễn Xuân Lan, Trihalomethane (THMs) trong nước cấp - Tổng hợp tài liệu. Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề II/2018.

[7]. Trần Đức Hạ, Nguyễn Xuân Nguyên, Trần Đức Minh Hải. Ngăn ngừa sự hình thành và loại bỏ các sản phẩm phụ độc hại khi khử trùng nước bằng clo. Tạp chí "Cấp thoát nước Việt Nam" ISSN 1859-3623, Số 141 năm 2022, trang 72-76.

[8]. Bộ Y tế. Hướng dẫn thực hành kiểm soát nhiễm khuẩn môi trường bệnh viện. NXB Y học, 2020.

[9]. EPA Guidance Manual. Alternative Disinfectants and oxidants - Chapter 4: Chlorine Dioxide, April 1999.

[10]. Đào Thị Minh Nguyệt. Báo cáo đề tài NCKH cấp Bộ Xây dựng: Nghiên cứu giải pháp xử lý đồng thời các chất ô nhiễm hữu cơ, amoni và mangan trong nước mặt sử dụng bể lọc sinh học tiếp xúc (mã số: RD 15-22), Hà Nội, 2024.

[11]. AWWA, Water Treatment Plant Design, 4th edition, 2005.

[12]. TCVN 6187-1:2009- Chất lượng nước: phát hiện và đếm E.Coli và vi khuẩn Coliform - Phương pháp màng lọc.

■Ngày nhận bài: 27/3/2025 ■Ngày sửa bài: 21/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Sử dụng phương pháp đo điện thế half-cell nghiên cứu ăn mòn cốt thép trong bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển

Using half-cell potential measurement methods, investigating steel reinforcement corrosion in geopolymer concrete using coral sand, coral rock, and seawater

> THS LÊ HỒNG QUÂN*, TS TRẦN VĂN TUẤN, TS NGUYỄN VĂN CHI, KS ĐỒNG VĂN KIÊN
Chi nhánh Ven biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga
*Email: quanttndvn@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu điều tra chi tiết về điện thế half-cell của cốt thép trong bê tông geoplyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển (GPS). Các giá trị điện thế half-cell của cốt thép trong bê tông GPS được so sánh với trong bê tông truyền thống sử dụng xi măng, cát sông, đá dăm và nước ngọt (CPC). Kết quả thực nghiệm đã xác minh các giá trị điện thế half-cell bị ảnh hưởng bởi môi trường chứa Cl- và đưa ra các thông số khuyến cáo khả năng bị ăn mòn cốt thép trong bê tông geoplyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển. Điều này cung cấp cơ sở cho việc hiệu chuẩn trong tương lai các giá trị điện thế half-cell khuyến cáo của cốt thép bị ăn mòn trong bê tông sử dụng vật liệu nhiễm mặn. Đề xuất này được kiểm chứng thông qua các kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

Từ khóa: Bê tông geopolyme; cát san hô; đá san hô; nước biển; điện thế half-cell.

ABSTRACT

This paper aims to investigate the half-cell potentials of steel reinforcement in geopolymer concrete (GPS) that incorporates coral sand, coral rock, and seawater. The half-cell potential values of the reinforcement in GPS concrete were compared with those in conventional concrete (CPC) using cement, river sand, crushed stone, and freshwater. The experimental results confirm that environments containing chloride ions (Cl-) influence the half-cell potential values. Based on these findings, we propose parameters to assess the corrosion susceptibility of steel reinforcement in geopolymer concrete. This study provides a foundation for future calibration of half-cell potential values for corroded steel in concrete containing saline constituents . This proposal is supported by the experiment results and field survey.

Keywords: Geopolymer concrete; coral sand; coral rock; seawater; half-cell potential.

1. GIỚI THIỆU

Vận chuyển vật liệu xây dựng như xi măng, cát, đá và nước ngọt đến các khu vực hải đảo ngoài khơi đặt ra những thách thức đáng kể. Việc nghiên cứu tận dụng các nguyên vật liệu nhiễm mặn tại chỗ có ý nghĩa thực tiễn vô cùng lớn. Tại các khu vực hải đảo xa bờ, cát, đá chủ yếu có nguồn gốc từ các mảnh vụn san hô trải qua quá trình phong hóa tự nhiên và xói mòn. Việc sử dụng các nguồn nguyên vật liệu này không gây hại đến hệ sinh thái phát triển san hô.

Một số công nghệ chế tạo bê tông sử dụng vật liệu nhiễm mặn đã được nghiên cứu, trong đó có việc sử dụng bê tông geopolyme và đã thu được những kết quả tích cực [1-5]. Nghiên cứu trước đây đã so sánh và thấy rằng, có rất ít sự khác biệt giữa tính chất cơ học của bê tông geopolyme sử dụng vật liệu nhiễm mặn so với khi sử dụng cát sông, nước ngọt. Tuy nhiên, các nghiên cứu hầu hết đánh giá tính chất cơ học chứ chưa đề cập nhiều đến vấn đề ăn mòn cốt thép trong bê tông. Ngoài ra, sử dụng bê tông geopolyme cũng góp phần giảm phát thải khí CO_2 so với khi sử dụng bê tông xi măng [6,7]. Trong giai đoạn hiện nay, xu thế nghiên cứu phát triển bền vững với mục tiêu giảm phát thải CO_2 thì việc dịch chuyển sử dụng bê tông geopolyme là cần thiết.

Sử dụng các nguyên liệu nhiễm mặn, cùng với đó là môi trường biển Việt Nam với khí hậu nóng ẩm và hàm lượng Cl^- cao, đây chính là điều kiện thuận lợi gây ra ăn mòn và phá hủy cốt thép trong bê tông. Để giám sát tình trạng cốt thép trong bê tông cần áp dụng những phương pháp đánh giá, dự đoán ăn mòn một cách chính xác và khoa học. Phương pháp đo điện thế half-cell là một trong những phương pháp kiểm tra ăn mòn cốt thép đang được áp dụng hiện nay [8,9]. Phương pháp này được các tiêu chuẩn ASTM-C876-15 [10]

và TCVN 9348:2012 [11] chỉ dẫn sử dụng. Đây là một phương pháp đo nhanh, thông qua hiệu điện thế dòng ăn mòn đo được cho phép đánh giá khả năng cốt thép trong bê tông có bị ăn mòn hay không. Các tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn về cách thực hiện phép đo này và mối quan hệ giữa các giá trị điện thế đo được và xác suất ăn mòn cốt thép. Việc giải thích kết quả là định tính và dựa trên điện cực đồng sunfat (CSE). Các tiêu chuẩn ASTM-C876-15 và TCVN 9348:2012 đưa ra đề xuất các phạm vi điện thế đo được được phân loại thành ba mức: khả năng hơn 90% bị ăn mòn, khả năng dưới 10 % bị ăn mòn và khả năng ăn mòn không chắc chắn tương ứng với giá trị điện thế half-cell lần lượt là nhỏ hơn -350 mV/CSE, từ -350 đến -200 mV/CSE và lớn hơn -200 mV/CSE.

Tuy nhiên các nhà nghiên cứu lưu ý rằng giá trị điện thế đo được bị ảnh hưởng mạnh bởi tình trạng bê tông (khô hoặc ướt), sự hiện diện của clorua, không có oxy trên bề mặt cốt thép (do bão hòa), độ dày lớp phủ, điện trở suất của bê tông và nhiệt độ là tất cả các yếu tố có thể ảnh hưởng đến kết quả bằng cách dịch chuyển giá trị điện thế của chúng sang giá trị dương hoặc âm hơn [12-15]. Cụ thể, mức điện thế điển hình trong các môi trường: bê tông ướt, không chứa clorua; Bê tông ướt, nhiễm clorua; Bê tông bão hòa nước, không có oxy; Bê tông ẩm, có cacbonat; Bê tông khô, có cacbonat và Bê tông khô lần lượt nằm trong khoảng từ - 200 đến 100; -600 đến -400; -1000 đến -900; -400 đến +100; 0 đến +200 và 0 đến +200 mV/CSE. Điều này có thể khiến việc giải thích dữ liệu trở nên khó khăn khi sử dụng các hướng dẫn được đưa ra trong ASTM-C876-15 và TCVN 9348:2012, đặc biệt là xung quanh các phạm vi đo không chắc chắn.

Vì vậy, trong nghiên cứu này, các thử nghiệm tiến hành xác định điện thế half-cell của cốt thép trong bê tông geoplyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển tương ứng với các mức độ ăn mòn cốt thép. Từ đó đưa ra các thông số khuyến cáo khả năng bị ăn mòn cốt thép trong bê tông geoplyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu

- Tro bay (FA) và xỉ lò cao (BFS) sử dụng làm chất kết dính, với thành phần hóa học được trình bày tại Bảng 1. Natri hiđroxit (NaOH, 99%) và thủy tinh lỏng ($Na_2SiO_3.5H_2O$, Mô đun Ms: 2,3 ÷ 2,8) được sử dụng làm dung dịch hoạt hóa kiềm, tất cả các nguyên liệu này được mua tại Việt Nam.

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay và xỉ lò cao.

Nguyên liệu	SiO_2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	CaO, %	MgO %	Na2O %	SO3 %	TiO2 %	K2O %	MnO %	P_2O_5 %	LOI* %
FA	65.34	25.49	3.67	1.61	0.6	0.48	0.21	0.34	0.39	0.03	0.073	0.94
BFS	33.92	10.45	0.39	40.6	6.55	0.4	0.04	0.43	0.71	-	-	0.12

* Hàm lượng mất khi nung

- Cốt liệu bao gồm cốt liệu thô (10 x 20) mm làm từ đá san hô nghiền và cốt liệu mịn (0.14÷5) mm làm từ cát san hô (Hình 1). Các tính chất vật lý và hóa học của cốt liệu được trình bày trong Bảng 2. Các thông số của nước biển được thể hiện trong Bảng 3. Các vật liệu này được lấy từ các đảo ngoài khơi ở Việt Nam.



Hình 1. (a) Cát san hô và (b) Đá san hô

Bảng 2. Thông số của cát san hô, đá san hô

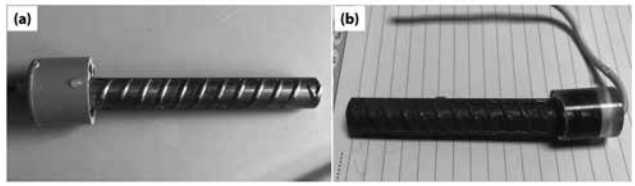
Thông số	Đá san hô (0.14÷5)	Cát san hô (10x20)
Khối lượng riêng, kg m^{-3}	2113	2343
Khối lượng thể tích, kg m^{-3}	976	1285
Cl^-, %	0.013	0.011

Bảng 3. Thông số nước biển

Độ mặn, ‰	pH	Mg2+, ppm	Ca2+, ppm	Na2+, ppm	Cl-, ppm
33,1	8,3	1210	389	11036	18512

- Cốt thép sử dụng là thép gai D10, chiều dài khoảng 10 cm bao gồm cốt thép được làm sạch và cốt thép được gia tốc ăn mòn trước khi đưa vào bê tông, cốt thép được kết nối dây điện. Sử dụng phương pháp dòng điện ngoài để tạo mẫu cốt thép ăn mòn. Thanh cốt thép nối với cực dương (anode) và tấm thép không gỉ gắn với cực âm (cathode) của nguồn điện một chiều [16]. Mật độ dòng 100 µA/cm^2 được duy trì liên tục trong khoảng 6, 12 và 24 ngày.

Hình 2 trình bày cốt thép sử dụng trong nghiên cứu này. Cốt thép này được sản xuất tại Nhà máy thép Hòa Phát.



Hình 2. a) Cốt thép đã làm sạch và b) Cốt thép được gia tốc ăn mòn

2.2. Chuẩn bị mẫu

Bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển có cường độ nén đạt mác thiết kế M300. Bảng 4 trình bày thành phần cấp phối. Trong nghiên cứu này chúng tôi chia các nhóm mẫu, số lượng mẫu như trình bày trong Bảng 5.

Bảng 4. Cấp phối bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển có cường độ nén đạt mác thiết kế M300

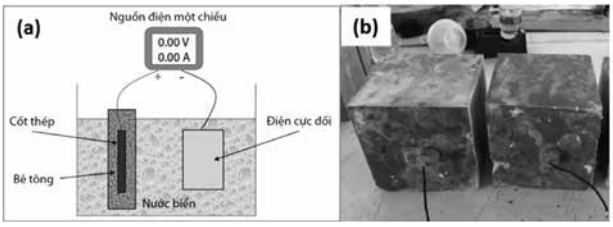
Cấp phối	Chất kết dính			Dung dịch kiềm hoạt hóa, kg	Cát liệu			Nước biển, kg
	Tổng, kg	Tro bay, kg	Xỉ lò cao, kg		Tổng, kg	Cát san hô, kg	Đá san hô, kg	
GPS	480	336	144	192	1728	625	1135	75

Bảng 5. Nhóm mẫu và số lượng mẫu

Ký hiệu nhóm	Đặc điểm mẫu	Số lượng	Kích thước
GPS-1	- Bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô, nước biển. - Cốt thép đã tẩy sạch ăn mòn.	10	(15 x 15 x 15) cm
CPC-1	- Bê tông đối chứng sử dụng xi măng PC40, cát vàng, đá dăm 10x20 và nước ngọt có cường độ nén đạt mác thiết kế M300. - Cốt thép đã tẩy sạch ăn mòn.	10	(15 x 15 x 15) cm
GPS-2	- Bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô, nước biển. - Cốt thép đã được gia tốc ăn mòn trước.	30	(15 x 15 x 15) cm

Ký hiệu nhóm	Đặc điểm mẫu	Số lượng	Kích thước
CPC-2	- Bê tông đối chứng sử dụng xi măng PC40, cát vàng, đá dăm 10x20 và nước ngọt có cường độ nén đạt mác thiết kế M300. - Cốt thép đã được gia tốc ăn mòn trước.	30	(15 x 15 x 15) cm
GPS-3	- Bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô, nước biển. - Cốt thép đã tẩy sạch ăn mòn. - Gia tốc ăn mòn bằng phương pháp NT Build 356 tại điện áp 5V.	40	(15 x 15 x 15) cm
CPC-3	- Bê tông đối chứng sử dụng xi măng PC40, cát vàng, đá dăm 10x20 và nước ngọt có cường độ nén đạt mác thiết kế M300. - Cốt thép đã tẩy sạch ăn mòn. - Gia tốc ăn mòn bằng phương pháp NT Build 356 tại điện áp 5V.	40	(15 x 15 x 15) cm

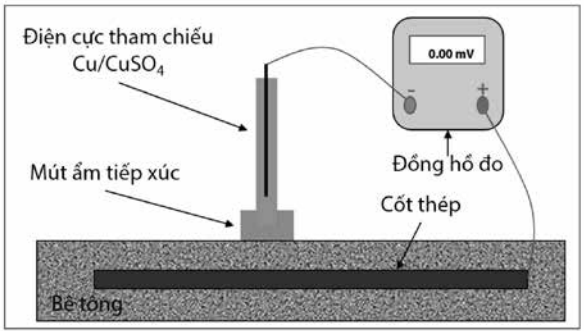
Phương pháp gia tốc ăn mòn NT Build 356 [17] áp dụng cho nhóm mẫu GPS-3 và CPC-3 được mô tả trong Hình 3.



Hình 3. (a) Sơ đồ phương pháp gia tốc ăn mòn NT Build 356, (b) Một số mẫu bê tông cốt thép thí nghiệm

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Đo điện thế half-cell theo TCVN 9348:2012 với điện cực so sánh $Cu/CuSO_4$ được đặt trên bề mặt bê tông chứa cốt thép bên trong. Hình 4 trình bày minh họa sơ đồ đo điện thế half-cell. Điện cực tham chiếu được kết nối với cực âm của thiết bị đo, cực dương của thiết bị được kết nối với cốt thép.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý đo điện thế half-cell

Đối với nhóm mẫu GPS-1 và CPC-1 tiến hành đo điện thế sau 3, 7, 14, 28, 56, 100 ngày bảo dưỡng, mỗi mẫu đo 3 vị trí.

Đối với nhóm mẫu GPS-2 và CPC-2 tiến hành đo điện thế sau 14 và 28 ngày bảo dưỡng, mỗi mẫu đo 3 vị trí.

Đối với nhóm mẫu GPS-3 và CPC-3 sau 28 ngày bảo dưỡng, tiến hành đo điện thế sau 2, 4, 10 ngày gia tốc ăn mòn, mỗi mẫu đo 3 vị trí. Cùng với đó tiến hành xác định khối lượng sản phẩm ăn mòn cốt thép bằng phương pháp hụt khối theo ISO 8407:2021 [18]. Khối lượng sản phẩm ăn mòn Δm(g) được xác định theo công thức (1):

$$\Delta m = m_0 - m_1 \quad (1)$$

Trong đó: m_0 - khối lượng trước khi thử nghiệm, *g*

m_1 - khối lượng sau khi thử nghiệm, *g*

Hàm lượng Cl^- trong bê tông ở trạng thái hòa tan trong nước được tiến hành việc lấy mẫu và chuẩn bị mẫu theo TCVN 7572-15:2006 [19]. Sau đó, xác định hàm lượng Cl^- bằng máy đo quang phổ DR 3900 [20,21]. Tiến hành khảo sát các nhóm mẫu bê tông GPS-1 tại thời điểm 3 và 28 ngày tuổi, GPS-2 tại thời điểm 28 ngày tuổi và sau 10 ngày gia tốc mẫu đối với bê tông GPS-3.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

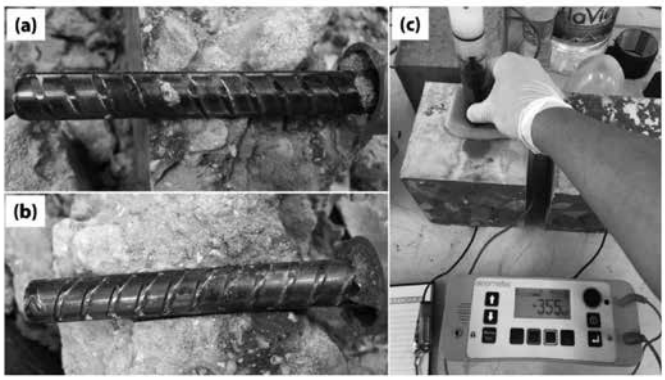
Giá trị điện thế half-cell đối với các mẫu thép sạch đo được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Điện thế half-cell của các mẫu thuộc nhóm GPS-1 và CPC-1.

Điện thế (mV/CSE)		
Ngày tuổi	**GPS-1**	**CPC-1**
3	- (580 ± 19)	- (222 ± 14)
7	- (562 ± 40)	- (205 ± 12)
14	- (505 ± 32)	- (200 ± 10)
28	- (387 ± 70)	- (188 ± 13)
56	- (424 ± 58)	- (198 ± 17)
100	- (447 ± 80)	- (212 ± 13)

(Sai số trong bảng 6 là sai số giữa các mẫu đo)

Cốt thép các mẫu sau khi đo điện thế được lấy ra khỏi khối bê tông và kiểm tra bề mặt. Quan sát thấy các thanh cốt thép của hai loại bê tông (GPS-1 và CPC-1) sau 100 ngày đều chưa thấy dấu hiệu ăn mòn xuất hiện (Hình 5). Ở 3 và 7 ngày đầu tiên, đối với bê tông GPS-1 giá trị điện thế rất âm (thấp nhất đạt - 599 mV/CSE) có thể là do lúc này độ ẩm bê tông đang còn cao và lớp thụ động chưa được hình thành. Khi bê tông bắt đầu cứng lại và nước tự do bốc hơi khỏi hệ thống và bê tông khô đi, thì các giá trị điện thế half-cell có xu hướng chuyển sang các giá trị dương hơn (cao nhất đạt - 317 mV/CSE). Tuy nhiên, các giá trị điện thế của mẫu GPS-1 đều thấp hơn rất nhiều so với mẫu CPC-1. Các kết quả thực nghiệm một lần nữa cho thấy điện thế half-cell bị ảnh hưởng bởi yếu tố môi trường bê tông như các khẳng định trước đó [5,6,8]. Ngoài ra, từ giá trị sai số của phép đo, cũng cho thấy cốt liệu cát san hô, đá san hô và nước biển ảnh hưởng lớn đến độ ổn định của phép đo điện thế half-cell.



Hình 5. Cốt thép sau 100 ngày trong bê tông (a) Cốt thép trong bê tông GPS-1, (b) Cốt thép trong bê tông CPC-1 và (c) Thực hiện phép đo

Giá trị điện thế half-cell đối với các mẫu thép được gia tốc ăn mòn trước khi đưa vào bê tông được trình bày trong Bảng 7. Sau 6, 12 và 24 ngày gia tốc ăn mòn cốt thép bằng dòng điện ngoài, sản phẩm ăn mòn lần lượt đạt khoảng 0,5165 g; 1,1034 g và 2,0136 g. Đối với mẫu CPC-2 thể hiện các giá trị điện thế đều nhỏ hơn - 350 mV/CSE, đối chiếu với TCVN 9348:2012 thì 90 % khả năng cốt thép đã bị ăn mòn. Điều này phù hợp với thực tế bố trí thí nghiệm. Với cùng mức độ ăn mòn cốt thép của mẫu CPC-2 thì giá trị điện thế half-cell của mẫu GPS-2 lại thấp hơn rất nhiều, thấp hơn - 618 mV/CSE.

Bảng 7. Điện thế half-cell của các mẫu thuộc nhóm GPS-2 và CPC-2.

Ngày tuổi	Khối lượng sản phẩm ăn mòn, g	Điện thế (mV/CSE)	
		GPS-2	CPC-2
14	0,5165	- (627 ± 13)	- (428 ± 18)
	1,1034	- (648 ± 30)	- (462 ± 20)
	2,0136	- (653 ± 29)	- (495 ± 29)
28	0,5165	- (632 ± 19)	- (429 ± 15)
	1,1034	- (646 ± 29)	- (466 ± 17)
	2,0136	- (655 ± 32)	- (499 ± 29)

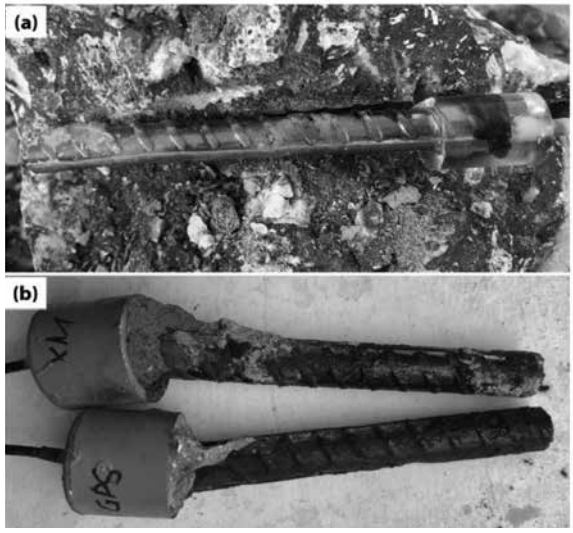
(Sai số trong bảng 7 là sai số giữa các mẫu đo)

Giá trị điện thế half-cell đối với các mẫu được gia tốc ăn mòn bằng phương pháp NT Build 356 được trình bày trong Bảng 8.

Bảng 8. Điện thế half-cell của các mẫu thuộc nhóm GPS-3 và CPC-3.

Ngày gia tốc	Điện thế (mV/CSE)		Khối lượng sản phẩm ăn mòn, g	
	GPS-3	CPC-3	GPS-3	CPC-3
2	- (503 ± 63)	- (235 ± 23)	-	-
4	- (650 ± 23)	- (400 ± 12)	0.93	0.95
7	- (661 ± 22)	- (490 ± 38)	2.98	3.01
10	- (668 ± 07)	- (505 ± 65)	3.71	3.68

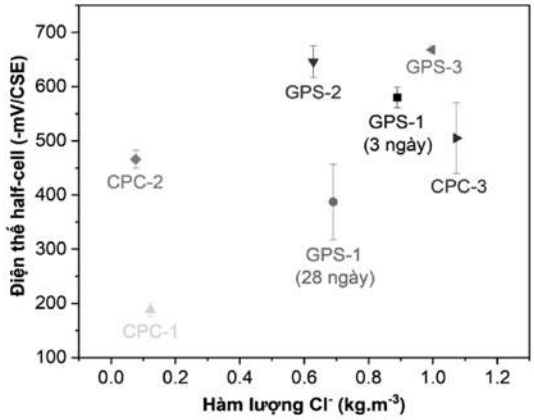
(Sai số trong bảng 8 là sai số giữa các mẫu đo)



Hình 6. (a) Cốt thép trong bê tông GPS-3 sau 2 ngày gia tốc, (b) Cốt thép trong bê tông GPS-3 và CPC-3 sau 14 ngày gia tốc

Các mẫu sau 2 ngày gia tốc ăn mòn được đập bỏ và kiểm tra cốt thép (Hình 6a) cho thấy chưa xuất hiện dấu vết ăn mòn. Các mẫu sau khi gia tốc ăn mòn 7, 10 và 14 ngày, quan sát thấy cốt thép đã bị ăn mòn (Hình 6b).

Khối lượng sản phẩm ăn mòn của cốt thép trong bê tông GPS-3 và CPC-3 lần lượt sau 7 ngày gia tốc là 0.93 g, 0.95 g; sau 10 ngày gia tốc là 2.98 g, 3.01 g và sau 14 ngày gia tốc là 3.71 g, 3.68 g. Các giá trị điện thế của nhóm mẫu CPC-3 phù hợp với TCVN 9348:2012. Kết quả thực nghiệm từ bảng 7 cũng cho thấy với cùng trạng thái ăn mòn cốt thép thì giá trị điện thế half-cell của nhóm mẫu GPS-3 thấp hơn rất nhiều so với nhóm mẫu CPC-3. Giá trị điện thế cao nhất của mẫu thuộc nhóm GPS-3 là - 627 mV/CSE. Ngoài ra, các giá trị điện thế half-cell của nhóm mẫu (GPS-3 và CPC-3) cũng tương đồng về mặt định tính ăn mòn với giá trị điện thế của nhóm mẫu với cốt thép đã bị ăn mòn (GPS-2 và CPC-2). Việc sử dụng cốt liệu nhiễm mặn và nước biển làm tăng hàm lượng ion hòa tan (Cl^-, Na^+, Mg^{2+}) trong dung dịch lỗ rỗng. Từ đó làm giảm điện trở suất của bê tông, dẫn đến dòng điện di chuyển dễ dàng hơn giữa cốt thép và điện cực tham chiếu, khiến giá trị điện thế half-cell đo được có xu hướng âm hơn. Tuy nhiên, các giá trị âm này chưa chắc đã phản ánh mức độ ăn mòn cao, mà có thể là hệ quả của môi trường điện ly có độ dẫn cao. Do đó, nếu chỉ dựa vào điện thế half-cell, nguy cơ đánh giá sai hiện tượng ăn mòn là có thể xảy ra. Để đảm bảo độ chính xác, cần kết hợp thêm các phương pháp khác như phân tích hàm lượng ion Cl^- nhằm phân biệt giữa ảnh hưởng môi trường và quá trình ăn mòn thực sự của cốt thép.



Hình 7. Tương quan giữa điện thế half-cell và hàm lượng Cl^- trong các mẫu

Hình 7 trình bày đồ thị tương quan giữa giá trị điện thế half-cell và giá trị hàm lượng Cl^- trong bê tông. Hàm lượng Cl^- trong nhóm mẫu GPS-1 và GPS-2 thấp hơn 0.7 $kg.m^{-3}$ bê tông, lần lượt là (0.69 ± 0.09) $kg.m^{-3}$ và (0.63 ± 0.12) $kg.m^{-3}$, còn đối với nhóm mẫu GPS-3 được gia tốc ăn mòn trong môi trường nước biển, hàm lượng Cl^- được xác định khoảng (1.01 ± 0.09) $kg.m^{-3}$. So với hàm lượng Cl^- của cốt liệu và nước biển là khoảng (1.55 ± 0.09) $kg.m^{-3}$ bê tông thì hàm lượng Cl^- trong bê tông thấp hơn, điều này cho thấy việc sử dụng bê tông geopolyme với chất kết dính từ tro bay và xỉ lò cao có khả năng liên kết, cố định các ion Cl^- trong cốt liệu, ngăn cản sự xâm nhập của Cl^- tới cốt thép, tương tự một số các công bố trước đây [1, 22-24]. Hai nhóm mẫu CPC-1 và CPC-2 có hàm lượng Cl^- tương đương nhau và tương đối nhỏ, do không sử dụng cốt liệu nhiễm mặn. Tuy nhiên, do cốt thép của nhóm mẫu CPC-2 đã được gia tốc

ăn mòn trước đó dẫn đến điện thế half-cell cao vượt mức -350 mV/CSE. Tương tự như vậy, nhóm mẫu GPS-3 và CPC-3 với việc bị gia tốc ăn mòn trong vòng 10 ngày, dẫn đến hàm lượng Cl^- xâm nhập mạnh vào bên trong bê tông, do đó điện thế half-cell cũng tăng mạnh. Nhóm mẫu GPS-1 tại thời điểm 3 ngày có hàm lượng Cl^- là (0.889 ± 0.03) $kg.m^{-3}$ cao hơn tại thời điểm 28 ngày do lúc này bê tông đang còn ẩm, quá trình polyme hóa chưa kết thúc. Điều này dẫn đến điện thế half-cell tại thời điểm 3 ngày tuổi cao hơn so với tại thời điểm 28 ngày tuổi, như trình bày ở Bảng 6. Các kết quả này cho thấy giá trị hiệu điện thế half-cell đo được phụ thuộc tình trạng ăn mòn của cốt thép trong bê tông và điều kiện môi trường của lớp bê tông với một trong các yếu tố ảnh hưởng là hàm lượng Cl^- trong bê tông, tương tự như một số các công bố đã đưa ra [12-14].

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm thu được cho thấy rằng:

(1) Giá trị điện thế half-cell đối với bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển thấp hơn nhiều so với bê tông sử dụng xi măng, cát sông, đá dăm và nước ngọt. Do đó, có thể nói rằng phép đo điện thế half-cell đối với mẫu bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển cần được hiệu chuẩn lại để đánh giá.

(2) Đối với các mẫu bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển trong điều kiện bảo dưỡng khô thì giá trị điện thế half-cell không vượt quá - 600 mV khi cốt thép chưa bị ăn mòn. Chúng tôi cho rằng đây là giá trị điện thế thấp nhất có thể đưa ra khuyến cáo có khả năng ăn mòn cốt thép đối với bê tông sử dụng vật liệu nhiễm mặn và nước biển.

4. KẾT LUẬN

Từ các phép đo thực nghiệm trong nghiên cứu này cho thấy phép đo điện thế half-cell đối với các mẫu bê tông geopolyme sử dụng cát san hô, đá san hô và nước biển cần thiết được hiệu chuẩn lại. Sự hiện diện của các vật liệu nhiễm mặn và nước biển trong môi trường bê tông gây ảnh hưởng đến kết quả đo điện thế half-cell. Kết quả của của nghiên cứu này có thể được sử dụng để mở rộng các tiêu chuẩn liên quan đến phép đo điện thế half-cell đối với bê tông sử dụng vật liệu nhiễm mặn và nước biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. K.T. Nguyen, T.A. Le, K. Lee, (2018), Evaluation of the mechanical properties of sea sand-based geopolymer concrete and the corrosion of embedded steel bar, Constr. Build. Mater., 169, 462–472.

[2]. Z. Yang, X. Zhan, H. Zhu, B. Zhang, R. Li, Z. Dong, H.W. Kua, (2024), Eco-sustainable design of seawater sea-sand slag-based geopolymer mortars incorporating ternary solid waste, Constr. Build. Mater., 431, 136512.

[3]. D. Pan, K. Chen, D. Niu, C.K.Y. Leung, Z. Li, (2024), Capillary water absorption and free shrinkage characterization for seawater sea-sand concrete, J. Build. Eng., 87, 109119.

[4]. D. Xu, G. An, Y. Chen, Z. Liu, X. Liu, (2023), Experiment on Compressive Properties and Microscopic Analysis of Sea Sand Geopolymer-Based Recycled Concrete, Materials (Basel)., 17, 28.

[5]. Z. Yahya, M.M. Al Bakri Abdullah, L.Y. Jing, L.-Y. Li, R.A. Razak, (2020), Seawater Exposure Effect on Fly Ash based Geopolymer Concrete with Inclusion of Steel Fiber, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 743, 012013.

[6]. F. Yu, S. Dong, L. Li, A. Ashour, S. Ding, B. Han, J. Ou, (2023), Developing a Sustainable Ultrahigh-Performance Concrete Using Seawater and Sea Sand in Combination with Superfine Stainless Wires, J. Mater. Civ. Eng., 35, 16072.

[7]. U. Ebead, D. Lau, F. Lollini, A. Nanni, P. Suraneni, T. Yu, (2022), A review of recent advances in the science and technology of seawater-mixed concrete, Cem. Concr. Res., 152, 106666.

[8]. Vũ Hoàng Hiệp, Đặng Vũ Hiệp, Vũ Ngọc Anh, (2022), Phương pháp thực hành khảo sát kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn, Kiến trúc - Xây dựng, 45, 103-107.

[9]. Raja R H, (2011), Underwater half-cell corrosion potential bench mark measurements of corroding steel in concrete influenced by a variety of material science and environmental engineering variables, Measurement, 44, 274-280.

[10]. ASTM C 876-15, (2015), Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete.

[11]. TCVN 9348:2012, Bê tông cốt thép - Kiểm tra khả năng cốt thép bị ăn mòn - Phương pháp điện thế.

[12]. Polder R, Andrade C, Elsener B, Vennesland O, Guliker J, Weidert R., Raupach M, (2000), Test methods for on site mesurement of resistivity of concrete, Materials and Structures, 33, 603-611.

[13]. Sarah DC, (2023), What Is the Half-Cell Potential Test? https://www.giatecscientific.com/education/what-is-the-half-cell-potential-test/.

[14]. B. Elsener, C. Andrade, J. Gulikers, R. Polder, M. Raupach (2003), Half-cell potential measurements – Potential mapping on reinforced concrete structures, Materials and Structures, 36, 461-471.

[15]. Oh B H, Jang S Y, Shin Y S, (2003), Experimental investigation of the threshold chloride concentration for corrosion initiation in reinforced concrete structures, Magazine of Concrete Research, 55 (2), 117–124.

[16]. Tamer A E M, Khaled A S, (2003), Effectiveness of Impressed Current Technique to Simulate Corrosion of Steel Reinforcement in Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, 15 (1), 41.

[17]. NT Build 356, (1989), Concrete, repairing materials and protective coating: embedded steel method, Chloride permeability.

[18]. ISO 8407:2021, Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens.

[19]. TCVN 7572-15:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - phương pháp thử - phần 15: xác định hàm lượng clorua.

[20]. H. Drenkard, C. Fischer, V. Sauer, C. Gehlen, (2023), On the Chloride Distribution in Concrete and Mortar Samples after an RCM Test, Materials, 16(8), 2952.

[21]. C. N. Linh, N. V. Chi, D. V. Kien, L.H. Quan, N.Q. Quang, N.T.H. Xanh, A.N. Zyablov, (2021), Determination of the deposition rate of chloride ions from the atmosphere by titrimetric and spectrophotometric methods, Butlerov Communications, 66(6), 123-127.

[22]. S. Luhar, I. Luhar, Application of Seawater and Sea Sand to Develop Geopolymer Composites, Int. J. Recent Technol. Eng., 2020, 8(5):5625–5633

[23]. J. A. Gonzàlez, Protection of steel embedded in Chloride-containing concrete by means of inhibitors, Cem. Concr. Res., 1998, 28(4):577-589.

[24]. S. Yang, J. Xu, C. Zang, L. Rui, Q. Yang, and S. Sun, Mechanical properties of alkali-activated slag concrete mixed by seawater and sea sand, Constr. Build. Mater., 2019, 169:395-410.

■Ngày nhận bài: 14/3/2025 ■Ngày sửa bài: 15/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/5/2025

Mô phỏng liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM

Modeling column base connections using CBFEM

> TS NGUYỄN TRẦN HIẾU*, THS NGUYỄN MINH TUYỀN
BM Công trình Thép - Gỗ, Khoa Xây dựng DD&CN, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
*Email: hieunt2@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Kết cấu khung thép thường là hệ siêu tĩnh, do đó độ cứng của liên kết, đặc biệt là liên kết chân cột, ảnh hưởng rất lớn tới sự phân phối nội lực trong khung. Do đó, đánh giá độ cứng của liên kết chân cột là hết sức cần thiết. Trong những năm gần đây, một phương pháp thiết kế mới có tên gọi Component-based finite element method (CBFEM) cho phép phân tích không chỉ trạng thái ứng suất biến dạng mà còn có thể xác định độ cứng xoay của liên kết. Bài báo nghiên cứu mô phỏng ứng xử của liên kết chân cột bằng CBFEM. Bài báo gồm ba phần chính, phần đầu tiên trình bày thí nghiệm khảo sát ứng xử của liên kết chân cột thu thập được từ tài liệu tham khảo. Phần tiếp theo trình bày nguyên lý cơ bản của phương pháp CBFEM. Trong phần thứ ba, nghiên cứu nhằm mô phỏng sự làm việc của liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM được thực hiện. Qua so sánh với kết quả thí nghiệm và kết quả mô phỏng bằng phần mềm phần tử hữu hạn Abaqus, cho thấy phương pháp CBFEM có thể mô phỏng tương đối chính xác ứng xử của dạng liên kết chân cột và có thể ứng dụng trong công tác thiết kế thực tế.

Từ khóa: Liên kết thép; liên kết chân cột; mô phỏng số; phần tử hữu hạn; CBFEM.

ABSTRACT

Steel frame structures are usually hyper-static systems, so the stiffness of the connections, especially the column base connections, greatly affects the distribution of internal force in the frame. Therefore, evaluating the stiffnesses of the column base connections is essential. In recent years, a new design method called Component-based finite element method (CBFEM) allows not only to calculate the stress-strain state of the connections but also to determine the rotational stiffness of the connections. This paper presents a study simulating the behavior of column base connections using CBFEM. The paper consists of three main parts. The first part presents an experiment to investigate the behavior of column base connections collected from the literature. The next part presents the basic principles of the CBFEM. In the third part, a study to simulate the behavior of column base connections using CBFEM is carried out. Through comparison with experimental results and simulation results using Abaqus, it can be seen that the CBFEM can simulate the behavior of column base connections quite accurately and it can be applied in the practice.

Keywords: Steel connection; column base connection; numerical modeling; CBFEM.

1. GIỚI THIỆU

Trong thiết kế kết cấu thép, một cách gần đúng và đơn giản khi phân tích nội lực và chuyển vị thường giả thiết liên kết là cứng hoặc khớp lý tưởng. Chân cột liên kết khớp được giả thiết: mô-men trong liên kết bằng không, chỉ tồn tại thành phần lực dọc (kéo hoặc nén) và lực cắt. Khả năng chống xoay của liên kết không đáng kể. Khi kết cấu làm việc, cột được xoay tự do. Trong chân cột liên kết khớp với móng, bu lông neo thường được bố trí phía bên trong khu vực bụng cột để không cản trở chuyển vị xoay. Chân cột liên kết cứng được giả thiết góc hình học ban đầu của liên kết không thay đổi khi kết cấu làm việc. Chân cột liên kết cứng được thiết kế với các thành phần lực dọc, mô-men và lực cắt. Trong chân cột liên kết cứng, bản đế thường được mở rộng theo phương mặt phẳng tác dụng của mô-men và bu lông neo được bố trí tập trung phía bên ngoài bản cánh nhằm hạn chế tối đa chuyển vị xoay. Bên cạnh đó, chân cột có cấu tạo không đủ độ cứng để giữ được góc hình học ban đầu của liên kết khi kết cấu làm việc được gọi là liên kết nửa cứng. Chân cột liên kết nửa cứng được thiết kế với các thành phần lực dọc, lực cắt và một phần mô-men.

Chân cột liên kết khớp với giả thiết không tồn tại thành phần mô-men, chỉ tồn tại thành phần lực dọc và lực cắt có cấu tạo đơn giản, yêu cầu kích thước móng nhỏ nên được sử dụng tương đối phổ biến. Tuy nhiên khung thép sử dụng chân cột liên kết khớp có chuyển vị lớn, không phù hợp cho những công trình có quy định khắt khe về chuyển vị giới hạn do yêu cầu công nghệ như nhà công nghiệp có cầu trục. Ngược lại, chân cột liên kết cứng có cấu tạo phức tạp, yêu cầu kích thước móng lớn do ảnh hưởng của mô-men nhưng chuyển vị đỉnh tương đối nhỏ, thường được sử dụng trong những công trình ở vùng gió, động đất mạnh hoặc giới hạn chuyển vị nhỏ.

Thực tế, rất khó cấu tạo liên kết chân cột cứng tuyệt đối hoặc khớp tuyệt đối. Hầu hết các liên kết chân cột trong công trình thực tế là dạng liên kết nửa cứng. Độ cứng của chân cột ảnh hưởng lớn

tới sự phân phối nội lực cũng như chuyển vị của khung. Chính vì thế, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành nhằm xác định độ cứng của liên kết chân cột cũng như đánh giá ảnh hưởng của độ cứng chân cột tới sự làm việc của khung.

Việc xác định chính xác độ cứng chân cột là tương đối khó khăn do mỗi liên kết chân cột được cấu thành từ nhiều bộ phận khác nhau như: bản đế, bu lông neo, bê tông móng,... Nhiều thí nghiệm đã được thực hiện nhằm khảo sát ứng xử của liên kết chân cột [1,2]. Căn cứ trên kết quả thí nghiệm, một số phương pháp xác định độ cứng liên kết chân cột đã được đề xuất. Phương pháp đang được sử dụng phổ biến nhất hiện nay là phương pháp thành tố, tiếng Anh gọi là Component Method (CM). Việc áp dụng CM nhằm xác định độ cứng chân cột được thực hiện đầu tiên bởi Jaspart và Vandegans [3], sau đó tiếp tục được Wald và cộng sự phát triển [4]. Hiện nay, phương pháp này đã được tích hợp trong tiêu chuẩn Eurocode [5]. Một phương pháp khác được Kanvinde và cộng sự [6] phát triển và được trình bày trong Phụ lục C của tài liệu hướng dẫn thiết kế liên kết chân cột của AISC xuất bản lần thứ 3 năm 2024 [7]. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu đã được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của độ cứng chân cột tới sự làm việc của khung thép [8,9].

Trong những năm gần đây, một phương pháp thiết kế mới có tên gọi Component-based finite element method (CBFEM) do GS Wald và cộng sự phát triển [10,11] cho phép phân tích không chỉ trạng thái ứng suất biến dạng mà còn có thể xác định độ cứng xoay của liên kết. Đặc biệt, phương pháp CBFEM đã được phát triển thành phần mềm thương mại có tên gọi IDEA Statica với giao diện trực quan, dễ sử dụng, giúp kỹ sư có thể tiếp cận một cách dễ dàng.

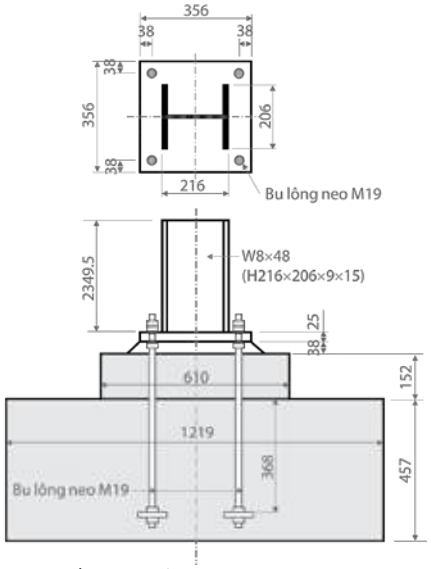
Bài báo trình bày một nghiên cứu mô phỏng ứng xử của liên kết chân cột bằng CBFEM. Phần tiếp theo của bài báo được chia thành bốn mục. Mục đầu tiên trình bày ngắn gọn thí nghiệm khảo sát ứng xử của liên kết chân cột thu thập được từ tài liệu tham khảo [2,6]. Mục tiếp theo trình bày nguyên lý cơ bản của phương pháp CBFEM. Nghiên cứu mô phỏng sự làm việc của liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM được trình bày trong Mục 4. Kết quả mô phỏng bằng CBFEM sẽ được đối chiếu với kết quả thí nghiệm và kết quả mô phỏng bằng phần mềm phần tử hữu hạn Abaqus. Một số kết luận rút ra từ nghiên cứu được trình bày trong Mục 5.

2. THÍ NGHIỆM SỰ LÀM VIỆC CỦA LIÊN KẾT CHÂN CỘT

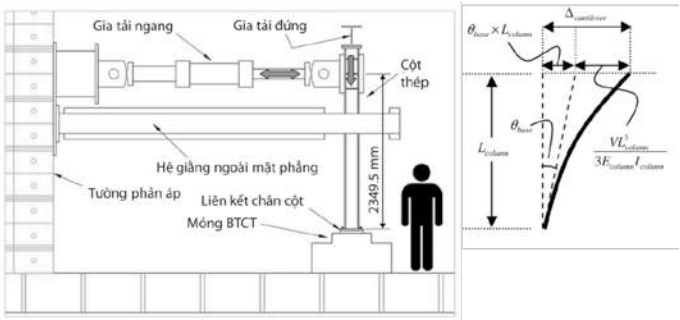
Chương trình thí nghiệm nghiên cứu ứng xử của liên kết chân cột chịu lực dọc và mô-men uốn do Viện Công trình thép Hoa Kỳ (AISC) tài trợ được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu của GS Kanvinder tại Phòng thí nghiệm kết cấu của Mạng lưới mô phỏng động đất (NEES) tại Richmond, California [2,6]. Chương trình đã thực hiện 7 mẫu thí nghiệm, trong đó mẫu #M1 nghiên cứu ứng xử của liên kết chân cột chịu tải trọng tĩnh đơn điệu, sáu mẫu còn lại từ #M2 tới #M7 nghiên cứu ứng xử của liên kết chân cột chịu tải trọng lặp. Phần tiếp theo của bài báo chỉ tập trung trình bày thí nghiệm tải trọng tĩnh đơn điệu (mẫu #M1).

2.1. Cấu tạo mẫu và bố trí thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm gồm một đoạn cột thép hình cán nóng hàn với bản đế đặt trên móng bê tông như Hình 1. Cột thép tiết diện W8×48 (H216×206×9×15), chiều dài L_{column}=2349.5 mm bằng thép mác ASTM A992 Gr. 50 (đặc trưng cơ học thu được từ thí nghiệm trực tiếp mẫu thí nghiệm: giới hạn chảy f_y=344.7 MPa; giới hạn bền f_u=448.2 MPa và mô-đun đàn hồi E=1999948 MPa). Bản đế có kích thước 356×356×25.4 mm được chế tạo từ thép mác ASTM A36 (thí nghiệm trực tiếp mẫu thí nghiệm thu được giới hạn chảy f_y=278.6 MPa, giới hạn bền f_u =473.7 MPa và mô-đun đàn hồi E =216495.4 MPa). Bản đế liên kết với móng bằng bốn bu lông neo đường kính 19 mm bằng vật liệu ASTMF 1554 Gr.105 (thí nghiệm trực tiếp mẫu thí nghiệm thu được giới hạn chảy f_{yb}=786 MPa; giới hạn bền f_{ub}=1010.1 MPa; mô-đun đàn hồi E=202981.7 MPa). Chiều dài phần bu lông neo chôn trong bê tông là 520 mm. Phần ren của bu lông neo kéo dài xuống dưới 50 mm tính từ mặt móng. Lỗ bu lông trên bản đế đường kính 33 mm. Khoảng cách từ tim bu lông đến mép bản đế theo cả hai phương là 38 mm. Móng bê tông cốt thép gồm hai phần: phần trên kích thước 610×610×152 mm, phần dưới kích thước 1219×1219×457 mm. Cường độ chịu nén của bê tông móng tại thời điểm thí nghiệm đạt 27.3 MPa. Sau khi điều chỉnh cao độ và xiết đai ốc cho bu lông neo, phần hở giữa bản đế và móng được lấp đầy bằng lớp vữa đổ sau chiều dày 38 mm, cường độ 51.1 MPa.



Hình 1. Cấu tạo liên kết chân cột sử dụng trong thí nghiệm



Hình 2. Bố trí thí nghiệm [2]

Hình 2 trình bày sơ đồ bố trí thí nghiệm, trong đó mẫu thí nghiệm được gắn chặt vào nền phòng thí nghiệm. Hai kích thủy lực được bố trí nhằm mục đích tạo ra hai lực tập trung tác dụng theo phương đứng và phương ngang vào đầu tự do của cột. Ngoài ra, một hệ giằng được bố trí nhằm giữ ổn định theo phương ngoài mặt phẳng của cột. Cảm biến lực sẽ ghi lại giá trị lực đẩy của kích trong suốt quá trình thí nghiệm. Trong quá trình thí nghiệm mẫu #M1, cột chỉ được gia tải theo phương ngang nhằm tạo ra mô men uốn cho liên kết chân cột. Cảm biến điện trở được gắn vào bu lông neo để do biến dạng, từ đó xác định ra lực kéo trong bu lông neo. LVDT được bố trí để đo chuyển vị ngang tuyệt đối của đỉnh cột $\Delta_{cantilever}$.

Một số đại lượng sử dụng khi trình bày kết quả thí nghiệm không được đo trực tiếp mà được xác định một các gián tiếp từ các đại lượng khác. Giá trị mô men tác dụng vào liên kết chân cột M được tính bằng lực đẩy ngang V thu được từ cảm biến lực nhân với cánh tay đòn:

$$M = V \times L_{column} \quad (1)$$

Chuyển vị ngang tương đối được xác định bằng giá trị chuyển vị ngang tuyệt đối của đỉnh cột $\Delta_{cantilever}$ chia cho chiều dài cột L_{column}:

$$d = \frac{\Delta_{cantilever}}{L_{column}} \times 100\ \% \quad (2)$$

Góc xoay θ_{base} của liên kết bằng hiệu giữa chuyển vị tuyệt đối của đỉnh cột và độ võng của cột chia cho chiều dài cột như minh họa trên Hình 2. Công thức để xác định góc xoay θ_{base} như sau:

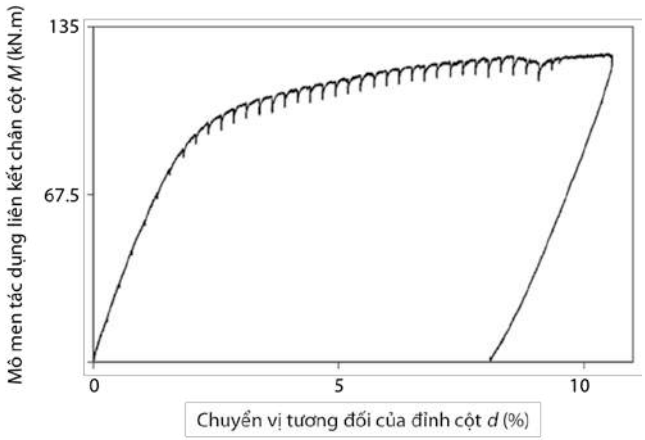
$$\theta_{base} = \left(\Delta_{cantilever} - \frac{V \times L_{column}^3}{3 \times E_{column} \times I_{column}} \right) \times \frac{1}{L_{column}} \quad (3)$$

Tốc độ gia tải khoảng 0.18% chuyển vị tương đối mỗi phút (tương đương góc xoay 0.002 rad/phút). Thí nghiệm kết thúc khi chuyển vị tương đối đạt 10,6% (tương ứng với giới hạn hành trình 250 mm của kích thủy lực).

2.2. Kết quả thí nghiệm

Hình 3 thể hiện quan hệ giữa mô men tác dụng vào liên kết chân cột *M* và chuyển vị tương đối của đỉnh cột *d* trong suốt quá trình thí nghiệm. Một số ảnh chụp thực tế mẫu thí nghiệm được trình bày trong Hình 4. Một số quan sát thu được từ quá trình thí nghiệm được tổng hợp như sau:

- Trong giai đoạn chuyển vị tương đối của đỉnh cột dưới 1%, quan hệ mô men và chuyển vị tương đối đỉnh cột gần như tuyến tính, thể hiện vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi. Khi chuyển vị tương đối đỉnh cột trên 1%, đường cong bắt đầu giảm độ dốc và dần dần đi ngang thể hiện một số vị trí trên mẫu thì nghiệm bắt đầu xuất hiện biến dạng dẻo (Hình 3).
- Bằng mắt thường có thể thấy lớp vữa đổ bù giữa bản đế và bê tông móng trong vùng chịu kéo của bản đế bắt đầu nứt vỡ khi chuyển vị tương đối đỉnh cột đạt 3%. Tại thời điểm chuyển vị tương đối đỉnh cột đạt 6%, vữa đổ bù tại mép bản đế trong vùng bê tông chịu nén bắt đầu vỡ (Hình 4(a)).
- Dữ liệu từ đầu đo biến dạng cho thấy bu lông neo bắt đầu chảy dẻo khi chuyển vị tương đối đỉnh cột đạt 1%.
- Đường hàn bắt đầu xuất hiện vết nứt tại chuyển vị tương đối đỉnh cột đạt 3.7% (Hình 4(b)).

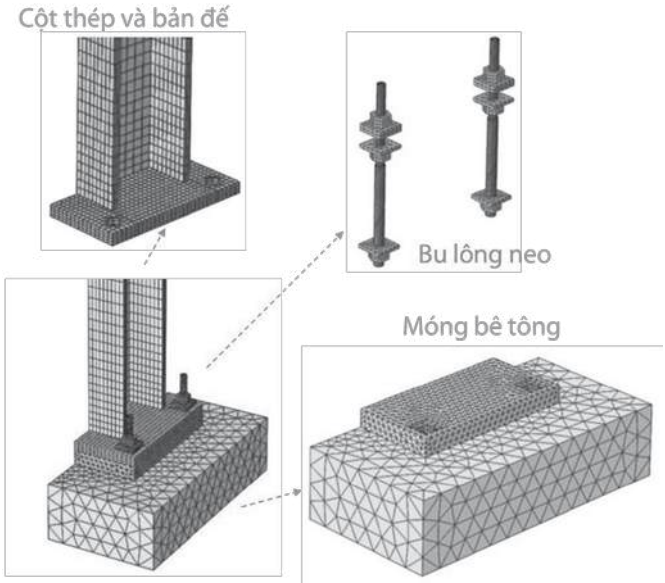


Hình 3. Đường cong quan hệ mô-men tác dụng - chuyển vị tương đối đỉnh cột [2]



Hình 4. Ảnh chụp mẫu sau khi kết thúc thí nghiệm [2]

2.3. Mô phỏng phần tử hữu hạn bằng Abaqus



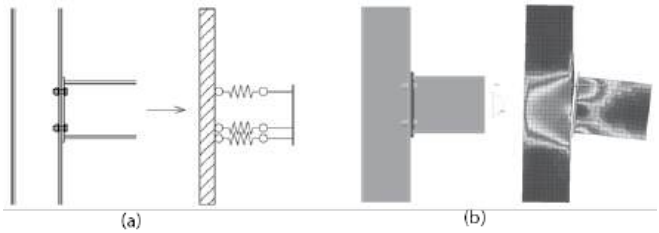
Hình 5. Mô hình PTHH của mẫu thí nghiệm trong phần mềm Abaqus

Bên cạnh thí nghiệm, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu theo phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) sử dụng phần mềm Abaqus [12]. Mô hình PTHH của mẫu thí nghiệm trong phần mềm Abaqus thể hiện trong Hình 5. Do tính chất đối xứng, trong mô hình PTHH chỉ mô phỏng một nửa mẫu. Các cấu kiện trong mô hình đều được mô hình bằng phần tử khối C3D8R hoặc C3D6. Tiếp xúc giữa mặt dưới của bản đế và mặt móng được mô phỏng dạng tiếp xúc cứng (hard contact) theo phương pháp tuyến và tiếp xúc ma sát theo phương tiếp tuyến với hệ số ma sát được khai báo bằng 0.45. Kết quả mô phỏng bằng Abaqus sẽ được trình bày trong Mục 4.

3. NGUYÊN LÝ CƠ BẢN CỦA CBFEM

Ứng xử cơ học của liên kết trong kết cấu thép là một hiện tượng phức tạp do ảnh hưởng của nhiều yếu tố như: các cấu kiện trong liên kết, độ cứng của bản mã, bu lông, đường hàn. Tiêu chuẩn EN 1993-1-8:2005 [5] đã đề xuất một phương pháp trong đó liên kết được tách thành nhiều thành tố, mỗi thành tố được coi như một lò xo với độ cứng riêng rẽ. Ứng xử tổng thể của cả liên kết được xác định bằng cách ghép tất cả các lò xo thành một hệ dựa trên giả thiết về phân phối lực trong liên kết. Phương pháp này được gọi là phương pháp thành tố (tiếng Anh là Component Method, gọi tắt là CM). Về mặt lý thuyết, phương pháp CM cho phép đánh giá độ bền và độ cứng của mọi loại liên kết dưới tác dụng của nhiều loại tải trọng khác nhau. Tuy nhiên, việc áp dụng CM một cách thủ công cho những liên kết cấu tạo phức tạp gần như là bất khả thi. Vì lý do đó, GS Wald và cộng sự đã phát triển một phương pháp gọi là CBFEM kết hợp giữa phương pháp CM và phương pháp phần tử hữu hạn [10,11]. CBFEM là nền tảng của phần mềm thương mại IDEA Statica được sử dụng rộng rãi trên thế giới.

Tương tự như CM, CBFEM cũng tách liên kết thành các thành tố riêng rẽ như bản mã, đường hàn, bu lông (Hình 6). Mỗi bản mã được mô hình bằng phần tử tấm tứ giác 4 nút, ngoại trừ những vị trí gần lỗ hoặc bị khoét sử dụng phần tử tam giác 3 nút. Vật liệu thép trong CBFEM sử dụng mô hình đàn dẻo hai đường thẳng như trình bày trong EN 1993-1-5:2006 [13]. Trong mô hình đàn dẻo lý tưởng, ứng suất không vượt quá giới hạn chảy f_y vì vậy bản mã được kiểm tra theo điều kiện biến dạng dẻo tối đa. Giá trị biến dạng dẻo giới hạn 5% được khuyến cáo trong EN 1993-1-5:2006 phụ lục C, phần C8 điều 1 [13].



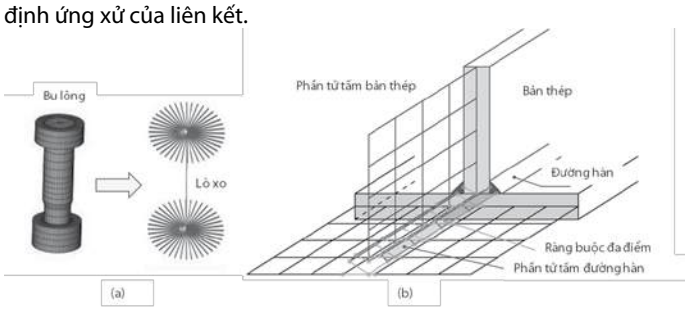
Hình 6. So sánh CM và CBFEM

Bu lông trong phương pháp CBFEM được mô tả bằng mô hình "hai quạt" đề xuất bởi Bursi và Jaspart [14] bao gồm một lò xo phi tuyến hai đường thẳng và các ràng buộc với thành lỗ bu lông như Hình 7(a). Trong giai đoạn đàn hồi, độ cứng của lò xo được xác định theo công thức:

$$k = \frac{EA_s}{L_b} \quad (4)$$

trong đó: E là mô-đun đàn hồi của vật liệu thép bu lông; A_s là diện tích tiết diện ngang thân bu lông; L_b là chiều dài bu lông.

Khi chảy dẻo, độ cứng của lò xo suy giảm còn $k \times c_1$ trong đó c_1 là hệ số có giá trị dao động từ 0.011 đến 0.032 phụ thuộc cấp độ bền bu lông. Mô hình này cho phép giảm khối lượng tính toán nhưng vẫn mô tả được ứng xử phi tuyến của bu lông. Đường hàn được mô tả bằng các phần tử tấm bằng vật liệu đàn dẻo liên kết với các phần tử tấm của bản thép bằng ràng buộc đa điểm như Hình 7(b). Sau khi lắp ghép các thành tố, mô hình được phân tích phi tuyến nhằm xác định ứng xử của liên kết.



Hình 7. Mô hình bu lông và đường hàn trong CBFEM

Bu lông neo cũng được mô hình hóa tương tự như bu lông thường nhưng phía đầu chìm trong bê tông được gán gối cố định [15]. Chiều dài tương đương của bu lông neo khi tính độ cứng lò xo tương đương được lấy bằng tổng của một nửa độ dày đai ốc, độ dày vòng đệm, độ dày bản đế, độ dày của lớp vữa đổ sau và một đoạn bu lông chìm trong bê tông có chiều dài 8d trong đó d là đường kính bu lông. Người dùng có thể tùy biến hệ số 8 sử dụng để tính chiều dài tương đương bu lông neo.

Trong CBFEM, khối bê tông được đơn giản hóa thành phần tử tiếp xúc 2D. Tiếp xúc giữa bản đế và bê tông sử dụng mô hình nền Winkler-Pasternak [15] với độ cứng nền được tính như sau:

$$k = \frac{E_c}{(\alpha_1 + \upsilon)\sqrt{\frac{A_{eff}}{A_{ref}}}}\left(\frac{1}{\frac{h}{\alpha_2 d} + \alpha_3} + \alpha_4\right) \quad (5)$$

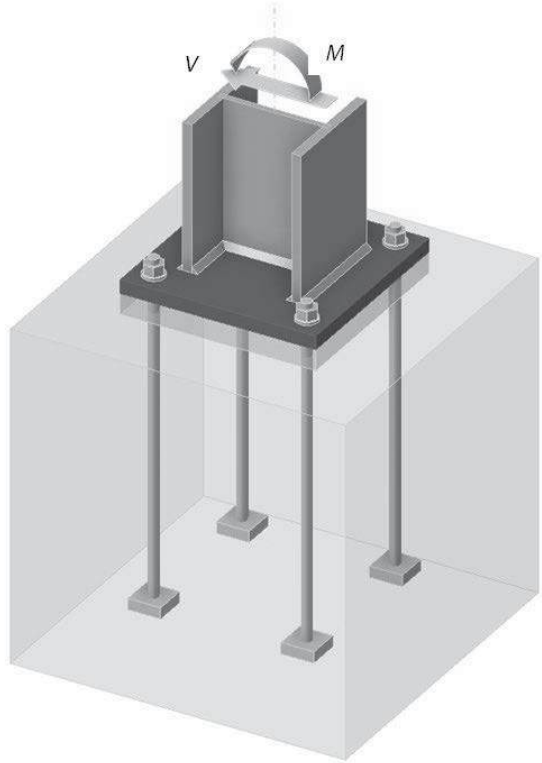
trong đó: E_c là mô-đun đàn hồi của bê tông; υ là hệ số Poát-xông; A_{eff} là diện tích hiệu dụng của bê tông; A_{ref}=1m^2; d là bề rộng bản đế; h là chiều cao khối bê tông; α_1=1.65; α_2=0.5; α_3=0.3; α_4=1.0.

4. MÔ PHỎNG SỰ LÀM VIỆC CỦA LIÊN KẾT CHÂN CỘT BẰNG CBFEM

Trong phần này, mẫu thí nghiệm thực hiện bởi nhóm nghiên cứu của GS. Kanvinder đã trình bày trong Mục 2 được mô phỏng bằng CBFEM trên phần mềm IDEA Statica phiên bản 24.1.

a. Xây dựng mô hình

Đầu tiên, một đoạn cột ngắn có tiết diện dạng thép hình cán nóng W8×28 được mô hình trong phần mềm. Sử dụng công cụ Manufactoring Operation có tên gọi "Base plate" để mô hình bản đế và bu lông neo. Bản đế có kích thước 356×356×25.4 đặt trên móng bê tông kích thước 610×610×610. Lớp vữa đổ sau giữa bản đế và móng có chiều dày 38 mm. Cột được hàn vào bản đế bằng đường hàn góc có chiều cao chân đường hàn a=10 mm với vật liệu que hàn tương ứng với thép cơ bản. Bản đế liên kết với chân cột thông qua 04 bu lông neo M19. Chiều dài đoạn neo trong bê tông bằng 520 mm. Vật liệu sử dụng trong mô hình đều là vật liệu do người dùng tự định nghĩa với các đặc trưng cơ học lấy từ kết quả thí nghiệm như đã trình bày trong Mục 2. Các hệ số an toàn riêng phần đều được thiết lập bằng 1.0. Mô hình được gán lực cắt V và mô men M đặt tại mặt trên của bản đế. Mô hình xây dựng trong nghiên cứu được trình bày trong Hình 8.

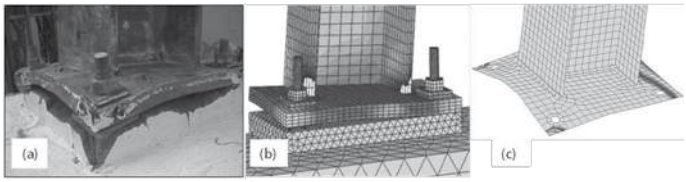


Hình 8. Mô hình CBFEM liên kết chân cột

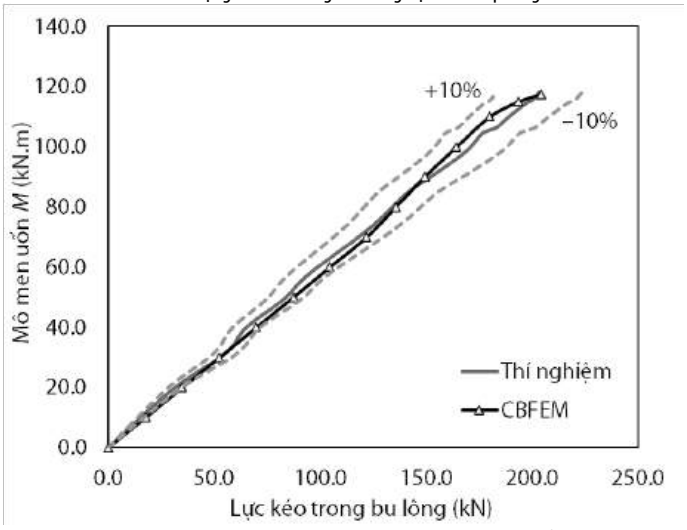
Trước khi phân tích, phần mềm IDEA StatiCa sẽ tự động tạo mô hình CBFEM. Các bản thép, đường hàn được mô hình bằng phần tử tấm còn bu lông và phần tiếp xúc giữa bản đế và bê tông được mô hình bằng các lò xo như đã trình bày trong Mục 3. Các phần tử tấm đều được tự động chia lưới phần tử với mặc định kích thước nhỏ nhất là 8 mm và kích thước lớn nhất không quá 50 mm. Thiết lập mặc định mỗi bản mã được chia thành 20 phần tử nhỏ theo chiều dài. Lưới của các bản mã là độc lập với lưới của cấu kiện. Tiến hành phân tích phi tuyến với các thiết lập như sau: số vòng lặp=25; số vòng lặp không hội tụ=3.

b. Kết quả mô phỏng

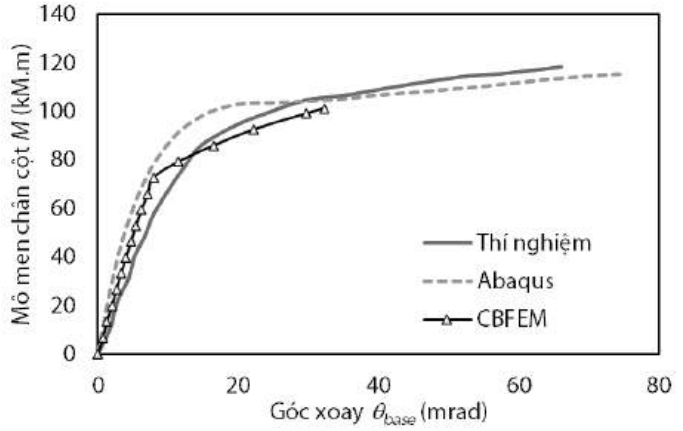
Đầu tiên, thực hiện phân tích ứng suất-biến dạng với độ lớn lực cắt V theo từng bước tải tăng dần từ 0 tới 50 kN. Giá trị lực kéo trong bu lông tại mỗi bước tải đều được ghi lại. Tiếp theo, tiến hành phân tích độ cứng xoay của liên kết. Một số kết quả thu được từ phân tích CBFEM so sánh với kết quả thí nghiệm và kết quả mô phỏng bằng phần mềm Abaqus được trình bày từ Hình 9 đến Hình 11.



Hình 9. So sánh biến dạng của liên kết giữa thí nghiệm và mô phỏng



Hình 10. So sánh lực kéo trong bu lông neo giữa thí nghiệm và mô phỏng



Hình 11. So sánh đặc trưng mô men - góc xoay của liên kết giữa thí nghiệm và mô phỏng

Căn cứ trên kết quả thu được, một số nhận xét được rút ra như sau:

- Hình 9 cho thấy sự tương đồng về mặt biến dạng của bản đế giữa thí nghiệm, mô phỏng Abaqus và mô phỏng CBFEM. Tuy nhiên quan sát cho thấy vẫn có những khác biệt. Cụ thể, Hình 9(a) cho thấy mép bê tông dưới góc bản đế tại vùng chịu kéo bị ép vỡ và tại thời điểm dừng thí nghiệm, bản đế và bề mặt móng vẫn tiếp xúc với nhau. Trong mô phỏng Abaqus, bản đế trong vùng chịu kéo tách rời khỏi bề mặt móng (Hình 9(b)), còn trong mô phỏng CBFEM có thể quan sát thấy ứng suất nén của bê tông tại góc bản đế trong vùng chịu kéo (Hình 9(c)), thể hiện vị trí này vẫn tiếp xúc với bề mặt móng. Như vậy kết quả mô phỏng CBFEM phản ánh chân thực hơn ứng xử thực tế của bản đế hơn Abaqus.

- Trong Hình 10, đường quan hệ mô men - lực kéo trong bu lông neo giữa thí nghiệm và mô phỏng CBFEM gần như trùng khớp. Điều đó một lần nữa thể hiện mức độ chính xác trong mô phỏng sự làm việc chân cột của CBFEM.

- Về mặt độ cứng xoay, với góc xoay dưới 8 mrad, độ cứng xoay theo mô phỏng Abaqus và mô phỏng CBFEM khá tương đồng và lớn hơn so với kết quả thí nghiệm (Hình 11). Cụ thể, độ cứng xoay ban đầu $S_{j,ini}^{CBFEM}$≈9.5 MN.m/rad, $S_{j,ini}^{Abaqus}$≈10.7 MN.m/rad trong khi $S_{j,ini}^{\text{thí nghiệm}}$≈7.7 MN.m/mrad. Sự khác nhau về độ cứng xoay giữa mô phỏng CBFEM và Abaqus bắt đầu rõ rệt khi góc xoay trên 8 mrad. Giai đoạn này tương ứng với thời điểm bu lông neo biến dạng dẻo. Sự chênh lệch này có thể giải thích do bu lông trong CBFEM chỉ sử dụng mô hình lò xo tuyến tính hai đường thẳng nên chưa thể mô phỏng chính xác sự làm việc của liên kết trong giai đoạn này.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một nghiên cứu về mô phỏng liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM. Kết quả mô phỏng được kiểm chứng với kết quả thí nghiệm và mô phỏng sưu tầm từ tài liệu. So sánh cho thấy phương pháp CBFEM cho kết quả tương đồng với thí nghiệm cũng như kết quả mô phỏng bằng phần mềm phần tử hữu hạn Abaqus. Thông qua nghiên cứu, có thể thấy phương pháp CBFEM mà cụ thể là phần mềm IDEA Statica có khả năng mô phỏng ứng xử và xác định độ cứng xoay của liên kết chân cột với mức độ chính xác chấp nhận được. Thế mạnh của phần mềm IDEA Statica là giao diện dễ sử dụng, có thể mô phỏng những liên kết chân cột có cấu tạo phức tạp, rất phù hợp cho các kỹ sư sử dụng trong thiết kế thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài NCKH "Xác định độ cứng xoay của liên kết chân cột bằng phương pháp CBFEM", mã số 24-2024/KHXD của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Nhóm tác giả xin cảm ơn Công ty CP Công nghệ và Tư vấn CIC đã hỗ trợ bản quyền phần mềm IDEA Statica sử dụng trong nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Wald, F., Šimek, I., Sokol, Z., & Seifert, J. (1994). The Column-Base Stiffness Tests. Proceedings of the Second State of the Art Workshop COST CI, ed. Wald F., Brussels (pp. 281-292).

[2]. Gomez, I., Kanvinde, A., & Deierlein, G. G. (2010). Exposed column base connections subjected to axial compression and flexure. AISC, Chicago, 257.

[3]. Jaspart, J. P., & Vandegans, D. (1998). Application of the component method to column bases. Journal of constructional steel research, 48(2-3), 89-106.

[4]. Wald, F., Sokol, Z., Steenhuis, C. M., & Jaspart, J. P. (2008). Component method for steel column base plates. Heron, 53(1/2).

[5]. CEN (2005). BS EN 1993-1-8:2005 Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints. UK.

[6]. Kanvinde, A. M., Grilli, D. A., & Zareian, F. (2012). Rotational stiffness of exposed column base connections: Experiments and analytical models. Journal of structural engineering, 138(5), 549-560.

[7]. American Institute of Steel Construction (2024). Design Guide 1: Base Connection Design for Steel Structures (Third Ed.). USA.

[8]. Nawar, M. T., Matar, E. B., Maaly, H. M., Alaaser, A. G., & El-Zohairy, A. (2021). Assessment of rotational stiffness for metallic hinged base plates under axial loads and moments. Buildings, 11(8), 368.

[9]. Prota, A., Tartaglia, R., & Landolfo, R. (2024). Influence of Column–Base Connections on Seismic Behavior of Single-Story Steel Buildings. Buildings, 14(11), 3606.

[10]. Wald, F., Sabatka, L., Kabelac, J., Kolaja, D., Pospisil, M. (2015). Structural Analysis and Design of Steel Connections Using Component Based Finite Element Model (CBFEM). Journal of Civil Engineering and Architecture, 9, 895-901.

[11]. Wald, F., Vild, M., Kurikova, M., Kabelac, J., Sekal, D., Maier, N., et al. (2020). Component based finite element design of steel joints. Civil Engineering Design, 2(3), 78-89.

[12]. Kanvinde, A. M., Jordan, S. J., & Cooke, R. J. (2013). Exposed column base plate connections in moment frames-Simulations and behavioral insights. Journal of Constructional Steel Research, 84, 82-93.

[13]. CEN (2006). BS EN 1993-1-5:2006 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements. UK.

[14]. Bursi, O.S., Jaspart, J. P. (1998). Basic issues in the finite element simulation of extended end plate connections. Computers & structures, 69(3), 361-382.

[15]. https://www.ideastatica.com/support-center-theoretical-backgrounds truy cập ngày 28/12/2024.

■Ngày nhận bài: 21/3/2025 ■Ngày sửa bài: 14/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/5/2025

Đề xuất phương pháp thiết kế liên kết giữa sàn phẳng bê tông cốt thép với cột ống thép nhồi bê tông khi chịu mô men không cân bằng

Proposed design method for reinforced concrete flat slab and concrete filled steel tube column connections subjected unbalanced moment

> TS PHAN VĂN HUỆ*, TS TRƯƠNG QUANG HẢI
Trường Đại học Xây dựng Miền Trung
*Email: phanvanhue@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Các dự án nhà cao tầng tại Việt Nam ngày càng nhiều, điều đó đặt ra nhu cầu tìm kiếm các giải pháp kết cấu chịu lực hiệu quả về mặt kỹ thuật và kinh tế. Một trong những giải pháp kết cấu mới là kết hợp cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng bê tông cốt thép (BTCT) cho thấy tiềm năng ứng dụng cho nhà cao tầng. Tuy nhiên, việc sử dụng hệ kết cấu này trong thực tế vẫn còn khó khăn do chưa có đủ tiêu chuẩn hướng dẫn các giải pháp cấu tạo và tính toán liên kết cũng như các giải pháp gia cường khả năng chịu cắt của sàn tại vị trí liên kết. Bài báo sẽ phân tích lựa chọn giải pháp cấu tạo cho liên kết cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng BTCT và đề xuất giải pháp thiết kế cho liên kết khi chịu mô men không cân bằng. Kết quả nghiên cứu cung cấp những dữ liệu đầy đủ hơn về thiết kế liên kết nhằm áp dụng hệ kết cấu này vào các công trình xây dựng tại Việt Nam.

Từ khóa: Cột ống thép nhồi bê tông; sàn phẳng bê tông cốt thép; cắt thủng; cốt đai; liên kết sàn-cột.

ABSTRACT

The increasing number of high-rise buildings in Vietnam has created a demand to indentify new structural solutions that show both technical and economic efficiencies. One such structural solution combining concrete filled steel tube columns with reinforced concrete flat slab demonstrates significantly potential application for high-rise buildings. However, the practical implementation of this structural system remains challenging, primarily due to the absence of comprehensive standards that provide guidance on the detailing and calculation of column-slab connections, as well as the lack of solutions to enhance the shear resistance of the slab at the connections. This paper aims to analyze and identify an appropriate detailing solution for the connection of concrete filled steel tube columns with reinforced concrete flat slab, while also proposing a design solution for the connection subjected to unbalanced moments. The findings of this research provide a more complete understanding of column-slab connection deign calculations with the intention to apply this structural system to construction projects in Vietnam.

Keywords: Concrete filled steel tube column; reinforced concrete flat slabs; punching shear; shear reinforcement; slab-column connections.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, xu hướng xây dựng nhà cao tầng ngày càng nhiều ở Việt Nam. Việc tìm kiếm một giải pháp kết cấu chịu lực hiệu quả về mặt kỹ thuật và kinh tế so với các giải pháp kết cấu truyền thống là cần thiết. Trong công trình nhà cao tầng, việc giảm chiều cao tầng sẽ giảm đáng kể tác động của tải trọng ngang cho công trình. Kết cấu sàn phẳng BTCT được xem là giải pháp hiệu quả cho việc giảm chiều cao tầng nhưng vẫn đảm bảo khoảng thông thủy sử dụng. Sử dụng sàn phẳng BTCT sẽ thuận lợi cho việc thi công, rút ngắn thời gian xây dựng, thuận tiện cho việc bố trí đường ống thiết bị kỹ thuật, dễ dàng thông gió và linh hoạt bố trí mặt bằng. Do đó, sử dụng kết cấu sàn phẳng BTCT cho nhà cao tầng là hợp lý.

Kết cấu cột ống thép nhồi bê tông (CFST) được sử dụng phổ biến trong kết cấu nhà nhiều tầng ở nhiều nước trên thế giới và tiến

đến thay thế cho cột BTCT truyền thống vì những tính năng vượt trội về mặt kỹ thuật như có độ cứng lớn, cường độ cao, khả năng phân tán năng lượng tốt. Về mặt công nghệ, cột CFST dễ thi công, không cần hệ thống cốp pha nên rút ngắn được thời gian thi công xây dựng công trình. Do đó, kết cấu cột ống thép nhồi bê tông là một sự thay thế phù hợp cho cột BTCT truyền thống.

Như vậy sự kết hợp giữa cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng BTCT thành hệ kết cấu chịu lực cho nhà cao tầng sẽ có tính ứng dụng và hiệu quả vì đã khai thác những ưu điểm nổi trội của cột ống thép nhồi bê tông và sàn phẳng BTCT. Tuy nhiên, vì hai kết cấu này là riêng biệt nên sự kết hợp giữa chúng sẽ bị gián đoạn tại bề mặt ống thép. Do đó, để đảm bảo sự làm việc đồng thời như trong kết cấu BTCT thông thường cần phải có chi tiết liên kết. Chi tiết liên kết phải đáp ứng việc kết nối sàn - cột, có khả năng tiếp nhận tải trọng trên sàn truyền về cột đồng thời tham gia vào khả năng chịu cắt của sàn. Hiện nay các nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy có 3 hình thức liên kết cho cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng BTCT được sử dụng phổ biến gồm: (1) sử dụng shearhead là các thép hình chữ H, I được hàn vào bề mặt ngoài của ống thép và nhúng vào trong bê tông sàn [1-7]; (2) sử dụng các tấm thép hàn theo chu vi cột tại mặt dưới của sàn để đỡ tấm sàn BTCT [8-10]; (3) sử dụng các đinh chống cắt hàn tại bề mặt ngoài ống thép để liên kết sàn - cột [11, 12]. Trong các giải pháp đó thì sử dụng shearhead làm chi tiết liên kết là hợp lý và hiệu quả hơn. Vì với liên kết sử dụng các tấm thép đỡ tại mặt dưới của sàn hay việc sử dụng các đinh chống cắt để liên kết thì khó cho việc mở rộng liên kết. Trường hợp sử dụng tấm thép thì việc mở rộng liên kết sẽ cần một số lượng sườn thép lớn để đảm bảo độ cứng của tấm thép lúc đó chi tiết liên kết sẽ cồng kềnh, ảnh hưởng đến kiến trúc và hao phí vật liệu hơn. Các nghiên cứu cũng chỉ dừng lại việc sử dụng tải trọng đúng tâm để thí nghiệm và sự phá hoại xảy ra chủ yếu là cắt thủng. Các mô hình thí nghiệm ứng xử của sàn BTCT với cột CFST chịu tải trọng lệch tâm chưa tìm thấy. Các biện pháp gia cường khả năng chịu cắt thủng của sàn tại vị trí liên kết cũng còn ít nghiên cứu. Các tiêu chuẩn thiết kế các nước như ACI318-14 [13], Eurocode 2 [14], TCVN 5574-2018 [15] cũng chưa đề cập đến các quy định cấu tạo cũng như tính toán liên kết cột CFST với sàn phẳng bê tông cốt thép. Điều này cản trở việc sử dụng hệ kết cấu này vào thực tế kết cấu công trình tại Việt Nam. Trên cơ sở những giải pháp liên kết đã nghiên cứu, bài báo sẽ sử dụng shearheads là các thép hình chữ H, I để làm chi tiết liên kết cho cột CFST với sàn phẳng BTCT và tham khảo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-14 để xây dựng giải pháp tính toán cho liên kết cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng BTCT trong trường hợp liên kết chịu mô men không cân bằng. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp những hiểu biết sâu hơn và đầy đủ hơn về cấu tạo và tính toán liên kết với mong muốn áp dụng hệ kết cấu này vào các công trình xây dựng nhà cao tầng tại Việt Nam.

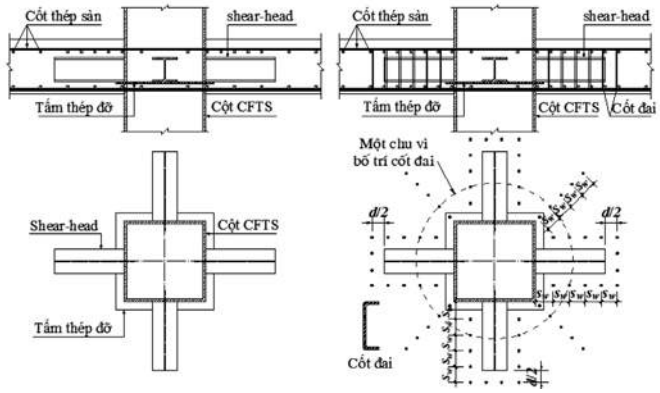
2. GIẢI PHÁP CẤU TẠO LIÊN KẾT CỘT CFST VỚI SÀN PHẲNG BTCT

Sự kết hợp giữa kết cấu cột CFST với sàn phẳng BTCT được thực hiện thông qua chi tiết liên kết đó là hoặc sử dụng shearhead hoặc sử dụng các tấm thép hàn theo chu vi cột mặt dưới của sàn để đỡ tấm sàn BTCT hoặc sử dụng các đinh chống cắt hàn tại bề mặt cột để liên kết sàn - cột. Qua phân tích các nghiên cứu cho thấy liên kết sử dụng shearhead cho độ tin cậy và dễ dàng cho việc mở rộng vùng liên kết hơn. Hình thức hợp lý của shearhead là sử dụng thép hình tiết diện chữ I hay chữ H. Vì với đặc điểm của thép hình chữ H hoặc I có cánh dưới mở rộng được xem như điểm tựa để tiếp nhận tải trọng từ sàn truyền vào cột, đồng thời các thép hình này được nhúng vào trong bê tông sàn có tác dụng như mũ đầu cột tham gia chịu cắt cùng bê tông và nó cũng được bảo vệ dưới tác động môi trường. Do đó, trong bài báo này sẽ sử dụng shearhead để làm chi tiết liên kết của cột CFST với sàn phẳng BTCT. Liên kết này sẽ tham khảo nghiên cứu của [16] với giải pháp cấu tạo có và không có gia cường cốt đai cho sàn tại vùng liên kết cột CFST với sàn phẳng BTCT như Hình 1.

Trong Hình 1, các shearhead là thép hình chữ H hoặc I được đặt trong sàn có tác dụng như mũ đầu cột. Sự có mặt của shearhead đảm bảo tính liên tục giữa sàn và cột CFST, góp phần làm tăng khả năng chịu cắt cho sàn. Phần bụng thép hình chữ H hoặc I được ngàm vào bên trong cột và hàn tại mặt ngoài ống thép để đảm bảo độ tin cậy của liên kết, đồng thời phần này xem như một chốt gia cường hỗ trợ cho sự làm việc đồng thời của lõi bê tông và vỏ ống thép.

Tấm thép đỡ được bố trí phía dưới của cánh dưới tiết hiện thép hình H hoặc I, được hàn theo chu vi cột nhằm tạo điểm tựa để tiếp nhận tải trọng từ sàn vào cột tại các vị trí góc của cột.

Cốt đai dạng chữ C sử dụng cốt thép thanh có gờ, bố trí theo suốt chiều dày của sàn với móc neo tiêu chuẩn theo quy định của ACI 318-14, dùng để gia cường khả năng chịu cắt cho sàn, cải thiện các ứng xử của sàn sau phá hoại. Giải pháp cốt đai bố trí theo ACI 318-14 như sau: cốt đai có hình dạng chữ C, được tạo hình từ thép thanh uốn móc 2 đầu với chiều dài móc neo lớn hơn 6 lần đường kích cốt đai; Vị trí và khoảng cách bố trí cốt đai: bố trí xung quanh các cánh và đỉnh shearhead một khoảng *d/2* (*d* là chiều cao làm việc của sàn). Lớp cốt đai đầu tiên bố trí cách mặt cột một đoạn *d/2*, các lớp cốt đai tiếp theo bố trí cách khoảng nhỏ hơn hoặc bằng *3d/4*.



a) Sàn phẳng không có cốt đai *b) Sàn phẳng có bố trí cốt đai*

Hình 1. Cấu tạo liên kết cột CFST với sàn phẳng BTCT có và không có cốt đai gia cường

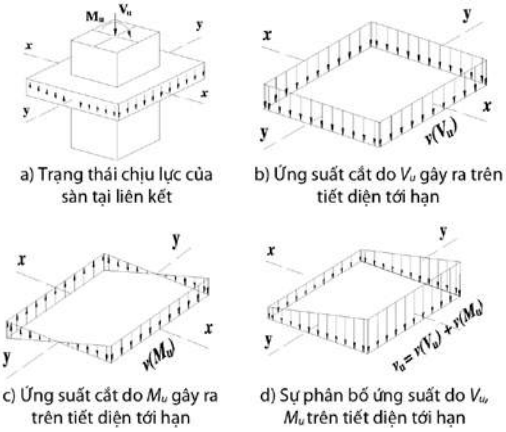
Cốt thép sàn được xuyên qua cột bởi các lỗ khoan sẵn trên mặt cột, nhằm đảm bảo sự liên tục giữa sàn và cột như kết cấu BTCT thường. Để thuận tiện cho đổ bê tông lõi cột, các cốt thép này nên được bố trí sao cho đủ tạo khoảng trống cho ống đổ bê tông di chuyển trong lõi ống thép khi thi công.

3. GIẢI PHÁP TÍNH TOÁN LIÊN KẾT CỘT CFST VỚI SÀN PHẲNG BTCT KHI CHỊU MÔ MEN KHÔNG CÂN BẰNG

3.1. Sự làm việc của sàn phẳng BTCT tại liên kết với cột CFST khi chịu mô men không cân bằng

Đối với sàn phẳng BTCT ứng xử quan trọng của sàn tại vị trí liên kết sàn - cột là chọc thủng. Khả năng chịu cắt thủng của sàn phẳng BTCT không bố trí cốt đai thường là tức thời và đặc trưng bởi sự phân tách hai khối bê tông bởi bề mặt hình côn. Trước khi phá hoại lực được chuyển từ sàn phẳng đến cột thông qua thanh nén

không gian phát triển từ chân cột (với các góc nghiêng biến thiên từ 20^0-45^0) đến cốt thép chịu kéo của sàn và khi ứng suất kéo chính lớn, những vết nứt nghiêng trong thanh chống được kích hoạt và cuối cùng dẫn đến phá hoại. Trường hợp kết hợp cột CFST với sàn phẳng BTCT thì ứng xử của sàn tại liên kết qua quan sát thực nghiệm đã chỉ ra rằng sự chuyển lực cắt và phá hoại cắt phát triển một cách tương tự như trong sàn BTCT thông thường. Nghĩa là các shearhead hoạt động như một gối tựa hay "cột lớn" (cột có kích thước bằng cột CFST cộng với chiều dài đoạn vươn của shearhead) và lúc đó sự chuyển lực từ shearhead vào những phần tử bê tông được huy động thông qua thanh chống nghiêng được đỡ bởi cánh dưới của shearhead. Sự phá hoại cắt xảy ra do sự mở rộng của vết nứt cắt chủ đạo phát triển từ cánh dưới của shearhead và tấm thép đỡ tại vị trí góc cột.



Hình 2. Minh họa sự phân bố ứng suất cắt trên chu vi tới hạn khi chịu tác dụng đồng thời của lực cắt V_u và mô men không cân bằng M_u

Trong thực tế những trường hợp khi mặt bằng sàn với lưới cột bố trí không đối xứng hoặc tải trọng không đối xứng thì bên cạnh lực cắt tại liên kết sẽ chịu thêm mô men không cân bằng tại vị trí sàn - cột. Dưới tác dụng đồng thời của lực cắt V_u và mô men không cân bằng M_u thì ứng suất cắt trên tiết diện nghiêng sẽ bị ảnh hưởng bởi mô men không cân bằng, tác động này sẽ làm gia tăng ứng suất cắt về phía đặt tải lệch tâm và giảm ứng suất cắt ở phía đối diện (Hình 2). Khi ứng suất cắt này vượt quá khả năng chịu cắt của bê tông thì sàn sẽ xuất hiện các vết nứt nghiêng. Trong trường hợp sàn có bố trí cốt đai thì cốt đai sẽ tiếp nhận ứng suất cắt giúp hạn chế vết nứt gia tăng sức kháng cắt trên mặt nứt nghiêng, lúc này vết nứt nghiêng sẽ hình thành và phát triển tại vị trí khác. Khác với sàn phẳng BTCT không có shearhead vết nứt nghiêng chỉ xảy ra ở vùng quanh chu vi cột thì với trường hợp sử dụng shearhead, khi độ cứng đảm bảo thì nó sẽ làm việc như gối tựa giúp chuyển các vết nứt nghiêng ra xa khỏi mặt cột. Do đó sẽ quan sát được nhiều vết nứt nghiêng dọc theo chiều dài của shearhead.

3.2. Giải pháp tính toán liên kết cột CFST với sàn phẳng BTCT khi chịu mô men không cân bằng

Hiện nay, tiêu chuẩn các nước chưa đề cập đến việc tính toán liên kết giữa cột CFST với sàn phẳng BTCT. Tuy nhiên, với cách cấu tạo liên kết sử dụng shearhead là các thép hình tiết diện H hoặc I tương tự như cấu tạo mà tiêu chuẩn ACI 318-14 sử dụng để gia cường khả năng chịu cắt thủng cho liên kết cột BTCT - sàn BTCT. Bài báo sẽ tham khảo cách tính toán của ACI 318-14 làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế liên kết cột CFST với sàn phẳng BTCT.

a) Kiểm tra khả năng chịu cắt của sàn khi bố trí shearhead làm chi tiết liên kết sàn - cột

Đối với kết cấu kết hợp cột CFST với sàn phẳng BTCT, tải trọng trên sàn được truyền vào cột CFST thông qua chi tiết liên kết. Với việc bố trí shearhead được hàn với ống thép và nhúng vào trong sàn thì chu vi tiết diện tới hạn sẽ thay đổi so với sàn bê tông cốt thép thông thường. Bên cạnh đó, xét sự làm việc thực tế của liên kết, tại vị trí cột-sàn sẽ tồn tại cả lực cắt và mô men không cân bằng. Theo tiêu chuẩn ACI 318-14, ứng suất cắt tác động lên các tiết diện tới hạn do lực cắt V_u và mô men không cân bằng M_u được xác định theo biểu thức (1):

$$v_u \le \phi v_n \quad (1)$$

Trong đó: v_u là ứng suất cắt trong sàn do lực cắt V_u và mô men không cân bằng M_u tại liên kết sàn-cột tính theo công thức (2);

$$v_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vx} M_{ux} y}{J_x} + \frac{\gamma_{vy} M_{uy} x}{J_y} \quad (2)$$

J_x, J_y là mô men quán tính của tiết diện tới hạn lấy đối với trục qua trọng tâm của diện tích tiết diện tới hạn; $A_c = b_o d$ là diện tích tiết diện tới hạn; b_o là chu vi tiết diện tới hạn; *x, y* là khoảng cách từ trục trọng tâm diện tích tiết diện tới hạn đến các vị trí biên của chu vi tới hạn theo phương *x, y*; M_{ux}, M_{uy} là mô men không cân bằng của dải sàn qua đầu cột theo phương x và phương y; V_u là lực cắt tính toán tại liên kết; *d* là chiều cao làm việc hiệu quả của sàn, được lấy từ trọng tâm của cốt thép chịu kéo đến mép bê tông vùng nén; γ_{vx}, γ_{vy} là hệ số chuyển lực cắt do mô men không cân bằng M_{ux}, M_{uy} gây ra trên chu vi tới hạn; v_n là khả năng chịu cắt trên các tiết diện tới hạn của sàn; $\phi = 0{,}75$ khi tính toán cắt thủng cho sàn.

Tùy thuộc vào cấu tạo của chi tiết liên kết và vị trí của tiết diện tới hạn mà giá trị ứng suất cắt v_n có giá trị khác nhau. Xét các trường hợp:

Trường hợp liên kết sử dụng shearhead và không bố trí cốt đai: Theo ACI 318-14 thì tiết diện tới hạn được xét tại hai vị trí: (1) cách chu vi cột một đoạn *d/2* và (2) chu vi tới hạn cách mặt cột một khoảng bằng 3/4 chiều dài vươn của shearhead (Hình 3a). Giá trị v_n trên các tiết diện tới hạn được lấy như sau:

+ Chu vi tới hạn cách mặt cột *d/2*:

$$v_n = 0{,}58\sqrt{f'_c} \quad (3)$$

+ Chu vi tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead:

$$v_n = 0{,}33\sqrt{f'_c} \quad (4)$$

Trường hợp liên kết sử dụng shearhead và gia cường cốt đai cho sàn: Theo ACI 318-14 thì tiết diện tới hạn được xét tại các vị trí: (1) cách chu vi cột một đoạn *d/2*; (2) chu vi tới hạn cách mặt cột một khoảng bằng 3/4 chiều dài vươn của shearhead và (3) chu vi tới hạn nằm ngoài vùng bố trí cốt đai (Hình 3b). Giá trị v_n trên các tiết diện tới hạn được lấy như sau:

+ Chu tới hạn cách mặt cột d/2:

$$v_n = 0{,}58\sqrt{f'_c} + \frac{A_{sw} f_{yw}}{b_o s_w} \quad (5)$$

+ Chu vi tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead:

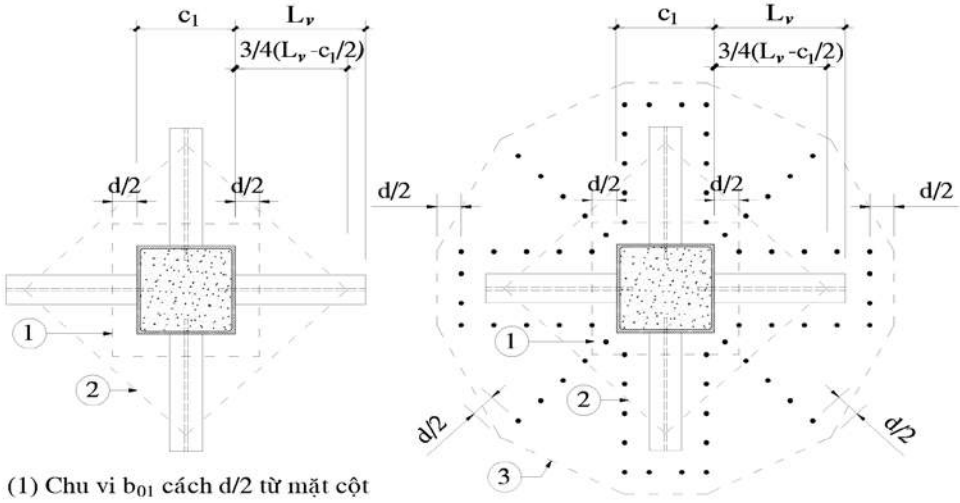
$$v_n = 0{,}33\sqrt{f'_c} + \frac{A_{sw} f_{yw}}{b_o s_w} \quad (6)$$

+ Chu vi tới hạn bên ngoài vùng cốt đai:

$$v_n = 0{,}33\sqrt{f'_c} \quad (7)$$

Trong các công thức trên thì A_{sw} là diện tích của một chu vi cốt đai (Hình 1b); f_{yw} là cường độ chảy dẻo của cốt thép đai (MPa); s_w là khoảng cách giữa các chu vi cốt đai; b_o là chu vi của tiết diện tới hạn

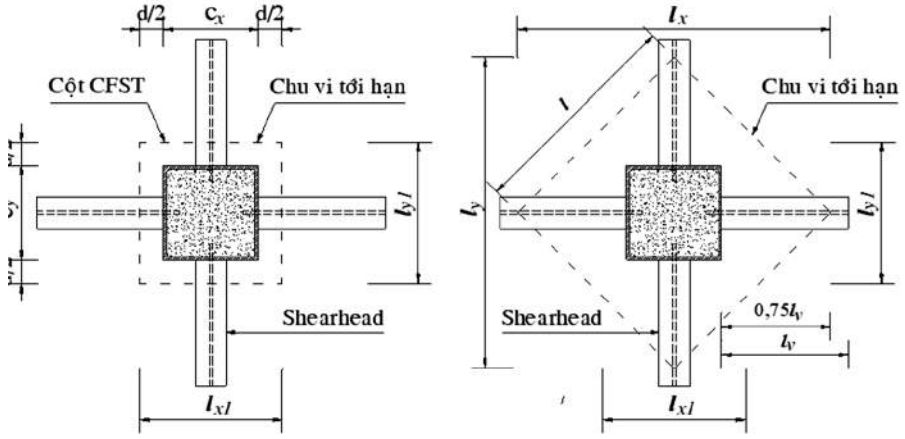
cho từng trường hợp cụ thể (Hình 3), f'_c là cường độ chịu nén của bê tông sàn.



a) Sàn phẳng không có cốt đai *b) Sàn phẳng có bố trí cốt đai*

Hình 3. Tiết diện tới hạn cho trường hợp liên kết sử dụng shearhead có và không có gia cường cốt đai cho sàn

Trong công thức (2) cần xác định các giá trị của γ_{vx}, γ_{vy} và J_x, J_y cho từng tiết diện tới hạn. Các giá trị này có thể tính theo công thức ở Bảng 1 cho các tiết diện tới hạn minh họa ở Hình 4.



a) Chu vi tới hạn cách d/2 từ mặt cột *b) Chu vi tới hạn cắt qua đỉnh shearhead*

Hình 4. Chu vi tới hạn khi sử dụng shearhead để liên kết cột CFTS - sàn phẳng BTCT

Bảng 1. Xác định các giá trị của γ_{vx}, γ_{vy} và J_x, J_y cho từng tiết diện tới hạn

	Tiết diện tới hạn cách *d/2* từ mặt cột (Hình 4a)	Tiết diện tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead (Hình 4b)
Hệ số chuyển mô men không cân bằng thành lực cắt [13]	$\gamma_{vx} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{l_{y1}}{l_{x1}}}}$; (8) $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{l_{x1}}{l_{y1}}}}$ (9)	$\gamma_{vx} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{l_y}{l_x}}}$; (10) $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{l_x}{l_y}}}$ (11)
Diện tích và mô men quán tính của tiết diện tới hạn [17]	$A_c = b_o d = 2\left(l_{x1} + l_{y1}\right)d$ (12) $J_x = d\left[\frac{l_{y1}^3}{6} + \frac{l_{x1}l_{y1}^2}{2}\right] + \frac{l_{y1}d^3}{6}$ (13) $J_y = d\left[\frac{l_{x1}^3}{6} + \frac{l_{y1}l_{x1}^2}{2}\right] + \frac{l_{x1}d^3}{6}$ (14)	$A_c = b_o d = d\sum l_{ij}$ (15) $J_x = d\sum\left[\frac{l_{ij}}{3}\left(y_i^2 + y_i y_j + y_j^2\right)\right]$ (16) $J_y = d\sum\left[\frac{l_{ij}}{3}\left(x_i^2 + x_i x_j + x_j^2\right)\right]$ (17)
(x_i, y_i) và (x_j, y_j) là tọa độ điểm đầu và điểm cuối của mỗi đoạn thẳng l_{ij} của chu vi tới hạn như trên Hình 4 với gốc tọa độ lấy tại trọng tâm của tiết diện tới hạn.		

b) Tính toán khả năng chịu uốn của shearhead

Shearhead là các dầm thép hình tiết diện I hoặc H được chế tạo sẵn và hàn vào bề mặt cột ống thép để làm chi tiết liên kết giữa cột với sàn phẳng BTCT. Theo quy phạm ACI 318-14, để shearhead phát huy tác dụng chịu cắt và làm gối tựa cho sàn thì tỷ số độ cứng α_v được lấy giữa shearhead với phần bê tông xung quanh phải đảm bảo $\alpha_v \geq 0,15$ và cánh chịu nén của shearhead phải đặt cách đáy bản sàn một khoảng không lớn hơn 0,3 chiều cao làm việc của sàn (0,3*d*). Tỷ số độ cứng α_v được xác định theo công thức (18):

$$\alpha_v = \frac{E_s I_s}{E_c I_c} \quad (18)$$

Trong đó: E_s, I_s là mô đun đàn hồi và mô men quán tính của shearhead; E_c, I_c là mô đun đàn hồi và mô men quán tính của phần tiết diện bê tông bao quanh shearhead. Tiết diện bê tông để xác định I_c được xác định bằng (*c* + *d*), với *c* là chiều rộng của cột CFST đo theo phương vuông góc với shearhead.

Nếu lực cắt tổng cộng tại gối tựa là V_u và số shearhead là η, lực cắt trong mỗi shearhead sẽ là $\alpha_v V_u/\eta$ và mô men dẻo M_p của shearhead tại mặt cột tính theo quy phạm ACI 318-14 là:

$$M_p = \frac{V_u}{2\Phi\eta}\left[h_v + \alpha_v\left(l_v - \frac{c}{2}\right)\right] \quad (19)$$

Trong đó: Φ = 0,9 tính cho kết cấu chịu uốn.

Khi tính toán và thiết kế bản sàn có shearhead, mô men trong dải cột sẽ được giảm đi do khả năng chịu mô men của shearhead. Tuy nhiên, trong thực tế để đảm bảo an toàn cho sàn khi chịu uốn nên bỏ qua khả năng chịu mô men của shearhead.

c) Tính đường hàn liên kết shearhead vào cột CFST

Đường hàn liên kết shearhead vào mặt cột sẽ được tính toán để chịu toàn bộ lực cắt và mô men của shearhead truyền vào mặt cột. Nếu lực cắt tổng cộng tại gối tựa là V_u và số shearhead là η thì lực cắt truyền vào một shearhead sẽ là V_p. Lúc đó đường hàn sẽ chịu tổ hợp lực V_p và M_p như (20):

$$V_p = \frac{V_u}{\eta};\ M_p = \frac{V_u}{2\Phi\eta}\left[h_v + \alpha_v\left(l_v - \frac{c}{2}\right)\right] \quad (20)$$

Việc tính toán đường hàn được thực hiện theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép hiện hành.

4. THIẾT KẾ LIÊN KẾT GIỮA SÀN PHẲNG BTCT VỚI CỘT CFST KHI LIÊN KẾT CHỊU MÔ MEN KHÔNG CÂN BẰNG

4.1. Trường hợp sàn không có gia cường cốt đai tại vùng liên kết

Xét hệ sàn như Hình 5 với kích thước nhịp sàn theo hai phương là 6 m × 6 m, chiều cao tầng 3,3 m. Chiều dày sàn phẳng không có dầm biên chọn theo điều kiện hạn chế độ võng của sàn theo ACI 318-14 là $h_s = l_n/33$, chọn h_s = 200 mm. Ống thép cột tiết diện vuông cạnh 300 mm, chiều dày thành ống 10 mm. Sử dụng bê tông có cường độ chịu nén f_c' = 30 MPa, cốt thép dọc dùng loại CB400V. Tải trọng tác dụng lên sàn gồm tĩnh tải g_s (kN/m²) và hoạt tải p_s (kN/m²). Xem sàn chịu tải trọng đứng, tải trọng ngang do kết cấu vách chịu. Giá trị mô men không cân bằng tại vị trí cột được tạo bằng cách xếp hoạt tải cách nhịp. Thực hiện phân tích sàn bằng phần mềm SAFEV2016 để xác định nội lực trên dải sàn có bề rộng *b* = 6 m với kết quả được tóm tắt như sau: V_u = 460 kN; $M_{y,tr}$ = -211,9 kNm; $M_{y,ph}$ = -197,1 kNm; $M_{y,tr}$ - $M_{y,ph}$ = 14,8 kNm, M_x = -197,2 kNm.

a) Thông số đầu vào:

Vật liệu: bê tông f_c' = 30 MPa, $E_c = 27{\cdot}10^3$ MPa; thép CB400V có f_y = 350 MPa, $E_s = 21{\cdot}10^4$ MPa; thép hình I và ống thép cột có f_y = 220 MPa, $E_{sh} = E_{sh} = 21{\cdot}10^4$ MPa

Chọn chiều dày sàn h_s = 200 mm, chiều cao làm việc của tiết diện *d* =150 mm

Chọn số shearhead trên mỗi mặt của cột η = 1.

b) Kiểm tra khả năng chịu cắt của sàn tại tiết diện tới hạn cách d/2 từ mặt cột:

Nội lực gồm mô men không cân bằng M_u = 14,8 kNm và lực cắt V_u = 460 kN

Từ Hình 6 tính: $l_{x1} = c_x + d = 450\ mm;\ l_{y1} = c_y + d = 450\ mm$

Công thức (12): $A_c = b_o d = 2\left(l_{x1} + l_{y1}\right)d = 27{\cdot}10^4\ mm^2$

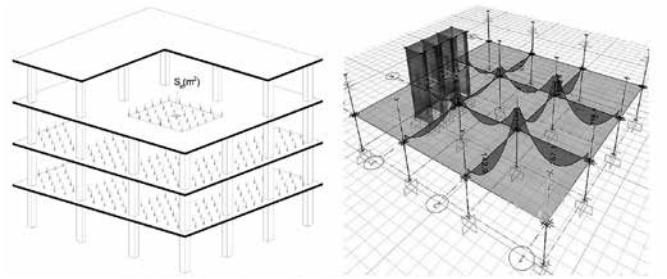
Công thức (14): $J_y = d\left[\frac{l_{x1}^3}{6} + \frac{l_{y1}l_{x1}^2}{2}\right] + \frac{l_{x1}d^3}{6} = 9,37{\cdot}10^9\ mm^4$

Công thức (9): $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{l_{x1}}{l_{y1}}}} = 0,4$

Công thức (2): $v_{u,max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vy} M_{uy} x}{J_y} = 1,84$

Công thức (3): $v_n = 0,58\sqrt{f_c'} = 3,18\ MPa$

Kiểm tra: ϕv_n = 2,38 MPa > $v_{u,max}$ =1,84 MPa nên sàn không bị phá hoại cắt tại tiết diện tới hạn cách mặt cột *d/2*.



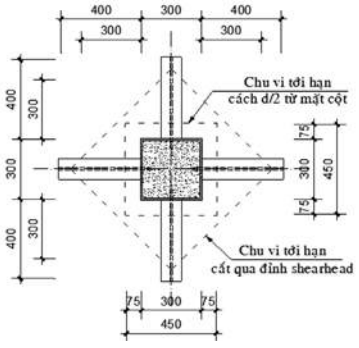
Hình 5. Minh họa công trình và tính toán nội lực cho sàn phẳng

c) Kiểm tra ứng suất cắt của sàn tại tiết diện tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead:

Giả thiết chọn được shearhead đảm bảo độ cứng để làm chi tiết liên kết ($\alpha_v \geq 0,15$)

Chọn chiều dài đoạn vươn của shearhead tính từ mặt cột l_v = 400 mm.

Nội lực gồm mô men không cân bằng M_u = 14,8 kNm và lực cắt V_u = 460 kN



Hình 6. Xác định các tiết diện tới hạn cho sàn tại vùng liên kết

Từ Hình 6 tính: $l_x = c_x + 2\left(\frac{3}{4}l_v\right) = 900\ mm;\ l_y = c_y + 2\left(\frac{3}{4}l_v\right) = 900\ mm$

Công thức (15): $A_c = d\sum l_i = 150\cdot(4\cdot 636) = 38{,}16\cdot 10^4\ mm^2$

Công thức (17): $J_y = d\sum\left[\frac{l}{3}\left(x_i^2 + x_i x_j + x_j^2\right)\right] = 2{,}58\cdot 10^{10}\ mm^4$

Công thức (2): $v_{u,max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vy} M_{uy} x}{J_y} = 1{,}30\ MPa$

Công thức (4): $v_n = 0{,}33\sqrt{f'_c} = 1{,}807\ MPa$

Kiểm tra: ϕv_n = 1,35 MPa > $v_{u,max}$ = 1,30 MPa nên sàn đảm bảo khả năng chịu cắt tại tiết diện tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead.

d) Thiết kế shearhead:

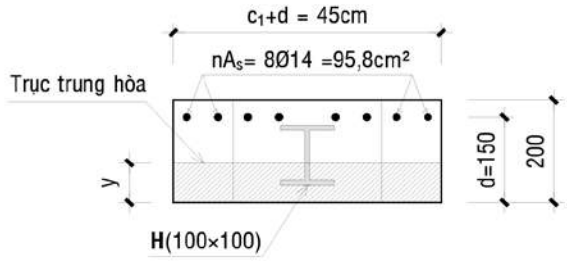
Chọn thép hình chữ H số hiệu H100 có các đặc trưng hình học của tiết diện cho trong Bảng 2:

Bảng 2. Thông số hình học của thép hình H100

H100	t_1(mm)	t_2(mm)	r (mm)	A(cm²)	I_x(cm⁴)	I_y (cm⁴)	W_x(cm³)	W_y(cm³)
	6	8	10	21,9	383	134	77	27
A	diện tích mặt cắt ngang của H100							
I_x, I_y	mô men quán tính của tiết diện lấy đối với trục x, y							
W_x, W_y	mô men kháng uốn của tiết diện lấy đối với trục x, y							

Với giá trị mô men âm tại vị trí cột, tính toán được cốt thép dọc là φ14a100 (tính toán cốt thép dọc theo ACI 318-14 [18])

Xác định tỷ số độ cứng của shearhead:



Hình 7. Tiết diện tính toán ảnh hưởng độ cứng của thép hình H

Tiết diện của cốt thép quy đổi sang bê tông:

+ Tỉ số: $n = E_s/E_c = 7{,}78$

+ Cốt thép sàn: nA_s = 95,8 cm²

+ Thép shearhead H: nA = 170,4 cm²

Xác định vị trí trục trung hòa (không tính phần bê tông chịu kéo như Hình 7)

$$y = \frac{95{,}8\cdot 15 + 170{,}4\cdot 8{,}5 + 45\cdot y^2/2}{95{,}8 + 170{,}4 + 45y} = \frac{2885{,}4 + 22{,}5y^2}{266{,}2 + 45y} \Rightarrow y = 6{,}9\ cm$$

Mô men quán tính của tiết diện có vết nứt: I_c = 12032,3 cm⁴

Độ cứng của dải bản sàn tính toán: E_cI_c = 3,25.10⁹ daNcm²

Công thức (18) xác định tỉ số độ cứng: $\alpha_v = \frac{E_s I_s}{E_c I_c} = 0{,}247 > 0{,}15$

Xác định mô men dẻo với giá trị α_v = 0,247 theo công thức (19):

$$M_p = \frac{V_u}{2\Phi\eta}\left[h_v + \alpha_v\left(l_v - \frac{c}{2}\right)\right] = 12{,}7 kNm$$

Kiểm tra khả năng chịu mô men của thép shearhead tại vị trí mặt cột.

$M_{sp} = W_x . f_y$ = 16,94kNm > Mp = 12,7kNm

e) Tính toán đường hàn:

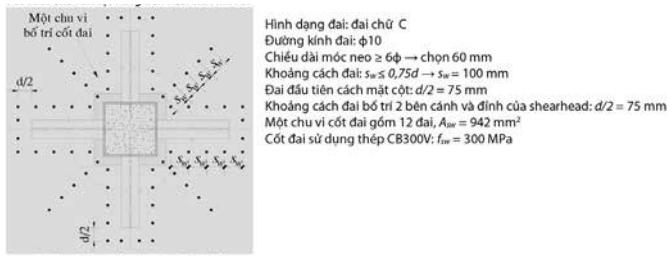
Nội lực để tính toán đường hàn shearhead vào bề mặt ống thép gồm mô men dẻo M_{sp} = 12,7 kNm và lực cắt $V = V_u/4$ = 115kN. Tính toán đường hàn được thực hiện theo các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành.

Qua tính toán ở trên cho thấy, với sự có mặt của shearhead đã làm tăng khả năng chịu cắt của sàn tại tiết diện tới hạn cách mặt cột *d/2* đây là vị trí xảy ra phá hoại đầu tiên trong sàn bê tông cốt thép. Khi shearhead đảm bảo độ cứng thì khả năng chịu cắt của sàn được duy trì dọc theo chiều dài của shearhead lúc đó mặt phá hoại cắt sẽ được chuyển ra xa so với mặt cột, giúp tăng khả năng chịu cắt cho sàn.

4.2. Trường hợp sàn có gia cường cốt đai tại vùng liên kết

Xét hệ sàn như Hình 5, với các thông số đầu vào tương tự như đã cho ở mục 4.1 Bằng cách thay đổi giá trị tải trọng và cách sắp xếp hoạt tải trên sàn, thực hiện phân tích được kết quả nội lực tại vị trí liên kết cột sàn như sau: V_u = 640 kN; $M_{y,tr}$ = -273 kNm; $M_{y,ph}$ = -255 kNm; $M_{y,tr}$ - $M_{y,ph}$ = 18 kNm, M_x = -247 kNm. Sử dụng giải pháp gia cường cốt đai cho sàn, kiểm tra khả năng chịu cắt của sàn trên các tiết diện tới hạn.

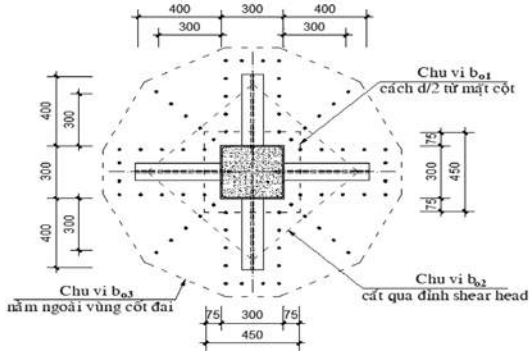
a) Bố trí cốt đai cho sàn tại vùng liên kết như Hình 8:



Hình 8. Bố trí cốt đai vùng liên kết

b) Kiểm tra khả năng chịu cắt của bê tông sàn tại tiết diện cách d/2 từ mặt cột:

Nội lực gồm mô men không cân bằng M_u = 18 kNm và lực cắt V_u = 640 kN



Hình 9. Xác định tiết diện tới hạn cho sàn

Từ Hình 9 tính: $l_{x1} = c_x + d = 450\ mm;\ l_{y1} = c_y + d = 450\ mm;\ b_{o1} = 1800\ mm$

Công thức (12): $A_c = b_o d = 2\left(l_{x1} + l_{y1}\right)d = 27\cdot 10^4\ mm^2$

Công thức (14): $J_y = d\left[\frac{l_{x1}^3}{6} + \frac{l_{y1}l_{x1}^2}{2}\right] + \frac{l_{x1}d^3}{6} = 9{,}37\cdot 10^9\ mm^4$

Công thức (9): $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{l_{x1}}{l_{y1}}}} = 0{,}4$

Công thức (2): $v_{u,max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vy} M_{uy} x}{J_y} = 2{,}54\ MPa$

Công thức (5): $v_n = \left(0,58\sqrt{f_c'} + \frac{A_{sw}.f_{yw}}{b_{01}d}\right) = 4,23\ MPa$

Kiểm tra: ϕv_n = 3,17 *MPa* > $v_{u,max}$ = 2,54 *MPa,* sàn không bị phá hoại cắt tại tiết diện tới hạn cách mặt cột *d/2*

c) Kiểm tra ứng suất cắt của sàn tại tiết diện tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead:

Chọn shearhead với tỷ số độ cứng $\alpha_v \geq 0,15$, chiều dài đoạn shearhead từ mặt cột l_v = 400 mm.

Từ Hình 9 tính: $l_x = c_x + 2\left(\frac{3}{4}l_v\right) = 900\ mm\ ;\ l_y = c_y + 2\left(\frac{3}{4}l_v\right) = 900\ mm$

Công thức (15): $A_c = d\sum l_i = 38,16\cdot 10^4\ mm^2$

Công thức (17): $J_y = d\sum\left[\frac{l}{3}\left(x_i^2 + x_i x_j + x_j^2\right)\right] = 2,58\cdot 10^{10}\ mm^4$

Công thức (11): $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{l_x}{l_y}}} = 0,4$

Công thức (2): $v_{u,max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vy}.M_{uy}x}{J_y} = 1,80\ MPa$

Công thức (6): $v_n = \left(0,33\sqrt{f_c'} + \frac{A_{sw}.f_{yw}}{b_{01}d}\right) = 2,85\ MPa$

Kiểm tra: ϕv_n = 2,14 *MPa* > $v_{u,max}$ = 1,80 *MPa*. Sàn đủ khả năng chịu cắt tại tiết diện tới hạn cách mặt cột 3/4 chiều dài shearhead

d) Kiểm tra ứng suất cắt của sàn tại tiết diện tới hạn nằm ngoài vùng bố trí cốt đai

Từ Hình 9 tính: $l_x = l_y = c_x + 2l_v + 2d = 1400\ mm\ ;\ b_o = 4384\ mm$

Công thức (15): $A_c = d\sum l_i = 65,76\cdot 10^4\ mm^2$

Công thức (17): $J_y = d\sum\left[\frac{l}{3}\left(x_i^2 + x_i x_j + x_j^2\right)\right] = 15,7\cdot 10^{10}\ mm^4$

Công thức (11): $\gamma_{vy} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{l_x}{l_y}}} = 0,4$

Công thức (2): $v_{u,max} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{vy}M_{uy}x}{J_y} = 1,01\ MPa$

Công thức (7): $v_n = 0,33\sqrt{f_c'} = 1,807 MPa$

Kiểm tra: ϕv_n = 1,35 MPa > $v_{u,max}$ =1,01 MPa.

Như vậy, với trường hợp bố trí cốt đai gia cường cho sàn giúp khả năng chịu cắt của sàn tăng đáng kể (lực cắt tăng khoảng 39% và mô men không cân bằng tăng 21% so với trường hợp sàn không bố trí cốt đai). Điều này cho phép giảm chiều dài của shearhead và dễ dàng điều khiển khả năng chịu cắt của sàn BTCT tại vùng liên kết.

5. KẾT LUẬN

Hệ kết cấu kết hợp cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng BTCT sẽ là giải pháp kết cấu mới và hiệu quả cho nhà cao tầng. Trong bài báo này đã phân tích lựa chọn giải pháp cấu tạo cho liên kết cột CFST với sàn phẳng BTCT gồm bố trí shearhead dạng thép hình chữ H, tấm thép đệm bên dưới shearhead và bố trí cốt đai gia cường cho sàn tại vùng liên kết. Giải pháp tính toán liên kết tham khảo tiêu chuẩn ACI 318-14 được xét cho liên kết khi chịu mô men không cân bằng được trình bày nhằm cung cấp chỉ dẫn tính toán để thiết kế liên kết. Qua tính toán cho thấy với độ cứng của shearhead đảm bảo ($\alpha_v \geq 0,15$) thì sự có mặt của shearhead sẽ làm tăng khả năng chịu cắt của sàn tại các tiết diện tới hạn dọc theo chiều dài của shearhead. Lúc đó mặt phá hoại cắt sẽ được chuyển ra xa so với mặt cột, giúp tăng khả năng chịu cắt cho sàn. Bên cạnh đó với trường hợp bố trí cốt đai gia cường cho sàn giúp tăng khả năng chịu cắt của sàn lên đáng kể và cho phép giảm chiều dài của shearhead so với trường hợp không bố trí cốt đai cho sàn. Với những tính toán này tác giả sẽ tiếp tục thực hiện nghiên cứu thực nghiệm trên các mẫu lớn để đánh giá sự hiệu quả của việc gia cường cốt đai cho sàn cũng như hiểu rõ hơn ứng xử thực tế của sàn tại vị trí liên kết khi chịu tác dụng đồng thời của mô men không cân bằng và lực cắt.

Lời cảm ơn: Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Miền Trung cho đề tài " Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của sàn phẳng tại liên kết với cột ống thép nhồi bê tông khi sàn chịu mô men không cân bằng", mã số đề tài GV.006.22.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hiroki Satoh and Kazushi Shimazaki (2004), "Experimental research on load resistance performance of CFT column/flat plate connection," 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.

[2]. Cheol-Ho Lee, Jin-Won Kim, and Jin-Gyu Song (2008), "Punching shear strength and post-punching behavior of CFT column to RC flat plate connections," Journal of Constructional Steel Research, 64:418-428.

[3]. M.A. Eder, R.L. Vollum, and A.Y. Elghazouli (2011), "Inelastic behaviour of tubular column-to-flat slab connections," Journal of Constructional Steel Research, 67:1164-1173.

[4]. Jin-Won Kim, Cheol-Ho Lee, and Thomas H. K. Kang (2014), "Shearhead Reinforcement for Concrete Slab to Concrete- Filled Tube Column Connections," ACI Structural Journal, 111:629-638.

[5]. D.V. Bompa and A.Y. Elghazouli (2016), "Structural performance of RC flat slabs connected to steel columns with shear heads," Engineering Structures, 117:161-183.

[6]. P.Y.Yan and Y.C.Wang (2016), "Hybrid steel tubular column/flat slab construction Development of a shearhead system to improve punching shear resistance," Journal of Constructional Steel Research, 119:154-168.

[7]. Dao Ngoc the Luc, Truong Quang Hai, Truong Hoai Chinh, and Dao Ngoc The Vinh (2019), "Connection of Reinforced Concrete Flat Slab and Concrete Filled Steel Tube Column: Proposed Structures, Experiment, Simulation and an Analytical Prediction Model for Shear Strength," International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 9:779-786.

[8]. Y. Su and Y. Tian (2009), "Experimental study of RC slab-CFT column connections under seismic deformations," Challenges, Opportunities and Solutions in Structural Engineering and Construction. Taylor & Francis Group, London, 315-320.

[9]. Đinh Thị Như Thảo (2019), "Ứng xử kháng chọc thủng của liên kết cột ống thép nhồi bê tông với sàn phẳng bê tông cốt thép," Luận án Tiến sĩ, Đại học Đà Nẵng.

[10]. Lưu Thanh Bình, Ngô Hữu Cường, Takayuki Namba, Kei Nakagawa, Koji Oki, and Nguyễn Minh Long (202), "Khảo sát thực nghiệm ứng xử chọc thủng của liên kết sàn bê tông ứng suất trước - cột CFT sử dụng chi tiết liên kết dạng bản,"Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, ĐHXDHN, 16(2V):14-29.

[11]. J. L. Yu and Y. Wang (2018), "Punching Shear Behavior and Design of an Innovative Connection from Steel Tubular Column to Flat Concrete Slab," Journal of Structural Engineering (United States), 144(9):1-13.

[12]. Y. Wang and J. Yu (2020), "Punching shear behaviour of an innovative connection between steel tubular column to flat concrete slab," ce/papers, 1:721-728.

[13]. ACI 318-14 (2014), Building code requirements for structural concrete and commentary. American Concrete Institute.

[14]. Eurocode 2 (2004), Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.

[15]. TCVN 5574-2018, Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[16]. Trương Quang Hải (2021), "Nghiên cứu ứng xử liên kết sàn bê tông cốt thép với cột ống thép nhồi bê tông," Luận án Tiến sĩ, Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng.

[17]. R. B. Gayed; and A. Ghali (2008), "Seismic design of concrete slabs for punching shear: a critical review of Canadian standard CSA A23.3-04," Canadian Journal of Civil Engineering, 35:588-599.

[18]. Nguyễn Trung Hòa (2023), Kết cấu bê tông cốt thép theo quy phạm Hoa Kỳ. NXB Xây dựng.

■Ngày nhận bài: 25/3/2025 ■Ngày sửa bài: 11/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2025

Nghiên cứu sức chịu tải của đất nền tựa cọc theo TCVN 10304:2014

A study of bearing capacity of the equivalent foundation of a pile foundation according to TCVN 10304:2014

> NGUYỄN BẢO VIỆT*, PHAN TRỌNG KHANH
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
*Email: vietnb@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu sự tương quan giữa sức chịu tải của cọc theo đất nền và sức chịu tải của đất nền tựa cọc trong thiết kế móng cọc theo TCVN 10304:2014. Nghiên cứu sử dụng phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các chỉ tiêu cơ lý của đất, phương pháp thống kê. Hệ số tương quan *RF*, được định nghĩa là tỷ số giữa sức chịu tải tính toán của nền đất tựa cọc và tải trọng lớn nhất tác dụng lên nền trong đó tải trọng của công trình được lấy bằng tổng sức chịu tải của các cọc trong móng. Các phân tích giá trị *RF* đã được thực hiện trên mười loại đất nền điển hình với các yếu tố ảnh hưởng là chiều dài cọc và số lượng cọc. Kết quả cho thấy *RF* luôn lớn hơn 1,0, với giá trị nhỏ nhất là 2,5 đối với sét dẻo mềm, và tăng khi đất nền tốt hơn hoặc chiều dài cọc tăng. Nghiên cứu chỉ ra rằng trong thiết kế móng cọc: chỉ cần kiểm tra điều kiện sức chịu tải của cọc đối với các trường hợp thông thường khi đất nền tựa cọc tốt hơn hoặc tương tự với các lớp đất bên trên.

Từ khóa: Sức chịu tải của cọc; sức chịu tải của đất nền tựa cọc; hệ số tương quan *RF*.

ABSTRACT

This paper investigates the correlation between geotechnical bearing capacity of piles based on soil properties and the bearing capacity of the equivalent foundation according to TCVN 10304:2014. The study employs a statistical method to calculate geotechnical pile bearing capacity based on the status of soils. The correlation coefficient *RF*, defined as the ratio of the bearing capacity of the equivalent foundation and the maximum applied load, where the load of super structure is taken as the sum of the bearing capacities of the piles in the foundation, is analyzed. The *RF* values are evaluated across ten typical soils with influencing factors including pile length and number of piles. Results show that *RF* is always greater than 1.0, with a minimum value of 2.5 for soft clay, and increases with harder soils or longer pile lengths. The study indicates that, in pile foundation design, checking the geotechnical bearing capacity of piles is sufficient for most cases, where the soil at the end point of pile is better or equivalent to the above soils.

Keywords: Geotechnical bearing capacity of pile; bearing capacity of the equivalent foundation; correlation coefficient *RF*.

1. GIỚI THIỆU

Móng cọc với ưu điểm nổi bật là khả năng chịu tải lớn, độ biến dạng nhỏ nên được sử dụng rất rộng rãi trong các công trình xây dựng đặc biệt là các công trình có tải trọng lớn, tầm quan trọng cao. Để đảm bảo an toàn cho công trình, móng cọc cần được tính toán, thiết kế tuân theo các tiêu chuẩn áp dụng. Đối với nhà và công trình, TCVN 10304:2014 là tiêu chuẩn quốc gia về thiết kế móng cọc. Tiêu chuẩn này yêu cầu tính toán theo phương pháp luận trạng thái giới hạn (TTGH) với nhóm TTGH1 gồm: Theo cường độ vật liệu cọc và đài cọc; Theo sức kháng của đất đối với cọc (sức chịu tải của cọc theo đất nền); Theo sức chịu tải của đất nền tựa cọc; Theo trạng thái mất ổn định của nền chứa cọc và nhóm TTGH2 gồm: Theo độ lún nền tựa cọc và móng cọc; Theo chuyển vị ngang và xoay; Theo biến dạng của cọc và đài cọc.

Theo quy định trên thì việc thiết kế móng cọc liên quan tới của nền đất bao gồm hai nội dung chính là: Tính toán sức chịu tải của cọc theo đất nền theo TCVN 10304:2014 và tính toán sức chịu tải của đất nền tựa cọc theo TCVN 9362:2012. Hai nội dung này áp dụng cho hai đối tượng khác nhau. Tuy nhiên, với nguyên lý mũi cọc cần được đặt trên nền đất tốt thì liệu chúng có quan hệ gì với nhau không. Đây là vấn đề thực hành trong thiết kế nên từ trước đến này, hầu như không có các nghiên cứu về sự tương quan giữa chúng.

Bài báo này nghiên cứu về sự tương quan giữa sức chịu tải của cọc theo đất nền và sức chịu tải của đất nền tựa cọc. Nghiên cứu tập trung vào làm rõ thêm một số yếu tố ảnh hưởng của cả đất nền và cọc đến hệ số tương quan này bao gồm chiều dài cọc, số lượng cọc, mười loại nền đất điển hình bao gồm các tất cả các loại cát, cát pha, sét pha, sét ở các trạng thái khác nhau.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC VÀ CỦA ĐẤT NỀN TỰA CỌC

2.1. Xác định sức chịu tải của cọc đơn

Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10304:2014, sức chịu tải của cọc có thể được xác định thông qua các phương pháp khác nhau, bao gồm: (1) phương pháp tính toán dựa trên các chỉ tiêu cơ lý của đất và đá, và (2) phương pháp đánh giá dựa trên kết quả các thí nghiệm hiện trường như thử tải tĩnh, thử tải động, xuyên tĩnh (CPT), và xuyên tiêu chuẩn (SPT) và một số phương pháp khác. Trong số đó, phương pháp xác định sức chịu tải của cọc dựa trên các chỉ tiêu cơ lý của đất và đá được đánh giá là có độ tin cậy cao với số liệu tính toán được xác lập từ các đặc trưng vật lý của đất nền. Hơn nữa, việc đánh giá tương quan sức chịu tải của cọc và sức chịu tải của nền đất tựa cọc đối với các loại đất nền sẽ phù hợp hơn khi việc phân loại đất cũng dựa trên các chỉ tiêu vật lý của đất.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này lựa chọn phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các chỉ tiêu cơ lý của đất và đá, hay còn gọi là phương pháp thống kê, làm cơ sở để phân tích và đánh giá khả năng chịu tải của cọc.

Sức chịu tải nén cực hạn của cọc đơn $R_{c,u}$ theo phương pháp thống kế được tính bằng công thức sau:

$$R_{c,u} = \gamma_c\left(\gamma_{cf}.u_p.\sum \tau_{fi}.l_i + \gamma_{cq}.q_b.A_p\right) \quad (1)$$

Trong đó: γ_c là hệ số làm việc của cọc trong đất lấy bằng 1;

γ_{cf} là hệ số làm việc của đất trên thân cọc, với cọc đóng $\gamma_{cf} = 1$;

γ_{cq} là hệ số làm việc của đất dưới mũi cọc, với cọc đóng $\gamma_{cq} = 1$;

u_p là chu vi mặt cắt ngang của thân cọc;

A_p là diện tích mặt cắt ngang của cọc tại mũi;

τ_{fi} là cường độ sức kháng của đất trên thân cọc, Bảng 3 TCVN 10304:2014;

q_b là cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc, Bảng 2 TCVN 10304:2014;

Sức chịu tải nén tính toán của cọc đơn $R_{c,d}$ trong TCVN 10304:2014 được xác định bằng công thức sau:

$$R_{c,d} = \frac{\text{Rc,k}}{\gamma_k} \quad (2)$$

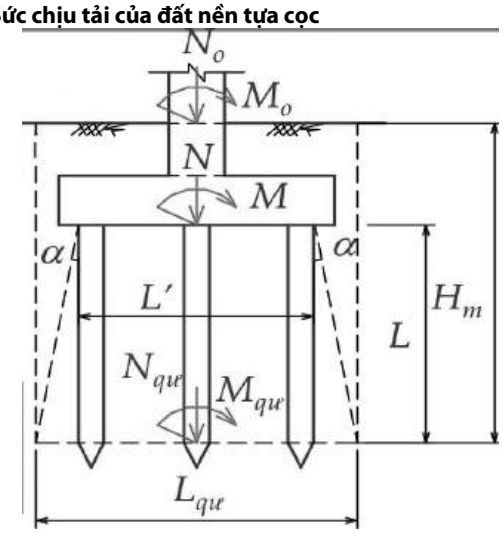
Trong đó: $R_{c,k}$ là sức chịu tải nén tiêu chuẩn của cọc đơn được xác định dựa trên sức chịu tải nén cực hạn $R_{c,u}$ theo quy ước sau:

Trong cùng khu vực có địa chất tương đồng, nếu số lượng giá trị $R_{c,u}$ có thể xác định được từ 6 trở lên thì $R_{c,k}$ lấy bằng giá trị trung bình của các giá trị $R_{c,u}$. Trong trường hợp có ít hơn 6 thì $R_{c,k}$ lấy bằng giá trị nhỏ nhất của của các giá trị $R_{c,u}$;

γ_k là hệ số tin cậy theo đất có giá trị từ 1,4 đến 1,75 phụ thuộc vào phương pháp xác định, số lượng cọc trong đài cọc.

Trong bài báo này, thiên về phía cọc có thể chịu nhiều tải trọng hơn, tải trọng tác dụng lên đất nền tựa cọc lớn hơn, giá trị $\gamma_k = 1{,}4$.

2.2. Sức chịu tải của đất nền tựa cọc



Hình 1. Móng khối quy ước

Sức chịu tải của đất nền tựa cọc được TCVN 10304:2014 lấy theo TCVN 9362:2012. Theo đó, sức chịu tải của đất nền tựa cọc là sức chịu tải của một móng đơn với các kích thước đáy móng quy ước L_{qu}, B_{qu} và độ sâu đặt móng là H_m. Việc xác định các kích thước móng khối quy ước theo TCVN 10304:2014 có thể thực hiện bằng một số phương pháp. Như trên đã nói, thiên về hướng áp lực tác dụng lên nền tựa cọc lớn hơn, kích thước đáy móng nhỏ hơn, khối móng quy ước được xác định theo phương pháp như trong Hình 1.

Trong đó góc mở α được xác định dựa trên φ_I là góc ma sát trong của lớp đất thứ *i* mà cọc đi qua như sau:

$$\alpha = \frac{\varphi_{tb}}{4} \qquad \varphi_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i.l_i}{L} \quad (3)$$

Trong trường hợp nền đồng nhất, $\varphi_{tb} = \varphi$.

Sức chịu tải của đất nền tựa cọc không phải đá cứng, Φ, được xác định theo phương pháp khối móng quy ước tuân theo TCVN 9362:2012. Do ở độ sâu lớn, các ảnh hưởng của mô-men lực cắt không có, móng khối quy ước chỉ chịu tải trọng thẳng đứng đúng tâm, nên Φ được xác định theo công thức sau:

$$\emptyset = L_{qu}.B_{qu}.\left(A_I.B_{qu}.\gamma_I + B_I.H_m.\gamma'_I + D_I.c_I\right) \quad (4)$$

trong đó: L_{qu}, B_{qu} lần lượt là chiều dài và bề rộng của móng khối quy ước;

A_I, B_I và D_I là các hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào góc ma sát trong φ_I của đất nền tựa cọc, góc nghiêng của tải trọng và hình dạng móng khối quy ước.

γ_I, γ'_I là các giá trị tính toán trọng lượng thể tích của đất trong phạm vi khối lăng trụ ở phía dưới và phía trên đáy móng khối quy ước.

c_I là giá trị tính toán lực dính đơn vị của đất nền tựa cọc;

H_m là chiều sâu đặt móng khối quy ước.

2.3. Hệ số quan hệ *RF*

Nhằm phân tích mối quan hệ giữa sức chịu tải của các cọc theo đất nền và sức chịu tải của nền đất tựa cọc của một móng cọc, nghiên cứu này đề xuất một hệ số quan hệ *RF*, được định nghĩa là tỷ số giữa sức chịu tải tính toán của nền đất tựa cọc và tải trọng lớn nhất tác dụng lên nền đất này. Trong đó, tải trọng lớn nhất tác dụng lên nền đất tựa cọc được xác định trong điều kiện tải trọng từ công trình truyền xuống đạt giá trị cực đại, tức bằng với tổng của sức chịu tải giới hạn của các cọc trong móng và tải trọng bản thân của móng khối quy ước.

Với giả thiết, tải trọng ngang tác dụng ở chân cột do đất xung quanh đài móng tiếp nhận, cọc không chịu tải trọng ngang, tải trọng thẳng đứng tác dụng đúng tâm móng khối quy ước, hệ số *RF* được xác định theo biểu thức sau:

$$RF = \frac{\Phi/k_{tc}}{F_{max}} \quad (5)$$

Trong đó: Φ là sức chịu tải của đất nền tựa cọc theo TCVN 9362:2012;

k_{tc} = 1,2 là hệ số độ tin cậy của đất nền tựa cọc theo TCVN 9362:2012;

F_{max} là tải trọng lớn nhất tác dụng lên nền đất tựa cọc:

$F_{max} = G_{đất} + G_{cọc} + G_{đài} + F_{ct,max}$

$G_{đất}$ là trọng lượng đất trong móng khối quy ước từ đáy đài trở xuống:

$$G_{đất} = \gamma.L.\left(A_{qu} - n.A_c\right)$$

$G_{cọc}$ là trọng lượng của tất cả các cọc trong móng;

$G_{cọc} = n.\gamma_{BT}.L.A_c$

$G_{đài}$ là trọng lượng phần móng khối quý ước từ đáy đài trở lên:

$G_{đài} = \gamma_{hm}.h_m.A_{qu}$

$F_{ct,max}$ là tải trọng lớn nhất từ công trình có thể truyền xuống qua các cọc:

$F_{ct,max} = n.R_{c,d}$

Trong đó:

L là chiều dài cọc.

A_{qu} là diện tích đáy móng khối quy ước;

A_c là diện tích mặt cắt ngang của một cọc đơn;

n là số lượng cọc trong một đài cọc;

γ là trọng lượng thể tích trung bình tính theo trọng số của đất trong phạm vi từ dưới đáy đài đến đáy móng khối quy ước;

γ_{BT} là trọng lượng riêng của bê tông cốt thép;

$\gamma_{hm} = 20$ kN/m^3;

h_m là chiều sâu đặt đài;

$R_{c,d}$ là sức chịu tải tính toán của một cọc đơn.

Với định nghĩa trên, nếu giá trị của hệ số $RF \geq 1$, móng cọc thỏa mãn điều kiện về sức chịu tải của cọc theo đất nền thì sẽ thỏa mãn điều kiện về sức chịu tải của nền đất tựa cọc. Điều này có nghĩa là việc thiết kế chỉ cần tính toán, kiểm tra điều kiện sức chịu tải của cọc theo đất nền thay vì phải tính toán kiểm tra cả hai trường hợp (*i*) sức chịu tải của cọc theo đất nền và (*ii*) sức chịu tải của nền đất tựa cọc.

3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ NHẬN XÉT

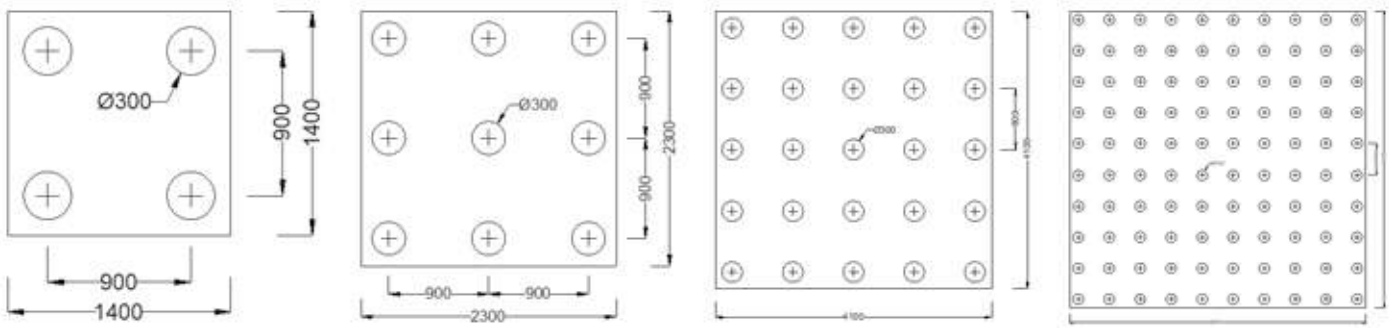
3.1. Địa chất sử dụng trong nghiên cứu

Trong bài báo này, hệ số tương quan *RF* được nghiên cứu với nền đất đồng nhất của một số loại đất điển hình. Trong thực hành thiết kế, cọc thường được thiết kế với mũi đặt trên lớp đất tốt phía dưới. Do đó, nếu các lớp bên trên đồng nhất với lớp đất đặt mũi cọc (nền đồng nhất), sức chịu tải của cọc sẽ lớn hơn trường hợp nền có các lớp đất yếu bên trên. Khi sức chịu tải của cọc tăng, theo định nghĩa của công thức (5), hệ số *RF* giảm. Điều này có nghĩa là giả thiết nền đồng nhất sẽ làm cho giá trị *RF* giảm.

Các đặc trưng cơ lý của đất nền điển hình được lựa chọn từ phụ lục B (TCVN 9362:2012). Giá trị cận dưới của chỉ số sệt trong phụ lục B được chọn theo hướng tăng sức chịu tải của cọc để *RF* đạt giá trị nhỏ nhất. Trọng lượng riêng thể tích của các loại đất được giả định có giá trị bằng 18 kN/m^3. Đây là giá trị trung bình điển hình thường gặp của các loại đất.

Bảng 1. Các đặc trưng cơ lý của các loại đất nghiên cứu

STT	Loại đất	Chỉ số sệt	Hệ số rỗng	Lực dính (kPa)	Modun biến dạng (MPa)	Góc ma sát trong (độ)
1	Sét dẻo mềm	0,50	1,05	29	7	7
2	Sét dẻo cứng	0,25	1,05	32	11	9
3	Á sét dẻo mềm	0,50	1,05	12	12	6
4	Á sét dẻo cứng	0,25	0,95	15	17	8
5	Á cát dẻo cứng	0,25	0,75	8	21	11
6	Á cát nửa cứng	0,0	0,65	8	27	16
7	Cát bụi		0,75	2	26	11
8	Cát mịn		0,65	2	32	28
9	Cát thô vừa		0,55	2	35	40
10	Cát thô		0,55	1	40	40



Hình 2. Mặt bằng bố trí cọc trong đài

3.2. Các thông số nghiên cứu

Tiến hành nghiên cứu một móng cọc sử dụng cọc tròn đường kính $D = 300$mm, đầu cọc nằm ở cốt -1,0m so với mặt đất tự nhiên. Cọc được bố trí theo lưới ô vuông với khoảng cách từ tim đến tim là $3D = 900$mm. Đài cọc được thiết kế đủ rộng để bao phủ hết các cọc trong đài với khoảng cách từ mép cọc ngoài cùng cách mép đài 250mm (xem hình 2).

Hệ số quan hệ *RF* đối với móng cọc trên một số loại nền đất đặc trưng, mô tả trong mục 3.1, với các yếu tố sau sẽ được nghiên cứu:

a) Chiều dài cọc (6 trường hợp): *L = 15m; 18m; 21m; 27m và 30m;*

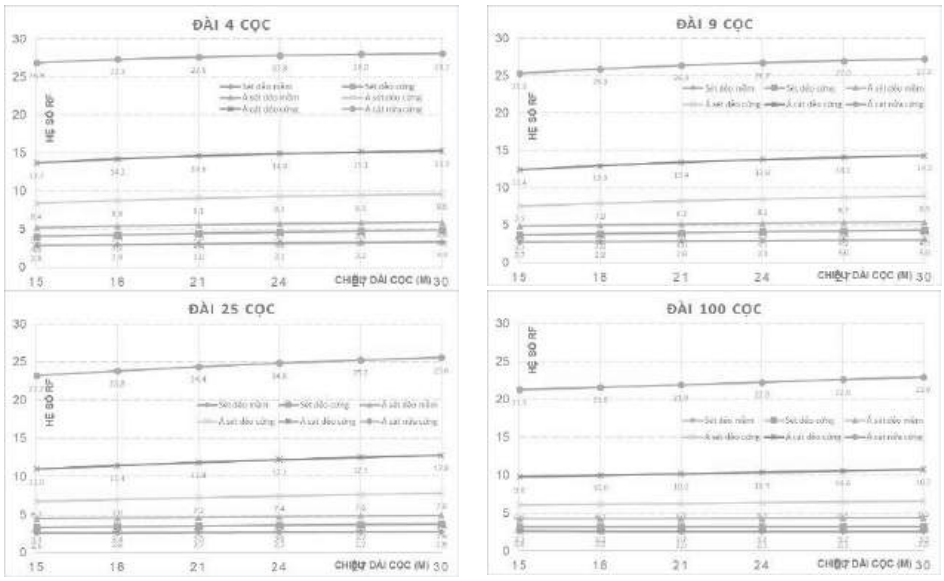
b) Số lượng cọc trong móng (4 trường hợp): *n = 4; 9; 25; 10;*

3.3. Kết quả tính toán và nhận xét

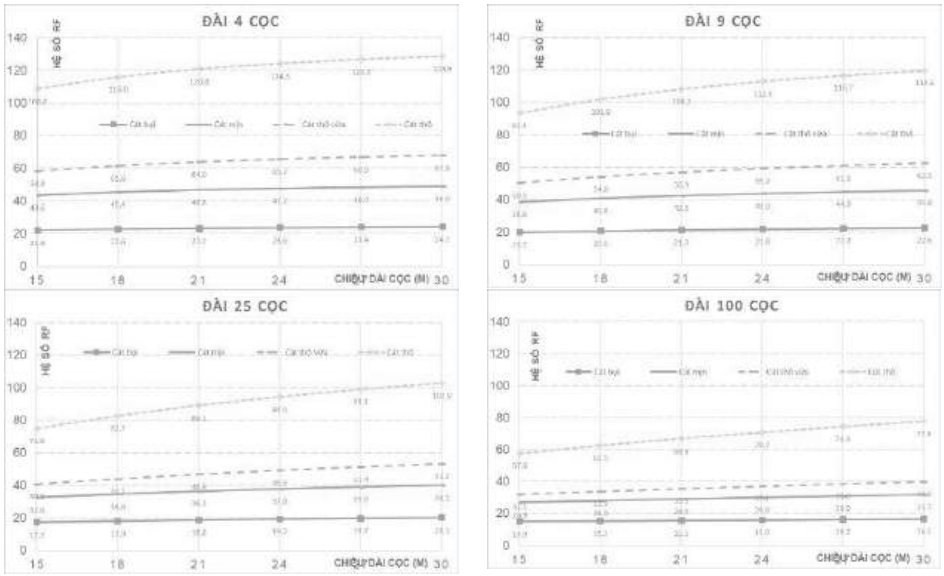
Hình 3 thể hiện hệ số quan hệ *RF* đối với một số loại đất dính điển hình. Trong tất cả các trường hợp nghiên cứu, không phụ thuộc vào số lượng cọc và chiều dài cọc, *RF* có giá trị nhỏ nhất là 2,5 đối với nền đất là sét dẻo mềm. Hệ số *RF* lớn hơn khi đất nền tốt hơn, lần lượt theo thứ tự từ sét dẻo mềm, sét dẻo cứng, á sét dẻo mềm, á sét dẻo cứng, á cát dẻo cứng và đạt giá trị tới 28,1 đối với á cát nửa cứng.

Trong hầu hết tất cả các trường hợp nghiên cứu, giá trị *RF* tỷ lệ thuận với chiều dài cọc. Khi chiều dài cọc tăng từ 15m lên 30m, độ tăng của *RF* có thể lên tới 20%. Tuy nhiên, duy nhất, khi đất nền là sét dẻo mềm, hệ số *RF* gần như không thay đổi với độ biến thiên khoảng 1%.

Ảnh hưởng về kích thước móng cọc được nghiên cứu cho bốn loại móng với số lượng cọc là 4, 9, 25, 100. Khi số lượng cọc tăng lên, móng có kích thước lớn hơn, hệ số *RF* giảm đi. Tùy theo từng loại đất, chiều dài cọc, độ giảm này thay đổi từ 3 % ~ 33 %.



Hình 3. Hệ số tương quan RF đối với đất dính



Hình 4. Hệ số tương quan RF đối với đất rời

Hình 4 thể hiện hệ số quan hệ *RF* của một số loại đất cát điển hình. Hệ số *RF* của những nền đất cát này có giá trị rất lớn, giá trị nhỏ nhất cũng là 15. Tương tự như nền đất dính, nền đất cát có giá trị *RF* lớn hơn khi đất nền tốt hơn (hạt to hơn) và/hoặc chiều dài cọc lớn hơn và/ hoặc số lượng cọc ít hơn.

Trong tất cả các trường hợp nghiên cứu, hệ số $RF \geq 1,0$, giá trị nhỏ nhất là 2,5. Như đã đề cập trong mục 2.3, 3.1, kết quả nghiên cứu này chỉ ra rằng trong thiết kế móng cọc, sức chịu tải của cọc theo đất nền là điều kiện duy nhất cần kiểm tra, tính toán đối với các loại đất nền điển hình khi nền đất tựa cọc là lớp đất tốt hơn hoặc tương tự các lớp đất bên trên. Việc tính toán sức chịu tải của nền đất tựa cọc chỉ cần thiết khi mũi cọc đặt trên lớp đất yếu hơn các lớp đất bên trên, điều không thể chấp nhận trong thiết kế cả về mặt lý thuyết và thực hành.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ mối tương quan giữa sức chịu tải của cọc theo đất nền và sức chịu tải của đất nền tựa cọc thông qua hệ số *RF*. Kết quả cho thấy khi nền đất tựa cọc tốt hơn hoặc tương tự các lớp trên, lựa chọn tất yếu của các thiết kế cọc, hệ số *RF* luôn lớn hơn 1,0, giá trị nhỏ nhất là 2,5. Điều này khẳng định rằng việc kiểm tra sức chịu tải của đất nền tựa cọc là không cần thiết khi điều kiện sức chịu tải của cọc đã được thỏa mãn. Áp dụng kết quả nghiên cứu này có thể giúp giảm đáng kể khối lượng tính toán trong quy trình thiết kế móng cọc thông thường. Các yếu tố như chiều dài cọc, số lượng cọc và loại đất nền là các yếu tố ảnh hưởng đến *RF*, trong đó *RF* tăng khi đất nền tốt hơn, cọc dài hơn và giảm khi kích thước móng cọc lớn hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO.

[1]. TCVN 10304:2014, "Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế".
[2]. TCVN 9362:2012, "Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình".

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2025

Ảnh hưởng của kích thước biên và khoảng cách giữa hai đường hầm đến nội lực công trình ngầm chịu động đất bằng phương pháp ISGD

Influence of boundary size and Distance between two tunnels on the Internal forces of Tunnel structures under Earthquake effects using the ISGD method

> CAO CHU QUANG[1], ĐINH VIẾT THANH[1], VŨ NGỌC ANH[1], LÊ BẢO QUỐC[2]
[1]Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật quân sự
[2]Khoa Công trình, Trường Đại học Đồng Tháp

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán nội lực kết cấu công trình ngầm chịu tác động của động đất bằng mô hình áp đặt chuyển vị biên (ISGD - Imposed Seismic Ground Deformation). Nghiên cứu dựa trên hai phương pháp giải: Phương pháp giải tích với lời giải của Wang và Peizen&Wu và phương pháp phần tử hữu hạn (Plaxis 2D). Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của kích thước biên mô hình và khoảng cách giữa hai hầm song song đến nội lực kết cấu. Kết quả cho thấy nội lực của vỏ hầm phụ thuộc vào điều kiện địa chất, các điều kiện biên mô hình và khoảng cách giữa hai hầm. Từ đó, bài báo đưa ra các đánh giá về mức độ ảnh hưởng của từng tham số và khuyến nghị nhằm nâng cao khả năng chịu tải của công trình ngầm trước tác động của động đất.

Từ khóa: Động đất; biên mô hình; khoảng cách giữa hai hầm; ISGD; PTHH, Plaxis 2D.

ABSTRACT

The paper presents a method for calculating the internal forces of underground structures subjected to earthquake effects using the Imposed Seismic Ground Deformation (ISGD) model. The study is based on two solving methods: the analytical method with solutions from Wang and Peizen & Wu, and the finite element method (Plaxis 2D). The research focuses on evaluating the influence of model boundary size and the distance between two parallel tunnels on the internal forces of the structure. The results indicate that the internal forces of the tunnel lining depend on geological conditions, boundary conditions of the model, and the distance between the two tunnels. From this, the paper provides assessments of the impact level of each parameter and recommendations to enhance the load-bearing capacity of underground structures against earthquake effects.

Keywords: Earthquake; model boundary; distance between two tunnels; ISGD; FEM; Plaxis 2D.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, hệ thống tàu điện ngầm đã trở thành giải pháp giao thông quan trọng tại các đô thị đông dân cư trên thế giới, giúp khắc phục hiện tượng ùn tắc và nâng cao an toàn giao thông. Tại Hà Nội và TP.HCM, hệ thống công trình giao thông ngầm, đặc biệt là tàu điện ngầm, đang được quy hoạch và xây dựng mạnh mẽ. Hệ thống này không chỉ là phần thiết yếu của mạng lưới giao thông mà còn tham gia vào các mục đích khác như hạ tầng kỹ thuật và an ninh quốc phòng.

Tại Hà Nội, tàu điện ngầm được xây dựng trong vùng đồng bằng, nơi có đất yếu và nằm sâu khoảng 15-30m so với mặt đất. Đặc biệt, khu vực này nằm giữa hai đới đứt gãy lớn, có nguy cơ bị ảnh hưởng bởi các trận động đất với cường độ lên đến Mw = 6,5. Do đó, việc đánh giá tác động của động đất đến các công trình ngầm là rất cần thiết. Phân tích nội lực của công trình ngầm đô thị Hà Nội chịu tải trọng động đất theo phương pháp đặt biến dạng của nền đất vào biên (ISGD) không chỉ giúp thiết kế các công trình an toàn mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật cho lĩnh vực xây dựng.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Biến dạng của công trình ngầm khi chịu tác dụng động đất

Công trình ngầm đặt trong nền đất khi xảy ra động đất sẽ chịu tác động của sóng nén (sóng P), sóng cắt (sóng S). Các biến dạng hình ô van hoặc biến dạng ngang của kết cấu đường hầm có thể phát triển khi sóng truyền theo phương vuông góc hoặc gần vuông góc với trục đường hầm, dẫn đến biến dạng hình dạng mặt cắt ngang của vỏ hầm. Trong phạm vi của bài báo này chỉ nghiên cứu tác dụng của sóng cắt đối với công trình ngầm với phương tác dụng vuông góc với trục của công trình. Sóng cắt lan truyền trong môi trường đất vuông góc trục hầm gây biến dạng ô van cho hầm tròn.

2.2. Lời giải của Wang và Peizen tính toán cho kết cấu chống của công trình ngầm dưới tác dụng sóng địa chấn

Các tham số biến dạng trượt của công trình ngầm theo phương pháp Wang có xét đến tương tác kết cấu với môi trường:

Wang (1993) có thể coi là người đầu tiên đề xuất ra giải pháp tính toán cho kết cấu chống của công trình ngầm dưới tác dụng sóng địa chấn [1][2].

Để xác định độ cứng tương đối giữa vỏ hầm và môi trường xung quanh, Wang sử dụng hai tỉ số khi chịu nén C và khi chịu uốn F:

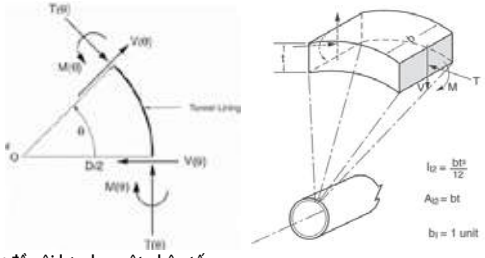
- Tỉ số chịu nén C được xác định qua công thức sau:

$$C = \frac{E_m\left(1-\nu_l^2\right)D}{2E_l t\left(1+\nu_m\right)\left(1-2\nu_m\right)} \quad (1)$$

- Tỉ số chịu uốn F được xác định qua công thức:

$$F = \frac{E_m\left(1-\nu_l^2\right)D^3}{48E_l I\left(1+\nu_m\right)} \quad (2)$$

Lời giải giải tích của Wang xác định được các phản lực của vỏ hầm như lực dọc vỏ hầm T_w, mô men uốn M_w và biến dạng của đường kính $\Delta D/D$ được xác định thông qua các hàm truyền ứng suất khi chịu nén và chịu uốn tương ứng với hai trường hợp sau:



Hình 1. Sơ đồ nội lực cho một phân tố

- Trong điều kiện có xét đến sự trượt của khối đất xung quanh công trình ngầm với kết cấu chống, Wang đã diễn tả đại lượng lực dọc (T_w) và mô men (M_w) theo các công thức sau [1]:

$$T_w = \frac{1}{12}K_1\frac{E_m}{(1+\nu_m)}D.\gamma_{max}\cos\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (3)$$

$$M_w = \frac{1}{24}K_1\frac{E_m}{(1+\nu_m)}D^2.\gamma_{max}\cos\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (4)$$

$$K_1 = \frac{12(1-\nu_m)}{2F+5-6\nu_m} \quad (5)$$

- Trong điều kiện không có sự trượt của khối đất xung quanh công trình ngầm, chỉ có lực trung bình được trình bày qua công thức của Wang (1993) [1]:

$$T_w = K_2\frac{E_m}{4(1+\nu_m)}.D\gamma_{max}\cos\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (6)$$

$$K_2 = 1+\frac{F\left[\left(1-2\nu_m\right)-\left(1-2\nu_m\right)C\right]-\frac{1}{2}\left(1-2\nu_m\right)^2+2}{F\left[\left(3-2\nu_m\right)+\left(1-2\nu_m\right)C\right]+C\left[\frac{5}{2}-8\nu_m+6\nu_m^2\right]+6-8\nu_m} \quad (7)$$

Trong đó:

D: là đường kính đường hầm;

t - là độ dày của lớp vỏ hầm;

ν_l - hệ số Poisson của vật liệu vỏ hầm;

E_l - là mô đun đàn hồi của vật liệu vỏ hầm;

E_m - là mô đun đàn hồi của nền;

ν_m - hệ số Poisson của nền;

I - là mô men quán tính của vỏ hầm;

K_1 - là hệ số truyền ứng lực lên vỏ hầm trong trường hợp có xét đến sự trượt của công trình ngầm và đất xung quanh;

K_2 - là hệ số truyền ứng lực lên vỏ hầm trong trường hợp không xét đến sự trượt của công trình ngầm và đất xung quanh;

γ_{max} - biến dạng trượt cực đại;

θ - là góc đo ngược chiều kim đồng hồ từ trục chính của công trình ngầm sang bên phải.

Chú ý rằng, trong điều kiện không có sự trượt của lớp vỏ công trình ngầm với khối đất xung quanh công trình thì phương pháp Wang không xác định được giá trị mô mem (M_w). Như vậy, để đánh giá ảnh hưởng của động đất đến công trình ngầm đặt trong môi trường đất yếu hoặc động đất có cường độ cao làm hóa lỏng nền đất xung quanh có thể sử dụng mô hình trượt tự do vỏ hầm so với môi trường xung quanh. Để đánh giá lực dọc cực đại của vỏ hầm (T_{max}) trong môi trường đất cứng ta sử dụng mô hình không có sự trượt giữa vỏ hầm với môi trường.

Các tham số biến dạng trượt của công trình ngầm theo phương pháp Penzien có xét đến tương tác kết cấu với môi trường

Penzien và Wu (1998) đã đưa ra và phát triển các phương pháp tính toán các nội lực xuất hiện trong vỏ hầm dưới tác dụng ảnh hưởng của động đất. Có hai trường hợp trong tính toán được đưa ra đó là trường hợp vỏ hầm bị trượt hoàn toàn với lớp đất đá xung quanh và trường hợp không có sự trượt này.

- Trường hợp có sự trượt hoàn toàn của vỏ hầm với khối đất đá xung quanh [4]:

$$T_w = \pm\frac{6E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D^2(1-\nu_l^2)}\cos\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (8)$$

$$M_w = \pm\frac{3E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D(1-\nu_l^2)}\cos\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (9)$$

$$V_w = \pm\frac{12E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D^2(1-\nu_l^2)}\sin\left[2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right] \quad (10)$$

$$\Delta D_{tr} = R_{tr}.\Delta D_{ff} = R_{tr}.\frac{D}{2}\gamma_{max} \quad (11)$$

$$T_{max} = \pm\frac{6E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D^2(1-\nu_l^2)} \quad (12)$$

$$M_{max} = \pm\frac{3E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D(1-\nu_l^2)} \quad (13)$$

$$V_{max} = \pm\frac{12E_l.I.R_{tr}.\gamma_{max}}{D^2(1-\nu_l^2)} \quad (14)$$

Trong đó: R_{tr} - là tỉ số biến dạng lệch ứng với trường hợp trượt hoàn toàn.

$$R_{tr} = \pm\frac{4(1-\nu_m)}{\alpha_{tr}+1} \quad (15)$$

$$\alpha_{tr} = \frac{12E_l.I(5-6\nu_m)}{D^3.G_m.(1-\nu_l^2)} \quad (16)$$

- Trường hợp không xuất hiện trượt giữa vỏ hầm và môi trường xung quanh [4]:

$$T_{max} = \pm\frac{24E_l.I.\Delta D}{D^3\left(1-\nu_l^2\right)} = \pm\frac{12.E_l.I.R_{0tr}.\gamma_{max}}{D^2(1-\nu_l^2)} \quad (17)$$

$$M_{max} = \pm\frac{3E_l.I.R_{0tr}.\gamma_{max}}{D\ (1-\nu_l^2)} \quad (18)$$

$$V_{max} = \pm\frac{24.E_l.I.\Delta D}{D^3\left(1-\nu_l^2\right)} = \pm\frac{12.E_l.I.R_{0tr}\gamma_{max}}{D^2\left(1-\nu_l^2\right)} \quad (19)$$

$$\Delta D = R_{0tr}.\Delta D_{ff} = R_{0tr}.\frac{D}{2}\gamma_{max} \quad (20)$$

Trong đó: R_{0tr} - Là tỷ số biến dạng lệch ứng với trường hợp không trượt được xác định như sau:

$$R_{otr} = \pm\frac{4(1-\nu_m)}{\alpha_{otr}+1} \quad (21)$$

$$\alpha_{otr} = \frac{24.E_l.I.(3-4\nu_m)}{D^3.G_m.(1-\nu_l^2)} \quad (22)$$

Với G_m là mô đun trượt của nền, $G_m = \rho.v_s^2$; V_{max} - lực cắt ngang cực đại xuất hiện trong vỏ hầm dưới ảnh hưởng động đất.

Như vậy, qua nội dung trên có thể thấy cả hai lời giải của Wang (1993) và Penzien & Wu (1998) [1, 4] đều cho phép tính toán công trình ngầm chịu tác dụng của động đất khi có xét đến và không xét đến sự trượt của khối đất xung quanh công trình. Tuy nhiên, cả hai lời giải giải tích để tính toán công trình ngầm chịu tác dụng của động đất theo mô hình tĩnh dựa trên biến dạng của miền tự do bị giới hạn bởi các giả thiết về môi trường, hình dạng mặt cắt ngang công trình.

2.3. Phương pháp áp đặt biến dạng chuyển vị biên (Imposed Seismic Ground Deformation - ISGD) trong tính toán công trình ngầm chịu tác dụng của động đất

Đây là một phương pháp tiên tiến giúp mô phỏng chính xác tác động của động đất lên công trình ngầm bằng cách áp đặt chuyển vị biên thích hợp. Phương pháp này giúp xác định nội lực một cách chính xác hơn, giảm thiểu sai số do điều kiện biên gây ra. Ý tưởng chính của phương pháp này là đặt biến dạng cực đại "trường tự do" (γ_{max}) của nền đất vào miền biên của miền khảo sát để xác định biến dạng trượt của kết cấu hầm thông qua phương pháp phần tử hữu hạn nên không cần thiết xác định và thiết lập các lò xo thay thế đất nền xung quanh [3, 5].

Để xác định biến dạng trượt cực đại của trường tự do (γ_{max}) có thể sử dụng theo công thức đơn giản cho trường hợp nền đồng nhất và thông qua phương pháp số cho trường hợp nền nhiều lớp phức tạp. Sau đó đặt chuyển vị tương đối (Δdiff) thu được vào miền biên ngoài của mô hình FEM thể hiện đất xung quanh hầm. Đất xung quanh được mô hình hóa bằng các phần tử hữu hạn để nghiên cứu sự ổn định với tác động động đất của đất xung quanh cũng như kết cấu hầm. Mô hình có thể mô tả như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tính áp đặt biến dạng của nền vào biên

2.4. Các giả thiết tính toán

Để giải quyết bài toán tương tác giữa kết cấu vỏ hầm và môi trường đất xung quanh chịu tác dụng của động đất theo phương pháp ISGD, tiến hành khảo sát hệ kết cấu - môi trường làm việc theo sơ đồ biến dạng phẳng. Tải trọng tác dụng lên hệ chính là chuyển vị của nền đất xung quanh kết cấu do sóng chấn động lan truyền trong môi trường.

Từ hệ thực là bán không gian ta tách ra một miền hữu hạn bao gồm kết cấu và môi trường xung quanh kết cấu và gọi là miền nghiên cứu. Để đơn giản cho tính toán ta chọn hình dạng hình chữ nhật cho môi trường nghiên cứu xung quanh kết cấu. Khi tính toán thừa nhận các giả thiết sau:

- Vật liệu của kết cấu làm việc trong giai đoạn đàn hồi;
- Kết cấu ngầm không tự biến dạng hay chuyển vị và phụ thuộc vào đất xung quanh;
- Tương tác giữa kết cấu và nền đất xung quanh được xét đến;
- Ứng xử của nền đất trong mô hình là đàn hồi, các tính chất cơ học của nền trong lớp xem là không đổi;
- Hệ kết cấu và môi trường làm việc trong điều kiện bài toán phẳng;
- Chuyển vị và biến dạng tại điểm bất kỳ của hệ kết cấu - môi trường là nhỏ. Giả thiết này là chấp nhận được vì kết công trình ngầm thường được xây dựng có độ cứng lớn hơn nhiều so với độ cứng của nền đất.

3. CÁC BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp giải tích

Khảo sát sự ảnh hưởng của mô đun đàn hồi của nền đất xung quanh đến đến nội lực hầm

Với đặc tính địa chất khu vực Hà Nội là đất yếu, vị trí đặt đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội với độ sâu trung bình từ 15 đến 30m, tại độ sâu này địa chất chủ yếu là lớp đất sét nên tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của Modun đàn hồi của lớp đất này đến nội lực trong vỏ hầm. Độ cứng của đất nền được tăng dần từ đất sét mềm đến đất sét cứng (E1, E2, E3 và E4). Các tham số địa chất nghiên cứu được cho trong bảng 1 [6]. Vỏ hầm được làm từ bê tông cốt thép với các thông số được cho trong bảng 2 [6].

Bảng 1. Tham số của một số loại đất sét nghiên cứu

Loại đất	Dung trọng của các lớp đất (kN/m^3)	Modun đàn hồi, E (kN/m^2)	Hệ số poisson, μ
Sét mềm	20	2.00E+04	0.3
Sét trung bình	18	3.50E+04	0.33
Sét cứng	17.8	5.39E+04	0.32
Sét rất cứng	17.5	6.50E+04	0.3

Bảng 2. Thông số đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội

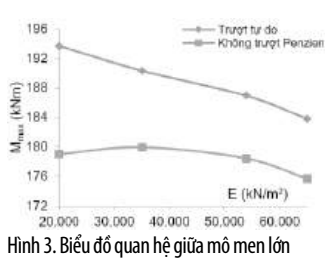
TT	Tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Kích thước vỏ hầm (trong/ngoài)	D_{tr}/D_{ng}	5,7/6,3	m
2	Mô-đun đàn hồi của bê tông vỏ hầm	E_c	3.50E+07	kN/m^2
3	Hệ số Poisson của bê tông	v	0.2	
4	Bề dày của kết cấu vỏ hầm	t	0.3	m
5	Bề rộng dải kết cấu khảo sát	b	1	m

Sử dụng các chương trình tính trong phần mềm Excel, ta tính được các giá trị nội lực lớn nhất trong vỏ hầm theo phương pháp giải tích (theo Wang (1993) và theo Penzien và Wu (1998) [1][4] được thể hiện trên bảng 3.

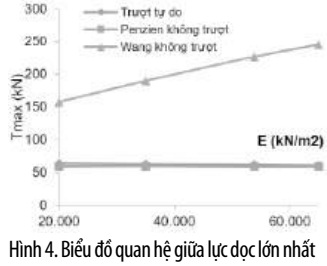
Bảng 3. Kết quả nội lực lớn nhất cho từng lớp địa chất nghiên cứu

Loại đất	Điều kiện tính	Theo Wang (1993)		Theo Penzien và Wu (1998)		
		T_{max} (kN)	M_{max} (kNm)	T_{max} (kN)	V_{max} (kN)	M_{max} (kNm)
Sét mềm	Trượt tự do	64,56	193,69	64,56	129,13	193,69
	Không trượt	157,78		59,68	119,36	179,04
Sét trung bình	Trượt tự do	63,44	190,33	63,44	126,89	190,33
	Không trượt	190,03		59,99	119,98	179,98
Sét cứng	Trượt tự do	62,32	186,97	62,32	124,65	186,97
	Không trượt	226,97		59,49	118,98	178,47
Sét rất cứng	Trượt tự do	61,27	183,81	61,27	122,54	183,81
	Không trượt	245,48		59,58	117,15	175,72

Quan hệ giữa mô men lớn nhất, lực dọc lớn nhất trong vỏ hầm với mô đun đàn hồi được thể hiện trên hình 3 và hình 4.



Hình 3. Biểu đồ quan hệ giữa mô men lớn nhất của vỏ hầm và modun đàn hồi của đất



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa lực dọc lớn nhất của vỏ hầm và modun đàn hồi của đất

Nhận xét:

- Từ các kết quả tại bảng 3 cho thấy giá trị lực dọc và mô men lớn nhất của vỏ hầm trong trường hợp trượt tự do giảm đáng kể khi tăng độ cứng của đất. Vì khi tăng giá trị mô đun đàn hồi E_m của đất thì biến dạng trượt cực đại của trường tự do γ_{max} sẽ giảm, từ đó giá trị nội lực của vỏ hầm sẽ giảm đi. Do đó tác động của động đất đối với đường hầm giảm đáng kể. Đối với trường hợp không có sự trượt của đất với kết cấu thì theo phương pháp của Wang (1993) giá trị lực dọc lớn nhất trong vỏ hầm tăng lên cao khi tăng độ cứng của đất.

Tính toán cho đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội (tuyến Metro số 03 Nhổn - Cát Linh - Ga Hà Nội)

Tuyến Metro số 03 (Nhổn - Cát Linh - Ga Hà Nội) là tuyến đường sắt đô thị đang được xây dựng và là một phần của hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị Hà Nội. Tuyến có tổng chiều dài 12,5 km, trong đó đoạn trên cao (Nhổn-Cầu Giấy) dài 8,5 km và đoạn đi ngầm (Cầu Giấy -Ga Hà Nội) dài 4 km, depot đặt tại Nhổn.

Đặc trưng cơ lý cơ bản của các lớp đất tại khu vực đặt đường hầm tuyến Metro số 3 được xác định thông qua các thí nghiệm tại hiện trường và trong phòng được cho trên bảng 4 [6].

Bảng 4. Đặc trưng cơ lý cơ bản của các lớp đất

Số TT lớp đất	Modun đàn hồi của các lớp đất, E (kN/m^2)	Hệ số poisson	Chiều dày của các lớp đất, m	Chiều sâu của các lớp đất, m	Dung trọng của các lớp đất, (kN/m^3)	Mực nước ngầm trung bình, m
1	5,10E+03	0,3	2,5	2,5	17	3,0
2	3,60E+03	0,35	15	17,5	16,8	
3	1,35E+04	0,3	3,5	21	19,4	
4	2,05E+04	0,3	15	36	20	
5	4,18E+04	0,3	11	47	21	
6	1,31E+05	0,28	13	60	23	

Theo thiết kế tại vị trí khảo sát thì đường hầm được đặt trong lớp đất thứ 4 nên trong phạm vi bài toán nhóm tác giả sử dụng các tham số của đất nền để tính toán là lớp 4 (đã được thể hiện cụ thể trong bảng 4). Do tính theo phương pháp giải tích nên môi trường địa chất được xem là đồng nhất và đàn hồi tuyến tính.

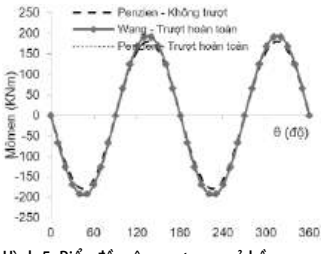
Các thông số của đường hầm được cho trong bảng 2.

Sử dụng các chương trình tính trong phần mềm Excel, ta tính được các giá trị nội lực lớn nhất trong vỏ hầm đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội theo phương pháp giải tích (Wang (1993), Penzien và Wu (1998)) [1][4] được thể hiện trên bảng 5.

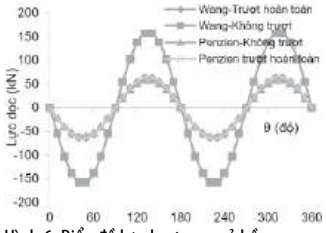
Bảng 5. Kết quả tính toán nội lực

Loại đất	Điều kiện tính	Theo Wang (1993)		Theo Penzien và Wu (1998)		
		T_{max} (kN)	M_{max} (kNm)	T_{max} (kN)	V_{max} (kN)	M_{max} (kNm)
Lớp 4	Trượt hoàn toàn	64,81	194,42	64,81	64,81	194,42
	Không trượt	159,5		119,89	119,89	179,83

Biểu đồ mô men và lực dọc trong vỏ hầm được thể hiện trên hình 5 và hình 6.



Hình 5. Biểu đồ mô men trong vỏ hầm



Hình 6. Biểu đồ lực dọc trong vỏ hầm

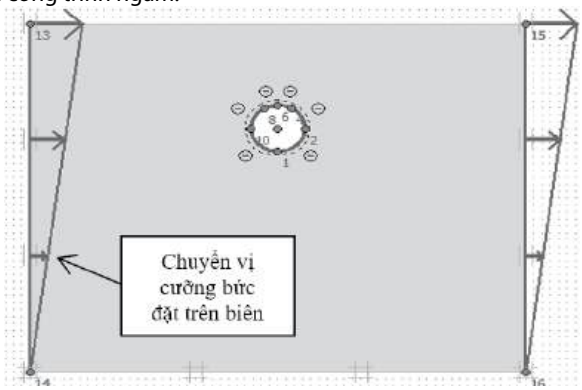
3.2. Tính toán công trình ngầm chịu động đất theo phương pháp đặt biến dạng của nền đất vào biên (ISGD) bằng phương pháp PTHH

Tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của kích thước biên mô hình và sự thay đổi khoảng cách giữa hai hầm đến nội lực của công trình ngầm bằng phương pháp PTHH (Plaxis 2D). Các đặc trưng cơ lý của đất nền và các tham số của hầm được tham khảo từ Hồ sơ thiết kế sơ bộ tuyến Metro số 03 Nhổn - Cát Linh - Ga Hà Nội và được chỉ ra trên bảng 2, bảng 4.

Tuyến đường hầm được thi công với hai đường hầm có kích thước như nhau và tiết diện ngang là hình tròn bằng phương pháp sử dụng máy đào TBM. Các kết cấu chống bằng bê tông cốt thép phân đoạn sẽ được tiến hành lắp đặt ngay trong quá trình đào và thi công đường hầm.

Mô hình tính

Phương pháp đặt biến dạng của nền vào biên mô tả tải trọng tác dụng lên kết cấu thông qua các tham số biến dạng của nền do động đất gây ra. Tác dụng của động đất được đưa vào bài toán thông qua chuyển vị cưỡng bức theo phương ngang tại biên thẳng đứng của mô hình tính (hình 7). Giải bài toán bằng phương pháp PTHH, sử dụng chương trình Plaxis2D, áp đặt chuyển vị cưỡng bức đã có lên biên nghiên cứu để xác định nội lực xuất hiện trong kết cấu công trình ngầm.



Hình 7. Mô hình bài toán đặt chuyển vị vào biên

Trình tự các bước phân tích số như sau:

Bước 1: Thiết lập mô hình đất nền với các thông số của lớp đất thứ 4 (bảng 4) theo mô hình nền tuyến tính, trong các bài toán không xét đến mực nước ngầm.

Bước 2: Thiết lập mô hình vỏ đường hầm với các đặc tính được cho trong bảng 2, sau đó đào đất trong đường hầm ra và kích hoạt vỏ chống đường hầm.

Bước 3: Thiết lập chuyển vị cưỡng bức tại hai biên đứng của mô hình với chuyển vị tại đáy mô hình tương ứng với nền đá gốc bằng không. Chuyển vị tại đỉnh mô hình tương ứng với mặt đất được xác định thông qua vận tốc đỉnh tại mặt đất.

Bước 4: Kích hoạt chuyển vị cưỡng bức tại hai biên đứng của mô hình. Khi chương trình chạy xong, xuất các kết quả nội lực của kết cấu vỏ đường hầm để phân tích sự ảnh hưởng của động đất đến công trình ngầm.

Xác định chuyển vị của nền đất

Các biến dạng trượt của đất do lan truyền sóng cắt theo phương thẳng đứng vuông góc trục hầm là dạng chiếm ưu thế của chuyển động do động đất gây ra. Theo Schnabel P. (1972) áp dụng lý thuyết truyền sóng [3], việc phân bố ứng suất và biến dạng của sóng động đất gây trượt trong "trường tự do" phụ thuộc vào chiều sâu.

Với các dữ liệu phân tích về các trận động đất có thể ảnh hưởng đến Hà Nội, các thông số về nguồn phát được xác định với vị trí trung tâm quận Ba Đình, đới động đất Sông Hồng - Sông Chảy bao

gồm: chấn cấp M_w=6,5; độ sâu chấn tiêu R_{hyp}=17km; khoảng cách từ điểm khảo sát đến chấn tâm R_{rup} = 50km. Theo TCVN 9386-2012 với nền loại A giá trị gia tốc nền tham chiếu theo quận Ba Đình, a_{gR}=0,0976g, hệ số tầm quan trọng γ_I=1 (tra cứu theo phụ lục E, TCVN 9386-2012 với dạng công trình là đường hầm tuyến đường sắt đô thị) [7].

Để xác định biến dạng trượt cực đại của trường tự do (γ_{max}) có thể sử dụng theo công thức đơn giản cho trường hợp nền đồng nhất theo Newmark và Monokos [8]:

$$\gamma_{max} = \frac{PGV}{V_s} \quad (23)$$

Trong đó:

PGV - vận tốc chuyển động đạt đỉnh tại mặt đất, m/s;

V_s - vận tốc lan truyền sóng cắt, m/s.

Với thông số nguồn động đất M_w = 6,5richter;

Gia tốc đỉnh PGA = a_{gR}.S = 0,0976.1,15 = 0,11g;

Tra bảng theo ITA ta có: PGV/PGA = 142;

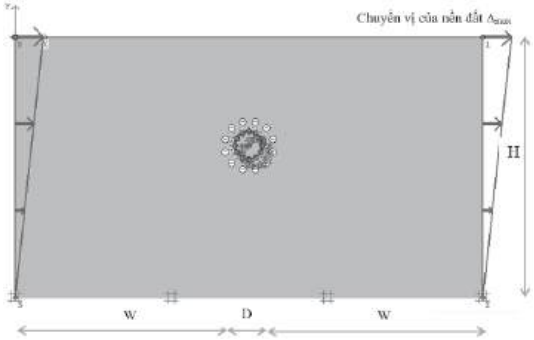
Vận tốc đỉnh tại mặt đất: PGV = PGA.142 = 15,68 cm = 0,1568 m/s.

Thử nghiệm số

Bài toán hầm đơn khi thay đổi kích thước biên

Xét bài toán hầm tròn được đặt trong môi trường nền đồng nhất với các tính chất cơ lý của lớp đất thứ 4 (bảng 4) tại vị trí đặt đường hầm ở độ sâu 25m và các thông số kích thước hầm như đã cho trong bảng 2.

Biên bài toán được cho như hình 8 với biên W thay đổi trong khoảng (3D - 9D), bước thay đổi là 0,5D.



Hình 8. Sơ đồ tính toán của hệ hầm đơn với biên thay đổi

Sử dụng chương trình tính Plaxis 2D cho bài toán áp đặt biến dạng của nền đất vào biên, ta có kết quả nội lực và chuyển vị tương ứng với các trường hợp thay đổi của biên thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Kết quả nội lực hầm đơn với biên thay đổi

W	N_{max} (kN)	%ΔN	Q_{max} (kN)	%ΔQ	M_{max} (kNm)	%ΔM	Chuyển vị (mm)
3D	1017	0,00	131	0,76	193,4	0,62	52,38
3.5D	1017	0,00	132	0,61	194,6	0,62	51,63
4D	1017	0,00	132,8	0,30	195,8	0,20	50,7
4.5D	1017	0,00	133,2	0,23	196,2	0,15	50,03
5D	1017	0,00	133,5	0,15	196,5	0,05	49,37
5.5D	1017	0,00	133,7	0,07	196,6	0,00	49,48
6D	1017	0,00	133,8	0,07	196,6	0,05	48,02
6.5D	1017	0,00	133,7	0,07	196,5	0,15	47,06
7D	1017	0,00	133,6	0,00	196,2	0,05	46,28
7.5D	1017	0,00	133,6	0,15	196,1	0,15	45,76
8D	1017	0,10	133,4	0,15	195,8	0,31	44,67
8.5D	1018	0,00	133,2	0,15	195,2	0,15	43,85
9D	1018		133		194,9		42,99

Nhận xét:

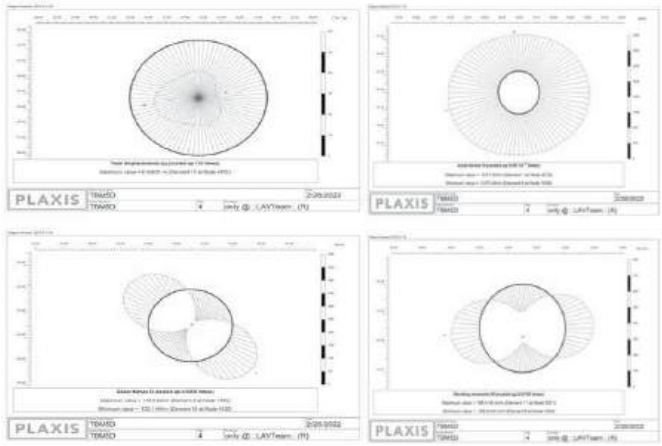
- Nội lực của vỏ hầm phụ thuộc vào biên của bài toán.

- Khi tăng biên bài toán từ 3D đến 5D thì mức độ thay đổi nội lực qua các bước là giảm dần. Khi tăng tiếp biên bài toán từ 5D đến 9D thì mức độ thay đổi nội lực là không đáng kể.

- Trong phạm vi bài toán khảo sát với hầm đơn, việc mở rộng biên bài toán W>5D là không cần thiết vì sẽ ảnh hưởng đến khối lượng tính toán của bài toán. Qua đó có thể xác định biên phù hợp đối với bài toán này là W = 5D với mốc biến đổi tham chiếu là 0,5%. Chuyển vị và nội lực trong vỏ hầm tại W=5D được chỉ ra trên hình 9.

- Từ các kết quả trên cho thấy phương pháp của Wang và Peizen so với phương pháp đặt chuyển vị vào biên cho giá trị tương đối giống nhau. Đặc biệt là phương pháp của Penzien & Wu trong điều kiện có xét đến sự trượt của khối đất xung quanh hầm.

Bài toán hầm đôi khi thay đổi khoảng cách giữa hai hầm

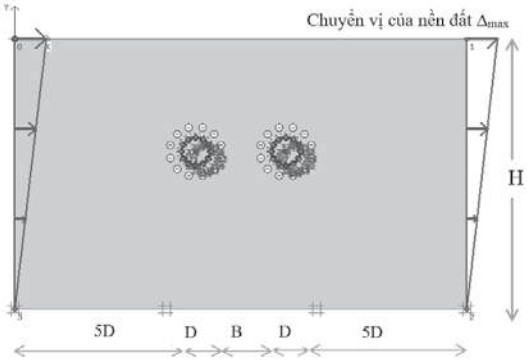


Hình 9. Chuyển vị và nội lực trong vỏ hầm khi W=5D

Như chúng ta đã biết, tuyến Metro số 03 của đường sắt đô thị Hà Nội được xây dựng với 4km đường hầm đi ngầm với giải pháp 2 hầm song song đã được lựa chọn. Điều này cho phép đáp ứng các thách thức về điều kiện địa chất và giảm thiểu rủi ro [6]. Thông thường, hai đường hầm sẽ được đào song song với khoảng cách thay đổi tùy theo từng mặt cắt của tuyến hầm. Vì vậy việc nghiên cứu bài toán hầm đôi chịu tác dụng của tải trọng động đất, với khoảng cách giữa hai hầm thay đổi trong một khoảng nhất định có ý nghĩa trong việc đánh giá sự tương tác giữa hai đường hầm khi chịu tác dụng của sóng cắt do động đất gây ra.

Xét bài toán hầm tròn đôi được đặt trong môi trường nền đồng nhất với các tính chất cơ lý của lớp đất thứ 4 (bảng 4), hầm được đặt ở độ sâu 25m với các thông số kích thước hầm được cho trong bảng 2.

Biên bài toán được cho như hình 10 với W = 5D đã được nghiên cứu trong bài toán hầm đơn, khoảng cách giữa hai hầm B thay đổi trong khoảng (2D - 7D), bước thay đổi là 0,5D.



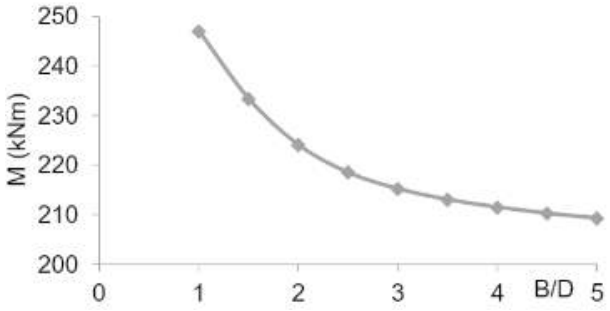
Hình 10. Sơ đồ tính bài toán hầm đôi chịu tác dụng động đất

Sử dụng chương trình tính Plaxis 2D cho bài toán áp đặt biến dạng của nền đất vào biên. Kết quả nội lực và chuyển vị tương ứng với các trường hợp thay đổi khoảng cách giữa hai hầm thể hiện trong bảng 7.

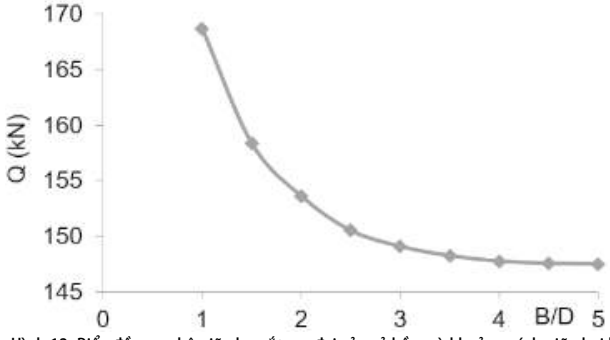
Bảng 7. Kết quả nội lực của hầm đôi

Khoảng cách 2 hầm	Hầm trái			Hầm phải		
	N_{max} (kN)	Q_{max} (kN)	M_{max} (kNm)	N_{max} (kN)	Q_{max} (kN)	M_{max} (kNm)
1D	-1040	167,55	246,99	-1050	168,68	253,12
1,5D	-1030	158,24	233,32	-1030	158,36	236,00
2D	-1030	151,79	224	-1030	153,6	228,01
2,5D	-1030	147,79	218,43	-1020	150,51	223,17
3D	-1030	145,9	215,17	-1020	149,08	220,78
3,5D	-1030	144,55	212,97	-1020	148,24	219,41
4D	-1030	143,08	211,46	-1020	147,75	218,64
4,5D	-1030	142,72	210,21	-1020	147,56	218,3
5D	-1030	142,14	209,24	-1020	147,5	209,24

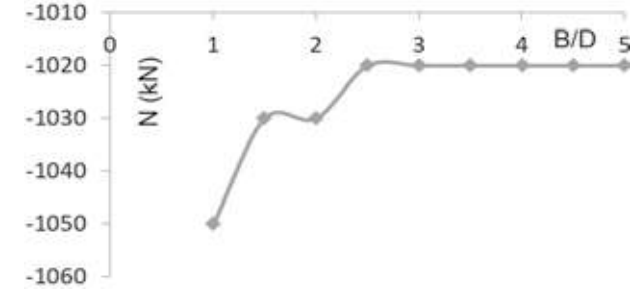
Biểu đồ quan hệ giữa mômen cực đại, lực cắt cực đại và lực dọc cực đại của vỏ hầm với khoảng cách giữa hai hầm được thể hiện trong các hình 11-13.



Hình 11. Biểu đồ quan hệ giữa mômen cực đại của vỏ hầm và khoảng cách giữa hai hầm



Hình 12. Biểu đồ quan hệ giữa lực cắt cực đại của vỏ hầm và khoảng cách giữa hai hầm



Hình 13. Biểu đồ quan hệ giữa lực dọc cực đại của vỏ hầm và khoảng cách giữa hai hầm

Nhận xét:

- Khi tăng khoảng cách giữa hai hầm thì giá trị lực dọc biến động trong khoảng nhỏ, hoặc gần như không thay đổi.

- Giá trị lực cắt và mô men của hai hầm đều giảm khi khoảng cách hai đường hầm tăng từ 1D đến 5D (D là đường kính đường hầm).

- Khi tăng khoảng cách giữa hai đường hầm từ 1D đến 3D thì giá trị nội lực cực đại của vỏ hầm giảm xuống một cách rõ rệt, cụ thể 12,9% đối với mômen và 11,6% đối với lực cắt. Tiếp tục tăng khoảng cách giữa hai đường hầm từ 3D đến 5D thì giá trị nội lực cực đại giảm là rất nhỏ, cụ thể là 2,7% đối với mômen và 1,1% đối với lực cắt.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

- Hà Nội nằm giữa hai dãy đứt gãy lớn, với khoảng cách từ chấn tâm dao động 50-80km, nên việc tính toán ảnh hưởng động đất đến các công trình ngầm là cần thiết. Cường độ trận động đất lớn nhất có thể ảnh hưởng đến khu vực Hà Nội đạt giá trị đến 6,5 richter, là dữ liệu đầu vào hết sức quan trọng trong việc tính toán ảnh hưởng của động đất tới công trình ngầm tại khu vực Hà Nội.

- Qua kết quả khảo sát có thể thấy, phương pháp giải tích được đề xuất cho việc khảo sát sơ bộ ảnh hưởng của động đất lên công trình ngầm trong môi trường đất đơn giản, với các công thức của Wang và Penzien&Wu hỗ trợ tính toán nội lực vỏ hầm. Tuy nhiên, với môi trường đất phức tạp hoặc nền đất yếu, phương pháp giải tích không còn phù hợp. Do đó phương pháp ISGD được khuyến nghị để đảm bảo tính chính xác cao hơn. Đặc biệt, khi xem xét đến độ cứng của đất xung quanh hầm, nghiên cứu cho thấy khi mô đun đàn hồi của đất tăng, biến dạng trượt cực đại giảm, kéo theo sự giảm nội lực trong kết cấu hầm.

- Đối với việc thiết kế công trình ngầm, nghiên cứu cho thấy biên phù hợp khi áp dụng phương pháp tĩnh cho hầm đơn là 5D (D là đường kính hầm). Điều này giúp tối ưu hóa quá trình tính toán.

- Trong trường hợp hầm đôi, khoảng cách giữa hai đường hầm cần đạt ít nhất 3D để giảm thiểu sự ảnh hưởng lẫn nhau. Ngoài ra, mô hình vật liệu Mohr-Coulomb được sử dụng để mô phỏng môi trường đất xung quanh hầm, nhưng cần tiếp tục khảo sát với các mô hình vật liệu khác để có đánh giá toàn diện hơn về sự tương tác giữa công trình và nền đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Wang J. Seismic design of tunnel. A Simple state of the Art design Approach. Monograph 7, Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas Inc, New York.

[2]. Gospodarikov Alexandr, Thanh Chi Nguyen. Seismic waves and some basic parameters of the earthquake, determine parameters of earthquake that can occur in the Hanoi' s area.

[3]. Schnabel P., Seed H.B., Lysmer J. (1972), Modification of seismograph records for effects of local soil conditions, Bull. Seism. Soc. Am., pp. 62, 6, 1649-1664.

[4]. Penzien, J. (2000), Seismically incluced racking of tunnel linings. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol 29.

[5]. Hamada M., Izumi H., Iwano M. and Shiba Y. (1984), "Analysis of dynamic strain around rock cavern and earthquake resistant design", J. of JSCE, No. 341, pp. 197-205.

[6]. Hồ sơ Thiết kế sơ bộ tuyến Metro số 03, Ban quản lý Đường sắt đô thị Hà Nội, https://mrb.hanoi.gov.vn/.

[7]. Tiêu chuẩn TCVN 9386: 2012 - Thiết kế công trình chịu động đất.

[8]. St. John, C.M., Zahrah T.F (1987), "Aseismic design of underground structures", Tunneling Underground Space Technol. 2, pp.165 - 197.

■Ngày nhận bài: 11/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Dự đoán sức chịu tải cọc bê tông cốt thép theo chỉ số SPT và so sánh với kết quả thử tĩnh

Predicting the bearing capacity of reinforced concrete piles based on N-SPT and comparison with static loading test

> ĐOÀN VĂN ĐẸT[1], LÊ TẤN TRUYỀN[2]
[1]Trung tâm thí nghiệm Xây dựng & Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Emial: doanvandet@mtu.edu.vn
[2]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Email: letantruyen@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày sức chịu tải cọc bê tông cốt thép được tính theo 5 phương pháp khác nhau dựa vào chỉ số SPT trong 2 trường hợp đất nền, gồm: ĐC1: cọc xuyên qua lớp sét yếu và mũi cọc trong lớp đất cát, ĐC2: cọc xuyên qua lớp đất sét yếu và mũi cọc tựa trong lớp sét cứng. Kết quả từ các phương pháp lý thuyết sẽ được so sánh với kết quả thực nghiệm bằng thí nghiệm nén tĩnh hiện trường. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong điều kiện địa chất ĐC1, phương pháp Schmertmann và phương pháp Shioi & Fukui (1982) được đánh giá là phù hợp để dự đoán sức chịu tải của cọc. Trong khi đó, đối với điều kiện địa chất ĐC2, ngoài phương pháp Schmertmann, phương pháp Decourt (1995) và Aoki & Velloso (1975) cũng được xem là phù hợp dùng để dự đoán sức chịu tải của cọc. Đáng chú ý, trong cả hai điều kiện địa chất, phương pháp Schmertmann luôn cho kết quả thấp hơn sức chịu tải tới hạn, tuy nhiên mức chênh lệch này không đáng kể. Ngoài ra phương pháp tính theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 cho kết quả lớn hơn sức chịu tải tới hạn trong cả 2 điều kiện địa chất.

Từ khóa: Sức chịu tải cọc BTCT; thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường; chỉ số SPT; so sánh kết quả lý thuyết và thực nghiệm; tiêu chuẩn TCVN 10304:2014.

ABSTRACT

This paper presented the bearing capacity of reinforced concrete piles using five different methods based on SPT values with two cases of geotechnical condition, including: DC1: the pile penetrates soft clay with its toe embedded in sand, and DC2: pile penetrates soft clay and its toe resting in stiff clay. The theoretical results then were compared with experimental results obtained from in situ static loading tests. The results indicated that, for the first case, the Schmertmann method and the Shioi & Fukui (1982) method are considered the most suitable approaches for predicting pile capacity. In contrast, for the second case, besides the Schmertmann method, the Decourt (1995) and Aoki & Velloso (1975) methods are also regarded as appropriate for estimating pile capacity. Notably, in both geological conditions, the Schmertmann method consistently predicts a lower pile capacity than the ultimate capacity. However, the discrepancy is minimalt. Additionally, the capacity obtained from the TCVN 10304:2014 standard exceeds the ultimate capacity in both cases.

Keywords: Bearing capacity of RC piles; static loading test of piles; SPT value; comparision of theoretical and experimental method; TCVN 10304:2014 standard.

1. GIỚI THIỆU

Bên cạnh độ lún, sức chịu tải cọc là thông số quan trọng khi thiết kế móng cọc. Sức chịu tải của cọc được hình thành bởi 2 thành phần, gồm sức kháng ma sát của đất dọc theo thân cọc và sức kháng của đất ở độ sâu mũi cọc. Sức chịu tải của cọc (trước khi xây dựng công trình) Được dự đoán dựa vào 2 nhóm thí nghiệm: thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm hiện trường. Sức chịu tải cọc dựa vào nhóm thứ nhất được xác định thông qua các đặc trưng cơ - lý của đất nền. Trong khi nhóm thứ 2, khả năng chịu tải cọc được dự đoán thông qua các thí nghiệm hiện trường như xuyên tiêu chuẩn (CPT), xuyên động tiêu chuẩn (SPT). Mỗi phương pháp đều có những giả định và cách tiếp cận riêng, dẫn đến sự khác biệt trong kết quả. Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ, tùy theo điều kiện địa chất, yêu cầu kỹ thuật và mức độ chính xác mong muốn, các kỹ sư thiết kế thường sử dụng các phương pháp lý thuyết để ước tính sức chịu tải của cọc. Trong số nhiều phương pháp ước lượng sức chịu tải của cọc, phương pháp dựa trên SPT được sử dụng rộng rãi nhờ tính đơn giản và hiệu quả. Các phép tính theo phương pháp này không chỉ nhanh chóng mà còn không đòi hỏi các thông số phức tạp. Hơn nữa, giá trị SPT được thu thập trực tiếp trong quá trình khoan khảo sát địa chất, giúp tiết

kiệm thời gian mà không cần thực hiện thêm các thí nghiệm bổ sung.

Trong thực tế, cọc thường xuyên qua nhiều lớp đất khác nhau, và thông thường, mũi cọc sẽ tựa vào lớp đất có khả năng chịu lực tốt. Tuy nhiên, cũng có không ít trường hợp cọc chỉ xuyên qua lớp đất yếu, với mũi cọc nằm trong lớp cát chặt hoặc sét cứng. Để cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ kỹ sư thiết kế trong việc lựa chọn phương pháp dự đoán sức chịu tải của cọc một cách nhanh chóng và đáng tin cậy, bài báo trình bày các phương pháp dựa trên chỉ số SPT trong các điều kiện địa chất khác nhau. Cụ thể, nghiên cứu xem xét hai trường hợp: cọc xuyên qua lớp đất sét yếu và mũi cọc tựa trong lớp đất cát, và cọc xuyên qua lớp sét yếu và mũi cọc đặt trong lớp sét cứng. Kết quả tính toán từ các phương pháp này được so sánh với kết quả thử nén tĩnh hiện trường để đánh giá độ chính xác của từng phương pháp.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu: Sức chịu tải cọc BTCT đúc sẵn được tính theo 5 phương pháp SPT, áp dụng trong 2 điều kiện địa chất, gồm: ĐC1: cọc xuyên qua lớp đất yếu và mũi cọc nằm trong lớp cát, và ĐC2: cọc xuyên qua lớp sét và mũi cọc tựa trong sét cứng.

Phương pháp nghiên cứu: Lý thuyết kết hợp thực nghiệm: Kết quả tính toán sức chịu tải cọc theo 5 phương pháp lý thuyết sau đó được so sánh với kết quả thực nghiệm từ thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường. Từ đó đề xuất phương pháp phù hợp dự đoán sức chịu tải cọc trong điều kiện địa chất tương tự.

3. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH SỨC CHỊU TẢI TỚI HẠN CỦA CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN THEO CHỈ SỐ SPT

Sức chịu tải của cọc bao gồm hai thành phần chính: sức kháng ma sát giữa thân cọc với đất nền xung quanh và sức kháng cắt của đất tại mũi cọc. Sức kháng ma sát (Q_s) được xác định bằng tích của sức kháng đơn vị của đất dọc theo thân cọc (f_s) và diện tích tiếp xúc giữa cọc và đất (A_s). Trong khi đó, sức kháng mũi cọc (Q_p) là kết quả của tích giữa sức kháng đơn vị của đất nền ngay dưới mũi cọc (q_p) và diện tích mặt cắt ngang của cọc (A_p). Sức kháng ma sát đơn vị và sức kháng mũi đơn vị của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm SPT đã được nhiều nhà nghiên cứu công bố, với phương pháp tính toán đa dạng tùy thuộc vào từng mô hình lý thuyết và điều kiện địa chất cụ thể. Dưới đây là các phương pháp thường được sử dụng.

3.1. Sức chịu tải cọc theo phương pháp Schmertmann [1]

Giá trị sức kháng ma sát đơn vị

Sức kháng ma sát đơn vị ở giữa lớp đất thứ i mà cọc xuyên qua được xác định theo Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Sức kháng ma sát đơn vị

TT	Loại đất	f_i (kPa)	
1	Đất sét	$\frac{2\times N_{60}\left(110-N_{60}\right)}{41,84}$	(1)
2	Hỗn hợp sét -bụi-cát; cát có nhiều bụi, bụi	$\frac{2\times N_{60}\left(110-N_{60}\right)}{47,86}$	(2)
3	Cát	$1,82\times N_{60}$	(3)
4	Đá vôi mềm; cát lẫn nhiều vỏ sò, hến	$0,96\times N_{60}$	(4)

Trong đó, N là chỉ số SPT trung bình của lớp đất mà cọc xuyên qua**.**

Với N_{60} là số búa SPT đã hiệu chỉnh về 60% năng lượng hữu ích:

$$N_{60} = N \times C_E \quad (5)$$

$$C_E = \frac{E_h}{60} \quad (6)$$

trong đó:

N – số búa SPT.

E_h – tỷ lệ phần trăm năng lượng hữu ích của thiết bị (E_h = 30÷60).

Nếu $N_{60} < 3$ thì lấy $N_{60} = 0$ (bỏ qua sức chịu tải).

Nếu $N_{60} \geq 60$ thì lấy $N_{60} = 60$.

Sức kháng mũi đơn vị:

Sức kháng mũi đơn vị được xác định như Bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Sức kháng mũi đơn vị

TT	Loại đất	q_b (kPa)	
1	Đất sét	$67\times N_{60}$	(7)
2	Hỗn hợp sét –bụi-cát; cát có nhiều bụi, bụi	$153\times N_{60}$	(8)
3	Cát	$306\times N_{60}$	(9)
4	Đá vôi mềm; cát lẫn nhiều vỏ sò, hến	$345\times N_{60}$	(10)

Sức kháng mũi cọc được lấy giá trị trung bình có trọng số của 2 điểm cách phía trên mũi cọc một đoạn là 8d và cách phía dưới mũi cọc một đoạn là 3,5d (d là đường kính hay bề rộng của cọc).

3.2. Sức chịu tải cọc theo TCVN 10304:2014 [2]

Sức kháng ma sát đơn vị thân cọc

Cường độ sức kháng trung bình trên đoạn cọc nằm trong lớp đất thứ i đươc xác định như sau:

Cọc nằm trong lớp đất dính thứ i:

$$f_{c,i} = \alpha_P \times f_L \times c_{u,i} = \alpha_P \times f_L \times 6,25 \times N_{c,i} \quad (11)$$

$N_{c,i}$ là chỉ số SPT trong đất dính.

α_P - hệ số được xác định theo biểu đồ Hình G.2 [2].

f_L – hệ số điều chỉnh theo độ mảnh L/d của cọc, xác định theo biểu đồ Hình G.2 [2].

$c_{u,i}$ – cường độ sức kháng cắt không thoát nước của đất dính, được xác định từ chỉ số SPT trong đất dính: $c_{u,i} = 6,25\ N_{c,i}$ (kPa).

Cọc nằm trong lớp đất rời: $f_{s,i} = \frac{10}{3} N_{s,i}$. (12)

Với $N_{s,i}$ là chỉ số SPT trung bình trong lớp đất rời thứ i, nếu trị số $N_{s,i} > 50$ thì lấy $N_{s,i} = 50$).

Sức kháng mũi đơn vị

Cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc (q_p) xác định như sau:

Khi mũi cọc nằm trong đất rời $q_b = 300\ N_p$. (13)

Với N_p là chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1d dưới và 4d trên mũi cọc, d là đường kính tiết diện cọc tròn, hoặc cạnh tiết diện cọc vuông. Nếu $N_p > 50$ thì chỉ lấy $N_p = 50$.

Khi mũi cọc nằm trong đất dính:

$q_b = 9\times c_u = 9\times 6,25\times N_p$ (kPa). (14)

3.3. Sức chịu tải theo phương pháp Decourt (1995) [3]

Sức kháng ma sát đơn vị

$$f_s = \alpha \times \left(2,8N_s + 10\right), kPa. \quad (15)$$

trong đó:

α=1 cho cọc đóng.

N_s - chỉ số SPT trung bình của đất dọc theo thân cọc.

Sức kháng mũi đơn vị

$$q_p = k_p \times N_p, MPa. \quad (16)$$

k_b=0,1: mũi cọc trong nền sét; k_b = 0,325: mũi cọc trong nền cát.

N_b - chỉ số trung bình của SPT dưới mũi cọc.

3.4. Phương pháp Aoki and Velloso (1975) [4]

Sức khàng ma sát

$$f_s = a \times \frac{k}{3,5} \times N_s, kPa. \quad (17)$$

Khi cọc xuyên qua lớp đất cát a =14, k = 1.

Khi cọc xuyên qua lớp đất sét a =60, k = 0,2.

Sức kháng mũi cọc

$$q_p = \frac{k}{1,75} \times N_p, MPa. \quad (18)$$

Với k=1 khi mũi cọc nằm trọng lớp đất cát.
k = 0,2 khi mũi cọc nằm trong lớp đất sét.
N_b - chỉ số trung bình của SPT dưới mũi cọc.

3.5. Phương pháp Shioi & Fukui (1982) [5]

Sức kháng ma sát bên thân cọc

Cọc xuyên qua lớp cát: $f_s = 2N_s$ (kPa). (19)

Cọc xuyên qua lớp sét: $f_s = 10N_s$ (kPa). (20)

Sức kháng đất ở mũi cọc đối với cọc đóng

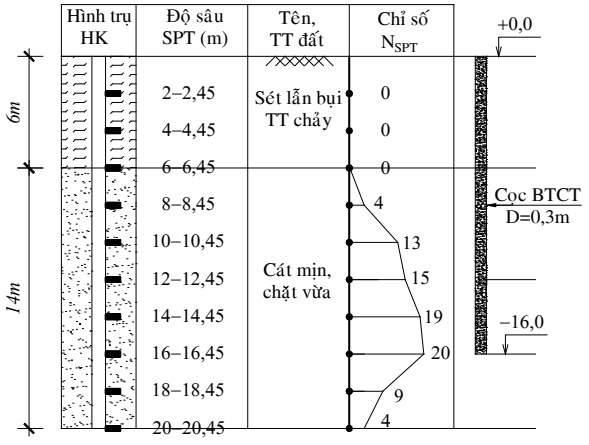
$$q_p = \left(1 + 0,04\frac{D_b}{B}\right) \times N_p \le 0,3N_p, MPa. \quad (21)$$

trong đó:
D_b - Chiều dài của đoạn cọc ngàm trong lớp đất tốt.
B - Bề rộng/đường kính cọc.
N_b - chỉ số SPT của đất dưới mũi cọc.

3.6. Dự đoán sức chịu tải cọc dựa vào chỉ số SPT trong các điều kiện địa chất khác nhau

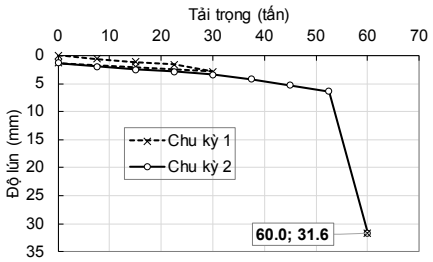
3.6.1. Địa chất 1 (ĐC1): Cọc xuyên qua lớp đất yếu và mũi cọc tựa trong lớp cát

Công trình được xét trong trường hợp này là Trung tâm hành chính huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long. Công trình được thiết kế trên móng cọc BTCT dự ứng lực có đường kính D = 300mm, chiều dài cọc 16m. Tại Hố khoan 1, mặt cắt địa chất trong phạm vi tính toán sức chịu tải cọc và chỉ số SPT của các lớp đất được thể hiện như Hình 1 [6].



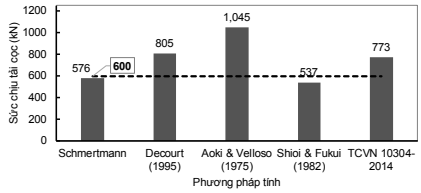
Hình 1. Mặt cắt địa chất và chỉ số SPT tại Hố khoan 1 [6]

Công tác thí nghiệm nén tĩnh cọc được thực hiện bởi Trung tâm Tư vấn và Kiểm định xây dựng - Sở xây dựng Vĩnh Long [7]. Cọc được thí nghiệm thử tĩnh theo tiêu chuẩn TCVN 9393:2012 [8] đến tải trọng phá hoại (là tải trọng ứng với độ lún ≥10%D). Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng - độ lún của cọc số 37, thuộc Khối nhà B được thể hiện như Hình 2. Trên hình ta thấy tải trọng tới hạn của cọc đạt tới giá trị P_{max} = 60 tấn (~600 kN) tương ứng với độ lún S = 31,6mm (>10%D = 30mm).



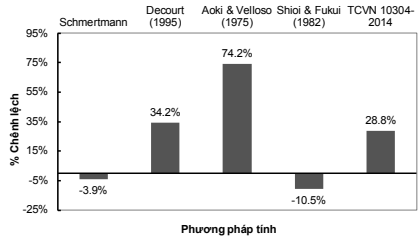
Hình 2. Đường cong quan hệ tải trọng - độ lún cọc số 37 [7]

Hình 3 biểu diễn kết quả tính toán sức chịu tải của cọc theo các phương pháp SPT và kết quả từ thử tĩnh. Các giá trị dự đoán theo phương pháp SPT được biểu diễn dưới dạng cột, trong khi kết quả thử tĩnh được thể hiện bằng đường thẳng nằm ngang, song song với trục hoành. Theo hình ta thấy, phương pháp Shioi & Fukui (1982) cho giá trị thấp nhất, đạt 537 kN, tiếp theo là phương pháp Schmertmann với 576 kN. Cả hai phương pháp này đều cho kết quả nhỏ hơn sức chịu tải tới hạn. Ngược lại, các phương pháp còn lại dự đoán giá trị cao hơn sức chịu tải tới hạn, trong đó phương pháp Aoki & Velloso (1975) cho kết quả cao nhất, lên tới 1045 kN.



Hình 3. Sức chịu tải của cọc theo các phương pháp SPT khác nhau

Hình 4 thể hiện mức độ chênh lệch của sức chịu tải theo các phương pháp so với sức chịu tải từ thử tĩnh.

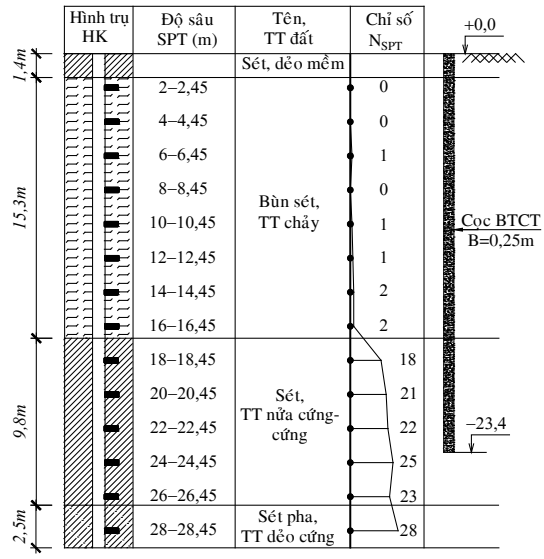


Hình 4. Phần trăm chênh lệch giữa sức chịu tải theo các phương pháp SPT so với thử tĩnh

Theo hình, phương pháp Decourt (1995) có độ chênh lệch nhỏ nhất so với thử tĩnh, ở mức -3,9%, tiếp theo là phương pháp Shioi & Fukui (1982) với -10,5%. Ngược lại, sức chịu tải dự đoán theo phương pháp SPT của TCVN 10304:2014 lớn hơn so với kết quả thử tĩnh 28,8%, trong khi phương pháp Aoki & Velloso (1975) có sự chênh lệch lớn nhất, lên tới 74,2%.

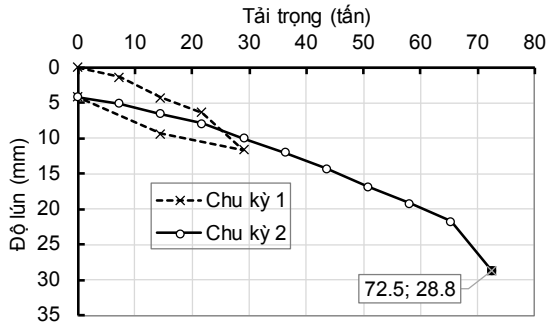
3.6.2. Địa chất 2 (ĐC2): Cọc xuyên qua lớp sét yếu và mũi cọc nằm trong lớp sét cứng

Xét công trình Trường THCS Phú Điền, xã Phú Điền, huyện Tháp Mười, tỉnh Đồng Tháp. Địa chất khu vực xây dựng được khảo sát bởi Liên hiệp Địa kỹ thuật nền móng công trình. Mặt cắt địa chất tại Hố khoan 1 và các chỉ số SPT tại các độ sâu được thể hiện trên Hình 5 [9].



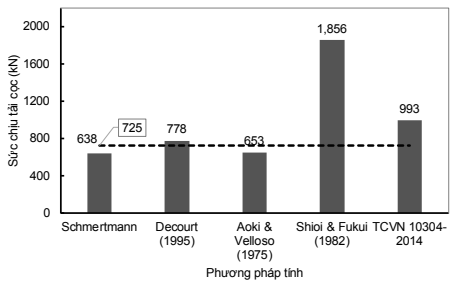
Hình 5. Mặt cắt địa chất và chỉ số SPT tại hố khoan 1 [9]

Công trình được xây dựng trên hệ móng cọc BTCT đúc sẵn tiết diện vuông, cạnh B = 250mm, chiều dài cọc 23,4m. Cọc được thử tĩnh bởi Trung tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi trường - Đại học Xây dựng Miền Tây. Hình 6 trình bày đường cong quan hệ tải trọng - độ lún của cọc thí nghiệm (cọc số 2, trục Y16-X2) [10]. Trên hình ta thấy, sức chịu tải tới hạn của cọc là P_{max} = 72,5 tấn (~725 kN), ứng với độ lún S = 28,8mm (> 10%B = 25mm).



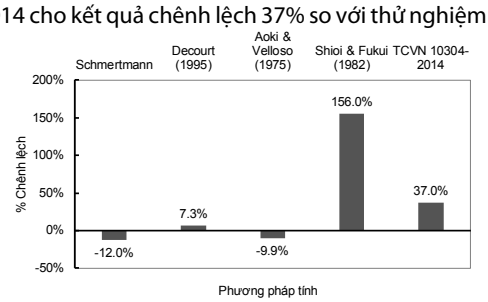
Hình 6. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ lún cọc số 2 [10]

Hình 7 minh họa sức chịu tải của cọc được dự đoán theo các phương pháp SPT khác nhau và sức chịu tải cọc từ kết quả thử tĩnh. Giá trị sức chịu tải theo các phương pháp SPT được biểu diễn dưới dạng cột, trong đó đường thẳng nằm ngang đại diện cho giá trị sức chịu tải tới hạn xác định từ thử tĩnh hiện trường. Theo hình, phương pháp Schmertmann cho kết quả thấp nhất với 638 kN, tiếp theo là phương pháp Aoki & Velloso (1975) với 653 kN. Cả hai phương pháp này đều dự đoán sức chịu tải thấp hơn sức chịu tải tới hạn. Ngược lại, ba phương pháp còn lại dự đoán giá trị cao hơn mức tới hạn, trong đó phương pháp Shioi & Fukui (1982) cho kết quả lớn nhất, đạt 1856 kN.



Hình 7. Sức chịu tải cọc theo các phương pháp SPT và theo thử tĩnh

Hình 8 thể hiện phần trăm chênh lệch giữa sức chịu tải dự đoán theo các phương pháp SPT và sức chịu tải tới hạn xác định từ thí nghiệm nén tĩnh hiện trường. Theo hình, phương pháp Decourt (1995) có mức chênh lệch thấp nhất, chỉ 7,3%. Tiếp theo là phương pháp Aoki & Velloso (1975) và phương pháp Schmertmann, với độ chênh lệch lần lượt là -9,9% và -12%. Ngược lại, phương pháp Shioi & Fukui (1982) có sự sai lệch lớn nhất, lên đến 156% so với sức chịu tải tới hạn từ thử tĩnh. Trong khi đó, phương pháp tính theo TCVN 10304:2014 cho kết quả chênh lệch 37% so với thử nghiệm nén tĩnh.



Hình 8. Chênh lệch giữa sức chịu tải cọc theo các phương pháp SPT khác nhau so với thử tĩnh

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày 5 phương pháp lý thuyết dự đoán sức chịu tải của cọc dựa trên chỉ số SPT trong 2 điều kiện địa chất ĐC1 (cọc xuyên qua đất yếu và mũi cọc tựa trong lớp cát chặt vừa) và ĐC2 (cọc xuyên qua lớp sét yếu và mũi cọc tựa trong lớp sét cứng). Sức chịu tải của cọc được tính theo các phương pháp này được so sánh với kết quả thực nghiệm (từ thí nghiệm nén tĩnh hiện trường). Một số kết luận quan trọng có thể được rút ra:

- Đối với điều kiện địa chất ĐC1, phương pháp Schmertmann và phương pháp Shioi & Fukui (1982) có sự sai khác nhỏ nhất so với thực nghiệm (lần lượt là -3,9% và -10,5%). Trong trường hợp địa chất ĐC2, phương pháp Schmertmann, Decourt (1995), và Aoki & Velloso (1975), có độ chênh lệch tương ứng là -12%, 7,3%, và -9,9%.

- Trong cả hai điều kiện địa chất, phương pháp Schmertmann đều dự đoán sức chịu tải cọc thấp hơn so với giá trị tới hạn từ thử tĩnh. Tuy nhiên, mức chênh lệch này không đáng kể. Cụ thể, độ sai lệch giữa kết quả dự đoán theo phương pháp này và sức chịu tải tới hạn từ thử tĩnh lần lượt là -3,9% (trong trường hợp địa chất ĐC1) và -12,0% (trong trường hợp địa chất ĐC2).

- Sức chịu tải cọc dự đoán theo phương pháp SPT từ tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 cho kết quả luôn lớn hơn sức chịu tải tới hạn trong cả 2 điều kiện địa chất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vũ Công Ngữ-Nguyễn Thái, "Móng cọc - Phân tích và thiết kế." NXB Khoa học và Kỹ thuật, pp. 53-60, 2006.

[2]. Bộ Khoa học và Công nghệ, "Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10304:2014." pp. 82-84, 2014.

[3]. L. Decourt, "Prediction of load-settlement relationships for foundations on the basis of the SPT-T," Ciclo Conf. Int. Leonardo Zeevaert, UNAM, Mex., pp. 85-104, 1995.

[4]. N. Aoki and & Velloso, "An approximate method to estimate the bearing capacity of piles," Soil Mech. Found. Eng., pp. 367-376, 1975.

[5]. Y. Shioi and J. Fukui, "Application of N-Value to Design of Foundations in Japan," in Proceeding of the Second European Symposium on Penetration Testing, 1982, vol. 1, no. 1982, pp. 159-166.

[6]. Công ty kiến trúc Thuận Thành (TNHH), "Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình." pp. 1-32, 2009.

[7]. Trung tâm tư vấn và Kiểm định xây dựng-Sở Xây dựng Vĩnh Long, "Báo cáo kết quả thử nghiệm cọc BTCT bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục." pp. 1-53, 2011.

[8]. Bộ Khoa học và Công nghệ, "Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9393:2012." pp. 1-25, 2012.

[9]. Liên hiệp Địa kỹ thuật nền móng công trình - Tổng Hội địa chất Việt Nam, "Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình." pp. 1-54, 2016.

[10]. Phòng thí nghiệm VLXD - Trường ĐHXD Miền Tây, "Báo cáo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc BTCT." pp. 1-22, 2017.

■Ngày nhận bài: 12/3/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao bê tông cốt thép gia cường kháng cắt bằng tấm CFRP

Proposal for adjusting the strut-and-tie model to predict the shear capacity of deep reinforced concrete beams strengthened with CFRP sheets

> THS TRẦN QUỐC TOÀN[1], TRẦN ĐẮC THÔNG[2], TS PHAN VŨ PHƯƠNG[3]*

[1]GV Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng

[2]HVCH Khoa Sau Đại học, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

[3]GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh; *Email: phuong.pv@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một nghiên cứu kiểm chứng về đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao bê tông cốt thép (BTCT) gia cường kháng cắt bằng tấm sợi các-bon (CFRP). Thông qua kiểm chứng với dữ liệu thực nghiệm, mô hình hiệu chỉnh cho thấy có sự cải thiện đáng kể về độ chính xác, giúp phản ánh đúng hơn khả năng kháng cắt thực tế của dầm cao được gia cường bằng tấm CFRP. Kết quả nghiên cứu có thể được áp dụng vào thực tế để nâng cao mức độ an toàn của công trình, giảm thiểu sai số trong dự báo khả năng chịu lực và góp phần phát triển các giải pháp gia cường hiệu quả hơn cho dầm cao sử dụng vật liệu CFRP.

Từ khóa: Khả năng kháng cắt; dầm cao bê tông cốt thép (BTCT); Gia cường CFRP; mô hình thanh chống giằng; hiệu chỉnh mô hình.

ABSTRACT

This paper presents a validation study of a proposed modification to the strut-and-tie model for predicting the shear capacity of deep reinforced concrete (RC) beams strengthened in shear with externally bonded carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) sheets. The experimental validation demonstrates that the modified model significantly improves prediction accuracy, providing a more realistic representation of the actual shear behavior of CFRP-strengthened deep beams. The findings can be applied in practice to enhance structural safety, reduce prediction errors in load-bearing capacity, and support the development of more effective strengthening solutions for deep RC beams using CFRP materials.

Keywords: Shear strength; Deep RC beams; CFRP strengthening; strut-and-Tie Model - STM; Model calibration/modification.

1. GIỚI THIỆU

Gia cường kết cấu BTCT luôn là một bài toán quan trọng trong thiết kế công trình hiện đại, đặc biệt với dầm cao - nơi chịu tác động mạnh của ứng suất cắt và có nguy cơ mất ổn định sớm. Việc sử dụng tấm CFRP để gia cường đã được chứng minh là giải pháp hiệu quả giúp nâng cao khả năng chịu lực, giảm biến dạng và kiểm soát tốt vết nứt (Deniaud và Cheng 2001, Schrnech 2001, Qu và cộng sự 2005, Godat và cộng sự 2010, Nguyễn Minh Long và Phan Vũ Phương 2015).

Tính toán khả năng kháng cắt của dầm cao, một số tiêu chuẩn thiết kế hiện hành như ACI 318 (2008), EC 2 (2004), CAN3-A23 (1994), CEB FIP MC (2010) đã giới thiệu phương pháp tính mới dựa trên mô hình thanh chống - giằng (Strut and Tie Model - STM). Tuy nhiên, sự khó khăn trong mô hình này là phụ thuộc quá nhiều vào phương thức xác định sự phân bố của ứng suất chính (kéo và nén) trong kết cấu. Trong các kết cấu phức tạp, việc tiên đoán trước quỹ đạo của các ứng suất này càng trở nên khó khăn, cần có sự hỗ trợ của phần mềm chuyên dụng và trong trường hợp gia cường tấm CFRP thì càng phức tạp hơn nhiều. Phương pháp tính toán khả năng kháng cắt của dầm cao BTCT theo mô hình thanh chống giằng trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành chưa có chỉ dẫn cụ thể cho trường hợp dầm cao khi có gia cường tấm CFRP. Tuy nhiên, kết quả thực nghiệm cho thấy việc gia cường dầm bằng tấm CFRP mang lại nhiều cải thiện đáng kể, giảm rõ rệt độ võng và tốc độ phát triển vết nứt, ứng

suất trong vùng chịu cắt được phân bố lại hợp lý hơn, đồng thời ứng suất kéo trong bê tông, cốt đai và cốt dọc đều giảm nhiều (Zhang và cộng sự 2005, Islam và cộng sự 2005). Những thay đổi này góp phần thu hẹp bề rộng vết nứt cắt, tăng cường hiệu ứng cài móc, giảm ứng suất kéo dư trong bê tông và cải thiện khả năng chịu lực của các thanh chịu nén nhờ sự thay đổi về kích thước và phân bố lực. Do đó, nếu áp dụng trực tiếp các giả định và điều khoản thiết kế trong mô hình thanh chống - giằng truyền thống cho dầm cao BTCT mà không xét đến ảnh hưởng của lớp gia cường CFRP, kết quả tính toán có thể thiếu chính xác và không phản ánh đúng bản chất làm việc thực tế của kết cấu.

Bài báo đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng (Strut-and-Tie Model - STM) theo tiêu chuẩn CEB-FIP Model Code (2010) để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao bê tông cốt thép gia cường kháng cắt bằng tấm CFRP dựa trên kết quả thực nghiệm đã có của chính các tác giả. Nghiên cứu này xét đến ảnh hưởng toàn diện của tấm CFRP trong việc phân bố lại ứng suất và tăng cường khả năng chịu lực của thanh chống từ đó dự đoán khả năng chịu lực của dầm cao gia cường CFRP sát với thực tế hơn.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Các mẫu dầm được đúc từ bê tông thương phẩm, có độ sụt 12cm. Cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo chẻ trung bình (mẫu lập phương cạnh 150 mm) lần lượt là 63.7 MPa và 6.69 MPa. Cốt dọc chịu kéo của dầm có đường kính 18, 20, 22 và 25mm; cốt dọc cấu tạo có đường kính 10 và 12mm; cốt đai có đường kính 6, 8 và 10mm. Cường độ chịu kéo của cốt thép được xác định thông qua thí nghiệm kéo 3 mẫu, giới hạn chảy và bền trung bình của cốt dọc là 330 MPa và 503 MPa, của cốt đai là 334 MPa và 508 MPa; mô đun đàn hồi của cốt thép là 200 GPa. Tấm sợi các-bon có chiều dày 0.23mm, cường độ chịu kéo đứt và mô đun đàn hồi lần lượt là 1062 MPa và 102 GPa được sử dụng gia cường cho dầm với dạng dải chữ U.

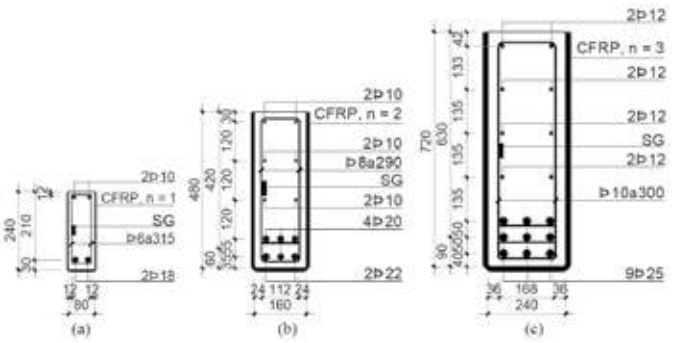
2.2. Mẫu dầm thí nghiệm

Chín dầm được chia làm ba nhóm theo tỉ lệ mô hình 1:2:3 (Hình 1). Mỗi nhóm gồm một dầm đối chứng (ký hiệu RC) và hai dầm gia cường tấm CFRP theo dải dạng U trong nhịp cắt. Hàm lượng dải gia cường bằng 0.23%. Trước khi gia cường, bề mặt bê tông dầm tại vị trí gia cường được mài bằng phẳng, không nhấp nhô, không có khuyết tật (lỗ rỗng...) và các góc dầm được bo tròn. Sau khi gia cường 7 ngày, các dầm được cho tiến hành thí nghiệm. Thông số kỹ thuật của các dầm thí nghiệm được trình bày chi tiết trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của các dầm thí nghiệm

Nhóm	Ký hiệu	$b \times h \times L$	L_0	d	a/d	ρ_s	ρ_w	w_f	s_f	t_f
		(mm)	(mm)	(mm)		(%)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)
1	RC-1	80×240×800	630	210	1.5	3.0	0.22	30	75	0.23
	CFRP-1A	80×240×800	630	210				30	75	0.23
	CFRP-1B	80×240×800	630	210				30	75	0.23
2	RC-2	160×480×1600	1260	420				60	150	0.46
	CFRP-2A	160×480×1600	1260	420				60	150	0.46
	CFRP-2B	160×480×1600	1260	420				60	150	0.46
3	RC-3	240×720×2400	1890	630				90	225	0.69
	CFRP-3A	240×720×2400	1890	630				90	225	0.69
	CFRP-3B	240×720×2400	1890	630				90	225	0.69

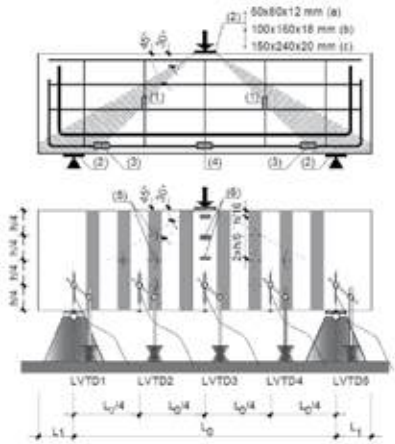
L là nhịp dầm; L_0 là nhịp tính toán dầm; d là chiều cao làm việc của dầm; a/d là tỉ số nhịp và chiều cao chịu cắt; ρ_s là hàm lượng cốt thép dọc; ρ_w là hàm lượng cốt thép đai; t_f là chiều dày tấm CFRP.



Hình 1. Tiết diện ngang của dầm: *(a) nhóm 1; (b) nhóm 2; (c) nhóm 3 (đơn vị kích thước: mm).*

2.3. Sơ đồ thí nghiệm và lắp đặt thiết bị đo đạc

Các dầm được thí nghiệm theo sơ đồ dầm đơn giản chịu tải tập trung tại giữa nhịp. Trong các dầm thuộc nhóm 1 và 2, hai cảm biến điện trở (strain gauge - SG) được sử dụng để đo biến dạng của cốt đai; riêng dầm nhóm 3 sử dụng bốn SG cho mục đích này. Ngoài ra, sử dụng sáu đến tám SG để đo biến dạng của dải tấm CFRP. Biến dạng kéo của cốt dọc được đo bằng một SG tại giữa nhịp dầm và hai SG tại nhịp chịu cắt gần gối để phân tích hiệu ứng chốt chặn của cốt dọc. Bên cạnh đó, ba SG khác được bố trí theo chiều cao tiết diện dầm để ghi nhận biến dạng nén trong bê tông. Độ võng dầm được đo thông qua năm chuyển vị kế (LVDT) bố trí dọc theo nhịp dầm (Hình 2). Các dầm được gia tải bằng kích thủy lực có khả năng gia tải đến 2000 kN, với bước gia tải 5~30 kN cho đến khi dầm bị phá hoại. Tốc độ gia tải được duy trì ở mức xấp xỉ 10 kN/phút. Ở mỗi cấp tải, các thông số gồm độ võng, biến dạng và sự phát triển vết nứt đều được ghi nhận một cách chi tiết.



Hình 2. Sơ đồ gia tải và bố trí thiết bị đo

(1) SG cốt đai; (2) tấm thép đệm; (3) SG cốt dọc gần gối; (4) SG cốt dọc giữa nhịp; (5) SG tấm CFRP; (6) SG bê tông.

3. XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG KHÁNG CẮT CỦA DẦM CAO BTCT SỬ DỤNG MÔ HÌNH STM THEO CEB FIP MODEL CODE (2010)

3.1. Mô hình thanh chống - giằng

a. Thanh chống (Struts)

Các thanh chống bê tông đại diện cho các trường ứng suất hai chiều (2D) hoặc ba chiều (3D) có xu hướng lan rộng giữa các nút. Trong mô hình hóa, các thanh chống thường được biểu diễn dưới dạng hình trụ, hình búp măng (dạng quạt) hoặc phổ biến hơn là dạng thay đổi tiết diện dọc theo chiều dài, điển hình là hình cổ chai.

Cường độ chịu nén hiệu quả của bê tông thanh chống theo CEB FIB Model Code (2010) được xác định như sau:

$$f_{ce} = k_c f_{ck} / \gamma_c \quad (3.1)$$

Với hệ số chiết giảm k_c (liên quan đến sự tồn tại của vết nứt trong kết cấu):

+ Trường hợp theo Hình 3a:

$$k_c = 1.0\left(\frac{30}{f_{ck}}\right)^{1/3} \le 1.0 \quad \left(f_{ck}\text{- MPa}\right) \quad (3.2)$$

+ Trường hợp vết nứt song song với phương chịu nén và cốt thép chịu kéo vuông góc với phương nén đó (Hình 3b):

$$k_c = 0.75\left(\frac{30}{f_{ck}}\right)^{1/3} \le 0.8 \quad \left(f_{ck}\text{- MPa}\right) \quad (3.3)$$

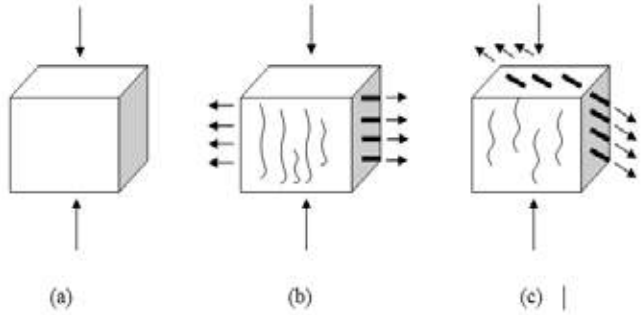
+ Trường hợp vết nứt song song với phương chịu nén và cốt thép chịu kéo theo phương xiên với vết nứt đó (Hình 3c):

$$k_c = 0.55\left(\frac{30}{f_{ck}}\right)^{1/3} \le 0.55 \quad \left(f_{ck}\text{- MPa}\right) \quad (3.4)$$

Lực tính toán của thanh chống (F_{us}) phải thỏa điều kiện:

$F_{us} \le f_{ce}.A_{cs}$ (3.5)

Trong đó: A_{cs} là diện tích tiết diện đầu thanh chống (tiết diện nhỏ nhất)



Hình 3. Các trạng thái ứng suất khác nhau: *(a) nén dọc trục; (b) lực kéo vuông góc với phương nén; (c) lực kéo nghiêng với phương nén*

b. Thanh giằng (Ties)

Các thanh giằng chịu kéo, thường được cấu tạo từ thép thanh hoặc thép ứng suất trước, được mô hình hóa dưới dạng phần tử một chiều (1D) nối giữa các nút. Các thanh giằng có thể cắt ngang qua các thanh chống; trong khi đó, các thanh chống chỉ được phép giao nhau hoặc chồng chéo tại các nút. Góc giữa trục của bất kỳ thanh giằng và thanh chống nào phải thỏa mãn điều kiện: α ≥ 25°. Trục của cốt thép trong một thanh giằng phải trùng với trục của chính thanh giằng đó

Phụ thuộc vào sự bố trí cốt thép trong thanh giằng, chiều rộng giằng hiệu quả (w_t): $w_t = d_p + 2d_c$ khi thanh giằng chỉ bố trí một lớp thép và giới hạn tối đa khi bố trí nhiều lớp thép $w_{t,max} = F_{td}/(f_{ce}.b_s)$ (**Hình 4**).

Trong đó: d_p là đường kính cốt thép trong giằng; d_c là chiều dày bê tông bảo vệ đến mép cốt thép trong giằng;

b_s là chiều rộng tính toán của thanh chống chịu nén.

Cường độ chịu kéo thiết kế của thanh giằng:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{cho thép thường} \quad (3.6)$$

$$f_{pd} = \frac{f_{p0.1k}}{\gamma_s} \quad \text{cho cáp ứng suất trước} \quad (3.7)$$

Trường hợp kết cấu có cả thép thường và cáp ứng suất trước, công thức xác định cốt thép của giằng chịu kéo:

$$F_{td} \le A_s f_{yd} + A_p\left(f_{pd} - \sigma_{p0}\right) \quad (3.8)$$

Trong đó: F_{td} là lực tính toán trong giằng chịu kéo

c. Nút (Nodes)

Trong mô hình giàn ảo, nút là điểm giao nhau của ba hoặc nhiều hơn các thanh chống và thanh giằng thẳng. Mỗi nút đại diện cho vị trí mà hướng của lực thay đổi đột ngột (dù trong thực tế sự thay đổi này diễn ra dần dần trong vùng liên kết). Có thể phân loại nút thành hai dạng chính: nút tập trung và nút phân tán.

Cường độ chịu nén hiệu quả của bê tông nút được xác định:

$$f_{ce} = k_c f_{ck} / \gamma_c \quad (3.9)$$

Với hệ số chiết giảm k_c:

+ Trường hợp nút chịu nén không có thanh giằng neo qua nút (Hình 4a):

$$k_c = 1.0\left(\frac{30}{f_{ck}}\right)^{1/3} \le 1.0 \quad \left(f_{ck}\text{- MPa}\right) \quad (3.10)$$

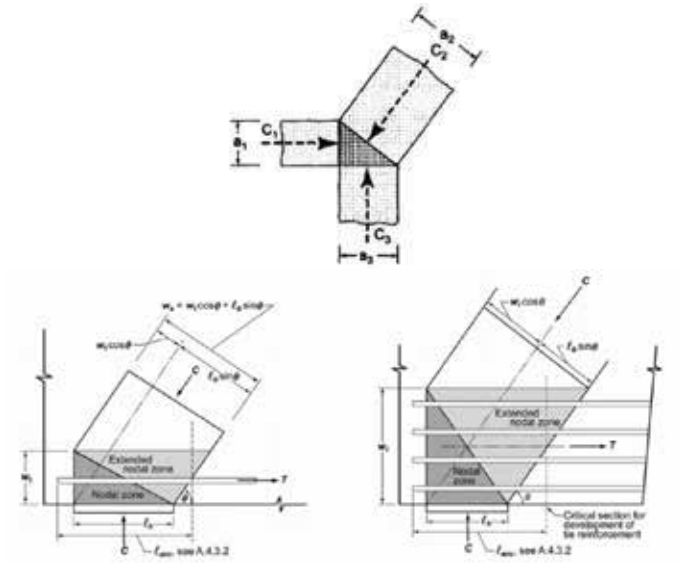
+ Trường hợp nút chịu nén - kéo có 1 thanh giằng qua nút (Hình 4b,c):

$$k_c = 0.75\left(\frac{30}{f_{ck}}\right)^{1/3} \le 1.0 \quad \left(f_{ck}\text{- MPa}\right) \quad (3.11)$$

Lực tính toán tác dụng trên mặt z của vùng nút phải đảm bảo điều kiện:

$F_{uz} \le f_{ce}.A_{nz}$ (3.12)

Trong đó: A_{nz} là diện tích mặt z vuông góc với phương lực tính toán.



Hình 4. Nút: (a) nút không có thanh giằng; (b) nút có 1 lớp thép giằng; (c) nút có nhiều lớp thép giằng

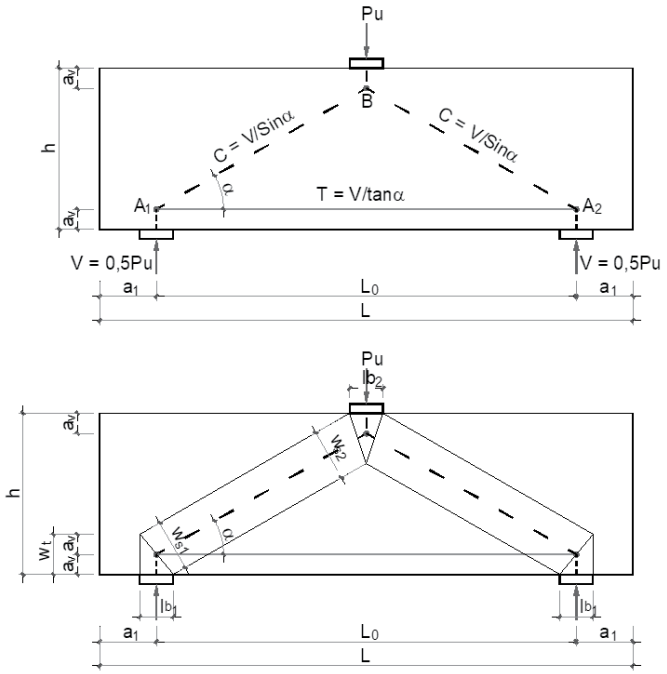
3.2. Khả năng kháng cắt của dầm

a. Mô hình tính

Mô hình thanh chống - giằng (STM) theo CEB FIB Model Code (2010) được thiết lập như Hình 5. Mô hình được tạo nên từ 2 thanh chống và 1 thanh giằng; các thanh chống đối xứng và nghiêng một góc α so với thanh giằng. Mô hình này được sử dụng phổ biến để xác định khả năng kháng cắt của dầm cao và cũng được trình bày chi tiết trong một số các tiêu chuẩn hiện hành (ACI 445.1R, 1999, ACI 318, 2008).

Thông thường, mô hình tối ưu là mô hình trong đó các tải trọng được truyền theo quỹ đạo ngắn nhất, với độ lớn lực nhỏ nhất và biến dạng tối thiểu. Do các thanh giằng (chịu kéo) có xu hướng biến dạng lớn hơn so với các thanh chống (chịu nén), một mô hình gồm số lượng thanh giằng tối thiểu với chiều dài ngắn nhất thường được xem là hiệu quả hơn. Schlaich và cộng sự (1987) đề xuất tiêu chí tối ưu hóa dưới dạng biểu thức đơn giản: $\Sigma F_i l_i \varepsilon_{mi}$ = minimum, trong đó: F_i là lực trong các thanh thứ i; l_i là chiều dài của thanh đó; ε_{mi} là biến dạng dọc trục tương ứng. Ngoài ra, ACI 318 (2008) cũng quy định rằng góc giữa hai thanh trong hệ thanh tại một nút bất kỳ không được nhỏ hơn 25°.

Trong mô hình, các nút A_1 và nút A_2 được định vị cách đáy dầm một khoảng $a_v = 0.125h$ (khoảng cách từ trọng tâm cốt thép dọc của thanh giằng đến mép dưới của dầm). Nút B được giả định cách mặt trên dầm một khoảng $a_v = 0.125h$.



Hình 5. Mô hình thanh chống - giằng (STM) cho dầm cao chịu uốn 3 điểm

b. Cường độ chịu nén của thanh chống và nút f_{ce}

Cường độ chịu nén hiệu quả của nút và thanh chống được xác định theo kết quả thí nghiệm nén mẫu bê tông. Trong đó:

$f_{ck} = f_{cm}$ - 8 (MPa);

α_{cc} = 0.95 - Hệ số kể đến ảnh hưởng dài hạn đến cường độ chịu nén của bê tông và trường hợp đặt tải không thuận lợi;

γ_c = 1.5 - Hệ số an toàn của bê tông, cho trường hợp cố định và dài hạn (transient and persistent situation);

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ (MPa).

Xét nút A_1 và A_2 (C-C-T):

$k_c = 0.75(30/f_{ck})^{1/3} \le 1.0 \rightarrow f_{ce1} = k_c f_{cd}$ (MPa).

Xét nút B (C-C-C):

$k_c = 1.00(30/f_{ck})^{1/3} \le 1.0 \rightarrow f_{ce2} = k_c f_{cd}$ (MPa).

Xét thanh chống A_1B, A_2B:

$k_c = 0.55(30/f_{ck})^{1/3} \le 1.0$ (trường hợp dãy chịu nén có vết nứt dọc trục và có cốt thép chịu kéo theo phương xiên với lực nén, trích theo mục 7.3-51 của CEB-FIP 2010, Vol. 2).

$\rightarrow f_{ce3} = k_c f_{cd}$ (MPa).

c. Cường độ chịu kéo của thép giằng f_{yd}

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ (3.13)

Trong đó: f_{yk} là cường độ chảy dẻo của thép; γ_s = 1.15

d. Khả năng kháng cắt theo thiết kế $P_{u,design}$ ($\alpha = 30°$)

Xét nút A_1, A_2, có bề rộng nút vuông góc với phản lực gối là l_{b1} (mm):

$\rightarrow$ Tải trọng cực hạn: $P_{u1} = l_{b1}.b_1.f_{ce1}/0.5$ (kN) (3.14)

Xét nút B, có bề rộng nút vuông góc với tải trọng thí nghiệm là l_{b2} (mm):

$\rightarrow$ Tải trọng cực hạn: $P_{u2} = l_{b2}.b_1.f_{ce2}$ (kN) (3.15)

Xét thanh chống xiên A_1B và A_2B, với bề rộng thanh chống $w_s = w_{s1} = w_{s2}$: $w_s = w_t.\cos\alpha + l_{b1}.\sin\alpha$ (mm)

$\rightarrow$ Tải trọng cực hạn: $P_{u3} = w_s.b_1.f_{ce3}/1.00$ (kN) (3.16)

Xét thanh giằng A_1A_2, với diện tích A_s (m^2):

$\rightarrow$ Tải trọng cực hạn: $P_{u4} = A_s.f_{yd}/0.87$ (kN) (3.17)

Từ đó ta có: $P_{u,design} = \min(P_{u1}; P_{u2}; P_{u3}; P_{u4})$ (kN)

Bảng 2. Khả năng kháng cắt theo thiết kế của các dầm

Loại dầm	f_{ce1} (MPa)	f_{ce2} (MPa)	P_{u1} (kN)	P_{u2} (kN)	P_{u3} (kN)	P_{u4} (kN)	$P_{u,design}$ (kN)
Dầm RC-1	18810	24910	150	100	84	154	84
Dầm RC-2	18810	24910	602	399	337	587	337
Dầm RC-3	18810	24910	1354	897	755	1228	755

e. Khả năng kháng cắt theo lý thuyết $P_{u,theory}$ ($\alpha = 30°$)

Trong quá trình tính toán khả năng chịu lực của dầm cao BTCT, để đảm bảo kết quả tính toán theo lý thuyết mô hình thanh chống - giằng có thể so sánh tương đồng với kết quả thí nghiệm, tất cả các hệ số an toàn vật liệu, hệ số an toàn kết cấu, hệ số làm việc giả thuyết đều lấy bằng 1.

Cường độ chịu nén hiệu quả của nút và thanh chống f_{ce} được xác định theo kết quả thí nghiệm nén mẫu bê tông. Trong đó:

$f_{ck} = f_{cm}$ (MPa);

α_{cc} = 1 - Hệ số kể đến ảnh hưởng dài hạn đến cường độ chịu nén của bê tông và trường hợp đặt tải không thuận lợi;

γ_c = 1,0 - Hệ số an toàn của bê tông, cho trường hợp cố định và dài hạn;

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ (MPa);

Bảng 3. Khả năng kháng cắt theo lý thuyết của các dầm

Loại dầm	f_{ce1} (MPa)	f_{ce2} (MPa)	P_{u1} (kN)	P_{u2} (kN)	P_{u3} (kN)	P_{u4} (kN)	$P_{u,theory}$ (kN)
Dầm RC-1	32860	43990	263	178	149	203	149
Dầm RC-2	32860	43990	1052	704	594	777	594
Dầm RC-3	32860	43990	2366	1584	1331	1640	1331

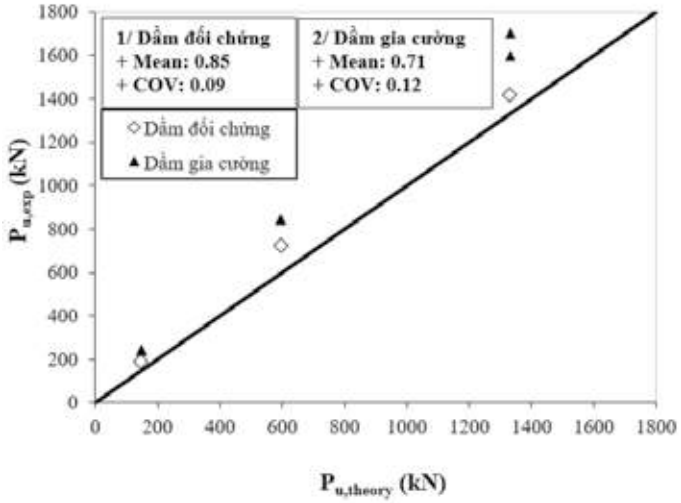
3.3. So sánh và nhận xét kết quả tính toán theo lý thuyết và thực nghiệm

Kết quả tính toán trong Bảng 4 và Hình 6 cho thấy, mô hình tính toán thanh chống - giằng (STM) cho giá trị dự đoán sát với giá trị thực nghiệm và ổn định trong trường hợp dầm đối chứng. Tuy nhiên, đối với dầm gia cường, kết quả dự đoán thấp hơn khá nhiều. Điều này thể hiện rõ qua giá trị trung bình của tỉ số $P_{u,theoory}/P_{u,exp}$ trong trường hợp dầm đối chứng (TH1) bằng 0.85 và hệ số biến thiên COV tương ứng bằng 0.09; trong trường hợp của dầm gia cường (TH2), các giá trị này lần lượt là Mean = 0.71 và COV = 0.12.

Nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch lớn như trên là do mô hình tính toán thanh chống giằng hiện đang áp dụng không xét đến yếu tố gia cường tấm CFRP cho dầm cao mà chỉ áp dụng đơn thuần cho dầm cao bê tông cốt thép thông thường có hoặc không có vết nứt dọc trục thanh chống. Thực tế kết quả thí nghiệm cho thấy khi gia cường tấm CFRP giúp gia tăng đáng kể khả năng chịu lực của dầm cao BTCT. Do đó vấn đề hiệu chỉnh mô hình thanh chống giằng trong trường hợp trên là rất quan trọng trong việc dự đoán sát với khả năng chịu lực của dầm cao gia cường tấm CFRP.

Bảng 4. So sánh khả năng kháng cắt theo dự đoán với thực nghiệm của các dầm

Nhóm	Tên dầm	$P_{u,design}$ (kN)	$P_{u,theory}$ (kN)	$P_{u,exp}$ (kN)	$P_{u,design}/P_{u,exp}$	$P_{u,theory}/P_{u,exp}$	
1	RC-1	**84**	**149**	190	0.44	0.78	
	CFRP-1A	84	149	240	0.35		0.62
	CFRP-1B	84	149	235	0.36		0.63
2	RC-2	**337**	**594**	720	0.47	0.83	
	CFRP-2A	337	594	840	0.40		0.71
	CFRP-2B	337	594	840	0.40		0.71
3	RC-3	**755**	**1331**	1420	0.53	0.94	
	CFRP-3A	755	1331	1600	0.47		0.83
	CFRP-3B	755	1331	1700	0.44		0.78
Dầm cao	Giá trị trung bình (Mean)					**0.85**	**0.71**
	Hệ số biến thiên (COV)					**0.09**	**0.12**

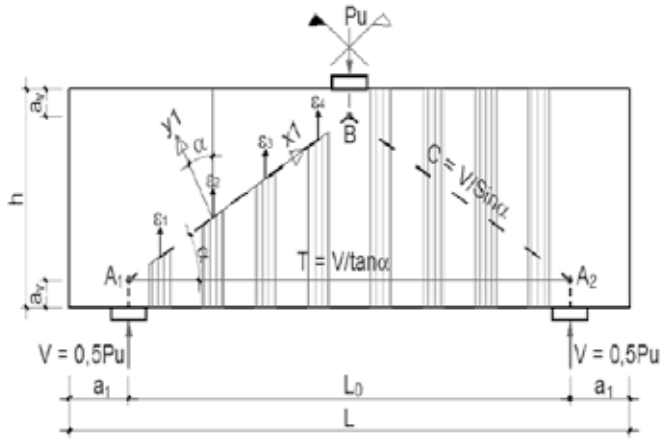


Hình 6. So sánh khả năng kháng cắt theo dự đoán với thực nghiệm của các dầm

4. ĐỀ XUẤT HIỆU CHỈNH MÔ HÌNH THANH CHỐNG - GIẰNG ĐỂ DỰ ĐOÁN KHẢ NĂNG KHÁNG CẮT CHO DẦM CAO BTCT GIA CƯỜNG KHÁNG CẮT BẰNG TẤM CFRP

4.1. Hiệu chỉnh thanh chống

Kết quả thực nghiệm của Nguyễn Minh Long và Phan Vũ Phương (2015) cho thấy gia cường tấm CFRP giúp tái phân bố lại ứng suất trong nhịp cắt (giảm ứng suất kéo trong cốt đai), tăng khả năng chịu kéo xiên và khả năng kháng nén của bê tông, từ đó gián tiếp làm tăng độ cứng dọc trục của thanh chống và dẫn đến làm tăng khả năng kháng cắt của các dầm thí nghiệm. Việc xét ảnh hưởng của tấm gia cường đến khả năng kháng nén của các thanh chống trong mô hình STM là cần thiết, giúp cho việc dự đoán khả năng kháng cắt của dầm cao được chính xác hơn. Ảnh hưởng này được đề xuất tính toán theo nguyên lý cộng tác dụng. Theo đó, đối với dầm gia cường tấm CFRP, khả năng kháng nén của thanh chống được xác định bằng tổng khả năng chịu lực của thanh chống bê tông và của tấm gia cường CFRP (**Hình 7**).



Hình 7. Sơ đồ minh họa sự phân phối biến dạng tấm gia cường đóng góp thêm khả năng chịu lực cho thanh chống trong mô hình tính toán thanh chống giằng

Khả năng chịu lực của thanh chống sau khi gia cường tấm CFRP được xác định như sau:

$$P_{u\text{-}strut} = P_{u,c} + P_f \quad (4.1)$$

$$P_{u,c} = P_{u3} \quad (4.2)$$

$$P_f = \sum_{i=0}^{n} A_{fi}\,\varepsilon_{fi}.\frac{E_f d}{s_f}.\cos(90-\alpha) \quad (4.3)$$

Trong đó: P_f là tải trọng tăng thêm của thanh chống khi gia cường tấm CFRP (N); A_{fi} là diện tích mặt cắt ngang của dải gia cường thứ i có vết nứt phá hoại đi qua (mm^2); ε_{fi} là biến dạng cực hạn của dải tấm gia cường thứ i; E_f là mô đun dàn hồi của tấm gia cường (N/mm^2); d là chiều cao làm việc của dầm (mm); s_f là khoảng cách giữa các trục dải tấm gia cường (mm); α là góc hợp bởi phương của vết nứt xiên phá hoại với trục ngang của dầm.

4.2. Hiệu chỉnh cường độ chịu nén hiệu quả của nút

Kết quả thực nghiệm của Nguyễn Minh Long và Phan Vũ Phương (2015) cho thấy đối với dầm gia cường nhóm 1 bê tông vùng nút bị nén vỡ khi dầm bị phá hoại, trong khi hiện tượng này không xảy ra với các dầm gia cường nhóm 2 và 3. Thực tế này giải thích cho việc biến dạng nén cực hạn của dầm gia cường nhóm 1 tăng nhiều nhất so với dầm đối chứng (Δ = 1.74 lần). Điều này cũng hàm ý rằng, tấm gia cường CFRP ngoài việc giúp tăng khả năng chịu lực của thanh chống, còn giúp làm tăng biến dạng nén cực hạn của bê tông vùng chịu nén, qua đó giúp làm tăng cường độ chịu nén hiệu quả của nút so với dầm đối chứng. Như vậy, đối với các dầm gia cường, cần thiết xét đến hiệu ứng này cho việc xác định cường độ kháng nén của nút nhằm đảm bảo cho việc dự đoán được chính xác.

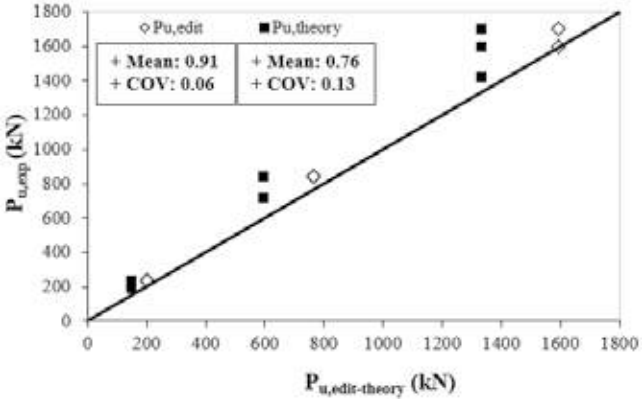
Sự gia tăng cường độ chịu nén hiệu quả của nút được xác định thông qua tham số $\delta = \Delta/\gamma_m$, với hệ số chiết giảm γ_m = 1.35 do ảnh hưởng của vật liệu trong quá trình chế tạo [theo bảng A1.2 (A&B) của EN 1990:2002]. Như vậy, cường độ chịu nén hiệu quả của nút trong trường hợp dầm gia cường tăng 29% (1.74/1.35 = 1.29).

4.3. Khả năng chịu lực của các dầm sau khi hiệu chỉnh

Khả năng kháng cắt của các dầm tính toán theo mô hình thanh chống giằng hiệu chỉnh được tổng hợp trong Bảng 5 và thể hiện trên Hình 8. Kết quả tính toán cho thấy, mô hình nguyên thủy dự đoán tải trọng cực hạn của dầm gia cường tấm CFRP sai lệch nhiều và không ổn định; thể hiện qua giá trị trung bình của tỉ số $P_{u,theory}/P_{u,exp}$ lần lượt là Mean = 0.76 và COV = 0.13. Trong khi đó, mô hình hiệu chỉnh cho giá trị dự đoán sát với giá trị thực nghiệm và ổn định hơn thể hiện rõ qua giá trị trung bình của tỉ số $P_{u,edit}/P_{u,exp}$ lần lượt là Mean = 0.91 và COV = 0.06.

Bảng 5. Sự chênh lệch giữa tải trọng tính toán theo mô hình thanh chống giằng đã hiệu chỉnh với thực nghiệm

Nhóm	Tên dầm	ε_{fj} (‰)	$P_{u,design}$ (kN)	$P_{u,theory}$ (kN)	$P_{u,exp}$ (kN)	$P_{u,design}/P_{u,exp}$	$P_{u,theory}/P_{u,exp}$	CT hiệu chỉnh	
								$P_{u,mod}$ (kN)	$P_{u,mod}/P_{u,exp}$
1	RC-1	-	**84**	**149**	190	0.44	0.78	**149**	
	CFRP-1A	6.5	84	149	240	0.35	0.62	201	0.84
	CFRP-1B	6.71	84	149	235	0.36	0.63	201	0.86
2	RC-2	-	**337**	**594**	720	0.47	0.83	**594**	
	CFRP-2A	5.51	337	594	840	0.40	0.71	764	0.91
	CFRP-2B	5.3	337	594	840	0.40	0.71	764	0.91
3	RC-3	-	**755**	**1331**	1420	0.53	0.94	**1331**	
	CFRP-3A	3.7	755	1331	1600	0.47	0.83	1594	1.00
	CFRP-3B	4.1	755	1331	1700	0.44	0.78	1594	0.94
Dầm cao	Giá trị trung bình (Mean)						**0.76**		**0.91**
	Hệ số biến thiên (COV)						**0.13**		**0.06**



Hình 8. So sánh khả năng chịu lực của dầm gia cường tấm CFRP theo mô hình tính toán thanh chống giằng hiệu chỉnh với thực nghiệm

5. KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày một nghiên cứu kiểm chứng về đề xuất hiệu chỉnh mô hình thanh chống - giằng để dự đoán khả năng kháng cắt cho dầm cao BTCT gia cường kháng cắt bằng tấm CFRP dựa trên kết quả thực nghiệm gồm chín dầm được chia làm ba nhóm theo tỉ lệ mô hình 1:2:3. Căn cứ trên kết quả đạt được từ nghiên cứu này, một số kết luận được rút ra như sau:

(1) Mô hình tính toán thanh chống giằng nguyên thủy dự đoán tải trọng cực hạn của dầm gia cường tấm CFRP sai lệch nhiều và không ổn định; thể hiện qua giá trị trung bình của tỉ số $P_{u,theory}/P_{u,exp}$ lần lượt là Mean = 0.76 và COV = 0.13. Trong khi đó, mô hình tính toán thanh chống giằng hiệu chỉnh cho giá trị dự đoán sát với giá trị thực nghiệm và ổn định hơn thể hiện rõ qua giá trị trung bình của tỉ số $P_{u,edit}/P_{u,exp}$ lần lượt là Mean = 0.91 và COV = 0.06.

(2) Nghiên cứu này không chỉ cung cấp một phương pháp tiếp cận chính xác hơn trong việc đánh giá khả năng kháng cắt của dầm cao gia cường bằng tấm CFRP, mà còn đưa ra những đề xuất quan trọng nhằm tối ưu thiết kế kết cấu. Kết quả nghiên cứu có thể được áp dụng vào thực tế để nâng cao độ an toàn của công trình, giảm thiểu sai số trong dự báo khả năng chịu lực và góp phần phát triển các giải pháp gia cường hiệu quả hơn cho dầm cao sử dụng vật liệu CFRP.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ của các cộng sự và các số liệu thực nghiệm dùng để hiệu chỉnh được trích dẫn từ nghiên cứu của Nguyễn Minh Long và Phan Vũ Phương (2015).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Deniaud, C., and Roger Cheng, J. J. (2001). Shear Behavior of Reinforced Concrete T-Beams with Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymer Sheets. ACI Structural Journal.

[2]. Schnerch, D. (2001). Shear Beavior of Large-scale Concrete Beams Strengthened with Fibre Reinforced Polymer (FRP) Sheets. Master of Science, University of Manitoba, Canada.

[3]. Qu, Z., Lu, X. Z., Ye., and L. P, (2005). Size Effect of Shear Contribution of Externally Bonded FRP U Jackets for RC Beams. International Institute for FRP in Construction

[4]. Godat et al. (2010). Size Effects for Reinforced Concrete Beams Strengthened in Shear with CFRP Strips. Journal of Composites for Construction ASCE, May - June, 2010.

[5]. Nguyễn Minh Long và Phan Vũ Phương. (2015). Ứng xử cắt của dầm cao có sẵn vết nứt được phục hồi bằng vật liệu CFRP; Ảnh hưởng của kích thước tiết diện. Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ TP.HCM (CESTI). Available at: http://www.cesti.gov.vn/tai-lieu/213507 [Accessed 23 Mar. 2025].

[6]. ACI 318-08: "Building Code Requirements for Structural Soncrete and Commentary". ACI Manual of Concrete Practice, Farmington Hills, Michigan.

[7]. EN 1992-1-1: Eurocode 2: "Design of concrete structures"

[8]. A23.3-94: "Design of Concrete Structures: Structures (design)".

[9]. Ceb fip model code. (2010). V. 1&2.

[10]. Zhang, Z., and Hsu, C. T. T. (2005). Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Carbon-Fiber-Reinforced Polymer Laminates. J. Compos. Construct., 9, No. 2, pp. 158-169.

[11]. Islam, M. R., Mansur, M. A., and Maalej, M. (2005). Shear Strengthening of RC Deep Beams Using Externally Bonded FRP Systems. Cement & Concrete Composite 27, in www.sciencedirect.com, pp. 413-420.

[12]. ACI 445.1R, 1999: "Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete".

[13]. Schlaich, J., Schäfer, K., & Jennewein, M. (1987). "Toward a Consistent Design of Structural Concrete" - Journal of the Prestressed Concrete Institute (PCI Journal), Vol. 32, No. 3, pp. 74-150.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 31/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2025

Tính toán mô men kháng nứt của tiết diện bê tông cốt thép theo mô hình ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng của bê tông

Calculation of cracking moment of reinforced concrete section based on tri-linear stress-strain diagram of concrete

> TS NGUYỄN VIỆT HƯNG*, VÕ QUỐC HÙNG, THS NGUYỄN THÀNH NHÂN
Khoa Xây dựng, Trường Đại học Công nghệ TP.HCM (HUTECH)
> Email: nv.hung@hutech.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày chi tiết phương pháp xác định mô men kháng nứt của tiết diện bê tông cốt thép (BTCT) hình chữ nhật có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông được đơn giản hóa dưới dạng biểu đồ ứng suất - biến dạng ba đoạn thẳng theo quy định của TCVN 5574-2018. Công thức thiết lập đã được kiểm chứng thực nghiệm với hầu hết các sai số nhỏ hơn 7%. Bài báo cũng thực hiện so sánh các giá trị mô men kháng nứt tính toán theo TCVN 5574-2018 dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi và tính toán theo các mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng và ba đoạn thẳng ứng với các hàm lượng cốt thép khác nhau. Kết quả tính toán chỉ ra rằng: (1) mô men kháng nứt tính toán theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng và ba đoạn thẳng có giá trị gần như nhau, sai lệch giữa hai phương pháp trung bình khoảng 1.5%; (2) phương pháp xác định mô men kháng nứt theo TCVN 5574-2018 dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi đánh giá thấp đáng kể mô men kháng nứt của tiết diện so với các công thức được thiết lập có xét tới ứng xử phi tuyến của bê tông, đặc biệt trong trường hợp tiết diện có hàm lượng cốt thép lớn; (3) mô men kháng nứt tăng tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng cốt thép chịu kéo và cốt thép chịu nén, mức độ tăng là đáng kể, đặc biệt khi tính toán theo các công thức có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông và khi tiết diện có hàm lượng cốt thép chịu kéo lớn; (4) ảnh hưởng của cốt thép chịu nén tới mô men kháng nứt không đáng kể so với ảnh hưởng của cốt thép chịu kéo.

Từ khóa: Bê tông cốt thép; mô men kháng nứt; ứng xử phi tuyến, mô hình ba đoạn thẳng.

ABSTRACT

This paper presents in detail the method for determining the cracking moment of rectangular reinforced concrete sections, taking into account the nonlinear behavior of concrete, which is simplified as the tri-linear stress–strain diagram according to TCVN 5574-2018. The analytical formula has been experimentally validated with most errors less than 7%. The paper has also compared the cracking moment calculated according to TCVN 5574 - 2018 based on the elastic material assumption and calculated according to the formulas established based on the bi-linear and tri-linear stress-strain diagrams corresponding to different reinforcement ratios. The calculation results have shown that: (1) the cracking moments calculated according to the bi-linear and tri-linear models are nearly identical, with an average deviation of about 1.5%; (2) the method presented in TCVN 5574-2018, which is based on the elastic material assumption, significantly underestimates the cracking moment of the section compared to the formulas that consider the nonlinear behavior of concrete, especially in cases of high reinforcement ratios; (3) the cracking moment increases linearly with both tensile and compressive reinforcement ratios, the increase is significant, especially when calculated according to formulas taking into account the nonlinear behavior of concrete and when the tensile reinforcement ratio is high; (4) the influence of compressive reinforcement on the cracking moment is negligible compared to that of tensile reinforcement.

Keywords: reinforced concrete, cracking moment, nonlinear behavior, tri-linear model.

1. GIỚI THIỆU

Tính toán và kiểm tra sự hình thành vết nứt trong bê tông là một trong những nội dung quan trọng khi thiết kế các kết cấu BTCT làm việc trong môi trường xâm thực hoặc có những yêu cầu nâng cao về khả năng chống thấm và độ bền lâu. Đối với những kết cấu này, tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574-2018 (§4.3, §8.2.1.2) [1] không cho phép sự xuất hiện của các vết nứt trong bê tông. Khi đó, kết cấu cần phải được thiết kế sao cho mô men uốn gây ra bởi tải trọng tính toán (có xét đến hệ số độ tin cậy về tải trọng) không được vượt quá mô men kháng nứt của tiết diện.

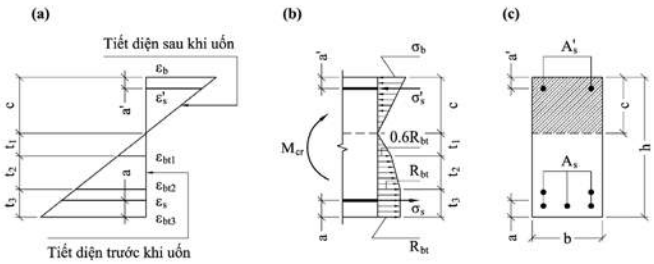
Việc xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT theo các công thức trình bày trong các tiêu chuẩn thiết kế [1, 2, 3] tương đối đơn giản, tuy nhiên, nhiều nghiên cứu [4, 5, 6, 7, 8] đã chỉ ra rằng các công thức này đánh giá thấp đáng kể mô men kháng nứt của tiết diện. Điều này một mặt là do các tiêu chuẩn thiết kế chưa xét đến ứng xử phi tuyến của vùng bê tông chịu kéo và mặt khác bỏ qua ảnh hưởng của cốt thép khi tính toán mô men kháng nứt của tiết diện. Thực tế, bê tông bắt đầu bị nứt khi biến dạng kéo của bê tông đạt tới giá trị giới hạn, ứng suất kéo trong bê tông khi đó cũng đạt tới cường độ chịu kéo. Tuy nhiên, khi giả thiết rằng bê tông ứng xử đàn hồi tuyến tính cho đến khi ứng suất kéo trong bê tông đạt tới cường độ chịu kéo thì bê tông bị nứt, biến dạng kéo trong bê tông khi đó vẫn còn khá nhỏ so với giá trị giới hạn gây nứt bê tông. Ngoài ra, cốt thép chịu kéo có tác dụng làm giảm ứng suất và biến dạng của vùng bê tông chịu kéo, việc bỏ qua ảnh hưởng của cốt thép khi tính toán mô men kháng nứt dẫn đến sự đánh giá thấp đáng kể khả năng chống nứt của tiết diện, đặc biệt trong trường hợp cấu kiện có hàm lượng cốt thép chịu kéo lớn. Mặc dù TCVN 5574-2018 [1] đã đưa vào hệ số hiệu chỉnh nhằm xét tới ứng xử phi tuyến của vùng bê tông chịu kéo, tuy nhiên, việc dùng chung một giá trị hiệu chỉnh cho các loại tiết diện khác nhau (chữ nhật và chữ T), cho các cấp cường độ chịu nén khác nhau của bê tông và cho các hàm lượng cốt thép khác nhau đã được chỉ ra là chưa chính xác [7, 8].

Nhiều nghiên cứu lý thuyết đã được thực hiện nhằm đánh giá chính xác hơn mô men kháng nứt của tiết diện BTCT có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông. Valivonis và Skuturna [9] đã đề xuất công thức xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT được gia cố bằng tấm sợi carbon, tuy nhiên tác giả đã không trình bày phương pháp thiết lập công thức, kết quả tính toán cũng có sai lệch đáng kể so với thực nghiệm. Đạo và Tùng [7] cũng đã thiết lập công thức xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông được đơn giản hóa dưới dạng biểu đồ hai đoạn thẳng theo TCVN 5574-2018 [1]. Song tác giả đã không xét tới ảnh hưởng của cốt thép chịu kéo và chịu nén. Ngoài ra, biến dạng mà từ đó trở đi bê tông đạt cường độ chịu kéo trong mô hình hai đoạn thẳng được tiêu chuẩn quy định bằng 0.008% [1] mà không được tính toán dựa theo mô đun đàn hồi của bê tông như trong bài báo. Cũng dựa trên biểu đồ ứng suất - biến dạng hai đoạn thẳng của bê tông, Hiệp và Duy [10] cũng đã thiết lập công thức tính toán mô men kháng nứt của tiết diện dầm bê tông sử dụng đồng thời cốt thép và sợi polymer. Tuy nhiên, thay vì lấy mô đun đàn hồi, tác giả đã sử dụng mô đun biến dạng quy đổi khi tính toán ứng suất nén của bê tông. Thực tế, khi bê tông bị nứt, biến dạng và ứng suất nén trong bê tông vẫn rất nhỏ, bê tông vẫn ứng xử đàn hồi tuyến tính [1]. Việc lấy mô đun biến dạng quy đổi để tính toán ứng suất nén trong bê tông chỉ phù hợp khi xác định mô men giới hạn của tiết diện bê tông cốt thép có xét đến ứng xử phi tuyến được đơn giản hóa dưới dạng biểu đồ ứng suất - biến dạng hai đoạn thẳng của vùng bê tông chịu nén. Những sai sót trong việc thiết lập công thức xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT ứng với biểu đồ ứng suất - biến dạng hai đoạn thẳng của bê tông theo TCVN 5574-2018 [1] đã được sửa chữa trong nghiên cứu của Hưng và cộng sự [8]. Bài báo này, tác giả sẽ trình bày phương pháp xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT một cách chính xác hơn, xét đến ứng xử phi tuyến của vùng bê tông chịu kéo theo mô hình ba đoạn thẳng quy định trong TCVN 5574-2018 [1]. Bài báo cũng so sánh mô men kháng nứt tính toán theo công thức gần đúng trình bày trong TCVN 5574-2018 [1] với mô men kháng nứt có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông theo mô hình hai đoạn thẳng và mô hình ba đoạn thẳng. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép chịu kéo và cốt thép chịu nén đối với mô men kháng nứt của tiết diện cũng được trình bày trong bài báo.

2. TÍNH TOÁN MÔ MEN KHÁNG NỨT THEO MÔ HÌNH ỨNG XỬ PHI TUYẾN BA ĐOẠN THẲNG CỦA BÊ TÔNG

Việc xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT hình chữ nhật có xét đến ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng của bê tông được thực hiện dựa trên các giả thiết thể hiện trên Hình 1, bao gồm:

- Tiết diện ngang phẳng vẫn phẳng sau khi biến dạng (Hình 1.a);
- Cốt thép chịu kéo và chịu nén ứng xử đàn hồi tuyến tính (ứng suất tỉ lệ với biến dạng);
- Bê tông vùng chịu nén ứng xử đàn hồi tuyến tính (ứng suất tỉ lệ với biến dạng), biểu đồ ứng suất trong vùng bê tông chịu nén có dạng hình tam giác (Hình 1.b);
- Bê tông vùng chịu kéo ứng xử phi tuyến, biểu đồ ứng suất trong vùng bê tông chịu kéo được đơn giản hóa dưới dạng ba đoạn thẳng (Hình 1.b) theo quy định của TCVN 5574-2018 (§6.1.4.4) [1];
- Các giá trị biến dạng kéo tương đối εbt1, εbt2, εbt3 của bê tông (Hình 1.a) ứng với mô hình ba đoạn thẳng được lấy theo quy định của TCVN 5574-2018 (§6.1.4.4) [1], lần lượt có giá trị εbt1 = 0.6 Rbt / Eb, εbt2 = 0.010% và εbt3 = 0.015% (Rbt là cường độ chịu kéo tính toán của bê tông khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai, Eb là mô đun đàn hồi của bê tông);
- Bê tông bị nứt khi đạt tới ứng suất kéo Rbt (cường độ chịu kéo tính toán của bê tông khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai) và biến dạng kéo εbt3 = 0.015%;
- Phân tố cấu kiện ở trạng thái cân bằng, thỏa mãn các điều kiện cân bằng lực và cân bằng mô men.



Hình 1. Sơ đồ tính toán mô men kháng nứt của tiết diện BTCT:
(a) biểu đồ biến dạng; (b) biểu đồ ứng suất; (c) tiết diện ngang của cấu kiện

Từ giả thiết tiết diện ngang phẳng vẫn phẳng sau khi biến dạng (Hình 1.a), dựa trên nguyên lý tam giác đồng dạng, ta có thể xác định được các biến dạng tương đối và chiều cao của vùng bê tông chịu kéo như sau:

- Biến dạng tương đối của thớ bê tông chịu nén ngoài cùng

$$\varepsilon_b = \left(\frac{c}{h-c}\right)\varepsilon_{bt3} = \left(\frac{\xi}{1-\xi}\right)\varepsilon_{bt3} \quad (1)$$

- Biến dạng tương đối tại trọng tâm cốt thép chịu kéo

$$\varepsilon_s = \left(\frac{h-c-a}{h-c}\right)\varepsilon_{bt3} = \left(1-\frac{a/h}{1-\xi}\right) \quad (2)$$

Biến dạng tương đối tại trọng tâm cốt thép chịu nén

$$\varepsilon'_s = \left(\frac{c-a'}{h-c}\right)\varepsilon_{bt3} = \left(\frac{\xi-a'/h}{1-\xi}\right) \quad (3)$$

Chiều cao của vùng bê tông chịu kéo có ứng suất phân bố hình tam giác

$$t_1 = (h-c)\frac{\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}} = h(1-\xi)\frac{\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}} \quad (4)$$

▪Chiều cao của vùng bê tông chịu kéo có ứng suất phân bố hình thang

$$t_2 = (h-c)\left(\frac{\varepsilon_{bt2}-\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}}\right) = h(1-\xi)\left(\frac{\varepsilon_{bt2}-\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}}\right) \quad (5)$$

▪Chiều cao của vùng bê tông chịu kéo có ứng suất phân bố đều

$$t_3 = (h-c)\left(1-\frac{\varepsilon_{bt2}}{\varepsilon_{bt3}}\right) = h(1-\xi)\left(1-\frac{\varepsilon_{bt2}}{\varepsilon_{bt3}}\right) \quad (6)$$

Trong đó

h là chiều cao tiết diện;

c là chiều cao của vùng bê tông chịu nén;

a là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo tới thớ biên chịu kéo của tiết diện;

á là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu nén tới thớ biên chịu nén của tiết diện;

ξ là chiều cao tỉ đối của vùng bê tông chịu nén so với chiều cao tiết diện;

$$\xi = \frac{c}{h} \quad (7)$$

▪ Từ giả thiết bê tông vùng chịu nén và cốt thép (chịu kéo và chịu nén) ứng xử đàn hồi tuyến tính, ta có thể xác định được ứng suất trong bê tông và cốt thép như sau:

▪ Ứng suất trong bê tông tại thớ biên chịu nén

$$\sigma_b = E_b\varepsilon_b = \left(\frac{\xi}{1-\xi}\right)E_b\varepsilon_{bt3} \quad (8)$$

▪ Ứng suất trong cốt thép chịu kéo

$$\sigma_s = E_s\varepsilon_s = \left(1-\frac{a/h}{1-\xi}\right)n_sE_b\varepsilon_{bt3} \quad (9)$$

▪ Ứng suất trong cốt thép chịu nén

$$\sigma_s' = E_s'\varepsilon_s' = \left(\frac{\xi-a'/h}{1-\xi}\right)n_s'E_b\varepsilon_{bt3} \quad (10)$$

Trong đó

Eb là mô đun đàn hồi của bê tông;

Es, És lần lượt là mô đun đàn hồi của cốt thép chịu kéo và của cốt thép chịu nén;

ns, ńs là tỉ số giữa mô đun đàn hồi của cốt thép (chịu kéo và chịu nén) và mô đun đàn hồi của bê tông;

$$n_s = \frac{E_s}{E_b} \quad (11)$$

$$n_s' = \frac{E_s'}{E_b} \quad (12)$$

Chiều cao c hay chiều cao tỉ đối ξ = c/h của vùng bê tông chịu nén cần phải thỏa mãn điều kiện cân bằng lực dọc theo trục cấu kiện. Từ biểu đồ ứng suất trong bê tông và cốt thép thể hiện như trên Hình 1.b, ta có thể biểu diễn điều kiện cân bằng lực dưới dạng sau:

$$0.5\sigma_bcb + \sigma_s'A_s' = 0.3R_{bt}t_1b + 0.8R_{bt}t_2b + R_{bt}t_3b + \sigma_sA_s \quad (13)$$

Trong đó

As là diện tích tiết diện của cốt thép chịu kéo;

Ás là diện tích tiết diện của cốt thép chịu nén;

b là bề rộng tiết diện.

Thay các công thức (4), (5), (6), (8), (9) và (10) vào phương trình (13), ta có thể viết lại điều kiện cân bằng lực dọc theo trục cấu kiện dưới dạng phương trình bậc hai của ξ như sau:

$$k_2\xi^2 + k_1\xi + k_0 = 0 \quad (14)$$

Trong đó

$$k_2 = 0.5 - \alpha \quad (15)$$

$$k_1 = n_s\mu_s + n_s'\mu_s' + 2\alpha \quad (16)$$

$$k_0 = -\left(1-\frac{a}{h}\right)n_s\mu_s - \frac{a'}{h}n_s'\mu_s' - \alpha \quad (17)$$

$$\alpha = \frac{R_{bt}}{E_b\varepsilon_{bt3}}\left(1-0.5\frac{\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}}-0.2\frac{\varepsilon_{bt2}}{\varepsilon_{bt3}}\right) \quad (18)$$

$$\mu_s = \frac{A_s}{bh} \quad (19)$$

$$\mu_s' = \frac{A_s'}{bh} \quad (20)$$

Chiều cao tỉ đối ξ của vùng bê tông chịu nén là nghiệm dương của phương trình bậc hai (14) và có dạng:

$$\xi = \frac{-k_1 + \sqrt{k_1^2 - 4k_2k_0}}{2k_2} \quad (21)$$

Từ điều kiện cân bằng mô men đối với trục trung hòa (biến dạng bằng không, cách thớ bê tông chịu nén ngoài cùng một khoảng c), ta có thể xác định mô men kháng nứt của tiết diện theo công thức sau:

$$M_{cr} = \left[\begin{array}{l} R_{bt}(1-\xi)^2\left(1.5-0.5\frac{\varepsilon_{bt1}^2}{\varepsilon_{bt3}^2}-0.2\frac{\varepsilon_{bt2}^2}{\varepsilon_{bt3}^2}-0.2\frac{\varepsilon_{bt1}}{\varepsilon_{bt3}}\frac{\varepsilon_{bt2}}{\varepsilon_{bt3}}\right) \\ +\sigma_b\xi^2 + 3\sigma_s'\mu_s'\left(\xi-\frac{a'}{h}\right) + 3\sigma_s\mu_s\left(1-\xi-\frac{a}{h}\right) \end{array}\right]\frac{bh^2}{3} \quad (22)$$

Trong đó σb, σs và σ́s là các ứng suất trong bê tông và cốt thép được xác định lần lượt theo các công thức (8), (9) và (10).

3. SO SÁNH VÀ BÌNH LUẬN

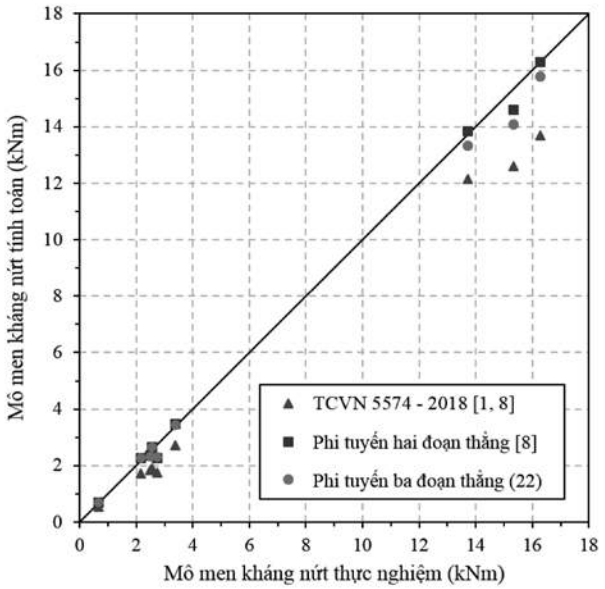
Để kiểm chứng công thức thiết lập, nhóm tác giả đã so sánh mô men kháng nứt tính toán theo mô hình ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng (22), phi tuyến hai đoạn thẳng và theo công thức đơn giản hóa trình bày trong TCVN 5574-2018 [1] với mô men kháng nứt xác định bằng thực nghiệm đã được công bố trên các tạp chí khoa học [7, 11 - 14]. Các công thức xác định mô men kháng nứt theo TCVN 5574-2018 [1] và theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng được trình bày chi tiết trong bài báo [8]. Kích thước mặt cắt ngang, tính chất cơ lý của vật liệu và mô men kháng nứt xác định bằng thực nghiệm được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kích thước, vật liệu chế tạo và mô men kháng nứt thực nghiệm của dầm BTCT.

Ref.	b	h	Cốt thép		a, á	E_b	E_s, $É_s$	R_{bt}	M_{cr}
	(mm)	(mm)	Kéo	Nén	(mm)	(GPa)	(GPa)	(MPa)	(kNm)
[7]	200	300	2d12	2d8	30	32	205.5	2.92	13.72
	200	300	2d16	2d8	30	32	202.5	2.92	15.34
	200	300	4d16	2d8	30	32	202.5	2.92	16.29
[11]	150	150	2d12	-	16	30	200	2.19	2.50
[12]	120	220	2d10	-	30	30	200	2.01	3.38
[13]	100	100	2d8	-	20	33	213	2.36	0.66
[14]	120	204	2d8	-	25	25	205	1.50	2.74
	118	202	2d8	2d8	25	25	205	1.50	2.17
	120	202	2d12	2d8	25	25	205	1.50	2.57

Hình 2 so sánh mô men kháng nứt của tiết diện dầm bê tông cốt thép (Bảng 1) tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8], phi tuyến ba đoạn thẳng (22) với mô men kháng nứt xác định bằng thực nghiệm. Ta có thể nhận thấy rằng công thức đơn giản hóa trình bày trong TCVN 5574-2018 [1, 8] đánh giá thấp đáng kể mô men kháng nứt so với các công thức có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông và so với các kết quả thực nghiệm. Điều này có thể được giải thích bởi việc công thức gần đúng trình bày trong TCVN 5574-2018 [1, 8] ban đầu được thiết lập dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi, sau đó được hiệu chỉnh bằng một hệ số nhằm xét tới ứng xử phi tuyến của bê tông, tuy

nhiên hệ số này vẫn còn nhỏ và chưa chính xác. Hình 2 cũng chỉ ra rằng mô men kháng nứt tính toán theo các mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) có giá trị gần như nhau (lệch nhau không quá 4%, trung bình 1.5%) và chênh lệch không đáng kể so với mô men kháng nứt xác định bằng thực nghiệm. Sai lệch giữa tính toán và thực nghiệm hầu hết đều nhỏ hơn 7%, ngoại trừ dầm có tiết diện 120 x 204 mm [14] có sai số là 17%. Điều này chỉ ra rằng các công thức xác định mô men kháng nứt được thiết lập theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và ba đoạn thẳng (22) đều có thể ước tính một cách chính xác mômen kháng nứt của tiết diện BTCT.



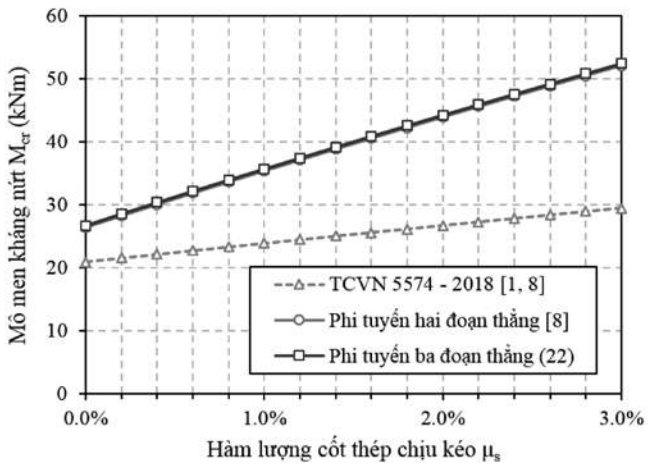
Hình 2. So sánh mô men kháng nứt của tiết diện dầm BTCT tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) với các giá trị thực nghiệm

Để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép chịu kéo và cốt thép chịu nén đến mô men kháng nứt Mcr của tiết diện BTCT, nhóm tác giả đã tính toán mô men kháng nứt Mcr theo các công thức được thiết lập dựa trên mô hình phi tuyến ba đoạn thẳng (22), phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và theo phương pháp đơn giản trình bày trong TCVN 5574-2018 [1, 8]. Các thông số tính toán được tóm tắt trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số được sử dụng trong tính toán mô men kháng nứt của tiết diện BTCT

Ý nghĩa các đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Cấp cường độ chịu nén của bê tông	GR_b	-	B25
Mác cốt thép chịu kéo	GR_s	-	CB400V
Mác cốt thép chịu nén	GR'_s	-	CB400V
Chiều rộng tiết diện	b	(mm)	250
Chiều cao tiết diện	h	(mm)	500
Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo và chịu nén đến thớ biên chịu kéo và chịu nén của tiết diện.	a	(mm)	60
	á	(mm)	40
Mô đun đàn hồi của bê tông	E_b	(GPa)	30
Mô đun đàn hồi của cốt thép chịu kéo	E_s	(GPa)	200
Mô đun đàn hồi của cốt thép chịu nén	$É_s$	(GPa)	200
Cường độ chịu kéo của bê tông	R_{bt}	(MPa)	1.55
Hàm lượng cốt thép chịu kéo	μ_s	(%)	0.0 ÷ 3.0
Hàm lượng cốt thép chịu nén	μ'_s	(%)	0.0 ÷ 1.5

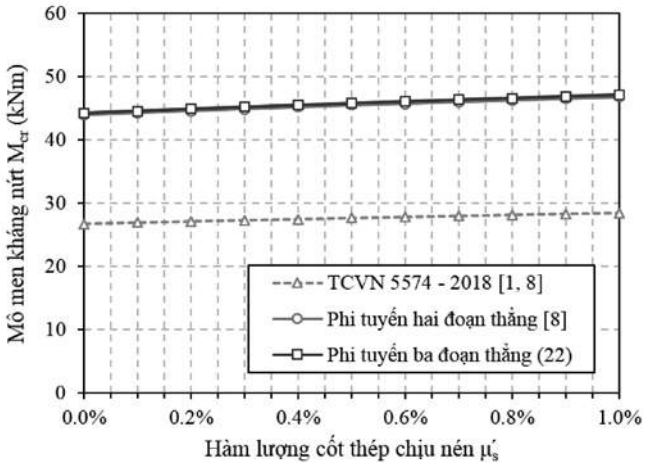
Hình 3 thể hiện mối quan hệ giữa mô men kháng nứt Mcr của tiết diện dầm BTCT và hàm lượng cốt thép chịu kéo μs tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) trong trường hợp bỏ qua sự tham gia chịu lực của cốt thép chịu nén (μś = 0). Ta có thể nhận thấy rằng mô men kháng nứt Mcr tính toán theo cả ba phương pháp đều tăng tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng cốt thép chịu kéo μs, mức độ tăng là đáng kể, đặc biệt khi tính toán theo các công thức có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông (tăng hơn hai lần khi μs tăng từ 0% tới 3%). Phương pháp gần đúng trình bày trong TCVN 5574-20118 [1, 8] đánh giá thấp đáng kể mô men kháng nứt của tiết diện so với phương pháp tính toán có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông, chênh lệch mô men kháng nứt giữa hai phương pháp chấp nhận được khi hàm lượng cốt thép chịu kéo nhỏ (21% khi μs = 0), mức độ chênh lệch ngày càng lớn khi hàm lượng cốt thép chịu kéo càng cao (44% khi μs = 3%). Điều này có thể được giải thích bởi việc công thức đơn giản hóa theo TCVN 5574-2018 [1, 8] đánh giá thấp ứng suất và biến dạng của cốt thép chịu kéo. Thật vậy, trong quá trình tính toán, tác giả nhận thấy rằng ứng suất trong cốt thép chịu kéo được tính toán khi xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông cao hơn gấp đôi ứng suất được tính toán dựa trên giả thiết bê tông ứng xử đàn hồi. Do mô men kháng nứt tăng theo tích của ứng suất và hàm lượng cốt thép chịu kéo nên hàm lượng cốt thép chịu kéo càng cao thì công thức đơn giản hóa theo TCVN 5574-2018 [1, 8] càng đánh giá thấp mô men kháng nứt của tiết diện.



Hình 3. Mối quan hệ giữa mô men kháng nứt và hàm lượng cốt thép chịu kéo, tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) trong trường hợp hàm lượng cốt thép chịu nén μś = 0

Hình 4 thể hiện mối quan hệ giữa mô men kháng nứt Mcr của tiết diện dầm BTCT và hàm lượng cốt thép chịu nén μś tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) trong trường hợp hàm lượng cốt thép chịu kéo μs = 2%. Ta có thể nhận thấy rằng mô men kháng nứt Mcr tính toán theo cả ba phương pháp cũng tăng tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng cốt thép chịu nén μś, tuy nhiên mức độ tăng rất chậm, điều này thể hiện rằng ảnh hưởng của cốt thép chịu nén nhỏ không đáng kể so với ảnh hưởng của cốt thép chịu kéo (Hình 3). Theo quan điểm phân tích đàn hồi được sử dụng để thiết lập công thức xác định mô men kháng nứt theo TCVN 5574-2018 [1, 8], mặc dù cả cốt thép chịu kéo và cốt thép chịu nén đều làm tăng

mô men quán tính của tiết diện theo cùng một cách. Tuy nhiên, khoảng cách giữa trục trung hòa và thớ biên chịu kéo của tiết diện giảm theo hàm lượng cốt thép chịu kéo nhưng lại tăng theo hàm lượng cốt thép chịu nén. Điều này giải thích việc mô men kháng nứt tăng nhanh theo hàm lượng cốt thép chịu kéo nhưng lại tăng chậm theo hàm lượng cốt thép chịu nén.



Hình 4. Mối quan hệ giữa mô men kháng nứt và hàm lượng cốt thép chịu nén, tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8], theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] và phi tuyến ba đoạn thẳng (22) trong trường hợp hàm lượng cốt thép chịu kéo $\mu s = 2\%$

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thiết lập công thức cho phép xác định mô men kháng nứt của tiết diện BTCT hình chữ nhật có xét đến ứng xử phi tuyến của vùng bê tông chịu kéo được đơn giản hóa dưới dạng mô hình ba đoạn thẳng quy định trong TCVN 5574-2018 [1]. Công thức thiết lập cho phép đánh giá chính xác mô men kháng nứt của tiết diện bê tông cốt thép với hầu hết sai số nhỏ hơn 7% so với kết quả thực nghiệm.

Bài báo cũng đã thực hiện tính toán chi tiết mô men kháng nứt của tiết diện ứng với các hàm lượng cốt thép chịu kéo và hàm lượng cốt thép chịu nén khác nhau, so sánh với mô men kháng nứt tính toán theo TCVN 5574-2018 [1, 8] dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi và tính toán theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8]. Kết quả tính toán đã chỉ ra rằng:

- Mô men kháng nứt tính toán theo mô hình ứng xử phi tuyến ba đoạn thẳng (22) được thiết lập trong bài báo và theo mô hình ứng xử phi tuyến hai đoạn thẳng [8] có giá trị gần như nhau, sai lệch giữa hai phương pháp trung bình khoảng 1.5%.
- Phương pháp đơn giản hóa trình bày trong tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574-2018 [1, 8] dựa trên giả thiết vật liệu đàn hồi đánh giá thấp đáng kể mô men kháng nứt của tiết diện so với các công thức được thiết lập có xét tới ứng xử phi tuyến của bê tông, đặc biệt trong trường hợp tiết diện có hàm lượng cốt thép lớn.
- Mô men kháng nứt tăng tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng cốt thép chịu kéo, mức độ tăng là đáng kể, đặc biệt khi tính toán theo các công thức có xét đến ứng xử phi tuyến của bê tông.
- Mô men kháng nứt tăng tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng cốt thép chịu nén, tuy nhiên mức độ tăng chậm, thể hiện rằng ảnh hưởng của cốt thép chịu nén nhỏ không đáng kể so với ảnh hưởng của cốt thép chịu kéo.

TAI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 5574-2018: Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, NXB Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 2018.

[2]. American Concrete Institute, ACI 318-19: Building code requirements for structural concrete and commentary, Farmington Hills, Michigan, USA, 2019.

[3]. European Committee for Standardization, Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings (EN 1992-1-1), Brussels, Belgium, 2004.

[4]. F. Maleki, A. Kheyroddin, Investigation of cracking moment in RC beams with GFRP bars, Journal of Concrete Structures and Materials, 2 (2017) 37-47.

[5]. A.S. Mohamed, Flexural behavior and design of steel-GFRP reinforced concrete beams. ACI Materials Journal, 110 (2013) 677-686.

[6]. S. Kartal, I. Kalkan, First cracking moments of hybrid fiber reinforced polymer-steel reinforced concrete beams, International Journal of Civil and Environmental Engineering, 13 (2019) 527-533.

[7]. Phạm Quang Đạo, Phạm Thanh Tùng, Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về mô men kháng nứt của dầm geopolymer cốt thép, Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, 14 (2020) 14 – 25.

[8]. Nguyễn Việt Hưng, Cracking moment of rectangular reinforced concrete sections corresponding to the bi-linear stress-strain diagram of concrete, Tạp chí Xây dựng, 01 (2025) 168-172.

[9]. J. Valivonis, T. Skuturna, Cracking and strength of reinforced concrete structures in flexure strengthened with carbon fibre laminates, Journal of Civil Engineering and Management, 13 (2007) 317-323.

[10]. D. V. Hiep, N. P. Duy, Experimental and theoretical analysis of cracking moment of concrete beams reinforced with hybrid fiber reinforced polymer and steel rebars, Advances in Technology Innovation, 6 (2021) 222-234.

[11]. S. Arivalagan, Flexural behaviour of reinforced concrete beam containing steel slag as coarse aggregate, International Journal of Structural and Civil Engineering, 1 (2012): 1-10.

[12]. L. A. Sharafutdinov, Improving the methods for calculating the reinforcement of reinforced concrete flexural elements with steel fiber concrete using a nonlinear deformation model, PhD Thesis, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, 2017.

[13]. A. M. Umansky, Improving the methods of structural analysis of marine hydraulic structures from composite concrete using basalt-plastic reinforcement, PhD Thesis, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, 2017.

[14]. D. S. Toshin, Nonlinear analysis of reinforced concrete flexural elements during unloading using deformation model, PhD Thesis, Togliatti State University, Russia, 2009.

■Ngày nhận bài: 25/3/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/5/2025

Đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông cốt thép trong kết cấu nhà ga hàng không theo tiêu chuẩn Eurocode

Evaluation of fire resistance of reinforced concrete in airport structure according to Eurocode standards

> TS NGUYỄN PHI LONG
Khoa Xây dựng, Học viện Hàng không Việt Nam
Email: longnp@vaa.edu.vn

TÓM TẮT

An toàn cháy nổ là ưu tiên hàng đầu trong thiết kế công trình công cộng, đặc biệt là các công trình đông người như nhà ga sân bay. Khả năng chịu cháy của kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT), thành phần chịu lực chính, quyết định an toàn tính mạng và giảm thiệt hại tài sản khi xảy ra hỏa hoạn. Nghiên cứu này, sử dụng phần mềm ANSYS APDL để mô phỏng và đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu theo tiêu chuẩn Eurocode. Mô hình số được xây dựng dựa trên thông số hình học, vật liệu và điều kiện cháy thực tế, phân tích trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng dưới nhiệt độ cao. Kết quả chứng minh hiệu quả của ANSYS APDL, cung cấp dữ liệu về hành vi kết cấu trong hỏa hoạn, đồng thời đề xuất giải pháp thiết kế và biện pháp kỹ thuật tối ưu, nâng cao khả năng chịu cháy, đảm bảo an toàn và vận hành liên tục cho nhà ga sân bay.

Từ khóa: Kết cấu bê tông cốt thép; khả năng chịu lửa; an toàn cháy; công trình hàng không.

ABSTRACT

Fire safety is a primary concern in the design of public buildings, particularly high-occupancy structures such as airport terminals. The fire resistance of reinforced concrete (RC) frame structures, the primary load-bearing components, is critical for ensuring human safety and minimizing property damage during fire events. This study employs ANSYS APDL to simulate and evaluate the fire resistance of RC frames in accordance with EUROCODE standards. The numerical model is developed based on geometric parameters, material properties, and realistic fire conditions, analyzing temperature fields, stresses, and deformations under elevated temperatures. The results demonstrate the efficacy of ANSYS APDL in providing insights into structural behavior under fire conditions and propose optimized design solutions and technical measures to enhance fire resistance, thereby ensuring safety and operational continuity for airport terminals.

Keywords: Reinforced concrete structures; fire resistance; fire safety; airport structures.

1. GIỚI THIỆU

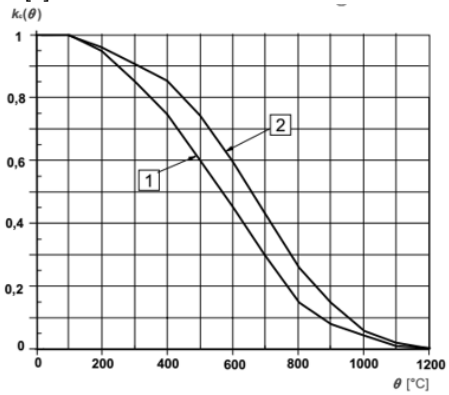
An toàn cháy nổ là ưu tiên hàng đầu trong thiết kế và vận hành nhà ga hàng không, nơi tập trung đông người và chứa nhiều vật liệu dễ cháy. Các vụ cháy tại sân bay Düsseldorf (1996), Rome (1999) và Dubai (2016) gây thiệt hại nghiêm trọng về người, tài sản và gián đoạn hoạt động hàng không. Tại Việt Nam, nguy cơ cháy nổ tăng do nhà ga ngày càng quy mô, phức tạp [1]. Kết cấu BTCT phổ biến trong nhà ga, có ưu điểm kinh tế, dễ thi công, chịu lực tốt, nhưng suy giảm khả năng chịu lực dưới nhiệt độ cao, đe dọa an toàn công trình [2]. Nghiên cứu này sử dụng ANSYS APDL và tiêu chuẩn Eurocode 2, 3, 4 để mô phỏng khả năng chịu cháy của dầm, cột, vách BTCT, phân tích trường nhiệt độ, đặc tính cơ lý, biểu đồ tương tác và thời gian chịu lửa theo đường cong ISO 834 [3,5]. Mặc dù TCVN 5574:2018 còn hạn chế, mô phỏng số giúp dự đoán hiệu quả, tiết kiệm chi phí so với thí nghiệm [4]. Kết quả cung cấp cơ sở khoa học để thiết kế BTCT an toàn, đáp ứng yêu cầu chống cháy cho nhà ga hàng không và công trình hạ tầng.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

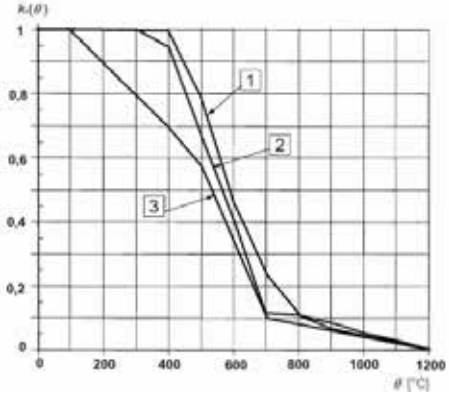
2.1. Ứng xử của BTCT dưới tác động của nhiệt độ

Khi chịu tác động của nhiệt độ cao, kết cấu BTCT trải qua những biến đổi đáng kể về tính chất cơ lý, xuất phát từ các phản ứng hóa học và vật lý phức tạp bên trong vật liệu [1]. Cường độ chịu nén của bê tông bắt đầu suy giảm rõ rệt từ ngưỡng 200°C và có thể mất hơn 50% khi nhiệt độ vượt quá 600°C, chủ yếu do hiện tượng mất nước trong cấu trúc bê tông, dẫn đến phá hủy các liên kết vi mô (Hình 1). Đồng thời, mô đun đàn hồi của bê tông giảm dần, làm tăng khả năng biến dạng dưới tác dụng của tải trọng, ảnh

hưởng đến độ cứng của kết cấu. Sự giãn nở nhiệt của bê tông bị cốt thép kìm hãm, tạo ra ứng suất nén nội tại, gây nứt và hiện tượng bong tróc bề mặt (spalling), làm cốt thép tiếp xúc trực tiếp với nhiệt độ cao [6]. Về phía cốt thép, cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi suy giảm đáng kể khi nhiệt độ vượt 500°C, do sự thay đổi cấu trúc tinh thể của thép dưới tác động nhiệt (Hình 2). Sự khác biệt trong hệ số giãn nở nhiệt giữa bê tông và cốt thép dẫn đến suy giảm liên kết giữa hai vật liệu, làm giảm khả năng phối hợp chịu lực, từ đó ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ bền tổng thể của kết cấu BTCT [3].



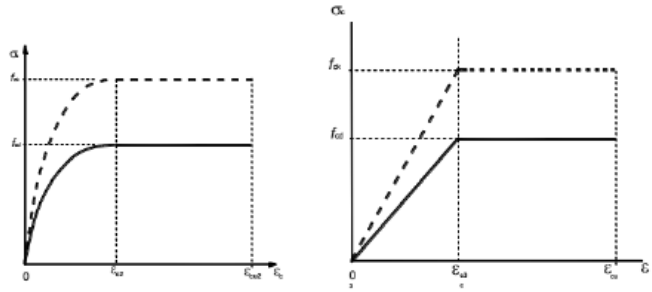
Hình 1. Bảng giảm hệ số cường độ cho phép của bê tông [3]:
Đường cong 1: Bê tông khối lượng thông thường với cốt liệu silic
Đường cong 2: Bê tông khối lượng thông thường với cốt liệu vôi



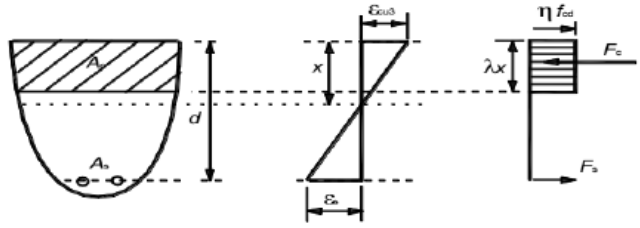
Hình 2. Bảng giảm hệ số cường độ cho phép của cốt thép [3]
Đường cong 1: Cốt thép chịu kéo (cán nóng) cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} > \geq 2\%$
Đường cong 2: Cốt thép chịu kéo (cán nguội) cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$
Đường cong 3: Cốt thép chịu nén và cốt thép chịu kéo cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} < 2\%$

2.2. Tiêu chuẩn Eurocode về thiết kế kết cấu chịu cháy

Eurocode 2 (EC2) cung cấp hướng dẫn chi tiết về thiết kế kết cấu BTCT, bao gồm quy định đảm bảo khả năng chịu cháy, dựa trên nghiên cứu khoa học và kinh nghiệm thực tiễn, nhằm bảo vệ an toàn công trình trong hỏa hoạn. EC2 đề xuất hai phương pháp đánh giá khả năng chịu lực sau tác động nhiệt độ cao: phương pháp bảng tra và phương pháp tính toán chi tiết. Phương pháp bảng tra, đơn giản và nhanh, xác định hệ số giảm cường độ bê tông và cốt thép theo nhiệt độ, phù hợp cho thiết kế sơ bộ. Ngược lại, phương pháp tính toán chi tiết, tuy phức tạp, phân tích trường nhiệt độ, ứng suất, biến dạng, cho kết quả chính xác hơn, thường dùng trong thiết kế chi tiết. Khi thiết kế dầm BTCT, EC2 yêu cầu xem xét quan hệ ứng suất - biến dạng, có thể đơn giản hóa bằng phân bố ứng suất hình chữ nhật. Ứng suất kéo cốt thép được tính dựa trên biến dạng kéo cực hạn và vị trí trục trung hòa, với cường độ tính toán là cường độ đặc trưng chia cho hệ số an toàn [7]. Lực kéo cốt thép và lực nén bê tông được xác định từ ứng suất và diện tích, sử dụng phương trình cân bằng lực để tìm trục trung hòa. Moment chịu uốn của dầm được tính từ lực kéo hoặc lực nén và cánh tay đòn. EC2 cũng yêu cầu kiểm tra giới hạn chiều cao vùng nén và hàm lượng cốt thép để đảm bảo phá hoại dẻo, tăng độ bền và an toàn trong điều kiện cháy.



Hình 3. Quan hệ ứng suất biến dạng - biến dạng theo 2 đường cong [3]



Hình 4. Sơ đồ ứng suất của tiết diện hình chữ nhật có cốt đơn [3]

2.3. Phần mềm ANSYS trong mô phỏng khả năng chịu cháy

ANSYS, phần mềm mô phỏng kỹ thuật dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, được ứng dụng rộng rãi trong ngành Xây dựng để phân tích ứng xử kết cấu BTCT dưới tác động nhiệt độ cao. Với module APDL, ANSYS cho phép lập trình, tự động hóa tính toán, xây dựng mô hình, áp dụng tải trọng và phân tích kết quả linh hoạt. Phần mềm mô phỏng chính xác quá trình truyền nhiệt, xác định trường nhiệt độ, đồng thời đánh giá sự suy giảm tính chất cơ lý của bê tông và cốt thép theo nhiệt độ thông qua mô hình vật liệu phi tuyến. ANSYS còn mô phỏng hiện tượng nứt nẻ, bong tróc bê tông do ứng suất nhiệt, hỗ trợ đánh giá mức độ phá hoại và thời gian chịu cháy của kết cấu. Đây là công cụ hiệu quả cho thiết kế và đảm bảo an toàn cháy của công trình.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Xây dựng mô hình kết cấu trên ANSYS APDL

Lựa chọn phần tử trong ANSYS là bước quan trọng: phần tử BEAM phù hợp cho dầm, cột có chiều dài lớn, còn phần tử SOLID thích hợp khi phân tích chi tiết tiết diện lớn [8]. Khai báo chính xác thông số vật liệu (mô đun đàn hồi, cường độ, hệ số giãn nở nhiệt, độ dẫn nhiệt) cho bê tông và cốt thép, dựa trên tiêu chuẩn hoặc thí nghiệm, đảm bảo độ tin cậy mô phỏng [9]. Điều kiện biên (gối tựa, liên kết cố định, khớp) phải mô phỏng đúng ràng buộc thực tế của kết cấu. Tải trọng nhiệt, mô phỏng đám cháy, được áp dụng theo đường cong ISO 834 hoặc quy định EC2, đảm bảo tính khoa học và phù hợp với đặc trưng công trình [10,11].

3.2. Phân tích kết quả mô phỏng

Mô phỏng trên ANSYS tạo ra dữ liệu về trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của kết cấu BTCT dưới nhiệt độ cao. Phân tích dữ liệu xác định nhiệt độ tại lớp bê tông bảo vệ và cốt thép, tra hệ số giảm cường độ, mô đun đàn hồi theo EC2, đánh giá suy giảm khả năng chịu lực. Kết quả hiển thị ứng suất, biến dạng tại vùng chịu kéo của bê tông và chịu nén của cốt thép, xác định nguy cơ phá hoại. Kết hợp phân tích nhiệt độ, ứng suất, biến dạng, kỹ sư có thể

đánh giá khả năng chịu cháy, đề xuất giải pháp thiết kế đảm bảo an toàn công trình trong hỏa hoạn.

3.3. Tính toán khả năng chịu lực theo Eurocode

Tiêu chuẩn Eurocode 2 (EC2) cung cấp một khung lý thuyết toàn diện để đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu BTCT, bao gồm các phương pháp tính toán cho các trạng thái giới hạn khác nhau như khả năng chịu lực, biến dạng và độ võng. Trong bối cảnh phân tích kết cấu chịu cháy, việc áp dụng các phương pháp này, kết hợp với dữ liệu về hệ số giảm cường độ và mô đun đàn hồi thu được từ mô phỏng ANSYS, cho phép kỹ sư đánh giá chính xác khả năng chịu lực của kết cấu sau khi chịu tác động của nhiệt độ cao.

Một yếu tố quan trọng cần được xem xét kỹ lưỡng trong thiết kế kết cấu chịu cháy là vai trò của lớp bảo vệ bê tông [12]. Lớp bảo vệ này hoạt động như một lớp chắn nhiệt, bảo vệ cốt thép khỏi nhiệt độ cao và giúp duy trì khả năng chịu lực của kết cấu. Chiều dày lớp bảo vệ được tính toán dựa trên nhiều yếu tố, bao gồm khả năng chịu cháy yêu cầu (R), loại bê tông, và đường kính cốt thép, theo các công thức và bảng tra được quy định trong EC2. Việc thiết kế lớp bảo vệ bê tông phù hợp là điều kiện tiên quyết để đảm bảo an toàn cho kết cấu trong điều kiện hỏa hoạn, ngăn ngừa sự suy giảm nhanh chóng của cường độ cốt thép và duy trì sự ổn định của kết cấu trong thời gian cần thiết cho việc sơ tán và chữa cháy.

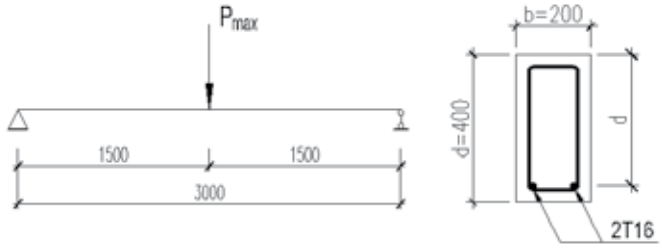
3.4. Kết hợp kết quả ANSYS và tiêu chuẩn Eurocode

Kết quả mô phỏng ANSYS được sử dụng để cung cấp các thông tin đầu vào cho tính toán theo EC2, bao gồm trường nhiệt độ và sự thay đổi tính chất vật liệu (hệ số giảm cường độ và mô đun đàn hồi của bê tông và cốt thép). Dựa trên các thông tin này, có thể tính toán khả năng chịu lực của kết cấu ở các thời điểm khác nhau và so sánh với tải trọng tác dụng để đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu. Việc kết hợp giữa mô phỏng ANSYS và tính toán theo EC2 cho phép đánh giá khả năng chịu cháy một cách chính xác và toàn diện.

4. BÀI TOÁN ÁP DỤNG

4.1. Thông số kết cấu

Dầm được mô phỏng có chiều dài dầm tính toán là L= 3000mm, bề rộng tiết diện của dầm là b= 200mm và chiều cao tiết diện của dầm là h= 400mm. Trong dầm bố trí 4 cây thép đường kính d= 16mm chạy dọc chiều dài dầm.



Hình 5. Thông số kích thước dầm bê tông cốt thép

4.2. Thông số vật liệu

Nghiên cứu này sử dụng hai loại vật liệu chính là thép và bê tông, với các đặc tính cơ lý được trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1. Mô tả vật liệu thép được sử dụng làm cốt chịu lực trong kết cấu bê tông cốt thép, có module đàn hồi Young (E) là 2x10^5 N/mm^2, tỷ trọng (ρ) là 7850 kg/m^3 và tỷ số Poisson (v) là 0.3. Các thông số này cho thấy thép có khả năng chịu lực và độ cứng cao, đồng thời có khả năng co giãn nhất định khi chịu lực. Bảng 2 mô tả vật liệu bê tông được sử dụng trong nghiên cứu có module đàn hồi Young (E) là 27.5x10^3 N/mm^2, tỷ trọng (ρ) là 2500 kg/m^3 và tỷ số Poisson (v) là 0.2. So với thép, bê tông có module đàn hồi thấp hơn đáng kể, cho thấy khả năng chịu biến dạng kém hơn. Các thông số này được sử dụng để mô phỏng và phân tích ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép dưới tác động của nhiệt độ cao trong phần mềm ANSYS APDL

Bảng 1. Đặc trưng vật liệu thép

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Module đàn hồi Young (N/mm^2)	E	2x10^5
Tỷ trọng (kg/m^3)	ρ	7850
Tỷ số poisson	υ	0.3

Bảng 2. Đặc trưng vật liệu bê tông

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Module đàn hồi Young (N/mm^2)	E	27.5x10^3
Tỷ trọng (kg/m^3)	ρ	2500
Tỷ số poisson	υ	0.2

4.3. Mô phỏng bài toán truyền nhiệt trên phần mềm ANSYS APDL



Hình 6. Các bước mô phỏng trên ANSYS APDL

Hình 6 thể hiện quy trình mô phỏng khả năng chịu nhiệt của dầm BTCT bằng ANSYS APDL bao gồm: Xây dựng mô hình dầm với phần tử SOLID cho bê tông và LINK cho cốt thép, tối ưu hóa lưới phần tử để đảm bảo độ chính xác và hiệu quả tính toán. Khai báo thông số vật liệu (cường độ, mô đun đàn hồi, hệ số giãn nở nhiệt) dựa trên tiêu chuẩn hoặc thí nghiệm, tùy chỉnh mô hình vật liệu để mô phỏng ứng xử ở nhiệt độ cao. Áp dụng điều kiện biên gối tựa đơn giản, cho phép quay tự do và hạn chế chuyển vị. Tải trọng gồm tải khai thác và tải nhiệt theo đường cong tiêu chuẩn quốc tế. Mô phỏng được thực hiện, trích xuất kết quả (nhiệt độ, ứng suất, biến dạng) để đánh giá khả năng chịu cháy của dầm.

4.4. Tính toán khả năng chịu lực theo Eurocode

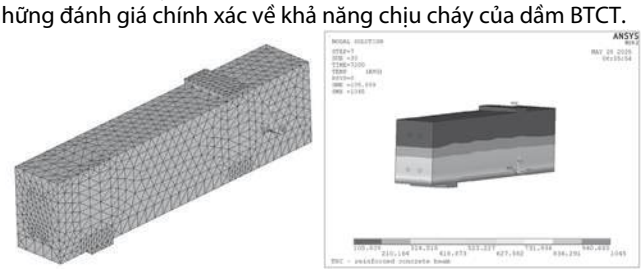
Mô phỏng ANSYS hỗ trợ tính toán khả năng chịu cháy của dầm BTCT theo Eurocode 2 (EC2) bằng cách xác định hệ số giảm cường độ của bê tông và cốt thép dựa trên nhiệt độ, sử dụng bảng tra EC2 [12]. Hệ số này quyết định độ chính xác trong đánh giá khả năng chịu lực sau tác động nhiệt. Moment chịu uốn của dầm được tính toán theo EC2 hoặc phương pháp trạng thái giới hạn, kết hợp dữ liệu mô phỏng để đánh giá khả năng chịu lực trong hỏa hoạn. Khả năng chịu cháy được xác định bằng cách so sánh moment chịu uốn với moment uốn do tải trọng phân bố đều. Dầm an toàn nếu moment chịu uốn lớn hơn, ngược lại có nguy cơ phá hoại. Thời gian chịu cháy (R) là khoảng thời gian moment chịu uốn vượt moment uốn do tải trọng.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

5.1. Kết quả mô phỏng trên ANSYS

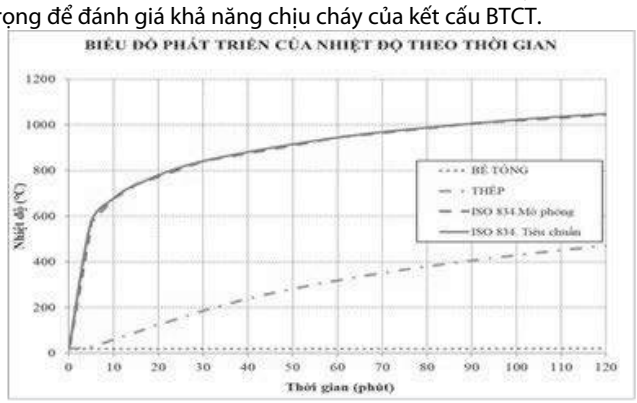
Mô phỏng trên ANSYS cung cấp cái nhìn trực quan và chi tiết về ứng xử của dầm BTCT dưới tác động của đám cháy, thể hiện qua trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng. Những kết quả này đóng vai trò then chốt trong việc đánh giá khả năng chịu cháy một cách chính xác và toàn diện. Hình 7 trình bày mô hình 3D của dầm đơn giản được xây dựng trong phần mềm ANSYS APDL. Mô hình này được sử dụng để mô phỏng và phân tích khả năng chịu cháy của

kết cấu BTCT dưới tác động của nhiệt độ cao. Trong mô hình, dầm được thể hiện dưới dạng một khối dài với các lớp màu khác nhau biểu thị phân bố nhiệt độ. Màu xanh lam thể hiện vùng có nhiệt độ thấp, trong khi màu đỏ thể hiện vùng có nhiệt độ cao. Sự phân bố nhiệt độ này sẽ được sử dụng để tính toán ứng suất và biến dạng của dầm, từ đó đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu trong điều kiện hỏa hoạn. Việc sử dụng ANSYS APDL cho phép mô phỏng chi tiết quá trình truyền nhiệt và biến dạng của kết cấu, giúp đưa ra những đánh giá chính xác về khả năng chịu cháy của dầm BTCT.



Hình 7. Mô hình 3D trước (trái) và sau (phải) khi giải

Hình 8 là biểu đồ phát triển của nhiệt độ theo thời gian, thể hiện sự thay đổi nhiệt độ của bê tông, thép và đường cong nhiệt độ tiêu chuẩn ISO 834 trong quá trình mô phỏng khả năng chịu cháy của dầm BTCT. Biểu đồ cho thấy nhiệt độ của cả bê tông và thép đều tăng dần theo thời gian, tuy nhiên tốc độ tăng nhiệt của thép nhanh hơn so với bê tông. Điều này là do thép có khả năng dẫn nhiệt tốt hơn bê tông. Đường cong nhiệt độ tiêu chuẩn ISO 834, được sử dụng để mô phỏng đám cháy tiêu chuẩn, cũng tăng theo thời gian. Tuy nhiên, nhiệt độ của bê tông và thép trong mô phỏng thấp hơn so với đường cong ISO 834. Điều này cho thấy rằng lớp bảo vệ bê tông đã có tác dụng trong việc bảo vệ cốt thép khỏi nhiệt độ cao. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa bê tông và thép có thể gây ra ứng suất nhiệt trong kết cấu, dẫn đến nguy cơ nứt và phá hoại bê tông. Do đó, việc phân tích biểu đồ này là rất quan trọng để đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu BTCT.



Hình 8. Biểu đồ phát triển của nhiệt độ theo thời gian

Bảng 3 cung cấp dữ liệu về nhiệt độ của bê tông, cốt thép và đường cong ISO 834 tại các mốc thời gian khác nhau (10, 30, 60, 90 và 120 phút) trong quá trình mô phỏng khả năng chịu cháy của dầm bê tông cốt thép. Dữ liệu cho thấy nhiệt độ của cả bê tông và cốt thép đều tăng dần theo thời gian. Tuy nhiên, tốc độ tăng nhiệt độ của cốt thép nhanh hơn đáng kể so với bê tông. Điều này phù hợp với đặc tính dẫn nhiệt của hai loại vật liệu này, trong đó thép có khả năng dẫn nhiệt tốt hơn bê tông. Bảng 3 cũng cho thấy nhiệt độ của bê tông và cốt thép luôn thấp hơn so với đường cong ISO 834, thể hiện tác dụng bảo vệ của lớp bê tông đối với cốt thép. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa bê tông và cốt thép có thể gây ra ứng suất nhiệt trong kết cấu, ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của dầm. Do đó, việc phân tích dữ liệu trong Bảng 3 là rất quan trọng để đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu BTCT.

Bảng 3. Các trường tính toán nhiệt độ cho cấu kiện dầm đơn giản

Thời gian	10 phút	30 phút	60 phút	90 phút	120 phút
Bê tông	20°C	20°C	20°C	20°C	21°C
Cốt thép	59°C	186°C	319°C	407°C	472°C
Iso 834	678°C	842°C	945°C	1006°C	1045°C

Kết quả mô phỏng cho thấy nhiệt độ trong dầm tăng dần theo thời gian chịu cháy, với sự tập trung nhiệt độ cao nhất thường xuất hiện ở lớp bê tông bảo vệ và cốt thép. Sự phân bố nhiệt độ trong dầm chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm loại bê tông, chiều dày lớp bảo vệ, đường kính cốt thép và điều kiện cháy, tạo nên một bức tranh phức tạp về phân bố nhiệt độ trong kết cấu.

5.2. Kết quả tính toán theo Eurocode

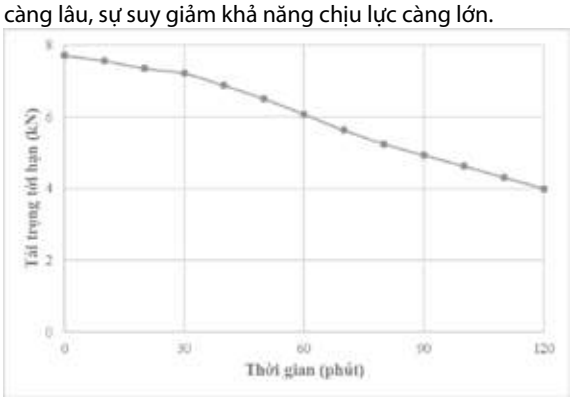
Kết quả tính toán các cấp nhiệt độ tại cốt thép và bê tông sẽ được trích xuất để tính toán cường độ thực tế của bê tông bị suy giảm sau thời gian chịu nhiệt độ bên ngoài tương ứng với đám cháy tiêu chuẩn. Cường độ này sẽ được áp dụng để tính toán khả năng chịu tải trọng tập trung P như bài toán được thể hiện trong Hình 5. Bảng 4 thể hiện kết quả tính toán khả năng chịu lực của dầm bê tông cốt thép chịu cháy theo tiêu chuẩn ISO 834 sau khoảng thời gian 2 tiếng. Kết quả cho thấy khả năng chịu lực của dầm giảm dần theo thời gian chịu cháy. Cụ thể, ở thời điểm ban đầu (0 phút), tải trọng P tương ứng mà dầm có thể chịu được là 7.72 tấn. Sau 10 phút chịu cháy, tải trọng này giảm xuống còn 7.57 tấn, tương đương với độ giảm 1.94%. Xu hướng giảm tải trọng tiếp tục diễn ra theo thời gian. Sau 30 phút, tải trọng giảm xuống 7.22 tấn (giảm 6.48% so với ban đầu). Sau 60 phút, tải trọng chỉ còn 6.08 tấn (giảm 21.24%). Mức độ suy giảm tải trọng có xu hướng tăng dần. Trong khoảng thời gian từ 60 đến 120 phút, tải trọng giảm từ 6.08 tấn xuống còn 4 tấn, tương đương với độ giảm 48.19% so với ban đầu. Nhìn chung, sau 120 phút chịu cháy, khả năng chịu lực của dầm BTCT giảm đáng kể. Điều này cho thấy tác động tiêu cực của nhiệt độ cao đến tính chất cơ lý của vật liệu, dẫn đến sự suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Kết quả tính toán theo Eurocode cho thấy khả năng chịu lực của dầm, thể hiện qua moment chịu uốn, giảm dần theo thời gian chịu cháy. Thời gian chịu cháy (R) của dầm, được định nghĩa là khoảng thời gian mà moment chịu uốn của vật liệu dầm vẫn lớn hơn moment uốn do tải trọng tác dụng, phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm cấp độ bền bê tông, loại cốt thép, chiều dày lớp bảo vệ và điều kiện cháy.

Bảng 4. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ

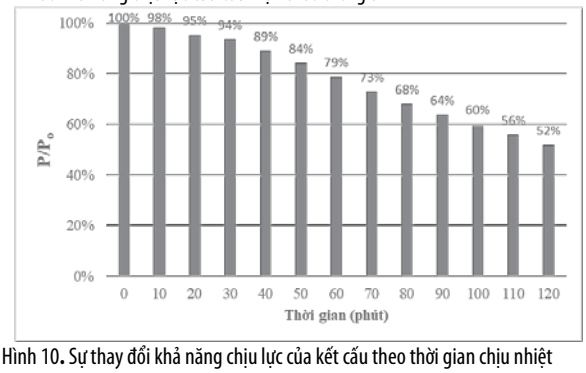
Thời gian (Phút)	Nhiệt độ đáy dầm theo Iso 834	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	38°C	20°C	7.72	0%
10 phút	678°C	59°C	7.57	↓ 1.94%
20 phút	773°C	125°C	7.36	↓ 2.77%
30 phút	842°C	186°C	7.22	↓ 1.90%
40 phút	876°C	239°C	6.88	↓ 4.71%
50 phút	911°C	282°C	6.51	↓ 5.38%
60 phút	945°C	319°C	6.08	↓ 6.61%
70 phút	965°C	352°C	5.63	↓ 7.4%
80 phút	986°C	381°C	5.25	↓ 6.75%
90 phút	1006°C	407°C	4.93	↓ 6.1%
100 phút	1019°C	430°C	4.63	↓ 6.1%
110 phút	1032°C	452°C	4.31	↓ 6.9%
120 phút	1045°C	472°C	4 T	↓ 7.2%

Hình 9 biểu diễn sự suy giảm khả năng chịu lực của cấu kiện dầm bê tông cốt thép theo thời gian chịu cháy. Nhìn vào đồ thị, ta có thể thấy rõ xu hướng giảm dần của tải trọng tới hạn (kN) mà dầm có thể chịu được theo thời gian (phút). Cụ thể, tại thời điểm

ban đầu (t = 0 phút), dầm có khả năng chịu tải trọng tối đa, đạt gần 8 kN. Tuy nhiên, khi thời gian chịu cháy tăng lên, tải trọng tới hạn giảm dần. Sự suy giảm này diễn ra không đều. Trong khoảng thời gian đầu (từ 0 đến 30 phút), tốc độ giảm tải trọng tương đối chậm. Tuy nhiên, sau 30 phút, tốc độ suy giảm tăng nhanh hơn. Đến thời điểm t = 120 phút (2 tiếng), tải trọng tới hạn mà dầm có thể chịu được chỉ còn khoảng 4 kN, giảm gần 50% so với ban đầu. Như vậy, đồ thị cho thấy rõ ràng ảnh hưởng tiêu cực của nhiệt độ cao đến khả năng chịu lực của kết cấu bê tông cốt thép. Thời gian chịu cháy càng lâu, sự suy giảm khả năng chịu lực càng lớn.



Hình 9. Khả năng chịu lực của cấu kiện theo thời gian



Hình 10. Sự thay đổi khả năng chịu lực của kết cấu theo thời gian chịu nhiệt

Hình 10 minh họa sự suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu dầm BTCT theo thời gian chịu nhiệt. Trục tung biểu diễn tỷ lệ phần trăm tải trọng mà dầm có thể chịu được so với tải trọng thiết kế ban đầu (P/P_0), trong khi trục hoành biểu diễn thời gian chịu nhiệt (phút). Nhìn chung, biểu đồ cho thấy xu hướng giảm dần của khả năng chịu lực theo thời gian. Tại thời điểm ban đầu (0 phút), dầm có thể chịu được 100% tải trọng thiết kế. Tuy nhiên, khi thời gian chịu nhiệt tăng lên, tỷ lệ này giảm dần. Cụ thể, sau 10 phút chịu nhiệt, khả năng chịu lực giảm xuống còn 98%. Sau 30 phút, con số này là 94%. Sự suy giảm này tiếp tục diễn ra và đến 120 phút (2 tiếng), dầm chỉ còn có thể chịu được 52% tải trọng thiết kế ban đầu. Điều này cho thấy rằng nhiệt độ cao ảnh hưởng đáng kể đến tính chất cơ lý của bê tông và cốt thép, dẫn đến sự suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Biểu đồ này cung cấp một cái nhìn trực quan về mức độ suy giảm khả năng chịu lực của dầm BTCT theo thời gian chịu nhiệt. Thông tin này rất hữu ích cho việc đánh giá an toàn phòng cháy chữa cháy của công trình, đặc biệt là trong ngành Xây dựng hàng không, nơi mà yêu cầu về khả năng chịu cháy của kết cấu rất cao.

5.3. Thảo luận

Nghiên cứu này phân tích sự suy giảm khả năng chịu lực của dầm BTCT dưới tác động nhiệt độ cao theo tiêu chuẩn ISO 834. Kết quả cho thấy khả năng chịu lực giảm gần 50% sau 120 phút, với tải trọng tối đa giảm từ 7,72 tấn xuống 4 tấn, cụ thể giảm 8% sau 30 phút và hơn 20% sau 60 phút. Cốt thép, do dẫn nhiệt cao và vị trí gần bề mặt, chịu ảnh hưởng nhiệt rõ rệt hơn bê tông, với nhiệt độ tăng nhanh, gây giảm đáng kể cường độ chịu kéo, dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực của dầm. Bê tông, đặc biệt lớp bên trong, có nhiệt độ thay đổi ít hơn, nên cường độ giảm chậm hơn. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa thời gian chịu nhiệt, nhiệt độ và sự suy giảm tải trọng: thời gian càng lâu, cường độ vật liệu, đặc biệt cốt thép, càng giảm, làm tăng mức suy giảm tải trọng. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa xem xét đầy đủ biến dạng thép, phản ứng hóa học hay tác động nhiệt đa chiều, và bị hạn chế bởi thời gian, kinh phí, thiếu cơ sở thực nghiệm. Kết quả nhấn mạnh tầm quan trọng của việc đánh giá khả năng chịu lửa trong thiết kế BTCT để đảm bảo an toàn. Cần áp dụng biện pháp bảo vệ kết cấu, chọn vật liệu phù hợp và cập nhật tiêu chuẩn, phương pháp tính toán để phản ánh chính xác ứng xử của kết cấu trong hỏa hoạn.

6. KẾT LUẬN

Khả năng chịu cháy của kết cấu BTCT chịu uốn trong công trình hạ tầng như nhà ga hàng không chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố thiết kế chính: lớp bảo vệ bê tông, loại và đường kính cốt thép, và cấp độ bền bê tông. Cụ thể, chiều dày lớp bảo vệ bê tông tăng, việc sử dụng cốt thép chịu nhiệt hoặc có đường kính lớn hơn, và bê tông cấp độ bền cao đều cải thiện đáng kể khả năng chịu cháy. Dựa trên các yếu tố này, các giải pháp thiết kế tối ưu bao gồm: tăng chiều dày lớp bảo vệ bê tông, sử dụng cốt thép chịu nhiệt, và bê tông cấp độ bền cao. Ngoài ra, việc bố trí hệ thống phòng cháy chữa cháy hiệu quả và sử dụng vật liệu chống cháy cũng là những biện pháp quan trọng. Nghiên cứu cung cấp phương pháp đánh giá khả năng chịu cháy, hỗ trợ thiết kế mới, đánh giá và nâng cấp kết cấu hiện hữu, đồng thời làm cơ sở phát triển các giải pháp chịu cháy tiên tiến cho các công trình lớn về hạ tầng như nhà ga hàng không.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Kodur V. Properties of Concrete at Elevated Temperatures. ISRN Civil Engineering 2014;2014:1-15. https://doi.org/10.1155/2014/468510.

[2]. Qin D, Gao P, Aslam F, Sufian M, Alabduljabbar H. A comprehensive review on fire dam-age assessment of reinforced concrete structures. Case Studies in Construction Materials 2022;16:e00843. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00843.

[3]. European Committee for Standardization (CEN). Eurocode 2: Design of Concrete Struc-tures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. European Committee for Stand-ardization; 2004.

[4]. TCVN 5574: 2018- Thiết kế kết cấu bê tông- bê tông cốt thép. 2018 n.d.

[5]. ISO-834-1-1999 n.d.

[6]. Kodur VKR, Shakya AM. Effect of temperature on thermal properties of spray applied fire resistive materials. Fire Safety Journal 2013;61:314–23. https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.09.011.

[7]. Thắng NT, Trung NT. Khảo sát sự suy giảm khả năng kháng uốn khi cháy của dầm bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn châu Âu. KHCNXD 2019;13:22-34. https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(4V)-03.

[8]. Asif A, Dhanapal M, Megha US, Nazar S, Rose Jose S. Analysis of steel–concrete compo-site beam using Ansys 18.1 Workbench. Materials Today: Proceedings 2023:S2214785323029164. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.285.

[9]. Patil AS, Moheimani R, Dalir H. Thermomechanical analysis of composite plates curing process using ANSYS composite cure simulation. Thermal Science and Engineering Pro-gress 2019;14:100419. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.100419.

[10]. Reddy Kummitha O, Reddy BVR. Thermal Analysis of cylinder block with fins for differ-ent materials using ANSYS. Materials Today: Proceedings 2017;4:8142-8. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.155.

[11]. Shalamov PV, Kulygina IA, Yaroslavova EN. ANSYS Software-based Study of Thermal Drilling Process. Procedia Engineering 2016;150:746-52. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.098.

[12]. Liu C, Zhou B, Guo X, Liu C, Wang L. Analysis and prediction methods for the static properties of reinforced concrete beams under fire. Structures 2023;47:2319-30. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.12.041.

■Ngày nhận bài: 24/3/2025 ■Ngày sửa bài: 21/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Xây dựng mô hình số độ cao bằng công cụ drone RTK cho TP Mỹ Tho, Tiền Giang

Buid digital elevation model for My Tho City, Tien Giang province using drone RTK

> TRẦN ANH TÚ[1*], CAO NGUYÊN THI[2], LƯƠNG BẢO BÌNH[1], VÕ NHẬT TIẾN[2], NGUYỄN QUỐC PHONG[2], HUỲNH QUỐC BÌNH[2], VÕ NGỌC HÀ[2], HÀ THIỆN Ý[3], VÕ SƠN[4], ĐÀM XUÂN THẾ[5], NGÔ TẤN PHONG[1]

[1]Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM; [*]Email: trantu@hcmut.edu.vn

[2]Trường Đại học Tiền Giang;

[3]Sở Xây dựng tỉnh Tiền Giang

[4]Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Tiền Giang

[5]Công ty CP Địa kỹ thuật và Nền móng Thái Dương Hệ

TÓM TẮT

Mô hình số độ cao (DEM) có độ chính xác cao là nền tảng không thể thiếu cho quy hoạch, xây dựng và quản lý đô thị. Bài báo này nghiên cứu xây dựng DEM cho phần đất liền của TP Mỹ Tho dựa trên 12 điểm mốc hạng II phân bố đều trong toàn thành phố, và dữ liệu đám mây điểm được đan dày bằng dữ liệu drone. Các điểm khống chế hạng II được đo đạc bằng cả hai phương pháp thủy chuẩn truyền thống và GNSS được dẫn truyền từ các mốc cao độ hạng I quốc gia. Thực hiện 4 tuyến đường truyền thủy chuẩn với tổng cộng 74,1km bằng máy thủy bình Leica DNA03, đo GNSS hai tần số Leica GPS1200. Dữ liệu drone được thu thập trên diện tích 6.000 ha với độ phủ dọc và ngang là 80%, độ cao bay 250m và độ phân giải đạt 7cm.

Từ khóa: GNSS; thủy chuẩn; DEM-UAV.

ABSTRACT

High-precision digital elevation model (DEM) is an indispensable foundation for urban planning, construction and management. This paper studies the construction of DEM for My Tho city based on 12 ground control points (GCPs) with national-level class II distributed throughout the city, and the point cloud data is denser with drone data. GCPs are measured using both leveling and GNSS transmitted from national-level class I. Four leveling routes with a total length of 74.1 km are implemented using a Leica DNA03 leveling machine, and Leica GPS1200 dual-frequency GNSS measurement. Drone data is taken on an area of 6,000 ha with 80% vertical and horizontal coverage, a flight altitude of 250 m and a resolution of 7 cm.

Keywords: GNSS; leveling; DEM-UAV.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

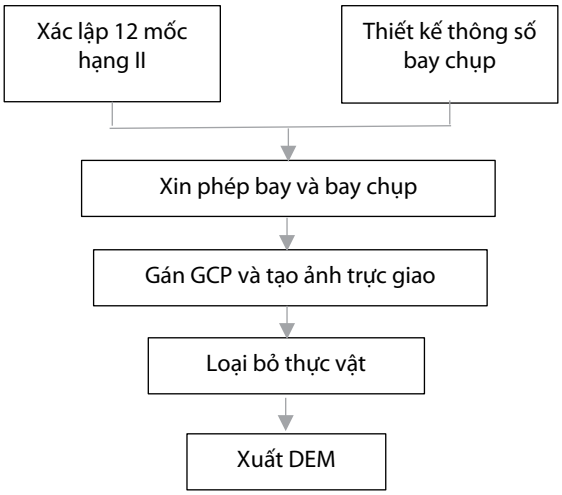
Mô hình trọng trường Trái Đất (*Earth Gravitational Model-EGM*) là một mô hình thế trọng trường Trái Đất bao gồm các hệ số điều hòa cầu. Mô hình EGM được sử dụng là tham chiếu toàn cầu để xác định bề mặt Geoid địa phương cũng như cao độ địa phương, phiên bản hiện tại đang được sử dụng ở Việt Nam là EGM2008 với độ chính xác lên đến 10cm (Pavlis & nnk, 2012) khi kết hợp với dữ liệu do cao bằng GPS ở nhiều quốc gia (Metin Soycan, 2013), tham chiếu theo WGS84. Độ lệch chuẩn của các geoid gần đây khoảng 15cm-42m theo mô hình trọng trường địa phương (*Gravimetric geoid*), nhưng theo mô hình *hybird geoid* độ chính xác lên dao động 1,6cm-5cm (Vu Dinh Toan & nnk, 2019). Mô hình Geoid được sử dụng để xác định độ cao thủy chuẩn của các điểm khi đo bằng kỹ thuật GNSS (Lương Bảo Bình, 2016).

Mô hình số độ cao độ chính xác cao là dữ liệu nền tảng cho việc xây dựng các đô thị số (Min Li & nnk, 2022; Zahid Mushtaq Wani, Masahiko Nagai, 2021; M. Akgul & nnk 2018). Dữ liệu để thành lập từ các bản đồ địa lý tỉ lệ lớn như 1:500 thì tốn kém nhiều chi phí và thời gian, trong khi đó dữ liệu vệ tinh có thể đạt đến độ phân giải mặt đất đến 0,5m thường chịu ảnh hưởng bởi mây (Arun Patel & nnk, 2016; Weibo Zeng & nnk, 2025), dữ liệu SAR bị ảnh hưởng bởi các tòa nhà đô thị và thực vật tạo ra dữ liệu giao thoa không tốt (DU Ya-Nan, 2015) riêng công nghệ LiDAR thì chi phí vẫn còn cao. Tổng Sai số về độ cao của phương các phương pháp đo đạc từ diện tích nhỏ 10ha đến vài chục km dao động 0,2m (Lê Văn Hùng, 2020; Sĩ Sơn & nnk, 2018; Hoàng Anh Thế, Nguyễn Quang Khánh, 2020; Hoàng Thị Thủy và Đinh Công Hòa, 2020), và tỉ lệ bản đồ có thể đạt được ở 1/500.

Trong bài báo này nhóm tác giả sử dụng UAV để lập mô hình số bề mặt và số độ cao trên diện tích 60km^2 của phần đất liền TP Mỹ Tho với 12 điểm khống chế tương đương hạng II bằng cả hai phương pháp thủy chuẩn truyền thống và GNSS.

2. PHƯƠNG PHÁP

Quy trình thực hiện được thể hiện trong hình 1, gồm các bước chính: 1/ Chuẩn hoán 12 mốc khống chế, 2/ chụp ảnh UAV cho 60km^2, 3/ Xử lý ảnh tạo DEM.



Hình 1. Quy trình thực hiện

2.1. Dữ liệu

TP Mỹ Tho, tỉnh Tiền Giang, trải dài từ 10.346 độ đến 10.399 độ vĩ Bắc, 106.305 độ đến 106.411 độ kinh Đông, bao phủ khoảng 70km^2 (không tính các điểm khống chế cấp cao), gần như phủ trùm toàn TP Mỹ Tho. Yêu cầu độ chính xác đo đạc:

- Tọa độ: tương đương hạng II nhà nước (sai số cạnh 1/500000, sai số phương vị 1 giây)
- Độ cao: tương đương hạng II nhà nước (sai số khép 4mm/1km)

Số lượng điểm khống chế cấp cao được thể hiện trong bảng 1 gồm 3 điểm khống chế tọa độ Nhà Nước và 2 điểm khống chế độ cao nhà nước.

Bảng 1. Các điểm khống chế tọa độ và cao độ nhà nước

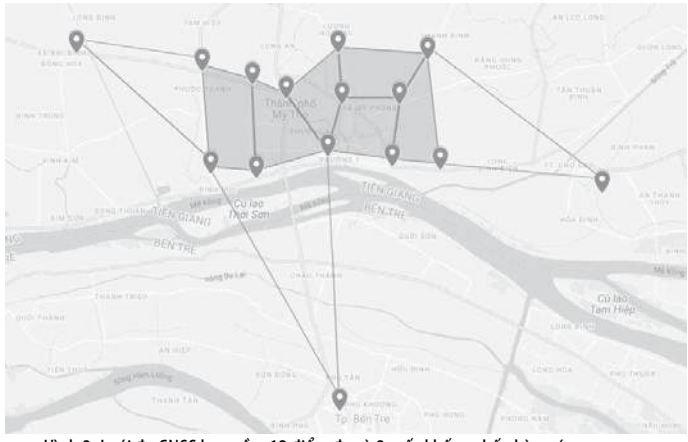
STT	Tên điểm	Tọa độ phẳng - VN2000 (múi chiếu 3 độ, KTT 105°45')		Độ cao Hòn Dấu H(m)
		X (m)	Y (m)	
1	II-43	1133161.907	567195.185	
2	II-44	1144651.554	579212.193	
3	657551	1150276.348	553850.150	
4	I(VL-HT)274			1.280
5	II(TX-TL)24			1.345

2.2. Đo đạc bằng phương pháp GNSS

Sử dụng máy thu GNSS hai tần số Leica GPS1200 (hình 2) với độ chính xác danh định: 3mm + 0.5ppm. Đo tương đối tĩnh 30 đường đáy độc lập của lưới GNSS (hình 3). Dữ liệu thu được sau đó được xử lý bằng phần mềm TBC với 2 bước chính: xử lý từng đường đáy đơn và sau đó bình sai mạng lưới.



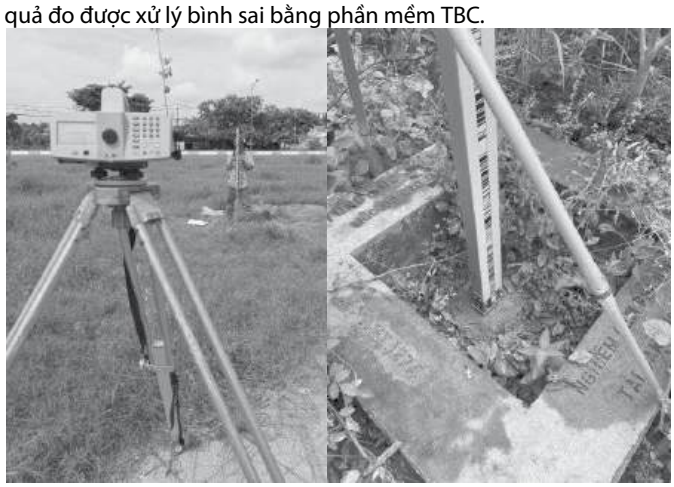
Hình 2. Máy thu GNSS Leica GPS1200 đặt trên mốc khống chế nhà nước



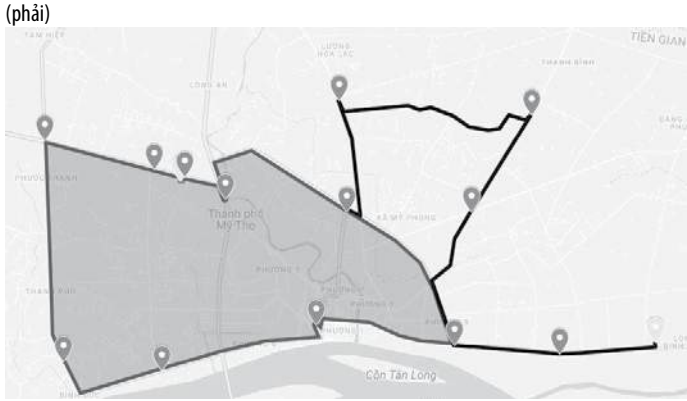
Hình 3. Lưới đo GNSS bao gồm 12 điểm đo và 3 mốc khống chế nhà nước

2.3. Đo đạc bằng thủy chuẩn truyền thống

Sử dụng máy thủy bình điện tử Leica DNA03 với độ chính xác danh định 0.3mm/1km, đo với mia Inva mã vạch. Các thiết bị này được minh họa trên hình 4. Dẫn thủy chuẩn hình học từ giữa cho tổng chiều dài 74,1km, với sơ đồ lưới được minh họa ở hình 5. Kết quả đo được xử lý bình sai bằng phần mềm TBC.



Hình 4. Máy thủy bình Leica DNA03 (trái) và mia Inva mã vạch đặt trên mốc nhà nước (phải)



Hình 5. Sơ đồ lưới thủy chuẩn đi qua 12 điểm đo và 2 mốc khống chế nhà nước

2.4. Thu thập và xử lý dữ liệu bằng UAV

Sử dụng 2 phương tiện bay không người lái gồm Phantom 4 Pro, số xuất xưởng 0AXCF1C0B30017, và Phantom 4 RTK, số xuất xưởng 0V2SJ5URA40256. Chụp khu vực trung tâm phường 1 và 7 bằng thiết bị RTK, chụp toàn thành phố bằng thiết bị Pro. Chia thành phố thành 6 khu vực bay chụp trong tháng 4-5/2023, với độ phủ dọc và ngang 80%, độ cao bay 250m. Xử lý dữ liệu bằng phần mềm Agisoft Metashape, gán 8 điểm hạng II nằm trong vùng nghiên cứu để làm

điểm khống chế. Ảnh trực giao sau khi được thành lập tiến hành xử lý loại bỏ thực vật bằng phương pháp tự động trong phần mềm Agisoft Metashape để xuất ra mô hình DEM.

3. KẾT QUẢ, THẢO LUẬN

Tọa độ của 12 điểm khống chế cần đo trong hệ VN2000 được thể hiện dưới dạng tọa độ phẳng (múi chiếu 3 độ, kinh tuyến trục 105 độ 45 phút), với sai số trung phương theo hai phương đạt 3-4mm và sai số trung phương vị trí điểm đạt 5-6mm. Sai số khép các tuyến thủy chuẩn dao động 12-19mm, sai số trung phương bình sai lưới thủy chuẩn đạt 1.3-2.9mm. Kết quả đo cao độ theo phương pháp thủy chuẩn và GNSS được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả độ cao dẫn thủy chuẩn mốc hạng II

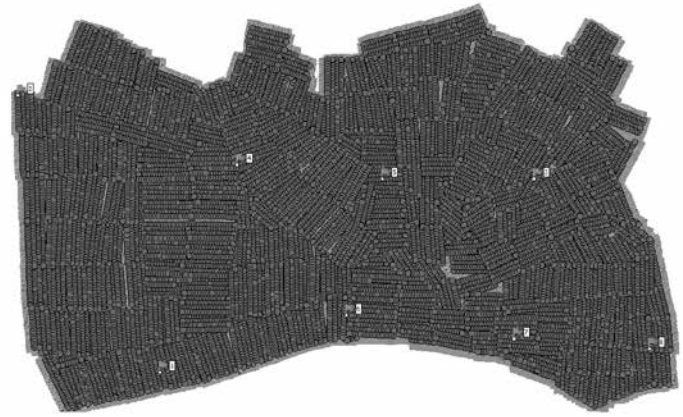
STT	Tên điểm	Độ cao H (m)	
		Thủy chuẩn	GNSS
1	I-01	2.260	1.654
2	I-23	2.712	2.065
3	I-26	2.228	1.597
4	I-27	2.640	2.032
5	I-34	1.817	1.207
6	I-36	1.637	1.061
7	M-01	2.090	1.492
8	M-02	1.558	0.972
9	M-03	2.595	2.007
10	M-04	2.469	1.875
11	M-05	2.496	1.842
12	M-06	2.603	2.002

Sơ đồ tâm ảnh được thể hiện trên hình 6 được tập hợp từ 18878 ảnh, 42,5 triệu điểm với 8 mốc khống chế, xử lý ảnh trực giao được thể hiện trên hình 7. Sai số vị trí nắn GCP trung bình cho cao độ 18,4mm và vị trí 2,0 pixel tại bảng 3. Kết quả mô hình số độ cao được thể hiện trên hình 8.

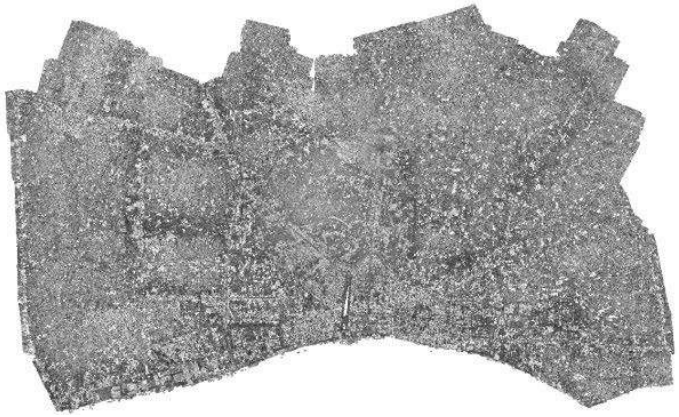
Bảng 3. Sai số tổng khi gán GCP

STT	Độ cao (m)	Chính xác (mm)	Sai số cao (mm)	Sai số vị trí (pixel)
1	2,260	5,0	11,5	3,5
2	2,228	5,0	16,2	1,9
3	1,637	5,0	21,3	1,3
4	2,090	5,0	18,5	2,3
5	2,595	5,0	36,1	2,7
6	2,469	5,0	11,4	1,2
7	2,496	5,0	9,5	1,3
8	2,603	5,0	2,0	0,8
Sai số tổng			**18,4**	**2,0**

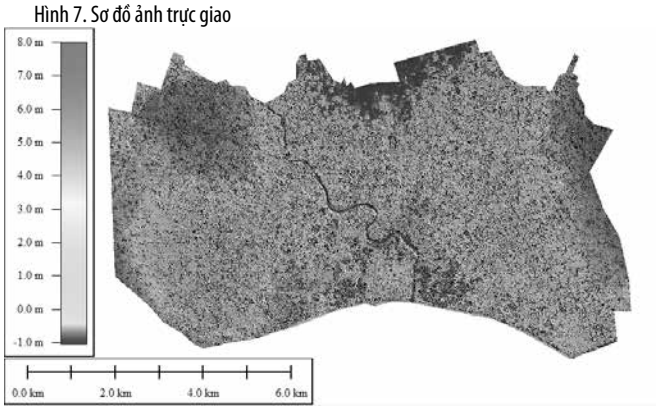
Trên cơ sở các nghiên cứu liên quan đến sử dụng UAV thử nghiệm cho các khu vực có diện tích từ vài chục ha đến hàng trăm ha và theo dạng tuyến đến vài chục km, sai số cao nhất của phương pháp tối đa khoảng 20cm, như vậy việc áp dụng phương pháp tương tự với độ chính xác cao độ của 8/12 mốc hạng II được thành lập và áp dụng cho khu vực nghiên cứu và độ phân giải mặt đất 7cm có thể lập được mô hình DEM đáp ứng các yêu cầu tương đương với tỉ lệ 1/1.000 theo hướng dẫn tại thông tư 07/2021/TT- BTNMT.



Hình 6. Vị trí tâm chụp và 8 mốc khống chế

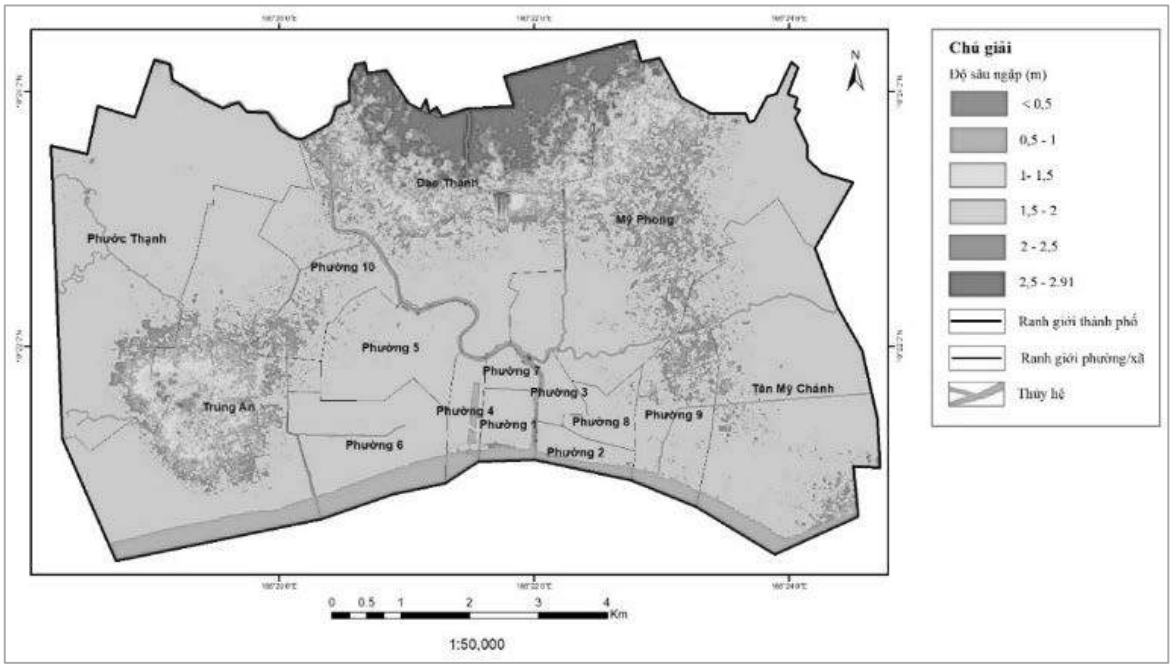


Hình 7. Sơ đồ ảnh trực giao



Hình 8. Mô hình số độ cao của Mỹ Tho từ dữ liệu UAV.

Kết quả mô hình DEM cho thấy sự phân bố chi tiết của các khu vực địa hình thấp kiểu vòng cung bao bọc xung quan trung tâm thành phố trong đó bao gồm: (1) khu vực có địa hình thấp dưới 2,0m gồm khu vực phía tây có cấu trúc lòng chảo toàn lần lưu vực thoát nước này có diện tích 20,39km^2 phân bố trên gần như toàn bộ xã Trung An và một phần xã Phước Thạnh; (2) khu vực phía bắc gồm phần lớn xã Đạo Thạnh và một phần xã Mỹ Phong có địa hình dưới 1,0m; (3) khu vực phía đông có địa hình dưới 1,5m gồm một phần phường 9 và xã Mỹ Phong. Ngoài ra, các khu vực có địa hình cao trên 2,0m phân bố ở trung tâm, góc phía tây bắc và phía đông. Kết quả này có thể áp dụng trong việc khoanh vùng có tiềm năng ngập lụt (hình 9), và có thể dự báo ngập khi kết hợp với các dữ liệu thủy triều và lún, đối chiếu với quy hoạch phân khu chức năng và bố trí không gian đô thị để điều chỉnh quy hoạch phù hợp với đặc điểm tự nhiên.



Hình 9. Khoanh vùng độ sâu ngập 2023

Về mặt chi phí, chi phí công thực hiện công tác đo đạc GNSS và xử lý bình sai dữ liệu, công bay chụp của một đội và xử lý; chi phí thuê thiết bị GNSS, Drone, máy tính mạnh, phần mềm bản quyền cho bình sai và xử lý dữ liệu ảnh với tổng thời gian 3 tháng trên tổng diện tich 6.000ha. Khối lượng công việc chỉ bằng khoảng 1/5 so với phương pháp đo đạc bằng RTK mặt đất. Phương pháp đo RTK (trạm base và Rover) tiết kiệm 20-30% thời gian và tiết kiệm 30-50% nhân lực so với các phương pháp đo truyền. Trong khi đó, dùng Drone RTK giảm thời gian phải di chuyển theo các tuyến đường và chờ nhận tín hiệu với cùng nhân sự.

4. KẾT LUẬN

Đo đạc thành lập 12 điểm khống chế tương đương hạng II bằng cả hai phương pháp thủy chuẩn và GNSS và sử dụng 8 điểm làm điểm khống chế đạt sai số tối đa 2,9mm, sai số vị trí khi gán các giá trị GCP trên khối ảnh đạt 3,6cm.

Mô hình DEM đáp ứng các yêu cầu tương đương với lập bản đồ địa hình tỉ lệ 1/1.000.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ từ UBND tỉnh Tiền Giang, Sở KH&CN Tiền Giang đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài cấp tỉnh "Xây dựng mặt Geoid 2d và 3D cục bộ lưới cao độ cote nền cho TP Mỹ Tho" do Trường Đại học Tiền Giang và Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM đồng chủ trì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Akgul, M., et al. (2018). Evaluation of UAV- and GNSS-based DEMs for earthwork volume. Arabian Journal of Science and Engineering.

[2]. DU, Y.-N., Feng, G.-C., Li, Z.-W., Zhu, J.-J., & Peng, X. (2015). Generation of high precision DEM from TerraSAR-X/TanDEM-X. Chinese Journal of Geophysics, 58(9), 3089-3102. https://doi.org/10.6038/cjg20150907.

[3]. Ha, M. H. (2017). Construction of initial national quasi-geoid model VIGAC2017, first step to national spatial reference system in Vietnam. Vietnam Journal of Earth Sciences, 39(2), 155-166.

[4]. Hirt, C. (2011). Assessment of EGM2008 over Germany using accurate quasigeoid heights from vertical deflections, 2 GCG05 and GPS/levelling. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation and Landmanagement (zfv), 136(3), 138-149.

[5]. Hoàng Anh Thế, & Nguyễn Quang Khánh. (2020). Nghiên cứu thành lập bản đồ địa hình bằng công nghệ UAV. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý toàn quốc lần thứ XII, quyển 2, 899.

[6]. Hoàng Thị Thủy, & Đinh Công Hòa. (2020). Giải pháp thành lập bản đồ địa hình từ dữ liệu UAV vùng có phủ thực vật. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 44-6.

[7]. Le, V. H., & Nguyen, X. H. (2012). Kết hợp mô hình trọng trường toàn cầu EGM2008 và đo cao GPS thủy chuẩn nhằm nâng cao độ chính xác của kết quả đo cao GPS. Tạp chí Khoa học & Công nghệ xây dựng, (3+4).

[8]. Lê Văn Hùng. (2020). Ứng dụng phương pháp ảnh máy bay không người lái xây dựng bản đồ 2d và mô hình hiện trạng 3d phục vụ thiết kế quy hoạch. Hội nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 60 năm thành lập Viện KHCN Xây dựng. https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-22.

[9]. Li, M., Dai, W., Song, S., Wang, C., & Tao, Y. (2022). Construction of high-precision DEMs for urban plots. Annals of GIS, 29, 193-203.

[10]. Lương Bảo Bình. (2016). Tính toán dị thường độ cao từ hệ số điều hòa ở độ và bậc nhất định trong dải sóng dài. Tạp chí Phát triển KH&CN, 19(K4).

[11]. Metin, S. (2014). Improving EGM2008 by GPS and leveling data at local scale. Boletim de Ciências Geodésicas, 20(1). http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702014000100001.

[12]. Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., & Factor, J. K. (2012). The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 117(B4).https://doi.org/10.1029/2011JB008916.

[13]. Tống Sĩ Sơn, Tống Thị Huyền Ái, Phạm Việt Hòa, Vũ Phan Long, & Nguyễn Vũ Giang. (2018). Nghiên cứu đề xuất quy trình bay chụp và thử nghiệm thành lập mô hình số bề mặt địa hình và bình đồ ảnh từ máy bay không người lái. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 36-6, 44-51.

[14]. Vu, D. T., Bruinsma, S., & Bonvalot, S. (2019). A high-resolution gravimetric quasigeoid model for Vietnam. Earth, Planets and Space, 71, 65.

[15]. Weibo, Z., Xiaoxiao, Z., Shuangxi, G., Ran, Z., Lele, Y., Yijun, Z., & Yuqing, Z. (2025). A method of urban high-precision DEM construction based on point cloud model. Geocarto International, 40.

[16]. Wani, Z. M., & Nagai, M. (2021). An approach for the precise DEM generation in urban environments using multi-GNSS. Measurement, 17. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109311.

[17]. Thông tư số 68/2015/TT-BTNMT ban hành ngày 22/12/2015. (2015). Quy định Kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỉ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, và 1:5000.

■Ngày nhận bài: 21/3/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/5/2025

Nghiên cứu ảnh hưởng của tác dụng nổ lên kết cấu cầu thép dạng vòm

Research on the impact of explosion effects on arch-type steel bridge structures

> KS NGUYỄN QUỐC TUẤN, TS NGUYỄN CHÍ THỌ, TS NGUYỄN THANH SANG
Học viện Kỹ thuật quân sự

TÓM TẮT

Trong bối cảnh các mối đe dọa an ninh ngày càng gia tăng, việc đánh giá khả năng chống chịu của kết cấu cầu thép dạng vòm trước tác động của sóng nổ là yêu cầu cấp thiết hiện nay. Nghiên cứu này tập trung phân tích ứng xử động của cầu vòm thép, cụ thể là bản mặt cầu, dưới tác dụng của vụ nổ. Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) được áp dụng thông qua phần mềm mô phỏng ABAQUS để thực hiện phân tích. Kết cấu cầu được mô hình hóa chi tiết, bao gồm các thành phần chính như bản mặt cầu, hệ vòm thép và các liên kết. Mô hình tải trọng nổ được xây dựng dựa trên lý thuyết động lực học phi tuyến nhằm phản ánh chính xác tương tác phức tạp giữa sóng nổ và kết cấu. Các kịch bản vụ nổ được thiết lập dựa trên các thông số như khối lượng thuốc nổ, khoảng cách đến mặt cầu và vị trí phát nổ. Kết quả phân tích cho thấy sự phân bố áp suất, ứng suất và biến dạng trên bản mặt cầu- nơi chịu tác động trực tiếp từ sóng nổ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp kỹ thuật nhằm nâng cao khả năng chống chịu của cầu thép dạng vòm trước các nguy cơ từ tác động nổ. Nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn trong thiết kế và gia cường kết cấu cầu, góp phần phục vụ mục tiêu đảm bảo quốc phòng - an ninh.

Từ khóa: Cầu thép dạng vòm; sóng nổ; ứng xử động; phân tích phần tử hữu hạn (FEM); mô phỏng ABAQUS; biến dạng và ứng suất; tải trọng nổ phi tuyến.

ABSTRACT

In the context of mounting security threats, assessing the resilience of steel arch bridge structures against blast-wave impacts has become an urgent necessity. This study focuses on the dynamic response of a steel arch bridge - specifically its deck - under explosive loading. The finite element method (FEM) is employed via the ABAQUS simulation software to carry out the analysis. The bridge is modeled in detail, encompassing key components such as the deck slab, the steel arch system, and their connections. The blast-load model is developed based on nonlinear dynamic theory to accurately capture the complex interaction between shock waves and the structure. Explosion scenarios are defined by parameters such as the mass of the explosive charge, the stand-off distance to the deck, and the detonation location. The analysis results reveal the distribution of pressure, stress, and deformation across the deck - the element directly impacted by the blast wave. On this basis, the study proposes technical measures to enhance the blast resistance of steel arch bridges. This research carries practical significance for the design and strengthening of bridge structures, contributing to national defense and security objectives.

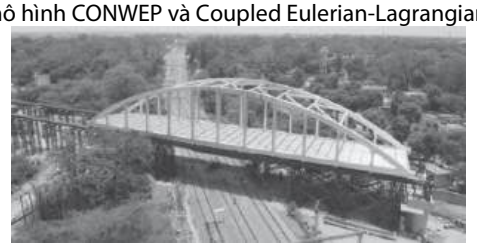
Keywords: Steel arch bridge; blast wave; dynamic response; finite element analysis (FEM); ABAQUS simulation; deformation and stress; nonlinear blast loading.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển cơ sở hạ tầng ngày càng mạnh mẽ và yêu cầu bảo đảm an toàn công trình ngày càng cao, việc nghiên cứu ảnh hưởng của các tải trọng đặc biệt như tác động nổ lên kết cấu cầu trở nên cấp thiết, đặc biệt đối với cầu thép dạng vòm - một loại kết cấu được ứng dụng rộng rãi cho các nhịp trung bình đến lớn. Các nghiên cứu về ảnh hưởng của tác động nổ lên kết cấu cầu thép dạng vòm chỉ ra rằng quá trình nổ tạo ra sóng xung kích với áp suất cao, tốc độ lan truyền nhanh và thời gian tác dụng ngắn, gây biến dạng động cho kết cấu (Hồ Sĩ Giao và cộng sự [1]). Thép kết cấu S355JR phổ biến trong xây dựng cầu thép tại Việt Nam có khả năng tăng độ bền khi chịu tải trọng động (Vũ Thành Hải và cộng sự [2]). Phân tích kết cấu thép chịu tải trọng nổ cần xét đến ứng xử phi tuyến với ứng suất Von Mises và giới hạn biến dạng dẻo PEEQ trong khoảng 2-5% (Phạm Huy Chính [3]). Cầu thép có ưu điểm về độ cứng cao nhưng khả năng hấp thụ năng lượng thấp hơn so với bê tông (Nguyễn Thị Tuyết Trinh và Nguyễn Viết Trung [4]). Kết cấu cầu thép có ba dạng phá hủy chính với thanh treo là vị trí nhạy cảm nhất (Nguyễn Viết Trung [5]). Cầu vòm ống thép nhồi bê tông có khả năng chống chịu tải trọng nổ tốt hơn (Trần Việt Hùng [6]). Vị trí nổ tại 1/4 nhịp thường gây chuyển vị lớn nhất, trong khi vị trí nổ tại giữa nhịp gây ứng suất lớn nhất (Lam & Yang [7]).

Chen và cộng sự [8] khẳng định vị trí nổ có ảnh hưởng quyết định đến phản ứng kết cấu, với nổ tại vị trí lệch tâm giúp phân tán năng lượng tốt hơn. Shi và cộng sự [9] chỉ ra phương pháp mô hình hóa chi tiết các thành phần cầu trong phân tích phần tử hữu hạn. Dragos & Wu [10] xác định PEEQ là chỉ số quan trọng để đánh giá

mức độ hư hỏng với ngưỡng 5-7% tùy loại thép. Wang và cộng sự [11] mô tả sự phân bố ứng suất thể hiện đặc tính sóng với vùng ứng suất kéo và nén xen kẽ. Li & Hao [12] chỉ ra mối quan hệ phi tuyến giữa khối lượng thuốc nổ và phản ứng kết cấu. Figuli và cộng sự [13] nhấn mạnh tầm quan trọng của phân tích động lực học quá độ và vai trò của mô hình Johnson-Cook. Tang & Hao [14] so sánh hiệu quả của các mô hình CONWEP và Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL).



Hình 1. Cầu vòm thép

Deng & Jin [15] phát hiện chuyển vị tối đa tăng theo tỷ lệ gần tuyến tính với căn bậc ba của khối lượng thuốc nổ. Fujikura và cộng sự [16] khẳng định ống thép nhồi bê tông (CFST) có khả năng chống chịu nổ tốt hơn đáng kể. Hao & Tang [17] đề xuất các giải pháp gia cường như vật liệu FRP, phần tử hy sinh, và thép có giới hạn chảy cao. Yi và cộng sự [18] chứng minh hiệu quả của bê tông cường độ siêu cao (UHSC) và bê tông bột phản ứng (RPC) trong việc tăng khả năng chống nổ. Louca và cộng sự [19] nhấn mạnh tầm quan trọng của tương tác giữa môi trường và kết cấu (FSI).

UFC 3-340-02 [20] hướng dẫn xét ba giai đoạn phản ứng chịu nổ: đàn hồi, đàn hồi-dẻo, và dẻo hoàn toàn. AASHTO [21] khuyến nghị phương pháp thiết kế dựa trên hiệu suất cho tải trọng đặc biệt. Kingery & Bulmash [22] cung cấp dữ liệu về thông số sóng nổ. Johnson & Cook [23] trình bày mô hình mô tả ứng xử vật liệu dưới biến dạng lớn, tốc độ biến dạng cao và nhiệt độ cao. ABAQUS Documentation [24] mô tả mô hình CONWEP Blast Load giúp giảm thời gian tính toán. Baker và cộng sự [25] cung cấp cơ sở lý thuyết về đánh giá nguy cơ nổ.

Nghiên cứu này nhằm mục đích làm rõ ảnh hưởng của tác động nổ lên kết cấu cầu thép dạng vòm, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chống chịu nổ và đề xuất các giải pháp thiết kế, gia cường phù hợp, góp phần nâng cao an toàn cho hệ thống cầu thép dạng vòm tại Việt Nam trước các tình huống khẩn cấp có thể xảy ra.

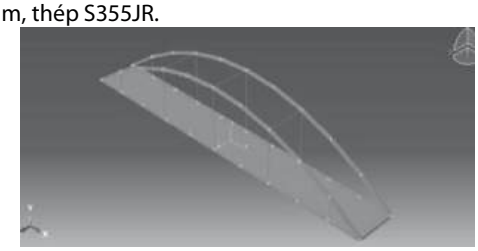
2. MÔ HÌNH BÀI TOÁN TRONG ABAQUS

2.1. Mô hình cầu trong Abaqus

Chiều dài cầu: 50m (khoảng cách giữa hai trụ cầu). Chiều rộng cầu: 6m. Chiều cao tối đa của vòm: 10m (từ đỉnh vòm đến mặt cầu). Hai vòm thép (đặt cách nhau 6m). Dầm chính dọc chạy dọc theo cầu trên hai vòm 11 dầm ngang (cách nhau 5m, bao gồm dầm tại hai đầu cầu). Bản mặt cầu thép dày 16mm. Thanh treo kết nối từ vòm đến dầm chính. Thanh giằng ngang nối giữa hai vòm. Hai trụ cầu bê tông ở hai đầu (được thay bằng các liên kết trong phần mềm Abaqus).

Các bộ phận cầu được làm bằng Vật liệu - Thép S355JR có các thông số: Mô-đun đàn hồi (E): 210 GPa; Hệ số Poisson (v): 0.30; Khối lượng riêng (ρ): 7850 kg/m^3; Giới hạn chảy (fy): 355 MPa; Giới hạn bền (fu): 470 Mpa

Tiết diện: Vòm thép: Hộp thép 400×400×16/12 mm (t1=t3=16 mm, t2=t4= 12 mm); Dầm chính dọc: Hộp thép 400×400×16/12 mm; Dầm ngang: IPE 300 (chiều cao 300 mm); Thanh treo: Ống thép Ø76×4 mm; Thanh giằng ngang: Ống thép Ø76×4 mm. Bản mặt cầu: Dày 16mm, thép S355JR.



Hình 2. Mô hình cầu khai báo trong Abaqus

Mô hình cầu vòm thép được xây dựng ba chiều với các thành phần chính bao gồm bản mặt cầu, hệ vòm và các liên kết. Bản cầu được mô hình bằng phần tử vỏ (S4R) để thu được ứng suất và biến dạng chính xác. Hệ vòm thép được mô hình bằng phần tử dầm (B31). Các liên kết giữa các thành phần sử dụng ràng buộc cứng (tie constraint).

Vật liệu thép trong mô hình được mô tả bằng mô hình Johnson Cook-một mô hình dẻo động lực học phụ thuộc vào tốc độ biến dạng và nhiệt độ, rất phù hợp cho các bài toán tải trọng xung kích cao như nổ [11], [23], [24].

Tác động của sóng nổ được mô phỏng bằng mô hình CONWEP Blast Load, có sẵn trong ABAQUS/Explicit [1], [20], [22], [24]. Đây là mô hình thực nghiệm dựa trên dữ liệu của Kingery và Bulmash, mô tả áp suất sóng nổ từ vụ nổ TNT trong không khí lên bề mặt cấu kiện.

2.2. Kịch bản khảo sát

Tiến hành khảo sát khối thuốc nổ TNT có trọng lượng khác nhau (xem bảng 1), nổ trên mặt cầu tại, cách mặt cầu 1,5m tại các vị trí: Vị trí A1 (Giữa mặt cầu): Nổ tại tâm mặt cầu, tạo phân bố áp lực đối xứng; Vị trí A2 , B1 và B2 (Lệch tâm): Nổ cách tâm cầu 10m, 2,5m và 7,5m theo phương X, tạo phân bố áp lực không đối xứng.



a. Vị trí nổ tại A1 và A2 *b. Vị trí nổ tại B1 và B2*

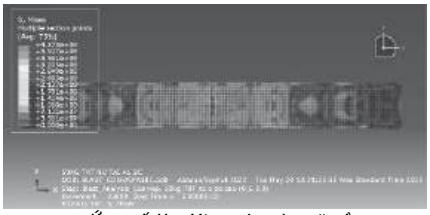
Hình 3. Sơ đồ vị trí các điểm nổ khảo sát

Bảng 1. Các kịch bản mô phỏng nổ với khối lượng và vị trí khác nhau

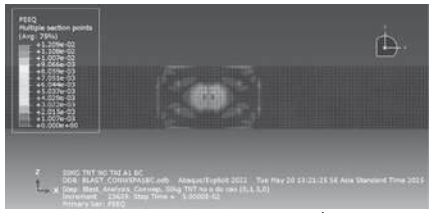
TT	Kịch bản nổ	Khối lượng TNT (KG)	Vị trí nổ	Tọa độ (X, Y, Z)	Ghi chú
1	KB1	50	Trên mặt cầu, đúng tâm	A1(0, 1.5, 0)	
2	KB2	100	Trên mặt cầu, đúng tâm	A1(0, 1.5, 0)	
3	KB3	200	Trên mặt cầu, đúng tâm	A1(0, 1.5, 0)	
4	KB4	50	Trên mặt cầu, lệch tâm	A2(10, 1.5, 0)	
5	KB5	100	Trên mặt cầu, lệch tâm	A2(10, 1.5, 0)	
6	KB6	200	Trên mặt cầu, lệch tâm	A2(10, 1.5, 0)	
7	KB7	50	Trên mặt cầu, lệch tâm	B1(2.5, 1.5, 0)	
8	KB8	100	Trên mặt cầu, lệch tâm	B1(2.5, 1.5, 0)	
9	KB9	200	Trên mặt cầu, lệch tâm	B1(2.5, 1.5, 0)	
10	KB10	50	Trên mặt cầu, lệch tâm	B2(7.5, 1.5, 0)	
11	KB11	100	Trên mặt cầu, lệch tâm	B2(7.5, 1.5, 0)	
12	KB12	200	Trên mặt cầu, lệch tâm	B2(7.5, 1.5, 0)	

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT MẶT CẦU KHI NỔ TẠI CÁC ĐIỂM A1, A2, B1 VÀ B2

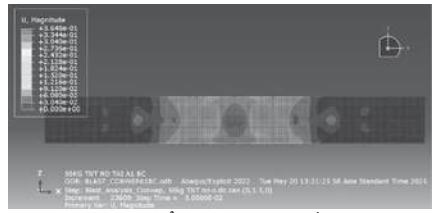
Khi phân tích tác động nổ lên kết cấu cầu, ba đại lượng quan trọng nhất thường được trích xuất để đánh giá phản ứng của kết cấu và mức độ hư hỏng là Von Mises (MPa), PEEQ, và U, Magnitude (m). Dưới đây là kết quả khảo sát trên mặt cầu theo các kịch bản nổ:



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

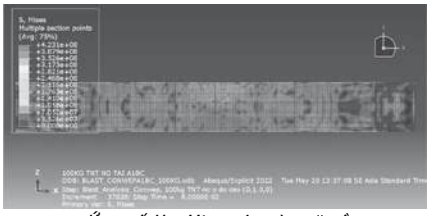


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

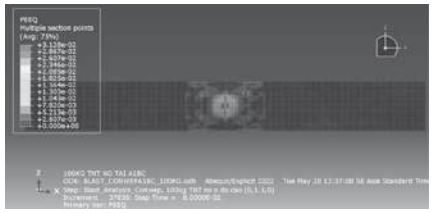


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

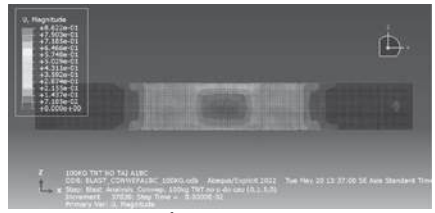
Hình 4. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB1



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

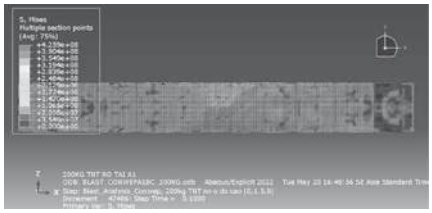


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

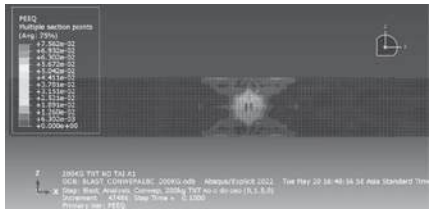


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

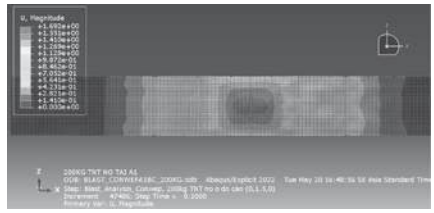
Hình 5. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB2



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

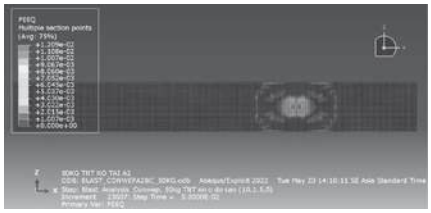


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

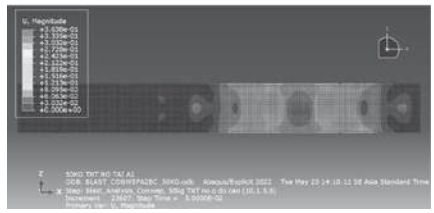
Hình 6. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB3



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

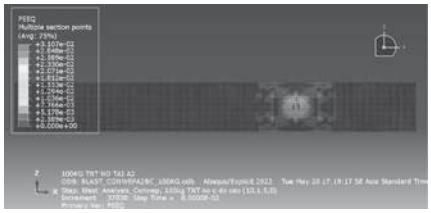


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

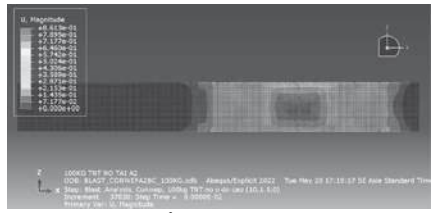
Hình 7. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB4



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

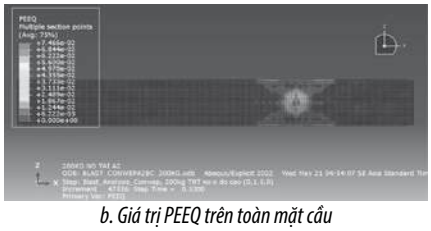


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

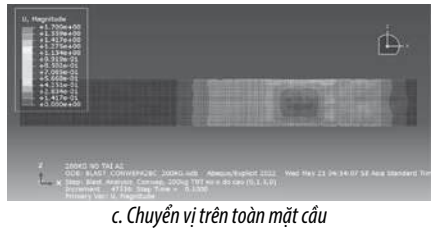
Hình 8. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB5



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

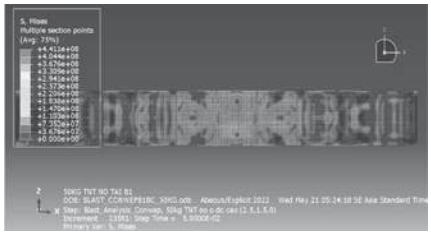


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

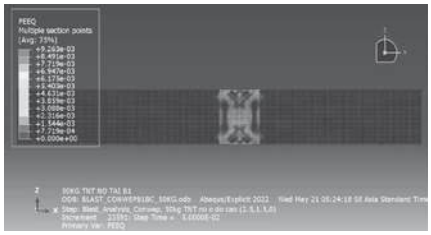


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

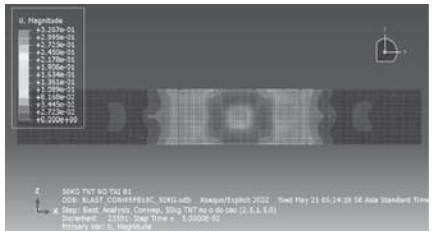
Hình 9. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB6



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

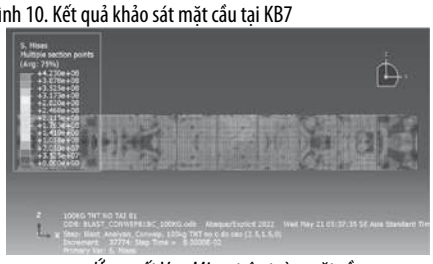


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

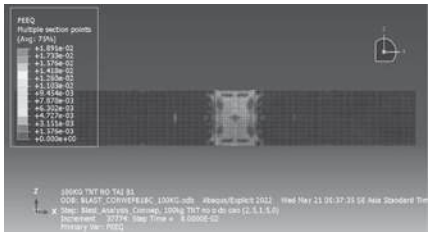


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

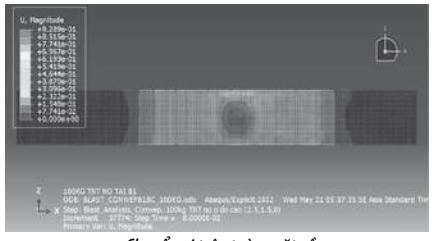
Hình 10. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB7



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

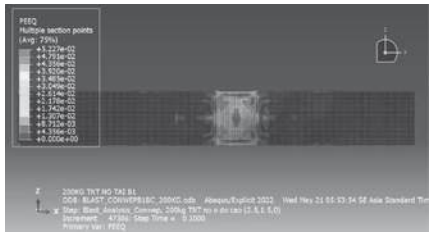


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

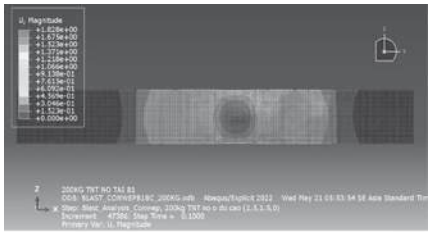
Hình 11. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB8



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

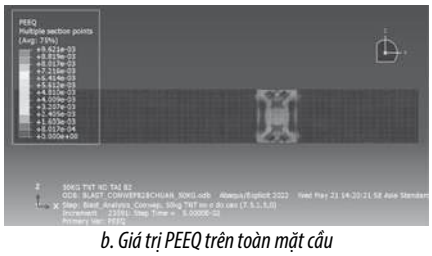


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

Hình 12. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB9



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

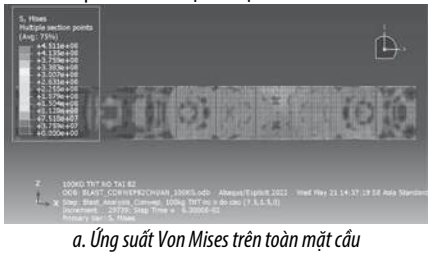


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

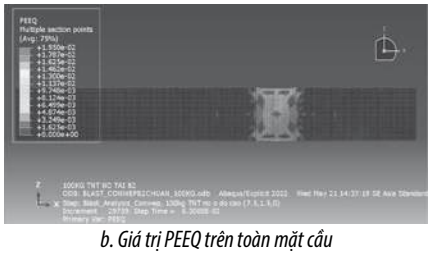


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

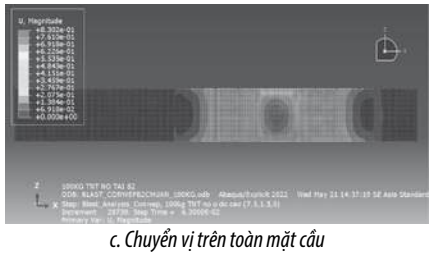
Hình 13. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB10



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu

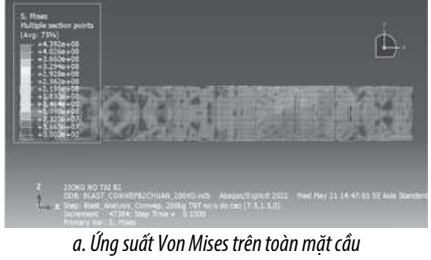


b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu

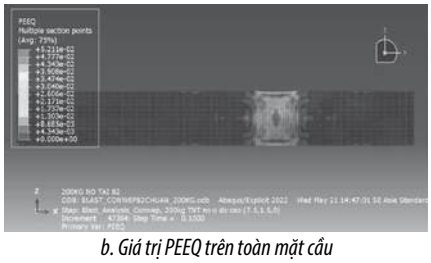


c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

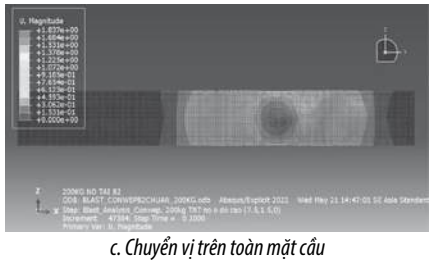
Hình 14. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB11



a. Ứng suất Von Mises trên toàn mặt cầu



b. Giá trị PEEQ trên toàn mặt cầu



c. Chuyển vị trên toàn mặt cầu

Hình 15. Kết quả khảo sát mặt cầu tại KB12

Bảng 2. Giá trị ứng suất, PEEQ, chuyển vị lớn nhất theo các kịch bản nổ.

Kịch bản nổ	Node ID	Orig. Coords	S, Max. In-Plane Principal (MPa)	PEEQ	U, Magnitude (m)
KB1	3829	-0.4, 0, 0	40,053	**0,01209**	**0,36479**
KB1	3891	0, 0, 0	**482,352**	0,00534	0,34354
KB2	4356	3.0, 0, 0	**269,374**	0,00390	0,72317
KB2	4015	0.8, 0, 0	215,946	0,01741	**0,86218**
KB2	3860	-0.2, 0, 0	-21,4798	**0,03128**	0,83814
KB3	3426	-3,0, 0	**-327,161**	0,00696	1,31563
KB3	3767	-0.8, 0, 0	75,897	0,04577	**1,69238**
KB3	3860	-0.2, 0, 0	90,947	**0,07562**	1,66456
KB4	5379	9.6, 0, 0	49,511	**0,01209**	**0,36378**
KB4	5441	10.0,0, 0	**475,753**	0,00531	0,34140
KB5	5317	9.2, 0, 0	191,051	0,01774	**0,86127**
KB5	5410	9.8, 0, 0	12,440	**0,03107**	0,83710
KB5	5689	11.6, 0, 0	**-286,727**	0,00855	0,79369
KB6	5410	9.8, 0, 0	186.63	**0,07466**	1,67176
KB6	5472	10.2, 0, 0	77.6801	**0,07466**	1,67148
KB6	5503	10.4, 0, 0	-10,330	0,06642	**1,70044**
KB6	5906	13, 0, 0	**-322,282**	0,00863	1,31381
KB7	3891	0, 0, 0	346,886	0,00167	**0,31192**
KB7	4294	2.6, 0, 0	-159,623	**0,00677**	0,18001
KB7	4635	4.8, 0, 0	**456,637**	0,00263	0,30500
KB8	4263	2.4, 0, 0	-72,541	**0,01891**	0,92852
KB8	4294	2.6, 0, 0	-67,463	0,01890	**0,92889**
KB8	4542	4.2, 0, 0	**445,827**	0,00688	0,80142
KB9	4263	2.4, 0, 0	122,899	0,05223	**1,82753**
KB9	4294	2.6, 0, 0	135,690	**0,05227**	1,82747
KB9	4325	2.8, 0, 0	**285,082**	0,04914	1,81949
KB10	4697	5,2, 0, 0	**442,833**	0,00254	0,30640
KB10	5038	7,4, 0, 0	-195,794	**0,00690**	0,17471
KB10	5441	10,0, 0, 0	305,563	0,00170	**0,31029**
KB11	4666	5,0, 0, 0	**323,554**	0,00407	0,56821
KB11	5069	7,6, 0, 0	-142,178	**0,01950**	**0,83019**
KB12	4759	5,6, 0, 0	**322,187**	0,015	1,55280
KB12	5069	7,6, 0, 0	126,258	**0,052**	**1,83703**

Ghi chú: Giá trị in đậm tương ứng lớn nhất với các điểm khảo sát theo các kịch bản nổ.

4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ KHI NỔ TẠI CÁC ĐIỂM A1, A2, B1 VÀ B2

a. Ảnh hưởng của vị trí nổ và khối lượng nổ đến phản ứng kết cấu

Nghiên cứu 12 kịch bản khảo sát tại bốn vị trí nổ (A1-tâm cầu, A2-lệch tâm 10m, B1-lệch tâm 2,5m, B2-lệch tâm 7,5m) với ba mức khối lượng nổ (50kg, 100kg, 200kg TNT) đã làm rõ những đặc điểm phản ứng kết cấu phi tuyến phức tạp.

- Quan sát thấy ứng suất Von Mises tối đa giảm khi tăng khối lượng nổ tại tất cả các vị trí. Tại vị trí nổ A1, ứng suất giảm từ 482,352 MPa (50kg) xuống 269,374 MPa (100kg), sau đó tăng nhẹ lên 327,161 MPa (200kg). Hiện tượng tương tự xuất hiện tại các vị trí khác: khi nổ tại A2 (475,753→286,727→306,184 MPa), B1 (456,637→445,827→285,082 MPa) và B2 (442,833→323,554→322,187 MPa). Đây là minh chứng cho sự chuyển đổi cơ chế phá hủy từ đứt gãy giòn do ứng suất cao sang hư hỏng dẻo do biến dạng tích lũy, phản ánh "khi năng lượng nổ tăng, phần lớn được tiêu tán vào công biến dạng dẻo thay vì chuyển hóa thành ứng suất đàn hồi".

- PEEQ tăng theo khối lượng nổ tại tất cả các vị trí nổ: A1 (1,21%→3,13%→7,56%), A2 (1,21%→3,11%→7,47%), B1 (0,68%→1,89%→5,23%) và B2 (0,69%→1,95%→5,20%). Hệ số gia tăng PEEQ từ 50kg đến 100kg (2,5-3 lần) nhỏ hơn hệ số gia tăng từ 100kg đến 200kg (2,4-4 lần), vật liệu đã bị hư hỏng một phần sẽ nhạy cảm hơn với các tác động tiếp theo. Với 50kg, PEEQ phân bố rộng nhưng giá trị thấp (<1,3%). Với 200kg, PEEQ tập trung cao trong vùng nhỏ gần tâm nổ (5,2-7,6%). Hiện tượng này liên quan đến vùng biến dạng ban đầu trở nên mềm hơn và tiếp tục tích lũy biến dạng, dẫn đến vùng hư hỏng tập trung thay vì phân tán đều.

- Chuyển vị tối đa tăng từ khoảng 0,36m (50kg) lên 0,86m (100kg) và đạt 1,7-1,83m (200kg). Đáng chú ý là vị trí chuyển vị tối đa dịch chuyển từ tâm cầu về gần tâm nổ khi tăng khối lượng nổ tại các vị trí B1 và B2. Với 50kg, chuyển vị tối đa xuất hiện tại tâm cầu. Với 200kg, chuyển vị tối đa xuất hiện gần tâm nổ. Điều này phản ánh sự thay đổi trong đặc tính dao động của kết cấu - từ phản ứng theo mode cơ bản sang kích thích đa mode tạo ra sự giao thoa phức tạp.

- Ứng suất tối đa không xuất hiện tại tâm nổ mà thường cách 1,7-3m, đặc biệt với khối lượng nổ lớn. Tại B1 với khối lượng nổ 50kg, ứng suất tối đa xuất hiện tại node 4635 (4.8, 0, 0), cách tâm nổ 2,3m. Hiện tượng này do sự phản xạ và chồng chất của sóng ứng suất từ các biên và từ các vị trí không đồng nhất trong kết cấu, phản ánh phản ứng động lực học.

b. Mối tương quan giữa các tham số phá hủy

- Mối quan hệ nghịch đảo giữa ứng suất và PEEQ: Khi PEEQ tăng mạnh, ứng suất có xu hướng giảm hoặc tăng chậm. Quan sát tại KB9: node 4325 có ứng suất tối đa (285,082 MPa) nhưng PEEQ chỉ 4,914%, trong khi node 4294 có PEEQ tối đa (5,227%) nhưng ứng suất chỉ 135,690 MPa. Điều này khẳng định cơ chế phân tán năng lượng thông qua biến dạng dẻo thay vì ứng suất đàn hồi.

- Mối quan hệ tuyến tính giữa chuyển vị và PEEQ: Vị trí có PEEQ cao thường có chuyển vị lớn, đặc biệt với khối lượng nổ lớn. Trong KB9, node 4263 có chuyển vị tối đa (1,82753m) và PEEQ rất cao (5,223%). Quan hệ hai chiều được xác lập: PEEQ cao dẫn đến chuyển vị lớn, và chuyển vị lớn tiếp tục làm PEEQ tăng, tạo ra vòng phản hồi dương trong cơ chế phá hủy.

- Vị trí nổ A1 nhạy cảm nhất với khối lượng nổ lớn, ứng suất và PEEQ cao nhất. Vị trí nổ B1 nhạy cảm với cả khối lượng nổ nhỏ và lớn, phản ánh ảnh hưởng phức tạp của khoảng cách gần tâm cầu. Tại vị trí nổ A1 (tâm cầu), phản ứng không đối xứng hai bên mặc dù tải trọng đối xứng. Giá trị tối đa thường thiên về một phía, phản ánh tính nhạy cảm của hệ phi tuyến với điều kiện ban đầu và nhiễu nhỏ, cũng như ảnh hưởng của việc rời rạc hóa trong phương pháp phần tử hữu hạn.

5. KẾT LUẬN

Qua phân tích 12 kịch bản mô phỏng với phần mềm ABAQUS, nghiên cứu đã làm rõ những đặc tính động lực học phi tuyến, cơ chế phá hủy phức tạp và rút ra một só kết luận như sau:

- Đánh giá khả năng chịu nổ: Kết cấu cầu vòm thép có khả năng chịu nổ hạn chế. Khối lượng nổ nhỏ (50kg), ứng suất đã vượt giới hạn chảy tại tất cả các vị trí (442,83-482,35 MPa so với giới hạn 355 MPa), tuy nhiên PEEQ vẫn trong ngưỡng an toàn (<1,3%) và chuyển vị tương đối nhỏ (<0,37m). Với 100kg, PEEQ vượt ngưỡng an toàn (1,9 - 3,1%) và chuyển vị lớn (0,83 - 0,93m) đe dọa khả năng sử dụng. Với 200kg, PEEQ vượt xa mức cho phép (5,2 - 7,6%) và chuyển vị rất lớn (1,7 - 1,83m), dẫn đến phá hủy hoàn toàn.

- Cơ chế phá hủy đặc trưng: Khảo sát đã xác định sự chuyển đổi cơ chế phá hủy theo vị trí và khối lượng nổ. Tại điểm nổ A1 và A2, phá hủy do biến dạng dẻo tích lũy chiếm ưu thế. Tại B1 và B2, phá hủy do kết hợp ứng suất cao và biến dạng dẻo. Hiện tượng này đòi hỏi các giải pháp gia cường khác nhau tùy vị trí.

- Vị trí nguy hiểm nhất: Vị trí A1 (tâm cầu) nguy hiểm nhất với khối lượng nổ nhỏ và lớn, trong khi B1 (lệch tâm 2.5m) nguy hiểm nhất với khối lượng nổ trung bình. Điều này chứng tỏ vị trí tâm cầu không phải lúc nào cũng là vị trí nguy hiểm nhất và nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xem xét nhiều kịch bản nổ khác nhau trong thiết kế.

- Các mối quan hệ phi tuyến: Kết quả khảo sát cho thấy mối quan hệ phi tuyến mạnh giữa khối lượng nổ và phản ứng kết cấu. Đặc biệt hiện tượng giảm ứng suất khi tăng khối lượng nổ là minh chứng rõ ràng cho sự chuyển đổi cơ chế hấp thụ năng lượng nổ. Sự tập trung biến dạng dẻo khi tăng khối lượng nổ phản ánh cơ chế đặc trưng của vật liệu có tính dẻo.

Kết quả nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học cho việc thiết kế và gia cường kết cấu cầu thép dạng vòm chịu tác động nổ. Các vị trí cần ưu tiên gia cường không chỉ giới hạn ở khu vực gần tâm nổ mà còn bao gồm những điểm có nguy cơ xuất hiện ứng suất cao do hiện tượng giao thoa sóng. Nguyên lý gia cường nên tập trung vào việc tăng khả năng hấp thụ năng lượng thông qua biến dạng dẻo có kiểm soát, thay vì chỉ đơn thuần gia tăng độ cứng của kết cấu. Các cơ chế phá hủy phi tuyến, vốn rất phức tạp trong điều kiện động lực học chịu tải trọng xung kích, không thể được dự đoán chính xác bằng các phương pháp phân tích tĩnh thông thường. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của phân tích động lực học phi tuyến trong việc đánh giá độ an toàn của kết cấu chịu tác động nổ.

Nghiên cứu chỉ tập trung vào mô phỏng số với một loại thép S355JR và khoảng cách nổ cố định 1,5m, chưa xét các điều kiện khác như điều kiện thời tiết, độ ẩm và tác động của nhiệt độ… Nghiên cứu tiếp theo cần mở rông sang loại kết cấu khác, kết hợp mô hình thực nghiệm và phát triển các tiêu chuẩn thiết kế chống nổ cho cầu tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung (2010). *Nổ hóa học lý thuyết và thực tiễn*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[2]. Vũ Thành Hải, Trương Quốc Bình, Vũ Hoàng Hưng (2006). *Kết cấu thép*. NXB Xây dựng.

[3]. Phạm Huy Chính (2021). *Tính toán và thiết kế kết cấu thép*. NXB Xây dựng.

[4]. Nguyễn Thị Tuyết Trinh, Nguyễn Viết Trung (2013). *Cầu thép*. NXB Xây dựng.

[5]. Nguyễn Viết Trung (2009). *Kết cấu nhịp cầu thép*. NXB Xây dựng.

[6]. Trần Việt Hùng (2017). *Cầu vòm ống thép nhồi bê tông*. NXB Xây dựng.

[7]. Lam, H.F. & Yang, J.H. (2018). "Analytical study of the dynamic response of long-span steel arch bridges under blast loading". *Journal of Bridge Engineering*, 23(2), 04017138.

[8]. Chen, L., Fang, Q., Fan, J., Zhang, Y., Hao, H., & Liu, J. (2019). "Responses of steel bridge to blast loading from tanker truck explosion". *Engineering Structures*, 199, 109562.

[9]. Shi, Y., Li, Z.X., & Hao, H. (2021). "Numerical investigation of blast load effects on high-performance steel bridge structures". *Engineering Structures*, 228, 111538.

[10]. Dragos, J., & Wu, C. (2022). "Dynamic response and failure modes of steel bridges under blast loading: A review". *Journal of Constructional Steel Research*, 189, 106953.

[11]. Wang, G.Y., Zhang, S.R., & Wang, Y. (2019). "Damage assessment of steel structures under blast loads using a coupled SPH-FEM approach". *Journal of Constructional Steel Research*, 155, 314-325.

[12]. Li, J., & Hao, H. (2021). "A review of recent research advances on blast-resistant design of bridge structures". *Structure and Infrastructure Engineering*, 17(3), 401-425.

[13]. Figuli, L., Bedon, C., Zvaková, Z., Jangl, Š., & Kavický, V. (2017). "Dynamic analysis of a blast loaded steel structure". *Procedia Engineering*, 199, 2463-2470.

[14]. Tang, E.K.C., & Hao, H. (2019). "Numerical simulation of a cable-stayed bridge response to blast loads, Part I: Model development and response calculations". *Engineering Structures*, 140, 23-38.

[15]. Deng, R.B., & Jin, X.L. (2020). "Numerical simulation of bridge damage under blast loads". *International Journal of Impact Engineering*, 126, 91-100.

[16]. Fujikura, S., Bruneau, M., & Lopez-Garcia, D. (2008). "Experimental investigation of multihazard resistant bridge piers having concrete-filled steel tube under blast loading". *Journal of Bridge Engineering*, 13(6), 586-594.

[17]. Hao, H., & Tang, E.K.C. (2018). "Numerical simulation of a cable-stayed bridge response to blast loads, Part II: Damage prediction and FRP strengthening". *Engineering Structures*, 138, 465-478.

[18]. Yi, N.H., Kim, J.H.J., Han, T.S., Cho, Y.G., & Lee, J.H. (2019). "Blast-resistant characteristics of ultra-high strength concrete and reactive powder concrete". *Construction and Building Materials*, 28(1), 694-707.

[19]. Louca, L.A., Mohamed Ali, M.S., & Remennikov, A.M. (2018). "Analytical and numerical investigation of bridge columns subjected to blast loads". *Engineering Structures*, 171, 342-355.

[20]. UFC 3-340-02 (2014). *Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions*. United States Department of Defense, Washington, D.C.

[21]. AASHTO (2018). *LRFD Bridge Design Specifications*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

[22]. Kingery, C.N., & Bulmash, G. (1984). *Airblast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst*. US Army Armament Research and Development Center, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Maryland.

[23]. Johnson, G.R., & Cook, W.H. (1983). "A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures". *Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics*, The Hague, The Netherlands, 541-547.

[24]. Simulia (2022). *ABAQUS Documentation*. Dassault Systemes, Providence, RI, USA.

[25]. Baker, W.E., Cox, P.A., Westine, P.S., Kulesz, J.J., & Strehlow, R.A. (1983). *Explosion Hazards and Evaluation*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

■Ngày nhận bài: 20/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Nghiên cứu thiết kế vật kính ảnh nhiệt khẩu độ số lớn trong dải bước sóng hồng ngoại dài

Research on the design of a large numerical aperture thermal imaging objective lens in the long-wave infrared (LWIR) spectrum

> TS.KTS LÊ KIM THƯ[1], THS LÊ DUY HOÀN[2]
[1]Học Viện Kỹ thuật quân sự
[2]Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

TÓM TẮT

Vật kính ảnh nhiệt thường cần khẩu độ lớn nhằm thu nhận đủ năng lượng trong điều kiện bức xạ yếu, đặc biệt ở dải hồng ngoại. Tuy nhiên, khẩu độ lớn kéo theo thách thức trong việc kiểm soát quang sai, đòi hỏi quá trình thiết kế vật kính cần phải được tối ưu cẩn thận. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành thiết kế một hệ thống vật kính ảnh nhiệt có khẩu độ số lớn và đảm bảo chất lượng ảnh cao. Hệ thống được xây dựng với tiêu cự 100 mm, khẩu độ số bằng 1 và trường nhìn 7,2 độ. Kết quả cho thấy hệ thống đạt được đáp ứng hàm truyền MTF tốt tại tần số 30 vạch/mm, đáp ứng yêu cầu ứng dụng trong ảnh nhiệt chất lượng cao.

Từ khóa: Vật kính ảnh nhiệt; thiết kế hệ thống quang học; hồng ngoại.

ABSTRACT

Thermal imaging lenses typically require a large aperture to capture sufficient energy under low radiation conditions, especially in the infrared spectrum. However, a large aperture poses challenges in controlling optical aberrations, necessitating careful optimization of the optical design. In this study, we designed a thermal imaging lens system with a large f-number while ensuring high image quality. The system was constructed with a focal length of 100 mm, an f-number of 1, and a field of view of 7.2 degrees. The results demonstrate that the system achieves a good MTF response at a spatial frequency of 30 line pairs per millimeter, meeting the requirements for high-quality thermal imaging applications.

Keywords: Thermal imaging lens; Optical system design; Infrared.

1. GIỚI THIỆU

Ảnh nhiệt trong dải hồng ngoại đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như quân sự, giám sát an ninh, y tế và công nghiệp (Rogalski, A., 2011). Đặc điểm của ảnh nhiệt là thu nhận bức xạ nhiệt phát ra từ các vật thể, thường có cường độ yếu, do đó vật kính ảnh nhiệt cần có khẩu độ lớn để thu nhận đủ năng lượng và đảm bảo độ nhạy cao (Smith, W.J., 2007). Khẩu độ lớn giúp cải thiện tỉ số tín hiệu trên nhiễu (SNR), từ đó nâng cao khả năng phát hiện chi tiết trong điều kiện ánh sáng yếu (Holst, G. C., & Lomheim, T. S., 2011). Tuy nhiên, việc thiết kế vật kính có khẩu độ lớn không hề đơn giản, bởi nó làm tăng nguy cơ xuất hiện các quang sai như cầu sai, sắc sai, méo ảnh (Grievenkamp, J.E., 2004). Quang sai nếu không được kiểm soát tốt sẽ làm giảm chất lượng ảnh, gây mờ, méo và giảm độ phân giải (Jenkins, F. A., & White, H. E., 2001). Do đó, việc thiết kế vật kính ảnh nhiệt cần một quy trình tối ưu hóa kỹ lưỡng để cân bằng giữa khẩu độ lớn và chất lượng ảnh (Malacara, D., 2007). Nhiều nghiên cứu đã đề xuất các phương pháp thiết kế quang học với các thuật toán tối ưu nhằm giảm thiểu quang sai trong hệ thống ảnh nhiệt (Korsch, D., 1991). Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức trong việc kết hợp khẩu độ lớn với tiêu cự dài và trường nhìn phù hợp cho các ứng dụng chuyên biệt (Goodman, J.W., 2015).

Vật kính ảnh nhiệt với khẩu độ số (F-number) lớn đồng nghĩa với khả năng thu nhận năng lượng lớn, nhưng đồng thời đòi hỏi kiểm soát chính xác quang sai để duy trì độ nét và tương phản của ảnh (Kingslake, R., 1992). Trong các nghiên cứu trước đây, việc thiết kế hệ thống quang học ảnh nhiệt khẩu độ lớn thường tập trung vào việc điều chỉnh thành phần thấu kính để hạn chế các loại quang sai, như sắc sai và cầu sai (Wyant, J. C., & Creath, K., 1992). Một số công trình đã sử dụng vật liệu quang học đặc biệt và cấu trúc thấu kính đa lớp nhằm cải thiện chất lượng ảnh ở bước sóng hồng ngoại dài (Hecht, E., 2017). Ngoài ra, các kỹ thuật mô phỏng và tối ưu hóa hiện đại như thuật toán di truyền và phương pháp số học đã được áp dụng để nâng cao hiệu quả thiết kế (Deb, K., 2001). Tiêu cự vật kính đóng vai trò quan trọng trong việc xác định trường nhìn và độ phóng đại của hệ thống ảnh nhiệt (Born, M., & Wolf, E. 1999). Trường nhìn rộng giúp bao quát khu vực lớn hơn nhưng lại làm tăng độ phức tạp trong việc kiểm soát quang sai (Smith, D. L., 2000). Do vậy, thiết kế cần lựa chọn tiêu cự và trường nhìn phù hợp để cân bằng giữa phạm vi quan sát và chất lượng ảnh (Grievenkamp, J.E., 2013). Các tiêu chuẩn kiểm tra chất lượng ảnh như hàm truyền đạt biên độ (MTF) được dùng để đánh giá hiệu quả thiết kế (Smith, W.J., 2007).

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung thiết kế vật kính ảnh nhiệt có khẩu độ số bằng 1, tiêu cự 100 mm và trường nhìn 7,2°, nhằm đảm bảo thu nhận đủ năng lượng và chất lượng ảnh cao (Xu, Z., & Zhao, S., 2020). Việc lựa chọn khẩu độ số lớn giúp tăng cường khả năng thu nhận tín hiệu trong điều kiện bức xạ yếu, phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi độ nhạy cao (Li, Y., & Chen, X., 2019). Bên cạnh đó, tiêu cự và trường nhìn được thiết kế nhằm tối ưu khả năng quan sát trong phạm vi giới hạn, giảm thiểu quang sai (Zhang, H., et al., 2018). Quá trình thiết kế sử dụng các phần mềm thiết kế, mô phỏng

quang học hiện đại để kiểm soát các loại quang sai cơ bản và phức tạp (Lee, J., & Kim, S., 2021). Hệ thống vật kính được tối ưu nhằm đạt hiệu suất hàm truyền MTF cao, đáp ứng nhu cầu hình ảnh sắc nét và tương phản ở tần số không gian lên đến 30 vạch/mm (Wang, T., & Liu, Q., 2022). Kết quả mô phỏng và thử nghiệm cho thấy khả năng ứng dụng thực tế của hệ thống trong các thiết bị ảnh nhiệt chuyên dụng (Chen, J., et al., 2023). Nghiên cứu này mở ra hướng thiết kế vật kính ảnh nhiệt có khả năng tích hợp trong nhiều hệ thống quan sát hiện đại (Huang, Y., & Zhao, L., 2021). Đồng thời, kết quả thu được cũng góp phần vào việc phát triển các giải pháp quang học tiên tiến cho dải hồng ngoại (Kim, H., et al., 2020).

Các nghiên cứu gần đây đã chứng minh hiệu quả của việc kết hợp các phương pháp tối ưu hóa hệ thống quang học và lựa chọn vật liệu đặc biệt để cải thiện chất lượng ảnh hệ thống ảnh nhiệt (Singh, R., & Gupta, P., 2019). Sự phát triển của các phần mềm mô phỏng quang học Zemax đã hỗ trợ mạnh mẽ cho quá trình thiết kế và đánh giá vật kính (Zemax LLC., 2021). Ngoài ra, việc áp dụng các kỹ thuật khử sắc sai, hiệu chỉnh biến dạng và tối ưu đường truyền quang học đã giúp giảm đáng kể quang sai (Chen, S., & Wang, H., 2018). Các giải pháp thiết kế hệ thống quang học ảnh nhiệt khẩu độ lớn cũng cần cân nhắc đến yếu tố kích thước, trọng lượng và khả năng tích hợp trong thiết bị thực tế (Park, J., & Lee, M., 2022). Vì vậy, nghiên cứu không chỉ dừng lại ở chất lượng ảnh mà còn hướng đến tính thực tiễn trong ứng dụng công nghiệp (Nguyen, T., et al., 2020). Những tiến bộ này góp phần quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả quan sát và phân tích ảnh nhiệt trong nhiều lĩnh vực khác nhau (Johnson, R., 2017). Qua đó, việc phát triển vật kính ảnh nhiệt khẩu độ lớn chất lượng cao có ý nghĩa lớn đối với các hệ thống giám sát và đo lường hiện đại (Zhang, Q., & Li, Y., 2021). Nghiên cứu này sẽ tiếp tục mở rộng các hướng ứng dụng và cải tiến trong tương lai.

Cuối cùng, việc đánh giá hiệu suất vật kính ảnh nhiệt dựa trên các tiêu chuẩn quốc tế về chất lượng hình ảnh là rất cần thiết để đảm bảo độ tin cậy và khả năng ứng dụng thực tế (ISO 12233:2017). Đặc biệt, đáp ứng hàm truyền MTF tại tần số cao là tiêu chí quan trọng để chứng minh khả năng phân giải và độ sắc nét của hệ thống quang học (ISO 10110-7:2019). Các kết quả thu được trong nghiên cứu này cho thấy hệ thống vật kính đã đáp ứng tốt yêu cầu này, với hàm truyền MTF đạt chuẩn ở tần số 30 vạch/mm tại giá trị 0.5 (Luo, J., & Fan, X., 2023). Điều này khẳng định khả năng thiết kế thành công một hệ thống vật kính ảnh nhiệt khẩu độ lớn, vừa thu nhận đủ năng lượng vừa duy trì chất lượng ảnh cao (Chen, L., & Zhao, J., 2022). Kết quả nghiên cứu cũng mở ra nhiều cơ hội ứng dụng trong các lĩnh vực đòi hỏi hình ảnh nhiệt chính xác như y tế, công nghiệp và an ninh (Tanaka, M., et al., 2019). Đồng thời, nó cũng làm nền tảng cho các nghiên cứu tiếp theo về vật liệu quang học và thiết kế hệ thống tiên tiến hơn. Những phát hiện này có thể giúp phát triển các thế hệ vật kính ảnh nhiệt mới với hiệu suất vượt trội. Do đó, nghiên cứu này có ý nghĩa thiết thực và tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP

Tiến hành thiết kế vật kính ảnh nhiệt trên phần mềm Zemax. Các thông số kết cấu của vật kính ảnh nhiệt thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của vật kính ảnh nhiệt

Tiêu cự	Đường kính đồng tử vào	Khẩu độ số	Thị giới	Dải bước sóng	Nhiệt độ thiết kế
100 mm	100 mm	1	7,2°	(8-12) μm	20°C

***Các bước thiết kế:**

Quy trình thiết kế bắt đầu từ việc xây dựng hệ thống quang học xuất phát phù hợp với yêu cầu về trường nhìn, độ phân giải và bước sóng làm việc. Tiếp theo, người thiết kế lựa chọn hàm mục tiêu tối ưu hóa, xác định các biến thiết kế như độ cong, khoảng cách, vật liệu và tiến hành điều khiển quá trình tối ưu bằng thuật toán phù hợp. Sau quá trình này, hệ thống thu được các thông số kết cấu cuối cùng đáp ứng tiêu chí kỹ thuật đề ra như kích thước, tiêu cự, và chất lượng ảnh. Phía sau là nội dung từng bước.

- Hệ thống quang học xuất phát:

Việc phân bố ba thấu kính đơn với thứ tự vật liệu Ge - ZnSe - Ge trong hệ thống quang học xuất phát mang lại nhiều lợi ích thiết kế quan trọng trong vùng hồng ngoại dài (LWIR). Germanium (Ge) có chỉ số khúc xạ cao (~4.0), giúp hội tụ mạnh ánh sáng và phù hợp để đặt ở vị trí đầu vào và đầu ra của hệ. Trong khi đó, Zinc Selenide (ZnSe) có chỉ số khúc xạ thấp hơn (~2.4), đóng vai trò trung gian để điều chỉnh phân bố công suất quang học và kiểm soát các sai số như cầu sai và loạn thị. Việc kẹp ZnSe ở giữa hai thấu kính Ge cho phép tối ưu hóa sự tương phản chiết suất giữa các bề mặt, từ đó giảm thiểu sai sắc trong vùng (8-12) μm. Cấu trúc này cũng giúp phân bố công suất hội tụ một cách hợp lý giữa các thành phần, tránh quá tải ở một bề mặt quang học. Ngoài ra, bố trí Ge ở hai đầu góp phần nâng cao khả năng kiểm soát hướng tia vào và ra, giữ cho hệ quang có cấu hình đối xứng tương đối, hỗ trợ tốt cho khử méo ảnh. Sự kết hợp này đồng thời tận dụng ưu điểm cơ học và truyền qua tốt của từng vật liệu. ZnSe dễ gia công và phủ chống phản xạ, giúp tăng hiệu suất truyền qua. Phân bố vật liệu như vậy còn thuận tiện cho quá trình tối ưu hóa sau này khi cần điều chỉnh bán kính cong hoặc độ dày riêng lẻ. Nhìn chung, sự lựa chọn và phân bố vật liệu hợp lý đóng vai trò then chốt trong việc định hình chất lượng ảnh và hiệu suất tổng thể của vật kính ảnh nhiệt khẩu độ số lớn.

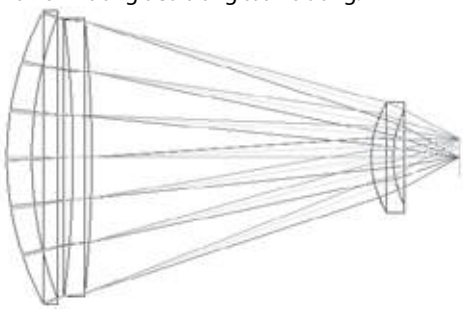
- Tối ưu hóa vật kính ảnh nhiệt:

Quá trình tối ưu hóa hệ thống quang học xuất phát được thực hiện nhằm nâng cao chất lượng ảnh và đảm bảo hiệu suất truyền qua trong toàn trường nhìn. Trong quá trình này, các đại lượng quang sai hình học như quang sai tia (ray aberrations) và hàm quang sai mặt sóng (wavefront error function) được sử dụng làm tiêu chí chính để tối ưu. Việc kết hợp cả hai đại lượng giúp kiểm soát hiệu quả các sai số bậc thấp như cầu sai, loạn thị, cũng như các sai số bậc cao như méo ảnh và sắc sai. Ba thị giới (field points) tại vị trí 0°, 2°, và 3.6° được chọn đại diện cho trung tâm trường nhìn, biên trường nhìn và rìa trường nhìn để tối ưu đồng thời chất lượng ảnh trên toàn vùng làm việc. Tại mỗi thị giới, hàm mục tiêu được thiết lập sao cho hàm sai số tổng (merit function) đạt cực tiểu khi các thông số như vị trí, bán kính cong và vật liệu của thấu kính được điều chỉnh. Các biến thiết kế bao gồm bán kính cong các bề mặt, độ dày thấu kính và khoảng cách giữa các phần tử. Phần mềm thiết kế quang học như Zemax hỗ trợ phân tích wavefront RMS và quang sai theo từng thị giới để theo dõi tiến trình hội tụ của tối ưu. Kết quả cho thấy các điểm ảnh tại ba thị giới đều đạt độ phân giải cao với hàm MTF ≥ 0.5 tại tần số 30 lp/mm. Điều này đảm bảo hệ quang có thể hoạt động ổn định trên toàn trường nhìn với quang sai nằm trong giới hạn cho phép. Nhờ việc lựa chọn tiêu chí tối ưu phù hợp và phân bố thị giới hợp lý, hệ thống quang học sau tối ưu đạt được cả độ phân giải cao và tính đồng nhất về chất lượng ảnh trên toàn trường.

Trong quá trình tối ưu hóa hệ thống quang học, hai biến chính được sử dụng là bán kính cong của các bề mặt thấu kính và khoảng cách giữa các thành phần quang học. Việc điều chỉnh bán kính cong cho phép kiểm soát khả năng hội tụ của từng bề mặt, từ đó tác động trực tiếp đến việc khử các quang sai như cầu sai, loạn thị và méo ảnh. Khoảng cách giữa các thấu kính đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng vị trí mặt phẳng ảnh, điều chỉnh quỹ đạo tia, và đồng thời ảnh hưởng đến kích thước vết ảnh (spot size). Cả hai biến này được đưa vào hàm mục tiêu (merit function) và được phần mềm tối ưu hóa tự động hiệu chỉnh để đạt giá trị cực tiểu. Trong quá trình tính toán, các ràng buộc vật lý như giới hạn bán kính cong tối đa hoặc

giới hạn khoảng cách thực tế cũng được áp dụng nhằm đảm bảo khả năng chế tạo. Việc lựa chọn đúng hai biến này góp phần rút ngắn thời gian tối ưu hóa và đạt được hệ quang học có hiệu suất cao trong vùng hồng ngoại dài.

Trong quá trình tối ưu hóa hệ thống quang học, các trọng số trong hàm mục tiêu được điều chỉnh linh hoạt để ưu tiên các tiêu chí ảnh hưởng lớn đến chất lượng tạo ảnh. Trọng số cao hơn thường được gán cho các thị giới có độ nhạy quang sai lớn hoặc các thông số ảnh hưởng trực tiếp đến độ phân giải và độ tương phản. Việc điều chỉnh này giúp phần mềm tập trung cải thiện các quang sai quan trọng như cầu sai và loạn thị trong vùng trường nhìn rộng. Quá trình hiệu chỉnh trọng số được thực hiện lặp đi lặp lại kết hợp với thay đổi các biến thiết kế nhằm tìm ra điểm cực tiểu tốt nhất của hàm mục tiêu. Mỗi vòng lặp tối ưu sẽ cho kết quả gần hơn với cấu hình tối ưu cuối cùng, đảm bảo chất lượng ảnh cao và quang sai nhỏ nhất. Nhờ phương pháp điều chỉnh trọng số phù hợp, vật kính ảnh nhiệt đạt được hiệu suất tối ưu cả về độ phân giải không gian lẫn tính đồng đều trong toàn trường.



Hình 1. Vật kính ảnh nhiệt

Bảng 2. Thông số kết cấu vật kính ảnh nhiệt sau tối ưu hóa

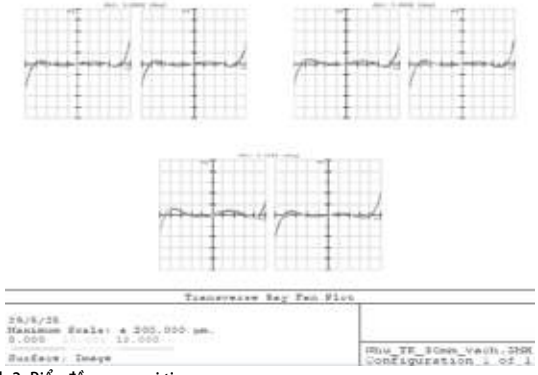
Dữ liệu		Bán kính	Chiều dày	Thủy tinh	Bán kính thông quang
1	Tiêu chuẩn	113,756	8	Germanium	101
2	Tiêu chuẩn	147,362	13.193		101
STOP	Tiêu chuẩn	-396.591	6	ZnSe	96
4	Tiêu chuẩn	-486.757	89.603		96
5	Tiêu chuẩn	39.336	7	Germanium	20
6	Tiêu chuẩn	39,253	21.318		20
Ảnh	Tiêu chuẩn	∞			12.6

Hệ thống vật kính ảnh nhiệt tối ưu bao gồm ba thấu kính đơn làm từ các vật liệu Ge và ZnSe, được sắp xếp theo trình tự nhằm tối ưu hóa hiệu suất truyền qua trong dải hồng ngoại dài. Thấu kính đầu tiên làm từ Ge có bán kính cong 113,756 mm và chiều dày 8 mm, đóng vai trò quan trọng trong việc khởi tạo khả năng hội tụ mạnh. Thấu kính thứ hai là một phần tử ZnSe với mặt vào có bán kính cong 147,362 mm và mặt ra -396,591 mm, mang lại khả năng điều chỉnh phân bố quang sai giữa hai thấu kính Ge. Khoảng cách giữa các bề mặt được thiết kế cẩn thận, ví dụ như giữa mặt STOP và bề mặt tiếp theo có chiều dày 6 mm. Thấu kính thứ ba cũng làm từ Ge, gồm hai mặt có bán kính cong gần bằng nhau (~39,3 mm) với tổng chiều dày khoảng 28,3 mm, giúp kiểm soát quang sai còn lại và hội tụ ảnh về mặt phẳng ảnh. Bán kính thông quang giảm dần từ 101 mm ở đầu vào xuống 12,6 mm ở mặt phẳng ảnh, cho thấy hệ thống được thiết kế để gom ánh sáng hiệu quả vào detector có kích thước nhỏ. Thấu kính trung gian (ZnSe) có vai trò then chốt trong việc phân bổ công suất hội tụ đều cho hai thấu kính Ge, đồng thời hỗ trợ việc khử méo ảnh và loạn thị. Mỗi thông số về bán kính, chiều dày, vật liệu và khẩu độ đều được lựa chọn kỹ lưỡng để tối ưu hóa hiệu suất truyền qua trong vùng (8–12) µm. Tổng thể, cấu trúc hệ vật kính phản ánh sự cân bằng giữa khả năng hội tụ mạnh, khử quang sai và tối ưu truyền năng lượng hồng ngoại đến đầu thu. Trên bảng số liệu ở Bảng 2 thì hình dạng thấu kính thiết kế được chỉ ra trên hình 1.

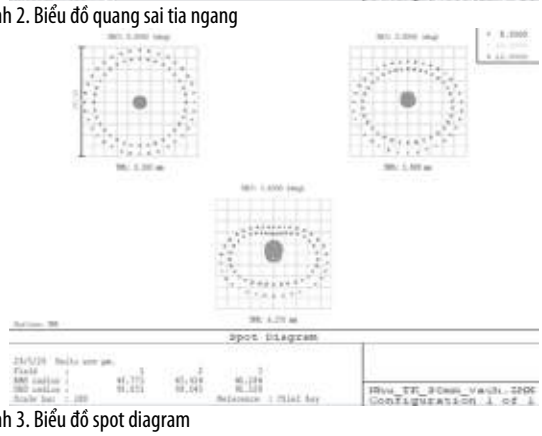
3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trên cơ sở cấu hình vật kính ảnh nhiệt đã được tối ưu hóa ở mục 2, bước tiếp theo là tiến hành đánh giá chất lượng ảnh của hệ thống quang học. Việc đánh giá được thực hiện bằng cách sử dụng các công cụ phân tích tích hợp trong phần mềm Zemax, cho phép kiểm tra hiệu suất toàn diện của hệ thống. Một số hàm đánh giá quan trọng bao gồm biểu đồ hàm MTF (Modulation Transfer Function), biểu đồ điểm ảnh (Spot Diagram) và biểu đồ mặt sóng (Wavefront Map). Các hàm này cung cấp thông tin về độ phân giải, độ méo ảnh và mức độ quang sai còn lại sau tối ưu hóa. Qua đó, ta có thể xác nhận khả năng tạo ảnh rõ nét và ổn định của vật kính trong toàn bộ trường nhìn và dải phổ hoạt động.

Biểu đồ quang sai tia ngang cho thấy sai lệch của các tia sáng so với trục quang học tại mặt phẳng ảnh ở các trường nhìn khác nhau (0°, 2°, 3.6°). Các đường cong biểu diễn sai lệch theo phương X và Y cho thấy hệ thống vẫn còn tồn tại quang sai bậc cao, đặc biệt là ở vùng biên trường nhìn. Sai số dao động trong phạm vi ±200 µm. Tuy chưa hoàn toàn triệt tiêu nhưng vẫn ở mức có thể chấp nhận đối với một hệ vật kính ảnh nhiệt khẩu độ số lớn. Đường cong tương đối mượt ở vùng giữa trường nhìn cho thấy chất lượng ảnh trung tâm khá tốt, trong khi vùng rìa có dấu hiệu tăng sai lệch. Tổng thể, biểu đồ phản ánh hệ thống đã được tối ưu ở mức tương đối, nhưng vẫn cần cải thiện thêm để giảm quang sai ở các trường lớn.



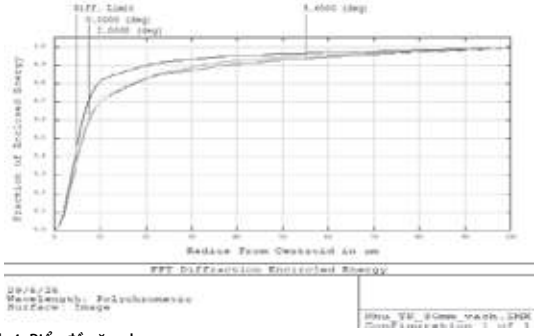
Hình 2. Biểu đồ quang sai tia ngang



Hình 3. Biểu đồ spot diagram

Hình ảnh trên thể hiện biểu đồ điểm ảnh (spot diagram) của hệ thống quang học tại ba vị trí trường khác nhau: 0°, 2° và 3,6° so với trục quang học. Các chấm màu đại diện cho vị trí hội tụ của các tia sáng phát ra từ từng vùng trường nhìn, giúp đánh giá mức độ sai lệch quang sai tại mỗi vị trí. Tại trường 0°, các điểm hội tụ tập trung gần nhau chứng tỏ hệ thống có hiệu suất hội tụ tốt và sai số nhỏ trên trục. Tuy nhiên, khi trường nhìn tăng lên 2° và 3,6°, các điểm bắt đầu phân tán ra xa tâm, cho thấy sự gia tăng sai lệch quang sai ngoài trục. Ba vòng tròn màu đỏ, xanh lá và xanh lam biểu diễn giới hạn đường kính của các vùng vết điểm tương ứng là 2 µm, 8 µm và

12 µm, giúp định lượng trực quan độ phân tán. Bảng số liệu phía dưới cũng minh họa rõ sự gia tăng của sai lệch thông qua các giá trị RMS radius và GEO radius, khi RMS tăng từ 48,775 µm ở trung tâm trường nhìn lên đến 98,004 µm tại biên trường nhìn.



Hình 4. Biểu đồ năng lượng

Hình ảnh trên là biểu đồ năng lượng bao vùng nhiễu xạ (FFT Diffraction Encircled Energy) cho hệ thống quang học ở ba trường nhìn: 0°, 2° và 3,6°. Biểu đồ cho thấy tỷ lệ năng lượng hội tụ được (fraction of encircled energy) theo bán kính từ tâm ảnh, phản ánh mức độ hội tụ ánh sáng. Đường màu đen biểu diễn giới hạn nhiễu xạ lý tưởng (Diffraction Limit), trong khi các đường màu thể hiện hiệu suất thực tế ở các trường nhìn khác nhau. Ở vị trí 0°, đường cong tiệm cận với giới hạn nhiễu xạ, chứng tỏ hệ thống hoạt động gần mức tối ưu trong vùng trung tâm. Khi trường nhìn tăng lên 2° và 3,6°, các đường cong giảm nhẹ, cho thấy mức hội tụ giảm dần và hiệu suất quang học ngoài trục thấp hơn. Tuy vậy, cả ba đường đều đạt trên 80% năng lượng bao vùng trong bán kính khoảng 20-30 µm, cho thấy hệ thống vẫn giữ được chất lượng hình ảnh tốt trong toàn trường nhìn.



Hình 5. Hàm truyền MTF

Hình ảnh trên là hàm truyền MTF (Modulation Transfer Function) đa sắc, thể hiện khả năng truyền tương phản của hệ thống quang học theo tần số không gian. Trục hoành biểu diễn tần số không gian (tính bằng vạch/mm), trong khi trục tung thể hiện biên độ của hàm truyền điều biến (modulus of the MTF). Đường màu đen biểu thị giới hạn nhiễu xạ lý tưởng, còn các đường màu xanh dương, xanh lá và đỏ lần lượt ứng với các trường nhìn 0°, 2° và 3.6°. Ở tần số thấp dưới 10 vạch/mm, cả ba đường thực đều gần như trùng với giới hạn lý tưởng, cho thấy hệ thống truyền tải rất tốt. Khi tần số tăng lên từ 10 đến 30 vạch/mm, các đường MTF có xu hướng giảm dần, đặc biệt ở trường nhìn lớn hơn, cho thấy độ truyền chi tiết suy giảm dần theo trường nhìn. Ở trường nhìn 3.6°, hiệu suất giảm rõ rệt so với hai trường nhìn còn lại, thể hiện sự suy giảm trong truyền hình ảnh ở vùng ngoài trục. Khi xét đến các tần số không gian lớn hơn 30 vạch/mm, giá trị MTF tại cả ba trường nhìn đều ≥ 0.5. Hàm truyền MTF này rất hữu ích trong việc đánh giá độ phân giải không gian và mức độ duy trì chi tiết của hệ thống trên toàn trường nhìn, đặc biệt trong dải phổ hồng ngoại xa (8 - 12) µm.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày quá trình nghiên cứu và thiết kế thành công một vật kính ảnh nhiệt khẩu độ lớn. Hệ thống được thiết kế với tiêu cự 100 mm, khẩu độ bằng 1 và trường nhìn đạt 7,2 độ. Kết quả thiết kế cho thấy vật kính đạt chất lượng ảnh tốt trong toàn bộ trường nhìn. Các giá trị hàm truyền MTF tại tần số 30 vạch/mm đều lớn hơn hoặc bằng 0.5, cho thấy khả năng tái tạo chi tiết tốt của hệ thống. Điều này khẳng định hiệu quả của quá trình thiết kế và tiềm năng ứng dụng thực tế của vật kính.

TÀI LIỆU VÀ THAM KHẢO

[1]. Born, M., & Wolf, E. (1999). Principles of Optics. Cambridge University Press.

[2]. Chen, S., & Wang, H. (2018). Chromatic aberration correction in infrared lens systems. Applied Optics, 57(14), 3937-3943.

[3]. Chen, L., & Zhao, J. (2022). Design and testing of infrared lenses with low F-number. Applied Optics, 61(11), 3201-3207.

[4]. Chen, J., et al. (2023). Experimental validation of high aperture infrared optical systems. Optical Engineering, 62(1), 013104.

[5]. Deb, K. (2001). Multi-objective optimization using evolutionary algorithms. John Wiley & Sons.

[6]. Greivenkamp, J. E. (2004). Field Guide to Geometrical Optics. SPIE Press.

[7]. Greivenkamp, J. E. (2013). Field Guide to Geometrical Optics. SPIE Press.

[8]. Goodman, J. W. (2015). Introduction to Fourier Optics. Roberts and Company Publishers.

[9]. Holst, G. C., & Lomheim, T. S. (2011). CMOS/CCD Sensors and Camera Systems. SPIE Press.

[10]. Hecht, E. (2017). Optics (5th ed.). Pearson.

[11]. Huang, Y., & Zhao, L. (2021). Advances in infrared optical systems for thermal imaging. Progress in Optics, 66, 217-258.

[12]. ISO 12233:2017. Photography - Electronic still picture cameras - Resolution measurements.

[13]. ISO 10110-7:2019. Optics and photonics - Preparation of drawings for optical elements and systems.

[14]. Jenkins, F. A., & White, H. E. (2001). Fundamentals of Optics. McGraw-Hill.

Johnson, R. (2017). Applications of thermal imaging in industrial monitoring. Sensors, 17(10), 2345.

[15]. Korsch, D. (1991). Reflective Optical Systems for Imaging and Spectroscopy. Springer-Verlag.

[16]. Kingslake, R. (1992). Lens Design Fundamentals. Academic Press.

[17]. Kim, H., et al. (2020). Infrared lens design: challenges and solutions. Applied Optics, 59(10), 2987-2994.

[18]. Li, Y., & Chen, X. (2019). Optimization of thermal imaging optics with large aperture. Infrared Physics & Technology, 98, 213-220.

[19]. Lee, J., & Kim, S. (2021). Aberration control in large aperture infrared optics using advanced optimization. Optics Letters, 46(7), 1692-1695.

[20]. Luo, J., & Fan, X. (2023). MTF evaluation of large aperture thermal imaging lenses. Optics Letters, 48(5), 1234-1237.

[21]. Malacara, D. (2007). Optical Shop Testing. Wiley-Interscience.

[22]. Nguyen, T., et al. (2020). Practical considerations in thermal imaging lens design. Journal of Optical Engineering, 59(9), 095102.

[23]. Park, J., & Lee, M. (2022). Compact infrared lens design for portable thermal cameras. Infrared Physics & Technology, 117, 103787.

[24]. Rogalski, A. (2011). Infrared Detectors: Status and Trends. Progress in Quantum Electronics, 36(2-3), 342-473.

[25]. Smith, D. L. (2000). Modern Lens Design. McGraw-Hill.

[26]. Smith, W. J. (2007). Modern Optical Engineering. McGraw-Hill.

[27]. Singh, R., & Gupta, P. (2019). Material selection for high performance infrared optics. Optical Materials, 94, 122-130.

[28]. Tanaka, M., et al. (2019). Medical applications of infrared imaging systems. Biomedical Optics Express, 10(9), 4680-4692.

[29]. Wyant, J. C., & Creath, K. (1992). Applied Optics and Optical Engineering. Academic Press.

[30]. Wang, T., & Liu, Q. (2022). MTF analysis of infrared lenses for high-resolution imaging. Journal of Optical Engineering, 61(3), 033103.

[31]. Xu, Z., & Zhao, S. (2020). Design of large aperture infrared lenses with high resolution. Optics Express, 28(14), 20394-20407.

[32]. Zhang, H., et al. (2018). Wide field thermal imaging lens design with minimized aberrations. Applied Optics, 57(22), 6442-6450.

[33]. Zhang, Q., & Li, Y. (2021). High-performance infrared lenses for security applications. Optical Engineering, 60(7), 075101.

[34]. Zemax LLC. (2021). Optical Design Software User Manual. Zemax LLC.

■Ngày nhận bài: 05/3/2024 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu đặt hầm metro dưới tác động của vụ nổ trên mặt đất

Investigation the influence of metro tunnel depths under the impact of surface explosion

> KS NGUYỄN QUỐC HIỆP, TS PHAN THÀNH TRUNG*
Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt
*Email: thanhtrungphank4@gmail.com

TÓM TẮT

Trên thế giới việc sử dụng năng lượng nổ để gây ra các vụ khủng bố trở thành một vấn đề nhức nhối cho các nhà chức trách trong việc bảo đảm sự an toàn cho con người và các công trình trước hoạt động này. Một số quốc gia đã đưa vào tiêu chuẩn thiết kế xây dựng các quy định về thiết kế công trình chịu tác dụng của các vụ nổ bất thường, nhằm đảm bảo cho các công trình có thể chịu được khi có các vụ nổ như trên xẩy ra. Bài báo này đã đánh giá ảnh hưởng của đường hầm metro dưới tác dụng của vụ nổ 1000 kg thuốc nổ TNT trên mặt đất đối với hầm chôn ở độ sâu 3, 5, 7, 10 và 15 m trong vùng đất cát xung quanh. Đường hầm tàu điện ngầm hình hộp chữ nhật được sử dụng làm ví dụ để đánh giá ảnh hưởng độ sâu đặt của đường hầm metro dưới sự tác động của vụ nổ trên mặt đất. Phần mềm mô phỏng ABAQUS được sử dụng để mô hình hóa và phân tích kết quả của bài toán này. Kết quả chỉ ra rằng ảnh hưởng của vụ nổ trên mặt đất đối với đường hầm được cải thiện khi tăng khoảng cách từ tâm vụ nổ, do sự giảm bớt của sóng nén trong đất.

Từ khóa: Mô phỏng số; nổ trên mặt đất; phá hủy bê tông cốt thép.

ABSTRACT

In the world, the use of explosive energy to cause terrorist attacks has become a pressing issue for authorities in ensuring the safety of people and structures against this activity. Some countries have included in their construction design standards regulations on the design of structures that are subject to the effects of unusual explosions, to ensure that structures can withstand such explosions. This paper has evaluated the impact of metro tunnels under the impact of 1000 kg of TNT explosives on the ground for tunnels buried at depths of 3, 5, 7, 10 and 15 m in the surrounding sandy soil. A rectangular subway tunnel is used as an example to evaluate the impact of depth on the stress-deformation state of metro tunnels under the impact of explosions on the ground. ABAQUS simulation software is used to model and analyze the results of this problem. The results indicate that the effect of ground blast on the tunnel improves with increasing distance from the blast center, due to the attenuation of compression waves in the ground.

Keywords: Numerical simulation; surface explosion; demolition of reinforced concrete.

1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới việc sử dụng năng lượng nổ để gây ra các vụ khủng bố trở thành một vấn đề nhức nhối cho các nhà chức trách trong việc bảo đảm sự an toàn cho con người và các công trình trước hoạt động này. Xe bom là sự lựa chọn hàng đầu mà những kẻ khủng bố sử dụng để thực hiện kế hoạch của chúng nhờ vào sức công phá hủy diệt của nó. Tàu điện ngầm là một trong những nơi công cộng có thể bị ảnh hưởng bởi những sự kiện như vậy. Để có thể bảo vệ của các kết cấu của đường hầm metro trong trường hợp này là sự dự đoán vị trí và tính toán tải trọng vụ nổ tác dụng lên kết cấu đường hầm thông qua các nghiên cứu phân tích hoặc thực nghiệm hoặc các công cụ mô phỏng số. Vì vậy cần xác định ứng xử động của đường hầm metro chịu tác dụng do nổ nhằm đảm bảo an toàn cho các công trình này.

Ảnh hưởng của tải trọng nổ đến đường hầm metro đã được nhiều tác giả nghiên cứu bằng các thí nghiệm thực địa. Ví dụ, Công binh Lục quân Hoa Kỳ đã thực hiện một số vụ nổ thử nghiệm trong những năm 1948 - 1952 gần khu vực có đường hầm bằng đá sa thạch (Hendron, 1977) [1]. Trong thử nghiệm này, ảnh hưởng của vụ nổ được chia thành 4 nhóm: gây nứt, phá hoại cục bộ, phá hoại lớn và phá hoại hoàn toàn. Kendorski và cộng sự (1973) [2] đã trình bày sự hình thành các vết nứt trên lớp lót bê tông phun của đường hầm xảy ra khi ảnh hưởng của sóng nổ. Cheesman và cộng sự (2006) [3] đã thực hiện phân tích Euler - Lagrange để nghiên cứu sự lan truyền sóng nổ của chất nổ chôn trong cát bão hòa nước. Kích thước, độ sâu chôn của khối chất nổ, khoảng cách và kích thước của chướng ngại rất đa dạng. Độ chính xác của số liệu mô phỏng này được so với các quan sát thực nghiệm. Nakano và cộng sự (1993) [4] cũng đã trình bày sự hình thành các vết nứt bê tông phun gây ra bởi một vụ nổ đường hầm. Hầu hết các công thức thử nghiệm có sẵn trong tài liệu thường chỉ phản ánh đối với một số loại đất đá cụ thể, đồng nhất và tương ứng với những trường hợp tải trọng nổ cụ thể nào đó.

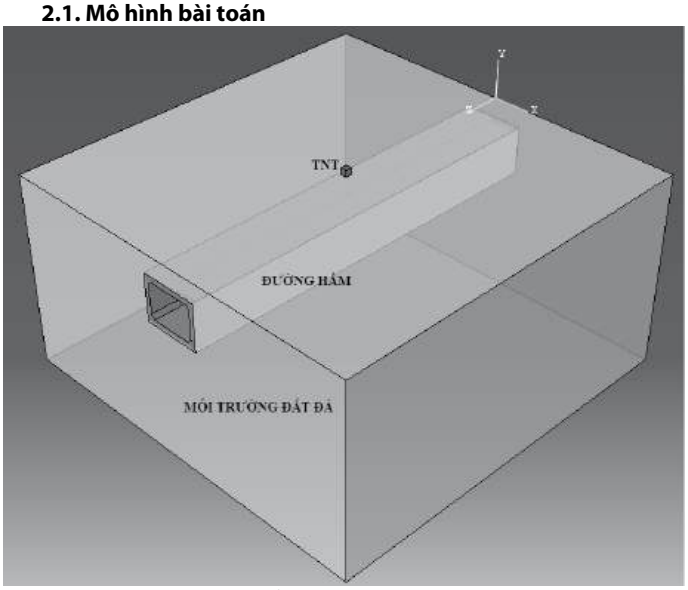
Ngày nay, với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ máy tính và sự phát triển phương pháp số, cho phép tính toán chi tiết và xác thực hơn về quá trình ảnh hưởng của tải trọng nổ đến kết

cấu của đường hầm metro. Các phương pháp số khác nhau đã được đề xuất để đánh giá khối lượng đá hoặc thiệt hại của đường hầm do tải trọng nổ gây ra. Ví dụ Wang và Lu (2003) [5] và Vương và cộng sự (2004) [6] đã xây dựng mô hình mô phỏng số của đất ba pha có khả năng sử dụng để mô phỏng vụ nổ và lan truyền sóng nổ trong đất. Sử dụng mô hình này, Lu và cộng sự (2005) [7] và Wang và cộng sự (2005) [8], đã thực hiện mô phỏng số của một công trình ngầm dưới tác dụng vụ nổ dưới lòng đất. Luo và cộng sự (2007) [9] đã phân tích các phản ứng động của đường hầm tàu điện ngầm Nam Kinh trong đất cát đối với vụ nổ trên mặt đất của 100 và 300kg thuốc nổ TNT bằng phần mềm LS-DYNA.

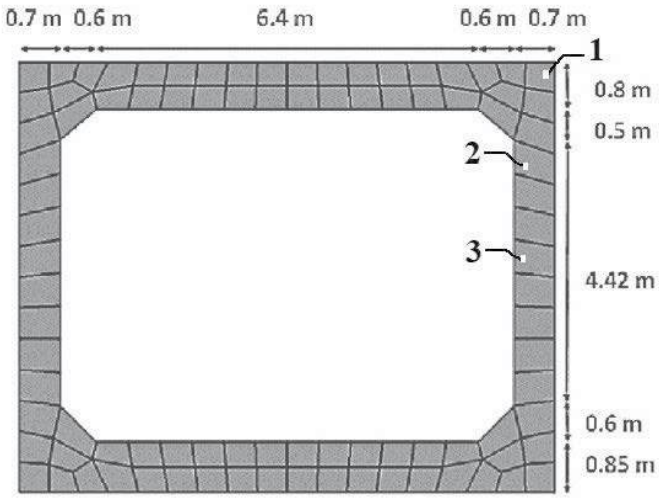
Bài toán trong nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của đường hầm metro dưới tác dụng của vụ nổ 1000 kg thuốc nổ TNT trên mặt đất đối với hầm chôn ở độ sâu 3, 5, 7, 10 và 15 m trong vùng đất cát xung quanh. Đường hầm tàu điện ngầm hình hộp chữ nhật được sử dụng làm ví dụ để đánh giá ảnh hưởng độ sâu đặt đến trạng thái ứng suất - biến dạng của đường hầm metro dưới sự tác động của vụ nổ trên mặt đất. Phần mềm mô phỏng ABAQUS được sử dụng để mô hình hóa và phân tích kết quả của bài toán này.

2. ĐẶT BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình bài toán



Hình 1. Mô hình bài toán mô phỏng



Hình 2. Mặt cắt ngang đường hầm

Đường hầm được sử dụng trong bài toán này có hình dạng mặt cắt hình chữ nhật, với kích thước 9x7,17 m (Hình 2). Vùng bị ảnh hưởng của vụ nổ (1000 kg TNT) trong đất và đường hầm, đã được nhóm tác giả khảo sát bằng cách thay đổi chiều dài đường hầm từ 10 m đến 30 m trong mô phỏng số. Nhận thấy rằng trên 25 m, việc thay đổi chiều dài đường hầm chỉ gây ra những thay đổi không đáng kể về tải trọng nổ trên đường hầm. Vì vậy, chỉ có kết quả với chiều dài đường hầm là 25 m được chọn để khảo sát trong bài báo này (hình 1). Hơn nữa, sự dịch chuyển chuyển tiếp của các nút vuông góc với các mặt phẳng đối xứng (mặt phẳng YZ và YX) bị hạn chế. Các ranh giới không phản xạ được áp dụng cho hai bề mặt bên và bề mặt dưới cùng để giảm thiểu sự phản xạ sóng ứng suất tại các ranh giới tính toán này và điều kiện biên tự do được sử dụng cho bề mặt trên.

2.2. Mô hình vật liệu

Để tính toán kết cấu chịu tác dụng của tải trọng nổ bằng các phần mềm ABAQUS [10] trước tiên cần phải mô hình hóa bài toán. Các tham số của các mô hình vật liệu dưới đây được sử dụng cho bài toán khảo sát của bài báo này. Các mô hình vật liệu này được xác nhận độ tin cậy trong các nghiên cứu [11,12].

a. Thuốc nổ: Thuốc nổ được sử dụng trong nghiên cứu này là loại thuốc nổ TNT. Khi bị kích nổ thuốc nổ chuyển hóa rất nhanh từ thể rắn sang khí, tương tác và truyền sang các vùng xung quanh một năng lượng nhất định [13,14]. Do sự giãn nở rất lớn trong quá trình nổ, nên vùng thuốc nổ và các phần tử của sản phẩm thuốc nổ được mô hình hóa và giải theo phương pháp hạt không lưới SPH nhằm tránh sự méo mó quá lớn của lưới dẫn đến lỗi trong quá trình giải [15,16]. Mặt khác trong quá trình nổ các phần tử của sản phẩm nổ có thể sẽ được mở rộng ra các lớp bê tông xung quanh và ngược lại, lớp bê tông xung quanh có thể sẽ bị đẩy, thâm nhập vào vùng của sản phẩm nổ. Do đó thuốc nổ và vùng bê tông xung quanh cần phải được thiết lập để mô hình hóa và giải theo cùng một phương pháp dạng lưới Euler hoặc kỹ thuật hạt không lưới SPH, trong môi trường thiết lập đa vật liệu. Để mô hình hóa hiện tượng nổ và quá trình lan truyền áp lực sóng nổ, sử dụng phương trình trạng thái do Lee - Tarver và Jones - Wilkins - Lee đề xuất [17] với các tham số: $v = 1/\rho$ là thể tích riêng; ρ là khối lượng riêng thuốc nổ TNT; A, B, r_1, r_2, ω là các hằng số đoạn nhiệt được xác định từ thí nghiệm, v_n - tốc độ nổ; E_0 - năng lượng trên đơn vị thể tích; P_{CJ} - áp suất nổ. Giá trị cụ thể các tham số được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Tham số mô hình vật liệu TNT

ρ (kg/m^3)	v_n (m/s)	P_{CJ} (kPa)	A (kPa)	B (kPa)
1650	6930	2,1x10^7	3,7377x10^8	3,73471x10^6
r_1	r_2	ω	v	E_0 (kJ/m^3)
4,15	0,9	0,35	1/1650	6x10^6

b. Bê tông: Sử dụng mô hình vật liệu Holmquist-Johnson-Cook (HJC), các tham số của mô hình HJC được xác định bằng phương pháp do Holmquist và cộng sự đề xuất [18]. Loại bê tông được sử dụng trong nghiên cứu này là bê tông B25 hiện chưa có các tham số cho mô hình HJC, do vậy tác giả đã thực hiện các thí nghiệm nén đơn trục, thí nghiệm lặp cũng như các thí nghiệm ép chẻ và nén ba trục bằng máy nén ba trục tại phòng thí nghiệm của Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt để đưa ra các tham số của mô hình HJC cho bê tông B25 (bảng 2).

Bảng 2. Các tham số mô hình HJC cho bê tông B25

ρ_0 (kg/m^3)	G (Pa)	A	B	C	N	$e_{f\min}$
2406	11,292 x10^9	0,79	1,405	0,007	1,085	0,0016
T (Pa)	f_c (Pa)	S_{max}	P_{crush} (Pa)	μ_{crush}	P_{lock} (Pa)	μ_{lock}
3,24 x10^6	41,305 x10^6	7	13,768 x10^6	0,0007	1 x10^9	0,08
D_1	D_2	K_1 (Pa)	K_2 (Pa)	K_1 (Pa)		
0,04	1,0	85x10^9	-171 x10^9	208 x10^9		

c. Cốt thép: Sử dụng mô hình phá hủy do Johnson-Cook đề xuất, các tham số của phương trình trạng thái, mô hình bền, mô hình phá hủy của cốt thép (tương đương thép CII) được lấy theo tài liệu [19,20] cụ thể như sau như bảng 3:

Bảng 3. Các tham số mô hình vật liệu thép

E (MPa)	ν	A (MPa)	B (MPa)	n	T_{melt} (K)	T_H (K)	m
200000	0,3	263	130	0,0915	1800	293,2	1
ρ (kg/m^3)	C	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
7850	0,017	1	0,05	3,44	2,12	0,002	0,61

d. Đất: Đất được mô hình hóa theo loại vật liệu của Yang và cộng sự công bố năm 2010 [21]. Các tham số vật liệu của đất đã được xác định từ các thành phần mô hình nén đất. Trong đó q là khối lượng riêng, G là mô đun cắt, Ku là mô đun khối tại đường dỡ tải, a0, a1 và a2 là hằng số hàm giới hạn chảy và Pcut là ngưỡng áp suất cho đứt gãy kéo. (Bảng 4; 5)

Bảng 4. Kết quả nén 3 trục của đất

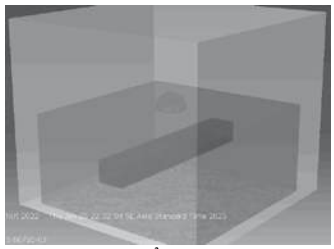
Biến dạng	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,33
Áp suất (MPa)	0,02	0,05	0,07	0,12	0,2	0,34	0,5

Bảng 5. Các tham số mô hình đất

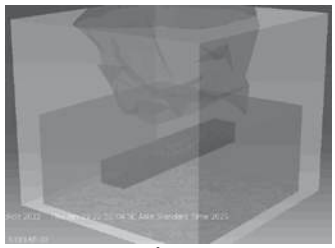
ρ (kg/m^3)	G (MPa)	K_u (MPa)	a_0	a_1	a_2	P_{cut} (MPa)
1255	1,724	5,516	0	0	0,8702	0

2.3. Kết quả mô phỏng số

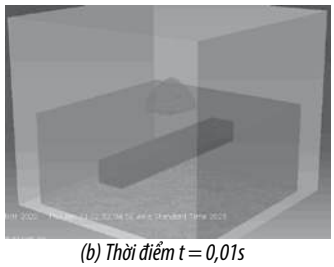
Kết quả mô phỏng số cho thấy, ngay sau khi khối thuốc nổ bị kích nổ, sóng nổ được hình thành và lan truyền gây phá hoại cục bộ bề mặt đất, tạo phiễu nổ ngay trên bề mặt đất đá và truyền sóng nén vào trong khối đất đá. Tiếp đó sóng nén được lan truyền trong môi trường đất đá đến tác dụng lên đường hầm. Nhóm tác giả khảo sát các trường hợp hầm chôn ở độ sâu 3, 5, 7, 10 và 15 m. Hình 2 thể hiện quá trình hình thành, làn truyền và phá hoại của sóng nổ trong trường hợp hầm được chôn ở độ sâu 10 m.



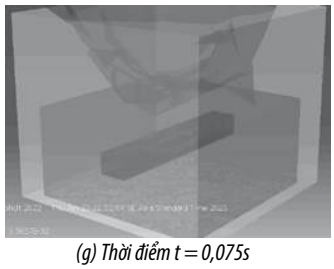
(a) Thời điểm t = 0,005s



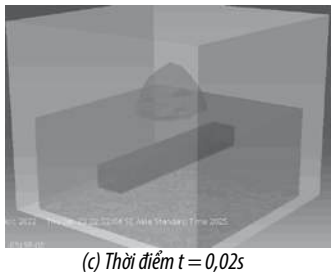
(f) Thời điểm t = 0,05s



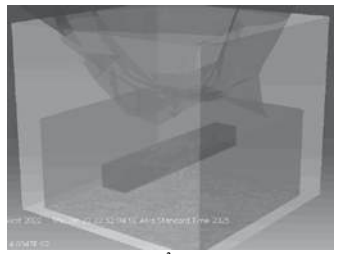
(b) Thời điểm t = 0,01s



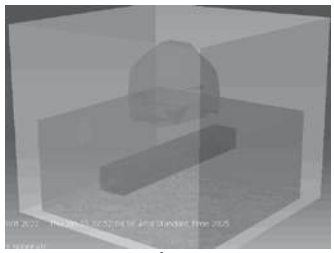
(g) Thời điểm t = 0,075s



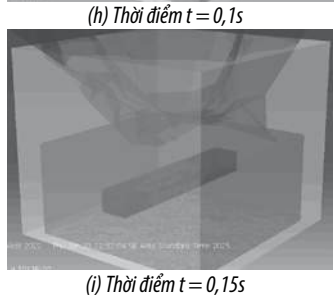
(c) Thời điểm t = 0,02s



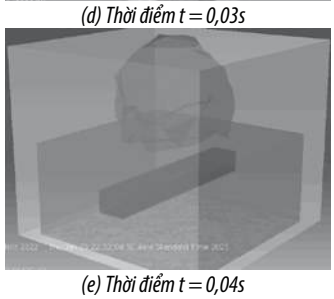
(h) Thời điểm t = 0,1s



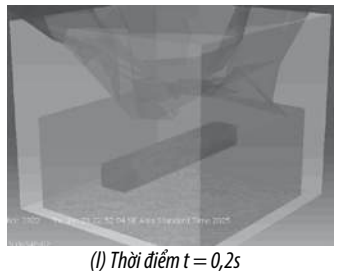
(d) Thời điểm t = 0,03s



(i) Thời điểm t = 0,15s

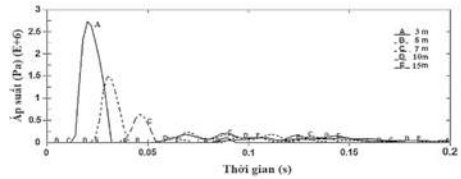


(e) Thời điểm t = 0,04s

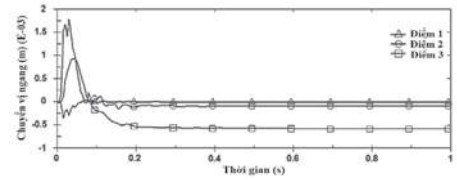


(l) Thời điểm t = 0,2s

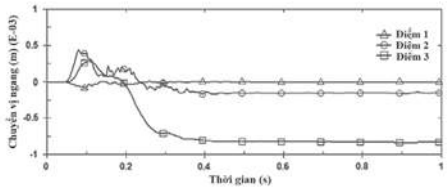
Hình 3. Hình ảnh hình thành và lan truyền sóng nổ khi hầm ở độ sâu 10 m .



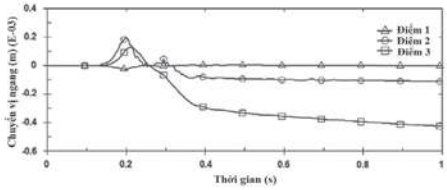
Hình 4. Sóng nén trong đất ở các độ sâu 3, 5, 7, 10, 15 m



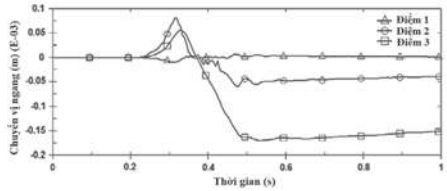
Hình 5. Chuyển vị ngang của điểm 1, 2, 3 trường hợp đường hầm ở độ sâu 3 m



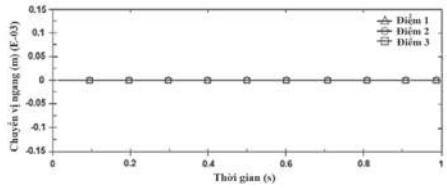
Hình 6. Chuyển vị ngang của điểm 1, 2, 3 trường hợp đường hầm ở độ sâu 5 m



Hình 7. Chuyển vị ngang của điểm 1, 2, 3 trường hợp đường hầm ở độ sâu 7 m



Hình 8. Chuyển vị ngang của điểm 1, 2, 3 trường hợp đường hầm ở độ sâu 10 m



Hình 9. Chuyển vị ngang của điểm 1, 2, 3 trường hợp đường hầm ở độ sâu 15 m

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả mô phỏng số cho thấy dưới tác dụng của tải trọng nổ ngay lập tức sóng nổ được hình thành và lan truyền gây phá hoại cục bộ bề mặt đất, tạo phiễu nổ ngay trên bề mặt đất đá và truyền sóng nén vào trong khối đất đá. Tiếp đó sóng nén được lan truyền trong môi trường đất đá đến tác dụng lên đường hầm.

Hình 4 thể hiện các sóng nén trong đất ở các độ sâu khác nhau tính từ tâm nổ. Theo đó, áp suất lớn nhất ở độ sâu 3, 5, 7, 10 và 15 m là 2,76, 1,49, 0,63, 0,20 và 0,10 MPa. So với độ sâu 3 m, chúng giảm lần lượt là 48%, 77%, 94% và 98%.

Hình 5, 6, 7, 8, 9 thể hiện chuyển vị ngang của tường hầm theo thời gian ở các điểm 1, 2 và 3 (vị trí các điểm xem hình 2) trong các trường hợp đường hầm ở độ sâu 3, 5, 7, 10, 15 m. Kết quả cho thấy rằng tường hầm đã bị dịch chuyển dưới tác động của vụ nổ trên mặt đất và gây ra chuyển vị ngang tại điểm 3 nằm ở tâm tường. Độ lớn của chuyển vị ngang tại ba điểm này giảm dần theo độ sâu đặt hầm là do áp lực của sóng nén do tải trọng nổ tạo ra giảm dần theo độ sâu, cũng như do tính phi tuyến tính của bê tông. Các giá trị chuyển vị ngang này cho thấy sự xuất hiện của biến dạng dẻo của đường hầm dưới tác động của tải trọng nổ.

Kết quả nhận được từ mô phỏng số cho thấy việc lựa chọn mô hình tính, mô hình vật liệu là hợp lý. Thông qua mô phỏng số cho ta thấy ở độ sâu càng lớn sự ảnh hưởng của sóng nổ lên kết cấu đường hầm càng giảm, cụ thể ở độ sâu đặt hầm 15 m chuyển vị ngang của các điểm 1, 2, 3 trên tường hầm không thấy xuất hiện.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả thu được khẳng định tính hợp lý khi sử dụng mô hình vật liệu trong phân tích kết cấu bê tông cốt thép chịu tác dụng nổ bằng phần mềm ABAQUS.

Áp lực sóng nén ở các độ sâu 3, 5, 7, 10 và 15 m của đất giảm dần, ở chiều sâu đặt hầm từ 0-3 m tính từ tâm nổ, đường hầm dễ bị hư hỏng hơn so với khoảng cách từ 3-15 m. Độ lớn của chuyển vị ngang trên tường hầm giảm dần theo độ sâu đặt hầm và không xuất hiện ở độ sâu đặt hầm 15 m. Có nghĩa là đường hầm đảm bảo an toàn hơn khi tăng khoảng cách từ tâm vụ nổ, do áp lực sóng nén trong đất giảm.

Từ kết quả phân tích trên có thể nhận thấy rằng, dưới tác dụng của tải trọng nổ ngay lập tức sóng nổ được hình thành và lan truyền gây phá hoại cục bộ bề mặt đất, tạo phiễu nổ ngay trên bề mặt đất đá và truyền sóng nén vào trong khối đất đá. Tiếp đó sóng nén được lan truyền trong môi trường đất đá đến tác dụng lên đường hầm. Do đó để đảm bảo an toàn cho kết cấu vỏ đường hầm cần có các biện pháp bảo vệ để giảm tác động của sóng nén như chôn sâu đường hầm hoặc các biện pháp để cắt sóng.

Các kết quả thu được có thể cung cấp thêm một số thông tin hữu ích cho các thiết kế đường hầm có kể đến an toàn của các vụ nổ trên mặt đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hendron, A.J., 1977. Engineering of rock blasting on civil projects. In: Hall, W.J. (Ed.), Structural and Geotechnical echanics, A Volume Honoring NM Newmark. Prentice Hall, New Jersey.

[2]. Kendorski, F.S., Jude, C.V., Duncan, W.M., 1973. Effect of blasting on shotcrete drift linings. Min. Eng. 25 (12), 38-41.

[3]. Cheesman, B.A., Wolf, S., Yen, C.F., Skaggs, R., 2006. Blast simulation of explosive buried in saturated sand. Fragblast 10 (1), 1-8.

[4]. Nakano, K., Okada, S., Furukawa, K., Nakagawa, K., 1993. Vibration and cracking of tunnel lining due to adjacent blasting. In: Rombun-Hokokushu, D.G. (Ed.), Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, pp. 53-62 (in Japanese).

[5]. Wang, Z., Lu, Y., 2003. Numerical analysis on dynamic deformation mechanism of soils under blast loading. Soil Dyn. Earthquake Eng. 23, 705-714.

[6]. Wang, Z., Hao, H., Lu, Y., 2004. A three-phase soil model for simulating stress wave propagation due to blast loading. Numer. Anal. Meth. Geomech. 28 (1), 33-56.

[7]. Lu, Y., Wang, Z., Chong, K., 2005. A comparative study of buried structure in soil subjected to blast load using 2D and 3D numerical simulations. Soil Dyn. Earthquake Eng. 25, 275-288.

[8]. Wang, Z., Lu, Y., Hao, H., Chong, K., 2005. A full coupled numerical analysis approach for buried structures subjected to surface blast. Comput. Struct. 83, 339–356.

[9]. Luo, K.S., Wang, Y., Zhang, Y.T., Huang, L.K., 2007. Numerical simulation of section subway tunnel under surface explosion. J. PLA Univ. Sci. Technol. (Nat. Sci. Ed.). 8 (6), 674-679.

[10]. ABAQUS Theory Manual, revision 2020, Pawtucket, Rhode Island, Mỹ, 2020.

[11]. Phan Thành Trung, Nguyễn Quốc Bảo, Vũ Đức Hiếu (2020), Đánh giá sự phá hủy cấu kiện bê tông cốt thép dưới tác dụng tải trọng nổ tiếp xúc bằng mô phỏng số và thực nghiệm tại hiện trường, Tạp chí khoa học công nghệ Xây dựng số 14(5V) tháng 11/2020, tr 180-196, Trường Đại học Xây dựng.

[12]. Phan Thành Trung, Nguyễn Quốc Bảo, Nguyễn Hữu Hà (2021), Đánh giá sự phá hủy cấu kiện bê tông cốt thép dưới tác dụng tải trọng nổ gần bằng mô phỏng số và thực nghiệm tại hiện trường, Tạp chí khoa học công nghệ Xây dựng số 1/2021, tr 39-47, Viện Khoa học công nghệ xây Dựng.

[13]. McGuire, W., 1974, "Prevention of Progressive Collapse," Proceedings of the regional Conference on Tall Buildings, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

[14]. Izzuddin, B.A. (2008). "Simplified assessment of structural robustness for sudden component failures", COST Action TU0601, 1st Workshop on Robustness of Structures, ETH Zurich, Switzerland.

[15]. Monagan J. J. An introduction to SPH, Comput. Phys. Comm. 1988. Vol. 48. P. 89-96.

[16]. Hayhurst CJ, Clegg RA (1997), Cylinderically symmetric SPH simulations of hypervelocity impacts on thin plates. Int J Impact Eng 1997, 337-48.

[17]. E. Lee, M. Finger, W. Collins, JWL equations of state coefficient for high explosives, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, Calif, UCID-16189, Berkeley 1973.

[18]. Holmquist TJ, Johnson GR and Cook WH (1993), A computational constitutive model for concrete subjected to large strains, high strain rates, and high pressures. In: The 14th international symposium on ballis-tic, Quebec, Canada, 26-29 September, pp. 591-600. Arlington, VA: American Defense Preparedness Association.

[19]. Johnson G. R., Cook W. H., A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures, Proceedings of the 7th Inter-national Symposium on Ballistics, The Hague, The Netherlands, 1983.

[20]. Johnson G. R., Cook W. H., Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressure, EngngFractMech, Vol. 21(1) 1985 pp. 31-48.

[21]. Yang, Y., Xie, X., Wang, R., 2010. Numerical simulation of operating metro tunnel induced by ground explosion. J. Rock Mech. Geotech. Eng. 2 (4), 373-384.

Phân tích ổn định tổng thể tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết

Overall stability analysis of a geosynthetic reinforced mechanically stabilized earth wall using the simplified coherent gravity method

> TS PHẠM VĂN HÙNG[1,2,*], TS ĐẶNG QUANG HUY[1,2], THS NGỌ THỊ HƯƠNG TRANG[1]
[1]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[2]Nhóm nghiên cứu "Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững", Trường Đại học Mỏ - Địa chất
[*]Email: phamvanhung@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày trình tự thiết kế ổn định tổng thể của kết cấu tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết theo chỉ dẫn thiết kế FHWA-NHI-00-043 của Cục Quản lý Đường bộ Liên bang Hoa Kỳ ban hành năm 2001, bao gồm phân tích ổn định trượt trên nền đất, ổn định lật, ổn định sức chịu tải của nền và ổn định mái dốc. Kết quả phân tích ổn định tổng thể tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật chiều cao 9m và chiều rộng bằng 7m đoạn từ km0 + 360 đến km0 + 440 tuyến đường trục từ cụm công nghiệp Hương Sơn đi Quốc lộ 1A, huyện Lạng Giang, tỉnh Bắc Giang cho thấy tường đảm bảo các điều kiện ổn định tổng thể với các hệ số an toàn phù hợp.

Từ khóa: Lưới địa kỹ thuật; tường chắn có cốt; ổn định tổng thể; phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết.

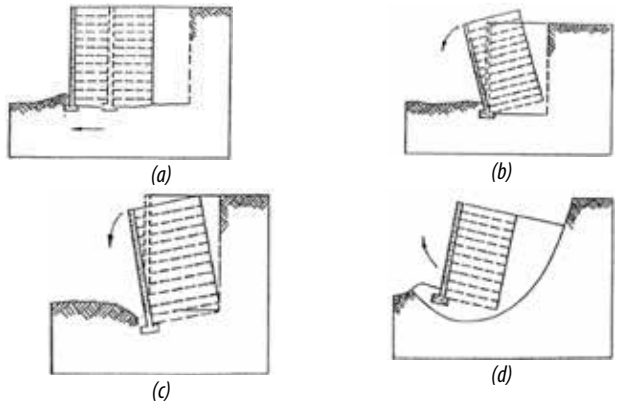
ABSTRACT

The paper presents the analysis sequence of the overall stability of a geosynthetic reinforced mechanically stabilized earth wall using the *Simplified Coherent Gravity Method* in FHWA-NHI-00-043 issued by Federal Highway Administration in 2001, including sliding, overturning, bearing capacity and slope stabilities. In addition, the results of the overall stability analyses of the geosynthetic reinforced soil wall with a height of 9m and a width of 7m from km0 + 360 to km0 + 400 of the main road from Huong Son Industrial Park to National Highway 1A, Lang Giang district, Bac Giang province show that the wall ensures overall stability conditions with the acceptable safety factors.

Keywords: Geosynthetic; MSE wall; overall stability; simplified coherent gravity method.

1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật là hệ kết cấu phức hợp của các lớp đất đắp và các lớp cốt gia cường bằng lưới địa kỹ thuật được cố định vào kết cấu mặt tường. Với kết cấu tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật, mặt tường làm từ tấm panel, khối bê tông đúc sẵn hay lưới địa kỹ thuật; cốt chịu kéo làm từ lưới địa kỹ thuật; khối đất trong tường đắp từ loại đất với sức kháng cắt lớn và thoát nước tốt như cát hay cát pha lẫn sỏi sạn. Trong quá trình thi công, cốt lưới địa kỹ thuật được lắp đặt giữa các lớp đất đắp được đầm chặt để tăng khả năng chịu kéo của khối đất. Các mối nối ma sát hoặc mối nối cơ học thường được sử dụng để liên kết lưới địa kỹ thuật với mặt tường. Ngoài sử dụng các tấm panel và tấm bê tông, mặt tường còn được tạo ra từ việc gấp nếp lưới địa kỹ thuật. Nhờ công nghệ thi công đơn giản, giá thành rẻ, thời gian thi công nhanh và kết cấu linh hoạt, tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật đã được sử dụng rộng rãi trong gia cố mái dốc đường đầu cầu và mái taluy đắp cao [3,4,7].



Hình 1. Các dạng mất ổn định tổng thể của tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật: (a) mất ổn định trượt; (b) mất ổn định lật: (c) mất ổn định về sức chịu tải của nền; (d) mất ổn định mái dốc [6]

Để tường chắn làm việc bình thường, tường phải đảm bảo điều kiện độ ổn định tổng thể (bên ngoài), ổn định nội bộ (bên trong) và ổn định cục bộ. Ổn định tổng thể bao gồm ổn định trượt trên nền đất, ổn định lật, ổn định sức chịu tải của nền và ổn định mái dốc (trượt sâu). Ổn định nội bộ tường gồm việc đảm bảo cho các lớp lưới địa kỹ thuật không bị kéo đứt hoặc không bị kéo tụt. Ổn định cục bộ là xem xét đảm bảo khả năng chịu tải trọng các vị trí liên kết giữa mặt tường - lưới địa kỹ thuật và các lưới địa kỹ thuật với nhau [6].

Phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết (Simplified Coherent Gravity Method) theo chỉ dẫn thiết kế FHWA-NHI-00-043 của Cục Quản lý Đường bộ Liên bang Hoa Kì (FHWA) ban hành năm 2001 đã được áp dụng để thiết kế tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật nói chung và phân tích ổn định tổng thể nói riêng nhờ tính toán đơn giản và có độ tin cậy cao. Trong phương pháp này, kết cấu tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật được xem như một khối đất đồng nhất và đánh giá độ ổn định tường theo các dạng phá hủy thông thường cho tường loại trọng lực. Khi tường chịu lực, tường chịu tác dụng đồng thời của trọng lực bản thân, tải trọng ngoài (gồm tải trọng đất đắp bên trên, tải trọng giao thông...), áp lực ngang của đất sau lưng tường, lực ma sát tường - nền và phản lực của nền đất. Khi phân tích ổn định theo phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết, các hệ số an toàn về ổn định được xác định bằng tỷ số giữa lực kháng (hoặc mô men) của tường và lực (hoặc mô men) gây ra bởi tải trọng. Hệ số an toàn tính toán được sẽ so sánh với các giá trị hệ số an toàn quy định trong tiêu chuẩn (thường lấy lớn hơn 1) [5,6].

Mặc dù, tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật đã sử dụng phổ biến ở các nước trên thế giới, nhưng ở Việt Nam việc vận dụng còn hạn chế do chưa có nhiều các nghiên cứu về loại tường này và tiêu chuẩn thiết kế tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật chưa được ban hành. Trên cơ sở đó, bài báo phân tích ổn định tổng thể của tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật sử dụng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết sẽ làm sáng tỏ các nội dung thiết kế và phân tích ổn định tổng thể tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật. Ngoài ra, để hướng dẫn thực hành cho kỹ sư, bài báo đã phân tích ổn định tổng thể một đoạn tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật tại tuyến đường trục từ cụm công nghiệp Hương Sơn đi Quốc lộ 1A, huyện Lạng Giang, tỉnh Bắc Giang bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết.

2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ TƯỜNG CHẮN CỐT LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT



Hình 2. Trình tự thiết kế tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật theo điều kiện ổn định tổng thể

Trình tự tính toán thiết kế và phân tích ổn định tổng thể của tường chắn gồm các bước: xác định các thông số của nền đất; lựa chọn các tiêu chí thực hiện; sơ bộ chọn kích thước của tường chắn; xác định tải trọng và các thông số tính toán; kiểm tra các điều kiện ổn định tổng thể; từ đó xác định chiều dài gia cố. Trình tự thiết kế tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật theo điều kiện ổn định tổng thể được thể hiện trên hình 2. Tương tự kết cấu tường chắn trọng lực và bán trọng lực, bốn cơ chế phá hủy do mất ổn định tổng thể của tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật cần được xem xét đó là trượt trên nền đất, lật quanh mép tường, nền không đảm bảo sức chịu tải và trượt sâu theo cung trượt nguy hiểm.

Để làm sáng tỏ trình tự thiết kế và phân tích ổn định tường chắn, những nội dung chi tiết của quy trình sẽ được nêu rõ ở phần dưới.

2.1. Xác định kích thước hình học và các thông số của đất nền

Những điểm sau đây phải được xác định hoặc thiết lập bởi kỹ sư thiết kế:

- Chiều cao tường.
- Tải trọng do lớp đất đắp, hoạt tải, tải trọng tĩnh tải...
- Các chỉ tiêu cơ lý của nền đất dưới tường (γ_f, c_f, φ_f).
- Các chỉ tiêu cơ lý của khối đất gia cố (γ_r, c_r, φ_r).
- Các chỉ tiêu cơ lý của khối đất sau tường (γ_b, c_b, φ_b).
- Điều kiện nước ngầm.

2.2. Lựa chọn tiêu chí đánh giá

Tiêu chí đánh giá được chọn phải phản ánh các điều kiện thực tế và các yêu cầu thiết kế, bao gồm:

- Các hệ số an toàn ổn định tổng thể (trượt, khả năng chịu lực, lệch tâm).
- Hệ số an toàn ổn định mái dốc.
- Hệ số an toàn của lưới địa kỹ thuật và đất đắp khi lưới địa kỹ thuật chịu kéo đứt hoặc kéo tuột.
- Độ lún lớn nhất, chênh lệch độ lún lớn nhất; chuyển vị ngang lớn nhất.
- Ngoài ta các tiêu chí về hệ số an toàn ổn định động đất và địa chấn cũng cần được xem xét.

2.3. Sơ bộ kích thước

Chọn sơ bộ kích thước tường dựa vào hướng dẫn trong tiêu chuẩn thiết kế, kinh nghiệm của kỹ sư và tiêu chí dự án. Đối với tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật, ngoài việc lựa chọn chiều cao và góc nghiêng của tường; thì việc lựa chọn chiều dài cốt, hình thức gia cố, khoảng cách cốt sẽ đem lại hiệu quả về kinh tế kỹ thuật. Chiều cao tường chắn thường căn cứ vào chiều sâu chôn móng và chiều cao đào hoặc đắp theo hồ sơ thiết kế.

Chiều dài của cốt được chọn phải lớn hơn 0,7H và 2,5 m. Các kết cấu chịu tải trọng mái dốc hoặc các tải trọng tập trung khác, như trường hợp đắp mố, chiều dài cốt thường yêu cầu dài hơn để đảm bảo ổn định, khoảng 0,8H đến 1,1H. Ở gần phần móng, chiều dài cốt gia cố nhỏ hơn phần phía trên.

2.4. Tính toán các lực tác dụng lên tường và các thông số tính toán

Theo nguyên lý tính toán của phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết, tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật chịu tác dụng của tải trọng ngoài, trọng lượng bản thân, áp lực ngang của đất sau lưng tường và phản lực của nền (hình 3). Để đủ điều kiện phân tích ổn định tổng thể của tường, các lực tác dụng và thông số tính toán phải được xác định.

(1) Tính toán lực tác dụng theo phương đứng

Lực tác dụng theo phương thẳng đứng lên khối đắp gồm trọng lượng bản thân của khối đất gia cố và tải trọng thẳng đứng do tải trọng ngoài gây ra (hình 3). Lực tác dụng theo phương thẳng đứng được xác định theo (1).

$$V = V_1 + V_2 \quad (1)$$

Trong đó, V_1 là trọng lực bản thân của khối đất gia cố (kN); V_2 là lực thẳng đứng do tải trọng ngoài gây ra (kN). Giá trị lực V_1 và V_2

được xác định theo công thức (2). Với, H là chiều cao tường (m) và B là chiều rộng của tường (m). Tải trọng ngoài phân bố đều với cường độ q (kN/m²).

$$V_1 = \gamma_f HL \quad (2)$$

$$V_2 = qL$$

(2) Tính toán lực tác dụng theo phương ngang

Tổng lực ngang tác dụng lên tường (F_t) bằng lực ngang do khối đắp sau lưng tường (F_{t1}) và lực ngang do tải trọng ngoài gây ra (F_{t2}) theo (3).

$$F_t = F_{t1} + F_{t2} \quad (3)$$

- Lực ngang do phần đất sau lưng tường gây ra được tính toán theo công thức (4) dưới đây.

$$F_{t1} = \frac{1}{2} K_a . \gamma_f . h^2 \quad (4)$$

- Trong trường hợp khối đắp chịu tác dụng của tải trọng ngoài như tải trọng thi công, tải trọng giao thông hay phần đắp phụ thêm, áp lực ngang phụ thêm do tải trọng ngoài được xác định theo công thức (5).

$$F_{t2} = K_a . q . h \quad (5)$$

Với K_a là hệ số áp lực ngang và h = H + L.tanβ.

- Trường hợp khi mặt tường thẳng đứng (nhỏ hơn 8°) và mái đắp trên đỉnh tường nằm ngang (β = 0°) (hình 3), hệ số áp lực ngang được tính theo (6).

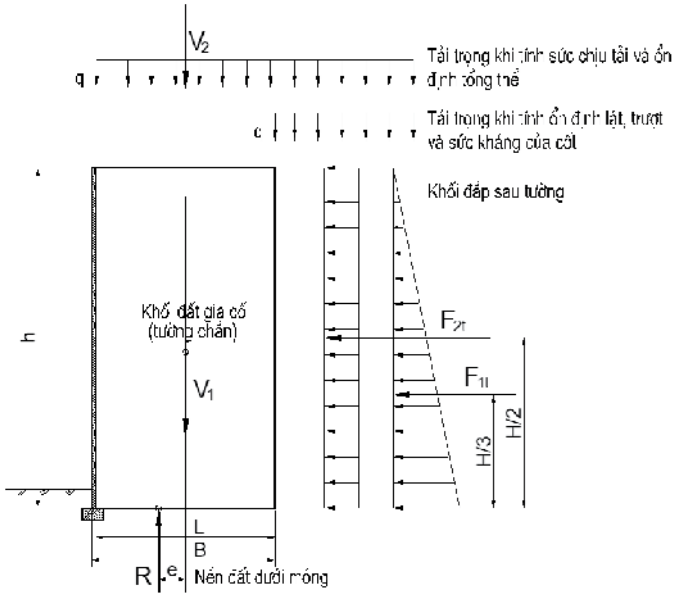
$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (6)$$

- Khi mặt tường thẳng đứng và có mái đắp trên đỉnh tường bằng β (hình 4a), hệ số áp lực ngang được xác định theo công thức (7).

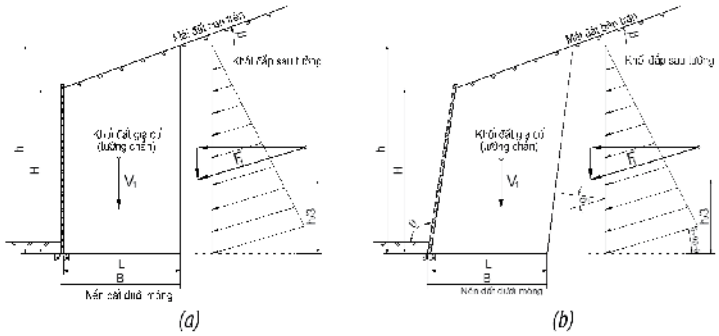
$$K_a = \cos\beta \left[\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}\right] \quad (7)$$

- Khi mặt tường nghiêng (lớn hơn 8°) (hình 4b), hệ số áp lực đất được tính theo công thức (8).

$$K_a = \frac{\sin^2(\theta + \varphi)}{\sin^2\theta \sin(\theta - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta)\sin(\varphi - \beta)}{\sin(\theta - \delta)\sin(\theta + \beta)}}\right]^2} \quad (8)$$



Hình 3. Sơ đồ tải trọng tác dụng lên tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật [6].



Hình 4. Sơ đồ xác định tường chắn có mái đắp trên đỉnh: (a) mặt tường thẳng đứng và có mái đắp bên trên; (b) mặt tường nghiêng và có mái đắp bên trên [6].

Trong đó, φ là góc ma sát trong của khối đắp sau tường, θ là góc tạo bởi mặt trượt với phương ngang và β là góc mái dốc như trong hình 4. Góc ma sát của tường δ được giả định bằng giá trị lớn nhất của β, nhưng nhỏ hơn hoặc bằng bφ.

(3) Độ lệch tâm của lực tác dụng lên móng (e) bằng tổng các mômen của trọng lực khối đất gia cố đối với đường trọng tâm khối đất. Phản lực R là tổng các lực thẳng đứng tác dụng lên khối gia cố. e được tính theo (9).

$$e = \frac{F_t(\cos\beta)h/3 - F_t(\sin\beta)L/3 - V_2(L/6)}{V_1 + V_2 + F_t(\sin\beta)} \quad (9)$$

e phải nhỏ hơn L/6 trong đất hoặc L/4 trong đá. Nếu e lớn hơn thì yêu cầu tăng chiều dài cốt gia cố.

(4) Tính ứng suất thẳng đứng phân bố đều tương đương trên móng, σ_v.

Theo đề xuất của Meyerhof, giả định rằng tải lệch tâm dẫn đến sự phân bố lại áp lực trên diện tích bị giảm trừ tại chân tường. Diện tích này được xác định bởi chiều rộng bằng chiều rộng tường trừ hai lần độ lệch tâm. Từ đó, ứng suất đáy móng được xác định theo (10).

$$\sigma_v = \frac{V_1 + V_2 + F_t \sin\beta}{L - 2e} \quad (10)$$

2.5. Phân tích ổn định tổng thể bằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết

2.5.1. Ổn định trượt

Kiểm tra ổn định trượt tại đáy móng thông qua hệ số an toàn ổn định trượt (FS_{tr}), theo công thức (11).

$$FS_{tr} = \frac{\sum P_R}{\sum P_d} \quad (11)$$

Trong đó, FS_{tr} là hệ số an toàn ổn định trượt; ΣP_R là tổng lực chống trượt (kN); ΣP_d là tổng lực gây trượt (kN).

Lực chống trượt phát sinh do ma sát của khối đắp với nền và được xác định bằng tích của lực thẳng đứng với hệ số ma sát μ, lực chống trượt trên một đơn vị chiều dài tường xác định theo công thức (12).

$$P_R = (V_1 + V_2 + F_t \sin\beta)\mu \quad (12)$$

Trong đó, giá trị V_1, V_2, và F_t được tính theo công thức (1) đến (5).

μ là hệ số ma sát được đặt trưng bởi sức kháng cắt của đất tại vị trí xảy ra mặt trượt, μ được lấy dựa vào góc ma sát nhỏ nhất của một trong các trường hợp sau: (1) nếu trượt xảy ra trong nền thì hệ số ma sát lấy theo góc ma sát tại nền φ_f; nếu trượt xảy ra trong phần gia cố thì hệ số ma sát lấy theo góc ma sát tại phần gia cố φ_r; nếu cốt gia cố dạng lưới, thì cần xem xét trượt xảy ra bên trên hay bên dưới của mặt phẳng tiếp xúc lưới - đất, góc ma sát tại mặt phẳng tiếp xúc ρ cần được xem xét, và được xác định bằng thí nghiệm kéo lưới trực tiếp hoặc bằng công thức tương đối ρ = b.tanφ.

Khi đó μ = min [tanφf, tanφr, hoặc tanρ];

Lực gây trượt sinh ra do thành phần nằm ngang của áp lực đất sau lưng tường, xác định theo (13).

$$P_d = F_H = F_t \cos\beta \quad (13)$$

2.5.2. Ổn định lật

Điều kiện ổn định lật của tường chắn được xác định theo công thức (14).

$$FS_l = \frac{\sum M_{RO}}{\sum M_R} \geq 1,5 \quad (14)$$

Trong đó, FS_l là hệ số an toàn ổn định lật; ΣM_{RO} là tổng mô men giữ (kN.m); ΣM_{RO} là tổng mô men gây lật (kN.m). Mô men giữ và mô men lật được tính với tâm lật là điểm mép ngoài của chân tường. Mô men được tính bằng lực nhân cánh tay đòn.

2.5.3. Ổn định về sức chịu tải của nền

Để ngăn chặn sự phá hủy nền đất dưới tường, yêu cầu ứng suất thẳng đứng tại đáy móng không vượt quá khả năng chịu lực cho phép của đất nền, có xét đến hệ số an toàn bằng 2,5. Điều kiện kiểm tra theo công thức (15).

$$\sigma_v \leq q_a = \frac{q_{ult}}{2,5} \quad (15)$$

Với ứng suất thẳng đứng σ_v tại đáy móng tính theo công thức (10).

Sức chịu tải tới hạn q_{ult} được xác định bằng các phương pháp cơ học đất cổ điển theo công thức (16).

$$q_{ult} = c_f N_c + 0,5L\gamma_f N_\gamma \quad (16)$$

Trong đó c_f là lực dính đơn vị (kN/m^2), γ_f là trọng lượng đơn vị của đất nền (kN/m^3) và N_c và N_γ là các hệ số khả năng chịu lực không thứ nguyên. Các hệ số khả năng chịu lực N_c và N_γ có thể được lấy trong AASHTO (1996) [1].

2.5.4. Ổn định mái dốc

Ổn định mái dốc (trượt sâu) thường được tính toán bằng các phương pháp giải tích cổ điển của Fellenius, Bishop, Ranbu… với giả thiết rằng khối trượt đồng nhất và mặt trượt có dạng hình trụ tròn hoặc có thể sử dụng chương trình máy tính để thực hiện các phân tích ổn định. Kết quả tính toán được hệ số ổn định mái dốc (FS_{md}) phải lớn hơn giá trị quy định (thường lấy bằng 1,30) [8].

Tường đất gia cố được coi là vật thể cứng. Mặt phá hoại chỉ xem xét nằm ngoài khối gia cố. Đối với các kết cấu tường có dạng hình chữ nhật, khoảng cách gia cố tương đối đồng đều và mặt tường gần như thẳng đứng, các phá hoại hỗn hợp đi qua cả vùng không gia cố và vùng gia cố thường không quan trọng. Tuy nhiên, nếu tồn tại các điều kiện phức tạp hơn như thay đổi về loại đất gia cố hoặc chiều dài gia cố, tải trọng phụ tải lớn, kết cấu mặt nghiêng, độ dốc đáng kể ở chân tường hoặc phía trên tường hoặc kết cấu xếp chồng, phải xem xét các phá hoại hỗn hợp. Nếu hệ số an toàn tính toán nhỏ hơn hệ số an toàn tối thiểu (thường được khuyến nghị là 1,3), cần tăng chiều dài gia cố hoặc gia cố nền đất dưới móng [6].

3. PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ MỘT ĐOẠN TƯỜNG CHẮN CỐT LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT THUỘC TUYẾN ĐƯỜNG TRỤC TỪ CỤM CÔNG NGHIỆP HƯƠNG SƠN ĐI QUỐC LỘ 1A

3.1. Tổng quan dự án

Tuyến đường trục từ cụm công nghiệp Hương Sơn đi Quốc lộ 1A đi qua địa phận xã Hương Sơn và thị trấn Kép, huyện Lạng Giang, tỉnh Bắc Giang. Điểm đầu tuyến tại nút giao với đường gom trái đường ô tô cao tốc Bắc Giang - Lạng Sơn (lý trình đường cao tốc Km91+950), thuộc xã Hương Sơn. Điểm cuối tuyến tại nút giao với Quốc lộ 1A (lý trình Quốc lộ 1A Km97+350), thuộc thị trấn Kép. Tổng chiều dài đoạn tuyến khoảng 2.626m. Tuyến chủ yếu cắt qua đồi núi thấp xen kẽ với những thung lũng nhỏ. Đặc điểm bề mặt địa hình bị phân cắt bởi các thung lũng và suối nhỏ, chênh cao bề mặt địa hình hàng chục mét. Cấu tạo bề mặt địa hình chủ yếu là các thành tạo sườn tích gồm sét, sét pha trạng thái nửa cứng đến cứng. Trắc dọc thiết kế tuyến đường cho thấy chênh cao đào đắp trắc dọc khá lớn như đoạn từ Km0+360 đến Km0+455; Km0 +760 đến Km0 +815; Km1+75 đến Km1+300; Km1+500 đến Km1+600 [2].

Trong đó, đoạn đường từ Km0+360 đến Km0+440 đắp cao lên tới 9 m được lựa chọn để nghiên cứu. Điều kiện địa chất khu vực gồm lớp đất hữu cơ dày 0,3m, tiếp đến là lớp đất sét pha lẫn sỏi sạn màu xám nâu, xám vàng trạng thái nửa cứng đến cứng dày khoảng 5 đến 7m, phía dưới cùng là lớp đá bột kết màu tím hoặc nâu đỏ phong hóa vừa đến mạnh. Cấu tạo địa chất cho thấy lớp đất sét pha trạng thái nửa cứng là lớp đất tốt có khả năng đặt trực tiếp móng công trình mà không cần phải gia cố. Bề rộng trắc ngang thiết kế giai đoạn I là 12,5m, trong đó phần mặt đường là 10,5m. Nếu sử dụng vật liệu đắp là đất đồi và phương pháp đắp nền thông thường, thì taluy đắp là 1:1,5. Diện tích chiếm dụng đất sang mỗi bên lên tới 13,5m [2].

3.2. Giải pháp gia cố taluy đắp bằng tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật

Phương án được đề xuất là sử dụng tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật thẳng đứng, chiều cao tường bằng 9m, bên phải tuyến. Giải pháp đề xuất nhằm giảm diện tích chiếm dụng đất ở nông thôn và đất trồng cây lâu năm bên phải đoạn tuyến; giảm được khối lượng đắp nền và tăng tính thẩm mỹ của công trình trong khu vực dân cư. Chiều dài cốt lưới địa kỹ thuật 7m (chiều dài L > 0,7 H và 2,5m), bố trí thành 16 lớp, có khoảng cách từ 0,4m đến 0,6m. Trong đó, tại độ sâu lớn thì khoảng cách các lớp lưới được bố trí dày hơn. Độ sâu đặt lưới tính từ mặt khối đắp và khoảng cách các lớp lưới địa kỹ thuật trình bày chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Độ sâu đặt lưới và khoảng cách các lớp lưới địa kỹ thuật

Lớp lưới	Độ sâu đặt lưới (m)	Khoảng giữa 2 lưới (m)	Lớp lưới	Độ sâu đặt lưới (m)	Khoảng giữa 2 lưới (m)
lớp 1	0,30	-	lớp 9	5,10	0,60
lớp 2	0,90	0,60	lớp 10	5,70	0,60
lớp 3	1,50	0,60	lớp 11	6,30	0,60
lớp 4	2,10	0,60	lớp 12	6,85	0,55
lớp 5	2,70	0,60	lớp 13	7,35	0,50
lớp 6	3,30	0,60	lớp 14	7,85	0,50
lớp 7	3,90	0,60	lớp 15	8,30	0,45
lớp 8	4,50	0,60	lớp 16	8,70	0,40

3.3. Thiết kế tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật theo phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết

3.3.1. Xác định các thông số đầu vào phục vụ thiết kế

Các thông số của nền đất lấy theo số liệu dự án [2] và thông số của khối đắp lấy theo TCN 211-06 [9].

+ Đất trong tường: γ_r = 19,5 kN/m^3; $\varphi_r = 28^o$; c_r = 32 kPa; $K_{ar} = \tan^2(45-\varphi_r/2) = \tan^2(45-28/2) = 0,361$

+ Đất sau tường: γ_b = 19,5 kN/m^3; $\varphi_b = 24^o$; c_b = 32 kPa; $K_{ab} = \tan^2(45-\varphi_b/2) = \tan^2(45-24/2) = 0,422$

+ Đất dưới tường: γ_f = 20,0 kN/m^3; $\varphi_f = 14^o19'$; c_f = 25,8 kPa; $K_{af} = \tan^2(45-\varphi_f/2) = \tan^2(45-14^o19'/2) = 0,603$

Các thông số của tường:

Chiều cao tường H = 9 m;
$V_1 = \gamma_r HL$
$F_{t1} = ½\ \gamma b\ H_2\ K_a$.
$F_{t2} = qHK_a$

Chiều rộng tường (phần gia cố lưới địa kỹ thuật) L = 7 m
e là độ lệch tâm, m.
q là tải trọng giao thông, q lấy bằng 11,97 kN/m
R là phản lực $R = V_1 + qL$

Tải trọng giao thông quy đổi:

$q = \gamma_{tr}.h$ = (19,5 kN/m^3) (0,610 m) = 11,97 kN/m^2 (theo hướng dẫn

trong FHWA-NHI-00-043 [7])

3.3.2. Kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể

** Tải trọng tác dụng:*

$V_1 = \gamma_t HL = (19,6)(9)(7) = 1228,5$ kN/m

$V_2 = qL = (11,97)(7) = 83,8$ kN/m

$R = \Sigma V = V_1 + V_2 = 1228,5 + 83,8 = 1312,3$ kN/m

$F_{t1} = ½\ \gamma_b H^2 K_a = (0,5)(19,5)(9^2)(0,361) = 285,13$ kN/m

$F_{t2} = q H K_a = (11,97)(9)(0,361) = 38,9$ kN/m

Sơ đồ tác dụng của tải trọng tác dụng lên tường như trong hình 3.

** Mô men tác dụng:*

- Mô men gây lật: $M = F_{t1} (H/3) + F_{t2} (H/2)$

- $M_o = F_{t1}(H/3) + F_{t2}(H/2) = (285,1)(9/3) + (38,9)(9/2) = 1030,4$ kNm/m

- Mô men chống lật: $M_{RO} = V_1(L/2) = (1082,3)(7/2) = 4299,8$ kNm/m

- Mô men chống lật kể đến cả tải trọng giao thông: $M_{RBP} = V_1(L/2) + V_2(L/2) = (1228,5)(7/2) + (83,8)(7/2) = 4593,0$ kNm/m

**) Kiểm tra điều kiện ổn định chống trượt:*

$$FS_{tr} = \frac{\sum P_R}{\sum P_d} = \frac{V_1.\tan\varphi}{F_{t1} + F_{t2}} = \frac{1228,5.\tan 24^o}{285,1 + 38,9} = 2,0$$

Ta có $FS_{tr} = 2,0 > [FS]_{tr} = 1,5$. Tường chắn đảm bảo điều kiện ổn định trượt.

**) Kiểm tra điều kiện ổn định lật:*

$$FS_l = \frac{\sum M_{RO}}{\sum M_O} = \frac{4299,8}{1030,4} = 4,2$$

Ta có $FS_l = 4,2 > [FS]_l = 1,5$. Tường chắn đảm bảo điều kiện ổn định lật.

**) Kiểm tra sức chịu tải của nền dưới đáy móng:*

L/6 = 7/6 = 1,16 m

$$e = \frac{L}{2} - \frac{M_{RBP} - M_o}{V_1 + V_2} = \frac{7}{2} - \frac{4593,0 - 1030,4}{1228,5 + 83,8} = 0,79 \le \frac{L}{6}$$

L' = L - 2e = 7 - (2)(0,79) = 5,43 m

Áp lực lớn nhất tác dụng xuống nền đất dưới móng tường là:

$$\sigma_v = \frac{V_1 + V_2}{L'} = \frac{1228,5 + 83,8}{5,43} = 241,7 kN/m^2$$

Sức chịu tải của nền đất dưới móng là:

$$q_{ult} = c_f N_c + 0,5(L-2e)\gamma_f N_\gamma$$

Với $\varphi = 14^o$, tra bảng 2.5 tài liệu [1] ta xác định được $N_c = 10,37$, $N_\gamma = 2,29$

Thay số ta có q_{ult} = (25,8)(10,37) + (0,5)(5,43)(20,0)(2,29) = 391,9 kN

Hệ số an toàn về sức chịu tải:

$$FS_{sct} = \frac{q_{ult}}{\sigma_v} = \frac{391,9}{241,7} = 1,62$$

Ta có $FS_{sct} = 1,62 > [FS]_{sct} = 1,5$. Nền đất đảm bảo điều kiện ổn định về sức chịu tải dưới đáy móng.

**) Kiểm tra điều kiện trượt tại lớp lưới dưới cùng:*

F_1 @ (lớp 16) $= \frac{1}{2}\gamma_b Z_{16}^2 K_a = \frac{1}{2} \cdot (19,5)(8,70)^2(0,422) = 295,46\ kN/m$

F_2 @ (lớp 16) = $q\ Z_{16} K_a$ = (11,97) (8,70) (0,422) = 43,95 kN/m

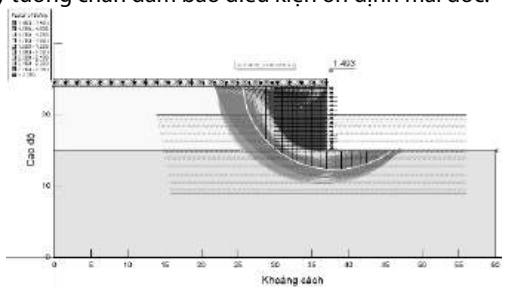
Hệ số an toàn ổn định trượt:

$$FS_{tr(16)} = \frac{\gamma_r.Z_{16}.L.\tan\varphi_r.C_i}{F_{t1} + F_{t2}} = \frac{(19,5)(8,70)(7)(\tan 28^o)(0,8)}{285,1 + 38,9} = 1,56$$

Ta có $FS_{tr(16)} = 1,56 > [FS]_{tr} = 1,50$. Nền đất đảm bảo điều kiện ổn định trượt tại lớp lưới dưới cùng.

**) Kiểm toán ổn định mái dốc*

Xây dựng mô hình bài toán tường chắn đất cốt lưới địa kỹ thuật cao 9m và rộng 7m chịu tác dụng của tải trọng ngoài bằng phần mềm Geoslope/W. Khoảng cách các lớp lưới như trong bảng 1. Thông số của đất nền, khối đắp như lựa chọn ban đầu [8]. Kết quả mô hình số theo phương pháp của Bishop cho kết quả trên hình 5, mặt trượt hình trụ tròn dường như không nằm trong phạm vi tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật, mà nằm trong lớp đất phía sau lưng tường và lớp đất nền. Hệ sộ ổn định mái dốc tính được $FS_{md} = 1,493$. Hệ số ổn định này lớn hơn hệ số tối thiểu $[FS]_{md} = 1,3$. Kết quả tính toán cho thấy tường chắn đảm bảo điều kiện ổn định mái dốc.



Hình 5. Kết quả kiểm toán ổn định trượt tổng thể

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu của bài báo đã chỉ ra rằng phương pháp đơn giản hóa trọng lực liên kết đã xem khối tường và nền đất đồng nhất và giả thiết tường làm việc chịu tác dụng của trọng lực bản thân khối đắp, lực ngang, lực do tải trọng ngoài và phản lực nền. Trình tự phân tích ổn định tổng thể của tường chắn cốt lưới địa kỹ thuật gồm xác định các thông số của đất nền, xác định các chỉ tiêu tính toán, sơ bộ chọn kích thước hình học của tường, xác đinh lực và các thông số tính toán và phân tích các dạng ổn định tổng thể và đưa ra kết quả chiều dài gia cố. Với khuyến nghị khi tường không ổn định cần phải tăng chiều dài cốt, giảm khoảng cách lưới và gia cố nền. Kết quả phân tích ổn định tường có chiều cao 9m và chiều rộng 7m bằng phương pháp đơn giản hóa tải trọng liên kết đoạn tuyến từ Km0+360 đến Km0+440 tuyến đường trục từ cụm công nghiệp Hương Sơn đi Quốc lộ 1A, huyện Lạng Giang, tỉnh Bắc Giang cho thấy tường đảm bảo các điều kiện ổn định tổng thể và ổn định mái dốc với các hệ số an toàn phù hợp.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài cấp Trường Đại học Mỏ - Địa chất mã số T24-33.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1996. Standards For Highway Bridges.

[2]. Công ty CP tư vấn XDCT GT2, 2022, Thiết kế bản vẽ thi công - Dự án: Tuyến đường trục từ cụm công nghiệp Hương Sơn đi QL1A.

[3]. Lê Duy Cường, 2022. Các biện pháp bảo vệ mái dốc. https://minhduccorp.com.vn/cac-bien-phap-gia-comai-doc.

[4]. Lê Duy Cường, 2022, Tường chắn đất có cốt. https://minhduccorp.com.vn/tuong-chan-dat-co-cot.

[5]. Nguyễn Thanh Danh, 2013, Thiết kế tường chắn đất có cốt bằng lưới địa kỹ thuật. Thông báo Khoa học Công nghệ, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung. Số 1-2013.

[6]. Federal Highway Administration (FHWA), 2001. Mechanically stabilized earth walls and Reinforced soil slopes design and construction guidelines. Publication No. FHWA-NHI-00-043.

[7]. Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Phạm Minh Tuấn, Mai Văn Toàn, 2023. Nghiên cứu tổng quan về công nghệ, nguyên lý làm việc và một số yếu tố chính ảnh hưởng đến sự làm việc của tường chắn đất cốt lưới địa kỹ thuật. Kỷ yếu hội nghị khoa học toàn quốc Vietgeo 2023, Thừa Thiên Huế, ngày 28-29 tháng 9 năm 2023, trang 41-48.

[8]. Seequent Limited, 2022. Stability Modeling with Geostudio. Copyright © 2022 Seequent Limited, The Bentley Subsurface Company.

[9]. Tiêu chuẩn ngành TCN 211:2006, 2006. Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2025

Experimental Studying the effect of the column's relative slenderness on the steel-concrete composite columns' behavior

Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ mảnh tương đối đến ứng xử của cột liên hợp thép-bê tông

> VAN PHUOC NHAN LE
Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam National University of Ho Chi Minh City
Email: lvpnhan@hcmut.edu.vn

ABSTRACT

The steel-concrete composite column consists of structural steel and concrete with or without longitudinal reinforcing bars. Structural steel could be formed steel in sections I, H, box, hollow, angle, channel, and so on. Composite columns may be open sections partially, or fully encased in concrete, or concrete-filled hollow steel sections. Fully encased in concrete protects from fire, while concrete-filled hollow steel sections provide confinement to enhance the strength of the concrete. For the short columns, the compression resistance of the steel-concrete composite column should be calculated by adding the compression resistances of its components. For long columns, the length of the column affects the compression resistance of the steel-concrete composite column. This study investigated experiments on four concrete-filled hollow columns (CFT) without longitudinal reinforcing bars. These columns had different lengths to evaluate the effect of the column's relative slenderness on the composite columns' behavior. The parameters observed include the load resistance, longitudinal deformation of the concrete and steel tubes, and the lateral strain of the steel tubes.

Keywords: Steel-concrete composite column; load capacity; longitudinal deformation; lateral strain; the column's relative slenderness.

TÓM TẮT

Cột liên hợp thép-bê tông bao gồm thép hình, bê tông và có hoặc không có thép thanh. Thép hình có thể là tiết diện chữ I, chữ H, thép hộp, thép ống, thép góc, thép U, v.v. Cột liên hợp có thể là tiết diện hở một phần, thép nằm hoàn toàn trong bê tông hoặc tiết diện ống nhồi bê tông. Tiết diện nằm hoàn toàn trong bê tông có khả năng chống cháy trong khi tiết diện thép ống nhồi bê tông làm tăng khả năng ngăn cản sự nở hông, tăng khả năng chịu lực của bê tông. Đối với cột ngắn, khả năng chịu lực của cột liên hợp thép-bê tông được tính toán bằng tổng khả năng chịu lực của từng thành phần. Đối với cột dài, chiều dài của cột ảnh hưởng đến khả năng chịu nén của cột liên hợp. Nghiên cứu này khảo sát thực nghiệm trên bốn cột ống thép nhồi bê tông (CFT) để đánh giá ảnh hưởng của độ mảnh tương đối của cột đến ứng xử của cột liên hợp. Các đại lượng được khảo sát bao gồm khả năng chịu lực của cột, biến dạng dọc của bê tông và ống thép, biến dạng nở hông của ống thép.

Từ khóa: Cột liên hợp thép-bê tông; khả năng chịu lực, biến dạng dọc; biến dạng nở hông; độ mảnh tương đối của cột.

1. INTRODUCTION

The steel-concrete composite column is one of the most important elements of the steel-concrete composite structure and is used wildly in modern buildings. Many steel-concrete composite columns with different cross-sectional shapes are used in practice and research. Composite columns may be classified into two principal types: Open sections partially or fully encased in concrete and concrete-filled hollow steel sections. The structural steel shapes are I, H, or hollow rectangular or circle sections. With concrete-filled hollow sections, the concrete fills the section and its compressive strength is enhanced by its confinement. This is an additional advantage for the compression resistance of the column. Sang- Dae Kim studied the structural performance of steel-concrete composite columns subjected to axial and flexural bending [1]. The tests were conducted in four specimens with axial ratios of 0.3 and 0.5. The test results showed that the axial force-bending moment capacity of the column met the criteria of various countries. C. Douglas Goode et al. studied the buckling of the slender composite concrete-filled steel column [2]. In this study, the authors analyzed the experimental data of 1817 concrete-filled steel tubes – CFSTs. Comparing the results with the predicted results of the load-bearing capacity of slender columns. The experimental results of load-bearing capacity

for columns of concrete-filled rectangular hollow sections agree very well with the theoretical values where the concrete cylinder strength is below 75 N/mm^2. The resistance and the force-deformation graph made in the non-linear program Atena showed a good agreement with the test results. Cristina Campian, Zsolt Nagy, and Maria Pop conducted 12 tests on fully encased steel-concrete composite columns) to evaluate the behavior of fully encased steel-concrete composite columns subjected to monotonic and cyclic loading (3 tets of monotonic loading and 9 tets of cyclic loading) [3]. The test results showed that the high-strength concrete improved the performance of columns, especially resistance. Š. Grambličkaa and A. Lelkesa studied the effect of the second-order theory on the design of slender columns using Atena software [4]. Syahril Taufik et al. used Ansys software to simulate the composite column and study the behavior of concrete-filled steel tubes and concrete-encased steel subjected to axially static loading [5]. The final result obtained from the studied results shows that the column capacity enhancement or reduction capacity significantly influences the strength of the column due to changes in the material properties. The type of composite column is highlighted to consider for effectively chosen as the building structure. Narayanan N. I. carried out on two groups of eight columns with the concrete compression strength of 26 Mpa and 42 Mpa to study the behavior of the steel fiber reinforced concrete encased steel composite columns subjected to combined axial and lateral cyclic loading and the fluence of axial compression ratio on the behavior under combined axial and lateral cyclic loading [6]. Jiho Moon et al. tested four full-scale specimens of modular structural systems to study the experimental study focused on the effect of the column slenderness ratio, eccentricity, and the through bars on the strength of partially encased steel-concrete composite columns [7]. Rajan Basyal and Mahesh Raj Bhatt used Abaqus software to study the behavior of concrete-encased steel composite columns subject to axial and eccentric loading [8]. Miroslav Rosmanit and Premysl Parenica simplified and made more efficient the process of evaluating steel-concrete columns [9]. Ahmad Zeyad Abu Sharea and Shideh Shadravan studied the steel-concrete composite columns with a new structural steel of "L shape" and "X shape" using Abaqus [10]. This study found that the proposed "X" shape steel section has comparable compressive strength values to the conventional "W" section. João Batista Marques de Sousa Jr. and Rodrigo Barreto Caldas presented a numerical formulation for the nonlinear analysis of slender steel-concrete composite columns of generic cross-sectional shape, subjected to axial force and biaxial bending [11].

2. TEST PROGRAM

2.1. Materials

2.1.1. Concrete

The concrete compressive strength tests were conducted on two groups of six specimens with dimensions of 150mm×150mm×150mm. After casting, the concrete standard cube was cured and macerated seven days before testing the compression strength. The compression strength test was conducted at the same time as the test of the steel-concrete composite column. The test results of the compressive strength are presented in Table 1. In this Table, the values of f_{cm} and E_{cm} were determined by the formula Eq.1 and Eq.2 of Eurocode 2 [12] below:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad (MPa) \qquad \text{Eq.1}$$

$$E_{cm} = 22\left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} \quad (GPa) \qquad \text{Eq.2}$$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{2} \qquad \text{Eq.3}$$

where:

f_{ck} characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days.

f_{cm} mean value of concrete cylinder compressive strength.

E_{cm} secant modulus of elasticity of concrete.

$E_{c,eff}$ effective modulus of elasticity of concrete.

Table 1. Mechanical characteristics of concrete

Specimen	Compression strength (MPa)	f_{ck} (MPa)	f_{cm} (MPa)	E_{cm} (MPa)
M11	36.07	36.07	44.07	34.33×10^3
M12	36.53			
M13	35.91			
M21	33.62	33.64	41.64	33.75×10^3
M22	34.16			
M23	33.15			

2.1.2. Hot-rolled steel

The manufacturer provided the technical parameters of steel tubes, as shown in Table 2.

Table 2. The technical parameters of the steel tube

Technical parameters	Quantity
Yield strength f_y (MPa)	304
Ultimate strength f_u (MPa)	406
Elastic modulus E (MPa)	200×10^3
Plastic strain ‰	1.80

2.2. Specimen detail

The steel-concrete composite columns consisted of steel tubes 168 mm in diameter and the concrete core inside without longitudinal reinforcing bars. The other parameters of CFT are presented in Table 4. Steel tubes were cut from tubes six meters long. The ends of steel tubes were ground surfaces. Two holes with dimensions of 7mm×14mm were drilled at positions ± 250 mm from the middle of the column length to measure strains, as shown in Figure 1.

Table 3. The geometric parameters of steel-concrete composite columns

Column	Compression strength (MPa)	Diameter of hollow steel (mm)	Thickness of steel tubes (mm)	Length of columns (mm)
C1	36.07	168	4.78	800
C2	36.07	168	4.78	1200
C3	33.64	168	3.96	1200
C4	33.65	168	3.96	1500

In concrete-filled steel tubes (CFT), the concrete is poured directly into the tubes without formwork. The steel tubes needed to be cleaned before concrete pouring. The column was kept straight during pouring and compacted carefully to avoid pitting. Linear Variable Differential Transformer (LVDT) and strain gauges were attached to the column to measure the displacement and strain of the steel-concrete composite column. LVDT and strain gauges were attached to the steel tube as shown in Fig. 2. They have the following roles:

LVDT1: measures the longitudinal deformation of concrete core

LVDT2, LVDT3, and LVDT4: measure the longitudinal deformation of steel tube.

SG1, SG2, and SG3: measure longitudinal deformation of steel tube.

SG4, SG5, and SG6: measure lateral deformation of the concrete core.

2.3. Test model

The steel-concrete composite column was placed in the incremental loading frame. As shown in Fig. 2, a 150-mm-diameter steel plate contacted the ends of the column with the hydraulic jack and bearing. With this model, only the concrete core was subjected to load; the steel tube just played the role of concrete confinement.



Cutting steel tubes



Grind surfaces



Drilling holes



Complete specimen

Figure 1. Steel tube processing

2.4. The incremental loading process

The incremental loading process was divided into two stages, as shown in Fig. 3.

Stage 1: Increase the load to 40% maximum load (predicted failure load P_{max}), keep this load level for twenty seconds, and then release the load to zero. This procedure repeats two times.

Stage 2: After releasing the load to zero twice, the load will gradually be increased until the column is damaged.

When processing the results, deformation in stage 1 is eliminated, and the load-strain curves are obtained from stage 2. The measured data are automatically recorded every second.

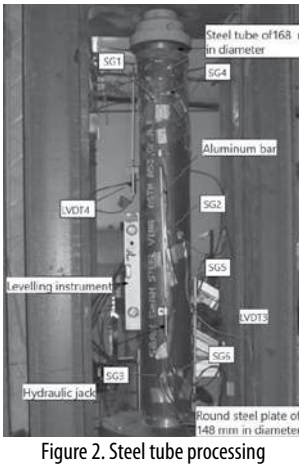


Figure 2. Steel tube processing

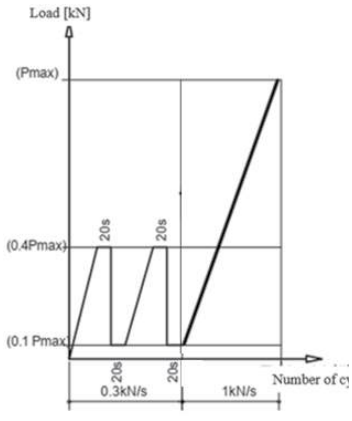


Figure 3. The incremental loading process

3. TEST RESULTS AND DISCUSS

3.1. Test results

Table 4 presents the experimental results of columns C1, C2, C3, and C4. Where LVDT1 is the longitudinal of the concrete core at failure load. LVDT2 and SG5 are the longitudinal deformations and lateral strains of steel tubes corresponding to the failure load, respectively.

Table 4. Load and longitudinal displacement of the concrete core, the circular hollow steel, and lateral strain of the circular hollow steel

Specimen	Failure load (kN)	LVDT1 (%)	LVDT2 (%)	SG5 (%)
C1	1987	0.372	0.163	0.079
C2	1744	0.333	0.981	0.072
C3	1410	0.374	0.165	0.121
C4	1341	0.462	0.304	0.208

3.2. The relative slenderness

The relative slenderness is determined following Eurocode 4 [13]:

$$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} \qquad \text{Eq.4}$$

$N_{pl,Rk}$ is the characteristic value of the plastic resistance to compression. For the experiment, this value equals the column's failure load.

N_{cr} is the elastic critical normal force for the relevant buckling mode.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{L^2} \qquad \textbf{Eq.5}$$

$$(EI)_{eff} = E_a I_a + E_s I_s + K_c E_{c,eff} I \qquad \textbf{Eq.6}$$

γ_a, γ_c, γ_s are partial factors for structural steel, concrete, and reinforcing steel, respectively.

$(EI)_{eff}$ is the effective flexural stiffness of the steel-concrete composite column.

With the dimensions of the steel-concrete column sections above, we have: $A_a = 0.00245\ m^2$; $A_c = 0.01972\ m^2$; $As = 0$; $I_a = 0.00001\ m^4$, $I_c = 0.00003\ m^4$, $Is = 0$; $K_c = 0.6$; $L_1 = 0.8$ m; $L_2 = 1.2$m. Substituting these values into equations Eq.3, Eq.4, Eq.5, and Eq.6, the relative slenderness of CFTs is determined and presented in Table 5.

Table 5. Load and longitudinal deformation of the concrete cores, the steel tubes, and lateral strain of the steel tubes

Spec.	t (mm)	Column length (mm)	Critical load (kN)	Failure load (kN)	The relative slenderness
C1	4.78	800	25293.93	1987	0.281
C2	4.78	1200	11241.75	1744	0.394
C3	3.96	1200	9459.73	1410	0.387
C4	3.96	1500	6054.22	1341	0.471

3.3. Discuss

3.3.1. Failure load

The test results show that the smaller the relative slenderness, the higher the failure load. Columns C1 and C3, with relative slenderness of 0.281 and 0.387, respectively, achieved failure loads of 1987 kN and 1410 kN, which increased by about 13.93% and 5.15% compared to the failure loads of columns C2 and C4, which had larger relative slenderness, as presented in Table 6. This is because columns with greater slenderness are more susceptible to instability, thus reducing their load-bearing capacity.

Table 6. Failure load comparison

Spec.	The relative slenderness $\overline{\lambda}_1$	Reduction in relative slenderness	Failure load (kN)	Increase in failure load (%)
C1	0.281	-28.68	1987	+13.93
C2	0.394	-	1744	-
C3	0.387	-17.83	1410	+5.15
C4	0.471	-	1341	-

3.3.2. Lateral strain

The lateral strain results are shown in Table 7 and plotted in Fig. 4 and 5. The steel tube lateral strain of columns C1 and C3 are smaller than those of columns C2 and C4. The lateral strain of steel columns C1 and C3 is smaller than that of columns C2 and C4, so the concrete confinement in columns C1 and C3 is higher than that of columns C2 and C4. This leads to an increase in the compressive strength of the concrete, thereby increasing the bearing capacity of columns C1 and C3.

Table 7. Steel tube lateral strain comparison

Spec.	The relative slenderness $\overline{\lambda}_1$	Reduction in relative slenderness	Load (%)	SG5 (%)	Decrease (%)
C1	0.281	-28.68	1744	0.025	-65.28
C2	0.394	-	1744	0.072	-
C3	0.387	-17.83	1341	0.028	-86.54
C4	0.471	-	1341	0.208	-

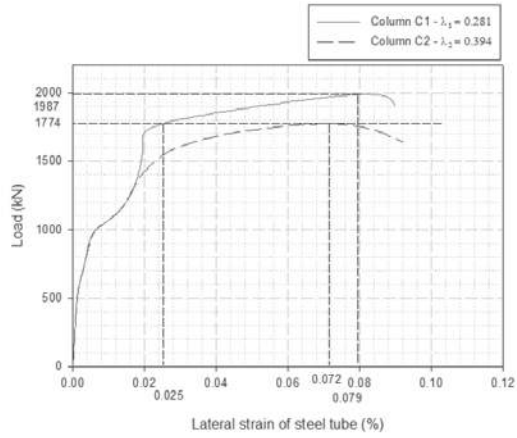


Figure 4. Load-lateral strain curves of the steel tube of columns C1 and C2 (SG-5)

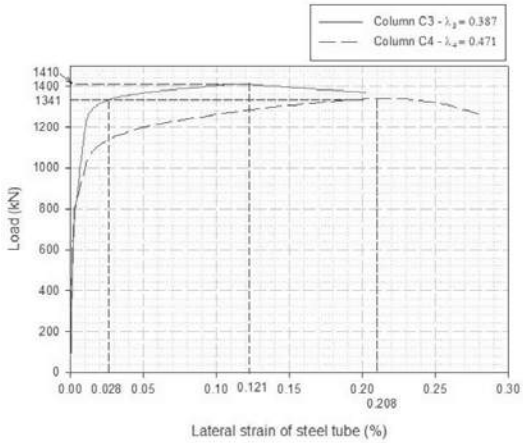


Figure 5. Load-lateral strain curves of the steel tube of columns C3 and C4 (SG-5)

3.3.3. The longitudinal deformation of the concrete core

At the failure load, the concrete core longitudinal deformation of column C1 is greater than that of column C2, as presented in Table 4. However, at the failure load of column C2 the concrete core longitudinal deformation of column C1 decreased by about 44.44% compared to column C2, as shown in Table 8 and Fig. 6. The longitudinal deformation of the concrete core of column C3 is even smaller than that of column C4 although the failure load of column C3 is greater than the failure load of column C4. At the failure load of column C4, the concrete core longitudinal deformation of column C3 decreased by about 44.81% in comparison with that of column C4, as presented in Table 8 and Fig. 7. This indicates that concrete in columns with smaller relative slenderness will be less destructive than concrete in columns with large relative slenderness.

Table 8. The longitudinal deformation comparison of the concrete cores

Spec.	The relative slenderness $\overline{\lambda}_1$	Reduction in relative slenderness	Load (%)	LVDT1 (%)	Decrease (%)
C1	0.281	-28.68	1744	0.185	-44.44
C2	0.394	-	1744	0.333	-
C3	0.387	-17.83	1341	0.255	-44.81
C4	0.471	-	1341	0.462	-

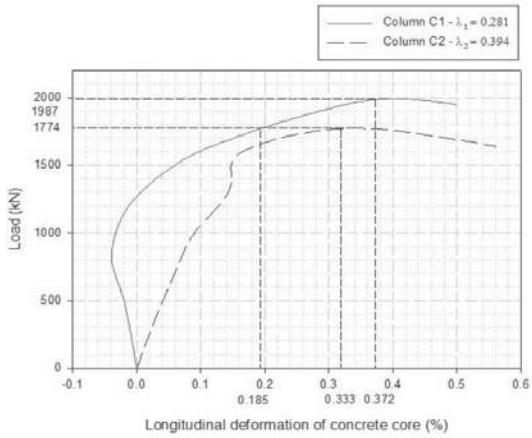


Figure 6. Load-longitudinal deformation curves of the concrete core of columns C1 and C2 (LVDT-1)

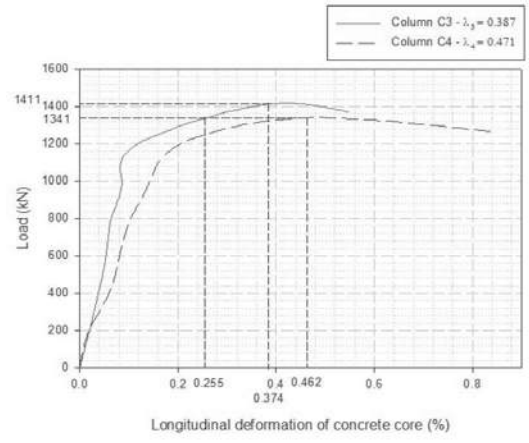


Figure 7. Load-longitudinal deformation curves of the concrete core of columns C3 and C4 (LVDT-1)

3.3.4. The longitudinal deformation of the steel tubes

The longitudinal deformation of the steel tubes at the failure

load of columns C2 and C4 is presented in Table 9. The test results show that the longitudinal deformations of the steel tube are proportional to the relative slenderness. The increase in relative slenderness considerably increases the longitudinal deformations of the steel tubes. At the failure load of column C2, the longitudinal deformations of the steel tube in column C2 are much higher than that of column C1, as shown in Fig. 8. At the failure load of column C4, the longitudinal deformations of the steel tube in column C4 are much higher than that of column C3 by about 86.50%, as shown in Fig. 8. In this study, the load is placed directly on the concrete core. The steel pipe plays the main role of preventing lateral expansion rather than bearing the load. The concrete inside the steel pipe also prevents the steel pipe from buckling. Therefore, when the concrete is damaged, the steel pipe becomes more susceptible to instability. The concrete in the column with high relative slenderness will cause the steel tube of that column to deform more.

Table 9. The longitudinal deformation comparison of the steel tubes

Spec.	The relative slenderness $\overline{\lambda}_1$	Reduction in relative slenderness (%)	Load (%)	LVDT2 (%)	Increase (%)
C1	0.281	-	1744	0.064	-
C2	0.394	+ 40.02	1744	0.981	Infinitely great
C3	0.387	-	1341	0.163	-
C4	0.471	+ 21.71	1341	0.304	+ 86.50

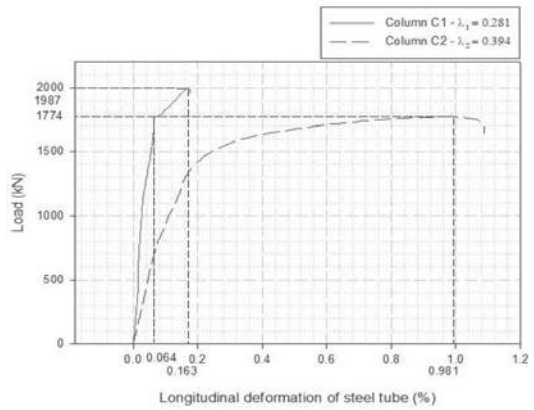


Figure 8. Load-longitudinal deformation curves of the steel tube of columns C1 and C2 (LVDT-2)

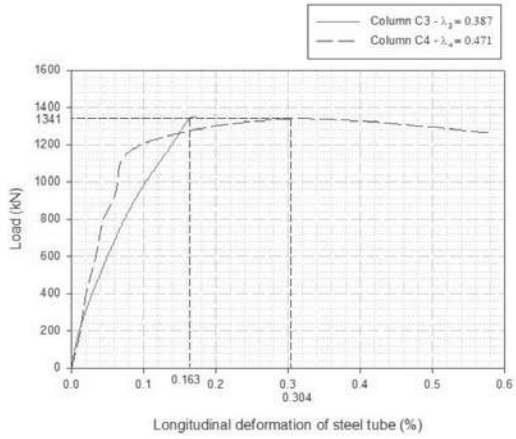


Figure 9. Load-longitudinal deformation curves of the steel tube of columns C3 and C4 (LVDT-2)

4. CONCLUSIONS

Experimental studying the effect of the column's relative slenderness on the composite columns' behavior, some conclusions are proposed as follows:

- The bearing capacity increases as the relative slenderness decreases.

- The relative slenderness significantly affects the longitudinal deformation of the concrete core, especially the transverse and longitudinal deformation of the steel tube. Increasing slenderness increases the deformation of the column and vice versa

Acknowledgment

We acknowledge Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), Vietnam National University Ho Chi Minh City (VNU-HCM) for supporting this study.

REFERENCES

[1]. Myoung-Ho Oh, Young-Kyu Ju, Myeong-Han Kim and Sang-Dae Kim, "Structural Performance of Steel Concrete Comp Composite Column Subject to Axial and Flexural Bending", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol. 5, No. 1, pp.253 - 160, 2006.

[2]. C. Douglas Goode, Artiomas Kuranovas, Audronis Kazimieras Kvedaras, "Buckling of Slender Composite Composite Concrete-Filled Steel Columns", Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 16, No.2, pp. 230 - 236, 2010.

[3]. Cristina Campian*, Zsolt Nagy, Maria Pop, "Behavior of Fully Encased Steel-Concrete Composite Columns Subjected to Monotonic and Cyclic Loading", International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEMF-2015, Procedia Engineering 117, pp. 439 – 451, (2015).

[4]. Š. Gramblička a and A. Lelkesa, "Analysis of composite steel-concrete columns", Procedia Engineering 40, pp. 247 – 252, 2012.

[5]. Syahril Taufik, Gunaedy Utomo, Agus Sugianto, "Behavior of Filled and Encased Composite Column Using 3D Numerical Modelling ANSYS", International Journal of Composite Materials 2018, 8(1): 18 - 23.

[6]. Sibi Mathew and Narayanan N I, "Steel Fiber Reinforced Concrete Encased Steel Composite Columns Subjected to Combined Axial and Lateral Cyclic Loading', International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 10 Issue 07, pp. 495 - 499, 2021.

[7]. Keum-Sung Park, Sang-Sup Lee, Kyu-Woong Bae, and Jiho Moon, "Strength of Partially Encased Steel-Concrete Composite Column for Modular Building Structures", Materials, Vol. 15, 6045, 2022.

[8]. Rajan Basyal, Mahesh Raj Bhatt, "Assessment of concrete-encased steel composite columns subject to axial and eccentric loading", 3rd International Conference on Earthquake Engineering and Post-disaster Reconstruction Planning (ICEE-PDRP 2023), pp.36 - 42.

[9]. Miroslav Rosmanit and Premysl Parenica, "Capacity of Composite Steel-Concrete Columns", Concrete and Concrete Structures 2013 Conference. Procedia Engineering 65, pp. 428 - 433, (2013).

[10]. Ahmad Zeyad Abu Sharea and Shideh Shadravan, "Analysis of composite concrete steel column using "X" shape steel section", Heliyon 10 (2024) e26695.

[11]. João Batista Marques de Sousa Jr. and Rodrigo Barreto Caldas, "Numerical Analysis of Composite Steel-Concrete Columns of Arbitrary Cross Section", Journal of Structural Engineering © ASCE / NOVEMBER 2005, pp. 1721 – 1730.

[12]. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels.

[13]. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels.

■Ngày nhận bài: 28/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2025

Effects of Lao Cai graphite on the mechanical properties and electrical conductivity of high-performance concretes

Ảnh hưởng của graphite Lào Cai đến đặc trưng cơ học và tính dẫn điện của bê tông hạt mịn cường độ cao

> VIET HUY LE
Department of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam
Geotechnical Engineering, Construction Materials and Sustainability Research group, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam
Email: lehuyviet@humg.edu.vn

ABSTRACT

This study investigated the influence of the graphite, sourced from Lao Cai, on the mechanical properties and electrical conductivity of high-strength fine-grained concrete (HSFGC). HSFGC specimens were produced with four graphite contents (0%, 1%, 5%, and 10% by cement weight) and tested for compressive strength, flexural strength, and electrical resistivity. The control sample (without graphite) exhibited a compressive strength of 98.21 MPa and a flexural strength of 15.28 MPa. As the graphite content increased from 0% to 10%, the compressive strength decreased by 7%, 28%, and 62%, while flexural strength declined by 11%, 25%, and 30%, respectively. Concurrently, the electrical resistivity markedly dropped from 805 kΩ-cm to 167 kΩ-cm, i.e., the electrical conductivity of HSFGCs significantly increased. The degradation in mechanical performance would be attributed to the soft nature, weak bonding capacity, and chemical inertness of graphite. Whereas, the enhanced electrical conductivity was explained by forming an internal conductive network. These findings highlight the potential for developing smart concrete materials with integrated electrical conductivity, sensing, and energy storage capabilities, supporting the utilization of indigenous resources and promoting the advancement of smart infrastructure and cities in Vietnam.

Keywords: Graphite; high-strength fine-grained concrete; mechanical properties; electrical conductivity; smart concrete.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng graphite khai thác tại Lào Cai đến các đặc trưng cơ học và tính dẫn điện của bê tông hạt mịn cường độ cao. Các mẫu bê tông hạt mịn cường độ cao (HSFGC) được chế tạo với bốn mức hàm lượng graphite khác nhau (0%, 1%, 5%, 10% theo khối lượng xi măng) và tiến hành thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn và điện trở suất. Kết quả cho thấy cường độ chịu nén của mẫu đối chứng (không chứa graphite) đạt 98,21 MPa và cường độ chịu uốn đạt 15,28 MPa. Khi hàm lượng graphite tăng từ 0% lên 10%, cường độ chịu nén giảm tương ứng 7%, 28%, và 62%, còn cường độ chịu uốn giảm lần lượt 11%, 25% và 30%. Đồng thời, điện trở suất của bê tông giảm mạnh từ 805 kΩ-cm xuống còn 167 kΩ-cm, hay độ dẫn điện của HSFGCs được tăng lên rõ ràng. Sự suy giảm tính chất cơ học được lý giải do đặc tính mềm, kém liên kết và trơ về mặt hóa học của graphite, trong khi tính dẫn điện được cải thiện nhờ sự hình thành mạng lưới dẫn điện nội bộ. Nghiên cứu mở ra tiềm năng phát triển bê tông thông minh tích hợp khả năng dẫn điện, cảm biến hoặc lưu trữ năng lượng, góp phần thúc đẩy ứng dụng vật liệu nội địa, phát triển các hệ thống kết cấu thông minh và đô thị thông minh tại Việt Nam.

Từ khóa: Bê tông thông minh; bê tông cường độ cao hạt mịn, Độ dẫn điện, Graphite, Tính chất cơ học.

1. INTRODUCTION

Concrete, as the most widely used construction material globally, is continuously improved for modern infrastructures. One promising approach is the development of smart concrete that not only maintains traditional mechanical properties but also integrates advanced functionalities such as electrical conductivity, stress sensing, or energy storage [1,2]. In particular, the creation of a conductive concrete that retains high mechanical strength represents a highly promising research direction.

The incorporation of carbon-based conductive materials, such as carbon fibers, carbon black, or carbon nanomaterials, into concrete has shown significant improvements in its electrical performance [3-5]. Graphite, a hexagonal crystalline form of carbon, is known for its excellent electrical conductivity, relatively low cost, and abundant natural availability. In Vietnam, Lao Cai province is recognized for its substantial graphite reserves [6], offering an opportunity to exploit this local resource in the construction sector and promote the use of domestic materials.

In Vietnam, several research efforts on smart concrete have been carried out. For instance, the research team led by Dr Le Huy Viet from Hanoi University of Mining and Geology employed steel fibers and steel slag to enhance the electrical conductivity and stress/crack sensing capabilities of high-performance smart concrete [7,8]. Similarly, Dr Nguyen Duy Liem's group at Ho Chi Minh City University of Technology and Education used carbon black and steel fibers to improve the sensing response of concrete under flexural loading [9]. However, the influence of graphite on the mechanical and electrical properties of high-strength fine-grained concrete remains largely unexplored, especially under conditions that utilize local materials and mix designs tailored to Vietnam's production capabilities.

Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of Lao Cai graphite on the mechanical characteristics (compressive and flexural strength) and electrical conductivity of high-strength fine-grained concrete (HSFGC). Concrete specimens with varying graphite contents were prepared and tested to clarify the relationship between graphite dosage and changes in concrete properties, as well as to assess the material's potential for smart structural applications. The findings not only contribute data for the design of electrically conductive concrete but also support the long-term goal of developing smart concrete capable of sensing, charging, and energy storage, for future smart building and infrastructure systems.

2. SMART CONCRETE AND THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY PROPERTY

The smart concrete was a concrete material modified or enhanced to incorporate special functionalities. One of the most important and widely studied functionalities is electrical conductivity. Ordinary concrete is a good electrical insulator. However, by incorporating conductive materials such as carbon fibers, carbon nanotubes, or metal powders, concretes can be transformed into an electrically conductive material with resistivity that can be tuned over a wide range [2]. This electrical conductivity is the foundation for various advanced technological applications. Electrically conductive concrete can be utilized in sensing, electrostatic discharge and electromagnetic shielding, and energy storage. Changes in the electrical resistivity of concrete under stress, deformation, or damage can be exploited for structural health monitoring (SHM). Conductivity allows dissipation of static charges and absorption of electromagnetic waves, making the material suitable for use in special environments such as hospitals or electronics factories. In addition, recent studies are exploring the potential of conductive concrete as a component in energy storage devices, such as supercapacitors [10,11].

The development and application of electrically conductive smart concrete not only bring about technical advantages but also contribute to the advancement of intelligent and sustainable infrastructure systems. The electrical conductivity of smart concrete mainly depends on the type, content, distribution, and connectivity of the conductive fillers within the concrete matrix. When the dosage of conductive material reaches a certain threshold, these materials begin to form a continuous conductive network that allows the passage of electrical current. The conductivity (or resistivity) of smart concrete is influenced by several key factors, including type and content of conductive materials, dispersion of conductive materials, shape and size of conductive fillers, moisture content of concrete, concrete mix composition, temperature, and interfacial bonding between conductive materials and cement matrix. Different materials, such as carbon nanotubes, carbon fibers, or fine metallic particles, exhibit varying electrical conductivities and require different dosages to form effective conductive networks within concrete [1]. Higher content generally improves conductivity, but may negatively affect other properties. Uniform dispersion of conductive particles is crucial for forming continuous conductive pathways. Clumping or uneven distribution reduces effectiveness and leads to material inhomogeneity [12]. Fiber-shaped materials (e.g., carbon fibers, carbon nanotubes) tend to form conductive networks more efficiently than spherical (e.g., carbon black) at the same dosage [13]. Particle size also affects the interparticle distance and the probability of forming conductive paths. Water in the pore system contains dissolved ions, acting as electrolytes and contributing to ionic conductivity. Therefore, wet concrete typically conducts better than dry concrete [14]. Changes in moisture can significantly influence resistivity. Besides, water-to-cement ratio, cement type, and the use of supplementary cementitious materials (e.g., fly ash, blast furnace slag, silica fume) affect the pore structure and permeability, and thus the electrical properties. In addition, the resistivity of both concrete and conductive fillers can vary with temperature. Generally, the resistivity of carbon-based conductive concrete tends to slightly increase with rising temperature [14]. Finally, good bonding enhances charge transfer efficiency. However, the inert surface of some carbon materials may hinder this interaction.

Electrical conductivity is typically assessed by measuring the resistivity (ρ) of the concrete sample, which characterizes its opposition to electric current. Common measurement techniques include the two-probe and four-probe methods [15]. In the two-probe method, voltage is applied across two electrodes in contact with the concrete sample, and the resulting current is measured. The resistance (R) is calculated using Ohm's law ($R = V/I$), and resistivity (ρ) is obtained by Eq. (1).

$$\rho = R.A/L \quad (1)$$

where A is the cross-sectional area and L is the electrode spacing.

The four-probe method involves four linearly aligned electrodes: current flows through the outer electrodes, while voltage is measured between the inner electrodes. This method minimizes the influence of contact resistance and provides more accurate results, especially for materials with low resistivity.

Measurements may be performed using low-frequency alternating current (AC) or direct current (DC). DC methods require

stabilization time, but the measurement setups are generally simpler and cheaper, especially important for the development of wireless sensing and charging systems for practical applications.

3. EXPERIMENT

3.1. Materials and specimen preparation

Table 1 summarizes the compositions by weight ratios of HSFGCs, including four matrices containing 0, 1, 5, and 10% graphite (by weight of cement). Figure 1 shows images of materials. Cement (PCB40 Hoang Thach) and silica fume (90% SiO_2) were used as binders. The average diameter of silica sand is around 0.6 mm. The water per cement ratio was 0.2, and superplasticizer-based carbonxylate was utilized to ensure the workability of fresh matrices.

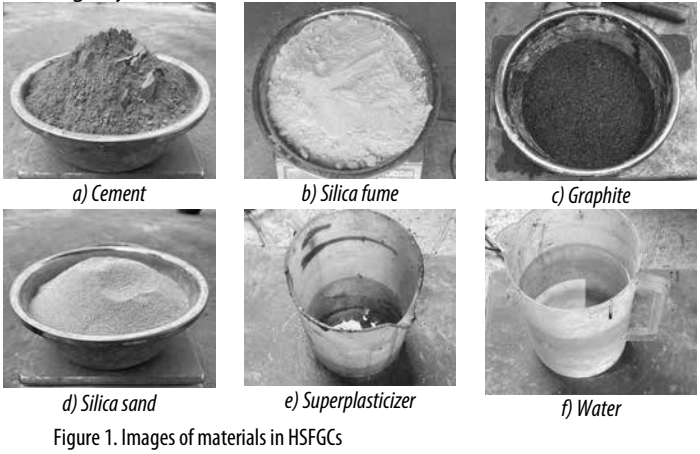
Table 1. Compositions of the HSFGC matrices by cement weight ratio

Notation	Cement	Silica fume	Silica sand	Graphite	Water	Super-plasticizer
G0_0.2	1.0	0.15	1.0	0	0.2	0.067
G1_0.2	1.0	0.15	1.0	0.01	0.2	0.067
G5_0.2	1.0	0.15	1.0	0.05	0.2	0.067
G10_0.2	1.0	0.15	1.0	0.1	0.2	0.067
G5_0.26	1.0	0.15	1.0	0.05	0.26	0.05

A 30 *L* Hobart-type mixer was utilized to prepare HSFGC specimens. The silica sand, cement, silica fume, and graphite were first dry-mixed for 5 min. Water was then added and further mixed for 3 min. Super-plasticizer was slowly added for approximately 2 min. The flow of mixtures was measured using a mini flow cone table test.

Cubic specimens (100 x 100 x 100 mm^3) with no embedded meshes were used to evaluate the compressive strength, while cubic specimens (50x50x50 mm^3) with two embedded stainless wire meshes were prepared to measure the electrical resistivity of HSFGCs. Prism specimens with sizes of 40x40x160 mm^3 were prepared for flexural tests.

The HSFGC mixtures were poured into cubic molds. Copper wire meshes (45 mm in width and 70 mm in height) with a mesh size of 10 mm x 10 mm were embedded in the specimens with a space of 20 mm as electrodes for measuring the electrical resistivity. Specimens were slightly vibrated to reduce voids. All specimens were covered with plastic sheets and stored at a temperature of 20 ± 2°C for 48h. Then, they were demolded and cured in a hot water tank at 60°C for 72h and continuously stored in the laboratory until testing day



a) Cement *b) Silica fume* *c) Graphite*

d) Silica sand *e) Superplasticizer* *f) Water*

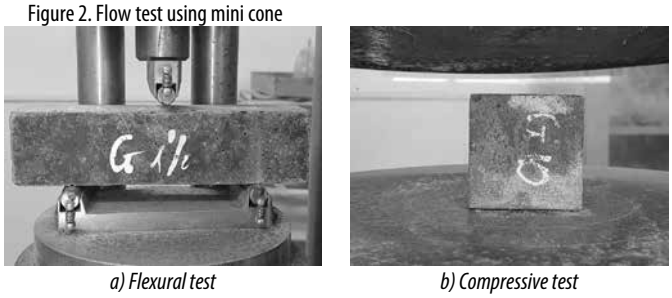
Figure 1. Images of materials in HSFGCs

3.2. Test set-up

The flowability test was conducted according to the Vietnamese standard TCVN 9204:2012. The flow value was the average value of two particular directions. Figure 3 shows a flow measurement. The ADVANTEST 9 automatic compression-flexure testing system (Controls - Italy) with 3000 kN capacity was used to determine the compressive and flexural strengths of HSFGCs. The applied load of the UTM was maintained at 0.5 MPa/min during testing. A multimeter (INSTEK GDM 9060) was used to measure the electrical resistance of specimens.



Figure 2. Flow test using mini cone



a) Flexural test *b) Compressive test*

Figure 3. Test set-up for measuring the compressive stress and electrical resistance of HSFGCs

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1. Effect of adding graphite on the flow, weight, compressive strength, and flexural strength of HSFGCs

Table 2 summarizes the results of the flow, compressive strength, flexural strength, and volume weight of the HSFGCs with/without graphite. Overall, as the graphite content increased, the slump flow, compressive strength, and flexural strength of the HSFGCs decreased. Figures 5 and 6 show Fracture images of HSFGCs containing graphite under compression and bending, respectively.

As the graphite content added to the HSFGCs increased from 0 to 1, to 5, and to 10%, the flow values of the fresh concrete decreased significantly from 200 mm to 185 mm, 145 mm, and 110 mm, respectively. When the graphite content was 20%, the HSFGSC mixture exhibited no flow, and sample casting was not feasible. Graphite, especially in its fine powder form, possesses a very large specific surface area compared to cement and fine aggregate particles. Consequently, when graphite was added to the mixture, it absorbed a significant amount of water during mixing to wet the surface of the graphite particles. This water was no longer free to enhance the fluidity of the concrete mixture. [16] indicated that the free water in concrete mainly influenced its flowability. Therefore, the flow of HSFGC with higher graphite content decreased. Graphite typically has a lamellar (flaky) structure, and these flakes tend to layer upon each other, creating higher internal friction within the fresh concrete mixture compared to the round or near-round particles of cement and fine aggregate. This increased internal friction reduces the ability of the particles to slide and move freely within the mixture, resulting in a lower flow.

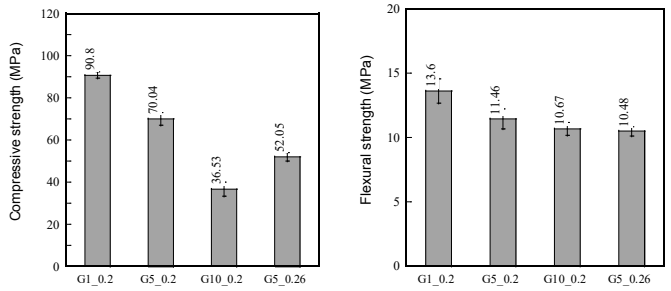
Table 2. Results of flowability, compressive strength, and flexural strength

No.	Matrices		Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Flow diameter (mm)	Volume weight (kg/m^3)
1	G0_0.2	SP1	97.64	14.7	200	2320
		SP2	97.96	15.82		
		SP3	99.02	15.32		
		Average	**98.21**	**15.28**		
		ST	0.59	0.46		
2	G1_0.2	SP1	92.81	12.69	185	2304
		SP2	90.41	13.21		
		SP3	89.17	14.89		
		Average	**90.80**	**13.60**		
		ST	1.51	0.94		
3	G5_0.2	SP1	72.15	10.49	145	2264
		SP2	65.8	12.38		
		SP3	72.17	11.51		
		Average	**70.04**	**11.46**		
		ST	3.00	0.77		
4	G10_0.2	SP1	31.86	10.29	110	2176
		SP2	38.3	11.34		
		SP3	39.44	10.38		
		Average	**36.53**	**10.67**		
		ST	3.34	0.48		
5	G5_0.26	SP1	54.7	10.5	180	2250
		SP2	49.5	10.93		
		SP3	52.03	10.02		
		Average	**52.08**	**10.48**		
		ST	2.12	0.37		

ST: standard deviation.

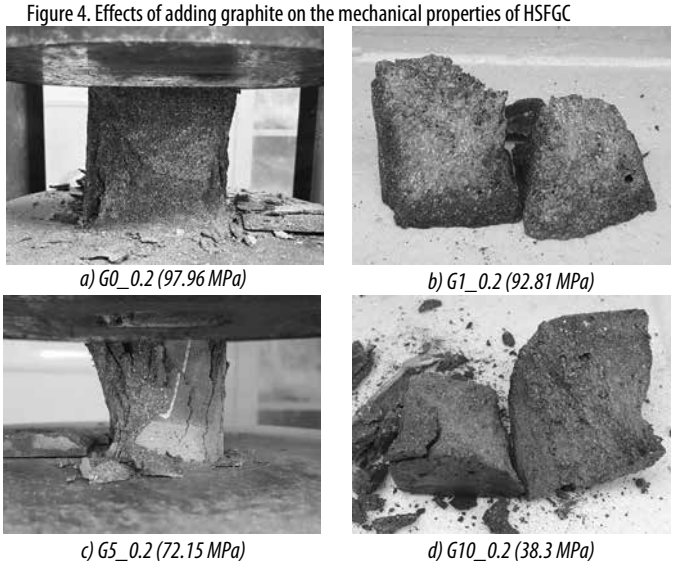
The compressive and flexural strengths of the HSFGCs without graphite were 98.21 MPa and 15.28 MPa, respectively. As the graphite content increased from 0% to 1%, 5%, and 10% (by weight of cement), the mechanical properties of the high-strength fine-grained concrete changed significantly. The compressive strength decreased by 7%, 28%, and 62%, respectively, while the flexural strength decreased correspondingly by 11%, 25%, and 30%. Besides, as the water per cement increased from 0.2 to 0.26, the compressive strength and flexural strength of G5 decreased from 70.04 to 52.08 MPa and 11.46 to 10.48 MPa, respectively.

The reduction in compressive and flexural strength with increasing graphite content can be attributed to the following reasons. Graphite exists as fine particles and does not participate in the hydration reaction. When added in high proportions, graphite reduces the density of the cementitious matrix, creating weak zones, thereby decreasing the load-bearing capacity of the concrete. Due to the chemically inert nature and hydrophobic surface of graphite, the bonding between graphite and the cement matrix is limited. This leads to the formation of weak interfaces in the concrete microstructure, particularly as the graphite content increases. At higher graphite addition levels (above 5%), the phenomenon of non-uniform dispersion becomes more pronounced, resulting in the appearance of micro-pores and graphite agglomeration zones, which weaken both the compressive and flexural resistance. Furthermore, the decrease in slump flow of the concrete with increasing graphite content also hinders air escape during the casting process, creating voids within the concrete and reducing the strength of the specimens. As depicted in the failure patterns in Figures 5 and 6, samples with higher graphite content exhibit more and larger voids compared to samples with lower graphite content.



a) Effects on the compressive strength *b) Effects on the flexural strength*

Figure 4. Effects of adding graphite on the mechanical properties of HSFGC



a) G0_0.2 (97.96 MPa) *b) G1_0.2 (92.81 MPa)*

c) G5_0.2 (72.15 MPa) *d) G10_0.2 (38.3 MPa)*



e) G5_0.26 (54.7 MPa)

Figure 5. Fracture images of HSFGCs under compression



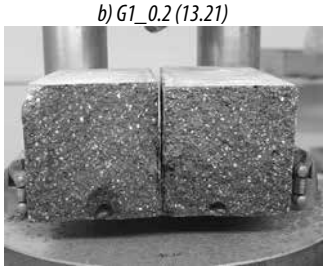
a) G0_0.2 (14.7 MPa)



b) G1_0.2 (13.21)



c) G5_0.2 (12.38 MPa)



d) G10_0.2 (10.29)



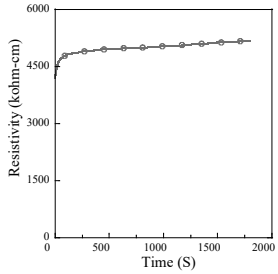
e) G5_0.26 (10.5 MPa)

Figure 6. Fracture images of HSFGCs under flexural loads

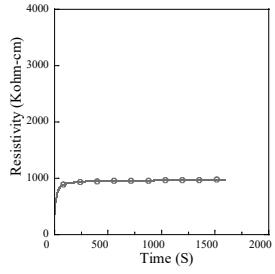
However, it is important to note that the rate of reduction in compressive strength is faster than that of flexural strength. This could be attributed to the role of graphite in dispersing localized stress and its potential to hinder micro-crack propagation, particularly in the tensile-flexural failure mechanism, which has less impact on the flexural capacity. Flexural capacity mainly depends on the bond strength between aggregates, or in other words, on the hydration products of cement. While the addition of graphite creates weak zones under compression, its effect on tensile capacity is less significant.

4.2. Effect of adding graphite on the electrical conductivity of HSFGCs

Figure 7 illustrates the characteristic polarization process of HSFGCs with and without graphite. Overall, the polarization process of HSFGCs takes approximately 15 to 20 minutes. After the polarization period, the sample resistance stabilizes. [17,18] also indicated that the polarization time of high-performance concretes was around 20 minutes. The resistivity values of the samples were determined from the resistance value after stabilization. Table 3 summarizes the resistivity values of the HSFGCs samples measured using the two-electrode and four-electrode methods.



a) G0_0.2

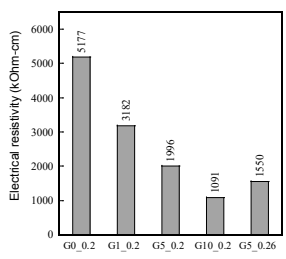


b) G10_0.2

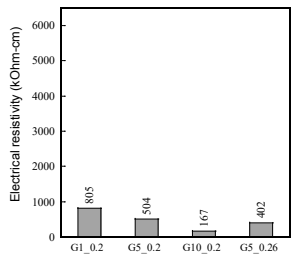
Figure 7. Polarization effect on the electrical resistivity of HSFGCs

Figure. 8 shows the effects of measurement methods (two and four probes) and graphite contents on the electrical resistivity of HSFGCs. The results indicated that the electrical resistivity measured by four probes was significantly lower than that measured by two probes. It would be due to the effect of contact resistance between the electrode and HSFGC matrices in the case of two-probe measurement.

The increase in graphite content also significantly alters the electrical conductivity of the HSFGCs. Specifically, as the graphite content increased from 1% to 10% (by weight of cement), the resistivity value of the concrete sharply decreased from 805 kΩ-cm to 167 kΩ-cm. This reduction in resistivity demonstrates the clear effectiveness of graphite addition in improving the electrical conductivity of concrete. As the functional filler content increased, the graphite particles began to come into contact with each other, forming continuous conductive pathways within the cement matrix, following the percolation mechanism (connectivity threshold) [19]. This reduced the overall resistance of the bulk material. Nguyen et al. also indicated that adding carbon material enhanced the conductivity of concrete [9]. Graphite possesses a layered crystal structure with a high density of free electrons, and when dispersed sufficiently densely within the concrete, it creates efficient conductive pathways. This indicates significant potential for the development of smart concrete capable of self-monitoring structural health or storing energy. Besides, as the water per cement ratio increased from 0.2 to 0.26, the electrical resistivity of G5 decreased from 504 to 402 kΩ-cm owing to the generation of a pore system in matrices with increasing water content



a) Two probes



b) Four probes

Figure 8. Effects of adding graphite on the electrical resistivity of HSFGCs

Table 3. The electrical resistivity of HSFGCs

STT	Matrices	Electrical resistivity probes (kΩ.cm)	Electrical resistivity_Four probes (kΩ.cm)
1	G0_0.2	5177.2	-
2	G1_0.2	3182.99	805.49
3	G5_0.2	1996.01	504.27
4	G10_0.2	1091.68	167.74
5	G5_0.26	1550.29	402.41

However, while the electrical conductivity is improved, a very high graphite content (close to 10%) simultaneously leads to a significant reduction in mechanical strength, as discussed in the preceding section. While the strength reduction is a disadvantage, for applications prioritizing sensing or electrical energy storage over load-bearing capacity (e.g., surface layers, supporting structures), graphite content can be controlled at an optimal level (around 1 to 5%) to balance mechanical durability and electrical conductivity. Combining graphite with other reinforcing materials such as carbon nanotubes (CNTs) or micro steel fibers could help improve strength while retaining electrical conductivity.

5. CONCLUSIONS

This experimental study investigated the effects of graphite on the mechanical and electrical resistivity properties of HSFGCs under external loads. The following conclusions are drawn as below:

As the graphite content increased from 0 to 10%, the slump flow of the fresh concrete decreased from 200 mm to 140 mm.

When the graphite content increased from 0 to 1%, 5%, and 10% (by weight of cement), the compressive strength of the concrete decreased from 98.21 MPa to 90.8 MPa (a 7% reduction), 70.4 MPa (a 28% reduction), and 36.5 MPa (a 62% reduction). The flexural strength of the HSFGCs decreased from 15.28 MPa to 13.6 MPa (11%), 11.46 MPa (25%), and 10.67 MPa (30%), respectively.

As the water per cement increased from 0.2 to 0.26, the compressive strength and flexural strength of G5 decreased from 70.04 to 52.08 MPa and 11.46 to 10.48 MPa, respectively, while the electrical resistivity clearly decreased.

As the graphite content increased from 1% to 10% (by weight of cement), the resistivity value of the concrete sharply decreased from 805 kΩ-cm to 167 kΩ-cm. Four-probe measurement produced a significantly lower value of the electrical resistivity than the two-probe measurement.

The addition of graphite significantly improves electrical conductivity but simultaneously weakens the mechanical properties of the concrete. For applications requiring both mechanical strength and electrical conductivity, such as structural sensing and small-scale energy storage, a graphite content of approximately 1 to 5% is suitable.

The use of Lao Cai graphite helps reduce costs and utilizes domestic resources for the development of electrically conductive concrete. The results provide an important scientific basis for the development of smart concretes in Vietnam with electrical conductivity, stress sensing capabilities, and particularly for serving the development of rechargeable batteries made from concrete. Future research directions include integrating graphite with nanomaterials such as carbon nanotubes (CNTs) or graphene oxide to optimize sensing and charge storage capabilities, as well as testing in specific application models such as electrified concrete in transportation infrastructure. Some potential applications include self-sensing concrete for stress and crack detection, wireless charging pavement systems, solar energy storage floor slabs, and smart buildings with battery-integrated concrete structures.

6. ACKNOWLEDGEMENT

The research was funded by the Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), project code: T25-42. The authors would like to thank the laboratory of the Department of Underground and Mining Construction, HUMG, for supporting the tests. In addition, the author appreciates graduate and undergraduate students in the Faculty of Civil Engineering, HUMG, including Nguyen Sy Duc, Ngo Trung Hieu, Ngo Ton Hieu, Do Manh Nam, and Doan Dinh Tien for helping with specimen preparation.

Contributions of authors: Viet Huy Le - methodology, conducting experiments, writing draft version, writing, reviewing, editing, and supervision.

REFERENCES

[1]. D.D.L. Chung, Self-monitoring structural materials, Mater. Sci. Eng. R Reports 22 (1998) 57-78. https://doi.org/10.1016/S0927-796X(97)00021-1.

[2]. B. Han, X. Yu, J. Ou, Self-sensing concrete in smart structures, Butterworth Heinemann, Elsevier, Kidlington, 2014. https://doi.org/10.1016/C2013-0-14456-X.

[3]. Y. Wang, S. Sun, L. Zhang, Self-sensing cementitious composites incorporating hybrid NGPs/CNTs/NCBs for structural health monitoring, Sensors Actuators A Phys. 357 (2023) 114365. https://doi.org/10.1016/j.sna.2023.114365.

[4]. A.O. Monteiro, A. Loredo, P.M.F.J. Costa, M. Oeser, P.B. Cachim, A pressure-sensitive carbon black cement composite for traffic monitoring, Constr. Build. Mater. 154 (2017) 1079-1086. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.053.

[5]. D.M. Bontea, D.D.L. Chung, G.C. Lee, Damage in carbon fiber-reinforced concrete, monitored by electrical resistance measurement, Cem. Concr. Res. 30 (2000) 651–659. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00204-0.

[6]. D.H. Nga, Chi tiet ung dung tinh hinh khai thac che bien graphit tren the gioi va viet nam, (n.d.). https://vimluki.vn/en/chi-tiet-ung-dung-tinh-hinh-khai-thac-che-bien-graphit-tren-the-gioi-va-viet-nam.html.

[7]. H.V. Le, D.H. Lee, D.J. Kim, Effects of steel slag aggregate size and content on piezoresistive responses of smart ultra-high-performance fiber-reinforced concretes, Sensors Actuators, A Phys. 305 (2020) 111925. https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.111925.

[8]. H.V. Le, M.K. Kim, S.U. Kim, S.-Y. Chung, D.J. Kim, Enhancing self-stress sensing ability of smart ultra-high performance concretes under compression by using nano functional fillers, J. Build. Eng. 44 (2021) 102717. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102717.

[9]. D.L. Nguyen, V.T.B. Nga, D.X. Son, M.P. Tran, Nghiên cứu dùng muội than đen và xỉ lò cao nghiền mịn trong việc cải thiện khả năng tự cảm biến của bê tông tính năng cao, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng NUCE 13 (2019) 151-158.

[10]. P. Zhan, J. Xu, J. Wang, J. Zuo, Z. He, Structural supercapacitor electrolytes based on cementitious composites containing recycled steel slag and waste glass powders, Cem. Concr. Compos. 137 (2023) 104924. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104924.

[11]. L. Yin, S. Liu, D. Yin, K. Du, J. Yan, C.K. Armwood-Gordon, L. Li, Development of rechargeable cement-based batteries with carbon fiber mesh for energy storage solutions, J. Energy Storage 93 (2024) 112181. https://doi.org/10.1016/j.est.2024.112181.

[12]. G.Y. Li, P.M. Wang, X. Zhao, Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes, Carbon N. Y. 43 (2005) 1239-1245. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2004.12.017.

[13]. S. Wen, D.D.L. Chung, Electrical-resistance-based damage self-sensing in carbon fiber reinforced cement, Carbon N. Y. 45 (2007) 710-716. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2006.11.029.

[14]. H.V. Le, M.K. Kim, D.J. Kim, J. Park, Electrical properties of smart ultra-high performance concrete under various temperatures , humidities , and age of concrete, Cem. Concr. Compos. 118 (2021) 103979. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.103979.

[15]. M.K. Kim, H.V. Le, D.J. Kim, Electromechanical response of smart ultra-high performance concrete under external loads corresponding to different electrical measurements, Sensors (Switzerland) 21 (2021) 1-19. https://doi.org/10.3390/s21041281.

[16]. M. Zhao, X. Zhang, Y. Zhang, Effect of free water on the flowability of cement paste with chemical or mineral admixtures, Constr. Build. Mater. 111 (2016) 571-579. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.057.

[17]. M.K. Kim, D.J. Kim, Electromechanical response of high-performance fiber-reinforced cementitious composites containing milled glass fibers under tension, Materials (Basel). 11 (2018). https://doi.org/10.3390/ma11071115.

[18]. D.L. Nguyen, J. Song, C. Manathamsombat, D.J. Kim, Comparative electromechanical damage-sensing behaviors of six strain-hardening steel fiber-reinforced cementitious composites under direct tension, Compos. Part B Eng. 69 (2014) 159-168. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.09.037.

[19]. L.H. Viet, L. Dao Phuc, N.T. Thuong, N.T. Thanh, D.L. Nguyen, D.J. Kim, Improvement of the stress sensing ability of ultra-high-performance concrete using short steel fibers and steel slag aggregates under high compression, Sensors Actuators A. Phys. 362 (2023) 114616. https://doi.org/10.1016/j.sna.2023.114616.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 22/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Effect of the cement on the swell and CBR behavior of silty soil

Ảnh hưởng của xi măng đến ứng xử trương nở và giá trị CBR của đất bùn lòng sông

> PH.D NGUYEN THANH TU[1]; ASSO.PRO NGUYỄN MINH ĐUC[2]
[1]Lecturer, Faculty of Civil Engineering, University of Technology and Education, Ho Chi Minh City
Email: tunt@hcmute.edu.vn
[2]Lecturer, Faculty of Civil Engineering, University of Technology and Education, Ho Chi Minh City
Email: ducnm@hcmute.edu.vn

ABSTRACT
Using riverbed soil for road embankments instead of sand would be beneficial. However, the riverbed soil is weak, with a low capacity and a high potential to swell when its moisture increases. Therefore, cement is used as a reinforced material to improve the soil capacity and its swell. In this research, cement with ratios of 3%, 5%, and 10% was used to mix with the riverbed soil. The result showed that the percentage of swell in cement-soil samples was significantly lower than that of soil samples (1.78% of the samples with 10% cement compared to 4.4% of soil specimens). Besides, the swelling velocity of cement-treated soil was considerably higher than that of the soil, and the soil swelling of the former reached equilibrium faster than that of the latter. Additionally, the CBR of soil was significantly improved when reinforced with cement, increasing to 3.78 times with 10% cement. The results indicated that the largest increase in CBR value occurred when the cement content increased from 3% to 5%. The rate of increase in CBR decreased when the cement content increased from 5% to 10%. The swellings and soil strength are improved because of the pozzolanic and hydration processes that create the bonding in cement-treated soil.

Keywords: Riverbed silty soil; cement; CBR; swell.

TÓM TẮT
Sử dụng đất bùn lòng sông để làm nền đường thay thế cho cát sẽ có rất nhiều lợi ích. Tuy nhiên, đất lòng sông là đất yếu với sức chịu tải thấp và khả năng trương nở cao khi độ ẩm tăng lên. Do đó, xi măng được sử dụng làm vật liệu gia cường để cải thiện sức chịu tải của đất và giảm độ trương nở của đất. Trong nghiên cứu này, xi măng với các tỷ lệ 3%, 5% và 10% được sử dụng để thêm vào đất bùn lòng sông. Kết quả cho thấy độ trương nở trong các mẫu xi măng đất thấp hơn đáng kể so với mẫu đất (độ trương nở mẫu đất với 10% xi măng là 1.78% so với độ trương nở của mẫu đất là 4.4%). Bên cạnh đó, tốc độ trương nở của mẫu xi măng đất cao hơn rất nhiều so với mẫu đất và độ trương nở của mẫu xi măng đất đạt giá trị trạng thái cân bằng nhanh hơn so với trường hợp mẫu đất. Ngoài ra, CBR của đất được cải thiện đáng kể khi được gia cố bằng xi măng, giá trị CBR tăng lên 3,78 lần khi thêm 10% xi măng. Kết quả cũng cho thấy sự gia tăng giá trị CBR lớn nhất khi hàm lượng xi măng gia tăng từ 3% lên 5%. Tốc độ gia tăng CBR giảm khi hàm lượng xi măng tăng từ 5% đến 10%. Độ trương nở và cường độ của đất được cải thiện nhờ các quá trình puzolan và hydrat hóa của xi măng tạo ra sự liên kết trong hỗn hợp xi măng đất.

Từ khóa: Đất bùn lòng sông; xi măng; CBR; trương nở.

1. INTRODUCTION

Many rural road construction projects are currently experiencing shortages of sand for backfill material. Therefore, it is necessary to find solutions to enhance the supply of sand or to utilize alternative materials in lieu of natural sand. Substituting riverbed soil for sand in rural road construction significantly brings benefits [1], especially in the Mekong Delta, where there is a dense river network. This method may save expenses, conserve local arable land, deepen riverbeds, and alleviate the effects of rising water levels caused by global climate change. However, using riverbed soil as a substitute for sand in backfill poses challenges due to its high void ratio, low permeability, and low shear strength [2]. The weak soil could cause instability and excessive settlement in construction works. Therefore, reinforced methods should be employed to solve these problems and to strengthen the soil capacity [3].

Currently, numerous methods exist for strengthening weak soil. Cement has been widely applied for its efficiency, cost-effectiveness, and popularity [4]. This technique involves mixing cement and soil in specific proportions to create a soil-cement mixture characterized by enhanced load-bearing capacity. The factors that influence the strength of soil cement include fine grain content, mineral composition, compaction, flow limit, moisture content, pH level, cement dosage, and curing time [5]. Horpibulsuk

et al. [6] performed an analysis of strength development in clay and soil-cement composites using microstructural observation. Cement fills the voids and enhances density via the compaction process. Adding cement at concentrations of 3%, 5%, and 10% results in a *CBR* value increase to 22%-69% following 4 hours of specimen preparation [7]. Okonkwo and Nwokike [8] demonstrated that the *CBR* value of soil from Anambra State fluctuates between 27% and 122% for cement percentages of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, and 7.5%. These studies have not explored variations due to water content. They have just primarily focused on strength development. Zoubi [9] examined the swelling of soil cement and unconsolidated undrained shear strength at 15% and 17% water content for the soil in Jordan. The swelling of specimens diminishes when the cement content increases to 4%. Then, the swelling increased significantly when the cement percentage increased from 4% to 6%, under the seating pressure of 7 kPa. The swelling, thereafter, varies based on the original water content. Additionally, *UU* shear strength generally increases with growth in cement content from 0% to 20%. The highest rate of increase was seen within the cement content range of 6 to 10%.

Nguyen Minh Duc et al. [10] recommended that a cement-to-soil ratio and sand-to-soil ratio were 150 kg/m^3 and 200 liters/m^3, respectively, in material utilization. The study showed that the *CBR* jumps 3.5 times for the case of adding cement and five times when cement and sand were added.

Despite numerous investigations on the *CBR* behavior of reinforced soil, the swelling and the *CBR* of the soil cement were not completely observed, especially for soil in the Mekong Delta. This research conducted laboratory tests to assess the *CBR* value of cement-reinforced clay. After soaking, the expanding clay specimens were anticipated to exhibit a significant reduction in shear strength. The research findings will formulate a core theory to improve rural road design by the application of cemented dirt as a backfill.

2. EXPERIMENTAL PROGRAM

2.1. Test materials

a. Silty soil:

The soil employed in this study was sourced from the Cai Lon River in Southern Vietnam and its properties are detailed in Table 1. The Unified Soil Classification System (USCS) categorizes the soil as riverbed silty soil with significant swelling potential. The soil has significant swelling potential when the Liquid Limit (*LL*) exceeds 70 and the Plasticity Index (*PI*) surpasses 35 [11]–[13]. From standard Proctor compaction, the optimum water content and maximum dry unit weight are ω_{opt} = 31.5% and $\gamma_{d,max}$ = 13.21 kN/m^3, respectively.

Table 1. Soil properties

Property	Value
Unified Soil Classification System	*MH*
Plastic limit, *PL* (%)	44.9
Plastic index, *PI* (%)	46.6
Specific gravity, G_s	2.75
Moisture unit weight, γ (kN/m^3)	16.13
Void ratio, *e*	1.587
Water content (%)	54.7
Liquid limit (*LL*) (%)	91.5
Saturated degree (%)	96.6

The free swelling index, according to IS:2720-40 [14], is 45.9%, exhibiting significant expansive soil properties following saturation. Figure 1 illustrates the grain size, indicating that the sand content is 12.3%, the fine content is 87.7%, and the median particle size, *D50*, is 0.006 mm.

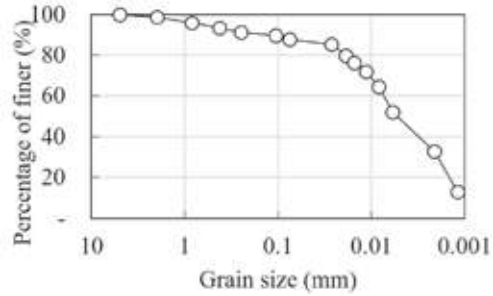


Figure 1. Grain size distribution of the soil

b. Cement:

This study utilized Ordinary Portland cement PC40, which has a defined density of 3 g/cm^3 (ASTM C188 [15]), to enhance soil capacity (ASTM C188 [15]). Through the Blaine technique, the specific surface area is defined as 2800 cm^2/g according to ASTM C595 [16]. The sieve size is 10%. The initial time is 185 minutes, whereas the final setup time is 480 minutes (ASTM C191 [17]). Additionally, after 3 days of curing, the minimum needed compressive strength is 21 MPa, whereas this number is 40 MPa for 28 days.

2.2. Specimen preparation

The excavated soil was filtered and dried in an oven at 60 °C to remove garbage and organic impurities such as leaves and roots. Subsequently, the material was broken and ground into a powder. This powder was then filtered through a sieve of 0.5 mm and placed in an oven for 24 hours to evaporate the moisture. Then, this fine material was mixed with a specific quantity of water and cement. After adding water, the mixture was reinforced with cement at the dried weight ratio of 3%, 5% and 10%. The specimens were compacted using a mold with a diameter of 152.4 mm and a height of 116 mm. The samples were compacted in five layers, and each layer was compacted by 10 blows (482 kJ/m^3 per layer).

A total of 04 specimens were examined in this study, including a soil sample and 03 samples with soil reinforced by cement with 3%, 5%, and 10% dried weight ratios. These samples were soaked in water for 28 days before the *CBR* test. The swelling of specimens was commonly reported during the soaking procedure.



Figure 2. Soil cement samples

2.3. Testing program

In the CBR test, a circular piston with a diameter is pressed to the compacted samples at a constant rate of penetration (1.27 millimeters per minute) (ASTM D1883 [18]). The piston pressure is recorded throughout time, and the test stops when the penetration reaches 20 millimeters. In accordance with ASTM D1883 [18], it is modified to account for surface defects or other factors. Utilizing

the adjusted stress values derived from the stress penetration at 2.54 mm and 5.08 mm of penetration to calculate the *CBR*. The quote-bearing ratio is gained by dividing these values by the standard stresses of 6.9 MPa and 10.3 MPa, respectively, and then multiplying by 100. The CBR value will be the quote-bearing ratio at the penetration of 2.54 mm when this number is higher than the ratio at 5.08 mm. Otherwise, if the ratio at 5.08 mm penetration exceeds the ratio at 2.54 mm, conduct the test again. If the check test shows the same result, utilize the bearing ratio at 5.08 mm as the *CBR* value.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Influence of cement on the swell behavior of riverbed soil:

The swelling of the soil is determined as follows:

$$s = \frac{\Delta h}{H_0} \qquad (1)$$

in which: *s* (%): the percentage of sample swelling

Δh (mm): the total sample swell.

H_0 (mm): the initial soil of the samples.

Generally, the soil swelling increased with time during the soaking process, and after 96 hours, it achieved equilibrium, as illustrated in Figure 3

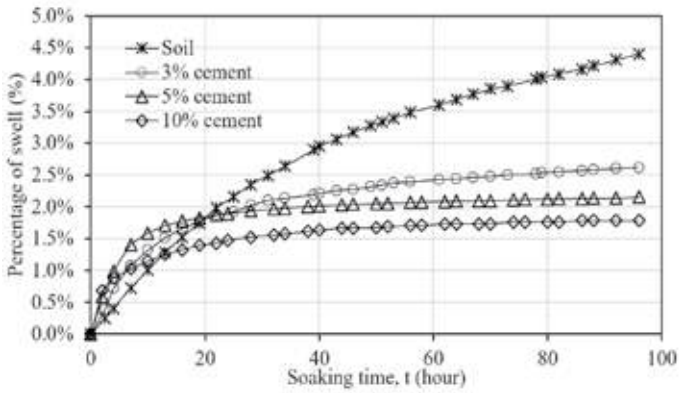


Figure 3. Swelling of soil and soil-cement specimens during 96 hours

Initially, the swell percentage of the soil was smaller than that of the soil-cement samples. Nevertheless, a higher swell percentage was found in the soil-cement specimens than in the soil after about 20 hours. A greater cement percentage was shown to minimize the final swell of reinforced specimens after 96 hours, about 2.62%, 2.15%, and 1.79% for the mixture with a 3%, 5%, and 10% cement ratio, respectively.

The velocity of the swell was quantified as the percentage swell of samples in an hour. It demonstrates the impact of reinforcement on the swelling behavior of reinforced specimens. Figure 4 shows the swelling velocity of soil and cemented soil. In the first 10 hours, the velocity of soil-cement samples was higher than that of the soil. Especially, the velocity of soil reinforced by 10% cement was the highest, and the velocity decreased as the cement ratio decreased.

This can be explained by the effect of cement. Under the effect of cement, in the early stage of soaking, the cement-soil mixture absorbed more water than the soil. As a result, the soil-cement mixture swelled more than the soil sample. The higher the cement ratio was, the higher the swell and the velocity were. Furthermore, the hydration and pozzolanic reactions in cement contribute to the formation of fabric and bonding in the soil-cement mixture, causing the soil particles to bond together. Therefore, the swelling of soil treated by cement is reduced.

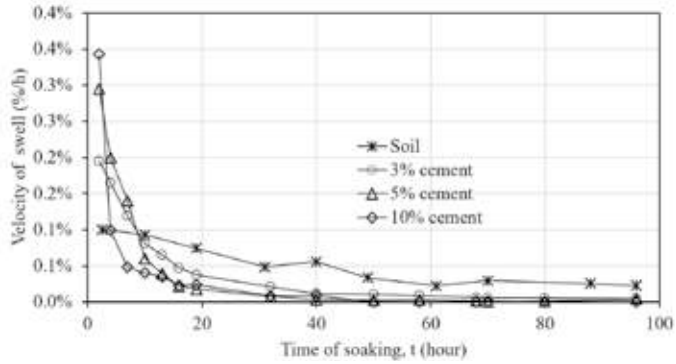


Figure 4. The swell velocity of untreated and treated soil during soaking

3.2. The CBR behavior of untreated and treated samples

Figure 5 describes the corrected stress in the piston for untreated and treated samples in the case of soaking.

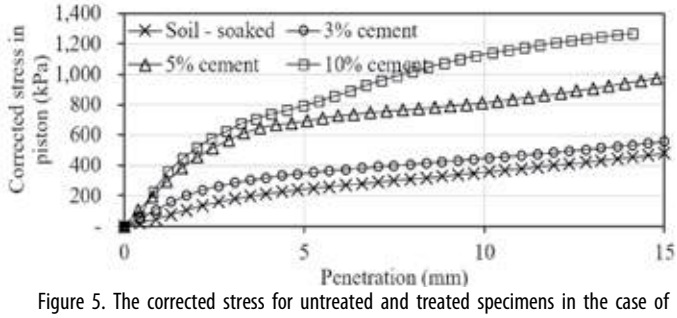


Figure 5. The corrected stress for untreated and treated specimens in the case of soaking

The results showed that after 28 days of soaking, the corrected stress increased as the penetration increased for both unreinforced and reinforced soil. Significantly, the bearing capacity of the soil-cement mixture was improved compared to that of the soil. The higher the cement content was, the higher the bearing capacity of reinforced specimens was.

3.3. The effect of cement on the CBR behavior:

Table 2 shows the *CBR* of the untreated and treated samples after 28 days of soaking.

Table 2. *CBR* value and strength ratio

Samples	*CBR* value	Strength Ratio
Soil	2.24	1.00
Soil with 3% cement	3.87	1.73
Soil with 5% cement	7.70	3.44
Soil with 10% cement	8.47	3.78

The results indicate that the *CBR* of the soil was 2.24, which was lower than that of the soil treated with cement.

The enhanced bearing capacity of treated samples is computed through the strength ratio (*ST*), which is defined as follows.:

$$ST = \frac{CBR_{reinforced\ soil}}{CBR_{soil}}$$

in which: *ST*: the strength ratio

$CBR_{reinforced\ soil}$: *CBR* value of the soaking-cemented soil.

CBR_{soil}: *CBR* value of soaking soil

Figure 6 illustrates the variations in strength ratio corresponding to different cement content levels. The results indicated a positive correlation between cement content and strength. As the cement ratio improved to 3%, 5%, and 10%, the *CBR* values increased by factors of 1.7, 3.4, and 3.8, respectively. The increase in *CBR* when the cement ratio rose from 3% to 5% was significantly greater than the increase in *CBR* when the cement ratio was elevated from 5% to 10%.

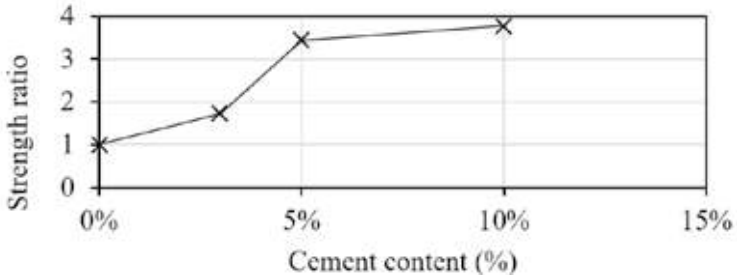


Figure 6. The strength ratio of samples at 28 days of curing

Again, due to hydration and pozzolanic processes in cement, the creation of fabric and bonding in cement-treated soil caused the soil particles to bond together, leading to the increase in the strength of cement-treated soil.

4. CONCLUSIONS

Cement significantly enhances the bearing capacity of treated soil under soaked conditions. Additional conclusions are as follows:

1. The cement accelerated the swelling by facilitating water absorption in reinforced specimens during soaking. Additionally, the swell percentages of the cement-soil decreased because of the hydration process. This activity created the bindings of soil grains. The observed swell percentage decreased with higher cement content in the reinforced specimens.

2. The addition of cement markedly enhanced the California Bearing Ratio (*CBR*) of expansive soil when being soaked. The maximum strength ratio for soaked samples with 10% cement was 3.8, in comparison to the *CBR* value of unreinforced clay.

3. Because of the hydration and pozzolanic procedures in cement, the swell and the soil capacity were improved. In this study, the low cement ratios were used. The higher cement ratios can be used to investigate the swell and *CBR* in further research.

Acknowledgements: This study is supported by the HCMC University of Technology and Education through grant number T2024-90. The writers would like to acknowledge the financial support.

REFERENCES

[1]. Wang, W.; Liu, H.; Li, Y.; Su, J. Development and Management of Land Reclamation in China. Ocean and Coastal Management 2014, 102 (PB), 415-425. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.009.

[2]. Zhang, M.; Zhu, X.; Yu, G.; Yan, J.; Wang, X.; Chen, M.; Wang, W. Permeability of Muddy Clay and Settlement Simulation. Ocean Engineering 2015, 104, 521-529. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.05.031.

[3]. Plé, O.; Lê, T. N. H. Effect of Polypropylene Fiber-Reinforcement on the Mechanical Behavior of Silty Clay. Geotextiles and Geomembranes 2012, 32, 111–116. https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2011.11.004.

[4]. Soils, L. C.; Herbert, B.; Asce, D. L. F.; Nair, S.; Markley, C. Compressive Strength of Soil Improved with Cement. 2009, 558-565.

[5]. Anagnostopoulos, C. A.; Chatziangelou, M. Compressive Strength of Cement Stabilized Soils. A New Statistical Model. Electronic Journal of Geotechnical Engineering 2008, 13 B.

[6]. Horpibulsuk, S.; Rachan, R.; Chinkulkijniwat, A.; Raksachon, Y.; Suddeepong, A. Analysis of Strength Development in Cement-Stabilized Silty Clay from Microstructural Considerations. Construction and Building Materials 2010, 24 (10), 2011-2021.

[7]. Balkis, A.; Macid, S. Effect of Cement Amount on CBR Values of Different Soil. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 2019, 809-815.

[8]. Okonkwo, V. O.; Nwokike, V. M. Soil-Cement Stabilization For Road Pavement Using Soils Obtained From Agu- Awka In Anambra State. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST) 2015, 2 (10), 2668-2670.

[9]. Al-Zoubi, M. S. Undrained Shear Strength and Swelling Characteristics of Cement Treated Soil. Jordan Journal of Civil Engineering 2008, 2 (1), 53-62.

[10]. Nguyễn, M. Đ.; Lê, A. T.; Nguyễn, Q. K. Nghiên cứu chỉ số CBR của đất bùn lòng sông đầm chặt gia cường hỗn hợp xi măng cắt. Khoa học và Công nghệ Thuỷ lợi. 2019.

[11]. Chen, F. . Foundation on Expansive Soils; Elsevier Scientific Publishing Co: New York, USA, 1983.

[12]. Seed, H. .; Woodward, R. J.; Lundgren, R. Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division 1962, 88 (SM3), 53-87.

[13]. Daksanamurthy, V.; Raman, V. A Simple Method of Identiying an Expansive Soil. Soil and Foundations 1973, 13 (1), 97-104.

[14]. IS 2720-40. Methods of Test for Soils, Part 40: Determination of Free Swell Index of Soils. Bureau of Indian Standards.

[15]. ASTM C188. Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. West Conshohocken, PA: ASTM International.

[16]. ASTM C595. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements. West Conshohocken, PA: ASTM International.

[17]. ASTM C191. Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. West Conshohocken, PA: ASTM International.

[18]. ASTM D1883-07. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. West Conshohocken, PA: ASTM International.

■Ngày nhận bài: 16/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2025

Analysis and evaluation of Vietnam's airport design, construction and acceptance standards with recommendations for updates based on ICAO documents

Phân tích và đánh giá tiêu chuẩn thiết kế, xây dựng và nghiệm thu sân bay của Việt Nam với các khuyến nghị cập nhật dựa trên các tài liệu của ICAO

> DINH CUONG TRAN, DANG KHAI TRAN, VAN QUAN NGO, PHI LONG NGUYEN
Faculty of Civil Engineering, Vietnam Aviation Academy, Vietnam
Email: cuongtd@vaa.edu.vn, khaitd@vaa.edu.vn, quannv@vaa.edu.vn, longnp@vaa.edu.vn

ABSTRACT

Aerodrome infrastructure is fundamental to ensuring the safety and efficiency of flight operations. The construction quality and operational outcomes is heavily influenced by the design, construction, and acceptance processes, which depend on a range of standards and guidelines from both domestic and international sources. This study provides a comprehensive evaluation of Vietnam's current aerodrome standards and guidelines, comparing them with global practices to identify their strengths, limitations, and areas for improvement. Through a detailed review and comparative analysis of relevant documents, the research highlights significant gaps in the comprehensiveness and coherence of Vietnam's regulatory framework. Findings emphasize the necessity of revising and enhancing existing documentation, transitioning foundational standards to Vietnamese standards, and developing new standards to align with international best practices. The paper underscores the urgency of addressing these deficiencies to ensure compatibility with global systems, foster innovation, and maintain high safety and operational standards.

Keywords: Aerodrome infrastructure, Design, Construction, Acceptance, Regulatory framework

TÓM TẮT

Hạ tầng cảng hàng không đóng vai trò nền tảng trong việc đảm bảo an toàn và hiệu quả cho hoạt động bay. Chất lượng công trình và hiệu quả khai thác của cảng hàng không chịu ảnh hưởng lớn từ các quá trình thiết kế, xây dựng và nghiệm thu, vốn phụ thuộc vào hệ thống tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật từ cả nguồn trong nước và quốc tế. Nghiên cứu này cung cấp một đánh giá toàn diện về hệ tahống tiêu chuẩn và hướng dẫn hiện hành của Việt Nam đối với hạ tầng cảng hàng không, đồng thời so sánh với quy định quốc tế nhằm xác định các điểm mạnh, hạn chế và những khía cạnh cần cải thiện. Thông qua việc rà soát và phân tích đối chiếu các văn bản liên quan, kết quả nghiên cứu chỉ ra những khoảng trống đáng kể về tính toàn diện và tính hệ thống trong khung pháp lý hiện hành của Việt Nam. Các phát hiện nhấn mạnh sự cần thiết phải rà soát, hoàn thiện hệ thống văn bản hiện có, chuyển đổi các TCCS sang TCVN, đồng thời xây dựng mới các TCVN nhằm tiệm cận và phù hợp với quy định quốc tế tiên tiến. Bài báo cũng nhấn mạnh tính cấp thiết của việc khắc phục những tồn tại này nhằm đảm bảo khả năng hội nhập với hệ thống toàn cầu, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và duy trì yêu cầu cao về an toàn cũng như hiệu quả vận hành.

Từ khóa: Hạ tầng cảng hàng không; thiết kế; thi công; nghiệm thu, khung pháp lý.Nomenclature

TCVN	: Vietnamese Standards
TCCS	: Transitioning foundational standards
QĐ-CHK	: Decision of Civil Aviation Authority
CHK	: Civil Aviation Authority
ACV	: Airports Corporation of Vietnam
ICAO	: International Civil Aviation Organization
FAA	: Federal Aviation Administration
ASTM	: American Society for Testing and Materials
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
IATA	: International Air Transport Association

1. INTRODUCTION

Airports have become a focal point for investment and development in Vietnam and worldwide due to increasing demand for passenger and cargo transportation, coupled with the growing importance of economic trade. Recognizing this trend, Vietnam has outlined a comprehensive master plan for its national airport system spanning the period 2021–2030, with an extended vision to 2050. This plan projects an increase in the number of airports from the current 22 to 30 by 2030, ultimately reaching 33 by 2050 (1). These developments reflect the country's ambition to modernize its aviation infrastructure, with the specific number of airports outlined in Figure 1.

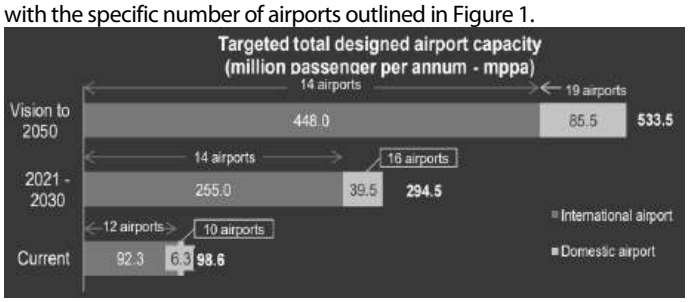


Figure 1. Vietnam's master plan for national airport development by 2030, with a vision for 2050 (2)

The role of aerodrome infrastructure is vital for the safe and efficient operation of flights and the overall aviation network. In Vietnam, its construction and acceptance must adhere to strict quality and economic requirements, guided by both domestic and international standards. However, the domestic regulatory framework remains fragmented due to historical and regional challenges.

This study evaluates Vietnam's aerodrome infrastructure standards by identifying limitations and comparing them with international benchmarks, particularly ICAO standards. It analyzes existing domestic regulations, highlights gaps in compliance, and proposes necessary updates, including transitioning TCCS to TCVN and developing new standards aligned with global best practices.

Key challenges include inconsistent updates, limited adoption of advanced construction methods, and documentation gaps. The study offers recommendations to modernize regulations, improve standard applicability, and ensure alignment with international practices. Ultimately, these reforms are crucial for enhancing safety, efficiency, and sustainability, positioning Vietnam as a competitive player in global aviation while supporting its expanding airport network.

2. METHOD

This study systematically evaluated Vietnam's aerodrome standards through document collection, synthesis, and comparative analysis. Domestic regulations, including TCCS, TCVN, and CHK guidelines, were gathered alongside international standards from ICAO, FAA, and Russian aviation authorities to provide a global context. The documents were analyzed to identify gaps, inconsistencies, and areas requiring updates, particularly regarding international alignment and technological advancements. A comparative approach assessed Vietnam's adherence to ICAO recommendations, focusing on design, operations, and modernization needs. The evaluation, based on relevance, reliability, and comprehensiveness, informed recommendations for revising and harmonizing Vietnam's aerodrome standards to enhance safety, efficiency, and global compatibility.

3. RESULTS

3.1. Standards system and guidelines for aerodrome infrastructure in Vietnam

Vietnam's civil aviation industry has evolved from small-scale operations to a modern, large-scale system, mastering airport development processes and technologies. Aerodrome infrastructure construction and design follow a mix of domestic standards and international guidelines, adapted to industry needs. Table 1 summarizes key standards governing aerodrome design, covering runways, pavement, and operational requirements.

Table 1. Design standards for aerodrome infrastructure in Vietnam

Standard	Edition
TCVN 11364:2016 Civil aerodrome - Runway - Specifications for Design (3)	1st
TCVN 10907:2015 Civil aerodrome - Pavement - Specifications for Design (4)	1st
TCVN 8753:2011 Aerodrome - General Requirements for Design and Operations (5)	1st

Table 2 provides a summary of the supplementary guidelines for the standards. The guidelines demonstrate a strong focus on aligning Vietnam's aerodrome design and operations with the provisions and recommendations of ICAO, as reflected in Decision No. 283/QĐ-CHK and Decision No. 2672/QĐ-CHK. This ensures that Vietnam's aviation infrastructure adheres to globally recognized standards and practices. To ensure proper application, the standards above must be used in conjunction with the relevant guidelines related to the referenced content.

Table 2. Aerodrome infrastructure design guidelines in Vietnam

Guidelines	Edition
Decision No. 283/QĐ-CHK dated January 31, 2024, issued by the CHK regarding the issuance of Guidelines for implementing the provisions, recommendations of ICAO (Annex 14, Volume I) on aerodrome design and operation (6)	4th
Decision No. 2672/QĐ-CHK dated November 29, 2023, issued by the CHK on the issuance of Guidelines for implementing the provisions of ICAO regarding aerodrome design - runway - Aerodrome Design Manual Runway - Issued herewith Decision (Doc 9157-Part 1) (7)	1st
Decision No. 1006/QĐ-CHK dated May 12, 2023, issued by the CHK on the issuance of Guidelines on matters related to aerodrome design, operation, and ensuring operational safety at aerodrome (8)	3rd

The current standards in Vietnam related to the construction and acceptance of airport infrastructure are listed in Table 3. These are categorized into two levels: TCCS and TCVN. The standards address essential areas of airport infrastructure, such as cement concrete pavement construction and the evaluation of pavement classification numbers.

Table 3. Construction and acceptance standards for airport infrastructure in Vietnam

Standard	Edition
TCCS 24:2018/CHK Technical standards for the construction and acceptance of cement concrete pavement for airports (9)	1st
TCVN 11365:2016 Airport pavements – Determination of pavement classification numbers using a falling weight deflectometer (10)	1st

Other documents supplementing the standards used in the construction and acceptance of airport infrastructure are summarized in Table 4**.** The guideline outlined in Decision 5002/QĐ-CHK addresses a crucial aspect of airport safety—measuring the runway friction coefficient. This focus is vital for ensuring safe aircraft operations, particularly during takeoff and landing under varying weather and surface conditions. When utilizing TCCS 24:2018/CHK, Decision 5002/QĐ-CHK must also be referenced. It is evident that there are very few accompanying documents to support the standards above, indicating that the standards themselves are quite comprehensive for implementation.

Table 4. Construction and acceptance guidelines for airport infrastructure in Vietnam

Guidelines	Edition
Decision 5002/QĐ-CHK dated October 13, 2011, issued by the Civil Aviation Authority of Vietnam, regarding the issuance of Guidelines for Measuring the Runway Friction Coefficient at Airports in Vietnam (11)	1st

All listed standards are in their first edition, indicating an initial framework for managing aerodrome infrastructure. This highlights the need for periodic reviews and updates to incorporate advancements in materials, technologies, and international best practices. While the standards provide a comprehensive approach, benchmarking against international counterparts like ICAO and FAA guidelines would enhance compatibility with global practices. This would help address gaps and ensure that Vietnam's aerodrome infrastructure meets international aviation standards.

3.1.1. References for standards and guidelines

Vietnam's aerodrome standards integrate domestic, international, and foreign sources, including ICAO, FAA, and Russian aviation regulations. Table 5 summarizes the proportion of references from each organization, highlighting the balance between local adaptation and global alignment. The table emphasizes the importance of internationally recognized standards, ensuring compatibility with global aviation systems while addressing national needs. This collaborative approach enhances the reliability and relevance of Vietnam's standards in the evolving aviation industry.

Table 5. Proportion of references for standards

Standard	Vietnam	US	Russia	ICAO
TCVN 11364:2016	0%	**40%**	20%	**40%**
TCVN 10907:2015	24%	**41%**	**35%**	0%
TCVN 8753:2011	0%	0%	0%	**100%**
TCCS 24:2018/CHK	**56%**	**42%**	0%	2%
TCVN 11365:2016	20%	**70%**	0%	10%

The selection of reference documents follows a well-defined set of criteria, including relevance, accuracy, reliability, currency, authority, comprehensiveness, accessibility, and consistency, ensuring a strong foundation for developing high-quality standards. In Vietnam, this process also takes into account the expertise, experience, and practical knowledge of drafting committee members, ensuring that the chosen references are not only scientifically valid but also aligned with the country's unique conditions, industry requirements, and operational environments. Additionally, resource availability and access to international documents and databases play a crucial role in shaping the selection process. By balancing global best practices with local adaptation, this approach ensures that the selected reference documents contribute to the development of standards that are both internationally competitive and domestically relevant, supporting the continuous modernization of Vietnam's infrastructure and strengthening collaboration with international partners.

TCVN 11364:2016 aligns with international standards, sourcing 40% of its references from ICAO, 40% from U.S. sources like the FAA, and 20% from Russian guidelines, ensuring methodological diversity. Runway length calculations follow both FAA-ICAO and Russian approaches. However, the absence of domestic references presents an opportunity to enhance relevance by incorporating Vietnam-specific data. While global standards support integration and consistency, periodic updates are essential to keep pace with technological advancements. Strengthening localized input and regular revisions would improve the standard's adaptability to Vietnam's unique needs.

TCVN 10907:2015 adopts a diverse referencing approach, with 41% from U.S. sources, 35% from Russian sources, and 24% from domestic inputs. It provides guidance on designing rigid and flexible airport pavements using two methods: one based on FAA guidelines endorsed by ICAO and another incorporating Russian methodologies. Users can choose between these approaches, but prioritizing ICAO-recommended documents would enhance global consistency. The reliance on U.S. and Russian standards ensures technological relevance, while domestic contributions adapt the standard to local conditions. However, the lack of ICAO references presents a missed opportunity for greater international alignment. Regular updates integrating global advancements would improve its applicability, ensuring TCVN 10907:2015 remains effective for Vietnam's aerodrome pavement design.

TCVN 8753:2011 is entirely based on ICAO references, ensuring a strong alignment with international aviation standards and facilitating global compatibility in aerodrome design and operation. This exclusive reliance underscores Vietnam's commitment to meeting global aviation requirements and adhering to best practices recognized worldwide. Furthermore, as aviation technologies and practices evolve, periodic updates are essential to maintain the standard's effectiveness and ensure it reflects advancements in the field. Overall, TCVN 8753:2011 provides a robust foundation aligned with international norms but would benefit from regular updates to address local needs and modern developments.

TCCS 24:2018/CHK heavily relies on domestic expertise, with 56% of references from local sources, ensuring relevance to Vietnam's operational needs. U.S. contributions (42%) from organizations like the FAA and ASTM incorporate advanced international practices, but the minimal ICAO input (2%) limits global alignment. While the strong local focus addresses regional challenges, integrating more ICAO recommendations would enhance international compatibility. Regular updates are crucial to keep pace with technological advancements. Overall, TCCS 24:2018/CHK provides a solid local framework but would benefit from greater global alignment and periodic revisions to maintain effectiveness.

TCVN 11365:2016 heavily relies on U.S. references (70%), integrating advanced methodologies from the FAA and ASTM for pavement classification. Domestic sources (20%) adapt the standard to Vietnam's conditions, while ICAO (10%) provides some global alignment. However, limited ICAO integration suggests room for improved international compatibility. Regular updates are essential to incorporate advancements in pavement evaluation and enhance alignment with global best practices. Overall, TCVN 11365:2016 offers a strong foundation but would benefit from a more balanced integration of local insights and international standards for greater adaptability and comprehensiveness.

Vietnam's aerodrome guidelines emphasize alignment with international standards, particularly ICAO recommendations. Decision No. 283/QĐ-CHK (2024) and Decision No. 2672/QĐ-CHK (2023) integrate key ICAO provisions, such as Annex 14 and Doc 9157-Part 1, ensuring global compatibility in design and operations. Decision No. 1006/QĐ-CHK (2023) reinforces operational safety, while Decision No. 5002/QĐ-CHK (2011) addresses runway friction measurement, though it may require updates to reflect technological advancements. Collectively, these regulations provide a solid framework for aerodrome management but would benefit from periodic revisions to incorporate evolving aviation technologies, sustainability, and global regulatory changes.

Vietnam's aerodrome standards integrate domestic expertise and international references, particularly from ICAO and the FAA. However, while global standards evolve with advancements in technology and materials, many Vietnamese standards remain outdated, creating information gaps, safety risks, and regulatory inconsistencies. This

hinders international collaboration, limits access to new technologies, and restricts innovation. Regular updates are essential to enhance safety, maintain global compatibility, and ensure Vietnam's aviation sector remains competitive and technologically advanced.

3.1.2. Topics covered in standards and guidelines

Vietnam's national standards define the design and construction requirements for runways, taxiways, and aprons, covering both rigid and flexible pavements. Table 6 summarizes each standard's scope, providing a clear reference for their application in airport design and construction.

Table 6. Scope and types of pavement structures covered in national standards

Standard	Subject			Pavement structure	
	Runway	Taxiway	Apron	Rigid	Flexible
TCVN 11364:2016	✓				
TCVN 10907:2015	✓	✓	✓	✓	✓
TCVN 8753:2011	✓	✓	✓		
TCCS 24:2018/CHK	✓	✓	✓	✓	
TCVN 11365:2016	✓	✓	✓	✓	✓

TCVN 11364:2016 defines geometric design requirements for runways, specifying dimensions, slopes, and layout to ensure safe operations. Focused solely on runway geometry, it provides precise guidance but does not cover pavement structures, taxiways, or aprons, limiting its applicability to broader aerodrome infrastructure.

TCVN 10907:2015 provides a comprehensive framework for designing and calculating rigid and flexible pavements for runways, taxiways, and aprons. It incorporates FAA-endorsed ICAO methods and Russian guidelines, ensuring adaptability to various construction needs. The standard prioritizes durable Portland cement concrete, while asphalt concrete, favored globally for cost-effectiveness and ease of maintenance (12), remains underutilized in Vietnam due to incomplete standards and technological limitations.

Asphalt concrete in Vietnam is mainly used in small military airports, auxiliary infrastructure, and runway repairs. Its adoption faces challenges due to reliance on automotive asphalt standards and foreign guidelines that do not fully address airport-specific demands (13). Experiments, such as overlays at Vinh Airport, revealed issues like delamination, highlighting the need for updated aviation-specific standards (14).

Surveys conducted by Japan's Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism, under a project initiated by ACV, revealed that most Vietnamese airports use cement concrete for infrastructure, with asphalt concrete primarily applied in smaller projects or repairs (15). The findings highlight the need to develop comprehensive asphalt pavement standards to leverage its advantages while addressing its limitations in Vietnam. Additionally, Pham and Nguyen (16) note that TCVN 10907:2015 may face challenges in accommodating the design loads and operational demands of heavy aircraft with high frequency, emphasizing the need for new standards to support evolving operational conditions and modern materials.

TCVN 8753:2011 outlines general requirements for aerodrome design and operation, covering runways, taxiways, and aprons. It provides high-level guidelines without specifying pavement types or detailed design methods. Serving as a baseline framework, it ensures operational efficiency, consistency, and safety in airport infrastructure planning and management.

TCCS 24:2018/CHK sets technical requirements for constructing and accepting cement concrete pavements in runways, taxiways, and aprons, specifying a grade of ≤ 350/45. While ensuring durability, it excludes flexible pavements, which are globally favored for cost and maintenance benefits. Despite this, it provides a strong framework for cement concrete pavement quality and reliability in airport construction.

TCVN 11365:2016 is the most comprehensive standard, covering runways, taxiways, and aprons for both rigid and flexible pavements. Its versatility supports modern airport construction and maintenance. A key feature is its use of a falling weight deflectometer to determine pavement classification numbers, ensuring accurate strength and load-bearing assessments. This standard provides a robust framework for airport pavement design, evaluation, and maintenance.

The accompanying guidelines complement these standards by addressing the specific subjects and types of pavement structures covered within them. This alignment ensures that the standards and guidelines function cohesively, providing comprehensive coverage of all aspects of aerodrome infrastructure, including geometric design, pavement composition, and general operational requirements. Collectively, they establish a solid framework for the effective planning, construction, and maintenance of aerodrome infrastructure in Vietnam.

En bref, Vietnam's national standards for aerodrome infrastructure provide a robust framework for ensuring safety, durability, and functionality. TCVN 11364:2016 focuses on runway geometry, while TCVN 10907:2015 and TCVN 11365:2016 comprehensively address rigid and flexible pavements for all aerodrome components, with the latter offering advanced pavement strength assessment methods. TCVN 8753:2011 ensures operational consistency through broad guidelines, and TCCS 24:2018/CHK specializes in rigid cement concrete pavements. However, limited adoption of asphalt concrete due to incomplete standards and technological gaps highlights the need for updates to leverage its global advantages. Updating these standards to address modern demands and align with international practices is crucial for advancing Vietnam's aerodrome infrastructure.

3.2. Comparison with ICAO Standards and Documents

The current standards and guidelines in Vietnam are evolving to align with the trend of globalization while maintaining local relevance. As such, the use of ICAO documents and supplementary manuals recommended by ICAO is highly prioritized. For areas where gaps exist, references can be supplemented by adopting standards from countries with an extensive history in aviation development. Presently, Vietnam's standards predominantly rely on ICAO references and U.S. sources, particularly from FAA, ASTM, and AASHTO, with occasional input from Russian standards.

This study focuses on analyzing and comparing ICAO documents referenced in Vietnamese standards with current ICAO publications. The scope is limited to examining the versions of ICAO documents used domestically and identifying gaps in the adoption of updated ICAO materials. Detailed analyses of these discrepancies are reserved for future studies.

Regarding aerodrome infrastructure, ICAO documents, including Annex 14, Volume I, and associated manuals, serve as foundational references. These documents have been synthesized and compared against Vietnam's standards and legal regulations, as summarized in Table 7.

Table 7. Comparison of ICAO references in Vietnamese standards and current ICAO documents for aerodrome infrastructure design

Content	Combined standards and guidelines applied in Vietnam	ICAO documents
Geometric design requirements for runways and components of aerodrome associated with runways	* **TCVN 11364:2016** (based on Aerodrome Design Manual – Runways (**Doc 9157 – Part 1**), **3th Edition, 2006**; Airport Services	* Aerodrome Design Manual – Runways (**Doc 9157 – Part 1**), **4th Edition, 2020** (17);

Content	Combined standards and guidelines applied in Vietnam	ICAO documents
	Manual - Part II - Pavement Surface Conditions (**Doc 9137P2**), **4th Edition, 2002** and other documents); * Decision No. **2672/QĐ-CHK** (based on Aerodrome Design Manual Runway (**Doc 9157-Part 1**), **4th Edition, 2020**.	* Airport Services Manual - Part II - Pavement Surface Conditions (**Doc 9137P2**), **4th Edition, 2002** (18).
Composition and calculation of pavement structures used for new construction and rehabilitation	**TCVN 10907 :2015** (based on documents of Vietnam, US, Russia).	* Aerodrome Design Manual – Part 2 – Taxiways, Aprons and Holding Bays (**Doc 9157 – Part 2**), **5th Edition, 2020** (19) + Amendment no. 1 dated 18/6/21 (20) + Corrigendum no. 1 dated 11/8/21 (21); * Aerodrome Design Manual – Part 3 – Pavements (**Doc 9157 – Part 3**), **3rd Edition, 2022** (22).
General requirements for aerodrome design and operation	* **TCVN 8753 :2011** (based on **Annex 14** – Aerodromes – Volume I – Aerodromes Design and Operations, **5th Edition, July 2009**); * Decision No. **283/QĐ-CHK** (based on **Annex 14** - Aerodromes - Volume I - Aerodromes Design and Operations, **9th Edition, July 2022**); * Decision No. **1006/QĐ-CHK** (based on ICAO and other documents).	**Annex 14** - Aerodromes - Volume I - Aerodromes Design and Operations, **9th Edition, July 2022** (23).
Technical specifications for construction and acceptance of cement concrete pavements for airports	* **TCCS 24:2018/CHK** (based on Airport Services Manual - Part II - Pavement Surface Conditions **(Doc 9137P2), 4th Edition, 2002, and other documents).** * Decision **5002/QĐ-CHK**	Airport Services Manual - Part II - Pavement Surface Conditions **(Doc 9137P2), 4th Edition, 2002** (18).
Method for determining pavement classification numbers using a falling weight deflectometer for civil airport pavements	**TCVN 11365:2016** (based on Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements **(Doc 9157 - Part 3), 2nd Edition, 1983, and other documents).**	Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements **(Doc 9157 - Part 3), 3rd Edition, 2022** (22).

ICAO updates replace older versions entirely, while Vietnamese standards follow two methods: full replacement or incremental updates through supplementary decisions. TCVN 11364:2016 and TCVN 8753:2011 use the latter, maintaining the original standard while incorporating ICAO references. In contrast, TCVN 10907:2015 lacks ICAO updates or supplementary guidelines, highlighting the need for revisions to align with international recommendations.

TCCS 24:2018/CHK is based on ICAO Doc 9137P2 (4th Edition, 2002), ensuring alignment with international recommendations. Regular updates are needed to incorporate future ICAO changes and technological advancements. TCVN 11365:2016 was developed from ICAO Doc 9157 - Part 3 (2nd Edition, 1983), which is outdated compared to the 3rd Edition (2022). This gap may limit its effectiveness in modern pavement evaluation and design. Updating TCVN 11365:2016 to reflect the latest ICAO standards is essential for enhancing Vietnam's airport infrastructure and maintaining global compatibility.

The trend of international integration and globalization necessitates that standards be updated in line with global directions. Failure to do so poses significant challenges in airport investment, development, and collaboration with foreign partners. Vietnamese standards currently remain fragmented, lacking consistency in foundational bases and publication formats. Additionally, many rely on outdated references and have not fully utilized ICAO materials, making them increasingly misaligned with modern aviation needs and global practices. Updating Vietnamese standards is both necessary and critical to ensuring they remain relevant and effective in the current context.

4. DISCUSSIONS

Vietnam's civil aviation sector has made significant strides in its development, transitioning from small-scale to large-scale operations and progressively adopting more refined processes and technologies. However, the current system of domestic standards, guidelines, and procedures for constructing and accepting airport infrastructure remains incomplete. In many cases, the integration of domestic road standards and foreign documents is still necessary to address gaps, which creates challenges for stakeholders, prolongs project timelines, and increases costs.

The standards reflect a foundational framework for aerodrome infrastructure. However, many of these standards, such as TCVN 10907:2015 and TCVN 11365:2016, rely on outdated ICAO documents, limiting their alignment with modern advancements in aviation technologies and materials. Therefore, it is essential to revise and enhance these standards by incorporating the latest ICAO documents, other ICAO-recommended sources, and refining its content to ensure alignment with current international standards. Additionally, there is an evident reliance on supplementary guidelines and foreign documents to fill gaps in the standards. This fragmented approach underscores the need for a comprehensive and cohesive system of standards that meets both local and international requirements.

Upgrading TCCS 24:2018/CHK to TCVN and incorporating content on asphalt concrete pavements is essential for modernizing Vietnam's aerodrome infrastructure standards. As a national standard, TCVN would broaden its applicability across diverse stakeholders, ensuring uniformity and reliability in airport construction practices. The update would align the standard with international guidelines, particularly ICAO recommendations, and address the growing adoption of asphalt concrete pavements globally due to their advantages.

En bref, to ensure Vietnam's aerodrome infrastructure standards remain globally competitive and locally relevant, the following steps are recommended:

- Regularly update standards to reflect the latest ICAO recommendations and advancements in construction technologies and materials. In particular, the two standards TCVN 10907:2015 and TCVN 11365:2016 urgently need updates through the implementation of new standards or the addition of necessary guidelines.
- Expand standards like TCCS 24:2018/CHK to TCVN and include guidance on asphalt concrete pavements, addressing their growing adoption in global aviation.
- Adopt a consistent update methodology, such as replacing outdated versions entirely or providing clear supplementary updates, to reduce inconsistencies.

• Foster stronger collaborations with international organizations, leveraging ICAO, FAA, IATA and other global expertise to refine Vietnam's standards.

By adopting the proposed revisions and ensuring regular updates, Vietnam can enhance its standards to support modern aviation needs, improve international collaboration, and drive the sustainable development of its civil aviation sector.

5. CONCLUSIONS

Vietnam's aerodrome infrastructure standards and guidelines play a pivotal role in ensuring safety, functionality, and efficiency in its aviation sector. This study specifically examines the standards and guidelines related to the design, construction, and acceptance of aerodrome infrastructure, which form the foundation of the regulatory framework. Despite significant advancements in the development of civil aviation infrastructure, the framework faces challenges due to outdated standards, incomplete integration of ICAO documents, and reliance on supplementary guidelines and foreign references. These shortcomings create inefficiencies, increase costs, and result in misalignment with global practices, underscoring the urgent need for modernization and cohesion in the system.

Key standards, such as TCVN 10907:2015 and TCVN 11365:2016, require urgent updates to incorporate the latest ICAO documents and other recommended sources. TCVN 10907:2015, which addresses portland cement and asphalt concrete pavements, needs improvements to align with advancements in construction technologies and materials and to address limitations related to heavy aircraft and high-frequency operations. Similarly, upgrading TCCS 24:2018/CHK to TCVN and expanding its content to include asphalt concrete pavements will enhance the applicability and relevance of Vietnam's standards in a global context.

Future research should focus on further refining these standards by comparing the advantages and limitations of domestic and international document systems, enabling Vietnam to adopt best practices effectively. By developing a cohesive and comprehensive regulatory framework that aligns with international standards, Vietnam can foster innovation, improve safety and efficiency, and position itself as a competitive player in the global aviation industry. Regular updates and integration of modern practices will be essential to ensuring sustainability and maintaining pace with the rapidly evolving aviation sector.

REFERENCES

[1].648/QĐ-TTg - Phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng hàng không, sân bay toàn quốc thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 [Internet]. 2023. Available from: https://caa.gov.vn/van-ban/648-qd-ttg-28523.htm.

[2].Vietnam Aviation P. Viet Nam Airport Sector: Development and Investment Opportunities. 2024 Jan; Available from: https://www.pwc.com/vn/en/publications/2024/vietnam-airport-sector.pdf.

[3].TCVN 11364:2016 - Sân bay dân dụng - Đường cất hạ cánh - Yêu cầu thiết kế [Internet]. 2016 [cited 2024 Mar 31]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+11364%3A2016.

[4].TCVN 10907:2015 - Sân bay dân dụng - Mặt đường sân bay - Yêu cầu thiết kế [Internet]. 2015 [cited 2024 Mar 31]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+10907%3A2015.

[5].TCVN 8753:2011 - Sân bay dân dụng - Yêu cầu chung về thiết kế và khai thác [Internet]. 2011 [cited 2024 Mar 31]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+8753%3A2011.

[6].283/QĐ-CHK - Hướng dẫn việc thực hiện quy định, khuyến cáo thực hành của ICAO (Annex 14, Volume I) về thiết kế, khai thác sân bay [Internet]. 2024 [cited 2024 Mar 29]. Available from: https://caa.gov.vn/van-ban/283-qd-chk-28735.htm.

[7].HD2672/QĐ-CHK - Hướng dẫn về thiết kế sân bay, đường cất hạ cánh -ban hành kèm theo Quyết định số 2672/QĐ-CHK ngày 29/11/2023 (Aerodrome Design Manual Runway- Issued herewith Decision 2672/QD-CHK dated 29/11/2023) [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 29]. Available from: https://caa.gov.vn/van-ban/hd2672-qd-chk-28597.htm.

[8].1006/QĐ-CHK - Quyết định ban hành Tài liệu hướng dẫn các nội dung liên quan đến thiết kế, khai thác, bảo đảm an toàn khai thác tại sân bay (tu chỉnh lần 3) [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 1]. Available from: https://caa.gov.vn/van-ban/1006-qd-chk-28519.htm.

[9].TCCS 24/2018/CHK - Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng sân bay [Internet]. 2018. Available from: https://caa.gov.vn/khoa-hoc-cong-nghe-moi-truong/tieu-chuan-co-so-tccs-24-2018-chk-ve-tieu-chuan-ky-thuat-thi-cong-va-nghiem-thu-mat-duong-be-tong-xi-mang-san-bay-20191210103513511.htm.

[10].TCVN 11365:2016 - Mặt đường sân bay - Xác định số phân cấp mặt đường bằng thiết bị đo võng bằng quả nặng thả rơi. [Internet]. 2016. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+11365%3A2016.

[11].Quyết định 5002/QĐ-CHK của Cục hàng không ngày 13/10/2011 về việc ban hành Hướng dẫn đo hệ số ma sát mặt đường cất hạ cánh sân bay ở Việt Nam [Internet]. 2011. Available from: https://caa.gov.vn/tai-lieu-huong-dan-an-ninh-an-toan/huong-dan-do-he-so-ma-sat-mat-duong-cat-ha-canh-san-bay-o-viet-nam-20160614140637155.htm.

[12].White G. State of the art: Asphalt for airport pavement surfacing. International Journal of Pavement Research and Technology. 2018 Jan 1;11(1):77-98.

[13].Các yêu cầu đối với mặt đường sân bay, sự cần thiết biên soạn các tiêu chuẩn thiết kế và thi công mặt đường sân bay [Internet]. 2008 [cited 2024 May 3]. Available from: https://mt.gov.vn/mkhcn/tin-tuc/990/34252/cac-yeu-cau-doi-voi-mat-duong-san-bay-su-can-thiet-bien-soan-cac-tieu-chuan-thiet-ke-va-thi-cong-mat-duong-san-bay.aspx.

[14].Hé lộ nguyên nhân nứt đường băng sân bay Vinh [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 13]. Available from: https://tapchigiaothong.vn/he-lo-nguyen-nhan-nut-duong-bang-san-bay-vinh-183230703143735049.htm.

[15].Tài liệu Họp chuyên môn về tiêu chuẩn thiết kế, thi công, nghiệm thu, bảo trì mặt đường sân bay Việt Nam và Hội thảo công nghệ Hàng không Nhật Bản [Internet]. 2024. Available from: https://caa.gov.vn/lay-y-kien-du-thao-van-ban/tai-lieu-hop-chuyen-mon-ve-tieu-chuan-thiet-ke-thi-cong-nghiem-thu-bao-tri-mat-duong-san-bay-viet-nam-va-hoi-thao-cong-nghe-hang-khong-nhat-ban-20240223160953313.htm.

[16].Pham HK, Nguyen DC. Study on improvement of design method for airport flexible pavement in Vietnam. IOP Conf Ser: Mater Sci Eng. 2019 Jun;542(1):012028.

[17].ICAO [Internet]. 2020. Aerodrome Design Manual - Runways (Doc 9157 - Part 1). Available from: https://store.icao.int/en/aerodrome-design-manual-runways-doc-9157-part-1.

[18].ICAO [Internet]. 2002. Airport Services Manual - Part II - Pavement Surface Conditions (Doc 9137P2). Available from: https://store.icao.int/en/airport-services-manual-part-ii-pavement-surface-conditions-doc-9137p2.

[19].ICAO [Internet]. 2020. Aerodrome Design Manual - Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays (Doc 9157 - Part 2). Available from: https://store.icao.int/en/aerodrome-design-manual-part-2-taxiways-aprons-and-holding-bays-doc-9157-part-2.

[20].ICAO [Internet]. 2021. Aerodrome Design Manual - Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays (Doc 9157 - Part 2) (Amendment no. 1 dated 18/6/21). Available from: https://store.icao.int/en/aerodrome-design-manual-part-2-taxiways-aprons-and-holding-bays-doc-9157-part-2-amendment-no-1-dated-18-6-21.

[21].ICAO [Internet]. 2023. Annex 14 - Aerodromes - Volume I - Aerodromes Design and Operations (Corrigendum no. 1 dated 20/7/23). Available from: https://store.icao.int/en/annex-14-aerodromes-volume-ii-heliports-corrigendum-no-1-dated-29-1-22.

[22].ICAO [Internet]. 2022. Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements (Doc 9157 - Part 3). Available from: https://store.icao.int/en/aerodrome-design-manual-part-3-pavements-doc-9157-part-3.

[23].ICAO [Internet]. 2022. Annex 14 - Aerodromes - Volume I - Aerodromes Design and Operations. Available from: https://store.icao.int/en/annex-14-aerodromes.

■Ngày nhận bài: 21/3/2025 ■Ngày sửa bài: 23/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

An experimentally evaluating the mechanical behavior concrete incorporating macadamia nutshells

Đánh giá thực nghiệm về tính chất cơ lý của bê tông kết hợp vỏ hạt mắc ca

> LE TRUNG PHONG[1*], NGUYEN PHI LONG[2]
[1]Faculty of Civil Engineering, Thuy loi University
[2]Faculty of Civil Engineering, Vietnam Aviation Academy
*Corresponding author: Email: Phonglt@tlu.edu.vn

ABSTRACT

This study focuses on the application of macadamia nut shells - an agricultural waste - as lightweight aggregate in concrete (MNC), to propose a new environmentally friendly construction material option, minimizing the environmental impact of the construction industry. With its light and durable properties, macadamia shells are considered a potential alternative to traditional aggregates, while contributing to reducing the amount of waste from the macadamia production industry. In this study, macadamia shells were collected and crushed into sizes of 5-20 mm and combined with high-grade mortar mixture (with a flow rate of ≥240 mm and a compressive strength of ≥100 MPa) to create lightweight concrete. Concrete samples were cast and cured for 28 days, then tested for mechanical properties such as compressive and flexural strength according to TCVN standards. The results showed that the MC1 concrete mixture (53.7% mortar and 46.3% macadamia shell) had a density of 1800 kg/m^3, 15-20% lighter than conventional concrete, and a compressive strength of 25.87 MPa after 28 days. However, the MC2 mixture with a higher mortar ratio (62.9%) had a better compressive strength (33.97 MPa) but suffered from segregation problems, and therefore needed further optimization. The study concluded that MNC concrete, especially MC1, has great potential in sustainable construction due to its low density and being a recycled material from waste. However, further research is needed to improve durability and optimize mix design to expand its application. The development of production standards and efficient macadamia shell collection and processing systems is also key to making MNC a popular building material, especially in major macadamia producing areas.

Keywords: Agricultural waste, Lightweight concrete, Macadamia nut concrete (MNC), New environmentally friendly construction.

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung vào việc ứng dụng vỏ hạt mắc ca - một loại phế thải nông nghiệp - làm cốt liệu nhẹ trong bê tông (MNC), nhằm đề xuất một phương án vật liệu xây dựng mới thân thiện với môi trường, giảm thiểu tác động môi trường từ ngành xây dựng. Với đặc tính nhẹ, bền, vỏ mắc ca được xem là lựa chọn tiềm năng thay thế cốt liệu truyền thống, đồng thời góp phần giảm lượng phế thải từ ngành sản xuất mắc ca. Trong nghiên cứu này, vỏ mắc ca được thu thập và nghiền thành các kích thước 5-20 mm và kết hợp với hỗn hợp vữa mác cao (đạt độ chảy ≥240 mm và cường độ nén ≥100 MPa) để tạo ra bê tông nhẹ. Các mẫu bê tông được đúc và dưỡng hộ trong 28 ngày, sau đó được kiểm tra các tính chất cơ học như cường độ nén và uốn theo tiêu chuẩn TCVN. Kết quả cho thấy hỗn hợp bê tông MC1 (53.7% vữa và 46.3% vỏ mắc ca) đạt tỷ trọng 1800 kg/m^3, nhẹ hơn 15-20% so với bê tông thông thường, và cường độ nén 25.87 MPa sau 28 ngày. Tuy nhiên, hỗn hợp MC2 với tỷ lệ vữa cao hơn (62.9%) dù có cường độ nén tốt hơn (33.97 MPa) nhưng gặp vấn đề phân tầng, do đó cần được tối ưu hóa thêm. Nghiên cứu kết luận rằng bê tông MNC, đặc biệt là hỗn hợp MC1, có tiềm năng lớn trong xây dựng bền vững nhờ tỷ trọng thấp và là vật liệu tái sử dụng từ phế thải. Tuy nhiên, để mở rộng ứng dụng, cần tiếp tục nghiên cứu cải thiện độ bền lâu và tối ưu hóa thiết kế hỗn hợp. Việc phát triển các tiêu chuẩn sản xuất và hệ thống thu gom, xử lý vỏ mắc ca hiệu quả cũng là yếu tố then chốt để MNC trở thành vật liệu xây dựng phổ biến, đặc biệt tại các khu vực sản xuất mắc ca lớn.

Từ khóa: Chất thải nông nghiệp; bê tông nhẹ; bê tông hạt mắc ca (MNC); xây dựng mới thân thiện môi trường.

1. INTRODUCTION

The construction industry is a significant contributor to environmental degradation due to its high consumption of natural resources and energy, as well as its generation of waste and greenhouse gas emissions. The increasing demand for sustainable construction practices has led to the exploration of alternative materials that minimize environmental impact while getting the performance requirements. Conventional building materials such as Portland cement and traditional aggregates require extensive mining operations and energy-intensive processing, resulting in substantial carbon footprints.

One such alternative is the use of agricultural waste products as aggregates in lightweight concrete [1-5]. Macadamia nutshells, a readily available agricultural waste, have emerged as a promising candidate due to their lightweight and durable structure [6-7]. This study examines the potential of macadamia nutshell concrete (MNC) as a sustainable building material for civil engineering applications. The global macadamia industry produces thousands of tons of nutshell waste annually, which is typically burned or sent to landfills, creating an opportunity to repurpose this waste into valuable construction materials.

The research investigates the physical and mechanical properties of MNC, including its density, compressive strength, and flexural strength. Preliminary findings indicate that MNC exhibits approximately 15-20% lower density compared to conventional concrete while maintaining acceptable structural integrity for non-load-bearing applications. Laboratory tests demonstrate that MNC with a 46,3% substitution rate of traditional aggregates with macadamia nutshells achieves a compressive strength of 25,87 MPa after 28 days of curing, suitable for various architectural and light structural applications [8].

Experimental tests have been conducted in both residential and commercial construction projects, with MNC being used for interior walls, facade panels, and lightweight floor systems. Initial feedback from construction professionals highlights the material's workability and favorable finishing characteristics.

Challenges remain in optimizing the mix design to enhance durability and improve long-term performance. Further research is needed to standardize production methods and develop industry specifications for widespread adoption. Future work will also explore the combination of macadamia nutshells with other agricultural wastes to create hybrid composite materials with enhanced properties [4-5].

The economic viability of MNC depends on establishing efficient collection and processing systems for macadamia waste. With appropriate technology transfer and policy support, MNC could become an important component in the sustainable construction materials portfolio, particularly in regions with significant macadamia production.

2. RESEARCH METHODOLOGY

2.1. Materials

The primary material of interest is macadamia nutshells, were collected from local macadamia processing facilities. The macadamia nut shell aggregate used in this study is a lightweight material, spherical in shape before grinding. This material possesses high mechanical strength [8-10]. In addition, it has a low water absorption which helps maintain the slump and long-term durability of the concrete. These nutshells were then crushed to achieve desired sizes suitable for use as aggregate in concrete. The nutshells' physical including their dense structure, low density, porosity, and composition of cellulose, hemicellulose, and lignin, make them suitable as a lightweight aggregate (Figure 1).

The mortar base, a critical component of the high-performance mortar matrix for lightweight concrete, is a precisely engineered blend of binding materials and additives designed to achieve a slump flow of ≥240 mm and a compressive strength of ≥100 MPa. Portland cement (PCB40) serves as the primary binder, with a specific weight of 3100 kg/m^3 and a bulk density of 1100 kg/m^3. Its dosage varies from 480 to 660 kg/m^3, with the optimal mix employing 530 kg/m^3 for balanced strength and economy. (of Table 1.) Fly ash, meeting TCVN 10302:2014, is incorporated at 20–45% of cement weight (35% in Table 1), with a specific weight of 2400 kg/m^3 and bulk density of 600 kg/m^3, enhancing workability and long-term strength. The slag used in this study was ground granulated blast furnace. The slag was used at a rate of 20-40% of the cement mass (25% in Table 1), with a specific gravity of 2800 kg/m^3 and a bulk density of 1200 kg/m^3. The slag was ground to a fineness of 400 m^2/kg and was sourced from a local steel mill, which improved long-term durability and reduced heat of hydration. Silica fume, compliant with TCVN 8827:2011, is added at 5–6% of cement weight (6% in Table 1), with a specific weight of 2300 kg/m^3 and bulk density of 800 kg/m^3, increasing matrix density and strength. A superplasticizer, such as Sika ViscoCrete–8168 (ASTM C494 Type F), is applied at 1.6–2.2% of cement weight (1.8% in Table 1) to ensure self-compaction. Water, with a water-to-cement ratio of 0.3–0.4 (0.38 in Table 1), maintains fluidity while ensuring the mortar base is about at least 50% of the total mortar volume, promoting homogeneity and compatibility with macadamia nutshell aggregates in lightweight concrete production.

Table 1. Motar Composition

Content	unit	quantity
Cement	kg	530
Fly ash/cement	%	35%
Slag/cement	%	25%
Silicafume/cement	%	6%
Superplasticizer /cement	%	1.8%
water/cement		0.38

The lightweight concrete formulated in this study combines macadamia nutshells as a coarse aggregate with a high-performance mortar matrix, designed for construction applications such as wall panels and paving bricks [11-12]. The concrete composition consists of two main components: the mortar matrix and the macadamia nutshell aggregate. The mortar matrix is proportioned to form a significant portion of the mix, comprising a mortar base and a fine aggregate mixture The lightweight concrete formulated in this study combines macadamia nutshells as a coarse aggregate with a high-performance mortar matrix, designed for construction applications such as wall panels and paving bricks. The concrete composition consists of two main components: the mortar matrix and the macadamia nutshell aggregate. The mortar matrix is proportioned to form a significant portion of the mix, comprising a mortar base and a fine aggregate phase. The mortar base includes Portland cement (PCB40, with a specific weight of 3100 kg/m^3 and bulk density of 1100 kg/m^3, dosed at 480–660 kg/m^3, optimally 530 kg/m^3 in the mix, Table 1), fly ash (20–45% of cement weight, 35% in Table, specific weight 2400 kg/m^3, bulk density 600 kg/m^3, per TCVN 10302:2014), slag (20–40% of cement weight, 25% in Table, specific weight 2800 kg/m^3, bulk density 1200 kg/m^3), silica fume (5–6% of cement weight, 6% in Table 1, specific weight 2300 kg/m^3, bulk density 800 kg/m^3, per TCVN 8827:2011), a superplasticizer (1.6–2.2% of cement weight, 1.8% in Table, ASTM C494 Type F), and water (water-to-cement ratio of 0.3–0.4, 0.38 in Table). The fine aggregate phase consists of sand and crushed stone dust, with their proportions and fineness modulus detailed in Table 1. The macadamia nutshell aggregate, crushed to sizes of 5–20 mm, has a specific weight of 1216 kg/m^3, bulk density of 544.17 kg/m^3, and water absorption of 30.57%. Various gradation ratios (6:4, 7:3, 8:2, or 100% grind) are used to optimize packing density and

ensure a homogeneous mixture compatible with standards for lightweight concrete.

. The mortar base includes Portland cement (PCB40, with a specific weight of 3100 kg/m^3 and bulk density of 1100 kg/m^3, dosed at 480–660 kg/m^3, optimally 530 kg/m^3 in the mix, Table 1), fly ash (20–45% of cement weight, 35% in Table, specific weight 2400 kg/m^3, bulk density 600 kg/m^3, per TCVN 10302:2014), slag (20–40% of cement weight, 25% in Table, specific weight 2800 kg/m^3, bulk density 1200 kg/m^3), silica fume (5–6% of cement weight, 6% in Table 1, specific weight 2300 kg/m^3, bulk density 800 kg/m^3, per TCVN 8827:2011), a superplasticizer (1.6–2.2% of cement weight, 1.8% in Table, ASTM C494 Type F), and water (water-to-cement ratio of 0.3–0.4, 0.38 in Table). The fine aggregate phase consists of sand and crushed stone dust, with their proportions and fineness modulus detailed in Table 1. The macadamia nutshell aggregate, crushed to sizes of 5–20 mm, has a specific weight of 1216 kg/m^3, bulk density of 544.17 kg/m^3, and water absorption of 30.57%.

2.2. Mix design and preparation

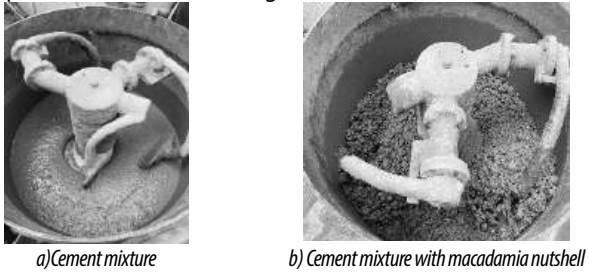
Various mix designs were explored with different proportions of macadamia nutshell aggregate, ranging from replacing 20% to 50% of the fine aggregate by volume. The water-to-cement ratio was maintained at 0.45, and the superplasticizer dosage was adjusted to achieve a target slump of 100 ± 25 mm. The macadamia nutshells were crushed and sieved to obtain different size fractions (5-12.5 mm and 12.5-20 mm) to optimize the aggregate's packing density and minimize voids in the concrete mix. A custom-designed crusher was used to process the macadamia nutshells, ensuring efficient crushing and size control. The nutshells were then mixed with cement, fine aggregate, water, and admixtures in a concrete mixer to achieve a homogeneous mixture. Figure 2 lines them up on a concrete mixture of the mix.



Figure 1. Macadamia nutshells befor and after prepared

2.3. Specimen preparation and testing

Concrete specimens were cast in various cubes molds (figure 3). The specimens were cured for 28 days in a moist curing room to ensure proper hydration and strength development. Test specimens were cured at 27 ± 2°C and humidity ≥ 95%, tested at 20 ± 2°C and humidity 65 ± 5%. Cubic specimens measuring 100mm x 100mm x 100mm were prepared and tested for compressive strength on a compression machine. according to TCVN 3118:2022.



a)Cement mixture *b) Cement mixture with macadamia nutshell*

Figure 2. Mortar and concrete mixtures after mixed macadamia nutshell

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Results

3.1.1. Mortar Mix Design

In this study, the development of a high-performance, self-compacting mortar was essential to ensure effective binding of the macadamia nutshell aggregate and to achieve the desired properties for lightweight concrete. The objective was to formulate a mortar with a minimum spread flow of 240 mm and a 28-day compressive strength of at least 100 MPa. Through a series of iterative adjustments and rigorous testing, an optimal mortar mix design was established. The optimized mix consisted of 530 kg/m^3 of cement, with fly ash, slag, and silica fume incorporated at 35%, 25%, and 6% of the cement content, respectively. Additionally, a superplasticizer was added at 1.8% of the cement content, and the water-to-cement ratio was maintained at 0.38. This carefully formulated mix achieved a spread flow of 270 mm, exceeding the target, and exhibited a compressive strength of 49 MPa after one day, surpassing the initial goal of 40 MPa. Furthermore, after 28 days of curing, the compressive strength reached 112 MPa, demonstrating exceptional strength development and confirming the mortar's suitability for the composite material.

3.1.2. Concrete Mix Design and Properties

Using the optimized mortar mix, the researchers then focused on developing lightweight concrete mixes with varying proportions of macadamia nutshell aggregate. The goal was to achieve a target bulk density of 1800-1900 kg/m^3, significantly lower than conventional concrete. Two primary concrete mixes were investigated:

MC1 concrete mixture consists of 53.7% mortar by volume and 46.3% aggregate by volume. The mortar phase is designed according to the preliminary mix proportions from Table 3, with binders including cement, 20% fly ash, 20% slag, 5% silica fume and 1.6% chemical admixture (Sika ViscoCrete - 8168) calculated by binder mass, with a water/cement ratio of 0.3. The aggregate phase consists of sand, gravel and macadamia shells, in which sand accounts for over 50% of the sand and gravel mixture by volume, with a sand: gravel ratio of 7:3.

MC2 concrete mixture consists of 62.9% mortar volume and 37.1% aggregate volume. Mortar phase is mixed according to Table 3, including cement, 20% fly ash, 20% slag, 5% silicafume and 1.6% chemical admixture (Sika ViscoCrete - 8168) calculated by weight of binder, with water/cement ratio of 0.3. Aggregate phase includes sand, gravel and macadamia shell, in which sand accounts for more than 50% of the sand and gravel mixture volume, with sand: gravel ratio of 7:3

The results showed that the MC1 mix, with a higher proportion of macadamia nutshell aggregate, achieved a bulk density of 1800 kg/m^3 and a compressive strength of 25,87 MPa after 28 days, which was consistent with the initial design requirements. The MC2 mix, with a lower proportion of macadamia nutshells, had a slightly higher compressive strength of 33.97 MPa but exhibited segregation due to the lighter nutshells floating to the top.

The MC1 mix also demonstrated a flexural strength of 2.38 MPa, making it suitable for non-structural applications.

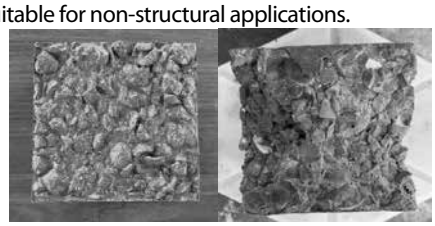


Figure 3. *Concrete specimens 100mmx100mmx100 mm before and after tested*

3.2. Discussion

Table 2 presents the comparative analysis of compressive and flexural tensile strength between two distinct specimen groups, MC1 and MC2, focusing on their performance at various curing ages, specifically 3, 7, and 28 days. In terms of compressive strength, both MC1 and MC2 exhibited a progressive increase across the curing periods;

however, MC2 consistently demonstrated superior strength compared to MC1 at each measured interval, evidenced by its compressive strength reaching 33.97 MPa at 28 days, a notable contrast to MC1's 25.87 MPa. The difference, with MC2 achieving 33.97 MPa compared to MC1's 25.87 MPa at 28 days, shows the effect of compositional variations on hydration progression, enhancing MC2's compressive strength.

Transitioning to flexural tensile strength, a similar trend of augmentation is observed for both specimen groups throughout the curing durations, yet again, MC2 outstrips MC1 in performance. Specifically, MC2 attained a flexural tensile strength of 2.86 MPa at 7 days, surpassing MC1's 2.29 MPa, which suggests a more refined microstructure or matrix-aggregate bonding within MC2. This improvement in flexural strength is indicative of MC2's enhanced ability to withstand tensile stresses induced by bending, a critical factor for structural integrity in applications subjected to flexural loads. Consequently, the data implies that MC2 not only achieves greater densification and strength gain over time but also possesses a more robust internal structure that effectively resists both compressive and tensile forces when compared to MC1.

Table 2. Testing result of two specimen MC1 and MC2

	MC1	MC2
Compressive strength [MPa]		
R3	22.4±0.6	26.5±0.7
R7	23.93±0.6	30.7±0.6
R28	25.87±0.7	33.97±0.7
Tensile bending strength [MPa]		
R3	2.06±0.1	2.58±0.1
R7	2.29±0.1	2.86±0.1
R28	2.38±0.1	3.16±0.1

The experimental investigation into the utilization of macadamia nutshells as a sustainable aggregate in lightweight concrete has yielded promising results, highlighting the potential of macadamia nutshell concrete (MNC) as an innovative material for construction applications. The optimized MC1 mix, with a bulk density of 1800 kg/m^3 and a compressive strength of 25.87 MPa after 28 days, demonstrates satisfactory mechanical performance for non-structural applications, such as interior walls, facade panels, and lightweight floor systems. Additionally, the MC1 mix exhibited a flexural tensile strength of 2.38 MPa, indicating good workability and structural integrity for specific use cases. In contrast, the MC2 mix, with a higher compressive strength of 33.97MPa, showed signs of segregation, suggesting that further refinement is necessary to balance strength and homogeneity.

The incorporation of macadamia nutshells as a lightweight aggregate offers multiple benefits, including a significant reduction in concrete density compared to conventional mixes, which can lead to decreased dead loads and potential savings in foundation design. The porous nature of the nutshells also enhances the thermal insulation properties of MNC. This characteristic positions MNC as a viable material for energy-efficient building designs, contributing to reduced heating and cooling demands. Furthermore, the use of agricultural waste promotes a circular economy, minimizing landfill waste and reducing the environmental impact associated with traditional aggregate extraction.

The study demonstrated the feasibility of the material through compressive strength testing. However, due to time and resource constraints, other tests such as bending tensile testing were not conducted, which may affect the comprehensive evaluation of the material.

Despite these advantages, challenges remain in optimizing MNC for broader applications. The compressive strength of MNC is currently limited, restricting its use to non-structural elements. Long-term durability under varying environmental conditions, such as freeze-thaw cycles, requires further investigation to ensure reliable performance. Additionally, the economic feasibility of MNC depends on the development of efficient collection, processing, and production systems for macadamia nutshell waste, particularly in regions with significant macadamia production.

4. CONCLUSION

Although this study has provided initial insights into the potential of macadamia materials in applications in Vietnam, we recognize that there are still some limitations that need to be noted. As this is one amongs the first new studies on macadamia materials in Vietnam, there were time and resource constraints during the research phase, and therefore the authors were not able to conduct full experiments to measure these parameters in detail. This is one of the shortcomings that we will overcome in future studies. In the future, we plan to conduct more in-depth experiments to verify these parameters and enhance the applicability of macadamia materials.

In conclusion, the findings underscore the potential of MNC as a sustainable alternative in the construction industry, aligning with global efforts to reduce carbon footprints and promote environmentally responsible building practices. Future research should focus on enhancing the durability and strength of MNC through advanced mix designs and exploring hybrid composites with other agricultural wastes. With appropriate technological advancements and policy support, MNC could play a pivotal role in advancing sustainable construction, offering a scalable solution for lightweight, eco-friendly building materials.

REFERENCES

[1]. Armin Pordsari, Payam Shafigh, and Zaniah Ibrahim (2021):"Coconut shell as lightweight aggregate for manufacturing structural lightweight aggregate concrete". AIP Conference Proceedings, Vol 2339, pp. 20-29.

[2]. Aprianti E, Shafigh P, Bahri S, Farahani JN. Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes – A review. Constr Build Mater 2015;74:176–87. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.10.010.

[3]. Prusty JK, Patro SK, Basarkar SS. Concrete using agro-waste as fine aggregate for sustainable built environment – A review. Int J Sustain Built Environ 2016;5:312–33. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2016.06.003.

[4]. Shirkouh AH, Soliman A, Palacios J, Godbout S. Applications of Agro-waste in the Construction Industry: A Review. In: Gupta R, Sun M, Brzev S, Alam MS, Ng KTW, Li J, et al., editors. Proc. Can. Soc. Civ. Eng. Annu. Conf. 2022, Cham: Springer Nature Switzerland; 2024, p. 885–94.

[5]. Maraveas C. Agriculture Waste for Sustainable Building Materials. In: Arora J, Joshi A, Ray RC, editors. Transform. Agric. Residues Sustain. Dev. Waste Wealth, Cham: Springer Nature Switzerland; 2024, p. 321–51. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61133-9_14.

[6]. Triệu Cẩm Tú (2022): "Cây mắc-ca, hướng phát triển mới cho nông nghiệp Tây Nguyên". Cổng thông tin Khoa học và Công nghệ, truy cập tại: http://surl.li/sxrct [Truy cập 01/4/2025].

[7]. Ahmad W, Ahmad A, Ostrowski KA, Aslam F, Joyklad P. A scientometric review of waste material utilization in concrete for sustainable construction. Case Stud Constr Mater 2021;15:e00683. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00683.

[8]. Khan, Md & Islam, Md Mainul & Epaarachchi, Jayantha & Shibata, Shinichi. (2023). Exploring the Prospects of Macadamia Nutshells for Bio-Synthetic Polymer Composites: A Review . Polymers, Vol 15, pp. 4 .

[9]. Dejang N, Somprasit O, Chindaruksa S. A Preparation of Activated Carbon from Macadamia Shell by Microwave Irradiation Activation. 2015 Int Conf Altern Energy Dev Ctries Emerg Econ 2015;79:727–32. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.556.

[10]. Liu Y, Wu H, Gao Y, Wang W, Wang Z. Influence of macadamia nutshell particles on the apparent density and mechanical behavior of cement-based mortars. Constr Build Mater 2024;411:134600. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134600.

[11]. D'Eusanio, Veronica & Bertacchini, Lucia & Marchetti, Andrea & Mariani, Mattia & Pastorelli, Stefano & Silvestri, Michele & Tassi, Lorenzo (2023). Rosaceae Nut-Shells as Sustainable Aggregate for Potential Use in Non-Structural Lightweight Concrete. Waste, Vol 1, pp. 549-568.

[12.] Jannat, Nusrat & Almufti, Rafal & Hussien, Aseel & Abdullah, Badr & Cotgrave, Alison. (2021). Utilisation of nut shell wastes in brick, mortar and concrete: A review. Construction and Building Materials, Vol 293, pp.1-17.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 31/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2025

The impact of dynamic loads on the displacement of drainage system during urban upgrading: A case study on Tran Van Hoai street, Can Tho City

Ảnh hưởng của tải trọng động đến chuyển vị của cống thoát nước trong quá trình nâng cấp đô thị: Trường hợp nghiên cứu tại đường Trần Văn Hoài, TP Cần Thơ

> PHAM HUU HA GIANG*, TRAN HOANG NAM, LE GIA LINH, NGUYEN MANH CUONG
PHAM MINH TRIET, DINH VAN DUY
College of Engineering - Can Tho University, Campus II
Email: namtran3003nn@gmail.com, legialinh01032003@gmail.com
cuongqldank@gmail.com, pmtriet@ctu.edu.vn,dvduy@ctu.edu.vn
*Corresponding Author, Email: phhgiang@ctu.edu.vn

ABSTRACT
This study examines the impact of dynamic loads on the displacement of drainage system along Tran Van Hoai Street, Can Tho City, using FLAC 7.0 simulations. The goal is to analyze the effects of dynamic loading on the culvert structure in the typical geological conditions of the Mekong Delta, which consist of alluvial soil, mud, and clay. The results show that dynamic loads significantly affect the displacement of the culvert, with displacements being 2.5 times greater than under static loads. Amplitude is the key factor, as larger amplitudes cause a noticeable increase in displacement, heightening the risk of damage and reducing drainage efficiency. Although frequency impacts displacement, the variation is minimal when the frequency ranges from 1 Hz to 5 Hz. The HL93 vehicle produces larger displacements than the Hamm 3412 roller, demonstrating that vehicles with greater loads and more intense oscillations cause more significant deformation. The findings highlight the need for detailed evaluation of dynamic load impacts during road upgrading projects, especially in areas with soft soil conditions like Can Tho City. To ensure safety and sustainability, measures such as soil reinforcement and optimized culvert design are recommended to improve urban infrastructure and support the city's long-term development.
Keywords: Dynamic load; displacement; drainage system.

TÓM TẮT
Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của tải trọng động đến chuyển vị của cống ngầm trong hệ thống thoát nước đô thị tại khu vực đường Trần Văn Hoài, TP Cần Thơ, thông qua mô phỏng số bằng phần mềm FLAC 7.0. Mục tiêu là phân tích tác động của tải trọng động đến kết cấu cống trong điều kiện địa chất đặc trưng của Đồng bằng sông Cửu Long, với lớp đất phù sa, bùn và đất sét. Kết quả nghiên cứu cho thấy tải trọng động tác động đáng kể đến chuyển vị của cống, với chuyển vị lớn hơn 2,5 lần so với tải trọng tĩnh. Biên độ của tải trọng động là yếu tố quan trọng nhất, vì biên độ lớn hơn sẽ làm tăng chuyển vị rõ rệt, làm tăng chuyển vị và từ đó có thể gây hư hỏng và giảm hiệu quả thoát nước. Mặc dù tần số có ảnh hưởng nhất định, nhưng sự thay đổi chuyển vị không lớn khi tần số thay đổi từ 1 Hz đến 5 Hz. Xe HL93 tạo ra chuyển vị lớn hơn xe Lu Hamm 3412, cho thấy rằng các xe có tải trọng lớn hơn và cơ chế dao động mạnh mẽ gây ra sự biến dạng lớn hơn cho cống. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc đánh giá tác động của tải trọng động trong các dự án nâng cấp đường, đặc biệt là ở khu vực có nền đất yếu như TP Cần Thơ. Để đảm bảo an toàn và bền vững, cần áp dụng các biện pháp như gia cố nền đất và tối ưu hóa thiết kế cống ngầm, góp phần nâng cao chất lượng hạ tầng đô thị và hỗ trợ phát triển bền vững cho thành phố.
Từ khóa: Tải trọng động; chuyển vị; cống thoát nước.

1. INTRODUCTION

Urban expansion and population growth intensify pressure on underground drainage systems, where dynamic loads from traffic and construction accelerate structural deformation, especially in soft soils like the Mekong Delta. With rapid urbanization, underground space development has emerged as an optimal solution to maximize land use, alleviate surface infrastructure pressure, and enhance drainage efficiency. However, these structures face significant risks of subsidence and deformation under dynamic loading. Traffic-induced dynamic loads, combined with groundwater infiltration, can substantially increase structural displacement, particularly in urban areas with soft soils [1]. The study of [2]safeguard and the pipeline are considered as Euler Bernoulli's beam. Advanced soil model is used (viscoelastic foundation with shear interaction between springs utilized Plaxis 3D to evaluate the impact of vehicular loads on underground pipelines, revealing that as the applied load increased from 100 kN to 500 kN, pipeline deflection rose from 4.12mm to 17.54mm. This underscores the necessity of analyzing dynamic load effects on underground structures to propose appropriate reinforcement solutions. Previous studies have primarily focused on seismic or environmental loads, while the effects of vehicular and construction-induced dynamic loads remain underexplored. Dynamic loads can amplify structural oscillations by 3%-11% compared to static loads [3]. The study of [4] simulated pavement-induced vibrations, indicating that when vehicle oscillation frequencies range between 8-12 Hz, resonance may occur, increasing structural damage risks. In Vietnam, [5] applied Plaxis 2D to analyze underground structure displacement in soft soils, showing a maximum lateral displacement of 8.252×10^{-2} m, while vertical displacement was lower, reflecting the significant impact of dynamic loading. Study [6] simulated blast load effects on reinforced concrete structures in clay-rock environments using ABAQUS, highlighting stress variations between homogeneous and heterogeneous soil conditions. Although direct research on dynamic load effects on underground structures in Vietnam is limited, international studies confirm that dynamic loads tend to induce greater displacement than static loads.

Moreover, the study by [7] expanded upon and further clarified the findings of [8], indicating that the appropriate depth for placing underground culverts to minimize the impact of dynamic loads is around 700mm. Additionally, [9] also demonstrated that underground structures, when reinforced with surrounding materials, are less susceptible to the adverse effects caused by dynamic loads. The study [10] shows that the greater the depth, the smaller the displacement of the underground structure. These findings emphasize the need for in-depth investigations into dynamic load impacts on underground structures under real-world conditions in Vietnam.

In this study, a numerical simulation model using FLAC 7.0 will be applied to evaluate the displacement of underground drainage structures under static and dynamic loading. Various load types, including Concentrated Load (CL), Distributed Load (DistL), and Uniformly Distributed Load on the Wheel Track (UDLWT), will be considered to analyze the impact of dynamic loads at different frequencies (1 Hz, 3 Hz, 5 Hz). The findings of this study will provide a scientific basis for optimizing design and proposing maintenance solutions for underground drainage systems, particularly in soft soil regions such as Can Tho City.

2. METHODOLOGY

2.1. Study location

The study area is Tran Van Hoai Street, Can Tho City, as shown in Figure 1 and Figure 2. This area experiences high traffic density and is significantly affected by dynamic loads from vehicles, particularly heavy vehicles. The selection of this site aims to assess the impact of dynamic loading on underground drainage displacement in soft geological conditions, providing a basis for proposing technical solutions to enhance the durability and stability of urban drainage systems.



Figure 1. Tran Van Hoai Street, Can Tho City (Source: Google Maps)



Figure 2. Upgrading of Tran Van Hoai Street (Photo taken on February 24, 2025)

Figure 3 and Figure 4 illustrate the current and upgraded cross-sections of Trần Văn Hoài Street, Cần Thơ City, respectively.

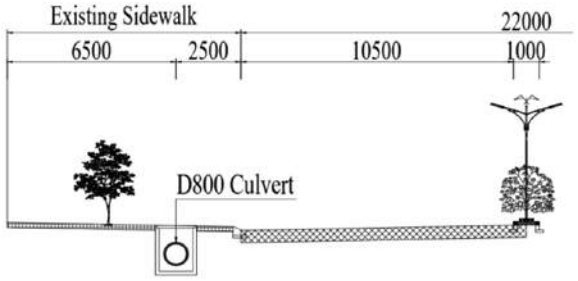


Figure 3. Half of the cross-section of the existing pavement (unit: mm)

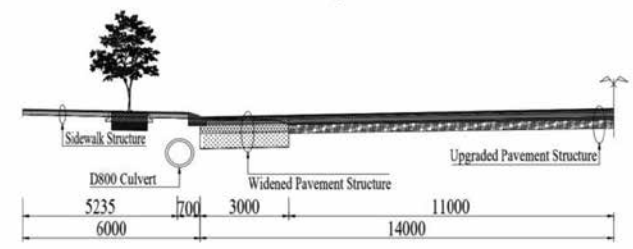


Figure 4. Half of the cross-section of the upgraded pavement (unit: mm)

2.2. Geological data

The physical and mechanical properties of soil are summarized in below.

Table 1. Geotechnical properties of the foundation soil

Soil Layer	Depth (m)	Unit weight (kN/m^3)	Elastic Modulus (MPa)	Cohesion kN/m^2)	Internal friction angle (°)
1	1,2	19,5	70.0	5	40
2	13,6	15,71	50	8.2	3.11

2.3. Pavement structure

The pavement structure layers are designed in accordance with the institutional standard TCCS 38:2022/TCĐBVN, "Flexible Pavement – Requirements and Design Guidelines.

Table 2 Simulation data for pavement structure

No.	Layer		Thickness (cm)	Unit weight γ (kN/m^3)	Elastic Modulus E (MPa)	Poisson's ratio v
1	Side walk	MAC200 brick layer	5	22.0	24000	0.2
		sand backfill layer	20	19.5	70.0	0.3
2	Dense asphalt concrete c12.5		5	23.0	188.05	0.3
3	Medium-grained dense asphalt concrete C19		7	23.0	178.10	0.3
4	Grade I crushed stone base		15	21.0	155.20	0.3
5	leveling Layer of Grade I crushed stone base		5	21.0	155.20	0.3
6	existing pavement surface		30	23.0	188.05	0.3
7	Sand backfill layer		120	19.5	70.0	0.3
8	Subgrade soil		380	15.71	50.0	0.3
9	D800 Concrete pipe (MAC400)		10	24.5	32500	0.2
10	Pipe bedding		12	24.5	24000	0.2

2.4. Simulation case

This study evaluates the impact of vehicular loads on underground structures under different pavement conditions, including existing and upgraded roads. The two simulation vehicles include the HL93 vehicle and the Hamm 3412 roller, considered under static (SL) and dynamic (DynL) conditions at frequencies of 1 Hz, 3 Hz, and 5 Hz for the roller, and 0.1 Hz, 0.5 Hz, 1 Hz, 3 Hz, and 5 Hz for the HL93 vehecle.

Table 3. Simulation cases

Load type	Static load	Dynamic load									
		Frequency									
		0.1Hz		0.5Hz		1Hz		3Hz		5Hz	
		Amplitude									
		5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Hamm 3412	Case 1	-	-	-	-	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
HL93	Case 8	Case 9	Case 10	Case 11	Case 12	Case 13	Case 14	Case 15	Case 16	Case 17	Case 18

2.5. Dynamic model

Figure 5 presents the load model of the HL93 vehecle, including axle load distribution and overall vehicle dimensions. The HL93 vehecle is a standard design load commonly used in bridge and roadway evaluation, with a total load of 325 kN, distributed across three axles: a front axle load of 35 kN and two rear axles of 145 kN each. The axle spacing varies between 4.3m and 9m, depending on actual conditions. In this study, the load selected for analysis is the 145 kN axle.

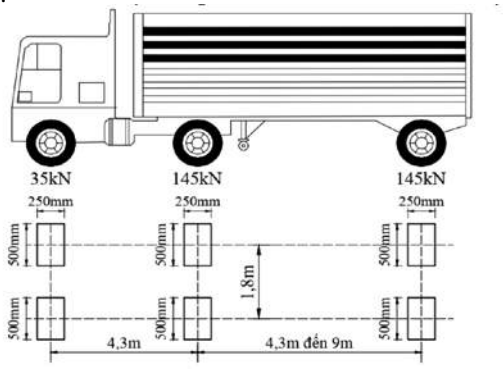


Figure 5. HL93 vehecle axle load

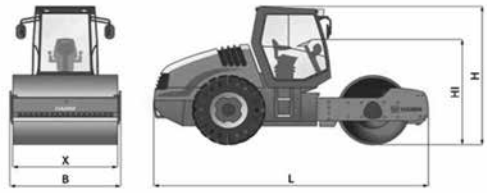


Figure 6. Hamm 3412 roller

According to the studies [11], [12], oil displacement is highest under dynamic loading at low frequencies and gradually decreases as the frequency increases. When the frequency exceeds 5 Hz, soil displacement shows minimal variation. Therefore, this study focuses on analyzing the impact of dynamic loading at three frequency levels - 1 Hz, 3 Hz, and 5 Hz - to assess changes in the subsoil behavior. Additionally, according to [3], the magnitude of dynamic loads ranges from 3% to 11% of static loads. In this study, the dynamic load magnitude is set at an average values of 5% and 10% relative to the static load.

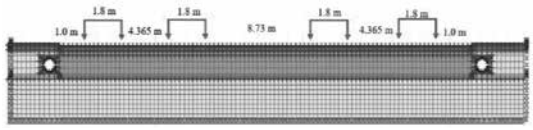


Figure 7. Load arrangement diagram of HL93 vehicle

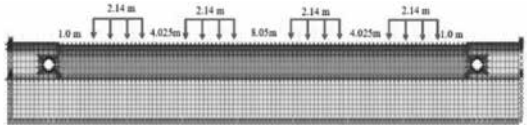


Figure 8. Load arrangement diagram of Hamm 3412 roller

2.6. Finite element method (FEM)

The analysis in FLAC7.0 employs the Finite Difference Method (FDM). FDM discretizes the analysis domain into a grid of square or simple geometric elements and approximates derivatives to compute variable values at grid nodes. FLAC operates based on a Lagrangian approach, allowing the simulation grid to move with the material, enabling the modeling



Figure 9. Model Development Process Using FLAC 7.0

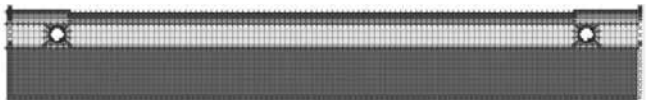


Figure 10. Finalized Model of large deformation and nonlinear problems

3. RESULTS & DISCUSSION

Figure 10, Figure 11, Figure 12 respectively simulate the results of displacement, displacement zones, and stress distribution of the drainage pipe.

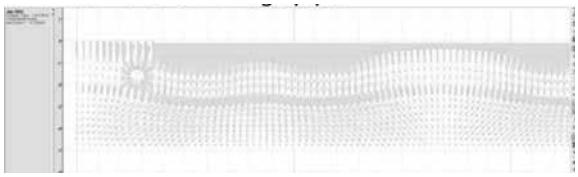


Figure 11. Displacement of the drainage pipe

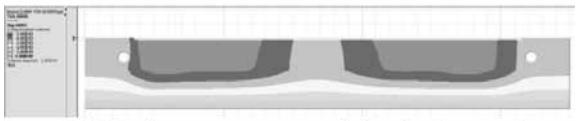


Figure 12. Displacement zones of the drainage pipe

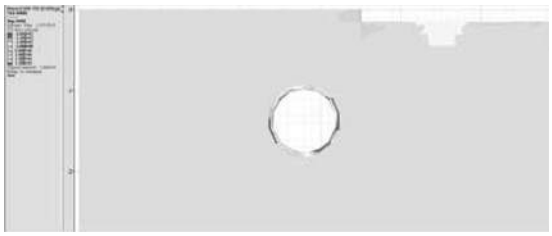


Figure 13. Stress distribution of the drainage pipe

The results from the model cases are presented in Table 4 and Table 5.

Table 4. The results of the Hamm 3412 load

No	Type of Load	Amplitude (%)	Load (kN/m)	Frquency (Hz)	Displacement (mm)	
					X	Y
1	Static	-	31	-	0	2.6
2	Dynamic	5%	31	1	0	5.2
3		5%	31	3	0	5.3
4		5%	31	5	0	5.3
5	Dynamic	10%	31	1	0	5.5
6		10%	31	3	0	5.6
7		10%	31	5	0	5.9

Table 5. The results of the HL93 vehicle load

No	Type of Load	Amplitude (%)	Frquency (Hz)	Load (kN/m)	Displacement (mm)	
					X	Y
8	Static	-	-	1421.6	0	3.5
9	Dynamic	5%	0.1	1421.6	0	4.4
10		5%	0.5	1421.6	0	5.7
11		5%	1	1421.6	0	8.4
12		5%	3	1421.6	0	8.5
13		5%	5	1421.6	0	8.7
14		10%	0.1	1421.6	0	4.8
15		10%	0.5	1421.6	0	6.1
16		10%	1	1421.6	0	8.8
17		10%	3	1421.6	0	8.9
18		10%	5	1421.6	0	9

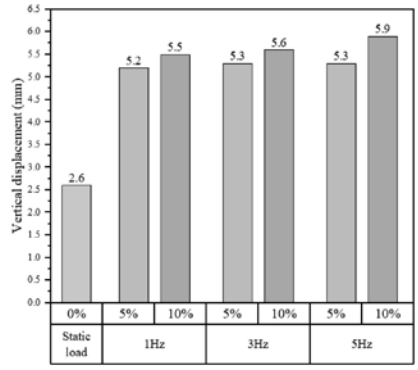


Figure 14. Displacement of the culvert due to the Hamm 3412 roller load

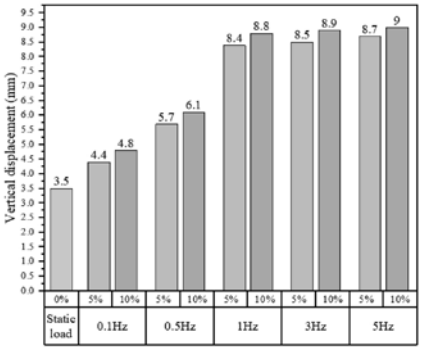


Figure 15. Displacement of the culvert due to the HL93 vehicle load

3.1. The effect of static and dynamic loads on the displacement of the drainage

Under static loading conditions, the Hamm 3412 roller induces a displacement of 2.6 mm, while the HL93 vehicle generates a larger displacement of 3.5 mm (Figure 14, Figure 15). This discrepancy can be attributed to the differences in the load distribution between the two vehicle types. The HL93 vehicle, which has a more substantial structure and greater weight compared to the Hamm 3412 roller, applies a more significant force to the culvert, resulting in a larger displacement. The data presented in the table demonstrates that, under static load conditions, the displacement tends to stabilize, showing minimal variation. This reflects the limited influence of dynamic factors in static scenarios. These findings suggest that, in static conditions, assessing the load-bearing capacity and deformation of the culvert is crucial for ensuring the mechanical integrity of the structure when subjected to a constant, unchanging load.

In contrast, under dynamic loading conditions, the difference in displacement between the two vehicles becomes more evident. For the Hamm 3412 roller, displacement varies from 5.2 mm at a 5% amplitude (1 Hz frequency) to 6.1 mm at a 10% amplitude. Similarly, the HL93 vehicle induces a more pronounced displacement change as the amplitude increases, with displacement varying from 4.4 mm at a 5% amplitude to 9 mm at a 10% amplitude. These results highlight the significant impact of dynamic loading, characterized by continuous oscillations and varying intensity over time, leading to greater deformations compared to static loads. Furthermore, this

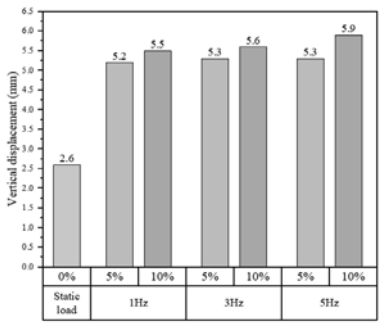
emphasizes the substantial influence of dynamic loads on drainage culverts, particularly in traffic environments where load magnitudes are unstable and fluctuate frequently.

3.2. The effect of amplitude and frequency on the displacement of the drainage

The amplitude and frequency of dynamic loads significantly influence the displacement of the drainage culvert. Among these factors, amplitude is the most critical in both vehicle types. Specifically, at an amplitude of 5%, the displacement of the culvert under the Hamm 3412 roller load varies from 5.2 mm to 5.4 mm (Figure 14), while for the HL93 vehicle, the displacement ranges from 4.4 mm to 8.7 mm (Figure 15). This increase in displacement reflects the effect of amplitude on the intensity of dynamic loading, with higher amplitudes resulting in a greater force exerted on the culvert, leading to more pronounced deformation .

When the amplitude increases to 10%, the displacement of the Hamm 3412 roller continues to increase, ranging from 5.5mm to 6.1mm, while the HL93 vehicle exhibits a more substantial increase, from 4.8mm to 9mm. These results demonstrate that larger amplitudes result in a significant rise in displacement, indicating a considerable influence of amplitude on the structural response. A 10% amplitude particularly amplifies both the oscillatory motion and deformation of the culvert, potentially causing structural damage if not thoroughly considered in the design process.

In contrast, the effect of frequency is less pronounced. Although the frequency of the dynamic load varies from 1 Hz to 10 Hz, the displacement does not change substantially. For instance, at an amplitude of 5%, the displacement of the Hamm 3412 roller varies slightly from 5.2mm to 5.4 mm as the frequency changes, while for the HL93 vehicle, the displacement shifts from 8.4mm to 8.7mm. When the amplitude is increased to 10%, the variation in displacement remains relatively modest despite frequency changes from 1 Hz to 5 Hz. These observations suggest that frequencies ranging from 1 Hz do not have a significant effect on the displacement of the drainage culvert.



The findings of previous studies corroborate these observations. Youssef M.A. Hashash et al. (2001) reported that the dynamic displacement of underground structures is typically 6 to 8 times larger than that under static loads, depending on soil properties and culvert depth. Likewise, Xu et al. (2017) demonstrated that lateral displacement increased from 1.2 mm under static loading to 7.5 mm under dynamic loading at 5 Hz, reflecting an approximate 6.25-fold increase. Similarly, Sakyi et al. (2018) observed that the vertical displacement of underground structures increased from 1 mm under static load conditions to 6 mm under dynamic loading, indicating an approximate 6-fold increase. These studies highlight that dynamic loads generally result in significantly larger displacements compared to static loads, particularly in soft soil conditions.

In the present study, the difference in displacement under static and dynamic loads emphasizes the considerable effect of dynamic loads on the drainage culvert. Displacements under dynamic loading are consistently higher than those under static loading. Specifically, for the Hamm 3412 roller, displacement increases from 2.6mm under static conditions to 5.3mm at 5% amplitude and 5 Hz frequency. Similarly, the HL93 vehicle induces a larger displacement, with an increase of approximately 2.5 times compared to the static condition. These results confirm that dynamic loads, particularly those with high amplitudes, significantly affect the displacement of drainage culverts, thereby increasing the potential for structural instability and reduced drainage efficiency.

4. CONCLUSION

Based on the displacement analysis of upgraded pavements under HL93 and Hamm 3412 roller loads, the following conclusions can be drawn:

(i) This study demonstrates that dynamic loads significantly affect the displacement of the drainage culvert more than static loads. Amplitude is the most influential factor, with larger amplitudes causing a notable increase in displacement, heightening the risk of damage and reducing drainage efficiency.

(ii) Frequency does have an impact; however, the displacement changes little as the frequency varies from 1 Hz to 5 Hz. This suggests that amplitude, rather than frequency, is the primary driver of deformation under dynamic loading.

(iii) The HL93 vehicle induces larger displacements than the Hamm 3412 roller, both statically and dynamically, highlighting that heavier vehicles with stronger oscillatory forces cause greater deformation. These findings emphasize the need to carefully assess the impact of dynamic loads, particularly amplitude, in transportation infrastructure design.

REFERENCES

[1]. J. Yang, Y. Cheng, D. Cui, Z. Zhang, B. Zhang, and Y. Gan, "Study of the Effect of Seepage-Cyclic Load Coupling Disturbance on the Physical Field in Old Urban Underground Spaces," Sustainability, vol. 16, no. 9, p. 3588, Apr. 2024.

[2]. C. H. Chaudhuri and D. Choudhury, "Protection of pipeline below pavement subjected to traffic induced dynamic response," Scientific Reports, vol. 13, no. 1. 2023.

[3]. D. W. Park, A. T. Papagiannakis, and I. T. Kim, "Analysis of dynamic vehicle loads using vehicle pavement interaction model," KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 18, no. 7. pp. 2085-2092, 2014.

[4]. M. Agostinacchio, D. Ciampa, and S. Olita, "The vibrations induced by surface irregularities in road pavements - a Matlab ® approach," pp. 267-275, 2014.

[5]. Lê Bảo Quốc, Nghiêm Mạnh Hiến, and Vũ Đình Lợi, "Tác động động đất đối với công trình ngầm đô thị trong tầng đất mềm nhiều lớp trên nền đá cứng," no. October, 2023.

[6]. V. Hùng and H. Đứ, "Ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) chịu tác dụng của tải trọng nổ trong môi trường đất sét lẫn đá hộc," vol. 7, no. 1, pp. 133-138, 2024.

[7]. M. Xu, D. Shen, and B. Rakitin, "The longitudinal response of buried large-diameter reinforced concrete pipeline with gasketed bell-and-spigot joints subjected to traffic loading," Tunn. Undergr. Sp. Technol., vol. 64, pp. 117-132, 2017.

[8]. W. J. Rankin, "Ground movements resulting from urban tunnelling: Predictions and effects," Geol. Soc. Eng. Geol. Spec. Publ., vol. 5, no. 5, pp. 79-92, 1988.

[9]. Youssef M.A. Hashash, Jeffrey J. Hook, Birger Schmidt, and John I-Chiang Yao, "Seismic design and analysis of underground structures," Tunn. Undergr. Sp. Technol., vol. 16, no. 4, pp. 247-293, 2001.

[10]. K. S. Sakyi, K. Benjamin, K. Godson, and J. Univeristy, "SEISMIC RESPONSE ANALYSIS OF UNDERGROUND," vol. 8, no. 4, 2018.

[11]. R. Y. Tan and C. H. Yang, "Structural Responses of Underground Pipelines to Dynamic Loadings," Mech. Struct. Mach., vol. 16, no. 1, pp. 103-122, Jan. 1988.

[12]. L. Keykhosropour and A. Lemnitzer, "Experimental studies of seismic soil pressures on vertical flexible, underground structures and analytical comparisons," Soil Dyn. Earthq. Eng., vol. 118, no. August 2018, pp. 166-178, Mar. 2019.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Technical-economical evaluation of extraction methods for volatile fatty acid recovery from rich organic wastewater streams

Đánh giá kỹ thuật-kinh tế các phương pháp chiết xuất thu hồi axit béo dễ bay hơi từ các dòng nước thải giàu hữu cơ

> MINH DUC NGUYEN[1], NGOC BAO AN NGO[1], THU HANG DUONG[2,*]
[1]Chemistry and Life Science School, Hanoi Science and Technology, Hanoi, Vietnam
[2]Environmental Engineering, Hanoi University of Civil Engineering, Hanoi, Vietnam
[*]Corresponding author: Thu Hang Duong Email: hangdt@huce.edu.vn

ABSTRACT

Many kinds of wastewater contain rich organic content and their discharge flows into water sources can cause severe environmental pollution. Anaerobic digestion can be used to recover volatile fatty acids (VFAs) from high-strength wastewater and organic waste. The recovery of VFAs presents a paradigm shift in waste management and resource utilization. By transforming organic waste into valuable bio-based products, VFAs offer a sustainable solution to global challenges such as climate change and resource depletion. This paper critically analyzed different VFA extraction methods including adsorption, solvent extraction, electrodialysis, membrane filtration, distillation, precipitation, gas stripping and pervaporation. It provides recommendations in selecting the most suitable technology via efficient extraction and practical applicability of the different techniques, simultaneously analyzing market trends and opportunities. This research opens a new, promising avenue for transforming waste into valuable resources.

Keywords: Fermentation; wastewater; carboxylates; volatile fatty acids; extraction.

TÓM TẮT

Nhiều loại nước thải công nghiệp chế biến thực phẩm chứa hàm lượng hữu cơ cao và việc xả thải các dòng thải gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Công nghệ lên men được sử dụng để thu hồi khí sinh học hoặc axit béo dễ bay hơi (VFA) từ nước thải có nồng độ hữu cơ cao. Nghiên cứu này đánh giá các phương pháp chiết tách VFA từ dòng nước thải sau lên men, bao gồm: hấp phụ, chiết dung môi, điện thẩm tách, lọc màng, chưng cất, kết tủa, tuốt khí và bay hơi thẩm thấu, đồng thời đưa ra các khuyến nghị trong việc lựa chọn phương pháp chiết tách hiệu quả và khả năng ứng dụng thực tế, phân tích xu hướng và cơ hội thị trường đối với nguồn nguyên liệu hóa sinh quan trong này. Nghiên cứu mở ra một con đường mới đầy hứa hẹn chuyển đổi chất thải thành các nguồn tài nguyên có giá trị.

Từ khóa: Quá trình lên men; nước thải; các axit béo dễ bay hơi; quá trình chiết xuất.

1. INTRODUCTION

The imperative for sustainable development has become increasingly pressing in the contemporary era when industrialization and modernization have made significant strides. It is crucial to prioritize the treatment of polluted water and the exploitation of renewable sources to ensure a sustainable future. Industrial food processing wastewater, typically high content of organics, considered a mere waste product, is now recognized as a valuable resource. Traditionally, fermentation was defined as the process of introducing microorganism into food. However, the concept of fermentation has evolved to encompass a broader range of microbial-mediated transformations that can occur under both anaerobic and aerobic conditions. This broader definition recognizes the diverse metabolic capabilities of microorganisms and their ability to produce a wide array of valuable products. These technologies, such as anaerobic digestion, biohydrogen production, microbial fuel cell technology, and fermentation processes for economic and environmental benefits [1, 2]. In the context of dwindling fossil fuel reserves and escalating environmental concerns, the pursuit of renewable and sustainable energy sources has become increasingly urgent. Anaerobic digestion, a biological process that breaks down organic matter in the absence of oxygen, has emerged as a promising solution. Notably, the integration of anaerobic digestion into wastewater

treatment plants has opened new avenues, not only for energy generation but also to produce various high-value products [3-6].

Volatile fatty acids (VFAs), low molecular weight organic compounds or carboxylates produced during anaerobic digestion, serve as crucial intermediates in microbial energy metabolism and hold immense potential for a wide range of applications [7, 8]. In terms of production of chemicals, extraction and purification of VFA flow from fermented wastewater is paramount to fully harness their potential.

This paper provides a detailed overview of VFA extraction methods including adsorption, solvent extraction, electrodialysis, membrane filtration, distillation, precipitation, gas stripping, pervaporation, and subsequently present arguments on the technical challenges and advantages, economic aspects of each technical application. It focuses on elucidating the selection of suitable technologies, delving deeper into practical applicability, simultaneously analyzing market trends and opportunities of the VFA extraction methods. This research directs strategies for extracting VFA from the down streams of wastewater fermentation, opening a sustainable innovative avenue for transforming waste into valuable resources.

2. TECHNIQUES FOR EXTRACTING VFA IN THE DOWN STREAMS OF ANAEROBIC FERMENTED WASTEWATER

2.1. Adsorption

Adsorption relies on physicochemical interactions between volatile fatty acids (VFAs) and porous adsorbents. [9]. Electrostatic attraction occurs between carboxylate anions (at pH > pKa) and positively charged functional groups, while hydrophobic interactions dominate for protonated VFAs (pH < pKa) with nonpolar adsorbents like activated carbon. The process involves three stages: (i) diffusion to adsorbent surfaces, (ii) binding to active sites, and (iii) desorption via solvent/thermal regeneration. Selectivity depends on pore size, surface chemistry, and VFA chain length [9-11].

2.2. Solvent extraction

Carboxylates compounds dissolve in the solvent due to their polar nature, while non- polar compounds will not dissolve. Reyhanitash et al., [9] described the process of extracting VFAs from fermented wastewater relied on several physicochemical principles. Protonated VFAs partition into organic solvents (e.g., trioctylamine/octanol) via solubility differences. Fermented wastewater solutions normally contain Na^+, K^+, Cl^-, and VFAs (acetic, propionic, butyric acids) and solvents such as trioctylamine (TOA) in n-octanol and ionic liquid can be used for single or multi-stage liquid-liquid extraction. Back-extraction with NaOH can recover VFAs as salts.

2.3. Electrodialysis

Under the influence of an electric field, carboxylate compounds migrate toward the electrode with the opposite charge, aiding in their separation. In the broth fermented wastewater, organic acids exist in ionic form, mainly as $RCOO^-$ anions and H^+ cations. When an electric field is applied, $RCOO^-$ anions are attracted toward the anode and pass-through anion-exchange membranes, accumulating in the concentrated compartment. At the same time, H^+ cations migrate toward the cathode through cation-exchange membranes. This process reduces the concentration of organic acids in the diluted compartment while increasing their concentration in the concentrated compartment, enabling acid recovery and wastewater purification. Compared to biological treatment methods, which result in the complete degradation of organic acids into CO_2 and CH_4, electrodialysis preserves the valuable organic compounds for reuse. The study of Jones et al., [12] showed that conventional electrodialysis (CED) via an electrical potential across electrodes, causing ions to migrate through selective membranes, separating VFAs from fermentation broths. This approach leverages ion flux driven by electrical and concentration gradients.

2.4. Membranes filtration

Reverse Osmosis (RO) uses high pressure to push water and small molecules through a semi-permeable membrane, leaving large molecules, such as carboxylates and other organic compounds, on the feed side. This high-pressure membrane filtration process is used to remove small molecules and ions from a solution, making it suitable for applications requiring high purity [13]. Nano-filtration (NF) operates under moderate pressure and uses a membrane with larger pores than Reverse Osmosis (RO). It selectively allows smaller molecules and ions to pass through while retaining bigger ions. As Zhou et al., [13] reported NF is applied to separate acetic acid from monosaccharides in lignocellulosic hydrolysates. The goal of using NF is to reduce the concentration of acetic acid, which acts as an inhibitor in the fermentation process, while retaining as much sugar as possible for ethanol production.

2.5. Distillation

Distillation is a method that can be used to extract carboxylates by taking advantage of differences in boiling points between carboxylates and other components in a mixture. It involves heating the mixture so that the carboxylate vaporizes, then condensing it to obtain a purified form. The fundamental principle of VFA recovery relies on liquid-solid or liquid-gas separation to concentrate and extract organic acids from fermented wastewater [14]. Membrane distillation (MD) utilizes temperature differences to evaporate volatile components like VFAs, which are then condensed for high-purity recovery. VFAs have higher volatility than water, so when the temperature increases, these compounds easily evaporate and pass through the membrane. These characteristics enable the process to achieve high recovery efficiency, especially when integrated with other wastewater treatment technologies.

2.6. Precipitation

Adding salt can precipitate carboxylate compounds for separation from other components as it decreases the solubility of compounds. Calcium salts are normally added to neutralize organic acids, then evaporation can be applied to concentrate the resulting calcium carboxylate solution for crystallization [15]. In the study of Tao et al., [16] the struvite precipitation method was applied to remove ammonium (NH_4^+) and phosphate (PO_4^{3-}) from a volatile fatty acid (VFA)-rich solution after undergoing conventional electrodialysis (CED). By adjusting the pH and adding magnesium ions (Mg^{2+}), NH_4^+ and PO_4^{3-} combine to form struvite crystals ($MgNH_4PO_4{\cdot}6H_2O$), reducing the concentration of inhibitory nutrients in the biological process. The recovered struvite can be reused as a nutrient-rich fertilizer for crops.

2.7. Gas Stripping

Acidification (pH < pKa) converts VFAs to volatile forms, which are stripped using inert gas (e.g., N_2) and absorbed into alkaline solutions as salts. Gas stripping uses a gas stream (such as air or nitrogen) to strip volatile fatty acids (VFAs) from the fermentation broth. The VFAs carried by the gas are then condensed and collected.

2.8. Prevaporation

VFAs dissolve into dense membranes (e.g., PEBA/graphene), diffuse through, and evaporate under vacuum. Hydrophobic VFAs

(e.g., butyrate) exhibit higher permeability. Pervaporation is a membrane-based method used to separate butyric acid from aqueous and anaerobic digestion (AD) solutions. The process operates under vacuum, and permeate is collected via a cold trap [17].

3. DIRECTIVE STRATEGIES IN VFA RECOVERY FROM THE DOWN STREAMS OF WASTEWATER TREATMENT AND GENERAL DISCUSSIONS

Fermentation process transforms organic substances that are converted into a range of valuable products, such as various organic acids including acetic, propionic, butyric, valeric, caproic and lactic acids. They are commonly found in wastewater from fermentation processes, particularly in bio-based industries. The evaluation of VFA recovery methods reveal key insights for selecting the most suitable technology based on specific conditions such as VFA concentration in the fermented wastewater, policy support and sustainable goals and market opportunities for these biochemicals. Table 1 shows strategies for selection of VFA recovery from the down streams of wastewater treatment.

3.1. VFA fermented wastewater concentration

Selective extraction methods depend on ranges of VFA fermented wastewater concentrations. For high VFA concentrations (>50 g/L), distillation and electrodialysis are highly effective due to their ability to separate and purify VFAs at large scales. However, these methods require significant capital investment and energy consumption, making them suitable for well-funded projects. Esterification is another viable option if the goal is to produce biofuels or chemicals from VFAs, though it requires careful handling of toxic catalysts. For medium VFA concentrations (10-50 g/L), adsorption and filtration offer a balanced approach in terms of cost and efficiency, especially when supported by R&D policies such as the EU Horizon 2020 program. Liquid-liquid extraction can also be considered, but its reliance on potentially harmful solvents poses environmental and regulatory challenges. For low VFA concentrations (<10 g/L), gas stripping or membrane extraction are more appropriate due to their ability to handle dilute streams. However, these methods often have lower recovery efficiencies and higher operational costs.

3.2. Policy support and sustainable goals

Government initiatives such as the EU Horizon 2020, U.S. DOE grants, and Brazil's RenovaBio program significantly reduce the financial burden of implementing advanced recovery technologies. These programs often prioritize energy-efficient and sustainable methods, making them attractive for large-scale adoption.

Sustainability is another critical factor, with membrane filtration and adsorption being more environmentally friendly compared to solvent-based methods like liquid-liquid extraction. Methods with lower energy consumption and reduced emissions, such as electrodialysis powered by renewable energy, should be prioritized to align with global sustainability goals.

3.3. Costs and effectiveness

The choice of method depends on several factors, including initial investment costs, operational expenses, and environmental sustainability. For example, adsorption is cost-effective for budget-constrained projects, while pervaporation and electrodialysis require substantial capital but offer higher recovery efficiency.

As no single method is universally optimal, a hybrid approach combining multiple methods can enhance overall efficiency. For instance, filtration can be used as a pre-treatment step to remove solids, followed by adsorption or electrodialysis for VFA recovery. This approach maximizes resource utilization and minimizes waste. Before selecting a technology, a detailed feasibility study is essential to evaluate VFA concentrations, feedstock characteristics, and local conditions. This ensures the chosen method aligns with project goals and constraints. The final decision must balance technical performance, economic feasibility, and sustainability objectives.

VFAs have a wide range of applications in the chemical industry, biofuels and biodegradable plastics to pharmaceuticals and agricultural inputs [18, 19]. Given their numerous applications and their potential to drive sustainable development, the demand for VFAs is projected to increase substantially in the years to come. For example, more than 17.48 million tons of acetic acid were produced globally in 2022, projected to reach 23.6 million tons by 2030 according to Statista[1] for the acetic acid market. With a value of 13.80 billion US dollars in 2023, the global acetic acid market is expected to expand at a compound annual growth rate of 7.6% by 2030[2]. Propionic acid is estimated to be 412.06 kilotons in 2024 and is projected to reach 484.93 kilotons by 2029, growing at a CAGR of 3.31% during the forecast period (2024-2029)[3,4]. The global butyric acid market size reached USD 374.2 million in 2022, and it is projected to hit around USD 578.3 million by 2032 with a noteworthy CAGR of 4.5% from 2023 to 2032 [20, 21].

Currently most of these compounds are primarily produced through petrochemical reforming processes, such as oxidation or carboxylation of precursors like aldehydes and alkenes. The fermentation-based production of these compounds presents a more sustainable alternative to traditional petrochemical refineries, as it reduces the reliance on energy-intensive processes that contribute to CO_2 emissions and ecological imbalance. Consequently, there is a paradigm shift in the production of these valuable VFA to make the production of these compounds economically viable and environmentally friendly.

Table 1. Economic strategies and cost-benefit analysis in VFA recovery from the down streams of wastewater treatment

No.	Techniques	Market Demand	Country Preference	Investment Cost	Processing Cost	Policy Support Level	Challenges	Ref
1	Adsorption	High demand for chemical and pharmaceutical applications.	Widely used in developed countries like the USA, EU, and Japan.	Moderate investment for resin but can be reused. Range: 50,000–200,000 (depending on scale and resin type)	Low: 10–50/ m^3 VFA (depending on resin type and scale)	High: Developed countries like the US and EU have strong R&D support policies.	High regeneration costs, low efficiency for short-chain acids. Desorption step required; Interfered by other compounds; Ion exchange competition	[10, 11, 22]
2	Solvent Extraction	High demand for the chemical and pharmaceutical industries.	Widely used in developed countries like the USA, EU, and Japan.	Moderate investment depends on solvent type and system scale.	Medium: 25–60/m^3 (depending on solvent type and	High: Supported by green technology and sustainability policies.	Generation of wastewater solvent streams can cause	[11, 22]

				Range:150,000–400,000 (depending on scale)	process) Low energy consumption		pollution, high solvent recycling costs.	
3	Electrodialysis	High demand for wastewater treatment and chemical production.	Widely used in developed countries like the USA, EU, and Japan.	High investment due to membrane and electrolysis system requirements. Range: 300,000–800,000 (depending on membrane type and scale)	Medium: 20-50/m^3 VFA (depending on membrane type and scale)	High: Developed countries like the US and EU have strong R&D support policies.	High membrane maintenance costs, prone to clogging from solids in wastewater. High energy demand Expensive equipment for high purity production Electrode corrosion and wear	[12, 22]
4	Membrane filtration	High demand for wastewater treatment and chemical production.	Widely used in developed countries like the USA, EU, and Japan.	Moderate investment depends on membrane type and system scale. Range: 200,00-500,000 (depending on membrane type and scale)	Low: 15-40/ m^3 VFA (depending on membrane type and scale)	High: Supported in developing countries due to low costs and ease of implementation. Wide range of applications and stable performance across various conditions, Suitable for partial seperation applications	Membrane fouling issues, high maintenance costs.	[12, 22, 23]
5	Distillation	Moderate demand, mainly in the chemical and biofuel industries.	Preferred in countries with strong chemical industries like Germany and China.	High investment due to the need for heat and pressure-resistant equipment. Range: 500,000 - 1,000,000 (due to energy and equipment costs)	High:50-100/m^3 VFA (due to high energy consumption)	Low: Limited support due to high costs and low efficiency.	High energy consumption, low efficiency at low VFA concentrations.	[22, 24]
6	Precipitation	High demand for biofuel and chemical production.	Popular in countries with strong biofuel industries like Brazil and the USA.	Moderate investment depends on scale and catalyst type. Range: 100,000–300,000 (depending on scale and catalyst type)	Low capital cost to implement	High efficiency, easy to perform	Long precipitation time Use of corrosive chemicals (acid sulfuric) Water disposal issues	[15, 25]
7	Gas Stripping	Moderate demand, mainly in the chemical and biofuel industries.	Used in countries with strong chemical industries like the USA and Germany.	Moderate investment depends on absorption and gas separation systems. Range: 100,000 - 300,000 (depending on scale)	Medium:20 -50/m^3 (depending on gas type and process)	High: Supported by biofuel development and emission reduction policies.	Low efficiency at low VFA concentrations requires low pH.	[22, 25]
8	Pervaporation	Moderate demand, mainly in the chemical and biofuel industries.	Used in countries with strong chemical industries like the USA and Germany.	High investment due to membrane and vacuum system requirements. Range: 400,000–900,000 (depending on scale)	Medium: 40–80/m^3 (depending on membrane type and process)	Low: Limited support due to low efficiency and suitability for small-scale applications.	High energy consumption, low efficiency at low VFA concentrations.	[17, 22]

4. CONCLUSIONS

The recovery of VFA from wastewater downstream not only reduces our environmental impact but also offers added values from the waste streams. Technologies such as adsorption, solvent extraction, electrodialysis, membrane filtration, distillation, precipitation, gas stripping, and pervaporation can concentrate carboxylates from wastewater, making them available for reuse in chemical production, offering a more sustainable approach. Among the available options, electrodialysis and adsorption stand out due to their high recovery efficiencies (70-95%), compatibility with continuous fermentation systems, and strong policy support in developed countries. Continued research and development, coupled with supportive policies, are essential to unlocking the full potential of VFAs and building a more sustainable future. In conclusion, the selection of a VFA recovery method requires a holistic evaluation of technical, economic, and environmental factors.

Acknowledgements

This research was financed by Vietnam Ministry of Education and Training, research project No. B2024.XDA.04: Research on improved anaerobic process for production of biochemical materials from food processing wastewater treatment at Hanoi University of Civil Engineering.

Author contributions

Nguyen Minh Duc: Investigation, Data analysis, Writing - Original Draft; Writing - Review & Editing. Ngo Ngoc Bao An: Writing - Original Draft; Thu Hang Duong: Conceptualization, Funding acquisition, Supervision, Methodology, Investigation, Data analysis, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

REFERENCES

[1]. Wang, W., L. Xie, J. Chen, G. Luo, and Q. Zhou (2011). Biohydrogen and methane production by co-digestion of cassava stillage and excess sludge under thermophilic condition. Bioresource Technology, 102(4): p. 3833-3839. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.12.012.

[2]. Angenent, L.T., K. Karim, M.H. Al-Dahhan, B.A. Wrenn, and R. Domíguez-Espinosa (2004). Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater. Trends in Biotechnology, 22(9): p. 477-485. DOI: 10.1016/j.tibtech.2004.07.001.

[3]. Duong, T.H. and T.T.V. Nga (2024). Production of Volatile Fatty Acids from Organic-Rich Waste Streams: Current Issues, Challenges, and Opportunities. Current Pollution Reports. DOI: 10.1007/s40726-024-00321-x.

[4]. Bevilacqua, R., A. Regueira López, M. Mauricio-Iglesias, J. Lema, and M. Carballa (2021). Steering the conversion of protein residues to volatile fatty acids by adjusting pH. Bioresource Technology, 320: p. 124315. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.124315.

[5]. Duong, T.H., M. van Eekert, K. Grolle, T.V.N. Tran, G. Zeeman, and H. Temmink (2021). Effect of solid retention time (SRT) on protein hydrolysis and acidogenesis at pH 5 and pH 7 using gelatine as a model protein. Journal of Water Process Engineering, 44: p. 102398. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102398.

[6]. Duong, T.H., K. Grolle, T.T.V. Nga, G. Zeeman, H. Temmink, and M. van Eekert (2019). Protein hydrolysis and fermentation under methanogenic and acidifying conditions. Biotechnology for Biofuels, 12(1): p. 254. DOI: 10.1186/s13068-019-1592-7.

[7]. Sekoai, P.T., K.O. Yoro, M.O. Bodunrin, A.O. Ayeni, and M.O. Daramola (2018). Integrated system approach to dark fermentative biohydrogen production for enhanced yield, energy efficiency and substrate recovery. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 17(3): p. 501-529. DOI: 10.1007/s11157-018-9474-1.

[8]. Dahiya, S., O. Sarkar, Y.V. Swamy, and S. Venkata Mohan (2015). Acidogenic fermentation of food waste for volatile fatty acid production with co-generation of biohydrogen. Bioresource Technology, 182: p. 103-113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.007.

[9]. Reyhanitash, E., B. Zaalberg, S.R.A. Kersten, and B. Schuur (2016). Extraction of volatile fatty acids from fermented wastewater. Separation and Purification Technology, 161: p. 61-68. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.01.037.

[10]. Reyhanitash, E., S.R.A. Kersten, and B. Schuur (2017). Recovery of Volatile Fatty Acids from Fermented Wastewater by Adsorption. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 5(10): p. 9176-9184. DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b02095.

[11]. Rebecchi, S., D. Pinelli, L. Bertin, F. Zama, F. Fava, and D. Frascari (2016). Volatile fatty acids recovery from the effluent of an acidogenic digestion process fed with grape pomace by adsorption on ion exchange resins. Chemical Engineering Journal, 306: p. 629-639. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.07.101.

[12]. Jones, R.J., J. Massanet-Nicolau, A. Guwy, G.C. Premier, R.M. Dinsdale, and M. Reilly (2015). Removal and recovery of inhibitory volatile fatty acids from mixed acid fermentations by conventional electrodialysis. Bioresource Technology, 189: p. 279-284. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.001.

[13]. Zhou, F., C. Wang, and J. Wei (2013). Separation of acetic acid from monosaccharides by NF and RO membranes: Performance comparison. Journal of Membrane Science, 429: p. 243-251. DOI: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2012.11.043.

[14]. González, D., J. Amigo, and F. Suárez (2017). Membrane distillation: Perspectives for sustainable and improved desalination. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80: p. 238-259. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.078.

[15]. Min, D.-J., K.H. Choi, Y.K. Chang, and J.-H. Kim (2011). Effect of operating parameters on precipitation for recovery of lactic acid from calcium lactate fermentation broth. Korean Journal of Chemical Engineering, 28(10): p. 1969-1974. DOI: 10.1007/s11814-011-0082-9.

[16]. Tao, B., P. Passanha, P. Kumi, V. Wilson, D. Jones, and S. Esteves (2016). Recovery and concentration of thermally hydrolysed waste activated sludge derived volatile fatty acids and nutrients by microfiltration, electrodialysis and struvite precipitation for polyhydroxyalkanoates production. Chemical Engineering Journal, 295: p. 11-19. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.036.

[17]. Choudhari, S.K., F. Cerrone, T. Woods, K. Joyce, V.O. Flaherty, K.O. Connor, and R. Babu (2015). Pervaporation separation of butyric acid from aqueous and anaerobic digestion (AD) solutions using PEBA based composite membranes. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 23: p. 163-170. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.08.010.

[18]. Ahmadi, N., K. Khosravi-Darani, and A.M. Mortazavian (2017). An overview of biotechnological production of propionic acid: From upstream to downstream processes. Electronic Journal of Biotechnology, 28: p. 67-75. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.04.004.

[19]. Ghaffar, T., M. Irshad, Z. Anwar, T. Aqil, Z. Zulifqar, A. Tariq, M. Kamran, N. Ehsan, and S. Mehmood (2014). Recent trends in lactic acid biotechnology: A brief review on production to purification. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 7(2): p. 222-229. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.03.002.

[20]. Xiao, Z., C. Cheng, T. Bao, L. Liu, B. Wang, W. Tao, X. Pei, S.-T. Yang, and M. Wang (2018). Production of butyric acid from acid hydrolysate of corn husk in fermentation by Clostridium tyrobutyricum: kinetics and process economic analysis. Biotechnology for Biofuels, 11(1): p. 164. DOI: 10.1186/s13068-018-1165-1.

[21]. Dwidar, M., J.-Y. Park, R.J. Mitchell, and B.-I. Sang (2012). The Future of Butyric Acid in Industry. The Scientific World Journal, 2012(1): p. 471417. DOI: https://doi.org/10.1100/2012/471417.

[22]. Ramos-Suarez, M., Y. Zhang, and V. Outram (2021). Current perspectives on acidogenic fermentation to produce volatile fatty acids from waste. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 20(2): p. 439-478. DOI: 10.1007/s11157-021-09566-0.

[23]. Zacharof, M.-P. and R.W. Lovitt (2013). Recovery of volatile fatty acids (VFA) from complex waste effluents using membranes. Water Science and Technology, 69(3): p. 495-503. DOI: 10.2166/wst.2013.717.

[24]. Mumtaz, T., S. Abd-Aziz, N.A.A. Rahman, P.L. Yee, Y. Shirai, and M.A. Hassan (2008). Pilot-scale recovery of low molecular weight organic acids from anaerobically treated palm oil mill effluent (POME) with energy integrated system. African Journal of Biotechnology, Vol. 7 (21), pp. 3900-3905.

[25]. Li, C., J. Cao, H. Ren, Y. Li, and S. Tang (2015). Comparison on kinetics and microbial community among denitrification process fed by different kinds of volatile fatty acids. Process Biochemistry, 50(3): p. 447-455. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procbio.2015.01.005.

Website

[1]Acetic acid market volume worldwide data, Link https://www.statista.com/statistics/1245203/acetic-acid-market-volume-worldwide/, accessed 31/01/2025.

[2]https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/acetic-acid-market, accessed 31/01/2025.

[3]https://www.statista.com/statistics/1310495/lactic-acid-market-volume-worldwide/, accessed 16/02/ 2025.

[4]https://www.mordorintelligence.com/vi/industry-reports/propionic-acid-market, accessed 16/02/ 2025.

■Ngày nhận bài: 24/4/2025 ■Ngày sửa bài: 08/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 22/5/2025

Tổng quan về ứng dụng phốt pho thạch cao trong xây dựng

Review of phosphogypsum application in construction

> TS NGUYỄN LONG KHÁNH, THS ĐÀO ĐẮC HOÀNG*
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: *hoangdd@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh phát triển cơ sở hạ tầng bền vững, việc tận dụng các phế thải công nghiệp đang trở thành một xu hướng quan trọng, Phốt pho thạch cao (PG) là sản phẩm phụ từ quá trình sản xuất axit photphoric trong ngành phân bón, là một giải pháp thay thế tiềm năng cho thạch cao tự nhiên trong xây dựng. PG có tính năng điều chỉnh thời gian đông kết và tăng cường độ bền cho kết cấu bê tông. Ngoài ra, PG giúp tăng cường độ chịu lực và giảm thiểu hiện tượng sụt lún của nền đất yếu khi xây dựng nền đường. Ngoài ra, PG còn được sử dụng để chế tạo bê tông nhẹ. Bê tông nhẹ chứa PG có trọng lượng thấp nhưng độ bền cao, khả năng cách nhiệt cách âm hiệu quả, phù hợp cho các công trình xây dựng tiết kiệm năng lượng. Việc sử dụng PG không chỉ mang lại lợi ích kinh tế thông qua việc giảm chi phí nguyên liệu mà còn góp phần vào bảo vệ môi trường bằng cách giảm thiểu lượng chất thải công nghiệp.

Từ khóa: Phốt pho thạch cao, vật liệu xây dựng, xây dựng, nền đường.

ABSTRACT

In the context of sustainable infrastructure development, the utilization of industrial waste is becoming a significant trend. Phosphogypsum (PG), a by-product from the production of phosphoric acid in the fertilizer industry, presents a potential alternative to natural gypsum in construction. PG has properties that adjust setting time and enhance the strength of concrete structures. Additionally, PG improves load-bearing capacity and minimizes settlement in weak ground foundations when used for roadbeds. Moreover, PG is also utilized in the production of lightweight concrete. Lightweight concrete containing PG is low in weight but high in strength, with effective thermal and sound insulation properties, making it suitable for energy-saving construction projects. Using PG not only offers economic benefits by reducing material costs but also contributes to environmental protection by minimizing industrial waste.

Keywords: Phosphogypsum, construction material, construction, roadbed.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, chỉ có khoảng 15% PG được tái sử dụng làm vật liệu xây dựng, phân bón nông nghiệp hoặc cải tạo đất, phụ gia điều chỉnh đông kết trong xi măng poóc-lăng và làm tấm thạch cao. Những ứng dụng này nhằm tận dụng đặc tính hóa học của PG để giảm thiểu tác động môi trường và tăng giá trị kinh tế. Tuy nhiên, phần lớn PG (khoảng 85%) vẫn chưa được tái sử dụng và bị lưu trữ tại các bãi thải, gây ra tác động tiêu cực đến môi trường. Các bãi thải này không chỉ chiếm diện tích lớn mà còn gây ô nhiễm đất, nước ngầm và không khí [6]. Việc nghiên cứu và phát triển các giải pháp tái sử dụng PG là một yêu cầu cấp thiết nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực về môi trường và mang lại lợi ích kinh tế bền vững. Các biện pháp này đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa các nhà quản lý và ngành công nghiệp để đảm bảo việc quản lý hiệu quả loại chất thải này.

2. ĐẶC TRƯNG VÀ CÁC TÍNH CHẤT CỦA PG

PG là sản phẩm phụ từ quá trình xử lý quặng phốt phát tự nhiên để tạo ra axit photphoric bằng quy trình công nghiệp ướt. Quy trình xử lý hóa học ướt (hay còn gọi là "Wet Process") được sử dụng phổ biến để sản xuất axit photphoric (lên đến 90%) và thạch cao canxi - chủ yếu ở dạng dihydrate ($CaSO_4.2H_2O$). Phản ứng xảy ra như sau:

$$Ca_5F(PO_4)_3 + 5H_2SO_4 + 10H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5CaSO_4.2H_2O + HF$$

Trong phản ứng này, quặng phốt phát phản ứng với axit sulfuric và nước để tạo ra axit photphoric, thạch cao dihydrate và hydro fluoride (HF) như sản phẩm phụ [3].

2.1. Thành phần hóa học

Thành phần hóa học của PG được sản xuất ở các quốc gia khác nhau được thể hiện trong Bảng 1 [2]. Số liệu cho thấy phần hóa học của PG thay đổi tùy vào vị trí khai thác. Thành phần PG chủ yếu bao gồm CaO va SO_3, chiếm khoảng 70% tổng khối lượng. Ngoài ra, PG con chứa Fe_2O_3, Mg, Al và các chất hữu cơ. Trong quá trình tái sử dụng PG, các tạp chất trong PG có ảnh hưởng đến tính chất của sản phẩm.

Manjit Singh [1] phát hiện rằng 1,0% photphat hòa tan có tác động tiêu cực đến thời gian đông kết và sự phát triển độ bền của

thạch cao selentin. Hơn nữa, flouride và các chất hữu cơ trong PG có thể kéo dài thời gian đông kết của các vật liệu gel. Ngoài ra, những tạp chất này trong PG còn có tác động xấu đến khả năng sử dụng của thạch cao dihydrate và thạch cao hemihydrate. Nói cách khác, PG nên được xử lý trước khi tái sử dụng để loại bỏ các tạp chất.

Bảng 1. Thành phần hóa học của PG [7]

Quốc gia	%CaO	%SO_3	%SiO_2	%Fe_2O_3	%F^-	%Al_2O_3	%P_2O_5	%Others
Trung Quốc		41,40	12,20	-	0,24	0,49	0,08	15,99
Thổ nhĩ kỳ	32,04	44,67	3,44	0,32	0,79	0,88	0,50	17,36
Việt Nam	26,74	38,81	10,40	0,22	1,17	0,75	0,27	21,64
Tuy-ni-di-a	32,80	44,40	1,37	0,03	0,55	0,11	1,69	19,05
Litva	34,35	51,11	4,35	0,06	0,50	0,24	2,33	7,06
Uzbekistan	36,48	49,89	1,89	-	-	0,08	0,44	11,22
Ai Cập	32,14	34,51	8,82	0,35	0,80	0,29	1,72	21,37

2.2. Tính chất vật lý

PG chủ yếu bao gồm các tinh thể thạch cao kích thước mịn. Các tinh thể thạch cao này tụ nhẹ và hình thái của chúng phụ thuộc vào nguồn gốc của quặng phốt phát và điều kiện phản ứng trong quá trình tấn công bằng axit [2]. Hầu hết PG được sản xuất là dạng bột mịn với kích thước hạt phân bổ chủ yếu từ 10 đến 1.000 µm. Với mật độ của các hạt PG dao động từ 2,27 đến 2,4 g/cm^3 và khối lượng riêng xốp của chúng dao động từ 0,9 đến 1,7 g/cm^3 [6], PG có khả năng chịu nén tốt, giảm thiểu biến dạng khi chịu tải trọng. Điều này giúp PG có khả năng điền đầy và đầm nén dễ dàng trong các ứng dụng nền móng hoặc vật liệu nền.

3. ỨNG DỤNG VÀO XÂY DỰNG

3.1. Sử dụng trong sản xuất xi măng

Trong sản xuất xi măng, PG được sử dụng như một phụ gia thay thế cho thạch cao tự nhiên ($CaSO_4.2H_2O$), với vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh thời gian đông kết của xi măng. Cơ chế hoạt động của PG trong quá trình sản xuất xi măng liên quan đến phản ứng giữa canxi sunfat ($CaSO_4$) và các hợp chất trong clanhke, đặc biệt là tricalcium silicate (C_3S) và tricalcium aluminate (C_3A).

Khi trộn phopho thạch cao với clanhke trong quá trình nghiền xi măng, một phần $CaSO_4.2H_2O$ sẽ chuyển hóa thành $CaSO_4.0.5H_2O$ hoặc dạng khan ($CaSO_4$). Canxi sunfat trong PG đóng vai trò kiểm soát phản ứng thủy hóa nhanh của tricalcium aluminate (C_3A), một trong những khoáng chất có khả năng phản ứng mạnh mẽ khi thủy hóa xi măng:

$$C_3A + 3CaSO_4.2H_2O + 26H_2O \rightarrow C_3A.(SO_4)_3.32H_2O \quad \text{(Ettringite)}$$

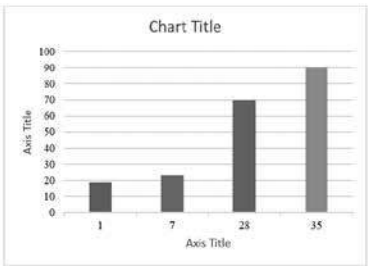
Phản ứng này tạo ra ettringite, một hợp chất có vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh thời gian đông kết của xi măng, giúp ngăn ngừa quá trình đông cứng quá nhanh. Nếu không có thạch cao, xi măng sẽ bị đông cứng đột ngột ngay sau khi thêm nước, dẫn đến sản phẩm không đạt chất lượng. Tuy nhiên, PG thường chứa một số tạp chất như photphat (P_2O_5), fluoride (F^-) và các kim loại nặng khác, có thể ảnh hưởng đến quá trình sản xuất xi măng. Nghiên cứu của Singh và các cộng sự (2005) cho thấy rằng nồng độ photphat cao có thể kéo dài thời gian đông kết và giảm sự phát triển cường độ của xi măng [4]. Do đó, việc xử lý các tạp chất trong phopho thạch cao là cần thiết trước khi sử dụng trong sản xuất xi măng để đảm bảo hiệu quả của sản phẩm.

3.2. Sử dụng trong sản xuất bê tông nhẹ

Sử dụng PG trong sản xuất bê tông không chỉ giúp giảm chi phí nguyên liệu mà còn giúp giảm thiểu lượng chất thải công nghiệp. Theo nghiên cứu từ Bumanis, việc sử dụng PG trong bê tông có thể cải thiện đáng kể tính chất cơ học của vật liệu, bao gồm khả năng chịu nén và chống thấm nước PG trong bê tông nhẹ giúp cải thiện các chỉ số kỹ thuật, như thể hiện trong Bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. So sánh các chỉ số kỹ thuật giữa bê tông truyền thống và bê tông có PG [4]

Chỉ số kỹ thuật	Bê tông truyền thống	Bê tông có PG
Cường độ nén (MPa)	40-50	55-70
Độ dẫn nhiệt (W/mK)	0,18-0,23	0,086-0,153
Trọng lượng (kg/m^3)	2.400-2.500	1.700-1.900
Độ bền kéo (MPa)	5-6	6-8
Tiêu thụ CO_2 (kg/tấn)	700-900	500-650



Hình 1. Cường độ nén của bê tông có PG qua các ngày thử nghiệm [4]

Cường độ nén của bê tông PG tăng dần qua các ngày thử nghiệm, với mức tăng từ 20 - 25 MPa sau 7 ngày và đạt đỉnh 70 MPa sau 28 ngày. So sánh với bê tông thông thường, cường độ chịu nén của bê tông PG cao hơn từ 5 - 10% [2].

Bê tông nhẹ là một loại vật liệu xây dựng có trọng lượng nhẹ hơn so với bê tông truyền thống nhưng vẫn duy trì được độ bền cơ học cao. Sử dụng phopho thạch cao trong sản xuất bê tông nhẹ không chỉ giúp giảm tải trọng công trình mà còn tiết kiệm chi phí vận chuyển và xây dựng. Theo Bumanis (2020), bê tông nhẹ làm từ phốt pho thạch cao có độ dẫn nhiệt thấp, chỉ từ 0,086 đến 0,153 W/mK, giúp tăng hiệu suất cách nhiệt và giảm tiêu thụ năng lượng cho các tòa nhà [4].

3.3. Sử dụng vào nền đường giao thông

Khi PG được trộn vào đất nền trong các công trình giao thông, nó giúp cải thiện đáng kể tính chất cơ học của đất, đặc biệt trong các vùng đất yếu. PG có khả năng cải thiện độ ổn định của nền

đường, tăng cường độ bền nén, giảm sụt lún và biến dạng do tải trọng. Đây là các yếu tố quan trọng trong việc xây dựng các tuyến đường chịu tải lớn hoặc được thi công trên nền đất yếu.

Cường độ nén: PG khi trộn với đất và các phụ gia như xi măng hoặc vôi giúp tăng cường độ nén của nền đường. Theo nghiên cứu từ Men (2022), cường độ nén của nền đất trộn PG và xi măng có thể tăng từ 30% đến 50% so với nền đất không được xử lý [1]. Kết quả cho thấy, sau 28 ngày, cường độ nén của mẫu đất trộn phốt pho thạch cao có thể đạt tới 3,5 - 4 MPa, trong khi nền đất không xử lý chỉ đạt khoảng 1,5 MPa.

Khả năng chống thấm và sụt lún: PG có khả năng hấp thụ nước, giúp nền đất trở nên ổn định hơn trong các điều kiện môi trường ẩm ướt. Theo Gregory (2020), nền đường trộn PG giảm 20 - 30% hiện tượng sụt lún so với nền đất truyền thống. Điều này là do các tinh thể canxi sunfat trong phốt pho thạch cao tạo liên kết chắc chắn với đất, làm giảm sự dịch chuyển của các hạt đất và tăng khả năng chịu lực của nền móng [4].

Khả năng chịu tải: Nghiên cứu thực hiện tại một số khu vực có nền đất yếu ở Trung Quốc và Hoa Kỳ cho thấy rằng, việc trộn PG vào đất có thể làm tăng khả năng chịu tải của nền đường từ 15% đến 25%. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các con đường giao thông cao tốc, nơi có mật độ phương tiện di chuyển cao. Theo Yue (2022), khi trộn khoảng 10 - 15% PG vào đất, khả năng chịu tải của nền móng tăng rõ rệt, giúp tăng tuổi thọ của công trình [2].

Giảm co ngót và cải thiện độ bền kéo: Một trong những thách thức khi thi công đường trên nền đất yếu là sự co ngót và nứt nẻ của nền móng. PG khi trộn vào đất giúp giảm hiện tượng co ngót, đồng thời tăng khả năng chịu kéo của đất. Các thử nghiệm cho thấy rằng, khi trộn 15 - 20% phốt pho thạch cao vào nền đất, độ bền kéo có thể tăng từ 10% đến 18%, giúp nền móng chống chịu tốt hơn trước các lực tác động ngang và đứng [2].

Khi PG được trộn với đất và các chất ổn định như xi măng hoặc vôi, các phản ứng hóa học quan trọng diễn ra, giúp cải thiện tính chất cơ học của nền đất. Thành phần chính của PG là canxi sunfat dihydrate ($CaSO_4.2H_2O$) và khi tương tác với nước và các hợp chất khác trong đất, quá trình thủy hóa diễn ra, tạo ra một cấu trúc ổn định và chắc chắn hơn cho nền móng. Cơ chế hoạt động chính của phốt pho thạch cao trong nền móng là sự chuyển đổi canxi sunfat dihydrate thành dạng bán ngậm nước ($CaSO_4{\cdot}0.5H_2O$) thông qua phản ứng:

$$CaSO_4.H_2O \rightarrow CaSO_4.0.5H_2O + 1.5H_2O$$

Phản ứng này hình thành các tinh thể canxi sunfat ngậm nước, giúp tạo liên kết giữa các hạt đất và ổn định cấu trúc nền móng. Các tinh thể này có khả năng lấp đầy các lỗ trống giữa các hạt đất, làm tăng mật độ của hỗn hợp, từ đó tăng khả năng chịu tải và giảm thiểu biến dạng của nền đường [4, 2].

3.4. Một số dự án sử dụng PG trong xây dựng

PG đã được sử dụng thành công trong nhiều dự án xây dựng và phát triển hạ tầng trên toàn thế giới. Các dự án này không chỉ giúp giải quyết vấn đề tái sử dụng chất thải công nghiệp mà còn mang lại lợi ích kinh tế và bảo vệ môi trường. Dưới đây là một số ví dụ tiêu biểu về ứng dụng PG trong các công trình xây dựng trên thế giới.

Một ví dụ điển hình là dự án xây dựng đường giao thông tại tỉnh Quý Châu, Trung Quốc, PG kết hợp với vôi và tro bay được sử dụng để cải thiện nền đất yếu trong xây dựng đường. Kết quả cho thấy khả năng chịu lực cao, giảm lún sụt đến 30% và giảm chi phí xây dựng khoảng 20%.

Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ đã phê duyệt sử dụng PG trong nền móng cao tốc, giúp giảm chi phí khoảng 25% và duy trì độ bền tương đương vật liệu truyền thống [6].

Ma-rốc là một trong những quốc gia đầu tiên ở Bắc Phi ứng dụng PG trong xây dựng. PG được ứng dụng trong nền móng giao thông và sản xuất tấm thạch cao, giúp giảm chi phí nguyên liệu đến 25%, giảm phát thải CO_2 và tái chế hàng triệu tấn PG mỗi năm.

4. LỢI ÍCH VỀ MÔI TRƯỜNG

PG thường được coi là chất thải công nghiệp độc hại, gây ra nhiều vấn đề về môi trường nếu không được xử lý đúng cách. Tuy nhiên, việc tận dụng nó làm vật liệu xây dựng có thể giúp giảm thiểu lượng chất thải này. Nghiên cứu của Gregory đã chỉ ra rằng, việc sử dụng PG trong nền đường giúp giảm áp lực lên các bãi chứa chất thải công nghiệp, đồng thời không gây ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng công trình [2].

Việc sử dụng các vật liệu xây dựng truyền thống như xi măng và cát cần rất nhiều năng lượng và thải ra lượng lớn khí CO_2. Sử dụng phosphogypsum giúp giảm nhu cầu về xi măng, từ đó giảm đáng kể lượng CO_2 phát thải [6]. Điều này rất quan trọng trong bối cảnh các nước đang nỗ lực giảm thiểu phát thải khí nhà kính và đạt các mục tiêu phát triển bền vững.

5. KẾT LUẬN

Phốt pho thạch cao là một nguồn tài nguyên tiềm năng có thể tận dụng trong lĩnh vực xây dựng, đặc biệt là trong sản xuất xi măng, bê tông nhẹ và nền đường. Các ứng dụng này không chỉ giúp giảm thiểu lượng chất thải công nghiệp cần xử lý mà còn mang lại lợi ích kinh tế lớn và hạn chế phát thải CO_2. Khi được kết hợp với các chất ổn định như xi măng hoặc vôi, có thể cải thiện cường độ chịu nén, khả năng kháng nước và độ bền lâu dài của các công trình xây dựng. Các tính năng này làm cho phốt pho thạch cao trở thành một vật liệu xây dựng bền vững, phù hợp với xu hướng phát triển hạ tầng xanh và bền vững hiện nay. Tuy nhiên, việc sử dụng phốt pho thạch cao cần có sự kiểm soát nghiêm ngặt do PG chứa các tạp chất như florua, kim loại nặng và các đồng vị phóng xạ tự nhiên. Để đảm bảo an toàn cho sức khỏe con người và môi trường, các quy trình xử lý và kiểm soát các tạp chất trong phốt pho thạch cao là rất quan trọng. Với những tiềm năng và lợi ích mà phốt pho thạch cao mang lại, việc nghiên cứu chuyên sâu và mở rộng ứng dụng của PG trong xây dựng là một hướng đi cần thiết và khả thi trong tương lai, góp phần giảm thiểu chất thải công nghiệp và thúc đẩy phát triển bền vững trong ngành Xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. B. Xu, A. Gao, Z. Chen, Y. Zhou, K. Lu and Q. Zheng (Oct., 2023), Mechanical Properties and Optimal Mix Design of Phosphogypsum Cement Mineral Admixture Foam Light Soil, Coatings, vol.13, no.11, p.1861.

[2]. C. A. Gregory, W. B. Ledbetter and D. Saylak, Construction and Initial Performance Evaluation of Stabilized Phosphogypsum Test Sites - La Porte, Texas.

[3]. Diouri Ayad Chaimaâ, Lahlou Khaled, Alaoui Amina and El Omari Kamal (Dec., 2022), Moroccan Phosphogypsum Use in Road Engineering: Materials and Structure Optimization, JMSE-A, vol.12, no.4.

[4]. G. Bumanis, J. Zorica and D. Bajare (Sep., 2020), Properties of Foamed Lightweight High-Performance Phosphogypsum-Based Ternary System Binder, Applied Sciences, vol.10, no.18, p.6222.

[5]. H. Tayibi, M. Choura, F. A. López, F. J. Alguacil and A. López-Delgado (Jun., 2009), Environmental impact and management of phosphogypsum, Journal of Environmental Management, vol.90, no.8, pp.2377-2386.

[6]. J. Fan, S. Deng, G. Li, J. Li and J. Zhang (Jul., 2024), Eco-friendly, high-toughness gypsum prepared using hemihydrate phosphogypsum, fly ash and glass fibers: Characterization and environmental impacts, Case Studies in Construction Materials, vol.20, pp.35-38.

[7]. J. Men, Y. Li, P. Cheng and Z. Zhang (Nov., 2022), Recycling phosphogypsum in road construction materials and associated environmental considerations: A review, Heliyon, vol.8, no.11, pp.1-4.

[8]. M. Singh (Jul., 2005), Role of phosphogypsum impurities on strength and microstructure of selenite plaster, Construction and Building Materials, vol.19, no.6, pp.480-486.

[9]. P. M. Rutherford, M. J. Dudas and R. A. Samek (Jun., 1994), Environmental impacts of phosphogypsum, Science of The Total Environment, vol.149, no.1-2, pp.1-38.

[10]. W. Li, L. Ma, S. Qiu, X. Yin, Q. Dai and W. Du (Jan., 2024), Sustainable Utilization of Phosphogypsum in Multi-Solid Waste Recycled Aggregates: Environmental Impact and Economic Viability, Sustainability, vol.16, no.3, p.1161.

■Ngày nhận bài: 22/4/2025 ■Ngày sửa bài: 09/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2025

Đánh giá hiệu quả thiết kế kết cấu áo đường sửa chữa sử dụng vật liệu tái chế nguội tại chỗ theo chỉ dẫn AASHTO

Evaluation of pavement rehabilitation designs incorporating Cold-in place recycling materials based on AASHTO Guidelines

> TS ĐÀO PHÚC LÂM[1*], PGS.TS DOÃN MINH TÂM[2]
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[2]Hội Khoa học Kỹ thuật Cầu đường Việt Nam
Email: *lamdp@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu ứng dụng phương pháp thiết kế kết cấu áo đường theo chỉ dẫn AASHTO trong đánh giá và sửa chữa mặt đường mềm bằng vật liệu tái chế nguội tại chỗ (CIR- Cold-in Place Recycling). Dựa trên chỉ số kết cấu SNyc, SNtt cùng dữ liệu khảo sát thực tế và đo đạc FWD và thí nghiệm trong phòng Mr theo EN 12697-26 cho các vật liệu tái chế sử dụng nhũ tương nhựa đường hoặc bitum bọt, các phương án thiết kế với lớp tái chế khác nhau đã được phân tích và kiểm toán. Kết quả cho thấy, lớp tái chế 20 cm chỉ đáp ứng hiệu quả ngắn hạn, trong khi lớp 30 cm kết hợp bê tông nhựa (BTN) cứng 12,5 cm đảm bảo khả năng chịu tải lâu dài trên nền yếu với mô-đun đàn hồi Mr = 35 MPa. Phương pháp AASHTO kết hợp thiết bị FWD nâng cao độ chính xác và hiệu quả kinh tế nhờ rút ngắn thời gian khảo sát. Nghiên cứu khẳng định vật liệu tái chế và phương pháp thiết kế sửa chữa theo chỉ dẫn của AASHTO là giải pháp khả thi, hiệu quả cho bảo trì và sửa chữa mặt đường mềm.

Từ khóa: Thiết kế kết cấu áo đường theo AASHTO, mô-đun đàn hồi Mr, chỉ số kết cấu, tái chế nguội tại chỗ, đo võng đàn hồi FWD.

ABSTRACT

This paper investigates the application of the AASHTO pavement structural design method in evaluating and rehabilitating flexible pavements using Cold-In-Place Recycling (CIR) materials. Based on the structural indices SNyc and SNtt, combined with field survey data, Falling Weight Deflectometer (FWD) measurements and laboratory testing of the resilient modulus (Mr) according to EN 12697-26 for recycled materials incorporating asphalt emulsion or foamed bitumen, various design scenarios employing different CIR layer thicknesses were analyzed and audited. The results indicate that a 20 cm CIR layer provides only short-term performance, whereas a 30 cm CIR layer combined with a 12.5 cm new hot-mix asphalt overlay ensures long-term load-bearing capacity on weak subgrades with Mr = 35 MPa. The integration of the AASHTO method with FWD testing enhances design accuracy and economic efficiency by reducing survey time. This study confirms that recycled materials and the AASHTO-recommended rehabilitation design approach offer a feasible and effective solution for maintaining and repairing flexible pavements

Keywords: AASHTO pavement structure design, resilient modulus, structure number, cold-in place recycling, falling weight deflectometer.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình trạng hư hỏng mặt đường mềm trên hệ thống đường bộ Việt Nam ngày càng phổ biến, ảnh hưởng đến ATGT, hiệu quả khai thác và đầu tư. Các phương pháp sửa chữa truyền thống như trám vá, bù vênh hoặc phủ lớp BTN mới lên mặt đường cũ vẫn được áp dụng rộng rãi, nhưng tồn tại nhiều hạn chế: Nhanh xuất hiện nứt phản ánh chỉ sau 3 - 5 năm, kết cấu kém hiệu quả do lớp cấp phối xen giữa các lớp BTN, làm giảm 40 - 50% hiệu quả đầu tư. Ngoài ra, việc làm cao thêm mặt đường ảnh hưởng đến quy hoạch chiều đứng, thoát nước và môi trường đô thị [1].

Để khắc phục, công nghệ cào bóc tái chế nguội tại chỗ (CIR-Cold In place Recycling) đã được nghiên cứu và ứng dụng từ những năm 1970 - 1980 tại nhiều quốc gia [2] và hiện đã được chuyển giao vào Việt Nam với 3 TCVN [3] do Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành năm 2022. Công nghệ này tận dụng vật liệu mặt đường cũ, trộn với chất kết dính (nhũ tương, nhựa bọt, xi măng...) và tái sử dụng ngay tại chỗ để tạo lớp móng hoặc lớp trung gian có cường độ cao.

Thiết kế kết cấu áo đường sử dụng vật liệu CIR đòi hỏi phương

pháp phù hợp. Cả tài liệu trong nước và quốc tế đều khuyến nghị áp dụng phương pháp AASHTO [4] (ở Việt Nam, phương pháp này được tiêu chuẩn hóa thành TCCS 37:2022/TCĐBVN), dựa trên chỉ số kết cấu (SN), mô-đun phục hồi (Mr) và hệ số lớp (a_i) [5]. Tuy nhiên, hiện vẫn thiếu sự thống nhất trong cách xác định a_i cho vật liệu tái chế tại Việt Nam [1].

Việc áp dụng hiệu quả AASHTO hay TCCS 37:2022/TCĐBVN cần xác định chính xác trạng thái mặt đường và nền đường cũ. Các phương pháp không phá hoại (NDT - Non Destructive Testing), đặc biệt là thiết bị đo võng động FWD, cho phép đánh giá mô-đun đàn hồi của nền đường (M_r), mô-đun đàn hồi hữu hiệu của kết cấu áo đường (E_p) và chỉ số kết cấu hiệu quả (SN_{eff}) một cách chính xác, tin cậy và không mang tính cục bộ [6]

Từ thực tế ứng dụng CIR tại Việt Nam, bài báo tập trung đề xuất hướng dẫn khảo sát và thiết kế sửa chữa mặt đường mềm bằng công nghệ CIR theo phương pháp AASHTO, kết hợp ứng dụng thiết bị FWD để đánh giá hiện trạng và kiểm toán thiết kế, nhằm nâng cao chất lượng và hiệu quả đầu tư bảo trì đường bộ.

2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ AASHTO TRONG SỬA CHỮA HƯ HỎNG MẶT ĐƯỜNG MỀM

Nền tảng của phương pháp thiết kế AASHTO là Chỉ số kết cấu SN (Structure Number). SN là đại lượng không thứ nguyên đặc trưng cho chất lượng, tuổi thọ và khả năng chịu tải của kết cấu áo đường. Với kết cấu nhiều lớp, SN được tính theo công thức:

$$2{,}54\ SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 + ... \quad (1)$$

Trong đó:

- a_i - Hệ số lớp kết cấu, phụ thuộc vào loại vật liệu, tính chất cơ lý (Mr, độ ổn định Marshall, CBR), vị trí lớp, chiều dày và độ cứng lớp dưới. Đối với vật liệu tái chế nguội, chỉ tiêu mô-đun phục hồi (Mr) hoặc độ ổn định Marshall được sử dụng để xác định hệ số lớp a_i;
- D_i - Chiều dày của lớp vật liệu (inch);
- m_i - Hệ số thoát nước cho các lớp móng không liên kết.

Nguyên tắc thiết kế theo AASHTO là xác định Chỉ số kết cấu yêu cầu (SN_{yc}) và thiết kế cấu tạo áo đường (chọn vật liệu, chiều dày các lớp) sao cho Chỉ số kết cấu tính toán (SN_{tt}) của phương án thiết kế lớn hơn hoặc bằng SN_{yc} ($SN_{tt} \geq SN_{yc}$).

Quy trình thiết kế sửa chữa mặt đường mềm sử dụng lớp tái chế nguội theo AASHTO được sơ đồ hóa thành 3 bước chính như trình bày tại Hình 1. Trong đó, lưu ý tại bước 2, để tính toán SN_{eff} thì cần xác định E_p - mô-đun đàn hồi của kết cấu áo đường. Đại lượng này được đo bằng thiết bị đo độ võng đàn hồi bằng thiết bị FWD thông qua khảo sát thực tế tại mặt đường cũ. Ngoài ra, tại bước 3, một số lưu ý như sau:

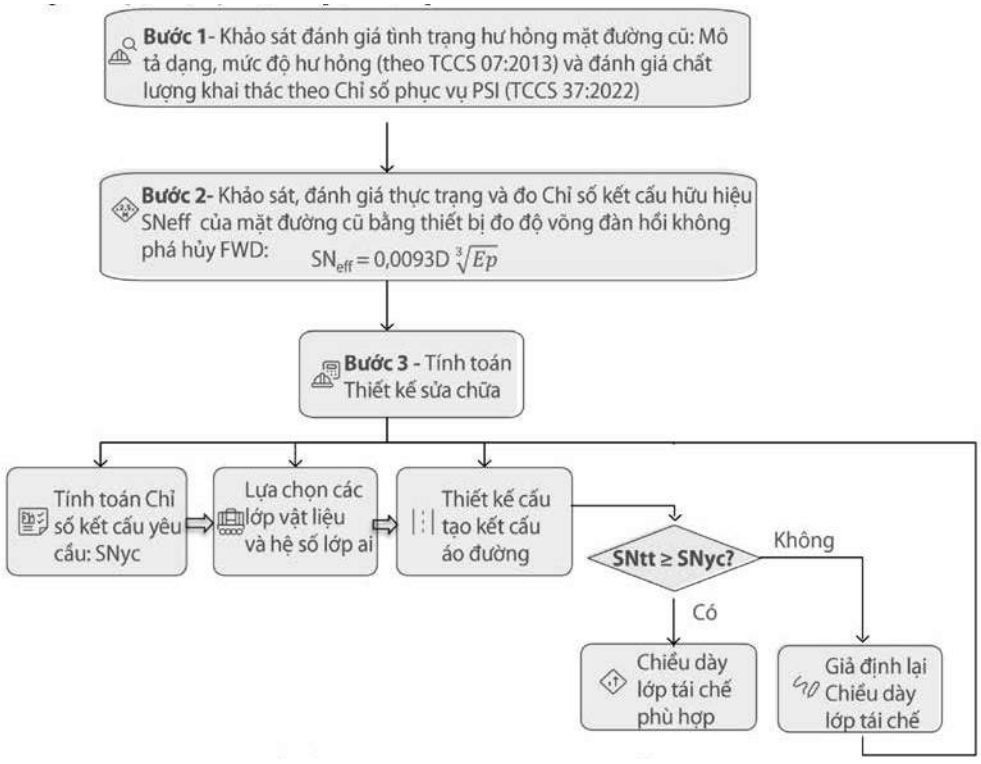
- Trị số SN_{yc} được tính toán theo công thức giải tích cơ bản của AASHTO, trong đó mô-đun đàn hồi hữu hiệu của nền đường được xác định bằng thiết bị FWD hoặc thiết bị LWD và ΔPSI là mức tổn thất chất lượng phục vụ.

$$\log_{10}W_{18} = Z_R \times S_0 + 9{,}36 \times \log_{10}(SN+1) - 0{,}2 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}5}\right]}{0{,}40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \times \log_{10}M_R - 8{,}07 \quad (2)$$

- Thiết kế sửa chữa áo đường có sử dụng lớp tái chế được khuyến nghị giả định chiều dày lớp tái chế là (20 - 30)cm, tùy theo thiết bị thi công và yêu cầu kỹ thuật. Tiến hành tính toán chỉ số kết cấu tính toán SN_{tt} từ công thức (3), sau đó so sánh với SN_{yc}. Nếu $SN_{tt} \geq SN_{yc}$, thiết kế đạt yêu cầu và chiều dày lớp tái chế đã phù hợp. Ngược lại, nếu không đạt, cần tăng chiều dày lớp tái chế D_2 cho đến khi điều kiện kiểm toán được đảm bảo.

$$2{,}54SN_{tt} = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (3)$$

- Hệ số lớp a_i trong công thức (3) được xác định theo các khuyến nghị của AASHTO hoặc Bảng 14 của TCCS 37: 2022/TCĐBVN. Riêng hệ số lớp a_2 tương ứng với lớp vật liệu tái chế của công nghệ cào bóc tái chế nguội tại chỗ thì theo tài liệu [7] của công nghệ bitum bọt + xi măng, a_2 = [0,18-0,35] và = 0,24 với điều kiện độ ổn định Marshal của mẫu bằng 5,2 kN, tra bảng Hình 11 của TCCS37:2022/TCĐBVN hoặc theo tài liệu [8] của công nghệ nhũ tương nhựa đường + xi măng, a_2 = (0,6÷0,68) x 0,37 = [0,22-0,25].



Hình 1. Quy trình thiết kế sửa chữa hư hỏng mặt đường mềm theo AASHTO

3. ỨNG DỤNG QUY TRÌNH THIẾT KẾ SỬA CHỮA HƯ HỎNG MẶT ĐƯỜNG MỀM THEO AASHTO (TCCS 37:2022/TCĐBVN) CHO TUYẾN ĐƯỜNG ĐI LÀNG VĂN HÓA CÁC DÂN TỘC, ĐỒNG MÔ, BA VÌ, HÀ NỘI, TỪ KM6+450 ĐẾN KM6+550

3.1. Khảo sát đánh giá tình trạng hư hỏng và chất lượng phục vụ theo chỉ số PSI kết hợp xác định chỉ số kết cấu SN_{eff} của kết cấu áo đường cũ

- Khảo sát thực tế mặt đường bằng phương pháp chuyên gia (quan sát), bằng các thiết bị FWD, LWD và đào hố xác định kết cấu áo đường. Kết quả khảo sát cho thấy, mặt đường hiện hữu xuất hiện các mảng nứt dạng lưới hư hỏng nặng (>10% diện tích mặt đường - Hình 2.1a). Quan sát các lớp áo đường bên dưới (Hình 3a) chưa có bằng chứng về hiện tượng phụt nước, thoái hóa và nhiễm bẩn do bụi [9]. Do vậy, có thể lấy các hệ số $m_i = 1$ cho công thức (3) dưới đây khi tính toán SN_{tt}. Tiến hành đo SN_{eff} và 0,33 Mr bằng thiết bị FWD tại 4 điểm: Km6+450 (trái tuyến), Km6+480 (phải tuyến), Km6+ 510 (trái tuyến) và Km6+540 (phải tuyến). Đo Mr bằng thiết bị LWD ở 2 vị trí hố đào sâu 20 cm ở Km4+825 (trái tuyến) và Km6+525 (phải tuyến). Kết quả đo cho thấy, chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường cũ SN_{eff} = (1,47 - 1,83) và mô-đun đàn hồi của nền đường (khi đưa vào thiết kế nhân với hệ số 0,33 theo quy định của AASHTO) 0,33 M_r = (38 - 59)Mpa (Hình 2.1b). Mô-đun đàn hồi của nền đường xác định bằng thiết bị LWD, M_r = (35 - 70)Mpa (Hình 2.1c) [10].

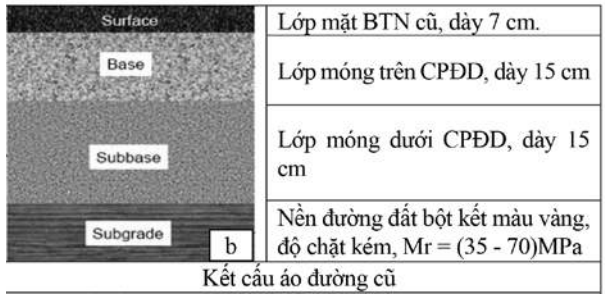




Hình 2. Khảo sát mặt đường cũ

- Công tác đào hố xác định chiều dày các lớp kết cấu áo đường cũ (Hình 3a) cho thấy mặt đường cũ có kết cấu như trình bày tại Hình 3b. Ngoài ra, lưu lượng xe thiết kế thông qua công tác điều tra, đếm xe và áp dụng các hệ số quy đổi của AASHTO hoặc theo chỉ dẫn Phụ lục B, của TCCS 37:2022/TCĐBVN, xác định được tổng số trục đơn tiêu chuẩn tương đương trên làn xe thiết kế hàng năm của năm hiện tại (năm bắt đầu thiết kế sửa chữa): $ESAL_D$ = 127.241 [1].





Hình 3. Đào hố xác định chiều dày các lớp kết cấu áo đường cũ

3.2. Tính toán chỉ số SN_{yc}

Sử dụng công thức (2) để tính toán chỉ số SN_{yc}. Do là quốc lộ, nằm ngoài đô thị nên các thông số thiết kế được lấy theo khuyến cáo của AASHTO hay khoản 7.2 Điều 7 của TCCS 37:2022/TCĐBVN. Cụ thể, độ tin cậy thiết kế R = 95%; độ lệch chuẩn tương ứng với độ tin cậy Z_R = -1.645; độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ S_o = 0,45; độ tổn thất khả năng phục vụ $\Delta PSI = p_o - p_t = 2,2$, với p_o = 4,2 (khả năng phục vụ ban đầu, ở Việt Nam thông thường p_o =4,2) và p_t = 2,0 (khả năng phục vụ cuối thời hạn thiết kế) [5].

Ngoài ra, để xác định SN_{yc} cũng cần phải có thêm các dữ liệu về M_r của nền đường và lưu lượng xe thiết kế ($ESAL_D$). Căn cứ kết quả khảo sát M_r của nền đường bằng thiết bị LWD, M_r = (35 - 70)Mpa và 0,33 M_r = (38 - 59)Mpa với Mr được xác định bằng thiết bị FWD (Mục 3.1). Do vậy, trong bài báo này, giá trị M_r nhỏ nhất tương ứng với nơi có cường độ nền đường yếu nhất được sử dụng để mô phỏng việc tính toán thiết kế: M_r = 35 Mpa.

Sử dụng công thức (4) dưới đây để tính toán lưu lượng xe thiết kế ở năm tương lai. Ở đây, để mô phỏng việc tính toán thiết kế, các năm thứ 2 và thứ 7 kể từ khi mặt đường được đưa vào khai thác sử dụng với tỉ lệ tăng trưởng hàng năm. Trong bài báo này, giả thiết là 3%. Bảng 1 trình bày kết quả tính toán $ESAL_D$ ở năm thứ 2 và thứ 7 trên cơ sở $ESAL_D$ hiện tại = 127.241.

$$ESAL_{D\ tương\ lai} = ESAL_{D\ hiện\ tại} \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (4)$$

Trong đó:

- $ESAL_{D\text{-}tương lai}$ - Tổng số trục đơn tiêu chuẩn tương đương trên làn xe thiết kế trong suốt thời hạn phục vụ của kết cấu áo đường;
- $ESAL_{D\text{-}hiện\ tại}$ - Lưu lượng xe tải quy đổi hàng năm của năm bắt đầu thiết kế sửa chữa;
- r - Tỷ lệ tăng trưởng hàng năm, giả thiết r = 3%;
- n - Thời gian thiết kế (số năm).

Tổng hợp các dữ liệu thiết kế nêu trên và công thức (2), kết quả tính toán SN_{yc} được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp trị số tính toán của chỉ số kết cấu yêu cầu cho các năm thứ 2, thứ 7 và 12

TT	Mô-đun đàn hồi nền đường, M_r	Tính đến năm, n	Tổng số trục đơn tiêu chuẩn tương đương trên trên 1 làn, $ESAL_D$	Chỉ số kết cấu yêu cầu, SN_{yc}
1	35 MPa	02	258.299	3.197
2		07	974.979	3.837
3		12	1.805.808	4.166

3.3. Tính toán chỉ số SN_{tt}

Trên cơ sở chỉ số kết cấu yêu cầu SN_{yc} xác định ở trên, tiến hành thiết kế các phương án sửa chữa mặt đường có sử dụng các lớp tái chế (phương án 1 và 2 dưới đây). Trong bài báo này, lớp tái chế sử dụng loại vật liệu cào bóc tại chỗ bao gồm cả lớp BTN cũ và lớp móng cấp phối đá dăm được gia cố bởi nhũ tương nhựa đường và xi măng.

Để có thể xác định được chỉ số kết cấu tính toán SN_{tt} theo công thức (3), việc quan trọng phải xác định được hệ số lớp a_2 của lớp vật liệu tái chế. Theo tài liệu [8] a_2 = [0,22 ÷ 0,25]. Tuy nhiên, trong bài báo này, tác giả xác định hệ số a_2 theo chỉ dẫn của AASHTO hay TCCS 37:2022/TCĐBVN. Theo đó, 3 mẫu thí nghiệm Marsall tái chế sử dụng nhũ tương và xi măng được chế bị để xác định Mr theo EN 12697-26 [11] (Hình 4).



Hình 4. Thí nghiệm xác định Mr của vật liệu tái chế sử dụng nhũ tương thường và xi măng theo EN 12697-26 (Trường Đại học Công nghệ GTVT) [12]

Hình 4 trình bày thí nghiệm xác định Mr của mẫu vật liệu tái chế tại Trường Đại học Công nghệ GTVT. Mẫu vật liệu hình trụ được ép theo đường sinh (ép chẻ) với tải trọng động hình sin có chu kỳ 1 Hz ở 25^{0}C và khống chế biến dạng ngang của mẫu trong pham vi 0,00025 mm để đảm bảo xác định được M_r của mẫu trong vùng biến dạng nhỏ. Giá trị M_r trung bình của 3 mẫu bằng 1.430 Mpa, tra Hình 8 của TCCS 37:2022/TCĐBVN, ta có hệ số lớp $a_2 \approx 0,25$.

Quy trình tính toán chỉ số SN_{tt} bao gồm các bước sau:

- Thiết kế cấu tạo với hệ số lớp a_i và chiều dày của các lớp kết cấu áo đường sửa chữa của phương án;
- Tính toán chỉ số SN_{tt} của kết cấu áo đường sửa chữa bằng cách sử dụng công thức (3);
- Kiểm toán điều kiện $SN_{tt} \geq SN_{yc}$.

Dưới đây trình bày chi tiết hai phương án thiết kế sửa chữa mặt đường có sử dụng lớp vật liệu tái chế nhũ tương nhựa đường và xi măng:

** Phương án 1:* Thiết kế lớp móng tái chế dày 20 cm, sau đó tăng cường 1 lớp BTNC 12.5 dày 5 cm trên lớp tái chế, khi đó kết cấu mặt đường sửa chữa như sau (Bảng 2):

Bảng 2. Kết cấu áo đường sửa chữa của phương án 1

Lớp kết cấu áo đường	**Vật liệu làm lớp kết cấu áo đường**	**Chiều dày**	**Hệ số lớp**	**Ghi chú**
Lớp mặt đường BTN mới tăng cường	BTNC 12.5	5 cm	a_1 = 0,44	a_1 lấy theo chỉ dẫn AASHTO, hoặc TCCS 37:2022/TCĐBVN (điểm 6.4.8.2, khoản 6.4, Điều 6 hoặc biểu đồ Hình 8)
Lớp tái chế (gồm cả lớp BTN cũ + một phần lớp móng trên)	Vật liệu tái chế nhũ tương nhựa đường + xi măng	20 cm	a_2 = 0,25	a_2 lấy theo chỉ dẫn của tài liệu [] hoặc theo Mr - EN 12697-26 tra theo Hình 8 của TCCS 37:2022/TCCĐBVN.
Lớp móng cũ còn lại	Cấp phối đá dăm	12 cm	a_3 = 0,1	a_3 lấy theo chỉ dẫn của AASHTO hoặc TCCS 37:2022/ TCĐBVN (Bảng 14)

Thay vào công thức (3) ta có:

$$2,54\ SN_{tt} = 0,44x5 + 0,25x20 + 0,1x12$$
$$= 2,2 + 4,4 + 1,2$$
$$= 7,8$$
$$SN_{tt} = 3,071$$

Từ đó, kết quả kiểm toán phương án thiết kế sửa chữa mặt đường ứng với điều kiện nền đường và các lưu lượng xe tính toán, được tổng hợp và nêu ở Bảng 3 dưới đây:

Bảng 3. Tổng hợp kết quả kiểm toán phương án 1 thiết kế sửa chữa với lớp tái chế dày 20 cm

TT	**Mô-đun đàn hồi nền đường, M_r**	**Tính đến năm thứ, n**	**Tổng số trục đơn tiêu chuẩn tương đương trên trên 1 làn, $ESAL_D$**	**Chỉ số kết cấu yêu cầu, SN_{yc}**	**Chỉ số kết cấu tính toán, SN_{tt}**	**Kiểm toán**
1	35 MPa	02	258.299	3.197	3,207	$SN_{tt}>SN_{yc}$: Đạt
2		07	974.979	3.837	3,207	$SN_{tt}<SN_{yc}$: Không đạt
3		12	1.805.808	4.166	3,207	$SN_{tt}<SN_{yc}$: Không đạt

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy, kết cấu sửa chữa dùng lớp vật liệu tái chế dày 20 cm và phủ lên một lớp BTNC12,5 dày 5 cm chỉ đảm bảo cho mặt đường được khai thác bình thường trong khoảng 2 năm đầu tiên, kể từ năm thứ 3 trở đi thì phương án kết cấu áo đường trên không đảm bảo khả năng khai thác, phục vụ của con đường đối với lưu lượng xe thiết kế trong tương lai.

** Phương án 2:* Thiết kế lớp móng tái chế dày 30 cm, sau đó tăng cường 1 lớp BTNC 12.5 dày 5 cm trên lớp tái chế, khi đó kết cấu mặt đường sửa chữa như sau (Bảng 4):

Bảng 4. Kết cấu áo đường sửa chữa của phương án 2

Lớp kết cấu áo đường	**Vật liệu làm lớp kết cấu áo đường**	**Chiều dày**	**Hệ số lớp**	**Ghi chú**
Lớp mặt đường BTN mới tăng cường	BTNC 12.5	5 cm	a_1 = 0,44	a_1 lấy theo chỉ dẫn AASHTO, hoặc TCCS 37:2022/ TCĐBVN (điểm 6.4.8.2, khoản 6.4, Điều 6 hoặc biểu đồ Hình 8)

Lớp tái chế (gồm cả lớp BTN cũ + một phần lớp móng trên)	Vật liệu tái chế nhũ tương nhựa đường + xi măng	20 cm	a_2 = 0,25	a_2 lấy theo chỉ dẫn của tài liệu [] hoặc theo Mr - EN 12697-26 tra theo Hình 8 của TCCS 37:2022/TCCĐBVN.
Lớp móng cũ còn lại	Cấp phối đá dăm	12 cm	a_3 = 0,1	a_3 lấy theo chỉ dẫn của AASHTO hoặc TCCS 37:2022/ TCĐBVN (Bảng 14)

Thay vào công thức (3) ta có:

$2{,}54\ SN_{tt} = 0{,}44x5 + 0{,}25x30 + 0{,}1x12$

$= 2{,}2 + 7{,}5 + 1{,}2$

$= 10{,}9$

$SN_{tt} = 4{,}291$

Từ đó, kết quả kiểm toán phương án thiết kế sửa chữa mặt đường ứng với điều kiện nền đường và các lưu lượng xe tính toán, được tổng hợp và nêu ở Bảng 5 dưới đây:

Bảng 5. Tổng hợp kết quả kiểm toán phương án 1 thiết kế sửa chữa với lớp tái chế dày 30 cm

TT	Mô-đun đàn hồi nền đường, M_r	Tính đến năm thứ, n	Tổng số trục đơn tiêu chuẩn tương đương trên trên 1 làn, $ESAL_D$	Chỉ số kết cấu yêu cầu, SN_{yc}	Chỉ số kết cấu tính toán, SN_{tt}	Kiểm toán
1	35 MPa	02	258.299	3.197	4,291	SNtt<SNyc: Đạt
2		07	974.979	3.837	4,291	SN_{tt}<SN_{yc}: Đạt
3		12	1.805.808	4.166	4,291	SN_{tt}<SN_{yc}: Đạt

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy, kết cấu sửa chữa dùng lớp vật liệu tái chế dày 30 cm và phủ lên một lớp BTNC12,5 dày 5 cm đảm bảo cho mặt đường được khai thác bình thường trong khoảng 12 năm kể từ khi đưa con đường vào khai thác vận hành.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp thiết kế áo đường theo chỉ dẫn AASHTO để đánh giá hiệu quả các phương án sửa chữa mặt đường mềm, có sử dụng lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ (Cold - in place recycling "CIR"). Trên cơ sở các chỉ số kết cấu SN_{yc} và SN_{tt}, cùng với số liệu khảo sát thực tế tại tuyến đường đi Làng Văn hóa các Dân tộc Việt Nam, 2 phương án thiết kế đã được phân tích và kiểm toán.

Kết quả cho thấy, phương án sửa chữa với 20 cm chiều dày lớp tái chế chỉ đạt hiệu quả ngắn hạn trong khoảng 2 năm đầu khi đưa con đường đã được sửa chữa vào vận hành khai thác. Trong khi đó, phương án sử dụng lớp tái chế dày 30 cm kết hợp với lớp BTNC 12,5 cm cho thấy khả năng chịu tải vượt trội, đáp ứng yêu cầu khai thác lâu dài (trên 15 năm) của kết cấu áo đường sửa chữa trên nền đường tương đối yếu có Mr =35 Mpa.

Phương pháp AASHTO kết hợp với thiết bị đo FWD đã khẳng định hiệu quả trong thiết kế và kiểm toán kết cấu sửa chữa, đồng thời rút ngắn thời gian khảo sát nhờ phương pháp thí nghiệm không phá hủy. Vật liệu tái chế, dạng hỗn hợp gia cố nhựa với mô-đun đàn hồi M_r dùng để xác định hệ số lớp a_i, có thể đo bằng thiết bị hiện đại tại Việt Nam. Các thiết bị khảo sát và đánh giá mặt đường cũng như thí nghiệm xác định Mr của các vật liệu tái chế theo EN 12697-26 được trang bị đầy đủ tại Trường Đại học Công nghệ GTVT, tạo điều kiện thuận lợi cho triển khai thiết kế theo AASHTO trong cả công tác mới và sửa chữa sử dụng công nghệ tái chế.

Trong tương lai, nghiên cứu cần mở rộng phạm vi ứng dụng trên các loại kết cấu và điều kiện khai thác khác nhau, đồng thời đánh giá lâu dài hiệu quả lớp vật liệu tái chế thông qua theo dõi thực địa sau thi công

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Doãn Minh Tâm và cs (11/2017), Nghiên cứu ứng dụng công nghệ cào bóc tái chế nguội tại chỗ trong công tác bảo trì, nâng cấp mặt đường phù hợp với điều kiện của Hà Nội, Đề tài nghiên cứu KHCN cấp thành phố Hà Nội, mã số 01C-04.9-2016-3, năm 2016 - 2018, Hà Nội.

[2]. ARRA, Full Depth Reclamation - A Century of Advancement for the New Millennium.

[3]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), TCVN 13150:2020 - Lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ dùng cho kết cấu áo đường ô tô - Thi công và nghiệm thu.

[4]. AASHTO 1993 (1993), Pavement Structure Design Guide, Washington DC.

[5]. Cục Đường bộ Việt Nam, TCCS 37:2022/TCĐBVN - Áo đường mềm, Yêu cầu - chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN).

[6]. Nguyễn Hoàng Long và cs (2016), Nghiên cứu sử dụng thiết bị FWD xác định mô-đun đàn hồi của đất nền và các lớp vật liệu sử dụng trong kết cấu áo đường mềm ở Việt Nam, Đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Bộ GTVT, mã số DT164060.

[7]. WIRTGEN (2012), Wirtgen Cold Recycling Technology.

[8]. SAKAI (2011), Manual of "Stabilizing construction method".

[9]. Nguyễn Thị Hồng Hà và cs (11/2017), Báo cáo kết quả khảo sát, đánh giá tình trạng hư hỏng mặt đường cũ và Báo cáo kết quả thí nghiệm do Công ty CP Tư vấn Thành Tân An thực hiện, Hà Nội.

[10]. Đào Phúc Lâm và cs (11/2017), Báo cáo kết quả thí nghiệm tái chế tại dự án thi công thí điểm tại Hà Nội.

[11]. EN 12697-26, Bituminous mixtures, Test methods for hot mix asphalt, Stiffness

■Ngày nhận bài: 03/4/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2025

Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các dầm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14

Study on evaluating the fire resistance of simple reinforced concrete beams based on the ACI 216.1M-14

> TS ĐÀO SỸ ĐÁN
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: sydandao@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hỏa hoạn là sự đốt cháy nhiên liệu và lan rộng không kiểm soát được theo thời gian và không gian, gây nguy hiểm lớn đến cả tính mạng con người và tài sản vật chất. Có nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá khả năng chống cháy của cấu kiện bê tông cốt thép, như phương pháp tra bảng, phương pháp phân tích, phương pháp mô phỏng số và phương pháp thực nghiệm. Mục tiêu của nghiên cứu này là nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các dầm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14, sử dụng phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc xác định khả năng chống cháy theo phương pháp phân tích tuy phức tạp hơn phương pháp tra bảng, nhưng cho kết quả tính phù hợp hơn với yêu cầu chịu lực của dầm. Ngược lại, phương pháp tra bảng tuy đơn giản nhưng cho kết quả tính quá thiên về an toàn.

Từ khóa: Khả năng chống cháy, phương pháp phân tích, dầm bê tông cốt thép, ACI 216.1M-14.

ABSTRACT

A fire hazard is the uncontrolled combustion of fuel that spreads over time and space, posing a serious threat to both human life and physical property. There are various methods for evaluating the fire resistance of reinforced concrete elements, including the tabulated method, analytical method, numerical simulation, and experimental method. The objective of this study is to assess the fire resistance of simply supported reinforced concrete beams in accordance with ACI 216.1M-14, using both the tabulated and analytical methods. The research results indicate that although the analytical method is more complex than the tabulated method, it yields results that better align with the structural strength requirements of the beams. Conversely, while the tabulated method is simpler, it tends to produce overly conservative results.

Keywords: Fire resistance, analytical method, reinforced concrete beams, ACI 216.1M-14.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tiếp theo bài báo trước đó của tác giả với tiêu đề "Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14", số 5/2025, Tạp chí Xây dựng [1], nghiên cứu này tập trung trình bày phương pháp đánh giá khả năng chống cháy của các dầm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14 [2]. Sự cần thiết phải nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của kết cấu bê tông cốt thép; các khái niệm về chống cháy chủ động và bị động; các khái niệm về đường cong thời gian - nhiệt độ tiêu chuẩn của đám cháy và nội dung của phương pháp đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn, bạn đọc có thể xem trong trong bài báo trước đó của tác giả [1]. Giống như các tấm, bài báo được hy vọng sẽ hữu ích cho các nhà nghiên cứu cũng như các kỹ sư quan tâm tới việc tính toán thiết kế chống cháy cho kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ.

2. CHIỀU DÀY LỚP BÊ TÔNG BẢO VỆ CỐT THÉP CHO CẤU KIỆN DẦM

Lớp bê tông bảo vệ tối thiểu của cốt thép dọc mặt dưới (cốt thép chịu uốn dương trong dầm nhịp giản đơn) cho các dầm được quy định như Bảng 1 dưới đây. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép không được nhỏ hơn yêu cầu về chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép của tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép ACI 318M-11 [3] tương ứng. Sự phân loại các dầm bê tông cốt thép thành loại bị kiểm chế và không bị kiểm chế theo Bảng 2 dưới đây.

Bảng 1. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu trong các dầm không dự ứng lực

Sự kiềm chế	Bề rộng dầm (mm)	Chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu cho các mức chống cháy (mm)				
		1 giờ	1,5 giờ	2 giờ	3 giờ	4 giờ
Bị kiềm chế	125	20	20	20	25	30
	175	20	20	20	20	20
		20	20	20	20	20
Không bị kiềm chế	125	20	25	30	Not permitted	Not permitted
	175	20	20	20	45	75
		20	20	20	25	45

Chiều dày lớp bê tông bảo vệ lớp cốt thép dọc mặt dưới cho các dầm bị kiềm chế và không bị kiềm chế với chiều rộng khác nhau để có khả năng chống cháy từ 1 đến 4 giờ phải tuân theo quy định trong Bảng 1. Những giá trị trong Bảng 1 cho các dầm bị kiềm chế được áp dụng cho các dầm cách nhau hơn 1,2 m. Cho những dầm bị kiềm chế cách nhau 1,2 m hoặc nhỏ hơn, thì 20 mm chiều dày lớp bê tông bảo vệ là được phép để đảm bảo khả năng chống cháy là 4 giờ hoặc ít hơn. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cho các dầm có bề rộng trung gian giữa các giá trị trong Bảng 1 có thể được xác định bằng phương pháp nội suy tuyến tính. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cho một thanh cốt thép riêng lẻ là chiều dày nhỏ nhất của bê tông từ bề mặt của thanh cốt thép và bề mặt tiếp xúc với lửa của dầm. Với các dầm sử dụng nhiều lớp cốt thép thì chiều dày lớp bê tông bảo vệ là giá trị trung bình của chiều dày lớp bê tông bảo vệ của từng thanh cốt thép riêng lẻ. Cho những thanh cốt thép ở góc (đó là những thanh cốt thép cách đều mặt đáy và mặt bên của dầm) thì chiều dày lớp bê tông bảo vệ nhỏ nhất được sử dụng trong tính toán là một nửa của giá trị thực tế. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ thực tế cho bất kỳ thanh cốt thép riêng lẻ nào không được ít hơn một nửa giá trị lớn hơn của giá trị trong Bảng 1 và 20 mm.

Bảng 2. Sự phân loại xây dựng: Bị kiềm chế và không bị kiềm chế

Không bị kiềm chế	
Những cấu kiện chịu lực thuộc mặt phẳng tường	Các nhịp giản đơn và các nhịp cuối được chống đỡ giản đơn của kết cấu nhiều nhịp
Bị kiềm chế	
Những cấu kiện chịu lực thuộc mặt phẳng tường	Nhịp trong của kết cấu nhiều nhịp: 1. Hệ thống sàn bê tông đúc tại chỗ. 2. Bê tông đúc sẵn ở nơi mà sự giãn nở nhiệt tiềm năng bị kiềm chế bởi sự xây dựng lân cận.
Khung bê tông	1. Các dầm được gắn chặt vào khung. 2. Hệ thống sàn hoặc mái đúc tại chỗ (như hệ thống dầm/sàn, sàn phẳng, sàn tổ ong), nơi mà hệ thống sàn hoặc mái được đúc với những cấu kiện khung. 3. Các nhịp trong và ngoài của hệ thống đúc sẵn với những mối nối đúc tại chỗ. 4. Hệ thống sàn hoặc mái đúc sẵn trong nhà máy nơi mà những cấu kiện kết cấu được kẹp chặt cho hệ thống như vậy và sự giãn nở nhiệt tiềm năng của hệ thống sàn hoặc mái bị kiềm chế bằng hệ thống khung của sự xây dựng sàn hoặc mái lân cận.

3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỐNG CHÁY CỦA DẦM GIẢN ĐƠN

Khả năng chống cháy của cấu kiện chịu uốn, không bị kiềm chế, được chống đỡ giản đơn, được xác định theo công thức (1) dưới đây. Trong đó, M_n - Sức kháng uốn danh định của mặt cắt dầm ở nhiệt độ thông thường; $M_{n\theta}$ - Sức kháng uốn danh định của mặt cắt dầm ở nhiệt độ cao; M - Mô-men uốn do tải trọng khai thác tác động trên dầm khi có cháy xảy ra. Tổ hợp tải trọng để xác định mô-men uốn do tải trọng khai thác tác động lên dầm khi có cháy xảy ra được xác định theo quy định Tiêu chuẩn ASCE/SEI 7-10 [4], như công thức (2) dưới đây. Trong đó: D - Tĩnh tải; L - Hoạt tải; S - Tải trọng tuyết; A_k - Tải trọng phát sinh khi có cháy xảy ra. Với điều kiện ở Việt Nam và cấu kiện dầm giản đơn thì tổ hợp tải trọng này được rút gọn thành đơn giản như công thức (3).

Khi có đám cháy xảy ra thì nhiệt độ trong bê tông và cốt thép sẽ tăng cao tùy thuộc vào loại vật liệu, kích thước, hình dạng của dầm, đặc biệt là chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép và thời gian kéo dài của đám cháy. Nhiệt độ tăng cao sẽ làm cho bê tông và cốt thép cùng bị giảm cường độ và do đó kết cấu có thể bị phá hoại khi đám cháy xảy ra sau một thời gian nào đó. Như vậy, có thể sử dụng công thức (1) để xác định khả năng chống cháy của cấu kiện dầm giản đơn. Việc xác định khả năng chống cháy của dầm bê tông cốt thép theo công thức (1) được gọi là phương pháp phân tích.

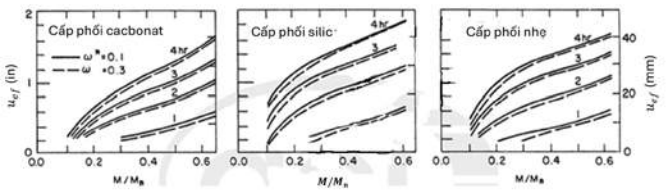
$$M_n \geq M_{n\theta} \geq M \quad (1)$$

$$(0{,}9 \text{ hoặc } 1{,}2)D + A_k + 0{,}5L + 0{,}2S \quad (2)$$

$$1{,}2D + 0{,}5L \quad (3)$$

$$\omega = A_s f_y / bdf_c' \quad (4)$$

Với các cấu kiện dầm giản đơn thì phương pháp phân tích được đơn giản hóa bằng phương pháp đồ họa để xác định khả năng chống cháy của chúng. Với các dầm bê tông cốt thép giản đơn thì Hình 1 dưới đây có thể được sử dụng để xác định khả năng chống cháy hoặc chiều dày lớp bê tông có hiệu tính từ tim cốt thép đến bề mặt tiếp xúc với lửa (u_{ef}). Chiều dày lớp bê tông có hiệu tính từ tim cốt thép đến bề mặt tiếp xúc với lửa cho một thanh cốt thép riêng lẻ là chiều dày nhỏ nhất của bê tông từ tim của thanh cốt thép và bề mặt tiếp xúc với lửa của dầm. Với các dầm sử dụng nhiều lớp cốt thép thì chiều dày lớp bê tông có hiệu tính từ tim cốt thép đến bề mặt tiếp xúc với lửa của dầm là giá trị trung bình của từng thanh cốt thép riêng lẻ. Cho những thanh cốt thép ở góc (đó là những thanh cốt thép cách đều mặt đáy và mặt bên của dầm) thì chiều dày lớp bê tông có hiệu tính từ tim cốt thép đến bề mặt tiếp xúc với lửa của dầm được quy định tương đương với một nửa giá trị thực tế của chúng. Chỉ số cốt thép dọc chịu kéo của tiết diện dầm (w) được xác định theo công thức (4). Trong đó: A_S - Diện tích cốt thép dọc chịu kéo; f_y - Giới hạn chảy của cốt thép dọc chịu kéo; b - Bề rộng của dầm; d - Chiều cao hữu hiệu chịu uốn của tiết diện hay khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo đến thớ bê tông chịu nén ngoài cùng (ở đây là thớ bê tông chịu nén trên cùng); f'_c - Cường độ chịu nén quy định của bê tông.



Hình 1. Khả năng chống cháy của dầm bê tông cốt thép tùy thuộc vào loại cấp phối, cường độ mô-men và u_{ef}

4. TRÌNH TỰ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỐNG CHÁY CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP GIẢN ĐƠN

Có nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá khả năng chống cháy của cấu kiện bê tông cốt thép được chấp nhận bởi Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14 [1], như phương pháp tra bảng, phương pháp phân tích, phương pháp mô phỏng số và phương pháp thử nghiệm. Tuy nhiên, ở đây chỉ trình bày nội dung của phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích; là hai phương pháp được quy định chi tiết trong Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14. Nội dung các phương pháp được trình bày ở đây được áp dụng cho các cấu kiện dầm bê tông cốt thép nhịp giản đơn. Các dạng cấu kiện khác như cấu kiện dầm

có nhịp liên tục, sẽ được trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo.

4.1. Phương pháp tra bảng

Phương pháp tra bảng được áp dụng cho các dầm bê tông cốt thép chịu tác động của đường gia nhiệt tiêu chuẩn theo ASTM E119-12a [5] với thời gian không quá 240 phút (4 giờ). Các bước thực hiện như sau:

- Bước 1: Xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc chịu kéo (mặt dưới dầm, mặt tiếp xúc với lửa) của dầm. Với các dầm sử dụng nhiều lớp cốt thép thì chiều dày lớp bê tông bảo vệ là giá trị trung bình của từng thanh cốt thép riêng lẻ. Chú ý, đối với những thanh cốt thép ở góc (gần với cả mặt đáy và mặt bên dầm) thì chiều dày lớp bê tông bảo vệ chỉ được lấy bằng một nửa giá trị thực tế.

- Bước 2: Xác định khả năng chống cháy của dầm theo điều kiện chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc chịu kéo, từ Bảng 1 ở trên.

4.2. Phương pháp phân tích

Phương pháp phân tích có thể được áp dụng cho các cấu kiện dầm bê tông cốt thép, nhịp giản đơn hoặc nhịp liên tục, bị kiềm chế hoặc không bị kiềm chế. Các bước thực hiện như sau:

- Bước 1: Xác định mô-men uốn lớn nhất tác dụng lên dầm do tổ hợp tải trọng khai thác tác động lên dầm khi có cháy xảy ra, theo công thức (3) ở trên.

- Bước 2: Xác định sức kháng uốn danh định của tiết diện dầm ở nhiệt độ thông thường và ở các mức nhiệt độ cao khác nhau theo Tiêu chuẩn ACI 318M-11 tương ứng khi thay đổi thời gian chịu tác động của đường gia nhiệt tiêu chuẩn theo ASTM E119-12a.

- Bước 3: Sử dụng công thức (1) để xác định khả năng chống cháy của cấu kiện ứng với các mức thời gian khác nhau.

Với các dầm bê tông cốt thép nhịp giản đơn thì phương pháp phân tích có thể tiến hành đơn giản bằng phương pháp đồ họa theo các bước sau:

- Bước 1: Xác định mô-men uốn lớn nhất tác dụng lên dầm do tổ hợp tải trọng khai thác tác động lên dầm khi có cháy xảy ra, theo công thức (3) ở trên.

- Bước 2: Xác định sức kháng uốn danh định của tiết diện dầm ở nhiệt độ thông thường theo Tiêu chuẩn ACI 318M-11 tương ứng.

- Bước 3: Xác định chiều dày lớp bê tông có hiệu tính từ tim cốt thép chịu kéo đến bề mặt tiếp xúc với lửa và chỉ số cốt thép dọc chịu kéo theo công thức (4). Với các dầm sử dụng nhiều lớp cốt thép thì chiều dày lớp bê tông có hiệu là giá trị trung bình của từng thanh cốt thép riêng lẻ. Chú ý, đối với những thanh cốt thép ở góc (gần với cả mặt đáy và mặt bên dầm) thì chiều dày lớp bê tông có hiệu chỉ được lấy bằng một nửa giá trị thực tế.

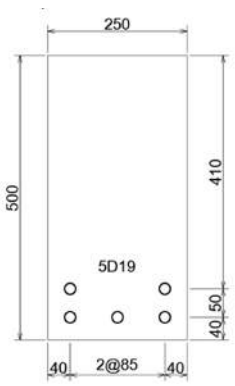
- Bước 4: Tra Hình 1 để xác định khả năng chống cháy tương ứng với các trường hợp khác nhau.

5. VÍ DỤ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Trong phần này, việc xác định khả năng chống cháy của một dầm bê tông cốt thép, nhịp giản đơn, chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều sẽ được thực hiện bằng cả hai phương pháp là phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích đơn giản (tra hình), để so sánh kết quả với với nhau.

5.1. Yêu cầu của bài toán

Xác định khả năng chống cháy cho một dầm bê tông cốt thép, nhịp giản đơn, dài 5 m. Dầm có mặt cắt ngang hình chữ nhật kích thước b x h = (250x500)mm, được làm bằng bê tông cacbonat, có cường độ chịu nén quy định. Cốt thép dọc chịu kéo sử dụng 5D19, theo ASTM A615M cấp 420, bố trí thành hai lớp ở vùng bê tông chịu kéo như Hình 2 dưới đây. Dầm chịu tác dụng của trọng lượng bản thân và hoạt tải phân bố đều có trị số bằng 80.



Hình 2. Mặt cắt ngang bố trí cốt thép dầm

5.2. Phương pháp tra bảng

- Bước 1: Xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ cho từng thanh cốt thép riêng lẻ: c_c = (40 -19/2) = 30,5 mm.

Xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ đám cốt thép chịu kéo trung bình: c_{ef} = (3.30,5 + 2.30,5/2)/5 = 24,4 mm.

- Bước 2: Tra Bảng 1, ta xác định được khả năng chống cháy của dầm là R = 2+(3 - 2).(24,4 - 20)/(25 - 20) = 2,88 giờ.

5.3. Phương pháp phân tích

- Bước 1:

Xác định tải trọng phân bố đều tác dụng lên dầm do tổ hợp tải trọng khai thác tác dụng khi có cháy:

$$w = 1{,}2(0{,}25.0{,}5.24) + 0{,}5.80 = 43{,}6\ kN/m$$

Xác định mô-men uốn lớn nhất tác dụng lên dầm:

$$M = 43{,}6.5^2/8 = 136{,}2\ kNm$$

- Bước 2: Giả sử chảy dẻo, ta tính được chiều cao khối ứng nén hình chữ nhật tương đương:

$$a = A_s f_y/0{,}85 f_c' b = 1420.420/0{,}85.25.250 = 112{,}3\ \text{mm}$$

Xác định khoảng cách từ trọng tâm của cốt thép chịu kéo đến thớ bê tông chịu nén ngoài cùng:

$$d = (A_{s1} d_1 + A_{s2}.d_2)/A_s = (852.460 + 568.410)/1420 = 440\ mm$$

Xác định biến dạng trung của cốt thép chịu kéo: $\varepsilon_s = \varepsilon_{cu}(d - c)/c = 0{,}003(440 - 112{,}3/0{,}85)/(112{,}3/0{,}85) = 0{,}007 > \epsilon_y = 0{,}0021$.

Vậy, giả sử cốt thép chịu kéo đã chảy dẻo là hợp lý. Xác định sức kháng uốn danh định của tiết diện dầm ở nhiệt độ thông thường:

$$M_n = 0{,}85 f_c' ba(d - a/2) = 0{,}85.25.250.112{,}3.(440 - 112{,}3/2) = 229 kNm$$

- Bước 3: Xác định chiều dày lớp bê tông có hiệu trung bình tính từ tim cốt thép chịu kéo đến mặt tiếp xúc với lửa:.

$$u_{ef} = (3.40 + 2.40/2)/5 = 32mm$$

Xác định chỉ số cốt thép dọc chịu kéo:

$$\omega = A_s f_v/bd f_c' = 1420.420/(250.440.25) = 0{,}217$$

- Bước 4: Với các thông số u_{ef} = 32mm, w = 0,217 và M/M_n = 136,2/229 = 0,595. Tra Hình 1, ta tìm được khả năng chống cháy là R = 3,05 giờ.

Như vậy, ta thấy phương pháp phân tích cho kết quả sát với yêu cầu chịu lực hơn. Phương pháp tra bảng cho kết quả quá thiên về an toàn.

6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, khả năng chống cháy của dầm bê tông cốt thép giản đơn đã được đánh giá theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 216.1M-14. Hai phương pháp đánh giá khả năng chống cháy của dầm bê tông cốt thép là phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích được trình bày. Một ví dụ tính toán cụ thể để minh họa cách đánh giá khả năng chống cháy của dầm bê tông cốt thép nhịp giản đơn cũng được trình bày chi tiết. Kết quả cho thấy, phương pháp phân tích tuy phức tạp hơn nhưng cho kết quả sát với yêu cầu chịu lực của dầm hơn. Ngược lại, phương pháp tra bảng đơn giản, nhanh chóng, nhưng cho kết quả quá bảo thủ so với phương pháp phân tích.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đào Sỹ Đán (2025), Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14, Tạp chí Xây dựng, số 5.

[2]. ACI 216.1M-14 (2014), Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies, American Concrete Institute, USA.

[3]. ACI 318M-11 (2011), Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, USA.

[4]. ASCE/SEI 7-10 (2010), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE, USA.

■Ngày nhận bài: 28/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2025

Xác định hệ số dẫn nhiệt đối lưu của mặt trong dầm cầu bê tông có mặt cắt dạng hộp

Determination of the convective heat transfer coefficient on the inner surface of concrete bridge box girder

> PGS.TS NGÔ ĐĂNG QUANG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: ngodangquang@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ số dẫn nhiệt đối lưu (convective heat transfer coefficient) hc là một thông số quan trọng trong tính toán truyền nhiệt và ứng xử của kết cấu bê tông. hc phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó, quan trọng nhất là tốc độ của dòng khí hay dòng chất lỏng tiếp xúc với bề mặt vật rắn. Đối với bề mặt trong của các kết cấu đóng kín, hệ số này thường được xác định với giả thiết coi vận tốc không khí bằng không. Cho đến nay, hc cho các bề mặt trong của các dầm bê tông có mặt cắt dạng hộp kín vẫn được xác định dựa trên các công thức kinh nghiệm.

Bài báo trình bày cách tiếp cận bài toán ngược để xác định hc cho các mặt trong của dầm hộp kín dựa trên số liệu đo đạc nhiệt độ hiện trường. Các kết quả thu được có thể được áp dụng trong tính toán nhiệt của kết cấu cầu bê tông.

Từ khóa: Hệ số dẫn nhiệt đối lưu, dầm cầu bê tông dạng hộp kín, nhiệt độ hiện trường, bài toán ngược.

ABSTRACT

The convective heat transfer coefficient (hc) is a key parameter in heat transfer analysis and the thermal behavior of concrete structures. For the inner surfaces of enclosed structures, hc is typically determined under the assumption of zero air velocity. In the case of concrete box girders, empirical formulas have traditionally been used to estimate this coefficient.

This study applies an inverse problem approach to determine hc for the inner surfaces of closed-box girders using field-measured temperature data. The results provide a more accurate basis for thermal analysis in concrete bridge structures, improving the reliability of temperature predictions.

Keywords: Convective heat transfer coefficient, concrete box bridge girder, field temperature, inverse problem.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các kết cấu nói chung, đặc biệt là trong các dầm cầu bê tông có mặt cắt dạng hộp, sự phân bố nhiệt độ và nhất là chênh lệch nhiệt độ giữa các phần của kết cấu đóng vai trò quan trọng trong ứng xử của chúng. Các vết nứt do nhiệt được phát hiện khá phổ biến trong các cầu dầm hộp ở nước ta [1].

Sự phân bố nhiệt độ trong các kết cấu cầu bê tông được hình thành dưới tác động kết hợp của dẫn nhiệt, đối lưu và sự tương tác với bức xạ mặt trời cũng như bức xạ nhiệt [2]. Phương trình cơ bản mô tả quá trình dẫn nhiệt trong bê tông có dạng:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k\nabla^2 T + q_b \quad (1)$$

Trong đó:

ρ, c_p và k - Lần lượt là khối lượng riêng, nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt của vật liệu;

q_b - Mật độ dòng nhiệt được truyền trên bề mặt vật rắn. Trong trường hợp tổng quát, q_b là tổng của bức xạ sóng ngắn, q_s, bức xạ sóng dài, q_l, và đối lưu, q_c, như sau:

$$q_b = q_S + q_L + q_C \quad (2)$$

Truyền nhiệt đối lưu, đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng nhiệt giữa bề mặt vật rắn và môi trường chất lỏng hay chất khí xung quanh, đóng vai trò quan trọng trong việc xác định quá trình truyền nhiệt của các kết cấu cầu bê tông. Theo [3], lượng nhiệt truyền qua nhiệt đối lưu có thể lớn gấp ba đến bốn lần so với lượng nhiệt truyền qua bức xạ sóng dài.

Định luật của Newton mô tả quá trình truyền nhiệt đối lưu, thiết lập mối quan hệ giữa tốc độ truyền nhiệt và sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt vật thể và môi trường chất lỏng bao quanh, được mô tả trong phương trình (3).

$$q_C = h_C \ T_s - T_a \quad (3)$$

Trong đó: q_c - Mật độ dòng nhiệt truyền qua đối lưu giữa bề mặt vật rắn và môi trường xung quanh; T_s - Nhiệt độ bề mặt; T_a - Nhiệt độ của môi trường và h_c - Hệ số truyền nhiệt đối lưu. Trong lĩnh vực kỹ thuật công trình cầu đã có nhiều nghiên cứu về hệ số truyền nhiệt đối lưu cho mặt ngoài của dầm bê tông [5, 7]. Trong khi đó, đối với các bề mặt trong của dầm hộp, hệ số này vẫn được lấy

theo công thức kinh nghiệm được Kehlbeck đề xuất với giả thiết là trong lòng hộp, không khí đứng yên [4, 6]. Giá trị của h_c cho các mặt trong của dầm hộp là:

$$h_C = 3,5 \quad W/m^2 \cdot K \tag{4}$$

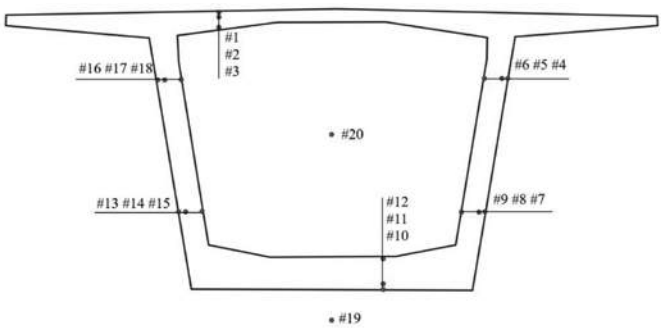
Trong kỹ thuật công trình nhà, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để xác định truyền nhiệt đối lưu cho mặt trong của công trình [9, 10, 11]. Theo các nghiên cứu này, h_c thay đổi trong khoảng từ 0,5 to 4,5 W/m²·K, phụ thuộc vị trí của bề mặt cũng như vị trí và phương của nguồn nhiệt. CIBSE [7] đề xuất giá trị của h_c cho các mặt trong của nhà, với điều kiện không khí đứng yên, là 2,5, 5,0 và 0,7 W/m²·K lần lượt ứng với nguồn nhiệt hướng ngang, hướng lên và hướng xuống. Nghiên cứu thực nghiệm của Delaforce [8] cho kết quả hệ số truyền nhiệt đối lưu cho trần nhà, tường và sàn lần lượt là 4,8, 1,6 và 0,5 W/m²·K.

Có nhiều phương pháp để xác định hệ số truyền nhiệt đối lưu và chúng được chia thành phương pháp giải tích, phương pháp thực nghiệm và phương pháp số dựa trên động lực học dòng chảy. Phương pháp giải tích thường được áp dụng cho các đối tượng có cấu tạo đơn giản như tấm phẳng, hình trụ hay hình cầu [3, 12]. Phương pháp thực nghiệm thường cho kết cấu không quá phức tạp và được thực hiện trong hầm gió.

Trong nghiên cứu này, cách tiếp cận bài toán ngược sẽ được áp dụng để xác định h_c dựa trên các số liệu đo đạc nhiệt độ trên cầu cũng như nhiệt độ không khí trong lòng hộp.

2. QUAN TRẮC NHIỆT ĐỘ TRÊN CÔNG TRÌNH CẦU

Từ năm 2021 đến nay, một dự án quan trắc nhiệt độ trên 3 công trình cầu bê tông lớn là Vĩnh Thịnh (miền Bắc), Quán Hàu (miền Trung) và Gò Găng (miền Nam) đã được thực hiện. Kết cấu dầm trong các công trình này đều có dạng hộp kín. Dữ liệu bao gồm nhiệt độ trong bê tông, nhiệt độ không khí ở trong hộp và nhiệt độ không khí ở ngoài cầu được đo với tần suất 5 phút thông qua các cảm biến được gắn trong bê tông ở ngoài cầu như được thể hiện trên Hình 1. Trên mỗi dầm, hai mặt cắt được lựa chọn để đo nhiệt độ. Mặt cắt ở gần gối có chiều cao mặt cắt và chiều dày thành lớn và mặt cắt ở giữa nhịp có các kích thước tương ứng nhỏ hơn. Tại mỗi mặt cắt, 18 cảm biến (#1 đến #18) được bố trí để đo nhiệt độ trong bê tông, 1 cảm biến (#19) để đo nhiệt độ không khí ngoài hộp và 1 cảm biến (#20) để đo nhiệt độ không khí trong lòng hộp. Đến nay, sau gần 4 năm, đã có hơn 1.300.000 dữ liệu nhiệt độ ở 3 cầu trên đã được thu thập.



Hình 1. Sơ đồ bố trí cảm biến trên mặt cắt dầm hộp bê tông cốt thép

3. CÁCH TIẾP CẬN BÀI TOÁN NGƯỢC ĐỂ XÁC ĐỊNH HỆ SỐ DẪN NHIỆT ĐỐI LƯU

Phương pháp được thực hiện ở đây là giải bài toán được nêu trong phương trình (1). Do ở trong lòng hộp nên các thành phần bức xạ của phương trình truyền nhiệt được bỏ qua. Kết hợp với các phương trình (2) và (3), phương trình (1) trở thành:

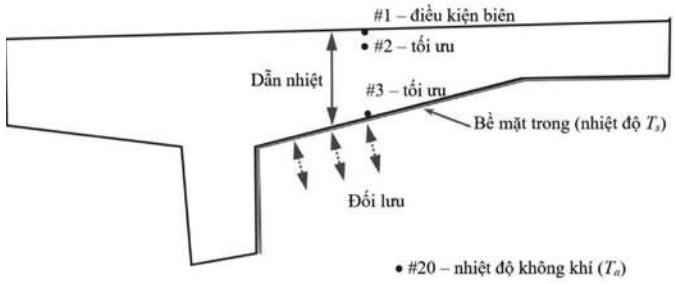
$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k\nabla^2 T + h_C \ (T_s - T_a) \tag{5}$$

Với cách tiếp cận bài toán ngược, giá trị h_C sẽ được xác định trên cơ sở tối thiểu hóa hàm mục tiêu sau:

$$E = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} \left(T_{ij,m} - T_{ij,s}(h_C)\right)^2 \tag{6}$$

Trong đó: $T_{ij,m}$ - Nhiệt độ đo được tại điểm đo *i* ở thời điểm đo *j* và $T_{ij,s}(h_c)$ - Nhiệt độ tính được tại điểm đo *i* và thời điểm đo *j* khi ứng với 1 giá trị h_C được chọn. $T_{ij,s}(h_c)$ được tính toán theo phương trình (5); N - Số điểm đo và M là số thời điểm đo. Phương trình trên có thể được giải bằng các thuật toán tối ưu hóa như Levenberg-Marquardt, Gauss-Newton...

Trong nghiên cứu này, phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp thuật toán Levenberg-Marquardt với phần mềm Comsol [13] sẽ được áp dụng. Quá trình truyền nhiệt được xem xét là kết hợp dẫn nhiệt trong bê tông và đối lưu giữa mặt trong của bê tông và không khí. Để mô phỏng quá trình này, nhiệt độ tại các điểm đo ở mặt ngoài mặt cắt như điểm 1, 7, 10, 13… được sử dụng làm điều kiện biên nhiệt độ, nhiệt độ không khí được xác định tại đo điểm 20 và nhiệt độ tại các điểm đo trong bê tông như điểm 2, 3, 8, 9… được sử dụng làm điều kiện tối ưu để xác định h_c. Các tính chất của bê tông phục vụ cho việc tính toán dẫn nhiệt đã được xác định trong [14].



Hình 2. Sơ đồ tính toán truyền nhiệt

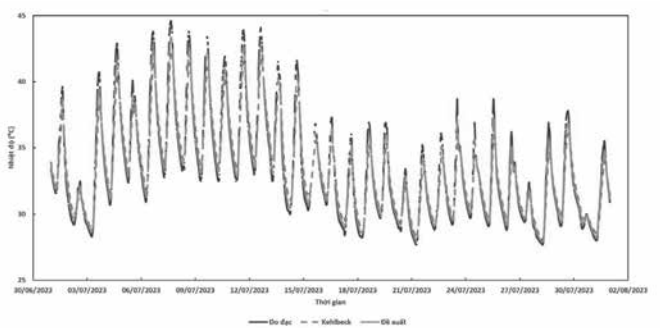
Ảnh hưởng của các tham số như chiều cao và chiều rộng của mặt cắt đến h_c sẽ được khảo sát trong quá trình tính toán.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Để đảm bảo độ chính xác và giảm thiểu ảnh hưởng của các lỗi dữ liệu cục bộ, các mô phỏng được thực hiện ứng với khoảng thời gian đo đạc đến 1 năm. Các kết quả tính toán được thống kê như ở Bảng 1. Hình 3 so sánh kết quả tính toán theo giá trị h_c của Kehlbeck và h_c được đề xuất trong nghiên cứu này với kết quả đo đạc nhiệt độ tại điểm 2, mặt cắt giữa nhịp (GG2) trên cầu Gò Găng. Có thể thấy rằng, các giá trị h_c đều cho kết quả khá phù hợp với số liệu đo. Tuy nhiên, số liệu được tính toán với giá trị h_c của nghiên cứu này gần với số liệu đo đạc hơn.

Bảng 1. Kết quả tính toán hệ số dẫn nhiệt đối lưu của các mặt cắt cầu

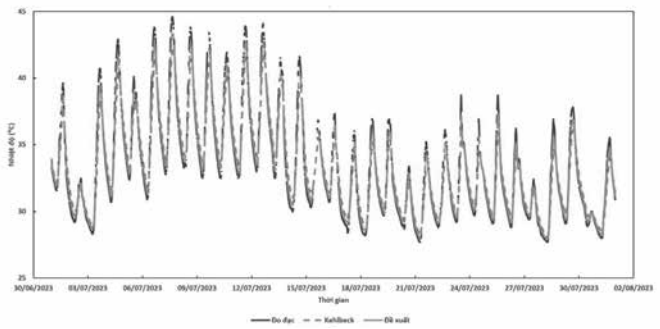
Mặt cắt	Chiều cao trong hộp (m)	Chiều rộng trong hộp (m)	h_c (W/m2.K)
VT1	5,8	8	3,92
VT2	2,2	8	4,60
QH1	4,8	5	4,32
QH2	1,5	5	4,52
GG1	5	6,5	3,86
GG2	2,2	6,0	5,58



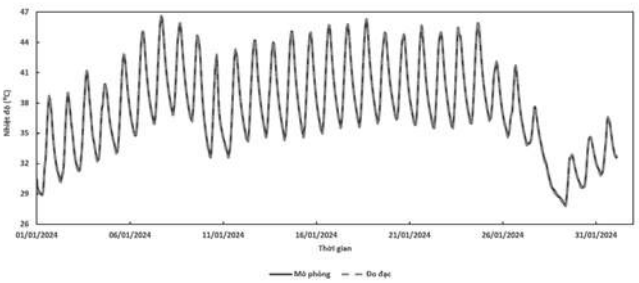
Hình 3. So sánh nhiệt độ đo đạc và nhiệt độ mô phỏng với giá trị h_c theo Kehlbeck và theo đề xuất của nghiên cứu trên cầu Gò Găng, điểm đo 2

Các giá trị h_c tính toán được cho mặt trong của dầm cầu đều lớn hơn giá trị được Kehlbeck đề xuất và được nêu trong [4, 6]. Điều này có thể được giải thích là, trong nghiên cứu của Kehlbeck, không khí trong lòng hộp có chuyển động không đáng kể và truyền nhiệt giữa mặt bê tông và không khí là do đối lưu tự nhiên, nhưng trong thực tế, ở các cầu đang quan trắc, do có các lỗ trên thành cầu nên không khí chuyển động và điều này làm cho sự truyền nhiệt qua đối lưu tăng lên. Ngoài ra, các mặt cắt có kích thước trong lòng hộp nhỏ hơn có giá trị hệ số truyền nhiệt đối lưu lớn hơn.

Hình 4 và Hình 5 so sánh kết quả tính toán sự thay đổi nhiệt độ đo đạc và nhiệt độ mô phỏng theo giá trị h_c được đề xuất trong nghiên cứu này cho các vị trí khác nhau trên cầu Quán Hàu và cầu Vĩnh Thịnh. Có thể thấy rằng, số liệu mô phỏng phù hợp rất tốt với số liệu đo đạc.



Hình 4. So sánh nhiệt độ đo đạc và nhiệt độ mô phỏng theo giá trị h_c đề xuất của nghiên cứu trên cầu Quán Hàu, điểm đo 3



Hình 5. So sánh nhiệt độ đo đạc và nhiệt độ mô phỏng theo giá trị h_c đề xuất của nghiên cứu trên cầu Vĩnh Thịnh, điểm đo 9

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, hệ số truyền nhiệt đối lưu của mặt trong cầu dầm hộp đã được xác định dựa trên cách tiếp cận bài toán ngược. Theo đó, nhiệt độ đo được trong bê tông và không khí trong lòng hộp được sử dụng làm dữ liệu đầu vào để tính toán hệ số truyền nhiệt đối lưu. Kết quả tính toán cho thấy, ở 3 cầu đang được quan trắc, hệ số truyền nhiệt đối lưu cao hơn với giá trị được sử dụng tương đối phổ biến hiện nay do Kehlbeck đề xuất. Điều này là do ở thành cầu và bản đáy trên các cầu thực tế có lỗ thông khí làm cho truyền nhiệt đối lưu thực tế cao hơn so với giá trị được khuyến nghị từ thí nghiệm với không khí tĩnh trong lòng hộp. Kết quả tính toán cũng cho thấy, với phạm vi nghiên cứu này, số liệu nhiệt độ mô phỏng theo giá trị của hệ số truyền nhiệt đối lưu được đề xuất trong nghiên cứu gần với số liệu quan trắc hơn so với giá trị được tính theo đề xuất của Kehlbeck.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tống Trần Tùng (2019), Đánh giá hiệu quả của công nghệ xây dựng cầu bê tông cốt thép dự ứng lực nhịp lớn thi công hẫng ở Việt Nam và đề xuất giải pháp hoàn thiện, Báo cáo kết quả nghiên cứu đề tài cấp Bộ, mã số: DT183057.

[2]. Mirsadeghi, M., Cóstola, D., Blocken, B., & Hensen, J. L. M. (2013), Review of external convective heat transfer coefficient models in building energy simulation programs: Implementation and uncertainty, Applied Thermal Engineering, 56(1), 134-151, doi: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.03.003.

[3]. John H Lienhard (Dec 18, 2019), A Heat Transfer Textbook: Fifth Edition, Courier Dover Publications.

[4]. M. M. Elbadry and A. Ghali (1983), Temperature Variations in Concrete Bridges, Journal of Structural Engineering, vol.109, pp.2355-2374, https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1983)109:10(2355).

[5]. Linren Zhou, Ruitian Wanyan and Shaoji Li, Review on convective and radiation heat transfer between bridges and external environments, Advances in Structural Engineering 2024, vol. 0(0) 1-18.

[6]. Mirambell E. and Aguado A., Temperature and stress distributions in concrete box girder bridges, Journal of Structural Engineering 116(9): 2388-2409.

[7]. Chartered Institute of Building Service Engineers (CIBSE) Guide, Volume A, 2016.

[8]. Delaforce SR, Hitchin ER, Watson DMT, Convective Heat Transfer at Internal Surfaces, Building and Environment 1993;28(2): 211-20.

[9]. Hazim B. Awbi (1998), Calculation of convective heat transfer coefficients of room surfaces for natural convection, Energy and Buildings 28, 219-227.

[10]. H.B. Awbi, A. Hatton, Natural convection from heated room surfaces, Energy and Buildings 30 1999 233-244.

[11]. Petter Wallenten (2001), Convective heat transfer coefficients in a full-scale room with and without furniture, Building and Environment 36, 743-751.

[12]. J. P. Holman, Heat Transfer, Tenth Edition (2010), ISBN 978-0-07-352936-3, McGraw-Hill.

[13]. COMSOL Multiphysics® Software - Understand, Predict and Optimize.

[14]. Ngô Đăng Quang (2022), Báo cáo kết quả Đề tài "Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ trong dầm cầu bê tông cốt thép có mặt cắt dạng hộp trên đường ô tô", DT214005.

■Ngày nhận bài: 11/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Phát triển giao thông xanh dựa trên hệ thống giao thông thông minh và logistics thông minh

Green transport development based on intelligent transport system and intelligent logistics

> GS.TS LÊ HÙNG LÂN[1], TS LÊ XUÂN TRƯỜNG[1*], THS PHAN THỊ THANH NGỌC[2]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải
[2]Trung tâm Sáng tạo - Công ty Công nghệ thông tin VNPT
Email: [*]lexuantruong@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Phát triển giao thông xanh là nhu cầu bức thiết và xu hướng của các quốc gia, trong đó có Việt Nam. Để phát triển giao thông xanh được bền vững, nhanh chóng, hiệu quả cần có chiến lược và các giải pháp phù hợp, toàn diện, đồng bộ. Bài báo phân tích khía cạnh đóng góp của hệ thống giao thông thông minh ITS và logistics thông minh cho phát triển giao thông xanh, từ đó đa dạng hóa được các nguồn lực, giải pháp, góp phần thực hiện thành công mục đích phát triển giao thông xanh của Việt Nam.

Từ khóa: Giao thông xanh, hệ thống giao thông, logistics thông minh.

ABSTRACT

Green transport development is demand of countries, including Vietnam. To develop green transport sustainably, quickly and effectively, it is necessary to have appropriate, comprehensive and synchronous strategies and solutions. This article analyses the contributions of ITS and Logistics for green transportation, thereby diversifying resources and solutions to contribute to the successful implementation of Vietnam's green transport development goals.

Keywords: Green transport, transport system, intelligent logistics.

1. KINH TẾ XANH VÀ GIAO THÔNG XANH

Kinh tế xanh (Green economy) được đề cập đến lần đầu tiên bởi các nhà kinh tế môi trường Anh vào năm 1989, sau đó chính thức được sử dụng tại Hội nghị thượng đỉnh của Liên hiệp quốc về phát triển bền vững vào tháng 6/2012 tại Rio de Janeiro, Brazil. Kinh tế xanh có nhiều định nghĩa và khái niệm. Định nghĩa được coi là chính xác và đầy đủ nhất về kinh tế xanh được Chương trình Môi trường Liên hiệp quốc (United Nations Environment Programme - UNEP) đưa ra năm 2011, theo đó nền kinh tế xanh có thể được định nghĩa là nền kinh tế "mang lại cải thiện phúc lợi cho con người và công bằng xã hội, đồng thời giảm thiểu rủi ro môi trường và tình trạng khan hiếm sinh thái". Như vậy, đơn giản nội hàm của kinh tế xanh bao gồm: Phát thải các-bon thấp, sử dụng hiệu quả và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, đảm bảo tính công bằng về mặt xã hội, từ đó tạo sự phát triển kinh tế bền vững, ổn định nguồn lao động cũng như duy trì hệ sinh thái. Cách tiếp cận kinh tế xanh giải quyết ba trụ cột sinh thái, kinh tế và xã hội - các trụ cột của một sự phát triển bền vững. Kinh tế xanh tập trung vào trụ cột sinh thái vì thiếu hụt nghiêm trọng trong việc thực hiện. Ngoài ra, cách tiếp cận tăng trưởng xanh tập trung nhiều hơn vào các vấn đề về quy định thị trường và các động lực kinh tế. Khái niệm "kinh tế xanh" không thay thế khái niệm "bền vững", nhưng nó ngày càng được công nhận là mô hình phù hợp, làm nền tảng cho phát triển bền vững. Trong đó, tính bền vững là một mục tiêu dài hạn quan trọng, nhưng xanh hóa nền kinh tế là phương tiện đưa mỗi quốc gia đi tới đích phát triển bền vững.

Theo UNEP, nền kinh tế xanh bao gồm 7 lĩnh vực: (1) năng lượng tái tạo; (2) cung cấp nước, (3) các công nghệ làm sạch; (4) quản lý chất thải; (5) nông nghiệp và lâm nghiệp bền vững; (6) nhà xanh và (7) giao thông xanh. Như vậy, giao thông xanh là một trong những lĩnh vực chính trong phương pháp tiếp cận kinh tế xanh (Hình 1). Giao thông được coi là "xanh" khi nó hỗ trợ tính bền vững về môi trường, tức là bảo vệ khí hậu toàn cầu, hệ sinh thái, sức khỏe cộng đồng và tài nguyên thiên nhiên (UNEP, 2011). Nó cũng hỗ trợ hai trụ cột khác của tính bền vững, tức là kinh tế và xã hội. Mục tiêu của giao thông xanh không chỉ là giảm phát thải khí nhà kính, ô nhiễm không khí, tiếng ồn và tiêu thụ không gian, mà còn giảm nghèo và hỗ trợ tăng trưởng kinh tế. Tầm quan trọng của giao thông xanh đối với môi trường, kinh tế và xã hội được thể hiện qua các hiệu quả sau: Hỗ trợ tính bền vững về môi trường, tức là bảo vệ khí hậu toàn cầu, hệ sinh thái, sức khỏe cộng đồng và tài nguyên thiên nhiên.

Với các nước đang phát triển, một vấn đề quan trọng là làm thế nào để kết hợp giao thông xanh với tăng trưởng kinh tế. Thông thường, tăng trưởng kinh tế và sự gia tăng thịnh vượng dẫn đến sự gia tăng khối lượng vận tải cơ giới tư nhân không bền vững, gây tắc nghẽn và ô nhiễm không khí cản trở chất lượng cuộc sống và sự phát triển kinh tế và thịnh vượng của các thành phố. Tại các nước đang phát triển, do quy hoạch không đồng bộ nên không gian phát triển bị hạn chế, dẫn tới việc mở rộng cơ sở hạ tầng cho ô tô rất tốn kém về mặt chi phí. Do đó, các phương thức vận tải bền vững phải được cung cấp và phải tạo ra các ưu đãi phù hợp để khuyến khích việc sử dụng chúng. Đầu tư vào các phương thức vận tải phù hợp có thể thúc đẩy tăng trưởng bền vững. Đầu tư vào hệ thống giao thông công cộng và các phương thức vận tải phi cơ giới sẽ cải thiện chất lượng cuộc sống ở các thành phố và do đó tăng sức hấp dẫn kinh tế của thành phố. Các phân tích kinh tế đã chỉ ra rằng khả năng tiếp cận giao thông công cộng là yếu tố vị trí quan trọng nhất đối với các doanh nghiệp. Một thách thức phức tạp khác là vận tải hàng hóa: Vận tải hàng hóa hoạt động như một chất xúc tác thương mại và do đó thúc đẩy sự phát triển kinh tế nhưng đồng thời cũng là tác nhân gây ô nhiễm lớn. Để tìm ra giải pháp, cần có một cách tiếp cận toàn diện: Thay đổi chuỗi sản xuất và tối ưu hóa logic để tránh vận tải, chuyển hàng hóa từ đường bộ sang đường sắt hoặc vận tải biển, vì những phương tiện này có lượng khí thải thấp hơn nhiều trên mỗi tấn kilomet và cải thiện hoạt động và phương tiện. Ngoài những tác động của hệ thống và hoạt động vận tải còn có thách thức là phải "xanh hóa" quá trình sản xuất xe cộ. Tuy nhiên, câu hỏi vẫn còn đó, liệu sản xuất xe cộ có thực sự nên đóng vai trò là một ngành công nghiệp then chốt trong các chính sách tăng trưởng kinh tế hay không. Trung Quốc là một ví dụ điển hình cho cách tiếp cận như vậy. Vì tăng trưởng kinh tế không nên bị cản trở, nên điều quan trọng là phải xem xét thêm các lựa chọn khác cho tăng trưởng kinh tế xanh.

Phát triển giao thông xanh là nền tảng quan trọng để xây dựng một nền kinh tế xanh. Đại hội Đảng lần thứ XI, XII và XIII đã xác định, xây dựng hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông đồng bộ, hiện đại cả về kinh tế và xã hội, ưu tiên một số công trình trọng điểm quốc gia về giao thông thích ứng với biến đổi khí hậu là 1 trong 3 đột phá chiến lược để phát triển kinh tế - xã hội. Triển khai các cam kết của Việt Nam tại COP26, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định 876 ngày 02/7/2022 phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí cac-bon và khí mê-tan của ngành GTVT, với mục tiêu phát triển hệ thống giao thông xanh, nhằm thực hiện mục tiêu đưa phát thải ròng khí nhà kính về "0" vào năm 2050. Chương trình hành động đã đưa ra các giải pháp cụ thể cho 5 chuyên ngành GTVT quốc gia và giao thông đô thị, bao gồm: Phát triển hệ thống đường sắt đô thị, đường sắt tốc độ cao, đường sắt quốc gia điện khí hóa, phát triển cảng xanh và lộ trình chuyển đổi phương tiện sang sử dụng điện và năng lượng xanh. Cụ thể, từ năm 2025, 100% số xe buýt thay thế, đầu tư mới sẽ sử dụng điện, năng lượng xanh; từ năm 2030 tỷ lệ phương tiện sử dụng điện, năng lượng xanh đạt tối thiểu 50%; đến năm 2050, 100% xe buýt và taxi sử dụng điện, năng lượng xanh, bảo đảm thực thi cam kết Net Zero tại Hội nghị COP26.

2. CHUYỂN ĐỔI SỐ, GIAO THÔNG THÔNG MINH XANH VÀ LOGISTICS THÔNG MINH XANH

Chuyển đổi số là xu thế tất yếu và đòi hỏi khách quan của sự phát triển trong thời đại ngày nay, mở ra cơ hội cho các quốc gia bứt phá vươn lên. GTVT và logistics luôn được xem là lĩnh vực liên quan nhiều đến đời sống của người dân, là ngành xương sống của nền kinh tế quốc dân, đồng hành với tất cả các lĩnh vực hoạt động, từ sản xuất, phân phối, lưu thông đến tiêu thụ. Việc triển khai chuyển đổi số trong GTVT và logistics sẽ có tác dụng đảm bảo an toàn, hạ giá thành vận tải và tạo thuận lợi cho người dân, doanh nghiệp vận tải.

Chuyển đổi số trong lĩnh vực quản lý, điều hành GTVT là bản chất của hệ thống giao thông thông minh. Hệ thống giao thông thông minh (Intelligent Transport System - ITS) ứng dụng các công nghệ tiên tiến như cảm biến, điều khiển, điện tử, tin học và viễn thông để quản lý và điều hành hệ thống GTVT [1, 2]. ITS liên kết con người, hệ thống đường bộ và phương tiện giao thông thành một mạng lưới thông tin, giúp quá trình lưu thông trên đường cao tốc và nội đô trở nên thuận tiện, nhanh chóng. Đồng thời, thông qua kết nối với các trung tâm quản lý giao thông, hệ thống giao thông thông minh ITS cho phép thu thập, lưu trữ và truyền đạt thông tin về điều kiện đường bộ theo thời gian thực, giúp giảm tắc nghẽn và cải thiện an toàn.

Hệ thống giao thông thông minh ra đời trên thế giới từ những năm 1970, phát triển mạnh từ những năm 1980 đã chứng tỏ được hiệu quả lớn trong nâng cao hiệu quả hạ tầng GTVT, giảm thiểu ùn tắc, tai nạn giao thông và ô nhiễm môi trường, gia tăng tiện ích cho người tham gia và quản lý giao thông. Sang thế kỷ 21, từ những năm 2010, sự phát triển ITS tập trung vào giao thông xanh với mục tiêu lượng các-bon thấp, tiết kiệm năng lượng và kiểm soát ô nhiễm. ITS xanh là mục tiêu của sự phát triển hệ thống giao thông trong tương lai. ITS xanh có thể đóng góp tích cực vào tính bền vững về mặt xã hội, kinh tế và môi trường trong hệ thống đô thị. Nó cũng có thể cung cấp các kết nối hài hòa giữa con người và phương tiện cũng như cơ sở hạ tầng. Năm 2017, tổ chức Tiêu chuẩn thế giới về ITS ISO/TC204 đã ban hành Tiêu chuẩn ISO/TR 20529-1:2017(E) về khung tiêu chuẩn ITS xanh (G-ITS). Tài liệu này cung cấp các hướng dẫn khung để xác định các công nghệ chi phí-hiệu quả và các tiêu chuẩn liên quan cần thiết để triển khai, quản lý và vận hành các công nghệ hệ thống giao thông thông minh ITS "xanh" bền vững trong giao thông đường bộ với tính di chuyển sinh thái. Sau đó, các tiêu chuẩn về ITS xanh được phát triển thành chuỗi ISO 20529, chẳng hạn ISO 20529-2:2021 về các dịch vụ di động tích hợp…

Yêu cầu đặc tính "xanh" trở thành gắn liền với tính "thông minh" của hệ thống giao thông cần phát triển.

Với sự tăng trưởng kinh tế toàn cầu nhanh chóng, logistics ngày càng trở nên quan trọng trong chuỗi cung ứng. Trước bối cảnh mặc dù có sự tăng trưởng nóng không ngừng, nhưng tình trạng các nguồn lực logistics chưa được sử dụng hiệu quả đã nảy sinh ra nhu cầu phát triển logistics thông minh. Logistics thông minh ra đời sẽ tạo điều kiện để phát huy tối đa các nguồn lực và nâng cao tính hiệu quả của dịch vụ. Logistics thông minh hay còn được gọi là "logistics 4.0" xuất phát từ khái niệm "hệ thống logistics thông minh" do IBM đề xuất. Đến nay, chưa có khái niệm thống nhất, nhưng logistics thông minh được cho là các giải pháp ứng dụng công nghệ hiện đại như Internet of Things (IoT), dữ liệu lớn để phân tích (Big data), trí tuệ nhân tạo (AI) để lập kế hoạch, quản lý, kiểm soát các hoạt động

logistics nhằm nâng cao hiệu quả của hoạt động [3, 4]. Hiện nay, các tiêu chí logistics thông minh được tóm gọn thành "ISTICS", cụ thể:

- I (Intelligence - Trí tuệ): Các công nghệ thông minh (IoT, Big data, AI…).

- F (Flexibility - Tính linh hoạt): Dự báo các nhu cầu chính xác, tối ưu hóa hàng tồn kho và định tuyến vận tải hiệu quả hơn theo đúng nhu cầu của khách hàng.

- I (Integration of logistics - Tích hợp logistics): Việc chia sẻ các thông tin giữa các khâu trong quá trình logistics được quản lý, tập trung nhằm tăng cường khả năng phối hợp, hiệu quả.

- S (Self-organization - Tự tổ chức): Giám sát thời gian thực và ra các quyết định thông minh cho phép hệ thống logistics hoạt động mà không cần sự can thiệp của con người.

Tương tự như với ITS, quá trình định hướng "xanh" cũng xảy ra với lĩnh vực logistics. Nếu trong logistics truyền thống hướng đến việc đạt hiệu quả cao nhất, bằng cách tối ưu hóa quy trình và giảm thiểu thời gian, tiết kiệm chi phí, ít chú trọng đến các vấn đề môi trường thì trong logistics xanh không chỉ là tối ưu hóa hiệu suất kinh tế mà còn hướng đến bảo vệ môi trường và xây dựng một hệ thống vận chuyển và chuỗi cung ứng bền vững. Logistics xanh hướng đến một mô hình tiên tiến và thông minh trong quản lý chuỗi cung ứng giúp doanh nghiệp cân bằng giữa việc gia tăng lợi nhuận nhưng vẫn đảm bảo thân thiện với môi trường.

Tại Việt Nam, tiến trình chuyển đổi số đang diễn ra rất mạnh mẽ, sâu rộng trên tất cả các lĩnh vực của đời sống xã hội. Ngày 03/6/2020, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 749/QĐ-TTg về "Chương trình Chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030". Chính phủ xem GTVT và logistics là một trong những lĩnh vực trọng yếu cần ưu tiên trong Chương trình chuyển đổi số quốc gia. Trong Quyết định 749 nói trên, GTVT và logistics là một trong tám lĩnh vực ưu tiên chuyển đổi số. Nhận thức được nhu cầu áp dụng công nghệ số toàn diện để phát triển giao thông thông minh, giao thông thân thiện với môi trường, hiện đại hóa giao thông đô thị và nông thôn, trên cơ sở Chương trình chuyển đổi số quốc gia, Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) đã phê duyệt Chương trình Chuyển đổi số đến năm 2025, định hướng đến năm 2030 [5]. Theo đó, cụ thể, đến năm 2025, mục tiêu 100% các tuyến đường bộ cao tốc có triển khai lắp đặt hệ thống quản lý, điều hành giao thông thông minh ITS; hình thành được các trung tâm tích hợp quản lý, điều hành giao thông của đô thị thông minh tại những thành phố trực thuộc Trung ương và địa phương có nhu cầu.

Hiện nay, nhiều tỉnh, thành đã và đang khẩn trương đưa vào xây dựng ITS nhanh chóng và đồng bộ. Tại TP.HCM, trong giai đoạn 2021 - 2025, 7 dự án giao thông thuộc chương trình đô thị thông minh của thành phố được ưu tiên đầu tư nhằm ứng dụng công nghệ vào việc điều hành, quản lý giao thông trên địa bàn. Tại Thủ đô Hà Nội, tháng 11/2024, HĐND Thành phố đã phê duyệt Đề án phát triển giao thông thông minh, trong đó ưu tiên triển khai các nhóm dịch vụ đem lại những lợi ích thiết thực nhất cho các doanh nghiệp và người dân, đồng thời tăng cường hiệu quả quản lý nhà nước, cải thiện môi trường giao thông [2]. Ở nhiều tỉnh, thành khác như Huế, Đà Nẵng, Hải Phòng, Thái Nguyên..., những năm gần đây, hệ thống giao thông đường bộ cũng đang từng bước phát triển và được đầu tư theo hướng đồng bộ, hiện đại.

3. PHÁT TRIỂN GIAO THÔNG XANH TRÊN NỀN TẢNG GIAO THÔNG THÔNG MINH VÀ LOGISTICS THÔNG MINH

Làm thế nào để đạt được giao thông xanh hoặc bền vững? Không có câu trả lời đơn giản cho câu hỏi đó, cho đến nay không có một chiến lược phát triển giao thông xanh nhất quán cho mọi quốc gia. Tuy nhiên, tùy theo cách tiếp cận, chiến lược phát triển giao thông xanh có thể được chia thành hai loại: Trong phạm vi hẹp và rộng. Cách tiếp cận phạm vi hẹp tập trung vào giải quyết vấn đề dễ thấy, nổi bật nhất của giao thông xanh, đó là hạn chế các phương tiện giao thông gây ô nhiễm môi trường, chuyển đổi các phương thức giao thông truyền thống sang các phương thức giảm thiểu phát thải như xe điện, xe đạp, đi bộ.

Chẳng hạn, theo *vovgiaothong.vn*, giao thông xanh là phương tiện hạn chế CO_2 và các khí thải độc hại khác ra môi trường. Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí cac-bon và khí mê-tan của lĩnh vực GTVT đề ra mục tiêu cụ thể về số lượng xe buýt thay thế, đầu tư mới sẽ sử dụng điện, năng lượng xanh. UBND TP Hà Nội mới đây đã phê duyệt "Đề án phát triển hệ thống GTVT công cộng bằng xe buýt sử dụng điện, năng lượng xanh trên địa bàn thành phố" đưa ra kế hoạch, lộ trình chuyển đổi và phát triển xe buýt sử dụng điện, năng lượng xanh trên địa bàn thành phố, đồng thời đề xuất các giải pháp chuyển đổi, phát triển và đạt được tỷ lệ 100% phương tiện sử dụng xe buýt sử dụng điện, năng lượng xanh vào năm 2035. Trong chương trình giảm ô nhiễm môi trường giai đoạn 2020 - 2030, TP.HCM đã đưa ra mục tiêu đối với lĩnh vực GTVT phải cắt giảm được 90% lượng chất ô nhiễm không khí tăng thêm vào năm 2030, dần tiến đến đạt mục tiêu phù hợp với Quyết định 876 nói trên. Thành phố cũng dự kiến đến năm 2030 sẽ có 1.874 xe buýt chuyển đổi sang năng lượng điện, năng lượng xanh.

Để tìm ra các giải pháp toàn diện cho chiến lược phát triển giao thông xanh, Tổ chức Hợp tác quốc tế Đức (GIZ) đưa ra cách tiếp cận "Tránh-Chuyển-Cải thiện" (Avoid-Shift-Improve) trong mọi lĩnh vực giao thông. Theo đó, cần tìm các giải pháp cho ba nhóm: Cần tránh hay giảm gì? Cần chuyển đổi gì? và Cần cải thiện hay phát triển gì để đạt được giao thông xanh.

Như vậy, có thể đưa ra một cách tiếp cận thứ hai, toàn diện hơn, trong phạm vi rộng cho việc tìm kiếm các giải pháp cho chiến lược phát triển giao thông xanh. Bản chất của cách tiếp cận này dựa trên quan điểm xác định ba mục tiêu phục vụ mục đích giao thông xanh, đó là:

1) Giảm nhu cầu và khoảng cách, thời gian di chuyển: Rõ ràng, lượng phát thải, ô nhiễm môi trường sẽ giảm khi lượng phương tiện giao thông lưu thông trên đường giảm.

2) Chuyển đổi các phương thức giao thông thân thiện môi trường:

Có thể coi mục tiêu này tương tự như cách tiếp cận theo phạm vi hẹp, có hiệu quả trực tiếp, dễ thấy.

3) Nâng cao hiệu quả của hệ thống GTVT:

Hệ thống GTVT khi được khai thác hiệu quả, vận hành trơn tru sẽ góp phần giảm số lượng xe trên đường, giảm ùn tắc, ô nhiễm và hỗ trợ tăng trưởng kinh tế. Có thể thấy đây chính là nội hàm các chức năng của ITS.

Trên Bảng 1 tóm tắt các nhóm giải pháp thực hiện chiến lược phát triển giao thông xanh được đề xuất ở trên, trong đó có 9/14 nhóm giải pháp thuộc về lĩnh vực giao thông thông minh và

logistics thông minh.

Bảng 1. Các nhóm giải pháp thực hiện chiến lược phát triển giao thông xanh

Mục tiêu	Giải pháp
Giảm nhu cầu và khoảng cách, thời gian di chuyển	Tích hợp quy hoạch giao thông và xây dựng (TOD)
	Cung cấp thông tin, hướng dẫn giao thông cho người tham gia giao thông (ITS)
	Logistics thông minh
Chuyển đổi các phương thức giao thông thân thiện môi trường	Chuyển đổi các phương tiện giao thông
	Chuyển đổi nhiên liệu
	Cung cấp hạ tầng cho người đi bộ và xe đạp
	Giao thông công cộng chất lượng cao (ITS)
	Quản lý nhu cầu: Quản lý bãi đỗ, khu vực giảm phát thải (ITS)
Nâng cao hiệu quả của hệ thống GTVT	Quản lý, điều hành giao thông thời gian thực (ITS)
	Quản lý sự cố (ITS)
	Quản lý kết cấu cơ sở hạ tầng giao thông (ITS)
	Giám sát hành trình xe vận chuyển hàng hóa đặc biệt (ITS)
	Thanh toán điện tử tích hợp, liên thông (ITS)
	Nền tảng giao thông đa phương thức

4. KẾT LUẬN

Phát triển giao thông xanh là nhu cầu và xu hướng của tất cả các nước, tuy nhiên do điều kiện kinh tế, xã hội, tự nhiên của mỗi quốc gia, cần xem xét đưa ra kế hoạch, giải pháp riêng của mình. Chiến lược phát triển giao thông xanh, hiệu quả là chiến lược huy động được mọi nguồn lực, mọi biện pháp có thể để thực hiện thành công mục đích cuối cùng: Bền vững môi trường, hỗ trợ phát triển kinh tế, xã hội. Trên cơ sở phân tích bản chất và mối quan hệ giữa các khái niệm, nội hàm của chuyển đổi số, giao thông thông minh/xanh, logistics/xanh, bài báo đưa ra một cách tiệm cận mới, có tính toàn diện, cởi mở về các nhóm giải pháp thực hiện chiến lược phát triển giao thông xanh, trong đó chỉ rõ vai trò quan trọng của chuyển đổi số thông qua hệ thống giao thông thông minh ITS và logistics thông minh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ và được thực hiện trong Trường Đại học Giao thông vận tải. Xin trân trọng cảm ơn sự tài trợ và giúp đỡ của các đồng nghiệp từ Trường Đại học Giao thông vận tải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Hùng Lân và các cộng sự (2012), Hệ thống giao thông thông minh, NXB. GTVT, Hà Nội.

[2]. Lê Hùng Lân và các cộng sự (2024), Phát triển hệ thống giao thông thông minh cho các đô thị Việt Nam - Một số cơ sở lý luận và thực tiễn, NXB. GTVT, Hà Nội.

[3]. Barreto L, Amaral A, Pereira T (2017), Industry 4.0 implications in logistics: An overview. Procedia Manufacturing, 13, 1245-1252.

[4]. Bo Feng, Qiwen Ye (2021), Operations management of smart logistics: A literature review and future research, Frontiers of Engineering Management, 8(3), 344-355.

[5]. Chương trình Chuyển đổi số Bộ GTVT đến năm 2025, định hướng đến năm 2030, ban hành theo Quyết định số 2269/QĐ-BGTVT ngày 08/12/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT.

■Ngày nhận bài: 02/4/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2025

Nghiên cứu đề xuất giải pháp hỗ trợ giảm phát thải các-bon tại cảng biển Việt Nam đến năm 2030

Research proposes solutions to support carbon emission reduction at Vietnamese seaports by 2030

> TS NGUYỄN XUÂN LONG
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: nguyenxuanlong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Việt Nam có vị trí địa lý chiến lược và hệ thống cảng biển đóng vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu, đang đối mặt với áp lực lớn trong việc giảm phát thải khí nhà kính từ hoạt động hàng hải. Ngành vận tải biển và cảng biển là nguồn phát thải các-bon đáng kể, với các cảng lớn như Bến Nghé thải trên 5.000 tấn CO_2 mỗi năm và Sài Gòn - Hiệp Phước khoảng 7.750 tấn CO_2 mỗi năm. Trong bối cảnh cam kết quốc gia đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 và các mục tiêu giảm phát thải của Tổ chức Hàng hải quốc tế, việc xây dựng các giải pháp giảm phát thải các-bon tại cảng biển Việt Nam đến năm 2030 là một nhiệm vụ cấp thiết. Vì vậy, bài báo này tập trung nghiên cứu và đề xuất các giải pháp khả thi nhằm hỗ trợ quá trình chuyển đổi xanh tại các cảng biển Việt Nam.

Từ khóa: Cảng biển, giảm phát thải các-bon, trung hòa các-bon, tàu biển hoạt động ở cảng biển Việt Nam.

ABSTRACT

Vietnam has a strategic geographical location and a port system that plays an important role in the global supply chain, facing great pressure to reduce greenhouse gas emissions from maritime activities. The shipping and port industry is a significant source of các-bon emissions, with major ports such as Ben Nghe emitting over 5,000 tons of CO_2 per year and Saigon - Hiep Phuoc emitting about 7,750 tons of CO_2 per year. In the context of the national commitment to achieve net zero emissions by 2050 and the International Maritime Organization's emission reduction targets, developing solutions to reduce các-bon emissions at Vietnamese seaports by 2030 is an urgent task. Therefore, this paper focuses on researching and proposing feasible solutions to support the green transition at Vietnamese seaports.

Keywords: Seaports, carbon emission reduction, carbon neutrality, ships operating in Vietnamese seaports

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam, với đường bờ biển dài hơn 3.260 km và hệ thống cảng biển đóng vai trò quan trọng trong giao thương quốc tế đang trở thành một trung tâm logistics quan trọng của khu vực Đông Nam Á. Theo số liệu từ Diễn đàn Thương mại và Phát triển Liên hợp quốc (UNCTAD), hơn 80% khối lượng và 70% giá trị thương mại toàn cầu được vận chuyển qua đường biển, trong đó Việt Nam đóng góp một phần không nhỏ nhờ vị trí địa lý chiến lược [1-3]. Hệ thống cảng biển Việt Nam, với các cảng lớn như Tân Cảng Cát Lái, Cái Mép - Thị Vải và Hải Phòng không chỉ là cửa ngõ giao thương mà còn là động lực thúc đẩy phát triển kinh tế quốc gia. Tuy nhiên, sự phát triển mạnh mẽ của ngành Hàng hải và cảng biển cũng đi kèm với những thách thức lớn về môi trường, đặc biệt là vấn đề phát thải khí nhà kính (GHG), trong đó các-bon dioxide (CO_2) chiếm tỷ lệ lớn nhất.

Ngành vận tải biển được xem là một trong những nguồn phát thải lớn thứ sáu trên thế giới, với tổng lượng phát thải khí nhà kính đạt 1,076 triệu tấn vào năm 2018 theo nghiên cứu của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) [3]. Tại Việt Nam, các cảng biển lớn như Bến Nghé thải trên 5.000 tấn CO_2 mỗi năm, Sài Gòn - Hiệp Phước khoảng 7.750 tấn CO_2/năm và các cảng sửa chữa, đóng tàu phát thải tới 2.278 tấn CO_2/năm [1]. Những con số này cho thấy mức độ nghiêm trọng của vấn đề ô nhiễm từ hoạt động cảng biển, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu đang ngày càng gia tăng, gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, bão lụt và nước biển dâng [3].

Trước thực trạng này, cộng đồng quốc tế đã đưa ra nhiều cam kết và sáng kiến nhằm giảm phát thải khí nhà kính. Thỏa thuận Paris tại COP26 đặt mục tiêu trung hòa các-bon (Net Zero) vào năm 2050, trong đó ngành Hàng hải được yêu cầu cắt giảm lượng phát thải về mức 0 theo lộ trình của IMO [3, 5]. Việt Nam, với tư cách là một quốc gia thành viên của IMO đã cam kết giảm ít nhất 20% lượng phát thải khí nhà kính từ vận tải biển vào năm 2030 và đạt Net Zero vào năm 2050 theo Quyết định số 876/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về chuyển đổi năng lượng xanh [7]. Ngoài ra, Đề án Phát triển cảng xanh được Bộ GTVT phê duyệt năm 2020 cũng đặt mục tiêu áp dụng tiêu chí cảng xanh tự nguyện từ năm 2025 - 2030, tiến tới bắt buộc sau năm 2030.

Tuy nhiên, việc đạt được các mục tiêu này không phải là nhiệm vụ dễ dàng. Các cảng biển Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm đội tàu cũ kỹ với hiệu suất đốt cháy nhiên liệu thấp, thiếu hệ thống xử lý khí thải và cơ sở hạ tầng chưa đáp ứng được các tiêu chuẩn xanh.

Bên cạnh đó, áp lực từ các bên liên quan trong ngành Hàng hải, cộng đồng và các tổ chức phi chính phủ ngày càng gia tăng, yêu cầu các cảng phải cải thiện hình ảnh "cảng xanh" và quản lý năng lượng hiệu quả. Việc chuyển đổi sang mô hình cảng xanh không chỉ là một lựa chọn mà đã trở thành điều kiện tiên quyết để cạnh tranh trong ngành vận tải biển toàn cầu. Các cảng đạt tiêu chí xanh không chỉ giảm được chi phí vận hành mà còn nâng cao uy tín và thu hút đầu tư từ các đối tác quốc tế, như trường hợp của Tân Cảng Cát Lái khi nhận Giải thưởng Cảng xanh của APEC năm 2018.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích thực trạng phát thải các-bon tại các cảng biển Việt Nam, đánh giá các thách thức và cơ hội trong việc giảm phát thải, đồng thời đề xuất các giải pháp cụ thể nhằm hỗ trợ đạt được mục tiêu giảm phát thải vào năm 2030. Các giải pháp sẽ tập trung vào việc ứng dụng công nghệ các-bon thấp, phát triển cơ sở hạ tầng xanh và xây dựng chính sách hỗ trợ doanh nghiệp trong quá trình chuyển đổi. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng như một tài liệu tham khảo cho các nhà hoạch định chính sách, doanh nghiệp cảng biển và các tổ chức liên quan trong việc xây dựng lộ trình giảm phát thải và phát triển cảng xanh. Trong bối cảnh hội nhập quốc tế và áp lực từ các cam kết toàn cầu, việc giảm phát thải các-bon tại cảng biển không chỉ là trách nhiệm mà còn là cơ hội để Việt Nam khẳng định vị thế trong chuỗi cung ứng toàn cầu, đồng thời bảo vệ môi trường cho các thế hệ tương lai.

2. THỰC TRẠNG PHÁT THẢI CÁC-BON TẠI CẢNG BIỂN VIỆT NAM

Cảng biển Việt Nam đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc gia, là cửa ngõ giao thương kết nối với thị trường toàn cầu. Tuy nhiên, hoạt động tại các cảng biển cũng là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính lớn, đặc biệt là các-bon dioxide (CO_2), góp phần gây ra hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu. Theo nghiên cứu của Cơ quan Hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA), vận tải biển là một trong những hoạt động phát sinh lượng lớn khí CO_2 vào không khí, chủ yếu qua việc sử dụng năng lượng trên tàu và các thiết bị tại cảng [1]. Các khí thải từ khu vực cảng biển bao gồm CO_2, CH_4, NO_2, NO, SO_2 và các chất gây ô nhiễm khác ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng không khí và môi trường biển.

2.1. Nguồn phát thải và mức độ ô nhiễm tại các cảng biển lớn

Dữ liệu từ JICA cho thấy, các cảng biển tại TP.HCM đang phát thải một khối lượng lớn khí CO_2 ra môi trường. Cụ thể, cảng Bến Nghé thải trên 5.000 tấn CO_2 mỗi năm, cảng Sài Gòn - Hiệp Phước khoảng 7.750 tấn CO_2/năm, cảng container phát thải khoảng 101 tấn CO_2/năm, cảng xăng dầu Thanh Lễ khoảng 385 tấn CO_2/năm và cảng sửa chữa, đóng tàu phát thải tới 2.278 tấn CO_2/năm [1]. Những con số này phản ánh mức độ nghiêm trọng của vấn đề phát thải tại các cảng biển lớn, nơi tập trung nhiều hoạt động vận tải và xử lý hàng hóa. Ngoài ra, các cảng biển khác trên cả nước như Hải Phòng, Cái Mép - Thị Vải cũng đối mặt với tình trạng tương tự, dù dữ liệu cụ thể chưa được công bố rộng rãi. Phạm vi phát thải tại cảng biển được chia thành ba nhóm chính theo tiêu chuẩn quốc tế: Scope 1 (phát thải trực tiếp từ các hoạt động của cảng như phương tiện, thiết bị thuộc sở hữu cảng), Scope 2 (phát thải gián tiếp từ điện và năng lượng mua ngoài) và Scope 3 (phát thải từ các bên liên quan như tàu biển, xe tải và các hoạt động thuê ngoài) [1]. Trong đó, Scope 3 chiếm tỷ lệ lớn nhất, lên tới 95% tổng lượng phát thải tại các cảng, cho thấy sự phụ thuộc lớn vào các hoạt động của bên thứ ba và sự phức tạp trong việc kiểm soát phát thải [1]. Điều này đòi hỏi một cách tiếp cận toàn diện, không chỉ tập trung vào hoạt động nội bộ của cảng mà còn phải phối hợp với các đối tác trong chuỗi cung ứng.

2.2. Tác động của phát thải các-bon đến môi trường và xã hội

Phát thải khí nhà kính từ các cảng biển là nguyên nhân chính dẫn đến biến đổi khí hậu toàn cầu, gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, cháy rừng, bão lụt và nước biển dâng [3]. Tại Việt Nam, các khu vực ven biển, nơi tập trung nhiều cảng biển lớn đang chịu ảnh hưởng nặng nề từ nước biển dâng và xâm nhập mặn, đe dọa sinh kế của hàng triệu người dân [3]. Ngoài ra, khí thải từ cảng biển còn làm suy giảm chất lượng không khí, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng, đặc biệt là các cộng đồng sống gần khu vực cảng.

2.3. Thách thức trong việc kiểm soát phát thải

Việc kiểm soát phát thải các-bon tại các cảng biển Việt Nam đang gặp nhiều khó khăn. Thứ nhất, thiếu dữ liệu chính xác về lượng phát thải từ từng tàu, thiết bị và phương tiện tại cảng là một rào cản lớn trong việc xây dựng các giải pháp hiệu quả [1]. PGS.TS Nguyễn Hồng Quân từ Viện Môi trường và Tài nguyên (Đại học Quốc gia TP.HCM) nhấn mạnh rằng cần có sự phối hợp giữa nhiều cơ quan, ban, ngành để thu thập và phân tích dữ liệu phát thải một cách toàn diện [1]. Thứ hai, chi phí cho các biện pháp khử các-bon, như đầu tư vào công nghệ sạch và nhiên liệu thay thế vẫn còn cao, gây khó khăn cho các doanh nghiệp cảng biển, đặc biệt là các doanh nghiệp nhỏ và vừa [3]. Thứ ba, khung pháp lý và chính sách liên quan đến giảm phát thải tại cảng biển chưa đầy đủ và đồng bộ. Mặc dù Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) đã ban hành Thông tư 48 về điều kiện hoạt động của tàu biển nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu, việc thực thi các quy định này còn chậm và thiếu sự giám sát chặt chẽ [1]. Cuối cùng, nhận thức về bảo vệ môi trường và phát triển cảng xanh của một số doanh nghiệp và cộng đồng vẫn còn hạn chế, dẫn đến việc áp dụng các giải pháp giảm phát thải chưa được thực hiện đồng bộ [5].

2.4. Cơ hội từ các cam kết quốc gia và quốc tế

Mặc dù đối mặt với nhiều thách thức, Việt Nam cũng có nhiều cơ hội để giảm phát thải các-bon tại cảng biển nhờ các cam kết quốc gia và quốc tế. Quyết định số 876/QĐ-TTg của Thủ tướng

Chính phủ về chuyển đổi năng lượng xanh đặt mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực GTVT, bao gồm hàng hải, từ nay đến năm 2050 [7]. Đề án Phát triển Cảng xanh của Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) cũng tạo điều kiện thuận lợi cho các doanh nghiệp chuyển đổi sang mô hình cảng xanh thông qua các chính sách hỗ trợ và tiêu chí đánh giá cụ thể [5]. Hơn nữa, sự hợp tác với các tổ chức quốc tế như IMO và JICA mang lại cơ hội tiếp cận công nghệ, kinh nghiệm và nguồn vốn xanh để hỗ trợ quá trình khử các-bon tại các cảng biển Việt Nam.

Như vậy, thực trạng phát thải các-bon tại cảng biển Việt Nam đang ở mức báo động, đòi hỏi sự hành động khẩn cấp từ các cơ quan quản lý, doanh nghiệp và cộng đồng. Việc hiểu rõ nguồn phát thải, nguyên nhân và tác động của chúng là bước đầu tiên để xây dựng các giải pháp hiệu quả, hướng tới mục tiêu giảm phát thải vào năm 2030 và phát triển bền vững ngành Hàng hải quốc gia.

3. GIẢI PHÁP GIẢM PHÁT THẢI CÁC-BON TẠI CẢNG BIỂN ĐẾN NĂM 2030

Để đạt được mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính tại các cảng biển Việt Nam vào năm 2030 cần triển khai một loạt giải pháp đồng bộ, từ công nghệ, chính sách đến hợp tác quốc tế. Các giải pháp này không chỉ tập trung vào việc giảm phát thải trực tiếp từ hoạt động cảng mà còn giải quyết các nguồn phát thải gián tiếp từ tàu biển, phương tiện vận chuyển và các bên liên quan. Dựa trên thực trạng phát thải và các cam kết quốc gia, dưới đây là các giải pháp cụ thể nhằm hỗ trợ quá trình chuyển đổi xanh tại các cảng biển Việt Nam.

3.1. Ứng dụng công nghệ các-bon thấp và điện khí hóa

Một trong những giải pháp hiệu quả nhất để giảm phát thải các-bon tại cảng biển là ứng dụng công nghệ các-bon thấp, đặc biệt là điện khí hóa các hoạt động cảng. Hệ thống cấp điện từ bờ (Onshore Power Supply - OPS) cho phép tàu sử dụng điện lưới thay vì chạy động cơ diesel khi neo đậu, có thể giảm tới 80% lượng CO_2 phát thải [1]. Theo nghiên cứu của JICA, việc áp dụng OPS tại cảng Bến Nghé đã giảm được 310 tấn CO_2/năm, tại cảng Sài Gòn - Hiệp Phước giảm 462 tấn CO_2/năm và tại cảng container giảm trên 1.000 tấn CO_2/năm [1]. Do đó, cần mở rộng triển khai OPS tại các cảng lớn như Tân Cảng Cát Lái, Cái Mép - Thị Vải và Hải Phòng trong giai đoạn 2025 - 2030. Chính phủ và các doanh nghiệp cần đầu tư vào cơ sở hạ tầng điện khí hóa, đồng thời xây dựng các trạm sạc và hệ thống cung cấp năng lượng tái tạo như điện mặt trời tại cảng để hỗ trợ quá trình chuyển đổi.

3.2. Chuyển đổi sang nhiên liệu thấp các-bon và năng lượng xanh

Việc chuyển đổi sang các loại nhiên liệu thấp các-bon như LNG (khí tự nhiên hóa lỏng), hydrogen xanh và nhiên liệu sinh học là một hướng đi quan trọng để giảm phát thải từ tàu biển và thiết bị cảng. Theo Quyết định số 876/QĐ-TTg, từ năm 2022 - 2030, các tàu biển hoạt động nội địa được khuyến khích tuân thủ các quy định của Phụ lục VI Công ước MARPOL về sử dụng nhiên liệu sạch [7]. Một số doanh nghiệp như Tổng công ty Hàng hải Việt Nam (VIMC) đã bắt đầu áp dụng LNG với hàm lượng lưu huỳnh giảm từ 3,5% xuống 0,5%, góp phần giảm đáng kể khí thải SO_2 và CO_2. Tuy nhiên, để triển khai rộng rãi nhiên liệu thay thế, cần xây dựng cơ sở hạ tầng cung cấp nhiên liệu sạch tại các cảng lớn. Điều này bao gồm các trạm tiếp nhiên liệu LNG và hydrogen cũng như các chính sách hỗ trợ doanh nghiệp trong việc chuyển đổi đội tàu sang sử dụng nhiên liệu xanh. Đến năm 2050, mục tiêu là 100% tàu biển nội địa chuyển đổi sang sử dụng điện hoặc năng lượng xanh, đòi hỏi một lộ trình cụ thể và sự đầu tư mạnh mẽ từ nay đến năm 2030 [7].

3.3. Số hóa và tối ưu hóa hoạt động cảng

Công nghệ số và tự động hóa đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa hoạt động cảng, từ đó giảm thời gian chờ và phát thải các-bon. Tân Cảng Sài Gòn đã triển khai các giải pháp công nghệ thông tin như lệnh giao hàng điện tử, phần mềm ePort và ứng dụng check-in online, giúp giảm thời gian xe đậu chờ và lượng khí thải từ phương tiện vận chuyển [5]. Ngoài ra, phần mềm theo dõi nhiệt độ container lạnh tự động tại cảng Cát Lái cũng góp phần tối ưu hóa năng suất và giảm tiêu thụ năng lượng. Đến năm 2030, các cảng biển Việt Nam cần đạt mức độ số hóa cao hơn, với ít nhất 80% hoạt động được tự động hóa và quản lý qua các nền tảng số.

3.4. Phát triển cơ sở hạ tầng cảng xanh

Xây dựng và nâng cấp cơ sở hạ tầng theo tiêu chí cảng xanh là một giải pháp dài hạn để giảm phát thải các-bon. Theo Kế hoạch Phát triển Hệ thống cảng biển Việt Nam 2021 - 2030, các cảng mới cần tuân thủ tiêu chí xanh ngay từ giai đoạn thiết kế và xây dựng [2]. Các tiêu chí này bao gồm sử dụng năng lượng tái tạo, quản lý chất thải hiệu quả và giảm phát thải trong hoạt động vận hành [5]. Cảng Quốc tế Long An là một ví dụ điển hình khi áp dụng điện mặt trời trong hoạt động cảng, góp phần giảm phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch. Đề án Phát triển Cảng xanh đặt mục tiêu áp dụng tự nguyện tiêu chí cảng xanh từ năm 2025 - 2030, tiến tới bắt buộc sau năm 2030, đòi hỏi sự đầu tư mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng trong thập kỷ tới [2, 5].

3.5. Chính sách và cơ chế hỗ trợ doanh nghiệp

Chính phủ cần xây dựng các chính sách và cơ chế khuyến khích tài chính để hỗ trợ doanh nghiệp cảng biển trong quá trình chuyển đổi xanh. Các biện pháp như trợ giá cho công nghệ không phát thải, giảm thuế cho các cảng đạt tiêu chí xanh và cung cấp vốn vay ưu đãi cho các dự án giảm phát thải là cần thiết để giảm gánh nặng chi phí cho doanh nghiệp [2]. Ngoài ra, việc ban hành tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia về tiêu chí cảng xanh vào năm 2025 - 2030 sẽ tạo cơ sở pháp lý để các cảng thực hiện chuyển đổi một cách đồng bộ.

3.6. Hợp tác quốc tế và khu vực

Hợp tác quốc tế là một yếu tố quan trọng để Việt Nam tiếp cận công nghệ, kinh nghiệm và nguồn vốn xanh trong việc giảm phát thải tại cảng biển. Tham gia các sáng kiến như Hiệp hội Cảng biển sinh thái và hợp tác với các tổ chức như IMO, JICA sẽ giúp Việt Nam học hỏi kinh nghiệm từ các quốc gia phát triển. Ngoài ra, hợp tác khu vực giữa các cảng trong khu vực Đông Nam Á cũng giúp chia sẻ chi phí và tối đa hóa hiệu quả của các dự án giảm phát thải. Các chương trình khuyến khích toàn cầu, như các kế hoạch giảm phát thải của IMO cần được áp dụng phù hợp với điều kiện Việt Nam. Một khuôn khổ khuyến khích hài hòa có thể áp dụng cho tất cả các cảng trên toàn cầu sẽ giúp giải quyết các bất cập hiện nay trong việc triển khai các biện pháp khử các-bon. Việt Nam cũng cần tranh thủ sự hỗ trợ từ các tổ chức phi chính phủ và các nước phát triển để thực hiện các dự án thí điểm cảng xanh trong giai đoạn 2023 - 2025.

3.7. Đánh giá và giám sát hiệu quả giảm phát thải

Để đảm bảo hiệu quả của các giải pháp, cần xây dựng hệ thống kiểm kê và giám sát lượng phát thải khí nhà kính tại các cảng

biển. Theo chuyên gia JICA Yasuki Shirakawa, việc kiểm kê giúp định lượng cụ thể các nguồn gây phát thải và dự báo lượng phát thải trong tương lai, từ đó hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách xác định các khu vực mục tiêu giảm phát thải [1]. Các cảng như Gemadept Dung Quất đã đạt được xác thực kiểm kê khí nhà kính theo Tiêu chuẩn ISO 14064-1:2018, một bước tiến quan trọng trong việc xây dựng cảng sinh thái [2]. Hệ thống giám sát cần bao gồm các trạm quan trắc không khí theo thời gian thực để theo dõi nồng độ các chất ô nhiễm như SO_2, NO_2, CO và bụi mịn PM2.5, đồng thời công bố công khai kết quả để nâng cao tính minh bạch. Ngoài ra, việc tích hợp công nghệ số vào giám sát môi trường, như hệ thống quản lý dữ liệu và giám sát khai thác tài nguyên biển sẽ giúp quản lý nhà nước về môi trường cảng biển một cách đồng bộ và hiệu quả. Các cảng cũng cần thực hiện đánh giá môi trường định kỳ, bao gồm thu thập mẫu nước, đất, không khí để phân tích trong phòng thí nghiệm, từ đó đề xuất các biện pháp cải thiện. Đến năm 2030, mục tiêu là tất cả các cảng lớn tại Việt Nam phải có hệ thống kiểm kê và giám sát phát thải theo tiêu chuẩn quốc tế, đồng thời báo cáo định kỳ để đánh giá tiến độ giảm phát thải.

3.8. Tăng cường quản lý giao thông hàng hải

Hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải (Vessel Traffic Service - VTS) cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải tại khu vực cảng. Nghiên cứu tại cảng Hải Phòng cho thấy VTS có thể tối ưu hóa lịch trình tàu bằng dữ liệu giao thông theo thời gian thực, giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải khí thải khoảng 15,7% trên các tuyến như từ khu neo Hòn Dáu đến cảng Việt Nhật [6]. Việc rút ngắn thời gian hành trình và giảm thời gian đợi luồng không chỉ nâng cao hiệu quả vận hành mà còn giảm lượng khí thải CO_2 đáng kể. Do đó, cần mở rộng hệ thống VTS tại các cảng lớn khác như Cái Mép - Thị Vải và Đà Nẵng để tối ưu hóa giao thông hàng hải và giảm phát thải.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Giảm phát thải carbon tại các cảng biển Việt Nam đến năm 2030 là một nhiệm vụ cấp thiết, không chỉ để đáp ứng các cam kết quốc gia và quốc tế mà còn để bảo vệ môi trường và nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành Hàng hải. Các giải pháp như điện khí hóa, sử dụng nhiên liệu sạch, số hóa hoạt động cảng, phát triển cơ sở hạ tầng xanh và hợp tác quốc tế cần được triển khai đồng bộ để đạt hiệu quả cao nhất. Chính phủ nên ban hành thêm các chính sách hỗ trợ tài chính và kỹ thuật cho doanh nghiệp, đồng thời xây dựng hệ thống giám sát phát thải minh bạch và hiệu quả. Các cảng biển cần chủ động áp dụng công nghệ tiên tiến và nâng cao nhận thức về bảo vệ môi trường. Với sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan, Việt Nam có thể đạt được mục tiêu giảm phát thải, hướng tới phát triển bền vững ngành cảng biển trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Shirakawa, Yasuki & Ozaki, Katsuyuki & Kasuya, Yasuhiro & Hà, Nguyễn & Nhàn, Lê & Pham, Tuan. (2022), Một số giải pháp giảm thiểu phát thải khí nhà kính cho lĩnh vực cảng biển tại TP Hồ Chí Minh/ Greenhouse gas mitigation measures for seaport sub-sector in Ho Chi Minh City. 11. 78 - 89. 10.55228/JTST.11(1).78-89.

[2]. BSI (2023), Báo cáo và kiểm kê KNK theo ISO 14064-01:2018 Cảng Dung Quất.

[3]. Quốc hội Nước CHXHCN Việt Nam (2015), Bộ luật Hàng hải Việt Nam, 2015.

[4]. PGS.TS Phan Văn Hưng và các tác giả (2023), Nghiên cứu tổng quan các chương trình giảm phát thải khí thải nhà kính tại cảng biển hiện nay, Tạp chí GTVT (số tháng mấy???)

[5]. Gemadept. (2023), Kiểm kê khí nhà kính trong lĩnh vực khai thác cảng và logistics tại Việt Nam.

[6]. Phan Văn Hưng, Nguyễn Trung Đức (2025), Hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải giảm thiểu ô nhiễm không khí ở khu vực cảng Hải Phòng, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 81 (01-2025), 156-160.

[7]. IMO (2018), Chiến lược ban đầu về giảm phát thải khí nhà kính từ tàu biển.

[8]. UNCTAD (2020), Báo cáo thương mại và phát triển toàn cầu.

[9]. JICA (2019), Nghiên cứu về phát thải khí nhà kính tại các cảng biển TP Hồ Chí Minh

[10]. Quyết định số 2027/QĐ-BGTVT ngày 29/10/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT Phê duyệt Đề án Phát triển cảng xanh Việt Nam.

[11]. Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ Phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí các-bon và khí mê-tan của ngành GTVT.

[12]. Chuang D. Awow, Joseph Muguthu, Francis Njoka (2025), Energy efficiency potentials in oil & gas operations: A case study of South Sudan's petroleum industry, Energy Reports, vol.13, 1673-1690.

[13]. Dejene Assefa Hagos, Erik O. Ahlgren (2020), Exploring cost-effective transitions to fossil independent transportation in the future energy system of Denmark, Applied Energy, vol.261, 114389.

[14]. Tân Cảng Sài Gòn (2023), Báo cáo về số hóa và giảm phát thải tại cảng.

[15]. Cảng Quốc tế Long An (2022), Ứng dụng năng lượng tái tạo trong hoạt động cảng.

[16]. Ateyah Alzahrani, Ioan Petri, Yacine Rezgui, Ali Ghoroghi (2021), Decarbonisation of seaports: A review and directions for future research, Energy Strategy Reviews, vol.38, 100727, ISSN 2211-467X, https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100727.

[17]. COP26 (2021), Cam kết của Việt Nam thực hiện Thỏa thuận Paris về trung hòa carbon vào năm 2050.

[18]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2023), Báo cáo về kiểm tra và đánh giá môi trường định kỳ tại cảng biển.

[19]. Phạm Thanh Tuấn, Hồ Quốc Bằng, Hồ Minh Dũng, Nguyễn Thoại Tâm, Ngô Kim Định (2025), Nghiên cứu và đề xuất giải pháp quản lý chất lượng không khí phù hợp tại nhóm cảng biển số 4, Việt Nam, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 81, số 01, 168-177.

[20]. Hà Xuân Chuẩn (2010), Nghiên cứu đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động môi trường từ dự án xây dựng cảng biển, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 21, số 01, 94-97.

■Ngày nhận bài: 01/4/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Phát triển thị phần vận tải đường sắt Việt Nam

Developing Vietnam's Railway transport market share

> TS LÊ TIẾN DŨNG, TS HOÀNG THỊ THANH*
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: *thanhht@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Sự phát triển kinh tế - xã hội và hội nhập kinh tế quốc tế sâu rộng làm nhu cầu vận tải hàng hóa và hành khách ngày càng gia tăng cả về quy mô và chất lượng. Tại Việt Nam, cơ cấu thị phần giữa các loại hình vận tải hiện đang mất cân đối, trong đó vận tải đường sắt có xu hướng suy giảm thị phần nghiêm trọng. Thị phần vận tải đường sắt tại Việt Nam chiếm tỷ trọng rất nhỏ so với các loại hình vận tải bằng phương thức khác, chưa tương xứng với tiềm năng cũng như vai trò chiến lược của ngành Đường sắt trong hệ thống giao thông quốc gia. Trên cơ sở phân tích thực trạng, bài báo nhằm đề xuất các nhóm giải pháp cụ thể, có tính khả thi nhằm phát triển thị phần vận tải đường sắt, góp phần thúc đẩy phát triển bền vững lĩnh vực GTVT.

Từ khóa: Vận tải, đường sắt, Việt Nam.

ABSTRACT

Socio-economic development and deep international economic integration have increased the demand for freight and passenger transport in scale and quality. In Vietnam, the market share structure between transport modes is currently unbalanced and railway transport tends to have a serious market share decline. The market share of railway transport in Vietnam accounts for a very small proportion compared to other modes of transport, which is not commensurate with the potential and strategic role of the railway industry in the national transport system. Based on the analysis of the current situation, this article aims to propose specific and feasible solutions to develop the market share of railway transport, contributing to promoting the sustainable development of the transport industry.

Keywords: Transportation, railway, Vietnam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận tải đường sắt Việt Nam có lịch sử phát triển lâu đời với nhiều đóng góp quan trọng cho sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Là phương thức vận tải ổn định, an toàn và tiết kiệm chi phí, vận tải đường sắt đã và đang hỗ trợ hiệu quả trong phân phối hàng hóa, vận chuyển hành khách thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Có những giai đoạn, vận tải đường sắt chiếm khoảng 30% thị phần lĩnh vực GTVT. Tuy nhiên, hiện nay hạ tầng kỹ thuật lạc hậu, khả năng kết nối với các phương thức vận tải khác và năng lực phục vụ của ngành còn hạn chế. Thị phần vận tải đường sắt chiếm tỷ trọng ngày càng thấp trong tổng khối lượng vận tải toàn ngành. Năm 2010, thị phần vận tải khách đường sắt chiếm 0,48% tổng lượng khách toàn lĩnh vực GTVT, tới năm 2022 con số này chỉ còn 0,12%.

Quy hoạch mạng lưới đường sắt thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 xác định đường sắt là chuyên ngành đặc thù có vai trò quan trọng trong hệ thống kết cấu hạ tầng GTVT, được xác định là một trong ba đột phá chiến lược cần ưu tiên đầu tư để phát triển kinh tế - xã hội gắn với bảo đảm quốc phòng, an ninh, thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển bền vững. Mục tiêu đến năm 2030, khối lượng vận chuyển hàng hóa chiếm thị phần khoảng 0,27%; khối lượng vận chuyển hành khách chiếm thị phần khoảng 4,40%. Góp phần thực hiện tăng thị phần vận tải đường sắt thời gian tới, bài báo cung cấp các cơ sở thực tiễn và đề xuất các giải pháp cho các doanh nghiệp vận tải đường sắt.

2. THỰC TRẠNG THỊ PHẦN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

2.1. Đặc điểm vận tải đường sắt Việt Nam

Ngành Đường sắt Việt Nam vừa mang tính kinh doanh dịch vụ vừa mang tính xã hội. Nó thực hiện các nghĩa vụ công cộng nhằm thỏa mãn nhu cầu giao lưu kinh tế, văn hóa cho mọi tầng lớp nhân dân. Đường sắt là sở hữu nhà nước. Tính công ích đối với xã hội của ngành thể hiện đặc biệt nhiều trong vận tải hành khách. Hiệu quả của nó tiềm ẩn một phần trong hiệu quả kinh tế quốc dân. Do đặc thù này, ngành Đường sắt không giống hoàn toàn một doanh nghiệp chỉ hoạt động kinh doanh hay chỉ hoạt động công ích mà là loại doanh nghiệp có các yếu tố phục vụ công ích lẫn trong yếu tố kinh doanh. Đặc thù này cho thấy sự cần thiết phải nghiên cứu tính công ích đối với xã hội của vận tải hành khách bằng đường sắt.

Hệ thống tổ chức của đường sắt Việt Nam hiện nay có 3 cấp, cấp cao nhất là Tổng công ty Đường sắt Việt Nam. Cấp trung gian là công ty cổ phần vận tải đường sắt, các công ty khai thác vận tải đường sắt khu vực. Cấp cơ sở là các ga, xí nghiệp quản lý... Các đơn vị cơ sở là nơi trực tiếp thực hiện nhiệm vụ sản xuất, điều hành vận tải. Cấp cơ sở là nơi hàng ngày chịu sự tác động của thị trường vận tải. Đặc thù này cho thấy, để áp dụng các kỹ thuật mới trong vận tải hành khách trên đường sắt cần phải nghiên cứu áp dụng vào các đơn vị cơ sở là các ga và tuyến đường sắt.

Vận tải đường sắt Việt Nam hiện nay thích hợp vận chuyển đường dài, khối lượng vận tải lớn, các loại hàng quá khổ, quá tải. Vận tải đường sắt còn thích hợp với vận tải hành khách nội đô ở các đô thị lớn sau khi xem xét đến việc giao cắt lập thể với các phương tiện giao thông khác và việc làm đường xe điện ngầm. Điều đó cho thấy tính cấp thiết của việc nghiên cứu các hình thức tổ chức quản lý mới để khai thác vận tải đường sắt với hiệu quả cao hơn. Hiện nay, thế mạnh của vận tải hành khách trên đường sắt Việt Nam là trên những tuyến đường dài.

So với đường ô tô thì diện tích xây dựng đường sắt nhỏ hơn khoảng 2,7 lần; tốc độ vận chuyển trung bình cao hơn, nhất là trong thành phố có đường giao thông giao cắt lập thể; an toàn hơn số vụ tai nạn chỉ bằng 1 - 2%; mức ô nhiễm do các khí thải thấp hơn 7 lần; mức ồn chỉ bằng 60%; mức độ giải phóng mặt bằng hoặc phá dỡ các công trình lân cận khi xây dựng chỉ bằng 20%. Đặc thù này cho thấy, vận tải đường sắt có ưu điểm nổi trội trong việc bảo vệ môi trường sinh thái và tiết kiệm tài nguyên đất đai.

2.2. Thị phần vận tải đường sắt Việt Nam

Đường sắt Việt Nam hiện nay sản xuất kinh doanh trong điều kiện cơ sở vật chất lạc hậu. Từ ngày 26/3/1994, Chính phủ Việt Nam đã xác định cơ sở hạ tầng đường sắt là sở hữu nhà nước, được đầu tư bằng vốn ngân sách. Ngành Đường sắt chịu trách nhiệm quản lý, khai thác, kinh doanh từ mặt ray trở lên và nộp lệ phí cơ sở hạ tầng theo doanh thu hàng năm. Đặc thù này tạo cơ hội mới để ngành Đường sắt có cơ sở cạnh tranh một cách bình đẳng với các phương tiện vận tải khác trong thị trường vận tải. Cơ hội này cũng đặt ra yêu cầu phải nắm bắt, chiếm lĩnh và làm chủ thị trường để sản xuất kinh doanh. Đây là vấn đề sống còn của ngành, đặc biệt là ở khâu vận tải hành khách hiện nay. Hiện tại, thị trường vận tải của đường sắt chỉ chiếm tỷ lệ rất khiêm tốn trên thị trường vận tải. Số liệu thống kê cho thấy mặc dù khối lượng vận chuyển tăng trưởng hàng năm nhưng thị phần vận tải hàng hóa của đường sắt trên thị trường vận tải trong 15 năm qua rất nhỏ (chưa đến 3% đối với vận chuyển hàng hóa và 2% đối với vận chuyển hành khách). Đặc biệt, từ năm 2010 đến nay, trong khi nhu cầu vận chuyển trên thị trường vận tải vẫn tiếp tục gia tăng thì khối lượng vận chuyển hàng hóa và hành khách của đường sắt Việt Nam lại giảm sút kéo theo sự giảm sút về thị phần vận tải.

3. GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN THỊ PHẦN ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

Đánh giá cao vai trò của ngành Đường sắt và thực trạng kém phát triển của ngành Đường sắt Việt Nam, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 82/QĐ-TTg ngày 14/01/2020 phê duyệt nhiệm vụ lập Quy hoạch mạng lưới đường sắt thời kỳ 2021 - 2030 nhấn mạnh mục tiêu nghiên cứu các phương án phát triển mạng lưới đường sắt quốc gia đến năm 2050, đưa ra lộ trình đầu tư phù hợp nhằm đáp ứng nhu cầu vận tải, đảm bảo kết nối ngành, góp phần bảo đảm quốc phòng, an ninh và hạn chế ô nhiễm môi trường. Bộ Chính trị đã ban hành Kết luận số 49-KL/TW ngày 28/02/2023 về định hướng phát triển GTVT đường sắt Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, thống nhất nhận thức của cả hệ thống chính trị về vị trí, vai trò, tầm quan trọng, sự cần thiết của vận tải đường sắt.

Các công ty đường sắt là đơn vị trực tiếp khai thác, tổ chức vận hành, cung cấp dịch vụ vận chuyển, vì vậy các công ty đóng vai trò then chốt trong phát triển thị phần đường sắt. Để tăng thị phần vận tải đường sắt trong toàn ngành giai đoạn tiếp theo, các doanh nghiệp vận tải cần tập trung ba nhóm giải pháp sau:

Một là, xây dựng chính sách giá cước hợp lý:

Trong nền kinh tế thị trường, giá cả giữ vai trò rất quan trọng, là khâu cuối cùng phản ánh kết quả hoạt động của doanh nghiệp và là yếu tố quyết định trong quá trình lựa chọn của khách hàng. Đối với doanh nghiệp, giá cả luôn được xem như một tín hiệu đáng tin cậy phản ánh tình hình biến động của thị trường. Giữa giá cả thị trường luôn tồn tại các mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau, thị trường quyết định cấu tạo và mức độ hình thành giá cả, còn giá cả tạo nên những biến động cả về hình thức lẫn cường độ đối với thị trường.

Giá cước vận tải hành khách mặc dù đã có sự khác nhau theo từng loại tàu, từng loại toa xe ở từng tuyến vận chuyển nhưng chưa đủ sức thu hút hành khách đến với đường sắt một cách thường xuyên, đặc biệt ở những tuyến đường ngắn. Trong khi đó, các nhà vận chuyển của các phương thức vận tải khác có thể đưa ra các mức giá khác nhau cho từng loại hàng nhưng vận chuyển trên những tuyến đường khác nhau, với các khối lượng khác nhau. Họ sẵn sàng hạ giá cho một chủ hàng nào đó để được thuê chở nếu như điều đó mang lại nguồn thu bù đắp được chi phí mà họ phải bỏ ra cho phương tiện vận tải do phải ngồi không hoặc chạy rỗng. Như vậy, điểm yếu lớn về giá cước vận tải đường sắt là không linh hoạt. Sự linh hoạt về giá ở đây cần phải được hiểu là cho từng đối tượng, từng chuyến, từng chiều, từng nhóm khối lượng, từng giai đoạn. Đây là một điều hết sức lạc hậu trong kinh tế thị trường và vì vậy sẽ rất khó để thu hút được khách hàng. Một điểm yếu nữa của giá cước vận tải đường sắt là chưa tính đến sự bền vững, giá cước vận tải đường sắt còn ở mức độ cao và chưa có được các yếu tố cạnh tranh thuyết phục như các phương tiện vận tải khác.

Những phân tích trên cho thấy, xây dựng một chính sách cước hợp lý trong cả vận chuyển hàng hóa và hành khách là công việc quan trọng của ngành vận tải đường sắt trong bối cảnh Ngành đang phải cạnh tranh gay gắt với các phương thức vận tải khác trên thị trường, một giải pháp để đảm bảo được sự phát triển bền vững trong tương lai. Để xây dựng một chính sách giá cước hợp lý, ngoài việc căn cứ vào giá thành vận tải, ngành vận tải đường sắt còn phải xem xét đến các yếu tố bên ngoài không nằm trong tầm kiểm soát như người tiêu dùng, các đối thủ cạnh tranh, các chính sách của Nhà nước…

Nguyên tắc chung của xây dựng chính sách giá cước là thu hút được nhu cầu vận chuyển và có lãi. Do đặc điểm luồng hàng, luồng hành khách và đặc điểm khai thác của các tuyến đường khác nhau, vì vậy bên cạnh quy định tính cước hàng hóa theo "biểu giá cước phổ thông nguyên toa", trong từng giai đoạn, Ngành nên có những quy định riêng phù hợp với từng chủ hàng, từng nhóm hàng, từng nhóm khối lượng, từng tuyến đường và từng chiều vận chuyển như: Giảm cước chiều rỗng của phương tiện; cho các chủ hàng ký hợp đồng lớn và thường xuyên được trả chậm cước hay trả gói cước (chuyến sau trả cước cho chuyến trước); điều chỉnh tăng, giảm cước đối với một số mặt hàng, một số đối tượng hành khách để thu hút vận chuyển hay để hạn chế vận chuyển trong các trường hợp thiếu xe xếp…

Việc điều chỉnh giá cước ngoài đảm bảo tính linh hoạt theo điều kiện thực tiễn còn phải xuất phát từ các mục tiêu đặt ra cho việc định giá. Mục tiêu định giá cước có thể là:

- Định giá để tồn tại: Giá cước đưa ra phải bảo đảm bù đắp được chi phí tạo ra sản phẩm để không bị thua lỗ, mục tiêu định giá này chỉ nên áp dụng khi chúng ta cần thu hút hoặc duy trì khối lượng vận chuyển của một số nhóm hàng, hành khách trên một số tuyến đường để đối phó với sự tiêu diệt và chỉ nên áp dụng trong ngắn hạn.

- Định giá để đạt được lợi nhuận tối đa: Giá cước đưa ra trên cơ sở cân đối giữa chi phí và nhu cầu vận chuyển đảm bảo bù đắp được các chi phí sản xuất vận tải mà còn có thể đạt được mức lợi nhuận tối đa và sự tăng trưởng về lợi nhuận trong tương lai. Mục tiêu định giá này nên áp dụng đối với các luồng hàng, luồng khách vận chuyển ổn định và thường xuyên.

- Định giá để đạt được mức doanh thu tối đa: Ngành cần xác định mức giá hợp lý để bán được nhiều nhất số sản phẩm tạo ra nhằm đạt được mức doanh thu tối đa. Mục tiêu này không những đảm bảo bù đắp được các chi phí sản xuất vận tải mà còn có thể đạt được mức lợi nhuận tối đa và sự tăng trưởng về lợi nhuận trong tương lai. Mục tiêu định giá này nên áp dụng đối với các luồng hàng, luồng khách vận chuyển ổn định thường xuyên.

- Định giá để đạt mức sản lượng tối đa: Giá cước đưa ra là thấp nhất trong khả năng có thể để thỏa mãn mục tiêu thu hút được nhiều hơn nhu cầu vận chuyển hàng hóa, hành khách. Mục tiêu này nên sử dụng đối với các hành trình mới khai thác, với chiều nhẹ của những tuyến đường có sự mất cân đối lớn về khối lượng vận chuyển… để thu hút nhu cầu vận chuyển, giảm số lượng toa xe chạy rỗng.

Xây dựng chính sách hợp lý cũng phải đảm bảo được sự ổn định về giá càng lâu càng tốt để giữ chữ tín và lòng tin đối với khách hàng. Cơ chế giá linh hoạt mang lại nhiều ưu điểm, tuy nhiên không nên quá lạm dụng vì như vậy có thể sẽ làm ảnh hưởng đến kế hoạch sản xuất, kế hoạch tiêu thụ sản phẩm của khách hàng, thậm chí có thể làm phát sinh tiêu cực nếu việc điều chỉnh giá không xuất phát từ mục tiêu định giá hay từ việc bảo đảm quyền lợi cho khách hàng. Vì vậy, chỉ nên điều chỉnh giá cước khi ngành cần đổi mục tiêu kinh doanh hoặc khi giá cả của các yếu tố chi phí đầu vào tăng cao đến mức ngành không thể đảm bảo lấy thu nhập bù đắp chi phí sản xuất.

Hai là, tăng cường công tác truyền thông marketing:

Để nâng cao khả năng cạnh tranh doanh nghiệp vận tải cần phải xây dựng một chiến lược truyền thông marketing hiệu quả. Chiến lược này bao gồm các nội dung sau:

- Nghiên cứu môi trường sản xuất kinh doanh, tìm hiểu thị trường, trên cơ sở đó để xác định phần tham gia của các doanh nghiệp trên thị trường; xác định mục tiêu của chiến lược sản xuất kinh doanh;
- Xây dựng kế hoạch chiến lược về giá cả sản phẩm trên thị trường;
- Xây dựng kế hoạch điều chỉnh giá theo từng thời điểm để tăng khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp;
- Xây dựng các biện pháp đảm bảo cho sự phát triển lâu dài của doanh nghiệp;
- Xây dựng thương hiệu và quảng cáo sản phẩm.

Quá trình chuyển đổi nền kinh tế từ kế hoạch hóa tập trung sang kinh tế thị trường và hội nhập kinh tế quốc tế đã cho thấy mức độ hiệu quả của việc doanh nghiệp xây dựng thương hiệu. Thông qua việc xây dựng thương hiệu và quảng cáo sản phẩm, doanh nghiệp khẳng định được đẳng cấp của mình, được nhiều khách hàng biết đến hơn, phạm vi thị trường của doanh nghiệp mở rộng hơn và nhờ vậy bán được nhiều sản phẩm hơn. Tuy nhiên, hiện nay trong ngành vận tải đường sắt ít thấy có những kế hoạch cụ thể, chi tiết nhằm xây dựng hình ảnh và thương hiệu cũng như quảng cáo sản phẩm cho riêng mình.

Hiện tại, thị phần của ngành vận tải đường sắt chiếm một tỷ lệ rất nhỏ trên thị trường vận tải. Đảm nhiệm công việc kinh doanh vận tải của ngành hiện nay ngoài 3 công ty vận tải đường sắt còn có thêm một số doanh nghiệp trong và ngoài ngành đang tham gia kinh doanh theo hình thức xã hội hóa đầu tư, khai thác đường sắt.

Trong bối cảnh các doanh nghiệp vận tải không ngừng cạnh tranh để thu hút khối lượng vận chuyển, ngành vận tải đường sắt rất cần tạo ra một phong cách, một hình ảnh, một ấn tượng, một uy tín cho sản phẩm của mình và tìm cách để đưa sản phẩm, hình ảnh riêng ấy đi vào nhận thức của khách hàng, là đưa thương hiệu vào ý thức tiêu dùng của khách hàng. Hiện tại, đường sắt Việt Nam đã có biểu tượng riêng, tuy nhiên để biểu tượng ấy được nhiều người biết đến và trở nên quen thuộc thì còn hạn chế. Nhiều doanh nghiệp đường sắt còn tin tưởng vào thói quen, vào sự tiện lợi, tự hào vào khả năng vận chuyển với khối lượng lớn hàng hóa và hành khách mà chưa chú ý đến những hoạt động quảng bá cũng như xây dựng hình ảnh và thương hiệu. Hoạt động quảng cáo mới chỉ dừng lại ở mức "đối ngoại" chứ chưa có hẳn một chương trình lâu dài, những kế hoạch cụ thể cho từng giai đoạn. Mới chỉ có những quảng cáo đơn lẻ ở những đơn vị vận tải nhằm thu hút hành khách và chủ hàng đến với đơn vị của mình mà thiếu đi tính tổng thể xuyên suốt, nói cách khác là thiếu một chiến lược quảng cáo dài hạn để đưa thương hiệu đường sắt Việt Nam đến với khách hàng. Những tấm pano quảng cáo của đường sắt Việt Nam mới chỉ được đặt ở vị trí cao, đẹp, thoáng, bắt mắt ở ngay tại nhà ga là nơi cung cấp sản phẩm. Các chương trình quảng cáo trên truyền hình, trên các phương tiện thông tin đại chúng hay các vị trí đẹp đặt pano quảng cáo tại các ngõ thành phố, thủ đô rất ít thấy quảng cáo cho thương hiệu đường sắt.

Bên cạnh đó, các doanh nghiệp vận tải đường sắt cần phải quan tâm đến các hoạt động quan hệ công chúng - Public Relation (PR). Đây được coi như một công cụ có sức mạnh vô hình trong quá trình gây dựng hình ảnh, thương hiệu trong lòng công chúng. Quan hệ công chúng và quảng cáo thường được kết hợp với nhau để nâng cao hiệu quả truyền thông marketing.

Ba là, phát triển dịch vụ logistics vận tải đường sắt cả về số lượng và chất lượng:

Logistics đang trở thành một ngành dịch vụ có vai trò rất quan trọng đối với sự phát triển của nền kinh tế quốc dân trong quá trình hội nhập kinh tế khu vực và quốc tế, trở thành một thứ vũ khí về kinh tế nhằm nâng cao vị thế cạnh tranh và bảo vệ lợi ích quốc gia. Trên thị trường logistics nội địa, hiện có trên 70 doanh nghiệp vận tải tham gia (chiếm khoảng 12%), trong đó ngành vận tải đường sắt có 5 doanh nghiệp. Tuy nhiên, chưa có đơn vị nào thật sự đủ năng lực như một nhà chuyên cung cấp dịch vụ logistics có khả năng tổ chức, điều hành toàn bộ qui trình chuỗi cung ứng mà mới chỉ dừng lại ở việc thực hiện một số công đoạn trong chuỗi cung ứng như giao nhận vận tải, kê khai thủ tục hải quan, cho thuê phương tiện…

Trong bối cảnh hiện tại, việc thành lập tổ chức kinh doanh dịch vụ logistics có thể dựa trên cơ sở các tổ chức kinh doanh dịch vụ vận chuyển hàng hóa và toàn bộ hệ thống cơ sở vật chất hiện có của ngành vận tải đường sắt. Các đơn vị được quy hoạch một cách thống nhất thành một tổ chức hoạt động theo mô hình công ty cổ phần dịch vụ logistics đường sắt với chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn được quy định rõ ràng. Công ty phải được trang bị đầy đủ các trang thiết bị kỹ thuật cần thiết cho hoạt động của công ty, có văn phòng đại diện ở các trung tâm kinh tế lớn của đất nước và ở các nước trong khu vực, có đội ngũ nhân viên được đào tạo về logistics đảm bảo hoạt động một cách chuyên nghiệp, hiệu quả nhất, có đủ điều kiện để cạnh tranh với các doanh nghiệp kinh doanh dịch vụ logistics khác trên thị trường.

Trong quá trình tổ chức hoạt động kinh doanh, công ty phải chú ý tận dụng tối đa các thế mạnh và tiềm lực sẵn có của ngành, chú trọng đào tạo phát triển nguồn nhân lực logistics theo hướng toàn diện và chuyên nghiệp, ứng dụng các thành tựu khoa học kỹ thuật, công nghệ thông tin vào quá trình cung cấp và quản lý dịch vụ logistics. Đặc biệt, phải chú ý phối hợp tốt với các ga đường sắt và các nhà vận chuyển khác để giảm tối đa chi phí cho quá trình tổ chức vận chuyển hàng hóa.

4. KẾT LUẬN

Để phát triển thị phần đường sắt Việt Nam trước áp lực cạnh tranh gay gắt giữa các phương thức vận tải ở trong và ngoài nước cần có các giải pháp mang tính đồng bộ và thực tiễn. Bài báo đã xác định vai trò của tăng thị phần vận tải đường sắt trong thời gian tới, từ đó đề xuất các giải pháp xét từ các doanh nghiệp vận tải đường sắt. Các doanh nghiệp vận tải đường sắt cần xây dựng chính sách giá hợp lý, tăng cường truyền thông marketing và phát triển logistics vận tải đường sắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 1769/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ Phê duyệt Quy hoạch mạng lưới đường sắt thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[2]. Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 82/QĐ-TTg ngày 14/01/2020 của Thủ tướng Chính phủ Phê duyệt nhiệm vụ lập Quy hoạch mạng lưới đường sắt thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[3]. Bộ Chính trị, Kết luận số 49-KL/TW năm 2023 về định hướng phát triển giao thông vận tải đường sắt Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

[4]. Cục Thống kê, Đường sắt Việt Nam qua một số chỉ tiêu, truy cập ngày 14/4/2025, https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2023/06/duong-sat-viet-nam-qua-mot-so-chi-tieu-thong-ke/.

■Ngày nhận bài: 27/3/2025 ■Ngày sửa bài: 09/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2025

Nghiên cứu phương pháp sửa lỗi truyền dẫn trong hệ thống thông tin hàng hải sử dụng dãy tiêu chuẩn

A study of linear block error correction codes in maritime comunication system by using cosets

> THS ĐỖ THỊ MỸ LINH[1*], TS NGUYỄN THANH VÂN[2]
[1]Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[2]Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: *do.linh@haui.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống thông tin hàng hải thực hiện trao đổi thông tin giữa các tàu hoặc với bờ thông qua các trạm bờ, thậm chí qua vệ tinh. Khi truyền dữ liệu trên kênh vô tuyến sẽ phát sinh các lỗi, vấn đề đặt ra là làm thế nào để có thể phát hiện và sửa lỗi ở phía thu một cách nhanh chóng, chính xác. Bài báo trình bày một phương pháp hiệu quả trong sửa lỗi của mã khối tuyến tính, bằng việc sử dụng dãy tiêu chuẩn, phục vụ phát hiện và sửa lỗi trong hệ thống thông tin hàng hải.

Từ khóa: Sửa lỗi của mã khối tuyến tính, dãy tiêu chuẩn.

ABSTRACT

The maritime communication system is order to communicate between ships or with the shore was carried through shore stations and even satellites. When data is transmitted on a radio channel, errors will occur therefore how to detect and correct errors at the receiver rapidly and accurately. This paper presents an effective method for error correction of linear coding by using cosets in the maritim≤e information system.

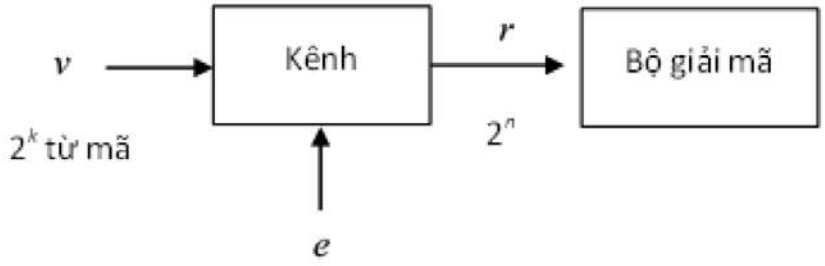
Keywords: Linear block error correction codes, cosets.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hệ thống thông tin hàng hải, nguyên tắc truyền thông tin là phát đi các ký tự một cách liên tục (khối tin), phía máy thu sẽ nhận tín hiệu và tùy thuộc vào từ mã và vị trí của nó trong chu trình để giải mã theo yêu cầu.

Giả thiết mã khối tuyến tính C(n,k) gồm 2^k vector từ mã v_1, v_2,…, v_{2k} truyền trên kênh có nhiễu, (các vector lỗi e). Giả sử v_i là từ mã được truyền đi. Tại phía thu, vector từ mã nhận r gồm 2^n khả năng. Bộ giải mã được sử dụng tại đầu thu phải tách 2^n vector từ mã nhận r đó thành 2^k các tập con riêng D_1, D_2,…, D_{2k} mà có chứa từ mã v_i trong tập con D_i (với $1 \le i \le 2^k$), dựa trên cấu trúc tuyến tính của mã, theo nguyên tắc: Nếu $r \varepsilon D_i$ thì bộ giải mã quyết định từ mã được truyền là v_i. Việc giải mã là đúng khi từ mã v_i được truyền mà mẫu lỗi e không làm cho r nằm ngoài D_i.

Vấn đề đặt ra là làm thế nào để phân chia 2^n từ mã nhận có khả năng thành thành 2^k các tập con riêng mà khả năng sửa lỗi tối ưu, đồng thời thỏa mãn điều kiện mỗi tập con D_i chỉ chứa một từ mã cần xác định v_i.



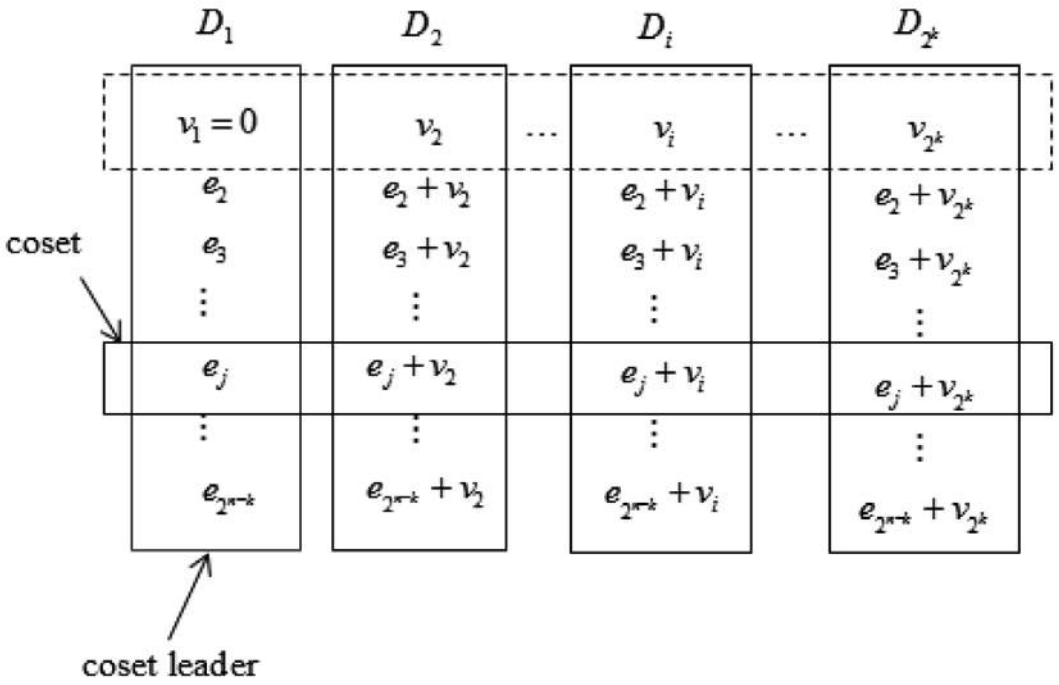
Hình 1. Sơ đồ khối mã hóa và giải mã tuyến tính

2. DÃY TIÊU CHUẨN CỦA MÃ KHỐI TUYẾN TÍNH

- Sắp xếp 2^k vector mã thành hàng đầu tiên của dãy, quy ước $v_1 = 0$ là phần tử đầu tiên của dãy.

- Chọn vector ej (với j = 2, 3, 4,…,2^{n-k}) trong không gian vector V_n phân biệt với các v_i của hàng đầu tiên, cũng như khác với j -1 hàng trước đó. Khi đó, hàng thứ j của dãy được hình thành bằng cách cộng e_j với mỗi từ mã v_i của hàng thứ nhất ở trên và thay thế tổng e e + vi ngay dưới v_i.

- Tiếp tục thực hiện cho tới khi tất cả các vector trong không gian V_n xuất hiện trong dãy. Như vậy, dãy tiêu chuẩn gồm có 2^{n-k} hàng và 2^k cột như sau:



Hình 2. Dãy tiêu chuẩn của mã khối tuyến tính

Trong đó, mỗi hàng được gọi là một tập coset và cột đầu tiên của dãy gọi là coset leader. Các phần tử thuộc coset leader thường được chọn có trọng số nhỏ nhất, là các vector lỗi (còn được gọi là các mẫu lỗi) e_j.

Cách thành lập dãy tiêu chuẩn cho mã khối tuyến tính được minh họa ở ví dụ sau:

Ví dụ: Cho mã khối tuyến tính C (6,3) có ma trận sinh như sau:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Giả sử u = (u_0, u_1, u_2) là thông báo cần mã hóa. Khi đó, các từ mã của mã khối như sau:

$v_0 = u_0 + u_2 \quad v_3 = u_0$

$v_1 = u_0 + u_1 \quad v_4 = u_1$

$v_2 = u_1 + u_2 \quad v_5 = u_2$

Các từ mã tương ứng với thông báo như sau:

Thông báo	Từ mã
000	v_1 (0 0 0 0 0 0)
100	v_2 (1 1 0 1 0 0)
010	v_3 (0 1 1 0 1 0)
110	v_4 (1 0 1 1 1 0)
001	v_5 (1 0 1 0 0 1)
101	v_6 (0 1 1 1 0 1)
011	v_7 (1 1 0 0 1 1)
111	v_8 (0 0 0 1 1 1)

Từ đó, thành lập được dãy tiêu chuẩn của mã khối tuyến tính trên như dưới đây:

v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8
000000	110100	011010	101110	101001	011101	110011	000111
000001	110101	011011	101111	101000	011100	110010	000110
000010	110110	011000	101100	101011	011111	110001	000101
000100	110000	011110	101010	101101	011001	110111	000011
001000	111100	010010	100110	100001	010101	111011	001111
010000	100100	001010	111110	111001	001101	100011	010111
100000	010100	111010	001110	001001	111101	010011	100111
010001	100101	001011	111111	111000	001100	100010	010110

Hình 3. Dãy tiêu chuẩn của mã khối tuyến tính C (6,3)

3. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÃ THEO DÃY TIÊU CHUẨN

Để giải mã theo dãy tiêu chuẩn, tìm ra v_j theo $r_i = e_j + v_i$. Mỗi vector r_i chính là các vector nằm trên coset có cột thứ i của một dãy tiêu chuẩn, nghĩa là đều thuộc cột D_i.

Mặc khác:

$$D_i = \{v_i, e_2 + v_i, e_3 + v_i, \cdots, e_{2^{n-k}} + v_i\}$$

Cho nên, nếu từ mã nhận r mà thuộc cột D_i thì r phải được giải mã thành từ mã v_i. Giả sử v_i là từ mã được truyền và mẫu lỗi là một coset leader e_j, khi đó $r = e_j + v_i$ phải thuộc cột D_i mà chứa v_i, nghĩa là trường hợp này được gọi là giải mã đúng. Ngược lại, trong trường hợp mẫu lỗi không phải là một coset leader e_j , khi đó $r = e_j + v_i$ không thuộc cột D_i và trường hợp này được gọi là giải mã sai.

Gọi x là một mẫu lỗi gây ra bởi kênh truyền nằm trong coset thứ l và nằm dưới vector mã $v_i \neq 0$ Khi đó $x = e_j + v_i$.

Suy ra:

$$\begin{aligned} r &= v_j + x \\ &= v_j + e_l + v_i \\ &= e_l + v_s \end{aligned}$$

Rõ ràng, r nằm tại cột $D_s \neq D_i$, nghĩa là giải mã thành v_s chứ không phải từ mã được truyền v_i. Vì vậy, việc giải mã đúng nếu và chỉ nếu mẫu lỗi là một coset leader và 2^{n-k} coset leader đều là các mẫu lỗi có khả năng sửa lỗi đúng.

Mặc dù có thể dựa vào dãy tiêu chuẩn để giải mã, tuy nhiên, với n và k lớn sẽ dẫn tới yêu cầu không gian lưu trữ và thời gian tìm kiếm lớn cho nên có một phương pháp khác được gọi là giải mã syndrome được sử dụng.

Nhận thấy mỗi coset của dãy tiêu chuẩn là tổng $e_j + v_i$ cho nên tất cả 2^k phần tử của một coset có cùng một syndrome giống như syndrome của coset leader bởi vì:

$$s_j = (e_j + v_i) \cdot H^T = e_j \cdot H^T + v_i \cdot H^T = e_j \cdot H^T$$

Do đó, tất cả 2^k phần tử của một coset sẽ cho 2^k phương trình syndrome. Ngoài ra, theo định lý 3.7, mỗi một vector chỉ xuất hiện trên duy nhất một hàng cho nên mỗi phần tử trong số 2^{n-k} phần tử của coset leader có một syndrome khác nhau. Vì vậy, giữa một coset leader và một syndrome là ánh xạ 1:1. Do đó, có thể có cách giải mã đơn giản hơn, dựa vào mối tương quan 1:1 giữa sydrome và coset leader, gọi là giải mã syndrome.

Từ đó, có thể tính được syndrome từ các mẫu lỗi (là các coset leader). Chẳng hạn, cho mã khối tuyến tính C (6,3) có ma trận sinh như sau:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Suy ra ma trận H^T:

$$H^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Gọi $s = (s_o, s_1, s_2)$ là syndrome của mã khối trên và các vector mẫu lỗi $e = (e_o, e_1, e_2, e_3, e_4, e_5)$ từ công thức (1) tính được syndrome như sau: $s_o = e_o + e_3 + e_5$; $s_1 = e_1 + e_3 + e_4$; $s_2 = e_2 + e_4 + e_5$. Trên cơ sở xác định syndrome theo vector lỗi, có thể lập được Bảng 1, gọi là bảng giải mã syndrome như sau:

Bảng 1. Bảng giải mã syndrome

Mẫu lỗi (coset leader)	Syndrome
000000	000
000001	101
000010	011
000100	110
001000	001
010000	010
100000	100
010001	111

Để giải mã syndrome, (sửa lỗi) cần thực hiện các bước sau:

- Bước 1: Từ vector nhận được r tính syndrome: $s = r \cdot H^T$.

- Bước 2: Sử dụng bảng giải mã syndrome để tìm mẫu lỗi tương ứng. Nguyên nhân do syndrome của mã khối tuyến tính được xác định dựa vào mẫu lỗi, gồm n - k phương trình trong k phương trình không biết trước, $e = (e_o, e_1, \ldots e_{n-1})$. Cho nên, đối với bộ giải mã, các mẫu lỗi này chỉ là các vector lỗi dự đoán, đặt là ê.

- Bước 3: Bộ giải mã sẽ cộng ê với r để tìm vector mã được truyền là v dự đoán

$$\hat{v} = r + \hat{e} = (v + e) + \hat{e} = v + e + \hat{e} \quad (1)$$

Từ công thức (1) có thể thấy:

- Nếu ê = e cho kết quả v = v: Việc giải mã đúng.

- Nếu ê ≠ e, bộ giải mã dự đoán một vector mã mà không được truyền và vì vậy không thể phát hiện được lỗi.

Giả sử từ mã v = (101110) được truyền và vector nhận là r = (001110). Khi đó, syndrome của r được tính như sau: $s = r \cdot H^T$ $(101110) \cdot H^T = (100)$

Tra bảng giải mã syndrome s tương ứng với mẫu lỗi: ê = (100000)

Vector sửa lỗi:

$$\hat{v} = r + \hat{e} = 001110 + 1000000 = 101110$$

Trong ví dụ này, mẫu lỗi thực tế là mẫu lỗi được dự đoán, nghĩa là đã giải mã đúng từ mã được truyền là v = v = 101110. Rõ ràng, việc tra bảng mã tiêu chuẩn cho kết quả nhanh chóng, hiệu quả đối với mã khối tuyến tính hơn phương pháp thông thường.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất phương pháp sửa lỗi truyền dẫn trong hệ thống thông tin hàng hải sử dụng dãy tiêu chuẩn. Trên cơ sở xây dựng bảng mã tiêu chuẩn, thực hiện giải mã theo syndrome, đối sánh với bảng giải mã syndrome để xác định vector sửa lỗi. Như vậy, bài báo đã đưa ra phương pháp sửa lỗi nhanh chóng, chính xác, cho phép ứng dụng trong hệ thống thông tin hàng hải để đảm bảo tính kịp thời và hiệu quả, góp phần đảm bảo an toàn thông tin hàng hải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hill, Raymond (2007), A First Course in Coding Theory, Oxford Applied Mathematics and Computing Science series, Oxford University Press.

[2]. ThS Nguyễn Thanh Vân, TS Phạm Việt Hưng (2020), Giáo trình Lý thuyết mã, NXB. Hàng hải.

■Ngày nhận bài: 07/4/2025 ■Ngày sửa bài: 22/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2025

Phân tích ổn định và cơ chế làm việc của hệ đinh đất gia cố mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đất

Stability analysis and working mechanism of soil nailing reinforced slope systems under seismic loading

> TS ĐỖ MINH NGỌC[1*], TS NGUYỄN MINH KHOA[1], THS TRỊNH MINH HOÀNG[1], THS TỐNG DUY BÌNH[1], THS LÊ XUÂN HÙNG[1,2]**
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[2]Công ty Cổ phần Xây dựng cầu Lào Cai
Email: *ngocdm@utt.edu.vn; **minhkhoa.nguyen@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Công nghệ đinh đất trong những năm gần đây được ứng dụng khá nhiều trong gia cố cho công trình mái dốc. Công nghệ này có ưu điểm dễ thi công, khả năng chịu tải trọng động đất tốt. Tuy nhiên, việc thiết kế hiện nay còn nhiều công trình chưa kể đến lực động đất. Chính vì vậy, trong bài báo này, tác giả thông qua việc phân tích nội lực thân đinh, lực cắt lớp bê tông bề mặt và ổn định công trình mái dốc được gia cố bằng hệ đinh đất bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả phân tích cho thấy, hệ đinh đất làm việc khá hiệu quả trong gia cố mái dốc dưới tác dụng tải trọng động đất. Ngoài ra, kết quả cũng chỉ ra qui luật phân bố nội lực thân đinh, sự thay đổi lực cắt lớp bê tông bề mặt bảo vệ để đưa ra những kiến nghị có giá trị tham khảo cho các công trình tương tự.

Từ khóa: Đinh đất, ổn định, gia cố mái dốc, động đất.

ABSTRACT

Soil nailing has been increasingly applied in slope reinforcement engineering in recent years due to its advantages in ease of construction and excellent seismic load-bearing capacity. However, current design practices often neglect seismic forces. This study analyzes axial forces in soil nails, shear forces in surface concrete layers, and the stability of soil nailing - reinforced slopes under seismic conditions. Results demonstrate that soil nail systems effectively reinforce slopes under earthquake loading. The study also reveals the distribution patterns of axial forces in nails and variations in protective concrete layer shear forces, providing valuable recommendations for similar projects.

Keywords: Soil nailing, stability, slope reinforcement, earthquake.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ tường đinh đất là một loại kết cấu tường mềm, được phát triển những năm 1940. Công nghệ này sử dụng những thanh thép kết hợp với bê tông để gia cố đất tại chỗ giữ ổn định cho các công trình mái dốc và hố móng sâu. Trên bề mặt mái dốc được phủ lưới một cốt thép và phun vữa bê tông kết hợp với đất phía sau được gia cố tạo thành một hệ làm việc đồng thời để chịu áp lực đất và các lực khác phía sau tường. So với các kỹ thuật chống đỡ khác, công nghệ tường đinh đất có các đặc điểm như thi công dễ dàng, thiết bị đơn giản, chiếm ít diện tích, có thể tiến hành song song giữa đào đất và thi công chống đỡ, chi phí thấp, ít ô nhiễm và tiếng ồn, ổn định và đáng tin cậy. Ngoài ra, trong quá trình thi công, tường đinh đất được khoan tạo lỗ nên phần nào có thể kiểm chứng và bổ sung cho kết quả khảo sát trong giai đoạn thiết kế. Chính vì vậy, công nghệ tường đinh đất được áp dụng rộng rãi trong các công trình gia cố mái dốc.

Trong những năm gần đây, với sự gia tăng tần suất động đất trên thế giới, việc gia cố ổn định cho các công trình mái dốc một cách lâu dài, cần kể đến tác dụng của lực địa chấn ngày càng thu hút được sự quan tâm. Sau trận động đất Loma Prieta năm 1989, Vucetic và cộng sự (1993) đã tiến hành một loạt nghiên cứu thí nghiệm ly tâm; Collins và cộng sự đã đánh giá hiện trường và phân tích thiệt hại do động đất đối với kết cấu chống đỡ bằng đinh đất. Hanna và cộng sự nghiên cứu vấn đề thiết kế kết cấu chống đỡ bằng đinh đất trong khu vực động đất. Đối với trận động đất 6,8 độ xảy ra tại khu vực Puget Sound, Washington, Cotton và các kỹ sư Mỹ đã đánh giá tác động của lực động đất của kết cấu tường đinh đất đang xây dựng. Chen Jian Ren và cộng sự tiến hành nghiên cứu thí nghiệm bàn rung và phân tích số lực về cơ chế động lực của cọc đất gia cường. Zhang Ming Ju và cộng sự thực hiện nghiên cứu thí nghiệm bàn rung tỷ lệ lớn về khả năng chống động đất của hệ đinh đất. Wang Li Ping và cộng sự tiến hành thí nghiệm mô hình ly tâm động lực đối với mái dốc gia cố bằng đinh đất. Dong Jian Hua và cộng sự nghiên cứu sơ bộ đặc điểm động lực của tường đinh đất dưới tác

động động đất bằng phương pháp số và lý thuyết suy luận [1].

Ở trong nước, một số nghiên cứu được thực hiện trên các tính toán lý thuyết trong trường hợp tải trọng tĩnh, còn đối với tải trọng động đất còn chưa được xét đến. Cũng từ các công trình nghiên cứu hiện có và quy phạm kỹ thuật có thể thấy tường đinh đất khi gia cố cho các công trình mái dốc cho hiệu quả khá tốt. Tuy nhiên, lý thuyết phân tích động lực và phương pháp thiết kế kháng chấn vẫn chưa hoàn thiện [2-5]. Thông qua phương pháp phần tử hữu hạn, phân tích một trường hợp cụ thể được gia cố bằng hệ đinh đất, phân tích sự làm việc của hệ đinh đất dưới và ổn định của công trình mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đất, từ đó đưa ra những kiến nghị, hướng dẫn tốt hơn cho các công trình tương tự là rất cần thiết.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH, CƠ CHẾ LÀM VIỆC VÀ YÊU CẦU THIẾT KẾ ĐINH ĐẤT DƯỚI TÁC DỤNG TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

2.1. Phương pháp phân tích ổn định và cơ chế làm việc

Phương pháp gần đúng trong phân tích ổn định mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đất được áp dụng từ những thập kỷ 19 - 20. Trong địa chất coi lực quán tính do động đất tạo ra là tích của gia tốc không đổi theo phương ngang, phương thẳng đứng và trọng lượng bản thân của mái dốc tác dụng lên trọng tâm của vật thể trượt có khả năng không ổn định và hướng của các điểm gia tốc theo hướng làm mất ổn định mái dốc. Sau căn cứ vào lý luận cân bằng giới hạn, đem toàn bộ lực gây trượt lên mái dốc và mô-men lực tiến hành phân tích, từ đó thiết lập phương trình cân bằng lực tĩnh và mô-men lực tĩnh lên khối trượt, cuối cùng tiến hành giải an toàn hệ số, hay nói một cách đơn giản hơn chính là dùng giá trị gia tốc chấn động qui về tải trọng động đất. Bài toán này cần có các giả thiết là: Dưới tác dụng của tải trọng động đất, sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng và cường độ của đất, đá không thay đổi; đinh đất chỉ chịu lực kéo; dưới tác dụng của tải trọng động đất đinh đất đạt tới trạng thái trượt giới hạn [2]. Đối với các công trình mái dốc đất và đá dập vỡ trong lớp vỏ phong hóa thường sử dụng phương pháp cung trượt hình trụ tròn.

Cùng với sự phát triển của khoa học máy tính, việc sử dụng các phần mềm mô hình tính toán ổn định và phân tích cơ chế làm việc của mái dốc được gia cố bằng hệ đinh đất đã ứng dụng rộng rãi. Trong phân tích ổn định mái dốc, bất luận phân tích ổn định trong điều kiện tĩnh tải hay vấn đề động đất đều có thể đáp ứng. Hiện nay, các mô hình số thường được dùng chủ yếu bao gồm: Phần tử hữu hạn; sai phân hữu hạn; phần tử biên; phương pháp biến dạng không liên tục. Trong đó, phương pháp phân tử hữu hạn trong phân tích các vấn đề tải trọng động đất công trình mái dốc được sử dụng sớm nhất. Đặc biệt, từ khi Clough và Chopra sử dụng phân tích phản ứng của đất dưới tác dụng của tải trọng động đất, phương pháp này càng được phát triển và ứng dụng rỗng rãi hơn [3, 4].

2.2. Yêu cầu thiết kế mái dốc gia cố bằng đinh đất

Lớp bê tông bề mặt của hệ đinh đất gia cố cho mái dốc, nếu trong trường hợp không kể đến tải trọng động đất thì lớp bê tông này chỉ cần chọn chiều dày lớp bê tông phun và lượng cốt thép theo cấu tạo. Tuy nhiên, dưới tác dụng của tải trọng động đất tác dụng và yêu cầu đối với công trình có tính vĩnh cửu bề dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu là 150 mm. Thông qua các công trình thực tế cho thấy, sự phá hoại do lực động đất gây ra thì lớp bê tông bề mặt có thể bị phá hoại do uốn, lực cắt và chọc thủng. Các tham số khác như, chiều dài đinh, đường kính đinh, khoảng cách hay góc nghiêng của đinh đất được lựa chọn như đối với trường hợp tĩnh tải. Tuy nhiên, dưới tác dụng của tải trọng động đất phải thỏa mãn các điều kiện về phá hoại chính là khả năng kháng nhổ và kháng đứt [2].

3. ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH MÁI DỐC VÀ NỘI LỰC ĐINH ĐẤT DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

3.1. Đặc điểm mái dốc

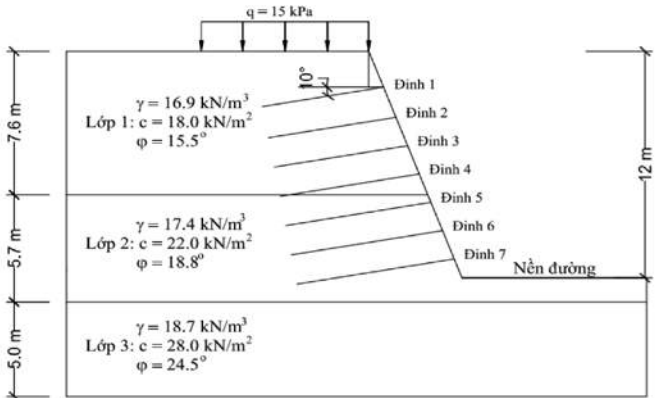
Mái dốc nghiên cứu có độ cao trung bình khoảng 12 m, mái dốc tự nhiên nghiêng một góc 70^0. Căn cứ vào kết quả khảo sát địa chất gồm ba lớp đất chính: Lớp 1 - chiều dày trung bình 7,6 m, đây là lớp đất sét pha màu nâu vàng, nâu gụ, trạng thái dẻo cứng đôi chỗ cứng; lớp 2 - chiều dày trung bình 5,7 m, là sét pha màu nâu vàng nâu gụ, trạng thái nửa cứng - cứng; lớp 3 - sét phiến (sản phẩm của đá phong hóa rất mạnh), màu xám nâu, xám ghi, xám xanh, trạng thái cứng, chiều sâu hố khoan kết thúc ở độ sâu 18,3 m. Các thông số tính toán của các lớp đất trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số tính toán của các lớp đất

TT	Tên lớp	Chiều dày lớp	Trọng lượng thể tích	Lực dính đơn vị	Góc ma sát trong	Mô-đun biến dạng	Hệ số poisson *v*
		m	kN/m³	kPa	(°)	kPa	
1	Đất sét pha	7,6	16,9	18	15,5	6.524	0,3
2	Đất sét pha	4,7	17,4	22	18,8	10.710	0,3
3	Đất sét pha, lẫn dăm sạn	6,0	18,7	28	24,5	14.300	0,28

3.2. Phương án thiết kế ban đầu

Đinh đất được lựa chọn có đường kính 28 mm, góc nghiêng của đinh đất được chọn 10^0, khoảng cách đinh đất theo phương thẳng đứng và phương ngang là 1,5 m, đường kính lỗ khoan đinh đất là 130 mm, chiều dài đinh đất được lấy bằng 12 m (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ phương án thiết kế

Trong Hình 1, mái dốc chiều cao 12 m theo phương thẳng đứng đinh đất được bố trí thành 7 hàng, với vị trí hàng đinh thứ nhất tại vị trí có áp lực đất bằng 0, tức là tương đương với vị trí cách bề mặt đất là 2,2 m. Đối với lớp bê tông bề mặt bề dày 250 mm, cốt thép sử dụng đường kính f12.

3.3. Thiết lập mô hình tính

Trong phần này, tác giả sử dụng phần mềm Plaxis 2D phiên bản 8.6 tiến hành mô phỏng sự làm việc của đinh đất. Mái dốc có

góc dốc tự nhiên 70^0, chiều cao mái dốc 12 m (Hình 1), địa chất gồm 3 lớp (Bảng 1). Các tham số của đinh đất trong phần mềm Plaxis 2d này do không có và đinh đất được bố trí theo hệ không gian nên cần qui đổi. Căn cứ như phần trên phân tích đinh đất lúc này làm việc giống như tường chắn có cốt, nên có thể sử dụng thành phần tử Geogrid có độ cứng EA và cường độ dọc trục N_p tương ứng để tính [5]:

$$EA = \frac{[A_s.E_s + (A_c - A_s)E_c]}{S}$$

$$N_p = (1.1 \times f_y \times A_s)/S$$

Trong đó: A_s - Diện tích tiết diện ngang cốt thép làm đinh đất, m^2; E_s - Mô-đun đàn hồi cốt thép làm đinh, kN/m^2; A_c - Diện tích tiết diện ngang lỗ đinh, m^2; S - Khoảng cách theo phương ngang của các đinh, m; E_c - Mô-đun đàn hồi của bê tông; f_y - Cường độ thiết kế của thép làm đinh, kN/m^2.

Ta có các thông số đinh đất trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng thông số đinh đất

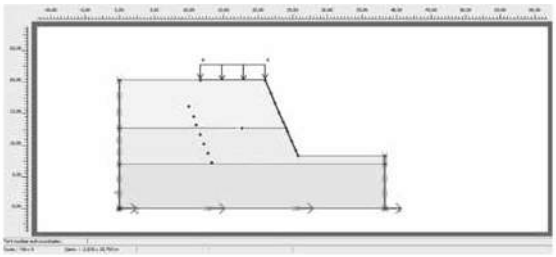
f_y (kN/m²)	A_s (m²)	E_s (KN/m²)	A_c (m²)	E_c (kN/m²)	S (m)	EA (KN/m)	N_p (KN/m)
405.000	0,00061544	190.000.000	0,00904	24.000.000	1,5	212.748,69	182,786

Mặt mái dốc thông thường được đổ một lớp bê tông cốt thép bề mặt để bảo vệ đinh đất, được lựa chọn có bề dày là 250 mm bê tông mác 200, với lưới cốt thép được bố trí theo cấu tạo đường kính 12 mm, khoảng cách 200 mm và có các tham số tính toán như Bảng 2, trong đó gia tốc động đất được lấy theo Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 [6] trong Bảng 3.

Bảng 3. Bảng thông số lớp bê tông bề mặt và gia tốc động đất

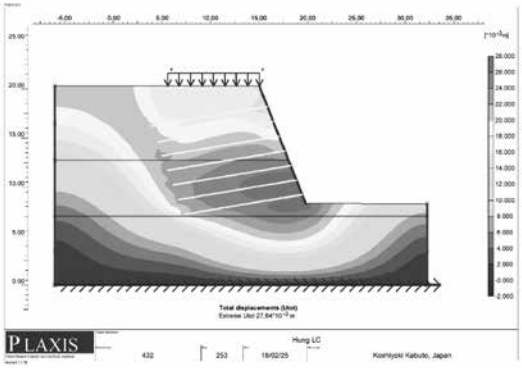
EA (kN/m)	EI (kN/m²)	W (kN/m³)	*v*	a
$1,64\times10^4$	13,66	2,5	0,2	0,1116

Mô hình tính như Hình 2.



Hình 2. Mô hình tính đinh đất

3.4. Kết quả mô hình chuyển vị và hệ số ổn định tổng thể

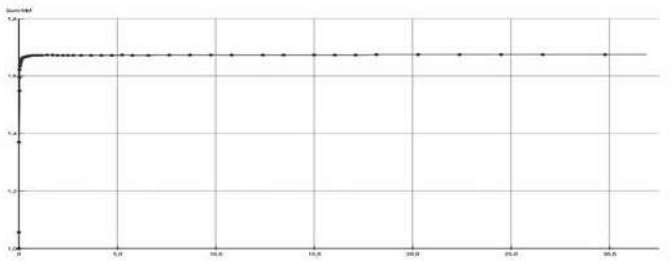


Hình 3. Kết quả chuyển vị mô hình

Kết quả tính toán mô hình thể hiện trên Hình 3 cho thấy chuyển vị ngang của mái dốc chủ yếu tập trung tại vị trí 1/2 từ giữa mái dốc đến chân dốc, đỉnh dốc chuyển vị bé nhất. Cụ thể, chuyển vị ngang lớn nhất tại vị trí chân mái dốc 27,64 mm và bé nhất tại vị trí đỉnh mái dốc là 16,3 mm; chuyển vị thẳng đứng lớn phát sinh chủ yếu phát sinh tại vị trí cách đỉnh mái dốc một khoảng 15 m, đây cũng chính là vị trí của cung trượt được hình thành. Cũng do sự chuyển vị đứng tại vị trị này mà khiến chân mái dốc bị đẩy ra một khoảng 27,64 mm.

Kết quả cũng cho thấy đối với chuyển vị thẳng đứng 4 hàng đinh đầu lớn hơn so với các hàng đinh dưới. Có thể giải thích rằng, do tác dụng các hàng đinh phía trên đã hạn chế chuyển vị thẳng đứng các hàng đinh phía dưới, chính vì sự hạn chế chuyển vị đứng này giúp cho áp lực ngang lên mái dốc cũng được giảm và chuyển vị ngang cũng hạn chế đáng kể. Từ đó, thấy rằng đối với hệ đinh đất khi gia cố cho các công trình mái dốc, sự phá hoại một cách từ từ không xảy ra đột ngột.

Hệ số an toàn của mái dốc sau gia cố FS = 1,665, cho thấy mái dốc đảm bảo ổn định (Hình 4).



Hình 4. Biểu đồ hệ số an toàn FS

3.5. Phân tích cơ chế làm việc của hệ đinh đất

3.5.1. Kết quả phân tích nội lực đinh đất

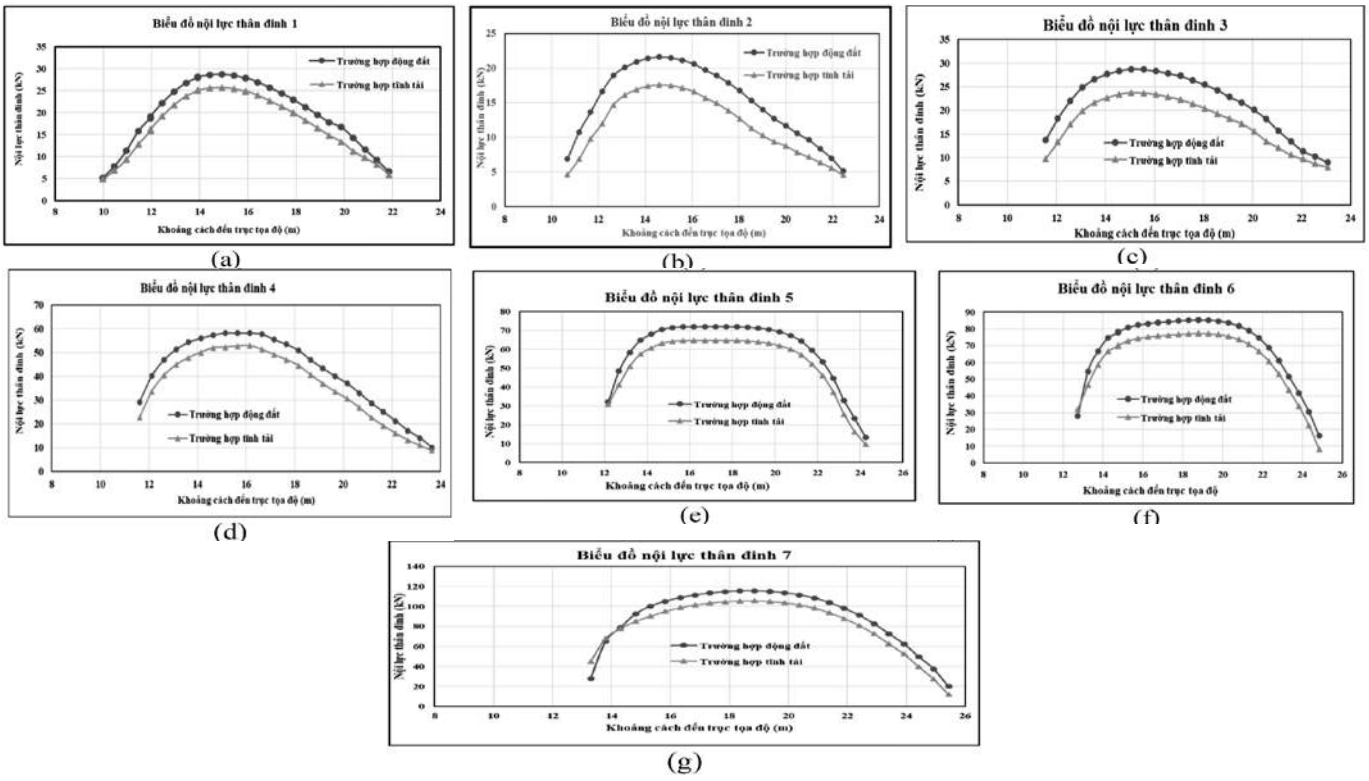
Nội lực đinh đất tính toán được thể hiện như Hình 5. Từ hình này cho thấy nội lực dọc trục thân các hàng đinh phân bố không đồng đều, dưới tác dụng của tải trọng động đất, lực dọc trục đinh đất tăng lên một cách rõ rệt. Nguyên nhân sau khi chịu tải trọng tác dụng của động đất, đất nền phát sinh chuyển vị lâu dài khiến ứng suất trong đất thay đổi và phân bố lại. Do đó, nội lực của các hàng đinh phát sinh không đồng đều. Đối với hàng đinh thứ nhất, lực dọc trục lớn nhất khi có tải trọng động đất so với tải trọng tĩnh tăng 11,67%; hàng đinh thứ 2, 3, 4, 5, 6, 7 lần lượt là 23,5%, 22%, 12,6%, 11,3%, 10,57% và 9,5%. Kết quả này cho thấy, từ hàng đinh thứ 1 đến hàng đinh thứ 7, dưới tác dụng của tải trọng động đất, nội lực thân đinh tăng lên một cách rõ rệt.

Ngoài ra, cũng có thể thấy rằng do ngay khi chịu tải trọng động đất, ở khu vực đỉnh mái dốc, lực chấn động tương đối rõ rệt khiến cho tiếp xúc của đinh và đất bị suy giảm. Do đó, khi bắt đầu chịu tải trọng động đất tác dụng thì nội lực thân đinh hàng thứ 1 biểu hiện tương đối lớn. Chính vì vậy, có thể căn cứ vào thực tế làm việc của các hàng đinh để tiến hành tối ưu thiết kế, giảm thiểu hoặc tránh dùng đinh đất có cùng đường kính, chiều dài đem đến sự lãng phí về vật liệu.

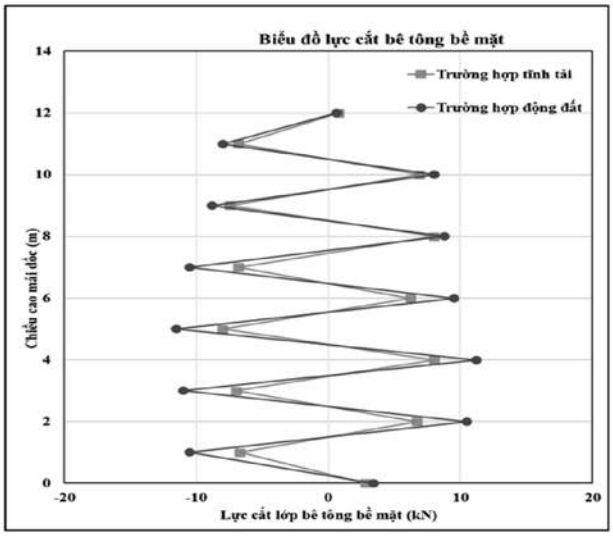
3.5.2. Kết quả phân tích lực cắt lớp bê tông bề mặt

Lực cắt lớp bê tông bề mặt như trong Hình 6. Từ Hình 6 cho thấy, lực cắt hình thành ở trên lớp bê tông bề mặt chủ yếu tập trung ở giữa mái dốc, có hai khu vực đầu và chân mái dốc thì lực cắt hình

thành bé hơn. Điều này có thể cho thấy khi chịu tải trọng động đất thì khu vực giữa của mái dốc là những vị trí bất lợi nhất.



Hình 5. Biểu đồ nội lực thân đinh



Hình 6. Biểu đồ lực cắt lớp bê tông bề mặt

4. KẾT LUẬN

- Trong những năm gần đây, động đất xảy ra với mật độ nhiều hơn, mặc dù chấn động chưa quá lớn, nhưng cũng gây ra những ảnh hưởng nhất định đến sự ổn định các công trình mái dốc. Do đó, để đảm bảo tính lâu dài của các công trình mái dốc khi thiết kế cần kể thêm tải trọng động đất, tránh những sự cố có thể xảy ra.

- Từ kết quả mô hình tính toán với công trình cụ thể, đối với lớp bê tông bề mặt mái dốc khi gia cố bằng đinh đất, khi chịu tải trọng động đất khu vực giữa mái dốc thường xuất hiện lực cắt lớn. Khi thiết kế cần thiết kế và bố trí khu vực này sao cho hợp lý.

- Cũng từ kết quả tính toán, dưới tác dụng của tải trọng động đất có thể thấy lực dọc trục đinh đất tăng lên một cách rõ rệt. Tuy nhiên, sự gia tăng nội lực thân đinh không đồng đều, có những hàng đinh sự gia tăng tương đối lớn và có những hàng đinh sự gia tăng không đáng kể so với trường hợp chỉ chịu tải trọng tĩnh. Chính vì vậy, khi thiết kế cần có các phân tích kỹ càng sự làm việc này để có căn cứ cơ sở tối ưu thiết kế, tiết kiệm vật liệu mà vẫn đảm bảo về mặt kỹ thuật

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dong Jian Hua, Zhu Yan Ping (2007), Parametric Analysis on Seismic Behavior of Highway Slope Protected by Soil Nailing Retaining Wall Under Earthquake. Journal of Xi An University of Architecture and Technology: Natural Science Edition, 39(5):661 -666.

[2]. Dong Jian Hua, Ma Wei, Zhu Yan Peng (2013), Seismic Analysis and Design Method for Soil Nailing Retaining Wall. China Journal of Highway and Transport, (3), vol.26, no.22, 35-41.

[3]. RAY. W. Clough and Joseph Penzien (1995), Dynamics of structures, University of California, Berkeley.

[4]. ANIL. K. Chopra. Dynamics of Structures (1995), Theory and Applications to Earthquake Engineering, University of California. Berkeley.

[5]. Hao Feng Hao Feng (2009), Finite Element Analysis of High Pressure Jet Grouting Pile Composite Soil Nail Wall Plaxis, Exploration Engineering, 36(9), 52-55.

[6]. TCVN 9386:2012, Thiết kế công trình chịu động đất.

■Ngày nhận bài: 04/3/2025 ■Ngày sửa bài: 21/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Bộ điều khiển trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy với thời gian ổn định hữu hạn

Fast terminal sliding mode controller for ship roll stabilization system with finite-time

> PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỚNG*, THS PHẠM VĂN LUÂN, THS PHẠM TẤT TIỆP
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: *nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đề xuất bộ điều khiển trượt kết hợp với cơ cấu dừng nhanh cho hệ thống vây giảm lắc ngang tàu thủy. Trước tiên, điều khiển trượt được sử dụng để đảm bảo tính ổn định của hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy và bền vững trước nhiễu. Sau đó, để giảm thời gian ổn định của hệ thống điều khiển, cơ cấu dừng nhanh được đề xuất. Các mô phỏng số trên phần mềm MATLAB được thực hiện để chứng minh tính khả thi của bộ điều khiển đề xuất.

Từ khóa: Hệ thống vây giảm lắc tàu thủy, điều khiển trượt, mặt trượt dừng nhanh.

ABSTRACT

This study proposes a sliding mode controller combined with a fast terminal sliding surface for the ship fin roll stabilization system. First, the sliding mode control is used to ensure the stability of the ship roll control system and robustnees with external disturbance. Then, to reduce the system's settling time, a fast terminal sliding mode surface is introduced. Numerical simulations in MATLAB are conducted to demonstrate the feasibility of the proposed controller.

Keywords: Ship anti-roll fin stabilizer, sliding mode control, fast terminal sliding surface-point mooring system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuyển động lắc tàu thủy trên biển thường gây ra những ảnh hưởng tiêu cực đối với tàu thuyền, thuyền viên, hành khách và hàng hóa. Để giảm thiểu những tiêu cực này, các hệ thống giảm lắc đã được thiết kế như: Vây giảm lắc, con quay giảm lắc, hệ thống két giảm lắc, hay hệ thống giảm lắc Rotor Magnus… Trong đó, hệ thống vây giảm lắc được là thiết bị giảm lắc hiệu quả nhất với hiệu quả giảm lắc lên đến 92%. Hiện nay, luật điều khiển tỉ lệ-vi-tích phân (PID) [1, 4] là bộ điều khiển được sử dụng nhiều nhất cho hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy. Ưu điểm của hệ thống với luật điều khiển PID là đơn giản và dễ hiệu chỉnh. Tuy nhiên, với bộ điều khiển PID, hệ thống thường xuyên xuất hiện dao động và thời gian đưa hệ thống về giá trị đặt là lâu gây chất lượng chưa được tốt trong quá trình điều khiển. Bên cạnh đó, khi tham số của hệ thống điều khiển thay đổi, chất lượng điều khiển của hệ thống sẽ là không được tốt.

Để khắc phục hạn chế của hệ thống điều khiển PID, đã có nhiều nghiên cứu khác nhau đề xuất các bộ điều khiển cho hệ thống này, có thể kể như: Điều khiển dự báo mô hình [3], điều khiển LQR [2], điều khiển cuốn chiếu [5, 6]. Tuy nhiên, những nghiên cứu này vẫn còn nhiều hạn chế khi áp dụng vào hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy, có thể kể như: Bộ điều khiển còn phức tạp, chưa giải quyết các yếu tố bất định, chưa làm tối ưu hóa hệ thống điều khiển hay thời gian đi vào ổn định còn dài…

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một bộ điều khiển trượt kết hợp với mặt trượt dừng nhanh cho hệ thống ổn định vây giảm lắc tàu thủy. Ưu điểm của hệ thống điều khiển đề xuất được chỉ ra như sau: Thứ nhất, điều khiển trượt được sử dụng làm bộ điều khiển trung tâm để đảm bảo tính ổn định cho hệ thống và đảm bảo tính bền vững của hệ thống khi hệ thống có nhiễu ngoài tác dụng và tính bất định mô hình; Thứ hai, mặt trượt dừng nhanh giúp hệ thống được ổn định nhanh với thời gian ổn định hữu hạn. Các mô phỏng trên máy tính đã được thực hiện để kiểm chứng tính khả thi của thuật toán đề xuất trong nghiên cứu này.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC CỦA LẮC NGANG TÀU THỦY

Theo [6], mô hình toán học của hệ thống lắc tàu thủy được mô tả theo hệ thức dưới đây:

$$(M_{xx}+\Delta M_{xx})\ddot{\varphi}+\lambda_n\dot{\varphi}+\lambda_w\dot{\varphi}|\dot{\varphi}|+Dh\varphi(1-\left(\frac{\varphi}{\varphi_v}\right)^2)=M_c+M_w \quad (1)$$

Trong đó: $(M_{xx}+\Delta M_{xx})$ - Mô-men tác động lên tàu thủy; φ - Góc lắc tàu, $\dot{\varphi}$ - Tốc độ lắc tàu; φ_v - Góc ngập nước của tàu; λ_n và λ_w - Tương ứng là các hệ số ổn định; D và h - Lượng giãn nước và chiều cao tâm

nghiêng của tàu; M_c - Mô-men chống lắc do vây giảm lắc tạo ra; M_w - Mô-men gây lắc tàu do sóng gió kết hợp gây ra. Các thành phần trong hệ thức (1) được xác định theo hệ thức (2) dưới đây:

$$\begin{aligned} &M_{xx}+\Delta M_{xx}=\frac{DB^2}{g}(0.3085+\\ &\lambda_n=\frac{2n_1\sqrt{Dh(M_{xx}+\Delta M_{xx})}}{\pi}\\ &\lambda_w=\frac{3n_2(M_{xx}+\Delta M_{xx})}{4}\\ &M_c=-\rho v^2A_fl_fC_1(u+\frac{\dot\varphi l_f}{v})\\ &M_w=-Dha_w \end{aligned} \quad (2)$$

Thay các thành phần trong (2) vào (1) và viết lại phương trình (1) dưới dạng sau:

$$\ddot\varphi=\gamma_1\varphi+\gamma_2\varphi^3+\gamma_3\dot\varphi+\gamma_4\dot\varphi|\dot\varphi|+bu+d_w \quad (3)$$

Trong hệ thức (3), các hệ số được xác định theo hệ thức (4) dưới đây:

$$\begin{aligned} &\gamma_1=-\frac{Dh}{M_{xx}+\Delta M_{xx}}\\ &\gamma_2=\frac{Dh}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})\varphi_c^2}\\ &\gamma_3=-\frac{\delta_N}{M_{xx}+\Delta M_{xx}}-\frac{\rho v^2A_fl_fC_1}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})v}\\ &\gamma_4=-\frac{\delta_W}{M_{xx}+\Delta M_{xx}}\\ &b=-\frac{\rho v^2A_fl_fC_1}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})}\\ &d_w=-\frac{Dha_w}{M_{xx}+\Delta M_{xx}} \end{aligned} \quad (4)$$

Đặt $x_1=\varphi$ và $x_2=\dot\varphi$, $x=[x_1, x_2]^T$, phương trình động học (3) được viết dưới dạng phương trình không gian trạng thái như hệ thức (5) dưới đây:

$$\begin{cases}\dot x_1=x_2\\ \dot x_2=f(x)+bu+d_w\end{cases} \quad (5)$$

Trong phương trình (5), giả sử nhiễu ngoại cảnh d_w bị chặn bởi D, tức là $|d_w|\le D$.

Mục tiêu của bài toán là thiết kế một bộ điều khiển để đầu ra của hệ thống (góc lắc tàu thực tế) bám theo đầu ra (góc lắc cài đặt bằng không) và làm giảm thời gian ổn định của hệ thống.

3. BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT DỪNG NHANH CHO HỆ THỐNG GIẢM LẮC NGANG TÀU THỦY

Gọi sai số và đạo hàm sai số giữa góc lắc và góc lắc mong muốn là:

$$\begin{aligned} &e(t)=x_1\\ &\dot e(t)=\dot x_1=x_2\\ &\ddot e(t)=\dot x_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Để đảm bảo được thời gian ổn định hệ thống hữu hạn, mặt trượt được đề xuất như dưới đây:

$$s(t)=x_2+\alpha_o x_1+\beta_o x_1^{q_0/p_0} \quad (7)$$

Đạo hàm mặt trượt dừng nhanh được xác định theo hệ thức:

$$\dot s(t)=f(x)+bu+d_w+\alpha_o x_2+\beta_o(\frac{q_0}{p_0}-1)x_1^{q_0/p_0}x_2 \quad (8)$$

Hàm Lyapunov được chọn để ổn định hệ thống giảm lắc:

$$V=\frac{1}{2}s^2(t) \quad (9)$$

Đạo hàm hàm Lyapunov theo thời gian và thay các thành phần trong mô hình toán học của động học lắc tàu vào, ta được hệ thức sau:

$$\dot V=s(t).\dot s(t)=s(t).\left(f(x)+bu+d_w+\alpha_o x_2+\beta_o(\frac{q_0}{p_0}-1)x_1^{q_0/p_0}x_2\right) \quad (10)$$

Lựa chọn tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển trượt dừng nhanh như sau:

$$u=-\frac{1}{b}.\left(f(x)+\alpha_o x_2+\beta_o(\frac{q_0}{p_0}-1)x_1^{q_0/p_0}x_2+\alpha_1 s(t)+\alpha_2 s(t)^{q/p}\right) \quad (11)$$

Thay tín hiệu điều khiển vào (11) ta được:

$$\dot V(s)=-\alpha_1 s(t)^2-\alpha_2 s(t)^{(q+p)/p}+d_w s(t) \quad (12)$$

Trong (12), nếu chọn tham số α_2 thỏa mãn điều kiện: $\alpha_2\ge\left|\frac{D}{s(t)^{q/p}}\right|$ thì

$$-\alpha_2 s(t)^{(q+p)/p}+d_w s(t)\le 0 \quad (13)$$

Theo hệ thức (13), $\dot V(s)$ trong hệ thức (13) sẽ mang giá trị âm và như vậy có nghĩa là hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy được ổn định với thời gian hữu hạn. Bên cạnh đó, hệ thức (13) cũng thể hiện rằng, hệ thống giảm lắc bền vững với các nhiễu bị chặn.

4. MÔ PHỎNG SỐ

Để kiểm chứng tính khả thi của bộ điều khiển trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy, mô phỏng số được thực hiện trên phần mềm MATLAB. Mô phỏng được thực hiện với một tàu trong nghiên cứu [6] với các thông số của tàu lần lượt là: Chiều dài tàu 175 m, chiều rộng là 25,4 m, mớn nước là 8,5 m, lượng giãn nước là 21120T, diện tích vây giảm lắc là 20,2 m^2, hệ số nâng của vây giảm lắc là 3,39, góc ngập nước là 43^0, chiều cao tâm nghiêng là 1 m, tốc độ tàu chạy là 15 knot, các hệ số n_1 = 0,031, n_2 = 0,0152. Như vậy, tham số của mô hình động học lắc tàu được xác định γ_1 = -0,1117, γ_2 = 0,1938, γ_3 = -0,6438, γ_4 = -0,0131, b = -0,3283.

Trong nghiên cứu này, 4 trạng thái ban đầu của góc lắc, tốc độ lắc và nhiễu tác động được mô phỏng như sau:

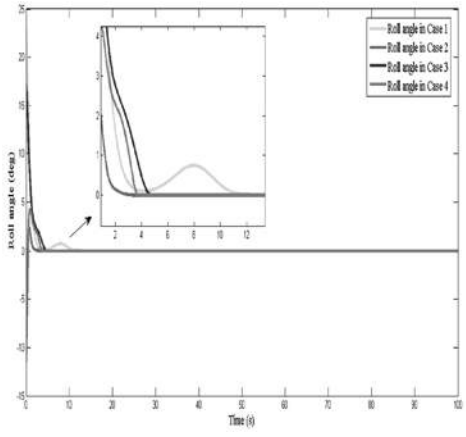
Trường hợp 1: $x_1(0)$ = 23 độ, $x_2(0)$ = -11,5 độ/giây, d_{w1} = 0,45.sin(0,2.t) + 0,27.sin(0.27.t) + 0,14.cos(0,9.t);

Trường hợp 2: $x_1(0)$ = -5,7 độ, $x_2(0)$ = 5,7 độ/giây, d_{w2} = 0,23.sin(0,3.t) + 0,23.sin(0.5.t) + 0,4.cos(0,7.t);

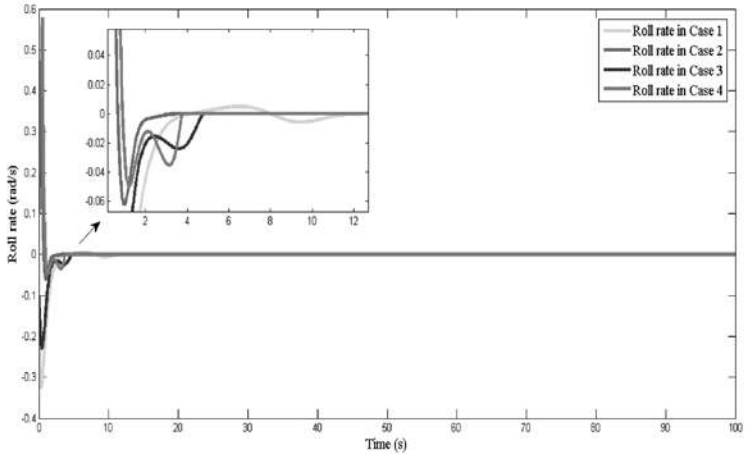
Trường hợp 3: $x_1(0)$ = 17 độ, $x_2(0)$ = -5,7 độ/giây, d_{w3} = 0,31.sin(0,2.t) + 0,32.sin(0.7.t) + 0,34.cos(0,5.t);

Trường hợp 4: $x_1(0)$ = -11,5 độ, $x_2(0)$ = 11,5 độ/giây, d_{w4} = 0,43.sin(0,9.t) + 0,21.sin(0,8.t) + 0,28.cos(0,2.t).

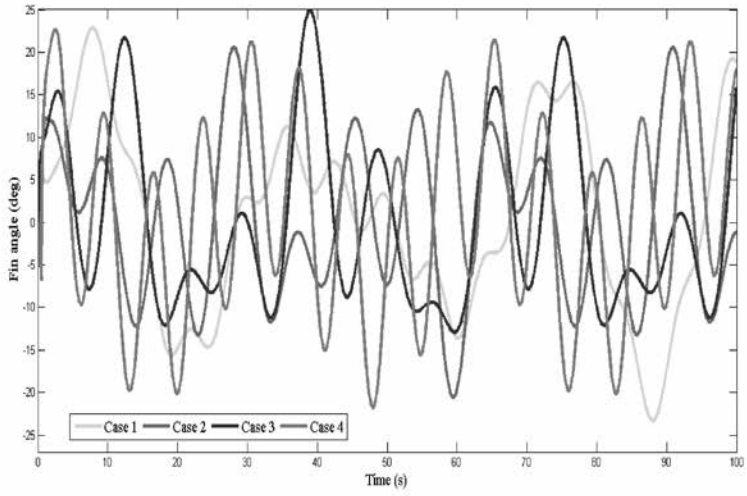
Kết quả mô phỏng được thể hiện như các hình vẽ dưới đây. Trong đó, Hình 1 thể hiện các giá trị góc lắc, Hình 2 thể hiện các giá trị tốc độ lắc và Hình 3 thể hiện các giá trị của góc vây tương ứng.



Hình 1. Góc lắc tàu được điều khiển bằng bộ điều khiển đề xuất



Hình 2. Tốc độ lắc được điều khiển bằng bộ điều khiển đề xuất



Hình 3. Tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển đề xuất

Từ các kết quả trên, có thể thấy rằng góc lắc và tốc độ lắc được ổn định rất nhanh, chỉ trong 12 giây, tất cả các trạng thái góc lắc và tốc độ lắc được ổn định về giá trị 0 với tất cả các nhiễu khác nhau. Điều này chứng tỏ tính khả thi của thuật toán điều khiển trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc tàu thủy.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất một bộ điều khiển trượt tích hợp với cơ cấu mặt trượt dừng nhanh cho hệ thống giảm lắc ngang tàu thủy. Bộ điều khiển trượt đảm bảo tính ổn định và bền vững với nhiễu bên ngoài. Cơ cấu mặt trượt dừng nhanh giúp thời gian đi vào ổn định của hệ thống được giảm nhanh hơn so với luật điều khiển trượt cơ bản. Kết quả mô phỏng số đã chứng minh được tính khả thi của luật điều khiển đề xuất. Trong những nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ thực hiện tích hợp các kỹ thuật hiện đại khác như: Thích nghi, bộ quan sát… vào luật điều khiển trượt dừng nhanh để giải quyết các bài toán khác nhau trong hệ thống giảm lắc tàu thủy.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT.24-25.01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TS Nguyễn Văn Sướng (2021), Tự động điều khiển tàu thủy, NXB. Hàng hải.

[2]. Cakici, F. (2021), Vertical acceleration control using LQG approach for a passenge ship, Ocean Eng. 241, 110040.

[3]. Jimoh, I.A., Kucukdemiral, I.B., Bevan, G. (2021), Fin control for ship roll motion stabilisation based on observer enhanced MPC with disturbance rate compensation, Ocean Eng. 224, 108706.

[4]. Katsuhiko Ogata (2002), Modern Control Engineering, Aeeizh Publisher.

[5]. Karakas, S., Ucer, E., Pesman, E. (2012), Control design of fin roll stabilization in beam seas based on Lyapunov's direct method. Pol. Marit. Res., 19, 25-30.

[6]. Li, R., Li, T., Bai, W., Du, X. (2016), An adaptive neural network approach for ship roll stabilization via fin control. Neurocomputing 173, 953-957.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 26/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Điều khiển mạng nơ-ron thích nghi cho hệ thống buộc tàu hai điểm

Adaptive neural network controller for two-point ship mooring system

> THS PHẠM QUANG THỦY, PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯỚNG*
Trường Đại học hàng hải Việt Nam
Email: *nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, thuật toán điều khiển mạng nơ-ron thích nghi được đề xuất cho hệ thống buộc tàu hai điểm ứng dụng trong quá trình nhận dầu tại các giàn khoan dầu khí. Trước tiên, mô hình toán của hệ thống điều khiển được thiết lập với các yếu tố tính bất định trong mô hình động học. Sau đó, mạng nơ-ron được sử dụng để xấp xỉ thành phần bất định. Tính ổn định của hệ thống được chứng minh bằng lý thuyết Lyapunov. Cuối cùng, mô phỏng trên phần mềm MATLAB được thực hiện để kiểm chứng thuật toán đề xuất.

Từ khóa: Hệ thống buộc tàu hai điểm, bất định mô hình, mạng nơ-ron nhân tạo, điều khiển thích nghi.

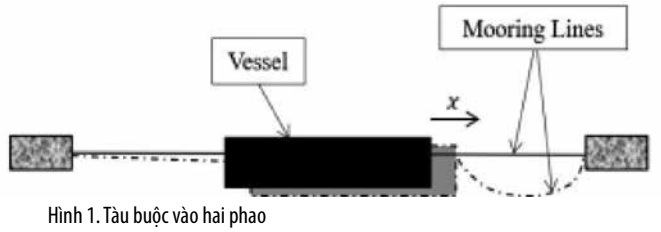
ABSTRACT

In this study, an adaptive neural network controller is proposed for two-point mooring system during oil loading process at sea. First of all, mathematical model of the control system is established with model uncertainties. Then, neural network is used to approximate the model uncertainties of system. The system's stability is proven by theory of Lyapunov. Finally, numerical simulations in MATLAB are conducted to demonstrate the feasibility of the proposed algorithm.

Keywords: Two-point mooring system, model uncertainties, artificial neural network, adaptive control.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi tàu thuyền tiếp nhận dầu tại các giàn khoan ngoài khơi, việc giữ tàu cố định giảm thiểu dao động gặp rất nhiều khó khăn do ảnh hưởng đáng kể từ sóng biển. Thực tế, có ba loại hệ thống buộc tàu ngoài khơi như: Buộc tàu một điểm, buộc tàu hai điểm và buộc tàu đa điểm [1]. Đối với hệ thống buộc tàu hai điểm (Hình 1), khi bị kích thích điều hòa, hệ thống sẽ dao động kiểu Duffing hỗn loạn [2, 6]. Để giải quyết việc ổn định hóa dao động hỗn loạn của hệ thống buộc tàu hai điểm đã có nhiều nghiên cứu đề xuất các chiến lược điều khiển khác nhau. Trong nghiên cứu [1], bộ điều khiển PID được đề xuất cho hệ thống buộc tàu tổng quát trong khi nghiên cứu [4] đề xuất phương pháp điều khiển trượt. Để cải tiến chất lượng điều khiển, nghiên cứu [3] đã đề xuất thuật toán điều khiển trượt siêu xoắn cải tiến cho hệ thống buộc tàu hai dây. Gần đây hơn, [5] đã điều khiển các phản hồi chính và phản hồi dưới điều hòa của hệ thống neo hai điểm bằng cách sử dụng phản hồi trạng thái có trễ thời gian.



Hình 1. Tàu buộc vào hai phao

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu đề xuất các bộ điều khiển khác nhau cho hệ thống buộc tàu hai điểm, tuy nhiên vẫn chưa có nghiên cứu nào đề cập thiết kế bộ điều khiển mạng nơ-ron cho hệ thống này với tính bất định mô hình. Do vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một bộ điều khiển mạng nơ-ron thích nghi cho hệ thống buộc tàu hai điểm tính đến.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Mô hình động học hệ thống

Theo nghiên cứu [6], mô hình động lực học của hệ thống buộc tàu hai điểm được mô tả dưới dạng sau:

$$\omega^2\ddot{x}+\delta_1\omega\dot{x}+\mu_1 x+\mu_2 x^3=u+d \quad (1)$$

Biến đổi phương trình (1) về dạng:

$$\ddot{x}=-\frac{\delta_1}{\omega}\dot{x}-\frac{\mu_1}{\omega^2}x-\frac{\mu_2}{\omega^2}x^3+\frac{1}{\omega^2}u+\frac{1}{\omega^2}d \quad (2)$$

Trong đó: ω - Tần số góc kích thích của sóng ngoại cảnh; δ_1, μ_1, μ_2 - Các tham số động học của hệ thống buộc tàu hai điểm.

Đặt:
$$\begin{cases} x=\left[x_1,x_2\right]^T, x_1=x, x_2=\dot{x} \\ f(x)=-\frac{\delta_1}{\omega}\dot{x}-\frac{\mu_1}{\omega^2}x-\frac{\mu_2}{\omega^2}x^3 \\ b=\frac{1}{\omega^2} \\ d_w=\frac{1}{\omega^2}d \end{cases} \quad (3)$$

Từ các phương trình (2) và (3), viết lại mô hình động học hệ thống buộc tàu hai điểm (1) dưới dạng phương trình trạng thái như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = f(x) + bu + d_w \end{cases} \quad (4)$$

Giả thiết 1: Hàm động học $f(x)$ của hệ thống buộc tàu hai điểm hoàn toàn không biết, hàm này sẽ được xấp xỉ bằng mạng nơ-ron.

2.2. Mô hình động lực học tàu thủy

Mạng nơ-ron cơ sở xuyên tâm là một mô hình được sử dụng để xấp xỉ hàm với sai số nhỏ bất kỳ, hàm số $f(x)$ được xấp xỉ bằng mạng nơ-ron theo hệ thức dưới đây:

$$f(x) = W^{*T} H(x) + \varepsilon \quad (5)$$

Trong đó: $W^* = [w_1, w_2, \dots w_n]^T$ - Vector trọng số lý tưởng của mạng nơ-ron; $x = [x_1, x_2, \dots x_m]^T$ - Đầu vào của mạng; ε - Sai số xấp xỉ của mạng; $H(x) = [h_1, h_2, \dots h_n]^T$ - Hàm cơ sở xuyên tâm ở lớp ẩn của mạng và thường được lựa chọn ở dạng sau:

$$h_i = exp\left(\frac{-(x-u_i)^T(x-u_i)}{\eta^2}\right), i = 1,2,\dots,n \quad (6)$$

Xét về lý thuyết, W^* là hằng số lý tưởng của mạng nơ-ron và được xác định bằng tối ưu hóa sai số xấp xỉ ε, W^* được xác định:

$$W^* = \arg\min_{W \in \Omega} \left\{ \sup_{X \in \Omega} |f(x) - W^T H(x)| \right\} \quad (7)$$

Vì chúng ta không thể xác định được giá trị lý tưởng W^* nên giá trị vector này được thay bằng giá trị dự đoán ŵ. Như vậy, $f(x)$ được dự đoán bằng mạng nơ-ron theo như hệ thức dưới đây:

$$\hat{f}(x) = \hat{W}^T H(x) \quad (8)$$

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Trong nghiên cứu này, phương pháp thiết kế cuốn chiếu được sử dụng kết hợp với mạng nơ-ron thích nghi để tổng hợp bộ điều khiển đề xuất.

** Bước 1:* Gọi z_1 là sai số giữa góc lắc được điều khiển và góc lắc mong muốn. Vì góc lắc tàu mong muốn bằng 0, nên sai số z_1 được viết như sau:

$$z_1 = x_1 \quad (9)$$

Lấy đạo hàm (9) theo thời gian và viết theo dạng sau:

$$\dot{z}_1 = \dot{x}_1 = x_2 = (z_2 + \alpha) \quad (10)$$

Biến x_2 được xem như tín hiệu điều khiển ảo để ổn định z_1, tham số α là hàm ổn định hóa được lựa chọn.

Chọn hàm ổn định Lyapunop để ổn định sai số z_1 như sau:

$$V_1 = \frac{1}{2} z_1^2 \quad (11)$$

Lấy đạo hàm (11) theo thời gian, ta được:

$$\dot{V}_1 = z_1 \dot{z}_1 = z_1(z_2 + \alpha) \quad (12)$$

Lựa chọn α như sau:

$$\alpha = -k_1 z_1 \quad (13)$$

Thay (13) vào (12), chúng ta thu được:

$$\dot{V}_1 = -k_1 z_1^2 + z_1 z_2 \quad (14)$$

** Bước 2:* Để ổn định sai số z_2 với điều kiện tham số động học mô hình bất định, luật điều khiển mạng nơ-ron được thiết kế.

Từ hệ thức (10), ta viết lại như sau:

$$z_2 = x_2 - \alpha \quad (15)$$

Chọn hàm Lyapunop để ổn định z_2 như sau:

$$V_2 = V_1 + \frac{1}{2} z_2^2 \quad (16)$$

Lấy đạo hàm (16) theo thời gian, ta được như sau:

$$\dot{V}_2 = -k_1 z_1^2 + z_1 z_2 + z_2(\dot{x}_2 - \dot{\alpha}) \quad (17)$$

Thay mô hình hệ thống (4) vào (17), ta được:

$$\dot{V}_2 = -k_1 z_1^2 + z_2(z_1 + f(x) + bu + d - \dot{\alpha}) \quad (18)$$

Nếu như tham số động học $f(x)$ của hệ thống được biết chính xác thì luật điều khiển được chọn như sau:

$$u = \frac{1}{b}(-k_2 z_z - z_1 - f(x) + \dot{\alpha}) \quad (19)$$

Tuy nhiên, thực tế $f(x)$ khó xác định chính xác nên $f(x)$ được dự đoán bằng mạng nơ-ron, do vậy luật điều khiển được viết như sau:

$$u = \frac{1}{b}(-k_2 z_2 - z_1 - \hat{W}^T H(x) + \dot{\alpha}) \quad (20)$$

Luật thích nghi mạng nơ-ron được thiết kế theo dạng sigma như sau:

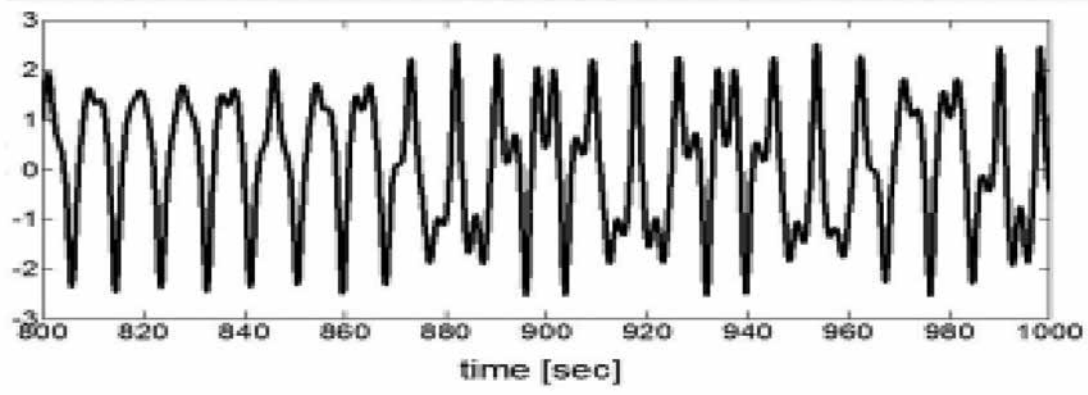
$$\dot{\hat{W}} = \Gamma(z_2 h(x) - \gamma \hat{W}) \quad (21)$$

4. MÔ PHỎNG SỐ

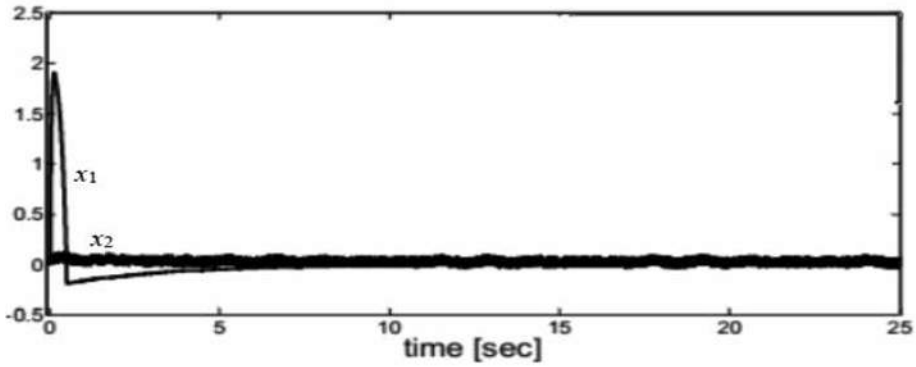
Để kiểm chứng tính khả thi của bộ điều khiển đề xuất cho hệ thống buộc tàu hai điểm, trong phần này, các mô phỏng số được thực hiện trên phần mềm MATLAB. Thông số hệ thống buộc tàu hai điểm được lấy dựa trên các số liệu của nghiên cứu [6], cụ thể: $\omega = 0.7\ (rad/s)$; $\delta_1 = 0.01\ s^{-1}$; $\mu_1 = 0.02\ s^{-2}$; $\mu_2 = 0.3\ m^{-2}s^{-2}$. Trong mô phỏng, hàm động học hệ thống $f(x)$ được giả sử là không biết và được xấp xỉ bởi mạng nơ-ron, sóng biển được chọn có dạng $d_w = 0{,}23.\sin(0{,}5.t)$.

Kết quả mô phỏng được biểu diễn trên Hình 2, Hình 3 và Hình 4. Theo đó, Hình 2 thể hiện sự dao động của tàu theo chiều dọc khi không có bộ điều khiển. Có thể thấy rằng, tàu bị dao động với biên độ ± 2 m xung quanh vị trí cân bằng khi có sự kích thích của sóng biển.

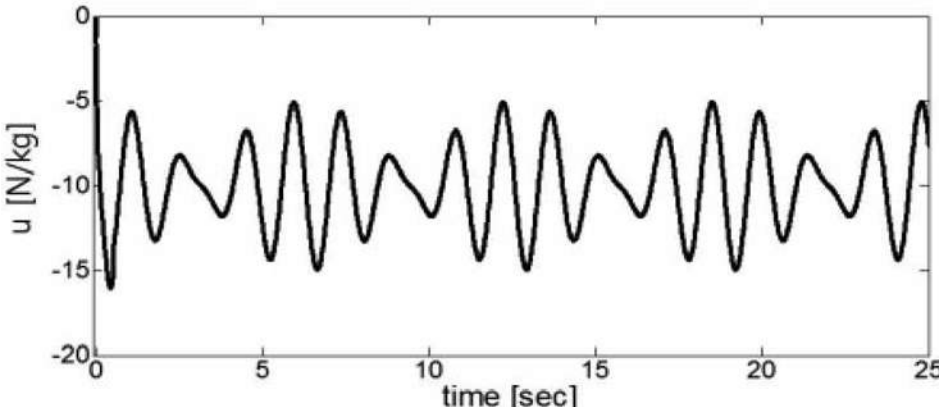
Ngược lại, với sự điều khiển hệ thống bởi bộ điều khiển mạng nơ-ron thích nghi, các giá trị biên độ dao động x_1 và tốc độ dao động x_2 được ổn định về vị trí cân bằng 0 như trong Hình 3. Tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển mạng nơ-ron được mô tả như trong Hình 4.



Hình 2. Dao động tàu theo chiều dọc khi bị sóng kích thích



Hình 3. Biên độ dao động x_1 và tốc độ dao động x_2 được ổn định bởi bộ điều khiển



Hình 4. Tín hiệu điều khiển bởi bộ điều khiển mạng nơ-ron thích nghi

Như vậy, có thể thấy rằng bộ điều khiển mạng nơ-ron đề xuất có khả năng giữ tàu ổn định theo phương dọc cả về biên độ cũng như tốc độ dưới các ảnh hưởng của sóng kích thích và tính bất định của mô hình động học hệ thống.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển mạng nơ-ron thích nghi được đề xuất cho hệ thống buộc tàu hai điểm ngoài giàn khoan. Hệ thống là cần thiết để ổn định chuyển động tiến của tàu theo chiều dọc tàu nhằm tránh va chạm với tàu chứa dầu. Bộ điều khiển đề xuất được thực hiện với các điều kiện bất định của mô hình tàu cũng như nhiễu ngoại cảnh tác động. Để kiểm chứng kết quả mô phỏng, nghiên cứu đã được thực hiện trên mô phỏng số Matlab. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu quả của thuật toán điều khiển đề xuất cho hệ thống buộc tàu hai điểm.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT.24-25.02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TS. Nguyễn Văn Sướng (2021), Tự động điều khiển tàu thủy, NXB. Hàng hải.

[2]. Banik, A. K. and T. K. Datta (2010), Stability Analysis of Two-Point Mooring System in Surge Oscillation, Journal of Computational and Nonlinear Dynamics, vol.5, pp.1-8 (021005).

[3]. Khadra, F. A.(2016), Super-Twisting Control of the Duffing-Holmes Chaotic System, International Journal of Modern Nonlinear Theory and Application, vol.5, pp.160-170.

[4]. Kuo, T. C., Y. J. Huang, C. H. Chang and C. Y. Chen (2008), Robust Suppression Sliding Mode Control for Uncertain Duffing-Holmes Chaotic Systems, Engineering Letters, vol.16, no.3, pp.316-320

[5]. Mitra, R. K., A. K. Banik and S. Chatterjee (2017), State Feedback Control of Surge Oscillations of Two-Point Mooring System, Journal of Sound and Vibration, vol.386, pp.1-20.

[6]. Shah, A. A., A. Umar and N. A. Siddiqui (2005), A Methodology for Assessing the Reliability of Taut and Slack Mooring Systems against Instability, Ocean Engineering, vol.32, pp.1216-1234.

■Ngày nhận bài: 04/4/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2025

Nghiên cứu xác định nội lực trong cống hộp bê tông cốt thép nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D

A study on determining internal forces in reinforced concrete box culverts beneath high highway embankments using Plaxis 2D finite element software

> TS ĐÀO SỸ ĐÁN*, THS CAO THỊ MAI HƯƠNG
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: *sydandao@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống đường cao tốc đã và đang được quan tâm đầu tư xây dựng mới ngày càng nhiều ở Việt Nam, để đáp ứng nhu cầu đi lại và vận chuyển hàng hóa ngày càng tăng. Yêu cầu kỹ thuật của các tuyến đường cao tốc thường cao hơn so với yêu cầu kỹ thuật của các tuyến đường thông thường. Trong một số trường hợp địa hình khó khăn thì chiều cao nền đường đắp của tuyến đường cao tốc có thể lớn hơn 20 m. Trong những trường hợp như vậy, cống hộp bê tông cốt đúc tại chỗ cần phải được tính toán thiết kế riêng cho từng trường hợp cụ thể. Mục tiêu của bài báo này là trình bày phương pháp xác định nội lực (mô-men, lực cắt và lực dọc) trong thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D. Kết quả cho thấy, phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D có thể xác định được chính xác các thành phần nội lực trong thân cống, để phục vụ cho quá trình tính toán thiết kế thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ.

Từ khóa: Phương pháp phần tử hữu hạn, nền đường cao tốc, cống hộp bê tông cốt thép, Plaxis 2D.

ABSTRACT

The highway system in Vietnam has been receiving increasing attention and investment, with numerous new projects being implemented to meet the growing demand for transportation and goods delivery. The technical requirements for expressways are generally higher than those for conventional roads. In certain cases involving complex terrain, the embankment height of an expressway can exceed 20 meters. In such situations, cast-in-place reinforced concrete box culverts must be specially designed for each specific case. The objective of this paper is to present a method for determining internal forces (moment, shear force and axial force) in cast-in-place reinforced concrete box culverts located beneath high highway embankments using Plaxis 2D finite element software. The results indicate that Plaxis 2D can accurately determine the internal force components within the culvert structure, thereby supporting the design process of cast-in-place reinforced concrete box culverts.

Keywords: Finite element method, expressway embankment, reinforced concrete box culvert, Plaxis 2D.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế, hệ thống đường cao tốc ở Việt Nam đang được quan tâm đầu tư xây dựng mới ngày càng nhiều, để đáp ứng nhu cầu đi lại và vận chuyển hàng hóa ngày càng tăng. Các tuyến đường cao tốc có các yêu cầu kỹ thuật cao hơn so với đường thông thường, như yêu cầu về bán kính đường cong nằm và đường cong đứng lớn hơn; yêu cầu về độ dốc dọc nhỏ hơn. Vì vậy, trong các vùng có địa hình khó khăn, như vùng đồi núi thì các tuyến đường cao tốc thường phải sử dụng giải pháp cầu cạn vượt để vượt địa hình hoặc giải pháp nền đường đắp cao, đào sâu hơn nhiều so với các tuyến đường thông thường. Trong một số trường hợp đặc biệt, chiều cao nền đường đắp của đường cao tốc có thể lớn hơn 20 m.

Để thoát nước mưa khi nền đường đắp vượt qua các khe tụ thủy hoặc các khe suối nhỏ thì chúng ta phải thiết kế cống thoát nước tại các vị trí này. Cống thoát nước thường được sử dụng là cống tròn bê tông cốt thép đúc sẵn, cống hộp bê tông cốt thép đúc sẵn hoặc cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ. Theo TCVN 9116:2012 [1] thì cống hộp bê tông cốt thép đúc sẵn chỉ áp dụng cho những nền đường đắp cao không lớn hơn 3,0 m. Như vậy, với những nền đường đắp cao hơn 3,0 m thì chúng ta phải sử dụng cống tròn bê tông cốt thép đúc sẵn hoặc cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ. Cống tròn bê tông cốt thép đúc sẵn đã được thiết kế điển hình theo thiết kế điển hình 533-01-01 [2], với đường kính thoát nước không lớn hơn 2,0 m. Do đó, trong những trường hợp cần thoát nước lớn hơn hoặc khi nền đường đắp cao thì chúng ta phải sử dụng phương

án thiết kế cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ. Để phục vụ quá trình thiết kế cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ thì việc tính toán nội lực trong thân cống là rất cần thiết.

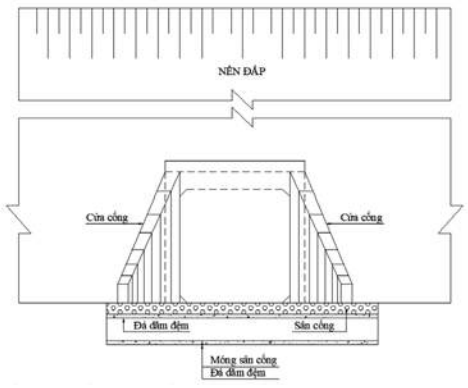
Cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao là một dạng kết cấu phức tạp, có dạng tấm, siêu tĩnh và chịu tác dụng của các loại tải trọng phức tạp, bao gồm áp lực thẳng đứng bên trên và bên dưới thân cống, áp lực ngang của đất hai bên thân cống, nước trong đất và hoạt tải xe chạy trên đường. Trước đây, khi chưa có các phần mềm phần tử hữu hạn thì việc tính toán nội lực trong thân cống hộp thường được làm thủ công, với việc phải công nhận một số giả thiết để làm đơn giản hóa cho quá trình tính toán, như giả thiết cống hộp đặt trên nền đất là nền đàn hồi. Do vậy, kết quả tính toán này thường quá thiên về an toàn, làm gia tăng khối lượng vật liệu hay giá thành công trình. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ và các kỹ thuật tính toán, nhiều phần mềm tính toán dựa trên việc mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn đã ra đời, trợ giúp cho việc tính toán các bài toán phức tạp trong thực tế kỹ thuật.

Nghiên cứu này trình bày phương pháp xác định nội lực trong thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ, nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D. Nghiên cứu được hy vọng sẽ là nguồn tài liệu tham khảo hữu ích cho các nhà nghiên cứu cũng như các kỹ sư thiết kế đường trong việc tính toán thiết kế cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao.

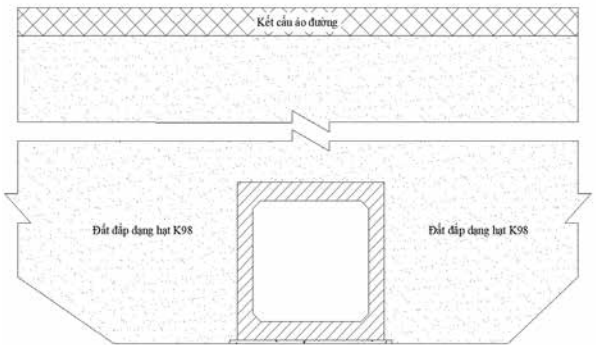
2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO CỦA CỐNG HỘP BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC TẠI CHỖ

Cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ thường được áp dụng khi khẩu độ thoát nước yêu cầu lớn hơn 2,0 m và chiều cao nền đường đắp lớn hơn 3,0 m, trong khi cống tròn bê tông cốt thép lắp ghép thường được áp dụng khi khẩu độ thoát nước yêu cầu nhỏ hơn 2,0 m và cống hộp bê tông cốt thép lắp ghép được áp dụng khi chiều cao nền đường đắp nhỏ hơn 3,0 m.

Cũng giống như cống tròn bê tông cốt thép thoát nước, cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ thường có các bộ phận chính, bao gồm thân cống (ống cống), cửa cống, sân cống và phần gia cố cửa cống. Do đặc điểm cấu tạo có tấm đáy phẳng nên cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ thường không có khối móng cống, nó thường được đặt trực tiếp lên trên nền đất tự nhiên hoặc nền đất có gia cố (kiểu móng nông). Thân cống và cửa cống thường bằng bê tông cốt thép đúc tại chỗ, phần sân cống và gia cố cửa cống có thể bằng bê tông không cốt thép hoặc đá hộc xây vữa. Hình 1 và 2 dưới đây minh họa hình dạng và kích thước chung của phần cửa cống và phần thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm bên dưới nền đường đắp cao.



Hình 1. Cấu tạo cửa cống hộp nằm dưới nền đường đắp cao



Hình 2. Cấu tạo thân cống hộp nằm dưới nền đường đắp cao

3. MÔ PHỎNG SỐ CỐNG HỘP BÊ TÔNG CỐT THÉP NẰM DƯỚI NỀN ĐƯỜNG ĐẮP CAO

Phần này sẽ trình bày phương pháp mô phỏng số để xác định nội lực trong thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm Plaxis 2D, version 2024. Plaxis 2D, version 2024 là chương trình phần tử hữu hạn 2D, được phát triển bởi Trường Đại học Deft University of Technology và nó được thương mại hóa bởi Công ty PLAXIS Bv, Amsterdam, Hà Lan. Cống hộp bê tông cốt thép có khẩu độ thoát nước B x H = (3,0x3,0)m và nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao 15,0 m. Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ TCVN 11823-2017 [3] được sử dụng để xác định các thông số tính toán về vật liệu và tải trọng cho bài toán này.

Cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ thường được thiết kế có kích thước mặt cắt ngang không đổi trên suốt chiều dài cống và chiều cao lớp đất đắp phía trên cống trong phạm vi bề rộng nền đường đắp cũng gần như không đổi trên suốt chiều dài cống (do độ dốc dọc của cống thường tương đối nhỏ). Do đó, cống hộp và nền đất đắp phía trên cống trong phạm vi bề rộng nền đường sẽ ứng xử như một bài toán biến dạng phẳng và việc sử dụng phần mềm Plaxis 2D để mô phỏng số cống hộp là hợp lý. Theo Sổ tay hướng dẫn của Plaxis 2D [4] thì phạm vi ảnh hưởng của nền đường đắp hai bên thành cống là khoảng ba lần chiều cao lớp đất đắp phía trên cống hộp.

Nền đất tốt (đá gốc, đất cát chặt hoặc đất sét ở trạng thái cứng hoặc rất cứng) nằm phía dưới cống hộp có biến dạng rất nhỏ nên có thể bỏ qua trong mô hình tính toán và được mô phỏng bằng một nền cứng không có biến dạng. Các lớp đất phủ tự nhiên phía trên nền đất tốt (bên dưới đáy cống hộp) và lớp đất đắp xung quanh và phía trên cống hộp được mô phỏng là vật liệu đàn - dẻo lý tưởng, theo mô hình Mohr-Coulomb (MC), được tích hợp sẵn trong phần mềm Plaxis 2D. Mô hình MC được các chuyên gia địa kỹ thuật khuyến cáo sử dụng hơn là sử sử dụng mô hình "hyperbolic model" khi chúng ta không có đầy đủ các kết quả thí nghiệm về đường cong ứng suất-biến dạng của đất.

Mô hình MC là một mô hình ứng xử vật liệu cơ bản của đất, nó diễn tả sự xấp xỉ bậc một ứng xử của đất. Mô hình này giả sử mối quan hệ ứng suất-biến dạng của đất là đàn hồi tuyến tính - dẻo lý tưởng và tiêu chuẩn phá hoại của nó là tiêu chuẩn phá hoại MC. Độ dốc của phần đàn hồi tuyến tính của đường cong ứng suất - biến dạng được định nghĩa là mô-đun đàn hồi của đất và phần dẻo lý tưởng được tìm thấy khi trạng thái ứng suất tiệm cận tới tiêu chuẩn phá hoại dẻo MC. Ưu điểm của mô hình MC là đơn giản, ít thông số đầu vào và kết quả tính thường thiên về an toàn một chút [4]. Mô hình MC bao gồm có 6 thông số đầu vào, đó là góc nội ma sát, lực dính, mô-đun đàn hồi, hệ số nở ngang Possion, góc nở và hệ số áp

lực ngang của đất ở trạng ban đầu.

Các lớp đất sét, khó thoát nước, như một số lớp đất phủ tự nhiên bên dưới cống hộp sẽ được mô phỏng là vật liệu không thoát nước (undrained materials) với các thông số cường độ tổng (Undrained C). Các thông số gồm góc nội ma sát không thoát nước ($\phi_u = 0$), lực dính không thoát nước hay cường độ kháng cắt không thoát nước ($C_u = S_u$), mô-đun đàn hồi không thoát nước (E_u) và hệ số Possion không thoát nước (v_u) được sử dụng cho phân tích. Thông số S_u được xác định trực tiếp từ thí nghiệm; hệ số $v_u = 0,495$ ($\approx 0,5$) được sử dụng để mô phỏng ứng xử không thể nén được của nước và tránh những vấn đề số học của phần mềm Plaxis 2D. Theo nghiên cứu của Khoiri và Ou [5], E_u có thể được xác định bằng công thức thực nghiệm sau:

$$E_u = 500S_u \quad (1)$$

Ngược lại, với các lớp đất cát, thoát nước tốt, như các lớp đất đắp dạng hạt và kết cấu áo đường sẽ được mô phỏng là vật liệu thoát nước (drained materials) với các thông số cường độ có hiệu. Các thông số bao gồm góc nội ma sát có hiệu (ϕ')được xác định trực tiếp từ những thí nghiệm trong phòng; lực dính có hiệu (c') được giả sử bằng không, nhưng để tránh sự phức tạp trong quá trình tính toán của phần mềm Plaxis thì một giá trị rất nhỏ $c' = 0,5$kPa được lấy cho các lớp đất cát. Theo khuyến nghị của Plaxis 2D [4], hệ số Possion có hiệu (v') được lấy bằng 0,3. Theo nghiên cứu của Sy-Dan Dao [6] thì mô-đun đàn hồi có hiệu (E') góc nở có hiệu (ψ') và hệ số áp lực ngang của đất ở trạng thái ban đầu (K_o) của đất cát được xác định theo các công thức bên dưới. Trong đó, N là số búa xác định được từ thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (thí nghiệm SPT).

$$E' = 2000N\ (kPa) \quad (2)$$

$$\psi' = 0^o \quad \text{khi } \phi' \leq 30^o \quad (3)$$

$$\psi' = \phi' - 30^o \quad \text{khi } \phi' > 30^o \quad (4)$$

$$K_o = 1 - sin\phi' \quad (5)$$

Từ những phân tích ở trên, các thông số đầu vào của các lớp đất trong mô hình tính toán được thể hiện trong Bảng 1 và 2 dưới đây.

Bảng 1. Các thông số đầu vào của các lớp đất sét (khó thoát nước) trong mô hình tính toán

Lớp đất	Loại đất	Chiều dày (m)	γ (kN/m^3)	ϕ_u (độ)	C_u (kPa)	E_u (kPa)	v_u
Lớp đất phủ 1	Sét	2,5	19,6	0	115	57500	0,495

Bảng 2. Các thông số đầu vào của các lớp đất cát (thoát nước tốt) trong mô hình tính toán

Lớp đất	Loại đất	Chiều dày (m)	γ (kN/m^3)	SPT-N (búa)	ϕ' (độ)	c' (kPa)	E' (kPa)	v'	ψ' (độ)	K_o
Lớp đất đắp	Cát	15,0	20.1	40	34	0,5	80000	0,3	4	0,44
Lớp đất phủ 2	Cát	5,0	20,4	50	40	0,5	100000	0,3	10	0.36

Do trong suốt quá trình chịu lực, cống hộp bê tông cốt thép có biến dạng rất nhỏ nên nó được mô phỏng bằng phần tử tấm (plate elements) với ứng xử đàn hồi tuyến tính. Với bài toán biến dạng phẳng, nên 1,0 m chiều dài cống với mô hình vật liệu là đàn hồi tuyến tính sẽ được mô hình số để tính toán. Các thông số đầu vào của mô hình đàn hồi tuyến tính bao gồm mô-đun đàn hồi (E_c), hệ số Possion (v), chiều dày tấm (t), trọng lượng (w), độ cứng chống (E_cI) và độ cứng dọc trục (E_cA). Các thông số trọng lượng, mô-men quán tính và diện tích tiết diện được tính trực tiếp từ thông số kích thước cống đã biết. Trong mô hình vật liệu đàn hồi tuyến tính này, ảnh hưởng của cốt thép đến độ cứng của các tấm thân cống được bỏ qua. Theo ACI 318M-19 [7], hệ số Possion có thể lấy bằng 0,2 và mô-đun đàn hồi có thể xác định từ công thức bên dưới, trong đó f″c là cường độ chịu nén quy định của bê tông (MPa). Từ đó, ta có bảng các thông số đầu vào của thân ống cống như Bảng 3 dưới đây.

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}\ (MPa) \quad (6)$$

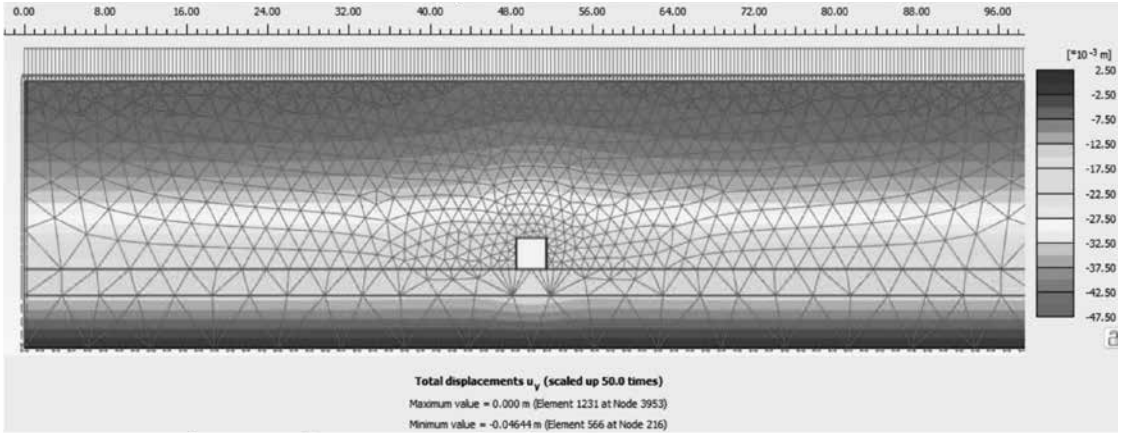
Bảng 3. Các thông số đầu vào của thân ống cống trong mô hình tính toán

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	
			Bản thành cống	Bản đáy và đỉnh cống
Cường độ chịu nén quy định của bê tông	f″c	MPa	30	30
Mô-đun đàn hồi	Ec	MPa		
Chiều dày	d	m	0,35	0,40
Độ cứng dọc trục	E_cA	kN/m		
Độ cứng chống uốn	E_cI	kNm^2/m		
Trọng lượng	w	kN/m/m	8,6	9,8
Hệ số Possion	*v*	-	0,2	0,2

Tải trọng tác dụng lên cống hộp bao gồm trọng lượng bản thân cống, lớp đất đắp phía và hoạt tải xe chạy trên đường. Trình tự quá trình mô phỏng tính toán theo đúng trình tự thi công bao gồm kích hoạt lớp đất phủ bên trên nền đất tốt và dưới đáy ống cống, thi công ống cống, thi công lớp đất đắp dạng hạt và kết cấu áo đường, và cuối cùng là cho hoạt tải xe chạy trên đường.

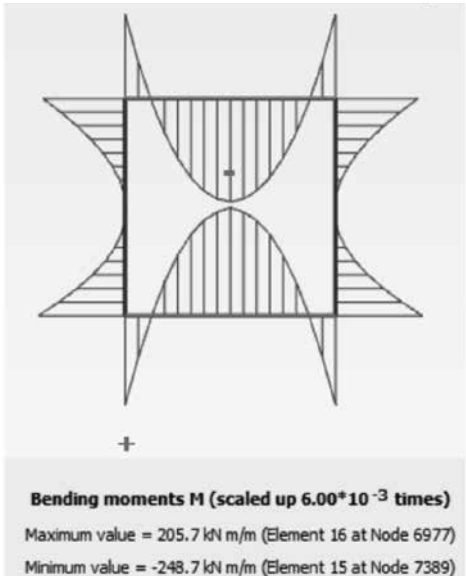
4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

Hình 3 dưới đây thể hiện biến dạng (chuyển vị) của nền đường đắp theo phương thẳng đứng của mô hình tính toán, dưới tác dụng của trọng lượng bản thân và hoạt tải xe chạy trên đường. Như có thể thấy, độ lún lớn nhất được tìm thấy là 46,4 mm.

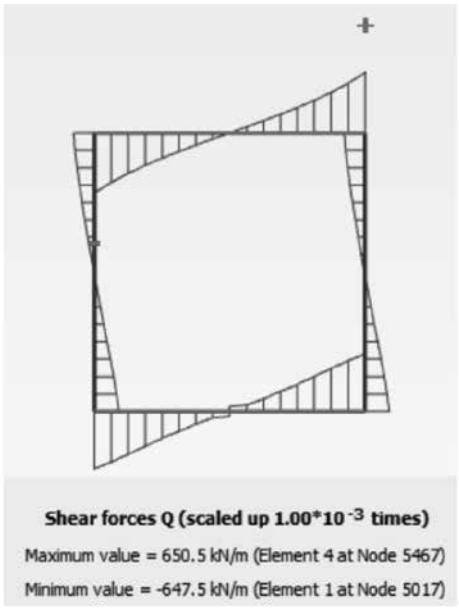


Hình 3. Biến dạng thẳng đứng của nền đắp

Các thành phần nội lực tiêu chuẩn chưa nhân hệ số (mô-men uốn, lực dọc và lực cắt) trong thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ dưới tác dụng của trọng lượng bản thân, đất đắp và hoạt tải chạy trên đường tìm thấy được thể hiện trong các Hình 4, 5 và 6 dưới đây. Từ Hình 4 ta thấy, thân cống vừa chịu uốn dương vừa chịu uốn âm; cụ thể thân cống chịu dương (căng thớ ngoài) ở khu vực 4 góc của thân cống và chịu uốn âm (căng thớ trong) ở khu vực giữa nhịp của bản đỉnh và bản đáy cống. Mô-men dương lớn nhất và mô-men âm nhỏ nhất được tìm thấy tương ứng là 205,7 kNm/m và -248,7 kNm/m. Từ Hình 5 ta thấy, lực cắt có trị số lớn nhất tại 4 góc của thân cống; lực cắt cho bản đỉnh và bản đáy lớn hơn nhiều so với hai bản thành cống. Trị số lực cắt lớn nhất cho bản đỉnh và bản đáy tìm thấy là 650,5 kN/m, trong khi trị số lực cắt lớn nhất cho bản thành cống tìm thấy là 271,9 kN/m. Từ Hình 6 ta thấy, lực dọc chủ yếu phân bố trên hai bản thành cống, trên bản đỉnh và bản đáy là không đáng kể. Trị số lực nén dọc lớn nhất trên hai bản thành cống tìm thấy là 826,9 kN/m.

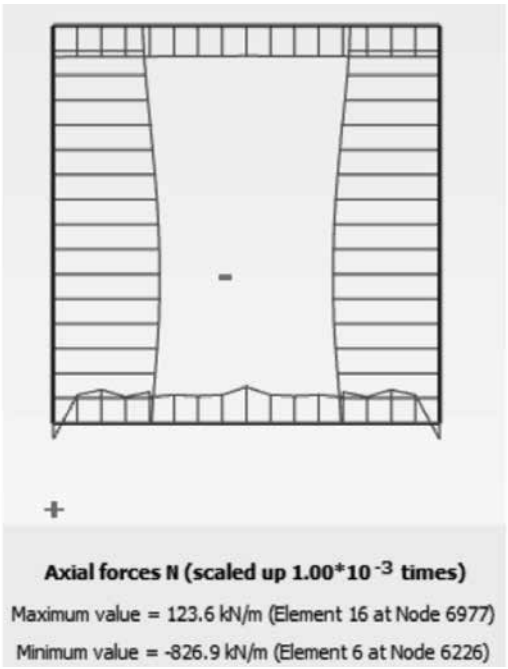


Hình 4. Biểu đồ mô-men uốn chưa nhân hệ số trong thân cống hộp bê tông cốt thép



Hình 5. Biểu đồ lực cắt chưa nhân hệ số trong thân cống hộp bê tông cốt thép

Từ các kết quả tính toán nội lực thân cống hộp ở trên, chúng ta có thể tính duyệt và hoặc thiết kế được thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ, bao gồm việc lựa chọn kích thước thân cống (chiều dày), loại bê tông, loại cốt thép, số lượng và bố trí cốt thép thân cống. Cũng cần chú ý rằng, quá trình thiết kế thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ là quá trình thử dần cho đến khi đạt yêu cầu.



Hình 6. Biểu đồ lực dọc chưa nhân hệ số trong thân cống hộp bê tông cốt thép

5. KẾT LUẬN

Cống thoát nước là một dạng kết cấu rất phổ biến trong thực tế xây dựng nền đường thông thường, cũng như nền đường cao tốc. Cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ, nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao là một dạng kết cấu phức tạp và chịu tác dụng của các loại tải trọng phức tạp bên trên và xung quanh. Dạng kết cấu này không có thiết kế điển hình sẵn mà phải được tính toán thiết kế riêng cho từng trường hợp cụ thể. Nghiên cứu này trình bày chi tiết phương pháp xác định nội lực (mô-men, lực cắt và lực dọc) trong thân cống hộp bê tông cốt thép đúc tại chỗ nằm dưới nền đường cao tốc đắp cao bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D. Các thành phần nội lực này là kết quả quan trọng trong quá trình tính toán thiết kế thân cống hộp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 9116:2012 (2012), Cống hộp bê tông cốt thép, Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[2]. Thiết kế điển hình 533-01-01 (1988), Thiết kế điển hình cống tròn bê tông cốt thép dưới đường ô tô, Bộ Xây dựng, Việt Nam.

[3]. TCVN 11823-2017 (2017), Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ, Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[4]. PLAXIS 2D (2024), Reference Manual, Plaxis BV, Amsterdam, The Netherlands.

[5]. Khoiri, M. and Ou, C. Y. (2013), Evaluation of deformation parameter for deep excavation in sand through case studies, Computers and Geotechnics, vol.47, pp.57-67.

[6]. Sy-Dan Dao (2015), Application of numerical analyses for deep excavation in soft ground, Doctoral dissertation, KUAS, Taiwan.

[7]. ACI 318M-19 (2019), Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, USA.

■Ngày nhận bài: 01/5/2025 ■Ngày sửa bài: 20/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 02/6/2025

Đánh giá tiềm năng phát triển bền vững của hệ thống vận tải thủy nội địa trên địa bàn tỉnh Long An

Evaluating the potential for sustainable development of the inland waterway transport system in Long An province

> PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA[1*], THS.NCS NGUYỄN THẮNG LỢI[2], THS.NCS DU QUANG VINH[3]
TS NGUYỄN HẰNG GIANG ANH[1], KS NGUYỄN LÊ MINH HOA[1], KS TRẦN ĐỨC KHÁNH TÂN[1], NGUYỄN HỒ THANH NGÂN[1]
[1]Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh
[2]Trường Đại học FPT
[3]Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh
Email: *htthoa@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Tiếp nối bài báo đăng trên số 3/2025 Tạp chí Giao thông vận tải (nay là Tạp chí Xây dựng), trong số này, nhóm nghiên cứu tập trung đánh giá tiềm năng phát triển bền vững (PTBV) của hệ thống vận tải thủy nội địa (VTTNĐ) tại tỉnh Long An, xoay quanh ba yếu tố chính: Hạ tầng giao thông, nguồn nhân lực và thị trường vận tải. Dựa trên dữ liệu thứ cấp và khảo sát thực tế từ doanh nghiệp và cơ quan quản lý, bài báo phân tích sâu những lợi thế (vị trí, hệ thống sông ngòi, chính sách hỗ trợ), đồng thời chỉ ra những hạn chế (hạ tầng, nhân lực, khả năng kết nối liên phương thức) của VTTNĐ Long An. Ba trụ cột của PTBV (kinh tế - xã hội - môi trường) sẽ là phạm trù chính cho các đề xuất giải pháp phát triển VTTNĐ theo hướng hiện đại, xanh và bền vững, đóng góp cho kinh tế - xã hội (KT-XH) tỉnh và khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL).

Từ khóa: Hạ tầng giao thông vận tải thủy nội địa, logistics và quản lý chuỗi cung ứng, nguồn nhân lực, phát triển bền vững, thị trường vận tải thủy nội địa.

ABSTRACT

Following the article published in Transport Magazine issue March/2025 (now known as the Journal of Construction), this issue's contribution focuses on assessing the sustainable development potential of the inland waterway transport (IWT) system in Long An province, revolving around three key factors: Transport infrastructure, human resources and market. Based on secondary data and field surveys from enterprises and management agencies, the article provides an in-depth analysis on Long An's IWT advantages (strategic location, dense river network, and supportive local policies) while critically identifying its limitations in infrastructure, human resources and intermodal connectivity. The three pillars of sustainable development (Economy - Society - Environment) are the center for solutions proposal, aimed at promoting IWT in a modern, green and sustainable direction, contributing to the socio-economic development of Long An province and the Mekong Delta Region.

Keywords: Inland waterway transport (IWT) infrastructure, logistics and supply chain management, human resources, sustainable development, IWT market.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xu thế hội nhập và phát triển logistics xanh, VTTNĐ giữ vai trò ngày càng quan trọng trong tiết giảm chi phí và bảo vệ môi trường. Long An có vị trí chiến lược giữa Đông và Tây Nam Bộ, thuận lợi kết nối giao thông, thu hút đầu tư và phát triển cảng biển, dịch vụ logistics liên vùng hiệu quả. Theo Sở Xây dựng tỉnh Long An, tỉnh có hệ thống sông ngòi dày đặc với 17 cảng và 416 bến thủy nội địa, chủ yếu do doanh nghiệp đầu tư. Hệ thống này không chỉ phục vụ vận chuyển hàng hóa, hành khách mà còn góp phần quan trọng trong phát triển KT-XH, giảm chi phí logistics và áp lực cho giao thông đường bộ. VTTNĐ, cụ thể là đối với tỉnh Long An được xem là phương thức vận tải thân thiện với môi trường, phù hợp với định hướng phát triển logistics xanh và bền vững trong bối cảnh hội nhập sâu rộng. Tuy nhiên, thực tế cho thấy hệ thống VTTNĐ tại

Long An hiện chưa được khai thác hiệu quả do hạ tầng chưa đồng bộ, luồng lạch bị bồi lắng, kết nối liên phương thức còn yếu, công nghệ vận tải lạc hậu và nguồn nhân lực chưa đáp ứng yêu cầu. Bên cạnh đó, những áp lực từ phát triển đô thị, công nghiệp và tác động môi trường cũng đặt ra nhiều thách thức đối với hệ thống vận tải này. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá tiềm năng PTBV của VTTNĐ trên địa bàn tỉnh Long An mang tính cấp thiết cao. Nghiên cứu sẽ tập trung vào ba khía cạnh chính là hạ tầng giao thông thủy, nguồn nhân lực và thị trường vận tải, từ đó nhận diện những lợi thế và đề xuất các giải pháp phù hợp. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở quan trọng cho việc hoạch định chính sách, quy hoạch phát triển, giúp Long An khai thác hiệu quả lợi thế sông nước, hướng đến xây dựng hệ thống vận tải thủy hiện đại, kết nối, hiệu quả và thân thiện với môi trường.

2. HƯỚNG TIẾP CẬN

Trong 4 hướng tiếp cận nghiên cứu "Phát triển bền vững VTTNĐ" được tổng hợp tại Bảng 1, bài báo áp dụng hướng tiếp cận hệ thống để đánh giá tiềm năng PTBV VTTNĐ của tỉnh Long An, tập trung vào 3 khía cạnh chính: Hạ tầng - thị trường - nguồn nhân lực.

Bảng 1. Định hướng tiếp cận nghiên cứu về PTBV VTTNĐ

Hướng tiếp cận	Ứng dụng trong VTTNĐ
Ba trụ cột: Kinh tế - Xã hội - Môi trường [1 - 2]	KT-XH là sự cân bằng giữa: - Tăng trưởng kinh tế: Giảm chi phí logistics. - Công bằng xã hội: Tạo việc làm cho người dân địa phương, tạo điều kiện tiếp cận giao thông cho vùng sâu vùng xa để tăng trưởng kinh tế và giảm chênh lệch vùng miền. - Bảo vệ môi trường: Giảm phát thải CO_2, ít ô nhiễm tiếng ồn.
Hệ thống [3 - 6]	KT-XH là một mạng lưới liên kết các yếu tố: Hạ tầng, chính sách, công nghệ, hành vi người dùng, trong đó nhấn mạnh vai trò của chính sách, thể chế minh bạch, phối hợp liên ngành và quản trị cộng đồng.
Vòng đời sản phẩm/dịch vụ [7 - 8]	Đánh giá tác động trong suốt vòng đời của sản phẩm/dịch vụ, từ thiết kế đến vận hành và thải bỏ. Đó là cơ sở để tối ưu thiết kế cảng bền vững, hiện đại hóa đội tàu theo tiêu chuẩn xanh (nhiên liệu sạch, tiết kiệm năng lượng, vật liệu ít tác động môi trường).
Đổi mới sáng tạo [9 - 10]	Ứng dụng quản lý tuyến vận tải thông minh (AIS, GIS), tự động hóa xếp dỡ cảng, dùng phần mềm tối ưu hóa hành trình tàu thủy để tăng hiệu quả và giảm tác động môi trường.

Trong bài báo này, phương pháp định tính và định lượng sử dụng cả dữ liệu thứ cấp và sơ cấp đã được thiết lập, cụ thể:

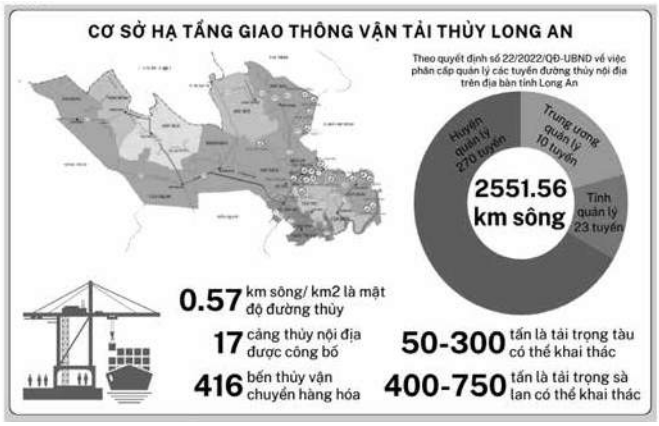
(1) Dữ liệu thứ cấp được thu thập từ các Quyết định, Nghị định của Đảng và Nhà Nước; báo cáo KT-XH của tỉnh; tài liệu từ Sở Xây dựng và các báo cáo về hoạt động logistics.

(2) Dữ liệu sơ cấp được tổng hợp thông qua khảo sát và phỏng vấn chuyên gia từ tháng 7/2024 đến tháng 01/2025, thông qua 3 mẫu phiếu, hướng đến các cơ quan quản lý như Sở Xây dựng, Sở Công thương, Hiệp hội Doanh nghiệp (DN) dịch vụ logistics và Hiệp hội Chủ hàng, khảo sát hai nhóm đối tượng chính tham gia vào hệ thống VTTNĐ là DN cung cấp và DN sử dụng dịch vụ.

3. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG PTBV CỦA HỆ THỐNG VTTNĐ TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH LONG AN

3.1. Về hạ tầng VTTNĐ tại tỉnh Long An

Tỉnh Long An nằm ở vị trí trung tâm ĐBSCL, sở hữu hệ thống sông ngòi và mạng lưới giao thông đường thủy phân bố khá dày, đồng đều, tạo điều kiện thuận lợi cho vận chuyển hàng hóa. Phần lớn các cảng do DN đầu tư, phân bố rộng và được xây dựng kiên cố, đặc biệt tại khu vực phía Nam tỉnh. Nhờ đó, dịch vụ cảng TNĐ của Long An được đánh giá cao hơn mặt bằng chung khu vực phía Nam. Hiện trạng cơ sở hạ tầng được thể hiện tại Hình 1.



Hình 1. Hiện trạng cơ sở hạ tầng VTTNĐ tại tỉnh Long An

Nguồn: Số liệu tổng hợp từ Bộ GTVT (2024)

Mặc dù hiện nay, các luồng VTTNĐ tại Long An chưa được đầu tư nạo vét, hệ thống hạ tầng cảng còn hạn chế về quy mô, chất lượng và công nghệ, nhưng với sự quan tâm từ Đảng và Nhà nước, VTTNĐ của tỉnh dự kiến sẽ có bước chuyển mình đáng kể. Đáng chú ý, Quyết định số 686/QĐ-TTg ngày 13/6/2023 do Chính phủ ban hành là nền tảng quan trọng giúp Long An phát huy hiệu quả lợi thế vị trí địa lý và mạng lưới sông ngòi. Theo quy hoạch, tỉnh sẽ nâng cấp 5 tuyến vận tải chính kết nối cảng biển Long An với các huyện Bến Lức, Đức Hòa, Mộc Hóa, Tân An, tuyến Phước Đông - Tân Kim cùng 11 tuyến nhánh. Hệ thống cảng được chia thành 3 nhóm: 18 cảng hàng hóa (tàu 1.000 - 2.000 tấn), 17 cảng chuyên dùng (tàu 200 - 5.000 tấn), 14 cảng bến khách. Ngoài ra, tỉnh quy hoạch hai cảng cạn tại Bến Lức và Tân Lập, mỗi cảng rộng 10 - 15 ha, công suất 150.000 TEU/năm. Các định hướng này sẽ góp phần thúc đẩy logistics, gia tăng kết nối và phát triển kinh tế - xã hội bền vững và đã được mô tả cụ thể tại Hình 1.

3.2. Về thị trường VTTNĐ trên địa bàn tỉnh Long An

Dữ liệu thị trường VTTNĐ được tóm tắt tại Hình 2 với nội dung về phạm vi hoạt động và quy mô hàng hóa được vận chuyển bằng đường thủy. Theo đó, trong khi phần lớn DN cung cấp dịch vụ VTTNĐ tại Long An hoạt động ở thị trường nội địa (53,3%), có 30,0% mở rộng sang cả thị trường quốc tế. Về phía các DN sản xuất kinh doanh, là những đối tượng tiềm năng sẽ sử dụng dịch vụ VTTNĐ, đầu ra của DN hiện tập trung phục vụ thị trường nội địa (48%), tuy nhiên vẫn có 28% hoạt động ở cả hai thị trường và 24% chuyên phục vụ nhu cầu quốc tế. Đáng chú ý, 52% DN này cho biết họ có thể tiếp tục mở rộng sang thị trường quốc tế khi điều kiện thuận

lợi. Điều này phản ánh rõ xu hướng hội nhập, mở rộng quy mô hoạt động và khả năng tham gia vào chuỗi cung ứng toàn cầu của DN địa phương.

Về mức độ đáp ứng nhu cầu dịch vụ VTTNĐ trên địa bàn Long An, có 44,2% DN sản xuất, kinh doanh sử dụng vận tải thủy để vận chuyển từ 25 - 50% lượng hàng hóa và chỉ 16,7% DN sử dụng cho từ 51 - 75% lượng hàng. Không có DN nào vận chuyển hơn 75% tổng khối lượng hàng hóa bằng đường thủy. Điều này cho thấy DN vẫn sử dụng vận tải thủy một cách hạn chế, chưa khai thác hết tiềm năng sẵn có, đặc biệt là khi có hơn một nửa nhóm DN cung cấp dịch vụ VTTNĐ vận chuyển bằng đường thủy chưa đến 1/4 lượng hàng của họ. Dù rằng 1/3 nhóm DN cung cấp ấy thuộc quy mô vừa và lớn, có khả năng phục vụ liên tỉnh và kết nối vận tải quốc tế.

Bên cạnh đó, đối với khía cạnh chi phí VTTNĐ, kết quả khảo sát và phỏng vấn cho thấy, đa số DN sử dụng dịch vụ TNĐ đồng ý rằng chất lượng tàu bè TNĐ đã phát triển đồng bộ (chiếm 65,8%), trong khi 20,0% không đồng ý và 14,2% trung lập. Mức độ đánh giá tập trung vào từ trung bình đến khá, cho thấy đa số DN hài lòng với chất lượng dịch vụ so với chi phí đã bỏ ra.

3.3. Về nguồn nhân lực phục vụ VTTNĐ của tỉnh Long An

Toàn tỉnh xảy ra 35 vụ tai nạn giao thông đường thủy, làm chết 34 người, bị thương 3 người trong giai đoạn 2015 - 2023. Việc ý thức chấp hành Luật Giao thông đường TNĐ của một bộ phận người tham gia chưa cao, lực lượng công an đường thủy chưa có phương tiện để áp tải và lưu trữ các trường hợp vi phạm, khiến vấn đề xử lý và thắt chặt an toàn VTTNĐ gặp nhiều khó khăn. Tuy nhiên, chính quyền vẫn đang và sẽ tiếp tục mở rộng mô hình "Bến TNĐ văn hóa, văn minh, an toàn", thực hiện tốt phong trào "Văn hóa giao thông với bình yên sông nước" nhằm nâng cao ý thức người dân địa phương [11].

Còn dưới góc độ của DN cung cấp và sử dụng dịch vụ, kết quả khảo sát tuy không đồng nhất nhưng đã mạnh dạn chỉ ra những vùng có thể cải thiện. Trong đó, nếu tính gộp, chỉ có 56,6% DN đánh giá cao năng lực chuyên môn của lao động, trong khi một tỉ lệ tương tự đồng ý rằng chính sách hỗ trợ và đầu tư cho nguồn nhân lực còn nhiều hạn chế. 68,5% ghi nhận công tác đào tạo nghề được cần được chú trọng hơn, nhưng ít nhất 16% DN đã có đánh giá khá tích cực về khả năng ứng dụng công nghệ của lao động thời đại số



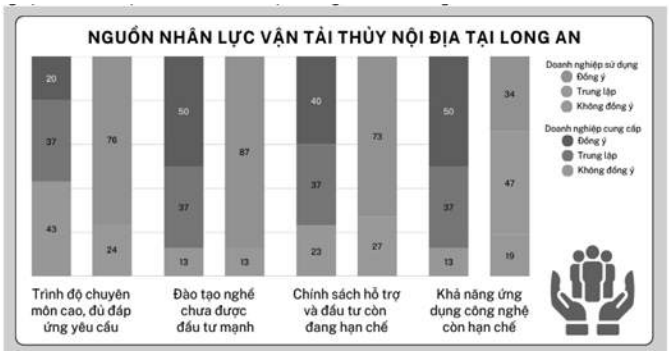
Hình 2. Dữ liệu thị trường VTTNĐ tại tỉnh Long An

Nguồn: Theo Tổng cục Thống kê (2024) và kết quả khảo sát DN cung cấp và DN sử dụng dịch vụ

(Hình 3). Kết quả cho thấy, Long An đang sở hữu nền tảng nhân lực khá, có nhiều tiềm năng phát triển trong thời buổi đổi mới liên tục, đồng thời cũng là cơ hội để đẩy mạnh hơn nữa đào tạo nghề, ứng

dụng công nghệ và hoàn thiện chính sách hỗ trợ, hướng đến KT-XH ngành VTTNĐ của tỉnh.

Hình 3. Thực trạng và tiềm năng phát triển của nguồn nhân lực



Nguồn: Kết quả khảo sát DN cung cấp và DN sử dụng dịch vụ VTTNĐ Long An

3.4. Đánh giá về tính bền vững của hệ thống VTTNĐ tỉnh Long An

Tính bền vững của hệ thống VTTNĐ Long An, ngược lại, được đánh giá rất cao từ cả hai phía DN cung cấp và DN sử dụng dịch vụ. Khi tính gộp, 83,75% DN đánh giá cao vai trò của VTTNĐ trong bảo vệ môi trường; 63,75% ghi nhận tác động xã hội tích cực của VTTNĐ trong việc tạo công ăn việc làm và cải thiện đời sống người dân địa phương; 67,5% đồng tình rằng VTTNĐ đóng góp vào mục tiêu theo đuổi nền kinh tế xanh của quốc gia (Hình 4). Mặc dù còn lo ngại về khả năng chống chịu thiên tai, đây là cơ hội để Long An đầu tư nâng cấp hạ tầng, nâng cao năng lực ứng phó của phương thức VTTNĐ với các thách thức trong tương lai.

Hình 4. Tiềm năng phát triển VTTNĐ Long An theo hướng bền vững



Nguồn: Kết quả khảo sát DN cung cấp và DN sử dụng dịch vụ

4. ĐỀ XUẤT GIÚP NÂNG CAO TÍNH BỀN VỮNG CỦA HỆ THỐNG VTTNĐ TẠI LONG AN

Để nâng cao tính bền vững trong hệ thống VTTNĐ tại Long An, cần triển khai các giải pháp đồng bộ, cả về KT-XH và môi trường, cụ thể:

Về kinh tế, cần đầu tư nâng cấp luồng lạch, cảng bến, phát triển dịch vụ hỗ trợ logistics, ứng dụng công nghệ thông minh (GPS, GIS), khuyến khích sử dụng phương tiện tiết kiệm nhiên liệu và phát triển vận tải container.

Về xã hội, tập trung nâng cao nhận thức cộng đồng, đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao, tăng cường đảm ATGT và trật tự xã hội; đến năm 2050, xây dựng cộng đồng VTTNĐ văn minh, thân thiện môi trường, tạo điều kiện cho người dân hưởng lợi bền vững; lắng nghe ý kiến phản ánh từ người dân trực tiếp từ những buổi kiểm tra thường xuyên và thông qua các phương tiện truyền thông báo đài, hiệp hội; có thể mở rộng phạm vi hoạt động của "Chính quyền điện tử tỉnh Long An" để tích hợp toàn diện các vấn đề xử lý vi phạm giao thông trực tuyến.

Về môi trường, kiểm soát nguồn xả thải, bảo tồn hệ sinh thái ven sông, khuyến khích sử dụng nhiên liệu sạch và phát triển tàu thân thiện với môi trường. Ngoài ra, cần nâng cao khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu và xây dựng các giải pháp thích ứng. Bên cạnh đó, hoàn thiện cơ chế chính sách, tăng cường quản lý nhà nước, đẩy mạnh chuyển đổi số, thu hút đầu tư công - tư (PPP) và hợp tác trong nước - quốc tế là yếu tố then chốt giúp hệ thống VTTNĐ Long An phát triển xanh, thông minh và bền vững.

5. KẾT LUẬN

Bài báo tập trung phân tích và đánh giá các yếu tố then chốt trong KT-XH hệ thống VTTNĐ tại Long An, bao gồm hạ tầng giao thông, nguồn nhân lực và thị trường vận tải. Theo đó, VTTNĐ của tỉnh có tiềm năng lớn, góp phần giảm chi phí logistics, giảm áp lực cho đường bộ và thúc đẩy kinh tế xanh mặc dù vẫn còn một số vấn đề cần cải thiện. Thông qua kết quả phân tích, một số giải pháp giúp KT-XH hệ thống VTTNĐ đã được đúc kết và sắp xếp theo mức độ cấp thiết của các đặc điểm cần giải quyết theo các khía cạnh bền vững chính được đề cập. Kết quả từ bài báo này được kỳ vọng góp phần tạo nên những thay đổi tích cực về nhận thức cũng như về tầm quan trọng của các nghiên cứu chuyên sâu trong mục tiêu phát triển hệ thống VTTNĐ trong tương lai, với các công cụ phân tích thống kê phức tạp sẽ được sử dụng.

Lời cảm ơn: Bài báo là kết quả từ Đề tài nghiên cứu khoa học "Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển VTTNĐ trên địa bàn tỉnh Long An đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050", số 52/HĐ-KHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Calderón-Rivera, N., Bartusevičienė, I., & Ballini, F. (2024), Sustainable development of inland waterways transport: A review, Journal of Shipping and Trade, 9(1), 3.

[2]. World Bank. (2019), Vietnam: Enhancing the Efficiency and Sustainability of Inland Waterways Transport.

[3]. Nguyễn Văn Nam (2020), Phát triển bền vững vận tải thủy nội địa Việt Nam: Thực trạng và giải pháp, Tạp chí GTVT.

[4]. Nguyễn Thị Hồng (2021), Tiếp cận hệ thống trong phát triển vận tải thủy nội địa, Tạp chí Khoa học GTVT.

[5]. Lê Thị Hương (2021), Tiếp cận toàn diện trong phát triển giao thông vận tải, Tạp chí Phát triển bền vững.

[6]. Nguyễn Văn Bình (2021), Chính sách hỗ trợ phát triển vận tải thủy nội địa, Tạp chí Kinh tế và Phát triển.

[7]. Lê Văn Hòa (2022), Đánh giá vòng đời trong thiết kế cảng thủy nội địa bền vững, Tạp chí Môi trường và Phát triển.

[8]. Trần Thị Mai (2021), Ứng dụng công nghệ xanh trong vận tải thủy nội địa, Tạp chí Công nghệ Giao thông.

[9]. Nguyễn Văn Tuấn (2022), Đổi mới sáng tạo trong vận tải thủy nội địa, Tạp chí Công nghệ và Đổi mới.

[10]. Trần Văn Minh (2021), Ứng dụng số hóa trong quản lý vận tải thủy, Tạp chí Khoa học và Công nghệ.

[11]. Báo cáo KT-XH tỉnh Long An giai đoạn 2022 - 2024.

[12]. Bộ Công thương (2024), Báo cáo logistics Việt Nam 2024, NXB. Công thương.

[13]. Sở GTVT tỉnh Long An (2024), link tham khảo: https://sgtvt.longan.gov.vn/.

[14]. Sở Xây dựng tỉnh Long An (2025), link: https://sxd.longan.gov.vn/.

■Ngày nhận bài: 16/4/2025 ■Ngày sửa bài: 06/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2025

Phân tích ứng suất và biến dạng trong các lớp áo đường mềm theo phương pháp hệ nhiều lớp

Stress and strain analysis in flexible pavement layers using multi-layer method

> PGS.TS NGUYỄN MẠNH TUẤN*, LÊ ANH KHÔI
Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh
Email: *nmanhtuan@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, kết cấu áo đường mềm vẫn được sử dụng phổ biến trong nhiều công trình giao thông như quốc lộ, tỉnh lộ và các tuyến đường có lưu lượng xe trung bình đến cao. Do đó, việc thiết kế áo đường mềm cần được mở rộng với nhiều thông số ảnh hưởng, thay vì chỉ dựa vào phương pháp thực nghiệm theo tiêu chuẩn hiện hành. Nghiên cứu này trình bày phương pháp phân tích kết cấu áo đường mềm dựa trên lý thuyết hệ đàn hồi nhiều lớp, thực hiện thông qua phần mềm Kenlayer. Mô hình kết cấu đã được mô phỏng với sự thay đổi chiều dày lớp vật liệu và mô-đun đàn hồi đất nền. Phân tích bao gồm ứng suất - biến dạng và chuyển vị trong các lớp kết cấu áo đường. Kết quả được so sánh với mô hình lý thuyết, cho thấy hiệu quả của Kenlayer trong mô phỏng và đánh giá kết cấu áo đường mềm có thể phù hợp với điều kiện giao thông và môi trường tại Việt Nam.

Từ khóa: Áo đường mềm, Kenlayer, hệ đàn hồi nhiều lớp.

ABSTRACT

Flexible pavement structures are commonly used in transportation infrastructure, including highways, provincial roads and urban streets. In modern pavement engineering, it is crucial to consider various factors beyond empirical methods defined by current Vietnamese standards. This study presents a method for analyzing flexible pavements using multi-layer elastic theory, implemented through Kenlayer software. Different pavement structures were modeled under various loading and subgrade conditions. The analysis examines the stress-strain responses within the pavement layers. The results are compared with theoretical models, demonstrating the effectiveness of Kenlayer in simulating and assessing flexible pavement performance under Vietnamese conditions.

Keywords: Flexible pavement, Kenlayer, multi-layer elastic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trước sự gia tăng nhanh chóng của lưu lượng giao thông, đặc biệt là phương tiện có tải trọng lớn, yêu cầu về độ bền và khả năng chịu tải của mặt đường ngày càng trở nên nghiêm ngặt. Trong các loại mặt đường, áo đường mềm vẫn là lựa chọn phổ biến tại Việt Nam nhờ các ưu điểm như linh hoạt, dễ thi công, thích ứng tốt với biến dạng nền đất và khả năng phân bố ứng suất hiệu quả xuống các lớp dưới. Tuy nhiên, trong bối cảnh khai thác ngày càng khắt khe, thiết kế và đánh giá kết cấu áo đường mềm cần được thực hiện dựa trên lý thuyết cơ học, có xét đến các yếu tố ảnh hưởng như vật liệu, đất nền, tải trọng và điều kiện khí hậu.

Tại Việt Nam, thiết kế áo đường mềm hiện chủ yếu theo Tiêu chuẩn TCCS 38:2022/TCĐBVN [1], dựa trên bài toán hệ đàn hồi nhiều lớp trên nền không gian bán vô hạn đàn hồi. Ở nhiều nước phát triển, phương pháp thiết kế dựa trên mô hình cơ học - thực nghiệm, nhưng việc ứng dụng mô hình cơ học - thực nghiệm và khai thác phần mềm phân tích vẫn còn hạn chế trong thực tế. Trong khi đó, trên thế giới, mô hình hệ đàn hồi nhiều lớp đã và vẫn được ứng dụng rộng rãi do hiệu quả trong phân tích kết cấu áo đường mềm.

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã làm rõ vai trò của phần mềm phân tích trong mô phỏng ứng xử cơ học trong mặt đường. Nổi bật là nhóm nghiên cứu của Ratnasamy Muniandy [2], với công trình so sánh Kenlayer và Chevron PC. Nghiên cứu cho thấy Kenpave (bao gồm Kenlayer) mô phỏng khá chính xác ứng xử kết cấu áo đường, thể hiện các thông số ứng suất và biến dạng gần với thực tế. Kết quả cho thấy độ tương thích giữa Kenlayer và Chevron PC rất cao, với hệ số R^2 vượt 90%, khẳng định các mô hình đàn hồi lớp trong các phần mềm này có thể phản ánh đáng tin cậy hiện tượng cơ học xảy ra trong mặt đường. Ngoài ra, Kenlayer còn cho phép xét đồng thời nhiều yếu tố đầu vào, giúp tăng độ chính xác khi thiết kế.

Nghiên cứu của Mehdi Koohmishi [3] đã nhấn mạnh tầm quan trọng của mô hình vật liệu khi mô phỏng lớp bê tông nhựa (BTN). Nghiên cứu so sánh hai mô hình đàn hồi nhớt tuyến tính - Maxwell (trong Abaqus) và Kelvin-Voigt (trong Kenlayer) để đánh giá sự khác biệt trong phản ứng mặt đường. Kết quả cho thấy mô hình Maxwell cho giá trị độ võng, ứng suất và biến dạng nhỏ hơn so với mô hình Kelvin, cho thấy lựa chọn mô hình vật liệu ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả phân tích. Do đó, nghiên cứu khuyến nghị nên kết hợp nhiều mô hình và phần mềm để cải thiện độ chính xác trong thiết kế, đặc biệt là với lớp vật liệu như BTN có hành vi phức tạp.

Những nghiên cứu trên đã củng cố cơ sở khoa học cho việc ứng dụng mô hình hệ nhiều lớp đàn hồi trong thiết kế áo đường

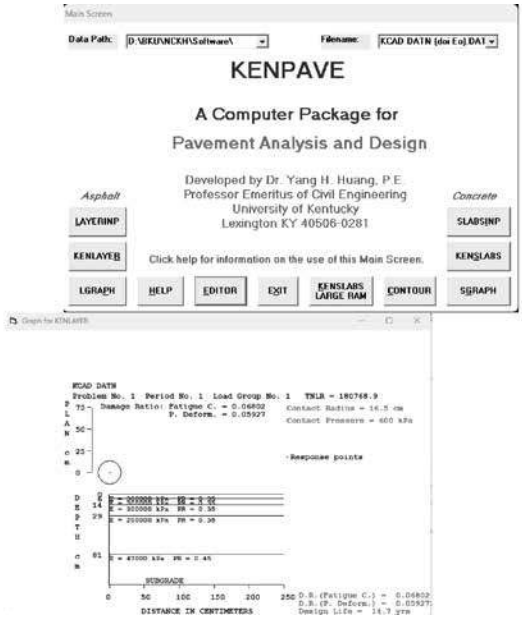
mềm, đồng thời cũng khẳng định rằng chỉ dựa vào tiêu chuẩn là chưa đủ, cần tích hợp lý thuyết - thực nghiệm - mô phỏng để phản ánh đúng điều kiện khai thác thực tế. Xuất phát từ đó, bài báo trình bày phương pháp phân tích kết cấu áo đường mềm bằng phần mềm Kenlayer, dựa trên lý thuyết hệ đàn hồi nhiều lớp. Nghiên cứu tiến hành mô phỏng 12 tổ hợp thay đổi chiều dày mặt trên mặt dưới, móng trên móng dưới và mô-đun đàn hồi đất nền.

2. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM KENLAYER

Kenlayer là một phần mềm phân tích kết cấu áo đường mềm sử dụng phương pháp hệ nhiều lớp đàn hồi (multi-layer elastic system) như Hình 1, được phát triển như một phần của bộ phần mềm Kenpave bởi Đại học Kentucky (Mỹ) [5]. Đây là phần mềm chỉ áp dụng cho mặt đường mềm không có mối nối hoặc lớp cứng. Phần mềm này có thể mô phỏng ứng suất, biến dạng và chuyển vị trong các lớp vật liệu của kết cấu áo đường mềm dưới tác dụng của tải trọng bánh xe, cho phép đánh giá hiệu quả kết cấu và dự báo tuổi thọ khai thác. Một số tính năng quan trọng của Kenlayer bao gồm:

- Mô phỏng kết cấu áo đường mềm theo mô hình hệ nhiều lớp đàn hồi tuyến tính, với số điểm tính toán tối đa là 19 điểm. Mỗi lớp vật liệu có mô-đun đàn hồi, hệ số Poisson và chiều dày riêng biệt;
- Phân tích được ứng suất đứng, ứng suất tiếp, biến dạng đứng và chuyển vị tại các vị trí khác nhau trong kết cấu dưới tác dụng của tải trọng trục đơn hoặc bánh đôi;
- Cho phép khai báo nhiều trường hợp tải trọng khác nhau với thông số linh hoạt: Bán kính tiếp xúc, tải trọng tác dụng, vị trí và số lượng trục bánh xe;
- Có khả năng tính toán và xuất dữ liệu đầu ra phục vụ đánh giá tuổi thọ mỏi (fatigue life) và tuổi thọ lún (rutting life) dựa trên biến dạng kéo theo phương ngang ở đáy lớp BTN và biến dạng thẳng đứng trên đỉnh của nền đường.

Nhờ vào tính đơn giản nhưng hiệu quả, Kenlayer là công cụ phù hợp để áp dụng trong điều kiện thiết kế áo đường tại Việt Nam, đồng thời hỗ trợ phân tích nâng cao phục vụ nghiên cứu.



Hình 1. Phần mềm KENPAVE và kết cấu áo đường mềm trong Kenlayer

** Lý thuyết mô hình hệ đàn hồi nhiều lớp trong Kenlayer:*

Lý thuyết dùng để xác định ứng suất và biến dạng trong một hệ nhiều lớp dưới một vùng tải tròn theo tác giả Huang [4] như sau:

Trong lý thuyết cổ điển về đàn hồi, người ta giả định một hàm thế ứng suất thỏa mãn phương trình:

$$\nabla^4 \emptyset = 0 \quad (1)$$

Đối với hệ trục đối xứng (dạng bánh xe tròn), toán tử được mở rộng như sau:

$$\nabla^4 = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial_z{}^2}\right) \quad (2)$$

Trong đó:

r và z theo tọa độ trụ (cylindrical coordinates): Bán kính và chiều sâu.

Sau khi tìm được hàm thế ứng suất (Φ), ứng suất và chuyển vị được xác định bằng các công thức sau:

- Ứng suất theo phương thẳng đứng:

$$\sigma_z = \frac{\partial}{\partial z}\left[(2-\nu)\nabla^2\emptyset - \frac{\partial^2\emptyset}{\partial z^2}\right] \quad (3)$$

- Ứng suất theo phương bán kính:

$$\sigma_r = \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\emptyset - \frac{\partial^2\emptyset}{\partial r^2}\right) \quad (4)$$

- Ứng suất tiếp (theo chu vi):

$$\sigma_t = \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\emptyset - \frac{1}{r}\frac{\partial\emptyset}{\partial r}\right) \quad (5)$$

- Chuyển vị theo phương thẳng đứng:

$$w = \frac{1+v}{E}\left[(1-2\nu)\nabla^2\emptyset + \frac{\partial^2\emptyset}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial\emptyset}{\partial r}\right] \quad (6)$$

Các công thức này là nền tảng để nội suy ứng suất trong các lớp vật liệu dưới tác dụng tải. Đây chính là phần lõi trong thuật toán của Kenlayer.

3. ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG BÀI TOÁN KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM

Mô hình tính toán:

Kết cấu áo đường mềm đặt trên nền đất có E_o = 47.000 kPa có các thông số đầu vào tại Bảng 1. Đường kính vệt bánh xe D = 33 cm và áp lực tính toán p = 600 kPa được sử dụng.

Bảng 1. Thông số đầu vào của mô hình tính toán gốc

	Chiều dày (cm)	Mô-đun đàn hồi (kPa)	Hệ số Poisson
Lớp mặt trên	4,5	300.000	0,35
Lớp mặt dưới	6,5	300.000	0,35
Lớp móng trên	15	300.000	0,35
Lớp móng dưới	52	200.000	0,35
Nền đường		47.000	0,45

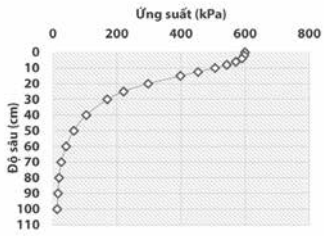
3.1. Sử dụng phần mềm Kenlayer mô phỏng

Với các thông số đầu vào của mô hình tính toán: Sử dụng phần mềm Kenlayer mô phỏng áp lực tính toán 600 kPa với bán kính tiếp xúc 16,5 cm tại điểm bất lợi nhất tại vị trí tâm bánh xe [6], thu được kết quả tại Bảng 2.

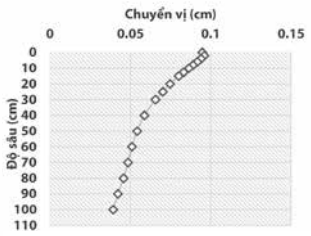
Bảng 2. Kết quả mô phỏng mô hình tính toán gốc xuất từ phần mềm Kenlayer

Độ sâu (cm)	Chuyển vị (cm)	Ứng suất đứng (kPa)	Biến dạng ngang
0	0,09478	600	0,0005439
2	0,09606	597,918	0,0003163
4	0,09404	590,177	0,0001106
6	0,09168	571,645	-0,00005403
8	0,08911	543,172	-0,0001753
10	0,08645	506,152	-0,0002552
12,5	0,08319	453,254	-0,0003106
15	0,08011	398,29	-0,0003329
20	0,0747	297,347	-0,0003357

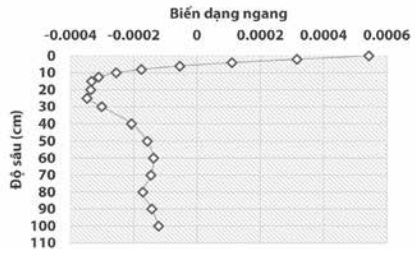
25	0,07021	220,76	-0,0003471
30	0,06563	169,991	-0,0003008
40	0,05877	104,35	-0,0002066
50	0,05424	65,718	-0,0001568
60	0,05104	41,387	-0,0001374
70	0,04851	26,139	-0,0001456
80	0,04579	19,137	-0,0001709
90	0,04226	15,953	-0,0001422
100	0,03929	13,56	-0,0001209



Hình 2. Phân bố ứng suất thẳng đứng theo độ sâu



Hình 3. Phân bố chuyển vị thẳng đứng theo độ sâu



Hình 4. Phân bố biến dạng ngang theo độ sâu

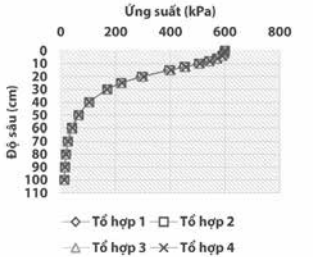
3.2. Sử dụng phần mềm Kenlayer mô phỏng cho 12 tổ hợp giả định trong 4 khảo sát

3.2.1. Khảo sát 1: 4 tổ hợp thay đổi chiều dày các lớp mặt trên và mặt dưới

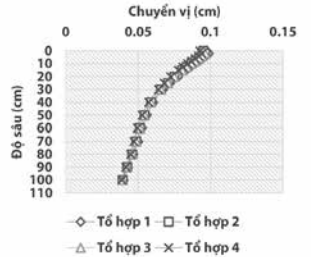
Tiến hành thay đổi chiều dày các lớp mặt trên và mặt dưới của mô hình tính toán theo 4 tổ hợp đã chọn (các thông số khác giữ nguyên) như theo Bảng 3. Mô hình hóa dữ liệu trong Kenlayer, ta thu được kết quả các biểu đồ ở Hình 5, 6 và 7.

Bảng 3. Thông số chiều dày các lớp mặt ứng với các tổ hợp của khảo sát 1

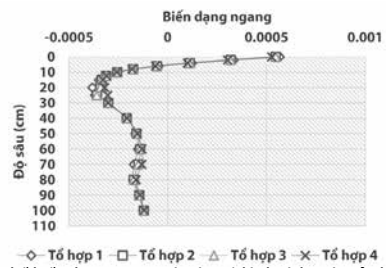
Trường hợp	Chiều dày lớp mặt trên (cm)	Chiều dày lớp mặt dưới (cm)
Tổ hợp 1	3	4,5
Tổ hợp 2	7,5	3
Tổ hợp 3	2,5	8
Tổ hợp 4	6	8



Hình 5. Phân bố ứng suất thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 1



Hình 6. Phân bố chuyển vị thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 1



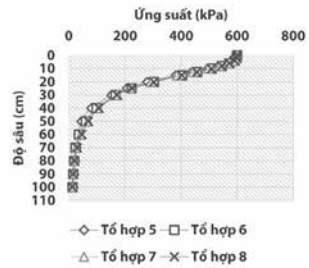
Hình 7. Phân bố biến dạng ngang với các mô hình tính toán của khảo sát 1

3.2.2. Khảo sát 2: 4 tổ hợp thay đổi chiều dày các lớp móng trên và móng dưới

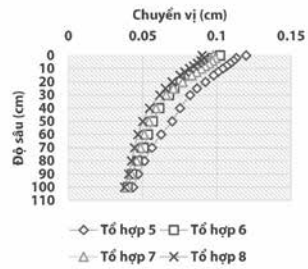
Tiến hành thay đổi chiều dày các lớp mặt trên và mặt dưới của mô hình tính toán theo 4 tổ hợp đã chọn (các thông số khác giữ nguyên) như theo Bảng 4. Mô hình hóa dữ liệu trong Kenlayer, ta thu được kết quả các biểu đồ ở Hình 8, 9 và 10.

Bảng 4. Thông số chiều dày các lớp móng ứng với các tổ hợp của khảo sát 2

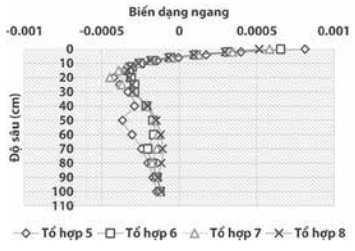
Trường hợp	Chiều dày lớp móng trên (cm)	Chiều dày lớp móng dưới (cm)
Tổ hợp 5	10	30
Tổ hợp 6	20	40
Tổ hợp 7	8	60
Tổ hợp 8	18	60



Hình 8. Phân bố ứng suất thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 2



Hình 9. Phân bố chuyển vị thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 2



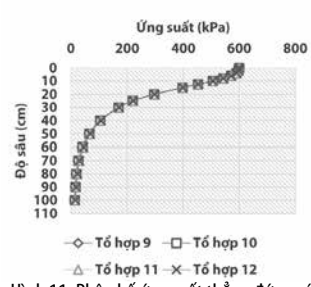
Hình 10. Phân bố biến dạng ngang với các mô hình tính toán của khảo sát 2

3.2.3. Khảo sát 3: 4 tổ hợp thay đổi mô-đun đàn hồi nền đường (E_o)

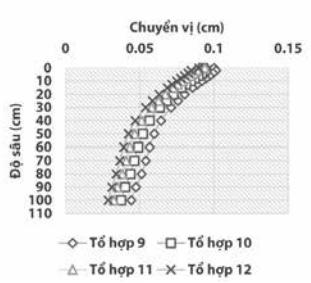
Tiến hành thay đổi mô-đun đàn hồi nền đường E_o của mô hình tính toán theo 4 tổ hợp đã chọn (các thông số khác giữ nguyên) như ở Bảng 5; mô hình hóa dữ liệu trong KENLAYER, ta thu được kết quả các biểu đồ ở Hình 11, 12, và 13.

Bảng 5. Thông số mô-đun đàn hồi nền đường ứng với các tổ hợp của khảo sát 3

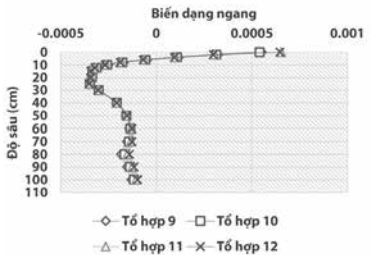
Trường hợp	Mô-đun đàn hồi nền đường E_o (kPa)
Tổ hợp 9	40.000
Tổ hợp 10	50.000
Tổ hợp 11	60.000
Tổ hợp 12	70.000



Hình 11. Phân bố ứng suất thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 3



Hình 12. Phân bố chuyển vị thẳng đứng với các mô hình tính toán của khảo sát 3



Hình 13. Phân bố biến dạng ngang với các mô hình tính toán của khảo sát 3

4. THẢO LUẬN CÁC KẾT QUẢ

Kết quả trên Hình 2 cho thấy, ứng suất thẳng đứng có giá trị lớn nhất trên mặt lớp BTN và giảm dần theo chiều sâu. Kết quả trên Hình 3 cho thấy, chuyển vị thẳng đứng có giá trị lớn nhất trên mặt lớp BTN và giảm dần theo chiều sâu.

Dựa theo kết quả Hình 4 cho thấy, biến dạng kéo (âm) trong lớp BTN bắt đầu từ độ sâu 5 cm đến đáy lớp BTN (độ sâu 11 cm). Khi chịu tác dụng của tải trọng bánh xe thì lớp BTN chịu uốn, 1 phần trên lớp BTN sẽ chịu nén và phần còn lại chịu kéo [6].

Bảng 6. Biến đổi cấu trúc và tác động kỹ thuật của các tổ hợp trong khảo sát 1

Tổ hợp	Biến đổi cấu trúc	Tác động kỹ thuật
1	Giảm chiều dày cả 2 lớp mặt trên và mặt dưới	Tăng lún, biến dạng ngang cao nhất → giảm hiệu quả phân phối tải
2	Tăng chiều dày lớp mặt trên và giảm chiều dày lớp mặt dưới	Giảm biến dạng mặt nhưng vẫn lún sâu do lớp mặt dưới yếu
3	Giảm chiều dày lớp mặt trên và tăng chiều dày lớp mặt dưới	Phân phối ứng suất sâu hiệu quả hơn, lún cải thiện
4	Tăng chiều dày cả 2 lớp mặt trên và mặt dưới	Ứng suất giảm sâu, lún và biến dạng đều thấp → Hiệu quả tổng thể tốt nhất trong KS1

Kết luận: Tăng chiều dày cả lớp mặt trên và dưới (Tổ hợp 4) giúp phân phối ứng suất tốt, giảm biến dạng và tăng tuổi thọ mặt đường.

Bảng 7. Biến đổi cấu trúc và tác động kỹ thuật của các tổ hợp trong khảo sát 2

Tổ hợp	Biến đổi cấu trúc	Tác động kỹ thuật
5	Giảm chiều dày cả 2 lớp móng trên và móng dưới	Lún nhiều, ứng suất sâu hơn, biến dạng ngang cao
6	Tăng chiều dày lớp móng trên và giảm chiều dày lớp móng dưới	Lún giảm nhẹ nhưng biến dạng vẫn xuất hiện ở đáy lớp móng dưới
7	Giảm chiều dày lớp móng trên và tăng chiều dày lớp móng dưới	Cải thiện ứng suất sâu, giảm nguy cơ lún nền
8	Tăng chiều dày cả 2 lớp móng trên và móng dưới	Ứng suất thấp nhất, chuyển vị nhỏ nhất, biến dạng ngang giảm → Tối ưu nhất trong KS2

Kết luận: Mô hình tối ưu của KS2 là Tổ hợp 8 với cả 2 lớp móng đều dày hơn mức ban đầu, giúp truyền tải tải trọng sâu hiệu quả và bảo vệ nền tốt hơn.

Bảng 8. Tác động kỹ thuật của thay đổi mô-đun đàn hồi nền đường trong khảo sát 3

Tổ hợp	Mô-đun nền đường (kPa)	Tác động kỹ thuật
9	40.000	Biến dạng lớn nhất, dễ bị lún - không phù hợp tải nặng
10	50.000	Lún giảm, ứng suất cải thiện
11	60.000	Cải thiện đều các tiêu chí
12	70.000	Ứng suất thấp, biến dạng ngang và lún nhỏ nhất → tối ưu trong KS3

Kết luận: Tăng mô-đun đàn hồi nền đường giúp nâng cao độ cứng toàn hệ thống, giảm hằn lún vĩnh viễn, đặc biệt hiệu quả nếu mặt đường và móng đã đủ cứng.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thông qua phân tích từng yếu tố ảnh hưởng, nghiên cứu chỉ ra rằng mô hình phân tích lớp đàn hồi trong phần mềm Kenlayer là công cụ mạnh mẽ để đánh giá và thiết kế kết cấu áo đường mềm, cụ thể:

- Đối với lớp BTN, chiều dày càng lớn giúp làm giảm ứng suất kéo tại đáy lớp mặt, từ đó giảm nguy cơ nứt mỏi. Tuy nhiên, hiệu quả tăng dần này đạt đến ngưỡng tối ưu và không còn cải thiện đáng kể nếu tiếp tục tăng chiều dày.

- Lớp móng có vai trò then chốt trong việc phân bố lại tải trọng, giúp giảm ứng suất tại đỉnh nền đường. Tăng chiều dày móng, đặc biệt là lớp móng dưới, giúp giảm rõ rệt chuyển vị đứng và cải thiện khả năng chống lún.

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm Kenlayer để đánh giá kết cấu mặt đường mềm được đánh giá là hoàn toàn khả thi trong điều kiện hiện nay tại Việt Nam do chương trình có thể tích hợp vào quy trình thiết kế tại các đơn vị tư vấn, cơ quan quản lý kết cấu hạ tầng; đặc biệt phù hợp trong bước đánh giá sơ bộ, tối ưu cấu hình kết cấu hoặc rà soát hiện trạng. Tuy nhiên, do Kenlayer sử dụng mô hình đàn hồi tuyến tính, nên cần kết hợp với dữ liệu thực nghiệm hoặc mô hình nâng cao để đảm bảo độ chính xác trong đánh giá dài hạn. Ngoài ra, các mô hình trong bài báo này cần được đánh giá khả năng làm việc về mỏi và lún để có cái nhìn tổng quát hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ GTVT (2022), Áo đường mềm - Các chỉ dẫn và yêu cầu thiết kế - TCCS 38:2022/TCĐBVN, Hà Nội.

[2]. Ratnasamy Muniandy, Eltaher Aburkaba, Noor Thamer (2013), Comparison of Flexible Pavement Performance Using Kenlayer and Chev PC Software Program, Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering University Putra Malaysia (UPM) 43400 UPM, Serdang, Selangor DarulEhsan, Malaysia.

[3]. Mehdi Koohmishi (2013), Comparison Of Pavementlayers Responses With Considering Different Models For Asphalt Concrete Viscoelastic Properties, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Teheran, Teheran, Iran.

[4]. Y. H. Huang (2004), Pavement Analysis and Design, 2nd ed. New Jersey, United States of Americ a: Pearson Prentice Hall.

[5]. Abbas F. Jasim, Ghada G. Masued (2019 - 2020), Highway programming - KENPAV, Highway and Transportation Engineering Department, College of Engineering - Mustainsiriyah University.

[6]. Đỗ Thành Chung (2025), Nghiên cứu thực nghiệm hỗn hợp BTN hạn chế lún vệt bánh xe và phân tích ứng xử cơ học mặt đường, Trường Đại học GTVT TP Hồ Chí Minh.

■Ngày nhận bài: 03/4/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Thiết kế, chế tạo và tính toán động học ngược robot song song Delta Rostock

Design, manufacture and calculate inverse kinematics of parallel robot Delta Rostock

> TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG[1,2*], PGS.TS VŨ LÊ HUY[1,2], PHẠM NGỌC VIỆT[1]
LÊ VĂN TUẤN[1], VŨ ĐÌNH DŨNG[1], ĐẶNG THẾ DUY[1], NGUYỄN HOÀNG VIỆT AN[1]
[1]Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa
[2]Viện Nghiên cứu và Công nghệ PHENIKAA (PRATI), Công ty Cổ phần Tập đoàn Phượng Hoàng Xanh A&A
Email: *dung.nguyendinh@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Robot song song tuy phức tạp về mặt tính toán, thiết kế và điều khiển nhưng lại có những lợi thế nhất định so với robot chuỗi như: Độ cứng vững cao hơn, chính xác hơn, tốc độ cao hơn, tải trọng quán tính thấp hơn... Trong bài báo này, thiết kế một mẫu robot song song Delta Rostock với kích thước phù hợp để phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu khoa học. Tiếp theo một mẫu robot thực được chế tạo theo bản thiết kế. Dựa trên mô hình thiết kế và robot thực đã chế tạo để xây dựng một mô hình động học cho robot, từ đó xây dựng các phương trình liên kết để tính toán động học ngược, các kết quả thu được dùng để lập trình chuyển động của khâu thao tác theo chuyển động mong muốn và rút ra kết luận.

Từ khóa: Robot song song, động học ngược, thiết kế robot.

ABSTRACT

Although parallel robots are complex in terms of calculation, design and control, they have certain advantages over serial robots such as: Higher rigidity, more precision, higher speed, lower inertial load... In this paper, a Delta Rostock parallel robot model with suitable dimensions is designed to serve the purpose of training and scientific research. Next, a real robot model is manufactured according to the design. Based on the design model and the real robot manufactured, a kinematic model for the robot is built. From there, the constrained equations are built to calculate the inverse kinematics, the obtained results are used to program the movement of the manipulator according to the desired movement and draw conclusions.

Keywords: Parallel robot, inverse kinematics, design robot.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, robot ngày càng được sử dụng phổ biến trong công nghiệp, nơi chúng giúp cải thiện hiệu quả và độ chính xác của các nhiệm vụ. Robot song song được biết đến là cấu trúc nhỏ, gọn nhẹ, độ cứng và độ chính xác cao, dẫn đến các ứng dụng phổ biến của chúng. Trong số hàng nghìn loại robot song song, robot Delta đáng chú ý là một trong những robot song song thành công nhất với các ứng dụng trong ngành bao bì, y tế và dược phẩm. Nhiều phiên bản robot Delta đã được phát triển với các hình thức truyền động khác nhau như sử dụng khớp Revolute-Universal-Spherical (3RUS) hoặc sử dụng truyền động tịnh tiến trên ba đường song song hoặc hội tụ, tức là khớp Primastic-Universal-Spherical (3PUS). Robot Rostock Delta được cải tiến vào năm 2012 sử dụng ba khớp tịnh tiến và ba liên kết hình bình hành, giúp robot này đạt được điểm nổi bật là nền tảng di động luôn nằm ngang và do đó nó có chuyển động tịnh tiến. Tính năng này cũng như độ cứng và độ chính xác cao đã khiến robot Rostock Delta được sử dụng chủ yếu trong công nghệ in 3D [1].

Vấn đề động học của robot song song bao gồm hai bài toán động học thuận và động học ngược. Động học thuận là bài toán xác định trạng thái động học của khâu thao tác khi biết quy luật chuyển động của các khâu dẫn động. Động học ngược là bài toán xác định trạng thái động học các khớp chủ động khi biết quy luật chuyển động khâu thao tác.

Một cuộc khảo sát tốt về các phương pháp phân tích động học khác nhau của cả hai loại robot nối tiếp và robot song song được đưa ra bởi Nielsen [2]. Erdman [3] xem xét những tiến bộ đáng chú ý nhất của lĩnh vực này trong 40 năm qua. Trọng tâm của hầu hết các bài báo về lĩnh vực này là giải quyết bài toán động học thuận của các robot song song đặc biệt, tiêu biểu là các bệ Stewart và các biến thể của nó [4, 5, 6]. Nhưng cũng có một số kết quả chung của các robot song song phẳng. Thực chất về mặt toán học là giải các hệ phương trình đại số phi tuyến. Một số phương pháp số và phương pháp giải tích được đề xuất để giải quyết bài toán này [7]. Các tác giả [8-11] đã sử dụng phương pháp Denavit-Hartenberg để giải trực tiếp bài toán động học cho một số cấu hình đơn giản của robot song song. Một phương pháp để giải trực tiếp bài toán động học bằng cách phân tích hình học thuần túy cấu trúc robot

[12], mà kết quả là đa thức bậc cao với nhiều nghiệm, do đó sẽ khó khăn khi xác định nghiệm duy nhất từ các phương trình toán học chúng ta nhận được.

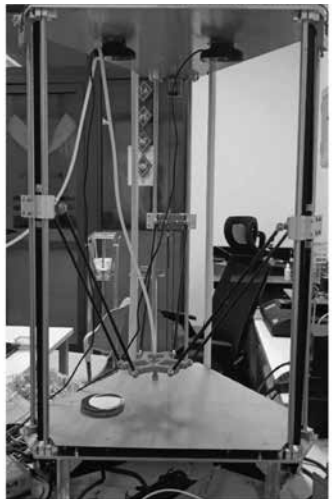
Một phương pháp phù hợp hơn để giải bài toán động học là mô hình hóa các liên kết giữa các phần chuyển động khác nhau bởi các khớp đặc biệt, đó được gọi là mô hình hệ nhiều vật (MBS) [13]. Ý tưởng của việc xây dựng mô hình hệ nhiều vật là thiết lập các phương trình liên kết dựa trên những vòng động học kín của mô hình, từ đó thiết lập được một hệ các phương trình liên kết. Sử dụng phương pháp số để giải các phương trình liên kết đó [14]. Ghasem Abbasnejad và đồng nghiệp đã dùng phương pháp HCM (Homotopy Continuation Method) để giải bài toán động học thuận của tay máy 3-PRS. Qua đó, nhóm tác giả đã so sánh phương pháp HCM với phương pháp Newton-Raphson. Họ đã giải một bài toán cụ thể và đã tìm ra được 6 lời giải cho bài toán đó [15]. Bài báo xây dựng mô hình thiết kế, trên cơ sở đó chế tạo một robot thực, dựa trên những tham số mô hình robot thực đã chế tạo để xây dựng mô hình động học ngược và tính toán một bài toán động học ngược cụ thể bằng phương pháp số, kết quả của bài toán động học ngược được đưa vào lập trình điều khiển để kiểm nghiệm và rút ra kết luận.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ROBOT SONG SONG DELTA ROSTOCK

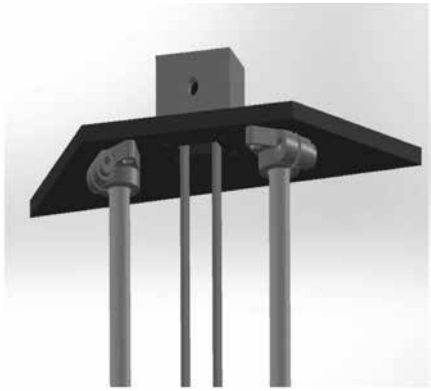
Việc xác định kích thước tổng thể của robot là bước quan trọng nhằm đảm bảo sự phù hợp giữa không gian làm việc, cấu trúc cơ khí và các thành phần điện tử tích hợp. Trong khuôn khổ đề tài, Robot Delta Rostock được thiết kế với kích thước bao quanh là (530x460x800)mm. Các lý do lựa chọn kích thước này là phù hợp với các linh kiện có sẵn, không gian làm việc đủ rộng cho ứng dụng phân loại vật thể nhỏ, đảm bảo độ cứng vững trong quá trình gia công và tối ưu hóa không gian bố trí linh kiện. Từ đó, mô hình tổng thể của robot được thiết kế như Hình 1, trong đó các bộ phận như mặt đế trên và mặt đế dưới của robot Delta Rostock có hình dạng tam giác đều được vát bằng các đoạn góc để tạo sự thẩm mỹ. Phần khung đỡ chính của robot được tận dụng từ 6 thanh trượt tròn phi 10 mm bằng thép mạ crom và là chi tiết dẫn hướng của cụm trượt. Để cố định chắc chắn và chống xoay và dịch chuyển các thanh trượt tại hai đầu thì robot có sử dụng các khóa trục SHF10 tại các điểm tiếp giáp giữa thanh trượt và mặt đế. Việc khóa trục giúp hệ khung duy trì độ cứng vững trong suốt quá trình vận hành robot (Hình 3, 4). Cụm dẫn hướng đóng vai trò truyền chuyển động từ động cơ lên cánh tay robot và định hình khung kết cấu và đảm bảo độ chính xác chuyển động, ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định và hiệu suất làm việc của toàn hệ thống robot (Hình 5). Cụm khâu hình bình hành là phần quan trọng đảm nhiệm việc truyền chuyển động từ cụm dẫn hướng đến khâu tác động cuối, đồng thời đảm bảo trong quá trình chuyển động nó luôn là hình bình hành phẳng (Hình 6).



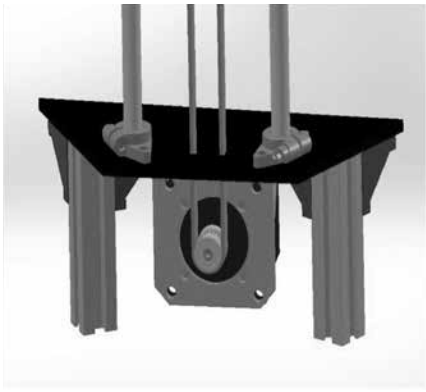
Hình 1. Mô hình thiết kế robot Delta Rostock



Hình 2. Mô hình chế tạo robot Delta Rostock



Hình 3. Cụm khung đỡ trên



Hình 4. Cụm khung đỡ dưới



Hình 5. Cụm dẫn dướng



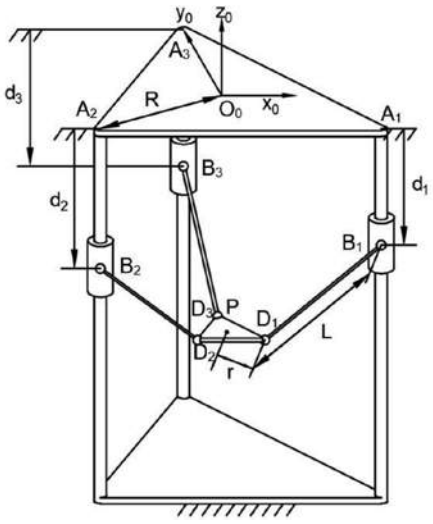
Hình 6. Cụm khâu hình bình hành

Từ mô hình thiết kế tổng thể và các bộ phận, một robot thực đã được nhóm nghiên cứu chế tạo thành công tại Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa (Hình 2).

3. TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC NGƯỢC

** Xây dựng mô hình động học cho robot song song Delta Rostock:*

Từ mô hình thiết kế và mô hình thực của robot (Hình 1, 2), mô hình động học của robot được xây dựng như sau: Hệ thống 3 thanh trượt và đế của robot được xây dựng thành một khâu cố định gắn chặt với nền hay còn gọi là khâu nối giá của robot. Ba con trượt dẫn động là các vật rắn chuyển động tịnh tiến dọc theo phương của 3 thanh trượt thẳng đứng, các tọa độ suy rộng d_1, d_2, d_3 được chọn để xác định vị trí của ba con trượt. Ba khâu hình bình hành được mô hình bằng ba thanh có chiều dài tương đương, các thanh này một đầu nối với tâm của các con trượt bằng khớp cầu và đầu còn lại nối với bàn máy động cũng bằng khớp cầu. Bàn máy động là một vật chuyển động tịnh tiến trong không gian, do đó tọa độ tâm P của nó trong không gian là (x_p y_p z_p) được chọn làm điểm định điểm định vị. Mô hình động học của robot được xây dựng như Hình 7.



Hình 7. Mô hình động học robot Delta Rostock

** Thiết lập các phương trình liên kết:*

Tọa độ suy rộng của robot được chọn như sau:

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} d_1 & d_1 & d_1 & x_P & y_P & z_P \end{bmatrix}^T \quad (1)$$

Từ hình vẽ trên, ta có phương trình liên kết cho điểm B_i và D_i (i=1, 2, 3) như sau:

$$L^2 - \left(\mathbf{r}_{Di} - \mathbf{r}_{Bi}\right)^T \left(\mathbf{r}_{Di} - \mathbf{r}_{Bi}\right) = 0 \quad (2)$$

Trong đó: r_{Bi}, r_{Di} - Các vector định vị các điểm B_i và D_i trong hệ tọa độ cố định. Phương trình liên kết này được thiết lập như sau:

$$\begin{aligned} f_1 &= L^2 - \left(\cos\alpha_1 (R-r) - x_P\right)^2 - \left(\sin\alpha_1 (R-r) - y_P\right)^2 - \left(d_1 + z_P\right)^2 = 0 \\ f_2 &= L^2 - \left(\cos\alpha_2 (R-r) - x_P\right)^2 - \left(\sin\alpha_2 (R-r) - y_P\right)^2 - \left(d_2 + z_P\right)^2 = 0 \\ f_3 &= L^2 - \left(\cos\alpha_3 (R-r) - x_P\right)^2 - \left(\sin\alpha_3 (R-r) - y_P\right)^2 - \left(d_3 + z_P\right)^2 = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Bài toán động học ngược được phát biểu như sau: Cho biết quy luật chuyển động của khâu thao tác, cụ thể với robot Delta Rostock là quy luật chuyển động của điểm P. Tìm quy luật chuyển động của các khâu dẫn động.

Bài toán vị trí: Là từ phương trình (3) xác định d_1, d_2, d_3 khi biết x_p y_p z_p. Trong trường hợp cụ thể này, phương trình (3) có thể giải bằng phương pháp giải tích, tuy nhiên cách này không thể lúc nào cũng dễ tiếp cận đặc biệt khi kết cấu của robot phức tạp hơn. Phương trình (3) là hệ phương trình phi tuyến 3 ẩn 3 phương trình. Do vậy, trong bài báo này áp dụng phương pháp số Newton - Raphson để giải phương trình (3), từ đó tính được d_1, d_2, d_3. Bài toán vận tốc và gia tốc:

Đạo hàm phương trình (3) theo thời gian ta được:

$$\begin{aligned} &\left(\cos\alpha_1 (R-r) - x_P\right)\dot{x}_P + \left(\sin\alpha_1 (R-r) - y_P\right)\dot{y}_P - \left(d_1 + z_P\right)\left(\dot{d}_1 + \dot{z}_P\right) = 0 \\ &\left(\cos\alpha_2 (R-r) - x_P\right)\dot{x}_P + \left(\sin\alpha_2 (R-r) - y_P\right)\dot{y}_P - \left(d_2 + z_P\right)\left(\dot{d}_2 + \dot{z}_P\right) = 0 \\ &\left(\cos\alpha_3 (R-r) - x_P\right)\dot{x}_P + \left(\sin\alpha_3 (R-r) - y_P\right)\dot{y}_P - \left(d_3 + z_P\right)\left(\dot{d}_3 + \dot{z}_P\right) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Khi bài toán về vị trí đã được giải thì phương trình (4) là hệ phương trình đại số tuyến tính với các ẩn $\dot{d}_1$, $\dot{d}_2$, $\dot{d}_3$ dễ dàng được tính từ phương trình này.

Tiếp tục đạo hàm phương trình (4) theo thời gian và ta cũng thu được hệ phương trình đại số tuyến tính với các ẩn $\ddot{d}_1$, $\ddot{d}_2$, $\ddot{d}_3$ dễ dàng được tính từ phương trình này.

Mô phỏng số bài toán động học ngược robot song song Delta Rostock với các tham số từ robot thực mà đề tài đã chế tạo được thể hiện như bảng sau:

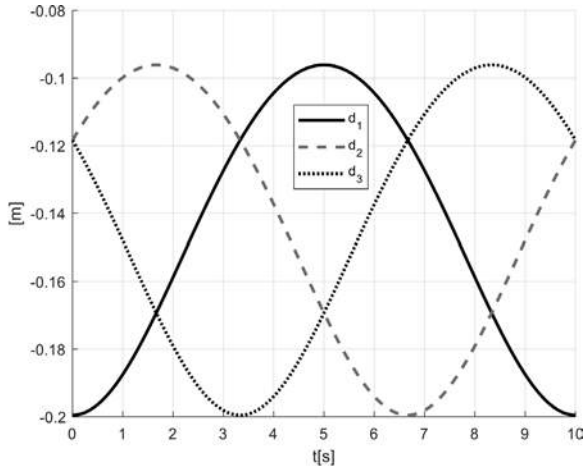
Bảng 1. Các tham số động học robot Delta Rostck

L	R	r	α_1	A_2	A_3
0.315 (m)	0.223 (m)	0.06 (m)	0 (rad)	2π/3 (rad)	4π/3 (rad)

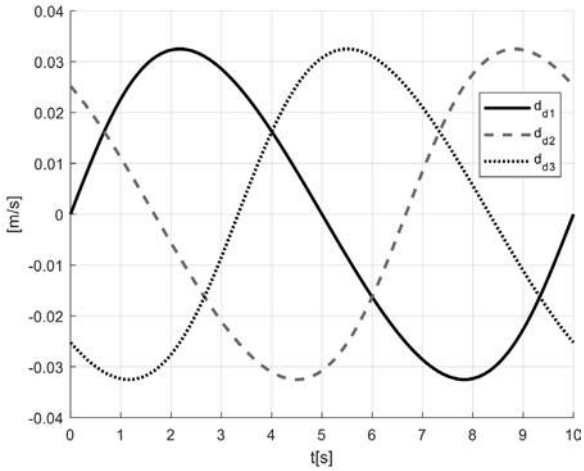
Quy luật chuyển động của tâm P bàn máy động được cho như sau:

$$x_P = -0.08\cos\left(\frac{\pi}{5}t\right);\ y_P = 0.08\sin\left(\frac{\pi}{5}t\right);\ z_P = -0.4\ (m)$$

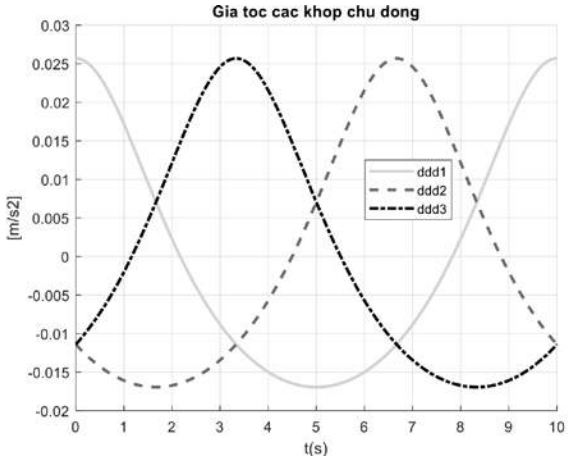
Kết quả bài toán động học ngược như sau:



Hình 8. Vị trí các khớp chủ động



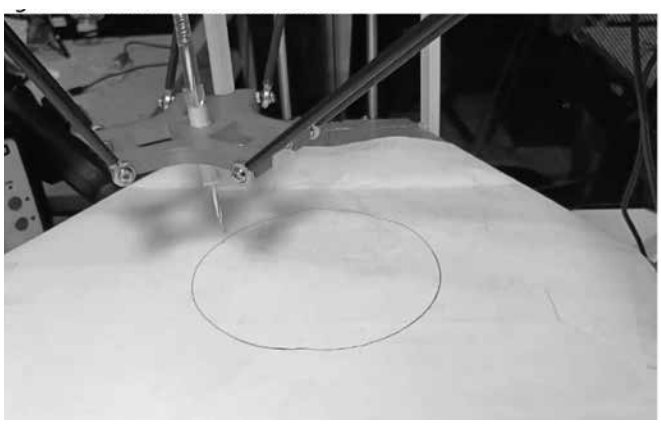
Hình 9. Vận tốc các khớp chủ động



Hình 10. Gia tốc các khớp chủ động

Nhận xét: Quỹ đạo chuyển động của khâu thao tác là hàm tuần hoàn với đường tròn có bán kính 8 cm trên mặt phẳng nên quy luật chuyển động của các khớp chủ động cũng là những hàm tuần hoàn có cùng chu kỳ. Đồ thị vị trí, vận tốc, gia tốc các khớp chủ động là những đường cong trơn, liên tục do đó có thể thực hiện được về mặt kỹ thuật.

Từ dữ liệu về quy luật của khớp chủ động được tính toán để đưa vào bài toán điều khiển vẽ quy luật chuyển động của khâu thao tác, khi thực nghiệm thu được hình kết quả cũng là đường tròn trong mặt phẳng có bán kính 8 cm như hình vẽ:



Hình 11. Quỹ đạo thực nghiệm

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tìm hiểu các loại robot song song và đi đến thiết kế một mô hình robot song song Delta Rostock để phục vụ trong đào tạo và nghiên cứu. Dựa trên bản thiết kế đó, một robot thực với đầy đủ các kết cấu cơ khí và phần điều khiển để chế tạo một robot hoàn chỉnh. Từ mô hình thiết kế và robot thực xây dựng được một mô hình động học của robot để tính toán với bộ số liệu cụ thể. Các kết quả động học ngược thu được dùng để lập trình điều khiển khâu thao tác theo một chuyển động mong muốn. Thực nghiệm chứng tỏ chuyển động của khâu thao tác đúng như mong muốn, điều đó chứng tỏ sự đúng đắn của các phương án thiết kế, chế tạo và tính toán động học ngược. Phát triển các luật điều khiển nâng cao như điều khiển trượt, điều khiển mờ… là đề xuất nghiên cứu tiếp theo của nghiên cứu này.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Công ty TNHH Công nghệ cao Micro One đã tài trợ toàn bộ kinh phí chế tạo robot phục vụ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bell, C. (2015), 3D Printing with Delta Printers. Apress, Berkeley, CA.

[2]. J. Nielsen and B. Roth (1999), On the kinematic analysis of robotic mechanisms, International Journal of Robotics Research, 18(12).

[3]. Arthur G. Erdman (1993), Modern Kinematic - Developments in the Last Forty Year. John Wesley & Sons, Int.

[4]. M.L. Husty (1996), An algorithm for solving the direct kinematics of general stewart-gough platforms. Mech. Mach. Theory, 31(4).

[5]. R. Kamra, D. Kohli and A.K. Dhingra (1998), Displacement analysis of a 6-dof parallel manipulator with 3r3p and 4r2p chains, In Proc. of DETC 98, New York: American Society of Mechanical Engineer.

[6]. C.W. Wampler (1990), Numerical continuation methods for solving polynomial systems arising in kinematics. J. of Mech. Design, 112(59).

[7]. M.L. Husty (1996), An algorithm for solving the direct kinematics of general stewart-gough platforms. Mech. Mach. Theory, 31(4).

[8]. Merlet J.P. (1992), Direct kinematics and assembly modes of parallel manipulators, International Journal of Robotics Research 11(2), 150-162.

[9]. Innocenti, C. and V. Parenti-Castelli (1993), Closed form direct position análisis of a 5-5 parallel mechanism, ASME Transaction, Journal of mechanical design 120, 73-99.

[10]. Angeles, J. and C.S López-Cajún (1992), The design of isotropic manipulator architectures in the presence of redundancies, International Journal of Robotic Research 11, 196-201.

[11]. Ait-Ahmed, M. and M. Renaud (1993), Polinomyal representation of the direct kinematics of a 6 dof parallel manipulator, In: Proc. of Int. Symp. On Intelligent robotics. (Bangalore, Ed.), vol.1.

[12]. Lung-Wen Tsai (1999), Robot Analysis, The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley and Sons, Inc.

[13]. Merlet J.P (1997), Les robots parall. Hermes.

[14]. Cardona, Manuel. N. (2011), Algoritmo para la Solución de la Cinemática Directa de Robots Paralelos Planares 3RRR Destinados a Aplicaciones en Tiempo Real, XVIII International Congress of Electronic, Electrical ans Systems Engineering, IEEE. Lima perú.

[15]. Ghasem Abbasnejad, Soheil Zakandi and Misagh Imani (2010), Forward Kinematics Analysis of a 3-PRS Parallel Manipulator, World Academy of Science, Engineering and Technology, 61.

■Ngày nhận bài: 07/4/2025 ■Ngày sửa bài: 22/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2025

Nghiên cứu sử dụng phần mềm FAARFIELD trong xác định chỉ số phân cấp mặt đường sân bay

Study on the Determination of Airport Pavement Condition Rating (PCR) Using FAARFIELD Software

> GS.TS PHẠM HUY KHANG[1], PGS.TS NGUYỄN TRỌNG HIỆP[1*], TS NGUYỄN ĐÌNH CHUNG[2]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải
[2]Công ty TNHH MTV Thiết kế và Tư vấn xây dựng công trình hàng không (ADCC)
Email: *nguyentronghiep@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống ACR-PCR đã có hiệu lực từ tháng 7/2020 và chính thức áp dụng từ tháng 11/2024 nhằm đánh giá ảnh hưởng của tàu bay và khả năng chịu tải của mặt đường sân bay, thay thế cho hệ thống đánh giá ACN-PCN cũ. Phần mềm FAARFIELD do Cục Hàng không Liên bang Mỹ nghiên cứu phát triển qua nhiều giai đoạn, đã từng bước được cập nhật, hoàn thiện nhằm đáp ứng các yêu cầu của công tác đánh giá sức chịu tải mặt đường sân bay trên. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu với mục tiêu giới thiệu, từng bước khai thác, sử dụng phần mềm này trong tính toán thiết kế, cũng như đánh giá các chỉ số ACR-PCR của mặt đường cứng sân bay của Việt Nam.

Từ khóa: ACR, PCR, mặt đường sân bay, FAARFIELD.

ABSTRACT

The ACR-PCR system was effective in July 2020 and fully applied in November 2024 to evaluate the impact of aircraft and the load-bearing capacity of airport pavements, replacing the old ACN-PCN assessment system. The FAARFIELD software, developed by the U.S. Federal Aviation Administration (FAA) through multiple phases, has been progressively updated and refined to meet the requirements for assessing airport pavement strength. This paper presents preliminary research findings aimed at introducing and gradually utilizing this software in design calculations, as well as evaluating the ACR-PCR indices for rigid airport pavements in Vietnam.

Keywords: ACR, PCR, Airport pavement, FAARFIELD.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường bền vững, tuổi thọ cao đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát chi phí vận hành của toàn hệ thống hàng không quốc gia. Bên cạnh chi phí hàng năm dành cho công tác duy tu bảo dưỡng, các sự cố và thời gian ngừng khai thác để bảo trì, sửa chữa góp phần làm tăng chi phí chậm trễ của hệ thống hàng không.

Theo thông báo của Tổ chức Hàng không dân dụng quốc tế (International Civil Aviation Organization, ICAO), hệ thống ACR-PCR (Aircraft Classification Rating-Pavement Classification Rating) đã có hiệu lực từ tháng 7/2020 và chính thức áp dụng từ tháng 11/2024 nhằm đánh giá ảnh hưởng của tàu bay và khả năng chịu tải của mặt đường sân bay, thay thế cho hệ thống đánh giá ACN-PCN cũ. Trước yêu cầu này, Cục Hàng không Việt Nam (CAAV) đã bổ sung hướng dẫn chung đối với việc áp dụng hệ thống mới ACR-PCR trong Tài liệu hướng dẫn các nội dung liên quan đến thiết kế, khai thác, bảo đảm an toàn khai thác tại sân bay ban hành ngày 12/5/2023, trong đó thông báo cụ thể mốc thời gian bắt đầu áp dụng hệ thống mới từ ngày 28/11/2024 trở đi, đồng thời đưa ra các quy định chung về việc áp dụng hệ thống ACR-PCR [1]. Tiếp đó, dựa trên sổ tay hướng dẫn thiết kế mặt đường của ICAO [2], Việt Nam đã ban hành các quy định cụ thể, bao gồm quy trình xác định các thông số ACR-PCR đã được hướng dẫn cụ thể hơn cho các cảng hàng không, sân bay (CHK, SB) tại Việt Nam được đánh giá thông qua chỉ số phân cấp mặt đường PCR theo phương pháp chỉ số phân cấp tàu bay - chỉ số phân cấp mặt đường (ACR-PCR) [3].

Các chỉ số PCR mặt đường sân bay thuộc hệ thống phân cấp mặt đường cũng đã được các cảng hàng không và Cục Hàng không dân dụng Việt Nam công bố trên các ấn phẩm Thông tin hàng không (AIP). Tuy nhiên, các trị số PCR được công bố bằng phương pháp tàu bay sử dụng kinh nghiệm dựa trên lịch sử máy bay khai thác (U) còn chiếm số lượng phần lớn, chỉ một số ít cảng công bố theo phương pháp kỹ thuật (T). Để đảm bảo phản ánh chính xác các giá trị PCR cần tiếp tục tính toán, cập nhật theo phương pháp kỹ thuật [4].

2. HỆ THỐNG ĐÁNH GIÁ MẶT ĐƯỜNG SÂN BAY ACR-PCR

Hệ thống ACR-PCR sử dụng phương pháp cơ học-thực nghiệm dựa trên phân tích đàn hồi tuyến tính cho cả mặt đường mềm và cứng. Điểm mới là việc định lượng mức độ hư hỏng của mỗi loại máy bay thông qua khái niệm Hệ số hư hỏng tích lũy (CDF) [5, 6].

2.1. Chỉ số phân loại máy bay (ACR) và phân cấp mặt đường (PCR)

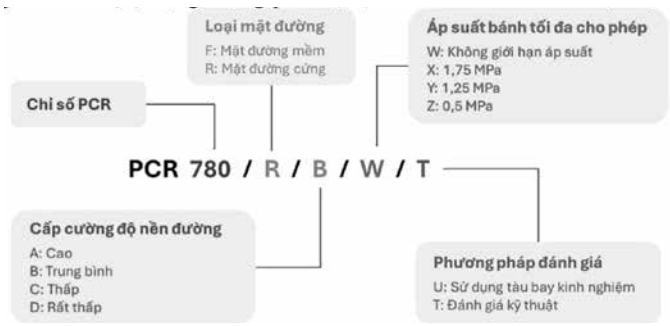
2.1.1. Chỉ số phân cấp tàu bay ACR

ACR là chỉ số biểu thị ảnh hưởng tương đối của một máy bay

lên mặt đường với cường độ nền đất tiêu chuẩn. Có 4 loại nền đất tiêu chuẩn cho cả mặt đường mềm và cứng (loại A: E = 200 MPa; loại B: E = 120 MPa; loại C: E = 80 MPa; loại D: E = 50 MPa). ACR được định nghĩa là gấp đôi tải trọng bánh đơn tương đương (DSWL), biểu thị bằng trăm kg; DSWL là tải trọng bánh đơn (với áp suất tiếp xúc 1,50 MPa) tương đương với máy bay trên một kết cấu mặt đường nhất định. Chỉ số ACR bằng 2 lần DSWL (tính bằng hàng trăm kilogam). Đối với mặt đường mềm, kết cấu mặt đường được thiết kế cho 36.500 lượt máy bay đi qua (không có wander/không xét đến sàng ngang). Đối với mặt đường cứng, kết cấu mặt đường được xét cho máy bay sao cho ứng suất ngang tối đa gây ra ở đáy tấm bê tông xi măng là 2,75 MPa (ứng suất làm việc tiêu chuẩn cho ACR).

2.1.2. Chỉ số phân cấp mặt đường PCR

Chỉ số phân cấp mặt đường (PCR) là một trị số thể hiện, trên cùng thang đo với ACR, khả năng chịu tải của mặt đường cho hoạt động không hạn chế. PCR của một kết cấu mặt đường phải phản ánh thiết kế mặt đường tương ứng với lưu lượng mà nó dự kiến phục vụ. Quy trình đánh giá PCR mặt đường sân bay dựa trên nguyên tắc phá hoại tích lũy nên đảm bảo: Nếu Hệ số số phá hoại tích lũy (CDF) của mặt đường bằng hoặc nhỏ hơn 1,0 (thiết kế tốt hoặc quá mức), trọng lượng hoạt động của máy bay không bị hạn chế. Ngược lại, nếu CDF của mặt đường lớn hơn 1,0, trọng lượng phải bị hạn chế đối với ít nhất một loại máy bay.



Hình 1. Các thông số công bố PCR

Tương tự như hệ thống PCN cũ đã được thay thế, PCR đại diện cho cường độ chịu lực của mặt đường (trên thang ACR) cho hoạt động không hạn chế.

Theo quy định của ICAO, nhà chức trách sân bay cần phải xác định PCR đối với tất cả các kết cấu mặt đường dành cho máy bay có khối lượng lớn hơn 5,7 tấn và được công bố trong ấn phẩm Thông tin hàng không (AIP) theo định dạng được xác định trong Phụ lục 14 của ICAO (Hình 1), bao gồm các thông số chính: (1) Giá trị chỉ số phân cấp mặt đường PCR; (2) Loại mặt đường sân bay: Mặt đường cứng (mã ký hiệu là R) và mặt đường mềm (mã ký hiệu là F); (3) Cấp cường độ nền đường: cao (mã ký hiệu là A), trung bình (mã ký hiệu là B), thấp (mã ký hiệu là C), rất thấp (mã ký hiệu là D); (4) Áp suất bánh lớn nhất cho phép: Không giới hạn (mã ký hiệu là W), áp suất giới hạn 1,75 MPa (mã ký hiệu là X), áp suất giới hạn 1,25 MPa (mã ký hiệu là Y), áp suất giới hạn 0,5 MPa (mã ký hiệu là Z); (5) Phương pháp đánh giá: Đánh giá theo kỹ thuật (mã ký hiệu là T), đánh giá theo kinh nghiệm với máy bay khai thác (ký hiệu là U).

Hệ thống ACR-PCR mới vẫn duy trì nguyên tắc cơ bản tương tự hệ thống ACN-PCN cũ là so sánh hai chỉ số ACR và PCR: Nếu ACR ≤ PCR tương ứng với việc cho phép tàu bay khai thác không hạn chế trên mặt đường.

2.2. Các phương pháp xác định PCR

Theo quy định của ICAO, phải xác định và công bố phương pháp áp dụng trong xác định số phân cấp PCR mặt đường sân bay, nhưng không bắt buộc sử dụng một phương pháp cụ thể. ICAO cho phép các quốc gia thành viên tự quyết định cách xác định giá trị PCR [2].

2.2.1. Phương pháp sử dụng máy bay (Using Aircraft Method)

Phương pháp này dựa trên việc xác định chỉ số ACR (Aircraft Classification Rating) của các loại máy bay đang khai thác trên đường cất hạ cánh và chọn giá trị ACR lớn nhất làm PCR. Để xác định PCR theo phương pháp này, trước tiên cần xác định ACR của tất cả các loại máy bay đang khai thác thường xuyên trên đường cất hạ cánh, sau đó ta chọn giá trị ACR lớn nhất làm PCR. Phương pháp này có thể triển khai đơn giản và nhanh chóng dựa trên dữ liệu hoạt động của các loại tàu bay trong quá khứ và không yêu cầu thông tin chi tiết về kết cấu mặt đường. Tuy nhiên, giá trị PCR phản ánh chính xác điều kiện làm việc thực tế của mặt đường. Do vậy, ICAO cũng khuyến cáo không áp dụng phương pháp này lâu dài.

2.2.2. Phương pháp đánh giá kỹ thuật (Technical Evaluation Method)

Phương pháp này dựa trên việc phân tích kỹ thuật chi tiết về kết cấu mặt đường và điều kiện khai thác. Các bước thực hiện bao gồm:

(1) Thu thập dữ liệu về kết cấu mặt đường (chiều dày các lớp, mô-đun đàn hồi, hệ số Poisson);

(2) Xác định thành phần và số lượng chuyến bay của các loại máy bay khai thác;

(3) Tính toán ACR cho từng loại máy bay ở trọng lượng khai thác;

(4) Tính toán hệ số phá hoại tích lũy CDF (Cumulative Damage Factor) cho tổ hợp máy bay khai thác;

(5) Chọn máy bay có đóng góp lớn nhất vào CDF làm máy bay tới hạn;

(6) Điều chỉnh trọng lượng của máy bay tới hạn để đạt CDF = 1.0;

(7) Tính ACR của máy bay tới hạn ở trọng lượng điều chỉnh, lấy giá trị này làm PCR;

(8) Lặp lại quá trình với các máy bay còn lại nếu cần;

(9) Chọn giá trị PCR lớn nhất từ các lần tính toán.

Phương pháp này cho kết quả đánh giá chính xác hơn về khả năng chịu tải thực tế của mặt đường, đồng thời xét đến ảnh hưởng của tất cả các loại máy bay khai thác. Tuy nhiên, quy trình tính toán phức tạp, yêu cầu nhiều dữ liệu đầu vào. Do vậy, để xác định PCR theo phương pháp này thường tiến hành trên phần mềm. Phần mềm FAARFIELD do Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ (FAA) nghiên cứu thường được ICAO và nhiều nước khuyến cáo sử dụng.

Phương pháp đánh giá kỹ thuật được khuyến cáo sử dụng để có kết quả chính xác hơn. Tuy nhiên, phương pháp sử dụng máy bay vẫn có thể áp dụng trong trường hợp thiếu thông tin chi tiết về kết cấu mặt đường

Bảng 1. So sánh phương pháp xác định số phân cấp mặt đường sân bay PCR

Tiêu chí	Phương pháp sử dụng máy bay (Using Aircraft Method - U)	Phương pháp đánh giá kỹ thuật (Technical Evaluation Method - T)
Nguyên lý	Dựa vào ACR lớn nhất của các máy bay đang khai thác	Phân tích kỹ thuật kết cấu mặt đường và tải trọng khai thác
Dữ liệu đầu vào	Danh sách máy bay, ACR của từng loại	Chi tiết kết cấu mặt đường, mô-đun vật liệu, lưu lượng máy bay
Độ phức tạp	Đơn giản, dễ thực hiện	Phức tạp, cần chuyên môn và phần mềm tính toán
Tính chính xác	Thấp, chỉ phản ánh khả năng chịu tải với máy bay hiện hữu	Cao, phản ánh đúng khả năng chịu tải thực tế và dự báo tương lai
Khả năng dự báo	Không dự báo được khi thay đổi đội máy bay	Có thể dự báo khi thay đổi tải trọng, loại máy bay

Yêu cầu phần mềm	Không cần	Cần phần mềm chuyên dụng (FAARFIELD, PAVERS...)
Ký hiệu báo cáo	U	T
Khuyến nghị ICAO	Không khuyến khích dùng lâu dài	Được khuyến nghị sử dụng
Phạm vi áp dụng	Thiếu dữ liệu kết cấu, cần kết quả nhanh	Khi có đủ dữ liệu, cần kết quả chính xác, lâu dài

3. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN PCR MẶT ĐƯỜNG BẰNG PHẦN MỀM FAARFIELD

3.1. Giới thiệu

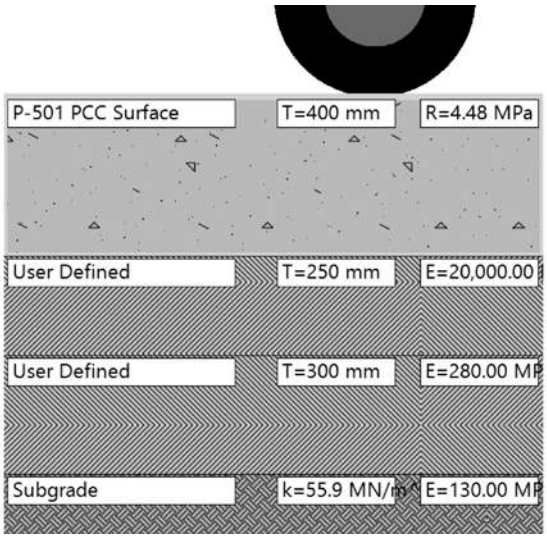
Phần mềm FAARFIELD (FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layer Design) là hệ thống thiết kế mặt đường sân bay tiên tiến do Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ (FAA) phát triển, được xem là "tiêu chuẩn vàng" toàn cầu trong lĩnh vực thiết kế kết cấu mặt đường hàng không. Phần mềm này kế thừa và phát triển từ các nghiên cứu đột phá của Chương trình Thử nghiệm mặt đường sân bay quốc gia (NAPTF) và Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu mặt đường sân bay quốc gia (NAPMRC). Phần mềm sử dụng mô hình đàn hồi lớp lặp để tính toán ứng suất-trọng lượng cho cả mặt đường cứng (bê tông xi măng) và mặt đường mềm (bê tông nhựa). Khác biệt cốt lõi so với phương pháp truyền thống là khả năng mô phỏng chính xác tương tác đa lớp dưới tác động của tải trọng động cơ phản lực hiện đại [7].

Phần mềm FAARFIELD cũng tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn thiết kế và đánh giá mặt đường sân bay và quy trình báo cáo sức chịu tải PCR. Phiên bản 2.1 (10/2023) bổ sung tính năng hỗ trợ phương pháp ACR-PCR của ICAO, cho phép chuyển đổi linh hoạt giữa các tiêu chuẩn đánh giá. Giao diện người dùng được cải tiến với hệ thống tab đa nhiệm và cấu trúc file dữ liệu chuẩn hóa, tương thích với định dạng báo cáo PCN quốc tế [2, 5, 6].

3.2. Xác định PCR mặt đường sân bay bằng phần mềm FAARFIELD

3.2.1. Quy trình tính toán xác định PCR mặt đường sân bay

Phần mềm FAARFIELD tiến hành xác định PCR mặt đường theo 7 bước như sau: (1) Xác định tải trọng thiết kế dựa trên dự báo loại máy bay, (2) Khảo sát địa chất nền đất, (3) Lựa chọn vật liệu từng lớp, (4) Nhập thông số vào FAARFIELD, (5) Chạy mô phỏng đa kịch bản, (6) Hiệu chỉnh kết cấu, (7) Kiểm tra độ bền theo SCI và LCCA. Phần mềm yêu cầu nhập 21 thông số đầu vào chính, từ hệ số nền k đến mô-đun đàn hồi vật liệu các lớp.



Hình 2. Kết cấu mặt đường khai báo trong FAARFIELD

3.2.2. Các thông số đầu vào

Cảng hàng không trong ví dụ được giả định là một cảng hàng không quốc tế cấp 4E, có cấu hình khu bay bao gồm 1 đường cất hạ cánh, có đường lăn song song, các tàu bay đều lấy nhiên liệu tại sân bay, áp dụng hệ số P/TC = 1. Mục tiêu yêu cầu là xác định chỉ số phân cấp mặt đường PCR đối với đường cất hạ cánh ở cuối thời kỳ thiết kế.

Kết cấu mặt đường đường cất hạ cánh là loại mặt đường cứng, bao gồm: Lớp mặt BTXM M350/45 dày 380 mm, Lớp BTXM nghèo M150/25 dày 250 mm; lớp cấp phối đá dăm loại 1 dày 300 mm; nền đất được tính (bao gồm cả lớp nền thượng bằng cấp phối sỏi đồi đầm chặt K98) có mô-đun đàn hồi 130 MPa (loại B). Các thông số KCMĐ được khai báo trong phần mềm FAARFIELD như Hình 2 và tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết cấu mặt đường cất hạ cánh

STT	Tên lớp	Vật liệu	Chiều dày (mm)	Mô-đun đàn hồi (MPa)
1	Lớp mặt	BTXM M350/45	400	27.579.04
2	Lớp móng	BTXM M150/25	250	20.000
3	Lớp móng dưới	CPĐD Loại 1	300	280
5	Nền đất		-	130

Dòng giao thông tàu bay hoạt động trên sân bay được giả định bao gồm các loại tàu bay thông dụng đang được khai thác trên các cảng hàng không của Việt Nam. Các thông số về trọng lượng khai thác được lấy từ thư viện của phần mềm FAARFIELD. Các thông số hoạt động như số lượt cất cánh trong năm, tốc độ tăng trưởng được giả định và tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. Lưu lượng tàu bay hoạt động trên cảng hàng không

STT	Loại tàu bay	Tổng trọng lượng (kg)	Số lượt cất cánh trong năm (lượt/năm)	Tỷ lệ tăng trưởng (%)
1	A320-200 std	73.900	1.000	10
2	A321neo	97.400	1.500	10
3	A350-900	272.900	700	10
4	B787-8	228.383	500	10
5	B737-8/8-200/ BBJ MAX 8	82.871	2.000	10
6	B777-300 ER	352.441	200	10
7	B747-400	397.801	100	10
8	B747-400 Belly	397.801	100	10
9	EMB-195 STD	48.950	200	10

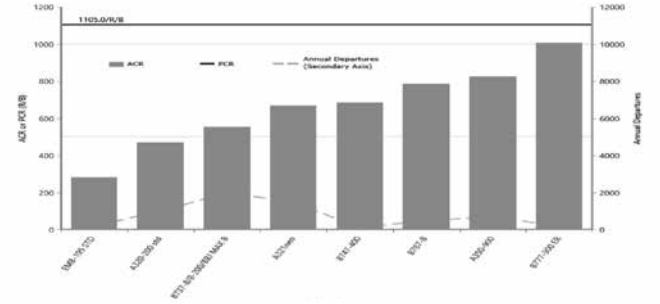
3.3. Kết quả và phân tích

Kết quả tính toán được FAARFIELD đưa ra dưới dạng các báo cáo, bao gồm các thông số ACR của các loại tàu bay trong dòng tàu bay hoạt động trên sân bay dưới dạng bảng biểu (Hình 3) và đồ thị (Hình 4), giá trị số phân cấp mặt đường PCR (Hình 5) và hệ số phá hoại tích lũy lên mặt đường do từng loại tàu bay trong dòng giao thông gây ra.

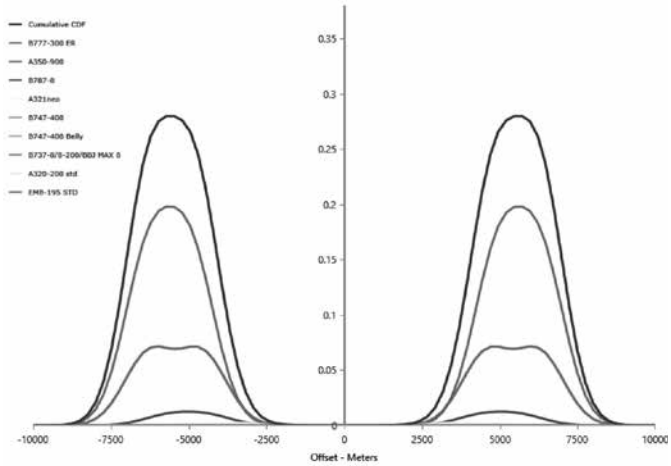
Với kết cấu mặt đường và lưu lượng giao thông đầu vào, FAARFIELD cho kết quả tính toán giá trị PCR = 1105 > 1006,3, là giá trị ACR của tàu bay Boeing B777-20ER, loại tàu bay có trị số ACR lớn nhất trong dòng giao thông tàu bay hoạt động trên sân bay (Bảng 2). Như vậy, các loại tàu bay trong dòng tàu bay có thể hoạt động không hạn chế trên sân bay, cả về tần suất và trọng lượng khai thác.

No.	Aircraft Name	Gross Weight (kg)	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure (MPa)	ACR Thick (mm) (B)	ACR/R/B
1	A320-200 std	73,900	93.8	1,378.95	315	470
2	A321neo	97,400	94.6	1,503.06	376	668.2
3	A350-900	272,900	94.8	1,661.64	419	825.6
4	B787-8	228,383	91.39999	1,572.01	409	785.2
5	B737-8/8-200/BBJ MAX 8	82,871	93.4	1,461.69	343	554.6
6	B777-300 ER	352,441	92.4	1,523.74	462	1006.3
7	B747-400	397,801	93.2	1,378.95	381	685.6
8	EMB-195 STD	48,950	95	1,061.79	244	281.8

Hình 3. Bảng giá trị ACR của các loại tàu bay hoạt động sân bay



Hình 4. Kết quả xác định giá trị ACR của các tàu bay trong dòng giao thông



Hình 5. Phá hoại tích lũy do các loại tàu bay trong dòng giao thông gây ra

Biểu đồ phá hoại tích lũy (Hình 5) cho thấy, các loại tàu bay như B777-300 ER (xanh dương nhạt) và A350-900 (đỏ) có đường CDF cao, nghĩa là đóng góp lớn vào tổng phá hoại tích lũy. Đối với các loại tàu bay như A321neo, A320-200 std, EMB-195 STD có đường CDF nằm gần sát trục hoành, thể hiện mức đóng góp vào tổng phá hoại tích lũy CDF của kết cấu mặt đường là không đáng kể. Tổng hệ số phá hoại tích lũy của dòng giao thông đến cuối thời kỳ thiết kế là CDF = 0,28 cho thấy mặt đường còn dư địa khai thác lớn, tuổi thọ mặt đường có thể kéo dài hơn dự kiến thiết kế và có thể không yêu cầu các giải pháp cải tạo, tăng cường kết cấu nếu dòng giao thông tàu bay hoạt động tại sân bay không có các biến động bất thường về tải trọng và tần suất khai thác.

4. KẾT LUẬN

Việt Nam đã công bố chỉ số phân cấp mặt đường sân bay PCR trên các ấn phẩm Thông tin hàng không (AIP) thay thế cho chỉ số PCN kịp thời và phù hợp với yêu cầu và quy định của ICAO. Tuy nhiên, phần lớn PCR tại các cảng hàng không, sân bay được công bố theo loại tàu bay sử dụng. Trong dài hạn, các sân bay cần xác định các thông số mặt đường và dòng giao thông để tiến hành xác định các thông số PCR theo phương pháp kỹ thuật (T) nhằm tăng độ chính xác và tin cậy.

Phần mềm FAARFIELD chuyên dụng trong tính toán thiết kế và đánh giá mặt đường sân bay. Phần mềm này áp dụng các lý thuyết tính toán thống nhất và tiên tiến, đã được nâng cấp qua nhiều phiên bản, tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn hiện hành về thiết kế và đánh giá mặt đường sân bay của Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ (FAA). Phần mềm FAARFIELD bao gồm thư viện dữ liệu các loại tàu bay hiện đang được sử dụng trên thế giới và được FAA cập nhật thường xuyên. Ngoài ra, phần mềm này cũng được tích hợp thư viện các loại vật liệu tiêu chuẩn sử dụng trong xây dựng mặt đường sân bay được tại Mỹ. Các loại vật liệu này đã được tiêu chuẩn hóa và mã hóa theo tiêu chuẩn của FAA và thống nhất với các tiêu chuẩn của ASTM.

Theo khuyến nghị của ICAO, FAARFIELD được nhiều nước thành viên, bao gồm cả Việt Nam sử dụng trong thiết kế và đánh giá mặt đường sân bay. Tuy nhiên, để khai thác tối đa tiềm năng, phần mềm này cần tiếp tục được nghiên cứu, tùy biến, điều chỉnh phù hợp với điều kiện Việt Nam trong khai thác, sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cục Hàng không Việt Nam, Tài liệu hướng dẫn các nội dung liên quan đến thiết kế, khai thác, bảo đảm an toàn khai thác tại sân bay (Tu chỉnh lần 3), Quyết định số 1006/QĐ-CHK, 12/5/2023.

[2]. ICAO (2022), Aerodrome Design Manual - Part 3: Pavements, 3rd Ed., International Civil Aviation Organization (ICAO), DOC 9157.

[3]. Cục Hàng không Việt Nam, Hướng dẫn việc thực hiện quy định, khuyến cáo thực hành của ICAO (Doc 9157 - Part 3) về Sân đường khu bay, Quyết định số 1046/QĐ-CHK 10/5/2024.

[4]. Cục Hàng không Việt Nam (31/10/2024), Chỉ số phân cấp mặt đường (PCR) tại 22 cảng hàng không/sân bay, Tập bổ sung AIP.

[5]. FAA (07/6/2021), Airport Pavement Design and Evaluation, AC No.150/5320-6G, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration (FAA).

[6]. FAA (29/4/2022), Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCR, AC No. 150/5320-6G, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration (FAA).

[7]. G. White (2022), Practical implications for the implementation of the new international airport pavement strength rating system, Eleventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, vol.1 - Hoff, Mork & Saba (eds).

■Ngày nhận bài: 15/4/2025 ■Ngày sửa bài: 07/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 21/5/2025

Nghiên cứu thực nghiệm về mối tương quan giữa chỉ số xuyên của thiết bị xuyên động và độ chặt của nền san hô

Experimental study on the correlation between the penetration index of the dynamic cone penetrometer and the density of coral sand

> TS PHẠM ĐỨC TIỆP*, TS PHẠM ĐỨC PHONG, KS LÊ QUỐC HOÀN
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: *phamductiep@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Độ chặt của nền đắp là một thông số quan trọng trong công tác đánh giá chất lượng nền đắp. Thông thường, phương pháp phễu rót cát được sử dụng để xác định độ chặt hiện trường. Tuy nhiên, trong điều kiện nền ngập nước hoặc mực nước biến động theo thời gian, phương pháp này trở nên khó áp dụng. Trong thực tế, thí nghiệm xuyên động (DCP) được sử dụng rộng rãi nhờ ưu điểm thi công nhanh chóng, đơn giản và phù hợp với nhiều điều kiện địa hình. Các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung xây dựng mối tương quan giữa chỉ số xuyên động DCP và độ chặt tương đối của đất (Dr), trong khi mối tương quan giữa chỉ số DCP và độ chặt K ít được đề cập. Mặt khác, cát san hô là vật liệu phổ biến tại các khu vực đảo xa bờ có tính chất cơ lý khác biệt so với cát silic thông thường, do đó các mối quan hệ thực nghiệm đối với cát silic không thể áp dụng trực tiếp. Vì vậy, nghiên cứu này thực hiện 9 thí nghiệm mô hình xuyên động trên nền cát san hô với các cấp độ chặt K khác nhau. Trên cơ sở kết quả thí nghiệm và bằng phương pháp bình phương tối thiểu, hàm tương quan giữa độ chặt K và chỉ số xuyên động DCP đã được thiết lập. Hàm tương quan này có thể được ứng dụng để đánh giá nhanh độ chặt nền đắp trong điều kiện thực địa phức tạp, đặc biệt đối với các khu vực sử dụng vật liệu cát san hô.

Từ khóa: Cát san hô, độ ẩm tối ưu, thí nghiệm đầm nén Proctor, độ chặt tương đối, độ chặt K.

ABSTRACT

Compaction degree is a critical parameter in evaluating the quality of embankment foundations. Typically, the sand cone method is employed to determine in-situ compaction. However, this method becomes difficult to apply under waterlogged conditions or where groundwater levels fluctuate over time. In practice, the Dynamic Cone Penetration (DCP) test is widely used due to its simplicity, rapid execution and adaptability to various terrains. Most existing studies focus on establishing correlations between the DCP index and the relative density (Dr) of soil, while the relationship between the DCP index and the compaction degree (K) has received limited attention. Furthermore, coral sand, a commonly used material in offshore island regions, exhibits distinct physical and mechanical properties compared to conventional silica sand, rendering existing empirical relationships for silica sand inapplicable. This study conducted nine model DCP tests on coral sand beds with varying levels of compaction (K). Based on the experimental results and using the least squares method, a correlation function between the compaction degree (K) and the DCP index was established. This correlation can be effectively applied for rapid assessment of embankment compaction under complex field conditions, particularly in areas utilizing coral sand materials.

Keywords: Coral sand, Optimum moisture content, Proctor compaction test, Relative density (Dr), Degree of compaction (K).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cát san hô là loại cát biển có nguồn gốc từ trầm tích sinh học, được phân bố rộng rãi trên các đảo và rạn san hô. Thành phần chủ yếu của cát san hô là mảnh vụn san hô và vỏ sinh vật biển đã vỡ vụn, với hàm lượng $CaCO_3$ chiếm hơn 90% tổng khối lượng [1], do bộ xương ngoài của các sinh vật biển cấu thành. Loại cát này có các đặc điểm riêng biệt như cấu trúc rỗng, hạt có hình dạng không đều, dễ bị vỡ và có độ nén cao. Những đặc tính này khiến cát san hô có tính chất cơ học khác biệt rõ rệt so với cát đất liền thông thường [2, 3]. Trong thực tế thiết kế và thi công nền móng, việc áp dụng các tiêu chuẩn cho cát đất liền cho cát san hô có thể dẫn đến sai lệch

nghiêm trọng, do đó cần được phân biệt rõ ràng. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy rằng, dưới điều kiện ứng suất thấp, các hạt cát san hô rất dễ bị phá vỡ, làm thay đổi trạng thái liên kết giữa các hạt. Sự vỡ hạt ảnh hưởng đáng kể đến độ bền, biến dạng và mối quan hệ ứng suất-biến dạng của vật liệu rời [4], từ đó ảnh hưởng đến khả năng chịu tải, biến dạng và độ ổn định của các công trình xây dựng trên nền đất này [5].

Hagerty và cộng sự đã thực hiện các thí nghiệm nén ba trục trên cát dưới áp suất buồng cao, kết quả cho thấy độ chặt tương đối, hình dạng hạt và kích thước hạt có ảnh hưởng rõ rệt đến mức độ vỡ hạt. Ngoài ra, khi cát chặt hơn, ứng suất ban đầu cần thiết để gây vỡ hạt sẽ cao hơn và ngược lại [6]. Einav [7, 8] đã xây dựng một lý thuyết mới về hiện tượng vỡ hạt dựa trên 4 thông số: Mô-đun trượt, mô-đun thể tích, góc ma sát và năng lượng vỡ tới hạn, cùng với đường cong cấp phối ban đầu và hệ số rỗng, để dự đoán đường cong cấp phối ở trạng thái giới hạn của cát. Daouadji và Hicher [9] đã phân tích và chia hiện tượng vỡ hạt thành ba dạng: (1) vỡ gãy - hạt bị chia thành nhiều hạt có kích thước tương đương; (2) mài mòn - hạt bị vỡ thành các hạt nhỏ hơn một chút, với nhiều hạt nhỏ xuất hiện dọc mép; và (3) trầy xước - hạt gần như không thay đổi nhưng xuất hiện các hạt mịn ở rìa do ma sát [10, 11, 12, 13].

Để đánh giá chất lượng nền đắp thường sử dụng chỉ tiêu độ chặt K, được xác định theo công thức như sau:

$$K = \frac{\gamma_k^{ht}}{\gamma_k^{max}} \quad (1)$$

Trong đó: γ_k^{ht} - Trọng lượng đơn vị thể tích khô của đất ở hiện trường;

γ_k^{max} - Trọng lượng đơn vị thể tích khô lớn nhất của đất, được xác định trong phòng thí nghiệm.

Độ chặt nền đường đắp phải đạt được theo quy định như Bảng 1.

Bảng 1. Độ chặt quy định của nền đường đắp [14]

Loại công trình đường ô tô từ cấp I đến cấp IV		Độ sâu tính từ đáy áo đường trở xuống, cm đường ô tô cấp V, cấp VI	Độ chặt K	
Khi áo đường dày trên 60 cm		30	≥ 0,98	≥ 0,95
Khi áo đường dày dưới 60 cm		50	≥ 0,98	≥ 0,95
Bên dưới chiều sâu kể trên	Đất mới đắp		≥ 0,95	≥ 0,93
	Đất nền tự nhiên	Cho đến 80	≥ 0,93	≥ 0,90

Phương pháp phễu rót cát là một trong những kỹ thuật phổ biến được sử dụng để xác định độ chặt K của nền đất. Tuy nhiên, phương pháp này tồn tại một số hạn chế đáng kể như quy trình thực hiện phức tạp, yêu cầu thời gian thi công kéo dài, đòi hỏi nhân sự có tay nghề cao và phải tuân thủ nghiêm ngặt các quy định kỹ thuật. Bên cạnh đó, phương pháp này chỉ khả thi trong điều kiện địa hình khô ráo. Tại các khu vực đảo xa bờ của Việt Nam, nhiều vị trí có cao độ tự nhiên thấp hơn mực nước triều cao nhất, dẫn đến tình trạng ngập nước thường xuyên. Điều kiện địa hình và thủy văn như vậy gây ra nhiều thách thức trong công tác đắp nền và kiểm soát chất lượng thi công. Do đó, việc áp dụng phương pháp phễu rót cát để xác định độ chặt trong các khu vực này là không khả thi và cần phải xem xét các giải pháp kiểm tra thay thế phù hợp hơn. Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) và thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT) là phương pháp thí nghiệm hiện trường giúp đánh giá mức độ đồng nhất và độ chặt của nền thông qua sức kháng xuyên. Từ giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}), sức kháng xuyên đầu mũi (q_c) và ma sát thành đơn vị (f_s) có thể tính toán được: Độ chặt tương đối (D_r), mô-đun biến dạng (E), chỉ số sức chịu tải California (CBR) và các tham số kháng cắt. Tuy nhiên, quá trình thực hiện các thí nghiệm SPT và CPT tương đối phức tạp, đòi hỏi thiết bị cồng kềnh và huy động nhiều nhân lực. Trong bối cảnh đó, phương pháp xuyên côn động (DCP) đã được phát triển, kết hợp các ưu điểm của cả SPT và CPT, với chi phí thấp hơn và quy trình thực hiện đơn giản hơn, đồng thời vẫn cung cấp được các chỉ số đánh giá chất lượng nền đất phục vụ công tác thiết kế và thi công nền móng.

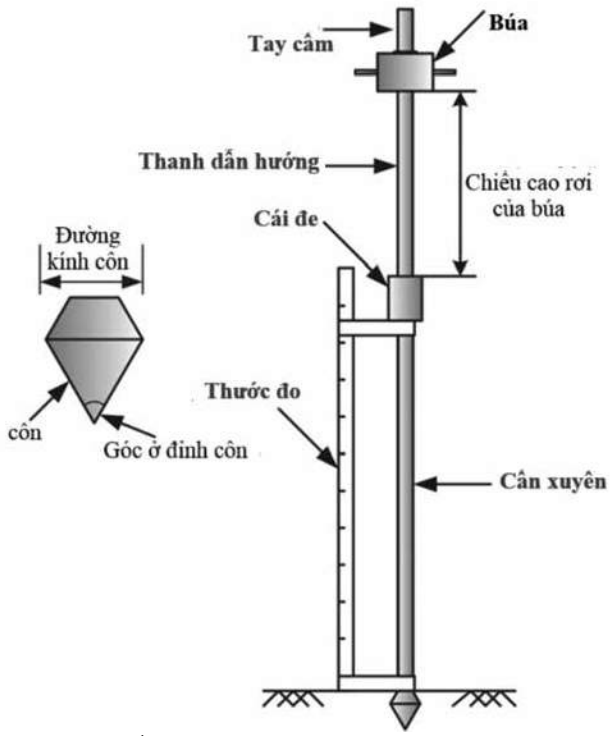
Sơ đồ thí nghiệm DCP được thể hiện như Hình 1, Bảng 2 trình bày các đặc trưng của các bộ thí nghiệm DCP khác nhau. Trong quá trình thí nghiệm DCP, số búa để đưa mũi xuyên xâm nhập sâu vào trong nền đất tương ứng với mỗi khoảng 10 cm được ghi lại (N_{10}) Ngoài ra, kết quả xuyên động còn được thể hiện thông qua chỉ số xuyên động P_{index}, được thể hiện như công thức sau [15]:

$$P_{index} = \frac{P_{i+1} - P_i}{B_{i+1} - B_i} \quad (2)$$

Trong đó: P_i - Sức kháng xuyên động tương ứng với nhát búa thứ i (mm);

P_{i+1} - Sức kháng xuyên động tương ứng với nhát búa thứ i+1 (mm);

B_i và B_{i+1} - Số búa tương ứng với P_i và P_{i+1}.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm xuyên côn động DCP

Bảng 2. Đặc trưng của các loại thiết bị DCP khác nhau

Các tham biến của thiết bị	DCP Dynamic Cone Penetrometer	DPL Dynamic Probing Light	LDP Light Dynamic Penetrometer
Khối lượng búa (kg)	8	10	10
Chiều cao búa rơi (m)	0,66	0,5	0,5
Đường kính côn (mm)	22,5	35,7 (hoặc 25,2)	40
Góc ở đỉnh côn (độ)	60	90	60

Một số nhà nghiên cứu tập trung vào việc phát triển thiết lập mối quan hệ giữa chỉ số xuyên côn động DCP và các đặc tính của

đất như chỉ số sức chịu tải CBR [16, 17, 18], trọng lượng đơn vị thể tích [19], cường độ kháng cắt của đất [20], tiềm năng hóa lỏng [21]. Đối với độ chặt tương đối, mối tương quan giữa N_{10} và D_r đã được đề cập trong BS EN 1997-2 [22] (N_{10} - Số búa để xuyên sâu 10 cm). Hơn nữa, Radaszewski [23] và Jadid [24] đã đề xuất các công thức tương tự bằng cách thực hiện một loạt các thử nghiệm ở hiện trường. Mohammadi và cộng sự [20] đã thu được mối quan hệ giữa P_{index} và D_r với hệ số xác định cao (R^2) dựa trên kết quả của các thử nghiệm mô hình trong phòng thí nghiệm. Các công thức trong nhiều tài liệu khác nhau được trình bày tóm tắt trong Bảng 3.

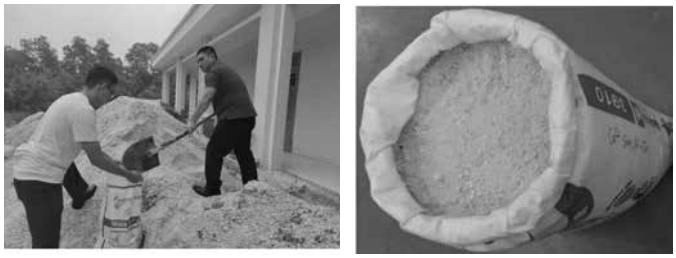
Các nghiên cứu đã nêu chủ yếu tập trung xây dựng mối quan hệ giữa chỉ số xuyên động DCP và độ chặt tương đối (D_r) của cát silic, trong khi mối tương quan giữa chỉ số DCP và độ chặt K lại ít được đề cập. Mặt khác, cát san hô là loại vật liệu phổ biến tại các khu vực đảo xa bờ có các đặc điểm về cấp phối, hình dạng, đặc điểm bề mặt hạt và khả năng ổn định của hạt khác biệt hoàn hoàn với cát silic thông thường. Do đó, các mối quan hệ thực nghiệm thiết lập cho cát silic không thể áp dụng trực tiếp cho cát san hô. Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này đã tiến hành 9 thí nghiệm mô hình xuyên động trên nền cát san hô với các cấp độ chặt K khác nhau. Dựa trên kết quả thí nghiệm và áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu, nhóm tác giả đã thiết lập được hàm tương quan giữa độ chặt K và chỉ số xuyên động DCP.

Bảng 3. Công thức tương quan với chỉ số xuyên côn động trong các tài liệu khác nhau

STT	Loại thiết bị	Loại đất	Công thức tương quan	Tài liệu tham khảo	Vị trí thí nghiệm
1	DPL	Đất hạt thô thạch anh	$I_d = 0,26 \times logN_{10} + 0,15$ *(trên mực nước ngầm)* $I_d = 0,23 \times logN_{10} + 0,21$ *(dưới mực nước ngầm)*	BS EN1997-2 [22]	Hiện trường
2	DCP	Cát thạch anh	$D_r = 189,93/(P_{index})^{0,53}$	Mohammadi và cộng sự [20]	Phòng thí nghiệm
3	DPL	Cát thạch anh	$I_d = 0,429 \times logN_{10} + 0,071$	Radaszewski & Wierzbicki [23]	Hiện trường
4	DPL	Cát thạch anh	$I_d = 0,409 \times logN_{10} + 0,203$	Jadid và cộng sự [24]	Hiện trường

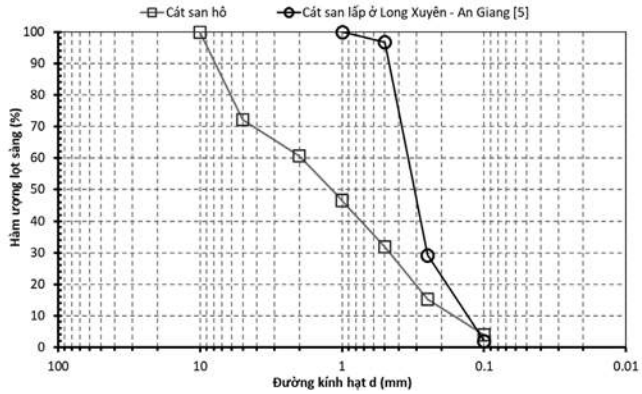
2. ĐẶC TRƯNG THÀNH PHẦN HẠT CỦA CÁT SAN HÔ

Hỗn hợp cát san hô được lấy từ đảo thuộc vùng biển Đông của Việt Nam (Hình 2). Đặc trưng thành phần hạt của cát san hô được thể hiện trong Hình 3. Trong hình này, tác giả so sánh thành phần hạt của cát san hô và thành phần hạt của của cát san lấp ở khu dân cư Sao Mai, phường Bình Khánh 3, TP Long Xuyên, tỉnh An Giang [25].



Hình 2. Hỗn hợp cát san hô được lấy từ đảo xa bờ của Việt Nam

Hình 3 cho thấy đường cong cấp phối của cát san hô thoải hơn rất nhiều so với cát san lấp. Cỡ hạt chủ yếu của cát san lấp nằm trong khoảng 0,25 - 0,5 mm, đối với cát san hô phân bố rộng hơn trong khoảng 0,10 - 5,0 mm. Trên cơ sở đường cong cấp phối xác định được các tham số thành phần hạt của cát san hô như: Hệ số đồng nhất Cu= 10,79 và hệ số đường cong Cc= 0,63. Căn cứ vào Tiêu chuẩn TCVN 5747:1993 [26] thì cát san hô này thuộc loại SP (cát lẫn sỏi có ít hạt mịn).

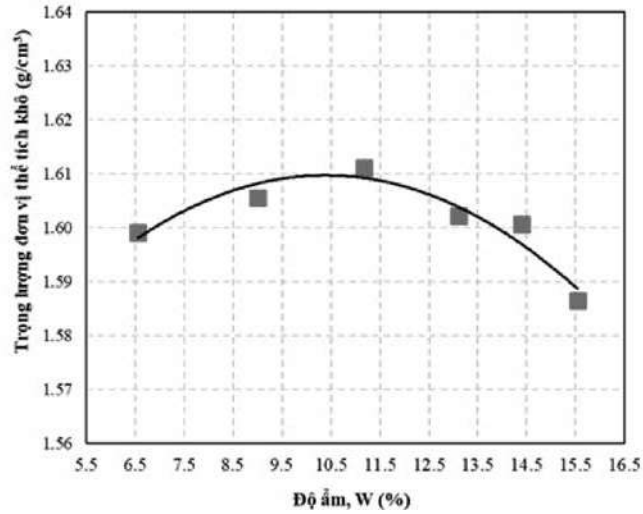


Hình 3. So sánh đường cong cấp phối của cát san hô và cát san lấp

3. THÍ NGHIỆM ĐẦM NÉN PROCTOR

Thí nghiệm đầm nén Proctor (Proctor Compaction Test) là một phương pháp được sử dụng để xác định mối quan hệ giữa độ ẩm và khối lượng thể tích khô của đất khi đầm nén ở công năng xác định. Cát san hô được lấy từ các đảo xa bờ và tập kết tại Trung tâm Nghiên cứu Bảo đảm kỹ thuật và chuyển giao công nghệ Hòa Lạc, Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn (Hình 2). Tạo 6 mẫu cát san hô với độ ẩm khác nhau, trộn đều cát san hô với nước theo độ ẩm dự định trước và đóng gói bảo quản mẫu theo đúng thời gian quy định.

Kết quả thí nghiệm 6 mẫu với độ ẩm khác nhau được đầm nén theo tiêu chuẩn (25 lần/ lớp) được thể hiện Hình 4. Kết quả cho thấy đường cong tương quan độ ẩm và trọng lượng đơn vị thể tích khô có 1 điểm cực đại. Quy luật này cũng tương tự như cát silic ở trong lục địa [7]. Độ ẩm tối ưu của cát san hô Wopt=11,17%, trọng lượng đơn vị thể tích khô lớn nhất (1,611 g/cm^3).



Hình 4. Tương quan độ ẩm và trọng lượng đơn vị thể tích khô của cát san hô

4. THÍ NGHIỆM XUYÊN CÔN ĐỘNG DCP CHO MẪU CHẾ BỊ VỚI CÁC ĐỘ CHẶT KHÁC NHAU

Thí nghiệm xuyên côn động được thực hiện bằng thiết bị xuyên động nhẹ (DPL) như mô tả trong Bảng 1. Thiết bị bao gồm một quả búa nặng 10 kg rơi từ độ cao 500 mm. Búa rơi tự do lên đe,

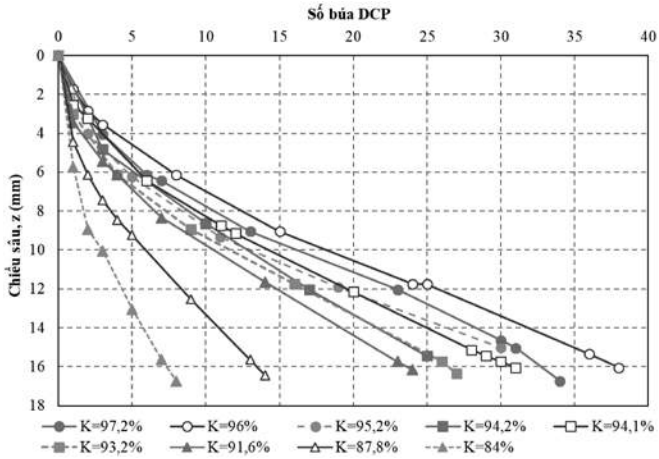
tạo ra năng lượng lý thuyết khoảng 50 J nhằm xuyên mũi côn xuống đất. Trong quá trình thí nghiệm, thiết bị DPL được đặt tại trung tâm của khuôn chứa đất đã đầm chặt (Hình 6). Khuôn đựng mẫu có dạng hình trụ tròn, đường kính D=15,24 cm, chiều cao H=2xD=30,48 cm. Chiều cao lớp đất trong khuôn là 304,8 mm và được chia 4 lớp để đổ và đầm riêng biệt (Hình 5). Độ chặt K được kiểm soát thông qua trọng lượng đơn vị thể tích khô. Sau khi chế bị mẫu xong thì tiến hành thí nghiệm xuyên động (Hình 6). Mối tương quan giữa số búa DCP và chiều sâu xuyên được thể hiện như Hình 7.



Hình 5. Đầm mẫu theo độ chặt K



Hình 6. Thí nghiệm DCP cho mẫu chế bị



Hình 7. Tương quan số búa DCP và độ sâu khác nhau của mũi xuyên

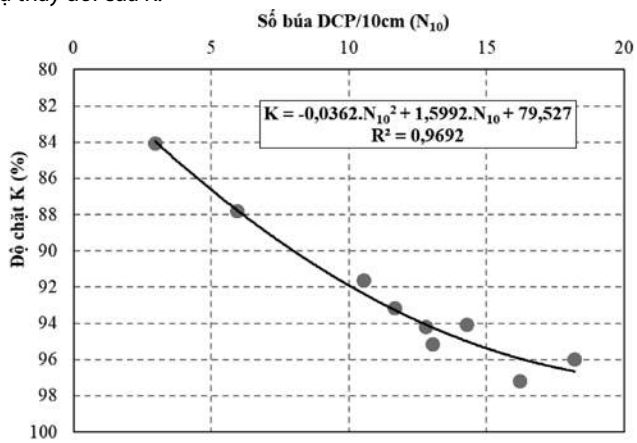
Quan sát đồ thị tương quan số búa DCP và độ sâu khác nhau của chùy xuyên cho thấy (Hình 7):

- Số búa càng nhiều (năng lượng tích lũy các lớn) thì chùy xuyên càng xuống sâu. Các đường biểu diễn đều có dạng không tuyến tính hoàn toàn, có xu hướng độ dốc giảm dần, tức là ban đầu xuyên nhanh hơn, sau đó chậm dần khi độ sâu tăng.

- Các mẫu có độ chặt càng thấp thì độ dốc đường cong (tương quan số búa DCP - chiều sâu) càng dốc hơn, thể hiện mẫu bị xuyên nhanh với số búa ít hơn.

- Khi mẫu có độ chặt K tăng lên, số búa DCP cần để xuyên xuống cùng một độ sâu tăng lên rõ rệt. Mẫu có độ chặt K<90% thì độ thoải đường cong khác biệt hoàn toàn so với các mẫu có độ chặt K ≥ 90%.

- Tổng hợp kết quả phân tích ở trên cho thấy phương pháp DCP hoàn toàn có khả năng phân biệt rõ ràng mức độ chặt khác nhau của cát san hô trong điều kiện thí nghiệm, do độ nhạy cao với sự thay đổi của K.



Hình 8. Tương quan số búa xuyên DCP/10 cm (N10) và độ chặt K

Đại diện mức độ xuyên DCP trung bình cho mẫu hình trụ có đường kính D=15,24 cm và chiều cao H=2xD=30,48 cm có thể xác định tương ứng với chiều sâu xuyên hx=10 cm. Nghĩa là, mỗi mẫu đất có độ chặt K nào đó sẽ tương ứng với số búa xuyên DCP (N10) để đưa mũi xuyên xâm nhập sâu vào trong nền một khoảng là 10 cm.

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm xuyên DCP các mẫu có độ chặt khác nhau như đã trình bày ở trên, xác định số búa xuyên (N10) cho từng mẫu. Tương quan giữa số búa xuyên N10 và độ chặt K được

thể hiện như Hình 8. Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu để thiết lập hàm tương quan giữa độ chặt K và số búa xuyên DCP như sau:

$$K=-0,0362\times N_{10}^2+1,5992\times N_{10}+79,527 \quad (3)$$

Hệ số xác định của hàm tương quan này là R2=0,9692. Giá trị này cho thấy, mô hình tương quan giữa độ chặt K và số búa xuyên DCP có độ chính xác rất cao. Hàm tương quan này có thể sử dụng để đánh giá độ chặt K của nền đắp bằng cát san hô thông qua số búa xuyên DCP đo được tại hiện trường.

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy cát san hô có đặc điểm đầm nén tương tự các loại cát thông thường, với đường cong quan hệ giữa độ ẩm và trọng lượng thể tích khô thể hiện rõ giá trị cực đại. Giá trị độ ẩm tối ưu W_{opt}=11,17% và trọng lượng thể tích khô lớn nhất đạt 1,611 g/cm^3, cao hơn so với một số loại cát san lấp trong đất liền.

Thí nghiệm xuyên côn động DCP thực hiện trên các mẫu cát san hô được chế bị với độ chặt khác nhau đã chứng minh độ nhạy cao của phương pháp này đối với sự thay đổi của độ chặt. Các kết quả chỉ ra rằng số búa DCP cần thiết để xuyên đến độ sâu xác định tăng đáng kể theo độ chặt của mẫu. Mối quan hệ giữa số búa xuyên N_{10} và độ chặt K được thiết lập dưới dạng hàm thực nghiệm với hệ số xác định R^2=0,9692, cho thấy độ tin cậy rất cao của mô hình.

Hàm tương quan $K=-0,0362\times N_{10}^2+1,5992\times N_{10}+79,527$ có thể được sử dụng như một công cụ đánh giá nhanh và tương đối chính xác độ chặt của nền đắp bằng cát san hô trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường, góp phần nâng cao hiệu quả kiểm soát chất lượng thi công các công trình sử dụng vật liệu cát san hô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lv Y, Li F, Liu Y, Fan P, Wang M. Comparative study of coral sand and silica sand in creep under general stress states. Can Geotech J 2017;54(11):1601-11, https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0295.

[2]. Mcclelland B (1988), Calcareous sediments: an engineering enigma, Proceedings of the proc 1st int conf on calcareous sediments, Perth, Australia: F.

[3]. Wang XZ, Jiao YY, Wang R, et al., Engineering characteristics of the calcareous sand in Nansha islands, south China sea. Eng Geol 2011;120(1-4):40-7, https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.03.011.

[4]. OuYang HR, Dai GL, Qin W, et al., Experimental study on the mechanical behaviors and particle breakage characteristics of calcareous sand from South China Sea under repeated one-dimensional impacts, Acta Geotech 2022;17(6):3927-46, https://doi.org/10.1007/s11440-022-01463-2.

[5]. He SH, Zhi D, Sun YF, et al., Cumulative deformations and particle breakage in calcareous sand subjected to drained high-cyclic loading: Experimental investigation, Soil Dynam Earthq Eng 2022;161:107417, https://doi.org/10.1016/ j.soildyn.2022.107417.

[6]. Hagerty MM, Hite DR, Ullrich CR, Hagerty DJ., One dimensional high pressure compression of granular media, Journal of geotechnical engineering 1993, 113(1): 1-18, https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1993)119:1.

[7]. Einav I. Breakage mechanics. Part I: theory. J Mech Phys Solid 2007; 55(6): 1274-97, https://doi.org/10.1016/j.jmps.2006.11.003.

[8]. Einav I. Breakage mechanics, Part II: modelling granular materials, J Mech Phys Solid 2007;55(6):1298-320, https://doi.org/10.1016/j.jmps.2006.11.004.

[9]. Daouadji A, Hicher PY., An enhanced constitutive model for crushable granular materials. Int J Numer Anal Met 2009, 34(6):555-80, https://doi.org/10.1002/ nag.815.

[10]. Kapur PC, Pande D, Fuerstenau DW, Analysis of single-particle breakage by impact grinding, Int J Miner Process 1997;49(3-4):223-36, https://doi.org/10.1016/ S0301-7516(96)00008-7.

[11]. Tavares LM, King RP., Single-particle fracture under impact loading, Int J Miner Process 1998;54:1-28, https://doi.org/10.1016/S0301-7516(98)00005-2.

[12]. Peng Y, Ding XM, Zhang Y, et al., Evaluation of the particle breakage of calcareous sand based on the detailed probability of grain survival: an application of repeated low-energy impacts, Soil Dynam Earthq Eng 2020;141(1):106497, https://doi. org/10.1016/j.soildyn.2020.106497.

[13]. Zhu B, Wen K, Li T, Wang L, Kong D., Experimental study on lateral pile-soil interaction of offshore tetrapod piled jacket foundations in sand, Can Geotech J 2019;56(11):1680-9, https://doi.org/10.1139/cgj-2018-0292.

[14]. TCVN 4054:2005, Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế.

[15]. Embacher, R. A. (2006), Duration of spring thaw recovery for aggregate-surfaced roads, J. Transport. Res. Board 1967, no.1, 27-35.

[16]. Gabr, M., Hopkins, K., Coonse, J. & Hearne, T. (2000), DCP criteria for performance evaluation of pavement layers, J. Perform. Constr. Facil., ASCE 14, no.4, 141-148.

[17]. Lee, C., Kim, K. S., Woo, W. & Lee, W. (2014), Soil stiffness gauge (SSG) and dynamic cone penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea. Engng Geol. 169, 91-99, https://doi.org/10.1016/ j.enggeo.2013.11.010.

[18]. Zumrawi, M. M. E. (2014), Prediction of in-situ CBR of subgrade cohesive soils from dynamic cone penetrometer and soil properties, Int. J. Engng Technol. 6, no.5, 439-442.

[19]. Meshram, K., Rangwala, H. M., Sanvaliya, P. & Goliya, H. S. (2016), On-field assessment of sub-grade uniformity using DCP, Geotech. Test. J. 39, no.3, 447-451.

[20]. Mohammadi, S. D., Nikoudel, M. R., Rahimi, H. & Khamehchiyan, M. (2008), Application of the dynamic cone penetrometer (DCP) for determination of the engineering parameters of sandy soils, Engng Geol, 101, no.3-4, 195-203.

[21]. Hashemi, M. & Nikudel, M. R. (2016), Application of dynamic cone penetrometer test for assessment of liquefaction potential, Engng Geol. 208, 51-62, https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016. 04.013.

[22]. BSI (2010), BS EN 1997-2: 2007. Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 2: ground investigation and testing. London, UK: BSI.

[23]. Radaszewski, R. & Wierzbicki, J. (2011), On the applicability of in situ soil probings to geological analyses. Geologos 17, no.1, 5-16.

[24]. Jadid, R., Chowdhury, I. N. & Alam, M. F. (2015), Development of empirical correlation between dynamic cone resistance and relative density of sand, First international conference on advances in civil infrastructure and construction materials MIST (eds S. Alam, G. M. Jahid Hasan, A. Shahriar and K. Islam), pp.1-8. Dhaka, Bangladesh: Department of Civil Engineering, Military Institute of Science and Technology (MIST).

[25]. Hùng, N. S., & Anh, H. (2020), Nghiên cứu thực nghiệm giải pháp gia cố nền đất yếu có cát san lấp bằng túi đất D-BOX, Tạp chí Xây dựng, số, 622, 85-89.

[26]. TCVN 5747:1993, Đất xây dựng - Phân loại.

[27]. X.T.Trần, T.H.Đỗ (2017), Xây dựng mối tương quan giữa thí nghiệm hệ số đầm chặt K và xuyên động hiện trường cho nền cát san lấp, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số, 34,91-102.

■Ngày nhận bài: 26/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2025

Nghiên cứu mô phỏng quá trình truyền thông CAN Bus giữa các thiết bị trên xe ô tô

A study simulation of CAN Bus communication process between devices on cars

> PGS.TS ĐÀO MINH QUÂN*, TS ĐÀO QUANG KHANH, THS HỨA XUÂN LONG, THS TỐNG LÂM TÙNG
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: *quandaominh@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết và mô phỏng về hệ thống CAN Bus trên xe ô tô. CAN kết nối các đơn vị điều khiển điện tử (ECU) khác nhau bên trong xe, hệ thống CAN bus là hệ thống truyền thông thông dụng trên xe ô tô có nhiệm vụ là truyền thông tin và điều khiển, giám sát trên xe ô tô. Thông tin có giá trị về trạng thái của xe hiện diện trên buýt này và hữu ích để theo dõi hành vi của người lái xe, tình trạng hoạt động của xe... Tuy nhiên, cấu hình của buýt này không được các nhà sản xuất ô tô tiết lộ công khai. Do đó, trên cơ sở đó xây dựng mô phỏng bằng công cụ Matlab&Simulink quá trình truyền thông tin hệ thống giữa các thiết bị với nhau. Bài báo khai thác công cụ CAN Bus công cụ Matlab&Simulink để mô phỏng diễn biến quá trình truyền nhận thông tin, từ đó cho thấy tính hiệu quả của mạng CAN bus. Kết quả mô phỏng chứng minh tính hiệu quả và ưu thế của kỹ thuật truyền thông CAN bus so với các mạng truyền thông khác.

Từ khóa: Mạng truyền thông CAN, mô phỏng truyền thông CAN bằng Simulink - Matlab.

ABSTRACT

This paper, the theoretical basis and simulation of the CAN Bus system on cars are presented. CAN connects different electronic control units (ECUs) inside the car, the CAN bus system is a common communication system on cars with the task of transmitting information and controlling and monitoring on cars. Valuable information about the status of the car is present on this bus and is useful for monitoring the driver's behavior, the operating status of the car, etc. However, the configuration of this bus is not publicly disclosed by car manufacturers. Therefore, on that basis, a simulation is built using Matlab&Simulink tools for the process of transmitting system information between devices. The paper exploits the CAN bus tool and Matlab&Simulink tools to simulate the process of transmitting and receiving information, thereby showing the effectiveness of the CAN bus network. The simulation results demonstrate the effectiveness and advantages of CAN bus communication technology compared to other communication networks.

Keywords: CAN communication network, CAN communication simulation using Simulink - Matlab.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những chiếc xe hiện đại chứa các hệ thống điện tử và cơ điện tử phức tạp giám sát và điều khiển nhiều chức năng khác nhau của xe. Các hệ thống này hoạt động cùng nhau để tăng cường sự an toàn và thoải mái cho người lái xe. Các hệ thống khác nhau giao tiếp qua một hoặc nhiều bus CAN (Controller Area Network). Do đó, phần lớn thông tin về hoạt động bên trong của xe có thể được tìm hiểu bằng cách kiểm tra lưu lượng bus CAN [3-4]. Thông tin này hữu ích để theo dõi hành vi của người lái xe, tình trạng của xe… liên kết các mô-đun điều khiển điện tử (ECM, TCM, BCM, ABS…) trên cùng một xe thành một mạng lưới giao tiếp thống nhất.

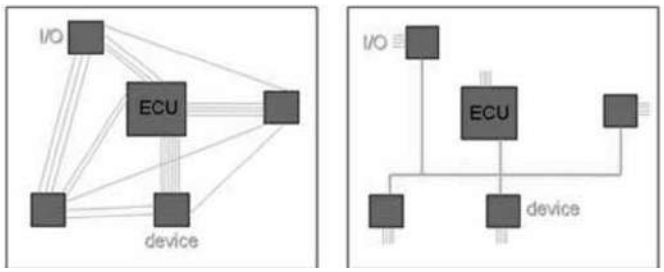
Tuy nhiên, vấn đề là mặc dù giao thức CAN được chuẩn hóa, nhưng việc triển khai thực tế lại khác nhau đối với từng nhà sản xuất và thậm chí khác nhau đối với từng kiểu máy. Các nhà sản xuất ô tô được tự do lựa chọn ID nào biểu diễn dữ liệu nào, cách dữ liệu được biểu diễn… Cấu hình này không được công khai [5-10]. Điều này có nghĩa là lưu lượng CAN bus cho mọi ô tô phải được phân tích và thiết kế ngược để thu thập thông tin hữu ích. Bài báo này dựa vào phương pháp thử và sai và đòi hỏi phải có kiến thức về hoạt động bên trong của các hệ thống con khác nhau của xe.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT HỆ THỐNG

2.1. Hệ thống mạng truyền thông CAN trên xe ô tô

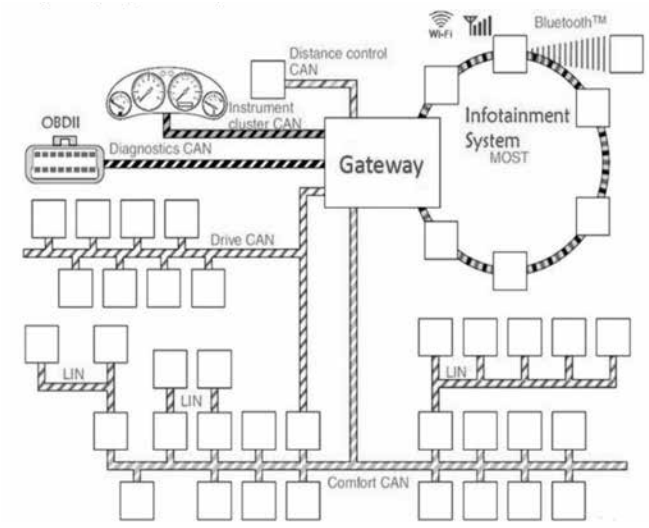
Trong quá trình vận hành, các thiết bị có khả năng tương tác, truyền nhận dữ liệu hiệu quả mà không cần bổ sung đường truyền. Với mục tiêu tối ưu hóa khả năng điều khiển và giảm thiểu số lượng dây dẫn, hệ thống mạng truyền thông hiện được ứng dụng rộng rãi trên mọi phương tiện giao thông, từ xe cá nhân, xe vận tải

hạng nặng, máy móc xây dựng, máy bay, xe quân sự đến xe mô tô [2]. Mỗi đơn vị điều khiển điện tử (ECU) trên ô tô đều tiếp nhận thông tin từ các đơn vị khác, tuy nhiên chỉ xử lý những dữ liệu cần thiết cho hoạt động của chính nó. Công nghệ mạng CAN bus được biết đến rộng rãi trong hệ thống này.



a) *b)*

Hình 1. Hệ thống mạng dây nối riêng biệt trên xe ô tô

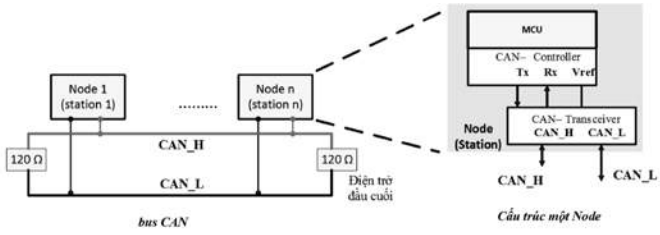


Hình 2. Cấu trúc của mạng CAN trên ô tô

Mạng CAN vùng điều khiển (Controller Area Network - CAN Bus) là giao thức truyền thông giữa các mô-đun điện tử trên xe ô tô, hoạt động hiệu quả trong môi trường nhiễu điện mạnh. Tuân thủ tiêu chuẩn quốc tế ISO 11898, hệ thống CAN cho phép các thiết bị trao đổi dữ liệu dưới dạng các khung tin nhắn mà không cần sự điều khiển trung tâm.

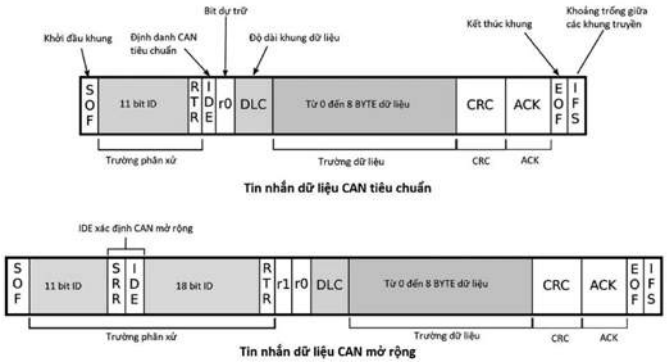
2.2. Cấu trúc mạng truyền thông CAN

Thiết kế này đảm bảo khả năng tương tác tối ưu giữa các thành phần điện tử trên phương tiện. Mạng CAN cấu thành từ hai dây dẫn CAN_H và CAN_L, tạo thành đường truyền với điện trở cuối 120Ω [1]. Mỗi nút mạng (Node/Station) kết nối trực tiếp vào hệ thống này qua cả hai dây CAN_H và CAN_L.



Hình 3. Cấu trúc của mạng CAN

Chuẩn tắc CAN thiết lập nguyên lý hoạt động dựa trên cơ chế AND-wire. Sự đồng thời xuất hiện tín hiệu logic 0 và logic 1 từ bộ điều khiển CAN, thông qua bộ chuyển đổi, lên bus CAN sẽ dẫn đến trạng thái logic 0 (bit ưu tiên) trên bus. Trạng thái bus phụ thuộc độ chênh lệch điện áp CAN_H và CAN_L. Độ chênh thấp hơn ngưỡng tối thiểu (<+0,5 V) biểu thị trạng thái "lặn" (mức 1). Độ chênh vượt ngưỡng tối thiểu (>+0,9 V) là trạng thái "chi phối" (mức 0). Khoảng chênh lệch từ +0,5 V đến +0,9 V gây nhiễu, dẫn đến sai lệch dữ liệu [1].

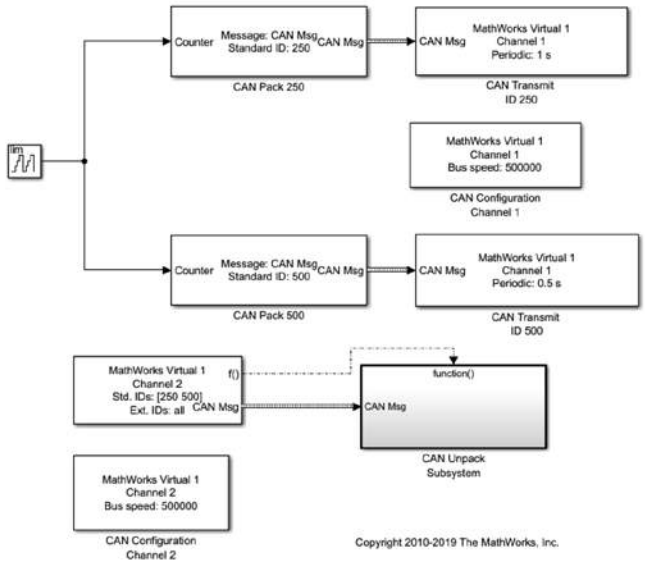


Hình 4. Cấu trúc khung truyền trong mạng CAN bus

Trên hệ thống CAN bus, thông tin được truyền tải dưới dạng các khung dữ liệu, chia thành 4 loại chính: Khung dữ liệu, dùng để truyền thông tin đến một hoặc nhiều điểm đích; khung điều khiển**,** gửi yêu cầu dữ liệu từ các nút khác; khung lỗi, báo hiệu sự cố và khung quá tải thông báo tình trạng quá tải mạng. Công nghệ CAN FD (Flexible Data-rate CAN) ra đời như một bước tiến vượt bậc, khắc phục những hạn chế của CAN truyền thống. CAN FD nâng cao đáng kể khả năng truyền dữ liệu, cho phép tốc độ truyền và dung lượng thông tin lớn hơn. Cụ thể, dung lượng dữ liệu mỗi khung tăng từ 8 byte lên 64 byte (tăng 800%), đồng thời tốc độ truyền tối đa được cải thiện từ 1 Mbps lên 8 Mbps.

3. MÔ PHỎNG ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG

3.1. Xây dựng mô phỏng truyền thông trên xe ô tô



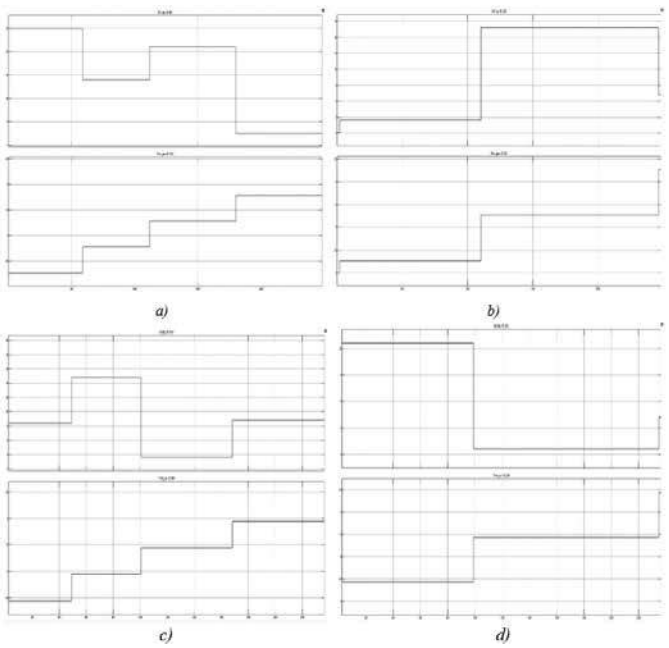
Hình 5. Sơ đồ mô phỏng mạng CAN truyền và nhận dữ liệu qua các thiết bị ảo

Trong mô phỏng này cho thấy cách thiết lập truyền và nhận định kỳ các thông điệp CAN trong Simulink® bằng cách sử dụng các kênh CAN ảo MathWorks®. Các kênh ảo được kết nối trong cấu hình vòng lặp. Vehicle Network Toolbox™ cung cấp các khối Simulink để truyền và nhận các thông điệp trực tiếp qua các mô hình Simulink qua mạng khu vực bộ điều khiển (CAN). Trong mô phỏng này sử dụng các khối CAN Configuration, CAN Pack, CAN Transmit, CAN Receive và CAN Unpack để thực hiện truyền dữ liệu qua bus CAN giao tiếp định kỳ theo thời gian, thể hiện trong Hình 5.

3.2. Kết quả mô phỏng

Tạo một mô hình để truyền hai thông điệp ở các thời điểm khác nhau, chỉ nhận các thông điệp được chỉ định và giải nén thông điệp với một ID được chỉ định. Sử dụng khối CAN Transmit để truyền thông điệp CAN có ID 250 để truyền thông điệp sau mỗi 1 giây thể hiện trong Hình 6b, 6d. Sử dụng khối CAN Transmit khác để truyền thông điệp CAN có ID 500 để truyền thông điệp sau mỗi 0,5 giây thể hiện trong Hình 6a, 6c.

Nhập tín hiệu vào cả hai khối CAN Pack vào bộ đếm tự động tăng với giới hạn là 50. Cả hai khối CAN Transmit đều được kết nối với kênh ảo MathWorks 1. Sử dụng khối CAN Receive để nhận thông điệp CAN từ kênh ảo MathWorks chỉ nhận thông điệp có ID 250 và 500. Khối Receive tạo ra một kích hoạt gọi hàm nếu nó nhận được thông điệp mới tại bất kỳ bước thời gian cụ thể nào. Các khối CAN Unpack nằm trong Hệ thống con gọi hàm. Hệ thống con chỉ được thực thi khi khối CAN Receive nhận được thông điệp mới tại một bước thời gian cụ thể.



Hình 6: a) - Bản tin gửi đến địa chỉ ID 500 sau 0,5s đầu tiên; c) - Bản tin gửi đến địa chỉ ID 500 sau 0,5s tiếp theo; b) - Bản tin gửi đến địa chỉ ID 250 sau 1s; d) - Bản tin gửi đến địa chỉ ID 250 sau 1s tiếp theo

Kết quả mô phỏng hiển thị các tin nhắn ở các mốc thời gian khác nhau. Vẽ biểu đồ kết quả để xem giá trị bộ đếm và mốc thời gian cho mỗi tin nhắn đã giải nén. Trục X trên biểu đồ tương ứng với bước thời gian mô phỏng. Biểu đồ mốc thời gian cho thấy các tin nhắn được gửi vào các thời điểm đã chỉ định. Cũng có thể thấy rằng số lượng tin nhắn được truyền cho ID 250 (Hình 6b, 6d) chỉ bằng một nửa số lượng tin nhắn được truyền cho ID 500 do các tỷ lệ định kỳ khác nhau được chỉ định cho chúng (Hình 6a, 6b).

4. KẾT LUẬN

Hệ thống mạng điều khiển và giám sát hoạt động cho xe ô tô sử dụng mạng CAN bus đã mô phỏng hoàn chỉnh. Trong kết quả mô phỏng cho thấy ưu điểm của phương pháp mạng CAN bus, được trình bày rõ ràng trong các đồ thị đặc tính mô phỏng trong Hình 6. Trong các đặc tính đã cho thấy đánh giá hệ thống mạng CAN bus được quản lý theo địa chỉ truy nhập đến các ECU một cách chính xác và dữ liệu điều khiển, giám sát của gói dữ liệu được gửi đi hoặc đọc trở lại được mô phỏng rõ ràng trong các đặc tính. Vấn đề nghiên cứu áp dụng mạng CAN bus để truyền thông giữa các ECU điều khiển các hệ thống trong xe ô tô là hướng nghiên cứu mới và quan trọng trên các xe ô tô điện hiện đại, với mục tiêu nâng cao tính hiệu quả, chính xác và ổn định trong các hệ thống điều khiển trên xe ô tô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Minh Sơn (2005), Giáo trình mạng truyền thông công nghiệp , NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[2]. Nguyễn Ngọc Tú (2015), Bài giảng Mạng truyền thông trên ô tô, Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên.

[3]. Thomas Huybrechts, Yon Vanommeslaeghe, Dries Blontrock, Gregory Van Barel (January, 2018), Automatic Reverse Engineering of CAN Bus Data Using Machine Learning Techniques, Conference Paper.

[4]. Hongwei (2014), Design and Research on Automotive Controller Area Network Bus Analyzer, Sensors & Transducers, vol.166, Issue 3, IFSA.

[5]. Jakob Axelsson, Joakim Fröberg, Hans Hansson, Christer Norström (2003), A Comparative Case Study of Distributed Network Architectures for Different Automotive Applications, Technical Report, No 478 MRTC.

[6]. G. Cena, A. Valenzano (1997), An improved CAN fieldbusfor industrial applications, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.44, Issue 4, pp.553-564.

[7]. L. Fredriksson (2002), CAN for Critical EmbeddedAutomotive Networks, IEEE Micro, vol.22, Issue 4, pp.28-35.

[8]. Road Vehicles - Interchange of Digital Information - Controller Area Network (CAN) for High-Speed Communication, International Standards Organisation (ISO), ISO Standard-11898, Nov., 1993.

[9]. Road Vehicles (2000), Controller Area Network (CAN), Part 4: Time-Triggered Communication, Iternational Standards Organisation (ISO), ISO Standard-11898-4, December.

[10]. Kopetz, H., Elmenreich, W., Mack, C. (2000), A comparison of LIN and TTP/A, Factory Communication Systems, Proceedings, 2000 IEEE International Workshop on, pp.99-107.

■Ngày nhận bài: 18/4/2025 ■Ngày sửa bài: 02/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/5/2025

Dự đoán biến dạng tới hạn của cột bê tông gia cường CFRP dựa trên mô hình học máy

Predicting the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete based on machine learning models

> TS MAI ANH ĐỨC*, PGS.TS PHẠM ANH ĐỨC
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng
Email: *maduc@dut.udn.vn

TÓM TẮT

Biến dạng tới hạn của cột bê tông (BT) gia cường vải sợi carbon cường độ cao (Carbon fiber reinforced polymer - CFRP) là một trong các thông số quan trọng được sử dụng để xác định khả năng chịu lực của cột BT gia cường CFRP. Nghiên cứu này dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP dựa trên các mô hình học máy. Bộ dữ liệu thực nghiệm bao gồm 318 cột BT gia cường CFRP được sử dụng để huấn luyện và dự báo biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. Kết quả dự báo của các mô hình học máy được so sánh với 2 mô hình thực nghiệm được sử dụng trong các tiêu chuẩn trên thế giới, bao gồm tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 và ACI 440.2R-17. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, các mô hình học máy dự báo khá chính xác biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. Các mô hình học máy dự đoán chính xác hơn các mô hình thực nghiệm trong các tiêu chuẩn được so sánh. Trong các mô hình học máy, mô hình cây ngẫu nhiên và mô hình rừng ngẫu nhiên dự báo chính xác nhất với độ chính xác dự báo cao hơn nhiều so với mô hình thực nghiệm.

Từ khóa: Cột bê tông gia cường CFRP, vải sợi carbon, dự báo biến dạng tới hạn của cột bê tông gia cường CFRP, biến dạng tới hạn của cột bê tông gia cường CFRP, vật liệu FRP, biến dạng tới hạn.

ABSTRACT

The ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete is one of important parameters used to determine the load-carrying capacity of CFRP-strengthened reinforced concrete columns. This study predicted the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete using seven machine learning models. A dataset consisting of 318 experimental results has been assembled from available research studies for training and testing the machine learning models. The accuracy of the machine learning models was compared with that of two empirical stress-strain models recommended in FIB Bulletin 14-2001 and ACI 440.2R-17 standards. The study results showed that the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete obtained by the machine learning models were in a good agreement with the test results. The accuracy of the machine learning models in predicting the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete is higher than that of the empirical stress-strain models. The most accurate machine learning models were the RandomTree and RandomForest models, which outperformed the empirical stress-strain models.

Keywords: CFRP-strengthened concrete, CFRP fiber, predicting the ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete, ultimate axial strain of CFRP-strengthened concrete, FRP materials, ultimate axial strain.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gia cường kết cấu BT cốt thép (BTCT) nói chung và cột BTCT nói riêng bằng vải sợi carbon cường độ cao (Carbon fiber reinforced polymers - CFRP) được xem là một trong những giải pháp tối ưu bởi phương pháp này tận dụng được đặc tính ưu việt của vật liệu CFRP, bao gồm cường độ chịu kéo và mô-đun đàn hồi lớn, trọng lượng nhẹ, thời gian thi công nhanh [1-3]. Dự đoán chính xác biến dạng tới hạn của cột BT gia cường vải sợi CFRP (sau đây gọi là cột BT gia cường CFRP) đóng vai trò quan trọng trong việc xác định khả năng chịu tải của cột BTCT được gia cường CFRP [4, 5]. Nhiều nghiên cứu đã được triển khai nhằm xây dựng mô hình ứng suất-biến dạng để dự đoán trạng thái tới hạn (cường độ chịu nén và biến dạng tới hạn) của cột BT gia cường FRP [6, 7]. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu cũng xây dựng mô hình biến dạng nhằm dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường FRP [8]. Các nghiên cứu hiện nay đã đề xuất hơn 80 mô hình ứng suất-biến dạng để dự đoán trạng thái tới hạn của cột BT gia cường FRP [9]. Các mô hình này được chia thành các mô hình định hướng thiết kế (designed-oriented stress-strain models) và mô

hình định hướng phân tích (analysis-oriented stress-strain models) [9, 10]. Các mô hình định hướng thiết kế được hiểu là các mô hình thực nghiệm, được xây dựng dựa trên dữ liệu thực nghiệm. Các mô hình thực nghiệm biểu diễn mối quan hệ tuyến tính hoặc phi tuyến giữa giá trị dự báo và biến đầu vào. Do đặc tính đơn giản và dễ sử dụng của các mô hình thực nghiệm định hướng thiết kế, nên các tiêu chuẩn hiện hành (ví dụ tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 [11] và tiêu chuẩn ACI 440.2R-17 [12]) sử dụng các mô hình thực nghiệm định hướng thiết kế làm công thức tính toán trạng thái tới hạn của cột BT gia cường FRP. Bên cạnh các ưu điểm trên, một số nghiên cứu cho thấy rằng kết quả dự báo của các mô hình thực nghiệm có sai lệch đáng kể so với kết quả thực nghiệm [9]. Sự sai lệch giữa kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm có thể được giải thích nguyên nhân bởi mô hình thực nghiệm được xây dựng dựa trên một bộ dữ liệu nhất định, do đó việc áp dụng các mô hình thực nghiệm đối với bộ dữ liệu mới, đặc biệt đối với bộ dữ liệu lớn về biến dạng tới hạn của các cột BT gia cường FRP có những sai khác đáng kể.

Mô hình học máy đang được sử dụng ngày càng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng, đặc biệt đối với các bài toán dự báo bởi khả năng ưu việt của các mô hình học máy trong việc mô hình hóa mối quan hệ phi tuyến và đa chiều giữa đầu vào và đầu ra của dữ liệu [13, 14]. Một số nghiên cứu ứng dụng mô hình học máy trong dự báo trạng thái tới hạn của cột BT gia cường FRP [15-19]. Kết quả nghiên cứu được thực hiện bởi Cevik and Guzelbey [19] về dự đoán cường độ chịu nén của cột BT gia cường CFRP sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo cho thấy rằng kết quả dự báo về cường độ chịu nén của BT tái chế thu được từ mô hình mạng nơ-ron nhân tạo ANN gần với kết quả thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu về dự báo cường độ chịu nén của cột BT gia cường CFRP thông qua thuật toán gen (Genetic programming) và hồi quy từng bước (Stepwise regression) được thực hiện bởi Cevik et al. [15] chỉ ra rằng mô hình học máy đề xuất dự báo khá chính xác cường độ chịu nén của cột BT gia cường CFRP. Bên cạnh đó, nghiên cứu tiến hành bởi Naderpour et al. [17] nhằm dự báo cường độ cột BT gia cường FRP sử dụng mô hình ANN kết luận rằng rằng mô hình ANN dự đoán khá chính xác cường độ chịu nén của cột BT gia cường FRP. Tổng quan các nghiên cứu ứng dụng mô hình học máy trong dự đoán trạng thái tới hạn của cột BT gia cường FRP cho thấy rằng, hầu hết các nghiên cứu tập trung dự báo cường độ của cột BT gia cường FRP, trong khi rất ít các nghiên cứu ứng dụng mô hình học máy để dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. Do đó, nghiên cứu này ứng dụng các mô hình học máy để dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. 7 mô hình học máy được sử dụng để dự báo biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP bao gồm mô hình hồi quy (Linear regression), mô hình hồi quy máy vector hỗ trợ (Support vector regression), mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial neural network), M5P, M5Rules, cây ngẫu nhiên (RandomTree) và rừng ngẫu nhiên (Random Forest).

2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH DỰ BÁO

2.1. Mô hình dự báo định hướng thiết kế

2.1.1. Mô hình biến dạng theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001

FIB Bulletin 14-2001 [11] sử dụng mô hình dự báo biến dạng đề xuất bởi Spoelstra and Monti [20] để dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường FRP. Biến dạng tới hạn được xác định bởi công thức sau:

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{co}\left(2 + 1.25\frac{E_c}{f_{co}}\varepsilon_{fu}\sqrt{\frac{f_l}{f_{co}}}\right) \quad (1)$$

$$f_l = \frac{2E_f n t_f \varepsilon_{fu}}{D} \quad (2)$$

2.1.2. Mô hình biến dạng theo Tiêu chuẩn ACI

ACI-440.2R-17 [21] sử dụng mô hình biến dạng đề xuất bởi Lam and Teng [10] để dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường FRP. Biến dạng tới hạn của cột BT gia cường FRP được xác định như sau:

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{co}\left[1.5 + 12\left(\frac{f_l}{f_{co}}\right)\left(\frac{0.58\varepsilon_{fu}}{\varepsilon_{co}}\right)^{0.45}\right] \quad (3)$$

$$f_l = \frac{2E_f n t_f \varepsilon_{fe}}{D} \quad (4)$$

Trong đó: ε_{co} và f_{co} - Lần lượt là biến dạng tới hạn cường độ chịu nén của cột BT không gia cường FRP; E_c và β_f - Lần lượt là mô-đun đàn hồi của BT và FRP; f_l - Áp lực ngang tác dụng lên BT sinh ra bởi lớp vỏ FRP; ε_{fu} - Biến dạng lớn nhất của vật liệu FRP; n_{tf} - Tổng chiều FRP; D - Đường kính cột BT.

2.2. Mô hình học máy

2.2.1. Mô hình hồi quy tuyến tính (Linear regression)

Mô hình hồi quy tuyến tính biểu diễn mối quan hệ giữa biến biến phụ thuộc (biến mục tiêu; y') và các biến độc lập (biến độc lập; $x_1, x_2,\ldots,x_i$) thông qua công thức sau:

$$y' = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_p x_p + \epsilon \quad (5)$$

Trong đó: β_i - Hệ số chặn; β_i - Hệ số hồi quy; ε - Sai số ngẫu nhiên.

2.2.2. Mô hình máy vector hỗ trợ (Support vector regression)

Mô hình máy vector hỗ trợ (SVR) được phát triển bởi Vapnik [22] là mô hình được sử dụng khá phổ biến trong trong các bài toán hồi quy tuyến tính. Mô hình SVR sử dụng hàm hạnh nhân (Kernel function) để ánh xạ dữ liệu vào không gian nhiều chiều, từ đó cho phép mô hình hóa các mối quan hệ phi tuyến giữa các biến đầu vào và biến đấu ra bằng một hàm số toán học. Hàm số toán học được biểu diễn bởi siêu phẳng cho phép các điểm dữ liệu nằm trong khoảng sai số xung quanh hàm này. Hàm số thể hiện mỗi quan hệ giữa đầu vào và đầu ra được biểu diễn bởi công thức sau:

$$f(x) = w^T x + b \quad (6)$$

Trong đó: w - Vector trọng số; x - Đặc trưng đầu vào; b - Độ lệch.

2.2.3. Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) là một mô hình học máy được xây dựng dựa trên cấu trúc và hoạt động của mạng nơ-ron sinh học trong não người. Mô hình ANN bao gồm nhiều lớp (Layers) kết nối với nhau, trong đó lớp đầu tiên gọi là lớp đầu vào (Input layer), lớp cuối cùng gọi là lớp đầu ra (Output layer) và các lớp giữa lớp đầu tiên và lớp cuối cùng gọi là các lớp ẩn (Hidden layers). Mỗi lớp chứa một hoặc nhiều nơ-ron đóng vai trò là các đơn vị xử lý. Các nơ-ron ở mỗi lớp thực hiện hai chức năng chính, bao gồm tổng hợp dữ liệu đầu vào (x_j) bằng cách tính tổng trọng số (công thức (7)) và xác định giá trị đầu ra thông qua hàm kích hoạt [σ(z)] (công thức (8)).

$$z = \sum w_{i,j} x_j + b \quad (7)$$

$$a = \sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (8)$$

Trong đó: w_{ij} - Trọng số của các giá trị đầu vào và b - Độ chệch (Bias).

2.2.4. Mô hình M5P

Mô hình M5P được xây dựng bằng cách kết hợp giữa cây quyết định và hồi quy tuyến tính, trong đó mô hình cây quyết định được sử dụng để phân chia dữ liệu thành các nhóm dữ liệu có đặc tính tương tự nhau tại các nút của cây trong khi mô hình hồi quy tuyến tính được sử dụng để biểu diễn đặc trưng của nhóm dữ liệu tại mỗi lá. Sau khi cây được phát triển đầy đủ, mô hình M5P sử dụng kỹ thuật cắt tỉa để loại bỏ các nhánh không cải thiện độ chính xác của mô hình nhằm đơn giản hóa mô hình cũng như loại bỏ hiện tượng quá khớp.

2.2.5. Mô hình M5Rules

Mô hình M5Rules được xem là mô hình cải tiến của mô hình M5P, trong đó M5Rules kết hợp giữa các tập luật dạng nếu - thì để xây dựng cây quyết định từ gốc đến lá với mô hình hồi quy tuyến tính ở lá để biểu diễn đặc trưng của nhóm dữ liệu. Quy luật nếu-thì ở nút lá tốt nhất được sử dụng làm quy luật nếu-thì của mô hình M5Rules.

2.2.6. Mô hình rừng ngẫu nhiên (RandomForest)

Mô hình rừng ngẫu nhiên hoạt động bằng cách kết hợp nhiều cây quyết định thông qua giá trị trung bình của các cây quyết định. Việc dựa trên kết quả của các cây quyết định giúp mô hình rừng ngẫu nhiên giảm thiểu hiện tượng quá khớp (Overfitting) và cải thiện hơn các mô hình cây riêng lẻ. Rừng ngẫu nhiên được xây dựng dựa trên 2 nguyên tắc chính là lựa chọn mẫu có hoàn lại để xây dựng cây quyết định và lựa chọn ngẫu nhiên đặc trưng. Đối với nguyên tắc đầu tiên, rừng ngẫu nhiên tạo ra nhiều tập dữ liệu con từ tập dữ liệu gốc thông qua kỹ thuật lấy mẫu có hoàn lại (Boostrap Sampling), sau đó mỗi tập dữ liệu được sử dụng để xây dựng một cây quyết định độc lập. Đối với nguyên tắc thứ hai, thuật toán chỉ chọn ngẫu nhiên một tập hợp con các đặc trưng thay vì xem xét tất cả các đặc trưng để xây dựng mỗi nút của cây quyết định.

2.2.7. Mô hình cây ngẫu nhiên (RandomTree)

Mô hình cây ngẫu nhiên là một phiên bản đơn giản của rừng ngẫu nhiên, trong đó cây ngẫu nhiên chỉ đề cập đến một cây duy nhất được xây dựng bằng cách áp dụng các yếu tố ngẫu nhiên. Để xây dựng cây ngẫu nhiên, đầu tiên mô hình tiến hành lựa chọn ngẫu nhiên tập con dữ liệu huấn luyện. Tại mỗi nút chia của cây ngẫu nhiên chỉ xét một tập con ngẫu nhiên của các đặc trưng thay vì xét tất cả các đặc trưng.

3. DỮ LIỆU THỰC NGHIỆM

Bảng 1. Thống kê dữ liệu thực nghiệm sử dụng dự báo biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Thống kê			
			Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Đường kính (D)	x_1	mm	50	406,4	158,21	59,36
Cường độ chịu nén BT (f'_{co})	x_2	MPa	6,2	55,2	35,27	11,22
Biến dạng tới hạn của BT(ε_{co})	x_3	(%)	0,17	0,63	0,24	0,05
Mô-đun đàn hồi FRP (E_{frp})	x_4	GPa	25	262	198,78	64,90
Cường độ chịu kéo FRP (f_{frp})	x_5	MPa	350	4.510,00	3.062,97	1.151,85
Chiều dày FRP (t_{frp})	x_6	mm	0,11	5,84	0,66	0,83
Biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP (ε_{cu})	y	%	0,25	10,40	1,89	1,44

Dữ liệu được sử dụng để huấn luyện và đánh giá độ chính xác của các mô hình học máy và mô hình thực nghiệm chứa 318 dữ liệu thực nghiệm. Bộ dữ liệu thực nghiệm được thu thập từ các nghiên cứu được thống kê và tổng hợp bởi Ozbakkaloglu and Lim [7]. Để dự đoán biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP (ε_{cu}) ký hiệu là y, 6 thông số đầu vào ký hiệu từ x_1 đến x_6 bao gồm: (1) đường kính cột BT (D); (2) cường độ chịu nén của BT (f'_{co}); (3) biến dạng tới hạn của BT (ε_{co}); (4) mô-đun đàn hồi cúac CFRP (E_{frp}); (5) cường độ chịu kéo của CFRP (E_{frp}); (6) chiều dày của CFRP (t_{frp}). Tóm tắt về dữ liệu thực nghiệm được mô tả trong Bảng 1.

4. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG DỰ BÁO CỦA MÔ HÌNH HỌC MÁY

4.1. Chỉ số thống kê

Để đánh giá mức độ chính xác của các mô hình học máy, 4 chỉ số thống kê được sử dụng gồm: Hệ số tương quan (Correlation coefficient - R), sai số tuyệt đối trung bình phần trăm (Mean Absolute Percentage Error -MAPE, căn bậc hai của sai số bình phương trung bình (Root mean square error - RMSE) và sai số tuyệt đối trung bình (Mean absolute error - MAE). Các chỉ số này được tính toán dựa trên các công thức sau:

$$R = \frac{n\sum yy' - (\sum y)(\sum y')}{\left(\sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}\right)\sqrt{n((\sum y'^2) - (\sum y')^2}} \quad (9)$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left|\frac{y - y'}{y}\right| \quad (10)$$

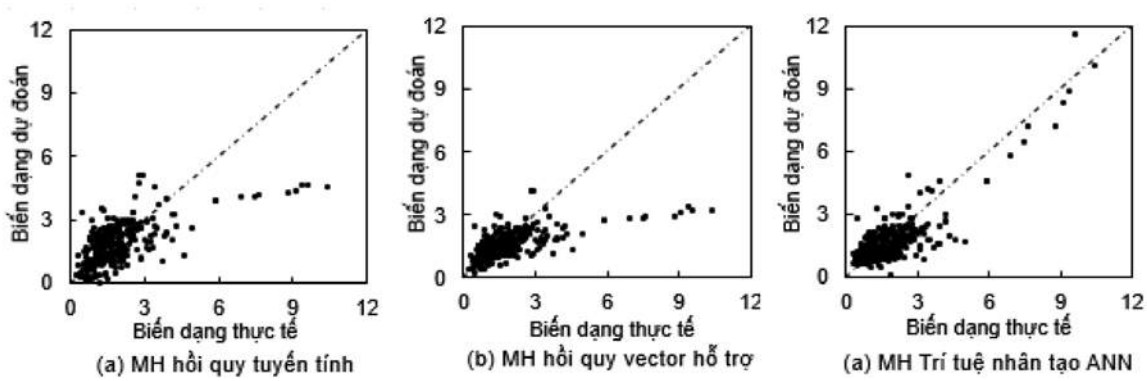
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}(y - y')^2} \quad (11)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}|y - y'| \quad (12)$$

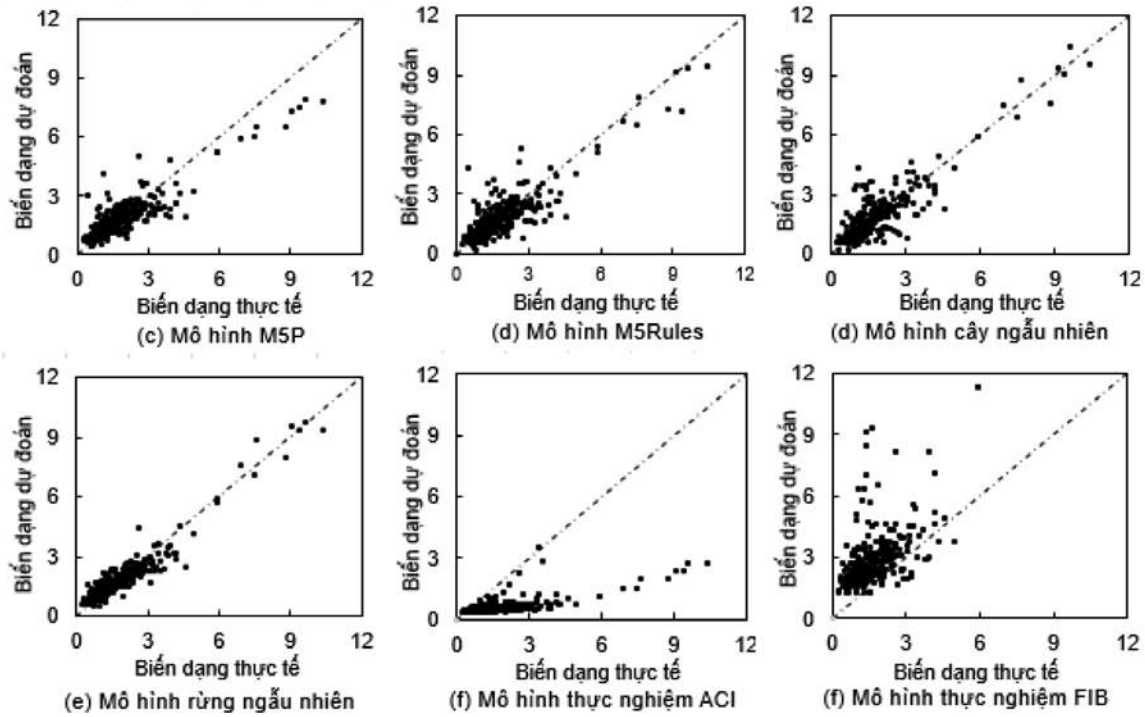
Trong đó: y - Giá trị thực tế; y' - Giá trị dự đoán; n - Số lượng mẫu thực thực tế thu thập được.

4.2. Độ chính xác của các mô hình dự báo

Kết quả dự báo về biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP được so sánh với kết quả thực nghiệm để đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo. Tương quan giữa kết quả dự báo thu được từ các mô hình học máy và mô hình thực nghiệm với kết quả thực nghiệm được thể hiện trong Hình 2.



(a) MH hồi quy tuyến tính (b) MH hồi quy vector hỗ trợ (a) MH Trí tuệ nhân tạo ANN



Hình 2. Biểu đồ tương quan giữa kết quả dự báo từ các mô hình và kết quả thực nghiệm

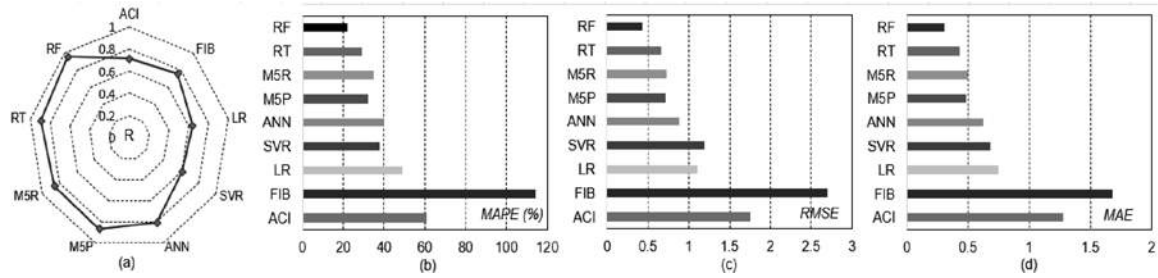
Hình 2 cho thấy rằng, các điểm biểu diễn sự tương quan giữa kết quả dự báo của mô hình học máy và kết quả thực nghiệm phân bổ dọc theo đường chéo của biểu đồ tương quan. Trong khi đó, các điểm biểu diễn sự tương quan giữa kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm của mô hình thực nghiệm nằm lệch về một phía đường chéo của biểu đồ tương quan. Sự phân bố của các điểm biểu diễn sự tương quan giữa kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, các mô trình trí tuệ nhân tạo dự báo khá chính xác biến dạng tới bạn của cột BT gia cường CFRP, trong khi kết quả dự báo về biến dạng tới hạn của mô hình thực nghiệm có sai khác đáng kể so với kết quả thực nghiệm.

Trong các mô hình học máy, các điểm tương quan giữa giá trị dự báo và thực nghiệm của mô hình cây ngẫu nhiên và rừng ngẫu nhiên phân bổ gần sát với đường chéo của biểu đồ tương quan nhất, trong khi các điểm tương quan giữa giá trị dự báo và thực nghiệm của mô hình hồi quy tuyến tính và mô hình máy vector hỗ trợ xa đường chéo nhất. Điều này cho thấy, trong các mô hình học máy, mô hình cây ngẫu nhiên và mô hình rừng ngẫu nhiên dự báo chính xác nhất biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP, các mô hình hồi quy tuyến tính và mô hình hồi quy vector hỗ trợ dự báo có nhiều sai lệch nhất trong các mô hình học máy. Đối với các mô hình thực nghiệm, kết quả dự báo biến dạng tới hạn của mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn ACI 440.2R-17 thấp hơn giá trị thực nghiệm, trong khi kết quả dự báo biến dạng tới hạn của mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 cao hơn giá trị thực nghiệm. Điều này cho thấy rằng, các mô hình thực nghiệm dự báo chưa chính xác biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP.

Các chỉ số thống kê để đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo được thể hiện trong Bảng 2. Hình 3a đến 3d so sánh độ chính xác của các mô hình dự báo ứng với từng chỉ số đánh giá. Bảng 2 và Hình 3 cho thấy rằng, các chỉ số thống kê khác nhau thể hiện độ chính xác của các mô hình dự báo là khác nhau. Theo chỉ số tương quan R, mô hình hồi quy tuyến tính và mô hình hồi quy vector hỗ trợ có độ chính xác dự báo là thấp nhất, trong khi mô hình rừng ngẫu nhiên và cây ngẫu nhiên có độ chính xác dự báo là tốt nhất. Kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình dựa trên chỉ số R có sự khác biệt đáng kể so với kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình dựa trên biểu đồ tương quan giữa kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm. Kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình dựa trên chỉ số hệ số tương quan R về độ chính xác của mô hình rừng ngẫu nhiên và cây ngẫu nhiên thống nhất với kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình dựa trên biểu đồ tương quan giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế. Dựa trên các chỉ số thống kê MAPE, RMSE và MAE, mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 có độ chính xác thấp nhất. Độ chính xác của mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn ACI 440.2R-17 mặc dù cao hơn mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 nhưng thấp hơn nhiều các mô hình trí học máy được sử dụng để đánh giá. Mô hình có độ chính xác cao nhất là mô hình rừng ngẫu nhiên, tiếp theo là mô hình cây ngẫu nhiên.

Bảng 2. So sánh hiệu suất của các mô hình dự báo dựa trên các chỉ số thống kê

TT	Mô hình	Chỉ số thống kê					TT	Mô hình	Chỉ số thống kê			
		R	MAPE (%)	RMSE	MAE				R	MAPE (%)	RMSE	MAE
1	Tiêu chuẩn ACI	0,71	61	1,75	1,28		6	M5P	0,87	32	0,72	0,48
2	Tiêu chuẩn FIB	0,75	114	2,7	1,68		7	M5Rules	0,86	35	0,73	0,50
3	Hồi quy tuyến tính	0,64	49	1,1	0,75		8	RandomTree	0,89	29	0,66	0,43
4	Hồi quy vector hỗ trợ	0,61	38	1,19	0,68		9	RandomForest	0,95	22	0,43	0,31
5	Mạng nơ-ron nhân tạo	0,81	40	0,88	0,62							



Hình 3. So sánh độ chính xác của các mô hình dự báo dựa trên chỉ số thống kê: (a) R; (b) MAPE (%), (c) RMSE, (d) MAE

Theo chỉ số thống kê R, mô hình rừng ngẫu nhiên có độ chính xác cao nhất (R=0,95), tiếp theo là mô hình cây ngẫu nhiên (R=0,89), trong khi mô hình vector hỗ trợ là thấp nhất (R=0,61), tiếp sau là mô hình hồi quy tuyến tính (R=0,64). Độ chính xác dự báo của mô hình rừng ngẫu nhiên cao hơn độ chính xác của mô hình hình máy vector hỗ trợ là 55,8%. Trong các mô hình thực nghiệm, mô hình theo tiêu chuẩn ACI 440.2R-17 có độ chính xác thấp nhất (R=0,71), cao hơn độ chính xác của mô hình vector hỗ trợ 14,1%. Theo các chỉ số MAPE, RMSE, MAE, mô hình rừng ngẫu nhiên có độ chính xác cao nhất, tiếp theo là mô hình cây ngẫu nhiên, trong khi mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 có độ chính xác thấp nhất. Độ chính xác của mô hình rừng ngẫu nhiên và cây ngẫu nhiên theo chỉ số MAPE lần lượt cao hơn độ chính xác của mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 là 80,7% và 74,6%. Theo chỉ số RMSE, mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 có độ chính xác thấp hơn mô hình rừng ngẫu nhiên và cây ngẫu nhiên lần lượt là 75,6 và 84,1%. Theo chỉ số MAE, độ chính xác của mô hình thực nghiệm theo tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 thấp hơn các mô hình cây ngẫu nhiên và rừng ngẫu nhiên lần lượt là 74,4% và 81,6%.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng các mô hình học máy trong dự báo biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. Độ chính xác của các mô hình dự báo được so sánh với 2 mô hình thực nghiệm được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế FIB Bulletin 14-2001và ACI 440.2R-17. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, các mô hình học máy dự báo khá chính xác biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP. Các mô hình học máy dự báo biến dạng tới hạn của cột BT gia cường CFRP tốt hơn các mô hình thực nghiệm được sử dụng trong các tiêu chuẩn FIB Bulletin 14-2001 và ACI 440.2R-17. Trong các mô hình học máy, mô hình cây ngẫu nhiên và rừng ngẫu nhiên có độ chính xác lớn nhất. Độ chính xác dự báo của mô hình cây ngẫu nhiên và rừng ngẫu nhiên cao hơn nhiều độ chính xác của mô hình thực nghiệm được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế FIB Bulletin 14-2001 và ACI 440.2R-17.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài khoa học công nghệ cấp bộ năm 2023 với mã số B2023.DNA.15.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. Shayanfar, J. A. Barros and M. Rezazadeh (2022), Unified model for fully and partially FRP confined circular and square concrete columns subjected to axial compression, Eng. Struct., vol.251, p.113355, 2022/01/15, doi: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113355.

[2]. A. D. Mai, M. N. Sheikh, K. Yamakado and M. N. S. Hadi (2020), Nonuniform CFRP Wrapping to Prevent Sudden Failure of FRP Confined Square RC Columns, J. Compos. Constr., vol.24, no.6, p.04020063, doi: doi:10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0001077.

[3]. S. Vuggumudi and P. Alagusundaramoorthy (2018), FRP Strengthened RC Rectangular Columns Under Combined Axial and Lateral Loading: Analytical Study, Struct., vol.14, pp.88-94, 2018/06/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.02.007.

[4]. Y.-Y. Wei and Y.-F. Wu (2012), Unified stress-strain model of concrete for FRP-confined columns, Constr. Build. Mater., vol.26, no.1, pp.381-392, 2012/01/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.037.

[5]. G. Wu, Z. S. Wu and Z. T. Lü (2007), Design-oriented stress–strain model for concrete prisms confined with FRP composites, Constr. Build. Mater., vol.21, no.5, pp.1107-1121, 2007/05/01, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2005.12.014.

[6]. J. C. Lim and T. Ozbakkaloglu (2015), Unified Stress-Strain Model for FRP and Actively Confined Normal-Strength and High-Strength Concrete, J. Compos. Constr., vol.19, no.4, p.04014072, doi: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000536.

[7]. T. Ozbakkaloglu and J. C. Lim (2013), Axial compressive behavior of FRP-confined concrete: Experimental test database and a new design-oriented model, Compos. Part B: Eng., vol.55, pp.607-634, doi: 10.1016/j.compositesb.2013.07.025.

[8]. A. D. Mai, M. N. Sheikh and M. N. S. Hadi (2021), Strain model for discretely FRP confined concrete based on energy balance principle, Eng. Struct., vol.241, p.112489, 2021/08/15, doi: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112489.

[9]. T. Ozbakkaloglu, J. C. Lim and T. Vincent (2013), FRP-confined concrete in circular sections: Review and assessment of stress-strain models, Eng. Struct., vol.49, pp.1068-1088, doi: 10.1016/j.engstruct.2012.06.010.

[10]. L. Lam and J. G. Teng (9/2003), Design-oriented stress–strain model for FRP-confined concrete, Constr. Build. Mater., vol.17, no.6-7, pp.471-489, doi: 10.1016/S0950-0618(03)00045-X.

[11]. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures, FIB (The International Federation for Structure Concrete), 2001.

[12]. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM (American Society for Testing and Materials), 2017.

[13]. A. Raza et al. (2020), Prediction of axial load-carrying capacity of GFRP-reinforced concrete columns through artificial neural networks, Struct., vol.28, pp.1557-1571, 2020/12/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.10.010.

[14]. Q. Ren, Y. Shen and M. Li (2022), Hybrid intelligence approach for performance estimation of rectangular CFST columns under different loading conditions, Struct., vol.39, pp.720-738, 2022/05/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.03.068.

[15]. A. Cevik, M. T. Göğüş, İ. H. Güzelbey and H. Filiz (2010), Soft computing based formulation for strength enhancement of CFRP confined concrete cylinders, Advances in Engineering Software, vol.41, no.4, pp.527-536, 2010/04/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.10.015.

[16]. A. Cevik (2011), Modeling strength enhancement of FRP confined concrete cylinders using soft computing, Expert Systems with Applications, vol.38, no.5, pp.5662-5673, 2011/05/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.069.

[17]. H. Naderpour (2010), A. Kheyroddin and G. G. Amiri, Prediction of FRP-confined compressive strength of concrete using artificial neural networks, Compos. Struct., vol.92, no.12, pp.2817-2829, 2010/11/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2010.04.008.

[18]. H. Naderpour, K. Nagai, P. Fakharian and M. Haji (2019), Innovative models for prediction of compressive strength of FRP-confined circular reinforced concrete columns using soft computing methods, Compos. Struct., vol.215, pp.69-84, 2019/05/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.02.048.

[19]. A. Cevik and I. H. Guzelbey (2008), Neural network modeling of strength enhancement for CFRP confined concrete cylinders, Building and Environment, vol.43, no.5, pp.751-763, 2008/05/01, doi: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.036.

[20]. M. R. Spoelstra and G. Monti (1999), FRP-confined concrete model, J. Compos. Constr., Article vol.3, no.3, pp.143-150, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0268(1999)3:3(143).

[21]. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, ACI (American Concrete Institute), 2017.

[22]. V. N. Vapnik (1995), The nature of statistical learning theory, Springer-Verlag. United States, New York: Springer-Verlag.

■Ngày nhận bài: 21/4/2025 ■Ngày sửa bài: 08/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 20/5/2025

Mô hình hóa và phân tích sức chịu tải của nền đất yếu gia cố cọc xi măng đất dưới tác dụng của nền đường đắp sử dụng mô hình Mohr-Coulomb và phương pháp FEM

Numerical modeling and analysis of the bearing capacity of soft soil reinforced with soil cement columns under embankment loading using the Mohr-coulomb model and the Finite element method (FEM)

> TS ĐÀO PHÚC LÂM[1]*, THS LÊ HỮU VƯƠNG[2], THS NGUYỄN HỮU BÌNH[3]
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[2]Ban Quản lý dự án Cảng Hàng không ACV
[3]Công ty Cổ phần Xây dựng & Nhân lực Việt Nam
Email: *lamdp@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn (FEM) để đánh giá ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách cọc xi măng đất đến sức chịu tải của nền đất yếu dưới nền đường đắp, với mô hình vật liệu Mohr-Coulomb. Kết quả cho thấy tăng đường kính hoặc giảm khoảng cách cọc đều cải thiện đáng kể sức chịu tải và giảm độ lún. Mối quan hệ này được thể hiện qua tỷ lệ diện tích thay thế (As), trong đó As cao hơn tương ứng với sức chịu tải lớn hơn. Những kết quả này là cơ sở quan trọng cho việc thiết kế tối ưu hệ cọc xi măng đất.

Từ khóa: Cọc xi măng đất, sức chịu tải nền đất yếu, phương pháp phần tử hữu hạn, tỷ lệ diện tích thay thế.

ABSTRACT

This paper employs the finite element method (FEM) to assess the influence of the geometric parameters of cement-soil columns-specifically diameter and spacing-on the bearing capacity of soft soils reinforced beneath subgrades, using the Mohr-Coulomb constitutive model. The results indicate that increasing the column diameter or reducing the spacing significantly enhances bearing capacity while reducing settlement. This relationship is effectively characterized by the replacement area ratio (As), where a higher As corresponds to greater bearing capacity. These findings provide a critical basis for the optimal design of cement-soil column reinforcement systems.

Keywords: Cement-soil columns, bearing capacity of soft soil, finite element method (FEM), replacement area ratio (As).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một quốc gia có nhiều vùng đất yếu, đặc biệt là tại các lưu vực sông lớn như sông Hồng và sông Mê Kông, cũng như dọc theo các dòng sông và bờ biển. Việc xây dựng cơ sở hạ tầng, bao gồm cả các tuyến đường giao thông, trên nền đất yếu với điều kiện địa chất phức tạp đặt ra những thách thức đáng kể, đòi hỏi các giải pháp gia cố nền đất yếu phù hợp và tiên tiến để đảm bảo sức chịu tải, độ lún cho phép và độ ổn định của công trình.

Công nghệ cọc xi măng đất (cọc đất-xi măng) đã nổi lên như một giải pháp hiệu quả và được áp dụng rộng rãi tại Việt Nam cho nhiều mục đích, bao gồm gia cố nền đường. Công nghệ này có những ưu điểm nổi bật như khả năng xử lý đến độ sâu lớn, phù hợp với nhiều loại đất yếu (từ cát thô đến bùn sét yếu) và có thể thi công trong điều kiện hiện trường khó khăn (chật hẹp, ngập nước). Việc gia tăng cường độ của cọc bằng cách tăng hàm lượng xi măng cũng giúp cọc đạt sức chịu tải lớn.

Tuy nhiên, việc áp dụng công nghệ cọc xi măng đất vẫn còn một số hạn chế, dẫn đến hiệu quả chưa tối ưu và thiết kế đôi khi chưa tối ưu về kinh tế, kỹ thuật. Một trong những nguyên nhân chính được xác định là do sự thiếu rõ ràng về ảnh hưởng trực tiếp của các thông số hình học của cọc, cụ thể là đường kính và khoảng cách giữa các cọc xi măng đất. Thực tế đã chỉ ra rằng, các tham số này có ảnh hưởng đáng kể đến ứng xử cơ học của nền đường đắp, bao gồm sức mang tải, độ lún và tính ổn định tổng thể. Điều này gây khó khăn trong việc dự báo chính xác ứng xử của nền và lựa chọn phương án thiết kế gia cố tối ưu.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về cọc xi măng đất, tập trung vào ảnh hưởng của hàm lượng xi măng hoặc công nghệ thi công, nhưng các nghiên cứu chuyên sâu về ảnh hưởng định lượng của đường kính và khoảng cách cọc xi măng đến ứng xử cơ học của nền đường đắp còn tương đối hạn chế. Sự thiếu hiểu biết rõ ràng này cản trở việc thiết kế tối ưu phương án gia cố nền đất yếu bằng công nghệ trộn sâu.

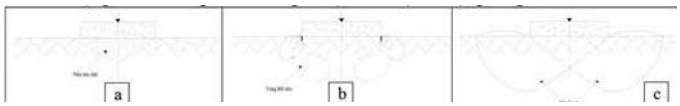
Nhằm làm rõ khoảng trống kiến thức trên, nghiên cứu này tập trung vào việc phân tích định lượng ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách cọc xi măng đất đến ứng xử cơ học của nền đường

đắp. Các mục tiêu cụ thể của nghiên cứu là làm rõ ảnh hưởng của các tham số này đến sức chịu tải, độ lún và kết quả phân tích ổn định tổng thể của nền sau gia cố.

Để đạt được mục tiêu này, nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình hóa số thông qua phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), cụ thể là phần mềm Plaxis 2D. Một nghiên cứu tham số (parametric study) được tiến hành để đánh giá định lượng ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách cọc đến ứng xử cơ học của nền. Kết quả sơ bộ chỉ ra rằng cả đường kính và khoảng cách cọc (hay mật độ gia cố) đều có ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải của nền phức hợp, với việc tăng đường kính hoặc giảm khoảng cách (tăng mật độ gia cố) sẽ làm tăng sức chịu tải.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quan sát Hình 1 dưới đây, ta thấy rằng đất nền sẽ trải qua các giai đoạn biến dạng: Ban đầu là nén chặt tuyến tính (Hình 1a), sau đó chuyển sang phi tuyến với sự phát triển của các vùng biến dạng dẻo cục bộ (Hình 1b). Khi tải trọng tác dụng, p, vượt quá tải trọng giới hạn, p_{gh}, các vùng biến dạng dẻo này sẽ phát triển rộng và nối liền với nhau, dẫn đến sự phá hoại của đất nền (trượt theo mặt trượt và trồi ra ngoài), làm nền đất mất ổn định và mất khả năng chịu tải (Hình 1c). Sự làm việc này phản ánh đặc trưng của đất yếu là có độ bền, độ ổn định thấp, tính biến dạng lớn và không có khả năng ổn định khi chịu tải trọng công trình.



Hình 1. Các giai đoạn làm việc của đất nền

Dựa trên cơ chế làm việc của nền đất, nhiều lý thuyết tính toán và dự báo sức chịu tải đã được phát triển, trong đó có nhóm phương pháp giải tích. Các biểu thức tính sức chịu tải trong nhóm này chủ yếu dựa trên các nghiên cứu nền tảng về móng nông của Prandtl (1921), Reissner (1924) và đặc biệt là Terzaghi (1943). Những lý thuyết này xem xét hiện tượng chọc thủng của một nêm đất xuyên qua một bán không gian đồng nhất, không có trọng lượng, trong điều kiện biến dạng phẳng.

Phương pháp Prandle: Prandl (1921) cho rằng, tại mặt trượt cuối cùng đất nền dưới đáy móng hình thành khối lăng thể trượt acbd gồm ba vùng (Hình 2a): Vùng I: Vùng chủ động; Vùng II: Vùng chuyển tiếp; Vùng III: Vùng bị động.

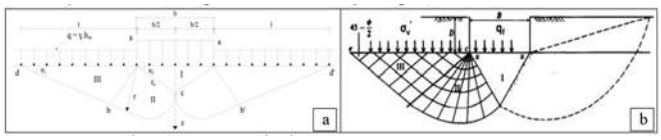
Theo Prandl (1921), sức chịu tải của đất nền được xác định như sau:

$$q_c = c' N_c \quad (1)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi' \quad (2)$$

Trong đó:

- N_c, N_q - Hệ số sức chịu tải của đất nền phụ thuộc vào góc ma sát trong của đất nền;
- c′ - Lực dính kết của đất nền (kN/cm²);
- φ′ - Góc ma sát trong của đất nền dưới đáy móng (độ).



Hình 2. Sơ đồ sức chịu tải của đất nền theo: a) - Prandl và b) - Terzaghi

Tương tự như phương pháp của Prandl, Terzaghi cho rằng tại trạng thái phá hủy thì khối đất nền dưới đáy móng hình thành ba vùng: Vùng I, vùng II và vùng III.

Sức chịu tải cực hạn của đất nền theo Terzaghi được xác định như sau:

$$Q_u = cN_c s_c + \gamma D N_q + 0.5\gamma B N_\gamma \quad (3)$$

Trong đó:

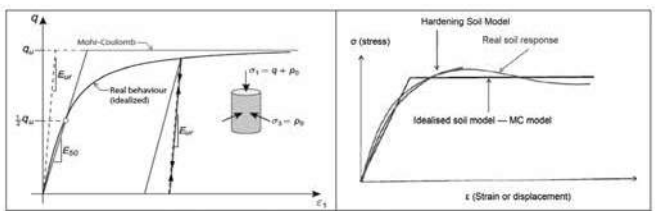
- D - Chiều sâu của móng;
- B - Chiều rộng của móng;
- N_c, N_q, N_γ - Hệ số sức mang tải của đất nền (theo Terzaghi) phụ thuộc vào góc ma sát trong của đất nền.

Công nghệ xử lý nền bằng cọc xi măng đất, về bản chất là tạo ra các cột hình trụ bằng cách trộn sâu đất nguyên trạng với xi măng. Quá trình cứng hóa và phát triển cường độ của hỗn hợp đất-xi măng diễn ra thông qua quá trình ninh kết, tạo ra các hợp chất bền vững liên kết các hạt đất, hình thành nên khoáng chất hóa cứng nền đất. Việc đưa các cột vật liệu có cường độ và độ cứng cao hơn đáng kể vào nền đất yếu nguyên trạng sẽ cải thiện đáng kể ứng xử cơ học của nền đất yếu.

Sự cải thiện này thể hiện ở chỗ nền đất gia cố sẽ hạn chế các vùng biến dạng dẻo cục bộ dưới tác dụng của tải trọng, giảm sự liên kết (hay sự phát triển và lan rộng) giữa các vùng biến dạng dẻo, từ đó ngăn ngừa sự phá hoại của đất nền (như trượt hoặc trồi ra ngoài) mà thường xảy ra nhanh chóng và gây mất khả năng chịu tải đối với nền đất yếu chưa xử lý. Kết quả là nền đất gia cố bằng cọc xi măng đất (hay còn gọi là nền phức hợp - composite ground) có sức chịu tải lớn hơn so với nền thiên nhiên.

Để dự báo và phân tích chính xác ứng xử cơ học mới này của nền đất sau khi được gia cố bằng cọc xi măng đất trong các bài toán địa kỹ thuật, đặc biệt là dưới tải trọng nền đường đắp, việc sử dụng các phương pháp phân tích tiên tiến như phương pháp số là rất cần thiết. Cơ sở của phương pháp số là thực hiện rời rạc hóa miền liên tục của bài toán và giải bài toán xấp xỉ trên các miền con (phần tử). Tuy nhiên, độ chính xác của kết quả phân tích phụ thuộc rất lớn vào khả năng mô tả đúng tính chất và ứng xử của vật liệu đất nền (bao gồm cả nền đất yếu nguyên trạng và hỗn hợp đất-xi măng đã cứng hóa) trong mô hình số.

Đây chính là lý do cần phải lựa chọn mô hình đất nền (hay mô hình vật liệu) phù hợp. Các mô hình đất nền là các mô hình toán học được sử dụng để biểu thị quan hệ ứng suất-biến dạng và tiêu chuẩn phá hoại của đất. Các mô hình phổ biến như mô hình Mohr-Coulomb (MC) và mô hình Hardening Soil (HS). Mô hình MC (Hình 3a) là mô hình đàn hồi-dẻo lý tưởng, dựa trên tiêu chuẩn phá hoại Mohr-Coulomb và định luật Hooke, với giả định đất có ứng xử đàn hồi tuyến tính cho đến khi đạt trạng thái chảy, sau đó là dẻo lý tưởng. Mô hình này sử dụng năm tham số cơ bản: Mô-đun đàn hồi E, hệ số Poisson ν, lực dính c, góc ma sát trong φ và góc nở ψ. MC phù hợp cho các bài toán tổng quan, yêu cầu mô hình đơn giản và số lượng tham số đầu vào hạn chế. Ngược lại, mô hình HS (Hình 3b) được phát triển để khắc phục các hạn chế của MC, cho phép mô phỏng ứng xử đàn hồi-dẻo phi tuyến với độ cứng phụ thuộc ứng suất và trạng thái biến dạng. Mô hình này sử dụng các mô-đun cát tuyến (E_{50}^{ref}), mô-đun gia tải lại (E_{ur}^{ref}) và tham số m mô tả sự phụ thuộc độ cứng theo cấp tải, nhờ đó phản ánh tốt hơn ứng xử phi tuyến thực tế của đất nền, đặc biệt trong các bài toán đào sâu hoặc có chu trình tải - dỡ tải phức tạp.



Hình 3. Mô hình đất nền khi gia cố cọc xi măng đất: a) - Mohr-coulomb; b) - Hardning Soil

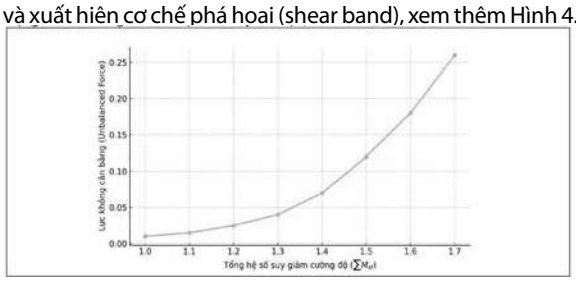
Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách cọc xi măng đất đến sức chịu tải của nền gia cố

dưới nền đường đắp, mô hình Mohr-Coulomb đã được lựa chọn. Lý do là vì mục tiêu chính của nghiên cứu tập trung vào đánh giá ảnh hưởng tương đối của các tham số kết cấu cọc, thay vì mô phỏng chi tiết toàn bộ quá trình làm việc phi tuyến của nền đất. Việc sử dụng mô hình MC cho phép đạt được kết quả phân tích có ý nghĩa định tính và một phần định lượng với độ tin cậy chấp nhận được, đồng thời giảm yêu cầu về dữ liệu đầu vào và độ phức tạp tính toán. Như vậy, MC được xem là lựa chọn hợp lý, cân bằng giữa độ chính xác cần thiết và tính khả thi trong khuôn khổ bài báo.

Đối với các bài toán đánh giá ổn định và sức chịu tải của nền đất, phần mềm Plaxis sử dụng kỹ thuật suy giảm cường độ phi–c (phi–c reduction) để xác định hệ số an toàn. Phương pháp này liên tục giảm các tham số cường độ đất (góc ma sát trong ϕ và lực dính c) đến khi mô hình mất ổn định, qua đó xác định được sức chịu tải cực hạn và cơ chế phá hoại tiềm năng của nền đất. Công thức xác định hệ số ổn định trong phương pháp này:

$$\sum M_{sf} = \frac{\tan\varphi_{input}}{\tan\varphi_{reduced}} = \frac{c}{c_{reduce}} \quad (4)$$

Quá trình này được thực hiện tự động qua lệnh Load advanceement number of steps trong Plaxis. Hệ số $\sum M_{sf}$ được tăng từng bước nhỏ (thường là 0,1), đến khi không thể duy trì trạng thái cân bằng và xuất hiện cơ chế phá hoại (shear band), xem thêm Hình 4.



Hình 4. Minh họa quá trình suy giảm cường độ phi-c trong Plaxis, mô phỏng mối quan hệ giữa hệ số suy giảm $\sum M_{sf}$ và lực không cân bằng trong kết cấu. Khi $\sum M_{sf}$ tăng đến một giá trị tới hạn (~1,6), lực không cân bằng tăng vọt, biểu hiện cho cơ chế phá hoại bắt đầu xảy ra

3. THÔNG SỐ ĐỊA KỸ THUẬT, MÔ HÌNH SỐ VÀ XÂY DỰNG BÀI TOÁN CHO MÔ HÌNH SỐ

3.1. Thông số địa chất và mô hình số

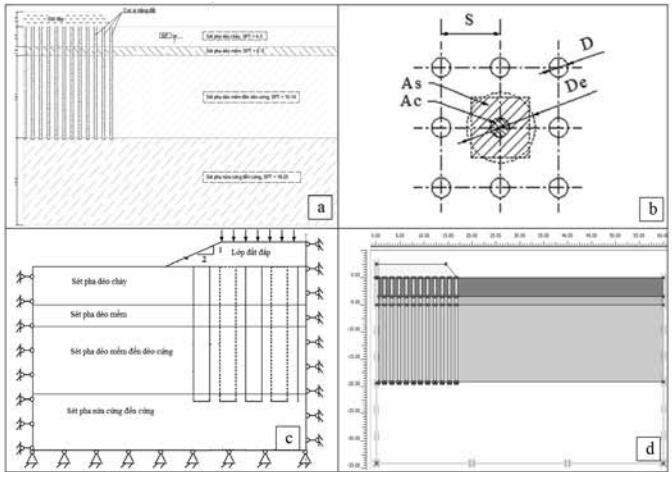
Các thông số cơ bản về điều kiện địa chất, kích thước và điều kiện biên của mô hình được trình bày trong Hình 5. Theo đó, lớp đất đắp có chiều cao trung bình 2,5 m, mái dốc 1:2; Lớp 1: Sét pha dẻo chảy bề dày trung bình 3,5 m; Lớp 2: Sét pha dẻo mềm; bề dày trung bình 1,5 m; Lớp 3: Sét pha dẻo mềm đến dẻo cứng, bề dày trung bình 14,1 m; Lớp 4: Sét pha nửa cứng đến cứng. Bảng thông số cho lớp đất đắp và cọc xi măng đất thể hiện tải Bảng 1 và 2, trong đó thông số của cọc xi măng đất được tham khảo từ kết quả nghiên cứu của (Han et al., 2007) với giá trị mô-đun đàn hồi của cọc xi măng đất được tính như sau (Bruce, 2001):

$$E = 100q_u \quad (5)$$

Trong đó: q_u - Cường độ kháng nén nở hông của cọc xi măng đất

Theo các tiêu chuẩn thiết kế và thi công cọc xi măng đất gia cố nền đất yếu cho thể đắp, cọc xi măng đất có thể bố trí đều theo lưới tam giác hoặc ô vuông (Maclean & Lewis, 1963; TCVN 9403:2012). Trong bài báo này, tác giả sử dụng mô hình bài toán cọc xi măng đất bố trí mạng ô vuông (Hình 5b) với khoảng cách giữa các cọc xi măng đất và đường kính thay đổi. Mô hình số nghiên cứu được xây dựng bằng phần mềm Plaxis 2D với bài toán đối xứng trục, trong đó kích thước (Hình 5d) và điều kiện biên mô hình được thể hiện (Hình 5c). Biên trái và biên phải mô hình bị khống chế chuyển vị ngang, chỉ có thành phần chuyển vị đứng; biên dưới cùng bị khống chế cả chuyển vị ngang và chuyển vị đứng. Kích thước mô hình cụ thể như sau:

- Chiều rộng khối đắp (1/2): 18,0 m;
- Chiều rộng mô hình: 60,0 m;
- Chiều cao mô hình: 35,0 m.



Hình 5. Mô hình số bài toán: a) - Phân bố các lớp địa chất và kích thước mô hình; b) - Cọc xi măng đất bố trí mạng ô vuông; c) - Điều kiện biên mô hình nghiên cứu và d) - Mô hình hóa trong Plaxis

Bảng 1. Thông số địa kỹ thuật của vật liệu đất

Thông số	Đơn vị	Lớp đất			
		Sét pha dẻo chảy	Sét pha dẻo mềm	Sét pha dẻo mềm đến dẻo cứng	Sét pha nửa cứng đến cứng
Chiều dày	m	3,5	1,5	14,1	15,0
Lực dính kết	kN/m²	5	10	13.5	17,5
Góc ma sát trong	Độ	10	14	17	18,5
Góc lệch	Độ	0	0	0	0
Dung trọng tự nhiên	kN/m³	16,5	17	17,5	18
Dung trọng khô	kN/m³	10,5	12,2	13,0	13,5
Mô-đun đàn hồi, E	kN/m²	2.500	3.700	8.000	13.500
Hệ số poisson's υ	-	0,3	0,3	0,3	0,3
Hệ số thấm	m/ ngày	8,64E-5	7,5E-5	6,8E-5	7,0E-6

Bảng 2. Thông số lớp đất đắp và cọc xi măng đất (Han et al., 2007)

Thông số	Đơn vị	Vật liệu	
		Lớp đất đắp	Cọc xi măng đất
Lực dính kết	kN/m²	15	150
Góc ma sát trong	Độ	30	37
Góc lệch	Độ	0	7
Dung trọng tự nhiên	kN/m³	20	22
Dung trọng khô	kN/m³	19	21
Mô-đun đàn hồi, E	kN/m²	10.000	35.000
Hệ số poisson's υ	-	-	-
Hệ số thấm	m/ngày	1	4E-5

3.2. Xây dựng các bài toán cho mô hình số

Để làm rõ hơn sự ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách cọc xi măng đất tới khả năng gia cố nền, trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu tham số với các thông số cho từng bài toán như sau:

a) Bài toán "Ảnh hưởng của đường kính cọc"

Trong bài toán này, khoảng cách giữa các cọc xi măng đất không thay đổi còn đường kính cọc được thay đổi với các giá trị lần lượt từ 0,5 đến 1,0 m, đây là những đường kính đã và đang được sử dụng khá phổ biến khi cọc xi măng đất được áp dụng để gia cố nền đất yếu; các bài toán cụ thể được trình bày trong Bảng 3. Tổng cộng có tất cả 18 bài toán.

Bảng 3. Các bài toán ảnh hưởng đường kính cọc

TT	Bài toán	Khoảng cách giữa các cọc, m	Đường kính cọc, m
1	1	1,0	0,5
2			0,6
3			0,7
4			0,8
5			0,9
6			1,0
7	2	2,0	0,5
8			0,6
9			0,7
10			0,8
11			0,9
12			1,0
13	3	3,0	0,5
14			0,6
15			0,7
16			0,8
17			0,9
18			1,0

b) Bài toán "Ảnh hưởng của khoảng cách cọc"

Bài toán hai được xây dựng để đánh giá ảnh hưởng của khoảng cách giữa các cọc xi măng đất (từ tim cọc đến tim cọc) đến sức chịu tải của nền gia cố, trong đó đường kính cọc không đổi còn khoảng cách giữa các cọc thay đổi, cụ thể các bài toán được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Các bài toán đánh giá ảnh hưởng khoảng cách giữa các cọc

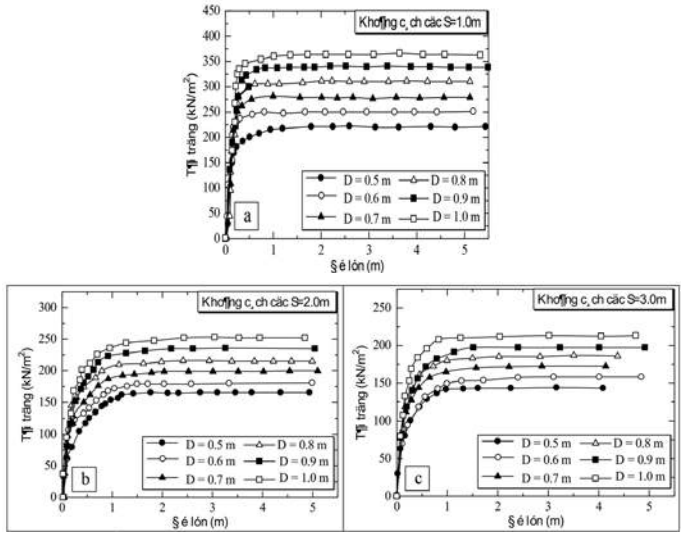
TT	Bài toán	Đường kính cọc, m	Khoảng cách giữa các cọc, m
1	1	0,5	1,0
2			2,0
3			3,0
4	2	0,8	1,0
5			2,0
6			3,0
7	3	1,0	1,0
8			2,0
9			3,0

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Ảnh hưởng của đường kính đến sức chịu tải của nền

Kết quả tính toán sức chịu tải của nền sau khi gia cố bằng cọc xi măng đất với các đường kính khác nhau được trình bày tại Hình 6. Nhìn chung, nền gia cố luôn có sức chịu tải cao hơn nền thiên nhiên và giá trị này tăng đáng kể khi đường kính tăng từ 0,5 m lên 1,0 m. Cụ thể:

- Khoảng cách cọc S = 1,0 m: Sức chịu tải tăng mạnh, từ 225 lên 370 kN/m^2.
- Khoảng cách cọc S = 2,0 m: Sức chịu tải tăng từ 160 lên 260 kN/m^2.
- Khoảng cách cọc S = 3,0 m: Sức chịu tải tăng từ 145 lên 225 kN/m^2.



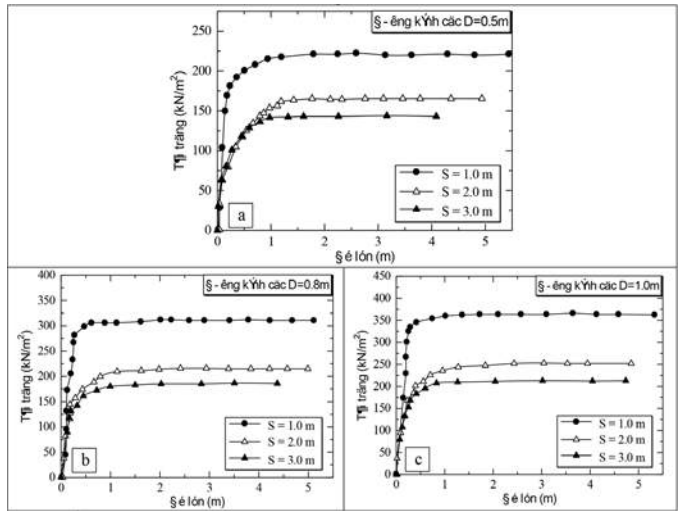
Hình 6. Ảnh hưởng của đường kính đến sức chịu tải của nền: a) S=1,0 m, b) S=2,0 m, c) S=3,0 m

Kết quả cho thấy hiệu quả gia cố phụ thuộc rõ rệt vào đường kính cọc, đặc biệt khi cọc được bố trí với mật độ cao.

4.2. Ảnh hưởng của khoảng cách cọc

Kết quả mô phỏng cho thấy, khoảng cách giữa các cọc xi măng đất ảnh hưởng nghịch chiều so với đường kính cọc (Hình 7): Khi khoảng cách tăng từ 3,0 m xuống 1,0 m, sức chịu tải của nền gia cố giảm và ngược lại. Hiệu ứng này phản ánh rõ qua các trường hợp sau:

- Với D = 0,5 m: Sức chịu tải giảm từ 225 kN/m^2 xuống 145 kN/m^2;
- Với D = 0,8 m: Giảm từ 305 kN/m^2 xuống 190 kN/m^2;
- Với D = 1,0 m: Giảm từ 370 kN/m^2 xuống 210 kN/m^2.



Hình 7. Ảnh hưởng của khoảng cách đến sức mang tải: a) - D = 0,5 m; b) - D = 0,8 m; c) - D = 1,0 m

Sự suy giảm này được lý giải bởi tỷ lệ phân bố diện tích cọc trong nền: Khi khoảng cách giữa các cọc tăng, tỷ lệ này giảm, dẫn đến mật độ gia cố thấp hơn, nền đất yếu đóng vai trò lớn hơn trong việc tiếp nhận tải trọng, làm giảm tổng thể sức chịu tải.

4.3. Mối tương quan giữa mật độ gia cố và sức chịu tải của nền

Theo (D.T.Bergado.,et al, 1994), mật độ gia cố được thể hiện qua thông số tỉ lệ diện tích thay thế đất nền tự nhiên bằng cọc xi măng đất, do cọc xi măng đất bố trí mạng ô vuông nên mật độ a_p được xác định như sau:

$$a_P = \frac{\pi}{4}(\frac{d}{s})^2 \quad (6)$$

Trong đó:

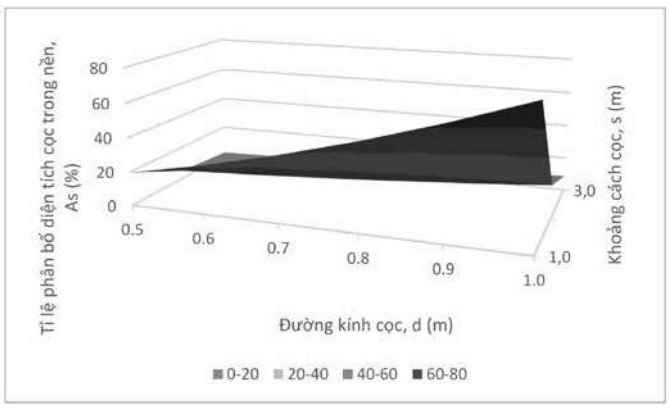
d - Đường kính cọc;

s - Khoảng cách giữa các cọc.

Bảng 5 và Hình 8 trình bày tỉ lệ phân bố diện tích cọc trong nền theo đường kính cọc (d) và khoảng cách cọc (s).

Bảng 5. Tỉ lệ phân bố diện tích cọc trong nền đất (%)

TT	Đường kính	Tỉ lệ diện tích thay thế, a_p (%)		
		S = 1,0 m	S = 2,0 m	S = 3,0 m
1	0,5	0,1963	0,0491	0,0218
2	0,6	0,2827	0,0707	0,0314
3	0,7	0,3848	0,0962	0,0428
4	0,8	0,5027	0,1257	0,0559
5	0,9	0,6362	0,1590	0,0707
6	1,0	0,7854	0,1963	0,0873



Hình 8. Tỉ lệ phân bố diện tích cọc trong nền gia cố theo d và s (%)

Nói cách khác, khi khoảng cách giữa các cọc giảm, tỷ lệ diện tích cọc so với khối đất gia cố tăng lên, nghĩa là diện tích đất tự nhiên được thay thế bởi cọc xi măng đất lớn hơn. Vì cường độ chịu nén của cọc xi măng đất cao hơn đất nền tự nhiên, việc tăng tỷ lệ này góp phần nâng cao sức chịu tải tổng thể của khu vực nền gia cố.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) kết hợp với mô hình vật liệu Mohr-Coulomb để phân tích ảnh hưởng của các thông số hình học chủ yếu, bao gồm đường kính và khoảng cách cọc xi măng đất đến sức chịu tải của nền đất yếu được gia cố dưới tải trọng nền đường đắp. Phương pháp số này cho phép đánh giá chi tiết mối quan hệ giữa các tham số cọc và hiệu quả gia cố nền.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sức chịu tải nền gia cố tăng rõ rệt khi tăng đường kính cọc và giảm khoảng cách giữa các cọc, đồng thời độ lún nền giảm tương ứng. Tỷ lệ diện tích thay thế (As), tổng hợp từ các tham số hình học được xác định là yếu tố quan trọng phản ánh hiệu quả gia cố. Mối quan hệ định lượng giữa As và khả năng chịu tải giúp cung cấp cơ sở cho việc tối ưu hóa thiết kế cọc xi măng đất.

Nghiên cứu này góp phần làm rõ ảnh hưởng tương đối của các tham số cọc trong thiết kế gia cố nền đường đắp trên đất yếu, đồng thời chứng minh tính khả thi và hiệu quả của mô hình Mohr-Coulomb trong phân tích các bài toán địa kỹ thuật phức tạp. Tuy nhiên, giới hạn của nghiên cứu là chưa xét đến ảnh hưởng của các yếu tố phi hình học và các mô hình vật liệu phi tuyến cao cấp hơn, cũng như chưa có thử nghiệm thực tế để xác nhận kết quả mô phỏng.

Đề xuất trong tương lai là mở rộng nghiên cứu bằng cách áp dụng các mô hình vật liệu tiên tiến hơn như Hardening Soil, bổ sung dữ liệu thực nghiệm và xem xét các tác động tải trọng động, nhằm nâng cao độ chính xác và tính thực tiễn của phương pháp thiết kế gia cố nền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Abusharar, S. W., Zheng, J.-J., & Chen, B.-G. (2009), Finite element modeling of the consolidation behavior of multi-column supported road embankment, Computers and Geotechnics, 36(4), 676-685.

[2]. Brinkgreve, R. B. (2005), Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application, In Soil constitutive models: Evaluation, selection and calibration, pp.69-98.

[3]. Bruce, D. A. (2001), An Introduction to the Deep Mixing Methods as Used in Geotechnical Applications, Volume III: The Verification and Properties of Treated Ground.

[4]. Burd, H. J., & Frydman, S. (1997), Bearing capacity of plane-strain footings on layered soils. Canadian Geotechnical Journal, 34(2), 241-253.

[5]. Chai, J.-C., Shrestha, S., Hino, T., Ding, W.-Q., Kamo, Y., & Carter, J. (2015), 2D and 3D analyses of an embankment on clay improved by soil-cement columns, Computers and Geotechnics, 68, 28-37.

[6]. D.T.Bergado.,et al. (1994), Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng, NXB. Giáo dục, Bản dịch của Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cương.

[7]. Han, J., Oztoprak, S., Parsons, R. L., & Huang, J. (2007), Numerical analysis of foundation columns to support widening of embankments, Computers and Geotechnics, 34(6), 435-448.

[8]. Maclean, D. J., & Lewis, W. A. (1963), British practice in the design and specification of cement-stabilized bases and subbases for roads, Highway Research Record, 36.

[9]. Manoharan, N., & Dasgupta, S. P. (1995), Bearing capacity of surface footings by finite elements. Computers & Structures, 54(4), 563-586.

[10]. Mitchell, J. K., & Freitag, D. R. (1959), A review and evaluation of soil-cement pavements, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 85(6), 49-73.

[11]. Ni, P., Yi, Y., & Liu, S. (2019), Bearing capacity of composite ground with soil-cement columns under earth fills: Physical and numerical modeling, Soils and Foundations, 59(6), 2206-2219.

[12]. Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (1974), Foundation engineering, vol.10, Wiley New York.

[13]. TCVN 9403:2012 (2012), Tiêu chuẩn Quốc gia, Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng, Viện khoa học công nghệ xây dựng - Bộ Xây dựng.

[14]. TCVN 9906:2014 (2014), Công trình thủy lợi - cọc xi măng đất thi công theo phương pháp jet-grouting - Yêu cầu thiết kế thi công và nghiệm thu cho xử lý nền đất yếu.

[15]. Terashi, M. (1997), Theme lecture: Deep mixing method-Brief state of the art. Proc. 14th ICSMFE, 4, 2475-2478.

[16]. Von Soos, P. (1990), Properties of soil and rock, Grundbautaschenbuch Part, 4.

■Ngày nhận bài: 15/4/2025 ■Ngày sửa bài: 07/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2025

Thí nghiệm nghiên cứu khả năng dính bám giữa cốt thanh GFRP và bê tông trong dầm

Experimental research on adhesion ability between GFRP bars and concrete in beams

> TS NGUYỄN ANH TUẤN*, THS ĐÀO QUANG HUY, THS PHẠM NGỌC TRƯỜNG
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: *tuanna@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Các tiêu chuẩn về vật liệu và về kết cấu bê tông cốt GFRP (GFRP-Glass Fiber Reinforced Polymers) ngày càng hoàn thiện, cả về lý thuyết tính toán và ứng dụng của nó trong các công trình giao thông và dân dụng. Kết cấu bê tông cốt thanh GFRP đã chứng tỏ được khả năng thay thế cho cốt thép thông thường. Việc đơn giản hóa tính toán bằng cách sử dụng các hệ số kinh nghiệm thực nghiệm là hết sức cần thiết. Bài báo trình bày một số kết quả rút ra từ thí nghiệm kéo nén mẫu bê tông cốt thép thông thường và cốt thép GFRP.

Từ khóa: Vật liệu GFRP, bê tông cốt GFRP, dầm bê tông cốt thép, lực dính, võng, nứt...

ABSTRACT

Standards for materials and structures of GFRP (GFRP-Glass Fiber Reinforced Polymers) reinforced concrete are increasingly improved, both in terms of calculation theory and its application in traffic and civil works. GFRP reinforced concrete structures have proven their ability to replace conventional steel reinforcement. Simplifying calculations by using empirical coefficients is essential. This article presents some results drawn from experiments from tensile and compression tests on reinforced concrete and GFRP rebar samples.

Keywords: GFRP reinforced concrete, tensile and compression tests, adhesion, cracked...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu bê tông cốt thanh GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) có nhiều tính năng kỹ thuật phù hợp cho kết cấu công trình giao thông và dân dụng. Trong thực tế xây dựng, kết cấu chịu uốn như dầm và bản được sử dụng nhiều nhất. Có hai giả thiết được đưa ra để xây dựng điều kiện tương thích về biến dạng khi tính toán xác định sự làm việc của dầm bê tông cốt thép cũng như dầm bê tông cốt thanh GFRP [2, 3], là giả thiết "mặt cắt phẳng" và "sự dính bám tuyệt đối giữa bê tông và cốt thép, cũng như cốt GFRP".

Trong [8], tác giả đã trình bày một ví dụ lý thuyết về tính hiệu quả của kết cấu dầm bê tông cốt thanh GFRP. Trong bài báo này, tác giả đề cập đến kết quả thí nghiệm sử dụng thanh GFRP thay thế cốt thép truyền thống trong kết cấu bê tông cốt thép.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

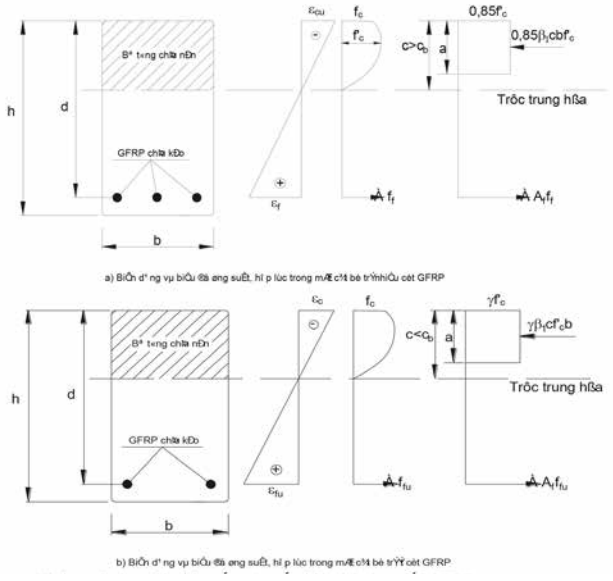
- Khả năng chịu lực mô-men của tiết diện bê tông cốt GFRP, theo ACI phải thỏa mãn điều kiện:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (1)$$

- Chiều cao vùng bê tông chịu nén là khoảng cách từ mép ngoài cùng chịu nén của bê tông đến trục trung hòa, c_b, được xác định theo các phương trình cân bằng hoặc được xác định như sau:

$$c_b = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{fu}} d \quad (2)$$

- Khi $\rho_f > \rho_{fb}$ ($c > c_b$) tức là mặt cắt bố trí nhiều cốt GFRP, thì cấu kiện GFRP bị phá hoại uốn do bê tông bị ép vụn. Mặc dù trạng thái bê tông bị ép vụn có thể được dự đoán dựa trên các tính toán, nhưng cấu kiện được xây dựng có thể không bị hỏng tương ứng. Ví dụ, nếu cường độ bê tông cao hơn quy định, khả năng tiết diện có thể bị kiểm soát do đứt cốt GFRP. Vì lý do này và để thiết lập sự chuyển tiếp giữa hai giá trị của hệ số sức kháng ϕ, tiết diện bê tông cốt GFRP được định nghĩa là tiết diện nhiều cốt GFRP khi $\rho_f \geq 1{,}4\rho_{fb}$,



Hình 1. Cường độ chịu uốn của cấu kiện bê tông cốt GFRP

- Khả năng chịu mô-men danh định của tiết diện bố trí nhiều cốt GFRP được xác định như sau:

$$\left.\begin{aligned} M_n &= A_f f_f \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ a &= \frac{A_f f_f}{0,85 f_c' b} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

- Ứng suất trong cấu kiện cốt GFRP được xác định theo:

$$f_f = \sqrt{\frac{\left(E_f \varepsilon_{cu}\right)^2}{4} + \frac{0,85\beta_1 f_c'}{\rho_f} E_f \varepsilon_{cu}} - 0,5 E_f \varepsilon_{cu} \quad (4)$$

Trong các công thức trên:

f_f - Ứng suất của cốt GFRP tại vùng bê tông chịu nén;

a - Chiều cao khối ứng suất trong mặt cắt theo Whitney, Hình 1a thể hiện nhiều cốt GFRP bị phá hủy do bê tông bị ép vụn;

A_f - Diện tích cốt GFRP;

E_f, f_{fu} - Mô-đun và cường độ thiết kế cốt GFRP;

ε_{cu} - Giới hạn biến dạng nén danh định, thường lấy $\varepsilon_{cu} = 0,003$;

β_1 - Hệ số, phụ thuộc vào cường độ bê tông theo tiêu chuẩn ACI 318-05;

f'_c - Cường độ chịu nén của bê tông, Mpa;

φ, M_u - Hệ số sức kháng, mô-men uốn do tải trọng, xác định theo phương pháp LRFD. Hệ số φ còn được gọi là hệ số giảm cường độ cho độ uốn [2, 3], có thể được tính bằng phương trình:

$$\phi = \begin{cases} 0,55 & , \rho_f \le \rho_{fb} \\ 0,3 + 0,25\dfrac{\rho_f}{\rho_{fb}} & , \rho_{fb} < \rho_f < 1,4\rho_{fb} \\ 0,65 & , \rho_f \ge 1,4\rho_{fb} \end{cases} \quad (5)$$

Hệ số gia cường, theo ACI 440.1R-06:

$$\rho_f = \frac{A_f}{bd}; \rho_{fb} = 0,85\frac{f_c'}{f_{fu}} \times \frac{E_f \varepsilon_{cu}}{E_f \varepsilon_{cu} + f_{fu}} \quad (6)$$

- Khi $\rho_f < \rho_{fb}$ ($c < c_b$) thì cấu kiện bị phá hoại uốn do cốt GFRP chịu kéo trước khi bê tông đạt đến biến dạng cực hạn (Hình 1b). Để khắc phục tình trạng này, tiêu chuẩn ACI 440.1R-06 đưa ra phương trình:

$$M_n = A_f f_{fu}\left(d - \frac{\beta_1 c_b}{2}\right) \quad (7)$$

Trong trường hợp mặt cắt bố trí ít cốt GFRP thi khối ứng suất được Whitney đề nghị áp dụng γ = 0,85 và β1 phụ thuộc vào cường độ bê tông theo Tiêu chuẩn ACI 319-05, các giá trị β1, γ, ε'c, f'c cũng có thể được xác định theo Tobeshini [2, 3].

- Lượng cốt GFRP tối thiểu trong cấu kiện được xác định để tránh sự phá hoại và ngăn chặn vết nứt trong bê tông, $\varphi M_n > M_{cr}$, (M_{cr} là mô-men gây nứt):

$$A_{f\min} = \frac{4,9\sqrt{f_c'}}{f_{fu}} b_w d \ge \frac{330}{f_{fu}} b_w d \quad (8)$$

ACI 318 coi tiết diện được kiểm soát lực căng khi độ cong dầm lớn hơn 0,008/d (tương ứng với biến dạng trong thép là 0,005). Điều này cho thấy rằng, do mô-đun đàn hồi của cốt GFRP thấp, dầm cốt GFRP sẽ có độ võng lớn nhất và các dầm cốt GFRP có trạng thái giới hạn kiểm soát kéo đứt thanh cốt GFRP sẽ có độ võng cuối cùng lớn hơn so với dầm được kiểm soát bằng cách ép vụn bê tông.

Mặc dù giá trị độ cong của dầm cốt GFRP lớn hơn so với giá trị độ cong của dầm cốt thép tương đương, nhưng ACI 318 khuyến nghị hệ số ϕ là 0,55 cho thiết kế tiết diện kiểm soát lực kéo đứt cốt GFRP để duy trì chỉ số độ tin cậy tối thiểu là 3,5.

Theo [2, 3, 5], khả năng truyền lực giữa các cốt GFRP và bê tông phụ thuộc rất nhiều vào bề mặt và cường độ cốt GFRP, bố trí cốt trong tiết diện và phụ thuộc nhiều vào diện tích bê tông tiếp xúc xung quanh cốt.

Các công thức trên được xác lập dựa trên 2 giải thiết là "mặt cắt phẳng" và "sự dính bám tuyệt đối giữa bê tông và cốt thép, cũng như cốt GFRP". Vậy có thể hiểu, trong trường hợp Hình 1a chẳng hạn, sự phát triển ứng suất f_f trong cốt GFRP hoàn toàn xuất phát từ lực dính tuyệt đối giữa cốt GFRP với bê tông. Ta có thể viết:

$$A_f f_{fe} = \tau l_e \pi d_e \quad (9)$$

Trong đó:

l_e - Chiều dài bề mặt tiếp xúc cốt GFRP với bê tông. Theo [2, 5], l_e ít nhất bằng $20d_e$ hoặc bằng 9 inches (23 cm);

d_e - Đường kính thanh cốt GFRP;

τ - Cường độ lực dính bám giữa cốt GFRP với bê tông.

Chú ý rằng ở (9), f_{fe} là ứng suất phát triển trong thanh ở cuối chiều dài l_e. Ngược lại với thanh thép, cường độ toàn phần của thanh GFRP không cần phải phát triển, đặc biệt khi uốn, tức là không cần $f_{fe} \rightarrow f_{fu}$, [5]. Wambeke và Shield (2006) đề xuất:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\tau}{0,083\sqrt{f_c'}} &= 4,0 + 0,3\frac{C}{d_f} + 100\frac{d_e}{l_e} \\ f_{fe} &= 0,083\frac{\sqrt{f_c'}}{\alpha}\left(13,6\frac{l_e}{d_f} + \frac{C}{d_e} \times \frac{l_e}{d_e} + 340\right) \le f_{fu} \\ f_{fu} &= C_E f_{fu}^* \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Trong đó:

C - Khoảng cách từ trọng tâm cốt GFRP gần nhất đến bề mặt ngoài của bê tông. Tỷ lệ C/d_e không được lớn hơn 3,5;

α - Hệ số vị trí các cốt GFRP, lấy bằng 1,0 hoặc 1,5;

f'_c - Cường độ chịu nén của bê tông, MPa;

f_{fu}^* - Cường độ chịu kéo giới hạn của thanh GFRP do nhà sản xuất cung cấp, MPa;

C_E - Hệ số chiết giảm do môi trường, điều kiện làm việc.

Thay (9) vào (3) được:

$$\left.\begin{aligned} M_n &= \tau l_e \pi d_e \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ a &= \frac{\tau l_e \pi d_e}{0,85 f_c' b} \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Vấn đề đặt ra là xác định τ và l_e như thế nào? Theo [3, 5, 9], chiều dài l_e tối thiểu $12d_e$ hoặc bằng 9 inches (khoảng 23 cm). Theo [6], các mẫu thí nghiệm kéo đề xuất $l_e = 5d_e$ hoặc đối với mẫu kéo khi uốn thì lấy $l_e = 10d$. Nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn $l_e = 5d$ để tiến hành thí nghiệm xác định cường độ lực dính bám τ.

3. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ THÍ NGHIỆM

Các yêu cầu của vật liệu thỏa mãn TCVN 7570:2006 và TCVN 4506:2012.

Trong phạm vi nghiên cứu có xét thêm trường hợp bê tông cốt sợi thủy tinh (thành phần sợi thủy tinh được thêm vào chiếm 1% khối lượng của xi măng).

Các thí nghiệm và phân tích sẽ được thực hiện để đánh giá lực dính bám giữa cốt thanh GFRP và bê tông, nhằm mục đích so sánh hiệu suất của cốt thanh GFRP với cốt thép truyền thống và khả năng thay thế trong bản mặt cầu dầm liên hợp. Do đó, vật liệu, mẫu và phương pháp thí nghiệm được lựa chọn như sau:

- Cốt thanh GFRP, có gờ, với các loại đường kính d = 14; d = 18; d = 20 mm;
- Đá 5 - 10 mm; xi măng PC40;
- Khuôn đúc mẫu: Mẫu vuông (15x15x15)cm.

Để tiện thí nghiệm, giảm khối lượng tính toán, nhóm nghiên

cứu lựa chọn cấp phối bê tông theo Quyết định số 1192/1998/QĐ-BXD ngày 19/11/1998 của Bộ Xây dựng.

3.1. Tiến hành thí nghiệm

3.1.1. Quy cách mẫu

Mẫu vuông (15x15x15)cm		
Loại bê tông	Không có sợi	KS
	Có sợi	CS
Loại thí nghiệm	Nén vỡ	NV
	Kéo tụt thép	KT
	Kép tụt GFRP	KG
Ngày tuổi bê tông thí nghiệm	3 ngày	03
	7 ngày	07
	14 ngày	14
	28 ngày	28
Mẫu số	Số 1	01
	Số 2	02
	Số 3	03

Địa điểm: Phòng thí nghiệm của Trường Đại học Công nghệ GTVT.













Hình 2. Một số hình ảnh chế tạo mẫu thử của nhóm nghiên cứu tại LAB-XD72, Phòng thí nghiệm của Viện Công trình giao thông, Trường Đại học Công nghệ GTVT

3.1.2. Phân tích kết quả thí nghiệm

Dữ liệu trên các bảng là kết quả từ các thử nghiệm nhằm xác định các đặc tính cơ học của bê tông, có và không có sợi gia cường và độ bám dính của các thanh thép và GFRP (polymer gia cường bằng sợi thủy tinh) được gắn trong bê tông. Dưới đây là phân tích dựa trên các bảng sau.

Cường độ nén của bê tông không sợi thủy tinh và bê tông có sợi thủy tinh đều tăng theo thời gian, điều này phản ánh quá trình hydrat hóa xi măng và tăng cường tính chất cơ học của bê tông theo thời gian.

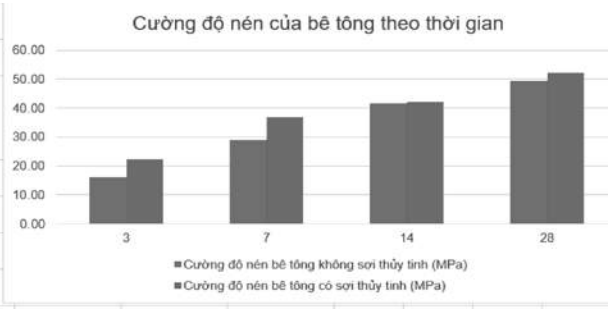
- Bê tông có sợi thủy tinh luôn có cường độ nén cao hơn đáng kể so với bê tông không sợi thủy tinh tại mỗi thời điểm. Điều này cho thấy việc thêm sợi thủy tinh đã cải thiện đáng kể khả năng chịu lực của bê tông, có thể do sợi thủy tinh giúp gia cường và chia sẻ tải trọng ma trận bê tông.

- Sự tăng cường độ nén từ ngày thứ 14 đến 28 cho bê tông có sợi thủy tinh không lớn bằng so với bê tông không sợi, có thể là do đã đạt gần đến giới hạn cường độ mà sợi thủy tinh có thể cải thiện.

Bảng 1. Kết quả nén bê tông

Cường độ nén theo thời gian

Ngày	Cường độ nén bê tông không sợi thủy tinh (MPa)	Cường độ nén bê tông có sợi thủy tinh (MPa)
3	16.09	22.13
7	28.93	36.84
14	41.69	42.13
28	49.38	52.27

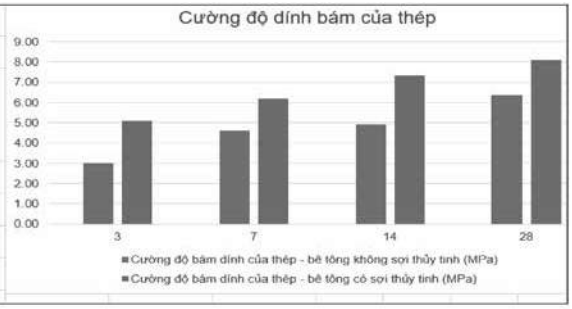


- Các xu hướng tương tự được quan sát cho độ bám dính của thanh thép, với các mẫu được bổ sung sợi thủy tinh cho thấy độ bám dính cao hơn. Điều này cho thấy sự cải thiện chung trong liên kết giao diện do thêm sợi trong các vật liệu thanh khác nhau.

Bảng 2. Cường độ dính bám của thép với bê tông

Cường độ bám dính của thép

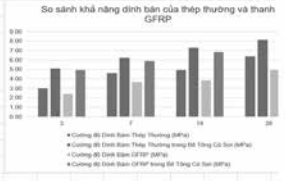
Ngày	Cường độ bám dính của thép - bê tông không sợi thủy tinh (MPa)	Cường độ bám dính của thép - bê tông có sợi thủy tinh (MPa)	Tỷ lệ
3	3,02	5,09	
7	4,62	6.21	
14	4,93	7,32	
28	6,37	8,12	



Bảng 3. So sánh cường độ dính bám của thép và của GFRP với bê tông

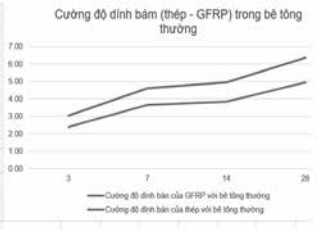
So Sánh Khả Năng Dính Bám của Thép Thường và Thanh GFRP

Ngày	Cường độ Dính Bám Thép Thường (MPa)	Cường độ Dính Bám Thép Thường trong Bê Tông Có Sợi (MPa)	Cường độ Dính Bám GFRP (MPa)	Cường độ Dính Bám GFRP trong Bê Tông Có Sợi (MPa)	Tỷ lệ cường độ dính bám trong mẫu bê tông thường của thép / GFRP	Tỷ lệ cường độ dính bám trong mẫu bê tông có sợi thủy tinh của thép / GFRP
Cột	1	2	3	4	1/3	4/2
3	3.02	5.09	2.39	4.93	1.27	1.03
7	4.62	6.21	3.66	5.89	1.26	1.05
14	4.93	7.32	3.82	6.84	1.29	1.07
28	6.37	8.12	4.93	7.32	1.29	1.11



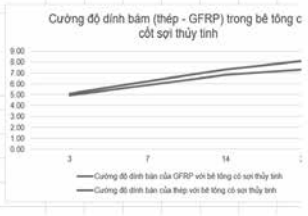
Bê tông thường

Ngày	Cường độ dính bám của thép với bê tông thường t1 (MPa)	Cường độ dính bám của GFRP với bê tông thường t2 (MPa)	Tỷ lệ t1/t2
3	3.02	2.39	1.27
7	4.62	3.66	1.26
14	4.93	3.82	1.29
28	6.37	4.93	1.29



Bê tông có sợi thủy tinh

Ngày	Cường độ dính bám của thép với bê tông có sợi thủy tinh t1 (MPa)	Cường độ dính bám của GFRP với bê tông có sợi thủy tinh t2 (MPa)	Tỷ lệ t1/t2
3	5.09	4.93	1.03
7	6.21	5.89	1.05
14	7.32	6.84	1.07
28	8.12	7.32	1.11



3.1.3. Nhận xét chung

- Cả hai vật liệu đều cho thấy cường độ dính bám tăng theo thời gian trong cả hai loại bê tông. Điều này được mong đợi vì bê tông ngày càng đông cứng và cung cấp môi trường liên kết tốt hơn.

- Nói chung, thanh GFRP có cường độ dính bám thấp hơn so với thép thông thường trong cả hai loại bê tông. Tuy nhiên, khi cường độ bê tông càng tăng và thời gian (tuổi bê tông) càng tăng thì khoảng cách chênh lệch cũng nhỏ lại.

- Bê tông có sợi thủy tinh thường cung cấp cường độ bám dính cao hơn cho cả hai vật liệu so với bê tông thường. Điều này cho thấy việc thêm sợi có thể giúp cải thiện khả năng liên kết giữa vật liệu cốt thép và bê tông.

Đặc biệt là ở trên bảng số liệu khi tính toán cường độ chịu nứt của bê tông theo lý thuyết thì đều nhận thấy rằng cường độ này luôn nhỏ hơn cường độ dính bám của thép và của thanh GFRP nằm trong bê tông. Điều này cho thấy khả năng dính bám của thép và thanh GFRP là khá tốt. Bê tông sẽ bị phá hủy về nứt trước khi bị tụt thanh thép.

Dữ liệu này có thể rất quan trọng trong lĩnh vực kỹ thuật xây dựng để quyết định loại vật liệu và loại bê tông dựa trên cường độ và độ bền cần thiết của công trình.

Theo [3, 5], bề rộng vết nứt (w) lớn nhất của cấu kiện dầm bê tông cốt GFRP được tính dưới tải trọng sử dụng phải thỏa mãn điều kiện như sau:

$$w = 2\frac{f_{fu}}{E_S}\beta k_b\sqrt{d_c^2+\left(\frac{s}{2}\right)^2} \le [w] = 0,5(mm) \quad (12)$$

Trong đó:

β - Tỷ số của khoảng cách từ TTH đến bề mặt chịu kéo của tiết diện trên khoảng cách từ TTH đến trọng tâm cốt thép chịu kéo GFRP;

d_c - Chiều cao từ mặt bê tông chịu kéo đến trọng tâm hàng cốt GFRP gần nhất;

s - Khoảng cách từ tâm đến tâm cốt thép GFRP theo phương bề rộng dầm;

k_b - Hệ số dính bám (theo Frosch, 1999) [3, 5];

f_{fu} - Ứng suất kéo trong cốt GFRP dưới tác động của tải trọng sử dụng.

Bề rộng vết nứt cho phép, [w] = 0,5 mm.

Khoảng biến thiên của k_b rất rộng, từ 0,6 ÷ 1,72, theo [3, 5] đề nghị đối với cấu kiện bê tông cốt GFRP lấy k_b = 1,4, còn đối với cốt thép thường thì lấy k_b = 1,0. Điều này chứng tỏ rằng ứng xử về dính bám giữa bê tông với cốt thép thường và với cốt thép GFRP là khác nhau và rất khó xác định chính xác. Khả năng truyền lực giữa GFRP và bê tông phụ thuộc nhiều vào cường độ bê tông, cường đô thanh GFRP, cấu tạo bề mặt và diện tích tiếp xúc của thanh GFRP với bê tông.

Theo nghiên cứu của nhóm tác giả trong phạm vi nghiên cứu này, hệ số dính bám k_b thay đổi từ 1,03 ÷ 1,29. Tuy nhiên, đây chỉ là những kết quả ban đầu và rất hạn chế.

4. KẾT LUẬN

Kết hợp [8] và qua một số thí nghiệm ban đầu, nghiên cứu này không chỉ mở rộng hiểu biết về GFRP mà còn đề xuất các giải pháp cải tiến cho việc sử dụng nó trong công nghiệp xây dựng, góp phần vào sự phát triển bền vững trong ngành xây dựng công trình.

Phân tích số liệu thí nghiệm bao gồm xử lý số liệu, đánh giá lực dính bám và phân tích các yếu tố ảnh hưởng như cường độ bê tông, đường kính cốt thanh, chiều dài neo, điều kiện môi trường. Các kết quả tính cường độ lực dính giữa cốt GFRP với bê tông còn hạn chế về các mặt như chất lượng vật liệu, số lượng mẫu, quy cách mẫu, cấu tạo mẫu, thiết bị thí nghiệm…, nhưng cũng có thể khẳng định tầm quan trọng của việc xác định và sử dụng các giá trị của chúng trong tính toán thiết kế và thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 11823:2017 (2017), Tiêu chuẩn thiết kế cầu, Bộ GTVT.

[2]. Nguyễn Trâm, Trần Quốc Ca (2013), Kết cấu composites, NXB. Xây dựng.

[3]. ACI 440.1R-15, Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bar, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[4]. K. Hamidreza et al. (2023), Bond Durability between Anchored GFRP Bar Between GFRP Rebar and Concrete, Construction and Building and Seawater Concrete under Offshore Environmental Conditions, Materials and Structures, vol.56, no.3.

[5]. ACI 440.1R-06: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars - Reported by ACI Committee 440.

[6]. TCVN 11109:2015, Cốt composit polyme.

[7]. TCVN 11110:2015, Cốt Composit polymer dùng trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật.

[8]. Nguyễn Anh Tuấn, Đào Quang Huy, Phạm Ngọc Trường (2024), Nghiên cứu sử dụng cốt thanh GFRP thay thế cốt thép truyền thống trong kết cấu dầm bê tông cốt thép, Tạp chí GTVT, số 6.

[9]. El-Ragaby, A., El-Salakawy, E. and Benmokrane, B., Fatigue life evaluation of concrete bridge deck slabs reinforced with glass FRP composite bars, J. Compos. Constr., 10.1061/(ASCE)1090-0268(2007)11:3(258), pp.258-268.

■Ngày nhận bài: 23/4/2025 ■Ngày sửa bài: 14/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 26/5/2025

Nghiên cứu thực nghiệm về bê tông chịu mặn sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp xỉ lò cao nghiền mịn sử dụng cho công trình biển

Experimental study on salt-resistant concrete using a combination of fly ash from thermal power plants and finely ground blast furnace slag

> TS THÁI MINH QUÂN*, PGS.TS NGUYỄN THANH SANG
Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: *minhquan.thai@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Chất kết dính phụ thêm thông dụng như tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao nghiền mịn được sử dụng cùng xi măng để cải thiện cấu trúc bê tông và khả năng chống thấm, tăng cường độ bền, đặc biệt trong môi trường có ion clorua. Nghiên cứu này sử dụng tro bay nhiệt điện Nghi Sơn kết hợp xỉ lò cao nghiền mịn Hòa Phát thay thế phần nhiều xi măng để giảm thấm ion clorua mở ra hướng đi bền vững và tiết kiệm chi phí cho xây dựng cơ sở hạ tầng. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tro bay tỷ lệ là 20% và xỉ lò cao với các tỷ lệ lần lượt từ 30% đến 40% không chỉ cải thiện tính chất cơ học mà còn nâng cao khả năng chống thấm ion clo rõ rệt, nên sử dụng loại bê tông này cho các công trình ven biển.

Từ khóa: Tro bay nhiệt điện Nghi Sơn, xỉ hạt lò cao nghiền mịn Hòa Phát, thấm ion clo, ven biển.

ABSTRACT

Common supplementary cementitious materials such as fly ash from thermal power plants and ground granulated blast furnace slag are used alongside cement to improve the concrete's structure and resistance to permeability, enhancing durability-particularly in chloride ion-rich environments. This study utilizes fly ash from the Nghi Son thermal power plant combined with ground granulated blast furnace slag from Hoa Phat to partially replace cement, aiming to reduce chloride ion penetration. This approach offers a sustainable and cost-effective solution for infrastructure construction. The research results also show that using 20% fly ash and 30% to 40% slag not only improves mechanical properties but also significantly enhances chloride ion resistance, making this type of concrete well-suited for coastal structures.

Keywords: Nghi Son fly ash, Hoa Phat ground granulated blast furnace slag, chloride ion penetration, coastal areas.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất kết dính phụ thêm tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao nghiền mịn được sử dụng đồng thời cải thiện cấu trúc lỗ rỗng của đá xi măng đã được tiêu chuẩn hóa ở Trung Quốc, châu Âu và Mỹ. Bê tông dùng tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao nghiền mịn có khả năng chống chịu trước các tác động khắc nghiệt của môi trường như ion clorua, axit hay môi trường kiềm, góp phần kéo dài tuổi thọ công trình [1-3].

Hiện nay ở Việt Nam, tro bay nhiệt điện vẫn còn tồn dư với trữ lượng rất lớn. Theo số liệu từ EVN, PVN, TKV và các nhà máy nhiệt điện khác, cả nước có 31 nhà máy nhiệt điện đốt than đang vận hành. Năm 2024, Việt Nam thải ra hơn 25 triệu tấn tro xỉ mỗi năm, phần lớn được đưa ra bãi thải mà chưa được tái chế hiệu quả. Nếu tình trạng này tiếp diễn, đến năm 2030, tổng lượng tro xỉ tồn trữ có thể lên đến 422 triệu tấn [5]. Việt Nam đứng trong top đầu trên thế giới về sản xuất thép, do đó trong tương lai, lượng xỉ thải từ nhà máy gang thép rất lớn. Bê tông sử dụng tro bay và xỉ lò cao không chỉ cải thiện tính chất cơ học và độ bền lâu dài của bê tông [6-8], mà còn góp phần bảo vệ môi trường, nhất là các công trình trong môi trường biển [9-10].

Bài báo trình bày một nghiên cứu thực nghiệm bê tông cấp cường độ 40 MPa sử dụng tro bay nhiệt điện Nghi Sơn đồng thời xỉ lò cao nghiền mịn Hòa Phát, cho kết quả bê tông có độ thấm ion clorua rất thấp và khả năng chịu mặn tốt cho công trình trong môi trường biển.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu chế tạo

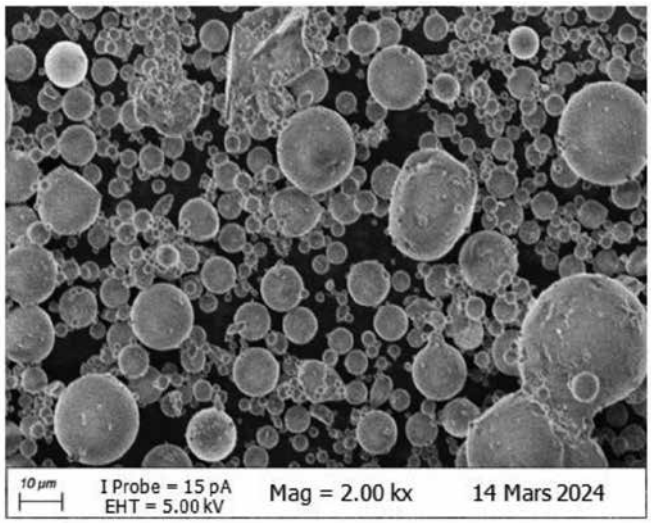
2.1.1. Tro bay nhiệt điện Nghi Sơn

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu là tro bay Nghi Sơn loại F có các yêu cầu kỹ thuật đạt theo TCVN 10302 và ASTM C618. Thành phần hóa học của tro bay Nghi Sơn được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm thành phần hóa học của tro bay Nghi Sơn theo TCVN 8262:2009

Chỉ tiêu	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	MKN
Hàm lượng (%)	46,6	6,22	26,1	2	1,91	1	4,3	0,13	0,3	6,8
Tổng (%)	78,99			3,87			4,46			

Từ bảng kết quả trên cho thấy, tổng hàm lượng của 3 ô xít SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 78,99% ≥ 70%, nên tro bay nhiệt điện Nghi Sơn được xếp loại là loại F có hoạt tính cao theo ASTM C618. Tổng hàm lượng CaO và MgO thấp cho thấy tro bay có tính axit, phù hợp cho phản ứng pozzolanic với $Ca(OH)_2$ trong bê tông. Tổng hàm lượng K_2O và Na_2O ≈ 4,46% liên quan đến phản ứng kiềm-silic. Các chỉ tiêu khác đều thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn ASTM C618.



Hình 1. Hình ảnh hạt tro bay Nghi Sơn thông qua thí nghiệm SEM

Bên cạnh thành phần hóa học, hình dạng và cấu trúc hình thái của tro bay được phân tích qua thí nghiệm SEM như Hình 1 với độ phóng đại gấp 2.000 lần và ở kích thước tỷ lệ 10 micromet. Hầu hết các hạt tro bay đều có dạng hình cầu và có bề mặt khá nhẵn, điều này giúp giảm ma sát trong hỗn hợp vữa, hỗ trợ phân tán tốt hơn và cải thiện độ linh động của bê tông, giúp tăng tính công tác của bê tông do cải thiện khả năng chảy lăn giữa các hạt.

Kết quả chụp SEM cũng cho thấy rằng các hạt tro bay có kích thước đa dạng, chủ yếu nhỏ hơn 10 µm. Kích thước siêu mịn này có lợi cho việc lấp đầy lỗ rỗng trong bê tông, giúp tăng độ đặc chắc của bê tông.

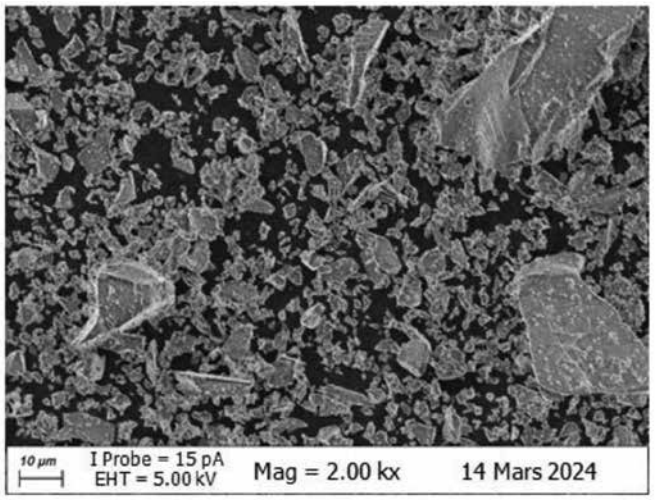
2.1.2. Xỉ lò cao nghiền mịn

Thành phần hóa học của xỉ lò cao nghiền mịn S95 Hòa Phát trong nghiên cứu này được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học của xỉ lò cao nghiền mịn Hòa Phát

TT	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3
Hàm lượng, %	31,35	31,5	16,74	3,7	7,44	0,83	0,01	0,56

Mặt khác, hàm lượng MgO < 10% đảm bảo không gây trương nở gây hại cho bê tông, tỷ lệ SO_3 thấp (0,56%) làm giảm nguy cơ gây ăn mòn cốt thép, tổng hàm lượng Na_2O và K_2O rất thấp làm giảm nguy cơ phản ứng kiềm-cốt liệu. Hệ số kiềm tính của xỉ với thành phần như trên là 1,76 thỏa mãn TCVN 4315:2024, có tính hoạt tính cao, phản ứng tốt với vôi tự do ($Ca(OH)_2$) trong quá trình thủy hóa. Kết quả chụp SEM mẫu xỉ ở Hình 2 cho thấy kích thước hạt mịn của xỉ từ 1 µm đến dưới 10 µm, nhiều hạt dưới 5 µm. Do đó, diện tích bề mặt riêng lớn và sẽ đẩy nhanh tốc độ phản ứng pozzolan với môi trường kiềm của xi măng. Về hình dáng, các hạt xỉ có bề mặt rỗ hoặc gồ ghề, thuận lợi cho phản ứng hóa học với $Ca(OH)_2$.



Hình 2. Hình ảnh hạt xỉ - SEM

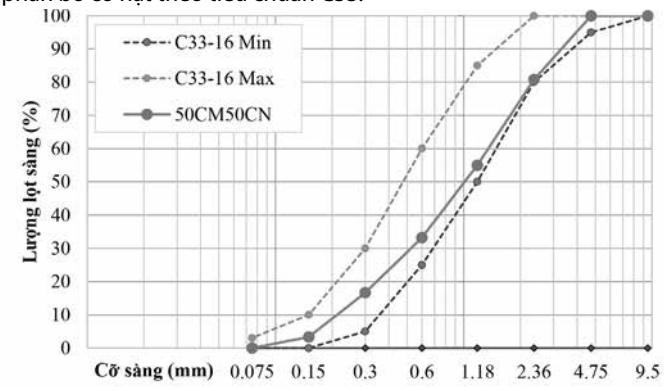
Như vậy, xỉ lò cao này có dạng hạt góc cạnh, kích thước micromet và phân bố khá đều, cho thấy được nghiền mịn tốt. Do đó, loại xỉ này rất phù hợp làm phụ gia khoáng hoạt tính, góp phần nâng cao cường độ lâu dài và độ bền sunfat của bê tông.

2.1.3. Xi măng

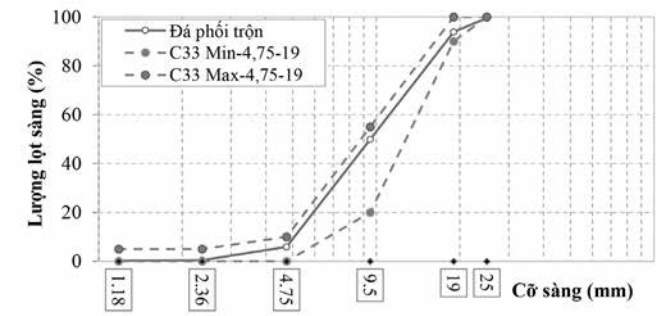
Nghiên cứu sử dụng xi măng PC40 Nghi Sơn thỏa mãn TVCN 2682: 2020.

2.1.4. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ bao gồm cát sông và cát nghiền, có thành phần hạt được thể hiện như trên Hình 3. Đường cấp phối nét liền 50CM50CN thể hiện đường biểu diễn của hỗn hợp 50% cát sông - 50% cát nghiền. Có thể nhận thấy cát có phân bố cỡ hạt tốt, đồng đều, liên tục không bị gián đoạn ở các cấp sàng và đạt yêu cầu về phân bố cỡ hạt theo tiêu chuẩn C33.



Hình 3. Đường cong cấp phối thành phần hạt cốt liệu nhỏ theo ASTM C33



Hình 4. Hỗn hợp đá sau khi phối trộn theo ASTM C33

2.1.5. Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn sử dụng trong thí nghiệm là đá (5x20)mm có nguồn gốc Thanh Hóa. Đường cấp phối đá phối trộn nằm hoàn toàn trong vùng giới hạn của ASTM C33, từ 4,75 mm đến 19 mm. Tại các kích thước 9,5 mm và 19 mm, lượng lọt sàng tương ứng lần lượt ~60% và ~95%, đáp ứng tốt phân bố hạt yêu cầu.

2.1.6. Nước và phụ gia

Nước dùng trong thí nghiệm là nước sinh hoạt, đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn cho nước dùng cho bê tông và vữa xây dựng theo TCVN 4506:2012. Sử dụng phụ gia Polycarboxylate ĐQ-HP2: Phụ gia siêu dẻo thế hệ mới, giảm nước cực cao và phát triển cường độ sớm cho bê tông phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 loại F thích hợp với các loại xi măng hỗn hợp kể cả xi măng bền sunphat.

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối bê tông chịu mặn

Dựa trên các chỉ tiêu cơ lý và thành phần hạt của cát nghiền, cát sông, đá cùng với các chất kết dính như xi măng, xỉ lò cao nghiền mịn và tro bay, thành phần cấp phối đã được thiết kế với tỷ lệ hợp lý, thể hiện chi tiết trong Bảng 3, với các ký hiệu C40X30T20: Bê tông C40, sử dụng 30% xỉ lò cao và 20% tro bay thay thế xi măng. C40XM100: Bê tông C40 dùng 100% xi măng, không có phụ gia khoáng.

Bảng 3. Các cấp phối cho 1 m^3 bê tông

Cấp phối Hỗn hợp	Xi măng	Tro bay	Xỉ lò cao	Nước	Cát nghiền	Cát sông	Đá 5x20	Phụ gia
C40X30T20	235	94	141	165	366	366	1.106	6,80
C40X35T20	212	94	165	172	356	356	1.106	6,60
C40X40T20	188	94	188	165	365	365	1.106	6,90
C40XM100	470	-	-	171	-	-	1.106	6,70

Trong nghiên cứu này, các cấp phối bê tông loại C40 được thiết kế với sự thay thế một phần xi măng bằng tro bay và xỉ lò cao theo các tỷ lệ khác nhau. Tổng lượng chất kết dính (bao gồm xi măng, tro bay và xỉ) được giữ tương đối ổn định trong khoảng 470 - 480 kg/m^3 nhằm đảm bảo yêu cầu cường độ nén. Các hỗn hợp đều sử dụng cốt liệu thô là đá (5x20)mm với khối lượng 1.106 kg/m^3, đồng thời kết hợp cả cát sông và cát nghiền theo tỷ lệ bằng nhau để đạt được phân bố hạt hợp lý.

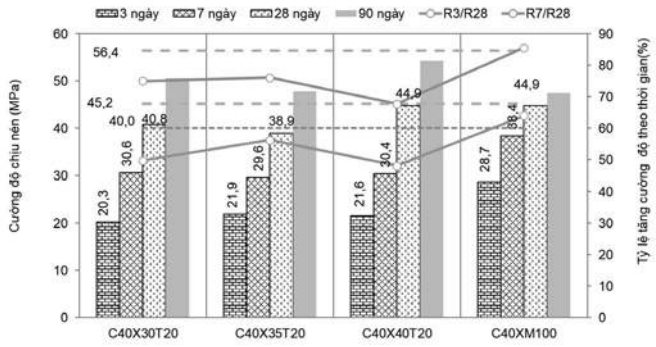
Hàm lượng phụ gia siêu dẻo dao động từ 6,6 đến 6,9 lit tùy theo tỷ lệ tro bay - xỉ, nhằm duy trì tính công tác ổn định khi giảm lượng xi măng. Kết quả cấp phối cho thấy, khi tăng tỷ lệ thay thế khoáng, hàm lượng xi măng giảm đáng kể, góp phần làm giảm chi phí và nhiệt thủy hóa, đồng thời cải thiện tính bền lâu cho bê tông. Cấp phối đối chứng (C40XM100) sử dụng 100% xi măng không có phụ gia khoáng, được đưa vào để so sánh thêm về hiệu quả sử dụng vật liệu thay thế.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả thí nghiệm

4.1.1. Đánh giá cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ được trình bày trong Hình 4, Hình 5. Biểu đồ dưới đây thể hiện rõ sự phát triển cường độ chịu nén của các loại bê tông ở tuổi: 3 ngày, 7 ngày và 90 ngày cùng với tỷ lệ tăng cường độ theo thời gian (R3/R28 và R7/R28).

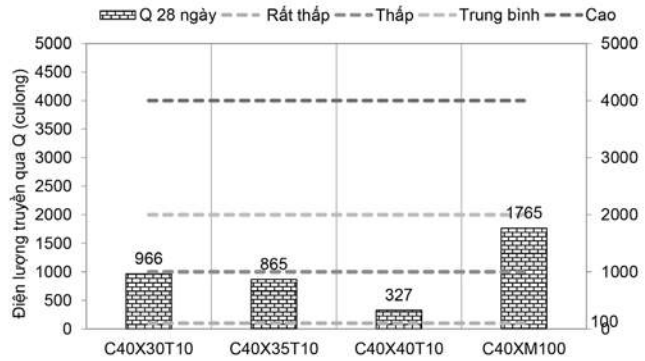


Hình 5. Kết quả cường độ chịu nén ở các ngày tuổi

Kết quả cho các cấp phối có giá trị cường độ nén ở 28 ngày dao động trong khoảng 38,9 - 44,9 MPa, đặc biệt loại C40X40T20 và C40XM100 có cường độ cao nhất ở 28 và 90 ngày (~44,9 MPa tại 28 ngày). Loại C40X35T20 có cường độ thấp hơn, đặc biệt ở tuổi 3 và 7 ngày. Sự phát triển cường độ theo thời gian thể hiện rõ, đặc biệt từ 28 đến 90 ngày.

Mặt khác, cường độ chịu nén tăng dần theo tuổi bê tông ở tất cả các mẫu, trong đó các mẫu có hàm lượng tro bay và xỉ cao như C40X40T20 đạt giá trị cao nhất tại 90 ngày (56,4 MPa), vượt trội so với các mẫu còn lại. Mẫu C40XM100, mặc dù có cường độ cao tại 28 ngày (44,9 MPa) nhưng tốc độ phát triển cường độ từ 28 đến 90 ngày chậm hơn, cho thấy sự đóng góp của phụ gia khoáng như tro bay và xỉ lò cao trong việc nâng cao cường độ dài hạn.

Tỷ lệ R3/R28 dao động từ 48,1% (C40X35T20) đến 63,9% (C40XM100), cho thấy sự phát triển chậm hơn ở giai đoạn đầu đối với các mẫu có phụ gia khoáng. Tỷ lệ R7/R28 đều duy trì ở mức cao, đạt đỉnh với giá trị ~87% ở mẫu C40XM100 và ~84% ở mẫu C40X40T20, chứng minh rằng phụ gia khoáng không ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ phát triển cường độ trong 7 ngày đầu, nhưng làm tăng đáng kể cường độ ở giai đoạn sau 28 ngày.



Hình 6. Kết quả cường độ chịu ép chẻ ở các ngày tuổi

Hình trên trình bày sự phát triển cường độ ép chẻ của các mẫu bê tông có sử dụng hỗn hợp tro bay (T) và xỉ lò cao nghiền mịn (X) theo thời gian (3, 7, 28 và 90 ngày). Có thể thấy:

- Ở tuổi 90 ngày, tất cả các hỗn hợp có tro xỉ đều đạt cường độ ép chẻ ≥ 4,5 MPa, ngang bằng hoặc vượt so với mẫu đối chứng C40XM100.

- Hỗn hợp C40X30T20 cho kết quả cao nhất (5,8 MPa), vượt 23% so với mẫu không dùng phụ gia.

- Tỷ lệ R3/R28 và R7/R28 của các mẫu tro xỉ thường thấp hơn ở tuổi sớm nhưng cao hơn ở tuổi dài hạn, phản ánh rõ rệt đặc tính

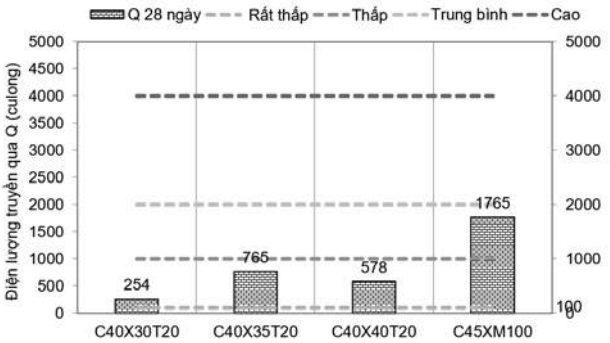
phát triển chậm nhưng ổn định do phản ứng pozzolanic thứ cấp của tro bay và xỉ.

Nhìn chung, kết quả thí nghiệm khẳng định rằng việc sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn không chỉ duy trì được cường độ nén tương đương với bê tông xi măng thường ở tuổi 28 ngày, mà còn tăng cường độ bền lâu dài đáng kể nhờ vào quá trình hydrat hóa bổ sung và cải thiện cấu trúc vi mô của bê tông. Mẫu C40X40T20 được đánh giá là phương án tối ưu trong nghiên cứu này với sự cân bằng giữa cường độ sớm và dài hạn.

4.1.2. Khả năng chịu mặn của bê tông

Khả năng chịu mặn của bê tông được đánh giá qua thí nghiệm xác định độ thấm điện lượng, là một chỉ tiêu quan trọng đánh giá khả năng chống xâm nhập ion clo, ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền lâu của bê tông. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình 6.

Các cấp phối có sử dụng tro bay và xỉ lò cao cho kết quả điện lượng xuyên qua thấp hơn đáng kể so với mẫu dùng 100% xi măng (1.765 Culong) cho thấy các hỗn hợp bê tông có sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn đạt được hiệu quả rõ rệt trong việc kháng xâm nhập ion clorua. Cụ thể, cấp phối C40X30T20 ở mức rất thấp là 254 Culong, đạt tính năng cao nhất khi điện lượng truyền qua chỉ bằng 14,4% so với mẫu đối chứng và được xem thuộc loại bê tông có khả năng chống thấm ion clo rất tốt, theo ASTM C1202. Điều này khẳng định vai trò tích cực của phụ gia khoáng trong việc cải thiện độ bền lâu của bê tông.



Hình 7. Kết quả thấm điện lượng

4.2. Thảo luận

Các biểu đồ trên trình bày kết quả so sánh giữa các cấp phối bê tông có sử dụng tro bay, xỉ lò cao và cấp phối truyền thống. Các chỉ tiêu được khảo sát bao gồm: Cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ, và điện lượng thấm (Cu) - đại diện cho khả năng chống thấm ion Cl^-.

Mẫu sử dụng 100% xi măng (C40XM100) đạt cường độ tương đương với các cấp phối sử dụng phụ gia khoáng, cho thấy việc thay thế một phần xi măng bằng tro bay và xỉ lò cao là hoàn toàn khả thi và vẫn đảm bảo được cường độ nén nếu được thiết kế hợp lý.

Mặt khác, về khả năng chịu mặn, kết quả cho thấy các cấp phối sử dụng phụ gia khoáng (tro bay và xỉ) như C40X35T20 và C40X30T20 vẫn đạt được cường độ nén cao (trên 38 MPa) ở 28 ngày tuổi, đồng thời có giá trị điện lượng thấm rất thấp (dưới 1.000 Culong), chứng tỏ khả năng chống thấm tốt. Đặc biệt, cấp phối C40X30T20 đạt giá trị điện lượng thấm chỉ 254 Culong - gần đạt mức yêu cầu cho bê tông siêu bền. Ngược lại, cấp phối truyền thống như C40XM100 tuy có cường độ nén cao nhưng lại có độ thấm ion cao hơn đáng kể (trên 1.700 Culong), cho thấy độ bền lâu trong môi trường xâm thực có thể kém hơn.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đánh giá hiệu quả của việc sử dụng tro bay từ nhiệt điện Nghi Sơn và xỉ lò cao nghiền mịn Hòa Phát thay thế phần nhiều xi măng trong bê tông, hướng tới mục tiêu phát triển vật liệu có độ bền cao và khả năng chống xâm nhập ion clorua - đặc biệt phù hợp với điều kiện môi trường ven biển. Các kết quả thực nghiệm cho thấy:

Về cường độ chịu nén và ép chẻ: Các mẫu bê tông có sử dụng 20% tro bay và xỉ lò cao từ 30 - 40% vẫn đảm bảo cường độ nén ở 28 và 90 ngày tương đương hoặc cao hơn mẫu đối chứng. Tỷ lệ tăng cường độ theo thời gian cũng cho thấy xu hướng phát triển bền vững, đặc biệt với loại C40X30T20 và C40X40T20.

Về khả năng chống thấm ion clorua: Bê tông C40X30T20 đạt giá trị điện lượng chỉ 254 Culong - được phân loại mức thấm rất thấp, thấp hơn nhiều so với mẫu đối chứng. Điều này minh chứng cho hiệu quả rõ rệt của phụ gia khoáng trong việc ngăn ngừa sự xâm nhập ion clorua, từ đó hạn chế nguy cơ ăn mòn cốt thép.

Việc thay thế một phần xi măng bằng tro bay và xỉ lò cao không chỉ giúp tận dụng hiệu quả nguồn tài nguyên công nghiệp sẵn có mà còn góp phần phát triển các loại bê tông chịu mặn, khả năng kháng ion clorua cao, phù hợp với các công trình hạ tầng tại vùng ven biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Sundar Rathnarajan, et al. (2022), Carbonation model for concretes with fly ash, slag and limestone calcined clay - using accelerated and five - year natural exposure data, Cement and Concrete Composites, vol.126, https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104329.

[2]. Yuichiro Kawabata, et al. (2021), The long-term suppression effects of fly ash and slag on the expansion of heat-cured mortar due to delayed ettringite formation, Construction and Building Materials, vol.310, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125235.

[3]. Boğa, A. R., Topçu, İ. B. (2012), Influence of fly ash on corrosion resis-tance and chloride ion permeability of concrete, Construction and Building Materials, 31, pp.258-264, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.106.

[4]. Thủ tướng Chính phủ, Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26/3/2021 về việc đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong công trình xây dựng.

[5]. Bộ Xây dựng, Báo cáo số 27/BC-BXD ngày 18/02/2025 về việc kết quả triển khai thực hiện Chỉ thị số 08/CT-TTg năm 2021.

[6]. Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Trọng Lâm (2013), Nghiên cứu chế tạo Bê tông chất lượng siêu cao sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng Silica Fume và Tro bay sẵn có ở Việt Nam, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 2, tr.24-31.

[7]. Ân, V. V. T., ĐạiB. D., & Trung, T. Đức (2021), Ảnh hưởng của tro bay và xỉ lò cao đến độ bền của bê tông chất lượng siêu cao trong môi trường xâm thực, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, 15(6V), 49-57, https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(6V)-05.

[8]. Ho Van Quan (12/2020), The effect of the binder on porosity and chloride diffusion decay coefficient of hpc, Transport and Communications Science Journal, vol.71, Issue 9, 1120-1129, https://doi.org/10.47869/tcsj.71.9.10.

[9]. G. R. Meira, et al. (2010), Durability of Concrete Structure in Marine Atmosphere Zones - The Use of Chloride Deposition Rate on the Wet Candle as an Environmental Indicator, Cement and Concrete Composites, 32, 427-435, https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.03.002.

[10]. NT Sang, TM Quan (2021), HL Si - Properties of fine-grained concrete containing fly ash and bottom ash. Magazine of Civil Engineering, https://doi.org/10.34910/MCE.107.11.

■Ngày nhận bài: 05/5/2025 ■Ngày sửa bài: 12/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

Hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho đường sắt đô thị và một số vấn đề khi áp dụng cho dự án xây dựng các tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam

System of technical standards and regulations for urban railways and some problems when applied to urban railway construction projects in Vietnam

> PGS.TS TRẦN THẾ TRUYỀN[1], TS NGUYỄN VĂN ĐĂNG[2*]
THS LƯƠNG VĂN VỊNH[3], THS VŨ QUANG KHÔI[4], THS CAO MẠNH HÙNG[3]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải
[2]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[3]Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng và Thương mại Hưng Phú
[4]Cục Đường sắt Việt Nam
Email: *dangnv@utt.edu.vn.

TÓM TẮT

Bài báo phân tích hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật đã và đang dùng cho các dự án đường sắt đô thị (ĐSĐT) ở Việt Nam, từ đó làm rõ một số vấn đề khi áp dụng cho một số dự án xây dựng các tuyến ĐSĐT điển hình ở Hà Nội và TP.HCM. Các nghiên cứu đánh giá hiện trạng áp dụng các nhóm tiêu chuẩn khác nhau dùng cho xây dựng hạ tầng công trình, thông tin tín hiệu, phương tiện và vận hành nằm trong danh mục tài liệu kỹ thuật của các dự án xây dựng ĐSĐT được thực hiện để chỉ ra những thuận lợi và tồn tại khi sử dụng không đồng bộ hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn cho các dự án khác nhau. Kết quả nghiên cứu có được sẽ là cơ sở cho việc đề xuất xây dựng quy chuẩn thiết kế ĐSĐT và xây dựng đồng bộ khung tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho ĐSĐT ở Việt Nam.

Từ khóa: Đường sắt đô thị, quy chuẩn, tiêu chuẩn, Việt Nam.

ABSTRACT

This article examines the system of technical standards and regulations applied to urban railway projects in Vietnam, highlighting key challenges in their implementation across major projects in Hanoi and Ho Chi Minh City. The study assesses the current application of various standard groups in infrastructure construction, signaling systems, rolling stock and operations, as outlined in technical documentation for urban railway projects. By analyzing the advantages and limitations of using non-uniform standards across different projects, the research provides a foundation for developing dedicated urban railway design standards and establishing a cohesive framework of technical regulations for Vietnam's urban rail network.

Keywords: Urban rail, technical codes, technical standards, Viet Nam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống ĐSĐT là loại hình vận tải hành khách công cộng khối lượng lớn trong đô thị có ở nhiều thành phố lớn trên thế giới, giúp giảm ùn tắc giao thông và ô nhiễm môi trường. Hiện nay, trên thế giới có nhiều loại hình ĐSĐT khác nhau, cơ bản có thể chia thành 3 nhóm: Đường sắt nhẹ - LRT (Light Rail Transit: Monorail/Tramway/ Autonomous Rail Rapid Transit), đường sắt khối lượng lớn di chuyển nhanh - MRT (Mass Rapid Transit: Metro/Airport link/Suburban rail) và đường sắt kết nối liên vùng - Regional Rail (Inter-city rail/ Commuter rail) [1, 2].

Khung tiêu chuẩn dùng cho ĐSĐT là rất quan trọng để ngành Đường sắt thực hiện vận hành tàu an toàn, nhanh, đúng giờ và hiệu quả. Các nước có hệ thống ĐSĐT phát triển như châu Âu, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc đã có khung tiêu chuẩn tương đối đầy đủ dùng cho công tác thiết kế, xây dựng, vận hành và bảo trì ĐSĐT. Hệ thống tiêu chuẩn của châu Âu xây dựng mang tính mở cho lĩnh vực đường sắt nói chung, trong đó có ĐSĐT. Theo đó, có những nội dung dành cho chủ đầu tư ĐSĐT quyết định nhưng phải thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn; Nhật Bản ban hành Luật Tiêu chuẩn quy định yêu cầu kỹ thuật chung về lĩnh vực đường sắt và hệ thống

tiêu chuẩn công nghiệp đầy đủ các lĩnh vực để nghiên cứu áp dụng cụ thể từng công trình; Trung Quốc xây dựng thống nhất một hệ thống tiêu chuẩn ĐSĐT bao gồm: Tiêu chuẩn Quốc gia (GB), Tiêu chuẩn ngành nghề đường sắt (TB) mang tính bắt buộc và các tiêu chuẩn ngành nghề khác liên quan... [3, 4, 5, 6]. Ngoài các tiêu chuẩn kỹ thuật do các quốc gia ban hành còn có các tiêu chuẩn kỹ thuật do các tổ chức, Hiệp hội tiêu chuẩn quốc tế ban hành như: Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế (ISO); Ủy ban Kỹ thuật điện quốc tế (IEC); Hội Kỹ sư Điện và Điện tử (IEEE); Hiệp hội Phòng cháy chữa cháy quốc gia Hoa Kỳ NFPA... [6, 7]. Xu hướng chung của các nước phát triển ĐSĐT đi sau là áp dụng các tiêu chuẩn, quy chuẩn của các nước đã làm chủ công nghệ nêu trên tùy thuộc yêu cầu của các nhà đầu tư theo các hợp đồng tài trợ và điều kiện thực tế của mỗi nước. Tuy nhiên, căn cứ vào đặc điểm về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của từng vùng, quốc gia mà mỗi nước có thể nghiên cứu lựa chọn hoặc điều chỉnh một số quy định kỹ thuật để đảm bảo sự phù hợp đối với dự án cụ thể.

Đối với hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn (QC, TC) về ĐSĐT ở nước ta, trong một số năm gần đây, Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) đã và đang chủ động cho nghiên cứu và triển khai xây dựng trên cơ sở tham chiếu các tiêu chuẩn tiên tiến của nước ngoài phù hợp với điều kiện Việt Nam, trong đó ưu tiên xây dựng các TC, QC liên quan đến lĩnh vực công trình, phương tiện, khai thác, vận hành và bảo trì. Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong công tác xây dựng, chuyển đổi hệ thống TC, QC liên quan đến đường sắt nói chung và ĐSĐT nói riêng, tuy nhiên do ĐSĐT là loại hình đường sắt mới đối với Việt Nam, liên quan đến rất nhiều chuyên ngành, bao gồm: Công trình, cơ khí, vật liệu, điện, điện tử, thông tin tín hiệu, công nghệ thông tin..., khối lượng các TC liên quan đến ĐSĐT rất lớn, trong khi nguồn lực (cả về nhân lực, kinh phí) còn hạn chế nên kết quả công tác xây dựng, ban hành TC, QC liên quan ĐSĐT còn hạn chế.

2. HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG HỆ THỐNG QUY CHUẨN, TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT CHO CÁC DỰ ÁN ĐSĐT Ở VIỆT NAM

Việt Nam đang triển khai hệ thống ĐSĐT chủ yếu tại Hà Nội và TP.HCM [10], với mục tiêu xây dựng mạng lưới hiện đại, kết nối với các phương tiện công cộng khác như xe buýt và BRT. Các tỉnh, thành khác cũng đã có kế hoạch triển khai hệ thống ĐSĐT trong tương lai như Đà Nẵng, Hải Phòng, Cần Thơ… Các tuyến ĐSĐT đã đưa vào vận hành khai thác có thể kể đến là Tuyến số 2A (Cát Linh - Hà Đông), Tuyến số 3 (Nhổn - Ga Hà Nội), Tuyến số 1 (Bến Thành - Suối Tiên); các tuyến đang lên kế hoạch xây dựng trong thời gian tới đây có thể kể đến là Tuyến số 1: Yên Viên - Ngọc Hồi (48,7 km); Tuyến số 2: Nội Bài - Thượng Đình (42 km); Tuyến số 4: Liên Hà - Bắc Thăng Long (53,2 km); Tuyến số 5: Văn Cao - Hòa Lạc (38,4 km); Tuyến số 6: Nội Bài - Ngọc Hồi (43,4 km), Tuyến số 2: Bến Thành - Tham Lương (11,3 km), Tuyến số 3A: Bến Thành - Tân Kiên (19,8 km), Tuyến số 3B: Ngã 6 Cộng Hòa - Hiệp Bình Phước (12,2 km), Tuyến số 4: Thạnh Xuân - Khu đô thị Hiệp Phước (36,2 km), Tuyến số 5: Cầu Sài Gòn - Bến xe Cần Giuộc (26 km)…

Nhiều thách thức trong quá trình quy hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành các tuyến ĐSĐT ở Việt Nam đã và đang triển khai đã bộc lộ như: Vốn đầu tư lớn, chậm tiến độ do vướng mắc về thủ tục, giải phóng mặt bằng và thiếu vốn; sử dụng nhiều công nghệ khác nhau đến từ các quốc gia Trung Quốc (Cát Linh - Hà Đông), Nhật Bản (Bến Thành - Suối Tiên), Pháp (Nhổn - Ga Hà Nội)… nên có thể gây khó khăn trong bảo trì, vận hành; khả năng tích hợp chưa tốt với các phương tiện giao thông công cộng khác nên chưa tạo thuận lợi cho hành khách; việc nắm bắt và làm chủ các công nghệ xây dựng và vận hành ĐSĐT cần thời gian đối với cả cơ quan quản lý nhà nước và các doanh nghiệp Việt Nam.

Theo thống kê về danh mục TC, QC kỹ thuật sử dụng tại các dự án ĐSĐT đang triển khai ở Việt Nam chủ yếu tham khảo từ các quốc gia có nhiều kinh nghiệm và làm chủ được công nghệ xây dựng, vận hành và phát triển hệ thống ĐSĐT kết hợp với các QC, TC sẵn có có thể vận dụng đã được Việt Nam ban hành [11, 12, 13, 14]. Ví dụ dự án Tuyến số 2A Cát Linh - Hà Đông (TP Hà Nội), danh mục tiêu chuẩn bao gồm có trên 310 tiêu chuẩn (123 tiêu chuẩn Việt Nam, 175 tiêu chuẩn Trung Quốc, 12 tiêu chuẩn EN). Tuyến số 3 Nhổn - Ga Hà Nội (TP Hà Nội) có tổng cộng trên 695 tiêu chuẩn áp dụng cho dự án, trong đó 255 TCKT đã được UBND TP Hà Nội phê duyệt và 440 TCKT chưa được phê duyệt (gồm tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn EN); Tuyến số 1 Bến Thành - Suối Tiên (TP.HCM), khung tiêu chuẩn đã được phê duyệt cho dự án bao gồm các tiêu chuẩn xây dựng Nhật Bản và Tiêu chuẩn cấp Bộ Nhật Bản về đường sắt và các tiêu chuẩn liên quan đến khảo sát, thiết kế và xây dựng công trình của Việt Nam. Tuyến số 2 Bến Thành - Tham Lương (TP.HCM), khung tiêu chuẩn đã được phê duyệt cho dự án đến bước thiết kế nền tảng là 416 tiêu chuẩn, gồm các tiêu chuẩn châu Âu EN và các tiêu chuẩn, liên quan đến khảo sát, thiết kế và xây dựng công trình của Việt Nam từ năm 2010 đến nay.

3. MỘT SỐ VẤN ĐỀ KHI ÁP DỤNG CÁC TIÊU CHUẨN, QUY CHUẨN KỸ THUẬT ĐSĐT KHI TRIỂN KHAI DỰ ÁN XÂY DỰNG CÁC TUYẾN Ở HÀ NỘI VÀ TP.HCM

Như phân tích ở trên, hiện tại Việt Nam chưa có hệ thống QC, TC đầy đủ về ĐSĐT, các dự án ĐSĐT đã và đang triển khai phải sử dụng công nghệ và tiêu chuẩn kỹ thuật phụ thuộc vào nước cho vay ODA (Trung Quốc, Nhật Bản, Pháp), chỉ có một số ít tiêu chuẩn Việt Nam phù hợp trong các dự án này. Tuy nhiên, hệ thống tiêu chuẩn về ĐSĐT của các nước khi áp dụng ở Việt Nam đều không đầy đủ và đều phải sử dụng các tiêu chuẩn vùng, hoặc tiêu chuẩn do hiệp hội quốc tế ban hành, để áp dụng cho một số hạng mục công trình, thiết bị đặc thù của ĐSĐT như: Hệ thống thông tin - tín hiệu và điều khiển (sử dụng tiêu chuẩn của Hội Kỹ sư Điện và Điện tử - IEEE, Ủy ban Kỹ thuật Điện quốc tế - IEC); Hệ thống giám sát, điều khiển thiết bị; hệ thống bán vé, kiểm soát vé tự động; thẻ vé (sử dụng thêm tiêu chuẩn của Ủy ban Kỹ thuật Điện quốc tế - IEC)… Việc vận dụng một số quy chuẩn Việt Nam liên quan đã dùng cho đường sắt quốc gia áp dụng cho dự án ĐSĐT có nhiều bất cập vì đường sắt quốc gia hiện tại có công nghệ khác biệt với ĐSĐT. Việc phụ thuộc về tiêu chuẩn nước ngoài, từ thiết kế, thi công, nghiệm thu, vận hành, bảo dưỡng hệ thống ĐSĐT dẫn đến: Phụ thuộc và phải áp dụng một số định mức kinh tế kỹ thuật đặc thù của nước ngoài; các chủ thể tham gia dự án rất lúng túng dẫn đến phải chỉnh sửa, bổ sung hồ sơ nhiều lần, dẫn đến kéo dài thời gian; khó kiểm soát giá thành của các công nghệ đặc thù của ĐSĐT tại từng dự án; sự khó khăn, lúng túng cho đơn vị vận hành khai thác sau này.

Các tuyến ĐSĐT (của từng dự án) mới chỉ được đầu tư xây dựng theo từng đoạn. Do đặc thù các thành phố lớn của Việt Nam có phạm vi liên kết rất rộng với các địa phương lân cận (khác với Singapore), như vậy, khi cần kéo dài tuyến theo nhu cầu (quy hoạch mới) sẽ rất khó khăn hoặc sẽ tiếp tục tiềm ẩn là lại phụ thuộc công nghệ, tiêu chuẩn kỹ thuật ĐSĐT nước ngoài. Bên cạnh đó, mỗi tuyến có một tiêu chuẩn riêng biệt sẽ dẫn đến tình trạng không có liên thông liên kết giữa các tuyến, người đi tàu sẽ phải chuyển tàu nhiều lần, dẫn đến một bộ phận người dân không mặn mà với ĐSĐT. Khi các tuyến không liên thông liên kết thì việc vận chuyển các toa xe từ các tuyến ĐSĐT về nhà máy để đại tu hoặc vận chuyển toa xe mới từ nhà máy đến tuyến đường sẽ gặp nhiều khó khăn. Nếu mỗi tuyến xây dựng một nhà máy sản xuất thì sẽ rất tốn kém, điều này dẫn đến các toa xe lại phải nhập ngoại, không kích cầu được sự phát triển công nghiệp để sản xuất toa xe trong nước.

Việc chưa có hệ thống QC, TC kỹ thuật của ĐSĐT dẫn đến trong quá trình triển khai, thực hiện dự án ĐSĐT sẽ nảy sinh nhiều bất cập, phải sửa đổi, bổ sung tiêu chuẩn nhiều lần, nên thường gây lúng túng, kéo dài thời gian giải quyết các thủ tục, tác động đến tổng mức đầu tư dự án, khó kiểm soát giá cả của sản phẩm công nghệ. Để có thể triển khai đồng loạt các dự án xây dựng, vận hành ĐSĐT tại Việt Nam, vấn đề cần được quan tâm giải quyết hiện nay là: Kiểm tra, rà soát các QCVN, TCVN, TCCS hiện hành, có liên quan trực tiếp, gián tiếp đến ĐSĐT cũng như rà soát các quy định bắt buộc đối với hệ thống ĐSĐT, để biên soạn QCVN riêng cho ĐSĐT (từ phân loại ĐSĐT, giai đoạn lập dự án, thiết kế đến giai đoạn vận hành, bảo dưỡng ĐSĐT), bảo đảm tính đồng bộ, tính kế thừa, tính hiện đại, minh bạch, thích ứng, dễ dàng tiếp cận áp dụng, đổi mới và hội nhập cần thiết.

4. ĐỀ XUẤT NHỮNG ĐỊNH HƯỚNG NỘI DUNG CỦA QUY CHUẨN VIỆT NAM (QCVN) VỀ ĐSĐT

Như đã phân tích trên đây, việc Việt Nam chưa có khung tiêu chuẩn thống nhất dùng cho ĐSĐT nên khi triển khai từng dự án ĐSĐT, chủ đầu tư bắt buộc phải cho phép xây dựng các danh mục tiêu chuẩn của các dự án dựa trên việc sử dụng đồng thời các quy chuẩn, tiêu chuẩn Việt Nam và các quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật của các nước hoặc các tổ chức quốc tế. Việc trước mắt là cần thiết phải xây dựng ngay quy chuẩn Việt Nam về ĐSĐT với mục đích định hướng và đưa ra các mức giới hạn quan trọng cho công tác thiết kế, xây dựng và vận hành ĐSĐT ở Việt Nam, từ đó làm cơ sở cho việc xây dựng đồng bộ một khung tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho các ĐSĐT ở Việt Nam trong thời gian tới đây. Các nội dung chính của quy chuẩn ĐSĐT phải đề cập đến những vấn đề cốt lõi theo các nhóm lĩnh vực khác nhau của các dự án ĐSĐT, cụ thể như sau:

- Nhóm công trình hạ tầng đường sắt: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý với các hạng mục công trình như: Công trình liên quan đến tuyến chính, tuyến phụ trợ, đường kết nối, depo, đường an toàn; kết cấu công trình đường sắt (ngầm, trên cao, trên mặt đất); kiến trúc tầng trên; nền đường; thiết bị an toàn và biển báo trên tuyến, kiến trúc, kết cấu nhà ga; ke ga; cửa chắn ke ga; cửa ra vào ga; nhà xưởng khu depot.

- Nhóm thông tin - tín hiệu và điều khiển: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý của các hệ thống truyền dẫn; hệ thống điện thoại, phát thanh; thông tin vô tuyến; hệ thống camera, truyền hình khép kín; hệ thống điều khiển; hệ thống giám sát chạy tàu; hệ thống điều hành tập trung; hệ thống phòng hộ tự động.

- Nhóm hệ thống, thiết bị cung cấp điện: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý các hạng mục thiết bị chính: Trạm biến áp, mạng kéo dẫn, cấp điện, động lực và chiếu sáng; hệ thống giám sát điện và tiếp địa.

- Nhóm hệ thống giám sát, điều khiển thiết bị: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý của hệ thống bán vé, kiểm soát vé tự động; thẻ vé bao gồm các hạng mục công trình, thiết bị chính: Hệ thống bán vé và soát vé tự động; hệ thống giám sát thiết bị và môi trường.

- Nhóm hệ thống thông gió, điều hòa không khí: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý các hạng mục chính: Thông gió và điều hòa không khí bộ phận dưới lòng đất như đường hầm, các ga ngầm; thông gió và điều hòa không khí tại các phòng thiết bị và phòng làm việc của nhà ga; hệ thống máy điều hòa làm lạnh; hệ thống quạt gió, đường thông gió và giếng trời.

- Nhóm hệ thống cấp, thoát nước; QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý các hạng mục chính: Hệ thống cấp, thoát nước sinh hoạt; cấp thoát nước đoạn toa xe, depot, nhà ga, trên tuyến.

- Nhóm vệ sinh môi trường, phòng chống cháy nổ: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý hệ thống phòng chống cháy nổ; hệ thống cảnh báo tự động về hỏa hoạn; hệ thống cảnh báo về các tai nạn khác; tiếng ồn; chấn động (độ rung); chất lượng không khí; nước thải; bức xạ điện từ.

- Nhóm phương tiện giao thông đường sắt: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý các thông số, hạng mục thiết bị liên quan đến toa xe, đoàn tàu ĐSĐT; khổ giới hạn thiết bị đầu máy, toa xe ĐSĐT.

- Nhóm vận hành, bảo trì và đánh giá an toàn hệ thống: QCVN quy định rõ về mức giới hạn của đặc tính kỹ thuật và yêu cầu quản lý, vận hành, bảo trì, đánh giá an toàn hệ thống ĐSĐT để hệ thống vận hành bảo đảm an toàn.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích đánh giá hiện trạng áp dụng hệ thống QC, TC QCKT trong một số dự án ĐSĐT ở Việt Nam. Một số tồn tại trong việc sử dụng không đồng bộ danh mục tiêu chuẩn ở các dự án khác nhau và trong từng dự án cụ thể đã được làm rõ. Trên cơ sở đó đã chỉ ra sự cần thiết và định hướng xây dựng những nội dung chính của QCKT cho ĐSĐT ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cũng là cơ sở bước đầu cho việc nghiên cứu xây dựng một khung TCKT đồng bộ cho các dự án ĐSĐT ở Việt Nam trong thời gian tới đây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Report for the "Inclusive and sustainable smart cities in the framework of the 2030 Agenda for Sustainable Development" Project.

[2]. URBAN PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS Vukan R. Vuchic, Professor, Department of Systems Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA.

[3]. Urban Transport of China, ZHOU Yong, XU Jiqing (2021), Urban Express Rail Transit Planning and Design [J], Urban Transport of China.

[4]. Chen Guanruuanru, Liu Mingmin (2017), Planning of Regional Rapid Rail Net-work[J]. Urban Rapid Rail Transit, 30(3):22-27.

[5]. General Specification for Standard urban Railway System for Asia (STRASYA).

[6]. Standard specifications for construction of urban railway, Ministry of Land, Infrastructure no.910, 3/11/2021.

[7]. The European Committee for Standardization (CEN) and the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), (https://www.cencenelec.eu/).

[8]. UIC, International Union of Railways (https://uic.org/).

[9]. JICA (2009), The study on building the national technical regulation and standard set for railway.

[10]. Quy hoạch mạng lưới ĐSĐT TP.HCM và TP Hà Nội.

[11]. Báo cáo số 1554/ĐSĐT-KTTĐ ngày 22/9/2022 của Ban Quản lý ĐSĐT Hà Nội.

[12]. Báo cáo số 1201/ĐSĐT-KHTH ngày 27/7/2023 của Ban Quản lý ĐSĐT Hà Nội.

[13]. Báo cáo số 2023/BQLĐSĐT-KHHĐ ngày 12/9/2022 của Ban Quản lý ĐSĐT TP.HCM.

[14]. Báo cáo số 1827/BQLĐSĐT-KHHĐ ngày 03/8/2023 của Ban Quản lý ĐSĐT TP.HCM.

■Ngày nhận bài: 05/5/2025 ■Ngày sửa bài: 14/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 30/5/2025

Một số nội dung tính toán kháng chấn nhà cao tầng với kết cấu khung chịu lực bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018

Some calculation contents for the seismic resistance of high - rise buildings with reinforced concrete frame structures according to ACI-318 and IBC-2018 standards

> TS NGUYỄN LỘC KHA
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: khanl_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Động đất là một trong những thảm họa thiên nhiên gây ra thiệt hại lớn đến các công trình xây dựng, đặc biệt là những công trình cao tầng. Khi cường độ động đất càng lớn, mức độ tàn phá đối với các công trình càng trở nên nghiêm trọng. Việc tính toán và phân tích khả năng chịu động đất của công trình là một bài toán phức tạp và đầy thách thức. Để giải quyết vấn đề này, việc đơn giản hóa quy trình tính toán là một yêu cầu cấp thiết nhằm đảm bảo độ chính xác và hiệu quả trong thiết kế. Bài báo sẽ trình bày một số nội dung quan trọng trong việc tính toán kháng chấn cho kết cấu bê tông cốt thép áp dụng cho nhà cao tầng, dựa trên quan điểm của các tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018, nhằm góp phần nâng cao độ an toàn và bền vững của các công trình trong điều kiện động đất.

Từ khóa: Động đất, tính toán kháng chấn, kết cấu bê tông cốt thép, nhà cao tầng.

ABSTRACT

Earthquakes are one of the natural disasters that cause significant damage to buildings, especially high-rise towers. The greater the earthquake intensity, the more severe the destruction to the structures becomes. Calculating and analyzing the seismic resistance of structures is a complex and challenging work. To solve this issue, simplifying the calculation process is an necessary requirement to ensure accuracy and efficiency in design. This paper presents some key aspects of seismic resistance calculations for reinforced concrete structures applied to high-rise buildings, based on the perspectives of the ACI-318 and IBC-2018 standards, aiming to enhance the safety and durability of structures under earthquake.

Keywords: Earthquake, seismic analysis, reinforced concrete structure, high-rise building.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời gian gần đây, các trận động đất và dư chấn xảy ra trong nước với mật độ và độ lớn ngày càng tăng, đặc biệt là khu vực miền Trung và Tây Nguyên. Theo số liệu thống kê từ Viện Vật lý Địa cầu, số trận động đất đã gia tăng mạnh trong 5 năm qua. Trong các năm từ 2019 đến 2023, số trận động đất tương ứng là 52, 98, 183, 293 và 353. Đặc biệt, độ sâu tâm chấn đang giảm nhiều, trước đây từ 15 km đến 17 km nhưng hiện nay chỉ còn khoảng hơn 8 km. Mức độ tàn phá do động đất gây ra là khủng khiếp, gây thiệt hại lớn về tính mạng con người và tàn phá các công trình xây dựng. Do đó, việc tìm hiểu nội dung các hướng dẫn về tính toán, thiết kế kết cấu công trình, đặc biệt là nhà cao tầng chịu tải trọng động đất là cần thiết.

Trên thế giới, nhiều tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán kết cấu công trình chịu tải trọng động đất khác nhau đang được sử dụng. Bài báo trình bày một một số đặc trưng cơ bản trong việc phân tích các tải trọng tác động và tải trọng tính toán đối với kết cấu bê tông cốt thép nhà cao tầng chịu tải trọng động đất theo tiêu chuẩn ACI-318 của Mỹ và tiêu chuẩn xây dựng quốc tế IBC-2018.

2. NHỮNG ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN TRONG TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

2.1 Lực cắt động tác dụng lên chân công trình

- Lực cắt động (lực ngang) thiết kế trước tiên phải được tính toán cho toàn bộ tòa nhà. Sau đó, lực ngang thiết kế này sẽ được phân bổ cho các tầng khác nhau. Lực động đất thiết kế tổng thể thu được tại mỗi tầng sẽ được phân bổ cho các thành phần chịu tải ngang riêng lẻ tùy thuộc vào cấu tạo và bố trí kết cấu tại sàn.

- Tổng lực ngang (lực cắt nền địa chấn) thiết kế (V_B) theo bất kỳ hướng chính nào sẽ được xác định theo biểu thức sau:

$$V_B = A_h . W \quad (1)$$

Trong đó:

W - Trọng lượng địa chấn của tòa nhà bao gồm tổng tải trọng tĩnh và các tải trọng khác;

A_h - Giá trị phổ gia tốc (hệ số phản ứng địa chấn) ngang thiết kế theo chu kỳ tự nhiên cơ bản T, được xác định theo biểu thức sau:

$$A_h = \frac{Z.I.S_a}{2.R.g} \quad (2)$$

Z - Hệ số vùng phụ thuộc vào sự phân chia vùng động đất của quốc gia;

I - Hệ số quan trọng tùy thuộc tầm quan trọng về kinh tế, mục đích sử dụng, chức năng của các công trình…;

R - Hệ số điều chỉnh phản hồi giảm phản ứng có xét đến khả năng dẻo và tính chất kém đàn hồi của vật liệu kết cấu. Tỷ lệ (I/R) không được lớn hơn 1,0; g - Gia tốc trọng trường; Sa/g - Hệ số gia tốc phản ứng trung bình.

Hệ số phản ứng địa chấn A_h phải nằm trong khoảng:

$A_{h(min)} \le A_h \le A_{h(max)}$

Trong đó:

$$A_{h(min)} = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \quad (3)$$

$$A_{h(max)} = \begin{cases} \frac{S_{D1}}{T.(R/I_e)} & với \quad T \le T_L \\ \frac{S_{D1}.T_L}{T^2.(R/I_e)} & với \quad T \ge T_L \end{cases} \quad (4)$$

S_{DS} - Tham số tăng tốc gia tốc phản ứng phổ động đất thiết kế trong thời gian ngắn; I_e - Hệ số phân loại rủi ro tùy thuộc vào cấu trúc địa chất khu vực công trình;

S_{D1} - Tham số gia tốc đáp ứng phổ thiết kế ở khoảng thời gian 1,0s, T_L là các giai đoạn chuyển tiếp dài hạn. Ngoài ra, yêu cầu.

$$A_h = 0{,}44 S_{DS}.I_e \ge 0{,}01 \quad (5)$$

2.2. Chu kỳ dao động tự nhiên cơ bản (T)

Chu kỳ dao động tự nhiên đàn hồi là hàm số của khối lượng và độ cứng của kết cấu (tính bằng giây). Với tòa nhà có khung chịu mô-men, có thể được xác định bằng công thức sau:

$$T = C_t.h_n^x \quad (6)$$

h_n - Chiều cao tính từ chân đế móng đến vị trí cao nhất của kết cấu cần tính toán và các hệ số C_t và x xác định theo tiêu chuẩn.

Đối với nhà có khung bê tông cốt thép chiều cao không quá 12 tầng và chiều cao tầng ≥ 3 m chu kỳ dao động gần đúng T có thể được xác định bằng công thức (7), với N là số tầng của tòa nhà.

$$T_a = 0{,}1N \quad (7)$$

Lực ngang kháng chấn thiết kế tối thiểu F_x tại sàn thứ x của tòa nhà xác định theo công thức:

$$F_x = C_{vx}.V_B \quad (8)$$

C_{vx} - Hệ số phân phối dọc, xác định theo công thức:

$$C_{vx} = \frac{w_x.h_x^k}{\sum_{i=1}^{n} w_i.h_i^k} \quad (9)$$

Với k số mũ phân bổ liên quan đến chu kỳ dao động thiết kế, k = 1,0 đối với công trình có chu kỳ T ≤ 0,5s, k = 2,0 đối với công trình có chu kỳ T ≥ 2,5s, hay k được nội suy tuyến tính trong khoảng từ 1 đến 2 với công trình có chu kỳ dao động thiết kế 0,5 đến 2s; h_i, h_x - Chiều cao từ chân móng đến tầng thứ x và chiều cao tầng tính toán; w_i, w_x - Phần tổng trọng lượng của kết cấu; n - Số tầng; V - Tổng lực ngang thiết kế hoặc lực cắt địa chấn tại chân kết cấu.

2.3. Tính lực cắt thiết kế ở các tầng

Lực ngang động đất sẽ tạo ra lực cắt ở các tầng, lực cắt ở tầng x (V_x) được tính theo công thức:

$$V_x = \sum_{i=x}^{n} F_i^x \quad (10)$$

F_i^x - Lực cắt nền do lực động đất (V) gây ra ở cấp thứ (i) cho sàn tầng thứ (x).

2.4. Tính hiệu ứng xoắn

- Trong tất cả các tòa nhà, do sự lệch giữa tâm khối lượng và tâm độ cứng, lực thiết kế được đặt tại tâm khối lượng và gây ra mô-men xoắn.

- Độ lệch tâm thiết kế (e_{dx}) tại tầng "x" sẽ được lấy là:

$$e_{dx} = \begin{cases} 1{,}5e_{sx} + 0{,}05b_x \\ hoặc\ e_{sx} - 0{,}05b_x \end{cases} \quad (11)$$

e_{dx} - Độ lệch tâm tĩnh tại sàn "x" được định nghĩa là khoảng cách giữa tâm khối lượng và tâm độ cứng; b_x - Kích thước mặt bằng của sàn "x" vuông góc với hướng của lực.

Mô-men xoắn do lực cắt "T" tại cao độ tầng x được tính theo công thức:

$$T = V_x.e_{dx} \quad (12)$$

2.5. Mô-men lật

Lực ngang F_i^x tạo ra mô-men lật M_x tính theo công thức:

$$M_x = \tau \sum_{i=1}^{n} [F_i^x.(h_i - h_x)] \quad (13)$$

- Mô-men lật tại cao độ tầng x; F_i^x - Lực cắt nền do lực động đất (V) gây ra ở cấp động đất (i) cho tầng thứ "x"; h_i và h_x - Chiều cao từ chân móng đến tầng thứ x và chiều cao tầng tính toán; τ - Hệ số giảm mô-men lật để an toàn có thể lấy τ = 1,0 cho toàn bộ chiều cao của kết cấu.

2.6. Biến dạng ngang của kết cấu

Lực ngang động được sử dụng để tính toán chuyển vị của kết cấu. Chuyển vị của các tầng nhà dưới tác động của lực động đất quyết định rất lớn đến tính ổn định của kết cấu, khả năng gây hư hại cho các thành phần phi kết cấu và ảnh hưởng rất lớn đến tâm lý của người sử dụng.

Chuyển vị theo phương ngang δ_x của sàn tầng thứ x được tính theo công thức:

$$\delta_x = \frac{C_d.\delta_{xe}}{I_e} \quad (14)$$

Với: δ_{xe} - Chuyển vị ngang đàn hồi thiết kế tại sàn thứ x; C_d - Hệ số khuếch đại chuyển vị; I_e - Hệ số phân loại rủi ro tùy thuộc vào cấu trúc địa chất khu vực vị trí công trình tra tiêu chuẩn.

Chuyển vị của tầng thiết kế là sự chênh lệch giữa chuyển vị của các khối tâm của hai tầng liền kề, xác định theo công thức:

$$\Delta = \delta_x - \delta_{x-1} \le [\Delta] \quad (15)$$

2.7. Kết hợp mô thức

Các đại lượng phản ứng cực đại (như lực thành phần, chuyển vị, lực tầng, lực cắt tầng và phản ứng đáy…) sẽ được kết hợp theo phương pháp kết hợp toàn phương bậc hai với hệ số kết hợp mô thức λ.

$$\lambda = \sqrt{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{r} \lambda_i.\rho_{ij}.\lambda_j} \quad (16)$$

Trong đó:

r - Số chế độ tính toán đang được xem xét; p_{ij} - Hệ số đa chế

độ; λ_i - Lượng phản hồi ở chế độ thứ i; λ_j - Lượng phản hồi ở mô thức thứ j.

$$\rho_{ij} = \frac{8\psi^2.(1+\beta).\beta^{1,5}}{(1+\beta^2)^2 + 4\psi^2.\beta.(1+\beta)^2} \quad (17)$$

Ψ - Tỷ lệ giảm chấn; $\beta = w_j/w_i$ - Tỉ lệ tần số; w_i - Tần số tuần hoàn khi xét ở mô thức "I"; w_j - Tần số tuần hoàn khi xét ở mô thức "j".

- Nếu các tòa nhà không ở gần nhau thì lượng phản ứng đỉnh (λ) của tất cả các mô thức được xem xét là:

$$\lambda = \sqrt{\sum_{k=1}^{r} (\lambda_k)^2} \quad (18)$$

Trong đó:

λ_k - Giá trị tuyệt đối trong mô thức "k"; r - Số chế độ.

- Nếu tòa nhà có một vài chế độ ở gần nhau thì lượng phản ứng đỉnh (λ) của tất cả các mô thức này gây ra sẽ được tính như sau:

$$\lambda^* = \sum_{c}^{r} \lambda_c \quad (19)$$

- Khối lượng ở mô thức k được tính theo công thức:

$$m_k = \frac{[\sum_{x=1}^{n} W_x.\emptyset_{xk}]^2}{g.\sum_{x=1}^{n} W_x.(\emptyset_{xk})^2} \quad (20)$$

Trong đó:

G - Gia tốc trọng lực; ϕ_{xk} - Hệ số hình dạng tại sàn thứ "x" trong mô thức "k"; W_x - Trọng lượng địa chấn của sàn thứ "x";

- Tải trọng thẳng đứng (P_k) của mô thức "k" được tính theo công thức:

$$P_k = \frac{\sum_{x=1}^{n} W_x.\emptyset_{xk}}{\sum_{x=1}^{n} W_x.(\emptyset_{xk})^2} \quad (21)$$

- Lực ngang tại tầng "x" của mô thức "k" được tính theo công thức:

$$Q_{xk} = A_k.\emptyset_{xk}.P_k.W_x \quad (22)$$

Trong đó:

A_k - Thiết kế giá trị phổ gia tốc ngang theo chu kỳ dao động riêng (T_k) của mô thức "k";

- Lực cắt cực đại (V_{xk}) tác dụng vào tầng "x" ở mô thức "k" được tính theo công thức:

$$V_{xk} = \sum_{j=x+1}^{n} Q_{xk} \quad (23)$$

3. KẾT LUẬN

Để giảm thiểu tối đa những hậu quả thảm khốc về nhân mạng và tài sản do tác động của động đất gây ra, việc thiết kế kháng chấn cho các công trình xây dựng là vô cùng cần thiết, đặc biệt là những công trình có mật độ tập trung người cao như bệnh viện, trường học, khách sạn hay các công trình quan trọng như đập thủy điện. Những công trình này cần được tính toán và thiết kế cẩn trọng để đảm bảo khả năng chịu lực và an toàn tối đa trước các rung chấn. Bài báo đã trình bày một số nội dung lý thuyết quan trọng trong việc tính toán kháng chấn cho công trình bê tông cốt thép cao tầng, dựa trên các tiêu chuẩn ACI-318 và IBC-2018 nhằm cung cấp giải pháp thiết kế hiệu quả với độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. American Concrete Institute (ACI) (2019), Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI Code 318-19. ACI, Detroit, MI.

[2]. International Code Council (ICC) (2018), International Building Code 2018 (IBC-2018), ICC, Country Club Hills, IL.

[3]. S. K. Ghosh and A. D. Fanella (2003), Seismic and Wind Design of Concrete Buildings. 2000 IBC, ASCE 7-98, ACI 318-99, International Code Council, Country Club Hills, IL.

[4]. S. K. Ghosh, A. W. Domel, Jr. and A. D. Fanella (1995), Design of Concrete Buildings for Earthquake and Wind Forces, 2nd ed. Portland Cement Association, Skokie, IL.

[5]. Portland Cement Association (PCA) (2002), Notes on ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete with Design Applications. PCA, Skokie, IL.

[6]. Minimum Design Loads for Buildings and other Structures, ASCE 7-16. ASCE, Reston, VA, American Society of Civil Engineering (ASCE), 2017.

[7]. Criteria for earthquake resistant design of structures ICS 91.120.25.

■Ngày nhận bài: 28/4/2025 ■Ngày sửa bài: 14/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 29/5/2025

Tính toán xác định mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi tĩnh và mô-đun đàn hồi động của đất nền đường ô tô

Calculation to determine the relationship between static elastic modulus and dynamic elastic modulus of the roadbed soil

> TS PHẠM ĐỨC PHONG*, GS.TS PHẠM CAO THĂNG
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: *ducphong357@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán xác định mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh của đất nền đường ô tô nhằm phục vụ thiết kế và đánh giá kết cấu nền mặt đường. Trên cơ sở lý thuyết về phản ứng của vật liệu đàn nhớt dưới tác động tải trọng động, bài báo xây dựng công thức tính toán xác định mô-đun đàn hồi động của đất nền đường. Áp dụng trên một dự án cụ thể, kết quả tính toán lý thuyết cho thấy mô-đun đàn hồi động của đất nền đường xấp xỉ bằng 1,68 lần mô-đun đàn hồi tĩnh. Trong khi đó, thí nghiệm động tại hiện trường bằng thiết bị đo độ võng động FWD cho kết quả mô-đun đàn hồi động xấp xỉ bằng 1,56 lần mô-đun đàn hồi tĩnh. Sự khác biệt giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm hiện trường là có thể chấp nhận được. Công thức lý thuyết giúp xác định nhanh mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh, phục vụ việc thiết kế và đánh giá chất lượng mặt đường.

Từ khóa: Nền đường, tính toán thiết kế, mô-đun đàn hồi tĩnh, mô-đun đàn hồi động.

ABSTRACT

The paper presents a computational method to determine the relationship between the dynamic elastic modulus and the static elastic modulus of subgrade soil to design and evaluate road pavement structures. Based on the theory of viscoelastic material response under dynamic loading, the study develops a theoretical formula to calculate the dynamic elastic modulus of road subgrade soil. Applied to a specific project, the theoretical calculations indicate that the dynamic elastic modulus is approximately 1.68 times the static elastic modulus. In contrast, field experiments using the Falling Weight Deflectometer (FWD) yield a dynamic elastic modulus approximately 1.56 times the static elastic modulus. The discrepancy between theoretical and experimental results is deemed acceptable. The proposed theoretical formula facilitates rapid determination of the relationship between dynamic and static elastic moduli, thereby supporting road pavement design and quality assessment.

Keywords: Roadbed, design calculation, static elastic modulus, dynamic elastic modulus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô-đun đàn hồi của nền đất (E_0) là một chỉ tiêu cơ học quan trọng thể hiện khả năng biến dạng đàn hồi của đất dưới tác dụng của tải trọng, là tham số được sử dụng chính trong thiết kế tính toán và đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu mặt đường. Hiện nay, trong tính toán thiết kế kết cấu mặt đường ô tô của Mỹ, AASHTO 1993 [1], đối với mặt đường quy định mô-đun đàn hồi của nền đất sử dụng là mô-đun phản ứng nền hiệu quả (Effective Modulus of Subgrade Reaction k-value), được xác định dựa trên mô-đun đàn hồi tĩnh của nền đất. Tuy nhiên, khi tính với kết cấu áo đường mềm, AASHTO 1993 và AASHTO 2008 [2] quy định sử dụng mô-đun đàn hồi nền đất là mô-đun đàn hồi hồi phục (Resilient Modulus), là một dạng mô-đun đàn hồi động.

Bên cạnh đó, theo quy định của Nga [4], tính toán thiết kế kết cấu mặt đường mềm với mô-đun đàn hồi nền đất là mô-đun đàn hồi động do áp dụng phương pháp tính toán dựa trên lý thuyết đàn hồi nhiều lớp, còn với kết cấu mặt đường cứng [3], khi tính toán thiết kế sử dụng là mô-đun đàn hồi tĩnh theo mô hình bài toán tấm trên nền đàn hồi.

Ở Việt Nam, quy định sử dụng tham số mô-đun đàn hồi nền đất là mô-đun đàn hồi tĩnh cho tính toán thiết kế cả kết cấu mặt đường bê tông xi măng (TCCS 39:2022 [5]) và kết cấu áo đường mềm (TCCS 38:2022 [6]).

Đối với công tác hiện trường, thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi kết cấu áo đường mềm thường được thực hiện bằng cần đo

võng Benkelmal với tải trọng tĩnh, TCVN 8867:2011 [8] và khi tính toán kết cấu áo đường mềm thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN), theo TCCS 37:2022 [7] thì mô-đun đàn hồi hữu hiệu của toàn bộ kết cấu mặt đường và mô-đun đàn hồi nền đất được xác định bằng phương pháp gia tải trọng động FWD. Các thí nghiệm hiện trường cho thấy, sử dụng thiết bị gia tải động sẽ cho kết quả thuận tiện, nhanh chóng hơn so với phương pháp gia tải tĩnh, tuy nhiên, do đất nền là vật liệu có đặc tính đàn nhớt nên giá trị độ võng động sẽ khác với giá trị độ võng tĩnh, dẫn tới giá trị mô-đun đàn hồi động nhận được sẽ có độ lớn khác với mô-đun đàn hồi tĩnh.

Từ thực tế nêu trên, việc tính toán thiết kế kết cấu mặt đường cứng hoặc kết cấu mặt đường mềm theo các tiêu chuẩn có sự khác biệt về mô-đun đàn hồi của nền đất là mô-đun tĩnh hoặc mô-đun động. Đồng thời, tùy theo điều kiện thiết kế, thi công, khai thác và thiết bị thí nghiệm hiện trường khác nhau mà nhận được giá trị mô-đun đàn hồi nền đất khác nhau. Do vậy, nội dung của bài báo là đi sâu phân tích và đề xuất phương pháp tính toán quan hệ giữa hai đại lượng mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh nền đường ô tô để phục vụ công tác tính toán thiết kế kết cấu mặt đường hoặc đánh giá chất lượng mặt đường trong quá trình khai thác.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN

Trong tính toán thiết kế kết cấu mặt đường cứng thường sử dụng tham số bán kính độ cứng tương đối (hay tham số đặc trưng đàn hồi) tấm bê tông, đặc trưng cho khả năng kháng biến dạng uốn vồng của tấm, được tính theo các công thức trong [9] tùy theo tham số cường độ nền.

Theo mô hình hệ số nền, xét nền biến dạng một chiều theo phương đứng, ta có mối quan hệ sau:

$$L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12.C_0\left(1-\mu_b^2\right)}} \quad (1)$$

Khi xét nền theo mô hình nền bán không gian đàn hồi, thông qua tham số mô-đun đàn hồi, xét biến dạng nền trong không gian ba chiều và có xét biến dạng ngang thông qua hệ số Poisson (hệ số nở hông) thì ta có quan hệ sau:

$$L = \sqrt[3]{\frac{Eh^3\left(1-\mu_0^2\right)}{6.E_0\left(1-\mu_b^2\right)}} \quad (2)$$

Trong các công thức (1) và (2), L - Bán kính độ cứng tương đối (đặc trưng đàn hồi) tấm bê tông; E, h - Tương ứng là mô-đun đàn hồi và chiều dày tấm bê tông; C_0, E_0 - Tương ứng là hệ số nền và mô-đun đàn hồi chung lớp móng dưới tấm bê tông (lớp móng này có thể gồm các lớp móng dưới từ vật liệu rời và nền đất nhưng không bao gồm lớp móng cứng); μ_b, μ_0 - Tương ứng là hệ số nở hông bê tông và của lớp nền dưới tấm bê tông.

Tham số bán kính độ cứng tương đối được tính cho lớp mặt bê tông xi măng, khi lớp móng là móng cứng từ bê tông nghèo, từ lớp cát-đá gia cố xi măng thì lấy bán kính độ cứng tương đối là tương tương của lớp mặt và lớp móng cứng.

Dù tính toán độ lớn tham số bán kính độ cứng tương đối theo tham số cường độ nền là hệ số nền theo công thức (1) hay theo tham số mô-đun đàn hồi theo công thức (2) đều cho kết quả như nhau. Khi tấm bê tông đặt trực tiếp trên nền đất, trong công thức (1) và (2), tham số mô-đun đàn hồi chung và hệ số nền chung là mô-đun đàn hồi nền và hệ số nền đất.

Do các tham số mô-đun đàn hồi và hệ số nền đều là các đại lượng đặc trưng cho khả năng kháng biến dạng của nền đường, dưới tác dụng của tải trọng động, giá trị mô-đun đàn hồi và hệ số nền nhận được là giá trị động, ngược lại dưới tác dụng của tải trọng tĩnh, giá trị mô-đun đàn hồi và hệ số nền nhận được là giá trị tĩnh. Thiết lập về mối quan hệ này, AASHTO 2008 [2] đã chỉ ra rằng nền đất có tính chất phụ thuộc tốc độ gia tải. Phản ứng cơ học của đất không chỉ phụ thuộc vào đặc tính của hạt rắn, mà còn phụ thuộc vào sự phân bố và di chuyển của nước lỗ rỗng giữa các hạt. Khi tải trọng tăng chậm (tải trọng tĩnh), nước trong các lỗ rỗng có thời gian thoát ra làm cho đất biến dạng lớn hơn, gây ra ứng xử mềm trong đất. Ngược lại, khi tải trọng tác động nhanh (tải trọng động) làm tăng áp lực nước lỗ rỗng, nước trong lỗ rỗng không kịp thoát ra khỏi đất, đất chưa kịp biến dạng nhiều, làm cho đất phản ứng cứng hơn (đặc trưng của vật liệu đàn nhớt).

Các kết quả thử nghiệm tấm bê tông của NCHRP Report 372 [10] ghi nhận rằng sự gia tăng tốc độ xe chạy và giảm thời gian tác dụng của tải trọng động làm tăng hệ số nền động do hiện tượng "ứng xử cứng hơn". Với nền đường từ các loại vật liệu đất đắp thường dùng và với tốc độ xe chạy từ 80 - 100 km/h (tương ứng thời gian tác dụng của tải trọng từ 0,09s đến 0,07s, xét trung bình là t < 0,1s) thì hệ số nền động có độ lớn trung bình bằng khoảng 2 lần hệ số nền tĩnh ($C_{0,d} = 2.C_{0,t}$). Thay vào công thức (1) ta nhận được quan hệ giữa bán kính độ cứng tương đối tĩnh và động là:

$$L_t = L_d.\sqrt[4]{2} \quad (3)$$

Với: L_t, L_d - Tương ứng là bán kính độ cứng tương đối tĩnh và động tấm bê tông.

Quy đổi từ công thức (3) và (2), ta có quan hệ giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh nền đất theo công thức:

$$E_{0,d} = \left(\sqrt[4]{2}\right)^3.E_{0,t} \approx 1,68.E_{0,t} \quad (4)$$

Với $E_{0,t}$, $E_{0,d}$ - Tương ứng là mô-đun đàn hồi tĩnh và mô-đun đàn hồi động đất nền.

Như vậy, từ lý thuyết tính toán thiết kế kết cấu mặt đường cứng, với loại đất đắp nền đường thông thường có tương quan hệ số nền động bằng hai lần hệ số nền tĩnh, thì tham số mô-đun đàn hồi động nền đất sẽ có giá trị gần đúng bằng 1,68 lần mô-đun đàn hồi tĩnh.

Bên cạnh đó, Hướng dẫn cho tiêu chuẩn AASHTO 1993 [11] và AASHTO T307-99 [12] đã thiết lập được một mối quan hệ thực nghiệm thường dùng để xác định mô-đun đàn hồi hồi phục (mô-đun đàn hồi động) từ chỉ số CBR khi không có sẵn dữ liệu thử nghiệm. Mối quan hệ này xét với các nền đất có CBR ≤ 10, giá trị này cũng phù hợp với quy định của TCVN 9436:2012 [13] khi quy định về sức chịu tải CBR tối thiểu theo biểu thức:

$$E_{0,d} = 10,34.CBR \quad (5)$$

Cũng theo TCCS 38:2022 [6], khi xét các tương quan giữa mô-đun đàn hồi vật liệu đất nền với chỉ số sức chịu tải CBR đặc trưng của toàn khu vực tác dụng của nền đường, ta có mối quan hệ sau:

$$E_{0,t} = 7,93.CBR^{0,85} \;;\left(R^2 = 0,91\right) \quad (6)$$

Từ các công thức (5) và (6) xây dựng được mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh của đất nền như sau:

$$E_{0,d} = 10,34.\left(\frac{E_{0,t}}{7,93}\right)^{1,176} \quad (7)$$

Như vậy, mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh của nền đất được xác định theo công thức (4) đóng vai trò làm cơ sở lý thuyết cho việc tính toán thiết kế kết cấu mặt đường cũng như đánh giá chất lượng mặt đường trong quá trình khai thác. Trong khi đó, công thức (7) được xác định thông qua thí nghiệm hiện trường, nhằm kiểm chứng và hiệu chỉnh kết quả tính toán lý thuyết, đảm bảo độ tin cậy và phù hợp với điều kiện thực tế.

3. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN

Trong phần này, một ví dụ về tính toán xác định quan hệ giữa đại lượng mô-đun đàn hồi tĩnh và mô-đun đàn hồi động của đất nền đường từ các số liệu đo thí nghiệm hiện trường đoạn tuyến đường đang khai thác.

3.1. Phạm vi và khối lượng thí nghiệm

Kết cấu nền mặt đường tiến hành thí nghiệm dài 18,5 km bắt đầu từ đoạn tuyến đường Võ Văn Kiệt (nút giao QL1A) đến tuyến đường Mai Chí Thọ (ngã ba với đường Đồng Văn Cống), TP.HCM. Quy trình thí nghiệm và đánh giá cường độ nền đường được thực hiện bằng thiết bị đo độ võng động FWD.

Các vị trí điểm đo FWD được thực hiện trên 2 làn/1 chiều xe chạy, bố trí ở vệt bánh xe phía ngoài và cách mép làn xe chạy từ 0,6 đến 1,2 m, khoảng cách giữa 2 điểm đo liên tiếp là 50 m/1 làn, theo cả hai chiều xe chạy (trái tuyến và phải tuyến) của đoạn tuyến tiến hành thí nghiệm.

Bảng 1 trình bày số lượng điểm đo thử nghiệm FWD.

Bảng 1. Khối lượng điểm đo thí nghiệm bằng thiết bị đo độ võng động FWD

TT	Đoạn tuyến	Đơn vị	Điểm đo phải tuyến	Điểm đo trái tuyến	Ghi chú
1	Nút giao QL1A đến cầu vượt Chà Và (PĐ1)	Điểm	284	283	2 làn xe
2	Cầu vượt Chà Và đến đầu hầm Thủ Thiêm (PĐ2)	Điểm	228	228	2 làn xe
3	Cuối hầm Thủ Thiêm đến nút giao ngã ba đường Mai Chí Thọ với đường Đồng Văn Cống (PĐ3)	Điểm	160	160	2 làn xe
	Tổng số		**672**	**671**	

3.2. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị đo động FWD nặng 450 kg, có chu kỳ xung tải 0~120 ms; đầu đo load cell độ chính xác 2%, đường kính tấm ép 300 mm; cảm biến đo võng loại biến đổi vận tốc địa chấn, các vị trí đầu đo tương ứng (0; 200; 510; 810; 1.130; 1.450; 1.760; 1.960; 2.160 mm); cảm biến nhiệt độ loại PT100, độ phân giải 0,1^{0}C.

Mỗi vị trí đo võng tối thiểu đo 2 lần, khi kết quả 2 lần đo võng ở tâm tấm ép nhỏ hơn 5% thì kết thúc đo và sử dụng kết quả đo ở lần hai làm cơ sở tính toán.

3.3. Kết quả đo thí nghiệm hiện trường

Tổng khối lượng thí nghiệm FWD là 1.343 điểm đo và xác được được mô-đun đàn hồi động trung bình cho từng đoạn tuyến. Từ đó, tính được mô-đun đàn hồi hữu hiệu thiết kế $E^{TK}_{0,d}$ của lớp nền đất (thí nghiệm đo động FWD tạo một xung lực bằng 40 kN trên tấm ép đường kính 30 cm) bằng cách nhân $E_{0,d}$ với hệ số C = 0,33 [7]. Mô-đun đàn hồi tĩnh đất nền được xác định theo công thức (7). Bảng 2 trình bày kết quả tổng hợp đo mô-đun đàn hồi bằng thiết bị đo động FWD.

Bảng 2. Kết quả tổng hợp đo mô-đun đàn hồi bằng thiết bị đo động FWD

TT	Đoạn tuyến	$E_{0,d}$ (MPa)		$E^{TK}_{0,d}$ (MPa) (MPa)		$E_{0,t}$ (MPa) (7)		$E^{TK}_{0,d}/E_{0,t}$ trung bình
		Phải tuyến	Trái tuyến	Phải tuyến	Phải tuyến	Trái tuyến	Trái tuyến	
1	PĐ1	101,09	102,49	33,36	33,82	21,46	21,71	1,56
2	PĐ2	107,28	102,11	35,40	33,70	22,57	21,65	
3	PĐ3	110,92	108,07	36,60	35,66	23,22	22,72	

Từ kết quả thí nghiệm hiện trường nhận được giá trị mô-đun đàn hồi động lớn hơn mô-đun đàn hồi tĩnh của nền đất xấp xỉ 1,56 lần. Bên cạnh đó, theo công thức (4), tính được mô-đun đàn hồi động lớn hơn mô-đun đàn hồi tĩnh xấp xỉ 1,68 lần. Sai lệch về hệ số tương quan được xác định theo hai phương pháp vào khoảng 7%, là giá trị chấp nhận được. Sự sai khác này có thể được giải thích là, mô-đun đàn hồi của đất nền phụ thuộc nhiều vào chất lượng thi công, quá trình đầm nén vật liệu, điều kiện môi trường khi thi công và khai thác cũng như tác động của tải trọng thực tế. Kết quả thực nghiệm thường đại diện cho sự làm việc thực tế của nền đường nên có sự sai khác so với tính toán lý thuyết được xây dựng dựa trên các điều kiện tiêu chuẩn. Sự khác biệt này cần được xem xét trong quá trình hiệu chỉnh mô hình tính toán cũng như đánh giá độ tin cậy của các thông số thiết kế.

Nghiên cứu này cho kết quả hệ số tương quan theo tính toán lý thuyết lớn hơn theo thử nghiệm. Do đó, nếu chọn tỷ số giữa mô-đun đàn hồi động và mô-đun đàn hồi tĩnh càng lớn thì mô-đun đàn hồi tĩnh nhận được càng nhỏ, nghĩa là càng thiên về an toàn. Điều này cho thấy, nếu chọn hệ số tương quan theo tính toán lý thuyết thì phù hợp với nguyên tắc thiết kế kết cấu nền mặt đường, khi các thông số được lựa chọn theo hướng giảm thiểu sự suy giảm cường độ hoặc hư hỏng sớm trong điều kiện khai thác.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xác lập được mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi tĩnh và động của đất nền đường ô tô dựa trên phân tích lý thuyết và số liệu thí nghiệm thực tế. Kết quả cho thấy mô-đun đàn hồi động theo lý thuyết lớn hơn mô-đun tĩnh khoảng 1,68 lần, trong khi thí nghiệm hiện trường ghi nhận hệ số trung bình là 1,56 lần. Sự chênh lệch này là chấp nhận được và cho thấy công thức lý thuyết có thể sử dụng để ước tính mô-đun đàn hồi động từ mô-đun đàn hồi tĩnh. Quan hệ này cũng phản ánh tính chất đàn nhớt của đất nền và cho thấy ảnh hưởng của điều kiện thi công, khai thác đến khả năng chịu tải của kết cấu nền mặt đường.

Việc xác định mối quan hệ giữa hai loại mô-đun này có ý nghĩa thực tiễn cao, giúp xác định nhanh đại lượng mô-đun đàn hồi tĩnh khi thiết kế kết cấu mặt đường cũng như đánh giá chất lượng mặt đường trong quá trình khai thác. Kết quả nghiên cứu góp phần hỗ trợ cơ quan quản lý và đơn vị tư vấn đưa ra quyết định khi tính toán thiết kế hay lập phương án bảo trì, sửa chữa, nâng cấp mặt đường một cách chủ động nhằm nâng cao chất lượng khai thác công trình đường ô tô trong điều kiện Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

[2]. AASHTO 2008 (2008), MEPDG a Manual of Practice Guidelines.

[3]. NO ОС-1066-р (2003), Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд.

[4]. ОДН 218.046-01 (2001), Проектирование нежестких дорожных одежд.

[5]. TCCS 39:2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.

[6]. TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - Các yêu cầu chỉ dẫn và thiết kế.

[7]. TCCS 37:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN).

[8]. TCVN 8867:2011, Áo đường mềm - Xác định mô-đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo võng Benkelman.

[9]. Phạm Cao Thăng (2014), Tính toán thiết kế các kết cấu mặt đường, NXB. Xây dựng.

[10]. NCHRP Report 372 (2007), Support Under Portland Cement Concrete Pavements.

[11]. Guidelines for 1993 AASHTO Pavement Design, 2003.

[12]. AASHTO T307-99 (2021), Standard Method of Test for Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials.

[13]. TCVN 9436:2012, Nền đường ô tô - Thi công và nghiệm thu.

■Ngày nhận bài: 06/5/2025 ■Ngày sửa bài: 21/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/6/2025

Sử dụng thuật toán PSO để thiết lập các thông số của robot bóng

Using the PSO algorithm to estimate the system parameters of Ballbot

> TS TRẦN THẾ NAM
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thenam@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung vào việc giải quyết bài toán khó khăn trong việc xác định chính xác các tham số vật lý của robot Ballbot, một loại robot di chuyển trên một quả cầu duy nhất nổi bật với khả năng cơ động và thiết kế nhỏ gọn. Do tính chất phi tuyến mạnh, không ổn định nội tại và nhiều bậc tự do, việc thiết kế mô hình và hệ thống điều khiển cho Ballbot đặt ra nhiều thách thức, đặc biệt khi các tham số như mô-men quán tính, khối lượng hay vị trí tâm khối khó đo lường bằng thực nghiệm. Để khắc phục hạn chế này, nghiên cứu đã đề xuất và triển khai thành công thuật toán Tối ưu hóa bầy đàn hạt (PSO) để nhận dạng 12 tham số chưa biết trong mô hình động học của Ballbot. PSO được lựa chọn nhờ các ưu điểm vượt trội như không yêu cầu tốc độ lấy mẫu cao, khả năng tìm kiếm toàn cục mạnh mẽ, không cần đạo hàm của hàm mục tiêu và hiệu quả tính toán cao hơn so với các phương pháp phỏng đoán khác.

Từ khóa: Robot bóng, tối ưu hóa bầy đàn (PSO), động lực học, thông số hệ thống.

ABSTRACT

This research focuses on addressing the challenging problem of accurately identifying the physical parameters of a Ballbot robot, a type of robot that moves on a single sphere, distinguished by its superior maneuverability and compact design. Due to its highly nonlinear nature, inherent instability, and multiple degrees of freedom, designing models and control systems for the Ballbot poses significant challenges, especially when parameters such as moment of inertia, mass, or center of mass are difficult to measure experimentally. To overcome this limitation, the study successfully proposed and implemented the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to identify 12 unknown parameters in the Ballbot's dynamic model. PSO was chosen due to its outstanding advantages, including no requirement for high sampling rates, strong global search capability, no need for objective function derivatives and higher computational efficiency compared to other heuristic methods.

Keywords: Ballbot, PSO, dynamics, system Identification.

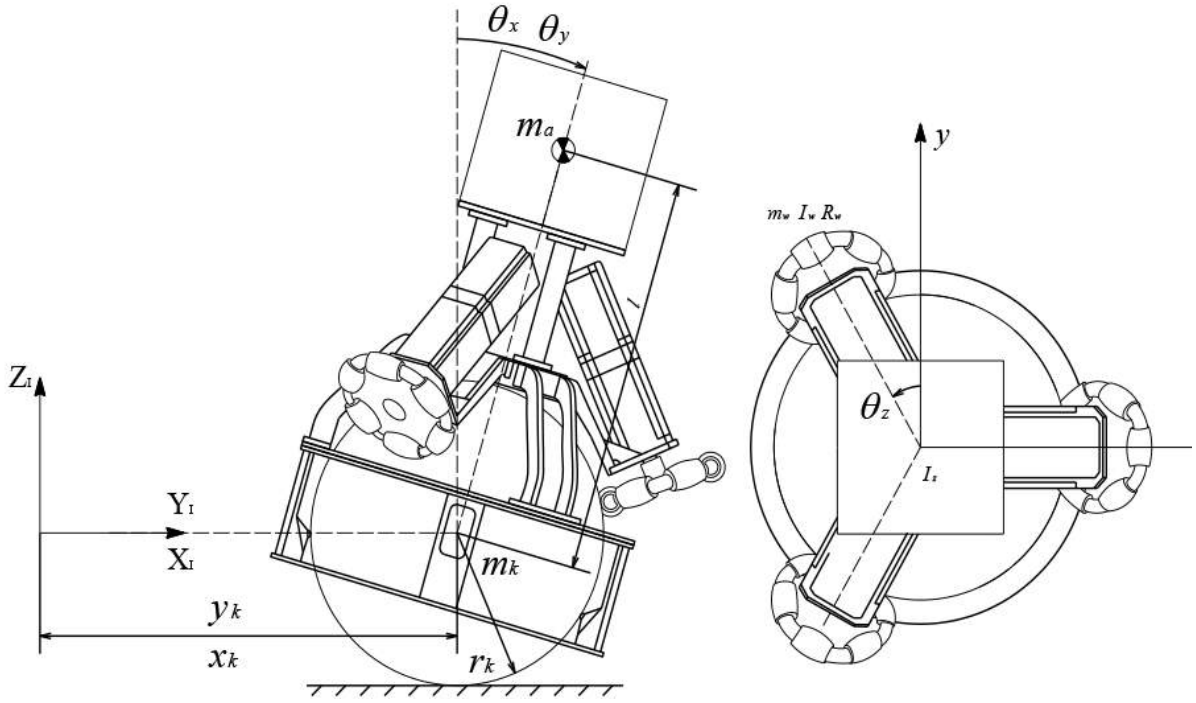
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, robot di chuyển trên một điểm tiếp xúc - tiêu biểu là robot Ballbot đã thu hút sự quan tâm lớn từ cộng đồng nghiên cứu nhờ khả năng cơ động vượt trội và thiết kế nhỏ gọn [1]. Khác với các robot truyền thống có ba điểm tiếp xúc hoặc sử dụng bánh xe cố định, Ballbot duy trì cân bằng động trên một quả cầu duy nhất, mang lại lợi thế về tính linh hoạt, khả năng di chuyển theo mọi hướng và thích nghi với môi trường chật hẹp. Tuy nhiên, việc điều khiển một hệ thống có tính phi tuyến mạnh, bất ổn định nội tại và nhiều bậc tự do như Ballbot đặt ra những thách thức đáng kể trong thiết kế mô hình và điều khiển [2].

Để đảm bảo hiệu suất điều khiển tối ưu, một mô hình động học và động lực học chính xác là điều kiện tiên quyết. Tuy nhiên, nhiều thông số vật lý của Ballbot - chẳng hạn như mô-men quán tính của thân, khối lượng các thành phần hay vị trí tâm khối rất khó đo lường chính xác bằng phương pháp thực nghiệm. Thêm vào đó, sai số trong mô hình có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng cân bằng và ổn định của robot.

Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu đề xuất áp dụng Thuật toán bầy đàn (PSO) - một thuật toán tối ưu hóa dựa trên quần thể, lấy cảm hứng từ hành vi bầy đàn trong tự nhiên để xác định các tham số chưa biết trong mô hình động học của Ballbot [3]. PSO có khả năng tìm kiếm toàn cục mạnh mẽ, không yêu cầu đạo hàm của hàm mục tiêu và dễ dàng triển khai trên môi trường mô phỏng như MATLAB/Simulink. Bằng cách tối thiểu hóa sai số giữa đầu ra mô phỏng và dữ liệu thực nghiệm, PSO giúp xây dựng mô hình chính xác hơn, từ đó nâng cao hiệu quả của hệ thống điều khiển [4].

Nội dung tiếp theo của nghiên cứu sẽ trình bày chi tiết cấu trúc của robot Ballbot, các phương trình mô tả động học - động lực học, cũng như quy trình áp dụng thuật toán PSO để nhận dạng tham số của robot bóng.



Hình 1. Mô hình vật lý 2D

2. MÔ HÌNH ĐỘNG

Mô hình 2D được mô tả như trong Hình 1. Tọa độ tâm bóng, $x_k(t)$ và $y_k(t)$ cũng là vị trí của điểm tiếp xúc của bóng với mặt sàn. Góc nghiêng của thân robot, $\theta_x(t)$, $\theta_y(t)$ và $\theta_z(t)$ tương ứng quanh trục Ox, Oy, Oz. Tín hiệu điều khiển cho bóng là các mô-men τ_x, τ_x và τ_z. Mô hình động học trong mặt phẳng *y–z* và x-z thiết lập dựa vào định lý Euler-Lagrange [6].

$$\left(m_k+\frac{I_k}{r_k^2}+m_a+\frac{3I_w\cos^2\alpha}{2r_w^2}\right)\ddot{y}_k+\left(\frac{3I_w\cos^2\alpha}{2r_w^2}r_k-m_a l\cos\theta_x\right)\ddot{\theta}_x +m_a l\dot{\theta}_x^2\sin\theta_x=\frac{\tau_x}{r_w}-b_y\dot{y}_k-d_y sign(\dot{y}_k) \quad (1)$$

$$\left(\frac{3I_w\cos^2\alpha}{2r_w^2}r_k-m_a l\cos\theta_x\right)\ddot{y}_k+\left(\frac{3I_w r_k^2\cos^2\alpha}{2r_w^2}+m_a l^2+I_y\right)\ddot{\theta}_x -m_a gl\sin\theta_x=\frac{r_k}{r_w}\tau_x-b_{rx}\dot{\theta}_x-d_{rx}sign(\dot{\theta}_x) \quad (2)$$

Trong đó: m_a - Khối lượng thân robot; I_x - Mô-men quán tính khối lượng quanh trục Ox; *rw* - Bán kính của bánh omni; α - Góc zenith; I_w - Mô-men quán tính của bánh omni; m_k - Khối lượng bóng; r_k - Bán kính bóng; I_k - Mô-men quán tính khối lượng bóng; g - Gia tốc trọng trường, b_y và b_{rx}, d_y và d_{rx} - Các hệ số ma sát.

3. THUẬT TOÁN PSO

Chúng tôi sử dụng một phương pháp nhận dạng không truyền thống bằng cách áp dụng tối ưu hóa bầy đàn hạt (PSO) [7]. PSO không đòi hỏi tốc độ lấy mẫu cao và lọc dữ liệu. Do đó, nó có thể được sử dụng với số lượng mẫu hạn chế và không cần biết về các đặc tính của nhiễu đo lường. PSO cũng có hiệu suất tốt hơn nhờ tốc độ hội tụ nhanh hơn và ít tốn công sức tính toán hơn so với các phương pháp phỏng đoán khác.

1: **Input**: Nhập số lượng mẫu, N_p; hệ số của hàm chỉ tiêu, δ và μ; Hệ số ω;
2: **for** $i = 1$ *to* N_p **do**
3: Vị trí của mẫu ban đầu với hàm phân phối $\mathbf{\Pi}_i \sim \mathbf{U}(\mathbf{lb}, \mathbf{ub})$ trong đó **lb** và **ub** là cận trên và cận dưới
4: Khởi tạo vị trí: $pbest(i,0) = \mathbf{P}_i(0)$, $gbest(0) = \mathbf{G}(0) = argmin\, f(\mathbf{P}_i(0))$
5: Khởi tạo tốc độ: $\mathbf{V}_i \sim \mathbf{U}(\mathbf{V}_{min}, \mathbf{V}_{max})$ Trong đó $\mathbf{V}_{min}$ và $\mathbf{V}_{max}$ là cận trên và dưới
6: Tính toán hàm tối ưu $\Phi(\mathbf{\Pi}_i) = \int_0^t (\delta \mathbf{e}_s^T \mathbf{e}_s + \mu \mathbf{u}^T \mathbf{u}) d\tau$, trong đó $\mathbf{e}_s$ và $\mathbf{u}$ là sai số và tín hiệu điều khiển
7: **end for**
8: **Output**: Thông số thiết lập ($\mathbf{\Pi} = \mathbf{G}$)
9: **while** $|\Phi(\mathbf{\Pi}_{i+1}) - \Phi(\mathbf{\Pi}_i)| > \varepsilon$, Số lần tính toán < No_{max}, (ε sai số bé nhất và No_{max} số lần tính nhiều nhất) **do**
10: **for** $i = 1$ *to* N_p **do**
11: Tính toán hàm tối ưu $\Phi(\mathbf{\Pi}_i)$
12: Cập nhật vị trí tốt nhất $\mathbf{P}_i$ và vị trí tốt nhất chung **G** của mẫu(i) bằng cách tối ưu hóa hàm $\Phi(\mathbf{\Pi}_i)$.
13: Cập nhật tốc độ $\mathbf{V}_i$ của mẫu (i)
14: **if** $\mathbf{V}_i < \mathbf{V}_{min}$ **then** $\mathbf{V}_i = \mathbf{V}_{min} + rand(12, N_p)(\mathbf{V}_{max} - \mathbf{V}_{min})$;
15: **end if**
16: **Output:** Cập nhật vị trí $\mathbf{\Pi}_i$ của mẫu i)
17: **if** $\mathbf{\Pi}_i < \mathbf{lb}$ **then** $\mathbf{\Pi}_i = \mathbf{lb}$;
18: **else if** $\mathbf{\Pi}_i > \mathbf{ub}$ **then** $\mathbf{\Pi}_i = \mathbf{ub}$;
19: **end if**
20: **end for**
21: **end while**

Hình 2. Thuật toán pso

Thuật toán PSO được mô tả như trong Hình 2. Không gian tối ưu là 12 thông số và PSO được mô tả thông qua vector Π_i; i = 1,..N_p. Số lượng mẫu N_p ϵ [100,1000] là đủ lớn để triển khai trong không gian tìm kiếm. Tốc độ hội tụ xác định bằng $V_i = (v_{i1}, v_{i1},\dots v_{i1})$.

Tiếp theo, độ thích nghi (fitness) của mỗi hạt được đánh giá dựa trên một hàm chi phí (CF) như sau:

$$\Phi(\mathbf{\Pi}_i) = \int_0^t (\delta \mathbf{e}_s^T \mathbf{e}_s + \mu \mathbf{u}^T \mathbf{u}) d\tau \quad (3)$$

Trong đó: δ và μ - Các hằng số dương.

Vị trí ban đầu của hạt thứ *i* ký hiệu $P_i = (p_{i1}, p_{i1},\dots p_{i1})$ và vị trí tốt nhất này được ký hiệu $G = (g_1, g_2,\dots g_{12})$. Tại mỗi bước, tốc độ (rate) và vị trí mới của hạt được cập nhật như sau:

$$\mathbf{V}_i = \omega \mathbf{V}_{i-1} + c_{1k}(\mathbf{P}_{i-1} - \mathbf{\Pi}_{i-1}) + c_{2k}(\mathbf{G} - \mathbf{\Pi}_{i-1}), \quad (4)$$

$$c_{mk} = (1-\delta)c_{mk-1}, m = 1,2; k = 1,2,3,\dots, \quad (5)$$

$$\mathbf{\Pi}_i = \mathbf{\Pi}_{i-1} + \mathbf{V}_i, \quad (6)$$

Trong đó: w - Trọng số có giá trị từ 0 tới 1; k - Số thế hệ sinh ra; c_{1k} and c_{2k} - Các hệ số dương.

Từ phương trình số (5) và (6) sẽ được phát triển để triển khai thuật toán trên nền tảng để máy tính có thể triển khai được. Các bước của thuật toán này được mô tả như trong Hình 2.

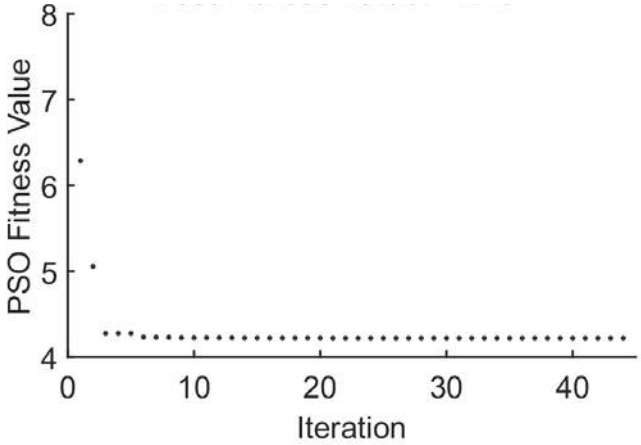
4. KẾT QUẢ THỰC TÍNH TOÁN

Thuật toán như mô tả trong Hình 2 sẽ được lập trình và phát triển trên nền tảng của Matlab. Để thực hiện được thuật toán cho việc ước lượng tham số cho Ballbot thực tế được thực hiện thông qua các bước sau:

- *Thu thập dữ liệu*: Xác định sai số e_s và tín hiệu điều khiển, u, của robot.

- *Bước thiết lập thông số*: Thuật toán PSO sẽ tối ưu hóa hàm tiêu chuẩn.

Ước tính giá trị của cả 12 tham số được thể hiện trong Hình 2. Giá trị độ thích nghi của PSO (PSO fitness values) cũng được hiển thị trong Hình 3, trong đó nó đã hội tụ nhanh chóng đến giá trị tốt nhất, là 4.21911.



Hình 3. Hàm tối ưu: Giá trị tối ưu sau 4.21911 tính

Giá trị thiết lập các thông số của hệ thống như sau: m_a = 10 (kg), l = 0,283 (m), I_x = 1,01 (kgm^2), I_y = 1,06 (kgm^2), b_y = 30, d_y = 0,76, b_{rx} = 1,345, d_{rx} = 0,016, b_x = 30, d_x = 1,492, b_{ry} = 4,5, d_{ry} = 0,01.

Việc có được các giá trị tham số cụ thể và được tối ưu hóa này là cực kỳ quan trọng. Chúng giúp xây dựng một mô hình động học của Ballbot chính xác hơn nhiều so với việc chỉ dựa vào các phép đo lường thực nghiệm thủ công, vốn dễ sai sót.

Một mô hình chính xác là nền tảng để thiết kế các bộ điều khiển hiệu quả. Với các tham số đã được nhận dạng, các nhà nghiên cứu và kỹ sư có thể phát triển các thuật toán điều khiển tốt hơn, giúp Ballbot duy trì cân bằng ổn định, di chuyển mượt mà và thực hiện các nhiệm vụ phức tạp hơn. Việc mô hình hóa chính xác giúp giảm thiểu rủi ro khi triển khai thuật toán điều khiển trên phần cứng thực tế, tránh được các hành vi không mong muốn do sai lệch mô hình.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã thành công trong việc áp dụng thuật toán Tối ưu hóa bầy đàn hạt (PSO) để giải quyết thách thức lớn trong việc nhận dạng các thông số vật lý khó đo lường của robot Ballbot. Điểm nổi bật của phương pháp này là khả năng tìm kiếm toàn cục mạnh mẽ, không yêu cầu tốc độ lấy mẫu và lọc dữ liệu cao, cũng như ít tốn công sức tính toán hơn so với các phương pháp phỏng đoán khác.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy thuật toán PSO đã hội tụ nhanh chóng đến giá trị độ thích nghi tối ưu là 4.21911, cho phép ước lượng chính xác cả 12 tham số của mô hình động học Ballbot. Việc xác định chính xác các tham số này là vô cùng quan trọng, giúp khắc phục những sai số trong mô hình, từ đó nâng cao đáng kể hiệu suất cân bằng và ổn định của robot, mở ra tiềm năng lớn cho việc thiết kế các hệ thống điều khiển tối ưu hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. T. Lauwers, G. Kantor and R. Hollis (2006), One is enough! - A hardware and control system for a single-wheel balancing mobile robot, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), pp.1251-1256.

[2]. P. Kim, M. Kim and H. J. Kim (Jun., 2016), Design and control of a balancing mobile robot with a spherical wheel, IEEE Trans. Ind. Electro., vol.63, no.6, pp.3726-3736.

[3]. J. Kennedy and R. Eberhart (1995), Particle swarm optimization, in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, pp.1942-1948.

[4]. M. Clerc and J. Kennedy (Feb. 2002), The particle swarm - explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space, IEEE Trans. Evol. Comput., vol.6, no.1, pp.58-73.

[5]. D. B. Pham, H. Kim, J. Kim and S.-G. Lee (2018), Balancing and Transferring Control of a Ball Segway Using a Double-Loop Approach [Applications of Control], Ieee Control Syst, vol.38, no.2, pp.15-37.

[6]. D. B. Pham et al. (2022), Balancing and Tracking Control of Ballbot Mobile Robots Using a Novel Synchronization Controller Along With Online System Identification, Ieee T Ind Electron, vol.70, no.1, pp.657-668.

[7]. V. Pano, and P. R. Ouyang, Comparative study of GA, PSO and DE for tuning position domain PID controller, pp.1254-1259.

■Ngày nhận bài: 12/5/2025 ■Ngày sửa bài: 20/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/6/2025

Managing urban mobility in the age of time-space compression: Integrating perceived accessibility into transport infrastructure development in Vietnam

Quản lý giao thông đô thị trong kỷ nguyên rút ngắn không gian và thời gian: Tích hợp cảm nhận khả năng tiếp cận vào phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam

> MSC DO HA MY[1*]; ASSOCIATE PROFESSOR, PHD NGUYEN LUONG HAI[2]**
[1]University College London
[2]University of Transport and Communications
Email: *my.do.23@alumni.ucl.ac.uk; **hainl.utc@gmail.com

ABSTRACT

Urban transport networks are shaped not only by infrastructure and technology but also by individuals' perceptions of accessibility. In Vietnam, conventional planning approaches often overlook subjective barriers such as safety, comfort and digital exclusion. This article introduces a conceptual framework that integrates perceived accessibility and time-space compression to explain why access remains uneven despite infrastructure investments. Drawing on global research and local case studies, it links technology, socio-demographic factors, and user experience. The framework promotes perception-informed planning to support more inclusive and user-centered transport policies. It offers practical tools for policymakers to incorporate real-time feedback and socio-psychological insights into Vietnam's smart city development, improving both system performance and social equity.

Keywords: Perceived accessibility, time-space compression, transport behaviours, transport equity, transport policy, infrastructure appraisal, user-centred design.

TÓM TẮT

Hệ thống giao thông đô thị không chỉ phụ thuộc vào hạ tầng và công nghệ, mà còn chịu ảnh hưởng bởi cảm nhận của người dân về khả năng tiếp cận. Tại Việt Nam, các phương pháp đánh giá truyền thống như độ bao phủ hay chi phí có thể bỏ qua những rào cản thực tế như cảm giác an toàn, tiện lợi hay khả năng sử dụng công nghệ. Bài báo đề xuất khung phân tích mới kết hợp giữa "khả năng tiếp cận theo cảm nhận" và hiện tượng "nén không-thời gian" - khi công nghệ làm thay đổi kỳ vọng và hành vi đi lại. Qua các ví dụ về metro và đường sắt cao tốc, bài báo cho thấy đầu tư lớn không đảm bảo việc người dân cảm thấy dễ tiếp cận. Từ đó, bài báo kêu gọi lồng ghép phản hồi người dùng và dữ liệu cảm nhận vào quy hoạch giao thông thông minh, hướng đến một hệ thống giao thông hiệu quả, công bằng và thân thiện với người sử dụng.

Từ khóa: Khả năng tiếp cận cảm nhận được, hiện tượng nén không gian - thời gian, hành vi tham gia giao thông, công bằng giao thông, chính sách phát triển giao thông, đánh giá hiệu quả đầu tư hạ tầng giao thông, thiết kế hệ thống giao thông lấy người sử dụng làm trung tâm.

1. INTRODUCTION

The rapid technological advancement has allowed digital integration and user-centered urban planning redefine and expand the urban mobility systems. Travel behavior and access experiences, particularly perceptions of distance and time have been altered by the emergence of real-time travel applications and smart infrastructure [1]. These changes reflect "time-space compression", introduced by David Harvey, describing how the perceived distances and time is condensed by the convergence of technologies [2].

Accessibility, mostly seen in physical and spatial terms, such as

travel time, distance and service frequency, has been increasingly studied through a perceptual lens [3]. Perceived accessibility, which considers an individual's subjective assessment of their ability to reach desired destinations, has become a critical indicator in urban mobility research [4]. It encompasses intangible elements such safety, convenience, affordability and psychological comfort [4]. This new approach is crucial for addressing social justice concern, particularly socio-economic inclusion as perceptions of accessibility significantly influence the actual usage of transportation services.

Vietnam is undergoing rapid urbanization and digital transformation, with major investments in metro systems, bus rapid transit (BRT) and electric bus networks in cities like Hanoi and Ho Chi Minh City. While these projects show a strong commitment to enhancing environmental sustainability and transportation efficiency, they often overlook the socio-demographic and perceptual aspects of mobility that might enhance policy responsiveness and user-centred planning. Although Vietnam's National Urban Development Strategy and smart city frameworks emphasize infrastructure and technology, including user perception and accessibility equity into transport design might provide additional pathways toward inclusive and adaptive mobility systems.

Recent worldwide and regional studies provide a conceptual grounding for reconsidering Vietnam's evaluation and management of transport networks. Research indicates that perceived accessibility is a dynamic, multi-layered concept impacted by socio-demographic status, technology exposure, urban design and institutional delivery systems [4]. In Vietnam, transport assessment systems still much depend on traditional instruments such spatial coverage indicators, traffic flow modelling and cost-benefit analysis (CBA) while digital literacy, income inequality and gender-based safety concerns still vary widely across urban population groups [5]. Although these instruments are useful for infrastructure benchmarking, they fail to reflect important user-centered aspects like satisfaction, trust, perceived safety, or service usability. Consequently, they provide limited utility in guiding investments in line with inclusive development goals or participatory governance principles.

This article aims to propose a conceptual framework of perceived accessibility, which can be integrated into transport policy design and infrastructure appraisal in Vietnam. Central to this framework is the acknowledgement of time-space compression, which is brought about by rapid advances in transport and communication technologies, has restructured how time, distance, and accessibility have been perceived by individuals. The presented framework here recognizes that, although real-time apps and platform-based services may enhance objective accessibility, they can also generate new perceptual barriers. This approach aims to provide a basis for improving infrastructure efficiency, enhancing social inclusion and aligning transport development with national social policy goals.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Perceived Accessibility and the Role of Time-Space Compression

Urban mobility research has increasingly acknowledged that physical distance or travel time alone cannot define the experience of accessibility. Conventionally, accessibility evaluation often focuses on the interaction between transportation and land use and the measures of people's distance from locations [3]. Common methods to measure objective accessibility globally are Geographic Information Systems (GIS) mapping, trip time estimations and network analysis [6]. On the other hand, perceived accessibility has been recognized as a predictor of activity behavior decisions [7]. Defined by [8] as "the perceived potential to participate in spatially dispersed opportunities," perceived accessibility is crucial in transportation planning as it can influence choices and behaviors, leading to the overall mobility and access to opportunities.

The time-space compression theory offers a conceptual lens for understanding the importance of perceived accessibility in fast-paced, digitalized cities. Originally used by [9], it describes how technological advancement in transport and communication and lead to the collapsing of time and space. Ride-hailing apps, digital apps, on-demand mobility platforms reshape urban routines, leading to changes in individuals' expectations about travel, access, and convenience. This shift results in changing baselines for what is considered accessible, thus increasing the disparity between user satisfaction and infrastructure provision. Users tend to measure accessibility not in kilometers or minutes, but factors such as emotional reassurance, predictability and interface simplicity, which are closely related to time-space compressions [10].

Urban transport planning has been facing more challenges due to the interaction of social perception and technological acceleration. In environment with improved physical access but uneven digital literacy, users may still perceive mobility services as inaccessible. Besides, modal choice may be affected by the psychological experience of travel, including anticipation of delay and crowding and ambiguity about payment methods. To address both material and symbolic barriers to movement, planners must place this perceptual dimension into the central of urban transport theory, thus achieving enhanced mobility.

2.2. Institutional and Policy Challenges in Transport Evaluation

Different population groups experience perceived accessibility differently. Higher-income groups report more perceived accessibility due to higher flexibility and command over transport choices [11]. Lower-income, elderly and digitally marginalized groups tend to encounter hidden barriers that objective data may overlook while women are more likely to experience the perceived risks of harassment or discomfort [12]. Age, caring responsibilities and technological familiarity exacerbate these differences, highlighting that accessibility is socially created and unevenly distributed [13].

In the Global South, most urban transport evaluation systems still prioritize economic efficiency and spatial coverage over social, spatial and environmental inequalities [5]. Specifically, Vietnamese policies and assessment criteria remain dependent on traffic counts, capacity models, and CBA [14]. For example, Hanoi's has faced obstacles regarding the differences in view of the funder and local authorities, leading to the failure of this system [15]. Besides, majors issues are addressed, including low design capacity, low frequency, limited speed, lack of reliability and convenience, poor design

transfer, which are normally not captured by traditional appraisal tools [16].

Another issue is the institutional inertia of transport governance. Technocratic planning cultures often oppose the incorporation of subjective and user-generated data in local transport planning. Economic performance and technical feasibility remain the institutional priorities, thus sidelining participatory indicators as anecdotal or politically sensitive. A lack of technological ability to systematically gather, analyze, act upon perception data also aggravates this mismatch. Besides, perception metrics in transport planning research are often collected via ad hoc surveys or pilot projects without consistency or strategic integration into policy frameworks [4].

Smart city strategies aim to provide more responsiveness through real-time data and participatory feedback loops [17]. However, without early integration of perceived accessibility, these systems risk reinforcing inequality. Embedding user-centered indicators from the start helps planners anticipate experiential barriers-such as unclear information, discomfort with transfers, or digital exclusion-before infrastructure is built. This can inform key design decisions like wayfinding, service integration and pricing [18]. Early inclusion of perception data also builds public trust and supports more efficient use of transit systems. In contrast, post-hoc feedback often fails to address deeply rooted perception gaps. Achieving Vietnam's transport modernization goals requires institutionalizing perception data into planning and evaluation frameworks.

3. THEORETICAL GAP

Although perceived accessibility is increasingly recognized in urban mobility research, its application in Vietnam remains limited. Transport evaluation still prioritizes objective accessibility, often treating populations as homogenous and overlooking individual capabilities. A system may appear accessible-featuring ramps, elevators, or designated seating-but without consistent maintenance, user support, or seamless transfers, it fails to serve those who need it most. This misrepresents true accessibility and risks misguiding policy decisions.

Meanwhile, the impact of time-space compression on travel behavior is often overlooked. Technologies reduce perceived distances and travel time, reshaping what people see as feasible or convenient. Vietnam's proposed VinSpeed high-speed railway, which would cut Hanoi - Ho Chi Minh City travel to 5.5 hours, exemplifies this. Journeys once considered long, costly, or exhausting could now feel routine and accessible-potentially influencing decisions on where people live, work, or conduct business. However, these benefits are not universal. Responses vary by income, travel purpose and digital literacy. Environmentally conscious users may also perceive added value due to the rail's lower emissions.

This article aims to present a research gap not just about methodologies but conceptual orientation. In Vietnam, present transport appraisal systems need to shift from assessing movement as a merely physical function to acknowledging it as a perceptual and social experience. On the pathway to achieve this shift, transport planning must be grounded in how mobility systems are felt, trusted and nagivated by different population groups across socio-demographic factors, including gender, age, wealth, digital literacy… This article thus proposes a conceptual framework to operationalize this shift, connecting time-space compression, perceived accessibility and socio-demographic characteristics for decision making and urban policy.

4. PROPOSED CONCEPTUAL FRAMEWORK

4.1. Overview and Rationale

This conceptual framework is drawn upon the perceived accessibility components (PAC) by [19], perceived accessibility model by [8] and the time-space compression phenomenon by [9], extending it to reflect the influence of time-space compression in the Vietnamese context. It is built on the recognition that when conventional planning methods only focus on physical infrastructure metrics like travel time or route density, they cannot fully capture how individuals experience mobility. Planners need tools that evaluate not just whether individuals can travel, but also whether they feel they can do so in a meaningful, safely and reliable way. This is especially important in places like Vietnam, where technology use and social inequality are evolving in parallel.

Time-space compression is a key contextual force underpinning this framework. It describes how technological and communicative advancements change human perceptions of time and space [9]. In Vietnam, the expansion of metro systems, MaaS platforms and high-speed rail raises public expectations for speed and convenience. However, these technologies' real impact depends on how they are perceived and adopted in daily routines. Thus, this framework treats time-space compression as a feedback effect that alters how transport systems are experienced.

This chapter presents how specific input variables, which are derived from empirical observation and literature, can be integrated into a policy-oriented conceptual framework. It connects four important domains: Technological drivers, perceptual components, socio-demographic moderators and behavioral feedback. Through the interaction of these domains, perceived accessibility is formed and influence the efficiency and equity of transport infrastructure.

4.2. Theoretical Justification

This proposed framework is based upon the PAC by [19], which conceptualizes perceived accessibility as a multidimensional concept encompassing users' evaluation of their freedom, capabilities and transport satisfaction. It breaks down into three dimensions: PAC1 - ease of reaching destinations, PAC2 - the ability to live the life one desires and PAC3 - satisfaction with mobility options. These capture not just spatial conditions but also psychological, social and emotional aspects.

Infrastructure improvements like metro systems and multimodal services shape PAC1, while factors like comfort and reliability inform PAC3 [20]. In Vietnam, these factors are especially important for students, blue-collar and low-income workers, who rely on fixed-schedule buses or informal modes and for elderly people, who have to navigate crowded stations with limited accessibility design. The framework also incorporates perceptual elements-safety, convenience, affordability and reliability-shown to outweigh objective performance in shaping satisfaction [3, 21, 22], which emphasize how

user-centered attributes can outweigh objective performance in shaping travel satisfaction and usage continuity. In Vietnam, despite investments in public transit, users frequently report dissatisfaction due to delays, discomfort and poor service information-issues often ignored by traditional evaluation tools.

Socio-demographic variables such as income, gender, caregiving roles, and digital literacy strongly influence perceived accessibility [12]. Through this lens, access encompasses both physical infrastructure and the broader socio-spatial constraints that restrict the utility and usability of infrastructures for marginalized group. Besides, household structures and caregiving responsibilities also influence trip frequency and perceived agency in trip-making. For instance, women in multi-generational households may live near transit lines but remain unable to utilize them due to rigid routines or caregiving duties, suppressing PAC2 even when PAC1 is met.

Behavioral feedback is key to this framework. In Vietnam, issues like poor signage or inconsistent service can erode trust and reshape how users perceive accessibility. Just one negative experience may outweigh many successful trips. These effects are magnified by time-space compression, where digital tools raise expectations for speed and convenience. Even small disruptions can lead to major dissatisfaction. For example, public disappointment with Hanoi Metro Line 2A-despite its technical success-shows the need to integrate feedback early to close perception gaps and align design with user expectations.

Through synthesizing these insights, this framework aims to offer a theory-informed, context-sensitive structure to understand perceived accessibility. It links the PAC to Vietnam's socio-economic and infrastructural realities, strengthened by behavioral science and transport equity research. These elements reflect both measurable and experiential dimensions of urban mobility, aiming to redefine transport success through the lens of user capability, satisfaction, and equity.

4.3. Structural Configuration of the Framework

This framework consists of four interrelated domains: Technological drivers, perceptual components, socio-demographic moderators and behavioral feedback. These elements are structured into a flow, reflecting how perceived accessibility is formed and how it shapes broader transport development.

In this framework, time-space compression is a structuring condition, which can accelerate the pace of urban life, expand functional urban areas and shift the meaning of travel distance and travel time. Perceived accessibility is a relational and psychological construct shaped by intangible perception factors, which are varied across population groups. This framework aims to enable the disaggregation of perceived accessibility by persona, identifying which group faces structurally disadvantages despite equivalent objective access.

Perceived accessibility is the interaction result of the following factors:

- Technological drivers: Evolving infrastructure and digital tools that generate time-space compression and alter access conditions, for example: Metro systems, BRT, high-speed rail, Mobility as a Service (MaaS)…

- Perception components: Subjective factors that capture user-centered, emotional and behavioral responses to transport systems, for example: safety, convenience, affordability, comfort, and reliability.

- Socio-demographic moderators: Factors that can explain heterogeneity in accessibility perception across population groups and can (indirectly) affect travel choices and experiences, for example: age, gender, income, caregiving role, and digital literacy.

- Behavioral feedback: Factors that can shape future perceptions on accessibility, for example: travel decisions, accumulated experiences and learned experiences.

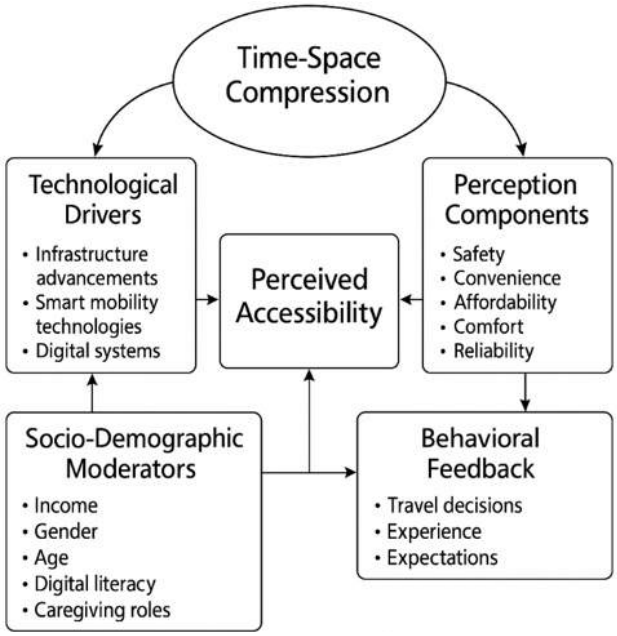


Figure 1. The proposed (extended) perceived accessibility model

This structure is dynamic and non-linear. Behavioral feedback not only affects current perceptions but also influences expectations, which later on alters how users react to future technological advancements. Socio-demographic variables can influence how users engage with digital technologies, establishing a reinforcing loop between user profile and service adoption. A directional flow diagram visualizes this structural logic, presenting the flow from contextual inputs to perceived accessibility and to outcomes in transport behavior and infrastructure responsiveness. By doing this, the framework emphasizes how both theoretically strong and useful for policy relevance perceived accessibility can be as a planning tool in transitional urban areas like Vietnam.

5. DISCUSSIONS AND IMPLICATIONS

This proposed framework aims to propose a timely rethinking of accessibility in Vietnam's rapid transforming urban landscape. Conventionally, urban transport systems have been assessed through infrastructure density, travel time, CBA… Yet, these objective indicators overlook the lived experiences of users, especially vulnerable groups, who encounter invisible but critical barriers, such as fear of harassment, lack of trust in service reliability, or lack of digital literacy. Through integrating perceived accessibility into planning, this framework calls for a shift from infrastructure provision to user-centric equity and efficiency. This framework is

particularly relevant when cities like Hanoi or Ho Chi Minh City are going through a massive shift in mobility systems, such as metro expansions, increased use of ride-hailing platforms and digital ticketing. Thus, it provides a diagnostic tool to explore why certain systems are underused despite heavy investment in infrastructure, and how planners might recalibrate strategies by prioritizing perceptions alongside performance.

5.1. Transport Investment Outcomes

Over the last decade, the Vietnamese goverment has made significant efforts to improve the urban transportation infrastructure, for example the metro developments in Hanoi and Ho Chi Minh City, BRT and electric bus networks. These initiatives represent significant milestones in sustainable mobility, however, the usage rates have not always matched the projected demand, highlighting a mismatch between infrastructure outputs and user behaviors [23]. Feedback on Hanoi's metro indicates that passengers face challenges regarding unclear station access, low connectivity to other modes and concerns about service reliability [24].

These examples call for a new success metrics in transport investment. Rather than evaluating systems solely on engineering benchmarks or CBA, planners should consider psychological readiness, trust and familiarity. Perceived aceessibility, as proposed, can offer a more holistic lens to measure system performance through incorporating indicators such as user satisfaction, trust and ease of navigation. By incorporating these factors into feasibility studies, ex-post project evaluations, or public-private investment frameworks, planners can achieve better calibration of outcomes. Gradually, this could reshape the planning cultures, from a "build-and-they-will-come" mentality to a participatory, perception-informed model where infrastructure design is explicitly tied to user experience and behavioral feedback

5.2. Inclusive Urban Mobility Policies

Different socio-demographic factors shape urban mobility. More than just distance or affordability, access encompasses how users feel when engaging with transport systems. Vulnerable groups such as women, elderly, disabled people and informal workers may face challenges that objective measures cannot fully capture, including fears of harassments, digital literacy or inflexible service schedules [12].

Policy approaches that focus on perceived accessibility can help address these challenges in practical and more precise ways. Steps that could enhnace the inclusiveness of existing infrastructure can include but not limited to improving lighting, providing clearer signage, or adjusting service hours. These adjustments do not necessarily require large investments, but they can signficantly improve the travel experiences of people in need.

This new perspective does not replace the current efforts but complement Vietnam's ongoing urban transport policies by improving their responsiveness to users' lived realities. It also foster a more participatory approach of mobility planning, one that values feedbacks and acknowledges the diverse mobility needs across urban population groups.

5.3. Smart Governance through Perception-Based Planning

Vietnam's commitment to smart city development is a part of a broader goal of modernizing public services and improving urban living conditions. However, since digital systems have been continuously integrated into mobility planning, it is important to ensure they are accessible and useful to users. Technologies like mobile ticketing, real-time service tracking and digital feedback tools offer great potentials, however, they all risk leaving out some user groups who are less digitally literate or do not have access to smart phones.

Integrating perceived accessibility into smart city planning could help address this gap. For example, structured perception surveys, which allow users to rate their sense of safety, ease of navigation, or comfort after each trip, could be integrated into transport apps. Other low-tech options, such as SMS-based feedback prompts or QR codes at transit locations, like BRT stops or metro stations, could gather insights from less digitally connected groups.

Although it requires institutional adjustments to build such responsive systems, especially clearer mechanisms for capturing and acting on feedback, the long-term benefits are significant: Smarter and more inclusive governance, greater public trust in infrastructure and improved system performance. This approach may contribute to transforming Vietnam's digital landscape, making it technically advanced and socially grounded.

6. CONCLUSION

This article emphasizes the role of perceived accessibility in Vietnam's urban transport systems, which captures how individuals experience, interpret and act upon transport systems. National strategies have focused on infrastructure expansion and digital innovation, yet persistent challenges in ridership, service satisfaction, and inclusivity demonstrate that physical accessibility does not guarantee a meaningful system for all. The proposed framework suggests an integrated approach that include technological changes, socio-demographic factors and the subjective realities of urban mobility.

Based on the theory of time-space compression, this article presents how contemporary transportation technologies reshape spatial connectivity and individuals' expectations, anxieties and decision-making processes. These changes are experienced differently across urban population, influenced by socio-demographic factors such as income, gender, age and digital literacy. Therefore, a one-size-fits-all approach to transport design and evaluation may perpetuate existing inequalities, despite the infrastructure quality.

Current planning tools of Vietnam, which are centered on CBA, network coverage and traffic flow modelling remain important; yet, they are insufficient on their own. This proposed framework aims to complement these tools with perception-based indicators, helping planners and policy makers gain a more holistic view of urban mobility performance. This article recommends integrating user feedback systems, perception audits and socio-demographically disaggregated data into transport assessmengt and smart city governance frameworks. As Vietnam has advanced its urban development agenda and invested in smart, resilient cities, urban mobility challenges are no longer how people move faster or farther, but how all individuals feel capable, safe and included when doing so. Mor than a matter of urban equity, embedding perceived accessibility into policy and practice is a pragmatic step towards improving infrastructure efficiency, promoting sustainable modal

changes and building public trust in urban institutions.

Future theoretical research and experimental projects are needed to operationalize this framework, including localized perception indicators, participatory planning workshops and comparative case studies across different urban and peri-urban areas in Vietnam.

REFERENCES

[1]. S. Shaheen and A. Cohen (2018), Is It Time for a Public Transit Renaissance?: Navigating Travel Behavior, Technology and Business Model Shifts in a Brave New World, Journal of Public Transportation, vol.21, no.1, pp.67-81.

[2]. S. Kirsch (1995), "The Incredible Shrinking World? Technology and the Production of Space," Environment and Planning D: Society and Space, vol.13, no.5, pp.529-555.

[3]. K. Geurs and B. v. Wee (2004), "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions," Journal of Transport Geography, vol.12, no.2, pp.127-140.

[4]. A. Curl (2018), "The importance of understanding perceptions of accessibility when addressing transport equity: A case study in Greater Nottingham, UK," Journal of Transport and Land Use, vol.11, no.1.

[5]. Q. D. Nguyen, D. N. Su, H. M. Nguyen, N. Vo and O. T. Oviedo (2022), "Factors influencing intention to use on-demand shared ride-hailing services in Vietnam: risk, cost or sustainability?," Journal of Transport Geography, vol.99.

[6]. S. Nicholls (2001), "Measuring the Accessibility and Equity of Public parks: a Case Study Using GIS," Managing Leisure, vol.6, no.4, pp.201-219.

[7]. J. Morris, P. Dumble and M. Wigan (1979), "Accessibility Indicators for Transport Planning," Transportation Research Part A: General, vol.13, no.2, pp.91-109.

[8]. F. J. Pot, B. v. Wee and T. Tillema (2021), "Perceived accessibility: What It Is and Why It Differs from Calculated Accessibility Measures Based on Spatial Data," Journal of Transport Geography, vol.21.

[9]. D. Harvey (1990), "Between Space and Time: Reflections on the Geographical Imagination," Annals of the Association of American Geographers, vol.80, no.3, pp.418-434.

[10]. D. G. Janelle and D. C. Hodge (2010), Information, Place, and Cyberspace: Issues in Accessibility, Springer Science & Business Media.

[11]. G.-C. Billie and R. Donovan (2002), "Socioeconomic Status Differences in Recreational Physical Activity Levels and Real and Perceived Access to a Supportive Physical Environment," Preventive Medicine, vol.35, no.6, pp.601-611.

[12]. M. H. Do (2024), "The Role of Socio-Demographic Factors in Shaping Perceived Accessibility to Transport Network Companies in Medellín," University College Lodnon, London.

[13]. K. Lättman, L. E. Olsson and M. Friman (2024), "Perceived Accessibility: Unveiling Inequalities in Transport Justice," Sustainable Transport and Livability, vol.1, no.1.

[14]. D. T. Khong, D. Y. Tong and H. L. T. Bui (2023), "Cost-Benefit Analysis and Model Preference of Public Transportation in Can Tho City, Vietnam," Sustainability, vol.15, no.9.

[15]. H. M. Nguyen, T. T. Ha, S. S. Tu and C. T. Nguyen (2019), "Impediments to the Bus Rapid Transit Implementation in Developing Countries - a Typical Evidence from Hanoi," International Journal of Urban Sciences, vol.23, no.4.

[16]. N. H. Nguyen, S. S. Tu and H. M. Nguyen (2020), "Evaluating the Maiden BRT Corridor in Vietnam," Transport and Communications Science Journal, vol.71, no.4.

[17]. R. Kitchin (2013), "The real-time city? Big data and smart urbanism," GeoJournal, vol.79, no.1, pp.1-14.

[18]. S. Foell, R. Rawassizadeh and G. Kortuem (2013), "Informing the Design of Future Transport Information Services with Travel Behaviour Data," in UbiComp '13 Adjunct: Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication, Zurich.

[19]. K. Lättman, L. Olsson and M. Friman (2016), "Development and test of the Perceived Accessibility Scale (PAC) in public transport," Journal of Transport Geography, vol.54, pp.257-263.

[20]. M. Friman, K. Lättman and L. Olsson (2020), "Public Transport Quality, Safety, and Perceived Accessibility," Sustainability, vol.12, no.9.

[21]. M. Wardman (2014), "Valuing Convenience in Public Transport: Roundtable Summary and Conclusions," International Transport Forum, Leeds.

[22]. D. v. Lierop, M. G. Badami and A. M. El-Geneidy (2017), "What Influences Satisfaction and Loyalty in Public transport? a Review of the Literature," Transport Reviews, vol.38, no.1, pp.52-72.

[23]. A. Chi, "The Leader," The Leader, 30 9 2024. [Online]. Available: https://theleader.vn/nguoi-dan-ha-noi-su-dung-tau-dien-chua-nhieu-vi-sao-d37255.html. [Accessed 19 5 2025].

[24]. ANTV, "ANTV," ANTV, 12 10 2024. [Online]. Available: https://antv.gov.vn/xa-hoi-4/nguoi-dan-van-gap-nhieu-kho-khan-khi-di-chuyen-bang-duong-sat-do-thi-2CE75D132.html. [Accessed 19 5 2025].

■Ngày nhận bài: 05/5/2025 ■Ngày sửa bài: 21/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 02/6/2025

Tính toán thời gian khai thác còn lại của kết cấu áo đường cứng đường ô tô từ kết quả thí nghiệm hiện trường bằng FWD

Calculating the remaining operating life of rigid pavement structure from the results of field experiments using an FWD

> TS PHẠM ĐỨC PHONG
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: ducphong357@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán thời gian khai thác còn lại của kết cấu mặt đường bê tông xi măng bằng cách sử dụng số liệu thí nghiệm hiện trường từ thiết bị đo độ võng động FWD (Falling Weight Deflectometer) theo phương pháp AREA. Các tham số đàn hồi động thu được từ thí nghiệm được quy đổi về giá trị tương đương với tải trọng tĩnh, phục vụ cho việc tính toán ứng suất kéo uốn và hệ số mỏi của vật liệu. Trên cơ sở đó xác định được tổng trục xe còn lại và thời gian khai thác còn lại của mặt đường. Phương pháp tính toán có tính khả thi cao, cho kết quả nhanh và chính xác, phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam. Nghiên cứu góp phần hỗ trợ công tác quản lý, thiết kế để đánh giá và đưa ra quyết định bảo trì, sửa chữa hợp lý, nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng và kéo dài tuổi thọ công trình đường ô tô.

Từ khóa: Thời gian khai thác còn lại, kết cấu áo đường cứng, thí nghiệm, thiết bị đo độ võng động FWD.

ABSTRACT

The paper presents a method for calculating the remaining operating life of cement concrete pavement structures using field test data from the FWD dynamic deflection measuring device according to the AREA method. The dynamic elasticity parameters obtained from the experiment are converted to values equivalent to static loads, serving the calculation of tensile and flexural stress and fatigue coefficient of the material. Based on this, the remaining total axle and the remaining operating time of the road surface are determined. The calculation method is highly feasible, providing fast and accurate results suitable for conditions in Vietnam. The study contributes to supporting management and design work to evaluate and make reasonable maintenance and repair decisions to improve the efficiency of use and extend the life of the road.

Keywords: Remaining operating life, rigid pavement structure, experiment, FWD.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tuổi thọ còn lại của kết cấu áo đường cứng đường ô tô là chỉ tiêu quan trọng phản ánh khả năng tiếp tục khai thác tuyến đường trong điều kiện thực tế, từ thời điểm đánh giá đến khi cần nâng cấp hoặc sửa chữa. Việc xác định tuổi thọ còn lại này chủ yếu dựa vào sức chịu tải hiện tại của kết cấu mặt đường. Để đánh giá sức chịu tải, có thể sử dụng phương pháp thử nghiệm tĩnh hoặc động. Trong đó, phương pháp sử dụng thiết bị gia tải động như FWD đang ngày càng phổ biến trên thế giới nhờ khả năng cung cấp kết quả nhanh, không phá hoại và có độ chính xác cao. Tại Mỹ, các tổ chức FHWA và AASHTO đã ban hành chương trình hiệu quả khai thác mặt đường dài hạn (LTPP - Long Term Pavement Performance) thông qua sổ tay hướng dẫn cho các phép đo bằng thiết bị đo độ võng động FWD [1, 2] . Trung Quốc cũng đưa quy trình thử nghiệm hiện trường lớp móng và mặt đường, trong đó có xây dựng mô hình tương quan giữa kết quả đo độ võng động bằng FWD sang cần đo võng Benkelman khi đánh giá hiện trạng mặt đường khai thác vào trong tiêu chuẩn JTG D50-2017 [3]. Tại Việt Nam cũng đề xuất phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT bằng thiết bị đo độ võng động FWD để xác định chỉ số kết cấu hữu hiệu trong TCCS 37:2022 [4].

Thực tế, với phương pháp đo động, kết quả thu được phản ánh đặc trưng đàn hồi dưới tác dụng của tải trọng động, trong khi các phương pháp tính toán thiết kế kết cấu mặt đường bê tông xi măng hiện hành của tiêu chuẩn trong nước lại tính toán với tải trọng tĩnh. Điều này dẫn đến sự cần thiết phải quy đổi các tham số đặc trưng đàn hồi động thu được từ thí nghiệm hiện trường sang giá trị tương đương với điều kiện tải trọng tĩnh, nhằm đảm bảo tính nhất quán trong đánh giá và thiết kế.

Trước thực tế đó, bài báo đề xuất một phương pháp quy đổi

các kết quả đo động sang đặc trưng tải trọng tĩnh bằng cách xác định tham số AREA từ số liệu đo độ võng bằng thiết bị đo độ võng động FWD và xây dựng các công thức tính toán từ các giá trị thí nghiệm hiện trường. Trên cơ sở đó, tiến hành tính toán tuổi thọ còn lại của kết cấu áo đường cứng đường ô tô bằng các công thức phân tích cơ học kết hợp với dữ liệu thí nghiệm hiện trường và tiêu chuẩn hiện hành. Phương pháp này không chỉ phù hợp với xu hướng hiện đại trong công tác khảo sát đánh giá kết cấu mặt đường mà còn đảm bảo tính khả thi, khoa học và độ chính xác cao trong điều kiện khai thác thực tế.

Do vậy, nghiên cứu có ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn cao trong việc hỗ trợ các cơ quan quản lý và các đơn vị tư vấn thiết kế công trình giao thông đưa ra quyết định kịp thời, tối ưu hóa chi phí bảo trì, sửa chữa cũng như kéo dài tuổi thọ công trình đường bộ, đặc biệt trong bối cảnh nhiều tuyến đường bê tông xi măng tại Việt Nam đang được khai thác.

2. TÍNH TOÁN THỜI GIAN KHAI THÁC CÒN LẠI CỦA ÁO ĐƯỜNG CỨNG KỂ TỪ THỜI ĐIỂM ĐÁNH GIÁ BẰNG FWD THEO PHƯƠNG PHÁP AREA

Từ thí nghiệm hiện trường bằng thiết bị đo độ võng động FWD, sử dụng 7 đầu đo độ võng động mặt tấm bê tông xi măng. Từ các độ võng d_0, d_8, d_{12}, d_{18}, d_{24}, d_{36}, d_{60} tương ứng tại vị trí tâm tải trọng và cách tâm tải trọng các khoảng cách 8, 12, 18, 24, 36 và 60 inch (ứng với 203, 305, 457, 610, 915 và 1.524 mm), xác định được tham số $AREA_7$ [5] như sau:

$$AREA_7 = 4 + 6\left(\frac{d_8}{d_0}\right) + 5\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 6\left(\frac{d_{18}}{d_0}\right) + 9\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + 18\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right) + 12\left(\frac{d_{60}}{d_0}\right), \text{(inch)} \quad (1)$$

Xác định đặc trưng đàn hồi động tấm bê tông [5]:

$$L = \left[\frac{\ln\left(\frac{A - AREA_7}{B}\right)}{C}\right]^D, \text{(inch)} \quad (2)$$

Với các hằng số thực nghiệm cho thiết bị gia tải động 7 đầu đo theo FAA 15/5370-11A [6]: A = 60; B = 289,078; C = -0,698; D = 2,566.

Do thí nghiệm hiện trường bằng tải trọng động, nên đặc trưng đàn hồi tấm bê tông xác định theo AREA là đặc trưng đàn hồi động, cần quy đổi về đặc trưng đàn hồi tĩnh. Theo lý thuyết đàn hồi, ta có đặc trưng đàn hồi tĩnh và động tấm bê tông tính theo hệ số nền [7]:

$$L_t = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12C_{0,t}}}, \quad L_d = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12C_{0,d}}}, \text{(inch)} \quad (3)$$

Các kết quả thử nghiệm tấm bê tông của NCHRP Report 372 [8] ghi nhận rằng sự gia tăng tốc độ xe chạy và giảm thời gian tác dụng của tải trọng động làm tăng hệ số nền động. Với nền đường từ các loại vật liệu đất đắp thường dùng và với tốc độ xe chạy từ 80 - 100 km/h (tương ứng thời gian tác dụng của tải trọng từ 0,09s đến 0,07s, xét trung bình là t < 0,1s) thì hệ số nền động có độ lớn trung bình bằng khoảng 2 lần hệ số nền tĩnh ($C_{0,d} = 2.C_{0,t}$). Thay vào công thức (3) ta nhận được quan hệ giữa đặc trưng đàn hồi tĩnh và động tấm bê tông như sau:

$$L_t = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12\frac{C_{0,d}}{2}}} = \sqrt[4]{\frac{2Eh^3}{12C_{0,d}}}$$

Suy ra: $L_t = \sqrt[4]{2}\,L_d$ (4)

Với: L_t, L_d - Đặc trưng đàn hồi tĩnh và động tấm bê tông;

C_t, C_d - Hệ số nền tĩnh và động.

Nếu sử dụng tải trọng trục xe tiêu chuẩn (100 kN), nhận được mô-men uốn do tải trọng tính toán gây ra theo [9]:

$$M_{tt} = P_{tt}\left\{0,0592 - 0,2137\lg\left(\frac{R}{L_t}\right)\right\} \quad (5)$$

Với: P_{tt} - Tải trọng bánh xe tính toán tiêu chuẩn, kN;

R - Bán kính vệt bánh xe quy đổi, R = 16,5 cm;

L_t - Đặc trưng đàn hồi tĩnh, cm, được quy đổi từ đặc trưng đàn hồi động dựa trên các kết quả thử nghiệm hiện trường theo công thức (4).

Khi biết mô-men uốn tính toán do tải trọng thử nghiệm gây ra (M_{tt}), tính được ứng suất kéo uốn tính toán (σ_{tt}):

$$\sigma_{tt} = \frac{6M_{tt}}{h^2} \quad (6)$$

Với: h - Chiều dày tấm bê tông.

Từ (6), khi biết ứng suất kéo uốn tấm bê tông (σ_{tt}) tại hiện trường đánh giá do tải trọng trục xe tiêu chuẩn (100 kN) gây ra và cường độ kéo uốn cho phép còn lại của mẫu bê tông lấy từ hiện trường (R_{ku}), có thể tính hệ số trùng phục tải trọng xét đến mỏi của vật liệu (hay hệ số mỏi - k_N), theo [7]:

$$\sigma_{tt} k_N = R_{ku} \quad (7)$$

Với: σ_{tt} - Ứng suất kéo uốn tính toán, tính theo (6);

R_{ku} - Cường độ kéo uốn cho phép còn lại của mẫu bê tông lấy từ hiện trường mẫu thí nghiệm. Trường hợp không biết giá trị cường độ kéo uốn cho phép còn lại của mẫu bê tông thí nghiệm, có thể tra theo Bảng 11 của TCCS 39:2022 [10] khi biết mô-đun đàn hồi tĩnh bê tông.

Khi xác định được đặc trưng đàn hồi động tấm bê tông (L_d) và hệ số nền động ($C_{0,d}$), tính toán mô-đun đàn hồi động theo công thức tính đặc trưng đàn hồi tấm bê tông [7] như sau:

$$E_d = \frac{12C_{0,d}L_d^4\left(1-\mu^2\right)}{h^3} \quad (8)$$

Với: E_d - Mô-đun đàn hồi động tấm bê tông, MPa;

L_d - Đặc trưng đàn hồi động tấm bê tông thí nghiệm tại hiện trường, tính theo (2), quy đổi ra cm;

$C_{0,d}$ - Hệ số nền động (MPa/cm), xác định từ số liệu thí nghiệm gia tải động tại hiện trường, tính theo công thức sau:

$$C_{0,d} = \frac{P_{TN}}{8d_0L_d^2}\left\{1 + \frac{1}{2\pi}\left[\ln\left(\frac{R}{2L_d}\right) - 0,673\right]\left(\frac{R}{L_d}\right)^2\right\} \quad (9)$$

Với: P_{TN} - Tải trọng thử nghiệm động tại hiện trường, kN;

$L_{0,d}$ - Đặc trưng đàn hồi động, tính theo (2), quy đổi ra cm;

d_0 - Độ võng động tại tâm tấm ép, cm.

Do vật liệu tấm bê tông là vật liệu có đặc tính đàn hồi, nên mô-đun đàn hồi động (được tính với hệ số nền động và đặc trưng đàn hồi động) có giá trị bằng mô-đun đàn hồi tĩnh (tính với hệ số nền động và đặc trưng đàn hồi tấm là tĩnh).

Từ (7), khi biết cường độ kéo uốn cho phép còn lại của mẫu bê tông (R_{ku}) và ứng suất kéo uốn (σ_{tt}), suy ra giá trị hệ số mỏi (k_N):

$$k_N = \frac{R_{ku}}{\sigma_{tt}} \quad (10)$$

Theo TCCS 39:2022 [10], giá trị hệ số mỏi (k_N) xét trùng phục tải trọng, phụ thuộc tổng lưu lượng trục xe được xác định như sau:

$$k_N = \sum N^{0,057} \quad (11)$$

Biết hệ số mỏi (k_N) tính theo (10), từ (11) tính được tổng trục xe khai thác còn lại ∑N (TCCS 38:2022 [11]), từ đó tính được thời gian khai thác còn lại T (năm) theo công thức:

$$\sum N = \frac{N_{1,ng.d}\,365\left[(1+q)^T - 1\right]}{q} \quad (12)$$

Với: $N_{1,ng.d}$ - Lưu lượng trục xe khai thác ngày đêm tại thời điểm đánh giá, trục xe/ngày đêm/làn;

q - Tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm tại thời điểm đánh giá, %.

Như vậy, từ tổng trục xe khai thác còn lại ∑N tính theo (11), khi biết lưu lượng trục xe khai thác ngày đêm ($N_{1,ng.d}$) và mức tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm (q), theo (12) tính được thời gian khai thác còn lại T (năm).

3. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN

3.1. Tuyến đường và thiết bị thí nghiệm

Kết cấu mặt đường bê tông xi măng tiến hành thí nghiệm đo

độ võng động bằng thiết bị FWD nằm trên tuyến đường Mai Chí Thọ, TP.HCM.

Các vị trí điểm đo FWD được thực hiện trên 3 làn/1 chiều xe chạy, bố trí ở vệt bánh xe phía ngoài và cách mép làn xe chạy từ 0,6 đến 1,2 m, khoảng cách giữa 2 điểm đo liên tiếp là 50 m/1 làn, theo cả hai chiều xe chạy (trái tuyến và phải tuyến) của đoạn tuyến tiến hành thí nghiệm.

Thiết bị đo động FWD tạo xung lực bằng 40 kN trên tấm ép đường kính 300 mm, có chu kỳ xung tải 0~120 ms; đầu đo load cell độ chính xác 2%; cảm biến đo võng loại biến đổi vận tốc địa chấn, sử dụng 7 đầu đo tương ứng (0, 203, 305, 457, 610, 915 và 1.524 mm); cảm biến nhiệt độ loại PT100, độ phân giải 0,1^{0}C.

Thông số tuyến đường: Đường 6 làn xe trở lên, có dải phân cách giữa. Chiều dày tấm bê tông xi măng hiện hữu h = 22 cm.

Tải trọng xe chạy: Tải trọng trục tiêu chuẩn tính toán là 100 kN. Tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm q = 7,5%.

Tổng số trục xe quy đổi tại thời điểm đánh giá là 2.079 trục/ngày đêm.2 chiều, hệ số phân phối số trục xe tính toán trên mỗi làn xe, $f_ℓ$ = 0,3. Khi đó, số trục xe tính toán tiêu chuẩn trên 1 làn trong một ngày đêm đánh giá là: $N_{1,ng.d}$ = 624 trục xe/ngày đêm/làn.

3.2. Số liệu đo thí nghiệm và kết quả tính toán tuổi thọ khai thác còn lại kết cấu áo đường cứng đường ô tô

Số liệu đo độ võng tại hiện trường bằng thiết bị đo độ võng động FWD tổng cộng là 136 điểm đo trên cả hai chiều xe chạy, kết quả đo trung bình được thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Khối lượng điểm đo thí nghiệm bằng thiết bị đo độ võng động FWD

Điểm đo	Nhiệt độ	Độ võng trung bình tại 68 điểm đo được tại các sensor						
		d0	d8	d12	d18	d24	d36	d60
	^{0}C	inch	inch	inch	inch	inch	inch	inch
Phải tuyến	35,5	0,0503	0,0372	0,0313	0,0237	0,0182	0,0149	0,0128
Trái tuyến	35,9	0,0539	0,0381	0,0324	0,0257	0,0201	0,0166	0,0143

3.2.1. Tính toán trên số liệu độ võng động đo bằng FWD phía bên phải tuyến

Từ kết quả 7 đầu đo, tính được tham số $AREA_7$ theo (1):

$$AREA_7 = 4 + 6\left(\frac{d_8}{d_0}\right) + 5\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 6\left(\frac{d_{18}}{d_0}\right) + 9\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + 18\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right) + 12\left(\frac{d_{60}}{d_0}\right) = 26,02 \text{ (inch)}$$

Tính đặc trưng đàn hồi động tấm theo (2):

$$L = \left[\frac{\ln\left(\frac{A - AREA_7}{B}\right)}{C}\right]^0 = 17,74 \text{ (inch)} = 45,07 \text{ cm.}$$

Tính hệ số nền động theo (10):

$$C_{0,d} = \frac{P_{TN}}{8 d_0 L_d^2}\left\{1 + \frac{1}{2\pi}\left[\ln\left(\frac{R}{2L_d}\right) - 0,673\right]\left(\frac{R}{L_d}\right)^2\right\} = 4,74 \text{ (MPa/cm)}$$

Tính mô-đun đàn hồi động bê tông theo công thức (9):

$$E_d = \frac{12 C_{0,d} L_d^4 (1 - \mu^2)}{h^3} = 21532 \text{ (MPa)}$$

Với vật liệu bê tông là vật liệu có đặc tính đàn hồi, nên có giá trị mô-đun đàn hồi động bằng với mô-đun đàn hồi tĩnh ($E_d = E_t$ = 21.532 MPa).

Tính ứng suất kéo uốn tính toán theo (6) với P_{tt} là tải trọng tính toán tiêu chuẩn (100 kN):

$$M_{tt} = P_{tt}\left\{0,0592 - 0,2137 \lg\left(\frac{R}{L_t}\right)\right\} = 50\left\{0,0592 - 0,2137 \lg\left(\frac{16,5}{\sqrt[4]{2}.45,07}\right)\right\} = 8,43 \, kN$$

$$\sigma_{tt} = \frac{6M_{tt}}{h^2} = \frac{6.8,43.10}{20^2} = 1,045 \, MPa.$$

Tính toán hệ số mỏi theo công thức (10), ứng với kết quả mô-đun đàn hồi tĩnh khi thí nghiệm tại hiện trường, tra Bảng 11 của TCCS 39:2022, xác định được R_{ku} = 2,5 MPa, khi đó:

$$k_N = \frac{R_{ku}}{\sigma_{tt}} = \frac{2,5}{1,045} = 2,393$$

Tính tổng trục xe khai thác tính toán còn lại theo (11):

$k_N = \sum N^{0,057} = 2,393 \Rightarrow \sum N = 4\,454738$ lượt.

Khi đó, thời gian khai thác còn lại T (năm) tính theo (12) là:

$$\sum N = \frac{N_{1,ng.d} 365\left[(1+q)^T - 1\right]}{q} = \frac{624.365\left[(1+0,075)^T - 1\right]}{0,075} \Rightarrow T = 8,1 \text{ (năm).}$$

3.2.2. Tính toán trên số liệu độ võng động đo bằng FWD phía bên trái tuyến

Tính toán tương tự như bên phải tuyến, nhận được:

Tổng trục xe khai thác tính toán còn lại ∑N = 4.206.029 lượt.

Thời gian khai thác còn lại T = 7,8 (năm).

Như vậy, thông qua thí nghiệm hiện trường đo độ võng động bằng thiết bị FWD trên bề mặt kết cấu mặt đường bê tông xi măng đang khai thác và biết được lưu lượng trục xe khai thác ngày đêm ($N_{1,ng.d}$) cùng với mức tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm (q) ở thời điểm hiện tại, hoàn toàn xác định tổng trục xe khai thác còn lại ∑N, từ đó tính được thời gian khai thác còn lại T (năm).

Kết quả nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng trong công tác quản lý, đánh giá hiện trạng và dự báo tuổi thọ còn lại của kết cấu mặt đường bê tông xi măng đang khai thác; đồng thời, làm cơ sở cho các cơ quan quản lý đường bộ có thể đưa ra các quyết định kịp thời về bảo trì, sửa chữa hoặc nâng cấp, tối ưu hóa chi phí đầu tư và kéo dài tuổi thọ công trình. Kết quả này còn hỗ trợ cho công tác thiết kế nâng cấp, cải tạo kết cấu mặt đường một cách hợp lý, đảm bảo hiệu quả kinh tế, kỹ thuật và ATGT trong điều kiện khai thác thực tế.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp tính toán tuổi thọ khai thác còn lại của kết cấu mặt đường bê tông xi măng từ dữ liệu đo độ võng động thu được bằng thiết bị FWD theo phương pháp AREA. Thông qua việc chuyển đổi đặc trưng đàn hồi động về đặc trưng tĩnh, kết hợp với các thông số về tải trọng, mô-đun đàn hồi và hệ số mỏi của vật liệu, phương pháp cho phép xác định chính xác khả năng chịu tải còn lại và thời gian khai thác tiếp theo của kết cấu mặt đường.

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng thiết bị đo động FWD kết hợp với các công thức quy đổi và phương pháp tính toán hợp lý không chỉ rút ngắn thời gian đánh giá hiện trạng mà còn đảm bảo độ chính xác cao. Phương pháp này đặc biệt phù hợp trong điều kiện khai thác thực tế tại Việt Nam, nơi mà công tác kiểm định và duy tu bảo trì mặt đường cần được thực hiện nhanh chóng, hiệu quả và tối ưu chi phí.

Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học vững chắc cho công tác quản lý và ra quyết định về sửa chữa, nâng cấp hoặc kéo dài tuổi thọ công trình. Đồng thời, kết quả nghiên cứu có thể áp dụng cho các tuyến đường bê tông xi măng khác trên toàn quốc, góp phần nâng cao hiệu quả khai thác, đảm bảo ATGT và tiết kiệm ngân sách bảo trì trong dài hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Manual for Falling Weight Deflectometer measurements, Long-Term Pavement Performance Program, The Federal Highway Administration, 2006.

[2]. AASHTO 2008 (2008), MEPDG a Manual of Practice Guidelines.

[3]. JTG D50-2017 (2017), Specifications for Design of Highway Asphalt Pavement.

[4]. TCCS 37:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN).

[5]. AASHTO Guide - Supplement - Rigid Pavement & Joint Design, 2019.

[6]. FAA 150/5370-11A (2004), Use of nondestructive testing in the evaluation of airport pavements, FAA.

[7]. Phạm Cao Thăng (2014), Tính toán thiết kế các kết cấu mặt đường, NXB. Xây dựng.

[8]. NCHRP Report 372 (2007), Support Under Portland Cement Concrete Pavements.

[9]. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

[10]. TCCS 39:2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.

[11]. TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - Các yêu cầu chỉ dẫn và thiết kế.

■Ngày nhận bài: 09/5/2025 ■Ngày sửa bài: 23/5/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/6/2025

Tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước tàu chở hàng rời

Optimizing the efficiency of draft survey for bulk carriers

> TS NGUYỄN XUÂN LONG*, PGS.TS PHAN VĂN HƯNG
Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: *nguyenxuanlong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu toàn diện về tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước cho tàu chở hàng rời - một bước quan trọng trong xác định trọng lượng hàng hóa. Thông qua phân tích tài liệu học thuật và dữ liệu ngành, nghiên cứu đánh giá các phương pháp hiện tại, khung lý thuyết và các chiến lược cải tiến. Kết quả cho thấy phương pháp truyền thống tuy dựa trên nguyên lý thủy tĩnh chắc chắn nhưng vẫn chịu ảnh hưởng bởi sai số từ yếu tố con người, môi trường và thiết bị. Các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo (AI) và cảm biến hiện đại có tiềm năng cải thiện độ chính xác và hiệu quả. Tuy nhiên, để triển khai rộng rãi cần có tiêu chuẩn hóa, quy định pháp lý rõ ràng và phân tích chi phí-lợi ích cụ thể. Nghiên cứu cũng đề xuất hướng phát triển trong tương lai nhằm xây dựng khung pháp lý và giải quyết các vấn đề về độ tin cậy và bảo trì hệ thống giám định tự động.

Từ khóa: Tối ưu hóa, giám định mớn nước, tàu hàng rời.

ABSTRACT

This article presents a comprehensive study on optimizing the efficiency of draft surveys for bulk carriers - an essential process in determining cargo weight in maritime trade. By analyzing academic literature and industry data, the study evaluates current methodologies, theoretical frameworks and optimization strategies. Findings reveal that while traditional draft survey methods are grounded in solid hydrostatic principles, they remain susceptible to errors stemming from human factors, environmental conditions, and measurement technology. Emerging technologies, particularly artificial intelligence (AI) and advanced sensors, show strong potential to enhance accuracy and operational efficiency. However, widespread adoption requires the development of standardized protocols, clear regulatory frameworks and thorough cost-benefit analysis. The study also proposes future research directions focusing on economic impact assessment, legal standardization and addressing long-term reliability and maintenance challenges of automated draft survey systems.

Keywords: Optimization, draft survey, bulk carrier.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giám định mớn nước là phương pháp xác định khối lượng hàng hóa bằng cách đo độ chìm của tàu trước và sau khi xếp dỡ, dựa trên nguyên lý Archimedes. Đây là quy trình thiết yếu trong vận tải biển, đảm bảo tính minh bạch trong thương mại, thanh toán và giải quyết tranh chấp. Tuy nhiên, phương pháp truyền thống vẫn tiềm ẩn nhiều sai số do ảnh hưởng của điều kiện môi trường và yếu tố con người. Do đó, việc tối ưu hóa quy trình giám định nhằm nâng cao độ chính xác và hiệu quả là cần thiết [1-5]. Bài báo tập trung phân tích các phương pháp, khung lý thuyết và dữ liệu liên quan nhằm đề xuất hướng cải tiến toàn diện cho giám định mớn nước tàu hàng rời.

Giám định mớn nước dựa trên nguyên lý Archimedes, cho phép xác định trọng lượng hàng hóa thông qua sự thay đổi mớn nước của tàu. Quy trình truyền thống gồm: Đo mớn nước tại 6 điểm, xác định tỷ trọng nước, trừ các yếu tố không phải hàng hóa (như nước dằn, nhiên liệu) và sử dụng bảng thủy tĩnh để tính trọng lượng. Độ chính xác phụ thuộc vào các hiệu chỉnh như độ chúi, nghiêng và tỷ trọng nước. Dù dựa trên nguyên lý khoa học, phương pháp truyền thống vẫn gặp nhiều sai số do điều kiện môi trường, kỹ năng người đo và biến dạng thân tàu. Các sai số này dễ tích lũy, làm giảm độ tin cậy và gây tranh chấp [6-9]. Nhằm nâng cao độ chính xác, các nghiên cứu đã đề xuất nhiều giải pháp tối ưu hóa, bao gồm ứng dụng công nghệ cảm biến, trí tuệ nhân tạo và tự động hóa trong đo đạc và phân tích dữ liệu (Bảng 1).

Bảng 1. So sánh các phương pháp giám định mớn nước

Phương pháp	Độ chính xác	Chi phí đầu tư và vận hành	Khả năng ứng dụng thực tế
Giám định truyền thống bằng mắt thường và bảng thủy tĩnh	±0,5% đến ±1,0% (chấp nhận thương mại)	Thấp (hầu như không cần thiết bị phức tạp)	Rộng rãi, phổ biến toàn cầu; phù hợp ở điều kiện cảng đơn giản
Giám định bằng camera + AI xử lý ảnh (OCR)	±0,1% đến ±0,5% (điều kiện biển ổn định)	Trung bình đến cao (thiết bị + AI + hiệu chuẩn)	Đang thử nghiệm; tiềm năng cao ở cảng nước sâu, sóng lớn
Giám định bằng cảm biến (áp suất, radar, laser)	±0,2% đến ±0,4% (hiệu chuẩn kỹ lưỡng)	Cao (thiết bị nhập khẩu, bảo trì định kỳ)	Phù hợp cho tàu lớn, tuyến dài hoặc giám sát tự động từ xa
Giám định bằng thiết bị cơ học hỗ trợ (ống giảm sóng, thước kỹ thuật số)	±0,3% đến ±0,6% (tùy điều kiện biển và thiết bị)	Trung bình (tùy thiết bị, dễ chế tạo trong nước)	Khá linh hoạt, hỗ trợ giám định viên trong điều kiện bất lợi
Kết hợp nhiều phương pháp (AI + cảm biến + hiệu chỉnh thủ công)	±0,1% đến ±0,3% (độ chính xác cao nhất)	Rất cao (phức tạp, đòi hỏi tích hợp hệ thống)	Thích hợp cho tàu lớn, hợp đồng hàng hóa có giá trị cao, giám định độc lập

** Các giải pháp tối ưu hóa giám định mớn nước:*

- Ứng dụng AI và xử lý ảnh: Hệ thống tự động sử dụng camera hoặc drone kết hợp thuật toán học sâu để nhận diện và đọc mớn nước, giúp giảm sai số do con người, tăng độ chính xác và hoạt động hiệu quả cả trong điều kiện thời tiết kém.

- Thiết bị giảm sóng: Dụng cụ như ống giảm sóng giúp ổn định mặt nước quanh vạch mớn nước, hỗ trợ đọc chính xác hơn. Khi kết hợp với hệ thống đọc tự động, hiệu quả giám định được nâng cao rõ rệt.

- Cải tiến tính toán lượng chiếm nước: Thay vì chỉ dựa vào bảng thủy tĩnh, có thể dùng cơ sở dữ liệu tàu có độ chính xác cao để tính toán tốt hơn, đặc biệt với tàu có độ chúi hoặc biến dạng lớn.

- Sử dụng cảm biến thay thế: Các công nghệ như cảm biến áp suất, radar, sợi quang và hệ thống đo kỹ thuật số đang được nghiên cứu ứng dụng vào giám định, tăng tính tự động và độ chính xác.

- Tăng cường quy trình và kiểm soát sai số: Cần tuân thủ quy trình nghiêm ngặt, sử dụng thiết bị đã hiệu chuẩn, lấy mẫu chính xác, áp dụng đúng hiệu chỉnh và lưu trữ dữ liệu đầy đủ để giảm thiểu sai số hệ thống và nâng cao độ tin cậy.

Để đánh giá hiệu quả các phương pháp tối ưu hóa giám định mớn nước, cần xây dựng khung lý thuyết gồm tiêu chí đánh giá, chỉ số đo lường và phương pháp phân tích. Các tiêu chí chính gồm:

- Độ chính xác: Sai số giữa kết quả đo và giá trị thực tế.
- Độ tin cậy: Tính ổn định trong nhiều điều kiện.
- Hiệu quả thời gian: Thời gian hoàn thành giám định.
- Hiệu quả chi phí: Chi phí đầu tư, vận hành và bảo trì.
- Tính an toàn: Giảm rủi ro cho giám định viên.
- Tính dễ sử dụng: Mức độ thuận tiện khi vận hành hệ thống.
- Tính tuân thủ: Đáp ứng tiêu chuẩn và quy định pháp lý.



Hình 1. Khung đánh giá hiệu quả tối quy trình

Các chỉ số đo lường bao gồm sai số trung bình, độ lệch chuẩn, thời gian thực hiện, chi phí mỗi lần giám định, sự cố an toàn, mức độ hài lòng và tỷ lệ tuân thủ tiêu chuẩn.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp luận tổng hợp tài liệu học thuật và phân tích các nguồn thông tin ngành để đánh giá các khía cạnh khác nhau của tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước đối với tàu chở hàng rời. Phương pháp luận nghiên cứu bao gồm các bước chính sau:

- Thu thập dữ liệu: Nghiên cứu thu thập dữ liệu từ các nguồn tài liệu học thuật, các nguồn thông tin ngành và các nguồn thông tin trực tuyến. Các từ khóa tìm kiếm chính bao gồm "giám định mớn nước", "tối ưu hóa giám định mớn nước", "tàu chở hàng rời", "trí tuệ nhân tạo", "cảm biến", "độ chính xác", "tiêu chuẩn hóa", "quy định pháp lý", "chi phí-lợi ích", "độ tin cậy", "bảo trì".

- Phân tích dữ liệu: Dữ liệu thu thập được phân tích theo các bước sau: Đánh giá độ tin cậy, tính khách quan và phương pháp luận của từng nguồn thông tin, ưu tiên các nguồn học thuật được đánh giá ngang hàng và các nguồn thông tin từ các tổ chức uy tín trong ngành; tổng hợp thông tin từ các nguồn khác nhau, hệ thống hóa theo các chủ đề chính (phương pháp luận, khung lý thuyết, điểm dữ liệu, chiến lược tối ưu hóa, phạm vi giới hạn); so sánh các phương pháp giám định mớn nước truyền thống và các phương pháp tối ưu hóa mới nổi về độ chính xác, độ tin cậy, hiệu quả, chi phí, tính an toàn và tính dễ sử dụng; phân tích các khung lý thuyết nền tảng và khung lý thuyết đánh giá hiệu quả tối ưu hóa, xác định các điểm mạnh, điểm yếu và khoảng trống nghiên cứu; xác định các điểm dữ liệu quan trọng, cụ thể cần thu thập và phân tích để đánh giá hiệu quả của giám định mớn nước và các phương pháp tối ưu hóa.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Các phương pháp tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước

- AI và xử lý ảnh: Ứng dụng AI, học sâu và OCR để tự động nhận dạng và đọc mớn nước từ hình ảnh hoặc video, giúp tăng độ chính xác và giảm phụ thuộc vào con người, kể cả trong điều kiện khắc nghiệt, tuy nhiên vẫn còn lo ngại về chứng nhận và cơ sở pháp lý.

- Thiết bị giảm sóng: Dụng cụ như ống chống dao động giúp ổn định mặt nước gần vạch mớn nước, giảm nhiễu do sóng biển. Hiệu quả rõ rệt nhưng việc công nhận kết quả còn bị giới hạn do thiếu tiêu chuẩn chính thức.

- Cải tiến tính toán lượng chiếm nước: Thay vì bảng thủy tĩnh truyền thống, phương pháp mới dùng cơ sở dữ liệu tàu và mô hình toán học để tính toán chính xác hơn trong mọi trạng thái tàu, đặc biệt khi không cân bằng.

- Cảm biến và đo lường thay thế: Hệ thống như DST đo trực tiếp mạn khô và tính toán mớn nước kỹ thuật số, cho kết quả chính xác trong điều kiện động. Một số cảm biến khác như radar, áp suất và sợi quang đang được nghiên cứu nhưng gặp hạn chế về chi phí và triển khai thực tế.

- Tăng cường quy trình và giảm sai số hệ thống: Dù sử dụng phương pháp nào, tuân thủ quy trình nghiêm ngặt là yếu tố then chốt; cần đảm bảo thiết bị hiệu chuẩn, đo tỷ trọng chính xác, hiệu

chỉnh thân tàu, giảm sai số thị sai và đào tạo đầy đủ cho giám định viên để đảm bảo tính nhất quán và độ tin cậy.

3.2. Khung lý thuyết định hướng tối ưu hóa giám định mớn nước

Giám định mớn nước dựa trên nguyên lý Archimedes và dữ liệu thủy tĩnh để tính trọng lượng hàng hóa thông qua chênh lệch mớn nước và tỷ trọng nước. Các hiệu chỉnh bắt buộc gồm: Độ chúi, nghiêng, biến dạng thân tàu (võng/vồng), vị trí LCF và tỷ trọng nước. Phương pháp "mớn nước trung bình phần tư" thường được áp dụng để cải thiện độ chính xác. Tuy nhiên, quá trình đo vẫn đối mặt nhiều sai số từ điều kiện môi trường, thị sai, thiết bị không hiệu chuẩn và kỹ năng người đo. Công nghệ xử lý ảnh đang được nghiên cứu để tăng độ chính xác.

3.3. Dữ liệu quan trọng để đánh giá hiệu quả giám định

Hiệu quả phụ thuộc vào độ chính xác và độ tin cậy của dữ liệu đầu vào: Mớn nước tại 6 vị trí, tỷ trọng nước và các yếu tố khấu trừ (nước dằn, nhiên liệu...). Các yếu tố ảnh hưởng gồm điều kiện biển, trạng thái thân tàu, tuân thủ quy trình hiệu chỉnh và kinh nghiệm giám định viên. Đo lặp và tính trung bình giúp cải thiện kết quả. Hiệu chuẩn thiết bị và hồ sơ giám định cũng phản ánh mức độ tin cậy. Độ chênh lệch giữa kết quả giám định và số liệu đo bờ có thể dùng làm chỉ số đánh giá hiệu quả.

3.4. So sánh các chiến lược tối ưu hóa với phương pháp hiện có

Giám định truyền thống tuân theo chuẩn UNECE (sai số ±0,5%) nhưng dễ bị ảnh hưởng bởi yếu tố môi trường và chủ quan người đo. Các công nghệ mới như AI, cảm biến, thị giác máy giúp tăng độ chính xác, có thể giảm sai số xuống dưới 1 cm. Tuy nhiên, rào cản gồm chi phí, thiếu tiêu chuẩn pháp lý và tâm lý e ngại từ người vận hành. Một số đơn vị áp dụng blockchain để xác thực dữ liệu. Trong tương lai, kết hợp AI và phương pháp truyền thống có thể giảm sai số tới mức milimet [9].

3.5. Phạm vi giới hạn của tối ưu hóa giám định

Dù tối ưu hóa, giám định mớn nước vẫn đối mặt giới hạn [4-6]:

- *Môi trường:* Sóng, dòng chảy, phân tầng tỷ trọng và chênh lệch nhiệt độ ảnh hưởng đến độ chính xác.

- *Cấu trúc tàu:* Vạch mớn nước mờ, thân tàu biến dạng, tàu cũ thiếu cập nhật dữ liệu thủy tĩnh.

- *Kỹ thuật và công nghệ:* Lỗi thị sai, điều kiện ánh sáng kém, khó hiệu chỉnh két dằn. AI hỗ trợ nhưng hiệu quả còn giới hạn khi biển động mạnh.

- *Phương pháp:* Một số công thức hiệu chỉnh chưa chính xác tuyệt đối, sai số nhỏ vẫn gây ảnh hưởng lớn đến tính toán trọng lượng.

- *Pháp lý và thương mại:* Chuẩn quốc tế đặt giới hạn sai số ±0,5% là "chấp nhận được", khiến nỗ lực tối ưu thêm chỉ có ý nghĩa khi chứng minh được lợi ích kinh tế cụ thể.

4. THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, việc tối ưu hóa hiệu quả giám định mớn nước đối với tàu chở hàng rời là một quá trình phức tạp, đòi hỏi sự kết hợp của nhiều phương pháp luận và khung lý thuyết khác nhau. Các phương pháp tối ưu hóa mới nổi, đặc biệt là ứng dụng AI và công nghệ cảm biến, hứa hẹn cải thiện đáng kể độ chính xác và hiệu quả của quy trình giám định. Tuy nhiên, việc triển khai rộng rãi các phương pháp này vẫn còn nhiều thách thức [1-4, 10-16], bao gồm:

- *Về công nghệ:* Cần tiếp tục nghiên cứu và phát triển các công nghệ cảm biến và thuật toán AI có độ tin cậy cao, hoạt động ổn định trong môi trường biển khắc nghiệt và có khả năng xử lý dữ liệu nhiễu.

- *Tiêu chuẩn hóa và quy định:* Cần xây dựng các tiêu chuẩn và quy định pháp lý rõ ràng để hướng dẫn việc sử dụng và công nhận các hệ thống giám định mớn nước tự động, đảm bảo tính minh bạch, khách quan và độ tin cậy của kết quả giám định.

- *Về chi phí-lợi ích:* Cần thực hiện các phân tích chi phí-lợi ích toàn diện để đánh giá hiệu quả kinh tế của việc đầu tư vào các hệ thống tối ưu hóa, so sánh chi phí đầu tư, vận hành và bảo trì với lợi ích thu được từ việc giảm sai số, tăng hiệu quả và giảm thiểu rủi ro.

- *Về yếu tố con người:* Cần chú trọng đến yếu tố con người trong quá trình triển khai các hệ thống tự động hóa, đảm bảo đào tạo đầy đủ cho giám định viên để họ có thể sử dụng và vận hành hiệu quả các công nghệ mới, đồng thời giải quyết các vấn đề liên quan đến thay đổi vai trò và kỹ năng của giám định viên.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã hệ thống và phân tích tổng quan các giải pháp ứng dụng công nghệ AI và cảm biến trong giám định mớn nước tàu biển, làm rõ tiềm năng tối ưu hóa quy trình này cả về độ chính xác, chi phí và khả năng ứng dụng. Kết quả cho thấy công nghệ mới không chỉ giúp tự động hóa quy trình giám định mà còn góp phần quan trọng vào công cuộc chuyển đổi số trong ngành Logistics và Hàng hải. Trên cơ sở đó, chúng tôi đề xuất một hướng chính sách quan trọng: Cần sớm xây dựng khung tiêu chuẩn kỹ thuật và pháp lý để công nhận giám định mớn nước tự động bằng AI và cảm biến. Điều này không chỉ tạo cơ sở pháp lý cho triển khai thực tế mà còn nâng cao tính minh bạch và đồng bộ trong công tác giám định.

Bài báo gợi mở các hướng nghiên cứu tiếp theo, như thử nghiệm thực địa tại các cảng Việt Nam, phân tích chi phí-lợi ích cụ thể và khảo sát mức độ chấp nhận của các bên liên quan như công ty bảo hiểm, chủ hàng và giám định viên. Những nghiên cứu này sẽ giúp hoàn thiện mô hình triển khai và đẩy nhanh ứng dụng thực tế. Trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy mạnh chiến lược chuyển đổi số ngành Logistics và Hàng hải, việc tích hợp các công nghệ AI trong giám định mớn nước không chỉ là xu thế tất yếu mà còn là giải pháp nâng cao năng lực cạnh tranh, hiệu quả vận hành và quản lý ngành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ruswal Global. (n.d.), Draft Survey Explained | In-Depth Guide to Draft Survey, Shipping and Cargo Inspection.

[2]. Wei, Y., Du, H., Hu, Q., & Wang, H. (2024), Optimizing Ship Draft Observation with Wave Energy Attenuation and PaddlePaddle-OCR in an Anti-Fluctuation Device, Journal of Marine Science and Engineering, 12(10), 1865.

[3]. Seven Surveyor. (2011), Draft Survey: The Accuracy and Factors Effecting.

[4]. LIU Chun-lei, ZHANG Xiu-feng, SUN Xiao-feng, YIN Yong (2014), Improved draft survey method based on densified table of offsets[J], Journal of Traffic and Transportation Engineering, 14(3): 58-64.

[5]. A Elnoury (2018), Accuracy of Draft Survey Process and Affecting Factors, Impact Journals.

[6]. SGS. (n.d.), Draft Survey Tool, SGS Website.

[7]. Wei, Y. (2023), Research Review of Ship Draft Observation Methods, American Journal of Traffic and Transportation Engineering, 8(2), pp.33-42.

[8]. Gard. (n.d.), Draft surveys - a critical tool to defend dry bulk cargo shortage claims, Gard Website.

[9]. Wärtsilä. (n.d.), Draft survey, Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology.

[10]. Constellation Marine Services (n.d.), Draft Survey of Solid Bulk Cargo and Survey Limitations.

[11]. West of England Club (2018), Key errors leading to inaccuracies in draught surveys.

[12]. Karatuğ, Ç., & Arslanoğlu, Y. (2021), Analysis of Draught Survey Errors by Extended Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Journal of ETA Maritime Science, 9(1), pp.51-63.

[13]. Wawrzyński, W. (2024), The Second Trim Correction in Draught Survey Procedure - Accuracy Analysis, TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 18(3).

[14]. Observater Surveys and Services Limited. (n.d.), Draft Survey & Cargo Quantity Monitoring, Kenya.

[15]. Team TheNavalArch. (2020), Draft Surveys: Methodology, Calculations and common errors.

[16]. Anonymous. (2024), Analysis of draught survey errors by extended fuzzy analytic hierarchy process.

■Ngày nhận bài: 04/4/2025 ■Ngày sửa bài: 21/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 07/5/2025

Thực trạng giao thông ở Việt Nam và ứng dụng của công nghệ AI nhận dạng người tham gia giao thông không thắt dây an toàn hoặc thắt dây an toàn không đúng cách

Traffic situation in Vietnam and application of AI technology to identify drivers who do not wear seat belts or wear them incorrectly

> THS BÙI ĐÌNH VŨ
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: vubd@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Vấn đề ATGT đang là chủ đề được quan tâm rất nhiều trên thế giới, đặc biệt là các nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam. Nhờ vào sự phát triển của công nghệ AI hiện nay, chúng ta có thể ứng dụng nó trong giám sát ATGT, trong đó có hệ thống nhận dạng tài xế không thắt dây an toàn hoặc thắt dây an toàn không đúng cách bằng cách nhận dạng và phân tích hình ảnh thông qua camera giám sát. Thực tế đã có một số quốc gia áp dụng công nghệ này như Anh, Ấn Độ, Úc... Bài báo nhằm giới thiệu công nghệ AI trong việc giám sát thắt dây an toàn hướng đến việc sử dụng công nghệ này ngày càng phổ biến hơn, giúp nâng cao ý thức chấp hành pháp luật giao thông và giảm thiểu tai nạn giao thông.

Từ khóa: Thắt dây an toàn, nhận diện dây an toàn, AI, camera AI, YOLO, faster R-CNN, deepLabV3+, Vision Transformer (ViT), xác định vùng quan tâm, phát hiện và phân loại dây an toàn.

ABSTRACT

Traffic safety is a topic of great concern in the world, especially in developing countries, including Vietnam. Thanks to the development of AI technology today, we can apply it in traffic safety monitoring, including a system to identify drivers who do not wear seat belts or do not wear seat belts properly by identifying and analyzing images through surveillance cameras. In fact, some countries have applied this technology such as the UK, India, Australia... This article aims to introduce AI technology in seat belt monitoring with the aim of making this technology more and more popular, helping to raise awareness of traffic law compliance and reduce traffic accidents.

Keywords: Seat belt, seat belt recognition, AI, AI camera, YOLO, faster R-CNN, DeepLabV3+, Vision Transformer (ViT), region of Interest Identification, seat belt detection and classification.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Thực trạng thắt dây an toàn trong giao thông ở Việt Nam

- Ở Việt Nam, mặc dù quy định về thắt dây an toàn đã được ban hành, nhưng ý thức của người dân vẫn chưa cao, đặc biệt là ở ghế sau.

- *Tài xế và hành khách ghế trước:* Phần lớn tài xế và hành khách ngồi ghế trước có xu hướng thắt dây an toàn hơn, nhất là khi đi trên đường cao tốc hoặc bị nhắc nhở bởi cảnh sát giao thông.

- *Hành khách ghế sau:* Rất ít người có thói quen thắt dây an toàn, mặc dù nguy cơ chấn thương khi xảy ra tai nạn là rất cao.

- *Trẻ em:* Nhiều phụ huynh chưa có thói quen sử dụng ghế an toàn cho trẻ em, thường để trẻ ngồi tự do hoặc bế trên tay khi di chuyển.

1.2. Nguyên nhân chính

- *Thiếu nhận thức về an toàn:* Nhiều người cho rằng chỉ cần tài xế thắt dây an toàn là đủ, hoặc nghĩ rằng dây an toàn không thật sự cần thiết khi di chuyển quãng đường ngắn.

- *Tâm lý chủ quan:* Người dân thường chỉ thắt dây an toàn khi đi trên cao tốc hoặc khi có cảnh sát giao thông kiểm tra.

- *Thiếu chế tài xử phạt nghiêm khắc:* Dù đã có quy định xử phạt, nhưng công tác kiểm tra, giám sát chưa thật sự chặt chẽ, khiến nhiều người vẫn vi phạm.

1.3. Giải pháp cải thiện ý thức



Thắt dây an toàn cho cả người ngồi hàng ghế trước và hàng ghế sau khi tham gia giao thông bằng ô tô

- *Tăng cường tuyên truyền:* Cần phổ biến mạnh mẽ hơn về lợi ích của việc thắt dây an toàn qua các kênh truyền thông, mạng xã hội, biển báo giao thông.

- *Cập nhật quy định và tăng mức xử phạt:* Cần có hình thức xử phạt nghiêm minh hơn, đặc biệt là đối với hành khách ngồi ghế sau không thắt dây an toàn.

- *Ứng dụng công nghệ giám sát:* Sử dụng camera AI trên đường phố để phát hiện và phạt nguội các trường hợp không tuân thủ quy định.

- *Giáo dục từ sớm:* Đưa nội dung về ATGT, trong đó có thắt dây an toàn vào chương trình giảng dạy trong trường học.

Mặc dù đã có quy định bắt buộc, nhưng ý thức thắt dây an toàn ở Việt Nam vẫn còn thấp, đặc biệt là ở ghế sau. Việc nâng cao nhận thức và áp dụng các biện pháp chế tài mạnh mẽ hơn là cần thiết để đảm bảo an toàn cho tất cả người tham gia giao thông.

2. CÔNG NGHỆ AI NHẬN DẠNG VIỆC THẮT DÂY AN TOÀN

2.1. Cơ chế hoạt động

Hệ thống AI nhận dạng dây an toàn thường hoạt động qua 4 bước chính:

** Bước 1: Thu thập dữ liệu hình ảnh*

- Hình ảnh được thu thập từ camera trên xe hoặc camera giám sát giao thông.

- Dữ liệu có thể đến từ nhiều góc khác nhau, giúp AI nhận diện ngay cả khi tài xế mặc áo tối màu hoặc che khuất một phần dây an toàn.

** Bước 2: Xử lý hình ảnh bằng Computer Vision*

AI sử dụng các kỹ thuật tiền xử lý ảnh (Image Preprocessing) để cải thiện chất lượng đầu vào:

- Chuyển đổi ảnh sang định dạng chuẩn: Điều chỉnh độ sáng, độ tương phản để nhận diện rõ dây an toàn.

- Xác định vùng quan tâm (Region of Interest - ROI): Cắt ảnh để tập trung vào vùng ngực và vai của tài xế.

- Phát hiện khuôn mặt và vị trí cơ thể: Xác định vị trí vai, ngực để làm tham chiếu cho việc tìm dây an toàn.

** Bước 3: Nhận diện dây an toàn bằng Deep Learning*

AI sử dụng các mô hình học sâu (Deep Learning) để phát hiện xem tài xế có đeo dây an toàn hay không:

- Mạng nơ-ron tích chập (CNN - Convolutional Neural Network) giúp nhận diện hình dạng và màu sắc của dây an toàn.

- Mô hình YOLO (You Only Look Once) hoặc Faster R-CNN có thể được sử dụng để phát hiện dây an toàn nhanh và chính xác.

- Một số hệ thống sử dụng Transformer-based models (như Vision Transformer - ViT) để cải thiện độ chính xác trong các điều kiện ánh sáng phức tạp.

** Bước 4: Đưa ra kết quả và cảnh báo:*

- Nếu hệ thống phát hiện tài xế không thắt dây an toàn, nó có thể:

+ Hiển thị cảnh báo trên màn hình xe;

+ Phát tín hiệu âm thanh nhắc nhở;

+ Gửi dữ liệu đến hệ thống giám sát giao thông để xử phạt.

2.2. Các mô hình AI thường được sử dụng

Thuật toán	Mô tả
YOLO (You Only Look Once)	Phát hiện dây an toàn nhanh chóng trong thời gian thực.
Faster R-CNN	Độ chính xác cao, phù hợp với hệ thống giám sát giao thông.
DeepLabV3+	Mô hình phân đoạn hình ảnh giúp xác định vùng dây an toàn chính xác hơn.
Vision Transformer (ViT)	Nhận diện dây an toàn dựa trên học sâu tiên tiến, hiệu quả trong môi trường phức tạp.

2.3. Ứng dụng thực tế

- Trong ô tô cá nhân: AI nhắc nhở tài xế nếu không thắt dây an toàn trước khi khởi hành.

- Giám sát giao thông: Camera AI trên đường phát hiện vi phạm và gửi thông tin đến cơ quan chức năng.

- Dịch vụ xe công nghệ: Uber, Grab có thể tích hợp AI để đảm bảo tài xế tuân thủ quy định an toàn.

2.4. Thách thức và hạn chế

- Điều kiện ánh sáng phức tạp có thể gây khó khăn cho việc nhận diện;

- Trang phục tối màu hoặc tư thế ngồi bất thường có thể làm AI nhận diện sai;

- Tốn tài nguyên tính toán: Các mô hình AI phức tạp cần phần cứng mạnh để xử lý nhanh.

3. CÁCH AI PHÂN TÍCH HÌNH ẢNH ĐỂ XÁC ĐỊNH DÂY AN TOÀN ĐÃ ĐƯỢC CÀI ĐÚNG CÁCH

Hệ thống AI sử dụng thị giác máy tính (Computer Vision) và học sâu (Deep Learning) để phát hiện và phân tích dây an toàn trên tài xế. Quy trình hoạt động có thể chia thành các bước chính sau:

3.1. Xác định vùng quan tâm (Region of Interest - ROI)

- Mục tiêu: Xác định khu vực cần kiểm tra trong ảnh/video, thường là vai, ngực và eo của tài xế.

- Công nghệ sử dụng:

+ Mô hình nhận diện khuôn mặt (Face Detection - như MTCNN, Haar Cascade hoặc YOLO) để định vị đầu và vai tài xế.

+ Mô hình nhận diện cơ thể (Pose Estimation - như OpenPose hoặc MediaPipe) để xác định vị trí vai, ngực, eo.

- Kết quả: Xác định vùng hình ảnh có khả năng chứa dây an toàn.

3.2. Phát hiện và phân loại dây an toàn

- Mục tiêu: Kiểm tra xem có dây an toàn trong vùng quan tâm hay không.

- Công nghệ sử dụng:

+ Mạng nơ-ron tích chập (CNN - Convolutional Neural Network) giúp nhận diện màu sắc, kết cấu của dây an toàn.

+ Mô hình phát hiện vật thể (YOLO, Faster R-CNN, SSD) giúp tìm và khoanh vùng dây an toàn.

- Kết quả: Nếu hệ thống phát hiện một dải màu (thường là đen, đỏ) chạy chéo từ vai xuống hông, có thể kết luận tài xế đang thắt dây an toàn.

3.3. Xác định dây an toàn có được cài đúng cách không

- Mục tiêu: Đảm bảo tài xế không chỉ đeo dây mà còn cài đúng cách.

- Công nghệ sử dụng:

+ Mô hình phân đoạn ảnh (Semantic Segmentation - như DeepLabV3+ hoặc U-Net) giúp phân tách rõ ràng dây an toàn khỏi nền và quần áo.

+ Mô hình phát hiện điểm neo (Keypoint Detection - như PoseNet, OpenPose) để kiểm tra vị trí đầu, vai và eo rồi so sánh với vị trí của dây an toàn.

+ Mô hình phân tích quan hệ không gian (Spatial Relationship Models) giúp đảm bảo dây an toàn không chỉ xuất hiện trong ảnh mà còn được cài đúng cách.

- Kết quả: Nếu dây an toàn nằm đúng vị trí từ vai → ngực → hông và không bị lỏng hoặc vắt ngang sai cách, hệ thống xác nhận rằng tài xế đã cài dây an toàn đúng cách.

3.4. Đưa ra cảnh báo hoặc lưu trữ dữ liệu

Nếu dây an toàn không được phát hiện hoặc cài sai cách, AI có thể:

- Hiển thị cảnh báo trên xe (đối với hệ thống giám sát trong xe);

- Gửi hình ảnh và dữ liệu đến hệ thống xử lý vi phạm (đối với camera giao thông);

- Kích hoạt cảnh báo âm thanh hoặc rung ghế để nhắc nhở tài xế.

3.5. Ứng dụng thực tế của công nghệ

- Trong xe cá nhân: Các hãng xe ô tô hiện đại như Tesla, BMW, Mercedes đã tích hợp cảm biến AI để nhắc nhở tài xế khi không thắt dây an toàn.

- Giám sát giao thông đô thị: Một số quốc gia đã triển khai hệ thống AI tại các trạm kiểm soát để phát hiện và phạt nguội những tài xế không tuân thủ quy định.

- Dịch vụ xe công nghệ (Taxi, Grab, Uber): Công nghệ AI giúp đảm bảo tài xế tuân thủ quy định an toàn trước khi khởi hành.

3.6. Lợi ích của công nghệ

- Tăng cường an toàn giao thông;

- Hạn chế tai nạn do không thắt dây an toàn;

- Tự động hóa việc giám sát và xử lý vi phạm;

- Giúp cơ quan chức năng giảm tải công việc kiểm tra trực tiếp.

3.7. Thách thức và hạn chế

- Độ chính xác của AI có thể bị ảnh hưởng bởi điều kiện ánh sáng, góc quay camera;

- Cần đảm bảo quyền riêng tư của tài xế khi thu thập dữ liệu;

- Chi phí triển khai hệ thống AI có thể cao đối với các khu vực chưa phát triển.

4. KẾT LUẬN

Công nghệ AI nhận dạng tài xế không thắt dây an toàn hoặc thắt dây an toàn không đúng cách là một giải pháp hiệu quả giúp nâng cao ATGT, hạn chế tai nạn, tự động hóa việc giám sát và xử lý vi phạm và giúp cơ quan chức năng giảm tải công việc kiểm tra trực tiếp. Với sự phát triển của trí tuệ nhân tạo, công nghệ này sẽ ngày càng chính xác và phổ biến hơn trong tương lai. Với tỷ lệ tai nạn giao thông cao như ở Việt Nam, chúng ta cần nghiên cứu áp dụng công nghệ này càng sớm càng tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection Joseph Redmon*, Santosh Divvala*†, Ross Girshick , Ali Farhadi*† University of Washington*, Allen Institute for AI†.

[2]. An Improved Deeplabv3+ Model for Semantic Segmentation of Urban Environments Targeting Autonomous Driving, Wang Wang, Hua He, Changsong Ma.

[3]. Vision Transformer (ViT)-based Applications in Image Classification Conference Paper. May 2023, DOI: 10.1109/BigDataSecurity-HPSC-IDS58521.2023.00033.

[4]. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick and Jian Sun.

Honda – Luôn vì Bạn

ICON e:

HONDA







BAN QUẢN LÝ BẢO TRÌ ĐƯỜNG BỘ

Giám đốc: Nguyễn Trọng Hải
Điện thoại: 02123.799.022
Địa chỉ: Số 06, phố Mai Đắc Bân, P.Quyết Thắng, TP Sơn La, tỉnh Sơn La

Chúc mừng

100 năm
NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM
(21/6/1925 - 21/6/2025)



TRUNG CHINH

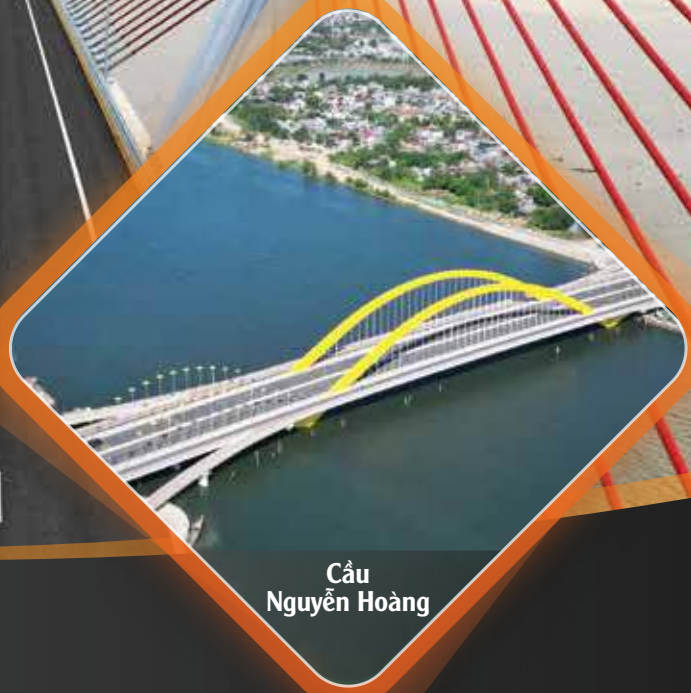
"Chất lượng tạo dựng thương hiệu"

CÔNG TY TNHH THƯƠNG MẠI VÀ XÂY DỰNG TRUNG CHÍNH

TRUNG CHINH TRADING AND CONSTRUCTION COMPANY LIMITED



Cầu Bến Rừng



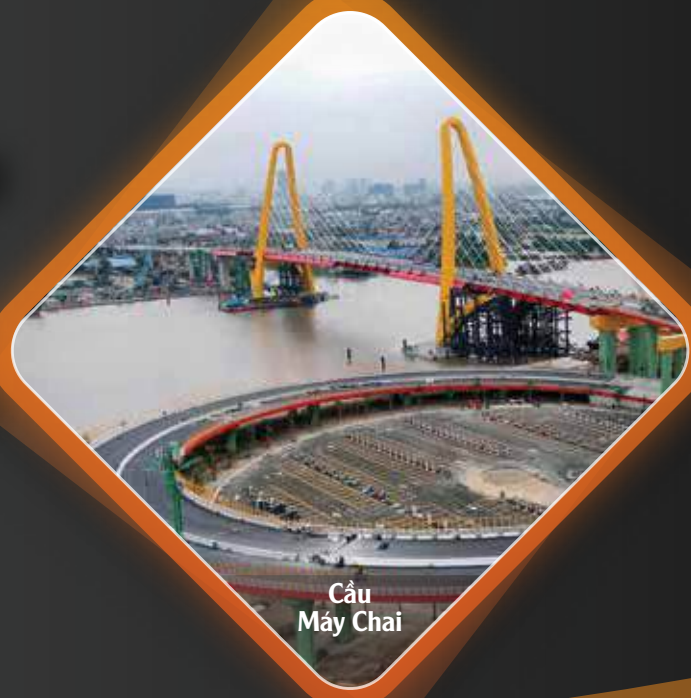
Cầu Nguyễn Hoàng

Chúc mừng

100 *năm*

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)



Cầu Máy Chai

Tầng 3, nhà A1+A2, khu văn phòng và nhà ở cao cấp Vinaconex 1
số 289A đường Khuất Duy Tiến, phường Trung Hòa, quận Cầu Giấy, TP. Hà Nội

024 3556 9840

VĂN PHÒNG TƯ VẤN VÀ CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Địa chỉ: Tầng 1, nhà E, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Km10, Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội
Điện thoại: 0243 8545115
Fax: 0243 8542994
Wedside: www.vptv.com.vn
Email: pda.vptv@gmail.com

LỜI GIỚI THIỆU

Văn phòng tư vấn và chuyển giao công nghệ xây dựng được Bộ trưởng Bộ xây dựng cho phép thành lập theo Quyết định số 11/QĐ-BXD ngày 04/01/2002 (trước đây là "Văn phòng tư vấn xây dựng") là đơn vị tư vấn được đại diện cho Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội thực hiện các công tác tư vấn và chuyển giao công nghệ xây dựng theo giấy chứng nhận đăng ký hoạt động công nghệ và tư vấn xây dựng số 758 của Bộ trưởng Bộ Khoa học công nghệ và môi trường cấp ngày 16/01/2002 và được cấp lại số A-575 ngày 07/03/2016 và chứng chỉ năng lực hoạt động xây dựng số: BXD_00003543 do Cục quản lý hoạt động Bộ xây dựng cấp ngày 28/11/2022; giấy chứng nhận đủ điều kiện hành nghề bảo quản, tu bổ phục hồi di tích số 23/GCN-SVHTT do Sở Văn hóa thể thao Hà Nội cấp ngày 09/04/2020.

Văn phòng tư vấn và chuyển giao công nghệ xây dựng đã xây dựng hệ thống quản lý chất lượng sản phẩm tư vấn theo đúng quy định hiện hành của Nhà nước. Sản phẩm tư vấn của Văn phòng được đảm bảo cao nhất về chất lượng kỹ thuật, mỹ thuật, tiêu chuẩn, quy chuẩn về xây dựng, được tiến hành theo Luật xây dựng, các quy định của Chính phủ và Bộ Xây dựng về công tác xây dựng cơ bản.

Với tiêu chí hàng đầu là "CHẤT LƯỢNG, TIẾN ĐỘ VÀ LƯƠNG TÂM NGHỀ NGHIỆP" của đội ngũ cán bộ Văn phòng tư vấn và chuyển giao công nghệ xây dựng, chúng tôi rất mong tiếp tục nhận được sự tín nhiệm và cộng tác của các đơn vị, cơ quan đối tác trong và ngoài nước.



BẢO TÀNG HÀ TĨNH
Địa điểm: Khu đô thị bắc thành phố Hà Tĩnh



TỔ HỢP: KHU ĐÔ THỊ MƯỜNG THANH A - CHỢ MƯỜNG THANH - KHU PHỐ ĐÊM PHƯỜNG MƯỜNG THANH
Địa điểm: phường Mường Thanh, Tp. Điện Biên Phủ, tỉnh Điện Biên



TƯỢNG ĐÀI THANH NIÊN XUNG PHONG ĐIỆN BIÊN PHỦ
(GIA ĐÌNH PHƯƠNG ANH KIẾN TRÚC)
Địa điểm: nút giao giữa tuyến QL6 cũ và QL6 mới, thuộc xã Tòa Tình, huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO TỈNH PHÚ YÊN
TRUNG TÂM GDNN - GDTX PHÚ YÊN

Cơ sở 01: Số 114 Lê Trung Kiên, phường 2, TP. Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên
*Cơ sở 02: Số 50 An Dương Vương, phường 09, TP. Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên
*Cơ sở 03: Số 279-281 Nguyễn Văn Linh, phường Phú Lâm, TP. Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên

CHỨC NĂNG NHIỆM VỤ:
Tổ chức thực hiện các chương trình giáo dục, đào tạo:

- **Chương trình xóa mù chữ.**
- **Chương trình giáo dục thuộc chương trình để cấp văn bằng của hệ thống giáo dục quốc dân bao gồm:** Chương trình giáo dục thường xuyên cấp trung học cơ sở và Chương trình giáo dục thường xuyên cấp trung học phổ thông cho đối tượng được hưởng chính sách xã hội, người tàn tật, khuyết tật, đối tượng trong độ tuổi học phổ thông theo kế hoạch hằng năm của địa phương, người lao động có nhu cầu hoàn thành chương trình giáo dục phổ thông.
- **Chương trình giáo dục đáp ứng yêu cầu của người học, cập nhật kiến thức, kỹ năng thuộc các lĩnh vực**: giáo dục pháp luật, văn hóa, xã hội, thể thao, nghệ thuật, môi trường, sức khỏe, kinh tế, tài chính; các chương trình giáo dục kỹ năng; các chương trình chuyển giao công nghệ trong lao động, sản xuất góp phần nâng cao năng suất lao động.
- **Chương trình đào tạo, bồi dưỡng nâng cao trình độ chuyên môn, năng lực nghề nghiệp bao gồm:** bồi dưỡng ngoại ngữ, tin học, kiến thức văn hóa; bồi dưỡng tiếng dân tộc thiểu số cho căn hộ, công chức công tác tại vùng dân tộc, miền núi: bồi dưỡng thường xuyên giáo viên; bồi dưỡng giáo viên các trường mầm non, tiểu học, trung học cơ sở về tổ chức các hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp; các chương trình bồi dưỡng giáo viên đáp ứng yêu nâng cao trình độ chuyên môn, nghiệp vụ: các chương trình bồi dưỡng khác nhằm nâng cao trình độ chuyên môn, năng lực nghề nghiệp cho đội ngũ cán bộ, công chức, viên chức theo kế hoạch của địa phương và nhu cầu học tập suốt đời của người dân.
- **Điều tra nhu cầu học tập, trình độ chuyên môn nghiệp vụ trên địa bàn**, xác định nội dung học tập, đề xuất với sở giáo dục và đào tạo, chính quyền địa phương việc tổ chức các chương trình giáo dục, đào tạo và hình thức học phù hợp với từng loại đối tượng.
- **Phối hợp với các cơ sở giáo dục phổ thông, cơ sở giáo dục nghề nghiệp, cơ sở giáo dục thường xuyên khác trên địa bàn** để thực hiện các chương trình bồi dưỡng kiến thức, kỹ năng, hoạt động trải nghiệm và các hoạt động giáo dục hỗ trợ khác theo nhu cầu của người học, của các nhà trường.
- **Thực hiện đào tạo trình độ sơ cấp hoặc liên kết đào tạo trình độ sơ cấp, trung cấp và cao đẳng** theo quy định; liên kết đào tạo đại học theo quy định của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
- **Tuyển sinh và quản lý người học**; phát triển chương trình giáo dục; tổ chức biên soạn hoặc lựa chọn tài liệu học tập phù hợp với mục tiêu giáo dục của từng chương trình; quản lý và cấp chứng chỉ cho người học theo quy định của pháp luật;
- **Tổ chức triển khai các hoạt động nghiên cứu khoa học và công nghệ**, hợp tác quốc tế theo chiến lược và kế hoạch phát triển của Trung tâm; đảm bảo chất lượng giáo dục của Trung tâm; lựa chọn tổ chức kiểm định chất lượng giáo dục để đăng ký kiểm định….



CÔNG TY CỔ PHẦN CẦU 14

Hơn 40 năm xây dựng và phát triển, Công ty cổ phần Cầu 14 trở thành một trong những doanh nghiệp hàng đầu trong lĩnh vực xây dựng giao thông; đã và đang đóng góp xây dựng nhiều công trình giao thông quan trọng cho đất nước; sẵn sàng đảm nhận các công trình giao thông có quy mô lớn, công nghệ hiện đại với cam kết thực hiện hợp đồng đảm bảo đúng tiến độ, tạo ra những sản phẩm chất lượng cao, thẩm mỹ, mang lại nhiều lợi ích, giá trị bền vững cho cộng đồng và xã hội.

Cầu Đầm Vạc



Cầu Chợ Gạo

Chúc mừng 100 năm
NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM
(21/6/1925 – 21/6/2025)



Nút giao QL 5 Hải Phòng

VIMC
Vietnam Maritime Corporation

VƯỢT SÓNG VƯƠN XA
TIẾN VÀO KỶ NGUYÊN MỚI

Link People - Link the World



VIMC LUÔN ĐÁP ỨNG TỐT NHẤT MỌI NHU CẦU CỦA KHÁCH HÀNG QUA CÁC DỊCH VỤ:

VẬN TẢI BIỂN

KHAI THÁC CẢNG BIỂN

DỊCH VỤ HÀNG HẢI

Dịch vụ vận tải đường biển, đường thủy, đường bộ, vận tải đa phương thức, sửa chữa phương tiện vận tải biển.

Dịch vụ khai thác cảng biển, cảng sông; Dịch vụ kho, bãi, sản xuất, mua bán, cho thuê phương tiện và thiết bị vận tải, bốc xếp chuyên ngành.

Dịch vụ logistics, đại lý môi giới cung ứng dịch vụ hàng hải, cung ứng tàu biển, dịch vụ lai dắt tàu biển, tàu sông, đưa đón thuyền viên, xuất khẩu lao động và cung ứng lao động hàng hải; Xuất khẩu phương tiện, thiết bị, nguyên, nhiên vật liệu chuyên nghành hàng hải; cung ứng vật tư, nhiên liệu, thực phẩm, nước ngọt.

A Tòa nhà Ocean Park
Số 1 Đào Duy Anh - Đống Đa - Hà Nội
T (84) 24 35770825~29
E info@vimc.co
F (84) 24 35770852/60
W www.vimc.co

CÔNG TY CỔ PHẦN PHÂN BÓN BÌNH ĐIỀN

Chào mừng Kỷ niệm **100 năm**
(21/06/1925 - 21/06/2025)

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM 21/6



www.binhdien.com

Bình Điền Đầu Trâu

1900 6613

PHÂN BÓN ĐẦU TRÂU
Bạn đồng hành của nhà nông

Vietnam Value

HÀNG VIỆT NAM CHẤT LƯỢNG CAO

CÔNG TY CỔ PHẦN
COSEVCO HỘI AN

Chúc mừng

100 NĂM NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)



Địa chỉ: số 29 đường 28 Tháng 3, phường Thanh Hà, TP. Hội An, tỉnh Quảng Nam

PMU2

BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 2 - BỘ XÂY DỰNG

BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 2

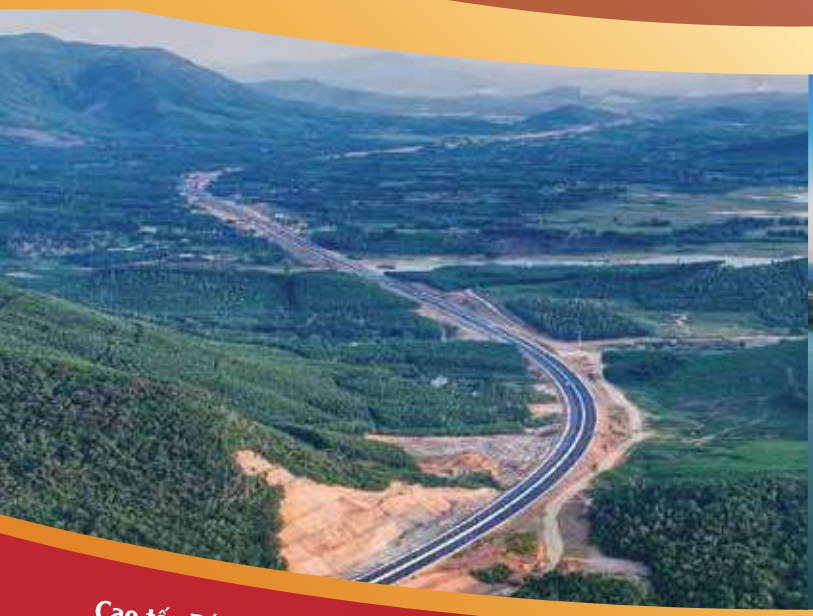
Giám đốc: LÊ THẮNG

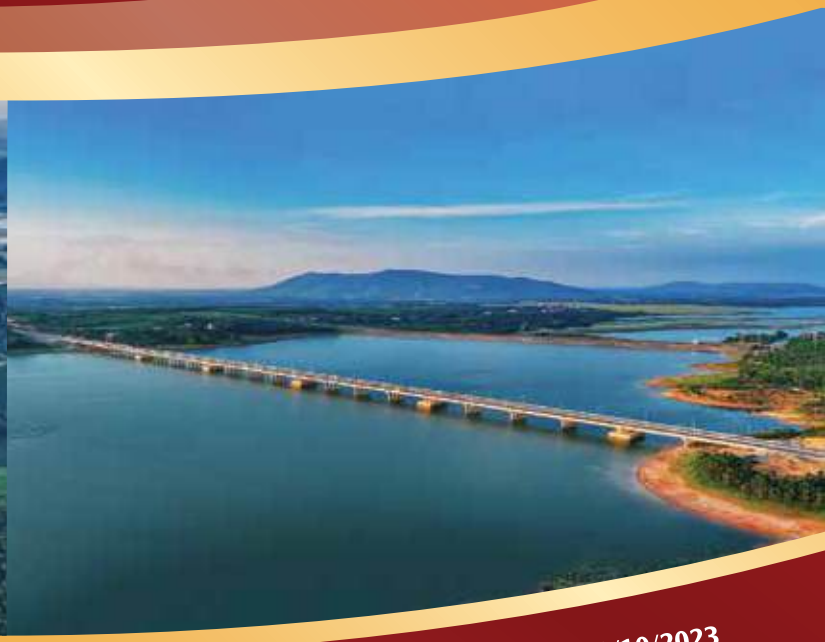
Chúc mừng

100 *năm*

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)





Cao tốc Bắc - Nam đoạn QL45 - Nghi Sơn do Ban QLDA 2 làm chủ đầu tư khánh thành, đưa vào khai thác ngày 18/10/2023

Số 18, đường Phạm Hùng, phường Mai Dịch, quận Cầu Giấy, TP. Hà Nội

024.37680057

FAX 024.37680073

CASAMIA

BALANCA

HOI AN

DATPHUONG

BIỆT THỰ *Rừng dừa*

VÙNG ĐỆM
KHU DỰ TRỮ SINH QUYỂN THẾ GIỚI



QUÉT QR ĐỂ
XEM THÔNG TIN
DỰ ÁN

CÔNG TY TNHH
ĐẦU TƯ 533 MIỀN TRUNG



Liên danh Thuận An và 533 Miền Trung là chủ đầu tư Khu dân cư 11 ha ở Hội An.



Dự án Khu nhà ở thương mại phía Bắc đường Trần Quang Khải (phường Đồng Phú, TP. Đồng Hới).



Một góc Dự án Khu nhà ở thương mại Đức Ninh Đông nằm trên đường Lê Lợi, TP. Đồng Hới, tỉnh Quảng Bình

07 Đường Trần Hưng Đạo, Phường Đồng Phú, Thành phố Đồng Hới, Tỉnh Quảng Bình

0523533533

CÔNG TY TNHH TM

DỊCH VỤ & XÂY DỰNG HÂN GIA PHÁT



Chúc mừng 100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

CÔNG TY CỔ PHẦN ĐƯỜNG BỘ ĐẮK LẮK

Địa chỉ: Số 36 đường Hùng Vương, phường Tự An, TP. Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk

Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)



CÔNG TY CỔ PHẦN QUẢN LÝ VÀ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG 236

Chủ tịch HĐQT: Phạm Ngọc Trương

Địa chỉ: Số 8, ngõ 83, đường Ngọc Hồi, phường Hoàng Liệt, Q. Hoàng Mai, TP. Hà Nội



Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

CÔNG TY TNHH MTV MÔI TRƯỜNG ĐÔ THỊ HÀ NỘI CHI NHÁNH MIỀN TRUNG



Chúc mừng 100 năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 - 21/6/2025)

Địa chỉ: Đường số 4 Khu Công nghiệp Hòa Khánh, phường Hoà Khánh Bắc, quận Liên Chiểu, TP. Đà Nẵng

CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM
KHAI THÁC ĐƯỜNG SẮT HÀ THANH

Giám đốc: Hoàng Ngọc Tùng

Địa chỉ: Số 02 đường Dương Đình Nghệ, phường Phú Sơn, TP. Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá



Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)

TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ GIAO THÔNG VẬN TẢI THANH HÓA

Hiệu trưởng: Phan Thanh Hải
Điện thoại: 0273941957
Địa chỉ: 02 Dốc Ga, phường Phú Sơn, TP. Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa



Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)

CÔNG TY TNHH

XÂY DỰNG VÀ VẬN TẢI HƯNG THỊNH

Mã số thuế: 5701623202

Địa chỉ: Tổ 19, khu 7, Phường Bắc Sơn, Thành phố Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh



CHÚC MỪNG

NGÀY BÁO CHÍ

CÁCH MẠNG VIỆT NAM 21/6

CHI NHÁNH SẢN XUẤT VÀ KINH DOANH RƯỢU NẾP CÁI HOA VÀNG ĐỒNG BÉ

Mã số thuế: 5700287438-001

Địa chỉ: Tổ 2, khu Bí Giang, Phường Yên Thanh, Thành phố Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh



CHÚC MỪNG

NGÀY BÁO CHÍ

CÁCH MẠNG VIỆT NAM

21/6

"ĐÃ UỐNG RƯỢU BIA – KHÔNG LÁI XE"

CÔNG TY CỔ PHẦN

CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG TỈNH BÀ RỊA - VŨNG TÀU

Địa chỉ: Số 11 Trần Hưng Đạo, Phường 1, Thành phố Vũng Tàu, Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu



TRUNG TÂM QUẢN LÝ HẠ TẦNG CÁC KHU CÔNG NGHIỆP, KHU KINH TẾ QUẢNG BÌNH

Địa chỉ :18A đường Quang Trung, Phường Đồng Hải, Thành phố Đồng Hới, Quảng Bình

Chúc Mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

21/6

CÔNG TY CỔ PHẦN VINACONEX 25

VINACONEX

VINACONEX 25

VINACONEX 25 là doanh nghiệp hàng đầu hoạt động trong các lĩnh vực **Thi công xây lắp, Đầu tư kinh doanh bất động sản và Vật liệu xây dựng**; tập trung các nguồn lực cốt lõi của mình đem đến những sản phẩm tốt nhất dựa trên yêu cầu khắt khe về chất lượng, tiến độ và môi trường với chi phí cạnh tranh.



Liên hệ: (0236) 3 621 632 www.facebook.com/vinaconex25JSCVN/

www.vinaconex25.com.vn 89A Phan Đăng Lưu, Q. Hải Châu, TP. Đà nẵng info@vinaconex25.com.vn

TEDI SOUTH

CÔNG TY CP TƯ VẤN THIẾT KẾ GTVT PHÍA NAM

CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN THIẾT KẾ GIAO THÔNG VẬN TẢI PHÍA NAM

Địa chỉ: 92 Nam Kỳ Khởi Nghĩa, quận 1, TP.HCM

Điện thoại: 028 299 988 - 38 292 679 Website: www.tedisouth.com

Email: tedisouth@tedisouth.com

CHÚC MỪNG NGÀY BÁO CHÍ 21/6 CÁCH MẠNG VIỆT NAM







ACV TỔNG CÔNG TY CẢNG HÀNG KHÔNG VIỆT NAM-CTCP
AIRPORTS CORPORATION OF VIETNAM

TỔNG CÔNG TY CẢNG HÀNG KHÔNG VIỆT NAM - CTCP
Trụ sở chính: 58 Trường Sơn, Phường 2, Quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh
Tel: (028) 3848 5383 | Fax: (028) 3844 5127
Email: truyenthong.acv@acv.vn | Website: www.vietnamairport.vn



CÔNG TY CỔ PHẦN

QUẢN LÝ VÀ SỬA CHỮA ĐƯỜNG BỘ PHÚ YÊN

83 Lê Trung Kiên, phường 1, thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên



Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

(21/6/1925 – 21/6/2025)

CÔNG TY TNHH

THƯƠNG MẠI DỊCH VỤ VẬN TẢI XÂY DỰNG GIAO THÔNG T&T

Giám đốc: Nguyễn Công Bính

Địa chỉ: Số 98 đường Đào Duy Từ, Phường 8, Quận 10, TP.Hồ Chí Minh

Điện thoại: 028 3500 1088

Chúc mừng

NGÀY BÁO CHÍ

CÁCH MẠNG VIỆT NAM

21/6

XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN



CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG CẨM PHẢ

ĐT: (+84-203) 3 721995
ĐT: (+84-203) 3 721996
FAX: (+84-203) 3 714605

ĐC: Km6, Quốc lộ 18A, P. Cẩm Thạch
TP. Cẩm Phả, Tỉnh Quảng Ninh

CHI NHÁNH PHÍA NAM

ĐT: (+84-254) 3 899 630
FAX: (+84-254) 3 899 629

ĐC: Khu công nghiệp Mỹ Xuân A, P. Mỹ Xuân,
Thành phố Phú Mỹ, Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

www.ximangcampha.vn



VICEM HÀ TIÊN

CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG VICEM HÀ TIÊN

Trụ sở: 604 Võ Văn Kiệt, Cầu Kho, Q1, HCM
Điện thoại: (028) 38 368 363; Fax: (028) 38 361 278
Email: hatien1@vicemhatien.com.vn
Website: https://www.vicemhatien.com.vn

VICEM
THÁCH THỨC THỜI GIAN

VICEM SÔNG THAO | VICEM HOÀNG THẠCH | VICEM HOÀNG MAI | VICEM TAM ĐIỆP | VICEM BỈM SƠN
VICEM HẢI PHÒNG | VICEM HẢI VÂN | VICEM BÚT SƠN | VICEM HẠ LONG | VICEM HÀ TIÊN

Trải qua bề dầy lịch sử 126 năm ra đời và 95 năm truyền thống Cách mạng, hiện nay Tổng công ty Xi măng Việt Nam (VICEM) có 10 nhà máy với 7 thương hiệu và 16 dây chuyền công nghệ với công suất khoảng 30 triệu tấn xi măng/năm. Các nhà máy của VICEM có công nghệ tiên tiến, thiết bị hiện đại từ các nước EU, G7. Bắt nhịp theo cách mạng công nghiệp 4.0, VICEM đang tiếp tục tái cấu trúc mô hình tổ chức, đổi mới sáng tạo, nghiên cứu công nghệ xi măng theo hướng không phát thải, tuần hoàn tự nhiên, bảo vệ môi trường, tiết kiệm tài nguyên và sử dụng nguyên, nhiên liệu bằng bùn thải, rác thải thay thế một phần nguyên, nhiên liệu không tái tạo. VICEM xứng đáng vai trò trụ cột ngành xi măng Việt Nam!



Thông tin liên hệ:
TỔNG CÔNG TY XI MĂNG VIỆT NAM
ĐT: 02438512425; Fax: 02438512778
website: www.vicem.vn; contact@vicem.vn
Địa chỉ: Số 228 Lê Duẩn, phường Trung Phụng, quận Đống Đa, Hà Nội


Chào mừng kỷ niệm 100 năm **Ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam**
(21-6-1925 / 21-6-2025)
Gạch ốp lát
VIGLACERA
*"Thương hiệu Quốc Gia,
dẫn đầu Việt Nam"*
Website: viglaceratiles.vn - Hotline: 1900561582

HUD

TỔNG CÔNG TY ĐẦU TƯ PHÁT TRIỂN NHÀ VÀ ĐÔ THỊ



NEWLIFE

DỰ ÁN NHÀ Ở XÃ HỘI

TẠI LÔ ĐẤT CT-M-2 THUỘC KHU ĐÔ THỊ MỚI VÂN CANH, THÀNH PHỐ HÀ NỘI

TRỤ SỞ: TÒA NHÀ HUDTOWER, SỐ 37 LÊ VĂN LƯƠNG,
PHƯỜNG NHÂN CHÍNH, QUẬN THANH XUÂN, THÀNH PHỐ HÀ NỘI
TEL: (84-24) 3773 8600 * FAX: (84-24) 3773 8640 * WEBSITE: HUD.COM.VN