

03-2025

ISSN 2734-9888

tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION





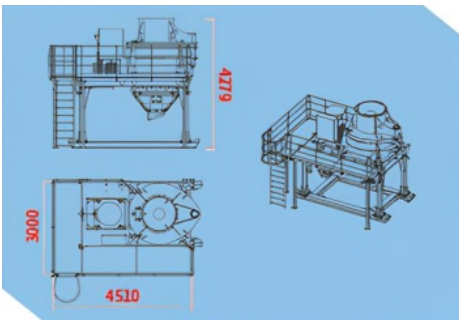
CÔNG TY TNHH MTV CƠ KHÍ HÀ NỘI

Tổng giám đốc **NGUYỄN NGỌC HÙNG**

Văn phòng: 76 Nguyễn Trãi, Hà Nội
Nhà máy: KCN Thuận Thành 3 – Bắc Ninh

Sản phẩm máy nghiền đá, sỏi trục đứng HAMECO 2100 được trưng bày tại Triển lãm quốc tế về công nghiệp khai thác, khôi phục tài nguyên khoáng sản và xây dựng 2024.

H A M E C O



Được thành lập từ năm 1958, HAMECO là công ty cơ khí chế tạo lớn hàng đầu Việt Nam trong các lĩnh vực thiết kế, đúc kim loại, kết cấu, gia công cơ khí, chế tạo thiết bị phục vụ các ngành kinh tế trong và ngoài nước như ngành thủy điện, xi măng, cán thép, thủy lợi, dầu khí, nhiệt điện, công nghiệp phụ trợ...

HAMECO đã không ngừng cải tiến, nâng cao chất lượng của hệ thống quản lý. Xây dựng các quy trình kiểm soát và thực hiện kiểm soát theo quy trình xuyên suốt các hoạt động sản xuất kinh doanh đáp ứng các tiêu chuẩn của các hệ thống quản lý ISO 9001-2015; ISO 3834-2021; ISO 50001-2018; ISO 45001-2018.

Sản phẩm máy nghiền đá, sỏi trục đứng HAMECO 2100 được Công ty thiết kế và chế tạo trên dây chuyền máy móc hiện đại, đáp ứng các tiêu chuẩn khắt khe của Châu Âu. Dễ dàng lắp đặt cũng như thay thế phụ tùng.

Model	Hameco 2100
Kích thước đá đầu vào tối đa	70 mm
Tốc độ Rotor	800-2200 vòng/phút
Động cơ truyền động	90-220 Kw
Rotor	3,4,5 cổng, đường kính từ 600-1000 mm
Trọng lượng	10.300 kg
Sản lượng max	150 tấn/h
Kích thước hạt đá thành phẩm	0,25 mm – 4 mm

Máy nghiền đá, sỏi trục đứng HAMECO 2100 có nhiều tính năng vượt trội như:

- Nghiền được nhiều loại vật liệu khác nhau.
- Loại bỏ được các loại đá mềm.
- Công suất, sản lượng lớn.
- Vốn đầu tư thấp, khấu hao thu hồi vốn nhanh.
- Chất lượng ổn định, hiệu suất làm việc cao, hình dạng sản phẩm cuối cùng tròn, tỷ lệ hạt thoi dẹt thấp, lắp đặt đơn giản, dễ sử dụng, khả năng hao mòn vật liệu thấp.
- Trực tiếp tạo động năng lớn và đủ cho vật liệu, thông qua va đập để động năng chuyển thành năng lượng nghiền, theo nguyên lý "đá đập đá" hoặc "đá đập thép" làm cho Rotor ít bị mài mòn, hao phí ít.
- Hệ thống tuần hoàn bôi trơn tự động, đảm bảo vận hành liên tục.
- Điều khiển tốc độ bằng biến tần, cảnh báo bằng cảm biến chống rung.
- Nghiền ra sản phẩm cả dạng thô và dạng tinh mịn.

Thông tin liên hệ mua hàng :

Email: sales@hameco.com.vn / ktdt@hamecovietnam.vn / kdtb@hamecovietnam.vn

Phone: +84 02435587953

Factory: Khu công nghiệp Thuận Thành 3, Thanh Khương, Thuận Thành, Bắc Ninh
Head office: 76 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội Website: hameco.com.vn

HUD

TỔNG CÔNG TY ĐẦU TƯ PHÁT TRIỂN NHÀ VÀ ĐÔ THỊ



DỰ ÁN KHU NHÀ Ở XÃ HỘI AN SINH

KHU ĐÔ THỊ SINH THÁI CHÁNH MỸ, P. CHÁNH MỸ, TP. THỦ DẦU MỘT, BÌNH DƯƠNG

TRỤ SỞ: TÒA NHÀ HUDTOWER, SỐ 37 LÊ VĂN LƯƠNG, NHÂN CHÍNH, THANH XUÂN, HÀ NỘI
TEL: (84-024)37738600 * FAX: (84-024)37738640 * WEBSITE: HUD.COM.VN

MỤC LỤC CONTENT

tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

PGS.TS Phạm Minh Hà

(Chủ tịch Hội đồng)

PGS.TS Vũ Ngọc Anh

(Thường trực Hội đồng)

GS.TS Nguyễn Việt Anh

TS Lê Văn Cư

TS Nguyễn Hồng Hải

TS Lê Quang Hùng

PGS.TS.KTS Hoàng Vinh Hưng

GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi

GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng

GS.TS Phan Quang Minh

TS Phan Hữu Duy Quốc

PGS.TS Lê Trung Thành

GS.TS Trịnh Minh Thụ

PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến

TỔNG BIÊN TẬP:

Nguyễn Thái Bình

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:

Nguyễn Văn Hường

Phạm Văn Dũng

Nguyễn Thanh Hoa

Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:

37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRUNG, HÀ NỘI

Ban biên tập (tiếp nhận bài): 024.39740744

Email: banbientapctxd.bxd@gmail.com

Văn phòng đại diện TP.HCM:

14 Kỳ Đồng, Quận 3, TP.HCM

Giấy phép xuất bản:

Số 728/GP-BTTTT ngày 10/11/2021

ISSN: 2734-9888

Tài khoản:

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: 418 Bạch Mai, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Ảnh bìa 1: Nghiên cứu triển khai áp dụng mô hình Quy nhà ở Quốc gia tại Việt Nam trong thời gian tới là điều tất yếu và cần được sớm triển khai.

Giá 55.000 đồng

HUY THẢO
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG
NGUYỄN ANH TÚ

CAO NGA
TS.KTS NGUYỄN TUẤN HẢI
LÊ ANH TUẤN, NGUYỄN HUY HIỆP
NGUYỄN QUÝ ĐẠT, ĐINH QUANG TRUNG
NGUYỄN QUANG HUÂN
GS.TS TRẦN ĐỨC HẠ

NGUYỄN HẠNH, THU THỦY

NGUYỄN HOÀNG LINH

AN NHIÊN

TS NGUYỄN HỮU DŨNG

THS NGUYỄN TIẾN DŨNG, THS NGUYỄN THÀNH MẬU

THS NGUYỄN THỊ KIM LOAN, PGS.TS NGUYỄN XUÂN TOÀN,
PGS.TS ĐẶNG CÔNG THUẬT, PGS.TS NGUYỄN DUY THẢO
TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG, THS LÊ THẾ ANH

PHẠM QUỐC ANH, NGUYỄN NGỌC THANH
THÁI THANH TUẤN, TS.KS PHẠM THỊ MINH LÀNH

TS NGUYEN HOAI THU, TS NGUYEN THU HUONG
LE HOAI BAO PHD, NGO VAN THUC PHD, NGUYEN
VAN XUAN PHD, TRAN QUANG HUY MSC
THS NGUYỄN ĐỨC TUẤN, THS NGUYỄN KHẮC QUÂN

NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY, TRẦN THỨC TÀI, NGUYỄN
HOÀNG HUYỄN TRẦN, NGUYỄN NGỌC NGHYM,
TRẦN CAO MINH

TS TRẦN TRUNG HIẾU

MSC HUYNH HAN PHONG

THS.KTS.NCS ĐỖ CÔNG TÚ, KS ĐỖ VĂN PHÉP
KS NGUYỄN NGÔ CÔNG PHÁP, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT,
PGS. TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN, THS LÊ THỊ THÙY LINH

PHAN QUỐC THÁI, LÊ ANH TUẤN,

HỒ THỊ QUỲNH CHÂU, VÕ TIẾN ĐẠT

TS TRẦN ĐỒNG KIỂM LAM, PGS. TS NGUYỄN VĂN
HIẾU, THS NGUYỄN ĐỨC KHIÊM, GS SUNG-SIK PARK

TS TRẦN VĂN KHÔI, TS DƯƠNG NGỌC QUANG

TỔ THỊ HƯƠNG QUỲNH, NGUYỄN PHƯƠNG CHÂM

LÊ HOÀNG AN

NGUYỄN HIẾU BÌNH, PHẠM HỮU HÀ GIANG

TS PHẠM VĂN ĐẠT

NGUYỄN HOÀI NGHĨA

TS LÊ NGỌC LAN

PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THỊ,

THS NGUYỄN NGỌC HƯƠNG

TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN,

THS PHẠM ĐÌNH TRUNG NGHĨA

TS TRẦN ĐỨC HIẾU

QUẢN LÝ NGÀNH

4 Cán nghị quyết thí điểm về cơ chế đặc thù phát triển nhà ở xã hội
7 Xây dựng quỹ nhà ở quốc gia để phát triển bền vững nhà ở đô thị
10 Quỹ nhà ở quốc gia và chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp: Giải pháp cho bài toán nhà ở đô thị tại Việt Nam

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

14 Đề xuất giải pháp xây dựng công trình cao tốc đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững
17 Nút thắt cản thảo gỡ trong quản lý đất xây dựng công trình ngầm gắn với đất bê mặt
20 Quy hoạch không gian ngầm theo hướng tự chủ công nghệ
24 Quy hoạch không gian ngầm dưới lòng đường đáp ứng phát triển bền vững
28 Nhận diện thách thức trong quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước
32 Đảm bảo dòng chảy môi trường để hình thành khung sinh thái đô thị cho sông Tô Lịch và các sông nội đô Hà Nội

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

36 Giữ cảnh quan nước để tạo dựng hệ sinh thái đô thị bền vững

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

44 Nên “chia sẻ rủi ro” với 13 tỷ USD điện mặt trời!

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

46 Quy hoạch xây dựng không gian ngầm đô thị

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

47 Nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đô thị và hầm ngoài đô thị đáp ứng điều kiện an toàn giao thông

52 Nghiên cứu công nghệ xử lý nước nhiễm mặn công suất nhỏ cấp cho sinh hoạt sử dụng năng lượng mặt trời

58 Phân tích ảnh hưởng của liên kết ngang đến dao động của cầu dầm chịu hoạt tải xe di động

62 Phân tích thực trạng công tác chuẩn bị đầu tư các dự án tại Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Tân Châu tỉnh An Giang

66 Tổ chức và quản lý hợp đồng dự án Thiết kế - Đấu thầu - Xây dựng

70 Đề xuất giải pháp quản lý phát triển giao thông bền vững hướng tới nền kinh tế carbon thấp tại TP Bến Tre

76 Định hướng mô hình kết nối du lịch làng nghề truyền thống - du lịch vùng Đồng bằng sông Hồng

82 Nghiên cứu sử dụng tro trấu từ lò nung gốm để thay thế một phần xi măng trong vữa

86 Xác định nguyên nhân gây chậm trễ tiến độ trong xây dựng nhà máy công nghiệp: Nghiên cứu trường hợp tại Bình Dương, Việt Nam

92 Ảnh hưởng của cốt liệu tro bay kết hợp vụn cao su tới tính chất của vữa xi măng

96 Phân tích so sánh khả năng chịu cắt của dầm bê tông đặt cốt thép theo các tiêu chuẩn thiết kế

102 Phân tích sàn bê tông cốt thép có trong lượng riêng thấp bằng mô phỏng số ANSYS

107 Mở rộng không gian lấn biển của đô thị, bài học từ kinh nghiệm TP Rạch Giá, tỉnh Kiên Giang

110 Tích hợp phương pháp phân tử hữu hạn với các thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu để giải kết cấu dàn không gian

115 Xây dựng mô hình hỗ trợ báo giá đấu thầu phần kết cấu thép tại Việt Nam

120 Ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất: Nghiên cứu thực nghiệm

125 Các yếu tố tác động đến chuyển đổi số của doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty

130 Nghiên cứu chiến lược cho quản trị logistics trong xây dựng tiên chế tại Việt Nam áp dụng phương pháp AHP

135 Mô phỏng ứng xử chịu lực nén dọc trục của cột tròn liên hợp bê tông thường nhồi ống đúc sẵn bằng bê tông siêu tính năng cao

140 Đánh giá ảnh hưởng của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật đến ổn định công trình kè Trà Cú tỉnh Trà Vinh

145 Sử dụng phương pháp thừa số Lagrange để phân tích tĩnh bài toán kết cấu dàn phẳng có nhiều thanh dàn sai lệch chiều dài do chế tạo

152 Phân tích các quan điểm khác nhau về chất lượng của tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng

157 Nghiên cứu thực nghiệm mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ tái chế từ phế thải xây dựng

164 Phát triển nhà ở các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc trên cơ sở giữ gìn giá trị kiến trúc truyền thống

169 Phát triển mô hình dự báo sức chịu tải cọc dựa trên dữ liệu thí nghiệm O-cell bằng phương pháp học máy ANN

172 Xác định các thông số tối ưu của máy đào một gầu dựa trên điều kiện hoạt động

INDUSTRY MANAGEMENT

- HUY THAO **4** Need for pilot resolution on special mechanism for social housing development
 PHAM HOANG PHUONG **7** Building a national housing fund for sustainable urban housing development
 NGUYEN ANH TU **10** National Housing Fund and Affordable Commercial Housing Development Program: Solutions to the Urban Housing Problem in Vietnam

FROM POLICY TO LIFE

- CAO NGA **14** Proposing solutions for highway construction to meet sustainable development requirements
 NGUYEN TUAN HAI **17** The bottleneck that needs to be solved in the management of land for underground construction associated with surface land
 LE ANH TUAN, NGUYEN HUY HIEP **20** Underground space planning towards technological autonomy
 NGUYEN QUY DAT, DINH QUANG TRUNG **24** Underground space planning under the road meets sustainable development
 NGUYEN QUANG HUAN **28** Identifying challenges in sustainable water resources management and development
 TRAN DUC HA **32** Ensuring environmental flows to form an urban ecological framework for To Lich River and Hanoi's inner-city rivers

TALK WITH EXPERTS

- NGUYEN HANH, THU THUY **36** Preserving waterscapes to create sustainable urban ecosystems

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

- NGUYEN HOANG LINH **44** "Risk sharing" should be considered for 13 billion USD in solar power!

ABOUT NEW BOOK

- AN NHIEU **46** Urban underground space construction planning

SCIENTIFIC RESEARCH

- NGUYEN HUU DUNG **47** A Study on cross-section design to ensure the traffic safety for road tunnels in urban and rural areas
 NGUYEN TIEN DUNG, NGUYEN THANH MAU **52** Research on small capacity salted water treatment technology for home use using solar energy
 NGUYEN THI KIM LOAN, NGUYEN XUAN TOAN, DANG CONG THUAT, NGUYEN DUY THAO **58** Analysis of the influence of transverse connections on the vibration response of girder bridge structures subjected to moving vehicle loads
 DO THI MY DUNG, LE THE ANH **62** Analysis of the current status of investment preparation works at the construction investment project management board of tan chau town, an giang province
 PHAM QUOC ANH, NGUYEN NGOC THANH **66** Organizing and managing project contracts Design-Bid-Build (DBB)
 THAI THANH TUAN, PHAM THI MINH LANH **70** Proposal for sustainable transport development management solutions towards a low-carbon economy in Ben Tre City
 NGUYEN HOAI THU, NGUYEN THU HUONG **76** Orientation of the model for connecting traditional craft village tourism and regional tourism in the Red river delta
 LE HOAI BAO, NGO VAN THUC, NGUYEN VAN XUAN, TRAN QUANG HUY, NGUYEN DUC TUAN, NGUYEN KHAC QUAN **82** Study on using rice husk ash from ceramic kiln as a partial alternative for cement in mortar
 NGUYEN THI BICH THUY, TRAN THUC TAI, NGUYEN HOANG HUYEN TRAN, NGUYEN NGOC NGHYM, TRAN CAO MINH **86** Identifying the causes of delay in industrial factory construction: A case study in Binh Duong, Vietnam
 TRAN TRUNG HIEU **92** Effect of fly ash combined crumb rubber aggregate on the properties of mortar
 HUYNH HAN PHONG **96** Comparative analysis of shear capacity of reinforced concrete beams according to design standards
 DO CONG TU, DO VAN PHEP **102** ANSYS based analysis of low density rc slab with metal meshing
 NGUYEN NGO CONG PHAP, TRUONG DINH NHAT, NGUYEN HUU ANH TUAN, LE THI THUY LINH **107** Expanding the sea space of the city, lessons from the experience of Rach Gia city, Kien Giang province
 PHAN QUOC THAI, LE ANH TUAN, HO THI QUYNH CHAU, VO TIEN DAT **110** Integrating finite element method with multi-objective metaheuristic optimization algorithms for solving space truss structures
 TRAN DONG KIEM LAM, NGUYEN VAN HIEU, NGUYEN DUC KHIEM, SUNG-SIK PARK **115** Developing a steel structure bidding support model in Vietnam
 TRAN VAN KHOI, DUONG NGOC QUANG **120** Effect of Geological Stratification on Soil Liquefaction Potential: A Laboratory Study
 TO THI HUONG QUYNH, NGUYEN PHUONG CHAM, LE HOANG AN **125** Factors Affecting Digital Transformation in General Construction Enterprises
 NGUYEN HIEU BINH, PHAM HUU HA GIANG **130** Offsite construction logistics management strategies in Vietnam: An AHP approach
 PHAM VAN DAT **135** Numerical simulation of axial compressive behavior of circular composite columns made of NSC filled in prefabricated UHPC tube
 NGUYEN HOAI NGHIA **140** Evaluation of the impact of technical infrastructure upgrading on the stability of the Tra Cu dyke in Tra Vinh province
 LE NGOC LAN **145** Using Lagrange method for static analysis of plane truss with inaccurate fabricated member lengths
 NGUYEN DINH THI, NGUYỄN NGỌC HƯƠNG **152** Analysis of different perspectives on quality of supervision consultants in construction projects
 VO NGUYEN PHU HUÂN, PHAM DINH TRUNG NGHIA **157** Experimental study on the material model of the stress - strain relationship of lightweight concrete using lightweight aggregates from construction and demolition wastes
 TRAN DUC HIEU **164** Developing housing for Ethnic minorities in the Northern mountainous region while preserving traditional architectural values
 TRAN DUC HIEU **169** Development of pile bearing capacity prediction model based on O-cell test data using ANN machine learning
 TRAN DUC HIEU **172** Determining the optimal parameters of a single-bucket excavator based on operating conditions

SCIENTIFIC COMMISSION:

- Ass.Prof Pham Minh Ha**
 (Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh
 (Permanent Council)
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, 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: banbientapctxd.bxd@gmail.com****Representative Office in Ho Chi Minh City:**

No. 14 Ky Dong, District 3, Ho Chi Minh City

Publication:**No: 728/GP-BTTTT date 10th, November/2021****ISSN: 2734-9888****Account: 11300001172**

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: 418 Bach Mai - Hai Ba Trung - Hanoi

Cần Nghị quyết thí điểm về cơ chế đặc thù phát triển nhà ở xã hội



HUY THẢO

Đề xuất tháo gỡ một số vướng mắc hiện nay trong phát triển nhà ở xã hội (NOXH), cần xây dựng Nghị quyết thí điểm về cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NOXH, bao gồm chính sách lựa chọn chủ đầu tư dự án xây dựng NOXH không thông qua đấu thầu và một số chính sách khác.

MỤC TIÊU HOÀN THÀNH 995.445 CĂN NOXH GIAI ĐOẠN 2025 - 2030

Ngày 27/02, Thủ tướng Chính phủ đã ký Quyết định số 444/QĐ-TTg giao chỉ tiêu hoàn thành NOXH trong năm 2025 và đến năm 2030 để các địa phương bổ sung vào chỉ tiêu phát triển kinh tế - xã hội.

Cụ thể, giai đoạn 2025 - 2030 cả nước phải hoàn thành 995.445 căn hộ để có thể đạt được mục tiêu xây dựng ít nhất 1 triệu căn NOXH cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân KCN giai đoạn 2021 - 2030.

Báo cáo kết quả phát triển NOXH, nhà ở cho công nhân của Bộ Xây dựng, tính đến tháng 3/2025, trên địa bàn cả nước có 655 dự án NOXH đã được triển khai với quy mô 593.428 căn. Cả nước đã hoàn thành 103 dự án với quy mô 66.755 căn. Số lượng dự án đã khởi công xây dựng là 137 dự án với quy mô 114.618 căn. Số lượng dự án đã được chấp thuận chủ trương đầu tư là 415 dự án với quy mô 412.055 căn.

Đối với nguồn vốn tín dụng ưu đãi 120 nghìn tỷ đồng cho NOXH (hiện nay là 145 nghìn tỷ đồng), đã giải ngân được 2.845 tỷ đồng. Trong đó, giải ngân 2.580 tỷ đồng cho chủ đầu tư tại 20 dự án và 265 tỷ đồng cho người mua nhà tại 15 dự án.

Đánh giá việc triển khai xây dựng NOXH, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính cho rằng, việc xây dựng NOXH đã có kết quả, tiến bộ, chuyển biến nhất định, nhưng so với yêu cầu, mong muốn thì chưa đạt.

Cụ thể, nhiều địa phương có kết quả thực hiện chậm so với kế hoạch đăng ký tại Đề án. Trong khi đó, việc giải ngân nguồn vốn tín dụng ưu đãi 120 nghìn tỷ đồng cho NOXH còn chậm và có khó khăn. Đồng thời, còn vướng mắc, khó

khăn của các doanh nghiệp đầu tư NOXH trong tiếp cận đất đai, thủ tục đầu tư xây dựng, chỉ định thầu, tín dụng, chính sách ưu đãi...

Cũng vấn đề trên, Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Văn Sinh nhìn nhận, nhiều địa phương đã quan tâm, dành quỹ đất NOXH tại các vị trí thuận lợi, gần các trung tâm đô thị, KCN, đảm bảo đáp ứng hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội như: Đồng Nai 1.064 ha, Quảng Ninh 666 ha, Hải Phòng 336 ha, Bình Dương 408 ha...; Tuy nhiên, một số địa phương bố trí quỹ đất để phát triển NOXH còn chưa tương xứng với nhu cầu.

Bàn về các chính sách hiện nay tác động đến các mục tiêu phát triển NOXH, GS.TS Hoàng Văn Cường - đại biểu Quốc hội khoá XV, Phó chủ tịch Hội đồng Giáo sư Nhà nước nhiệm kỳ 2024 - 2029 cho rằng, việc phát triển NOXH mang ý nghĩa quan trọng trong bối cảnh hiện nay, nhất là với Quyết định số 444/QĐ-TTg ngày 27/02/2025, Thủ tướng Chính phủ đã giao nhiệm vụ phát triển NOXH cho các địa phương. Điều này đánh dấu sự chuyển biến từ mô hình phát triển thụ động trước đây, vốn kém hấp dẫn so với BĐS thương mại, sang một cơ chế chủ động hơn.

Chính sách này tạo điều kiện để các bên liên quan, bao gồm doanh nghiệp, ngân hàng và người dân, chủ động huy động nguồn vốn và lập kế hoạch đầu tư. Sự phối hợp "tam giác" giữa chính quyền, doanh nghiệp và ngân hàng sẽ mang lại hiệu quả cao hơn.

Theo GS.TS Hoàng Văn Cường, NOXH sẽ là động lực thúc đẩy tăng trưởng. Việc phát triển NOXH không chỉ giải quyết nhu cầu an cư mà còn đóng vai trò quan trọng trong nâng cao chất lượng sống và tạo xung lực kinh tế - xã hội bền vững.



KHAI THÔNG CÁC “ĐIỂM NGHẼN” ĐỂ PHÁT TRIỂN NOXH

Nhấn mạnh tầm quan trọng của công tác phát triển NOXH tại Hội nghị trực tuyến toàn quốc về tháo gỡ khó khăn, vướng mắc thúc đẩy phát triển NOXH ngày 06/3/2025, Thủ tướng Phạm Minh Chính cho biết, phát triển NOXH là một động lực phát triển kinh tế - xã hội trong bối cảnh hiện nay, góp phần tăng đầu tư, tiêu dùng, bảo đảm an sinh, tiến bộ và công bằng xã hội, phát triển dân số, phát triển đô thị sáng - xanh - sạch đẹp.

Theo Thủ tướng Phạm Minh Chính, đầu tư cho NOXH là đầu tư cho sự phát triển của xã hội, của đất nước, là nhiệm vụ quan trọng của hệ thống chính trị, do đó, cần phải có sự vào cuộc của cả hệ thống chính trị, cấp ủy, chính quyền, Mặt trận Tổ quốc, các đoàn thể, người dân, doanh nghiệp.

Số liệu của Bộ Xây dựng cho biết, cả nước có 10 địa phương đã đưa chỉ tiêu phát triển NOXH vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội hàng năm và 5 năm của địa phương, đồng thời, có 30 địa phương ban hành kế hoạch triển khai Đề án 1 triệu căn hộ NOXH. Cùng đó, trên địa bàn cả nước đã quy hoạch 1.309 vị trí với quy mô 9.737 ha đất làm NOXH. Mục tiêu năm 2025, cả nước hoàn thành xây dựng 100 nghìn căn NOXH.

Đề xuất tháo gỡ một số vướng mắc hiện nay trong phát triển NOXH, Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Văn Sinh kiến nghị Thủ tướng Chính phủ giao Bộ Xây dựng nghiên cứu, chủ trì xây dựng Nghị quyết thí điểm về cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NOXH, bao gồm chính sách lựa chọn chủ đầu tư dự án xây dựng NOXH không thông qua đấu thầu và một số chính sách khác.

Đóng góp giải pháp thúc đẩy nhanh tiến độ triển khai

các dự án NOXH, GS.TS Hoàng Văn Cường cho rằng, hiện tại, các dự án NOXH chưa phải đối mặt với quá nhiều cạnh tranh, tuy nhiên doanh nghiệp nào cam kết và chứng minh được khả năng hoàn thành dự án sớm, đúng tiến độ nên được ưu tiên lựa chọn.

Đồng thời, hiện nay, gói tín dụng 120 nghìn tỷ đồng đã được triển khai, nhưng tiến độ giải ngân cần được điều chỉnh phù hợp với kế hoạch phát triển mà các địa phương đề ra. Do đó, theo GS.TS Hoàng Văn Cường, cần sự phối hợp chặt chẽ giữa ngân hàng và chính quyền địa phương để đảm bảo nguồn vốn được phân bổ kịp thời và hiệu quả.

Chia sẻ trách nhiệm của địa phương đối với việc triển khai các mục tiêu phát triển NOXH, Phó chủ tịch UBND TP.HCM Bùi Xuân Cường cho biết, Thủ tướng giao TP.HCM trong giai đoạn từ nay đến năm 2030 tập trung xây dựng 69.300 căn. Tuy nhiên, trên cơ sở chương trình, kế hoạch phát triển nhà ở Thành phố đã đưa ra từ trước, chỉ tiêu của Thành phố phấn đấu cao hơn, khoảng 93 nghìn căn giai đoạn từ nay cho đến 2030.

Theo Phó chủ tịch Bùi Xuân Cường, toàn hệ thống đã vào cuộc, kể cả Thành ủy, HĐND, UBND TP.HCM; đồng thời đã ban hành nhiều chính sách cho NOXH thời gian vừa qua. Cụ thể, như HĐND có Nghị quyết cho các chủ đầu tư dự án NOXH vay tối đa 200 tỷ đồng và hỗ trợ 100% lãi suất với thời hạn 7 năm; Quỹ phát triển nhà ở Thành phố cũng cho vay mua NOXH tối đa 70% giá trị căn hộ nhưng không vượt quá 900 triệu đồng và lãi suất là 3,2%/năm, thời gian là 20 năm.

Dự kiến, TP.HCM sẽ trình các Nghị quyết để tháo gỡ, hỗ trợ chủ đầu tư các chi phí trong đầu tư xây dựng hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hỗ trợ phí, lệ phí, các nội dung khác liên



10 NHÓM NHIỆM VỤ, GIẢI PHÁP VỀ THÁO GỖ KHÓ KHĂN, VƯỚNG MẮC THỨC ĐẨY PHÁT TRIỂN NOXH

Thứ nhất	Về thể chế, Bộ Xây dựng chủ trì, rà soát lại thể chế, quy trình, thủ tục, vướng mắc tại các luật, nghị định, thông tư.
Thứ hai	Về quy hoạch, các địa phương phải quy hoạch, điều chỉnh quy hoạch NOXH phù hợp, chậm nhất trong quý II/2025 phải thực hiện xong.
Thứ ba	Bộ Xây dựng rà soát lại tiêu chuẩn, quy chuẩn, định mức liên quan NOXH (như chiều cao, vật liệu xây dựng...), thiết kế phù hợp từng vùng miền để có thể nghiên cứu việc tiến hành sản xuất hàng loạt, sử dụng các cấu kết lắp ghép để thi công nhanh.
Thứ tư	Về hạ tầng, các địa phương phải phát triển đồng bộ hạ tầng, đáp ứng yêu cầu, nếu cần thì đầu tư công. Có thể chỉ định thầu đồng bộ giữa dự án NOXH và dự án hạ tầng, quan trọng là phải phòng chống tham nhũng, tiêu cực, lãng phí.
Thứ năm	Nghiên cứu mức lợi nhuận phù hợp (hiện 10%), có thể tăng nhưng quan trọng là dự án phải làm nhanh, kịp thời.
Thứ sáu	về huy động nguồn lực, giao Bộ Tài chính hoàn thành việc lập quỹ nhà ở quốc gia trong tháng 3/2025. Thực hiện phê duyệt danh sách người được mua, thuê mua, thuê NOXH trên cơ sở dữ liệu dân cư tích hợp với các tiêu chuẩn, tiêu chí. Cùng với đó, có cơ chế hỗ trợ giải phóng mặt bằng của địa phương...
Thứ bảy	Văn phòng Chính phủ chủ trì, rà soát, cắt giảm ít nhất 30% thủ tục hành chính trong năm 2025.
Thứ tám	Bộ Xây dựng giao Hội Kiến trúc sư Việt Nam tổ chức cuộc thi thiết kế kiến trúc NOXH, triển khai trước 30/4/2025.
Thứ chín	Yêu cầu chống tham nhũng, tiêu cực, lãng phí.
Thứ mười	ác cơ quan báo chí truyền thông đẩy mạnh các chương trình thúc đẩy NOXH, tạo động lực, truyền cảm hứng cho toàn xã hội, người dân, doanh nghiệp, biểu dương những cách làm hay, kinh nghiệm tốt.

quan đến quá trình cấp phép xây dựng, cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất...

Ở góc độ ngân hàng, để nguồn vốn cho NOXH đến đúng đối tượng, chủ đầu tư, Thống đốc Ngân hàng Nhà nước Việt Nam Nguyễn Thị Hồng cho rằng, cần phải xác định nhu cầu sở hữu nhà ở, nhu cầu mua, nhu cầu thuê ở từng địa phương, làm rõ mục đích xây để bán hay để thuê. Từ đó, có những chính sách hỗ trợ về thuế đất, lãi suất, chỉ định nhà đầu tư, giảm bớt thủ tục cho các doanh nghiệp làm NOXH...

Dưới góc nhìn doanh nghiệp làm NOXH, nhiều doanh nghiệp cho rằng, các vướng mắc hiện nay gặp phải chủ

yếu là về thủ tục đầu thầu, giao chủ đầu tư dự án NOXH, nguồn vốn, cơ chế, chính sách ưu đãi làm NOXH...

Để giải quyết những tồn tại trên, thúc đẩy nhanh quá trình xây dựng, phát triển NOXH, ông Lê Khắc Hiệp - Phó chủ tịch Tập đoàn Vingroup cho rằng, cần có cơ chế, chính sách cho phép các địa phương được chỉ định thầu, chỉ định nhà đầu tư. Cùng đó, đề xuất cho phép các địa phương rút ngắn thủ tục hoặc cho làm song song. Cụ thể, cùng lúc có thể vừa làm quy hoạch, vừa làm thủ tục đầu tư xây dựng thì sẽ rút ngắn nhiều thời gian xây dựng làm NOXH.❖

Xây dựng Quỹ nhà ở Quốc gia để phát triển bền vững nhà ở đô thị



THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG*

Thiết kế khu NOXH hiện đại Grüne Mitte (TP Düsseldorf, CHLB Đức) với các tiêu chí đẩy mạnh nhà cho thuê, thuê mua, đa dạng chức năng dịch vụ và tiện ích công cộng cao (nguồn: internet).

Chính sách về nhà ở luôn đóng vai trò rất quan trọng tại mỗi quốc gia bởi ý nghĩa an sinh xã hội, đảm bảo và nâng cao chất lượng cuộc sống cho người dân. Trong bối cảnh phát triển đô thị mạnh mẽ, Việt Nam cũng đứng trước nhiều yêu cầu và thách thức rất lớn về phát triển bền vững nhà ở đô thị, trong đó phân khúc nhà ở xã hội (NOXH) đóng vai trò quan trọng. Dù đã được nghiên cứu từ sớm và triển khai rất hiệu quả tại nhiều quốc gia phát triển trên thế giới, nhưng việc xây dựng Quỹ nhà ở Quốc gia tại Việt Nam mới dừng lại một số nghiên cứu đề xuất. Với các yêu cầu cấp bách và điều kiện “chín muồi” hiện nay, định hướng xây dựng Quỹ nhà ở Quốc gia có thể đạt được tính khả thi và triển khai nhanh để giải quyết dứt điểm tình trạng thiếu nhà ở tại các đô thị hiện nay.

QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA, MỘT GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG NHÀ Ở ĐÔ THỊ

Thực tế đã chứng minh, các quốc gia dù có quy mô nền kinh tế phát triển nhưng việc đáp ứng nhu cầu nhà ở tại đô thị lớn trong các giai đoạn đô thị hóa nhanh, đều được xem là những thách thức rất lớn ở cả 2 vấn đề: (1) Nguồn cung quỹ NOXH và (2) Khả năng tài chính chi trả cho việc đầu tư xây dựng nhà ở và người mua nhà. Do đó, mô hình Quỹ nhà ở Quốc gia cũng đã được nhiều quốc gia phát triển đi trước nghiên cứu triển khai từ khá sớm và thực hiện khá thành công với nhiều phương thức, quy mô, và hình thức triển khai mang đến những hiệu quả đóng góp thực tiễn đáng ghi nhận. Đánh giá chung, các mô hình Quỹ nhà ở Quốc gia đã được nghiên cứu áp dụng và đã giải quyết tốt bởi phương

châm “Nhà nước hỗ trợ nền tảng khung, xã hội hóa nguồn lực đầu tư phát triển nhà ở và khuyến khích người dân tự xây dựng khả năng tài chính mua nhà cho mình”. Cụ thể như:

Tại Thụy Điển, từ những năm 1930, mô hình hợp tác xã cung cấp và dịch vụ nhà ở đã được triển khai rất thành công. Người có nhu cầu mua nhà, khi có việc làm và thu nhập phù hợp có thể tham gia trích gửi một phần thu nhập vào quỹ tín dụng hoặc mua trái phiếu của hợp tác xã. Từ đó hợp tác xã có được một nguồn vốn lớn để cung cấp hỗ trợ ngược trở lại cho các thành viên trong hợp tác xã khi có nhu cầu mua nhà. Đồng thời, hợp tác xã cũng chủ động xin cơ chế ưu đãi về đất, tài chính từ chính quyền để mua hoặc xây dựng nhà ở giá rẻ bằng nguồn quỹ riêng của mình từ đó phân phối trở lại cho các thành viên. Nhà ở sau khi phân phối cũng được quản lý vận hành và bảo trì bởi một số thành viên hợp tác xã cho phép nâng cao chất lượng và chi phí rẻ phù hợp.

Tại CHLB Đức, trong nhiều năm dưới sự bảo trợ của chính phủ, mô hình Quỹ tiết kiệm nhà ở đã triển khai rất thành công. Quỹ được thành lập và hoạt động thông qua hệ thống 2 ngân hàng thành viên quan trọng là ngân hàng thế chấp bất động sản và ngân hàng tiết kiệm xây dựng. Nguồn vốn huy động của quỹ là từ đóng góp của người lao động thông qua hợp đồng tiết kiệm gửi tại ngân hàng tiết kiệm nhà ở (tối thiểu ít nhất là 1,5 - 2 năm) theo đúng mức thỏa thuận giữa người gửi và về mức tiền tiết kiệm và thực hiện tiết kiệm hàng tháng với lãi suất cố định. Khi đã tiết kiệm được tối thiểu 50% giá trị nhà ở cần mua, khách hàng được vay 50% còn lại thông qua ngân hàng tín dụng nhà ở với lãi suất thấp cố định đã thỏa thuận khi ký hợp đồng tiết kiệm. Các giao dịch cấp tín dụng và mua nhà ở được 2 ngân hàng này hỗ trợ và bảo

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

đảm trả nợ khi có trường hợp rủi ro phát sinh bằng tài sản thế chấp là đất đai, nhà. Quỹ được quản lý rất hợp lý thông qua hệ thống khung pháp lý đồng bộ về tiết kiệm nhà ở, quy chế hoạt động của quỹ, một số các quy định chi tiết về hỗ trợ bù lãi suất, thường trực tiếp cho người tham gia tiết kiệm... đặc biệt là 2 đạo luật quan trọng là "Luật về ngân hàng thế chấp BĐS" và "Luật về nghiệp vụ tín dụng".

Singapore, một trong những quốc gia Đông Nam Á giải quyết thành công nhất chương trình nhà ở cho người thu nhập thấp trên cơ sở giải quyết đồng thời 3 nội dung chính. Đầu tư xây dựng quỹ NOXH dồi dào tại đô thị, phần lớn do cơ quan chuyên trách là HDB của Nhà nước đảm nhiệm. Triển khai các mô hình quỹ tín dụng cho vay mua nhà thông qua hệ thống quỹ tín dụng và ngân hàng chính sách với mục tiêu để 88% dân số sở hữu căn hộ bằng phương thức mua trả góp, còn lại là thuê. Người mua nhà có thể trả trước 20% tiền nhà, phần còn lại trả dần trong vòng 25 năm thông qua một quỹ tín dụng nhà ở. Các khoản trả dần được tính toán kéo dài phù hợp, nhưng cũng đảm bảo ngay sau khi người lao động nghỉ hưu sẽ hoàn thành chu kỳ trả nợ và hoàn toàn sở hữu nhà ở để nhà ở trở thành một tài sản có thể thừa kế cho con cái hoặc bán hay thế chấp để lấy tiền an dưỡng tuổi già. Quỹ tiết kiệm nhà ở cũng cho phép những người gửi tiền vào quỹ này được quyền ưu tiên mua nhà với giá thấp hơn giá thị trường. Đồng thời, người mua nhà được vay với lãi suất thấp, linh hoạt trong các hình thức mua và thuê nhà.

Ngoài nguồn lực từ ngân sách công quốc gia, việc bổ sung các nguồn lực xã hội hóa đa dạng cũng được nhiều quốc gia nghiên cứu áp dụng. Như tại Philippines, các chương trình nhà ở cho người thu nhập thấp triển khai đa dạng với sự tham gia phối hợp giữa cộng đồng, các tổ chức phi chính phủ và cơ quan nhà nước. Tất cả các tổ chức kinh doanh tư nhân tại quốc gia này cũng phải đóng góp vào quỹ phát triển nhà ở cho người nghèo bằng khoản trích ra từ lợi nhuận thu trực tiếp từ thuế thu nhập doanh nghiệp hàng năm. Các tổ chức phi chính phủ do nhà nước hỗ trợ và giám sát bằng cơ chế chính sách cũng tham gia đóng vai trò đầu mối tự triển khai công việc phát triển nhà ở loại này.

Tại Thái Lan, trên cơ sở cơ quan Nhà ở cộng đồng (UCDO) trực thuộc Bộ Nhà ở, có vai trò liên kết các tổ chức khác nhằm huy động tài chính để phát triển nhà ở; hoạch định chính sách, quy hoạch và thiết kế, hệ thống ngân hàng riêng với mục đích cung cấp tín dụng nhà ở; cung cấp những khoản vay cho người thu nhập thấp với lãi suất ưu đãi, để họ mua được nhà trả góp đã được thành lập. Ngoài các nguồn lực của chính phủ hỗ trợ và xã hội hóa, một trong những nguồn lực quan trọng cho quỹ phát triển nhà ở đến từ chủ trương trích 20% khoản thuế thu nhập của nhóm người có thu nhập cao.

ĐỊNH HƯỚNG XÂY DỰNG QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA ĐỂ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG NHÀ Ở ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM

Trong bối cảnh dân cư có xu hướng ngày càng tích tụ và tập trung mạnh vào các đô thị lớn, vấn đề đáp ứng nhà ở cho đại bộ phận dân cư đang đứng trước các yêu cầu thực tiễn lớn, trở thành các ưu tiên hàng đầu để có thể gia tăng



cả số lượng và chất lượng. Để hướng tới mục tiêu trên, trong những năm vừa qua, ngành Xây dựng và chính quyền các đô thị đã có rất nhiều nỗ lực, đề ra và triển khai thực hiện nhiều giải pháp và chương trình phát triển nhà ở, trong đó đặc biệt là các chương trình tiêu biểu như:

Đề án "Đầu tư xây dựng ít nhất 1 triệu căn hộ NOXH cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân KCN giai đoạn 2021 - 2030" được Chính phủ phê duyệt ngày 03/4/2023, triển khai Chương trình tín dụng khoảng 120 nghìn tỷ đồng để phát triển NOXH, nhà ở công nhân có giá phù hợp với khả năng chi trả của hộ gia đình có thu nhập trung bình, thu nhập thấp khu vực đô thị và của công nhân, người lao động trong KCN, KCX.

Tại Hà Nội, chương trình phát triển nhà ở TP Hà Nội giai đoạn 2021 - 2030 được UBND TP Hà Nội phê duyệt tại Quyết định số 3627/QĐ-UBND ngày 03/10/2022. Theo đó, đến năm 2025 thành phố phấn đấu diện tích sàn nhà ở bình quân đạt 29,5 m²/người và phát triển mới khoảng 1,25 triệu m² sàn NOXH; đến năm 2030, diện tích sàn nhà ở bình quân đạt 32 m²/người và 2,5 triệu m² sàn NOXH.

Tại TP.HCM, chương trình phát triển nhà ở TP.HCM giai đoạn 2021 - 2030 được UBND TP.HCM phê duyệt theo Quyết định số 2971/QĐ-UBND ngày 06/9/2022. Theo đó, đến năm 2025 phấn đấu chỉ tiêu diện tích nhà ở bình quân toàn thành phố đạt 23,5 m²/người và dự kiến phát triển 2,5 triệu m² sàn NOXH tương đương với khoảng 35 nghìn căn; đến năm 2030 phấn đấu chỉ tiêu diện tích nhà ở bình quân toàn thành phố đạt 26,5 m²/người và dự kiến phát triển thêm khoảng 4,08 triệu m² sàn NOXH tương đương với 58 nghìn căn.

Tuy nhiên, tình trạng khan hiếm nhà đặc biệt là các đô thị lớn vẫn diễn biến khá phức tạp. Trong khi đó theo dữ liệu của Hiệp hội Môi giới BĐS (VARIS), trung bình mỗi năm, Hà Nội và TP.HCM vẫn thiếu trên 50 nghìn đơn vị nhà ở cho dù kế hoạch phát triển nhà ở của 2 thành phố được thực thi tối đa. Cung vượt cầu đã dẫn đến giá NOXH tại các đô thị tăng cao. Nhu cầu lớn, nguồn cung hạn hẹp hiện nay kèm theo tình trạng đầu cơ, lách luật, thổi giá cũng làm thị trường BĐS nhà ở tại các đô thị lớn này, trong đó gồm cả phân khúc NOXH biến động dữ dội khiến khả năng tiếp cận NOXH của người dân ngày càng xa vời. Đặc biệt nhóm người trẻ dưới 35 tuổi chiếm số đông luôn đứng trước khả năng khó tiếp cận với NOXH dù đã có nhiều chính sách ưu đãi về vốn và lãi vay tín dụng mua nhà.



Khu NOXH The Pinnacle@Duxton theo chuẩn tiện nghi cao cấp, xanh, sinh thái tại Singapore (nguồn ảnh: tác giả).

Mới đây, ngày 24/02/2025, tại cuộc họp với Ban Chính sách, chiến lược Trung ương, Tổng Bí thư Tô Lâm nhắc đến câu chuyện thành lập "Quỹ nhà ở Quốc gia" nhằm phát triển nhà giá rẻ tại các đô thị lớn để có thể góp phần quan trọng giúp thị trường tăng giao dịch, thu hút vốn, thúc đẩy đô thị trở thành động lực tăng trưởng của quốc gia. Đây có thể xem là một định hướng đột phá mới, giúp giải quyết dứt điểm vấn đề thiếu NOXH cho đại bộ phận người dân tại các đô thị, đặc biệt là tại các đô thị lớn, luôn trong tình trạng khan hiếm nhà ở như Hà Nội và TP.HCM.

Xa hơn, những kết quả tích cực này còn mang đến những ý nghĩa rất lớn về an sinh xã hội, giải quyết vấn đề an cư và ổn định cuộc sống cho người thu nhập trung bình thấp, mà còn thúc đẩy phát triển bền vững thị trường nhà ở trong phân khúc nhà vừa túi tiền và NOXH. Điều này cũng đồng thời phù hợp đáp ứng các mục tiêu phát triển của Việt Nam trong giai đoạn chuyển tiếp hiện nay từ một nền kinh tế đang phát triển trung bình ở mức thấp lên mức phát triển trung bình khá và tiến tới phát triển cao.

Thực chất, ý tưởng xây dựng hình thành Quỹ nhà ở Quốc gia cũng đã từng được một số tổ chức, đơn vị, bộ ngành đề cập trong các giai đoạn trước đây. Tuy nhiên, vì cơ hội dường như chưa "chín muồi" nên mới chỉ dừng ở một số các ý tưởng và nguyên tắc chung. Trong khi đó, do giai đoạn hiện nay các yếu tố cơ bản để tạo lập quỹ dường như đã đầy đủ, nên việc nghiên cứu triển khai áp dụng mô hình Quỹ nhà ở Quốc gia tại Việt Nam trong thời gian tới là điều tất yếu và cần được sớm nghiên cứu triển khai. Tuy nhiên, dựa trên bài học kinh

nghiệm quốc tế, một số khuyến nghị về chức năng và cấu trúc của quỹ bao gồm:

(1) Quỹ nhà ở Quốc gia cũng đóng vai trò như một cơ quan đầu mối chính cấp quốc gia triển khai tạo lập quỹ NOXH, đảm bảo đủ cả số lượng và chất lượng với cấu trúc quy mô căn hộ, chất lượng tiện nghi phù hợp theo đúng nhu cầu thực tiễn. Quỹ cũng có vai trò tham gia trực tiếp các khuyến nghị chính sách phát triển NOXH tại các đô thị từ khâu xây dựng chính sách và quy hoạch phát triển nhà ở đô thị. Đặc biệt là khai thác tận dụng các cơ hội về nguồn lực đất đai trong quá trình đô thị hóa (như: xây dựng đồng bộ hệ thống hạ tầng và đầu tư phát triển hạ tầng đường sắt đô thị, đường sắt cao tốc theo mô hình TOD, mô hình đô thị nén, đô thị thông minh). Tham vấn để dẫn nâng cao chất lượng tiện nghi NOXH, loại bỏ nhà chất lượng thấp để phát triển các mô hình NOXH đáng sống, nhà ở xanh - sinh thái - bền vững - tiết kiệm năng lượng...

(2) Quỹ nhà ở Quốc gia cần được thành lập và hoạt động nhằm phát triển đồng bộ cả hai nhóm NOXH là bán và cho thuê, thuê mua. Trong đó, kế hoạch giai đoạn 5 năm đầu tiên, để đáp ứng nhanh chóng nhu cầu trước mắt, chú trọng ưu tiên nhiều hơn phân khúc nhà ở để bán. Trong các giai đoạn tiếp theo, khi đã dần hoạt động ổn định, người sử dụng cũng đã quen với việc sử dụng các công cụ và hình thức hỗ trợ của quỹ, tâm lý sở hữu cũng được giảm bớt, từng bước dần chuyển sang đẩy mạnh các phân khúc nhà ở cho thuê.

(3) Đặc biệt, cần nghiên cứu là thúc đẩy mạnh mô hình thuê mua cho phép người trẻ dưới 35 tuổi sau khi kết hôn, chưa có của cải tích lũy nhưng có thể đăng ký thuê với chi phí thấp và trả góp tích lũy để mua căn hộ trong quỹ NOXH, đảm bảo sau 10 - 20 năm có thể sở hữu trực tiếp căn hộ.

(4) Quỹ nhà ở Quốc gia cần được thành lập và hoạt động trên cơ sở hệ thống luật pháp quy định bài bản và đồng bộ về cơ chế hoạt động huy động tiết kiệm nhà ở của người dân, phương thức quản lý nguồn vốn, quy chế về cho vay và thu hồi vốn vay... Trong đó, mức lãi suất cho vay (ưu tiên mô hình lãi suất cố định, cho vay dài hạn) sẽ là một trong những vấn đề quan trọng cần được xác lập cụ thể cho từng giai đoạn. Quỹ cũng cần được giám sát chặt chẽ bởi các cơ quan quản lý nhà nước để có hoạt động minh bạch, hạn chế tối đa tình trạng huy động và sử dụng vốn sai nguyên tắc, phân phối nhà ở sai nguyên tắc.

(5) Quỹ cũng đóng vai trò quan trọng như một ngân hàng tín dụng đặc biệt, thu nhận các nguồn lực đóng góp, đặc biệt là nguồn lực xã hội từ các cơ quan tổ chức, tiền gửi tiết kiệm nhà ở của các cá nhân. Đồng thời xây dựng, tổ chức triển khai các kế hoạch phân phối hiệu quả các khoản vay tín dụng hỗ trợ đối với cả các dự án đầu tư xây dựng NOXH và các cá nhân mua, thuê, thuê mua NOXH.

Bên cạnh đó, trên cơ sở yêu cầu và nhu cầu thực tiễn, cần đẩy nhanh việc nghiên cứu và xây dựng cơ chế chính sách để sớm triển khai và vận hành Quỹ nhà ở Quốc gia để có thể nhanh chóng đưa quỹ vào hoạt động, đóng góp cho sự phát triển bền vững NOXH tại các đô thị Việt Nam trong thời gian tới.❖

QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA VÀ CHƯƠNG TRÌNH PHÁT TRIỂN NHÀ Ở THƯƠNG MẠI GIÁ PHÙ HỢP:

Giải pháp cho bài toán nhà ở đô thị tại Việt Nam



NGUYỄN ANH TÚ*

Nghiên cứu này cung cấp một khung chính sách cụ thể, kết hợp kinh nghiệm quốc tế với thực tiễn Việt Nam, mở ra hướng đi khả thi để giải quyết vấn đề nhà ở trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng hiện nay.

Phát triển nhà ở với giá phù hợp tại các đô thị lớn đang là thách thức quan trọng đối với Việt Nam trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng. Nghiên cứu này đề xuất một giải pháp tổng thể thông qua việc thiết lập Quỹ Nhà ở Quốc gia kết hợp với Chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp.

Qua phân tích mô hình quản lý nhà ở từ các quốc gia như Hàn Quốc, Trung Quốc, nghiên cứu đề xuất cơ chế huy động vốn đa dạng cho Quỹ Nhà ở Quốc gia và các giải pháp cắt giảm thủ tục hành chính, tăng cường tiếp cận quỹ đất để phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp... mô hình được đề xuất tận dụng hiệu quả nguồn lực của khu vực tư nhân; đồng thời đảm bảo phân bổ nguồn lực công một cách công bằng thông qua hệ thống xác định đối tượng thụ hưởng dựa trên cơ sở dữ liệu cư dân quốc gia.

CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN

Khả năng tiếp cận nhà ở phù hợp được xem là một trong những nhu cầu cơ bản của con người và là một phần quan trọng của chính sách phúc lợi xã hội. Theo lý thuyết kinh tế về nhà ở, can thiệp của nhà nước vào thị trường nhà ở là cần thiết khi thị trường không thể tự thân đáp ứng nhu cầu nhà ở cho mọi tầng lớp dân cư, đặc biệt là nhóm có thu nhập thấp và trung bình. Hiện tượng này được giải thích bởi sự thất bại của thị trường (market failure) trong lĩnh vực nhà ở, do đặc điểm không hoàn hảo của thị trường BĐS và tác động ngoại sinh (externalities) của hoạt động phát triển nhà ở.

Nhà ở không chỉ là một hàng hóa thông thường mà còn mang tính chất của hàng hóa công và có ảnh hưởng sâu rộng đến phát triển kinh tế - xã hội. Nghiên cứu của các nhà kinh tế phát triển cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa khả năng tiếp cận nhà ở phù hợp và nhiều yếu tố như sức khỏe, giáo dục, việc làm và sự gắn kết xã hội. Do đó, việc đảm bảo cung cấp nhà ở với giá phù hợp không chỉ là một mục tiêu phúc lợi xã hội mà còn là một chiến lược phát triển kinh tế dài hạn.

Cơ chế can thiệp của nhà nước vào thị trường nhà ở có thể thực hiện thông qua nhiều hình thức, bao gồm: (1) hỗ trợ trực tiếp bên cung (các đơn vị phát triển nhà ở) thông qua các ưu đãi về đất đai, thuế, tài chính; (2) hỗ trợ bên cầu (người mua nhà) thông qua các khoản trợ cấp, ưu đãi thuế, hỗ trợ lãi suất; và (3) can thiệp trực tiếp vào thị trường thông qua việc cung cấp nhà ở công. Mỗi hình thức can thiệp đều có ưu điểm và hạn chế riêng, và việc lựa chọn cơ chế phù hợp phụ thuộc vào bối cảnh kinh tế - xã hội cụ thể của mỗi quốc gia.

Trong bối cảnh nguồn lực công hạn chế, việc kết hợp hiệu quả các cơ chế can thiệp và huy động sự tham gia của khu vực tư nhân trở nên đặc biệt quan trọng. Các mô hình đối tác công-tư (Public-Private Partnership - PPP) trong phát triển nhà ở giá phù hợp đã chứng minh hiệu quả tại nhiều quốc gia, giúp tận dụng nguồn lực tài chính và năng lực quản lý của khu vực tư nhân, đồng thời đảm bảo mục tiêu công bằng xã hội thông qua sự điều tiết của nhà nước.

Tại Việt Nam, mặc dù đã có nhiều chính sách hỗ trợ phát triển NOXH, nhưng còn thiếu một cơ chế tài chính bền vững và dài hạn cho lĩnh vực này. Các chương trình hỗ trợ tín dụng

**Giám đốc Trung tâm Nghiên cứu nhà ở và thị trường BĐS*

cho NƠXH thường mang tính ngắn hạn và không ổn định, gây khó khăn cho cả người phát triển dự án và người mua nhà. Bên cạnh đó, việc thiếu một cơ chế hiệu quả để chuẩn bị quỹ đất sạch cho phát triển nhà ở giá phù hợp cũng là một rào cản lớn.

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU CÁC CHÍNH SÁCH VỀ QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA

Mô hình quản lý nhà ở xã hội tại Hàn Quốc

Hàn Quốc áp dụng mô hình trong đó chính phủ trung ương quản lý nguồn cung nhà ở thông qua việc vận hành các công ty/doanh nghiệp công (public corporation) hoạt động trong lĩnh vực nhà ở khác nhau, như Tổng công ty nhà ở (LH) và Tổng công ty đô thị nhà ở Seoul (SH). Dưới sự vận hành này, các cơ quan chuyên trách sẽ cung cấp nhiều loại hình nhà ở công như nhà ở thuê/mua theo hình thức đăng ký/chuyển đổi quyền được mua, tùy theo loại hình sẽ định ra các đối tượng (theo thu nhập hoặc tầng lớp xã hội), quy mô, giá cả, hình thức hỗ trợ khác nhau.

Trong hệ thống nhà ở của Hàn Quốc, có nhiều loại hình nhà ở công được cung cấp cho các đối tượng khác nhau. Nhà cho thuê lâu dài dành cho tầng lớp thu nhập thấp nhất và tầng lớp kế trên, thuộc nhóm thu nhập 1 - 2, được cung cấp với giá thuê khoảng 30% giá thị trường. Nhà mua cho thuê dành cho đối tượng tầng lớp thu nhập thấp nhất, nhóm thu nhập 1 - 2, là nhà cho thuê do cơ quan công mua nhà ở tư nhân và cho thuê với giá dưới 50% giá thị trường. Nhà cho thuê dài hạn theo hình thức đặt cọc jeonse (Jeonse là kiểu nhà cho thuê được duy trì dưới hình thức người thuê đặt cọc một lần 70% giá trị ngôi nhà, sau đó không phải trả bất kỳ khoản tiền thuê nhà hàng tháng nào trong vòng 2 năm) dành cho tầng lớp thu nhập thấp nhất và tầng lớp kế trên, nhóm thu nhập 1 - 2, với giá dưới 50% giá thị trường.

Bên cạnh đó, Hàn Quốc còn có loại hình nhà cho thuê quốc dân dành cho đối tượng tầng lớp kế đối tượng thu nhập thấp nhất, nhóm thu nhập 2 - 4, được cung cấp với giá bằng 50 - 80% giá thị trường. Nhà ở hạnh phúc dành cho những đối tượng đặc biệt như vợ chồng mới cưới, người mới bắt đầu cuộc sống xã hội, sinh viên đại học và người già trong nhóm thu nhập từ 2 - 6, được cung cấp ở mức giá tương đương 60 - 80% giá thị trường. Ngoài ra còn có nhà cho thuê công 5 năm/10 năm (chuyển đổi bán) dành cho đối tượng chủ hộ chưa có nhà (nhóm thu nhập 3 - 6), có thể chuyển đổi bán ở mức giá 80 - 90% giá thị trường sau 5 hoặc 10 năm.

Mô hình quản lý nhà ở xã hội tại Trung Quốc

Phương thức cung ứng NOXH của Trung Quốc có điểm tương đồng với Việt Nam hiện nay, theo đó chính quyền trung ương định ra các chính sách và pháp luật tổng quan nhưng chính quyền địa phương chịu trách nhiệm thu hút các nhà đầu tư thông qua cung cấp đất, ưu đãi thuế và các hỗ trợ khác. Tại thời điểm hiện tại, chính quyền địa phương cũng chịu trách nhiệm về tài chính, quản lý và điều chỉnh giá NOXH. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, hai thành phố thí điểm Zhengzho và Chongqing đã thí điểm giới thiệu và vận hành Công ty nhà ở địa phương PRH.

Dưới hệ thống cung cấp tổng thể như trên, Trung Quốc đã phát triển nhiều chế độ NOXH đa dạng, mỗi chế độ hướng đến đối tượng là các tầng lớp có mức thu nhập khác nhau. Comfortable and Economic Housing (CEH) là chế độ "bán nhà" hỗ trợ các gia đình có thu nhập thấp, tương tự như NOXH Việt Nam hiện nay, cung cấp đất xây dựng, ưu đãi về thuế để khuyến khích giá bán rẻ hơn giá thị trường. Capped-price Housing (CPH) là chế độ hỗ trợ tầng lớp trung lưu, giới hạn ở giá bán và diện tích.

Low-rent Housing (LRH) hay Cheap Rental Housing (CRH) là chế độ hỗ trợ tầng lớp những người nghèo nhất, hỗ trợ nhà ở với giá thuê thấp nhất dành cho những đối tượng nhận trợ cấp cơ bản. Public Rental Housing (PRH) là loại hình nhà cho thuê dành cho đối tượng người có thu nhập trung bình và thấp, và từ năm 2014, nó đã bao gồm cả CRH và trở thành loại hình điển hình của nhà ở công Trung Quốc.

Cơ sở pháp lý của CEH có thể tìm thấy trong "Quy định quản lý CEH thành đô thị" ('Urban Economical and Comfortable Housing Construction Management Rules'), được ban hành vào năm 1994 và đã trải qua nhiều lần chỉnh sửa và sửa đổi. Theo các quy định sửa đổi năm 2007, chính quyền địa phương cung cấp đất cho các nhà đầu tư CEH (các công ty phát triển nhà) với chi phí thấp hoặc miễn phí, miễn giảm các loại thuế, đồng thời xác định giới hạn đối với lợi nhuận đầu tư. Để có thể cung cấp nhà ở với mức giá có thể chi trả, các quy định liên quan cũng quy định rõ về tầng lớp thụ hưởng, tư cách thụ hưởng, phương thức cung cấp, giá bán, diện tích nhà để bán và nguyên tắc vận hành.

Tuy nhiên, một hạn chế chung của các biện pháp chế độ này là chính quyền địa phương thường không được hỗ trợ đủ tài chính để đáp ứng nhu cầu của cấp trung ương trong việc thực hiện các chính sách, và bản thân các chế độ cũng phụ thuộc quá nhiều vào quyền quyết định của chính quyền địa phương.

Chương trình PRH được thực hiện lần đầu tiên vào năm 2010 và được pháp chế hóa trong "Hướng dẫn tăng xây dựng nhà ở công cho thuê" ('Guidelines to Increase Public Rental Housing Construction'), quy định các chính quyền địa phương phải ưu tiên cung cấp PRH bằng cách trao quyền ưu tiên cho các doanh nghiệp PRH trong việc liên tục tăng chi trả tài chính và giao đất sử dụng. Sau khi giới thiệu và kết hợp với LRH, chế độ PRH đã trở thành loại hình tiêu chuẩn và điển hình của nhà ở công Trung Quốc.

Bài học kinh nghiệm

Vai trò của Nhà nước: Nhà nước cần đóng vai trò chủ đạo trong việc xây dựng chính sách, quy hoạch, và hỗ trợ tài chính để đảm bảo quyền tiếp cận nhà ở giá phù hợp khả năng chi trả của người dân.

Đa dạng hóa nguồn cung: Cần phát triển nhiều loại hình nhà ở khác nhau, phù hợp với các phân khúc nhu cầu và khả năng chi trả (thu nhập) của các đối tượng khác nhau.

Huy động nguồn lực tư nhân: Cần tạo ra các cơ chế khuyến khích sự tham gia của khu vực tư nhân vào việc phát triển nhà ở giá phù hợp bao gồm NOXH và nhà ở giá rẻ.

Phân cấp và phân quyền: Cần phân cấp và phân quyền cho

chính quyền địa phương trong việc quản lý và cung cấp NOXH.

Quản lý và vận hành hiệu quả: Cần xây dựng các cơ chế quản lý và vận hành NOXH hiệu quả, đảm bảo tính bền vững và cân bằng lợi ích các bên tham gia bao gồm người dân, doanh nghiệp, và nhà nước.

MỘT SỐ THÁCH THỨC TỒN TẠI CỦA THỊ TRƯỜNG NHÀ Ở VIỆT NAM

Thị trường BĐS tại Việt Nam, đặc biệt là phân khúc nhà ở, đang đối mặt với nhiều thách thức lớn, đòi hỏi sự can thiệp chính sách mạnh mẽ và kịp thời từ phía Nhà nước. Nhiều tồn tại, thách thức chính của thị trường nhà ở liên quan đến cơ chế giao đất và khả năng tiếp cận quỹ đất để tăng cung nhà ở trong bối cảnh khả năng chi trả luôn bị hạn chế của phần lớn dân cư đô thị.

Một trong những tồn tại lớn nhất hiện nay là việc địa phương vẫn cần nguồn thu từ tiền sử dụng đất để cân đối ngân sách. Việc thu tiền sử dụng đất là nguồn thu quan trọng giúp địa phương đầu tư vào cơ sở hạ tầng, phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, việc quá chú trọng đến nguồn thu này có thể làm chậm quá trình phát triển NOXH do tiền sử dụng đất phát triển NOXH được miễn. Chính quyền địa phương do vậy có thể mất động lực nếu tiếp tục sử dụng cơ chế hỗ trợ tiền sử dụng đất. Điều này dẫn đến việc các dự án NOXH cũng hạn chế khi các quỹ đất giành cho loại hình nhà ở này nằm tại các vị trí thiếu thuận lợi và không đồng bộ về cơ sở hạ tầng kỹ thuật cũng như hạ tầng xã hội. Theo đó, ưu tiên nguồn ngân sách địa phương để chuẩn bị quỹ đất sạch cũng chỉ giành cho những dự án phát triển hạ tầng và quỹ đất đấu giá phát triển nhà ở thương mại.

Doanh nghiệp cần tiếp cận nhanh quỹ đất và tiết kiệm thời gian phát triển dự án. Thời gian thực hiện các thủ tục pháp lý liên quan đến đất đai, xây dựng dự án nhà ở tại Việt Nam còn kéo dài, gây khó khăn cho doanh nghiệp, làm tăng chi phí đầu tư trong đó có việc gia tăng chi phí tài chính. Cơ chế giao đất và thủ tục đầu tư theo quy trình chặt chẽ, cố gắng tối đa hóa mức thu ngân sách cho chính quyền địa phương nhưng lại cứng nhắc, kéo dài dẫn đến giảm hiệu quả chính sách đưa nguồn lực đất đai vào sử dụng. Như vậy, định vị ưu tiên của chính sách tác động thiếu tích cực đến lợi ích chung của xã hội là người dân mong chờ nguồn cung nhà ở giá phù hợp và các doanh nghiệp cần tiếp cận quỹ đất phát triển dự án.

Người có thu nhập trung bình cần mua nhà giá phù hợp tại các khu vực đô thị lớn. Tại các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM, nhu cầu về nhà ở giá phù hợp của người có thu nhập trung bình là rất lớn. Người có thu nhập trung bình là đối tượng có nhu cầu nhà ở thực sự, ổn định, và có khả năng đóng góp vào sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Tuy nhiên, nguồn cung loại hình nhà ở này còn hạn chế, giá nhà đất liên tục tăng cao, vượt quá khả năng chi trả của đại bộ phận người dân. Thị trường nhà ở hiện nay chủ yếu tập trung vào phân khúc cao cấp, nhà ở thương mại giá cao, bỏ qua nhu cầu của người có thu nhập trung bình. Thực trạng diễn ra hiện tượng nguồn cung giá cao là điều hoàn toàn dễ hiểu

khi doanh nghiệp chủ đầu tư mất nhiều chi phí và thời gian để phát triển dự án và cần tối ưu hóa lợi nhuận khi định vị sản phẩm cao cấp.

ĐỀ XUẤT CHÍNH SÁCH

Để giải quyết các vấn đề trên, cần xây dựng hai bộ phận chính sách tương hỗ như sau: (1) Thành lập Quỹ Nhà ở Quốc gia và (2) Ban hành Chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp.

1. Thành lập Quỹ Nhà ở Quốc gia

Quỹ Nhà ở quốc gia được huy động vốn để tài trợ theo hình thức cho vay các chính quyền đô thị trực thuộc trung ương thực hiện công tác giải phóng mặt bằng những khu đất đăng ký tham gia Chương trình phát triển nhà ở giá phù hợp.

Việc huy động vốn cho Quỹ Nhà ở Quốc gia cần được thực hiện từ nhiều nguồn khác nhau. Nguồn vốn từ ngân sách nhà nước có thể được trích từ nguồn thu tiền sử dụng đất, tiền thuê đất, hoặc các nguồn thu khác. Bên cạnh đó, việc phát hành trái phiếu Chính phủ hoặc trái phiếu địa phương cũng là một phương thức huy động vốn hiệu quả từ thị trường.

Các thành phố trực thuộc trung ương phải xác định rõ những vị trí khu đất tham gia vào Chương trình phát triển nhà ở giá phù hợp để có thể sử dụng nguồn vay từ Quỹ Nhà ở Quốc gia phục vụ giải phóng mặt bằng và chuẩn bị quỹ đất sạch phát triển dự án nhà ở. Thông tin về khu đất dự án phải bao gồm đầy đủ các chi tiết quy hoạch xây dựng và chi phí đất dự án bao gồm tiền sử dụng đất tính theo hệ số giá đất tại khu vực và chi phí liên quan đến đất.

Các doanh nghiệp đầu tư BĐS tham gia Chương trình phát triển nhà ở giá phù hợp trên cơ sở đăng ký mua trái phiếu trung, dài hạn của Quỹ Nhà ở Quốc gia. Các doanh nghiệp đăng ký tham gia Chương trình phát triển nhà ở giá phù hợp còn được thẩm định năng lực phát triển dự án. Các dự án nhà ở giá phù hợp được giao cho doanh nghiệp với thứ tự ưu tiên doanh nghiệp mua khối lượng lớn trái phiếu và phát triển dự án bán với giá chỉ định phụ thuộc từng khu vực dự án. Các địa phương vẫn duy trì phương thức đấu giá các dự án nhà ở giá phù hợp trong Chương trình phát triển nhà ở giá phù hợp.

Về cơ chế quản lý và vận hành Quỹ, cần thành lập Hội đồng Quản lý Quỹ, bao gồm đại diện của các bộ, ngành liên quan, chính quyền địa phương, các tổ chức xã hội, và các chuyên gia độc lập. Quỹ cần hoạt động theo nguyên tắc công khai, minh bạch, hiệu quả, và tuân thủ pháp luật. Quỹ có trách nhiệm bảo toàn và phát triển vốn thông qua hệ số bảo toàn vốn. Các hoạt động và vận hành của Quỹ tuân thủ các quy định khác của pháp luật về định chế tài chính.

2. Chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp

Để cắt giảm thủ tục đầu tư về đất đai và thủ tục cấp phép dự án nhà ở thương mại, cần rà soát toàn bộ các thủ tục hành chính liên quan đến đầu tư, đất đai, xây dựng dự án nhà ở thương mại, loại bỏ các thủ tục rườm rà, không cần thiết, và hợp nhất các thủ tục có thể. Việc thành lập bộ phận một cửa liên thông, chịu trách nhiệm tiếp nhận, xử lý, và trả kết quả

các thủ tục hành chính liên quan đến dự án nhà ở cũng là một giải pháp hiệu quả. Bên cạnh đó, cần xây dựng hệ thống thông tin trực tuyến, cho phép doanh nghiệp nộp hồ sơ, theo dõi tiến độ, và nhận kết quả trực tuyến. Đồng thời, cần quy định rõ thời gian tối đa để xử lý từng thủ tục hành chính, và có chế tài xử lý nghiêm các trường hợp chậm trễ, gây phiền hà cho doanh nghiệp.

Để tăng khả năng tiếp cận quỹ đất, Quỹ Nhà ở Quốc gia tài trợ cho các địa phương để giải phóng mặt bằng, kể cả quỹ đất sạch để phát triển NOXH, nhà ở thương mại giá phù hợp. Thời hạn giao quỹ đất sạch có cam kết và phạt chậm tiến độ. Đồng thời, cần rà soát và điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất, ưu tiên dành quỹ đất cho phát triển NOXH, nhà ở thương mại giá phù hợp. Việc tổ chức đấu giá công khai, minh bạch các dự án nhà ở trên quỹ đất sạch cũng là một giải pháp hiệu quả, tạo cơ hội cho các doanh nghiệp tham gia.

Để tận dụng năng lực và hiệu quả của doanh nghiệp tư nhân trong việc phát triển dự án, cần tạo môi trường đầu tư thuận lợi, hấp dẫn, khuyến khích các doanh nghiệp tư nhân tham gia phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp.

Việc xác định đúng đối tượng được tiếp cận chính sách nhà ở thương mại giá phù hợp cũng rất quan trọng. Chỉ hỗ trợ cho mỗi hộ tiếp cận mua nhà ở giá phù hợp một lần. Cần xây dựng tiêu chí thu nhập rõ ràng, minh bạch để xác định đối tượng được mua, thuê mua nhà ở thương mại giá phù hợp. Việc sử dụng cơ sở dữ liệu cư dân quốc gia để kiểm tra, xác minh thông tin của người đăng ký mua, thuê mua nhà ở là một giải pháp hiệu quả, đảm bảo tính chính xác và công bằng. Đồng thời, cần công khai danh sách các đối tượng được mua, thuê mua nhà ở thương mại giá phù hợp, và có cơ chế giám sát. Phương thức xác định mức thu nhập của đối tượng khách hàng tham gia Chương trình nhà giá phù hợp có thể căn cứ mức thống kê về ngũ phân vị thu nhập tại từng thành phố tham gia thí điểm hoặc sử dụng hệ số nhân với mức lương tối thiểu vùng tương ứng.

GIẢI PHÁP VÀ LỘ TRÌNH THỰC HIỆN

Để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của các chính sách trên, cần thực hiện theo lộ trình với phương thức thí điểm tại các đô thị trực thuộc Trung ương trong giai đoạn 2026 - 2030.

Trong giai đoạn 1 (2026 - 2027), cần thành lập Ban chỉ đạo thí điểm cấp quốc gia, do một Phó Thủ tướng Chính phủ làm Trưởng ban. Bên cạnh đó, cần xây dựng và ban hành các văn bản pháp lý hướng dẫn thực hiện thí điểm. Đồng thời, cần lựa chọn một số dự án nhà ở thương mại giá phù hợp tại Hà Nội, TP.HCM để triển khai thí điểm. Việc thành lập Quỹ Nhà ở thí điểm cấp thành phố cũng cần được thực hiện trong giai đoạn này.

Trong giai đoạn 2 (2028 - 2029), cần đánh giá kết quả thí điểm, rút ra bài học kinh nghiệm. Bên cạnh đó, cần mở rộng phạm vi thí điểm ra các đô thị trực thuộc trung ương khác. Đồng thời, cần hoàn thiện cơ chế, chính sách về Quỹ Nhà ở Quốc gia và chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp.

Trong giai đoạn 3 (từ năm 2030), cần tổng kết đánh giá

toàn diện kết quả thí điểm. Đồng thời, cần đề xuất Chính phủ ban hành chính sách chính thức về Quỹ Nhà ở Quốc gia và chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp trên phạm vi cả nước.

Trong quá trình thực hiện, cần chú trọng đến việc tăng cường tuyên truyền, nâng cao nhận thức về mục tiêu, ý nghĩa của chính sách, tạo sự đồng thuận trong xã hội. Bên cạnh đó, cần đảm bảo sự tham gia của các bên liên quan, khuyến khích sự tham gia của doanh nghiệp, người dân, các tổ chức xã hội vào quá trình xây dựng và thực hiện chính sách. Việc thường xuyên kiểm tra, giám sát chặt chẽ quá trình thực hiện chính sách, kịp thời phát hiện và xử lý các sai phạm cũng rất quan trọng. Đồng thời, cần sẵn sàng điều chỉnh chính sách khi cần thiết, để đảm bảo tính phù hợp và hiệu quả.

KẾT LUẬN

Việc thành lập Quỹ Nhà ở Quốc gia và triển khai Chương trình phát triển nhà ở thương mại giá phù hợp là một giải pháp toàn diện để giải quyết cuộc khủng hoảng nhà ở tại Việt Nam. Với lộ trình thí điểm tại 6 đô thị lớn trong giai đoạn 2026 - 2030, chính sách này không chỉ tạo tiền đề cho việc mở rộng trên phạm vi toàn quốc mà còn đảm bảo cân bằng lợi ích giữa chính quyền địa phương, doanh nghiệp và người dân, góp phần nâng cao chất lượng an sinh xã hội. Nghiên cứu này cung cấp một khung chính sách cụ thể, kết hợp kinh nghiệm quốc tế với thực tiễn Việt Nam, mở ra hướng đi khả thi để giải quyết vấn đề nhà ở trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng hiện nay.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Fan, Y., & Yang, Z. (2019). Nhà ở Xã hội tại Trung Quốc: Nghiên cứu So sánh. *Housing Studies*, 34(3), 375-395.
2. GSO (2022), 'Biểu tổng hợp kết quả Khảo sát mức sống dân cư năm 2021', Tổng cục Thống kê Việt Nam, truy cập tại: <https://www.gso.gov.vn/wp-content/uploads/2022/06/Bieu-tong-hop-ket-qua-KSMS-2021.pdf>, ngày 28-04-2023.
3. JICA (2016), 'The study for improvement of living conditions for workers around industrial areas in Socialist Republic of Vietnam: Final report', Truy cập tại: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12263364_01.pdf ngày 28/4/2023.
4. Karmali, Nadeem M.; Weng, Xinyu. (2022), 'Housing Demand and Affordability in India: Implications for Housing Policy', Policy Research Working Paper; 10031. © World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/37402> License: CC BY 3.0 IGO.
5. Land and Housing Research Institute (LHI) (2021), 'Báo cáo Dự án xây dựng chính sách toàn diện phát triển nhà ở xã hội Việt Nam', Viện Nghiên cứu nhà ở và đất đai LH - Hàn Quốc.
6. MoHCLG (2020). English Housing Survey 2018-2019. London, Anh.
7. Park, M. S. (2018). Chính sách Nhà ở tại Singapore: Câu chuyện Thành công. *Urban Affairs Review*, 54(2), 123-145.
8. Thủ tướng Chính phủ Việt Nam (2021), Quyết định số 2161/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển nhà ở quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2045, ngày 22/12/2021.
9. Thủ tướng Chính phủ Việt Nam (2023), Quyết định số 338/QĐ-TTg phê duyệt Đề án "Đầu tư xây dựng ít nhất 01 triệu căn hộ nhà ở xã hội cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân KCN giai đoạn 2021 - 2030", ngày 03/4/2023.
10. VNRS (2024). Báo cáo Thị trường BĐS quý III/2024. Hà Nội, Việt Nam.

Đề xuất giải pháp xây dựng công trình cao tốc đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững



CAO NGA

Việt Nam đang đầu tư nguồn lực rất lớn cho phát triển hạ tầng giao thông đường bộ. Đây là cơ hội để các nhà khoa học đề xuất giải pháp cho xây dựng những công trình cao tốc đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững.

LỰA CHỌN GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ PHÙ HỢP LÀM CAO TỐC

Những năm gần đây, Việt Nam đã đầu tư xây dựng gần 1.000 km đường cao tốc. Điều này cho thấy Việt Nam đang đầu tư nguồn lực, nhân lực rất lớn cho phát triển hạ tầng giao thông đường bộ. Đây chính là cơ hội rất lớn để các nhà khoa học đóng góp ý tưởng, giải pháp cho xây dựng những công trình này.

Những dự án lớn của đất nước như là một sự thách thức trí tuệ, tri thức để các chuyên gia, nhà khoa học tìm giải pháp đồng góp cho sự phát triển của các dự án này. Tất cả các giải pháp kỹ thuật mang lại lợi ích đều được hoan nghênh. Nhưng tất nhiên, phải theo một quy trình, trình tự nhất định.

Riêng đối với các dự án đường cao tốc đã được triển khai giai đoạn 2017 - 2020, 2021 - 2025 và giai đoạn 2026 - 2030, một trong những vấn đề lớn và phức tạp đặt ra đối với các chủ đầu tư, tư vấn, đơn vị thi công là lựa chọn giải pháp phù hợp để làm cao tốc, bảo đảm đáp ứng được yêu cầu về chất lượng, độ bền của những đoạn đường cao tốc đi qua vùng đất yếu, địa tầng phức tạp. Trong đó, đặc biệt phải kể tới những đoạn cao tốc đi qua khu vực ĐBSCL - một vùng châu thổ mới, được bồi lắng trong nhiều năm, có tầng bùn khá sâu, khi làm cầu Mỹ Thuận phải làm cọc có độ sâu tới 90 m, còn khi làm cầu Mỹ Thuận 2 phải làm cọc sâu tới hơn 100 m mới tới tầng sỏi, cuội.

Gần đây, Công ty TNHH Thương binh nặng Hòa Bình đề xuất sử dụng giải pháp xây dựng đường cao tốc bằng cầu bản rỗng bê tông cường độ cao trên cọc ly tâm, kết hợp với giải pháp dầm nhịp lớn HPC và UHPC cho một số khu vực cao

tốc đi qua vùng ĐBSCL, hay còn gọi là giải pháp công nghệ thi công cầu bản bê tông cường độ cao trên cọc PRC (giải pháp cầu bản trên cọc), là một giải pháp kết cấu cầu theo sơ đồ khung chịu lực tích hợp mô trụ dèo từ kết cấu lắp ghép công nghệ đã được áp dụng trong xây dựng cao tốc cầu cạn tại Trung Quốc, Indonesia, Đức và Đài Loan những năm qua. Tại Việt Nam, mặc dù giải pháp này đã được áp dụng tại một số công trình, nhưng chưa được áp dụng phổ biến rộng rãi.

Giải pháp này đã được Công ty Hòa Bình thi công xong 1 đoạn tuyến dài 500 m, gồm 65 nhịp 7,75 m, chia thành 3 liên, xây dựng 2 tầng, nằm trong khu phi thuế quan Lạch Huyện của TP Hải Phòng (tuyến D3A); được thực hiện thử tải, kiểm định kết cấu trong khoảng thời gian từ tháng 02 - 6/2024, cho kết quả kiểm định kết cấu cầu đáp ứng toàn bộ các yêu cầu của thiết kế. Đáng chú ý, kết quả này cũng đáp ứng các yêu cầu của Tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia Việt Nam như: TCVN7888:2014 - Tiêu chuẩn cọc bê tông ly tâm ứng lực trước, TCVN11823:2017 - Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ; Tiêu chuẩn thiết kế cầu của Hoa Kỳ: AASHTO LFRD 2007, AASHTO LFRD UHP-1; ASTM C1856/C1856M-17; đảm bảo tuổi thọ thiết kế trên 100 năm; được tính toán thiết kế kháng chấn với cấp động đất từ cấp 7, cấp 8.

Từ các công bố trên truyền thông của Công ty Hòa Bình, cũng như tham khảo thêm các kinh nghiệm về công trình tương tự trên thế giới và nghiên cứu về địa hình và phân bố địa chất các lớp đất yếu ở khu vực ĐBSCL, ông Mai Triệu Quang, một chuyên gia cầu đường ở Công ty CP Tư vấn và Đầu tư xây dựng ECC, đã tiến hành phân tích chi tiết và so sánh kinh tế kỹ thuật giải pháp cầu bản nhịp ngắn liên tục



Quá trình thi công xây dựng cầu Đà Xuyên trên cao tốc Vân Đồn - Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh.

trên cọc có chiều dài khác nhau với các giải pháp truyền thống đang được sử dụng ở khu vực này, cụ thể là phương án dầm Super T nhịp 35 m.

Kết quả phân tích cho thấy, kết cấu cầu bản liên tục nhịp ngắn dạng này nếu được áp dụng thay cho kết cấu nhịp dầm đơn giản dùng dầm Super T ở các đoạn cầu cạn không yêu cầu vượt nhịp lớn (qua các khu vực đồng ruộng ngoài đô thị) sẽ đem lại tiết kiệm đáng kể cả về chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vòng đời.

Ông Mai Triều Quang đã phân tích thêm lý do kết cấu cầu bản liên tục trên cọc có thể hạ giá thành đáng kể vì, với giải pháp thiết kế và thi công truyền thống, đã tối ưu hóa được cả trong thiết kế, sử dụng vật liệu cường độ cao (bê tông mác 60 - 80 Mpa), sản xuất quy mô công nghiệp trong nhà máy và áp dụng biện pháp thi công tiên tiến trên công trường bằng phương pháp đúc sẵn lắp ghép và toàn khối hóa ở công trường...

ĐỀ XUẤT SỬ DỤNG GIẢI PHÁP CẦU CẠN CHO MỘT SỐ TUYẾN CAO TỐC

Theo đánh giá của một số chuyên gia, giải pháp của Công ty Hòa Bình là sử dụng cọc bê tông đúc sẵn ép xuống lòng đất, tạo thành gân như một nền cứng, phía trên sử dụng những bản bê tông, sàn bê tông trực tiếp thực chất là một giải pháp xử lý nền đất yếu rất tốt.

Đây là giải pháp hoàn toàn có thể làm được nhưng để đưa vào thực tiễn, các cơ quan quản lý nhà nước cần vào cuộc hỗ trợ cho các nhà khoa học, hỗ trợ cho các doanh nghiệp xây dựng hành lang pháp lý về: những quy định pháp luật liên

quan, hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn, định mức, đơn giá... làm cơ sở áp dụng đề xuất này vào thực tiễn, lan tỏa kết quả này cho xã hội thực hiện.

Giải pháp công nghệ cọc ly tâm của Công ty Hòa Bình rất thích ứng cho giải pháp mở rộng, nâng cấp các tuyến đường cao tốc đã xây dựng, đặc biệt là cho các tuyến nằm trong vùng đất yếu khu vực TP.HCM. Đương nhiên, phải chấp nhận suất vốn đầu tư có thể đắt hơn một chút nhưng được lợi rất nhiều như: Không mất nhiều thời gian; kiểm soát được chất lượng công trình; chủ động được tiến độ; và đặc biệt ít can thiệp tới điều kiện tự nhiên như nguồn nước.

Đặc biệt do tính chất của biến đổi khí hậu, ĐBSCL đang tự lún xuống mỗi năm khoảng 3,7 - 4,2 cm, nên giả sử có xử lý nền đất yếu thì nền đất của vùng này vẫn tự lún xuống mỗi năm. Nhưng nếu dùng giải pháp công nghệ cọc ly tâm giúp truyền tải trọng sâu hơn, thì tốc độ tự lún giảm đi rất nhiều, cho thấy giải pháp này có khả năng khắc phục được điều kiện đặc thù của ĐBSCL mà không ảnh hưởng tới các vấn đề khác như nguồn nước ngầm của khu vực này.

Giải pháp của Công ty Hòa Bình cũng sẽ giúp giảm thiểu rất nhiều ảnh hưởng đến công trình hiện hữu nếu áp dụng cho việc mở rộng, nâng cấp công trình hiện hữu đã hoàn thành và đi vào sử dụng theo phân kỳ và đến thời điểm này phải đầu tư hoàn chỉnh theo quy hoạch theo yêu cầu của Thủ tướng Chính phủ, Bộ trưởng Bộ Xây dựng.

Bởi nếu tiếp tục sử dụng biện pháp gia cố nền bằng cách lại gia tải khi mở rộng, nâng cấp công trình hiện hữu, sẽ tốn kém rất nhiều về kinh tế vì phải có giải pháp cắt lún trước, sau đó mới mở rộng được. Nói cách khác, phải làm hành lang cắt



Quá trình xây dựng công trình tại cầu Eo Cô Gái trên Quốc lộ 8A, sử dụng giải pháp cầu nhịp ngắn trên mố, trụ dèo để xử lý điểm đen về sạt trượt.

lún để không làm nền mới ảnh hưởng, kéo lún nền cũ vốn đã tồn tại ổn định từ 10 - 15 năm.

TS Trần Bá Việt - Phó chủ tịch Hội Bê tông Việt Nam đánh giá và khuyến nghị, nếu áp dụng giải pháp của Công ty Hòa Bình cho dự án mở rộng cao tốc Sài Gòn - Trung Lương có chiều dài đoạn cầu cạn 13,5 km là nhanh, rẻ và tốt nhất. Bên cạnh đó, một số tuyến cao tốc sẽ được triển khai trong năm 2026 và giai đoạn 2027 - 2030 cần chuyển sang sử dụng giải pháp cầu cạn với dầm bản rỗng trên cọc ly tâm cho khu vực đi qua ruộng, đồng, sinh lầy, rừng với dầm UHPC cho vượt nút giao lộ, sẽ rút ngắn tiến độ hoàn thành công trình xuống 1 năm, tổng mức đầu tư tăng không nhiều, còn góp phần bảo vệ môi trường khu vực này.

Đánh giá chung về giải pháp cầu cạn của các chuyên gia, ông Nguyễn Văn Lâm - Công ty CP Tư vấn kỹ thuật và kiến trúc công trình giao thông cho rằng, các giải pháp đều không mới, cơ bản giống nhau và đã được áp dụng ở nhiều nước trong khu vực và trên thế giới.

Trong một số hội thảo do Tạp chí Xây dựng, Hội Vật liệu xây dựng tổ chức trước đây, bàn về giải pháp cầu cạn thay cho nền đường đắp ở ĐBSCL, các chuyên gia thường kiến nghị sử dụng các vật liệu và công nghệ mới để làm kết cấu nhịp cầu dài ra, giảm thiểu số lượng trụ cầu, rút ngắn thời gian thi công, tăng khả năng tiêu thoát lũ... vì vậy suất đầu tư cầu vẫn cao. Thì nay, với giải pháp của Công ty Hòa Bình đề xuất làm nhịp ngắn lại, và thực tế chứng minh suất đầu tư xây dựng cầu giảm đi đáng kể, chỉ khoảng 15 triệu đ/m² mặt cầu.

Ở Việt Nam, giải pháp sử dụng cầu mố trụ dèo, nhịp 12 - 15 m trên hệ móng một hàng cọc khoan nhồi đã được áp dụng ở một số dự án đường cao tốc qua khu vực nền đất yếu, đi men theo sườn dốc (để không phải làm nền đường đào vào sườn núi hoặc để xử lý các điểm sạt trượt sườn núi) như: Cầu Bình Hương trên cao tốc Hạ Long - Bạch Đằng; Cầu Đèo Bụt trên cao tốc Hòa Lạc - Hòa Bình.

Hay tại cầu Đài Xuyên trên cao tốc Vân Đồn - Tiên Yên dài 474,1 m, rộng 25,25 m sử dụng dầm bản có chiều dài nhịp 12 và 13 m trên trụ dèo là một hàng 6 cọc khoan nhồi đường kính 1,0 m; cầu vào Nhà máy Z117 ở Sóc Sơn - Hà Nội có chiều dài 96 m, rộng 15 m sử dụng dầm bản nhịp 12 m trên mố, trụ

Mỗi phương án đề xuất đều có phạm vi áp dụng không giống nhau. Tuy nhiên, tựu chung lại vẫn là đề xuất áp dụng giải pháp cầu cạn cho một số tuyến cao tốc sắp được đầu tư mới hoặc đầu tư hoàn thiện giai đoạn phân kỳ để thay thế giải pháp nền đường đắp. Các giải pháp đưa ra hoàn toàn phù hợp với trình độ, công nghệ và thiết bị xây dựng hiện nay, đã được kiểm chứng và chứng minh tính hiệu quả ở các dự án cụ thể.

dèo là một hàng 10 cọc 45 x 45 cm.

Theo đó, giải pháp cầu dầm bản liên tục nhiều nhịp (12 - 15 m) sử dụng mố, trụ dèo có suất chi phí xây dựng công trình khá thấp, chỉ khoảng 13 - 15 triệu đ/m² mặt cầu (tùy theo cầu ở trên cạn hay dưới nước, cọc dài hay ngắn), và chỉ bằng khoảng 50% suất chi phí xây dựng của cầu dầm Super Tee phổ biến hiện nay (suất vốn đầu tư xây dựng cầu dầm Super T do Bộ Xây dựng công bố kèm theo Quyết định số 816/QĐ-BXD ngày 22/8/2024 là 32,844 ~ 37,416 triệu đ/m² mặt cầu).

Trong khi đó giải pháp cầu cạn này vẫn giữ nguyên được các ưu điểm của giải pháp kết cấu cầu so với nền đường đắp cao, đắp trên nền đất yếu hay nền đường đào vào sườn núi như: giảm diện tích đền bù, giải phóng mặt bằng, thu hẹp dòng chảy làm giảm khả năng kéo dài thời gian tiêu thoát lũ, giảm được thời gian thi công, tăng cường ổn định công trình và nhất là khắc phục được tình trạng khan hiếm vật liệu đắp nền hiện nay.

Ông Nguyễn Văn Lâm cũng cho rằng, giải pháp cọc đúc sẵn, lắp ghép có ưu điểm là thi công nhanh nhưng chỉ áp dụng cho địa hình bằng phẳng, địa tầng là cát hoặc sét, còn phương án móng cọc khoan nhồi lại có thể áp dụng cho mọi loại địa tầng (kể cả nền đá) và loại địa hình (như trên sườn dốc, điểm sạt trượt). Do đó, tùy theo địa hình, địa chất khác nhau có thể chọn giải pháp mố, trụ dèo trên hệ móng cọc đúc sẵn hoặc cọc khoan nhồi, hoặc có thể kết hợp nhiều giải pháp trong cùng một dự án.

Có thể thấy, mỗi phương án do các doanh nghiệp, chuyên gia đề xuất đều có phạm vi áp dụng không giống nhau. Tuy nhiên, tựu chung lại vẫn là đề xuất áp dụng giải pháp cầu cạn cho một số tuyến cao tốc sắp được đầu tư mới hoặc đầu tư hoàn thiện giai đoạn phân kỳ để thay thế giải pháp nền đường đắp.

Các giải pháp đưa ra hoàn toàn phù hợp với trình độ, công nghệ và thiết bị xây dựng hiện nay, đã được kiểm chứng và chứng minh tính hiệu quả ở các dự án cụ thể. Kỳ vọng rằng tất cả các giải pháp kỹ thuật này sẽ được các chuyên gia, các nhà quản lý xem xét và đánh giá một cách kỹ lưỡng để sớm đưa vào áp dụng rộng rãi ở các dự án giao thông trong thời gian tới, góp phần phát triển hạ tầng giao thông đường bộ ổn định lâu dài và bền vững.❖

Nút thắt cần tháo gỡ trong quản lý đất xây dựng công trình ngầm gắn với đất bề mặt



TS. KTS NGUYỄN TUẤN HẢI*

Công trình xây dựng trong không gian dưới lòng đất có tính đặc thù riêng, cần xây dựng định chế khai thác và sử dụng không gian ngầm một cách cụ thể, khác với quản lý công trình trên bề mặt.

KHAI THÁC KHÔNG GIAN NGẦM - XU HƯỚNG TẤT YẾU PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ VIỆT NAM

Kinh nghiệm thế giới cho thấy, sử dụng không gian ngầm là cách nâng sức tải hạ tầng lên nhiều lần mà vẫn không ảnh hưởng tới môi trường tự nhiên. Khai thác không gian ngầm đô thị như một nguồn tài nguyên không gian rộng lớn đang là xu hướng tất yếu và thu hút nguồn đầu tư đáng kể.

Tại Việt Nam, đặc điểm lớn nhất của các thành phố lớn là mở rộng trên cơ sở đô thị cổ và hướng tâm. Dân số tăng, nhu cầu tăng nhưng quỹ đất đã cạn kiệt là nghịch lý khó giải quyết khi chỉnh trang đô thị cũ.

Việc phát triển không gian ngầm tại Việt Nam sẽ giúp mang lại khả năng đáp ứng mọi nhu cầu trong đời sống đô thị bằng cách bổ sung các không gian chức năng, bù đắp khiếm khuyết cho hệ thống giao thông, dịch vụ. Một mặt cải tạo khu vực nội đô một cách triệt để, mặt khác làm khu vực mới phát triển nhỏ gọn lại và giúp kết nối tốt với khu vực cũ.

Song song với các tuyến giao thông ngầm, công trình ngầm dân dụng có thể được thiết lập nhằm gia tăng cơ sở dịch vụ tại không gian đô thị cũ, kết hợp với không gian giao thông đô thị và đồng bộ với mặt đất tại các không gian tái thiết và phát triển mới với các mô hình: Xen cấy trung tâm ngầm dịch vụ công cộng nhằm chia tải cho mặt đất trong khu vực thiếu quỹ đất; Lồng ghép chức năng dịch vụ trong công trình giao thông; Kiến tạo trung tâm ngầm đồng bộ tại các khu tái thiết và phát triển mới.

Nhu cầu và tiềm năng khai thác không gian ngầm phục vụ phát triển đô thị tại nước ta rất lớn. Thế nhưng chúng ta mới đang chú trọng các tuyến Metro. Tuy đã xuất hiện vài trung tâm thương mại ngầm quy mô lớn nhưng cũng như tầng hầm công trình, do chỉ nằm trọn vẹn bên trong khu ở hoặc công trình nên chỉ mang tính cục bộ nhằm đáp ứng nhu cầu nội tại,

**Trường ĐH Kiến trúc Hà Nội; Email: haint@hau.edu.vn*

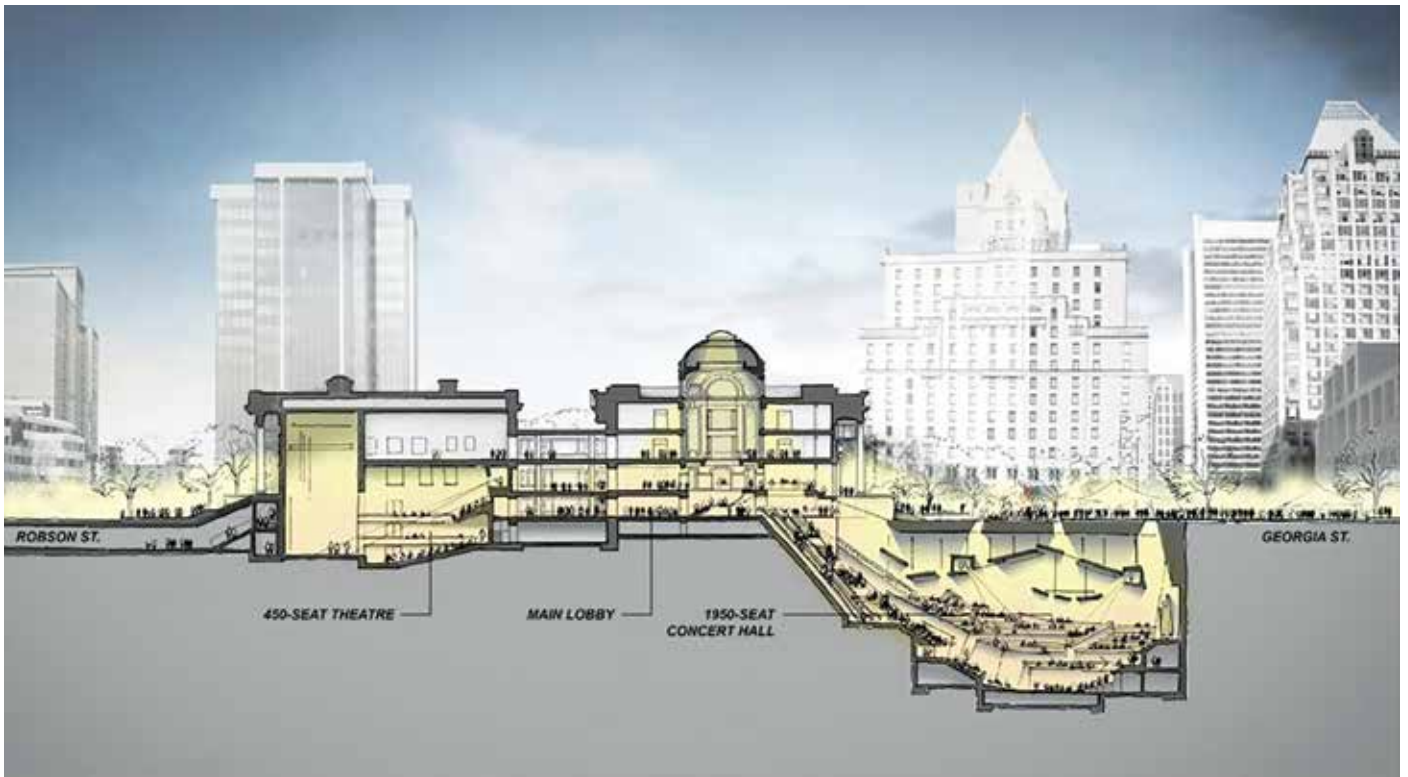
chưa đóng góp nhiều cho hoạt động đô thị xung quanh. Hoàn toàn thiếu vắng những công trình ngầm dạng tổ hợp đa chức năng có kết nối với bên ngoài ranh giới đất. Sử dụng không gian ngầm cho bảo tồn di sản đô thị cũng chưa được tính đến. Vì sao vậy?

Cần làm rõ khái niệm "đất để xây dựng công trình ngầm" và phân định rõ quyền sử dụng "khoảng không gian trong lòng đất", có xét đến các trường hợp nằm trong và ngoài ranh giới đất đai trên mặt đất, cũng như nằm chồng lên nhau theo các lớp nông sâu trong lòng đất.

THIẾT LẬP CÔNG TRÌNH THUẬN THEO ĐẶC TÍNH KHÔNG GIAN NGẦM

Nằm trong lòng đất hoặc được đất bao phủ, đặc tính ẩn dấu của không gian ngầm cho phép thiết lập các công trình rất linh hoạt gần như bất cứ đâu, giúp xen cấy hoặc bổ sung diện tích sử dụng mà không mất đi cảnh quan môi trường vốn có. Mặt khác thể mạnh vượt trội của không gian ngầm so với công trình trên mặt đất nằm ở khả năng phát triển luôn lách đi khắp nơi giúp kết nối ngắn nhất các địa điểm, bất kể điều kiện giao thông, địa hình, hiện trạng công trình trên bề mặt. Nhìn ra thế giới, những công trình ngầm thành công đều khéo léo tận dụng thể mạnh của không gian ngầm. Chúng nằm bên dưới và có cấu trúc lan tỏa vượt ra khỏi ranh giới mặt đất, kết nối không gian hoặc giao thông với xung quanh. Có thể kể đến rất nhiều ví dụ như Quảng trường Vạn Tượng - Nam Ninh (Trung Quốc) với không gian dịch vụ nằm dưới công viên, kết nối qua đường cho người dân gần đó; Tổ hợp thương mại dịch vụ nằm dưới quảng trường ga trung tâm Tokyo, kết nối công trình ngầm với mặt đất, là không gian chờ và cơ sở dịch vụ phục vụ khách bộ hành mà không ảnh hưởng gì tới cảnh quan khu vực.

Để giữ khoảng trống không gian bên trên mà vẫn có thể bổ sung các tiện nghi đô thị cho công chúng, phòng hòa nhạc



Hình 1. Mặt cắt Vancouver Concert Hall sẽ được xây dựng dưới quảng trường Georgia Street (nguồn: www.concerthallcomplex.org).

Vancouver Concert Hall 1.950 chỗ ngồi cùng với các nhà hàng, cửa hàng đã được lên kế hoạch xây dựng mới bên dưới quảng trường Georgia Street, Vancouver (Canada) (Hình 1).

Việc quản lý không gian dưới lòng đất tại Việt Nam hiện nay cũng chưa có định chế riêng mà vẫn gắn với quy định phân loại đất và quyền sử dụng đất trên bề mặt, dẫn đến công trình ngầm dân dụng phục vụ cộng đồng đã rất hiếm hoi lại gặp nhiều vấn đề.

Ví dụ Tổ hợp dịch vụ giải trí ngầm quy mô lớn như Royal City, Time City tại Hà Nội và Vincom tại TP.HCM là giải pháp sử dụng hiệu quả đất đô thị. Do chủ đầu tư chỉ được sử dụng không gian ngầm trong ranh giới đất dự án nên dù muốn cũng khó mà tạo ra các lối tiếp cận ngầm từ nhiều vị trí xung quanh, dẫn đến việc tập trung quá đông lượng người sử dụng dịch vụ đang làm trầm trọng thêm tình trạng ùn tắc giao thông ở cửa khu đô thị. Trường hợp công trình TTTM ngầm Sense Market Saigon tại công viên 23/9 - Q.1, TP.HCM còn đáng tiếc hơn. Vốn là mô hình khai thác không gian bên dưới khoảng trống đô thị rất hiệu quả, mang lại nhiều lợi ích nhưng đã từng bị dừng hoạt động với lý do công trình xâm phạm đất công viên cây xanh.

Nếu biết cách phát huy lợi thế của không gian ngầm, chúng ta có thể thiết lập nhiều trung tâm ngầm xen cấy đa chức năng tại vùng đô thị mật độ cao. Ví như không gian ngầm dưới quảng trường Đông Kinh Nghĩa Thục mà chính quyền TP Hà Nội đề xuất. Tại đó có thể khai thác triệt để quỹ đất ngầm quý giá cho rất nhiều chức năng. Ngoài đỗ xe ngầm và TTTM,

nên bố trí tầng trưng bày "Hà Nội 36 phố phường" (thay cho gian trưng bày ở Đền Bà Kiệu đã dời đi) và không gian lễ hội kết nối với Đài phun nước hiện hữu. Đặc biệt là kết hợp tạo nhiều lối kết nối bộ hành qua ngã 5 đông đúc này (hình 2).

Gắn không gian ngầm với đất bề mặt sẽ đơn giản cho công tác quản lý, chỉ thuận lợi cho các dự án Nhà nước nhưng lại gây khó cho các nhà đầu tư tư nhân. Phải chăng đây là nút thắt cần giải quyết nếu muốn đẩy mạnh khai thác không gian ngầm?

THÁO GỠ NÚT THẮT TRONG QUẢN LÝ ĐẤT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH/KHÔNG GIAN NGẦM

Các quy định về quản lý đất xây dựng nhằm tận dụng được thế mạnh của không gian ngầm cần được nghiên cứu sửa đổi, bổ sung ở các cấp độ sao cho thống nhất, đồng bộ và rõ ràng.

Đầu tiên, cần xác định tính pháp lý của đất xây dựng công trình ngầm bằng cách tách "phần đất để xây dựng công trình trong lòng đất" thành một mục riêng trong Luật Đất đai 2024. Ít nhất cũng cần đưa thành một loại đất trong "Điều 10. Phân loại đất". Cần thể hiện rõ "phần đất để xây dựng công trình trong lòng đất" mang hàm ý "khoảng không gian trong lòng đất", nằm dưới và có thể sử dụng tách rời các loại đất nêu trong Điều 10 Luật Đất đai 2024. Đây là vấn đề mang tính cơ bản, làm cơ sở xem xét nhằm sửa đổi, bổ sung và xây dựng các Luật khác có liên quan.

Tiếp theo, đưa ra khung pháp lý chung về phân tầng không gian ngầm theo công năng sử dụng, phân cấp quản lý theo độ sâu nhằm phân định rõ quyền của thể nhân có "Giấy



Hình 2. Nghiên cứu phương án thiết lập không gian ngầm “Phố trong lòng phố cổ” dưới quảng trường Đông Kinh Nghĩa Thục. (nguồn: tác giả)

chứng nhận quyền sử dụng đất” trên mặt đất đến đâu, quyền của Nhà nước sử dụng, thu hồi, trưng dụng đất xây dựng công trình ngầm thế nào. Ví dụ như chia khoảng không lòng đất thành 2 cấp độ: Cấp độ 1 sâu đến 10 m thuộc quyền sử dụng của chủ lô đất; Cấp độ 2 từ dưới 10 m là đất công do nhà nước quản lý.

Trên cơ sở tách bạch quỹ đất ngầm với đất bề mặt, xác định được không gian trong lòng đất để xây dựng công trình ngầm có thể nằm trong hoặc lan ra ngoài ranh giới xây dựng trên mặt đất.

Khoảng không gian trong lòng đất này có thể tiếp nối hoặc là phần lan tỏa từ phần ngầm của công trình xây dựng trên mặt đất; Cũng có thể là phần không gian ở cấp độ 1 và 2 nêu trên.

Tách quyền sử dụng không gian ngầm nằm ngoài hoặc thuộc cấp độ 2 nằm bên dưới lô đất với phần không gian ngầm thuộc công trình xây dựng trên mặt đất. Như vậy, lô đất có thể có một “quyền sử dụng đất” trên mặt đất và nhiều “quyền sử dụng đất” khác nhau dưới mặt đất.

Từ đó, tiến đến việc xem xét đất xây dựng công trình ngầm như một tài sản, là một loại hàng hóa. Cấp quyền sử dụng đất xây dựng công trình ngầm làm căn cứ cho thể nhân (được cấp quyền sử dụng) có thể chuyển nhượng, cho thuê, cầm cố như đất xây dựng công trình trên mặt đất.

Đồng thời, cũng xây dựng quy định chặt chẽ nhằm phân định quyền lợi và nghĩa vụ của một chủ thể có quyền sử dụng trên bề mặt như mặt đất, mặt nước, lòng đường, công viên... với một chủ thể khác có quyền sử dụng khoảng không gian trong

Cần làm rõ khái niệm "đất để xây dựng công trình ngầm" và phân định rõ quyền sử dụng "khoảng không gian trong lòng đất", có xét đến các trường hợp nằm trong và ngoài ranh giới đất đai trên mặt đất, cũng như nằm chồng lên nhau theo các lớp nông sâu trong lòng đất.

lòng đất thuộc lĩnh vực phát triển không gian ngầm đô thị.

Phân định quyền lợi và nghĩa vụ có thể liên quan đến việc đặt hệ thống thông gió, điều hòa của công trình ngầm trên mặt đất; lối ra vào và lối thoát hiểm khẩn cấp từ công trình ngầm lên mặt đất; trách nhiệm bảo dưỡng bảo trì phần cấu trúc vừa thuộc công trình ngầm lại cũng là một chức năng nào đó trên mặt đất như công trình, đường đi, vườn hoa, ao hồ.

Quy chế quản lý rãnh mạch đất xây dựng công trình ngầm sẽ xóa đi e ngại của nhà đầu tư về tính pháp lý và tính hiệu quả. Cũng là cơ sở quan trọng thúc đẩy mạnh mẽ các dự án, mở ra nhiều hướng khai thác không gian ngầm bằng nhiều nguồn lực, nhiều mô hình với công năng khác nhau nhằm phục vụ toàn diện hoạt động đô thị. Đồng thời, khuyến khích tích hợp đa chức năng, đa kết nối nhằm khai thác tối đa hiệu quả của công trình ngầm và tránh lãng phí tiềm năng của đất xây dựng công trình ngầm - loại công trình không thể đảo ngược sau khi xây dựng.❖

Quy hoạch không gian ngầm theo hướng tự chủ công nghệ



LÊ ANH TUẤN*



NGUYỄN HUY HIỆP*

Tiến độ xây dựng công trình ngầm phụ thuộc vào việc làm chủ công nghệ xây dựng. Lịch sử xây dựng các nước cũng chứng minh việc làm chủ công nghệ xây dựng cũng ảnh hưởng tới việc quy hoạch không gian ngầm.

Trong bài báo, nhóm tác giả phân tích lịch sử xây dựng và quy hoạch không gian ngầm theo hướng tự chủ của các nước trên thế giới, có chú ý đến công nghệ quan trắc theo thời gian và xử lý kết quả. Nhiều công nghệ có thể dùng chung cho cả đường sắt đô thị và đường sắt tốc độ cao.

1. CÁC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM

Các công nghệ xây dựng công trình ngầm hiện nay: (1) Đào mở và xây nổi trên mặt đất; (2) Đào bằng công nghệ máy TBM hoặc khiên đào; (3) Đào kín công nghệ NATM; (4) Công nghệ quan trắc và xử lý kết quả: hầm đô thị và hầm cho đường sắt tốc độ cao.

Quy hoạch - xây dựng công trình ngầm phụ thuộc vào việc nắm bắt công nghệ và thông thường các bản quy hoạch không gian ngầm phụ thuộc vào các công nghệ nắm bắt của các quốc gia.

2. MỘT SỐ PHÂN TÍCH VỀ QUY HOẠCH KHÔNG GIAN NGẦM LIÊN QUAN ĐẾN CÔNG NGHỆ

Các quốc gia đều sử dụng đồng thời tất cả các công nghệ xây dựng công trình ngầm bởi lý do lịch sử về công nghệ. Độ sâu không gian ngầm lấy hệ thống Metro làm chuẩn thì có 3 tầng: Tầng nông, độ sâu 5 - 8 m; tầng trung bình 15 - 25 m; và tầng sâu, nằm ở 30 - 50 m và lớn hơn tính từ mặt đất.

Các mô hình tính toán công trình ngầm trước đây được

tính bằng các bảng tính giải tích và các công thức kinh nghiệm. Sau này, các mô hình thí nghiệm giúp con người hiểu biết hơn về các loại đất yếu, phương pháp kiểm soát gia cố trong quá trình thi công và bảo trì các công trình ngầm.

Để công trình ngầm hoạt động hiệu quả cần quy hoạch công trình ngầm theo cả ba tầng, nhằm đáp ứng: nhu cầu thoát nước thải, thoát nước mưa, giao thông, phòng thủ dân sự.

Các nước phát triển trước đây dùng chung một hệ thống thoát nước thải và nước mưa. Nhưng cách đây vài chục năm, đô thị các nước đã chú ý đến tình hình ngập lụt và tái sử dụng nước mưa nên đã tách riêng hai hệ thống nước thải và nước mưa. Để làm được điều đó, tùy thuộc công nghệ và tình hình ngập lụt ở các đô thị: do mưa, nước biển dâng hoặc cả hai yếu tố trên.

Chống lũ lụt là một trong những vấn đề được quan tâm của nhiều nước trên thế giới, mực nước biển dâng cao và mưa lũ diễn ra thường xuyên, kể cả ở những đất nước phát triển như Italia, Mỹ, Nhật... đều đứng trước nguy cơ ngập lụt thường xuyên.

Đối với các thành phố đang đối mặt với nguy cơ lũ lụt do mưa hoặc bão, Chris Zevenbergen - Giáo sư về khả năng chống lũ của các hệ thống đô thị tại Viện Ihe Delft (Hà Lan) cho lời khuyên: "Đừng đợi cho đến khi thảm họa lũ tiếp theo xảy ra thì mới có cái nhìn thực sự nghiêm túc về tình hình hiện tại và tính đến hệ thống bảo vệ". (hình 1)

Nguyên lý móng nổi để thiết kế công trình ngầm ở mọi loại địa chất:

Việc áp dụng các công nghệ thi công khác nhau sẽ kèm theo các nguyên tắc, tiêu chuẩn tính toán thiết kế công

**Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn, tuanleanh@gmail.com*



trình ngầm. Nhưng có nguyên tắc chung là các công trình ngầm càng sâu thì khả năng ổn định càng tốt nếu biết cách kiểm soát ứng suất và biến dạng trong quá trình thi công và sử dụng lâu dài.

Tải trọng phần đất đào đi mà lớn hơn trọng lượng hoạt tải và tĩnh tải thì công trình ổn định. Với công trình ngầm nằm ở độ sâu 5 - 8 m trong đất yếu với trọng lượng riêng của đất 17 kN/m³, thì phần tải trọng khi đào: $5 \times 17 = 85$ kN/m². Với tải trọng tĩnh tải và hoạt tải phân đều trên móng công trình dưới đoàn tàu thì hoàn toàn có thể tính toán ổn định hầm trong đất yếu, kết hợp với việc gia cố - khoan phun vữa xung quanh công trình ngầm thì có thể xây dựng hầm trong đất yếu.

Quản lý chất lượng công trình ngầm theo thời gian:

Các công trình ngầm đô thị và công trình ngầm cho đường sắt tốc độ cao đều được quan trắc theo thời gian. Thậm chí là được dựng các mô hình vật lý thu nhỏ để nhằm thiết kế và giảm thiểu rủi ro khi xây dựng công trình theo mô hình thực. (hình 2,3)

Như vậy, công nghệ đóng vai trò quan trọng trong quy hoạch, thiết kế công trình ngầm. Những số liệu quan trắc trong quá trình thi công và giám sát sức khỏe kết cấu trong quá trình sử dụng là cần thiết. Cần có những chuyên gia đánh giá số liệu và đảm bảo chất lượng công trình hoặc đưa ra những quyết định sửa chữa, khôi phục công trình ngầm tránh rủi ro tai biến địa chất. (hình 4)

Công trình ngầm thi công bằng công nghệ TBM cũng bị hư hỏng theo thời gian do rất nhiều nguyên nhân khác nhau. Trên hình 2 là quan trắc lún theo thời gian của các

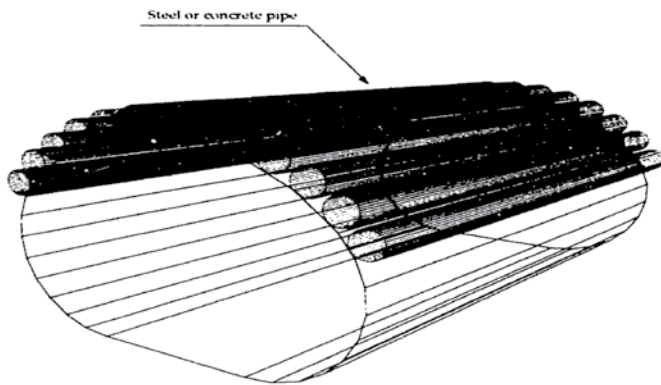
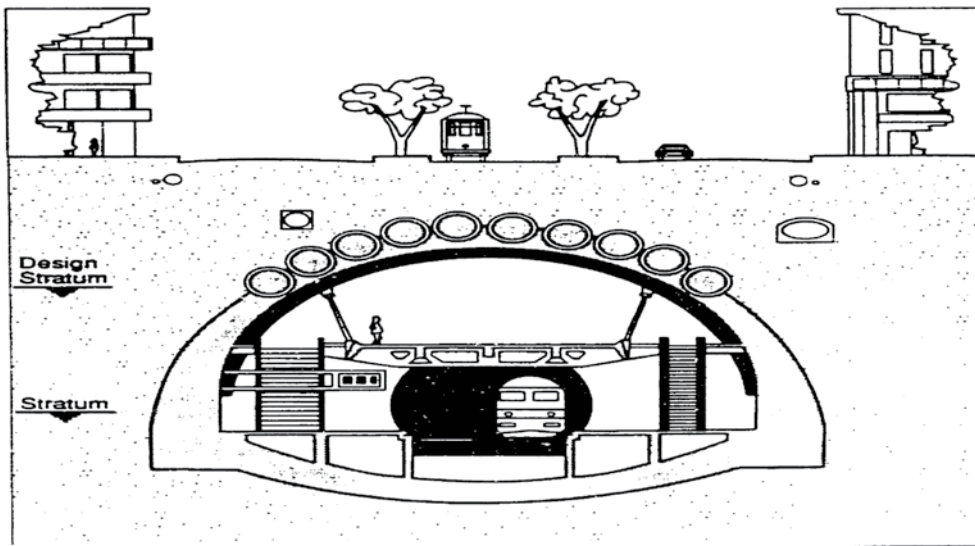
Nếu không tận dụng việc xây dựng hệ thống Metro để làm chủ tất cả các công nghệ hầm trong đất yếu, thì không thể xây dựng, bảo trì lâu dài, mà phải phụ thuộc nước ngoài.

công trình ngầm, kể cả các tuyến thi công bằng công nghệ TBM thì việc hư hỏng thay thế, bảo trì công trình ngầm thường xuyên phải làm. Nếu không có hệ thống quan trắc, sửa chữa thì sẽ ảnh hưởng đến chất lượng công trình ngầm không hoạt động được mà còn ảnh hưởng lún sụt mất ổn định các công trình xung quanh và trên mặt gây tổn thất rất nặng nề.

Khi đưa vào hoạt động các tuyến Metro, Việt Nam bắt buộc phải làm chủ công nghệ quan trắc và sửa chữa này, nếu phụ thuộc vào nước ngoài thì giá thành đắt đỏ và mất quyền chủ động.

Phân tích không gian ngầm khu vực Hà Nội theo các hầm giao thông:

Năm 2009, BQLDA Trọng điểm phát triển đô thị Hà Nội đã hoàn thành và đưa vào khai thác hầm chui Kim Liên. Dự án hầm chui đầu tiên trên địa bàn Thủ đô này nối đường Đại Cổ Việt với đường Xã Đàn, có chiều dài đường hầm 644 m, mặt cắt ngang rộng 18,5 m. Ngay sau khi đưa vào khai thác, công trình đã đóng vai trò quan trọng trong cải thiện



Hình 1. Hệ ống lớn vượt trước khi thi công CTN trong đô thị khi thi công ga ngầm.



Hình 2. Lắp đặt các vị trí đầu đo ứng suất vỏ hầm trên mô hình thu nhỏ.

tình trạng ùn tắc tại khu vực nút giao trung tâm nội đô này. Cho đến nay, sau 15 năm vận hành, hầm chui Kim Liên vẫn giữ nguyên giá trị.

Đến năm 2016, TP Hà Nội tiếp tục có thêm 2 hầm chui được hoàn thành, đó là hầm chui Trung Hòa kết nối đường Trần Duy Hưng với Đại lộ Thăng Long và hầm chui Thanh Xuân tại nút giao thông Khuất Duy Tiến - Nguyễn Trãi. Cả 2 hầm chui này đều nằm trên trục đường vành đai 3, nơi có lưu lượng phương tiện giao thông rất lớn.

Đặc biệt, vốn là điểm giao cắt phức tạp giữa Quốc lộ 6, đường Vành đai 3 và tuyến đường sắt đô thị trên cao Cát Linh - Hà Đông, hầm chui Thanh Xuân giúp giải quyết đáng kể tình trạng ùn tắc tại đây. Nút giao Khuất Duy Tiến - Nguyễn Trãi trở thành nút giao đầu tiên có 4 tầng giao thông ở Hà Nội.

Hầm chui thứ tư tại nút giao Lê Văn Lương - Vành đai 3 được TP Hà Nội hoàn thành và đưa vào khai thác đúng dịp kỷ niệm 68 năm Giải phóng Thủ đô (10/10/2022). Cùng với hầm chui Trung Hòa và Thanh Xuân, hầm chui Lê Văn Lương - Vành đai 3 đã phát huy vai trò quan trọng trong

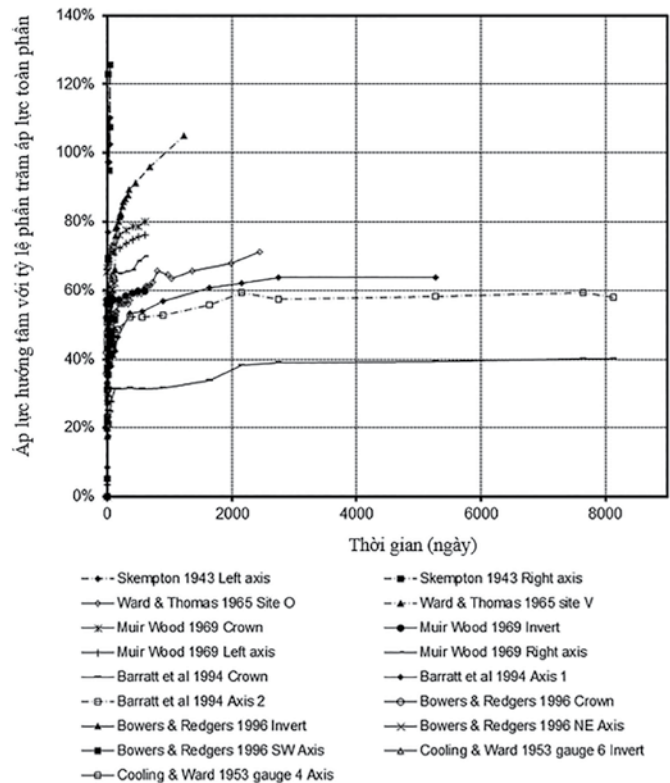
giảm ùn tắc giao thông trên tuyến đường hướng tâm trọng yếu ở khu vực cửa ngõ phía Tây và Tây Nam Thủ đô.

Như vậy, ở Hà Nội đã có các công trình ngầm giao thông nằm nông từ 2 - 5 m hoặc nông hơn. Các công nghệ thi công là đào mở và một phần đào kín (giống công nghệ NATM). Các công trình đường sắt đô thị có chiều sâu lớn hơn, tải trọng nhỏ hơn do có lớp nền dày giúp phân tải tốt hơn đường ô tô, hoàn toàn ổn định và thi công được trong điều kiện địa chất Hà Nội. Đây cũng là luận chứng, minh chứng cần áp dụng công nghệ NATM, với việc chia thành nhiều đội thi công, đào đối hướng, đào ngầm không ảnh hưởng giao thông trên mặt.

Qua các phân tích trên thấy rằng, Việt Nam cũng đã có đủ các công nghệ làm hầm đô thị như các nước trên thế giới nhưng việc đẩy mạnh xây dựng xuống các tầng đất sâu bên dưới và kéo dài các tuyến Metro thì chưa làm được. Các công trình ngầm ngoài việc đảm bảo giao thông trong thời bình, cũng đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc ẩn nấp trong thiên tai, chiến tranh, thoát nước chống ngập đô thị. Lấy thí dụ cơn bão Yagi hoặc trong trường hợp chiến tranh nếu không có tầng Metro nông và



Hình 3. Mô hình vật lý cho đường sắt tốc độ cao và hầm cho tàu chạy.



Hình 4. Số liệu quan trắc ứng suất vô hầm ở đất sét Luân Đôn, thời gian theo dõi lên tới 19,5 năm [4].

sâu thì rất khó có thể di tản người trong thành phố trong trường hợp khẩn cấp. Tình hình thế giới diễn biến phức tạp, các cuộc chiến tranh ngày càng sử dụng vũ khí hiện đại, do đó công trình ngầm ngày càng trở nên quan trọng trong việc phòng thủ, bảo vệ đất nước.

Nếu không tận dụng việc xây dựng hệ thống Metro để làm chủ tất cả các công nghệ hầm trong đất yếu, ở đây chú trọng hai công nghệ: NATM và TBM, thì không thể xây dựng, bảo trì lâu dài và phụ thuộc nước ngoài. Trong quá trình sử dụng, như đã phân tích sẽ xuất hiện hư hỏng - nứt nẻ cần thay thế sửa chữa, ngay cả xây dựng bằng TBM theo thời gian cũng cần duy tu - bảo dưỡng các tấm vỏ hầm, công nghệ sửa chữa bắt buộc là áp dụng nguyên lý của NATM.

3. KẾT LUẬN

Quy hoạch, quản lý chất lượng công trình ngầm trong quá trình xây dựng và theo thời gian là bài toán phức tạp. Cần các chuyên gia chuyên sâu về các lĩnh vực: kết cấu, cơ học đất, cơ học đá, từ biến, lưu biến tham gia vào việc thiết

kế và quản lý chất lượng công trình ngầm.

Ở các nước trên thế giới có các hiệp hội công trình ngầm ở từng nước hoạt động tích cực, công phu, bài bản, tập hợp các chuyên gia hàng đầu của nước họ để cập nhật cũng như làm chủ công nghệ, còn ở Việt Nam thì chưa có.

Những phân tích trong nội dung bài báo chỉ là khía cạnh nhỏ để bắt đầu dự án lớn. Công tác quy hoạch, xây dựng công trình ngầm đô thị ở Việt Nam trong gần 30 năm qua chưa có bước đột phá và chuyển biến rõ rệt. Đã đến lúc cần đánh giá, nghiên cứu và triển khai một cách có hệ thống bài bản và khoa học.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. KR Code (Tunnel) 2012. Thiết kế hệ thống hầm đường sắt Hàn Quốc, (bản tiếng Hàn).
2. ITA (2000), "Guidelines for the Design of Shield Tunnel Lining", TUST, Vol. 15, Nr. 3, pp. 303 - 331.
3. ITA (2012), 50 year of NATM, ITA report, Austria.
4. Bennoit Jones (2022), "Soft Ground Tunnel Design". ISBN 9781482254679.

Quy hoạch không gian ngầm dưới lòng đường đáp ứng phát triển bền vững



NGUYỄN QUÝ ĐẠT*



ĐINH QUANG TRUNG*

Trong vùng địa chất yếu ở Hà Nội có tới trên 40 điểm ngập úng và móng các tòa nhà hiện hữu, việc sử dụng không gian ngầm dưới lòng đường đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo phát triển bền vững.

Bài toán quy hoạch không gian ngầm là cần thiết đối với các đô thị hiện đại. Dựa theo kinh nghiệm và bài học các nước, tác giả nhận thấy rằng phần không gian ngầm dưới lòng đường đóng vai trò vô cùng quan trọng. Hiện nay, những tài liệu, nghị định hướng dẫn chưa để cập nhiều và nói rõ tầm quan trọng của khoảng không gian ngầm dưới lòng đường. Trong nội dung bài báo, tác giả phân tích những đặc điểm của khu vực đô thị Hà Nội, từ đó đưa ra kiến nghị quy hoạch và tận dụng khoảng không gian ngầm dưới lòng đường.

1. ĐỘ SÂU KHÔNG GIAN NGẦM PHỤ THUỘC CÁC YẾU TỐ

Tính độ sâu không gian ngầm liên quan đến việc quy hoạch và sử dụng công trình ngầm, đặc biệt là các công trình ngầm quan trọng như: Metro, bãi xe ngầm, hệ thống công trình phòng thủ dân sự khi có chiến tranh, hệ thống thoát nước chống ngập của thành phố. Hoặc tích hợp: công trình ngầm Metro nằm sâu thời bình sử dụng làm giao thông, khi chiến tranh làm nơi trú ẩn.

Trước hết không gian ngầm được định nghĩa là các công trình nằm dưới mặt đất. Bao gồm các công trình ngầm hiện hữu và các công trình ngầm sẽ được khai thác và sử dụng trong tương lai. Công trình ngầm có thể nhiều tầng, nhiều lớp. Với hệ thống Metro có nhiều tầng, việc chuyển từ ga này sang ga khác đôi khi phải sử dụng hệ thống cầu dẫn: tức là cầu trong hầm với đoạn chuyển tiếp và hành lang dài tới vài trăm mét. Độ sâu không gian ngầm phụ thuộc vào hai yếu tố chủ yếu: (1) Quy hoạch sử dụng không gian ngầm; (2) Kỹ thuật xây dựng công trình ngầm.

Vòng đời công nghệ của ngành công trình ngầm cũng thay đổi sau một khoảng thời gian, do đó những quy hoạch Metro của Hà Nội từ những năm 2011, 2013 cũng phải cập nhật theo công nghệ. Sau khi cập nhật kỹ thuật thì lại tác động trở lại tới việc quy hoạch lại Metro.

Độ sâu không gian ngầm lấy hệ thống Metro làm chuẩn thì có ba tầng: Tầng nông, độ sâu 5 - 8 m; Tầng trung bình 15 - 25 m; Tầng sâu, nằm ở 30 - 50 m và lớn hơn tính từ mặt đất.

Khi xây nông thì có ưu điểm là thông gió, chiếu sáng, lên xuống đơn giản, dễ kết nối với các khu trung tâm thương mại, bãi xe ngầm có 2 - 4 tầng hầm. Càng sâu thì đường dẫn lên xuống càng dài, vùng tác động ảnh hưởng đến công trình mặt đất càng lớn.

Giữa các đô thị trong cùng một đất nước thì dựa vào việc phân chia trên, do nhu cầu thì có thể bố trí 1, 2 hoặc 3 tầng Metro theo nhu cầu sử dụng. Nếu mật độ dân cư tăng lên thì việc xây dựng các tầng Metro bên dưới hoặc bên trên có thể thực hiện, miễn là kỹ thuật cho phép. Do đó, việc phát triển không gian ngầm, độ sâu không gian ngầm là dựa theo nhu cầu của địa phương, điều kiện kỹ thuật và mục đích sử dụng.

2. MỘT SỐ PHÂN TÍCH VỀ QUY HOẠCH KHÔNG GIAN NGẦM

2.1. Phân tích không gian ngầm các đô thị trên thế giới

Pháp: Do đặc điểm địa chất không đồng nhất của Paris nên các đường Metro thường nằm khá sát mặt đất, độ sâu trung bình là từ 4 - 12 m. Trừ các tuyến chạy ngầm dưới các ngọn đồi của Paris như Montmartre, Ménilmontant, một số bến còn có độ sâu tới gần 32 m, như dưới lòng đồi Chaumont (Buttes Chaumont), ở Quận 19, phía Bắc Paris. Đây là lý do khiến các

()Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn, quydatnguyen@mta.edu.vn*



Quy hoạch Metro Hà Nội, nhất định phải xây hệ thống Metro nông 5 - 8 m nằm dưới lòng đường làm cơ sở để phát triển các tầng Metro nông bên dưới.

tuyến Metro Paris phải xây dựng dọc theo các trục đường chính làm cho một số tuyến chạy khá ngoằn ngoèo.

Nhật Bản: Quy mô tàu điện ngầm tại Nhật Bản được phát triển đầu tiên vào năm 1927, bởi Công ty Đường sắt ngầm Tokyo. Sự phát triển của tàu điện ngầm đã chứng kiến nhiều bước tiến quan trọng như việc mở rộng mạng lưới tàu, cải thiện công nghệ và an toàn, đồng thời tích hợp với các phương tiện giao thông khác để tạo ra một hệ thống liên kết.

Tuyến tàu điện ngầm đầu tiên của Tokyo được khánh thành vào tháng 12/1927 và được điều hành bởi Tổng công ty tàu điện ngầm Tokyo, phục vụ 2,2 km giữa ga Asakusa và ga Ueno là hệ thống tàu điện ngầm đầu tiên của Nhật Bản. Công ty đã mở rộng thêm 5,8 km nữa cho tuyến tàu điện ngầm này, từ ga Ueno đến ga Shinbashi, trong khi Tổng công ty Đường sắt cao tốc Tokyo kéo dài thêm 6,3 km nữa đến ga Shibuya. Toàn bộ tuyến tàu điện ngầm này tạo thành tuyến Ginza hiện tại, bao phủ tổng cộng 14,3 km từ Shibuya đến Asakusa.

Vào tháng 7/1941, Cơ quan quản lý đường sắt nhanh Teito được thành lập. Cơ quan này đã chuyển giao tuyến tàu điện ngầm này và bắt đầu vận hành tuyến tàu điện ngầm này vào tháng 9 cùng năm.

Trong thời kỳ hậu chiến, Cơ quan quản lý đường sắt nhanh Teito lần đầu tiên mở tuyến Marunouchi giữa Ga Ochanomizu và Ga Ikebukuro. Sau đó, các tuyến Hibiya, Tozai (Đông - Tây), Chiyoda, Yurakucho, Hanzomon, Namboku (Bắc - Nam) và Fukutoshin được mở - hình thành nên hệ thống tàu điện ngầm Tokyo Metro hiện tại, bao phủ tổng cộng 195,61 km, bao gồm 9 tuyến, chứa 2.766 toa và vận chuyển trung bình 7,07 triệu hành khách mỗi ngày.

Không bao gồm các tuyến Ginza và Marunouchi, 7 tuyến

còn lại cung cấp các hoạt động trực tiếp chung với một số dịch vụ tàu hỏa khác trong thành phố, nghĩa là Tokyo Metro và các công ty đường sắt khác cung cấp mạng lưới dịch vụ thông qua khoảng 532,6 km.

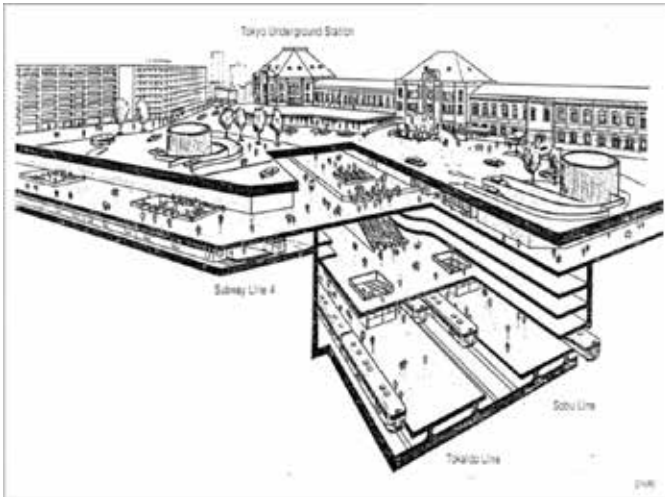
Vào tháng 02/1995, Chính phủ Nhật Bản đã quyết định một kế hoạch tái tổ chức và hợp nhất các tổ chức bán Chính phủ. Theo kế hoạch này, vào tháng 12/2002, Tokyo Metro Co., Ltd., một công ty đặc biệt đã được thành lập, và vào tháng 4/2004, Teito Rapid Transit Authority đã được thay thế bằng công ty đặc biệt này có tên viết tắt là Tokyo Metro. Từ thời điểm này trở đi, mục tiêu bao quát của Công ty là thiết lập một nền tảng kinh doanh vững chắc như một doanh nghiệp tư nhân, với mục đích đưa quá trình tư nhân hóa hoàn toàn diễn ra nhanh nhất có thể.

Hệ thống Metro tại Nhật Bản phát triển cả hệ thống đường trên cao lẫn phần ngầm. Các tuyến tàu điện trên cao có hệ thống bê ghi, chuyển hướng. Công nghệ xây dựng rất đa dạng phong phú: đào mở, TBM, công nghệ đào kín hầm trong đất NATM. (hình 1)

Sau khi phát triển hệ thống Metro, Nhật Bản gặp vấn đề về ngập úng các khu đô thị. Trong khi phần ngầm vướng cọc nhà 20 - 30 m, phần lòng đường xây hệ thống tàu trên cao và một phần hầm ngầm nên công trình ngầm thoát nước và bể chứa ngầm đưa xuống độ sâu 40 m.

Như vậy, việc quy hoạch độ sâu không gian ngầm ở Nhật Bản cũng gặp vấn đề khi chưa bố trí khoảng không gian thoát nước hợp lý. Nếu quy hoạch không hợp lý, không làm chủ kỹ thuật xây dựng công trình ngầm, đặc biệt là kỹ thuật NATM trong đô thị thì sẽ gặp vấn đề lớn trong tương lai. (hình 2)

2.2. Phân tích không gian ngầm khu vực Hà Nội



Hình 1. Hệ thống nhà ga ngầm Tokyo xây dựng bằng phương pháp đào mở (1972).

Với hiện trạng hiện nay của TP Hà Nội và quy hoạch các tuyến Metro phần nổi rất nhiều, nên 2 giải pháp do Bộ Xây dựng đề xuất trong dự thảo Nghị định quy định về quản lý, sử dụng không gian ngầm trên địa bàn TP Hà Nội [1], chưa đáp ứng được việc xây dựng phát triển bền vững. Vì chưa nhắc tới việc xây dựng tầng nông Metro 5 - 8 m và nó là kho vàng chưa được khai thác để kết nối các trung tâm thương mại, các tầng hầm chung cư, các bến đỗ xe ngầm, các bến xe ngầm, sân bay... Phân tích sâu thêm một số lý do sau:

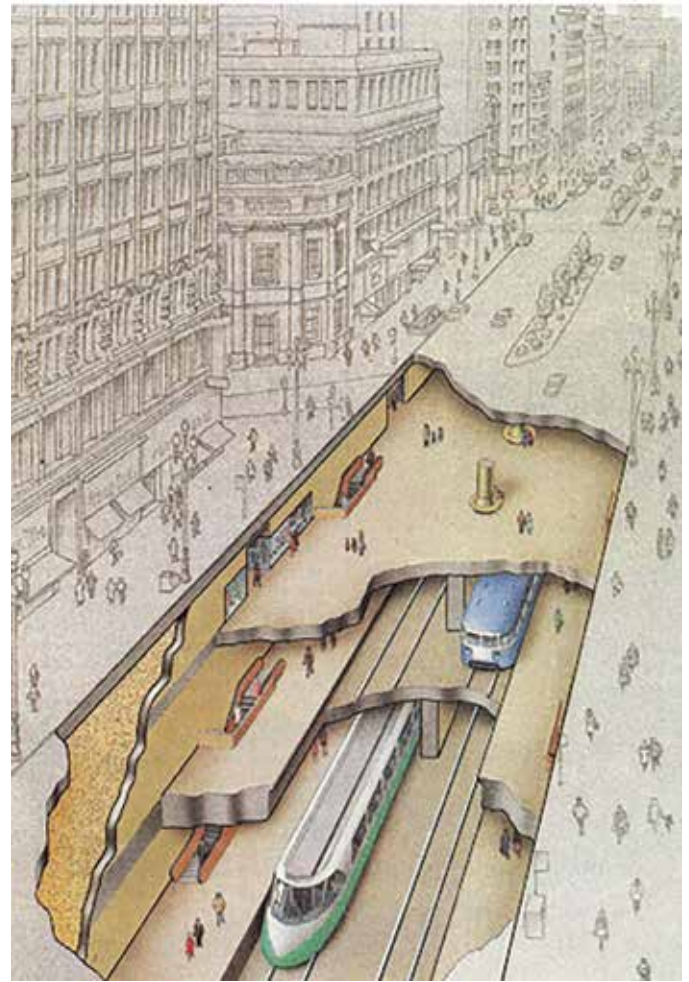
(1) Đô thị Hà Nội thuộc địa chất đất yếu và công nghệ xây hầm trong đất yếu trước năm 2011 chưa phổ biến trên thế giới. Việc xây dựng tầng nông thì phương án đào TBM không phù hợp vì chiều sâu đào TBM phải đào ở tầng trung bình và sâu.

(2) Làm đường sắt trên cao thì phải rào chắn, gây ách tắc giao thông, không kết nối được các công trình hiện hữu, chiếm dụng không gian đô thị trên cao. Trong khi xây nông có thể dùng phương án đào kín NATM trong đất, gia cố trước, đào đối hướng, tổ chức nhiều đội thi công có thể giảm thời gian xây dựng 1 tuyến xuống còn 3 - 5 năm mà không ảnh hưởng giao thông trên mặt.

Lấy ví dụ các hầm giao thông: Kim Liên, Nguyễn Trãi... có đường ô tô nằm nông vẫn ổn định. Hầm đường sắt sâu hơn, theo nguyên lý móng nổi phần đất đào đi có tải trọng lớn hơn công trình truyền xuống, kết hợp việc gia cố trước khi đào thì công trình vẫn ổn định. Cần có tính toán chuyên sâu, nhưng về mặt định tính là khả thi.

(3) Việc xây dựng hầm bằng công nghệ NATM thì nhiều công ty trong nước có thể làm, nhưng cần một hệ thống giám sát và kỹ thuật tính toán ổn định theo thời gian. Các vấn đề này thì chuyên gia trong nước hiện nay có thể làm được. Nếu tận dụng lực lượng công binh, thợ mỏ và các công ty nhà nước có thể hạ giá thành xây dựng Metro xuống mức thấp nhất, chi phí chỉ bằng một nửa đi nổi với giá nước ngoài, thậm chí còn rẻ hơn, mà không cần dùng nhiều ngoại tệ để chi trả.

(4) Các công trình ngầm đều hư hỏng theo thời gian, nếu



Hình 2. Đường hầm Metro nằm nông nhiều tầng ở Mỹ men theo đường.

chủ động xây dựng được thì sẽ đảm bảo về mặt công nghệ, chi phí...

(5) Phương pháp NATM có thể dùng ở mọi độ sâu, nếu làm chủ công nghệ này có thể tự chủ xây dựng Metro, mặt khác sẽ làm giảm giá thành phương pháp TBM xuống nếu cần dùng - không bị ép giá.

(6) Không thay đổi mạng lưới quy hoạch Metro hiện nay, nếu áp dụng công nghệ mới có thể đưa toàn bộ các ga trên cao xuống mặt đất ở độ sâu nông, đảm bảo nhiệm vụ kết nối phần ngầm xung quanh. Trả lại phần không gian trên cao cho đô thị.

Mặt khác, công nghệ NATM có thể đổi hướng dễ dàng nên có thể kéo dài các tuyến Metro trong quy hoạch lên 50 - 70 km; mở rộng kết nối ra các vùng xung quanh - các tỉnh lân cận, tạo bước ngoặt cho việc quy hoạch đô thị và dần dần, giảm giá thành chung cư ở ngoại thành.

Để xây dựng những công trình ngầm thoát nước tương tự như Nhật Bản, Việt Nam có kinh nghiệm đào các giếng đứng, giếng nghiêng, hầm sâu trong mỏ. Cần xây dựng một hệ thống thoát nước mới nằm dưới lòng đường Hà Nội nhưng độ sâu vừa phải. Tuy nhiên, không thể sâu 40 m như



Hình 3. "Kênh xả ngầm ngoài khu vực đô thị" ngoại ô Tokyo (Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel) nhưng vẫn thường được gọi là G-Cans.

Nhật Bản và hầm chứa nước cũng nằm ở ngoại ô Hà Nội với độ sâu nông nhưng sức chứa cũng như chiều sâu như Nhật đã làm.

3. KIẾN NGHỊ QUY HOẠCH METRO VÀ KHÔNG GIAN NGẦM CHO HÀ NỘI

Quy hoạch Metro Hà Nội: nhất định phải xây hệ thống Metro nông 5 - 8 m nằm dưới lòng đường làm cơ sở để phát triển các tầng Metro nông bên dưới.

Quy hoạch phần không gian ngầm, cần xem xét tổng hợp các yếu tố: (1) Hạ ngầm các cầu cạn ô tô nếu thấy bất tiện; (2) Hầm ô tô 2 - 5 m hoặc công thoát nước; (3) Hầm Metro nông 5 - 8 m; (4) Hầm Metro sâu trung bình 10 - 25 m; (5) Hầm Metro sâu: trên 30 m (dưới lòng sông trong đá gốc); (6) Hầm chứa nước mưa chống ngập sâu từ 10 m trở lên.

4. KẾT LUẬN

Bài toán quy hoạch không gian ngầm cần xem xét đến yếu tố kỹ thuật và công năng sử dụng công trình ngầm. Trong vùng địa chất yếu ở Hà Nội có tới trên 40 điểm ngập úng, móng các tòa nhà hiện hữu thì việc sử dụng không gian ngầm dưới lòng



Hình 4. Phối cảnh đường hầm tàu điện ngầm men theo đường nằm nông ở Đức.

đường đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo phát triển bền vững (tương tự như các nước phát triển đã làm). Nếu xây dựng quá nhiều tuyến Metro nối giữa đường thì sẽ không còn không gian ngầm để làm các công trình khác, khi đó phải làm hệ thống chống ngập dưới móng cọc sâu 40 - 50 m thậm chí sâu hơn.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Dự thảo Nghị định quy định về quản lý, sử dụng không gian ngầm trên địa bàn TP Hà Nội.
2. <https://laodong.vn/thoi-su/quy-hoach-chung-ha-noi-phai-quan-tam-den-khong-gian-ngam-va-mo-rong-do-thi-1204371.ldo>.
3. <https://nguoihanoi.vn/du-an-luat-thu-do-sua-doi-danh-thuc-khong-gian-ngam-ha-noi-84826.html>.
4. ITA (2012), 50 year of NATM, ITA report, Austria.
5. Morgan & Yang (2002), "Principles of tunnel lining design", AGS/IMM Technical meeting "underground excavation in urban environment".

Nhận diện thách thức trong quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước



NGUYỄN QUANG HUÂN*

Là quốc gia có mạng lưới sông ngòi dày đặc nhưng Việt Nam vẫn đối mặt với nhiều thách thức trong quản lý và phát triển bền vững nguồn nước, bao gồm nguy cơ ô nhiễm, khai thác quá mức, tác động của biến đổi khí hậu và sự chồng chéo trong chính sách quản lý. Phát triển bền vững nguồn nước, đảm bảo an ninh nguồn nước cho các thế hệ tương lai, vẫn là bài toán cần được giải một cách hệ thống, căn cơ.

THỰC TRẠNG TÀI NGUYÊN NƯỚC HIỆN NAY

Tài nguyên nước có vai trò hết sức đặc biệt, vừa đáp ứng được nhu cầu thiết yếu của cuộc sống và còn liên quan tới tất cả các lĩnh vực đời sống kinh tế - xã hội, kể cả tôn giáo, văn hóa... Tuy nhiên, quản lý và phát triển bền vững nguồn tài nguyên này đang đối mặt với hiện trạng bất cập do cả khách quan lẫn chủ quan gây ra.

Việt Nam có gần 3.500 con sông lớn nhỏ với tổng lượng nước mặt hàng năm ước tính khoảng 830 tỷ m³ (theo số liệu của Ngân hàng Thế giới - WB). Tuy nhiên, phần lớn nguồn nước đến từ các quốc gia láng giềng như Trung Quốc, Lào, Campuchia, chiếm khoảng 63% tổng lượng nước (tương đương 520 - 525 tỷ m³), làm tăng tính dễ tổn thương trong kiểm soát tài nguyên nước. Nguồn nước nội sinh của Việt Nam được WB đánh giá là thấp trong khu vực.

Lượng mưa và dòng chảy phân bố không đồng đều theo mùa, với khoảng 70 - 80% tổng lượng mưa tập trung vào mùa mưa (tháng 6 đến tháng 10). Điều này dẫn đến tình trạng lũ lụt trong mùa mưa và khô hạn trong mùa khô. Các lưu vực sông như sông Hồng và sông Cửu Long chiếm phần lớn lượng nước mặt của cả nước. Tuy nhiên, các khu vực như miền Trung và Tây Nguyên lại thiếu hụt nước nghiêm trọng do lượng mưa thấp và địa hình phức tạp. Cùng với nguồn nước mặt, nước ngầm đóng vai trò quan trọng trong cung cấp nước sinh hoạt và sản xuất. Nhưng tại nhiều khu vực, đặc biệt là các đô thị lớn, đang khai thác nước ngầm quá mức, dẫn đến sụt lún đất và nhiễm mặn.

Để quản lý nguồn tài nguyên nước, Việt Nam có nhiều cơ quan bộ, ban ngành chung tay, trong đó phải kể đến Bộ

TN&MT, Bộ NN&PTNT (nay là Bộ Nông nghiệp & Môi trường), Bộ Xây dựng, Bộ Công Thương, Bộ Y tế.

NHIỀU THÁCH THỨC

Tài nguyên nước của Việt Nam mặc dù có vẻ dồi dào về tổng lượng, nhưng khi xem xét kỹ lưỡng về phân bố theo thời gian, không gian, cùng với sự phát triển kinh tế và gia tăng dân số, đang phải đối mặt với nhiều thách thức lớn.

Thứ nhất là bất cập trong kiểm soát và quản lý nguồn nước. Tổng lượng nước của Việt Nam tuy lớn nhưng có đến 81% là dùng cho tưới tiêu, 11% cho thủy sản, 5% dùng cho công nghiệp, chỉ có 3% lượng nước dùng cho sinh hoạt. Số liệu trên cho thấy, nếu không tiến hành điều tra khảo sát tốt, không phân định mục đích sử dụng sẽ rất khó quản lý.

Nước ngầm đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước cho sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp tại Việt Nam. Tuy nhiên, hiện nay, nguồn tài nguyên này đang phải đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng trước thực trạng khai thác quá mức. Trữ lượng nước ngầm ước đạt khoảng 60 tỷ m³ nhưng việc khai thác nước ngầm gia tăng do nguồn nước mặt không đủ cung cấp, dẫn đến suy giảm mực nước ngầm ở nhiều khu vực. Tình trạng này đặc biệt nghiêm trọng tại các khu đô thị lớn, nơi nhu cầu nước cho sinh hoạt và sản xuất ngày càng tăng. Bên cạnh đó, việc khai thác nước ngầm quá mức ở các vùng ven biển đã dẫn đến hiện tượng xâm nhập mặn, ảnh hưởng đến chất lượng nước và khả năng sử dụng cho sinh hoạt và nông nghiệp. Thực trạng cho thấy ở nhiều nơi, mực nước ngầm suy giảm liên tục và chưa có dấu hiệu hồi phục, gây lo ngại về khả năng cạn kiệt nguồn tài nguyên này trong tương lai gần.

Chúng ta may mắn hơn một số quốc gia khác là đang có

*Ủy viên Ủy ban KHCN&MT của Quốc hội, Chủ tịch HĐQT Công ty CP Halcom Việt Nam



Đảm bảo an ninh nguồn nước và cung cấp nước sạch cho người dân.

sẵn nguồn tài nguyên, và không phải trải qua những cuộc chiến tranh để bảo vệ tài nguyên ấy. Nhưng đó là trong quá khứ, còn tương lai nếu biến đổi khí hậu (BĐKH), ô nhiễm tăng cao, những vấn đề như nước nằm ngoài lãnh thổ... không có phương án quản lý tốt từ sớm thì không thể quản lý một cách bền vững được.

Thứ hai là tình trạng ô nhiễm nguồn nước ngày càng báo động, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đối với đa dạng sinh học và sức khỏe con người. Theo thống kê từ Bộ Y tế và Bộ TN&MT (cũ), có hơn 9.000 người tử vong mỗi năm do nguồn nước và vệ sinh kém. Có khoảng 20.000 người mắc bệnh ung thư mới phát hiện mà một trong những nguyên nhân chính là do ô nhiễm nguồn nước; 44% trẻ em bị nhiễm giun và 27% trẻ em dưới 5 tuổi bị suy dinh dưỡng tại Việt Nam do thiếu nước sạch và vệ sinh kém. Khảo sát 37 xã mang tên "làng ung thư" đã có 1.136 người chết vì các bệnh ung thư; ngoài ra còn có 380 người các xã lân cận cũng chết bởi ung thư.

Nguyên nhân lớn nhất hiện nay là do tình trạng xả thải trái phép vẫn diễn ra tại nhiều địa phương. Các nhà máy, khu công nghiệp xả nước thải chưa qua xử lý hoặc xử lý không đạt chuẩn trực tiếp ra sông, hồ, kênh rạch. Đặc biệt, các ngành như dệt nhuộm, sản xuất giấy, hóa chất, xi măng có lượng nước thải chứa kim loại nặng, hóa chất độc hại, gây ô nhiễm nặng nề. Một số dòng sông lớn bị ô nhiễm nghiêm trọng như sông Tô Lịch (Hà Nội), sông Sài Gòn, sông Đồng Nai do nước thải công nghiệp. Vẫn còn tình trạng nhiều khu công nghiệp, làng nghề trên cả nước không có hệ thống xử lý nước thải tập trung, hoặc có hệ thống xử lý nhưng không đạt quy chuẩn cho phép.

Cùng với đó là tình trạng ô nhiễm từ rác thải, nước thải

sinh hoạt làm suy thoái nghiêm trọng chất lượng nước mặt. Nước thải từ hộ gia đình chứa nhiều chất hữu cơ, vi sinh vật và hóa chất (bột giặt, dầu mỡ, thuốc tẩy rửa...), song hầu hết chưa được xử lý triệt để trước khi thải ra môi trường, đặc biệt ở khu vực nông thôn và các đô thị chưa có hệ thống xử lý nước thải đồng bộ. Ngoài ra, còn có một số nguyên nhân gây ô nhiễm nguồn nước như ô nhiễm do hoạt động nông nghiệp, xả rác thải bừa bãi ra môi trường.

Thứ ba là, BĐKH đang làm trầm trọng thêm các vấn đề về tài nguyên nước ở Việt Nam, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn nước mặt, nước ngầm và các hệ sinh thái liên quan. Những năm gần đây, BĐKH làm gia tăng hạn hán và thiếu nước nghiêm trọng, lượng mưa phân bố không đồng đều theo không gian và thời gian, một số vùng có thể xảy ra mưa cực đoan, trong khi các khu vực khác lại bị hạn hán kéo dài. Cùng với đó, các dòng chảy tự nhiên trên nhiều con sông lớn như sông Hồng, sông Mê Kông (Cửu Long) đang suy giảm vào mùa khô, làm gia tăng tình trạng thiếu nước cho nông nghiệp, sinh hoạt và công nghiệp. Tây Nguyên, Nam Trung Bộ và ĐBSCL là những khu vực bị hạn hán nghiêm trọng nhất, ảnh hưởng lớn đến sản xuất nông nghiệp. Nhiều dòng sông đang bị khai thác quá mức (water stress) có nguy cơ bị ô nhiễm và làm biến đổi sinh thái môi trường nước.

Đặc biệt, mực nước biển dâng do BĐKH làm gia tăng tình trạng xâm nhập mặn vào sâu trong đất liền, ảnh hưởng đến nguồn nước ngọt phục vụ sinh hoạt và sản xuất. Việc khai thác nước ngầm quá mức ở vùng ven biển kết hợp với xâm nhập mặn đã làm giảm chất lượng nước, gây khó khăn cho cấp nước sinh hoạt. Tần suất và cường độ bão lũ những năm gần đây cũng tăng lên do BĐKH, gây sạt lở đất, rửa trôi

lớp đất màu và ô nhiễm nguồn nước. Nhiều khu vực bị lũ quét, sạt lở nghiêm trọng làm suy giảm chất lượng và trữ lượng nước sạch...

Thứ tư là, quy hoạch nguồn nước giữa cấp quốc gia và cấp tỉnh chưa đồng bộ, hiệu quả. Chúng ta đang thực thi theo Luật Quy hoạch; khi đã theo Luật Quy hoạch thì quy hoạch cấp dưới sẽ phải tuân thủ quy hoạch cấp trên. Đây là điểm thuận lợi, song cũng có những điểm vướng, ví dụ như đối với các địa phương, quy hoạch ngành nước sẽ phải được tích hợp trong quy hoạch tỉnh, được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Nếu như quy hoạch của ngành nước chung của quốc gia, của Bộ TN&MT (cũ) và một số tỉnh được duyệt rồi, có thể sẽ vướng. Khi địa phương phải điều chỉnh theo quy hoạch của Bộ, có khi phải xin Thủ tướng phê duyệt lại quy hoạch. Đây là một trong những điều mà Nghị quyết 61/QH15 của Quốc hội cũng đã chỉ ra và Luật Quy hoạch cần phải tìm cách tháo gỡ.

CẦN QUYẾT LIỆT CHUNG TAY

Một trong những giải pháp cần quan tâm nhất hiện nay và cần có sự quyết liệt chung tay của cả cộng đồng chính là xử lý tình trạng ô nhiễm nguồn nước. Đây là thách thức không hề nhỏ, và cần thực hiện hệ thống, căn cơ. Khung pháp lý đã dẫn được hoàn thiện bằng việc bổ sung sửa đổi Luật Tài nguyên nước trong đó nhấn mạnh việc kiểm soát chặt chẽ việc xả thải ra môi trường. Siết chặt quy định xử phạt hành vi gây ô nhiễm nước, đặc biệt là các doanh nghiệp xả thải trái phép, thành lập hệ thống giám sát nước thải tự động tại các khu công nghiệp, đô thị để phát hiện và xử lý vi phạm kịp thời. Cùng với đó là tăng cường trách nhiệm của chính quyền địa phương trong kiểm soát nguồn nước, không để ô nhiễm lan rộng.

Các địa phương cần quyết liệt trong kiểm soát chặt chẽ nước thải từ các ngành công nghiệp và đô thị như yêu cầu tất cả khu công nghiệp, nhà máy phải có hệ thống xử lý nước thải đạt chuẩn trước khi xả ra môi trường, xây dựng các nhà máy xử lý nước thải đô thị để hạn chế ô nhiễm từ sinh hoạt và sản xuất, nghiêm cấm việc xả trực tiếp nước thải chưa qua xử lý ra sông, hồ, kênh rạch, đặc biệt tại các khu vực có mật độ dân cư cao, ứng dụng công nghệ sinh học và lọc sinh học để xử lý nước thải thay thế các phương pháp hóa học gây hại.

Với lộ trình dài hơn, cần tính toán phương án thu gom nước thải, phục hồi và bảo vệ nguồn nước tự nhiên, trong đó có việc cải tạo các dòng sông bị ô nhiễm như sông Tô Lịch, sông Sài Gòn bằng công nghệ sinh học và vi sinh vật phân hủy ô nhiễm, trồng rừng đầu nguồn, bảo vệ hệ sinh thái ven sông, xây dựng hệ thống hồ sinh thái, đầm lầy nhân tạo để giúp lọc sạch nguồn nước trước khi chảy vào sông hồ. Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ xử lý nước mặn thành nước ngọt để đối phó với tình trạng xâm nhập mặn tại ĐBSCL. Và căn cơ nhất vẫn là nâng cao ý thức của doanh nghiệp, cộng đồng về bảo vệ nguồn nước, hạn chế tình trạng ô nhiễm. Các doanh nghiệp cần được khuyến khích và tạo cơ chế để thực hiện trách nhiệm xã hội, đầu tư vào



Khai thác nguồn nước ngầm quá mức dẫn đến suy giảm mực nước ngầm ở nhiều khu vực.

công nghệ xử lý nước và giảm thiểu chất thải.

Bài toán thứ hai trong quản lý và phát triển nguồn tài nguyên nước bền vững là đảm bảo an ninh nguồn nước và cung cấp nước sạch cho người dân. Trong quá trình thảo luận sửa đổi bổ sung Luật Tài nguyên nước tại nghị trường Quốc hội cũng như tại nhiều diễn đàn khác, nhiều đại biểu đã nhiều lần nhấn mạnh rằng, vấn đề thiếu nước sạch cho người dân luôn luôn cấp bách. Nếu chúng ta không hành động ngay thì 20 - 30 năm nữa, con cháu chúng ta sẽ không có đủ nước sạch để dùng, bất kể mùa mưa hay mùa khô vì nguồn nước bị ô nhiễm.

Để đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững, chúng ta không nên chạy theo chỉ tiêu báo cáo mà phải nâng cao chất lượng nước sạch phục vụ người dân. Cần phải áp dụng duy nhất một tiêu chuẩn nước sạch cho toàn quốc, không phân biệt đô thị hay nông thôn. Điều này cần sự đầu tư lớn cả về chính sách, nguồn lực và lộ trình thực hiện. Công nghệ cũng là yếu tố quan trọng. Nếu thế giới đã quen thuộc với công nghệ lọc nano và bước đầu chuyển sang công nghệ mới, thì Việt Nam vẫn còn áp dụng công nghệ xử lý truyền thống. So với lọc cát, công nghệ nano lọc sạch hơn nhưng vẫn giữ lại các chất hữu cơ và chất khoáng có lợi cho sức khỏe. Chính vì vậy, cần cải tiến công nghệ, nâng cao chất lượng nước và chất lượng dịch vụ; đồng thời thống nhất tiêu chuẩn chất lượng nước giữa đô thị và nông thôn. Việt Nam cần đầu tư mạnh mẽ hơn nữa thì người dân nông thôn mới có đủ nước sạch để dùng, chứ không chỉ đưa ra giải pháp "nước hợp vệ sinh". Luật Cấp, Thoát nước tới đây cần quy định chặt chẽ vấn đề này.

Liên quan đến đảm bảo an ninh nguồn nước ngầm, trước hết cần quản lý và kiểm soát chặt chẽ việc khai thác nước ngầm như giới hạn khai thác nước ngầm, cấm khai thác nước ngầm ở các khu vực có nguy cơ sụt lún cao, siết chặt cấp phép khai thác nước ngầm, đặc biệt là với doanh nghiệp, khu công nghiệp. Song song là phát triển công nghệ lọc nước ngầm tiên tiến để loại bỏ asen, kim loại nặng



Tình trạng ô nhiễm từ rác thải, nước thải sinh hoạt làm suy thoái nghiêm trọng chất lượng nước mặt.

và vi khuẩn, giúp tăng cường chất lượng nước, hạn chế bê tông hóa đô thị để tăng khả năng thấm nước mưa xuống lòng đất, bổ sung nguồn nước ngầm, xây dựng các công trình bổ sung nhân tạo như hồ chứa, giếng thăm thấu để phục hồi mực nước ngầm. Lâu dài hơn, cần tăng cường trồng rừng, bảo vệ vùng đầu nguồn để duy trì sự cân bằng nước dưới đất.

Để thích ứng và bảo vệ tài nguyên nước trước BĐKH, trước hết cần quản lý tài nguyên nước bền vững, trong đó có việc xây dựng các chính sách sử dụng nước hiệu quả, giảm khai thác nước ngầm, bảo vệ nguồn nước mặt. Song song là xây dựng hệ thống thủy lợi chống hạn, chống xâm nhập mặn, nhất là tại ĐBSCL, quan tâm đến phát triển công nghệ lọc và tái sử dụng nước, đặc biệt trong nông nghiệp và công nghiệp. Đặc biệt, Việt Nam cần tăng cường hợp tác quốc tế về quản lý nguồn nước, nhất là với các nước sử dụng chung nguồn nước từ sông Mê Kông và sông Hồng.

Cuối cùng, cần *hoàn thiện khung pháp lý, chính sách trong quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước*. Bên cạnh hoàn thiện thể chế trong xử phạt nghiêm đối với hành vi gây ô nhiễm môi trường, việc quy hoạch và quản lý tài nguyên nước cũng cần được tính toán trên cơ sở có quy hoạch tổng thể. Vai trò về lập quy hoạch quốc gia của Bộ TN&MT (nay là Bộ Nông nghiệp & Môi trường) rất quan trọng. Bởi vì đây là cái nhìn tổng thể, và dưới góc nhìn của Bộ Nông nghiệp & Môi trường, căn cứ vào quy hoạch tổng thể quốc gia, rồi căn cứ vào các chiến lược phát triển kinh tế quốc gia, thì mới đưa ra được các mục tiêu phân bổ cho mục tiêu, mục đích sử dụng ngành nước trong từng lĩnh vực, đảm bảo sử dụng công bằng. Nếu việc quy hoạch thống nhất được các tỉnh, chắc chắn hiệu quả sử dụng sẽ tăng lên và tránh được chuyện xung đột nhiều bộ, ngành quản lý trên một dòng sông; nhiều tỉnh sử dụng nguồn nước, tỉnh ở thượng nguồn dùng và tỉnh ở hạ nguồn có thể gánh hậu quả.

Các vấn đề chính sách cũng cần quan tâm đến việc tính toán giá nước đảm bảo nước sạch cho người dân. Hiện nay,



Quan trắc, giám sát tài nguyên nước để đảm bảo chất lượng nguồn nước.

chưa có quy định cụ thể tính giá trị của tài nguyên nước nên các đơn vị, doanh nghiệp chưa tính toán đủ giá thành sản phẩm, chưa xác định chính xác hiệu quả sử dụng nước dẫn đến việc tính thiếu, tính không đủ. Về việc tính giá nước dùng cho sinh hoạt còn rất thấp nên ngành nước khó phát triển. Còn nếu đưa ra bảng giá cao quá nhưng không có chính sách trợ giá cho người nghèo thì họ sẽ khó khăn trong việc tiếp cận nguồn nước sạch sinh hoạt. Vì vậy, chúng ta cần phải tính toán chính sách hỗ trợ đối tượng này. Theo tôi, thay vì trợ giá nước một cách đồng đều, chúng ta nên tính giá nước theo cơ chế thị trường nhưng có chính sách hỗ trợ trực tiếp cho người nghèo để đảm bảo đủ nước sinh hoạt.

Nhìn chung, việc quản lý và phát triển bền vững nguồn nước tại Việt Nam đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa Chính phủ, doanh nghiệp và người dân. Những thách thức như ô nhiễm, khai thác quá mức, tác động của BĐKH cần được giải quyết bằng các giải pháp tổng thể, từ hoàn thiện khung pháp lý, kiểm soát ô nhiễm, sử dụng nước hiệu quả. Nếu triển khai đồng bộ các giải pháp, Việt Nam có thể đảm bảo nguồn nước bền vững cho phát triển kinh tế - xã hội trong tương lai.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Việt Nam: Hướng tới một hệ thống nước có tính thích ứng, sạch và an toàn - Ngân hàng Thế giới.
2. Báo Dân trí: https://dantri.com.vn/xa-hoi/moi-nam-9000-nguoi-tu-vong-vi-nguon-nuoc-o-nhiem-2019102111634398.htm?utm_source=chatgpt.com
3. Báo Đại biểu nhân dân: https://daibieunhandan.vn/toa-dam-truc-tuyen-quan-ly-va-phat-trien-ben-vung-nguon-tai-nguyen-nuoc-post333255.html?utm_source=chatgpt.com
3. Trang thông tin đối ngoại – BCD Công tác thông tin đối ngoại: <https://ttdn.vn/nguyen-cuu-trao-doi/ly-luan-thuc-tien/nhan-dien-thach-thuc-ve-nguon-nuoc-sach-trong-phat-trien-ben-vung-72746>
- <https://ttdn.vn/nguyen-cuu-trao-doi/ly-luan-thuc-tien/nhan-dien-thach-thuc-ve-nguon-nuoc-sach-trong-phat-trien-ben-vung-72746>

Đảm bảo dòng chảy môi trường để hình thành khung sinh thái đô thị cho sông Tô Lịch và các sông nội đô Hà Nội



GS.TS TRẦN ĐỨC HẠ*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các sông nội đô: Tô Lịch, sông Kim Ngưu, sông Lừ và sông Sét gắn liền với lịch sử phát triển trên 1.000 năm của Hà Nội, có ý nghĩa lớn về văn hóa, lịch sử và tâm linh của Thủ đô. Các sông này tạo nên khung sinh thái trung tâm thành phố, có vai trò điều tiết và tiêu thoát nước mưa và là địa điểm vui chơi giải trí, sinh hoạt văn hóa, tâm linh của nhân dân Hà Nội và du khách.

Sông Tô Lịch, con sông lớn nhất nội đô, vốn từng là một phân lưu của sông Hồng, đưa nước từ thượng lưu ở sông Hồng sang sông Nhuệ. Đến đoạn trung lưu, nó gặp hồ Tây (là dấu tích của đoạn sông Hồng cũ, nằm cạnh Quán Thánh) và một phần nước từ hồ Tây được cung cấp cho đoạn sông từ đó đến hạ lưu.

Hiện nay, trong tổng số 4 sông thuộc lưu vực tổng chiều dài 37,9 km, sông Tô Lịch lớn nhất với chiều dài 13,4 km, có điểm đầu từ hạ lưu cống qua đường Hoàng Quốc Việt, điểm cuối là ngã ba sông Nhuệ; chảy qua địa phận các quận Cầu Giấy, Ba Đình, Đống Đa, Thanh Xuân và huyện Thanh Trì. Là sông chính trong hệ thống các sông thoát nước khu vực trung tâm thành phố, sông Tô Lịch tiếp nhận nước mưa và nước thải của lưu vực diện tích 77,5 km² với lưu lượng khoảng 30 m³/s, để vận chuyển qua 2 hướng thoát là ra sông Nhuệ (khi đập Thanh Liệt mở) và ra sông Hồng (qua điểm hạ lưu sông Kim Ngưu và trạm bơm Yên Sở).

Tuy nhiên, sự phát triển đô thị đã làm cho nước bị ô nhiễm nặng, khả năng tiêu thoát nước mưa của các sông giảm sút... Nguồn bổ cập nước chính cho sông vẫn là nước thải về mùa khô và nước mưa về mùa mưa. Hiện toàn tuyến sông Tô Lịch tiếp nhận khoảng 150 nghìn m³ nước thải mỗi ngày từ 436 cửa xả lớn

nhỏ, chưa kể lượng nước thải sông Lừ và sông Kim Ngưu đổ vào. Do dòng chảy nhỏ và tiếp nhận tải lượng lớn các chất ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng, kim loại nặng... nên chất lượng nước sông ngày càng giảm sút. Các nghiên cứu của Trung tâm Quan trắc môi trường (Sở TN&MT Hà Nội), Viện Khoa học và kỹ thuật môi trường, Công ty TNHH Thoát nước Hà Nội... cho thấy, với tải lượng hữu cơ xả vào sông từ 8,2 - 15 kg BOD/ha.ngày, toàn bộ dòng chảy sông từ cống Bưởi đến cống Thanh Liệt trong trạng thái ô nhiễm nặng polysaprobe và α -mezosaprobe, oxy hòa tan hầu như không có, nước sông màu đen và bốc mùi nặng về mùa khô [1]. Ngoài ra, khả năng điều tiết và vận chuyển nước sông cũng bị hạn chế do bùn cặn lắng đọng và chướng ngại vật trên sông. Nguy cơ tái ô nhiễm sông sau mùa mưa và sau mỗi lần nạo vét bùn cũng rất cao do dòng chảy chậm và nước thải trong sông không được xử lý và ứng ngập trên lưu vực sông do năng lực thoát nước của các công trình tiêu thoát nước mưa. Tình trạng suy thoái và ô nhiễm nước các sông Kim Ngưu, Sét và Lừ cũng tương tự như sông Tô Lịch.

Như vậy, các sông nội đô Hà Nội cần phải khôi phục lại dòng chảy với chất lượng nước được cải thiện. Sông phải đảm bảo dòng chảy tự nhiên về mùa khô; thể tích chứa (điều tiết) nước lớn để tiêu thoát nước mưa; và có khả năng tự làm sạch cao để chất lượng nước đáp ứng quy chuẩn môi trường cũng như tạo điều kiện phát triển các công trình văn hóa, vui chơi, giải trí trên sông. Các sông hồ thoát nước nội đô sẽ tạo nên hệ thống hạ tầng thoát nước xanh cho thành phố.

2. CÁC YÊU CẦU ĐỂ PHỤC HỒI DÒNG CHẢY VÀ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG NƯỚC CÁC SÔNG NỘI ĐÔ

^(*) Nguyên Viện trưởng Viện Nghiên cứu cấp thoát nước và môi trường

Khi nghiên cứu quản lý nguồn nước cho một dòng sông có hai khái niệm được đề cập thường xuyên đó là dòng chảy môi trường và dòng chảy tối thiểu. Dòng chảy môi trường được nghiên cứu từ khá lâu trên thế giới nhưng khái niệm về dòng chảy tối thiểu lại khá mới mẻ.

Dòng chảy môi trường (Environmental Flows) là dòng chảy có đủ nước trong sông và chế độ nước này được quản lý nhằm bảo đảm các lợi ích về kinh tế, xã hội và môi trường. Đó là chế độ nước được cung cấp trong một dòng sông, vùng đất ngập nước hoặc vùng ven bờ để duy trì các hệ sinh thái và những lợi ích của chúng ở những nơi dòng chảy bị điều tiết và có sự cạnh tranh trong sử dụng nước. Dòng chảy môi trường được biểu thị bởi một chế độ dòng chảy đáp ứng yêu cầu bảo vệ các hệ sinh thái thủy sinh khi nguồn nước bị ảnh hưởng bởi các hoạt động khai thác sử dụng nước trên sông [2]. Dòng chảy môi trường thích hợp không chỉ là đặc trưng duy nhất của một hệ thống sông khỏe mạnh mà còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như giảm thiểu ô nhiễm và kiểm soát các hoạt động trên sông. Tuy nhiên nếu chỉ tập trung vào dòng chảy môi trường mà không chú ý tới bối cảnh của nó sẽ khó có thể đạt được kết quả tốt. Vì vậy, dòng chảy môi trường cần được xem xét như một bộ phận cấu thành tổng thể của quản lý lưu vực sông hiện đại.

Theo Khoản 18 Điều 2 Luật Tài nguyên nước 2023 [3] thì “dòng chảy tối thiểu là dòng chảy ở mức thấp nhất cần thiết để duy trì dòng sông, suối hoặc đoạn sông, suối nhằm bảo đảm sự phát triển bình thường của hệ sinh thái thủy sinh và bảo đảm mức tối thiểu cho hoạt động khai thác, sử dụng nước”. Theo đó, dòng chảy tối thiểu có thể hiểu là phải có một lượng nước tối thiểu chảy qua sông để giữ cho dòng chảy không bị ngừng hoặc suy giảm nghiêm trọng. Dòng chảy tối thiểu phải đủ để duy trì các điều kiện sống thích hợp cho các loài sinh vật thủy sinh, bao gồm các động vật và thực vật sống dưới nước. Bên cạnh việc bảo vệ hệ sinh thái, dòng chảy tối thiểu còn đảm bảo đủ lượng nước tối thiểu cho các nhu cầu khai thác và sử dụng nước, như phục vụ sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt và các hoạt động khác. Dòng chảy tối thiểu là một chỉ số quan trọng nhằm cân bằng giữa việc bảo vệ môi trường và đáp ứng nhu cầu sử dụng tài nguyên nước của con người. Như vậy, dòng chảy môi trường sẽ là dòng chảy tối thiểu khi nó đáp ứng được yêu cầu duy trì dòng sông và bảo đảm mức tối thiểu cho các hoạt động khai thác nước trên sông.

Dòng chảy tối thiểu gồm 3 thành phần: Dòng chảy duy trì sông, dòng chảy sinh thái và dòng chảy đảm bảo nhu cầu tối thiểu của các ngành khai thác sử dụng nước [4]. Dòng chảy duy trì sông là dòng chảy ở mức thấp nhất về lượng để duy trì sự liên tục của dòng chảy trong sông. Dòng chảy sinh thái được xác định là dòng chảy đảm bảo sự phát triển bình thường của hệ sinh thái và duy trì các giá trị môi trường của dòng sông. Dòng chảy đảm bảo nhu cầu tối thiểu của các ngành khai thác sử dụng nước được xác định trên cơ sở yêu cầu sử dụng nước theo thứ tự ưu tiên của các đối tượng khai thác nước.

Để các sông nội đô là khung sinh thái đô thị của trung tâm Thủ đô Hà Nội cần phải phục hồi lại dòng chảy môi trường không chỉ có sông Tô Lịch mà còn cả 3 con sông khác là sông Lừ, sông Sét và sông Kim Ngưu. Như vậy, với chức năng và ý nghĩa

của 4 sông nội đô thì cần phục hồi để đảm bảo dòng chảy môi trường với 2 yêu cầu:

- Phục hồi cả về số lượng (lưu lượng và vận tốc tối thiểu) và chất lượng (chỉ tiêu chất lượng nước, điều kiện ổn định hệ sinh thái) cả về mùa khô (bổ cấp nước pha loãng, tạo chế độ động cho các sông và hồ trong lưu vực Tô Lịch 77,5 km² và đảm bảo một phần nước tưới cho khu vực phía Nam Hà Nội) và mùa mưa (tiêu thoát nước, giải quyết úng ngập cho thành phố).

- Cải thiện môi trường sống, khai thác và phát triển cảnh quan kiến trúc, dịch vụ văn hóa, tâm linh khu vực sông cả trên mặt nước và trên bờ, góp phần phát triển kinh tế xã hội của thành phố.

Hai yêu cầu về phục hồi và phát triển 4 con sông nội đô này kết hợp hài hòa với nhau để các sông có dòng chảy môi trường và tạo nên khung sinh thái đô thị của Hà Nội. Phục hồi số lượng và chất lượng nước ổn định dòng chảy sông nhằm đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế - xã hội lưu vực sông, và ngược lại phát triển các dịch vụ vui chơi giải trí dọc bờ và trên mặt nước sẽ tăng cường quá trình tự làm sạch nước sông và duy trì khả năng chống chịu cho các thành phần hệ sinh thái thủy vực. Đây là sự tiếp cận quản lý tổng hợp tài nguyên nước với hai nội dung phục hồi chất lượng môi trường và phát triển tài nguyên nước lưu vực sông Tô Lịch, bao gồm 4 sông nội đô Tô Lịch, Lừ, Sét, Kim Ngưu và hệ thống hồ đô thị liên quan.

3. CÁC GIẢI PHÁP TỔNG HỢP ĐỂ PHỤC HỒI CHẤT LƯỢNG, ĐẢM BẢO DÒNG CHẢY MÔI TRƯỜNG CHO SÔNG TÔ LỊCH VÀ CÁC SÔNG NỘI ĐÔ HÀ NỘI

Trên cơ sở đánh giá tình trạng ô nhiễm nước và tiến độ thực hiện các dự án thoát nước và môi trường liên quan, với mục tiêu phục hồi dòng chảy và cải thiện chất lượng môi trường để phát triển hệ thống 4 sông nội đô, phù hợp với Quyết định số 725/QĐ-TTg quy hoạch thoát nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 của Thủ tướng Chính phủ (Quy hoạch 725) [5], giải pháp tiến hành với các bước như sau.

a. Tách, thu gom và xử lý các nguồn nước thải vào sông.

Thu gom và xử lý nước thải (XLNT), kể cả nước thải công trình thoát nước tập trung và phân tán, đảm bảo quy chuẩn môi trường trước khi xả vào sông. Trong nội đô Hà Nội hiện nay có 3 nhà máy XLNT tập trung đang hoạt động là nhà máy Yên Sở (công suất 200 nghìn m³/ngày, xả nước thải sau xử lý vào sông Kim Ngưu), nhà máy Kim Liên (công suất 3.600 m³/ngày xả nước thải sau xử lý vào sông Lừ), nhà máy Hồ Bảy Mẫu (công suất 13.300 m³/ngày xả nước thải sau xử lý vào hồ Bảy Mẫu và sau đó vào sông Sét). Nhà máy Yên Xá xử lý nước thải cho lưu vực S2, công suất 270 nghìn m³/ngày đang được vận hành thử nghiệm, nước thải sau xử lý vào hạ lưu sông Tô Lịch. Các nguồn nước thải phân tán cũng được thu gom xử lý tại chỗ với các trạm XLNT công suất từ 20 - 100 m³/ngày, đảm bảo quy chuẩn môi trường trước khi xả vào nguồn tiếp nhận là các sông nội đô [6].

b. Xử lý ô nhiễm tồn lưu (bùn thải, rác thải...) trong sông.

Sau khi nước thải được tách ra khỏi các sông nội đô để đưa về các nhà máy/trạm XLNT, cần tiến hành dọn sạch rác thải, nạo vét bùn cặn tồn lưu... trong sông. Các biện pháp sục ozon, cấp khí bọt nano (nano bioreactor)... có thể ứng dụng để xử lý

lượng bùn cặn lắng đọng trong sông.

c. Kè và cải tạo các kết cấu bờ sông.

Sông Tô Lịch và các sông nội đô trung tâm đã được cải tạo, nạo vét và kè bờ trong giai đoạn 1 từ năm 2001 - 2005 của Dự án thoát nước Hà Nội. Tuy nhiên, hiện nay các bờ sông bị sạt lở, hư hỏng nhiều. Vì vậy, để ổn định dòng chảy các sông nội đô cần thiết phải sửa chữa các bờ kè hư hỏng hoặc xây dựng, tôn tạo lại phù hợp với đặc điểm tự nhiên, điều kiện địa chất công trình và cảnh quan khu vực.

d. Bổ cập nước sạch đảm bảo dòng chảy tối thiểu về mùa khô cho sông.

Về mùa khô khi nước thải được thu gom về các nhà máy/trạm XLNT thì cần thiết phải bổ cập nước sạch để phục hồi dòng chảy cho sông, đồng thời cung cấp nước qua sông Nhuệ cho khu vực nông nghiệp phía Nam thành phố. Nguồn bổ cập nước sạch chính là từ sông Hồng, theo tính toán trong Quy hoạch thoát nước Hà Nội cũng như các nghiên cứu liên quan, với lưu lượng từ 5,0 - 5,5 m³/s trực tiếp vào sông Tô Lịch. Nguồn nước sông Hồng có thể kết hợp bổ cập cho hồ Tây để đảm bảo mực nước cảnh quan trong hồ, sau đấy qua các cửa phai để đưa nước hồ về sông Tô Lịch. Theo Hội Thủy lợi Việt Nam, nước sạch cũng có thể được cấp từ hồ Hòa Bình về cho các sông Nhuệ, sông Tô Lịch [7]. Các nguồn nước thải sau khi xử lý đảm bảo quy chuẩn môi trường từ các nhà máy XLNT Hồ Tây, Phú Đô, Yên Xá... có thể được cấp cho sông để nâng vận tốc lên khoảng 0,2 - 0,3 m/s, đảm bảo dòng chảy tối thiểu cho sông Tô Lịch... Nước sạch từ hạ lưu sông Tô Lịch, các hồ Bảy Mẫu, hồ Yên Sở, hồ Linh Đàm... cũng có thể là nguồn bổ cập lại cho các sông Lừ, sông Sét và sông Kim Ngưu về mùa khô. Như vậy nhờ sự bổ cập và tuần hoàn nước sạch này, các sông hồ nội đô vùng trung tâm thành phố sẽ luôn ở trạng thái thủy vực động.

e. Tôn tạo cảnh quan, kiến trúc ven bờ và trên mặt nước sông.

Sau khi dòng chảy các sông nội đô được phục hồi, cần xây dựng các công trình kiến trúc cảnh quan, vui chơi giải trí trên bờ và trên mặt nước sông. Đó là các bè thủy sinh kết hợp với guồng quay, vòi phun nước... tạo mảng xanh, cảnh quan và làm giàu oxy cho nước sông, là các vườn hoa, công viên nhỏ và dải cây xanh ven sông... Các công trình này vừa để phát triển dịch vụ văn hóa, tâm linh... kết hợp với tăng cường khả năng tự làm sạch nước sông, đảm bảo ổn định hệ sinh thái sông và cải tạo điều kiện vi khí hậu khu vực.

4. GIẢI PHÁP BỔ CẬP NƯỚC SÔNG HỒNG CHO SÔNG TÔ LỊCH

Bổ cập nước sạch về mùa khô cho sông Tô Lịch là giải pháp cấp bách và ưu tiên để phục hồi dòng chảy sông. Trước mắt, sông Tô Lịch có thể có các nguồn bổ cập nước sau đây:

Nguồn 1: Nước sông Hồng tiếp cho sông Tô Lịch tại vị trí đường Hoàng Quốc Việt, lưu lượng 5 m³/s.

Nguồn 2: Nước thải sau xử lý nhà máy XLNT Hồ Tây dự kiến công suất Q=30 nghìn m³/ngày, xả vào sông Tô Lịch tại vị trí đường Hoàng Quốc Việt.

Nguồn 3: Nước thải sau xử lý nhà máy XLNT Phú Đô dự kiến xả khoảng 40 nghìn m³/ngày (trên tổng số 84 nghìn m³/ngày) vào sông Tô Lịch tại vị trí Cầu Giấy.

Nguồn 3: Nước thải sau xử lý nhà máy XLNT Yên Xá lưu lượng trung bình về mùa khô 270 nghìn m³/ngày xả vào sông Tô Lịch tại vị trí trước hợp lưu với sông Lừ.

Việc bổ cập nước sông Hồng từ sông Nhuệ vào sông Tô Lịch với lưu lượng 5 m³/s đã được đưa ra trong Quy hoạch 725. Tuy nhiên hiện nay phương án lấy nước sông Hồng từ sông Nhuệ tại Cổ Nhuế để bổ cập cho sông Tô Lịch gặp phải một số khó khăn, bất cập như: dự án trạm bơm hai chiều lưu lượng 170 m³/s tại Liên Mạc chưa được triển khai, nước sông Nhuệ bị ô nhiễm do trộn lẫn nước thải chưa được xử lý lưu vực xung quanh đổ vào, tuyến mương dẫn nước sông Nhuệ về sông Tô Lịch không thể thi công được vì không còn đất...

Để bổ cập khẩn cấp nước sạch sông Hồng cho sông Tô Lịch từ thượng lưu, tháng 12/2024 Sở Xây dựng Hà Nội đã đề xuất phương án bổ cập nước từ sông Hồng vào sông Tô Lịch nhằm cải thiện môi trường [8], với việc xây dựng trạm bơm công suất 3 - 5 m³/s tại bãi sông khu vực phường Phú Thượng. Tuyến ống dẫn nước thô từ vị trí trạm bơm đi dọc tuyến đường nội bộ trong vùng bãi sông cắt qua đê sông Hồng, qua đảo giao thông đi dọc theo vỉa hè đường Võ Chí Công đưa nước vào đầu sông Tô Lịch tại vị trí nút giao Hoàng Quốc Việt. Tại vị trí đường Võ Chí Công (đối diện ngõ 685 Lạc Long Quân) bố trí 1 họng chờ để sẵn sàng cấp nguồn bổ cập nước hồ Tây. Phương án thi công tuyến ống là khoan rút ống hoặc khoan kích ngầm kết hợp đào mở hố giếng. Sử dụng vật liệu ống gang dẹt hoặc HDPE D1200. Trên sông Tô Lịch sẽ xây dựng 3 đập dâng nhằm duy trì mực nước trung bình trên sông Tô Lịch trong khoảng cao độ dưới +3,3 hoặc dưới +3,8 m để không vượt quá ngưỡng các giếng tràn nước mưa theo Dự án hệ thống XLNT Yên Xá đã đầu tư xây dựng và đảm bảo dòng chảy trung bình trong sông khoảng 0,075 m/s. Tổng kinh phí để đầu tư cho phương án này là khoảng 550 tỷ đồng.

Với phương án này sông Tô Lịch có thể được bổ cập nước sạch kịp thời vào tháng 9/2025. Điều kiện thi công các công trình và tuyến cống là khả thi và kinh phí đầu tư có thể huy động được trong thời gian cần thiết. Tuy nhiên, lưu lượng bổ cập nước cho sông Tô Lịch và Hồ Tây là 3,0 m³/s là quá thấp so với phương án đề xuất của Viện Khoa học thủy lợi là 18 m³/s [9] hoặc trong Quy hoạch 725 là 5 m³/s. Dòng chảy tối thiểu trong sông hoàn toàn không đảm bảo khi làm các đập dâng cao su tại vị trí cống Mộc, cầu Dậu và trước ngã ba sông Tô Lịch - sông Kim Ngưu. Nguy cơ phú dưỡng các khúc sông tù với vận tốc dòng chảy quá nhỏ là hiện hữu. Vì vậy, mức độ bổ cập nước sông Hồng cho sông Tô Lịch cần phải được xem xét cụ thể trong điều kiện khả thi khi thi công tuyến ống HDPE qua đê sông Hồng và dọc đường Võ Chí Công để đảm bảo được dòng chảy tối thiểu của sông Tô Lịch vừa khô, đồng thời đủ nước sạch để bổ cập cho các sông Lừ, sông Sét và sông Kim Ngưu sau này. Mặt khác, cần xác định lượng nước và phương pháp bổ cập nước sông Hồng hợp lý cho hồ Tây vừa đảm bảo duy trì mực nước cảnh quan, vừa tránh hiện tượng sốc sinh thái trong hồ.

5. NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHAI THÁC SỬ DỤNG NGUỒN NƯỚC SÔNG NỘI ĐÔ HÀ NỘI

Tài nguyên nước thành phố Hà Nội nói chung, lưu vực 77,5 km² sông Tô Lịch nói riêng, phải được quản lý tổng hợp:



Hình 1. Hệ thống sông nội đô vùng trung tâm TP Hà Nội.



Hình 2. Phương án hướng tuyến dẫn nước sông Hồng để bổ cập và vị trí các đập dâng theo đề xuất của Sở Xây dựng Hà Nội [Nguồn: 8]

Đây là một quá trình đẩy mạnh phối hợp phát triển và quản lý nguồn nước, đất đai và tài nguyên liên quan, để tối đa hoá lợi ích kinh tế và phúc lợi xã hội một cách công bằng mà không phương hại đến tính bền vững của các hệ sinh thái thiết yếu. Quản lý và phát triển nguồn nước phải dựa trên cách tiếp cận cùng tham gia của người hưởng thụ nguồn nước (cộng đồng), người lập kế hoạch (tư vấn) và quyết định chính sách (quản lý nhà nước) [10].

Để kiểm soát tình hình ô nhiễm cũng như đảm bảo dòng chảy môi trường, trong quá trình triển khai thực hiện các chương trình và dự án cũng như khi khai thác, vận hành các con sông này cần thiết thực hiện các chương trình quan trắc tài nguyên nước (chất lượng và lưu lượng) các con sông.

Các sông nội đô vùng trung tâm nội đô thành phố Hà Nội có giá trị lịch sử, văn hóa, tâm linh và sinh thái rất lớn. Các sông này cũng đóng góp rất nhiều cho sự phát triển kinh tế xã hội của Thủ đô. Vì vậy, trong quá trình thực hiện đề án theo các bước nêu trên, các nội dung về giáo dục, thông tin truyền thông đối với cộng đồng, những người hưởng thụ môi trường và các dịch vụ văn hóa, tâm linh, giải trí,... trên sông, phải được triển khai đồng thời và hài hòa. Nâng cao nhận thức và hiểu biết của cộng đồng về bảo vệ môi trường nước, làm cho ý thức bảo vệ môi trường trở thành thói quen, đi sâu vào nếp sống của mọi tầng lớp xã hội là nội dung cơ bản khi thực hiện các dự án khôi phục môi trường nước sông hồ nội đô. Cần phải phát huy giá trị văn hóa và con người Hà Nội, khơi dậy ý chí, niềm tự hào, khát vọng phát triển của nhân dân với hình thức xây dựng các trung tâm giáo dục và triển lãm môi trường, giới thiệu và cung cấp thông tin về giá trị văn hóa, lịch sử và kinh tế xã hội

các sông hồ, các giải pháp bảo vệ môi trường nước sông hồ, xử lý ô nhiễm nước,... tại các nhà máy XLNT Yên Xá, nhà máy XLNT Yên Sở, công viên Thống Nhất, công viên Thủ Lệ,... như trong Đề án phục hồi chất lượng môi trường nước các sông nội đô mà Sở TN&MT Hà Nội đề xuất [11].❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đức Hạ, Nguyễn Bá Liêm. Xử lý tại chỗ nguồn nước thải không thu gom được vào hệ thống thoát nước tập trung trên lưu vực sông Tô Lịch. Tạp chí “Môi trường”, số 5/2015.
2. IUCN: The essentials of environmental flows, 2003
3. Luật Tài nguyên nước số 28/2023/QH15
4. Trần Hồng Thái. Đề xuất quy trình xác định dòng chảy tối thiểu và hướng tiếp cận dòng chảy sinh thái ở Việt Nam. Tạp chí Khí tượng và Thủy văn, tháng 3/2011.
5. Quyết định số: 725/QĐ-TTg về Quy hoạch thoát nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 ngày 10/5/2013 của Thủ tướng Chính phủ
6. Viện Khoa học và Kỹ thuật môi trường. Báo cáo đề tài NCKH cấp Thành phố Hà Nội “Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật tổng hợp để bảo vệ môi trường nước sông nội đô Thành phố Hà Nội, mã số: 01C-09/01-2016-3”. Hà Nội, 2019.
7. Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Việt Nam. Tài liệu hội thảo: Giải pháp cấp nước trực tiếp từ hồ Hòa Bình cho Thủ đô Hà Nội. Hà Nội, 2024.
8. Sở Xây dựng Hà Nội. Báo cáo phương án bổ cập nước từ sông Hồng vào sông Tô Lịch nhằm cải thiện môi trường, 2024
9. Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. Báo cáo phương án phục hồi và kết nối sông Tô Lịch, hồ Tây với sông Hồng nhằm cải thiện môi trường và phát triển bền vững. Hà Nội, 2024.
10. Global Water Partnership – GWP, 2000
11. Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội. Đề án phục hồi chất lượng môi trường và phát triển hệ thống 4 sông nội đô: Tô Lịch, Kim Ngưu, Lừ và Sét, 2022.

PGS.TS TẠ QUỲNH HOA:

Giữ cảnh quan nước để tạo dựng hệ sinh thái đô thị bền vững



NGUYỄN HẠNH



THU THỦY

Lịch sử hình thành nên các đô thị Việt Nam luôn gắn với những dòng sông. Nước - một nhân tố ảnh hưởng rất lớn đến các đô thị, quyết định số phận của nhiều đô thị. Cuộc trò chuyện của BTV Tạp chí Xây dựng với PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa xoay quanh nội dung về vai trò của nước trong hệ sinh thái đô thị, những đặc điểm của chu trình nước trong hệ sinh thái đô thị nhằm tạo dựng hệ sinh thái đô thị bền vững...

NƯỚC - NHÂN TỐ QUYẾT ĐỊNH TRONG HỆ SINH THÁI ĐÔ THỊ

◆ *Thưa PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa, chúng ta đều biết nước có vai trò vô cùng quan trọng với đời sống của con người. Vậy, trong hệ sinh thái đô thị, nước có vai trò như thế nào?*

-Đầu tiên chúng ta phải hiểu hệ sinh thái đô thị là gì. "Urban ecosystem" là hệ sinh thái nhân tạo bao gồm yếu tố hữu sinh chủ yếu là con người và môi trường sống được giới hạn trong một không gian (một đô thị, một thành phố...).

Hệ sinh thái đô thị, cũng giống như những hệ sinh thái khác, được tạo nên bởi các yếu tố sinh học (thực vật, động vật và những vật thể khác trong cuộc sống) và những yếu tố về vật lí (nước, không khí, nhiên liệu, các hiện tượng khí hậu, địa chất). Bên cạnh đó, các yếu tố vật lí trong hệ sinh thái đô thị còn bao gồm những tòa nhà, mạng lưới giao thông, cơ sở hạ tầng, cảnh quan đô thị và những biến đổi về môi trường từ những hoạt động của con người.

Chúng ta đều biết, nước có vai trò vô cùng quan trọng, là nguồn sống của con người, là khởi đầu cho sự hình thành và

phát triển đô thị, là cơ sở để hình thành những nền văn minh rực rỡ của nhân loại.

Nước không chỉ là yếu tố sinh thái mà còn giúp hình thành các cộng đồng. Trong lịch sử, các thành phố phát triển mạnh hầu như đều có vị trí gần nguồn nước (sông, hồ...). Các nền văn minh lớn đều được hình thành bên các con sông như: nền văn minh Ai Cập bên sông Nile, nền văn minh Lưỡng Hà giữa hai sông Tigre và Euphrate, nền văn minh Ấn Độ bên sông Ấn và sông Hằng. Hầu hết các đô thị trên thế giới đều được xây dựng bên cạnh những con sông hoặc những hồ lớn.

Theo quan niệm truyền thống của Việt Nam, nước là một trong năm thành tố tạo nên vũ trụ (ngũ hành: Kim, mộc, thủy, hỏa, thổ). Trong thuật phong thủy, nước là nơi dẫn truyền và tụ hội khí chất của trời đất. Nước cùng với địa hình tạo ra các thế đất phong thủy. Nhìn vào dòng chảy của nước và sắc thái của cây cỏ mà các thầy phong thủy có thể biết khí tốt tụ hội ở đâu. Vì nước là cội nguồn của sự sống nên có tính "Thiên". Tín ngưỡng thờ Thoải Phủ của dân tộc Việt Nam từ muôn đời nay là tục thờ Mẹ Sông Nước, Người tạo ra sự sống và một đời sống



Tại sao những mặt nước tự nhiên chúng ta lại cứ lấp đi rồi sau đó lại phải tạo lập hồ nhân tạo? Bản chất những mặt nước nhân tạo đó tạo ra giá trị rất cao, bởi nó giảm được mật độ xây dựng, điều hòa được khí hậu... Nhưng chúng không thể bằng được mặt nước tự nhiên có hệ thống hạ tầng được kết nối với hệ thống mạch nước từ các nhánh sông, ao hồ”.

PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa.



ấm no cho người dân, điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của nước trong môi trường sống của con người.

Nước và chu trình vận hành của nó là cấu thành quan trọng của hệ sinh thái đô thị. Ngoài ra, đối với các thành phần khác trong hệ sinh thái đô thị, nước còn có những vai trò quan trọng như sau:

Vai trò là tài nguyên quý giá: Nước là nguồn tài nguyên không thể thiếu đối với sự sống nói chung và con người nói riêng.

Vai trò sinh thái tự nhiên: Nước và chu trình của nó là nhân tố quan trọng hình thành các hệ sinh thái tự nhiên trong đô thị. Nước là cơ sở cho sự đa dạng sinh học.

Vai trò cảnh quan: Không gian mặt nước như hồ, sông, suối luôn là những cảnh quan hấp dẫn nhất trong các đô thị. Các cảnh quan tự nhiên khác trong đô thị đều có sự tham gia của nước.

Vai trò khí hậu: Quá trình trao đổi năng lượng của nước góp phần vào điều hòa vi khí hậu đô thị.

◆ Làm sao tạo ra không gian sống động cho đô thị để con người và tự nhiên sống trong hài hòa? Có phải nước sẽ là câu trả lời?

- Như tôi đã đề cập ở trên, nước có vai trò quan trọng trong việc tạo lập cảnh quan đô thị. Không gian mặt nước như hồ, sông, suối luôn là những cảnh quan hấp dẫn nhất trong các đô thị. Các cảnh quan tự nhiên khác trong đô thị đều có sự tham gia của nước. Nước còn có mối quan hệ cộng sinh với cây xanh và cùng nhau mang lại giá trị tuyệt vời cho không gian đô thị,

tăng cường sức khỏe của con người.

Nước luôn tạo nên nét đặc trưng cho đô thị. Hình ảnh của những dòng sông, những mặt hồ luôn là những hình ảnh gắn liền với hình ảnh của một thành phố. Hình ảnh của Hà Nội gắn với sông Hồng, hồ Gươm, hồ Tây, hình ảnh của TP Huế gắn với con sông Hương thơ mộng, Đà Nẵng là sông Hàn...

Nước là một nguồn tài nguyên quý giá để phát triển đô thị: Từ nước sinh hoạt, đến trồng trọt, giao thông, thương mại, và là một phần của cảnh quan. Tuy nhiên, vì nước thường bị coi là yếu tố hiển nhiên và bị gạt đi tầm quan trọng.

Hệ sinh thái đô thị chịu tác động trực tiếp từ sự vận hành của chu trình nước tự nhiên. Chu trình nước trong đô thị là một phần của chu trình nước tự nhiên nhưng chịu tác động của các yếu tố thành phần công nghệ như hạ tầng đô thị và các hoạt động của con người.

Chu trình nước tự nhiên trong đô thị cũng gồm các quá trình: Nước trong đô thị hóa hơi → Nước mưa rơi xuống, hình thành các dòng chảy mặt hoặc được thu gom bằng hệ thống thu gom nước mưa đô thị → Nước mặt được trữ trong các dòng sông, ao, hồ, hồ nhân tạo, và các đầm lầy nước ngọt trong đô thị → Nước thấm xuống đất và tạo thành các dòng chảy ngầm: Lượng nước thấm trong khu vực đô thị, ngoài ra còn có các dòng chảy ngầm tự nhiên qua khu vực đô thị.

Như vậy, chu trình vận hành nước tự nhiên liên quan đến việc trao đổi năng lượng, dẫn đến thay đổi nhiệt độ. Quá trình trao đổi năng lượng của nước góp phần vào điều hòa vi khí hậu đô thị.

Hiện nay các đô thị cũng đã tiếp cận rất nhiều đến quan



Bến thuyền Tràng An.

điểm về đô thị học cảnh quan, là một quan điểm được thế giới áp dụng từ lâu, nhưng ở Việt Nam chúng ta chưa chú trọng. Bây giờ chúng ta mới bắt đầu nhận thức đô thị học cảnh quan phải lấy yếu tố tự nhiên, đặc biệt yếu tố địa hình, mặt nước là một trong những yếu tố cơ bản, từ đó tạo nên cấu trúc của đô thị.

Ví dụ như TP Ninh Bình, khu vực Tràng An bây giờ tất cả yếu tố đó tạo lập bản sắc của đô thị, tạo nên cấu trúc của đô thị. Như đô thị Hoa Lư sắp hình thành sẽ phải lấy trục của các sông đi qua khu vực đô thị để làm trục tạo lập cảnh quan khu vực đô thị và tạo nên tính đặc trưng của đô thị. Đó là những yếu tố mà người làm trong lĩnh vực đô thị phải nhận thức được yếu tố mặt nước, sông ngòi rất quan trọng trong việc tạo lập cảnh quan về cấu trúc đô thị.

◆ Hệ sinh thái đô thị chịu tác động trực tiếp từ sự vận hành của chu trình nước tự nhiên, liên quan đến việc trao đổi năng lượng, dẫn đến thay đổi nhiệt độ. Thưa bà, tình trạng nóng lên tại các đô thị hiện nay có một phần của việc san lấp bờ bãi ao hồ, sử dụng nước chưa hợp lý?

- Đúng là như vậy! Đây là vấn đề đang được dư luận quan tâm. Thực tế ở một số đô thị của chúng ta cho thấy, quá trình đô thị hóa nhanh chóng đã làm tăng diện tích bề mặt bê tông và giảm không gian chứa nước. Các ao hồ bị san lấp và biến mất dần trong quá trình đô thị hoá, việc sử dụng nước bất hợp lý dẫn đến tình trạng thiếu nước, cạn kiệt nguồn nước thì chắc chắn sẽ ảnh hưởng lớn đến quá trình trao đổi năng lượng trong đô thị, làm cho nhiệt độ trong môi trường đô thị nóng

lên, tác động nghiêm trọng đến môi trường sống của người dân đô thị.

ĐÔ THỊ HÓA THIỂU KIỂM SOÁT LẤN ÁT VÙNG CẢNH QUAN TỰ NHIÊN

◆ Bà vừa nhắc đến vấn đề tác động của quá trình đô thị hóa. Vậy, những tác động của tình trạng ô nhiễm nguồn nước tại các thành phố đối với cảnh quan đô thị như thế nào, thưa bà?

- Hiện nay tình trạng đô thị hoá tràn lan và ô nhiễm nguồn nước trầm trọng đã biến nhiều con sông trong đô thị bị ô nhiễm và trở thành "sông chết", biến những mặt hồ thơ mộng thành ao tù, nước đọng.

Có thể lấy ví dụ ngay tại TP Hà Nội. Các con sông như sông Kim Ngưu, sông Nhuệ, sông Tô Lịch bị xả rác thải, nước thải trực tiếp ra sông, làm cho nước sông đen ngòm, bốc mùi hôi thối nồng nặc. Hồ Tây có nhiều góc mà mặt hồ đầy túi ni lông, rác rưởi, chất thải từ các nhà hàng, quán ăn xả ra hồ, nước hồ ô nhiễm làm cá chết, mùi xú uế nồng nặc.

Các sông, hồ, mặt nước bị ô nhiễm đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến cảnh quan đô thị. Đáng lẽ hai bên sông có thể quy hoạch thành các tuyến đi bộ, đi dạo, các không gian nghỉ ngơi, thư giãn cho người dân đô thị và tạo thành các tuyến cảnh quan mặt nước kết hợp cây xanh rất thú vị, thì nay do ô nhiễm mặt nước, rác thải trên bề mặt rất mất mỹ quan, mùi hôi thối từ mặt nước ô nhiễm làm cho không khí ô nhiễm, nhất là vào những ngày nắng nóng, nên người dân phải tránh xa. Các con sông và hồ nước ô nhiễm bị mất dần vai trò quan trọng trong



việc tạo lập cảnh quan đô thị.

◆ Lấy ví dụ, Hà Nội đang tìm nhiều giải pháp để cứu các dòng sông ô nhiễm. Điều đó chứng tỏ tầm quan trọng đặc biệt của các dòng sông với hệ sinh thái đô thị. Bà đánh giá thế nào về cách mà Hà Nội đang thực hiện, cụ thể là đối với sông Tô Lịch?

- Sông Tô Lịch với chiều dài khoảng 13,5 km chảy qua các quận nội thành của Hà Nội như: Đống Đa, Thanh Xuân, Cầu Giấy, Hoàng Mai và huyện Thanh Trì. Đây là sông được đánh giá là ô nhiễm nặng nhất Thủ đô.

Câu chuyện giải cứu “những dòng sông chết” ở Hà Nội cũng được bàn không ít lần, cả trong hội thảo lẫn trên diễn đàn của chính quyền thành phố, thậm chí là ở Quốc hội.

Nhiều đề án, dự án đã, đang được tiến hành với hàng nghìn tỷ đồng đầu tư. Ví dụ: đối với sông Tô Lịch, bắt đầu từ năm 2008, Công ty Thoát nước Hà Nội đã thử nghiệm việc dùng nước hồ Tây để cải thiện nước cho con sông này. Từ đó đến nay, nhiều dự án làm sạch nước đã được triển khai trên sông Tô Lịch như tạo bè thủy sinh, xây dựng cống bao... Có đề xuất cải tạo sông Tô Lịch thành công viên lịch sử - văn hóa - tâm linh và xây dựng các thiết chế văn hóa, hệ thống hầm ngầm chống ngập kết hợp cao tốc ngầm sông Tô Lịch.

Rất nhiều giải pháp được đưa ra nhằm làm sạch dòng sông, nhưng chưa thực sự hiệu quả. Theo thống kê mỗi ngày khoảng hơn 150 nghìn m³ nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp chưa qua xử lý thông qua hơn 300 cống xả thải, xả trực tiếp xuống sông Tô Lịch.

Triết gia Hy Lạp cổ đại Hippocrates cho rằng, đô thị được hình thành từ ba yếu tố là: Không khí, nước và nơi chốn (Hippocrates treatises: Airs, Waters and Places). Ba yếu tố trên cũng chính là những yếu tố tạo nên đời sống vật chất khỏe mạnh, đời sống tinh thần lành mạnh cho người dân đô thị. Nếu một đô thị mà không khí bụi bặm, mặt nước ô nhiễm và nơi chốn thiếu cảm xúc thì sớm muộn cũng sẽ là “thành phố chết”, sẽ chẳng còn ai muốn sống ở đó nữa.

Qua các cửa xả này, sông Tô Lịch tiếp nhận nước thải từ các khu dân cư, cơ sở kinh doanh, bệnh viện... Ở giữa sông, rác nổi bề mặt dù vẫn được công nhân thu dọn hằng ngày; nước sông chảy chậm cho thấy lưu lượng tiêu thoát không hề cao.

Vấn đề đặt ra ở đây là việc thu gom nước thải dọc các con sông chưa được đầu tư đồng bộ, chưa hoàn thiện. Đến nay, Hà Nội cũng đã có một số nhà máy xử lý nước thải như trạm xử lý nước thải Yên Xá nhưng vẫn đang trong giai đoạn thi công và hoàn thiện. Việc thu gom, xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật trước khi xả ra môi trường chưa được giải quyết triệt để. Cùng với đó, phải kiên quyết yêu cầu các khu, cụm công nghiệp xử lý nước thải trước khi xả thải ra hệ thống chung của thành phố.

Việc hồi sinh các dòng sông bị ô nhiễm của Hà Nội vẫn trong quá trình thực hiện. Do đó, Hà Nội cần quan tâm và ưu tiên cho những giải pháp lâu dài, cần sự vào cuộc của các ngành, người dân cũng như việc huy động mọi nguồn lực làm sống lại các dòng sông “chết”, tạo lập lại cảnh quan hai bên bờ sông, xung quanh các hồ nước, mặt nước để góp phần làm đẹp cảnh quan đô thị.

◆ Một điểm thấy rất rõ là, tiến trình đô thị hóa trong hơn hai thập kỷ qua ở Việt Nam đã đồng hành cùng với sự biến mất rộng lớn của các thực thể thu nước của các đô thị, làm tăng khả năng bị ngập lụt. Đặc biệt mới hiểm họa càng gia tăng khi hạ tầng kỹ thuật không đầy đủ. Bà có thể nói rõ hơn vấn đề này?

- Có thể nói, việc đô thị hoá tràn lan, thiếu kiểm soát, tình trạng bê tông hoá gia tăng trong hơn hai thập kỷ qua ở Việt Nam đã thu hẹp nghiêm trọng diện tích các hồ ao, sông ngòi và các khu vực thấm thấu, trữ nước. Đây là một trong những nguyên nhân gây ra tình trạng gia tăng ngập lụt tại đô thị cũng như cạn kiệt nguồn tài nguyên nước. Chỉ tính riêng cho Hà Nội, theo báo cáo của JICA, trong vòng 15 năm từ 1990 đến 2005, đã có 21/40 hồ tại Hà Nội bị biến mất, đồng nghĩa với việc 300 ha mặt hồ bị san lấp. Theo số liệu thống kê, trong vòng 50 năm qua, Hà Nội đã san lấp khoảng 80% diện tích mặt nước lấy chỗ cho các công trình xây dựng.

Không ai tin đó là sự thật! Nhưng nếu hiểu nghĩa mặt nước



Hồ và biển nhân tạo ở Vinhomes Oceanpark 1.

theo nghĩa rộng - con số này xem ra rất có cơ sở. Như vậy, khả năng tiêu thoát nước đô thị đã giảm nghiêm trọng. Thêm vào đó, tình trạng biến đổi khí hậu (BĐKH) và thiên tai ngày càng gay gắt, hệ thống hạ tầng thoát nước đô thị xuống cấp, bị quá tải do đô thị hoá nhanh chóng, rất nhiều diện tích đất canh tác, vùng đệm xanh có khả năng thấm hút nước cao đã bị bê tông hoá... đã làm cho tình trạng ngập lụt đô thị ngày càng trầm trọng, ảnh hưởng đến giao thông kết nối, đến chất lượng môi trường sống và ảnh hưởng tiêu cực đến phát triển kinh tế - xã hội.

Yêu cầu khơi thông dòng chảy, khôi phục và bảo vệ các vùng cảnh quan tự nhiên, các vùng có khả năng trữ nước và thấm thấu nước, bảo vệ nguồn tài nguyên nước (nước ngầm và nước mặt) là những vấn đề hết sức cấp bách đặt ra cho chúng ta hiện nay, không chỉ có các đô thị mà trên toàn quốc gia. Vấn đề này cần sự tham gia của các cấp, các ngành, nhiều bên liên quan, sự chung tay của nhà quản lý, nhà chuyên môn và người dân.

XANH HÓA VÙNG HẠ TẦNG XÁM

◆ Là người nghiên cứu và trực tiếp tham gia các dự án cải tạo, tăng cường năng lực chống chịu cho các đô thị ở Việt Nam. Theo bà, có những vấn đề nào từ thực tiễn cần lưu ý trong nhận thức về đô thị học cảnh quan?

- Trước đây, chúng tôi có tham gia một số dự án của World Bank cũng như của Tổ chức phát triển của Pháp tập trung về BĐKH làm sao phòng chống ngập lụt cho đô thị của Việt Nam. Trong đó có dự án lớn tại TP Cần Thơ về quy hoạch đô thị, xây dựng dữ liệu quản lý rủi ro ngập lụt cho TP Cần Thơ.

Thực hiện dự án, chúng tôi tích hợp yếu tố dự báo ngập lụt đưa vào trong quy hoạch đô thị với các thông tin về quy hoạch đô thị, trong đó lồng ghép với thông tin về rủi ro ngập lụt các khu vực có khả năng ngập lụt trong tương lai. Từ đó quy hoạch đô thị sẽ có giải pháp như thế nào để làm cốt cao độ nền với những khu vực có thể trữ được nước mưa hoặc tăng cường khả năng thoát nước. Đồng thời, giúp cho nhà quản lý và người dân hiểu được để có giải pháp ứng phó tốt với tình trạng ngập lụt.

Một dự án chúng tôi vừa làm xong với Cục Phát triển đô thị (Bộ Xây dựng) và dự án AFD của Tổ chức phát triển Pháp về nghiên cứu bộ chỉ số về tăng cường năng lực chống chịu cho đô thị. Trong các đô thị của Việt Nam để ứng phó với BĐKH, bộ chỉ số về tăng cường cho đô thị này có rất nhiều chỉ số liên quan đến hạ tầng và môi trường đô thị.

Làm thế nào để hệ thống thoát nước đô thị phải bảo đảm được nhu cầu thoát nước trong tình trạng khí hậu cực đoan hoặc những trường hợp thiên tai xảy ra, thì năng lực thoát nước của đô thị phải được đảm bảo, cũng như chỉ số này đánh giá về đô thị có quan tâm đến việc hệ thống mặt nước sông hồ có thường xuyên khai thông nó, duy tu bảo dưỡng hệ thống thoát nước trong đô thị hay không và có áp dụng các giải pháp thoát nước bền vững đô thị và những giải pháp thuận thiên, làm sao để vấn đề nước sẽ được giải quyết, đặc biệt là tình trạng ngập lụt đô thị, tình trạng xâm mặn, cạn kiệt nguồn nước ngầm dẫn đến thiếu hụt nguồn nước sạch trong đô thị.

Đó là những vấn đề mà tất cả các đô thị đang quan tâm



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng nguyên tắc và các giải pháp ứng dụng trong thành phố Bọt biển để tối đa hoá khả năng hấp thụ, thấm thấu nước và tái sử dụng nước cho hoạt động đô thị.



Hình 2. Áp dụng mô hình mái xanh thu gom nước tại Rummelsburg, Berlin, CHLB Đức. Các chung cư và nhà cao tầng được phủ xanh và có hệ thống thu gom nước dẫn xuống bể ngầm dưới chân công trình.



Hình 3. Công viên ngập nước Tanner Springs Portland, Oregon (Hoa Kỳ). Thiết kế đô thị chú trọng yếu tố nước. Công viên có thể giữ nước mưa, trữ nước mưa, lọc sinh học trước khi nước ngấm vào mạch nước ngầm, tạo ra chu trình thu gom, điều tiết, tái sử dụng nước mưa.

và Bộ Xây dựng cần phải xây dựng bộ tiêu chí để đánh giá năng lực chống chịu này và bản chất không phải là chỉ có tính điểm cho việc nâng loại đô thị mà khi có bộ chỉ số đánh giá về năng lực chống chịu cho các đô thị sẽ thấy được rằng hiện nay mình đang yếu ở mảng nào, năng lực chống chịu đô thị, đặc biệt trong mảng hạ tầng đô thị, hay thể chế chính sách còn yếu như thế nào và cần phải cải thiện trong tương lai?



Theo tôi, những chuyên gia về quy hoạch đô thị hoặc những nhà quản lý cần đưa ra những quyết định về quy hoạch phát triển đô thị phải đặt yếu tố về mặt nước. Hệ thống mặt nước tự nhiên là yếu tố vô cùng quan trọng trong việc tạo lập cấu trúc đô thị, tạo cảnh quan đô thị".

❖ Với những đô thị dễ bị tổn thương như Cần Thơ, Huế, Hà Nội trong quá trình xem xét xây dựng chiến lược để thích ứng, theo bà cần có lưu ý gì trước tác động của nước trong quá trình tạo lập cảnh quan đô thị?

- Theo tôi, đầu tiên là vấn đề tác động của BĐKH, các đô thị của Việt Nam, đặc biệt đô thị ven biển chịu tác động lớn của BĐKH. Như kịch bản BĐKH năm 2020 mà Bộ TN&MT đã công

bố, đến nửa cuối thế kỷ 21 sang thế kỷ 22 rất nhiều khu vực nếu nước biển dâng 100 mm thì diện tích ngập sẽ tăng cao, cộng với tác động của mưa và khí hậu cực đoan nó sẽ dẫn đến tình trạng ngập lụt lớn. Để giải quyết được tình trạng ngập lụt này liên quan rất nhiều đến hệ thống thoát nước bền vững, đặc biệt là thoát nước mưa. Và cơ sở hạ tầng phải được nghiên cứu để kết nối với các hệ thống mặt nước trong đô thị, hệ thống sông ngòi kênh rạch trong đô thị để có thể tăng cường khả năng thoát nước.

Tôi xin nhấn mạnh ở đây là khả năng thoát nước bền vững. Có nghĩa là, phải hướng làm sao gia tăng diện tích thấm thấu, lưu trữ nước, để có thể được tái sử dụng. Phải tăng cường diện tích đất không bị bê tông hóa. Đây là một trong những yếu tố liên quan đến thoát nước mặt, chống ngập lụt.

Yếu tố nữa là, để tạo lập cảnh quan trong đô thị thì bao giờ các đô thị cũng thường được hình thành ở gần nguồn nước. Các đô thị của Việt Nam thường gắn liền với các con sông, cảnh quan đô thị gắn liền với dòng sông. Tất nhiên có những con sông dữ dội cần phải có giải pháp trấn an các dòng sông để con người có thể chung sống một cách hài hòa với nước.

BĐKH và đô thị hóa nhanh chóng đã làm tăng diện tích bề mặt bê tông và giảm không gian chứa nước. Điều này dẫn đến lưu lượng dòng chảy tăng lên, gây ra tình trạng ngập úng cực bộ khi có mưa lớn, đặc biệt khi triều cường diễn ra cùng lúc. Để đối phó với những tình huống khắc nghiệt này, nếu chỉ dựa vào các giải pháp cơ sở hạ tầng xám tốn kém là chưa đủ; cần có cơ sở hạ tầng xanh để phát triển môi trường đô thị bền vững.

♦ Vậy trong quy hoạch phát triển đô thị, chúng ta cần ứng xử với những đô thị nhạy cảm về nước thế nào, thưa bà?

- Đây thật sự cũng là trăn trở của những người làm công tác quy hoạch, thiết kế đô thị. Ví dụ dòng sông Hồng trước đây 20 năm, cứ mùa lũ đến nước ngập cao, người dân bãi Phúc Xá hoặc khu vực xung quanh sông Hồng phải di tản vào trong nội đô. Mùa mưa lũ, nước sông Hồng dâng cao, khi đó cảm giác con sông rất dữ tợn và sợ hãi nhưng bây giờ có thời điểm sông Hồng thậm chí còn cạn nước. Điều này cho thấy người dân đã quay lưng lại với dòng sông.

Trước đây dòng sông có vai trò quan trọng trong đô thị, là nơi lưu thông các phương tiện chủ yếu. Tất cả các nguồn sản phẩm từ các tỉnh cũng như nguyên liệu than, gỗ đá cho các làng nghề, và cuộc sống gắn liền với dòng sông. Khi quá trình đô thị hóa quá nhanh, con người thay đổi phương thức giao thông, đặc biệt là khi xây dựng nhiều cây cầu thì vai trò của dòng sông bị giảm đi, và chúng ta không còn kết nối nhiều với sông nữa. Nhưng thực tế hiện nay nhìn lại chúng ta thấy dòng sông vẫn có vai trò rất quan trọng, nó là khoảng mở lớn trong đô thị, cung cấp phù sa, nuôi sống các làng nghề xung quanh, mà các làng nghề đó hỗ trợ rất nhiều cho đô thị, như làng rau Thanh Trì, làng gốm Bát Tràng, làng Dư Xá, Đông Dư... cung cấp nhiều hoa quả.

Qua đó thấy được vai trò của con sông quan trọng như thế nào. Ví dụ, hiện nay, những khu đô thị mới của Tập đoàn Vingroup, SunGroup đã phải thiết kế mặt nước nhân tạo để tăng không gian sống và giá trị bất động sản. Đô thị Vinhomes Cổ Loa được chủ đầu tư tạo mặt nước cảnh quan từ kênh nhỏ

mở rộng ra thành hồ lớn, làm thành trục cảnh quan mặt nước cực kỳ lớn trong khu đô thị. Hay dự án Vinhomes Oceanpark 1 cũng được chủ đầu tư tạo nhiều hồ và biển nhân tạo, khi đó những biệt thự sát hồ có giá bán rất cao.

HÃY TRẢ LẠI PHẦN TÀI NGUYÊN MÀ CON NGƯỜI ĐÃ LẤY ĐI!

♦ Địa chất, địa mạo của từng vùng đất có ảnh hưởng đến việc lựa chọn xây dựng các khu đô thị. Có những bài học nào đặt ra cho việc lựa chọn phát triển đô thị gắn với vấn đề liên quan đến nước, thưa bà?

- Có rất nhiều bài học trong việc lựa chọn phát triển đô thị gắn với các vấn đề liên quan đến nước, xem xét vai trò của nước trong việc tạo lập cảnh quan đô thị và tăng cường năng lực thích ứng với nước trong quy hoạch và thiết kế đô thị, ứng phó với BĐKH.

Lý thuyết về Đô thị học cảnh quan (Landscape Urbanism) áp dụng trong quy hoạch và thiết kế đô thị đã nhấn mạnh rằng 'cảnh quan tự nhiên' chính là thành tố cơ sở để cấu trúc nên đô thị và nâng cao chất lượng không gian đô thị, chứ không phải là các yếu tố nhân tạo. Ba nguyên tắc chủ đạo của lý thuyết này liên quan đến yếu tố nước, như: cảnh quan tự nhiên của các khu vực mặt nước, cây xanh cần được coi như các yếu tố quyết định cấu trúc đô thị; hạ tầng hữu cơ, những hệ thống "hạ tầng tự nhiên" sẵn có như hệ thống nước, hệ thống cây xanh cần được quan tâm hơn các cơ sở hạ tầng kỹ thuật (như đường sá, sân bay...); tôn trọng, nâng niu môi trường sinh thái tự nhiên (bao gồm mặt nước) khi tạo dựng môi trường đô thị.

Có một số ví dụ về việc Áp dụng mô hình, nguyên tắc quy hoạch tích hợp việc thích ứng với BĐKH trong các đô án quy hoạch từ quy hoạch chung, quy hoạch phân khu đến quy hoạch chi tiết, trong đó chú trọng tích hợp quy hoạch hạ tầng "xanh", quy hoạch thoát nước bền vững, thiết kế kiến trúc cảnh quan sinh thái, điển hình là Mô hình quy hoạch "thành phố bọt biển" - "Sponge city".

Đây là mô hình quy hoạch mà rất nhiều thành phố trên thế giới đã áp dụng thành công như tại Rummelsberg (CHLB Đức), Portland, Oregon (Hoa Kỳ), đặc biệt là các thành phố ở Trung Quốc như Vũ Hán, Giao Châu Thanh Đảo...

Mô hình này có thể áp dụng cho nhiều đô thị ở Việt Nam, vừa có tác dụng giảm nguy cơ ngập lụt và tạo môi trường cảnh quan sinh thái đẹp cho đô thị.

Các mô hình tương tự mô hình "thành phố bọt biển" có thể áp dụng như: Quy hoạch hệ thống thoát nước bền vững (Sustainable Drainage System-SuDS) ở Anh, mô hình quy hoạch phát triển tác động thấp (Low Impact Development-LID) ở Hoa Kỳ; Mô hình thiết kế đô thị thích ứng về Nước (Water Sensitive Urban Design WSUD) ở Úc, Giải pháp dựa vào thiên nhiên (Nature-based solutions-NBS) ở châu Âu; Hệ thống Thực hành quản lý hiệu quả (Best Management Practice BMP) ở Úc, quy hoạch hạ tầng Xanh (Green Infrastructure) ở Hoa Kỳ.

♦ Thưa bà, vậy đã đến lúc chúng ta cần hướng khôi phục và bảo vệ các vùng cảnh quan tự nhiên (ao hồ, mặt đất...) để tăng khả năng hấp thụ nước, "trả lại" cho đất một phần

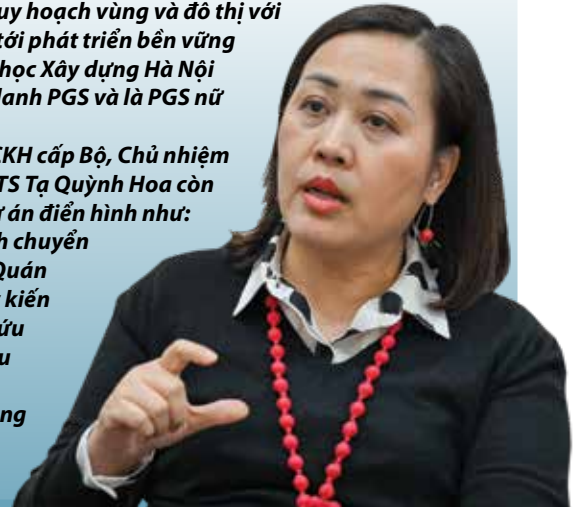
PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa, sinh năm 1975, tại Hà Nội, tốt nghiệp thủ khoa Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội năm 1997.

Năm 2001 nhận bằng Thạc sỹ ngành kiến trúc tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, sau đó theo học thạc sỹ chuyên ngành Thiết kế đô thị tại trường Đại học Melbourne (Australia) và nhận tấm bằng danh giá của trường đại học hàng đầu Australia năm 2004.

Năm 2015, bà bảo vệ xuất sắc luận án Tiến sỹ ngành Quy hoạch chuyên ngành quy hoạch vùng và đô thị với đề tài “Quy hoạch chi tiết đô thị với sự tham gia của cộng đồng Việt Nam hướng tới phát triển bền vững với những kiến thức về lý luận thực tiễn và kinh nghiệm quốc tế”, tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội Tháng 11/2022, bà được Hội đồng Giáo sư Nhà nước công nhận đạt chuẩn chức danh PGS và là PGS nữ duy nhất của ngành Kiến trúc - Xây dựng trên cả nước trong năm 2022.

Đến nay, đã hướng dẫn thành công 07 học viên cao học, hoàn thành 03 đề tài NCKH cấp Bộ, Chủ nhiệm 02 đề tài NCKH trọng điểm, chủ nhiệm 04 đề tài NCKH cấp trường. Ngoài ra PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa còn chủ trì nhiều hội thảo quốc tế và các dự án hợp tác quốc tế, trong đó có những dự án điển hình như: Nghiên cứu sự phát triển của các khu đô thị mới tại Hà Nội tác động đến quá trình chuyển đổi cấu trúc của các làng xã kề cận. Trường hợp nghiên cứu: khu đô thị mới Văn Quán (Hà Đông, Hà Nội); Nghiên cứu hệ thống giám sát và đánh giá hiệu quả việc lấy ý kiến cộng đồng trong đồ án quy hoạch chi tiết xây dựng đô thị tại Việt Nam; Nghiên cứu sự chuyển đổi các không gian công cộng cho giới trẻ tại Dự án hợp tác nghiên cứu TRYSACE với Canada, Pháp, Mexico,...

Hiện nay, PGS.TS Tạ Quỳnh Hoa đang là Trường Khoa đào tạo Quốc tế, Giám đốc Trung tâm hợp tác Đào tạo và tư vấn quốc tế (CCEC), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.



nước ngầm mà chính con người đã lấy đi?

Ở trên tôi đã nêu về vai trò của nước đối với hệ sinh thái đô thị, xét trên các khía cạnh khác nhau: là tài nguyên không thể thiếu, là nhân tố quan trọng hình thành hệ sinh thái tự nhiên, vai trò tạo lập cảnh quan, vai trò điều hoà vi khí hậu.

Như vậy, để hướng đến hệ sinh thái đô thị bền vững, các phương pháp tiếp cận nước bền vững cũng sẽ nhằm gìn giữ và phát huy cả 4 vai trò của nước đối với hệ sinh thái đô thị.

Để bảo vệ tài nguyên nước và chống suy giảm lượng nước ngầm, cần giảm thiểu sự tác động vào chu trình nước tự nhiên trong đô thị. Trên thực tế, chu trình nước tự nhiên trong đô thị chịu tác động rất nhiều của các tác nhân nhân tạo như các công trình thủy lợi, ao hồ nhân tạo, hệ thống thu gom và thoát nước... Các tác động nhân tạo và chu trình nước được điều chỉnh sao cho càng giống với điều kiện tự nhiên càng tốt. Các bề mặt cần được thay đổi sao cho có thể thấm giống như tự nhiên. Các dòng chảy mặt, các vùng trữ nước ngọt được hình thành với tính chất giống với điều kiện tự nhiên... được bố trí sắp xếp tại những vị trí ít làm thay đổi hoặc đảo ngược các dòng chảy tự nhiên. Cách tiếp cận tự nhiên này cố gắng tuân thủ hoặc mô phỏng những quy luật tự nhiên vốn có của chu trình nước tự nhiên.

Đối với vai trò tạo lập cảnh quan: Trong công tác lập quy hoạch xây dựng đô thị, nên chú trọng yếu tố nước và coi đây là một trong những thành tố cơ sở để cấu trúc nên đô thị và nâng cao chất lượng không gian đô thị. Các tuyến sông hồ, mặt nước kết hợp với cây xanh sẽ tạo lập các trục không gian cảnh quan cho đô thị, tạo nên những không gian mở, không gian công cộng hấp dẫn, có lợi cho sức khoẻ cộng đồng. Các hồ nước tự nhiên, hồ điều hòa được thiết kế.

Bên cạnh đó, cần tiếp cận theo hướng tăng cường năng lực thích ứng của đô thị thông qua yếu tố nước. Chu trình nước trong đô thị là chu trình mở, nó chịu tác động của các

hoạt động tự nhiên và khí hậu bên ngoài. Tác động bên ngoài có thể gây ra các hiện tượng cực đoan đối với chu trình nước. Hiện tượng quá dư thừa nước gây nên lũ lụt hay hiện tượng hạn hán khan hiếm nước. Các đô thị tiếp cận bằng cách tăng khả năng thích ứng của mình đối với các tác động tiêu cực của nước. Các giải pháp thích ứng có thể bao gồm các giải pháp tại chỗ trong thời gian ngắn, như xây dựng các hệ thống thoát nước thải và thoát nước mưa bền vững SUDS (Sustainable Urban Drainage System) hay các giải pháp thích ứng chiến lược trong thời gian dài như quy hoạch và thiết kế đô thị thích ứng với nước nhằm hạn chế hoặc né tránh những tác động tiêu cực của nước đối với đô thị (Mô hình thành phố bọt biển, thành phố xanh, các giải pháp quy hoạch và thiết kế thuận thiên...); đồng thời phát triển những công nghệ thích hợp như công nghệ xử lý nước thải, công nghệ thu gom, trữ nước mưa và tái sử dụng nước...

Như vậy, có thể kết luận rằng, nước đóng góp vai trò rất quan trọng trong hệ sinh thái đô thị nói chung. Mối quan hệ giữa nước và hệ sinh thái đô thị phản ánh mối quan hệ của con người với nước, với hệ sinh thái tự nhiên. Việc nhận thức được vai trò, tầm quan trọng của nước trong hệ sinh thái đô thị và việc gìn giữ tài nguyên nước, phát huy vai trò tạo lập cảnh quan, điều hoà khí hậu, tăng cường năng lực ứng phó/ thích ứng của đô thị trước nguy cơ ngập lụt... cần sự chung tay của các bên liên quan, đặc biệt là của cộng đồng và các nhà chuyên môn. Hy vọng trong tương lai, các đô thị Việt Nam sẽ có được các định hướng, chiến lược dài hạn và các kế hoạch hành động cụ thể để các đô thị sẽ giải quyết được các vấn đề liên quan đến nước, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững. ❖

❖ Trân trọng cảm ơn bà về cuộc trò chuyện!

Nên “chia sẻ rủi ro” với 13 tỷ USD điện mặt trời!



NGUYỄN HOÀNG LINH

“Lợi ích hài hòa, rủi ro chia sẻ”, đó là câu nói quen thuộc của Thủ tướng Phạm Minh Chính với các đối tác nước ngoài khi khẳng định quan điểm của Chính phủ Việt Nam trong lĩnh vực FDI. Ngày 05/3/2025, là đơn kiến nghị tập thể của 13 nhà đầu tư nước ngoài cùng 14 doanh nghiệp trong nước về bờ vực phá sản của 13 tỷ USD đầu tư vào điện mặt trời đang hiển hiện vì những rủi ro ngoài ý muốn... khiến nhiều người phải suy nghĩ.

“NGÒI KÍCH NỔ” CỰC KỲ HẤP DẪN!

Sự việc bắt đầu từ khi Thủ tướng Chính phủ ra Quyết định số 11/2017/QĐ-TTg về cơ chế khuyến khích phát triển dự án điện mặt trời. Đó là chủ trương tất yếu khi Việt Nam đang cùng cả loài người chống biến đổi khí hậu, khi nguồn thủy điện của đất nước gần hết dự lượng, điện than đang xu thế thu hẹp, khi điện hạt nhân tạm dừng và nguồn tài nguyên năng lượng mặt trời dồi dào...

Cơ chế khuyến khích của Chính phủ khi đó cực kỳ hấp dẫn. Thí dụ, theo Điều 9, Trách nhiệm mua điện từ các dự án điện mặt trời:

1. Bên mua điện có trách nhiệm mua toàn bộ điện năng được sản xuất từ các dự án điện mặt trời; ưu tiên khai thác toàn bộ công suất, điện năng phát của các dự án điện mặt trời đưa vào vận hành thương mại...

4. Thời hạn của hợp đồng mua bán điện đối với các dự án điện mặt trời là 20 năm kể từ ngày vận hành thương mại. Sau 20 năm, hai bên có thể gia hạn thời gian hợp đồng hoặc ký hợp đồng mới theo quy định của pháp luật hiện hành.

Bên cạnh những ưu đãi về vốn đầu tư và thuế, về đất đai, điểm hấp dẫn nằm ở cơ chế giá. Điều 12, giá điện của các dự án điện mặt trời được quy định với mức giá ưu đãi (FIT) có thời hạn:

1. Đối với dự án nổi lưới

a) Bên mua điện có trách nhiệm mua toàn bộ sản lượng điện từ các dự án nổi lưới với giá mua điện tại điểm giao nhận điện là 2.086 đồng/kWh (chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng, tương đương với 9,35 Uscent/kWh, theo tỷ giá trung tâm của đồng Việt Nam với đô la Mỹ do Ngân hàng Nhà nước Việt Nam công bố ngày 10/4/2017 là 22.316 đồng/USD). Giá bán điện được điều

chỉnh theo biến động của tỷ giá đồng/USD. Giá điện này chỉ áp dụng cho các dự án nổi lưới có hiệu suất của tế bào quang điện (solar cell) lớn hơn 16% hoặc module lớn hơn 15%.

b) Việc điều chỉnh giá mua bán điện theo biến động của tỷ giá đồng/USD cho các dự án nổi lưới được thực hiện theo Hợp đồng mua bán điện mẫu do Bộ Công Thương ban hành.

Điều 16. Hiệu lực thi hành

1. Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 01/6/2017 đến ngày 30/6/2019.

CUỘC CHẠY ĐUA GIÁ FIT VÀ NHỮNG LỢI DỤNG

Trước đó ít lâu, một thông tin “khủng” được phát đi đã làm chấn động giới đầu tư năng lượng toàn cầu: Vượng quốc Dubai (thuộc Các tiểu vương quốc Arab thống nhất - UAE) vừa thiết lập kỷ lục thế giới mới về giá điện mặt trời. Công ty Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) đã nhận được mức bỏ thầu cho dự án Nhà máy điện Mặt trời Sheikh Maktoum Solar Park Phase III với mức giá thấp kỷ lục, chỉ 3,00 Uscents/kWh (tương đương 666 VNĐ) cho mỗi kWh điện.

Tại thời điểm mở thầu, DEWA chỉ dự định cho một cơ sở sản xuất 200 MW điện xoay chiều, nhưng với kết quả này, trong những giai đoạn tiếp theo, dự án đang có tiềm năng trở thành nhà máy điện mặt trời lớn nhất thế giới với công suất 800 MW.

Kỷ lục này đã mở toang cánh cửa không chỉ trong nhận thức mà dự báo cả trong làn sóng đầu tư trong tương lai của loài người về lĩnh vực năng lượng mặt trời. Nó chắc chắn sẽ làm chấn động không chỉ ở những nước giàu có mà ngay với Việt Nam, một quốc gia đang có nguồn tài nguyên vô hạn trong lĩnh vực này.



XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC

Nay với cam kết của Chính phủ Việt Nam về giá FIT ưu đãi giao cho Tập đoàn Điện lực EVN: “Bên mua điện có trách nhiệm mua toàn bộ sản lượng điện từ các dự án nối lưới với giá mua điện tại điểm giao nhận điện là 2.086 đồng/kWh (chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng, tương đương với 9,35 Uscent/kWh, theo tỷ giá trung tâm của đồng Việt Nam với đô la Mỹ do Ngân hàng Nhà nước Việt Nam công bố ngày 10/4/2017 là 22.316 đồng/USD). Giá bán điện được điều chỉnh theo biến động của tỷ giá đồng/USD” thật quá hấp dẫn.

Đã có nhận xét, đây là một chính sách có thể gây thiệt hại cho nền kinh tế đất nước trong tương lai! Là một bài học đắt giá về thiếu thông tin, thiếu kiến thức, thiếu tầm nhìn vĩ mô... khi định vị một bài toán kinh tế cố định của một quốc gia trong một thị trường đầy biến động. Nhưng hy vọng đây là một chính sách có thời hạn nên cái được sẽ lớn hơn cái mất!

Chính vì chính sách quá hấp dẫn ấy, kể từ ngày Thủ tướng Chính phủ ra Quyết định số 11/2017/QĐ-TTg, cuộc đua đầu tư điện mặt trời tại Việt Nam diễn ra mãnh liệt như cơn sóng thần chưa từng có để đạt được trước mốc thời gian 30/6/2019. Theo nhận định của các chuyên gia năm 2020, vốn trái phiếu huy động cho các dự án điện mặt trời lên đến 29.900 tỷ đồng, tăng 254% so với năm 2019. Về tín dụng, tính đến cuối năm 2020, các ngân hàng đã rót 84.000 tỷ đồng cho vay năng lượng tái tạo, phần lớn là cho vay các dự án điện mặt trời.

Vi lợi nhuận kỳ vọng có tỷ lệ cao như vậy nên cuộc chạy đua vào danh mục đầu tư trong tiêu chuẩn ưu đãi cả công khai và thế giới ngầm. Như mọi người đã biết, một vụ án được xét xử công khai thời gian gần đây đối với một số cán bộ có trách nhiệm tại Bộ Công Thương. Tại vụ án này, các cơ quan tố tụng đã xác định một vị Thứ trưởng Bộ Công Thương cùng cộng sự “vi động cơ vụ lợi”, tạo cơ chế cho một tập đoàn tư nhân đầu tư điện mặt trời vào danh sách ưu đãi giá. Ông bị cáo buộc “cố ý điều chỉnh câu chữ, thay đổi diện đối tượng được hưởng chính sách giá điện ưu đãi”, không đúng quy định của pháp luật. Theo cáo trạng, hành vi của vị Thứ trưởng nọ bị cáo buộc dẫn đến hậu quả gây thiệt hại cho Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) hơn 1.000 tỷ đồng...

“CHÁY THÀNH VÀ LÂY”

Việc thanh tra đồng loạt các dự án năng lượng tái tạo (điện mặt trời, gió) vận hành thương mại (COD), nhưng chưa có văn bản chấp thuận kết quả kiểm tra nghiệm thu của cơ quan chức năng tại thời điểm COD hoặc trong thời gian được hưởng các mức giá mua điện ưu đãi (giá FIT1, FIT2) đã được đem ra soi xét.

Theo báo cáo của Bộ Công Thương, có 173 nhà máy hoặc phần nhà máy điện mặt trời, điện gió nối lưới gặp tình huống này. Trong đó, có gần 150 dự án điện mặt trời tập trung đang hoạt động trên hệ thống điện quốc gia. Kể từ tháng 9/2023, nhiều dự án bị trì hoãn thanh toán vô thời hạn hoặc thanh toán một phần.

Việc các nhà máy điện mặt trời đã COD phải đối mặt với thực tế sẽ không còn được hưởng các mức giá bán điện như đang hưởng là 9,35 Uscent/kWh của FIT1 hay 7,09 Uscent/kWh của FIT2 để xuống hưởng các mức thấp hơn, thậm chí là không quá giá trần 1.184,9 đồng/kWh theo Quyết định 21/QĐ-BCT ban

Đây là một bài toán khó với những ai thiếu công tâm, thiếu hiểu biết, thiếu quyết đoán, thiếu tinh thần dám chịu trách nhiệm và đặc biệt là bàn tay phải sạch sẽ, bởi 154 dự án là cần đến 154 chữ ký, mà chỉ một chữ ký là liên quan đến cả nghìn tỷ đồng...

hành đầu năm 2023 cho các dự án chuyển tiếp đã khiến các doanh nghiệp cực kỳ khó khăn, đối diện với nguy cơ phá sản!

Trong lá đơn kiến nghị tập thể của 13 nhà đầu tư nước ngoài cùng 14 doanh nghiệp trong nước về bờ vực phá sản của 13 tỷ USD đầu tư vào điện mặt trời ngày 05/3/2025 có một cụm từ đáng quan tâm là “văn bản chấp thuận kết quả kiểm tra nghiệm thu của cơ quan chức năng”. Theo các nhà đầu tư, quy định tại thời điểm các dự án này đạt COD không yêu cầu chấp nhận nghiệm thu. Thực tế, phải đến Thông tư 10/2023/TT-BCT ngày 09/6/2023 của Bộ Công Thương mới đưa yêu cầu phải có văn bản này trước khi xin cấp giấy phép hoạt động điện lực. Trong khi đó, các dự án này đều vận hành COD trước hoặc trong năm 2021(?!).

Các doanh nghiệp này cho rằng “việc này đi ngược với nguyên tắc không được áp dụng hồi tố của Luật Đầu tư” và đề nghị Chính phủ, Bộ Công Thương xác nhận và thi hành ngày COD đã chấp thuận ban đầu, không áp dụng hồi tố. Họ cũng yêu cầu phía EVN đảm bảo thanh toán đầy đủ, đúng hạn cho các dự án bị ảnh hưởng.

Một yếu tố nữa cũng cần ghi nhận trong sự việc này, đó là lỗi điều hành từ Bộ Công Thương. Lãnh đạo Bộ đã từng nhận rằng, chủ trương phát triển năng lượng tái tạo mới, chưa có tiền lệ, thiếu kinh nghiệm, hệ thống pháp luật chưa hoàn chỉnh. Do đó, quá trình thực hiện phát sinh một số sai phạm đã được Thanh tra Chính phủ kết luận.

Như vậy, rủi ro pháp lý lần này cũng rất cần được chia sẻ với các nhà đầu tư.

CHỦ TRƯỞNG ĐÃ CÓ, CHỜ NGƯỜI RA QUYẾT ĐỊNH CỤ THỂ...

Thực ra, tại hội nghị chiều 12/12/2024, Thủ tướng Phạm Minh Chính cho biết, Chính phủ đã đưa ra quan điểm, nguyên tắc chung để giải quyết, gỡ vướng khó khăn cho 154 dự án điện tái tạo trên, nhất là với các bên không cố ý vi phạm. Thủ tướng khẳng định: “Không hợp thức hóa sai phạm nhưng có giải pháp, cơ chế để giải quyết dứt điểm”.

Đây là chủ trương nhằm để không lãng phí nguồn lực xã hội, giữ niềm tin của nhà đầu tư trong, ngoài nước. Thủ tướng lưu ý các sai phạm cần được bóc tách, xử lý trách nhiệm cụ thể với các cá nhân liên quan: “Chính phủ chủ trương, các địa phương phải cùng doanh nghiệp tháo gỡ. Đặc biệt, nghiêm cấm chạy chọt, tiêu cực, tham nhũng rồi lại phải xử lý”.

“Lợi ích hài hòa, rủi ro chia sẻ”. Tuy nhiên đây là một bài toán khó với những ai thiếu công tâm, thiếu hiểu biết, thiếu quyết đoán, thiếu tinh thần dám chịu trách nhiệm và đặc biệt là bàn tay phải sạch sẽ, bởi 154 dự án là cần đến 154 chữ ký, mà chỉ một chữ ký là liên quan đến cả nghìn tỷ đồng... ❖

Quy hoạch xây dựng không gian ngầm đô thị

> AN NHIÊN

Trong quá trình xây dựng, cải tạo và phát triển đô thị việc kết hợp chặt chẽ và hữu cơ giữa các công trình trên mặt đất và công trình được xây dựng dưới mặt đất là rất cần thiết.

Cuốn sách “Quy hoạch xây dựng công trình ngầm đô thị” của tác giả Nguyễn Hồng Tiến, được tổng hợp và biên soạn từ năm 2014, dựa trên một số tài liệu của nước ngoài đã được dịch và phổ biến ở Việt Nam; các nghiên cứu khoa học, các bài viết của các nhà khoa học, các nhà tư vấn, xây dựng trong một số hội thảo khoa học chuyên đề được tổ chức tại Hà Nội, TP.HCM; và một số nội dung cơ bản của Luật Quy hoạch đô thị, Luật Xây dựng và Nghị định của Chính phủ về Quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị.

Kinh nghiệm và bài học trong xây dựng ở các đô thị lớn trên thế giới đều hướng tới việc tìm cách khai thác không gian ngầm với nhiều mục đích khác nhau hoặc kết hợp với nhau về kinh tế, kỹ thuật, xã hội, môi trường, an ninh và quốc phòng đồng thời ban hành các quy định cụ thể về quản lý xây dựng các công trình ngầm sao cho có hiệu quả nhằm phát triển đô thị hài hòa và bền vững...

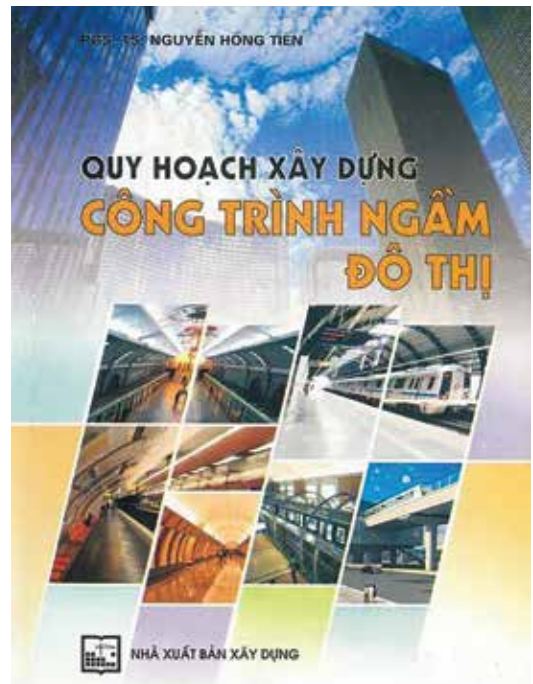
Theo nội dung cuốn sách, không gian xây dựng ngầm đô thị là không gian dưới mặt đất được sử dụng cho mục đích xây dựng công trình ngầm đô thị. Không gian xây dựng ngầm cần phải được quản lý từ khâu quy hoạch, khai thác và sử dụng.

Để làm tốt nhiệm vụ này, cần tuân thủ một số nguyên tắc quản lý như:

(1) Không gian xây dựng ngầm đô thị phải được quy hoạch, xây dựng, quản lý và sử dụng. Quy hoạch, phát triển không gian đô thị trên mặt đất phải kết hợp chặt chẽ với việc sử dụng an toàn và hiệu quả không gian ngầm.

(2) Việc sử dụng không gian ngầm để xây dựng công trình ngầm phải bảo đảm sử dụng tiết kiệm đất, bảo vệ môi trường và các yêu cầu về an ninh, quốc phòng.

(3) Chủ đầu tư các khu đô thị mới, khu nhà ở mới và các tuyến đường phố mới xây dựng hoặc cải tạo, mở rộng có trách nhiệm đầu tư xây dựng các công trình cống, bể kỹ thuật



hoặc hào, tuynel kỹ thuật để bố trí, lắp đặt các đường dây và đường ống kỹ thuật theo quy hoạch được cấp có thẩm quyền phê duyệt.

Đối với các đô thị cũ, đô thị cải tạo, UBND tỉnh phải có kế hoạch đầu tư xây dựng cống, bể kỹ thuật hoặc hào, tuynel kỹ thuật để từng bước hạ ngầm đường dây cấp nổi.

Việc xây dựng công trình ngầm đô thị phải tuân thủ các quy định về: xây dựng ngầm, giấy phép xây dựng; Không được xây dựng vượt quá chỉ giới xây dựng hoặc phạm vi sử dụng đất được xác định theo quyết định giao đất, cho thuê đất của cơ quan nhà nước có thẩm quyền.

Khi có nhu cầu xây dựng vượt quá chỉ giới xây dựng hoặc phạm vi sử dụng đất đã được xác định (trừ phần đầu nối kỹ thuật của hệ thống đường dây, đường ống ngầm) thì phải được cơ quan nhà nước có thẩm quyền cho phép.

Bảo đảm an toàn cho cộng đồng, cho bản thân công trình và các công trình lân cận; không làm ảnh hưởng đến việc sử dụng, khai thác, vận hành của các công trình lân cận cũng như các công trình đã có hoặc đã xác định trong quy hoạch đô thị.

Tùy theo điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn, điều kiện hiện trạng xây dựng của mỗi đô thị và ý đồ tổ chức không gian trên mặt đất và không gian ngầm, việc sử dụng không gian ngầm theo độ sâu có thể theo các gợi ý như: (1) Tầng thứ nhất tính từ mặt đất xuống độ sâu 3 - 5 m, bố trí các công trình đường dây, đường kỹ thuật ngầm, hào, cống bể cấp, hầm dành cho người đi bộ, bãi đỗ ô tô ngầm; (2) Tầng thứ 2 độ sâu 5 - 15 m, bố trí bãi đỗ xe ngầm sâu, tuynel kỹ thuật, đường tàu điện ngầm nông, hầm đường ô tô đặt sâu, một số bể chứa ngầm; (3) Tầng thứ 3 từ độ sâu hơn 20 m, bố trí chủ yếu đường tàu điện ngầm đặt sâu, hầm đường ô tô đặt sâu.❖

Sách được Nhà Xuất bản Xây dựng phát hành bản điện tử (ebook) tại địa chỉ: <https://nxbxaydung.com.vn/>.

Nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đô thị và hầm ngoài đô thị đáp ứng điều kiện an toàn giao thông

A Study on cross-section design to ensure the traffic safety for road tunnels in urban and rural areas

> TS NGUYỄN HỮU DŨNG

Bộ môn Đường bộ, Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: dungnh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hầm đường bộ là một công trình giao thông yêu cầu tuổi thọ thiết kế cao với mục tiêu thi công an toàn, hiệu quả, giảm thiểu rủi ro và đẩy nhanh tiến độ; quá trình vận hành và khai thác cần đáp ứng năng lực thông xe, mức độ an toàn; đồng thời chi phí đầu tư hiệu quả và hợp lý.

Do đó nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đường bộ (bao gồm: hầm đô thị và ngoài đô thị) cần đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, an toàn và kinh tế, dựa trên điều kiện địa chất, địa hình, đặc điểm khu vực, biện pháp thi công (New Austrian Tunneling Method - NATM, Tunnel Boring Machine - TBM, Immersed Tunnel) và mục tiêu khai thác; để từ đó đề xuất mặt cắt ngang hầm tối ưu đảm bảo sự chuyển động an toàn của các phương tiện giao thông.

Từ khóa: Biện pháp thi công NATM, TBM, Mặt cắt ngang.

ABSTRACT

The road tunnel is a transportation structure that requires a high design service life, aiming for safe and efficient construction while minimizing risks and accelerating progress. Its operation and maintenance must ensure traffic capacity, safety levels, and cost-effective investment. Therefore, the study of cross-sectional design for road tunnels (including urban and rural tunnels) must meet the technical, safety and economic requirements based on geological and topographical conditions, as well as the regional characteristics, construction methods (such as the New Austrian Tunneling Method - NATM, Tunnel Boring Machine - TBM, and Immersed Tunnel), with the operational objectives. This approach enables the proposal of an optimal tunnel cross-section that ensures the safe movement of traffic vehicles.

Keyword: NATM; TBM; Immersed tunnel; cross-section.

1. NGUYÊN TẮC THIẾT KẾ

Nguyên tắc thiết kế mặt cắt ngang hầm đường bộ để đảm bảo sự chuyển động an toàn của các phương tiện giao thông, tạo điều kiện an toàn và hiệu quả cao trong quá trình thi công, khai thác, vận hành. Trong đó 2 yếu tố quan trọng quyết định đến mặt cắt ngang hầm bao gồm:

1.1 Kích thước cơ bản của mặt cắt ngang

• **Số làn xe:** Mỗi ống hầm nên bố trí tối thiểu hai làn xe để đáp ứng năng lực thông xe và giảm nguy cơ tai nạn. Số làn xe được tính toán dựa trên lưu lượng giao thông thiết kế năm tương lai và năng lực thông hành tối đa của một làn xe trong hầm.

• **Bề rộng một làn xe:** Đảm bảo đủ kích thước hình học của các loại phương tiện lưu thông và đáp ứng bề rộng theo tốc độ thiết kế được quy định trong tiêu chuẩn thiết kế (thông thường $B=3,5-3,75\text{m}$ / mỗi làn xe). Phần lớn các tiêu chuẩn thiết kế quy định bề rộng một làn xe phụ thuộc vào tốc độ thiết kế (ví dụ: $V=80\text{km/h}$ khi đó $B=3,5\text{m}$ / làn xe; $V=100\text{km/h}$ khi đó $B=3,75\text{m}$ / làn xe).

• **Dải an toàn:** Là khoảng rộng tối thiểu 50cm, để phân cách phần vạch sơn của mép đường xe chạy với bó vỉa hai bên. Trong trường hợp diện tích trong hầm hạn chế, có thể tận dụng khoảng rộng của hệ thống thoát nước dọc được bố trí bằng nắp rãnh bê tông chịu lực để thay thế dải an toàn.

Đối với ống hầm lưu thông với tốc độ $V=60-80\text{km/h}$ thì bề rộng dải an toàn tối thiểu là 0,5m.

Đối với ống hầm lưu thông với tốc độ $V\geq 100\text{km/h}$ thì bề rộng dải an toàn tối thiểu là 0,75m.

• **Đường thoát nạn:** bố trí chạy dọc theo chiều dài hầm và nên thiết kế cao hơn mặt đường xe chạy là 15cm. Chiều rộng thông thủy của đường thoát nạn không được nhỏ hơn 1,2m; chiều cao thông thủy không nhỏ hơn 1,9m và được dẫn trực tiếp đến lối thoát nạn; đồng thời phải được bảo vệ khỏi ảnh hưởng của giao thông trong hầm (theo TCVN 13878:2023). Ngoài ra, mặt đường trong hầm khi có hệ thống quản lý phương tiện có thể được coi là một phần của đường thoát nạn.

• **Lối thoát hiểm (còn được gọi là lối thoát nạn):** Lối thoát hiểm cho người đi bộ cần được đánh dấu và chỉ dẫn rõ ràng bằng hệ thống biển báo; khoảng cách giữa 02 lối thoát nạn dọc theo chiều dài hầm không vượt quá 300m. Chiều cao thông thủy của lối ra thoát nạn không nhỏ hơn 1,9m và chiều rộng thông thủy không nhỏ hơn 1,0m (theo TCVN 13878:2023).

• **Đường bảo dưỡng:** Lối đi rộng ít nhất đường 0,75m ở một hoặc cả hai bên sát vỏ hầm, để đủ bề rộng thực hiện công tác bảo dưỡng hầm.

• **Chiều cao tĩnh không hầm:** Đảm bảo cho các phương tiện xe cơ giới khổ lớn lưu thông, thông thường hầm cao từ 4,75 - 5,0m. Cụ thể: tĩnh không đứng tối thiểu cho các đường hầm phải là 4,75m cho hầm đường ô tô và 5,0m đối với hầm trên đường cao tốc. Tĩnh không đứng tối thiểu đối với bất kỳ hầm đường bộ đều không được nhỏ hơn tĩnh không cho phép đối với công trình đường dẫn vào hầm.

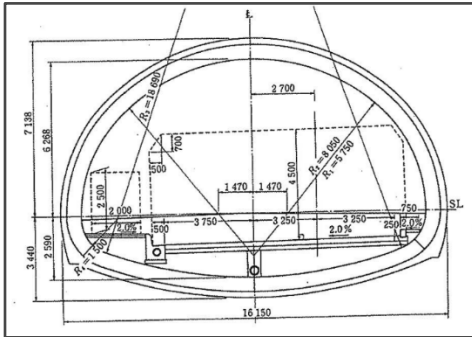
1.2 Biện pháp thi công đào hầm

a. Biện pháp thi công khoan và nổ mìn theo NATM (New Austrian Tunneling Method):

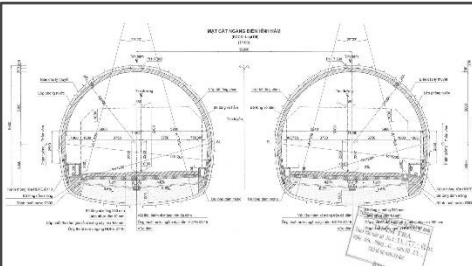
• Mặt cắt ngang hầm theo phương pháp thi công NATM thường có dạng hình vòm (hình cung hoặc elip). Ngoài ra, tùy theo điều kiện địa chất và yêu cầu công trình, mặt cắt ngang hầm có thể được điều chỉnh thành hình móng ngựa (horseshoe), hình oval hoặc hình bán elip để tối ưu hóa sự ổn định và tiết kiệm vật liệu gia cố.

• Lý do sử dụng mặt cắt ngang hầm dạng vòm để phân bố ứng suất đều hơn, giảm nguy cơ sụt lún. Tận dụng tốt khả năng chịu lực của đất đá xung quanh. Giảm biến dạng và đảm bảo độ ổn định của kết cấu hầm.

• Đối với hầm NATM, để đảm bảo tối ưu về tiết kiệm diện tích đào hầm và đảm bảo điều kiện chịu lực tốt nhất của kết cấu vòm hầm, việc lựa chọn tiết diện mặt cắt ngang hầm có thể tham khảo Tiêu chuẩn thiết kế hầm xuyên núi Nhật Bản năm 2006 với các giá trị bán kính đường hầm tương ứng là **R1 : R2 : R3 = 1,4 : 1 : 3,2**



Hình 1 thể hiện: Mặt cắt ngang hầm NATM đã được thẩm định và phê duyệt của dự án cao tốc Bắc-Nam phía Đông.



b. Biện pháp thi công khoan hầm bằng thiết bị TBM (Tunnel Boring Machine):

• Mặt cắt ngang của hầm TBM thường có dạng hình tròn. Lý do sử dụng mặt cắt ngang hình tròn khi khoan hầm bằng máy TBM là

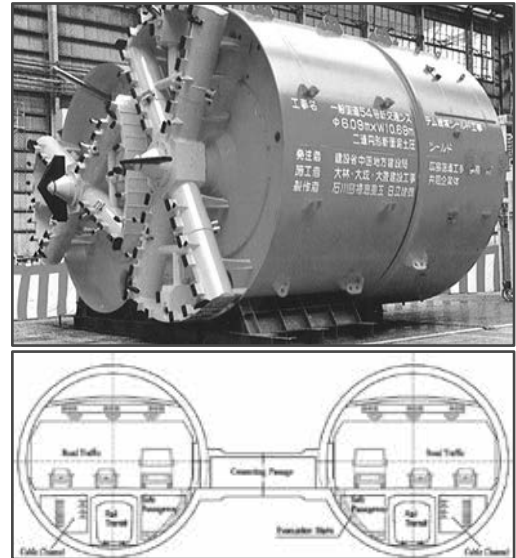
do thiết bị TBM khi vận hành có đầu cắt dạng tròn, giúp đào hầm với mặt cắt đồng nhất. Phân bố ứng suất đồng đều, giảm nguy cơ sụt lún và nứt vỡ kết cấu. Đồng thời dễ dàng lắp đặt hệ thống vỏ hầm bằng các tấm bê tông đúc sẵn.

• Phương pháp khoan hầm TBM phù hợp với nhiều loại địa chất, đặc biệt là đất yếu và địa tầng có áp lực nước lớn. Thích hợp khi khoan hầm đô thị hoặc khu vực dân cư đông đúc.

• Ngoài ra, trong một số trường hợp đặc biệt, máy đào khiên TBM có thể có mặt cắt hình **Elip** hoặc **hình số 8 (tức là hai hình tròn liền nhau, chữ OO, "Double-O-Tube Shield")** khi cần tăng không gian hoặc bố trí thêm làn giao thông. Ngoài ra thường được sử dụng trong thi công hầm giao thông đô thị, đặc biệt là đường hầm đôi dành cho tàu điện ngầm, nơi không thể đào hai hầm riêng biệt do nguy cơ sụt lún hoặc không gian hạn chế.

• Hiện nay các nước phát triển (như Mỹ, CHLB Đức, Pháp, Ý, Nhật...) phần lớn sử dụng phương pháp đào hầm TBM để giảm ô nhiễm không khí (bụi, khí thải) và hạn chế tiếng ồn và rung chấn.

• **Hình 2 thể hiện:** Mặt cắt ngang hầm sử dụng 02 máy khoan TBM có đường kính 15,4m, để đào hai đường hầm dài 8.950m nằm dưới vùng châu thổ sông Dương Tử, gần TP Thượng Hải, Trung Quốc - mỗi đường hầm được thiết kế có quy mô mặt cắt ngang của đường cao tốc 03 làn xe ô tô (Bäppler 2007; Huang 2008).



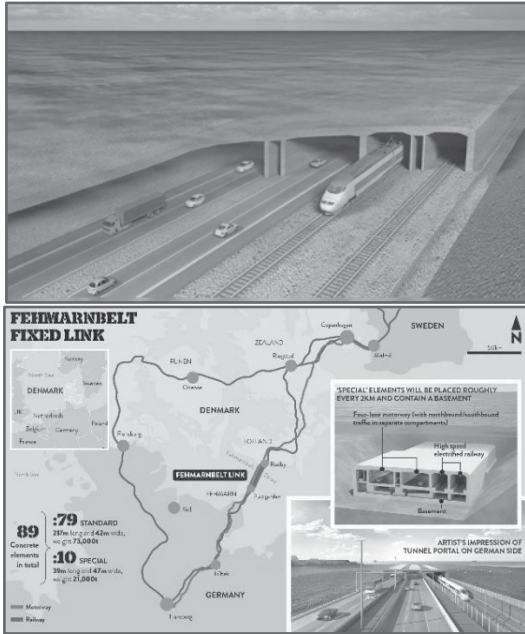
c. Biện pháp thi công theo phương pháp hầm chìm (Immersed Tunnel Method):

• Mặt cắt ngang của phương pháp thi công hầm chìm (Immersed Tunnel) thường có dạng hình chữ nhật hoặc hình hộp. Trong đó hình chữ nhật (rectangular box) là loại mặt cắt phổ biến nhất. Được cấu tạo từ các đốt hầm bằng bê tông cốt thép, dễ thi công, lắp ghép và chống thấm tốt.

• Mặt cắt hình chữ nhật có nhiều khoang (multi-cell box section). Trong đó mỗi khoang dành cho các mục đích phương tiện khác nhau (xe ô tô, đường sắt, đường ống kỹ thuật...). thường áp dụng trong các tuyến hầm chìm lớn (như hầm vượt sông, hầm vượt biển).

• Điển hình là đường hầm chìm vượt biển Fehmarn Belt (chiều dài hầm 18km kết nối Đức với Đan Mạch; khởi công năm 2020 và dự kiến hoàn thành năm 2029). Mặt cắt ngang hầm chìm có 04 làn đường cao tốc cho xe ô tô và 02 tuyến đường sắt tốc độ cao, được khởi công năm 2020 và dự kiến hoàn thành năm 2029. Hầm có mặt cắt hình chữ nhật nhiều khoang (được thiết kế 79 đốt hầm bê tông cốt thép, mỗi đốt dài 217m, rộng 42m, cao 9,0m, được đúc sẵn trên bờ rồi chìm

xuống đáy biển) để tối ưu không gian cho cả ô tô và tàu hỏa (**thể hiện tại Hình 3 dưới**).



2. SỰ KHÁC NHAU KHI LỰA CHỌN MẶT CẮT NGANG HẦM TRONG ĐÔ THỊ VÀ NGOÀI ĐÔ THỊ

Thiết kế quy mô mặt cắt ngang hầm đường bộ có sự khác biệt giữa khu vực đô thị và ngoài đô thị; do sự khác nhau về nhu cầu giao thông, không gian mặt bằng, điều kiện môi trường và yêu cầu an toàn. Dưới đây là sự so sánh giữa hai dạng mặt cắt ngang:

2.1 Nhu cầu về giao thông

a. Hầm trong đô thị:

❖ Được thiết kế để đáp ứng lưu lượng giao thông với nhiều loại phương tiện có động cơ, bao gồm: xe ô tô cá nhân, xe buýt, tàu điện và xe máy (*đặc biệt đối với những đô thị có mật độ phương tiện xe máy cao*).

❖ Bao gồm nhiều làn xe mỗi hướng và cần bố trí không gian lưu thông cho người bộ hành, xe đạp hoặc hệ thống giao thông công cộng (*bao gồm: làn xe buýt hoặc tàu điện ngầm nếu có*).

❖ Bề rộng làn xe trong hầm thường bố trí tối thiểu, do hạn chế không gian và chi phí Giải phóng mặt bằng trong môi trường đô thị đông đúc.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Được thiết kế để đáp ứng lưu lượng giao thông chủ yếu dành cho phương tiện ô tô cá nhân, xe tải, và xe Container.

❖ Thông thường mặt cắt ngang hầm chỉ lưu thông 2 hướng xe chạy; Số làn xe trên mỗi hướng phụ thuộc vào lưu lượng phương tiện cơ giới và quy mô cấp đường.

❖ Bề rộng làn xe trong hầm được bố trí tuân thủ theo tiêu chuẩn thiết kế, phụ thuộc vào tốc độ thiết kế và cấp đường tương ứng (*ví dụ: đối với $V=80\text{km/h}$ thì bề rộng một làn xe là $B=3,5\text{m}/1$ làn xe; đối với $V=100\text{km/h}$ thì bề rộng một làn xe là $B=3,75\text{m}/1$ làn xe*).

2.2 Nhu cầu về không gian mặt bằng

a. Hầm trong đô thị:

❖ Không gian mặt bằng trong đô thị thường bị hạn chế do cơ sở hạ tầng hiện có (*các tòa nhà và hệ thống tiện ích*) không thể di dời và phá bỏ.

❖ Thiết kế kích thước mặt cắt ngang hầm trong đô thị cần tối ưu hóa trong việc sử dụng không gian hạn chế, bao gồm việc nghiên cứu các cấu hình mặt cắt xếp chồng, mặt cắt dạng vuông

hoặc mặt cắt nhiều tầng hầm để phù hợp với khu vực không gian chật hẹp của đô thị.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Được xây dựng ở khu vực ngoài đô thị, nên ít hạn chế về không gian và mặt bằng. Do đó cho phép thiết kế các dạng mặt cắt ngang hầm theo quy mô thông thường, tuân thủ theo tiêu chuẩn kỹ thuật về tốc độ và cấp đường.

❖ Không nhất thiết bố trí các dạng mặt cắt ngang hầm quá phức tạp với nhiều tầng hầm.

2.3 Tính năng an toàn trong hầm

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu các hệ thống an toàn tiên tiến hơn do mật độ phương tiện và người đi bộ cao.

❖ Hệ thống thông gió phải xử lý mức độ ô nhiễm cao hơn và cần kiểm tra nguy cơ cháy nổ trong không gian đô thị chật hẹp.

❖ Có thể bố trí các lối thoát hiểm riêng hoặc hầm thoát hiểm song song gần với hầm chính để dễ dàng tiếp cận trong trường hợp ứng cứu khẩn cấp.

❖ Theo QCVN 07-4:2016/BXD yêu cầu: đối với hầm đô thị có chiều dài $\geq 500\text{m}$ cần bố trí ống hầm thoát hiểm chạy song song với ống hầm chính. Trường hợp mặt cắt ngang thiết kế lưu thông 2 ống hầm chạy song song, thì không yêu cầu xây dựng hầm thoát hiểm riêng mà sử dụng ống hầm này để làm chức năng thoát hiểm cho ống hầm kia.

❖ Điểm dừng xe khẩn cấp trong hầm: phải xây dựng các điểm dừng xe khẩn cấp với khoảng cách tối đa 400m cho mỗi chiều xe chạy (theo QCVN 07-4:2016/BXD).

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hệ thống an toàn trong hầm được thiết kế đơn giản hơn, với khoảng cách giữa các lối thoát nạn dài hơn (*thông thường đối với hầm ngoài đô thị khoảng cách giữa hai lối thoát ngang cách nhau 300 mét*).

❖ Hệ thống thông gió chủ yếu tập trung vào việc xử lý hút khói trong tình huống khẩn cấp, hơn là kiểm soát chất lượng không khí liên tục.

2.4 Thông gió và kiểm soát môi trường

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu hệ thống thông gió tiên tiến và hiện đại để duy trì chất lượng không khí, đặc biệt trong khu vực có mật độ giao thông cao.

❖ Các biện pháp kiểm soát tiếng ồn và chấn động là cần thiết để giảm thiểu tác động đến cư dân và công trình xung quanh.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Yêu cầu về hệ thống thông gió đơn giản hơn, do mật độ giao thông thấp.

❖ Kiểm soát tiếng ồn và rung động thường ít quan trọng hơn, do có ít công trình bị ảnh hưởng xung quanh và vị trí hầm thường bố trí cách xa các khu dân cư.

2.5 Làn dành cho bộ hành, xe đạp, xe máy

a. Hầm trong đô thị:

❖ Thường bố trí lối đi dành riêng cho người đi bộ hoặc làn dành riêng cho xe đạp, xe máy; đặc biệt trong các hầm đô thị có mật độ khách du lịch đông đúc hoặc những đô thị phụ thuộc vào phương tiện xe hai bánh có động cơ.

❖ Việc đảm bảo người bộ hành có thể tiếp cận các lối thoát hiểm là một yếu tố quan trọng trong thiết kế hầm trong đô thị.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hiếm khi bố trí cơ sở hạ tầng dành cho người đi bộ hoặc xe đạp, xe máy; vì nhu cầu sử dụng của khu vực ngoài đô thị là rất thấp.

❖ Do đó thiết kế quy mô mặt cắt ngang chủ yếu tập trung vào phương tiện cơ giới (*xe ô tô cá nhân và xe tải*).

2.6 Hệ thống chiếu sáng và biển báo

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu hệ thống chiếu sáng nâng cao để đảm bảo tầm nhìn tốt trong điều kiện giao thông dày đặc và an toàn cho người bộ hành.

❖ Biển báo có thể bao gồm hệ thống hiển thị động để cập nhật tình hình giao thông theo thời gian thực và quản lý phương tiện tuân thủ làn đường.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hệ thống chiếu sáng được thiết kế để đảm bảo tầm nhìn xa với cấu hình đơn giản hơn.

❖ Biển báo tĩnh thường được áp dụng để đáp ứng theo quy định của tiêu chuẩn kỹ thuật, do mật độ giao thông ít phức tạp hơn.

2.7 Đặc điểm về kết cấu chống đỡ hầm

a. Hầm trong đô thị:

❖ Thường được xây dựng bằng phương pháp đào hở (*cut-and-cover*); công nghệ thi công *Top-down* (từ trên xuống), hoặc khoan TBM (*tunnel-boring-machine*) để giảm thiểu tác động đến các hoạt động trên mặt đất.

❖ Có thể cần gia cố để chịu tải trọng tác động từ các công trình lân cận.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Thường sử dụng phương pháp khoan TBM (*Tunnel-Boring-Machine*) hoặc khoan-nổ (*Drill-and-Blast*) trong địa hình tự nhiên.

❖ Thiết kế kết cấu chống đỡ đơn giản hơn; do ít chịu tác động từ cơ sở hạ tầng xung quanh.

2.8 Chi phí xây dựng và bảo trì

a. Hầm trong đô thị:

❖ Chi phí xây dựng và bảo trì hầm thông thường cao hơn, do bố trí hệ thống an toàn tiên tiến, hạn chế về không gian và yêu cầu tích hợp trong môi trường đô thị.

❖ Cần kiểm tra và bảo trì thường xuyên do lưu lượng và mật độ sử dụng cao, sự hao mòn lớn.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Chi phí bảo trì thấp hơn, do thiết kế đơn giản, thiết kế thông thường theo định hình; đồng thời thành phần phương tiện lưu thông trong hầm không quá phức tạp và công tác vận hành đơn giản hơn.

❖ Khoảng thời gian bảo trì có thể kéo dài hơn, do ít hao mòn và mật độ sử dụng không cao.

❖ Bảo trì ít thường xuyên hơn; nhưng cần phải tính đến chiều dài hầm lớn và khả năng xác suất xử lý các tình huống tai nạn với tốc độ cao hơn.

Tóm lại: Thiết kế mặt cắt ống hầm cần được tối ưu hóa dựa trên các yêu cầu đặc thù về khu vực, địa hình, biện pháp thi công, điều kiện an toàn và mục đích sử dụng, được tổng hợp theo bảng phía dưới.

Đặc điểm	Hầm đô thị	Hầm ngoài đô thị
Lưu lượng giao thông	Nhiều loại phương tiện (ô tô / xe đạp / xe máy / bộ hành)	Chủ yếu ô tô, xe tải và Container
Mặt bằng	Hạn chế, không thể di dời và phá bỏ	Ít hạn chế về mặt bằng
Đặc điểm an toàn	Hệ thống tiên tiến cùng với tần suất lối thoát hiểm bố trí mật độ cao	Hệ thống thông dụng, tần suất lối thoát hiểm bố trí theo quy định
Thông gió	Yêu cầu cao về kiểm soát ô nhiễm	Yêu cầu cơ bản đảm bảo chức năng hút khói

Đặc điểm	Hầm đô thị	Hầm ngoài đô thị
Chiếu sáng	Cải thiện để tăng khả năng quan sát khi mật độ xe tăng lên	Đơn giản hơn, với khoảng cách bố trí xa hơn
Làn xe máy & xe đạp & bộ hành	Bố trí làn dành riêng cho xe đạp & xe máy & bộ hành	Hiếm khi sử dụng
Kết cấu chống đỡ	Yêu cầu cao hơn do hạn chế mặt bằng	Phù hợp với tầng địa chất

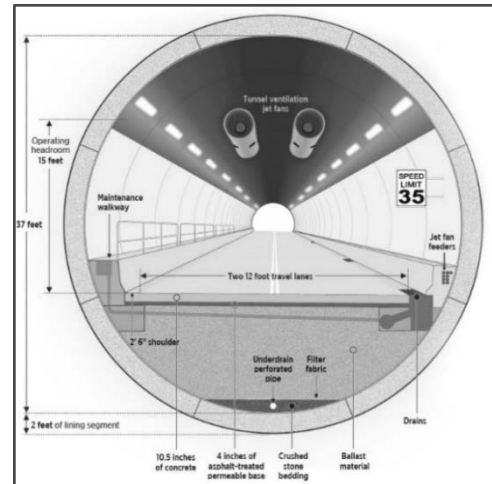
3. VẬN DỤNG TRONG THỰC TIỄN

Phần này giới thiệu và phân tích các mặt cắt ngang hầm đường bộ đã được vận dụng trong các hồ sơ thiết kế của các dự án thực tiễn tại Việt Nam và trên thế giới.

3.1 Mặt cắt ngang hầm trong đô thị

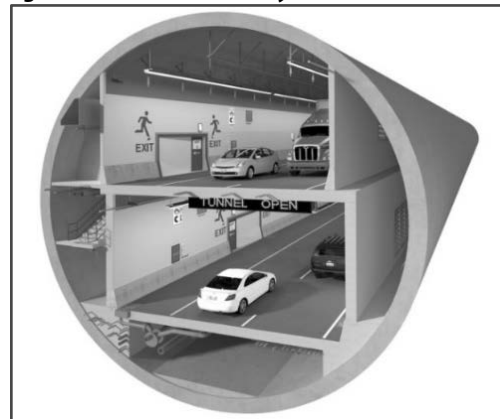
a. Đường hầm Cảng Miami (Mỹ):

❖ Đường hầm Cảng Miami (còn được gọi là đường hầm "State Road 887") là một đường hầm nằm dưới biển dài 4.200 feet (≈ 1.300 m) nằm tại Miami bang Florida. Nó gồm hai đường hầm song song (một chiều cho mỗi hướng) chạy dưới vịnh Biscayne, kết nối MacArthur Causeway trên đảo Watson với PortMiami trên đảo Dodge.



❖ Hầm Cảng Miami được thi công theo phương pháp TBM, kết nối Cảng Miami với đảo Watson, và được thông xe vào ngày 3/8/2014. Trong tháng đầu tiên, đường hầm trung bình tiếp nhận 7.000 phương tiện mỗi ngày, và hiện tại có gần 16.000 phương tiện/ngày di chuyển đến cảng.

b. Đường hầm "SR 99 Tunnel" (Mỹ):

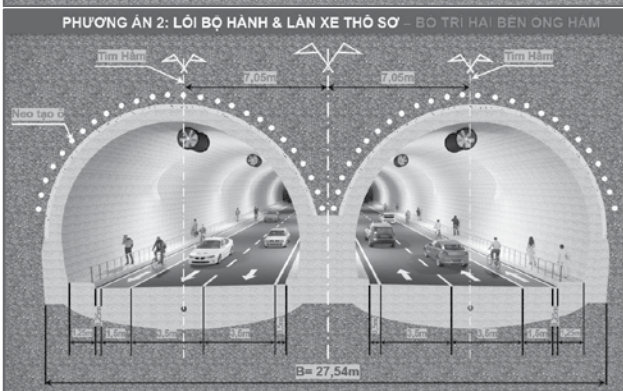
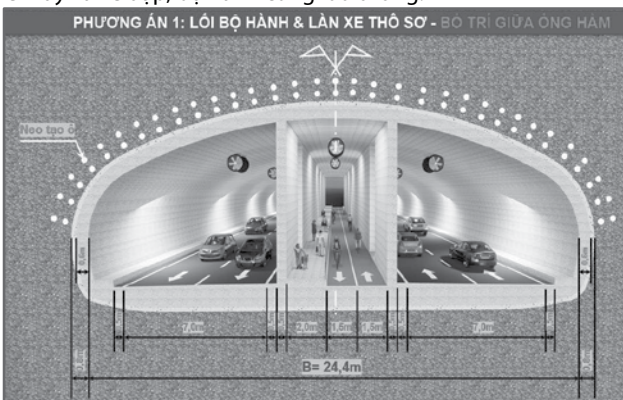


❖ Đường hầm “SR 99 Tunnel” là một đường hầm giao thông nằm dưới Seattle, Washington, Mỹ, thuộc Dự án thay thế cầu Viaduct SR 99 (Seattle Waterfront). Được gọi là **Alaskan Way Viaduct Replacement Tunnel**, đường hầm này là một phần của dự án nhằm cải thiện hệ thống giao thông trong thành phố Seattle và thay thế cầu Viaduct SR 99 cũ, vốn đã bị hư hỏng sau trận động đất năm 2001.

❖ Đường hầm dài 2 dặm (3,2 km), được thiết kế mặt cắt ngang gồm 02 tầng hầm, kết nối một phần của đại lộ State Route 99 (SR 99) đi qua khu vực trung tâm thành phố Seattle, từ SoDo ở phía Nam đến South Lake Union ở phía Bắc.

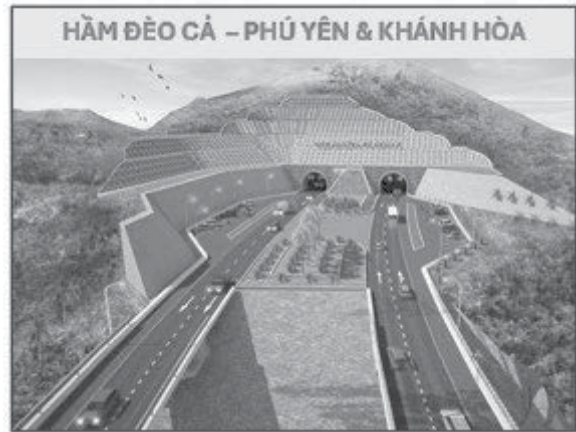
c. Mặt cắt ngang hầm đô thị được đề xuất trong các thành phố có mật độ xe máy và bộ hành đông đúc:

Dưới đây là hình ảnh một số mặt cắt ngang hầm tham khảo trong khu vực đô thị được đề xuất bố trí phục vụ cho phương tiện ô tô, xe máy và xe đạp, bộ hành cùng lưu thông.



3.2 Mặt cắt ngang hầm ngoài đô thị - trên các tuyến quốc lộ và cao tốc

Điển hình là hình ảnh mặt cắt ngang hầm Đèo Cả (kết nối Phú Yên - Khánh Hòa), được thể hiện hình phía dưới.



4.KẾT LUẬN:

Thiết kế mặt cắt ngang hầm cần được tối ưu với các yếu tố an toàn cần được xác định thông qua sự kết hợp giữa các tiêu chí sau đây:

a) Đặc điểm giao thông: Số làn xe, tốc độ thiết kế, cấp đường, loại phương tiện và lưu lượng giao thông.

b) Biện pháp thi công đào hầm: Dựa trên phương pháp thi công (NATM hay TBM hay hầm chìm) sẽ đề xuất mặt cắt ngang hầm có hình dạng phù hợp.

c) Đặc điểm địa chất: Độ ổn định của đất, đá, điều kiện mực nước ngầm và rủi ro địa chấn.

d) Tiêu chuẩn an toàn: Tuân thủ các quy định trong nước và quốc tế.

e) Yếu tố kinh tế: Giảm thiểu chi phí xây dựng và bảo trì mà không ảnh hưởng đến tiêu chí an toàn.

f) Đặc điểm về môi trường: Giảm thiểu tác động đến hệ sinh thái và sự gián đoạn trong quá trình thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bappler, K., 2007, Mix-shields for Shanghai motorway tunnels. Tunnel 7/2007: 53-59.
2. Huang, R. 2008. Overview of ShanghaiYangtze River Tunnel Project, Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground - Ng, Huang & Liu (eds), Taylor & Francis: 29-44.
3. AASHTO LRFDTUN-1, LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide Specification, 2017.
4. AASHTO 2010. Technical Manual for Design of Road Tunnels - Civil Elements.
5. TCVN 13878:2023: Tiêu chuẩn Phòng cháy chữa cháy - Hầm đường bộ - Yêu cầu thiết kế - năm 2023.
6. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 07-4:2016/BXD: Các công trình hạ tầng kỹ thuật - Công trình giao thông.

Nghiên cứu công nghệ xử lý nước nhiễm mặn công suất nhỏ cấp cho sinh hoạt sử dụng năng lượng mặt trời

Research on small capacity salted water treatment technology for home use using solar energy

> THS NGUYỄN TIẾN DŨNG, THS NGUYỄN THÀNH MẬU

Bộ môn Công nghệ Nước, Khoa KTHT&MT Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: dungnt@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Nước ngọt là nhu cầu cơ bản của sự sống nhưng nguồn tài nguyên này phân bố không đều, bị thiếu và bị ô nhiễm ở nhiều nơi. Nước biển là nguồn tài nguyên đang có tiềm năng rất lớn để khai thác, tạo ra nước ngọt; nhất là trong bối cảnh hạn, mặn ngày càng tăng. Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm trên các loại màng lọc nano (NF) và màng lọc thẩm thấu ngược (RO) đã được thực hiện để đánh giá hiệu quả khử mặn của chúng. Từ đó, loại màng lọc phù hợp đã được nghiên cứu đánh giá và sử dụng như là một công đoạn cốt lõi trong hệ thống khử mặn sử dụng năng lượng mặt trời. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất khử mặn của màng RO là rất cao, khoảng 99,6%. Hệ thống khử mặn hoàn chỉnh với công nghệ lõi là màng RO được xây dựng và vận hành đánh giá hiệu quả khử mặn. Chất lượng nước sau xử lý đạt QCVN 01-1:2018/BYT, có thể cấp cho mục đích sinh hoạt. Công nghệ này có tiềm năng ứng dụng rộng rãi ở khu vực -- bị xâm nhập mặn, nơi chưa được tiếp cận hoặc khan hiếm nguồn nước cấp hợp vệ sinh.

Từ khóa: Hệ thống khử mặn; màng lọc NF; màng lọc RO; năng lượng mặt trời; nước mặn.

ABSTRACT

Fresh water is the basic life demand, but this resource is unevenly distributed lacking, and polluted in many places. Sea water is a great potential resource to produce fresh water, especially in the context of increasing drought and saline intrusion. This study performed experiments on various types of nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO) membranes to evaluate their desalination efficiency. Therefore, the adequate type of filter was used as a core item in a solar-powered desalination system was assessed the treatment efficiency. Finding results showed that the desalination efficiency of RO membrane was very high, approximately 99.6%. A complete desalination system was built and operated to evaluate the desalination efficiency. The quality of treated water met the threshold value of QCVN 01-1:2018/BYT, a regulation on domestic water quality. The technology could be applied widely in saline intrusion zones and areas without access to hygienic water supply sources.

Key words: Desalination system; nanofiltration membrane; reverse osmosis membrane; solar energy; saline water.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam có trên 3000 km bờ biển, tập trung hàng triệu người sinh sống và khai thác các nguồn lợi từ biển. Xâm nhập mặn diễn ra tại hầu hết các địa phương ven biển, gây ảnh hưởng lớn đến hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân, đặc biệt tại những cửa sông đổ ra biển. Hai đồng bằng rộng lớn của Việt Nam là Đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là những nơi chịu ảnh hưởng lớn nhất của hiện tượng này. Nhiều giải pháp đã được đưa ra, phần nào hạn chế được tình trạng xâm nhập mặn nhưng trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) diễn ra ngày càng phức tạp thì trong thời gian tới, hiện tượng xâm nhập mặn vẫn là mối đe dọa lớn đến đời sống các khu vực này, đặc biệt là khu vực ĐBSCL, vựa lương thực của cả nước.

BĐKH, hạn hán và xâm nhập mặn đang là một trong những nguyên nhân góp phần làm cho khoảng 20% dân số nước ta vẫn chưa tiếp cận được nước sạch. Theo đánh giá của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2013), ở ĐBSCL dòng chảy thượng nguồn sông Mê Kông bị thiếu hụt, mức nước thấp kỷ lục trong 90 năm qua. Mùa mưa đến muộn, lượng mưa thiếu hụt so với trung bình nhiều năm 30 - 60%, dòng chảy hệ thống sông thiếu hụt 30 - 50%. Người dân ở các vùng cách biển 45 km đã không thể lấy nước ngọt, vùng cách biển 45 - 65 km chỉ xuất hiện nước ngọt vào thời kì triều kém, cách biển 70 - 75 km xâm nhập mặn nồng độ dưới 4 g/L, điều này gây ảnh hưởng đến sản xuất và sinh hoạt (Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2013).

Trước tình hình cấp bách đó, ở các địa phương ven biển thuộc tỉnh Kiên Giang, Cà Mau, Bạc Liêu, Sóc Trăng, Trà Vinh, Bến Tre và Tiền Giang, nơi người dân chưa được sử dụng hệ thống cấp nước

sạch, tình trạng người dân thiếu nước sạch sinh hoạt diễn ra thường xuyên. Công nghệ xử lý nước bị nhiễm mặn chưa đáp ứng yêu cầu ở vùng không tiếp cận được cơ sở hạ tầng cấp nước, vùng ven biển và hải đảo cũng là nguyên nhân gây nên thiếu nước sinh hoạt (Hoàn & Khương, 2016). Do đó, việc nghiên cứu chế tạo thiết bị lọc nước mặn thành nước ngọt bằng màng lọc sử dụng năng lượng mặt trời có hiệu quả thiết thực, góp phần cải thiện chất lượng nước và phục vụ nhu cầu tối thiểu cho người dân tại địa phương. Các hoạt động nghiên cứu và sử dụng năng lượng mặt trời (NLMT) ở Việt Nam hiện nay thường tập trung vào các lĩnh vực như cung cấp nước nóng dùng trong sinh hoạt và phát điện ở quy mô nhỏ như sấy, nấu ăn, chưng cất nước (TĐ Hạ, 2010). Tuy nhiên, nghiên cứu sử dụng NLMT để vận hành hệ thống xử lý nước còn hạn chế.

Công nghệ thẩm thấu ngược ngày càng được sử dụng phổ biến do tiêu thụ ít năng lượng so với một số công nghệ khử mặn khác (Spyridoula et al., 2018). Trong năm 2013, trong số các dự án khử mặn được lắp đặt trên toàn cầu thì công nghệ thẩm thấu ngược chiếm 65%, chưng cất nhiều giai đoạn chiếm 22% và còn lại là chưng cất đa tác dụng (Miller et al., 2015). Việc khai thác các nguồn năng lượng tái tạo cho sản xuất nước ngọt được coi là rất hứa hẹn để giảm tác động đến môi trường. Các nhà máy điện mặt trời tập trung đang phát triển rất nhanh, chuyển đổi bức xạ mặt trời thành điện năng phục vụ trong công nghiệp và dân dụng. Một số nhà máy lọc nước biển có dung tích vừa và lớn áp dụng công nghệ lọc thẩm thấu ngược được trang bị thiết bị thu hồi năng lượng cao, tiêu thụ năng lượng khoảng 2,2 - 2,5 kWh/m³. Ngay cả khi mức tiêu thụ thấp hơn 2,0 kWh/m³ vẫn có thể khả thi về mặt kỹ thuật (laquaniello et al., 2014).

Các công trình nghiên cứu về khử mặn nước biển ở Việt Nam bắt đầu từ những năm 1990 (Hạ, 2010). Một hệ thống xử lý nước biển qua 5 công đoạn với công đoạn cuối là lọc màng RO đã được Trung tâm tư vấn và chuyển giao công nghệ nước sạch và môi trường thiết kế và lắp đặt tại đảo Bạch Long Vĩ năm 2003 với công suất 11 m³/h. Năm 2008, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã chế tạo thiết bị xử lý nước biển thành nước ngọt bằng công nghệ lọc màng RO, đáp ứng

tiêu chuẩn của Bộ Y tế về nước sinh hoạt với công suất 300 lít/h (Hạ, 2010). Các nghiên cứu này thường chỉ dừng lại ở mức thử nghiệm và quy mô nhỏ. Có thể thấy các công trình nghiên cứu chế tạo thiết bị ngọt hóa nước biển ở nước ta tập trung vào hai nhóm công nghệ chính là chưng cất và màng lọc RO. Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn cấp bách đó, cùng với tiềm năng to lớn về nguồn năng lượng mặt trời cho thấy việc tiếp tục nghiên cứu phát triển hệ thống xử lý nước mặn thành nước ngọt bằng công nghệ lọc kết hợp sử dụng năng lượng mặt trời là rất cần thiết trong công tác cấp nước sạch nhằm đảm bảo chất lượng nước sinh hoạt theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia của Bộ Y tế cho người dân vùng ven biển và hải đảo. Theo đó, nghiên cứu này tập trung vào các nội dung sau: (i) Đánh giá chất lượng nước biển vùng nghiên cứu; (ii) Đề xuất công nghệ xử lý nước biển; (iii) Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình xử lý nước biển.

2. THÍ NGHIỆM NGHIÊN CỨU KHỬ MẶN BẰNG CÔNG NGHỆ MÀNG LỌC

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là nước biển được lấy tại các: địa điểm ven biển Cần Giờ, ven biển Bạc Liêu và đảo Phú Quốc. Đây là 3 vị trí được chọn để đánh giá độ mặn nói riêng và một số tính chất hóa lý đặc trưng cho nước biển ven bờ và hải đảo phía Nam nước ta.

Màng lọc thẩm thấu ngược (RO) và màng lọc nano (NF) là thành phần cốt lõi trong hệ thống khử mặn cấp nước cho sinh hoạt, sử dụng năng lượng mặt trời.

2.2. Phương pháp lấy mẫu, phân tích và đánh giá chất lượng nước

Các chỉ tiêu hóa lý chất lượng nước biển được xác định thông qua các mẫu nước được lấy tại ba vị trí nêu trên. Mẫu nước biển sau khi lấy được chứa trong chai nhựa 2L. Tất cả các mẫu sau khi được thu và cố định đều được ghi nhãn, trữ lạnh, vận chuyển về phòng thí nghiệm và bảo quản trong tủ mát (4°C) chờ phân tích

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp phân tích
1	pH	-	Đo trực tiếp
2	Độ mặn	‰	Đo trực tiếp
3	SS	mg/L	TCVN 6625:2000
4	Chloride (Cl ⁻)	mg/L	SMEWW 4500-Cl-B:2017
5	Độ màu	Pt-Co	SMEWW 2120 C:2017
6	Mùi	-	TCVN 4558:1988
7	Vị	-	SMEWW 2160 B:2017
8	Sắt (Fe)	mg/L	SMEWW 3500-Fe B:2017
9	Nitrat (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	SMEWW 4500-NO ₃ - B:2017
10	Nitrit (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	SMEWW 4500-NO ₂ - B:2017
11	Độ cứng	mgCaCO ₃ /L	SMEWW 2340 C:2017
12	Chất rắn hòa tan (TDS)	mg/L	HD 5.6-QT-56
13	Độ đục	NTU	SMEWW 2130 B:2017
14	Tổng coliform	MPN/100mL	TCVN 6187-2:1996
15	Escherichia coli	MPN/100mL	TCVN 6187-1:1996

Bảng 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu nước

Mẫu nước biển được so sánh với QCVN 10-MT:2015 - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển.

Chất lượng nước sau hệ thống xử lý được so sánh với quy chuẩn QCVN 01-1:2018/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

Chỉ tiêu pH, độ mặn, TDS được đo tại hiện trường thu mẫu.

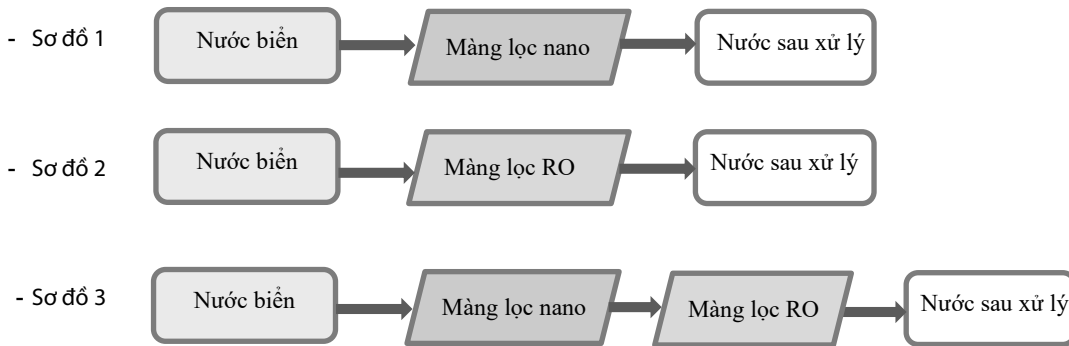
Mẫu nước đầu vào và mẫu nước sau mỗi công đoạn của hệ thống xử lý mặn được lấy với ba lần lặp lại khi vận hành hệ thống.

Các chỉ tiêu chất lượng nước được phân tích theo các phương pháp trình bày trong Bảng 1.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Nghiên cứu để xuất công nghệ xử lý nước biển hợp lý

Để lựa chọn được công nghệ với hạng mục chính là màng lọc hợp lý, ba thí nghiệm được thực hiện để đánh giá hiệu quả khử mặn trong trường hợp hệ thống với màng lọc nano, màng lọc RO và kết hợp cả hai màng nano và RO. Mỗi thí nghiệm được thực hiện với ba lần lặp lại theo các sơ đồ sau:



Sau khi thực hiện các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, công nghệ khử mặn với loại màng lọc có hiệu suất khử mặn cao được chọn để tính toán và thiết kế hệ thống khử mặn.

2.3.2. Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình

Hệ thống được vận hành theo thông số vận hành xác định, tiến hành lấy mẫu ở đầu vào, đầu ra của hệ thống để phân tích các thông số: pH, độ mặn, độ màu, mùi, vị, độ đục, clorua (Cl⁻), sắt (Fe), độ cứng, nitrat (N-NO₃⁻), nitrit (N-NO₂⁻), chất rắn hòa tan (TDS), Coliforms và E. Coli để đánh giá hiệu suất xử lý.

Khi đó, hiệu suất xử lý (E%) của hệ thống được tính theo công thức:

$$E = \frac{C_0 - C_r}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

- + E: Hiệu suất xử lý (%);
- + C₀: Nồng độ thông số chất lượng nước đầu vào hệ thống xử lý;
- + C_r: Nồng độ thông số chất lượng nước đầu ra hệ thống xử lý.

2.3.3. Đánh giá hiệu quả sử dụng hệ thống pin năng lượng mặt trời

Công suất của hệ thống pin năng lượng mặt trời được tính toán dựa vào công suất thực tế của thiết bị có trong hệ thống khử mặn. Hệ thống pin năng lượng mặt trời được hòa vào lưới điện quốc gia, để những thời điểm bức xạ mặt trời không cao, lượng điện tạo ra từ pin không đủ cho hệ thống khử mặn hoạt động thì điện lưới sẽ bù vào lượng điện còn thiếu cho hệ thống hoạt động. Hệ thống pin được thuê công lắp đặt với công suất được xác định.

2.3.4. Phương pháp xử lý số liệu

Giá trị của các thông số chất lượng nước sau khi đo đạc, phân tích được lưu trữ, xử lý và thống kê mô tả bằng phần mềm Microsoft Excel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính chất của nước biển vùng nghiên cứu

Công nghệ xử lý nước được đề xuất dựa vào thành phần và tính chất của nước biển. Kết quả phân tích thông số chất lượng của các mẫu nước được lấy tại ba vị trí được thể hiện trong Bảng 2.

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phú Quốc	Bạc Liêu	Cần Giờ	QCVN 10 -MT:2015/BTNMT
1	pH		6,54	7,88	7,73	6,5 - 8,5
2	Độ mặn	‰	23,5	15,0	23	-
3	Clorua (Cl ⁻)	mg/L	17.433	11.061	17.585	-
4	Độ màu	Pt-Co	28,1	42,4	KPH	-
5	Mùi	-	KPH	KPH	KPH	-
6	Vị	-	KPH	KPH	KPH	-
7	Sắt (Fe)	mg/L	0,99	1,16	KPH	0,5
8	Nitrat (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,04	0,31	0,11	-
9	Nitrit (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,01	0,03	KPH	-
10	Độ cứng	mg/L	5.960	3.680	7.200	-
11	Chất rắn hòa tan (TDS)	mg/L	47.005	21.700	31.300	-
12	Độ đục	NTU	-	24,6		0,82

Giá trị pH của nước biển tại ba vị trí đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 10-MT:2015/BTNMT. Hàm lượng sắt trong nước biển tại Phú Quốc và Bạc Liêu đều đã vượt so với QCVN 10-MT:2015/BTNMT, nhưng không phát hiện ở Cần Giờ.

Hàm lượng clorua, độ mặn và độ cứng của nước biển Phú Quốc cao hơn gần 1,6 lần và hàm lượng chất rắn hòa tan cao hơn khoảng 2,2 lần so với nước biển tỉnh Bạc Liêu nhưng cao hơn không đáng kể so với nước biển Cần Giờ. Điều này cho thấy có sự biến động lớn về tính chất của nước biển tại các vùng ven biển và hải đảo. Điều này là do sự khác biệt về tính chất của nước biển vùng ven bờ và vùng hải đảo. Nước biển ven bờ còn bị pha loãng bởi nước ngọt địa ở vùng cửa sông dưới tác động của chế độ thủy triều.

Tính chất nước biển có sự biến động rộng tại các vùng biển hải

đảo và ven bờ theo kết quả khảo sát, để áp dụng công nghệ lọc cho hệ thống khử mặn thì cần lựa chọn màng lọc phù hợp, đảm bảo hiệu quả khử mặn tốt nhất. Cơ sở chọn công nghệ xử lý mặn ở đây là dựa vào các thông số chính là hàm lượng chất rắn hòa tan, hàm lượng clorua và độ mặn. Theo đó, nước biển ở Cần Giờ được chọn làm đối tượng nghiên cứu để lựa chọn công nghệ và đánh giá hiệu quả của công nghệ khử mặn.

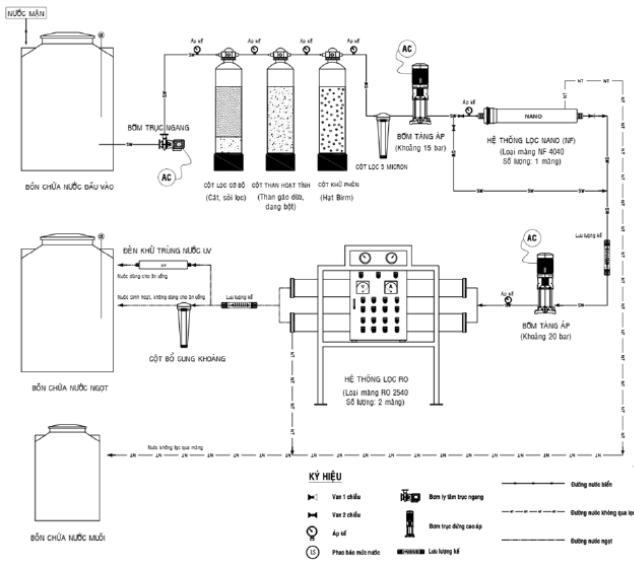
3.2. Đề xuất công nghệ xử lý nước biển hợp lý

Công nghệ xử lý nước biển phù hợp được chọn dựa vào kết quả của ba thí nghiệm: (1) màng lọc NF, (2) màng lọc RO và (3) màng lọc NF+RO là hạng mục chính của hệ thống. Bên cạnh hạng mục chính này, hệ thống xử lý mặn còn có công đoạn tiền xử lý với sơ đồ nguyên lý như Hình 1. Kết quả phân tích các thông số chất lượng nước của các thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

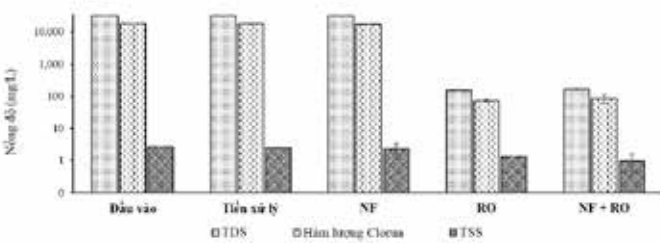
Bảng 3. Nồng độ TDS, clorua, SS, độ đục trong mẫu nước của các thí nghiệm

Thông số	Đơn vị	Đầu vào	Sau tiền xử lý	Sau NF	Sau RO	Sau NF + RO
TDS	mg/L	31.300	31.433±153	30.867±503	156±4,36	169±6,56
Clorua	mg/L	17.585	18.019±735	16.899±216	73,0±6,65	84,1±25,4
TSS	mg/L	2,60	2,43±0,12	2,20±1,06	1,30±0,00	0,93±0,56
Độ đục	NTU	0,82	0,56±0,02	0,15±0,02	0,06±0,01	0,12±0,04

Nước biển sau tiền xử lý có các chỉ tiêu TDS và hàm lượng clorua tăng lên (Hình 2). Giá trị nồng độ của các thông số TDS và clorua tăng lần lượt từ 31.300 mg/L lên 31.433±153 mg/L và 17.585±0,00mg/L lên 18.019±735 mg/L. Nguyên nhân tăng nồng độ của hai thông số này là do vật liệu lọc của các cột lọc tiền xử lý mới nên khi nước biển đi qua sẽ kéo theo các khoáng chất từ vật liệu lọc vào nước.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống khử mặn



Hình 2. Sự thay đổi nồng độ TDS, clorua và TDS

Bảng 4. Giá trị pH, độ mặn, độ cứng của nước biển qua các công đoạn xử lý

Thông số	Đơn vị	Đầu vào	Sau NF	Sau RO	Sau NF + RO
pH	-	7,73±0,00	7,53±0,05	6,55±0,04	6,60±0,17
Độ mặn	‰	23,0±0,00	22,8±0,06	0,10±0,00	0,10±0,00
Độ cứng	mgCaCO ₃ /L	7.200±0,00	5.700±200	34,7±9,23	22,7±6,11

Kết quả ở Hình 3 cho thấy màng lọc NF không có hiệu quả khử mặn cao, hiệu suất khử mặn này là 0,72%, tương ứng với độ mặn giảm từ 23‰ xuống 22,8‰. Hiệu suất khử mặn của màng lọc RO và màng lọc NF + RO rất cao (99,6%), tương ứng với độ mặn giảm từ 22,8‰ xuống còn 0,10‰. Độ mặn này của nước phù hợp để cho mục đích sinh hoạt

Kết quả thí nghiệm cho thấy màng lọc NF cho hiệu quả xử lý độ cứng không cao. Độ cứng của nước sau khi qua màng lọc NF giảm từ 7.200 mg/L xuống 5.700 mg/L, tương ứng với hiệu suất xử lý 20,8% (Hình 4). Trong khi đó, màng lọc RO và sự kết hợp màng lọc NF + RO có hiệu suất xử lý rất cao, với hiệu suất lần lượt là 99,5% và 99,7%. Có thể

Giai đoạn tiền xử lý đã loại bỏ các hạt lơ lửng trong nước biển, làm cho TSS và độ đục của nước giảm. Nồng độ TSS và độ đục trong nước biển khi qua công đoạn tiền xử lý giảm lần lượt từ 2,60 và 0,82 mg/L xuống 2,43 và 0,56 mg/L. Tương ứng với hiệu suất loại bỏ TSS và độ đục của công đoạn tiền xử lý lần lượt là 6,54% và 31,6%.

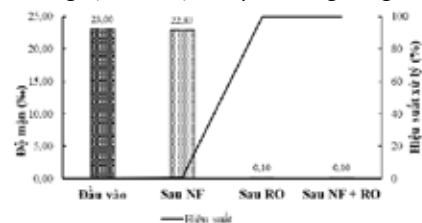
Màng lọc NF có hiệu suất xử lý TDS, clorua, SS không cao, lần lượt là 1,38%; 3,90%; 15,4%. Nhưng với độ đục, kết quả nghiên cứu cho thấy màng lọc NF của thí nghiệm có hiệu suất xử lý 82%. Với hiệu suất này, màng lọc NF chỉ được thực hiện như công đoạn tiền xử lý, không thể đưa vào công đoạn chính của hệ thống khử mặn.

Màng lọc RO có hiệu suất xử lý TDS, clorua, SS, độ đục rất cao, lần lượt là 99,5%; 99,6%; 50,0%; 92,6%. Ngoại trừ chỉ tiêu SS (thấp hơn 1,2 lần) thì hiệu suất xử lý các thông số TDS, clorua, độ đục của màng lọc RO cao hơn hiệu suất xử lý khi kết hợp màng NF + RO, lần lượt là 99,5%; 99,5%; 85,4%.

Nồng độ TDS và clorua trong nước sau màng lọc RO và khi kết hợp màng lọc NF + RO đều đạt QCVN 01-1:2018/BYT. Qua kết quả thí nghiệm trên, màng lọc NF không có hiệu quả trong xử lý TDS và clorua trong nước biển. Để xử lý hai chỉ tiêu này, màng lọc RO cần được sử dụng mà không cần kết hợp NF + RO, làm giảm chi phí thiết bị và chi phí vận hành hệ thống. Tuy nhiên, việc sử dụng màng lọc NF để xử lý sơ bộ nước biển có thể loại bỏ một phần hàm lượng SS, TDS, giúp giảm tải cho màng lọc RO phía sau, làm giảm tải áp lực cần cung cấp cho hệ thống xử lý.

Kết quả phân tích ở Bảng 4 cho thấy pH của nước biển có sự thay đổi khi qua công đoạn xử lý màng. Cụ thể, pH của nước biển sau khi qua màng lọc NF, RO và NF + RO giảm từ 7,73±0,00 lần lượt giảm xuống 7,53±0,05; 6,55±0,04 và 6,60±0,17. Có thể thấy, màng RO làm thay đổi pH nhiều so với màng NF và khi kết hợp NF + RO. Sự giảm pH này là do màng lọc RO có khả năng giữ các ions (kể cả ions hóa trị I). So với QCVN 01-1:2018/BYT, pH nước sau màng lọc RO và màng lọc NF + RO giảm nhưng vẫn thuộc khoảng giới hạn cho phép là 6,0 - 8,5.

thấy, hiệu suất xử lý độ cứng của sự kết hợp màng lọc NF + RO cao hơn màng lọc RO, nhưng sự chênh lệch này là không đáng kể.



Hình 3. Sự thay đổi độ mặn và hiệu suất xử lý của các thí nghiệm

Nhìn chung, để xử lý nước biển có hàm lượng TDS, độ mặn và clorua cao thì cần phải sử dụng màng lọc RO, không thể sử dụng hệ thống chỉ với màng lọc NF đơn lẻ vì hiệu suất loại bỏ của các thông số này với màng lọc NF là rất thấp. Tuy nhiên, việc sử dụng màng lọc NF để tiền xử lý có thể góp phần giảm tải cho hệ thống xử lý nước biển, tăng tuổi thọ cho màng lọc RO. Một số nghiên cứu cho thấy đối với nước biển có độ mặn thấp hoặc nước lợ thì có thể sử dụng màng NF để xử lý (Abuhabib et al., 2013; Tian et al., 2021).

Từ kết quả thí nghiệm đánh giá hiệu quả xử lý của các màng lọc NF, màng lọc RO và sự kết hợp màng lọc NF + RO, có thể thấy rằng màng lọc NF không cho thấy hiệu quả cao trong khử mặn đối với nước biển có độ mặn cao và cũng có hiệu quả cao trong việc loại bỏ các thành phần gây tắc nghẽn màng RO sau khi đã được tiền xử lý. Hiệu quả khử mặn của sự kết hợp màng lọc NF + RO rất cao, nhưng so kết quả đánh giá riêng cho màng lọc RO và khi kết hợp NF + RO thì hiệu suất xử lý khác nhau không đáng kể. Điều này cho thấy tính khả thi khi sử dụng màng lọc RO để khử mặn và các thành phần khác trong nước biển. Do đó, công nghệ chính cho hệ thống khử mặn bằng phương pháp lọc trong nghiên cứu này là màng lọc RO.

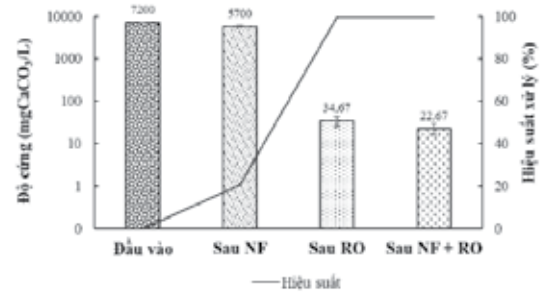
Bảng 5. Tính chất nước đầu vào và đầu ra hệ thống khử mặn

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Đầu vào	Đầu ra	Hiệu suất (%)
1	pH	-	7,60	6,90	9,21
2	Độ mặn	‰	11,6	0,00	100
3	Clorua (Cl ⁻)	mg/L	7.906	28,4	99,6
4	Độ màu	Pt-Co	KPH (MDL = 4,0)	KPH (MDL = 4,0)	
5	Mùi	-	KPH	KPH	
6	Vị	-	KPH	KPH	
7	Sắt (Fe)	mg/L	0,74	KPH (MDL = 0,09)	
8	Nitrat (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,58	0,04	93,1
9	Nitrit (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0
10	Độ cứng	mgCaCO ₃ /L	2.400	4,00	99,8
11	Chất rắn hòa tan (TDS)	mg/L	13.770	57,0	99,6
12	Độ đục	NTU	22,3	KPH (MDL = 0,21)	
13	Tổng Coliform	MPN/100mL	2,4x10 ⁴	KPH	
14	<i>Escherichia coli</i>	MPN/100mL	KPH	KPH	



Hình 5. Hệ thống khử mặn công suất 200 L/h

Nước đầu vào hệ thống khử mặn thuộc vùng cửa sông Mỏ Ó có giá trị của độ mặn, clorua, TDS và độ cứng thấp hơn so với nước đầu vào của thí nghiệm đánh giá hiệu quả của các màng lọc. Do vậy, tỷ lệ thu hồi nước của cột lọc RO được chọn là $r = 20\%$, thay vì là 8% theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Qua kết quả ở Bảng 5, có thể thấy hệ thống khử mặn đã lắp đặt có hiệu quả xử lý nước tốt. Các chỉ tiêu chất lượng nước sau hệ thống khử mặn đều đạt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch phục vụ cho mục đích sinh hoạt (QCVN 01-1:2018/BYT). Sau khi qua hệ thống khử mặn, pH của nước



Hình 4. Sự thay đổi độ cứng và hiệu quả xử lý của các thí nghiệm

3.3. Đánh giá hiệu quả xử lý của mô hình

3.3.1. Hiệu quả xử lý của hệ thống

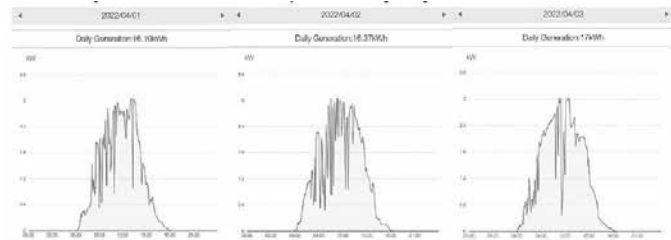
Hệ thống khử mặn có công suất 200 L/h sau khi được lắp đặt hoàn chỉnh (Hình 5) và được vận hành với áp suất hoạt động của cột RO là 52 bar, với tỷ lệ thu hồi nước $r = 20\%$. Nước vào hệ thống có nhiệt độ 290C và pH = 7,6. Kết quả phân tích mẫu nước đầu vào và đầu ra của hệ thống khử mặn được thể hiện ở Bảng 5.

giảm nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép. Thí nghiệm này, pH không giảm nhiều do đã được điều chỉnh bởi cột bổ sung khoảng lắp đặt sau hệ thống, góp phần ổn định pH. Độ mặn trong nước đầu vào có giá trị là 11,6‰; sau khi qua hệ thống khử mặn thì độ mặn là 0‰, với hiệu suất khử mặn đạt 100%. Độ cứng của nước đầu vào là 2.400 mgCaCO₃/L, thấp hơn 3 lần so với nước biển trong thí nghiệm trước. Sau hệ thống khử mặn, độ cứng còn 4,00 mgCaCO₃/L, với hiệu suất xử lý đạt 99,8%. Kết quả này xấp xỉ với hiệu suất của thí nghiệm đánh giá hiệu suất màng lọc RO (99,5%). Hiệu suất xử lý chất rắn hòa tan (TDS) đạt 99,6% cao hơn so với thí nghiệm đánh giá hiệu suất màng lọc RO (99,5%). Sau khi được xử lý, các vi sinh vật (tổng Coliform và E. coli) đều không phát hiện có thể do vi sinh trong nước đã bị loại bỏ bởi màng RO và đèn UV được lắp đặt ở công đoạn khử trùng cuối hệ thống.

3.3.2. Đánh giá hiệu quả sử dụng hệ thống pin năng lượng mặt trời

Hệ thống pin năng lượng mặt trời được lắp đặt để cung cấp điện vận hành hệ thống khử mặn tại thực địa. Công suất của hệ thống pin năng lượng mặt trời được tính toán dựa vào tổng công suất của hệ thống xử lý mặn (2,64 kW). Hệ thống gồm các tấm pin với công suất 470 W/tấm được chọn. Vì lượng điện được sản xuất từ tấm pin phụ thuộc vào các yếu tố gồm cường độ bức xạ mặt trời, thời gian nắng, hiệu suất của tấm pin, nên tổng số tấm pin của hệ thống là 7 tấm. Hệ thống năng lượng mặt trời được kết nối với mạng Wifi để giám sát hoạt động của hệ thống thông qua ứng dụng Solarman.

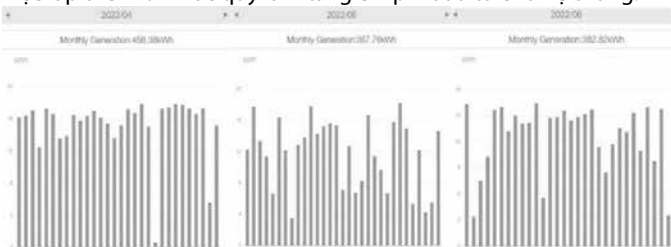
Lượng điện tạo ra bởi hệ thống có thể được theo dõi bất kỳ lúc nào. Hình 6 cho thấy sự biến động của lượng điện tạo ra trong 3 ngày liên tục tại hệ thống thông qua ứng dụng Solarman.



Hình 6. Sản lượng điện được tạo ra từ hệ thống pin mặt trời trong 3 ngày liên tục 01, 02, 03/4/2023

Theo các biểu đồ ở Hình 6 có thể thấy thời gian hoạt động của hệ thống bắt đầu từ lúc 6 giờ và dừng hoạt động lúc 18 giờ. Lượng điện được tạo ra nhiều nhất ở khung giờ từ 11 giờ đến 14 giờ. Lượng điện tạo ra cao nhất trong ngày lên đến 3,06 kWh nên có thể đáp ứng cung cấp điện đủ cho hệ thống khử mặn (tổng công suất tiêu thụ của hệ thống khử mặn là 2,64 kW). Tuy nhiên, do phụ thuộc rất nhiều vào cường độ bức xạ mặt trời nên lượng điện tạo ra không đều theo thời gian. Các biểu đồ Hình 7, cho thấy sự biến động lượng điện tạo ra trong tháng của hệ thống. Do vậy, để hệ thống khử mặn hoạt động ổn định, biến tần đã sử dụng thêm điện lưới để bù vào lượng điện thiếu vào những thời điểm hệ thống pin mặt trời không tạo đủ lượng điện yêu cầu.

Nếu hệ thống khử mặn hoạt động khoảng 4 giờ trong ngày, thì lượng điện cần cung cấp trong 1 tháng cho hệ thống khử mặn là 317 kWh. Vào tháng 4, 5 và 6/2023, tổng lượng điện được tạo ra bởi hệ thống pin mặt trời trong tháng lần lượt là 458 kWh, 368 kWh và 383 kWh (Hình 7). Có thể thấy, lượng điện tạo ra bởi hệ thống pin mặt trời ở các tháng theo dõi đều cao hơn với lượng điện tiêu thụ. Tuy nhiên, lượng điện tạo ra giữa các tháng không đồng đều. Chẳng hạn, lượng điện tạo ra cao nhất của 1 ngày trong tháng 4/2022 là 17,9 kWh (ngày 19/4/2022), lượng điện tạo ra thấp nhất là 0,66 kWh (ngày 21/4/2023). Do đó, để hệ thống khử mặn hoạt động hiệu quả cần lắp đặt thêm các bình ắc-quy để tích trữ điện. Khi đó, lượng điện tạo ra thiếu thì sẽ lấy điện từ bình ắc quy để bù cho hệ thống, nhưng việc lắp thêm bình ắc quy làm tăng chi phí đầu tư cho hệ thống.



Hình 7. Sản lượng điện tạo ra bởi hệ thống ở tháng 4, 5 và 6/2023

4. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát của nghiên cứu cho thấy tính chất nước biển có sự biến động rộng tại các vùng biển đảo và ven bờ. Do đó, để áp dụng công nghệ lọc cho hệ thống khử mặn thì cần lựa chọn màng lọc phù hợp, để đảm bảo hiệu quả khử mặn.

Nghiên cứu đã đề xuất công nghệ xử lý nước biển hoàn chỉnh. Hệ thống xử lý mặn gồm hai giai đoạn chính: giai đoạn tiền xử lý để loại bỏ cặn lắng lơ lửng vô cơ, các xác bã hữu cơ, mùi và khử bỏ phen (nếu có) trong nước và giai đoạn xử lý chính với hạng mục lõi là màng RO để khử mặn.

Nước sau xử lý có chất lượng đạt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt QCVN 01-

1:2018/BYT. Hệ thống xử lý mặn sử dụng điện năng được cung cấp từ hệ thống năng lượng mặt trời hòa lưới, đảm bảo cung cấp điện ổn định. Do vậy, hệ thống có tiềm năng để xử lý nước mặn nhiễm mặn cung cấp nước sạch ở những vùng không tiếp cận được mạng lưới cấp nước sạch, vùng bị xâm nhập mặn, vùng ven biển/hải đảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2016-2020*, Hà Nội;
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2018), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2018. Chuyên đề: Môi trường nước các lưu vực sông*, Hà Nội;
3. Công ty TNHH MTV Cấp nước Hải Phòng (2015), *Kế hoạch phát triển hệ thống cấp nước Hải Phòng*;
4. Cục thông tin khoa học và công nghệ quốc gia (2016), *Xâm nhập mặn tại Đồng bằng sông Cửu Long nguyên nhân, tác động và các giải pháp ứng phó*, Hà Nội;
5. Nguyễn Ngọc Dung (2009), *Xử lý nước cấp*, NXB Xây dựng, Hà Nội;
6. Trịnh Xuân Lai (2000), *Xử lý nước thiên nhiên cấp cho sinh hoạt và công nghiệp*, NXB Xây dựng Hà Nội;
7. Trần Đức Hạ (2010), *Nghiên cứu ứng dụng màng lọc nano trong công nghệ xử lý nước biển áp lực thấp thành nước sinh hoạt cho các vùng ven biển và hải đảo Việt Nam*. Đề tài cấp Nhà nước. Mã số: ĐTDL.2010T/31;
8. Nguyễn Hoài Châu, Cao Văn Chung, Lê Xuân Thịnh, (2005). *Một số kết quả nghiên cứu xử lý nước nhiễm mặn bằng thiết bị điện thẩm tách tự chế tạo*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ. 43(2):114-120;
9. Đoàn Thu Hà, (2014). *Đánh giá mức độ tổn thương do biến đổi khí hậu tới cấp nước nông thôn vùng Đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường. 46: 34-40;
10. J.C. Schippers (2000), *Monitoring scaling in nanofiltration and reverse osmosis membrane systems*; Elsevier B.V;
11. Kitakyushu (2006), *Water Management*;
12. Imran Ali & V.K. Gupta, *Advances in water treatment by adsorption technology*, Published online 11 January 2007;
13. Burn, S., Hoang, M., Zarzo, D., Olewniak, F., Campos, E., Bolto, B., Barron O., 2015. *Desalination techniques – A review of the opportunities for desalination in agriculture*. Desalination. 364: 2-16.
14. Subramani, A., Jacangelo, J.G., 2015. *Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review*. Water research. 75:164-187.
15. Subramani, A., Badruzzaman, M., Oppenheimer, J., Jacangelo, J.G., 2011. *Energy minimization strategies and renewable energy utilization for desalination: A review*. Water research. 45:1907-1920.

Phân tích ảnh hưởng của liên kết ngang đến dao động của cầu dầm chịu hoạt tải xe di động

Analysis of the influence of transverse connections on the vibration response of girder bridge structures subjected to moving vehicle loads

> THS NGUYỄN THỊ KIM LOAN*, PGS.TS NGUYỄN XUÂN TOÀN,
PGS.TS ĐẶNG CÔNG THUẬT, PGS.TS NGUYỄN DUY THẢO

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

*Corresponding author, Email: ntkloan@dut.udn.vn

TÓM TẮT

Để giảm tính phức tạp cho bài toán phân tích dao động của cầu dầm chịu hoạt tải xe di động, thường quy đổi phân tích không gian về bài toán phẳng thông qua hệ số phân bố ngang (HSPBN) của hoạt tải. Do vậy, ảnh hưởng của hệ liên kết ngang (bản mặt cầu, dầm ngang) cũng chưa được xem xét một cách đầy đủ trong quá trình tính toán. Để làm rõ thêm, bài báo trình bày một số kết quả phân tích tương tác động lực giữa kết cấu cầu dầm và hoạt tải xe di động trên cầu có xét đến độ cứng của hệ liên kết ngang. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, dao động của kết cấu dầm biên trong trường hợp có xét đến ảnh hưởng của liên kết ngang và trường hợp xét đến HSPBN tương đối phù hợp và có chênh lệch lớn nhất là 25.99%. Như vậy với yêu cầu về độ chính xác cao hơn cần xem xét đến độ cứng của liên kết ngang trong mô hình tính toán. Trường hợp gần đúng có thể áp dụng HSPBN để giảm khối lượng và độ phức tạp trong quá trình phân tích tính toán.

Từ khóa: Dao động; cầu dầm; hệ số phân bố ngang của hoạt tải; bản mặt cầu; dầm ngang.

ABSTRACT

To reduce the complexity of the vibration analysis of girder bridges subjected to moving vehicle loads, the spatial analysis is often converted into a planar problem using the transverse load distribution factor (TLDF). Therefore, the influence of the transverse connection system (deck slab, cross beams) has also not been fully considered in the calculation process. To clarify further, this paper presents several analysis results on the dynamic interaction between the girder bridge structure and moving vehicle loads, considering the stiffness of the transverse connection system. The initial research results indicate that the vibration response of the exterior girder, when considering the influence of the transverse connection, aligns relatively well with the case using the transverse load distribution factor (TLDF), with a maximum discrepancy of 25.99%. Therefore, for higher accuracy requirements, the stiffness of the transverse connection should be incorporated into the computational model. In approximate cases, TLDF can be applied to reduce the computational effort and complexity of the analysis.

Keywords: Vibration; girder bridge; transverse load distribution factor; bridge deck; cross beam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dao động kết cấu cầu dưới tác dụng của tải trọng xe di động là một vấn đề quan trọng trong thiết kế và phân tích độ bền của các công trình cầu. Khi xe di chuyển qua cầu, tương tác động lực giữa cầu và xe gây ra những dao động phức tạp, ảnh hưởng đến tuổi thọ và tính ổn định của công trình. Việc nghiên cứu dao động giúp tối ưu hoá thiết kế, giảm thiểu hư hại và nâng cao an toàn trong quá trình khai thác sử dụng.

Bài toán phân tích dao động công trình cầu dưới tác dụng của hoạt tải di động đã thu hút sự quan tâm của nhiều tác giả trên toàn thế giới từ nhiều năm qua. Willis [1] đã đề xuất và thiết lập phương trình vi phân dao động giữa cầu và xe; sau đó rất nhiều nhà nghiên cứu đã tập trung phân tích vấn đề tương tác động lực cầu-xe. Các tác giả [2,3] phân tích dao động cầu dầm bê tông cốt thép dự ứng lực

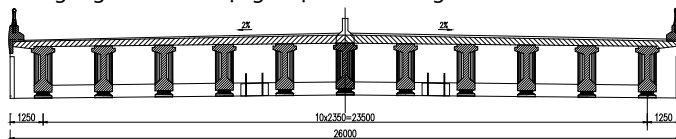
chịu tác dụng của tải trọng di động bằng phương pháp giải tích, sau đó mở rộng phân tích cho cầu dầm văng bằng việc thay thế các dầm cáp văng bằng các gối đàn hồi; [4,5] phân tích tương tác dao động giữa cầu và xe bằng phương pháp phần tử hữu hạn; [6] thiết lập và giải phương trình dao động giữa cầu dầm đơn giản và xe di động có xét đến độ gồ ghề của mặt cầu; Nguyễn Xuân Toàn và cộng sự [7] phân tích tương tác động lực giữa cầu dầm văng và xe tải di động trên cầu có xét đến độ mấp mô ngẫu nhiên của mặt cầu, sau đó mở rộng phân tích có xét đến tải trọng xe tải ngẫu nhiên ứng với nhiều sơ đồ cầu khác nhau [8,9]. A. Aloisio, R. Alaggio [10] đã so sánh ba phương pháp để dự đoán phản ứng của cầu khi có xe di chuyển. Tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để tìm phân phối xác suất phù hợp, so sánh phản ứng dịch chuyển của cầu trong ba kịch bản độ nhám và xem xét vận tốc thay đổi và đặc điểm của xe.

Hầu hết các nghiên cứu ở trên đều phân tích trên sơ đồ phẳng (chỉ xét cho một dầm hoặc có thể được quy đổi sơ đồ không gian của công trình cầu về sơ đồ phẳng thông qua hệ số phân bố ngang xác định theo các tiêu chuẩn thiết kế cầu AASHTO[11] và TCVN 11823:2017 [12]). Như vậy, có thể thấy rằng: ảnh hưởng của hệ liên kết ngang (bản mặt cầu, dầm ngang) chưa được xem xét một cách đầy đủ trong quá trình phân tích dao động. Bài báo này trình bày một số kết quả phân tích tương tác động lực học giữa kết cấu dầm cầu và hoạt tải xe di động trên cầu có xét đến độ cứng của hệ liên kết ngang; trong đó độ cứng của hệ liên kết ngang được quy đổi thành các gối đàn hồi tương đương. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để mô hình hóa kết cấu cầu; hoạt tải xe di động trên cầu có 3 trục xe, mỗi trục được mô phỏng thành 2 khối lượng gồm khối lượng hàng hóa trên xe truyền xuống trục xe và khối lượng trục xe, 2 khối lượng trong mỗi trục xe được lên kết với nhau bằng 1 lò xo đàn hồi và 1 cản nhớt để mô phỏng độ cứng của nhíp xe, độ cứng của lớp xe cũng được xét đến thông qua 1 lò xo đàn hồi và 1 cản nhớt. Phương trình dao động tương tác giữa cầu và xe được thiết lập theo nguyên lý cân bằng động. Nghiệm của phương trình dao động tương tác giữa cầu và xe được giải thông qua phương pháp Runge-Kutta. Dưới đây là kết quả nghiên cứu về phân tích dao động cầu Suối Tượng (tuyến cao tốc đường bộ Phan Thiết - Dầu Giây) dưới tác dụng của hoạt tải xe Foton 3 trục cho các trường hợp có xét và không xét đến hệ liên kết ngang.

2. MÔ HÌNH PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CẦU SUỐI TƯỢNG DƯỚI TÁC DỤNG XE DI ĐỘNG CÓ XÉT ĐẾN ĐỘ CỨNG HỆ LIÊN KẾT NGANG

2.1. Các tham số kết cấu cầu Suối Tượng

Cầu Suối Tượng là một trong các cầu trên tuyến đường bộ cao tốc Phan Thiết - Dầu Giây. Cầu có sơ đồ kết cấu dầm đơn giản, chiều dài nhịp L=24m. Mặt cắt ngang của cầu được thiết kế với 11 dầm chủ I bê tông cốt thép; khoảng cách giữa các dầm chủ là 2.35 m; các dầm chủ được liên kết với ngang bằng bản mặt cầu dày 0.2 m và 5 dầm ngang bố trí tại 2 gối cầu, 1/4L, 1/2L và 3/4L. Bố trí mặt cắt ngang của cầu Suối Tượng được mô tả trong hình 1.

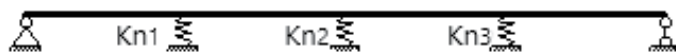


Hình 1. Mặt cắt ngang cầu Suối Tượng

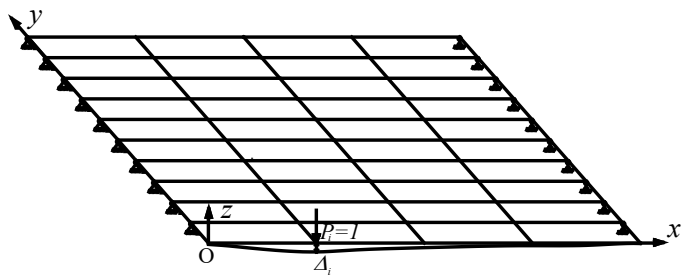
Các tham số cấu như sau: mô đun đàn hồi bê tông E=3647750.59 T/m²; mô men quán tính dầm chủ J_d=0.3762 m⁴; diện tích mặt cắt ngang dầm F_d=1.0275 m²; khối lượng đơn vị của dầm ρ_{Fd}=2.93 T/m; dầm ngang có kích thước 20x100 cm; hệ số ma sát trong và ngoài lần lượt là θ=0.027 và β=0.01.

2.2. Sơ đồ phân tích cầu Suối Tượng có xét đến hệ liên kết ngang

Theo phương ngang cầu, các dầm chủ được liên kết với nhau thông qua bản mặt cầu và các dầm ngang. Để phân tích dao động của mỗi dầm trong cầu Suối Tượng trên sơ đồ phẳng có xét đến ảnh hưởng của hệ liên kết ngang (bản mặt cầu và dầm ngang), tiến hành quy đổi độ cứng của hệ liên kết ngang bằng các gối đàn hồi đặt tại các vị trí dầm ngang (1/4L, 1/2L và 3/4L) như Hình 2. Các gối đàn hồi có độ cứng tương đương với độ cứng của hệ liên kết ngang.



Hình 2. Sơ đồ phân tích dao động cầu Suối tượng có xét đến hệ liên kết ngang



Hình 3. Sơ đồ mạng dầm tương đương của cầu Suối Tượng

Cầu Suối Tượng gồm 11 dầm ứng suất trước được liên kết với nhau thông qua bản mặt cầu và các dầm ngang. Ta quy đổi về sơ đồ mạng dầm tương đương gồm 11 dầm chủ và 5 dầm ngang như Hình 3. Trong đó:

$$\begin{cases} J_{tdx} = J_d \\ J_{tdy} = J_n + J_{bmc} \end{cases} \quad (1)$$

với J_{tdx} là mô men quán tính tương đương của dầm theo phương dọc cầu ox; J_{tdy} là mô men quán tính tương đương của dầm theo phương ngang cầu oy; J_d là mô men quán tính của dầm chủ; J_n là mô men quán tính của dầm ngang; J_{bmc} là mô men quán tính của bản mặt cầu.

Việc xác định độ cứng của mỗi gối đàn hồi được xác định theo trình tự như sau: i) mô phỏng không gian hệ dầm mặt cầu theo sơ đồ mạng dầm tương đương bằng phương pháp phần tử hữu hạn như Hình 3; ii) ứng với mỗi dầm chủ được phân tích, loại bỏ dầm chủ đang xét ra khỏi sơ đồ mô phỏng không gian của hệ dầm tương đương; iii) tương ứng với vị trí gối đàn hồi thứ i, đặt lực P=1T tác dụng lên sơ đồ mạng dầm đã được loại bỏ ở bước ii) và xác định chuyển vị thẳng đứng Δ_i; iv) xác định độ cứng gối đàn hồi thứ i bằng công thức K_{ni}=1/Δ_i. Kết quả độ cứng của gối đàn hồi trên dầm biên được thể hiện trong Bảng 1.

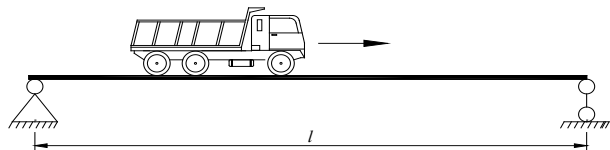
Bảng 1. Kết quả độ cứng của gối đàn hồi

Các gối đàn hồi	Chuyển vị(mm)	K(T/m)
Kn1	0.614	1628.66
Kn2	0.7159	1396.84
Kn3	0.614	1628.66

2.3. Thiết lập mô hình tương tác cầu và xe di động

Kết cấu cầu Suối Tượng được phân tích dao động dưới tác dụng xe tải di động trong hai trường hợp:

Mô hình phân tích dao động không xét hệ liên kết ngang được mô hình hóa như Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ phân tích dao động cầu Suối Tượng

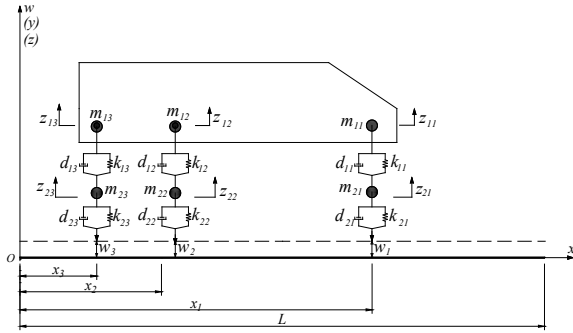
Mô hình phân tích dao động có xét hệ liên kết ngang được mô hình hóa như Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ phân tích dao động cầu Suối Tượng có xét hệ liên kết ngang

Cầu được chia thành nhiều phần tử, trong trường hợp có xét đến hệ liên kết ngang thì dầm được chia sao cho các liên kết đặt tại nút. Tương tác giữa phần tử dầm và xe di động được mô tả như

Hình 6. Với chuyển vị theo phương đứng tại vị trí trục xe thứ i là w_i . Hoạt tải xe di động được mô phỏng thành các trục xe, mỗi trục xe được mô hình hóa thành hai khối lượng, mỗi khối lượng được liên kết với một lò xo và một liên kết giảm chấn cản. Khối lượng thân xe và hàng hóa phân bố lên trục xe thứ i được mô hình hóa thông qua khối lượng m_{1i} , khối lượng của trục xe thứ i được mô hình hóa thông qua khối lượng m_{2i} ; k_{1i} và d_{1i} lần lượt là độ cứng và độ giảm chấn của nhíp xe ở trục xe thứ i ; k_{2i} và d_{2i} lần lượt là độ cứng và độ giảm chấn cản lớp xe ở trục xe thứ i .



Hình 6. Mô hình tương tác giữa phần tử dầm và xe di động

trong đó: z_{1i}, z_{2i} lần lượt là tọa độ tuyệt đối của khối lượng m_{1i} và m_{2i} theo phương thẳng đứng so với gốc tọa độ tại trọng tâm của khối lượng m_{1i} và m_{2i} khi hệ chưa dao động.

Các tham số cơ bản của hoạt tải xe Foton 3 trục như sau: khối lượng trục xe thứ 1 là $m_{11}=3.6T$, $m_{21}=0.06T$; khối lượng trục xe thứ 2 là $m_{12}=7.2T$, $m_{22}=0.11T$; khối lượng trục xe thứ 3 là $m_{13}=7.2T$, $m_{23}=0.11T$; khoảng cách từ trục 1 đến trục 2 là 3.9m, khoảng cách từ trục 2 đến trục 3 là 1.35m; độ cứng và độ cản của nhíp xe tương ứng với các trục xe 1, 2, 3 như sau: $k_{11}=240 T/m$, $k_{12}=k_{13}=520 T/m$, $d_{11}=0.7344 Ts/m$; $d_{12}=d_{13}=0.3672 Ts/m$; độ cứng và độ cản của lớp xe tương ứng với các trục xe 1, 2, 3 như sau: $k_{21}=240 T/m$, $k_{22}=k_{23}=380 T/m$, $d_{21}=0.4 Ts/m$, $d_{22}=d_{23}= 0.8 Ts/m$.

Theo Nguyễn Xuân Toàn và các cộng sự [5,7] dao động của phần tử dầm chịu tải trọng phân bố $p(x,z,t)$ có xét đến ảnh hưởng của ma sát trong và ma sát ngoài như sau:

$$EJ_d \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \theta \frac{\partial^5 w}{\partial x^4 \partial t} \right) + \rho F_d \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \beta \frac{\partial w}{\partial t} = p(x, z, t)$$

$$p(x, z, t) = \sum_{i=1}^N \xi_i(t) \cdot \left[-(m_{1i} + m_{2i}) \cdot g - m_{1i} \cdot \ddot{z}_{1i} - m_{2i} \cdot \ddot{z}_{2i} \right] \cdot \delta(x - a_i)$$

$$-m_{1i} \cdot \ddot{z}_{1i} + d_{1i} \cdot \dot{z}_{1i} + k_{1i} \cdot z_{1i} - d_{1i} \cdot \dot{z}_{2i} - k_{1i} \cdot z_{2i} = -m_{1i} \cdot g$$

$$-m_{2i} \cdot \ddot{z}_{2i} + (d_{2i} + d_{1i}) \cdot \dot{z}_{2i} + (k_{2i} + k_{1i}) \cdot z_{2i} - d_{1i} \cdot \dot{z}_{1i} - k_{1i} \cdot z_{1i} = -m_{2i} \cdot g + d_{2i} \cdot \dot{w}_i + k_{2i} \cdot w_i$$

trong đó: EJ_d : độ cứng chống uốn của phần tử dầm; ρF_d : trọng lượng của phần tử dầm trên 1 đơn vị chiều dài; θ và β : hệ số ma sát trong và hệ số ma sát ngoài của phần tử dầm; $p(x, z, t)$ là tải trọng phân bố đều trên dầm; $\delta(x-a)$ là hàm Delta-Dirac; $i=1 \div N$ (N là số trục, $N=3$).

$$\xi_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t_i \leq t \leq t_i + T_i \\ 0 & \text{khi } t < t_i \text{ và } t > t_i + T_i \end{cases}; \quad T_i = \frac{L}{v_i} \quad (3)$$

Phương trình (1) sau khi biến đổi về dạng ma trận theo phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) của phần tử dầm được viết như sau :

$$M_e \cdot \ddot{q} + C_e \cdot \dot{q} + K_e \cdot q = \{f_e\} \quad (4)$$

trong đó: M_e, C_e, K_e : lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản, ma trận độ cứng hỗn hợp; $\{q\}, \{\dot{q}\}, \{\ddot{q}\}, \{f_e\}$ lần lượt là vectơ gia

tốc, vận tốc, chuyển vị và lực tương tác. Các ký hiệu còn lại và chi tiết có thể xem trong các tài liệu [5,7].

Áp dụng thuật toán của phương pháp PTHH để thiết lập phương trình dao động cho toàn hệ thống cầu-xe và giải bằng phương pháp Runge-Kutta ta sẽ thu được chuyển vị tương ứng tại các nút của kết cấu dầm.

3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CỦA DẦM BIÊN

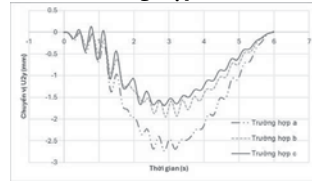
Áp dụng phương pháp đòn bẩy để xác định HSPBN cho dầm biên theo TCVN 11823:2017 [12]. HSPBN của dầm biên Cầu Suối Tượng được xác định là 0.681.

Áp dụng phân tích dao động của dầm chịu tải trọng xe di động với vận tốc lần lượt là 5m/s, 10m/s và 15m/s tương ứng với 3 trường hợp như sau:

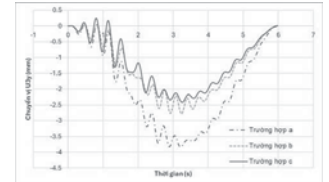
- Không xét liên kết đàn hồi với HSPBN=1.
- Không xét liên kết đàn hồi với HSPBN=0.681
- Có xét liên kết đàn hồi với HSPBN=1.

Các kết quả phân tích dao động của chuyển vị thẳng đứng (U_y) được thể hiện trên các hình vẽ tại các vị trí 1/4L, 1/2L và 3/4L tương ứng với các nút 2, 3 và 4.

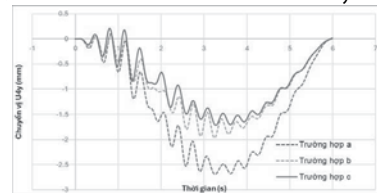
3.1. Trường hợp $v=5m/s$



Hình 7. Chuyển vị động tại nút 2

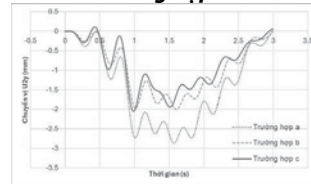


Hình 8. Chuyển vị động tại nút 3

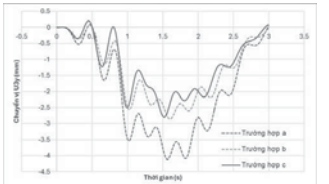


Hình 9. Chuyển vị động tại nút 4

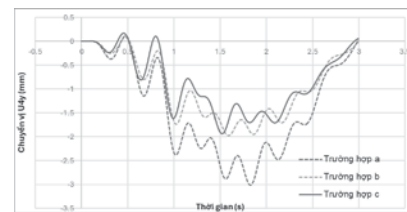
3.2. Trường hợp $v=10m/s$



Hình 10. Chuyển vị động tại nút 2

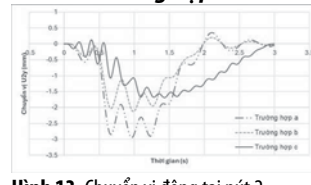


Hình 11. Chuyển vị động tại nút 3

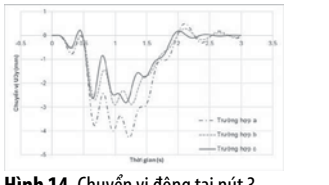


Hình 12. Chuyển vị động tại nút 4

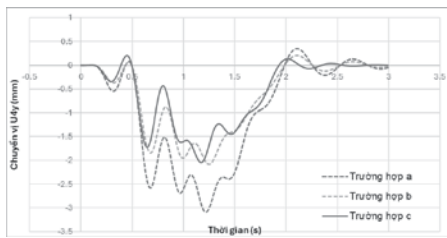
3.3. Trường hợp $v=15m/s$



Hình 13. Chuyển vị động tại nút 2



Hình 14. Chuyển vị động tại nút 3



Hình 15. Chuyển vị động tại nút 4

3.4. Kết quả phân tích so sánh theo các trường hợp:

Bảng 2. Kết quả so sánh hai trường hợp c và b khi $v=5\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	1.684	2.421	1.715
Trường hợp b	1.947	2.782	1.966
Chênh lệch (%)	15.62	14.91	14.64

Bảng 3. Kết quả so sánh hai trường hợp c và b khi $v=10\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	2.054	2.798	1.936
Trường hợp b	2.005	2.854	1.977
Chênh lệch (%)	2.39	2.00	2.12

Bảng 4. Kết quả so sánh hai trường hợp c và b khi $v=15\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	1.685	2.819	2.047
Trường hợp b	2.123	2.903	2.084
Chênh lệch (%)	25.99	2.98	1.81

Bảng 5. Kết quả so sánh hai trường hợp c và a khi $v=5\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	1.684	2.421	1.715
Trường hợp a	2.737	3.832	2.692
Chênh lệch (%)	62.53	58.28	56.97

Bảng 6. Kết quả so sánh hai trường hợp c và a khi $v=10\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	2.054	2.798	1.936
Trường hợp a	2.871	4.114	3.013
Chênh lệch (%)	39.78	47.03	55.63

Bảng 7. Kết quả so sánh hai trường hợp c và a khi $v=15\text{m/s}$

Kết quả phân tích dao động	Chuyển vị động lớn nhất (mm)		
	Nút 2	Nút 3	Nút 4
Trường hợp c	1.685	2.819	2.047
Trường hợp a	2.948	4.272	3.091
Chênh lệch (%)	74.96	51.54	51.00

Trong phạm vi nghiên cứu cho thấy: Kết quả phân tích trong trường hợp có xét liên kết đàn hồi c) tương đối phù hợp với kết quả phân tích trong trường hợp không xét liên kết đàn hồi với HSPBN=0.681 b). Chênh lệch lớn nhất về chuyển vị của hai trường hợp này là 25.99%. Kết quả phân tích trong trường hợp có xét liên kết đàn hồi c) giảm đáng kể so với kết quả phân tích trong trường hợp không xét liên kết đàn hồi với HSPBN=1 a). Chênh lệch lớn nhất về chuyển vị của hai trường hợp này là 74.96%.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả phân tích dao động của kết cấu cầu dầm chịu hoạt tải xe di động trong trường hợp không xét và có xét đến độ cứng của hệ liên kết ngang thông qua các gối đàn hồi tương đương. Kết quả nghiên cứu cho thấy dao động của dầm trong trường hợp không xét hệ liên kết ngang lớn hơn trường hợp có xét hệ liên kết ngang lên tới 74.96%. Trong trường hợp không xét đến độ cứng của hệ liên kết ngang nhưng có xét đến HSPBN cho kết quả tương đối phù hợp với trường hợp có xét hệ liên kết ngang và có chênh lệch lớn nhất là 25.99%. Với yêu cầu về độ chính xác cao hơn cần xem xét đến độ cứng của liên kết ngang trong mô hình tính toán. Trường hợp gần đúng có thể áp dụng HSPBN để giảm khối lượng và độ phức tạp trong quá trình phân tích tính toán.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Willis, R. The effect produced by causing weights to travel over elastic bars. Report of the commissioners appointed to inquire into the application of iron to railway structures, Appendix B, Stationery office, London, England (1849).
- [2] Nguyen Van Khang, Nguyen Minh Phuong, "Transverse vibration of continuous beam on rigid and elastic supports under the action of moving bodies". Technische Mechanik 22, Heft 4 (2002), pp. 306-316, Magdeburg.
- [3] Nguyen Van Khang, Nguyen Phong Dien, Nguyen Thi Van Huong, "Transverse vibrations of prestressed beams on rigid supports under the action of moving bodies". Archive of Applied Mechanics 79(2009), pp.939-953, Springer.
- [4] Dietz Stefan, Hippmann Gerhard, Schupp Gunter, "Interaction of Vehicles and Flexible Tracks by Co-Simulation of Multibody Vehicle Systems and Finite Element Track Models". Vehicle System Dynamics, Supplement, Vol. 37(2002), p372,13p.
- [5] T. Nguyen-Xuan, Y. Kuriyama, T. Nguyen-Duy, "Analysis of Dynamic Impact Factors of Bridge Due to Moving Vehicles Using Finite Element Method". Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, pp.1105-1119. (2018).
- [6] Geert Lombaert and Joel P. Conte, "Random vibration analysis of Dynamic Vehicle-Bridge interaction due to Road Unevenness". Journal of Engineering Mechanics (2012). 138:816-825.
- [7] Xuan-Toan Nguyen, Duy-Thao Nguyen, Van-Duc Tran and Thi-Kim-Loan Nguyen, "Effects of Random Road Roughness on Dynamic Impact Factor of Cable-Stayed Bridge Subjected to Moving Vehicle". Lecture Notes in Civil Engineering, Springer pp.147-156 (2021).
- [8] Toan Nguyen-Xuan, Cong-Thuat Dang, Loan Nguyen-Thi-Kim and Thao Nguyen-Duy, "Dynamic Impact Factor Analysis of the Prestressed Reinforced Concrete Girder Bridges Subjected to Random Vehicle Load". Mechanisms and Machine Science, Springer, pp. 764-774 (2021).
- [9] Toan Nguyen-Xuan, Cong-Thuat Dang, Loan Nguyen-Thi-Kim and Thao Nguyen-Duy, "Application of Finite Element Method to Analyze the Vibration and Dynamic Impact Factor of Displacement in I-Girder Bridge with Link Slab Due to Random Vehicle Load". Mechanisms and Machine Science, Springer, pp. 814-824 (2021).
- [10] A. Aloisio and R. Alaggio, "Probabilistic Comparative Analysis of Vehicle-Bridge Interaction Models for Predicting Bridge Response under Moving Vehicles", J. Eng. Mech., vol. 150, no. 3, 2023.
- [11] AASHTO., LRFD bridge design specifications, Washington, DC, 2012.
- [12] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11823:2017 về Thiết kế cầu đường bộ, 2017.

Phân tích thực trạng công tác chuẩn bị đầu tư các dự án tại Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Tân Châu tỉnh An Giang

Analysis of the current status of investment preparation works at the construction investment project management board of tan chau town, an giang province

> TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG¹, THS LÊ THẾ ANH²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: dothimydung@mtu.edu.vn

²Ban QLDA Đầu tư Xây dựng Khu vực TX Tân Châu, tỉnh An Giang; Email: theanhtct7@gmail.com

TÓM TẮT

Hiện nay tình trạng nhiều dự án trọng điểm đội vốn làm tăng tổng mức đầu tư, kéo dài thời gian thực hiện, phải điều chỉnh dự án nhiều lần được phản ánh trong nhiều bài báo và trên các phương tiện thông tin đang diễn ra ngày một nhiều hơn. Tại nhiều tỉnh, thành các dự án đầu tư công phải điều chỉnh, giải ngân vốn chậm, chất lượng công trình, hiệu quả đầu tư chưa đảm bảo còn khá phổ biến. Vấn đề đã được đưa ra trong các cuộc họp giữa các Bộ, ngành và địa phương, trong đó giai đoạn chuẩn bị dự án là một trong những nguyên nhân dẫn đến tình trạng đã nêu ở trên cần phải sớm khắc phục và có giải pháp chấn chỉnh, các dự án tại Ban QLDA thị xã Tân Châu, tỉnh An Giang cũng có một vài dự án. Bài báo phân tích thực trạng về công tác chuẩn bị của các dự án tại Ban QLDA thị xã Tân Châu, tỉnh An Giang sẽ giúp đánh giá được tình hình thực trạng đang diễn ra, từ đó làm cơ sở đưa ra các phương pháp quản lý dự án hiệu quả hơn ngay từ khâu đầu vào đảm bảo dự án thành công về chất lượng và tiến độ, có thể chỉ ra những điểm yếu trong quy trình hiện tại và đề xuất các cải tiến cần thiết, giúp nâng cao hiệu quả công việc.

Từ khóa: Dự án; đầu tư công; giai đoạn chuẩn bị đầu tư; quản lý dự án; hiệu quả công việc.

ABSTRACT

The current status of numerous key projects, characterised by rising capital, escalating total investments, extended implementation timelines, and frequent adjustments, is increasingly highlighted in various articles and media outlets. In numerous provinces and cities, public investment projects require adjustments, capital disbursement is slow, and the quality of construction along with investment efficiency remains uncertain, which is still rather prevalent. The issue has been discussed in meetings among ministries and localities, highlighting that the project preparation stage is a contributing factor to the current situation that requires immediate attention and solutions for rectification. Additionally, there are several projects under the management board of Tan Chau town, An Giang province. The article examines the current state of project preparation at the Tan Chau town project management board in An Giang province. This analysis aims to evaluate the existing situation, offering a foundation for suggesting more effective project management approaches from the outset to guarantee success in terms of quality and timelines. Additionally, it identifies weaknesses in the current process and recommends essential improvements to enhance work efficiency.

Keywords: Project; public investment; preparation stage; project management; work efficiency.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quản lý dự án đầu tư xây dựng là một lĩnh vực quản lý đầy phức tạp, đa dạng và nhạy cảm. Kể từ khi xác định chủ trương đầu tư, chuẩn bị đầu tư, ra quyết định đầu tư cho đến khi kết thúc xây dựng đưa dự án vào khai thác sử dụng, có rất nhiều yếu tố có thể tác động trực tiếp hay gián tiếp đến dự án, nhiều dự án đã không thành công khi không thể đạt được mục tiêu dự án trong khoảng thời gian, chi phí cho phép và chất lượng được yêu cầu như: quản lý tiến độ và chất lượng, quản lý

của các chủ đầu tư, năng lực của các bên tham gia,... quá trình thực hiện thường kéo dài, đòi hỏi sự tham gia và phối hợp chặt chẽ của nhiều chủ thể. Do vậy, tình trạng nhiều dự án trọng điểm đội vốn làm tăng tổng mức đầu tư, kéo dài thời gian thực hiện, phải điều chỉnh dự án nhiều lần được phản ánh trong nhiều bài báo và trên các phương tiện thông tin đang diễn ra ngày một nhiều hơn. Tại nhiều tỉnh, thành các dự án đầu tư công phải điều chỉnh, giải ngân vốn chậm, chất lượng công trình, hiệu quả đầu tư chưa đảm bảo còn khá phổ biến. Vấn đề

đã được đưa ra trong các cuộc họp giữa các Bộ, ngành và địa phương, trong đó giai đoạn chuẩn bị dự án là một trong những nguyên nhân dẫn đến tình trạng đã nêu ở trên cần phải sớm khắc phục và có giải pháp chấn chỉnh. Nghiên cứu về công tác chuẩn bị dự án sẽ giúp đưa ra các phương pháp quản lý dự án hiệu quả hơn ngay từ khâu đầu vào đảm bảo dự án thành công về chất lượng và tiến độ, có thể chỉ ra những điểm yếu trong quy trình hiện tại và đề xuất các cải tiến cần thiết, giúp nâng cao hiệu quả công việc.

2. NỘI DUNG

2.1. Tổng quan nghiên cứu

Nghiên cứu [1] đã kiểm tra việc thực hiện các giai đoạn chuẩn bị trước dự án và thực hiện thiết kế cho các dự án nhà ở của khu dân cư. Nhóm tác giả [2] đã chỉ ra thiếu một kế hoạch chuẩn bị dự án các yếu tố sẽ làm tăng thời gian thực hiện dự án, tăng chi phí và tăng các tác động tiêu cực khác đến dự án. Bài viết [3] đánh giá việc quản lý rủi ro trong giai đoạn chuẩn bị dự án và đề xuất giải pháp tăng cường quản lý dự án đối với các ban khu vực. Nghiên cứu [4] nhóm tác giả tập trung phân tích các nhân tố rủi ro ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ và chi phí trong giai đoạn chuẩn bị dự án đối với các dự án nhà cao tầng.

Bài viết [5] đề cập đến những rủi ro có thể xảy ra trong các giai đoạn của dự án đầu tư xây dựng, từ đó rút ra những vấn đề tồn tại trong quản lý rủi ro dự án đầu tư xây dựng. Đề tài “Nâng cao chất lượng tư vấn thiết kế tại Công ty CP Tư vấn thiết kế công nghiệp và dân dụng - IDC” tại Trường Đại học Thủy Lợi [6]. Bài báo “Thực trạng công tác thẩm định thiết kế dự toán các công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Đồng Tháp” [7]. Bài báo “Một số giải pháp nâng cao năng lực công tác thẩm định thiết kế dự toán các công trình thủy lợi” [8]. Bài báo “Nâng cao năng lực quản lý dự án đầu tư các công trình giao thông tại Việt Nam” [9].

Nghiên cứu [10] đã kiểm tra việc thực hiện các giai đoạn chuẩn bị trước dự án và thực hiện thiết kế cho các dự án nhà ở của khu dân cư. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp đánh giá chuyên gia, phương pháp số và phương pháp mô hình toán học. Kết quả xác định có 29 yếu tố ảnh hưởng đến thời gian chuẩn bị đầu tư. Nhóm tác giả [11] đã thực hiện một cuộc khảo sát bằng bảng câu hỏi và nhận được 84 câu trả lời để xác định và đánh giá tác động của các yếu tố gây ảnh hưởng đến thời gian thực hiện các dự án ĐTXD. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng thiếu một kế hoạch chuẩn bị dự án các yếu tố sẽ làm tăng thời gian thực hiện dự án, tăng chi phí và tăng các tác động tiêu cực khác đến dự án. Ở nghiên cứu [12] đã nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian xây dựng các dự án nhà ở. Phân tích bằng 03 phương pháp như: phương pháp hồi quy tuyến tính, phương pháp CHAID và phương pháp CART. Kết quả phân tích cho thấy một số yếu tố ảnh hưởng theo từng phương pháp có tác động đến thời gian chuẩn bị của dự án. Những phát hiện của nghiên cứu này sẽ đóng góp tính toán thời gian xây dựng hợp lý cho các dự án nhà ở trong giai đoạn chuẩn bị đầu tư.

Nghiên cứu [13] thực hiện thu thập dữ liệu và phân tích bằng kỹ thuật thống kê mô tả xem xét quá trình chuẩn bị dự án trong khuôn khổ PPP. Nghiên cứu [14] đưa ra khung phân tích tổng quát, trong đó các yếu tố tác động lên thành công của quản trị dự án được phân thành các nhóm chính: (1) Nhóm yếu tố liên quan đến giám đốc dự án; (2) Nhóm yếu tố liên quan đến thành viên quản trị dự án; (3) Nhóm yếu tố bên ngoài; (4) Nhóm yếu tố bên trong; (5) Nhóm yếu tố liên quan đến đặc thù dự án. Các yếu tố này tác động lên kết quả cuối cùng là thành công của dự án và tác động qua lại lẫn nhau.

Nghiên cứu [15] đã phân tích các chỉ số truyền thông dựa trên dự án, yếu tố hiệu quả trong các bên liên quan. Kết quả cũng cho thấy các đặc điểm liên quan đến quản lý, nguồn lực dự án và mục tiêu dự án là những chỉ số hiệu quả nhất cho chất lượng truyền thông nội bộ.

Nghiên cứu [16] phân tích rủi ro trong giai đoạn nghiên cứu khả thi. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra 8 nhóm yếu tố rủi ro chính bao gồm: Rủi ro kinh doanh, marketing; Rủi ro kỹ thuật, công nghệ; Rủi ro chính trị; Rủi ro về quy định, chính sách; Rủi ro văn hóa xã hội; Rủi ro môi trường và không gian quy hoạch; Rủi ro tài chính; Rủi ro kinh tế. Kết quả nghiên cứu, xếp hạng hàng đầu là các biến rủi ro có mối quan hệ với khía cạnh kinh tế và tài chính.

Từ các nghiên cứu trên cho thấy công tác chuẩn bị đầu tư khá phong phú nhưng các tác giả mới phân tích các dự án sử dụng các nguồn vốn khác ngoài đầu tư từ ngân sách nhà nước, chưa phân tích nghiên cứu nhiều vào các vấn đề trong công tác chuẩn bị đầu tư của dự án sử dụng nguồn vốn đầu tư công thực hiện tại địa phương thị xã Tân Châu và các công tác thuộc quá trình chuẩn bị đầu tư như: công tác khảo sát, thiết kế, công tác thẩm tra, công tác thẩm định phê duyệt dự án. Do đó, phân tích thực trạng công tác chuẩn bị đầu tư các dự án trên địa bàn thị xã Tân Châu, tỉnh An Giang là thực sự cần thiết.

2.2. Phân tích thực trạng công tác quản lý dự án đầu tư tại Ban QLDA đầu tư xây dựng khu vực thị xã Tân Châu

2.2.1. Văn bản pháp luật và chính sách pháp lý

Công tác chuẩn bị đầu tư là công việc thực hiện đầu tiên, đóng vai trò quyết định cho chất lượng và tiến độ thực hiện dự án. Cụ thể như văn bản hướng dẫn xác định chủ đầu tư khi Luật đầu tư công được thi hành phải trên 3 tháng sau thì mới được hướng dẫn nên đơn vị điều hành dự án phải thay đổi toàn bộ hồ sơ và trình lại các bước thủ tục từ đầu với nguyên nhân đơn vị thực hiện chưa được giao nhiệm vụ chủ đầu tư làm ảnh hưởng đến tiến độ chuẩn bị đầu tư [17].

Tiếp theo là văn bản hướng dẫn về xây dựng mô hình trung tâm văn hoá thể thao các xã, khi ban hành còn chưa kịp với tiến độ thực hiện kế hoạch trung hạn giai đoạn 2021-2025. Các trung tâm này cần phải có chủ trương đầu tư để lập kế hoạch danh mục trung hạn nhưng chưa có mô hình mẫu nên không có cơ sở để xác định quy mô đầu tư và khái toán chi phí dự án dẫn đến tình trạng danh mục dự án có tổng mức đầu tư không chính xác và sai thiết kế mô hình mẫu phải lập hồ sơ lại từ đầu [18].

Đối với các văn bản quy phạm pháp luật giữa TCVN và các thông tư chưa có sự thống nhất cần phải có thêm văn bản thống nhất như trường hợp văn bản hướng dẫn của địa phương tỉnh An Giang về thống nhất giữa TCVN và Thông tư số 13/2020/TT-BGDĐT và thông tư số 14/2020/TT-BGDĐT của Bộ GD&ĐT hướng dẫn tiêu chuẩn cơ sở vật chất các trường học trên địa bàn của tỉnh, mặc dù đã nhanh chóng hướng dẫn và thống nhất để các đơn vị liên quan triển khai thực hiện nhưng cũng sau thời gian dài mới được triển khai áp dụng gây tình trạng phải thay đổi quy mô thiết kế và thậm chí có dự án chi phí đầu tư vượt khái toán ban đầu [19].

2.2.2. Quản lý của chủ đầu tư

Giai đoạn thực hiện kế hoạch trung hạn 2016-2020, chủ đầu tư phân công nhiệm vụ cán bộ quản lý hồ sơ theo phân đoạn như sau: tập trung tất cả nhân sự hiện có đi khảo sát tất cả các công trình cùng với tư vấn làm cơ sở lập CTĐT. Sau thời gian triển khai thực hiện phân công như trên thì xảy ra tình trạng: công tác ban đầu là khảo sát lập chủ trương đầu tư không ai là người phụ trách chính, quá trình khảo sát tiến hành sơ sài, không tập trung, không đánh giá hết các điều kiện xung quanh của dự án, khi phê duyệt chủ trương đầu tư giá trị thấp hơn thực tế do thiếu sót nhiều hạng mục cần thiết và mục tiêu của dự án cũng không còn phù hợp với điều kiện thực tế của công trình cụ thể như công trình Trụ sở UBND xã Z được phê duyệt chủ trương với tổng mức đầu tư rất thấp so với yêu cầu; việc phân công 01 người chịu trách nhiệm lập, trình thẩm định chủ trương đầu tư thì phụ trách quá nhiều công trình cùng lúc và không thể kiểm soát hết tất cả các yếu tố thực tế của dự án, chủ đầu tư cũng từ đó chủ quan chỉ dựa vào số liệu của đơn vị tư vấn gây ra tình trạng thẩm định và phê duyệt thiếu sót

hiều chi phí và không phù hợp với thực tế, cụ thể như dự án Trung tâm học tập cộng đồng xã Z phải thực hiện điều chỉnh dự án nhiều lần; Tiếp theo là phân công 01 người khác phụ trách công tác lập, phê duyệt hồ sơ chuẩn bị đầu tư thì giai đoạn này trải qua nhiều bước như: lập dự án đầu tư, thẩm tra thiết kế - dự toán, thẩm định, phê duyệt dự án, các công việc này đòi hỏi rất nhiều thời gian, người tham gia phải có năng lực, kinh nghiệm, chuyên ngành phù hợp và phải có nhiều người đảm nhận. Tuy nhiên việc phân công như trên chưa phù hợp với yêu cầu của nhiệm vụ đặt ra đã gây ra tình trạng hồ sơ bị sai sót trong khâu quản lý, điển hình là dự án Trường mầm non Z (điểm chính) phải điều chỉnh chủ trương đầu tư và điều chỉnh dự án nhiều lần. Đối với giai đoạn thực hiện kế hoạch trung hạn này, việc phân công mỗi người phụ trách một khâu của dự án sẽ gây ra tình trạng cá nhân chỉ biết công việc của riêng mình, không bám sát và nắm bắt điều kiện thực tế của công trình trong khi yêu cầu nhất thiết phải có người nắm bắt công việc xuyên suốt từ khi thực hiện khảo sát lập chủ trương đầu tư đến khi phê duyệt dự án. Như vậy, từ các trường hợp cụ thể như trên có thể nhận thấy sự phân công giữa các bộ phận và cá nhân phụ trách chưa rõ ràng, chồng chéo trong quản lý.

Đến giai đoạn thực hiện kế hoạch trung hạn 2021-2025, chủ đầu tư khắc phục tình trạng phân công công việc như trên. Nhưng sau thời gian thực hiện vẫn còn các tồn tại trong công tác chuẩn bị đầu tư xây dựng công trình như: dự án Trường mẫu giáo K điểm phụ (Phú Quý) cán bộ quản lý không kiểm tra kỹ lưỡng hồ sơ dự án trước khi trình thẩm định dẫn đến hồ sơ có nhiều sai sót so với thực tế phải điều chỉnh hồ sơ và trình thẩm định lại nhiều lần; Dự án Chương trình nước sạch vệ sinh môi trường là dự án đầu tư xây dựng nhà vệ sinh tại các điểm trường học có chủ trương phân bổ vốn được chia làm 03 nguồn vốn như: vốn tỉnh thực hiện xây mới, vốn thị xã thực hiện cải tạo, vốn xã hội hoá đầu tư hệ thống nước sạch nhưng cán bộ điều hành dự án không kiểm tra và xem xét kỹ hồ sơ trước khi trình phê duyệt dự án mà cho rằng hạng mục đầu tư chung các nguồn vốn nói trên nên hồ sơ không được thẩm định đúng với chủ trương ban đầu và phải mất một khoản thời gian rất lâu để điều chỉnh hồ sơ dự án và trình thẩm định lại dự án đầu tư.

2.2.3. Năng lực cá nhân tham gia

Năng lực của các cá nhân tham gia trong công tác chuẩn bị đầu tư dự án hiện nay chưa được quan tâm, quy định còn chưa được rõ ràng và năng lực chưa đúng chuyên ngành hay chưa phù hợp quy mô dự án từ đó có nhiều vướng mắc, tồn tại được lặp đi lặp lại và có xu hướng tiếp diễn. Cụ thể như Trường tiểu học V điểm chính (ấp 2) là công trình dân dụng có quy mô đầu tư nhiều hạng mục phức tạp nhưng bố trí người có chuyên ngành giao thông thực hiện tư vấn thiết kế điều này gây nên tình trạng dự án được lập nhưng sẽ có nhiều bất cập sai sót về sau khi triển khai thẩm tra, thẩm định sẽ chậm trễ thời gian do chỉnh sửa thay đổi bổ sung nhiều lần và khi thi công công trình sẽ phải xử lý kỹ thuật và phát sinh các chi phí. Từ phân tích trên cho thấy, việc bố trí cá nhân tham gia phù hợp với quy mô dự án và có chuyên ngành phù hợp với dự án quyết định cho sự thành công của công tác chuẩn bị đầu tư.

Tiếp theo công tác khảo sát thực tế công trình và nắm rõ tình hình thực tế của công trình cũng rất quan trọng, cụ thể như Trường Tiểu học Y là điểm trường lưu thông phải qua cầu gỗ có tải trọng nhỏ, đơn vị tư vấn thiết kế lại tư vấn sử dụng cọc BTĐUL, khi thi công phải vận chuyển các vật tư, thiết bị có tải trọng lớn nên phương án này không thể thực hiện phải sang phương án móng khác làm mất nhiều thời gian của các bên khi phải trình thẩm định điều chỉnh lại dự án và các thủ tục phát sinh khi đã triển khai thi công.

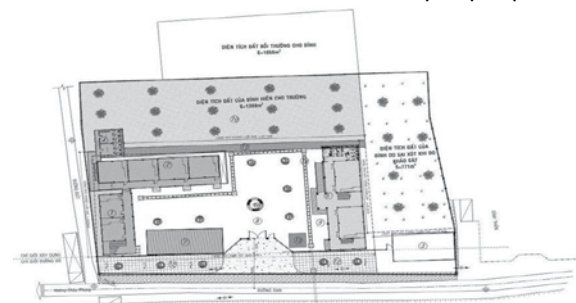
Công tác thẩm tra vẫn còn có khối lượng thừa thiếu khi đã giao thầu và triển khai thi công như Dự án nhà thi đấu thể thao thị xã Tân Châu có khối lượng thừa thiếu trên 01 tỷ VNĐ, dự án Trụ sở UBND thị xã Tân Châu

có khối lượng thừa thiếu là trên 375 triệu VNĐ việc này dẫn đến phát sinh các thủ tục thẩm định, phê duyệt dự toán bổ sung gây mất thời gian của các bên liên quan. Cán bộ thẩm định với điều kiện hiện nay chỉ dựa vào hồ sơ của tư vấn lập và kết quả thẩm tra để tiến hành thực hiện thẩm định, không nắm bắt được những điều kiện thực tế của công trình và các yếu tố ảnh hưởng xung quanh công trình. Điều này gây ra tình trạng chung của các dự án là kết quả thẩm định và phê duyệt dự án chưa đạt được chất lượng và công tác thực hiện điều chỉnh dự án vẫn còn tiếp diễn với nhiều nguyên nhân khác nhau.

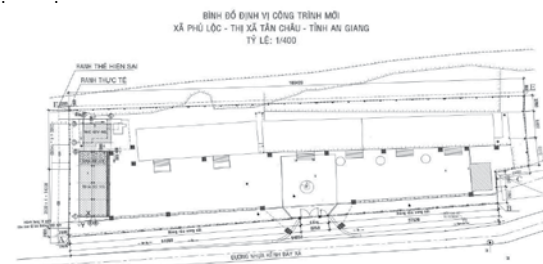
2.2.4. Sự phối hợp của các bên liên quan

Công tác khảo sát địa hình, địa chất là công tác rất quan trọng của một dự án, hiện nay đặc biệt là công tác khảo sát địa chất của đơn vị tư vấn mặt dù các bên có thực hiện theo quy trình giám sát khảo sát và báo cáo khảo sát, nhưng kết quả khảo sát cũng còn phụ thuộc nhiều vào đạo đức nghề nghiệp của đơn vị thí nghiệm, một phần nữa còn có nguyên nhân do các yếu tố khách quan từ vị trí dự án có địa chất phức tạp cũng dẫn đến các trường hợp như dự án Trường THCS P có bố trí khoan 02 hố khoan và tính toán thoả các điều kiện nhưng khi thi công vẫn phát sinh tăng đến 7m chiều dài cọc, hay dự án Trường mẫu giáo L điểm chính thì lại giảm 3m chiều dài cọc. Sau cùng dự án vẫn phải thực hiện bước lập thẩm định và phê duyệt điều chỉnh dự án đầu tư.

Các số liệu và tài liệu của đơn vị tư vấn khảo sát thiết kế thực hiện là các dữ liệu và cơ sở quan trọng để thực hiện các bước tiếp theo của công tác chuẩn bị đầu tư xây dựng công trình, nhưng còn nhiều trường hợp sai sót vẫn diễn ra và chưa thể khắc phục, cụ thể như: Trường Tiểu học L điểm phụ (Vinh Thạnh 1) khi đã bỏ qua bước xác định nguồn gốc đất có diện tích 2.499 m² là đất hiện hữu của trường, dẫn đến việc đo đạc sai diện tích ngoài dự án là 771 m² là đất của công trình lân cận đo đạc thành diện tích 3.270 m² là diện tích của dự án trình phê duyệt gây ra tình trạng diện tích dự án sai so với thực tế nên phải điều chỉnh hồ sơ nhiều lần khi triển khai thực hiện dự án.



Hình 1. Thể hiện diện tích của Trường Tiểu học L điểm phụ (Vinh Thạnh 1) do nhà thầu tư vấn đo đạc sai diện tích



Hình 2. Thể hiện diện tích của Trường Tiểu học P điểm phụ (Phú Bình) do đơn vị tư vấn lập sai bản vẽ

Qua thời gian triển khai công tác chuẩn bị đầu tư tại địa phương thị xã Tân Châu, tác giả ghi nhận được một số trường hợp như: đơn vị tư vấn thiết kế tham gia công tác chuẩn bị đầu tư chưa thực sự chủ động trong thực hiện nhiệm vụ, còn chờ và phụ thuộc vào chủ đầu tư như việc xử lý phát sinh hạng mục công hàng rào do công tác khảo sát thiết kế sai sót trong tính toán khối lượng của Trường tiểu học P điểm

phụ (Phú Bình); Dự án Trường tiểu học P điểm chính (Phú Yên) do trao đổi thông tin qua mạng nên các bên không rõ ràng trong khâu khảo sát ranh đất với địa phương dẫn đến khi thiết kế trùng lặp với ranh đất của hộ dân xung quanh nên dự án phải thực hiện điều chỉnh.

Các bên cùng cần phối hợp trong việc tính toán, bố trí dự toán kinh phí phù hợp với lộ trình thực hiện dự án như: dự án Trường tiểu học Y bố trí 15 tỷ VNĐ và Trường tiểu học W bố trí 12 tỷ VNĐ vào thời điểm cả 02 dự án này mới vừa được phê duyệt dự án, chưa triển khai bước thiết kế dự toán, thời gian lập hồ sơ thiết kế và thẩm tra thẩm định phê duyệt không đủ đảm bảo điều kiện triển khai thi công và giải ngân đúng tiến độ trong năm nên dự án sau khi đã thi công hoàn thành vẫn phải thực hiện điều chỉnh, trình thẩm định và phê duyệt điều chỉnh dự án chỉ với nội dung để bố trí vốn đối ứng cần thiết để hoàn thành quyết toán công trình, gây mất thời gian cho các bên.

2.2.5. Các ảnh hưởng khác đến công tác chuẩn bị đầu tư

Công tác chuẩn bị đầu tư là công tác ngoại nghiệp bên ngoài vừa có công tác nội nghiệp tại đơn vị. Do đó, các ảnh hưởng từ yếu tố bên ngoài như dịch bệnh, thiên tai cũng là yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ của công tác chuẩn bị đầu tư, đặc biệt là thời điểm dịch bệnh Covid-19 yêu cầu các dự án phải được triển khai khảo sát, lập, thẩm định và phê duyệt chủ trương đầu tư theo kế hoạch để ra nhưng việc đi lại gặp nhiều khó khăn, trao đổi thông tin và làm việc giữa các bên liên quan phải mất rất nhiều thời gian, cụ thể là các dự án nông thôn mới xã V phải trình hồ sơ thẩm định chủ trương đầu tư rất nhiều lần.

Dự án Trạm y tế xã P bố trí vốn không phù hợp với quy mô thực tế của dự án, cụ thể là nguồn vốn tổng được trải đều cho các công trình y tế, mỗi công trình khoản 2 tỷ VNĐ. Tuy nhiên, thực tế khối nhà làm việc trạm y tế này đã xây dựng nhiều năm, hiện trạng xuống cấp trầm trọng và diện tích không đảm bảo theo tiêu chuẩn hiện hành, trang thiết bị và hệ thống xử lý chất thải y tế không đảm bảo quy định nhưng vốn bố trí chỉ 2 tỷ VNĐ không đủ với nhu cầu nên chủ đầu tư phải trình thẩm định và phê duyệt chủ trương đầu tư với quy mô theo số vốn được phân bổ.

Chi phí thiết bị cũng là thành phần chi phí trong quyết định dự án được duyệt, tuy nhiên khi lập danh mục thiết bị các quy định hiện nay còn thiếu nhiều chủng loại thiết bị không có trong danh mục hoặc giá các loại vật tư vật liệu thấp so với giá thị trường do đó khi triển khai các công việc này thì vượt chi phí dự án được duyệt nên phải thẩm định phê duyệt lại dự án và tính toán bổ sung vốn cho phù hợp thì mới triển khai được các công việc tiếp theo, cụ thể như dự án Trường tiểu học V điểm chính (ấp 2), Trạm y tế xã P.

Khi phê duyệt CTĐT và phê duyệt dự án đầu tư, cơ quan có thẩm quyền cũng còn phụ thuộc vào yếu tố nguồn vốn phân bổ; hay là dựa vào kết quả thẩm định dẫn đến một số dự án phê duyệt CTĐT chưa đảm bảo phù hợp giữa TMĐT và quy mô đầu tư như dự án Trường THCS T và Trường THCS P, gây ra tình trạng dự án đầu tư được lập có TMĐT chênh lệch so với chi phí thực tế, nếu được phê duyệt khi đến giai đoạn thực hiện thì dự toán không phù hợp với khối lượng thực tế cũng sẽ phải thực hiện lại bước ban đầu. Đây là công việc không nên thực hiện khi phê duyệt dự án mang tính hình thức khi đã biết được sau khi phê duyệt phải điều chỉnh dự án.

Tóm lại, qua phân tích các nhóm nhân tố phản ánh thực trạng công tác chuẩn bị đầu tư tại các tại Tân Châu, An Giang cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến công tác chuẩn bị đầu tư dù xuất phát từ nguyên nhân nào cũng cần có giải pháp khắc phục các tình trạng nêu trên và từ đó tìm ra biện pháp nâng cao chất lượng công tác CBĐT tại địa phương Tân Châu, An Giang trong thời gian tới.

3. KẾT LUẬN

Công tác quản lý dự án thật sự cần thiết cho một dự án đầu tư xây dựng, đặc biệt là giai đoạn chuẩn bị đầu tư dự án là khâu quan trọng

đầu tiên quyết định cho sự thành công của một dự án cả về mặt chất lượng hồ sơ và tiến độ thực hiện. Chất lượng công tác chuẩn bị đầu tư được thực hiện theo cách thuận chiều theo các bước từ quá trình khảo sát và thiết kế xây dựng, thẩm tra thiết kế xây dựng, thẩm định, quyết định dự án đến khi triển khai thi công không phải lập lại các bước như trên và không ảnh hưởng đến quá trình thực hiện đầu tư thì công tác chuẩn bị đầu tư đạt chất lượng. Bài viết đánh giá được thực trạng công tác chuẩn bị dự án tại địa phương thị xã Tân Châu, qua đó làm cơ sở cho những nghiên cứu sau, tìm ra được các yếu tố ảnh hưởng đến công tác chuẩn bị đối với dự án đầu tư xây dựng và có các giải pháp để dự án hiệu quả hơn ngay từ khâu đầu vào giúp nâng cao chất lượng công việc điều hành dự án đạt yêu cầu trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina and P. Bolshakova, "Modelling the Stages of Pre-Project Preparation and Design Development in the Life Cycle of an Investment and Construction Project," *applied sciences*, 12, 12401, 2022. DOI:10.3390/app122312401.
- [2]. A. El-Samadony, M. Tantawy and M. M. Atta, "Developing Framework to Optimize the Preparation of (EOT) Claims Using Integration of (LPS) and (BIM) Techniques in Construction Projects," *Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Faculty of Engineering*, 48(6), 1196-1221, 2020.
- [3]. N. Q. Toàn, "Quản lý rủi ro: Bài học kinh nghiệm và giải pháp trong giai đoạn chuẩn bị dự án (Khảo sát tại Ban QLDA TP Ông Bí, Quảng Ninh)," *Khoa Kinh tế và QLXD, Trường Đại học Xây dựng*, 2019.
- [4]. H. V. Dương, L. Đ. Long, "Phân tích rủi ro trong giai đoạn chuẩn bị dự án nhà cao tầng của chủ đầu tư tại TP.HCM," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, số 4, 118-126, 2021.
- [5]. H. T. H. Nga, "Quản lý rủi ro trong dự án đầu tư xây dựng," *Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng*, số 39, 84-86, 2020.
- [6]. T. T. Nguyễn, "Nâng cao chất lượng tư vấn thiết kế tại Công ty CP Tư vấn thiết kế công nghiệp và dân dụng - IDC," *Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Thủy lợi*, 2016.
- [7]. Đ. T. M. Dung và N. C. Huy, "Thực trạng công tác thẩm định thiết kế dự toán các công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Đồng Tháp," *Tạp chí Xây dựng*, 38-42, 2020.
- [8]. Đ. T. M. Dung, L. T. Q. Khải và N. C. Huy, "Một số giải pháp nâng cao năng lực công tác thẩm định thiết kế dự toán các công trình thủy lợi," *Tạp chí Xây dựng*, 37-40, 2020.
- [9]. P. T. T. Thương, và B. V. Chuyên, "Nâng cao năng lực quản lý dự án đầu tư các công trình giao thông tại Việt Nam," *Tạp chí Công thương*, số 16, 2022.
- [10]. A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina and P. Bolshakova, "Modelling the Stages of Pre-Project Preparation and Design Development in the Life Cycle of an Investment and Construction Project," *applied sciences*, 12, 12401, 2022. DOI:10.3390/app122312401.
- [11]. A. El-Samadony, M. Tantawy and M. M. Atta, "Developing Framework to Optimize the Preparation of (EOT) Claims Using Integration of (LPS) and (BIM) Techniques in Construction Projects," *Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Faculty of Engineering*, 48(6), 1196-1221, 2020.
- [12]. H. Tirataci and H. Yaman, "Estimation of ideal construction duration in tender preparation stage for housing projects," *Research Paper*, 14, 192-212, DOI: 10.2478/otmj-2023-0014, 2023.
- [13]. A. Mudi, Kolawole, O.B, Yusuf, T.H, and Udo, M.A, "Effective Project Preparation Process: A Key Factor to a Successful PPP Infrastructure Development," *International Journal of Engineering Science Invention*, 5(8), 01-07, 2016.
- [14]. Bellasi, W., & Tukul, O. I., "A new framework for determining critical success/failure factors in projects," *International journal of project management*, 14(3), 141-151, 1996.
- [15]. E. Safapour, S. Kermanshachi, Ph.D., S. Kamalirad and D. Tran, "Ineffective effective project-based communication indicators within Primary and Secondary stakeholder construction projects," *Scholarly Paper*, 11(4), DOI: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000332, 2019.
- [16]. B. A. Firmansyah1, A. Veronika2, B. Trigunaryah3, "Risk analysis in feasibility study of building construction project: &ase study - Pt. Perusahaan gas negara Indonesia", 2006.
- [17]. Công văn số 304/UBND-KTTH ngày 09/4/2021 của UBND Tỉnh An Giang về việc hướng dẫn xác định chủ đầu tư các dự án đầu tư xây dựng công trình sử dụng vốn đầu tư công.
- [18]. Văn bản số 1082/VPUBND-KGVX ngày 15/3/2021 của Văn phòng UBND tỉnh An Giang về việc thực hiện mô hình xây dựng cơ sở vật chất Trung tâm Văn hoá, Thể thao các xã xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025.
- [19]. Văn bản số 772/UBND-KGVX ngày 22/7/2020 của UBND tỉnh An Giang về việc thống nhất giữa Tiêu chuẩn Việt Nam và Thông tư số 13/2020/TT-BGDĐT và Thông tư số 14/2020/TT-BGDĐT ngày 26/5/2020 của Bộ GD&ĐT về tiêu chuẩn cơ sở vật chất các trường mầm non, tiểu học, trung học cơ sở, trung học phổ thông trên địa bàn tỉnh;

Tổ chức và quản lý hợp đồng dự án Thiết kế - Đấu thầu - Xây dựng

Organizing and managing project contracts Design-Bid-Build (DBB)

> PHẠM QUỐC ANH¹, NGUYỄN NGỌC THANH²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: phamquocanh@mtu.edu.vn

²Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: nguyenngocthanh@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Quản lý hợp đồng đóng vai trò then chốt cho sự thành công của dự án. Bao gồm toàn bộ vòng đời dự án, từ lập kế hoạch, thiết kế, mua sắm, xây dựng đến khi nghiệm thu và bàn giao. Trên thực tế, có rất nhiều sai sót trong quá trình thực hiện dự án liên quan đến quản lý hợp đồng, chẳng hạn như chậm tiến độ, vượt chi phí, chất lượng không đảm bảo, mất an toàn, v.v. Do đó, việc triển khai hiệu quả công tác quản lý hợp đồng là vô cùng quan trọng và cần thiết.

Bài viết sẽ đưa ra cách tổ chức thực hiện dự án, phân tích vai ưu và nhược điểm điển hình của giai đoạn trong quá trình thực hiện hợp đồng Thiết kế - Đấu thầu - Xây dựng, từ đó đưa ra các khuyến nghị cụ thể cho từng hạng mục. Mục tiêu là giúp bạn đọc hiểu rõ hơn về loại hợp đồng phổ biến này, cũng như nắm bắt được những điểm cần lưu ý để quá trình thực hiện dự án diễn ra suôn sẻ và hiệu quả.

Từ khóa: Quản lý hợp đồng; tổ chức dự án; thanh toán; quy trình quản lý chất lượng; quản lý hợp đồng trong dự án Thiết kế - Đấu thầu - Thi công xây dựng dự án.

ABSTRACT

Contract management plays a pivotal role in the success of a project. It encompasses the entire project lifecycle, from the planning, design, procurement, and construction phases to acceptance and handover. In reality, there are many errors in the project implementation process related to contract management, such as delays, cost overruns, quality not guaranteed, safety risks, etc. Therefore, the effective implementation of contract management is extremely important and necessary.

This article will discuss how to organize and implement a Design-Bid-Build (DBB) project, analyze some typical advantages and disadvantages of each phase in the contract execution process, and provide specific recommendations for each item. The goal is to help readers better understand this popular type of contract, as well as grasp the points to keep in mind to ensure the project implementation process goes smoothly and efficiently.

Keywords: Contract management; project organization; payment; quality management process; contract management in Design - Bidding - Construction project.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình tổ chức dự án, rất nhiều vấn đề phát sinh khi thực hiện các công việc xây dựng liên quan đến hợp đồng. Chúng ta dễ dàng nhận ra các vấn đề sau:

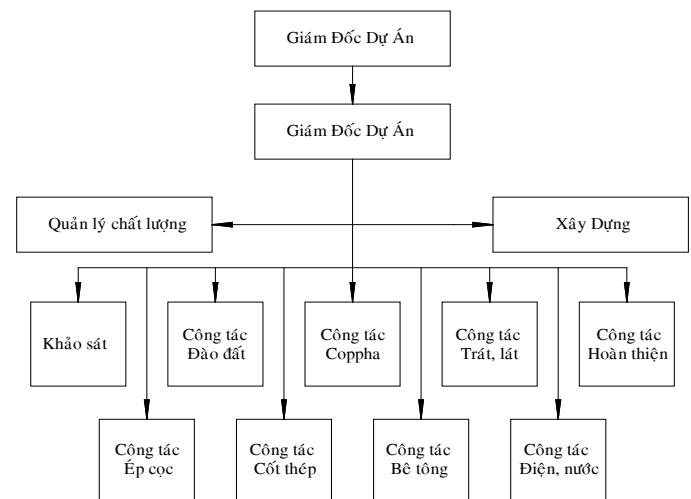
- Nhiều dự án chậm tiến độ do nhà thầu không đủ năng lực.
- Tranh chấp giữa chủ đầu tư và nhà thầu.
- Chi phí vượt mức.
- Chất lượng công trình không tốt như mong đợi.
- Thiệt hại đã được thanh lý và xác định.

Qua tham khảo, nghiên cứu số liệu thực tế cũng như ý kiến của các chuyên gia đã dẫn đến rất nhiều vướng mắc trong thi công như chậm tiến độ, vượt chi phí, chất lượng kém... Một trong những nguyên nhân nổi bật thể hiện khả năng phối hợp đánh giá và triển khai các hợp đồng dự án giữa các bên chưa đủ tốt.

2. TỔ CHỨC DỰ ÁN [1]

2.1 Tổ chức

Nhà thầu thành lập tổ chức trên công trường và quy định rõ trách nhiệm, quyền hạn của từng bộ phận chức năng.



Sơ đồ tổ chức thi công

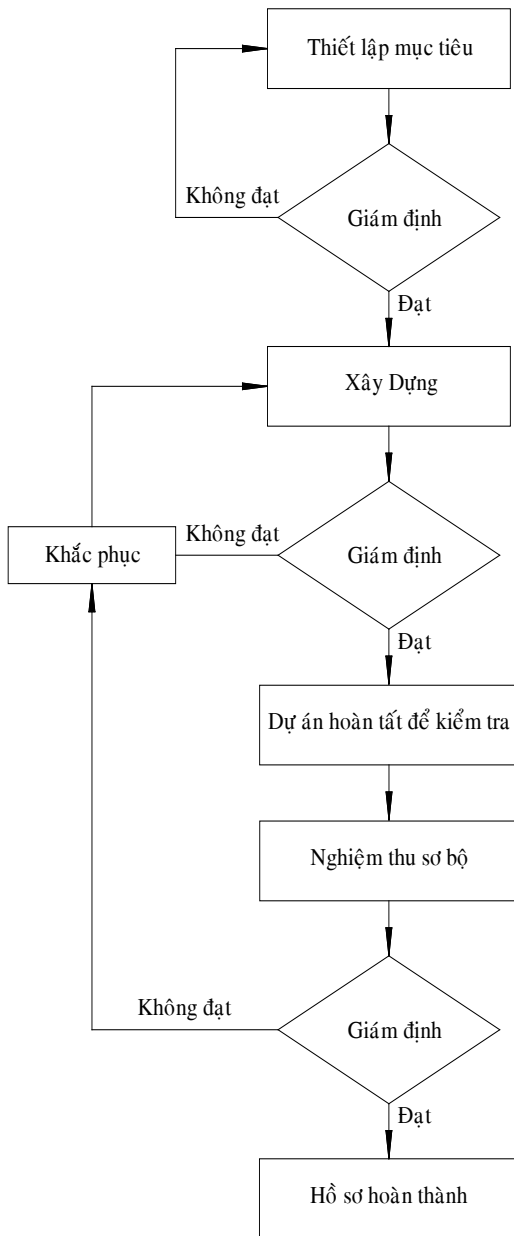
2.2. Tổ chức thi công & giải pháp kỹ thuật, biện pháp thi công

Nhà thầu cần trình bày rõ ràng cách bố trí mặt bằng công trường, bao gồm vị trí văn phòng chính, văn phòng bảo vệ, kho bãi chứa vật tư và thiết bị, khu vực gia công thép, lán trại cho công nhân, cũng như thiết lập hệ thống thông tin liên lạc. Bên cạnh đó, họ cũng cần giải thích chi tiết biện pháp thi công cho từng hạng mục, từ công tác khảo sát và giám sát, đến thi công móng, kết cấu và hoàn thiện công trình.

2.3 Quy trình quản lý chất lượng [2][3][4]

Dưới đây là quy trình kiểm soát chất lượng của một hạng mục công việc điển hình.

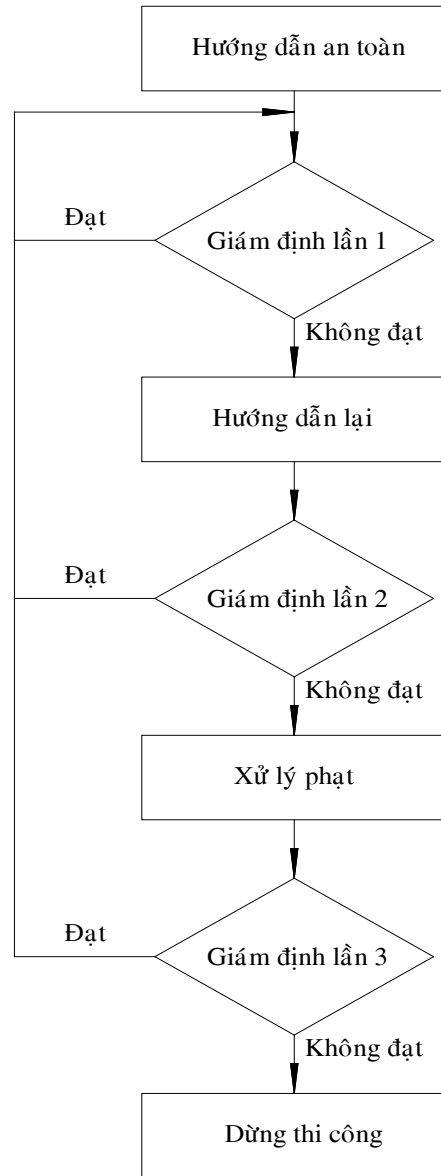
Để đảm bảo chất lượng tốt nhất cho dự án, nhà thầu thiết lập một hệ thống quản lý chất lượng riêng, với mục tiêu đáp ứng tất cả các yêu cầu của hợp đồng và tuân thủ đầy đủ các Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về kỹ thuật và chất lượng. Ví dụ tiêu biểu cho hệ thống này là TCVN về Quản lý chất lượng công tác xây dựng.



Sơ đồ kiểm soát chất lượng

2.4 Quản lý an toàn

Để thực hiện an toàn trong thi công, nhà thầu cần hướng dẫn, huấn luyện về an toàn, bố trí phương tiện cấp cứu và hệ thống thông tin, trang bị thiết bị bảo hộ cá nhân... Công tác phòng cháy chữa cháy và vệ sinh môi trường cũng được đề cập



Quy trình kiểm soát an toàn

2.5 Tiến độ thi công

Tiến độ thi công chi tiết phải được nộp trong hồ sơ mời sơ tuyển.

2.6 Bảng giá dự sơ tuyển

Phần này có bảng giá thầu tổng hợp, bảng giá thầu chi tiết, áp dụng giá thầu phân tích, chi tiết giá vật liệu trong bảng giá dự sơ tuyển.cập.

3. PHÂN TÍCH ĐIỂM MẠNH, ĐIỂM YẾU VÀ KIẾN NGHỊ KHI THỰC HIỆN QUẢN LÝ HỢP ĐỒNG TẠI DỰ ÁN

Hợp đồng được ký kết dựa trên các quy định của pháp luật về dân sự, xây dựng, đấu thầu và các văn bản pháp lý liên quan.

Các điều khoản và điều kiện của hợp đồng bao gồm các mục dưới đây: [3][5][6][7][9]

1. Hồ sơ hợp đồng và thứ tự ưu tiên
2. Định nghĩa và giải thích
3. Phạm vi công việc
4. Giá hợp đồng, tạm ứng và thanh toán
5. Thay đổi lệnh và điều chỉnh giá hợp đồng
6. Tiến độ thi công và thời gian hoàn thành
7. Quyền và nghĩa vụ của nhà thầu
8. Quyền và nghĩa vụ của chủ đầu tư
9. Quyền và nghĩa vụ của tư vấn
10. Đình chỉ và chấm dứt hợp đồng bởi chủ đầu tư
11. Quy định về lao động
12. Thử nghiệm và chứng chỉ
13. Trách nhiệm về lỗi
14. Rủi ro và trách nhiệm
15. Bảo hiểm
16. Khiếu nại, tranh chấp và giải quyết
17. Nghiệm thu và thanh lý hợp đồng
18. Các điều khoản chung

Chi tiết hợp đồng và phân tích

Chúng ta sẽ phân tích và làm rõ một số phần chính

3.1 Thanh toán trước [2][4][7]

Sau khi hợp đồng có hiệu lực, chủ đầu tư sẽ tạm ứng cho nhà thầu số tiền tương đương 15% giá trị hợp đồng. Nhà thầu phải đảm bảo việc thực hiện hợp đồng có giá trị và hiệu lực cho đến khi kết thúc hợp đồng.

Số tiền sẽ được tạm ứng ngay cho đơn vị chủ quản dự án từ lần thanh toán đầu tiên đến lần thanh toán tiếp theo và được thanh toán toàn bộ khi đạt 80% giá hợp đồng theo quy định. Số tiền tạm ứng được quyết toán mỗi lần bằng tỷ lệ tạm ứng trên giá trị mỗi lần để nghị thanh toán.

Điểm mạnh

Tiền ứng trước là khoản tiền để nhà thầu chuẩn bị thi công. Nhà thầu đôi khi yêu cầu thanh toán trước để bảo vệ khỏi việc không thanh toán hoặc thanh toán chậm.

Điểm yếu

Nhà thầu phải trả lãi để bảo lãnh nhận tiền tạm ứng. Các giá trị không được bao gồm trong giá hợp đồng.

Ngoài ra, hợp đồng không nêu rõ mục đích ứng trước là gì.

Khuyến nghị

Lãi suất bảo lãnh khi nhận được khoản ứng trước phải được tính vào giá hợp đồng.

Nên chi tiết mục đích của khoản thanh toán trước để tránh việc sử dụng không đúng mục đích.

3.2 Bảo lãnh thực hiện hợp đồng [2][5][7]

Nhà thầu (tự chi phí) phải có bảo lãnh thực hiện hợp đồng bằng 10% giá trị hợp đồng để tuân thủ hợp đồng.

Nhà thầu phải nộp bảo lãnh thực hiện hợp đồng cho chủ đầu tư trước khi hợp đồng có hiệu lực. Bảo lãnh thực hiện hợp đồng phải được phát hành bởi cá nhân hoặc pháp nhân và được chủ đầu tư chấp thuận.

Nhà thầu phải đảm bảo rằng bảo lãnh thực hiện hợp đồng có giá trị và hiệu lực cho đến khi nhà thầu đã hoàn thành công việc xây dựng và sửa chữa và khắc phục các lỗi. Nếu các điều khoản

của bảo lãnh thực hiện hợp đồng quy định ngày hết hạn, và nhà thầu chưa hoàn thành nghĩa vụ của hợp đồng tại thời điểm 15 ngày trước ngày hết hạn. Nhà thầu phải gia hạn giá trị của bảo lãnh thực hiện hợp đồng cho đến khi công việc đã được hoàn thành và tất cả các lỗi đã được khắc phục hoàn toàn. Trong trường hợp nhà thầu không gia hạn hiệu lực của bảo lãnh thực hiện hợp đồng như đã nêu trên, chủ đầu tư có thể tịch thu số tiền bảo lãnh thực hiện hợp đồng.

Điểm mạnh

Bảo lãnh thực hiện hợp đồng đảm bảo rằng nhà thầu sẽ thực hiện theo hợp đồng đã ký kết giữa hai bên, cũng như khắc phục các lỗi khi thực hiện hợp đồng.

Điểm yếu

Nhà thầu sẽ gặp rủi ro, vì các điều khoản nếu nhà thầu không gia hạn hiệu lực của Bảo lãnh thực hiện hợp đồng không được xác định rõ ràng.

Xung đột giữa nhà thầu và chủ đầu tư trong việc xác định việc hoàn thành công trình và sửa chữa lỗi đã tốt hay chưa.

Khuyến nghị

Các điều khoản nếu nhà thầu không gia hạn hiệu lực của Bảo lãnh thực hiện hợp đồng cần được xác định rõ ràng. Bên cạnh đó, cần bổ sung các điều khoản về thời gian một cách rõ ràng hơn.

3.3 Thanh toán [2][8][9]

Tiến độ thanh toán

Sau khi hợp đồng được ký kết, công tác nghiệm thu và cấp chứng chỉ được nhà thầu thực hiện, chủ đầu tư sẽ thanh toán toàn bộ giá trị hợp đồng. Việc thanh toán dựa trên khối lượng công việc thực tế đã hoàn thành (bao gồm cả phạm vi công việc tăng hoặc giảm, nếu có) theo tiến độ nghiệm thu và đơn giá hợp đồng hoặc đơn giá đã được điều chỉnh do lạm phát.

Quy trình thanh toán

- Biên bản nghiệm thu khối lượng công việc thực tế hoàn thành (tăng hoặc giảm so với phạm vi công việc theo hợp đồng) của kỳ thanh toán, có xác nhận của đại diện các bên.

- Bảng tính đơn giá điều chỉnh do lạm phát (đơn giá thanh toán), phù hợp với thỏa thuận hợp đồng, có xác nhận của đại diện các bên.

- Đối với các công việc không có trong bảng đơn giá hợp đồng (nếu có), cần thể hiện rõ cả khối lượng và đơn giá, có xác nhận của đại diện các bên.

Thời gian thanh toán

Trong vòng 14 ngày làm việc kể từ ngày nhận được hồ sơ yêu cầu thanh toán hợp lệ của nhà thầu, chủ đầu tư sẽ hoàn thành thủ tục và chuyển yêu cầu thanh toán cho cơ quan phân bổ để thanh toán đầy đủ giá trị cho nhà thầu.

Điểm mạnh

Việc thanh toán dựa trên khối lượng công việc thực tế đã hoàn thành (bao gồm cả phạm vi công việc tăng hoặc giảm, nếu có) giúp nhà thầu dễ dàng cân đối chi phí trong quá trình thi công.

Quy định này thể hiện rõ các hạng mục như ngày, giá trị công việc không có trong bảng đơn giá hợp đồng, bảng tính đơn giá điều chỉnh do lạm phát, v.v. Do đó, nhà thầu sẽ thực hiện công việc dễ dàng hơn với các điều khoản thanh toán hợp lý.

Điểm yếu

Trách nhiệm giữa các bên liên quan được nêu trong hợp đồng nhưng chưa rõ ràng về vốn và khối lượng công việc thực tế (quá trình giải ngân thường bị chậm trễ do nhiều lý do từ các cơ quan liên quan).

Khi phát sinh khối lượng công việc, nhà thầu thường không được thanh toán ngay mà phải chờ phê duyệt. Tuy nhiên, chủ đầu tư lại không trả lãi cho khối lượng công việc phát sinh này, gây ảnh hưởng đến lợi nhuận của nhà thầu.

Khuyến nghị

Về điều khoản thanh toán của hợp đồng, cần bổ sung các quy định và trách nhiệm của các cơ quan liên quan để đảm bảo nhà thầu được thanh toán đúng hạn.

Hợp đồng nên bổ sung điều khoản về việc thanh toán ngay một phần khối lượng công việc phát sinh cho nhà thầu.

Chủ đầu tư cần thanh toán lãi cho khối lượng công việc phát sinh.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Có rất nhiều yếu tố dẫn đến sự thành công của một dự án. Trong đó, quản lý hợp đồng là một phần không thể thiếu của quản lý dự án. Hiện nay, nhiều chủ đầu tư và nhà thầu gặp phải các vấn đề liên quan đến hợp đồng. Sẽ có rất nhiều rắc rối nếu công tác quản lý hợp đồng không được thực hiện tốt, chẳng hạn như chậm tiến độ, vượt chi phí, tai nạn, chất lượng công việc không được đảm bảo, v.v. Do đó, việc thực hiện hiệu quả công tác quản lý hợp đồng có thể được coi là chìa khóa dẫn đến thành công của dự án.

Với sự nỗ lực của chủ đầu tư, ban quản lý dự án, nhà thầu, v.v., dự án đã đạt được những thành công bước đầu quan trọng. Thứ nhất, dự án đã được hoàn thành theo thiết kế ban đầu, với cảnh quan đẹp và công năng phù hợp. Thứ hai, chất lượng đã được kiểm nghiệm và đạt kết quả tốt. Thứ ba, trong quá trình thi công, nhà thầu đã đảm bảo an toàn lao động, không xảy ra trường hợp đáng tiếc nào, môi trường cũng được đảm bảo, v.v.

Mặt khác, cũng tồn tại nhiều vấn đề khi thực hiện quản lý hợp đồng trong dự án này, có thể kể đến như chậm trễ, vượt chi phí, thanh toán chậm tiến độ, v.v. Những điều này đã gây thiệt hại lớn đến hiệu quả của dự án. Có rất nhiều nguyên nhân ảnh hưởng đến trách nhiệm của cả chủ đầu tư và nhà thầu. Một vài lý do chính là thay đổi phạm vi công việc (công việc bổ sung, tiền bạc, thời gian) sau khi trúng thầu (trách nhiệm của chủ đầu tư), thiếu yêu cầu về chất lượng trong hồ sơ mời thầu (trách nhiệm của chủ đầu tư), chậm trễ trong quá trình thanh toán (trách nhiệm của chủ đầu tư), không xác minh việc sử dụng đúng tỷ lệ chi phí gián tiếp đã được phê duyệt (trách nhiệm của nhà thầu).

Kiến nghị

Có một số kiến nghị từ chi tiết đến tổng quát để xử lý các vấn đề hiện có trong quá trình thực hiện quản lý hợp đồng, làm nền tảng cho các dự án trong tương lai:

Làm rõ vai trò và trách nhiệm của các cán bộ mua sắm, chương trình và tài chính liên quan đến việc xem xét và phê duyệt thanh toán cho nhà thầu.

Nâng cao năng lực của các bên liên quan trong xây dựng bằng cách học hỏi, tổng kết kinh nghiệm, xử lý các tình huống từ các dự án khác.

Tiếp tục cải thiện công tác lựa chọn nhà thầu.

Tập trung vào công tác xây dựng, đàm phán và ký kết hợp đồng bằng cách dự đoán các vấn đề sẽ xảy ra khi thực hiện và đưa ra các chế tài trong các điều khoản đó một cách cụ thể, chi tiết và mạch lạc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ThS Phan Duy Quang (2013) - Project Contract Management, In design - Bid - Build Construction Project- Asian Institute of Technology.
- [2] TS Phạm Phú Cường, ThS Lê Đình Thực (2018) - Quản lý hợp đồng trong Xây dựng, NXB Xây dựng.
- [3] Hadikusumo B. H. W. (2012). Legal and Contractual Risk Management (Lecture note, Course CE70.22 School of Engineering & Technology). Bangkok: Asian Institute of Technology.
- [4] Brockmann C. (2012). Legal and Contractual Risk Management (Lecture note, Course CE70.22 School of Engineering & Technology). Bangkok: Asian Institute of Technology.
- [5] Phillips, L. (2022). Contracts for Infrastructure Projects: An International Guide to Application, Taylor & Francis.
- [6] Administration. USA: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- [7] Hinze, J. (1993). Construction Contracts. USA: McGraw-Hills, Inc.
- [8] Gilbreath, R. D. (1992). Managing Construction Contracts. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Murdoch J. and Hughes W. (2008). Construction Contracts: Law and management. United of Kingdom: Taylor and Francis.

Đề xuất giải pháp quản lý phát triển giao thông bền vững hướng tới nền kinh tế carbon thấp tại TP Bến Tre

Proposal for sustainable transport development management solutions towards a low-carbon economy in Ben Tre City

> THÁI THANH TUẤN¹, TS.KS PHẠM THỊ MINH LÀNH²

¹HVCH khóa 29, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM

²GVC Viện Đào tạo sau đại học, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM

TÓM TẮT

Giao thông vận tải là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính lớn nhất trên toàn cầu với tốc độ tăng trưởng nhanh hơn bất kỳ lĩnh vực sử dụng năng lượng nào khác (theo báo cáo của Cơ quan Năng lượng quốc tế). Để đạt được mục tiêu chung của quốc gia là giữ nhiệt độ toàn cầu tăng dưới 1,5°C, giảm lượng khí thải, trung hòa carbon thì vấn đề phát triển giao thông bền vững tại TP Bến Tre cần phải tích hợp với các giải pháp quản lý hướng tới nền kinh tế carbon thấp. Trên cơ sở lý thuyết về chu trình phát thải carbon toàn cầu và thực tiễn về quản lý phát triển giao thông, tỷ lệ phát thải CO₂ từ phương tiện lưu thông tại TP Bến Tre. Bài báo đưa ra các giải pháp về chính sách tăng cường hệ thống giao thông công cộng, thúc đẩy giao thông phi cơ giới, ứng dụng công nghệ cho các giải pháp di chuyển bền vững. Phát triển hệ thống trạm sạc công cộng, huy động sự tham gia của cộng đồng kết hợp với mô hình ký quỹ tài chính thông qua đầu tư vào các dự án giảm phát thải carbon để tạo động lực cho việc thực thi chính sách đạt mục tiêu về phát triển giao thông bền vững.

Từ khóa: Giao thông bền vững; carbon thấp; TP Bến Tre.

ABSTRACT

Transportation is one of the largest sources of greenhouse gas emissions globally, with a growth rate faster than any other energy-using sector (according to the International Energy Agency report). To achieve the national goal of keeping the global temperature increase below 1.5°C, reducing emissions, and achieving carbon neutrality, the development of sustainable transportation in Ben Tre City must be integrated with management solutions aimed at a low-carbon economy. A theory-based approach refers to the global carbon cycle and analyzes the current state of urban transportation, as well as the CO₂ emission rates from vehicles in Ben Tre City. This article proposes solutions for integrating policies that enhance the public transportation system, promote non-motorized transport, and apply technology to sustainable mobility solutions. Additionally, it emphasizes the development of public charging infrastructure and the mobilization of community participation through a financial escrow model that invests in carbon reduction projects. These solutions aim to create incentives for the implementation of policies that achieve sustainable transportation development goals.

Keywords: Sustainable Transportation; Low carbon; Ben Tre City.

1. GIỚI THIỆU

Theo Báo cáo hiện trạng toàn cầu về Giao thông vận tải và Biến đổi khí hậu (BĐKH) năm 2018 [4] phát thải khí nhà kính (KNK) trong lĩnh vực giao thông vận tải chiếm 20%, phần lớn là khí CO₂ được tạo ra từ quá trình vận chuyển hành khách và hàng hóa. Năm 2016, phát thải KNK từ lĩnh vực giao thông vận tải trên toàn thế giới đạt mức 7,6 tỷ tấn CO₂tđ, trong đó, khoảng 80% mức tăng này đến từ giao thông đường bộ. Cụ thể, vận tải hành khách đường bộ đóng góp 53% của tổng lượng khí thải tại Canada (năm 2017) và 58% tại Hoa Kỳ (năm 2018) [5] [6]. Trong khi đó, mục tiêu đặt ra trong Thỏa thuận Paris tại Hội nghị COP21 vào năm 2015, để giữ mức tăng nhiệt độ toàn cầu không vượt quá 1,5°C thế giới cần phải giảm 45% lượng

khí thải vào năm 2030 và đạt Netzero vào năm 2050. Tại hội nghị COP28, Việt Nam cũng đã cam kết đạt mục tiêu Netzero (Phát thải ròng carbon bằng không) vào năm 2050, các cam kết này không chỉ thể hiện trách nhiệm trong việc giảm thiểu tác động của BĐKH mà còn mở ra cơ hội phát triển kinh tế xanh và bền vững. Với các đô thị lớn như Hà Nội và TP.HCM là trung tâm kinh tế của cả nước thì nhu cầu giao thông vận tải đường bộ nên được ưu tiên đáp ứng để đảm bảo chỉ tiêu phát triển kinh tế, như vậy, các đô thị vệ tinh cần chia sẻ để bù trừ tín chỉ carbon cho các đô thị trung tâm này, đây là yếu tố rất quan trọng để cân bằng lượng khí thải CO₂ ra môi trường và đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững.

TP Bến Tre có diện tích 7.061,65 ha, gồm 8 phường, 6 xã nằm phía Đông Bắc tỉnh Bến Tre trên bờ Nam sông Tiền thuộc tiểu vùng kinh tế phía Đông Bắc vùng ĐBSCL, đây là chuỗi hành lang đô thị ven biển Đông với các dự án hạ tầng quan trọng mang tính kết nối liên vùng [1]. Trong những năm qua, mạng lưới đường đô thị của TP Bến Tre được nhà nước đầu tư nâng cấp đã có nhiều thay đổi, tuy nhiên mật độ mạng lưới đường giao thông còn thấp chưa đáp ứng được yêu cầu phát triển ngày càng tăng của thành phố, phân bố không đều giữa các khu vực (tập trung phát triển ở các khu vực đô thị và dọc theo các tuyến đường quốc lộ) và thiếu liên kết giữa các loại hình giao thông. Nguyên nhân của những hạn chế này một phần là do thiếu nguồn vốn đầu tư, đồng thời công tác quản lý phát triển giao thông của TP Bến Tre cũng còn chưa chủ động.

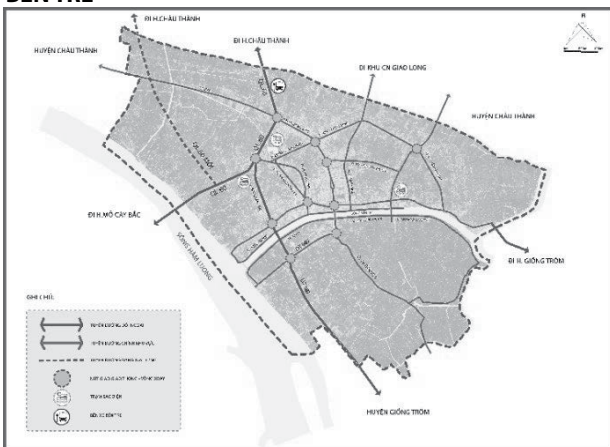
Mạng lưới giao thông của TP Bến Tre chủ yếu là giao thông đối ngoại, mật độ mạng lưới đường thấp. Với định hướng phát triển thành đầu mối giao thông đường bộ của tỉnh và khu vực Đông Bắc thì tiềm năng phát triển của TP rất lớn, đây là cơ hội nhưng cũng là thách thức đặt ra cho thành phố. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xây dựng các giải pháp quản lý phát triển giao thông bền vững của TP Bến Tre hướng tới nền kinh tế carbon thấp, với hai nội dung nghiên cứu chính như sau:

- Tổng quan thực trạng cơ sở hạ tầng giao thông TP Bến Tre.

- Đề xuất giải pháp quản lý phát triển giao thông bền vững trên địa bàn thành phố nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển đô thị hướng đến nền kinh tế carbon thấp.

Các giải pháp đề xuất không những đảm bảo phát triển giao thông bền vững hướng đến phát thải ròng bằng không mà còn giữ vai trò bù trừ tín chỉ carbon cho đô thị trung tâm. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung và cụ thể hóa cơ sở lý luận về quản lý hệ thống giao thông đô thị theo hướng giao thông bền vững hướng đến nền kinh tế carbon thấp, đây cũng là hướng tiếp cận mới trong nghiên cứu phát triển giao thông tại các đô thị vệ tinh trong việc bù trừ tín chỉ carbon cho các đô thị trung tâm.

2. TỔNG QUAN THỰC TRẠNG CƠ SỞ HẠ TẦNG GIAO THÔNG TP BẾN TRE



Hình 1. Bản đồ hiện trạng mạng lưới giao thông tại TP Bến Tre

TP Bến Tre là vùng đất cù lao bằng phẳng và thấp dần từ hướng Tây Bắc xuống Đông Nam, là đầu mối giao thông đường bộ và đường thủy có tính kết nối vùng. Về đường bộ, quốc lộ 60 kết nối TP Bến Tre với tỉnh Tiền Giang qua cầu Rạch Miễu, chạy qua địa bàn huyện Mỏ Cày Bắc và Mỏ Cày Nam, và kết nối với tỉnh Trà Vinh qua cầu Cổ Chiên. Về đường thủy, nơi đây là điểm hội lưu của các tuyến đường thủy quan trọng như sông Hàm Luông, một nhánh của sông Tiền có khả năng vận tải thủy lớn nhờ lòng sông rộng và sâu, và sông Bến Tre, con sông đẹp chảy qua thành phố. Với địa hình trũng thấp

(cao độ trung bình so với mặt nước biển từ 1-5m) và nhiều kênh rạch là cơ hội cho thành phố phát triển giao thương kinh tế đường thủy. Tuy nhiên đây cũng là thách thức cho thành phố khi xây dựng các công trình hạ tầng giao thông như cầu và đường bộ, các công trình này cần được thiết kế với khả năng thích ứng với BĐKH và nước biển dâng trong tương lai dẫn đến tốn kém nhiều chi phí, đặc biệt là chi phí gia cố nền móng.

Mạng lưới giao thông đường bộ trên địa bàn TP Bến Tre là mạng lưới giao thông hỗn hợp như **Hình 1**. Trong đó có các tuyến đường giao thông đối ngoại (Quốc lộ 60, đường tỉnh ĐT.885) đoạn qua TP Bến Tre có tổng chiều dài khoảng 5 km, kết nối thành phố với tỉnh Tiền Giang về phía Bắc, kết nối với tỉnh Sóc Trăng với Trà Vinh về phía Nam, đây là tuyến giao thông huyết mạch làm đòn bẩy phát triển kinh tế của thành phố. Tuy nhiên đoạn qua Cầu Rạch Miễu thường xuyên ùn tắc đặc biệt vào các giờ cao điểm trong năm hoặc trong thời gian cao điểm trong năm như Lễ Tết, phương tiện giao thông lưu thông chậm, hàng hoá vận chuyển khó khăn làm ảnh hưởng đến các hoạt động sản xuất. Các tuyến đường nội bộ (như đường Đồng Văn Cống, Huỳnh Tấn Phát, Đại lộ Đông Tây) kết nối các khu chức năng, các trung tâm của các khu vực trong thành phố lại với nhau. Mật độ mạng lưới đường giao thông nội thị còn thấp (chủ yếu là cấp VI và tương đương cấp VI) và chất lượng đường chưa đảm bảo, chưa đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế xã hội địa phương.

Bến xe Bến Tre quy mô diện tích 22.056 m² nằm giữa trung tâm thành phố, đây là đầu mối giao thông đường bộ của tỉnh và thành phố, phục vụ nhu cầu đi lại của người dân thành phố đến các huyện trong tỉnh và liên tỉnh. Khối lượng vận tải hành khách công cộng TP Bến Tre gần hai triệu hành khách/năm với 5 tuyến xe buýt vận chuyển hành khách đi nội tỉnh và vùng lân cận [1]. Hiện nay, do không được trợ giá từ nhà nước, giá vé xe buýt tại TP Bến Tre cao (dao động từ 5000đ đến 32.000đ/lượt; vé tháng từ 250.000đ đến 1.060.000đ/tháng) [3] và phần lớn xe buýt vẫn sử dụng dầu diesel, dẫn đến những thách thức trong việc phát triển bền vững. Theo số liệu nghiên cứu từ Sở Giao thông vận tải tỉnh Bến Tre và điều tra khảo sát nhu cầu đi lại, khoảng cách đi lại của xe máy và xe buýt tại TP Bến Tre như **Bảng 1**, số lượt xe máy lớn là do thói quen tập quán của người dân khi tham gia giao thông chọn phương tiện giao thông cá nhân là chính (xe máy chiếm trên 70% theo kết quả khảo sát).

Bảng 1. Số liệu thống kê phương tiện di chuyển tại TP Bến Tre

STT	Phương tiện	Nhiên liệu	Số lượt xe	Khoảng cách đi lại bình quân (km/ngày)		Mức tiêu thụ nhiên liệu *
				Tham khảo	Lựa chọn	
1	Xe máy	Xăng	90727	7-12	10	0,0459
2	Xe buýt	Diesel	85	80	80	0,0075

* Theo IPCC 2006 "Hướng dẫn thống kê khí nhà kính cho các quốc gia",

Bảng 2. Tỷ lệ phát thải CO₂ của nhiên liệu *

Nhiên liệu	Tỷ trọng (kg/lit)	Giá trị calorific tịnh (GJ/t) ²	Tỷ lệ phát thải CO ₂ mặc định (tCO ₂ /TJ)	Tỷ lệ phát thải CO ₂ của nhiên liệu (kg CO ₂ /lít)
Nhiên liệu	0,7407	44,75	69,3	2,297
Dầu Diesel	0,8439	43,38	74,1	2,712

Các giá trị này giả sử 100% lượng carbon của nhiên liệu bị đốt cháy ngay lập tức hoặc trong quá trình tiêu hao nhiên liệu (đối với tất cả các loại nhiên liệu trong tất cả các loại xe), không kể lượng CO₂ phát thải ra là CO₂, CH₄, CO hay NMVOC hay bụi dạng hạt.

Tính toán tỷ lệ phát thải CO₂ của xăng và dầu được xác định theo công thức (1), trong đó tỉ lệ phát thải CO₂ được tính theo **Bảng 2** thì lượng CO₂ phát thải phương tiện giao thông trên địa bàn TP Bến Tre 97.038 kgCO₂/năm (xe máy là 95.655 kgCO₂/năm và xe buýt là 1.383 kgCO₂/năm) tương đương 97,038 tấn CO₂/năm. Để TP Bến Tre có thể trở thành đô thị trung hoà carbon và hơn thế nữa có thể bù trừ tín chỉ CO₂ cho các đô thị lớn thì cần có giải pháp để đưa giá trị này về không.

Tỉ lệ phát thải CO₂ của nhiên liệu (kg CO₂/lít) = Tỉ trọng x Giá trị calorific tịnh x tỉ lệ CO₂ phát thải/1000 (1)

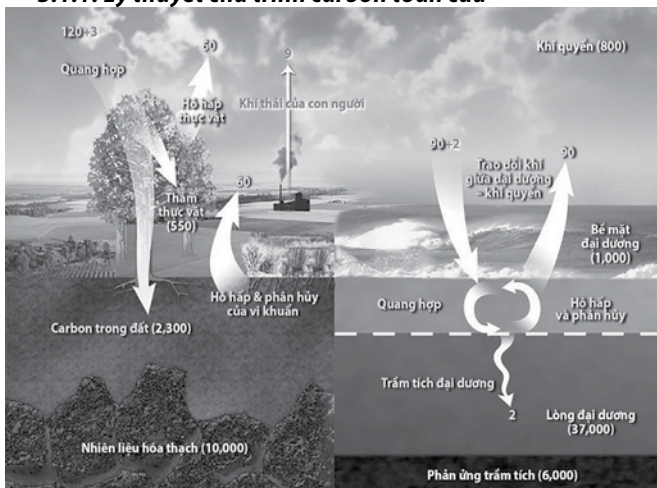
Về cơ chế chính sách hiện tại còn nhiều bất cập, đặc biệt trong việc đầu tư vào phương tiện và cơ sở hạ tầng. Chính sách chưa đủ mạnh để khuyến khích doanh nghiệp áp dụng công nghệ quản lý chất lượng và đầu tư vào các phương tiện giao thông thân thiện với môi trường, từ đó giảm thiểu ô nhiễm khí thải và tiếng ồn. Để hướng tới một hệ thống giao thông bền vững và giảm phát thải carbon, cần cải thiện những vấn đề này, nhằm nâng cao chất lượng phương tiện và dịch vụ giao thông công cộng.

Phát triển giao thông bền vững giảm phát thải carbon ở TP Bến Tre là một yếu tố quan trọng trong việc xây dựng phát triển đô thị bền vững. Điều này không chỉ tạo ra bước đột phá trong phát triển kinh tế mà còn phát huy các lợi thế địa phương, đồng thời đảm bảo môi trường và an sinh xã hội, nâng cao chất lượng sống cho người dân, trở thành nơi đáng sống. Với tiềm năng sẵn có của TP thì việc tham gia thị trường carbon là cơ hội để thành phố có thể bán tín chỉ carbon để tạo nguồn vốn đầu tư cho cơ sở hạ tầng giao thông bền vững.

3. CƠ SỞ KHOA HỌC VỀ QUẢN LÝ PHÁT TRIỂN GIAO THÔNG BỀN VỮNG GIẢM PHÁT THẢI CARBON

3.1. Cơ sở lý luận

3.1.1. Lý thuyết chu trình carbon toàn cầu



Hình 2. Biểu đồ chu trình carbon nhanh cho thấy sự di chuyển của carbon giữa đất liền, khí quyển (bên trái) và đại dương (bên phải)

Chu trình carbon là chu trình sinh địa hóa trong đó carbon được trao đổi giữa sinh quyển, địa quyển, thủy quyển và khí quyển của Trái đất như **Hình 2**. Đây là một trong những chu trình quan trọng nhất của trái đất và cho phép carbon được tái chế và tái sử dụng trong toàn bộ sinh quyển và tất cả các sinh vật trong

đó. BĐKH xảy ra ngày một phức tạp càng làm phá vỡ mối cân bằng carbon giữa mặt đất và khí quyển. Nếu carbon được lưu giữ trong đất nhiều, ví dụ nhiên liệu hóa thạch không bị khai thác, sử dụng, thì khí quyển sẽ có ít carbon hơn, đồng nghĩa với không khí trong lành. Ngược lại, môi trường sẽ ô nhiễm [7].

Các con số màu vàng là các thông lượng tự nhiên, và màu đỏ là các đóng góp của con người tính bằng gigaton carbon mỗi năm. Các con số màu trắng biểu thị carbon được lưu trữ [7]

Theo chu trình carbon toàn cầu, lượng phát thải carbon từ các hoạt động của con người ước tính khoảng 14 tỷ tấn mỗi năm, chiếm 0,3% tổng lượng carbon trong dòng chảy tự nhiên của chu trình này. Lượng phát thải carbon từ hoạt động của con người như sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, giao thông và sản xuất năng lượng... dù rất nhỏ so với tổng dòng chảy carbon tự nhiên, nhưng thực tế đã cho thấy giá trị này đã làm tăng nhiệt độ toàn cầu. Trong vòng 100 năm qua, nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng khoảng 1°C [15] dẫn đến những hậu quả như axit hóa đại dương; phá hủy môi trường sống của các loài sinh vật biển làm suy giảm đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái biển; gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan, băng tan ở hai cực và mực nước biển dâng cao. Nếu nhiệt độ tiếp tục tăng, toàn cầu sẽ phải đối mặt với những hậu quả nghiêm trọng hơn, bao gồm sự suy thoái nguồn tài nguyên thiên nhiên, mất an ninh lương thực toàn cầu và những thách thức lớn đối với môi trường sống. Đứng trước nguy cơ này, Thỏa thuận Paris về BĐKH đã được các nước đồng thuận và cam kết giữ mức tăng nhiệt độ toàn cầu dưới 1,5°C (COP21) [16].

Qua chu trình này cho thấy, vấn đề giảm phát thải trong lĩnh vực giao thông vận tải không đơn thuần chỉ là giảm lượng khí thải từ các phương tiện giao thông ra ngoài môi trường mà cần xem xét toàn bộ phát thải theo vòng đời sản phẩm từ giai đoạn khai thác các nguyên liệu hoá thạch đến sản xuất và phân phối phương tiện giao thông, nhiều liệu và đến khi các phương tiện này trở thành chất thải rắn. Mỗi giai đoạn trong vòng đời của sản phẩm đều tạo phát thải carbon và sự thay đổi trong một giai đoạn bất kỳ sẽ tác động tới các giai đoạn còn lại, tạo ra một vòng tròn biến đổi tuần hoàn, để vòng tròn này thu nhỏ lại thì không chỉ giảm khí thải từ phương tiện giao thông mà còn cần giảm số lượng phương tiện, giảm mức tiêu thụ sản phẩm của con người.

3.1.2. Khung chiến lược phát triển giao thông

Phát triển hệ thống giao thông bền vững tại TP Bến Tre theo khung chiến lược “Giảm thiểu - Avoid”, “Chuyển đổi - Shift” và “Cải thiện - Improve” đã được sử dụng từ những năm 1990, đây là “một khung chiến lược hữu ích để đánh giá các giải pháp về vận tải và thực hiện hành động nhằm hỗ trợ vận tải hành khách và hàng hóa bền vững” [8]. Cụ thể như sau:

- Giảm thiểu nhu cầu đi lại, quản lý nhu cầu vận tải giữa các khu dân cư, nơi làm việc và giải trí.
- Chuyển đổi phương thức từ phương tiện cá nhân sang các phương thức thân thiện với môi trường hơn.
- Cải thiện phương tiện và hiệu quả sử dụng nhiên liệu cũng như tối ưu hóa hiệu quả hoạt động của phương tiện giao thông.

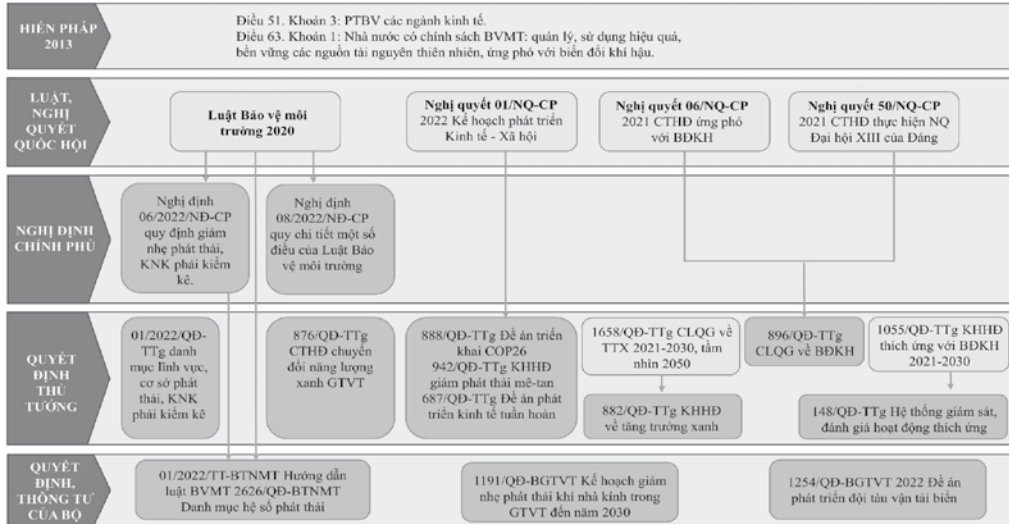
3.2. Cơ sở pháp lý

Các quy định pháp lý của Việt Nam từ Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 đến Quyết định số 1658/QĐ-TTg, Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ đều hướng tới xây dựng nền kinh tế xanh, trung hòa carbon và góp phần vào mục tiêu hạn chế sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu trong đó ngành giao thông vận tải cần hạn chế xe dùng nhiên liệu hóa thạch, thay thế bằng năng lượng xanh vào 2050.

Bộ Giao thông vận tải ban hành Quyết định số 1191/QĐ-BGTVT về Kế hoạch Giảm nhẹ phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải (GTVT) đến năm 2030. Theo đó, Bộ Giao

thông vận tải đặt mục tiêu giảm 3,4 triệu tấn CO₂đ vào năm 2025; giảm 10,61 triệu tấn CO₂đ vào năm 2030; và tổng cộng giảm 45,62 triệu tấn CO₂đ trong giai đoạn đến năm 2030. Để thực hiện mục tiêu này, Bộ Giao thông vận tải đề ra các biện

pháp và lộ trình thực hiện. Nhìn chung, phát triển giao thông bền vững về môi trường, liên quan phát thải carbon, có các văn bản pháp luật như trong **Hình 3**.

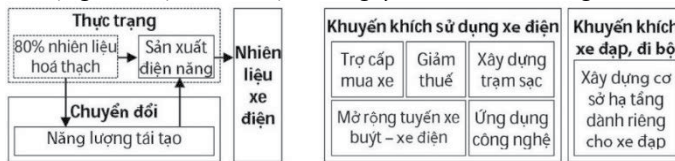


Hình 3. Hệ thống văn bản quy phạm pháp luật hiện hành liên quan đến giảm phát thải carbon giao thông vận tải đường bộ

3.3. Cơ sở thực tiễn

Chính sách khuyến khích sử dụng xe điện

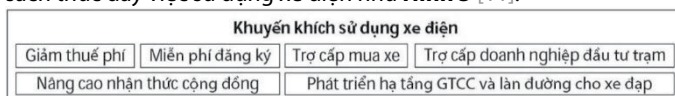
Ba Lan đứng đầu các quốc gia về di chuyển bằng ô tô với 662 xe/1000 dân và 71,4% hộ gia đình có ít nhất 1 xe ô tô. Chính phủ khuyến khích việc sử dụng xe điện tuy nhiên hơn 80% điện năng tại Ba Lan được tạo ra bằng nhiên liệu hóa thạch, kết quả là việc tăng số lượng ô tô điện ở mức độ lớn đã gây ô nhiễm vào không khí [9].



Hình 4. Bài học kinh nghiệm của Ba Lan về chuyển đổi phương tiện xe điện

Năm 2017, Ba Lan đã thông qua hai văn bản hỗ trợ quá trình chuyển đổi xanh của giao thông: “Kế hoạch phát triển sản xuất điện” như sản xuất điện gió, điện mặt trời thay thế điện đốt than và “Khung chính sách quốc gia về phát triển cơ sở hạ tầng” đã triển khai các chính sách khuyến khích sử dụng xe điện, xe đạp và đi bộ như **Hình 4**.

GTVT chiếm 12,8% lượng khí thải carbon của Đài Loan vào năm 2019. Do đó, GTVT đóng vai trò chủ chốt trong việc giảm phát thải carbon. Sự tham gia của Chính phủ, khu vực tư nhân và cá nhân là điều cần thiết để hoàn thành mục tiêu giảm phát thải carbon và tạo ra một tương lai đáng sống, xanh và bền vững [10]. Bên cạnh các chính sách tương tự như Ba Lan thì Đài Loan đã thực hiện thành công các chính sách theo ba nguyên tắc: “trợ cấp trước, kiểm soát sau”, “xe lớn trước, xe nhỏ sau” và “điện trước, nước sau”. Các chính sách thúc đẩy việc sử dụng xe điện như **Hình 5** [11].



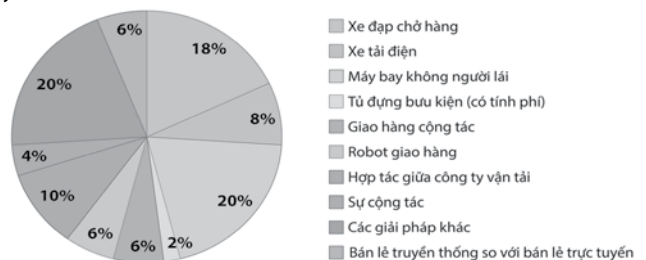
Hình 5. Chính sách khuyến khích sử dụng xe điện tại Đài Loan và thành phố Oslo

Oslo, thủ đô của Na Uy, đang hướng tới việc trở thành thành phố có hệ thống GTCC chạy bằng điện và không phát thải khí CO₂ vào năm 2030. Giao thông vận tải được đánh giá là góp tới 60% tổng

phát thải của thành phố, do đó, vào đầu những năm 1990, thành phố đã bắt đầu triển khai các giải pháp để khuyến khích phát triển xe điện [12] và mạng lưới trạm sạc như Ba Lan, Đài Loan. Các bãi đỗ xe công cộng được chuyển đổi thành không gian công cộng chỉ còn lại các bãi đỗ xe tư nhân thu phí cao để hạn chế xe ô tô vào trung tâm thành phố. Di chuyển trong trung tâm thành phố Oslo có lựa chọn xe đạp (có khoảng 270 điểm cho thuê theo giờ, ngày, tháng hoặc năm) hoặc các phương tiện GTCC như xe buýt điện, metro và phà [13].

Quản lý hoạt động vận tải hàng hóa.

Quy hoạch phương thức vận tải hàng hoá giảm phát thải carbon đáp ứng xu hướng phát triển thương mại điện tử hiện nay. Một số phương thức đang được sử dụng phổ biến đã được tác giả Aurelio Christopher Dichio tổng hợp (**Aurelio Christopher Dichio,2021**) được trình bày **Hình 6** về các phương thức vận tải hàng hóa hiện nay [14].



Hình 6. Các phương thức vận tải hàng hóa hiện nay

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIAO THÔNG BỀN VỮNG TẠI TP BẾN TRE HƯỚNG TỚI NỀN KINH TẾ CARBON THẤP

4.1. Quan điểm và mục tiêu quản lý

Đánh giá điều kiện thực tế tại TP Bến Tre, nghiên cứu đưa ra quan điểm về quản lý phát triển giao thông bền vững giảm phát thải carbon cần dựa trên 4 yếu tố sau:

- Định hướng quy hoạch: Quy hoạch giao thông cần xây dựng trên tầm nhìn dài hạn, phù hợp với quy hoạch, định hướng phát triển của địa phương.

- Cơ sở hạ tầng giao thông: Ưu tiên xây dựng mạng lưới giao thông công cộng hiện đại và đồng bộ, phát triển hạ tầng dành riêng cho xe đạp và đi bộ. Hạ tầng giao thông cần đáp ứng tốt nhu cầu đi lại và đảm bảo tính hợp lý trong mật độ và phân bố mạng lưới giao thông.

- Quản lý phát thải carbon trong toàn bộ vòng đời của phương tiện giao thông hướng tới giảm lượng phát thải carbon từ hoạt động của con người trong chu trình carbon toàn cầu.

- Chính sách và tổ chức quản lý giao thông theo khung chiến lược Giảm thiểu - Chuyển đổi - Cải thiện.

4.2. Đề xuất giải pháp về cơ chế chính sách

Định hướng giao thông đô thị bền vững, phát triển giao thông bền vững TP Bến Tre

Tăng cường kết nối, đây là điều quan trọng đảm bảo kết nối chặt chẽ với các khu vực khác ở TP Bến Tre. Cơ sở hạ tầng kỹ thuật số chất lượng cao và mạng lưới giao thông công cộng tích hợp tốt là điều cần thiết để cải thiện mối liên hệ kinh tế xã hội trên toàn thành phố và tạo ra một môi trường làm việc linh hoạt hơn. Những kết nối này sẽ tránh được những điều không cần thiết đi lại và đảm bảo rằng phương tiện giao thông công cộng là phương thức vận tải được ưu tiên cho những hành trình dài hơn, giúp giảm lượng khí thải từ giao thông vận tải. Thúc đẩy phát triển hệ thống vận tải có năng lực cao, chú trọng vận tải hành khách công cộng (xe buýt điện, xe buýt hydro,...); Đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho người dân đô thị đi bộ và đi xe đạp.

Tạo không gian đường phố và tính di động lấy con người làm trung tâm.

Tăng cường cơ sở hạ tầng cho xe đạp và người đi bộ. Theo bài học thực tiễn của thành phố Oslo thì TP Bến Tre cần khuyến khích việc đi xe đạp khi di chuyển trong trung tâm thành phố thông qua các hình thức như hệ thống chia sẻ xe đạp công cộng, phát triển làn đường dành riêng cho xe đạp để đảm bảo an toàn. Bên cạnh đó, với thực trạng hiện nay thì thành phố cần cải thiện cơ sở hạ tầng dành cho người đi bộ bằng cách mở rộng vỉa hè, cải thiện lối sang đường đảm bảo ánh sáng phù hợp vào ban đêm để tăng sự an toàn cho người dân khi qua đường, đặc biệt ở các khu vực đông dân và xung quanh các trạm xe buýt. Khuyến khích giao thông công cộng và các phương tiện sử dụng năng lượng sạch (xe điện, xe hydro). Có thể thí điểm đường giành cho xe đạp và người đi bộ chung tại khu vực bờ kè ven sông Bến Tre thuộc đường Âu Cơ.

Khuyến khích tăng chỉ tiêu diện tích đất cây xanh trong đô thị. Trước tình hình xâm nhập mặn đang diễn biến phức tạp (từ hướng sông Hàm Luông theo sông Bến Tre và mạng lưới kênh rạch dẫn sâu vào nội đồng) thì chỉ tiêu đất cây xanh tại TP Bến Tre 9m²/người là hoàn toàn phù hợp, tuy nhiên nên khuyến khích việc mở rộng diện tích trồng cây xanh trong các khu đô thị mới để gia tăng tín chỉ carbon trong đô thị. Các khu đô thị mới tại TP Bến Tre như KĐT Hưng Phú, Phú Khương,... nên hướng tới việc cung cấp không gian xanh rộng mở chất lượng cao, đồng thời áp dụng chiến lược “nhiều cây xanh” trên đường phố và khu vực công cộng, cũng như trên tường và mái của các tòa nhà để hướng đến đô thị phát thải carbon thấp.

Công trình và năng lượng xanh. Các chính sách giảm phát thải carbon, khuyến khích sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió tại các khu đô thị mới là cần thiết. Tuy nhiên trong quá trình phỏng vấn người dân đồng thuận lắp các thiết bị điện năng lượng mặt trời khá cao so với thu nhập bình quân (60% 10 đến 15 triệu tháng) người dân TP Bến Tre. (Một hệ thống năng lượng mặt trời mái nhà ở nhà dân công suất 5 kW, tích hợp thiết bị lưu trữ 5 kWh có chi phí khoảng 80-90 triệu đồng. Nếu đầu tư pin lưu trữ 10 kWh, tổng chi phí 100-120 triệu đồng. Các thiết bị có thời gian bảo hành từ 5-12 năm, tùy loại).

Đề xuất bổ sung quy định trong Quy chuẩn xây dựng và phân cấp trong quản lý mạng lưới đường đô thị

Trong các quy chuẩn và tiêu chuẩn về quy hoạch giao thông hiện đang áp dụng, đã có quy định về đường xe đạp. Tuy nhiên, chưa có yêu

cầu rõ ràng về thiết kế một mạng lưới đường xe đạp hoàn chỉnh để kết nối các khu vực. Thực tế, trong các đồ án quy hoạch phân khu hay quy hoạch chi tiết, hầu hết chưa quan tâm đến việc quy hoạch mạng lưới đường xe đạp. Điều này sẽ là trở ngại khi tổ chức gắn kết việc đi lại của người dân với phương tiện giao thông công cộng. Đối với các quốc gia tiên tiến, việc quy hoạch và xây dựng mạng lưới đường xe đạp đã trở thành một phần quan trọng trong hệ thống giao thông đô thị. Họ không chỉ tập trung vào việc tạo ra các tuyến đường dành riêng cho xe đạp mà còn tích hợp chúng vào mạng lưới giao thông công cộng, đảm bảo sự thuận tiện và an toàn cho người sử dụng. Việc này không chỉ giúp giảm thiểu tình trạng ùn tắc giao thông mà còn góp phần đáng kể vào việc bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng cuộc sống.

Việc mở rộng mua sắm trực tuyến cần được kết hợp chặt chẽ với các nỗ lực bảo vệ môi trường, trong đó giao thông bền vững đóng vai trò then chốt trong việc giảm phát thải carbon. Áp dụng phương tiện giao thông xanh như xe điện, xe đạp hoặc các phương tiện không phát thải, cùng với bao bì thân thiện với môi trường, kho bãi tiết kiệm năng lượng và hậu cần hiệu quả, sẽ giúp các doanh nghiệp giảm thiểu tác động đến môi trường mà vẫn đảm bảo hiệu quả vận hành và sự hài lòng của khách hàng. Trước áp lực ngày càng lớn từ nhận thức của người tiêu dùng và các quy định pháp lý, hậu cần bền vững trở thành yếu tố không thể thiếu trong việc quản lý trong thương mại điện tử. Việc tích hợp các giải pháp như nguồn cung ứng xanh, sản xuất hiệu quả và vận chuyển thân thiện với môi trường không chỉ giúp giảm lượng khí thải carbon và chất thải mà còn nâng cao hiệu quả hoạt động, tăng cường uy tín thương hiệu và đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững.

4.3. Đề xuất các giải pháp về kỹ thuật

Hiện nay, việc ứng dụng công nghệ vào quản lý hệ thống giao thông đường bộ đã được Ủy ban nhân dân tỉnh Bến Tre triển khai thực hiện phát triển qua ứng dụng IOC của Tỉnh. Đối với lĩnh vực giao thông vận tải đã ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý điều hành, khai thác vận tải, liên kết các phương thức vận tải, theo dõi lộ trình xe chạy trên các tuyến cố định thông qua thiết bị camera lắp đặt. Áp dụng hệ thống quản lý giao thông thông minh để tối ưu hóa việc di chuyển và khí thải giúp người tham gia giao thông chọn tuyến đường nhanh nhất và ít tắc nghẽn nhất, từ đó giảm thiểu thời gian di chuyển và lượng khí thải. Ngoài ra, việc tích hợp các công nghệ giao thông thông minh vào mạng lưới giao thông công cộng sẽ thúc đẩy việc sử dụng các phương tiện giao thông bền vững, góp phần vào mục tiêu giảm phát thải carbon và bảo vệ môi trường.

4.4. Đề xuất các giải pháp hỗ trợ phát triển hạ tầng trạm sạc

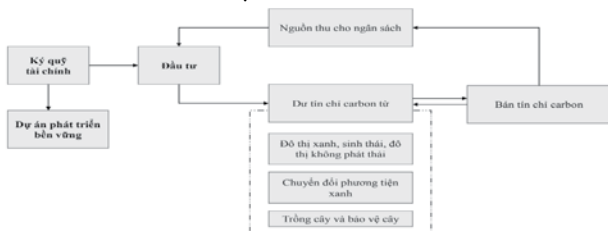
Trạm sạc đóng vai trò là hạ tầng thiết yếu cho các phương tiện cơ giới đường bộ sử dụng điện, các nước như Ba Lan, Đài Loan đã nhìn nhận sớm vấn đề này và tập trung chiến lược phát triển mạng lưới trạm sạc từ rất sớm. Tuy nhiên, hiện tại, Việt Nam vẫn chưa có các quy định kỹ thuật hoặc chính sách khuyến khích cụ thể nào dành cho việc phát triển trạm sạc này. Công ty Vinfast đẩy mạnh đầu tư vào trạm sạc dù số lượng phương tiện giao thông điện vẫn còn ít, Tỉnh và chính quyền TP Bến Tre nên phối hợp với Vinfast và các doanh nghiệp cung cấp xe điện để nhanh chóng hoàn thiện các yếu tố nền tảng của mạng lưới hạ tầng trạm sạc. Bên cạnh đó, trong giai đoạn đầu của lộ trình phát triển phương tiện giao thông điện, khi số lượng phương tiện còn hạn chế và nhu cầu sạc vẫn thấp nhưng rất cấp bách, chính quyền TP Bến Tre cùng với các công ty cung cấp xe điện cần thiết phải triển khai các giải pháp tài chính để hỗ trợ đầu tư và phát triển trạm sạc tại những vị trí quan trọng trong quy hoạch, nơi có nhu cầu sạc nhanh cao.

4.5. Đề xuất giải pháp tài chính

Khi TP Bến Tre thực hiện các giải pháp chuyển đổi phương tiện giao thông, xây dựng các khu đô thị mới theo hướng sinh thái, thông minh, tăng diện tích trồng cây xanh (Với giá bán khoảng 5 USD/tấn CO₂, hàng chục ngàn ha dứa tại tỉnh Bến Tre có thể mang lại thu nhập thường xuyên

cho người dân trồng dưa nhờ bán tín chỉ carbon. Cụ thể, với 1 ha dưa ở độ 4-10 năm tuổi có khả năng hấp thụ 24,52 - 75,24 tấn CO₂ (giống dưa cao) và 20,45 - 69,91 tấn CO₂ (đối với giống dưa thấp)) [2] sẽ hấp thụ khoảng 2,045 - 7,524 tấn CO₂/năm, so với lượng phát thải từ giao thông 97,038 tấn CO₂/năm đã tính toán ở trên thì diện tích trồng dưa tối thiểu ở TP Bến Tre cần có là khoảng 50 ha chiếm 0,7% diện tích toàn thành phố. Không những thế việc đầu vào thị trường carbon là cơ hội để tạo thêm nguồn thu cho ngân sách từ việc bán tín chỉ carbon, từ đó chính quyền thành phố có thể chủ động trong lộ trình chuyển đổi phương tiện giao thông.

Mô hình ký quỹ tài chính là một dịch vụ ngân hàng thân thiện với khí hậu hỗ trợ quá trình chuyển đổi nhanh chóng sang nền kinh tế sạch bằng cách phân bổ toàn bộ tiền gửi vào cơ sở hạ tầng thân thiện với môi trường. Dưới sự đảm bảo của tổ chức nhà nước, các khoản vay sử dụng tiền tiết kiệm của cá nhân/tổ chức gửi vào ngân hàng sẽ được đầu tư cho các dự án tạo ra năng lượng sạch, thân thiện với môi trường và các sản phẩm tích cực khác cho khí hậu và hoạt động này cũng được công khai, minh bạch để những cá nhân/tổ chức này được biết rõ số tiền mình gửi đang được sử dụng cho các dự án nào và góp phần giảm thiểu bao nhiêu lượng carbon phát thải ra môi trường. Mô hình ký quỹ tài chính giúp tạo ra quỹ đầu tư để phát triển các dự án Netzero, khi dự án thành công thì phát thải carbon sẽ tiến dần đến không và dư tín chỉ carbon như **Hình 7**. Lúc này có thể bán tín chỉ carbon và chủ động trong nguồn vốn đầu tư cho các dự án Netzero.



Hình 7. Đề xuất mô hình kinh tế tài chính trong quản lý phát triển giao thông bền vững hướng tới nền kinh tế carbon

4.6. Sự tham gia của cộng đồng

Thay đổi tư duy và giáo dục thế hệ trẻ. Tại TP Bến Tre, quy hoạch giao thông bền vững cần sự tham gia tích cực của người dân để đảm bảo quy hoạch đô thị phản ánh đúng nhu cầu và mong muốn của cộng đồng. Xây dựng lộ trình trường học xanh tham gia giao thông phi động cơ đến trường và các địa điểm khác, các bài học về giao thông bền vững và nhận thức về môi trường vào chương trình giảng dạy ở các cấp học để xây dựng văn hóa từ khi còn nhỏ, cung cấp cho thế hệ trẻ cơ hội tham gia trải nghiệm thực tế trong phong trào xây dựng môi trường xanh.

Huy động sự tham gia của cộng đồng. Theo nhận định của chuyên gia thì cần có sự tham gia của cộng đồng để phát triển giao thông bền vững được hiệu quả hơn, việc này cần thực hiện ngay từ quy mô khu dân cư, bao gồm các hoạt động: Thực hiện các chiến dịch nâng cao nhận thức cộng đồng, thường xuyên nhấn mạnh lợi ích của việc lựa chọn giao thông bền vững và cách mà từng cá nhân có thể góp phần chuyển đổi phương thức đi lại trong thành phố; Khuyến khích người dân tham gia vào các câu lạc bộ, nhóm cộng đồng về giao thông xanh, tổ chức các sự kiện như: Ngày Không Xe Hơi, Ngày Đi Xe Đạp. Chương trình đổi thường xanh: Tạo ra các chương trình khuyến khích người dân sử dụng phương tiện xanh như đổi điểm thưởng khi sử dụng giao thông công cộng hoặc xe đạp.

Theo kết quả khảo sát, khoảng 90% tổng số người dân được khảo sát nhận thức rằng TP Bến Tre đang ảnh hưởng bởi BĐKH, và các phương tiện giao thông là một trong những nguyên nhân góp phần gây ra tình trạng này. Đáng chú ý, cộng đồng có quan điểm tích cực đối với việc phát triển giao thông bền vững, đặc biệt là các phương tiện điện, được xem như một giải pháp khả thi để cải thiện chất lượng không khí trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Giao thông bền vững không chỉ là phương thức di chuyển ít phát thải carbon và thân thiện với môi trường, mà còn góp phần xây dựng một cuộc sống lành mạnh và bền vững. Việc phát triển hệ thống giao thông bền vững mang lại nhiều lợi ích thiết thực như giảm ùn tắc giao thông, tiết kiệm năng lượng, cải thiện chất lượng không khí, giảm phát thải carbon để giảm hiệu ứng nhà kính, đồng thời xây dựng các thành phố đáng sống, nâng cao sức khỏe và chất lượng cuộc sống của người dân, thực hiện cam kết theo mục tiêu Netzero.

Để đảm bảo phát triển giao thông hướng đến giao thông bền vững giảm phát thải carbon cho TP Bến Tre, nâng cao chất lượng cuộc sống của nhân dân, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường, BĐKH. Các giải pháp để nâng cao năng lực quản lý giao thông mà bài báo đã đề xuất như sau:

- Giải pháp về cơ chế chính sách: Cải thiện và điều chỉnh lại việc sử dụng đất đảm bảo sự hài hòa giữa phát triển đô thị và giao thông bền vững.

- Giải pháp về cơ chế tài chính: Mô hình ký quỹ tài chính đầu tư cho các dự án Netzero.

- Giải pháp về kỹ thuật: Vận hành và quản lý giao thông thông minh, phát triển hạ tầng giao thông xanh, bao gồm các tuyến đường dành riêng cho xe đạp, đi bộ và các trạm sạc cho xe điện.

- Thay đổi tư duy và giáo dục thế hệ trẻ; huy động sự tham gia của cộng đồng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

[1]. UBND tỉnh Bến Tre (2023). *Báo cáo tổng hợp Quy hoạch tỉnh Bến Tre thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*.

[2]. Baochinphu (2024). *Bến Tre đánh giá tiềm năng tham gia thị trường tín chỉ carbon*. url: <https://baochinphu.vn/ben-tre-danh-gia-tiem-nang-tham-gia-thi-truong-tin-chi-carbon-10224042411119303.htm> (truy cập ngày 30/04/2024).

[3]. Sở Giao thông vận tải tỉnh Bến Tre (2024).

Tài liệu tiếng Anh

[4]. SLoCaT (2018). *Transport and Climate Change Global Status Report 2018*.

[5]. Natural Resources Canada. *Energy and Greenhouse Gas Emissions (GHGs)*.

[6]. USA EPA. *Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions*. url: [Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions | US EPA](https://www.epa.gov/transportation-greenhouse-gas-emissions)

[7]. The Carbon Cycle (2019). *Diagram adapted from U.S. DOE, Biological and Environmental Research Information System, Nasa*.

[8]. United Nations (2016). *Mobilizing Sustainable Transport for Development*. Analysis and Policy Recommendations from the United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport.

[9]. Karolina Godzisz (2021). *Selected Determinants of Sustainable Transport in the Context of the Development of a Low-Carbon Economy in Poland*, MDPI.

[10]. Lu, S.-M., (2016). *A low-carbon transport infrastructure in Taiwan based on the implementation of energy-saving measures*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 499-509. doi:10.1016/j.rser.2015.12.242

[11]. Chi-Hao Chen., Yun-Hsun Huang., Jung-Hua Wu., Hwa Lin. (2023). *Assessing the Cross-Sectoral Economic-Energy- Environmental Impacts of Electric-Vehicle Promotion in Taiwan*. *Sustainability*, 15(19), 14135.

[12]. Metropolis (2015). *The electric vehicle capital*. url: <https://use.metropolis.org/case-studies/the-electric-vehicle-capital> (accessed Jun. 15, 2024).

[13]. Olo Visitor Centre (2024). *City bikes: Oslo Bysykel*. url: <https://www.visitoslo.com/en/product/?tlp=2980073>

[14]. Aurelio Christopher Dichio (2021). *Carbon emissions in city logistics: a literature review*, Politecnico di torino.

[15]. UNEP (2007). *Global Environment Outlook GEO 4 environment for development*. United Nations Environment Programme.

[16]. United nations (2015). *The Paris Agreement*. United Nations Climate Change Conference (COP21), Paris.

Orientation of the model for connecting traditional craft village tourism and regional tourism in the Red river delta

Định hướng mô hình kết nối du lịch làng nghề truyền thống - du lịch vùng Đồng bằng sông Hồng

> TS NGUYEN HOAI THU¹, TS NGUYEN THU HUONG²

¹Department of Civil and Industrial Engineering, Institute of Techniques for Special Engineering, Le Quy Don Technical University
Email: ktshoaitu@lqtu.edu.vn

²Department of Urban Planning - Faculty of Architecture and Planning, Hanoi University of Civil Engineering
Email: huongnt3@nuce.edu.vn

ABSTRACT

Currently, the integration of traditional craft village tourism with key tourist destinations in the Red River Delta remains limited due to the lack of a comprehensive planning framework, underdeveloped transportation infrastructure, and weak collaboration among stakeholders. These challenges hinder the effective exploitation of the tourism potential of craft villages and their sustainable development. With the aim of enhancing connectivity in the development of craft village tourism, this article analyzes the current situation and proposes a model for linking traditional craft village tourism with regional tourism in the Red River Delta. The proposed model seeks to foster stronger connections between craft villages, local authorities, tourism enterprises, and communities, contributing to the establishment of a sustainable craft village tourism network, the preservation of traditional cultural values, and the socio-economic development of the region.

Summary: Tourism connectivity model; traditional craft village tourism; Red River Delta.

1. INTRODUCTION

Traditional craft villages not only preserve unique cultural values but also play a crucial role in the socio-economic development of the Red River Delta (RRD) region. These villages are deeply intertwined with local history, architecture, customs, and labor practices, while also holding significant potential for tourism development, particularly in the forms of ecological, cultural, and experiential tourism. However, the integration between craft villages and the regional tourism system remains inconsistent, resulting in the underutilization of their tourism potential. Challenges such as inadequate transportation

infrastructure, insufficient support services, and weak linkages between craft villages, tourism enterprises, and local authorities hinder the sustainable development of craft village tourism. In the context of globalization, many countries have successfully developed craft village tourism models that generate substantial economic benefits. Therefore, an appropriate tourism connectivity model is essential to balance heritage conservation and economic development. This article analyzes the current state of craft village tourism and proposes a model for linking traditional craft villages with regional tourism. The objective is to optimize tourism potential while ensuring sustainable development.

2. CURRENT STATUS OF TRADITIONAL CRAFT VILLAGE TOURISM AND POTENTIAL FOR TOURISM CONNECTIVITY

a. Traditional Craft Village Tourism Activities

Tourism activities in traditional craft villages (TCVs) in the Red River Delta have experienced certain developments. However, several limitations still need to be addressed to enhance efficiency and attractiveness for visitors.

- Tourism Services and Hands-on Craft Experiences

Currently, craft village tourism is primarily concentrated in a few well-known locations, such as Bát Tràng and Phù Lãng ceramic villages, Phú Vinh bamboo and rattan weaving village, Chuông conical hat village, Văn Lâm embroidery village, and Vạn Phúc silk village. Some villages have introduced hands-on experiences tailored for students, but overall, these activities remain fragmented and lack distinct features to attract visitors.

Tourism activities are mainly organized around craft households, production facilities, and some heritage sites. However, there is no comprehensive planning for tourism development. The rapid urbanization process has significantly altered the traditional spatial characteristics of these villages, negatively impacting the tourism experience.

- Heritage Experience Services

At present, only 4 out of 15 craft villages have organized heritage-based tourism activities, which include visits to communal houses, pagodas, ancient banyan trees, village wells, and communal courtyards. However, the information provided

to tourists regarding cultural, architectural, and historical values remains limited. The current approach primarily focuses on tangible heritage, while intangible values such as traditional lifestyles, customs, and construction techniques have yet to be effectively explored and promoted [4]



Fig 1. Swedish Princess Visits Handicraft Production in Phu Vinh



Fig 2. Tourists Visiting the Handicraft Village Space in Phu Lang



Fig 3. Exploring the Handicraft Village Landscape by Bicycle in Ninh Van



Fig 4. Visiting the Conical Hat Products in Chuong Village

- Agricultural Culture Experience Services

Most traditional craft villages have yet to develop tourism services that offer agricultural cultural experiences, with the exception of Van Lam village, which integrates with the Trang An tourism route. However, this activity remains spontaneous, lacking systematic organization and a well-defined tourism brand



Experience traditional fish trapping with bamboo baskets.



Tourists' Gardening Experience in Landscape Architecture

Fig 5. Experiential Agricultural and Cultural Tourism in Yan Đuc Village [10]

Accommodation Services

Only two craft villages, Bat Trang and Van Lam, have developed comprehensive accommodation services to meet visitor demands. Favorable factors such as climate, land availability, and scenic landscapes provide advantages for these villages. However, other craft villages have yet to focus on developing lodging facilities, limiting visitors' length of stay and overall tourism experience.



Homestay



Entrance Gate of the Homestay House

Fig 6. Hospitality Services of La Belle Vie Homestay in Ninh Hai

- Recreational Services Associated with Intangible Cultural Heritage

Some craft villages have organized intangible cultural heritage activities, such as *quan họ* folk singing in Phu Lang, *xoan* singing in Hương Canh, and *ca tru* performances in Thu Sy, along with traditional folk games like cockfighting, swing competitions, and clay pot breaking. However, these activities have not been effectively leveraged as distinctive tourism products and remain primarily community-oriented rather than tourist-focused.

- Spiritual and Cultural Tourism Services

Currently, spiritual tourism has not received systematic investment in the surveyed craft villages. Most spiritual tourism activities are integrated with heritage site visits and primarily cater to domestic visitors. The potential of temples, pagodas, communal houses, mother goddess worship, and folk legends has yet to be fully explored and developed into a structured tourism product.

- Culinary Tourism Services

Only 4 out of 15 craft villages offer culinary tourism services, with Van Lam village having the most well-developed model. However, food safety and hygiene management remain inadequate, leading to issues such as counterfeit or low-quality products. Additionally, the increasing popularity of modern fast food has reduced the appeal of traditional cuisine.



Restaurant



Spatial Design Associated with Traditional Craft Villages

Fig 7. Pilot Model of Traditional Craft Village Tourism in Phu Lang

- Handicraft and Souvenir Services

All surveyed craft villages offer souvenir products; however, these items lack distinctiveness and have seen little innovation over the years. Some products are bulky and difficult to transport, while others face competition from imported goods, particularly from China, which diminishes the brand value of local craft villages.

b. Potential for Tourism Development in Traditional Craft Villages

- Historical Value

Traditional craft villages are not only centers of production but also repositories of historical and cultural heritage, preserving the developmental imprints of local communities and regions. With a history spanning hundreds of years, each craft village represents a segment of the cultural-social value chain, reflecting the settlement, production, and economic development processes of indigenous inhabitants.

Long-standing craft villages such as Bat Trang, Van Phuc, and Hương Canh serve as testaments to the resilience of traditional crafts and illustrate the intricate relationship between village

architecture and urbanization. Notably, the development of craft villages surrounding Thăng Long – Hanoi contributed to the formation of a distinctive commercial urban structure, exemplified by the "36 streets" of Hanoi's Old Quarter, which showcases the interaction between economic-political centers and traditional production regions.

Moreover, craft villages like the sedge mat-weaving villages in Thái Bình are closely linked to land reclamation and territorial expansion, reflecting adaptation strategies to natural conditions and landscape transformations in coastal areas. The evolution of these villages has not only influenced residential spatial organization but also shaped unique cultural identities and social structures.

From a tourism perspective, the historical value of craft villages can serve as a key attraction through specialized tour routes, craft village museums, and exhibition spaces displaying traditional products alongside historical documentation and reenactments of ancient production methods. Proper conservation and sustainable utilization of craft village heritage contribute not only to tourism development but also to preserving the architectural and cultural identity of rural Vietnam. [3]

- Artistic and Craftsmanship Value of Handicrafts

Handicrafts from traditional craft villages in the Red River Delta are not merely functional objects but embody aesthetic excellence, intricate craftsmanship, and distinct cultural identities. Each village specializes in unique products that reflect the technical expertise and creative mindset of artisans across generations. The diversity in design, crafting techniques, and materials used ensures that even within the same industry, products maintain unique characteristics. [8]

In ceramics, the differences in shaping techniques, decorative motifs, and glazing methods between Bát Tràng, Phù Lãng, and Hương Canh have created distinctive product lines. Artisans in Phù Lãng employ natural materials such as alluvial soil from the Cầu River, paddy field mud, and wood ash to develop their signature rustic, earthy glazes with a sculptural essence. The innovative handling of materials and production techniques enhances both the functional and artistic value of these products, attracting both domestic and international visitors.

Beyond ceramics, the bamboo and rattan weaving craft of Phú Vinh is highly regarded for its refined weaving techniques and precise detailing. The fusion of traditional handcrafting skills with modern design trends has enabled these products to align with the demands of the tourism market. High-aesthetic-value handicrafts not only attract tourists but also create opportunities for international promotion of Vietnamese craftsmanship.

- Landscape Value of Traditional Craft Villages

The landscape of traditional craft villages in the Red River Delta is not only a testament to artisanal production spaces but also holds deep cultural and historical significance. These unique landscape elements create an immersive environment for visitors, fostering experiential tourism products of high value.

Integrated Production-Living Spaces:

Unlike industrial zones, craft villages seamlessly integrate production with residential areas, forming a harmonious spatial composition. Visitors can easily distinguish these landscapes through everyday sights—raw materials, unfinished products, and completed handicrafts displayed along village paths and courtyards. Vivid imagery such as ceramic jars lined along alleys, brightly colored silk fabrics drying in the sun, or walls built from ceramic scraps contribute to the village's distinctive character.

These elements provide a strong foundation for experiential tourism, allowing visitors to observe and participate in production processes firsthand.[5]

Water-Inspired Landscapes – The Origin of Craft Villages: Water bodies such as village wells, communal ponds, and wharves play essential roles in both daily life and traditional craft production. Villages specializing in ceramics, silk weaving, and lacquerware are inherently connected to water sources, forming unique regional production landscapes. These features not only enrich the scenic value but also serve as focal points in cultural tourism tours, offering deeper insights into the intrinsic relationship between natural resources and artisanal heritage.

Symbolic Spatial Complexes: The triad of "Communal House – Banyan Tree – Village Pond" is an emblematic feature of Northern Vietnamese rural settlements, including craft villages. These spaces serve as cultural and religious hubs while also functioning as tourist attractions. Craft villages can capitalize on these settings by organizing traditional festivals, craft demonstrations, and cultural performances, thereby enhancing the visitor experience.[7]

Traditional Housing and Homestay Potential: Ancient houses with moss-covered tiled roofs, red-brick courtyards, and trellised gardens evoke a nostalgic charm, making them ideal for homestay tourism. Incorporating traditional interiors, such as intricately carved wooden furniture and parallel couplets, further enriches the authenticity of the visitor experience, particularly for international tourists seeking cultural immersion.

Rural Landscapes – Promoting Ecotourism and Agricultural Experiences: Familiar rural images such as golden haystacks, banana groves, water ponds covered with duckweed, and meandering village paths lined with bamboo hedges have become iconic representations of Northern Vietnamese countryside. These elements provide significant potential for ecotourism development, offering visitors immersive experiences in agricultural activities such as vegetable farming, crop harvesting, and enjoying local culinary specialties. Integrated tourism programs combining craft village visits with authentic rural experiences can enhance the economic value for local communities.

Alleyway Landscapes – Unique Transition Spaces: The narrow village alleys framed by ancient gateways and lush bamboo clusters evoke a sense of tranquility and authenticity. These alleys serve as transitional spaces, linking the craft village to the outside world, providing visitors with a compelling and immersive journey into the heritage-rich village environment.



Fig 8. Attractive Souvenirs and Consumer Products for Tourists [9]

Agricultural Landscapes – Seasonal Tourism Experiences: The Red River Delta is renowned for its agricultural products, including rice, longan, and various vegetables. In many craft villages, seasonal tourism can become a highlight, particularly during harvest seasons when the entire village engages in vibrant agricultural activities. Tourism programs integrating craft village visits with seasonal food

experiences can significantly boost the economic and cultural appeal of these destinations.

- The Value of crafting souvenirs and consumer products for domestic and International Tourists

One of the key factors in enhancing the tourism experience is the integration of traditional craft production spaces with the final products-souvenirs and consumer goods that embody local cultural identity. Traditional craft villages not only serve as cultural heritage sites but also possess significant potential to create distinctive, high-value commercial products that cater to both domestic and international tourists.

These villages have a substantial advantage in producing a diverse range of souvenirs that align with tourist preferences. Items such as decorative ceramics, lacquer paintings, miniature conical hats, article fans, brocade textiles, woven bamboo trays, and intricately carved wooden statues not only exhibit aesthetic value but also serve as prominent cultural symbols. The fusion of traditional craftsmanship with contemporary design enhances the appeal of these products, thereby expanding their market reach within the tourism industry.

Efficient utilization of production spaces, exhibition areas, and interactive experiences presents substantial opportunities for developing craft tourism in a professional and engaging manner. By strategically leveraging these elements, traditional craft villages can strengthen their position as cultural destinations, offering visitors a deeper and more immersive appreciation of local heritage.

3. CURRENT STATUS OF THE CONNECTION BETWEEN TRADITIONAL CRAFT VILLAGE TOURISM AND TOURISM IN THE RED RIVER DELTA REGION

a. Linkages Between traditional craft Village Tourism and Heritage sites and Scenic destinations

The integration of traditional craft village tourism (TCVT) with heritage tourism and scenic destinations in the Red River Delta (RRD) plays a crucial role in enhancing the value and appeal of both tourism models. Many traditional craft villages in the region are strategically located near significant cultural heritage sites and renowned landscapes, facilitating the formation of interconnected tourism routes. Notable examples include Bat Trang pottery village, which is situated near the Thang Long Imperial Citadel, the Temple of Literature, and Hoan Kiem Lake; Dong Ho painting village, located near But Thap Pagoda and Do Temple; Van Lam embroidery village, adjacent to the Tam Coc - Bich Dong tourist area; and Van Phuc silk village, nestled within Hanoi's urban area. However, in practice, these connections remain fragmented and have not been effectively utilized.

Key limitations include: (1) A lack of strong linkages between heritage site visits and craft village experiences, resulting in tourists primarily making short shopping stops without engaging in in-depth exploration of production processes and cultural heritage; (2) An underdeveloped transportation and service infrastructure, with few dedicated tourist routes or integrated tourism products that combine these two tourism forms; (3) Insufficient investment in experiential tourism products, leading to a lack of attractive tour programs capable of drawing visitors from nearby heritage sites.

To address these issues, a sustainable tourism development strategy is needed, emphasizing the creation of integrated tourism products such as heritage site visits combined with

hands-on craft-making experiences and local culinary exploration. This model not only extends tourists' stay but also fosters the conservation and sustainable development of traditional craft villages in the region.

b. Linkages Between traditional craft Village Tourism and Agricultural and Ecotourism

The integration of TCVT with agricultural and ecotourism not only diversifies tourism offerings but also promotes the sustainable development of local communities. This approach aligns with modern tourism trends, maximizing the value of natural landscapes, traditional production spaces, and indigenous cultural elements. The RRD possesses significant advantages in this regard, with its extensive network of craft villages interwoven with specialized agricultural and aquaculture zones, such as rice fields and fruit-growing areas (Hung Yen's longan, Bac Giang's lychee), aquaculture regions (Ha Nam, Thai Binh, Nam Dinh), and villages specializing in fish sauce production and traditional agricultural products.[1]

However, the development of integrated tourism models combining craft villages and agriculture remains limited. Firstly, the lack of comprehensive planning has resulted in fragmented and uncoordinated development, with no well-structured tourism routes. Secondly, investment in tourism services and experiences remains insufficient, with most activities restricted to sightseeing rather than immersive experiences such as harvesting crops, processing traditional foods, or participating in craft-making. Additionally, policies supporting businesses and households to engage in these integrated tourism models remain inconsistent and ineffective.

To enhance the connection between TCVT and agricultural tourism, a comprehensive planning strategy is required, identifying key potential areas and defining distinctive tourism products. Investment in infrastructure, support services, and eco-tourism and community-based tourism experiences will improve tourism quality, increase economic value for local communities, and attract a growing number of domestic and international visitors.

4. PROPOSED MODEL FOR CONNECTING TRADITIONAL CRAFT VILLAGE TOURISM WITH TOURISM IN THE RED RIVER DELTA REGION

a. Orientation for connecting traditional craft Village Tourism in the Red River Delta

Developing a model for linking traditional craft village tourism (TCVT) with tourism in the Red River Delta (RRD) should be based on the spatial distribution of tourism resources, historical values, and the development potential of each area. To maximize the advantages of natural, cultural, and economic factors, the proposed model focuses on three main tourism routes integrating river and road networks, alongside the formation of three sub-regions for tourism development, each associated with prominent cultural and natural heritage sites.

- Development of River-based Tourism Routes Combined with Road Networks

The river system in the RRD is not only a crucial geographical feature but also a foundation for developing specialized tourism routes, ensuring flexible connections between craft villages and major tourist destinations. Leveraging existing river tourism routes and integrating them with the road network along embankments can yield multiple benefits, such as restoring natural ecosystems, reducing pressure on road infrastructure,

and offering unique perspectives on the riverside craft village landscapes. Attractive stopovers, such as boat docks and riverfront promenades, will enhance the tourism experience and add value to both craft village tourism and cultural tourism.

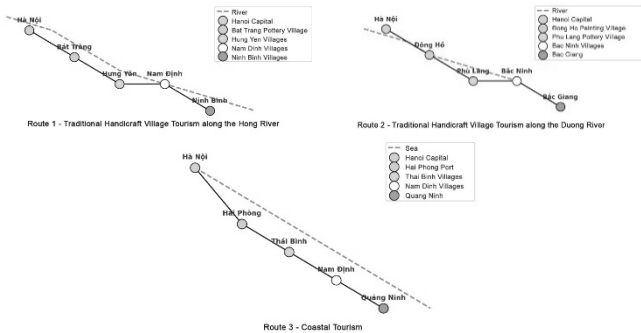
Three key river-based tourism routes are proposed:

- + TCVT along the Red River, linking with the Day River tourism route, creating a seamless connection from Hanoi to provinces along the Red River.

- + TCVT along the Duong River, connecting traditional craft villages north of Hanoi with Bac Ninh and nearby provinces.

- + Coastal Craft Village Tourism, focusing on the potential of coastal craft villages, integrated with marine ecosystems and ancient port systems.

- Sub-Regional Development Based on Heritage Clusters



Zoning tourism development into sub-regions helps establish a structured approach that capitalizes on distinct strengths, forming sustainable and highly distinctive tourism clusters. Based on the UNESCO-recognized cultural and natural heritage sites in the RRD, three key sub-regions for traditional craft village tourism development are identified:

Sub-Region 1: Traditional Craft Village Tourism Cluster Associated with the Thăng Long Imperial Citadel and Hùng Temple

This sub-region encompasses numerous long-standing traditional craft villages, such as Bat Trang ceramics, Đông Ho folk paintings, Van Phuc silk, and Phu Vinh bamboo and rattan weaving. It forms a strategic connection between Hanoi and neighboring provinces, including Vinh Phuc, Bac Ninh, and Hung Yen. This cluster leverages the rich historical and cultural heritage of the region, creating a comprehensive tourism network that integrates heritage sites with traditional craft experiences.

Sub-Region 2: Traditional Craft Village Tourism Cluster Linked to the Trang An Heritage Site

Covering the provinces of Ninh Binh, Ha Nam, Nam Định, and Thai Binh, this sub-region specializes in craft villages closely associated with cultural spaces and natural landscapes. Notable villages include Van Lam embroidery village, Ninh Van stone carving village, and Nga Son sedge mat weaving village. The integration of these craft villages with the Trang An heritage complex enhances the region's tourism appeal by offering a blend of historical, artistic, and ecological tourism experiences.

Sub-Region 3: Traditional Craft Village Tourism Cluster Associated with Ha Long Bay

This cluster includes the coastal provinces of Quang Ninh, Hai Phong, and Hai Duong, where coastal craft villages specialize in seafood processing, wooden boat building, and fish sauce production. These villages hold strong potential for developing

an integrated eco-tourism model that combines craft village experiences with marine tourism, leveraging the unique cultural and environmental assets of the coastal region.

Development of Small-Scale Road-Based Tourism Routes

Alongside river-based tourism routes, the road network must be effectively utilized while maintaining control over landscape quality and infrastructure. Road connections between craft villages and cultural heritage sites should be limited to distances under 30 km to ensure reasonable travel times. This allows visitors to engage more deeply with craft village activities without being distracted by excessive travel distances.

The proposed approach to linking traditional craft village tourism with broader regional tourism in the Red River Delta not only supports the conservation and promotion of traditional craft values but also expands opportunities for sustainable tourism development. It fosters stronger inter-provincial cooperation and enhances the overall attractiveness and brand identity of the region's tourism sector.

b. Model for connecting tourism products and Activities

In the context of sustainable tourism development in the Red River Delta, establishing a structured model for linking tourism products (TP) and traditional craft village tourism (TCVT) is essential. This model aims to optimize visitor experiences, increase economic value, and preserve cultural heritage. Based on the spatial distribution and potential of craft villages, three primary connectivity models are proposed: nucleus-based connectivity, route-based connectivity, and cluster-based connectivity.

Nucleus-Based Connectivity Model

This model integrates craft village tourism with major tourism hubs, including national and provincial-level tourism zones and key tourist cities. Leveraging the existing visitor flow from these established destinations enables craft villages to attract tourists more effectively while fostering a complementary relationship between village tourism products and larger tourism centers.

The nucleus-based model is categorized into three types:

Craft villages located within provincial or regional tourism zones

These villages benefit from direct access to a steady stream of visitors. A prime example is Van Lam village (Ninh Binh), which is situated within the Tràng An heritage site, providing ideal conditions for developing cultural and community-based tourism.

Craft villages located 5–10 km from a major tourism zone

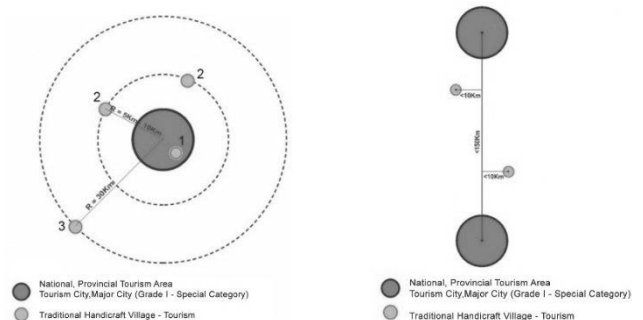


Fig 9. Nucleus-Centered Connectivity Model **Fig 10.** Linear Connectivity Model

The close proximity allows easy visitor access via bicycles or personal vehicles, making it suitable for both independent travelers and short-term tour groups. Notable examples include Bat Trang ceramics village and Van Phuc silk village (Hanoi),

which are well-integrated into the tourism ecosystem of the capital city

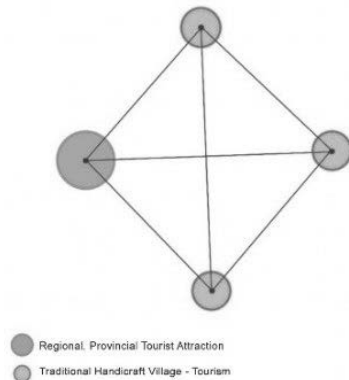


Fig 11. Cluster Connectivity Model

Villages Located Approximately 30 km from Provincial or Regional Tourism Centers: This distance is suitable for day trips, attracting both domestic and international visitors. Craft villages within this category should develop additional experiential services to enhance their appeal and encourage tourists to spend more time at the destination.

- Route-Based Connectivity Model

For craft villages that are not in close proximity to major tourism hubs or tourist cities, establishing tour routes that link multiple key destinations helps increase visitor traffic and creates mutual support among tourism sites. This model is typically organized by travel agencies with well-defined itineraries, where craft village tourism serves as a supplementary attraction to primary tourist sites. Due to its short-term nature and focus on sightseeing, villages following this model primarily cater to group tours rather than independent travelers.

- Cluster-Based Connectivity Model

This model applies to craft villages that lack the geographic advantage of being near major tourism centers but can form interconnected tourism clusters to enhance their overall appeal. Villages within such a model must collaborate closely to ensure product diversity and complementarity, avoiding redundancy in tourism offerings.

Key factors in developing a cluster-based connectivity model include:

Development of High-Quality Accommodation Services: Given the considerable distance from major tourism hubs, craft villages within this model need to offer well-developed lodging facilities to accommodate overnight visitors, making them suitable for 1-2 day tour packages.

Ensuring Product Differentiation in Tourism Offerings: Destinations within the cluster model must exhibit distinct characteristics to attract visitors and avoid monotony. For instance, a single tourism route should not focus excessively on religious sites such as temples and pagodas unless significant architectural or historical differences exist between them.

Utilizing Online Information Channels and Expanding Market Reach: This model is suitable for both group tours and independent travelers, especially when promoted through digital platforms. Craft villages in Nam Định, Thái Bình, and Hà Nam hold strong potential for development under this approach.

5. CONCLUSION

The integration of traditional craft village tourism with

regional tourism in the Red River Delta plays a crucial role in preserving cultural values, enhancing economic efficiency, and fostering sustainable tourism development. Based on an analysis of spatial characteristics, potential, and current tourism development trends in the region, the proposed connectivity model consists of three river-and-road-based tourism routes, aligned with three sub-regions structured around distinctive cultural and natural heritage clusters. Additionally, the tourism product system and craft village tourism activities are organized into three formats: nucleus-centered connectivity, route-based connectivity, and cluster-based connectivity, aiming to optimize visitor experiences and increase local economic value.

To successfully implement the proposed connectivity model, close collaboration among government authorities, businesses, local communities, and scientific organizations is essential. Key measures for improving the efficiency and sustainability of this model include infrastructure investment, policy development, and the application of digital technologies in tourism promotion and management. These strategic initiatives will contribute to the long-term success of craft village tourism as an integral part of the broader tourism network in the Red River Delta.

REFERENCES

- [1] Lê Quỳnh Chi (2020). *Research on Developing the Craft Village - Tourism and Heritage Village - Tourism Model in the Red River Delta to Contribute to Socioeconomic Development and New Rural Construction*. Ministry-Level Project, Hanoi.
- [2] Lê Quỳnh Chi (2017). *Community-Based Tourism Development in Traditional Villages on the Outskirts of Hanoi – A Case Study of Cự Village*. Journal of Science and Technology in Construction, Issue 5/09-2017, Hanoi.
- [3] Phạm Hùng Cường (2009). *Craft Villages from the Perspective of Urbanization*. Vietnam Architecture Journal, Issue 1-2009, Hanoi.
- [4] Phạm Hùng Cường (2018). *Preserving the Heritage Values of Traditional Villages in New Rural Planning*. Ministry-Level Project, Hanoi.
- [5] Nguyễn Thu Hương (2020). *Spatial Organization of Tourism Activities in Traditional Bamboo and Rattan Craft Villages in the Red River Delta: Application to Thủ Sỹ Village*. University-Level Project, Hanoi University of Civil Engineering, Hanoi.
- [6] Lê Xuân Tâm, Nguyễn Tất Thắng (2013). *Development of Craft Villages in Bắc Ninh Province in the Context of New Rural Construction*. Journal of Science and Development, 2013, Volume 11, Issue 8: 1214-1222.
- [7] Nguyễn Đình Thi (2019). *Spatial Organization of Traditional Craft Villages in the Southern Subregion of the Red River Delta*. Architecture Journal, Issue 05-2019, Hanoi.
- [8] Vietnam Institute for Tourism Development Research (2013). *Practical Handbook on Rural Tourism Development in Vietnam*. Hanoi Publishing House, Hanoi.
- [9] <https://www.vietnamplus.vn/nong-thon-moi-ha-noi-gin-giu-net-rieng-van-hoa-dat-thang-long>
- [10] <https://moitruong.net.vn/phat-trien-du-lich-ben-vung-ptag.html>

Study on using rice husk ash from ceramic kiln as a partial alternative for cement in mortar

Nghiên cứu sử dụng tro trấu từ lò nung gốm để thay thế một phần xi măng trong vữa

> LE HOAI BAO PhD¹, NGO VAN THUC PhD^{2*}, NGUYEN VAN XUAN PhD³, TRAN QUANG HUY MSc⁴

¹Civil Engineering Faculty, Mien Tay Construction University

²Head of Academic Affairs, Mien Tay Construction University; *Email: ngovanthuc@mtu.edu.vn

³Rector of Mien Tay Construction University

⁴Civil Engineering Faculty, Mien Tay Construction University

ABSTRACT

The production of cement requires a significant amount of energy and resources. Rice husk ash is known as a highly active pozzolan material and can partially replace cement in the production of mortar and concrete. This paper presents the use of rice husk ash that is recovered from burning rice husks in a local ceramic kiln. In this study, rice husk ash is used as a replacement for cement in different dosages of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The strength of the specimens was assessed at 7, 28, and 56 days of age. According to the results, rice husk ash added in amounts ranging from 5% to 15% performed equivalent to ordinary mortar in compressive strength.

Keywords: Rice husk ash; pozzolan; cement supplementary material; mortar.

TÓM TẮT

Quá trình sản xuất xi măng tiêu tốn một lượng lớn năng lượng và tài nguyên. Tro trấu, được biết đến như một loại vật liệu puzolan có hoạt tính cao, có thể thay thế một phần xi măng trong sản xuất vữa và bê tông. Bài báo trình bày nghiên cứu về việc sử dụng tro trấu thu hồi từ quá trình đốt vỏ trấu tại một lò gốm địa phương. Trong nghiên cứu, tro trấu được dùng để thay thế một phần xi măng với các tỷ lệ 0%, 5%, 10%, 15%, và 20%. Cường độ của các mẫu thí nghiệm được đánh giá ở các mốc thời gian 7 ngày, 28 ngày và 56 ngày tuổi. Kết quả cho thấy, việc sử dụng tro trấu với tỷ lệ từ 5% đến 15% mang lại hiệu quả tương đương với vữa thông thường về cường độ chịu nén.

Từ khóa: Tro trấu; puzolan; vật liệu bổ sung xi măng; vữa.

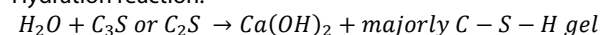
1. INTRODUCTION

The construction industry, particularly cement production, is facing significant challenges related to environmental sustainability and natural resource consumption. Cement, as one of the most

essential materials in construction, plays a critical role in producing concrete and mortar. However, its production is energy-intensive and contributes approximately 7-8% of global CO₂ emissions, making it one of the largest sources of carbon emissions [1][2][3]. This situation underscores the urgent need for alternative solutions to mitigate the negative environmental impacts of cement production, driving research in sustainable construction materials.

In this context, rice husk ash (RHA), a by-product of the agricultural sector, emerges as a promising alternative. When rice husks are burned, they produce RHA, which is rich in amorphous silica (SiO₂) [4][5]. As a highly reactive pozzolanic material, RHA has the potential to react with calcium hydroxide (Ca(OH)₂) during the cement hydration process to form additional binding compounds, enhancing the strength and mechanical properties of mortar and concrete [6][7]. Furthermore, utilizing RHA offers dual benefits by reducing cement consumption and repurposing agricultural waste, thereby minimizing environmental impact across multiple industries [8]. Both the hydration and pozzolanic reactions proceed according to the following mechanisms:

Hydration reaction:



Pozzolanic reaction:



Although numerous studies have demonstrated the potential of RHA in construction applications, its effectiveness is largely influenced by its source and processing method. RHA derived from local sources, such as ceramic kilns, may exhibit variations in chemical composition, structure, and pozzolanic activity due to factors such as burning temperature, duration and conditions [9][10]. Therefore, it is essential to investigate and evaluate the specific properties of RHA from each source to determine its practical applicability in construction.

This study focuses on the use of RHA recovered from a local ceramic kiln as a partial replacement for cement in mortar production (Fig. 1). RHA was tested at various replacement levels (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%). The common replacement levels in previous studies typically range from 5% to 20% of the cement mass to ensure a balance between strength and workability of the material [9][11]. Mortar samples were evaluated at 7, 28, and 56 days to assess critical mechanical properties, including compressive strength. The findings provide empirical insights into the feasibility of RHA as a cement substitute while assessing its technical and environmental performance in real-world applications.



Figure 1. Burning rice husks in a ceramic kiln (Photo Credit: baovinhlong.com)

This research not only sheds light on the potential of RHA in sustainable construction but also contributes to the development of environmentally friendly solutions for the construction industry. Utilizing RHA, a widely available agricultural by-product, can reduce the resource pressures associated with cement production and offer a pathway toward creating circular and sustainable construction practices.

2. MATERIALS AND EXPERIMENTAL METHODS

2.1. Materials

2.1.1 Fine aggregate

The fine aggregate utilized in this study was locally sourced natural river sand, characterized by a fineness modulus of 1.6. Comprehensive assessments of its particle size distribution (according to TCVN 7572-2:2006 [12]) and physical properties were conducted to ensure its suitability for incorporation into the experimental specimens, as detailed in Figure 2 and Table 1, respectively. The river sand is surface dried before casting.

Table 1: Physical properties of river sand

Property	Values
Specific gravity (g/cm^3)	2.78
Fineness modulus	1.60
Density (kg/m^3)	1530
Water absorption (%)	2.61
Moisture (%)	2.76

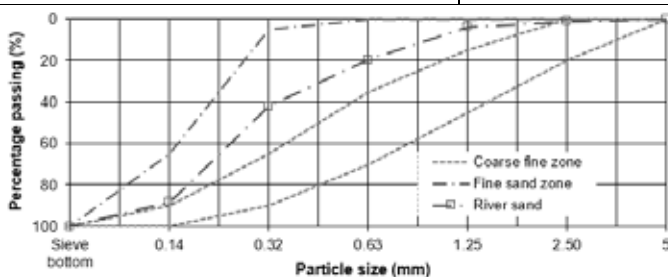


Figure 2. Particle size distribution of river sand

2.1.2 Cement

Ordinary Portland Cement (OPC) of type PCB40, conforming to the Vietnam Standard TCVN 6260:2020 [13] and equivalent to ASTM C595 [14], was utilized in this study. Its physical properties are summarized in Table 2.

Table 2: The physical properties of the OPC

Characteristic	Testing Methods	Test result
1. Specific gravity (g/cm^3)	TCVN 4030-2003	3.10
2. Consistency (%)	TCVN 6017-2015	28.8
3. Setting time Initial (minutes) Final (minutes)	TCVN 6017-2015	139' 3h45'
4. Soundness (Lechatelier method) (mm)	TCVN 6017-2015	0.71
5. Fineness, retained 0.09 mm (%)	TCVN 4030-2003	6.50
6. Compressive strength (MPa) 3 days 28 days	TCVN 6016-2011	22.20 44.0

2.1.3 Rice Husk Ash

RHA was collected from a ceramic brick kiln located in the Mang Thit Ceramic and Brickmaking Village in Vinh Long Province (as shown in Fig. 3-a). The kiln uses rice husk as its primary fuel source, with combustion temperatures ranging from 700°C to 900°C . The burning process lasts approximately three days, providing sufficient thermal energy for the production of ceramic bricks while simultaneously generating ash as a by-product. The RHA was collected after the kiln had cooled and was subjected to a preliminary cleaning process to remove coarse impurities such as unburnt husks and brick particles. After initial cleaning, the RHA was further processed by grinding in a Los Angeles abrasion machine for 6 hours at a speed of 22 rpm to achieve particle sizes smaller than $45\ \mu\text{m}$ (Fig. 3-b), in accordance with TCVN 8827:2011 standards [15]. This process ensured material uniformity and enhanced the pozzolanic reactivity of the RHA. The processed RHA was then stored in airtight bags under dry conditions to prevent moisture absorption.

The collected RHA is in the form of a light gray powder with a relatively fine texture. The chemical composition of the RHA was determined using Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), and the results are summarized in Table 3.

Table 3: Chemical composition of RHA

Component	Percentage (%)
Na_2O	0.18
MgO	0.90
Al_2O_3	2.82
SiO_2	90.06
P_2O_5	0.79
SO_3	1.45
K_2O	1.79
CaO	1.54
FeO	1.13
LOI (Loss on Ignition)	1.51

Compared to other reported RHA sources, the RHA in this study exhibits a high silica (SiO_2) content of 90.06%, which is within the optimal range (85–95%) for pozzolanic materials. Its low loss on ignition (LOI) of 1.51% indicates efficient combustion with minimal residual carbon, outperforming other RHAs that often have higher LOI values (2–6%). Additionally, the low SO_3 content (1.45%) and limited impurities, such as alkalis and metallic oxides, further enhance its suitability for use in cement and concrete. The

experimental results indicate that this type of RHA meets the requirements of ASTM C618-19 [16] and TCVN 8827:2011 standards [15].

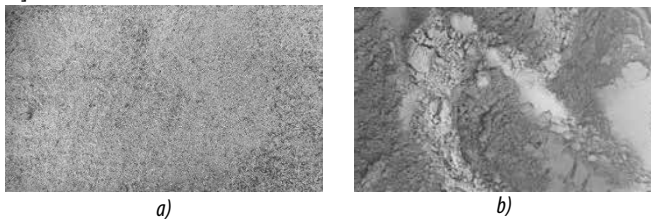


Figure 3. (a) RHA before grinding and (b) after grinding

The Scanning Electron Microscopy (SEM) image of the RHA at 1000x magnification in Fig. 4 reveals a heterogeneous particle morphology with angular, irregularly shaped fragments and a rough surface texture. The particle size predominantly falls within the micrometer range, with smaller fine particles also present, making it suitable for pozzolanic applications. The microstructure exhibits a porous and uneven surface, which enhances the reactive surface area and improves interaction with cementitious components.

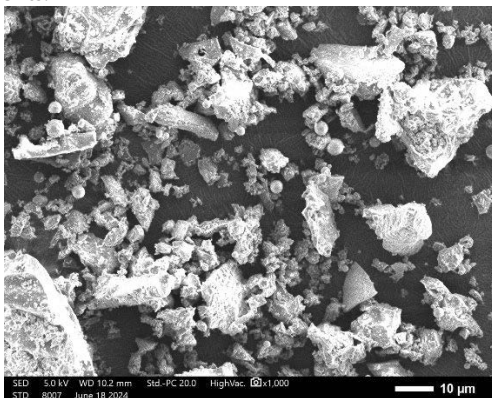


Figure 4. SEM for RHA particles.

3.2 Experimental Methods

To investigate the effect of RHA replacement for cement on the strength of mortar, an experimental procedure was conducted as follows. OPC served as the primary binder, with RHA incorporated as a partial replacement for cement at levels of 0% (control), 5%, 10%, 15%, and 20% by weight. The mortar mix proportions comprised one part cement, three parts sand, and a constant water-to-cement ratio of 0.40, which was maintained across all mixtures to ensure comparability. The detailed mix proportions for the five mixtures are presented in Table 4.

Table 4: Mortar mix composition with RHA (gam)

% RHA by cement	Cement	Sand	RHA	Water
0	450	1350	0	180
5	450	1350	5.45	180
10	450	1350	5.45	180
15	450	1350	5.45	180
20	450	1350	5.45	180

The materials were first weighed according to the mix design. For each mixture, the dry components (cement, RHA, and sand) were blended to ensure uniform distribution. Water was then gradually added to the dry mixture and mixed using a standard mortar mixer for 2-3 minutes to achieve a homogeneous consistency. The prepared mortar was poured into standard molds

(40 × 40 × 160 mm) and compacted. After 24 hours, the samples were demolded and transferred to a curing water tank, where they were cured for 7, 28, and 56 days in accordance with TCVN 6016:2011 [17]. To determine the compressive strength, the specimens were first split into two halves using flexural force (Fig. 5-a), and each half was then used for compressive strength testing (Fig. 5-b). The compressive strength result was taken as the average value of six specimens. The experiment was conducted in accordance with TCVN 3121-11:2022 standards [18].

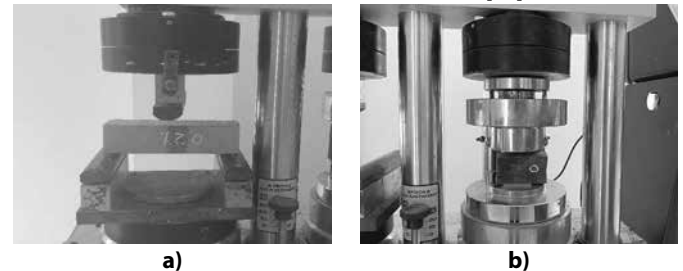


Figure 5. Three-point bending test (a) and compression test (b) on mortar prisms

3. RESULTS AND DISCUSSION

The compressive strength of mortar is significantly influenced by the RHA content, as shown in Fig. 6. At 7 days, the compressive strength decreases as the RHA content increases, particularly at 15% and 20%, likely due to the incomplete pozzolanic reaction at early ages. However, at 28 days, mixtures with 5% and 10% RHA demonstrate noticeable strength improvement, surpassing the control sample (0% RHA). By 56 days, the samples containing 10% and 15% RHA achieve compressive strength equivalent to or higher than the control sample, indicating the long-term contribution of the pozzolanic reaction. Specifically as follows:

At 7 days, the 0% RHA (control sample) shows a compressive strength of about 28 MPa. When 5% RHA replaced cement, the strength dropped to 27 MPa, a 3.57% decrease. With 10% RHA, it further decreased to 26 MPa (7.14% lower). At 15% RHA, the strength was 25 MPa (10.71% reduction), and at 20% RHA, it dropped to 23 MPa, a 17.86% decrease.

At 28 days, the 0% RHA (control) has a compressive strength of 32 MPa, indicating the hydration process is mostly complete. The 5% RHA sample shows a slight increase to 33 MPa (3.13% higher), due to the early pozzolanic reaction. The 10% RHA sample reaches 34 MPa, a 6.25% increase, considered optimal for strengthening the mortar. The 15% RHA sample maintains 32 MPa, indicating no further improvement. At 20% RHA, the strength decreases to 30 MPa (6.25% lower), likely due to insufficient cement hydration despite continued pozzolanic activity.

At 56 days, the 0% RHA (control) has a compressive strength of 35 MPa, indicating complete hydration. The 5% RHA sample shows a slight decrease to 34 MPa (2.86% lower), with minimal impact on strength. The 10% RHA sample achieves the highest strength at 36 MPa (2.86% higher), reflecting optimal pozzolanic reaction. The 15% RHA sample maintains 35 MPa, showing no significant change. The 20% RHA sample drops to 33 MPa (5.71% lower), likely due to excessive cement replacement, which hinders hydration and bond formation despite continued pozzolanic activity.

Among the mixtures, the 10% RHA replacement shows the most optimal performance, achieving the highest compressive strength at 28 and 56 days. Conversely, the 20% RHA replacement exhibits the lowest strength values across all curing ages, likely due to excessive clinker replacement, which reduces the availability of calcium hydroxide for the pozzolanic reaction.

In summary, RHA replacement levels of 5% to 15% are effective in enhancing the compressive strength of mortar over time, with 10% being the optimal replacement level. This demonstrates the potential of RHA as a sustainable cement substitute to improve performance and reduce environmental impact.

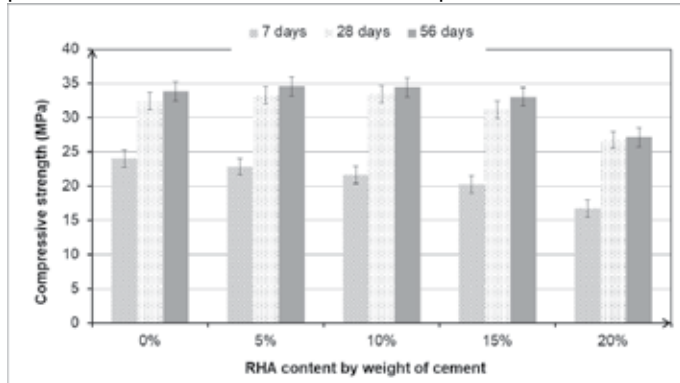


Figure 6. The effect of RHA content on the compressive strength of mortar

4. ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL EFFICIENCY

The reduces transportation costs and supports sustainable construction practices by promoting the use of regional materials.

In practice, integrating RHA from ceramic kilns into building materials aligns with the principles of circular economy and sustainable development, fostering eco-friendly and cost-effective construction solutions. However, further studies on long-term durability and standardized processing techniques are necessary to optimize its performance and widespread adoption.

5. CONCLUSIONS

This study confirms that rice husk ash (RHA) can be effectively used as a partial cement replacement in mortar while maintaining structural integrity. The experimental results indicate that a 10% replacement level is optimal, offering a balance between strength development and sustainability. The use of RHA not only reduces cement consumption, thereby lowering carbon emissions, but also provides an eco-friendly solution by repurposing agricultural waste. Additionally, its high silica content enhances pozzolanic activity, contributing to long-term strength improvement. Future research should further investigate the long-term durability of RHA-based mortar and optimize processing techniques to enhance its performance and widespread application in sustainable construction.

Acknowledgment: This research was funded by the Scientific Research Project of Mien Tay Construction University, under project code [UD.24.03]. The authors sincerely appreciate the financial support provided, which enabled the successful completion of this study

REFERENCES

- [1] N. A. Madlool, R. Saidur, M. S. Hossain, and N. A. Rahim, "A critical review on energy use and savings in the cement industries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 4, pp. 2042–2060, May 2011, doi: 10.1016/j.rser.2011.01.005.
- [2] L. Proaño, A. T. Sarmiento, M. Figueredo, and M. Cobo, "Techno-economic evaluation of indirect carbonation for CO₂ emissions capture in cement industry: A system dynamics approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121457, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121457.
- [3] M. Amran *et al.*, "Global carbon recoverability experiences from the cement industry," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 17, p. e01439, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01439.

10.1016/j.cscm.2022.e01439.

[4] P. U. Nzeogwu, A. D. Omah, F. I. Ezema, E. I. Iwuoha, and A. C. Nwanya, "Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications," *Hybrid Adv.*, vol. 4, p. 100111, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.hybadv.2023.100111.

[5] R. A. Bakar, R. Yahya, and S. N. Gan, "Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk," *Procedia Chem.*, vol. 19, pp. 189–195, 2016, doi: 10.1016/j.proche.2016.03.092.

[6] K.-B. Park, S.-J. Kwon, and X.-Y. Wang, "Analysis of the effects of rice husk ash on the hydration of cementitious materials," *Constr. Build. Mater.*, vol. 105, pp. 196–205, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.12.086.

[7] M. Jamil, A. B. M. A. Kaish, S. N. Raman, and M. F. M. Zain, "Pozzolanic contribution of rice husk ash in cementitious system," *Constr. Build. Mater.*, vol. 47, pp. 588–593, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.05.088.

[8] M. Kordi, N. Farrokhi, M. I. Pech-Canul, and A. Ahmadikhah, "Rice Husk at a Glance: From Agro-Industrial to Modern Applications," *Rice Sci.*, vol. 31, no. 1, pp. 14–32, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.rsci.2023.08.005.

[9] A. Siddika, M. A. Al Mamun, R. Alyousef, and H. Mohammadhosseini, "State-of-the-art-review on rice husk ash: A supplementary cementitious material in concrete," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 33, no. 5, pp. 294–307, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jksues.2020.10.006.

[10] M. F. M. Zain, M. N. Islam, F. Mahmud, and M. Jamil, "Production of rice husk ash for use in concrete as a supplementary cementitious material," *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 2, pp. 798–805, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.07.003.

[11] M. Amran *et al.*, "Rice Husk Ash-Based Concrete Composites: A Critical Review of Their Properties and Applications," *Crystals*, vol. 11, no. 2, p. 168, Feb. 2021, doi: 10.3390/cryst11020168.

[12] TCVN 7572-2:2006, "Aggregates for concrete and mortar – Test methods - Part 2: Determination of partial size distribution," 2006, *Vietnam Institute for Building Science and Technology*.

[13] TCVN 6260:2020, "Blended portland cements," 2020, *Vietnam Institute for Building Science and Technology*.

[14] ASTM C595/C595M-20, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cements," 2020, *Am. Soc. Test. Mater.*

[15] TCVN 8827:2011, "Highly activity pozzolanic admixtures for concrete and mortar - Silicafume and rice husk ash," 2011, *Vietnam Institute for Building Science and Technology*.

[16] ASTM C618-19, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete," 2019, *Am. Soc. Test. Mater.*

[17] TCVN 6016:2011, "Cement - Test methods - Determination of strength," 2011, *Vietnam Institute for Building Science and Technology*.

[18] TCVN 3121-11:2022, "Mortar for masonry - Test methods. Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortars," 2022, *Vietnam Institute for Building Science and Technology*.

Xác định nguyên nhân gây chậm trễ tiến độ trong xây dựng nhà máy công nghiệp: Nghiên cứu trường hợp tại Bình Dương, Việt Nam

Identifying the causes of delay in industrial factory construction: A case study in Binh Duong, Vietnam

> THS NGUYỄN ĐỨC TUẤN¹, THS NGUYỄN KHẮC QUÂN^{2*}

¹Công ty TNHH Đào tạo quản lý xây dựng PMC; Email: pmctuanguyen@gmail.com

^{2*}GV Khoa xây dựng, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: quan.nk@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích các nguyên nhân gây chậm tiến độ thường gặp trong quá trình thi công nhà Xưởng tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam. Để xác định mức độ chậm trễ, nghiên cứu đã dùng phương pháp phân tích tiến độ dựa vào các công tác chính, tiến hành so sánh tiến độ theo kế hoạch với thực tế. Phương pháp phân tích cửa sổ để tìm rõ nguyên nhân chậm trễ với từng trường hợp gây ra sự chậm trễ chính. Kết quả số, dựa trên tình huống một dự án nhà xưởng, cho thấy các nguyên nhân chậm trễ chính như: giấy phép xây dựng, công tác cọc, công tác kết cấu, công tác hoàn thiện, công tác hệ thống cơ điện, và chứng nhận hoàn thành Phòng cháy chữa cháy (PCCC). Kết quả cũng cho thấy 04 nội dung dẫn đến sự chậm trễ thường xuyên của các nguyên nhân trên là thiếu công nhân (chậm trễ 52 ngày), thiếu hụt thiết bị (chậm trễ 47 ngày) và vật tư giao trễ từ nhà thầu (chậm trễ 128 ngày), và nhà thầu phụ chậm trễ trong quá trình thi công (chậm trễ 180 ngày). Tổng cộng, 04 nguyên nhân thường xuyên này đã khiến dự án bị trì hoãn tới 407 ngày. Nghiên cứu này cung cấp những kết quả giúp các nhà quản lý thi công xưởng tương tự có cơ sở điều chỉnh quy trình để giảm sự chậm trễ trong quá trình thi công.

Từ khóa: Chậm tiến độ; nguyên nhân chậm tiến độ; nhà xưởng; phân tích tiến độ; quá trình thi công.

ABSTRACT

This study analyzes the causes of delays that often occur during the construction of a factory in Binh Duong province, Vietnam. To determine the level of delay, the study used a progress analysis method based on the main tasks, comparing the planned progress with the actual progress. The window analysis method to find out the causes of delays for each case that causes the main delay is also presented. Numerical results, based on the situation of a factory project, show the main causes of delays such as: construction permits, pile work, structural work, finishing work, mechanical and electrical system work, and fire protection completion certificate. The results also show that 04 contents leading to frequent delays of the above causes are lack of workers (52 days of delay), lack of equipment (47 days of delay) and materials delivered late by the contractor (128 days of delay), and subcontractors late in the construction process (180 days of delay). In total, these four frequent causes delayed the project by 407 days. The study provides results that can assist managers of similar factory construction have a basis to adjust the process to reduce delays in the construction process.

Keywords: Construction delay; delay causes; factory; schedule analysis; construction process.

1. GIỚI THIỆU

Chậm tiến độ trong xây dựng là một vấn đề phổ biến và nghiêm trọng, đặc biệt trong các dự án công nghiệp như thi công nhà Xưởng tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam. Với tốc độ phát triển kinh tế và nhu cầu mở rộng cơ sở hạ tầng công nghiệp ngày càng tăng, tỉnh Bình Dương đã trở thành trung tâm thu hút nhiều dự án xây dựng nhà xưởng phục vụ các ngành sản xuất và xuất khẩu. Tuy nhiên, tình trạng chậm tiến độ không

chỉ ảnh hưởng đến uy tín của nhà thầu và chủ đầu tư mà còn gây tổn thất tài chính đáng kể và làm trì hoãn các kế hoạch sản xuất của doanh nghiệp. Có nhiều phương pháp tiếp cận để phân loại chậm trễ trong xây dựng dựa trên nguyên nhân gây ra. Các phương pháp này có thể chia thành các loại như chậm trễ không thể chấp nhận được, chậm trễ có thể chấp nhận nhưng không được bồi thường, và chậm trễ có thể chấp nhận và được bồi thường (Theodore Trauner, 2009).

Tại Việt Nam, Nguyễn Khắc Quân và Nguyễn Thị Song Tiên (2023) đã khảo sát 84 chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng nhà xưởng tại Việt Nam, xác định 57 yếu tố ảnh hưởng đến chậm tiến độ, trong đó 5 yếu tố chính là phối hợp kém giữa các bên, thiếu nhân công, yếu tố bất khả kháng, sai sót thiết kế và chậm duyệt hồ sơ [1]. Huỳnh Thị Yến Thảo và cộng sự (2023) phân tích 26 nguyên nhân gây chậm tiến độ thi công các dự án đầu tư xây dựng tại TP.HCM. Thông qua phương pháp định tính và định lượng, các nhân tố được phân nhóm thành 6 nhóm chính là nhân công, chủ đầu tư, nhà thầu, tư vấn, vật tư/thiết bị và yếu tố bên ngoài. Nhân tố nhân công và chủ đầu tư được xác định là có ảnh hưởng lớn nhất [2]. Bùi Việt Thi (2024) đã nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị tại Bình Dương, tập trung vào các nhóm nhân tố chính: chủ đầu tư, nhà thầu, đơn vị tư vấn, yếu tố pháp lý và ngoại vi. Kết quả cho thấy, năng lực của chủ đầu tư và nhà thầu đóng vai trò quan trọng, trong khi các yếu tố như thủ tục pháp lý phức tạp, thiếu thiết bị, nhân lực và sự phối hợp giữa các bên cũng là nguyên nhân chính dẫn đến chậm trễ tiến độ [3].

Các kỹ thuật tiếp cận sự chậm trễ này cũng đa dạng. Võ Minh Huy và Nguyễn Thanh Tâm (2017) đã phân tích kỹ thuật so sánh tiến độ kế hoạch và thực tế (As-Planned vs. As-Built), một phương pháp phổ biến để đánh giá chậm tiến độ bằng cách xác định sự khác biệt giữa thời gian dự kiến và thời gian hoàn thành thực tế. Kỹ thuật này dễ áp dụng và cung cấp cái nhìn tổng quan về mức độ chậm trễ [4]. Võ Minh Huy (2017) đã áp dụng kỹ thuật so sánh tiến độ kế hoạch và thực tế (As-Planned vs. As-Built) để đánh giá chậm tiến độ tại dự án luồng tàu biển vào sông Hậu. Phương pháp này được thực hiện bằng cách so sánh tiến độ theo kế hoạch ban đầu (40 ngày) với tiến độ thực tế (44 ngày), qua đó xác định sự chậm trễ 4 ngày. Kết quả cho thấy các nguyên nhân chính bao gồm lỗi của nhà thầu (2 ngày), lỗi của chủ đầu tư (1 ngày), và lỗi của bên thứ ba (1 ngày) [5].

Trên thế giới, việc nghiên cứu sự chậm trễ của dự án cũng được quan tâm nhiều. Assaf và Al-Hejji (2006) nghiên cứu các nguyên nhân gây chậm trễ trong các dự án xây dựng lớn tại Ả Rập Xê Út, phân loại thành 9 nhóm chính. Kỹ thuật so sánh tiến độ kế hoạch và thực tế được sử dụng để đánh giá mức độ chậm trễ, chỉ ra rằng "thay đổi thiết kế" là nguyên nhân phổ biến nhất. Họ nhấn mạnh vai trò của việc cải thiện phối hợp giữa các bên liên quan để giảm thiểu chậm trễ và tránh tranh chấp [6]. Braimah (2013) đã phân tích phương pháp so sánh tiến độ kế hoạch và thực tế (As-Planned vs. As-Built), cho thấy đây là một kỹ thuật đơn giản để xác định mức độ chậm trễ bằng cách so sánh ngày hoàn thành kế hoạch và thực tế [7].

Nguyen và Ibbes (2006) nhấn mạnh rằng việc phân tích chậm trễ mà không tính đến phân bổ tài nguyên có thể dẫn đến kết quả sai lệch. Một số chậm trễ có thể gây ra phân bổ tài nguyên không thực tế, làm gia tăng chậm trễ dự án. Nghiên cứu đề xuất phân tích cửa sổ tiến độ cải tiến, bao gồm yếu tố phân bổ tài nguyên, để đảm bảo kết quả đáng tin cậy hơn [8]. Prasad and Vasugi (2017) đã phân tích nguyên nhân chậm trễ trong các dự án xây dựng ở các nền kinh tế phát triển và đang phát triển. Nghiên cứu cho thấy các nguyên nhân chậm trễ thường khác nhau giữa các quốc gia, tập trung vào ba nhóm chính: chủ đầu tư, nhà thầu, và yếu tố ngoại vi [9]. Braimah (2013) đã đánh giá các kỹ thuật phân tích chậm trễ phổ biến trong ngành Xây dựng, bao gồm "As-Planned vs. As-Built", "Impacted As-Planned" và "Window Analysis". Nghiên cứu nhấn mạnh rằng mỗi kỹ thuật cung cấp kết quả khác nhau, phụ thuộc vào phương pháp áp dụng và yêu cầu phân tích [10]. Sušić (2024) nghiên cứu các nguyên nhân gây chậm trễ trong dự án xây dựng tại Bosnia và Herzegovina, thông qua phỏng vấn bán cấu trúc với các chuyên gia trong ngành. Kết quả chỉ ra các yếu tố chính gồm lập kế hoạch dự

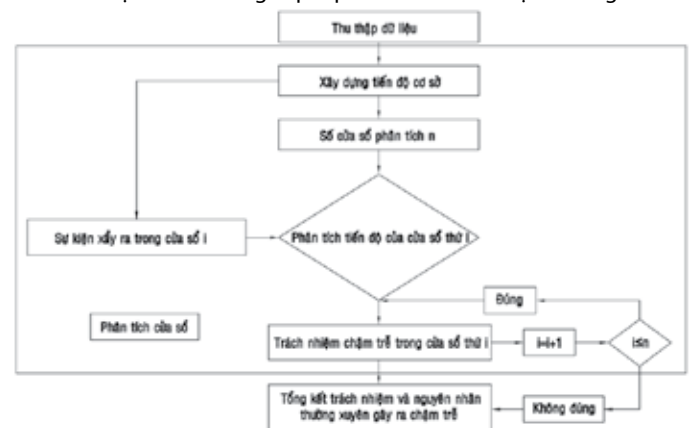
án không đầy đủ, hạn chế về tài chính, rào cản hành chính, thiếu giao tiếp hiệu quả và sự thiếu hụt lao động. Tác giả nhấn mạnh tầm quan trọng của quản lý rủi ro chủ động và cải thiện giao tiếp để giảm thiểu chậm trễ [11].

Việc xác định và phân tích các nguyên nhân gây chậm trễ là bước quan trọng để nâng cao hiệu quả quản lý và tối ưu hóa tiến độ thi công. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng chậm trễ thường xuất phát từ các vấn đề như sự thiếu hụt nhân lực, thiết bị, sự chậm trễ trong việc cung cấp vật tư, và những khó khăn liên quan đến các yếu tố pháp lý như giấy phép xây dựng. Tuy nhiên, đối với các dự án nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương, các nguyên nhân này cần được nghiên cứu trong bối cảnh cụ thể, với các yếu tố địa phương và đặc thù của từng dự án. Nghiên cứu này phân tích các nguyên nhân chính gây chậm tiến độ trong quá trình thi công nhà xưởng tại Bình Dương. Sử dụng phương pháp phân tích tiến độ dựa trên các công tác chính, nghiên cứu không chỉ so sánh tiến độ thực tế với kế hoạch mà còn áp dụng phương pháp phân tích cửa sổ để tìm hiểu các nguyên nhân thường xuyên dẫn đến sự chậm trễ dự án.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp phân tích cửa sổ (Window Analysis) được phát triển từ cuối những năm 1985 [12] và được sử dụng rộng rãi trong quản lý tiến độ xây dựng để phân tích nguyên nhân gây chậm trễ. Theo Trauner (2009) [13] và Holley (2012) [14], phương pháp này đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá tác động của sự chậm trễ lên tiến độ dự án. Được áp dụng phổ biến trong các dự án lớn, đặc biệt là các hợp đồng có yêu cầu cao về tiến độ, phương pháp này giúp xác định rõ nguyên nhân chậm trễ, quy trách nhiệm cụ thể cho từng bên, hỗ trợ thương thảo về gia hạn tiến độ hoặc bồi thường thiệt hại. Ngoài ra, nó còn nâng cao tính minh bạch và hiệu quả quản lý tiến độ, giúp nhà thầu và chủ đầu tư có cái nhìn tổng thể về tình trạng thực tế của dự án.

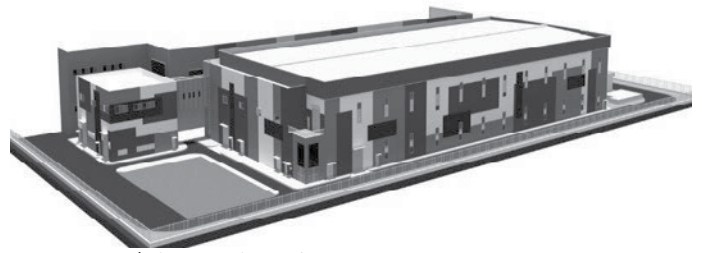
Phương pháp phân tích cửa sổ được áp dụng trong nghiên cứu này nhằm chia nhỏ tiến độ dự án theo từng giai đoạn thi công, cho phép đánh giá chi tiết tác động của từng sự kiện chậm trễ đến tiến độ tổng thể. Theo nguyên lý, phương pháp này không phân tích toàn bộ dự án một cách tổng quát mà tập trung vào từng khoảng thời gian cụ thể, so sánh tiến độ thực tế với kế hoạch để xác định mức độ sai lệch, nguyên nhân và trách nhiệm của các bên liên quan. Cách tiếp cận này giúp nâng cao độ chính xác trong phân tích chậm trễ và hỗ trợ đề xuất các giải pháp tối ưu hóa tiến độ thi công.



Hình 1. Quy trình nghiên cứu

Để phân tích các nguyên nhân chính gây chậm tiến độ trong quá trình thi công nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam, nghiên cứu đã triển khai một quy trình (hình 1) bao gồm 06 bước chính. Đầu tiên, dữ liệu dự án được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau bao

gồm thông tin từ chủ đầu tư, tư vấn, nhà thầu chính và nhà thầu phụ, với các nguồn dữ liệu chính là tiến độ theo hợp đồng, tiến độ điều chỉnh, kế hoạch sử dụng nhân lực, máy móc và thiết bị, tiến độ mua sắm, biện pháp thi công, cùng các báo cáo hàng ngày, báo cáo tháng, biên bản họp tuần và biên bản cuộc họp tháng. Tiếp theo, dựa trên các dữ liệu thu thập được, tiến độ cơ sở được xây dựng với sự hỗ trợ của phương pháp đường găng nhằm xác định rõ các công việc cần thực hiện, thời gian hoàn thành dự kiến và mối liên hệ giữa các hoạt động, từ đó làm nổi bật các công việc quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến thời hạn hoàn thành dự án. Sau đó, tiến độ thực tế được chia thành các khoảng thời gian (cửa sổ) để phân tích so sánh với tiến độ kế hoạch, giúp nhận diện chính xác các yếu tố ảnh hưởng trong từng giai đoạn. Trong mỗi cửa sổ phân tích, các công tác chậm trễ được đánh giá chi tiết, các nguyên nhân chính gây chậm trễ được phân loại để xác định mức độ tác động và làm rõ trách nhiệm của các bên liên quan. Trách nhiệm chậm trễ trong từng cửa sổ được quy định rõ cho các bên như chủ đầu tư, nhà thầu chính, tư vấn và các nhà thầu phụ dựa trên từng nguyên nhân cụ thể. Cuối cùng, sau khi hoàn thành phân tích tất cả các cửa sổ, trách nhiệm và nguyên nhân gây chậm trễ được tổng hợp nhằm đánh giá tác động toàn diện đến dự án, làm rõ vai trò của từng bên liên quan và xác định các nguyên nhân thường xuyên gây ra chậm trễ tiến độ dự án.

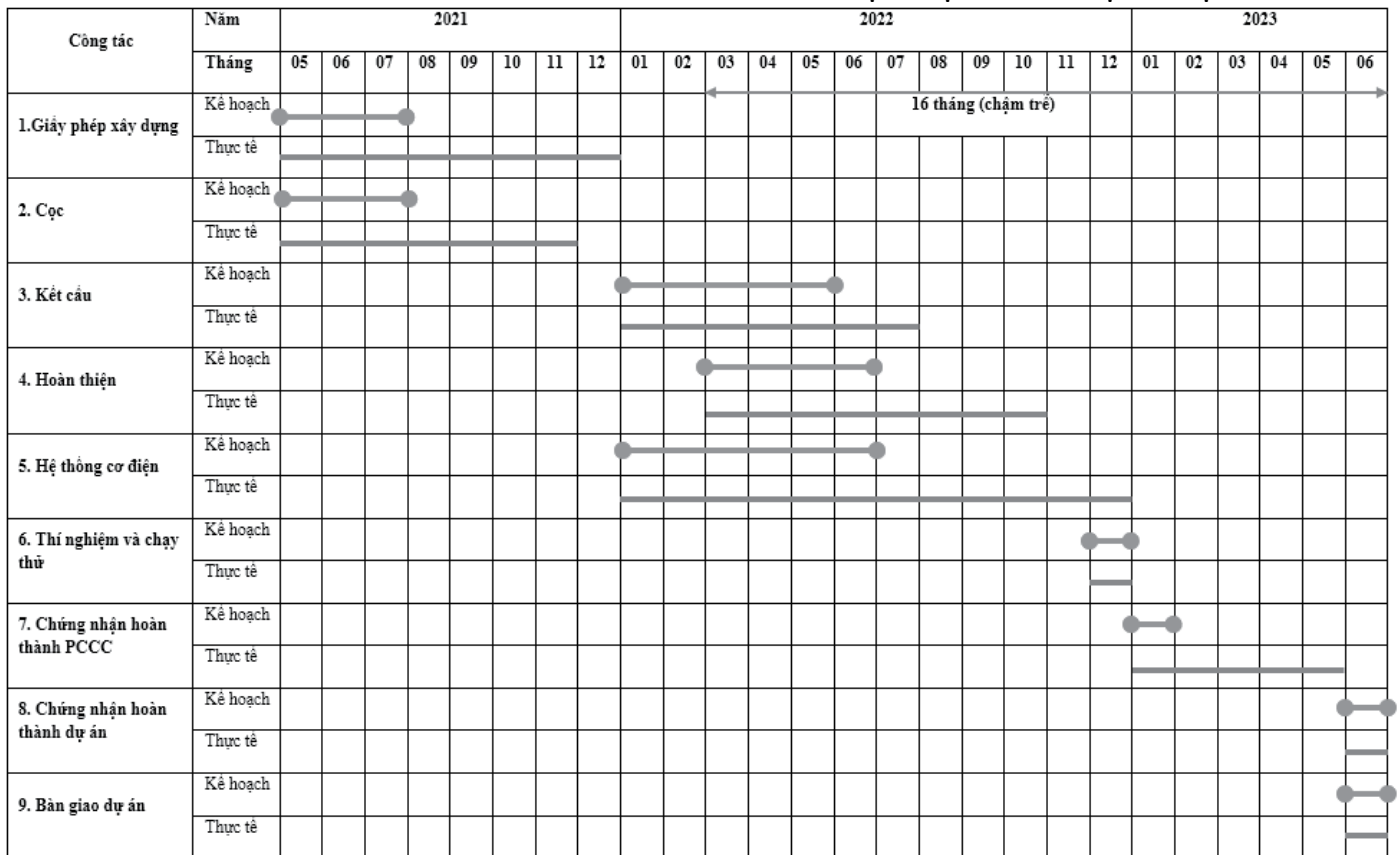


Hình 2. Phối cảnh nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương

Dự án nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam, là một dự án nằm tại Khu công nghiệp Việt Nam-Singapore II-A, với diện tích 7.328 m², bao gồm các hạng mục chính như nhà xưởng 2 tầng, trạm điện và hạ tầng xung quanh. Dự án được thực hiện theo phương thức Design-Bid-Build (Thiết kế - Đấu thầu - Thi công) với tổng chi phí khoảng 123 tỷ đồng. Kế hoạch, dự án dự kiến hoàn thành trong vòng 10 tháng, từ tháng 5/2021 đến tháng 2/2022. Tuy nhiên, theo các biên bản cuộc họp hàng tuần, nhật ký công trường, các văn bản trao đổi giữa các bên liên quan tại dự án thì sự chậm trễ tiến độ do nhiều yếu tố ảnh hưởng, bao gồm sự chậm trễ trong việc cấp phép xây dựng, tác động từ đại dịch COVID-19 và các vấn đề về nhân lực, thiết bị, vật liệu, dự án đã kéo dài và dự án hoàn thành vào tháng 6/2023, chậm hơn 16 tháng so với kế hoạch ban đầu.

3. KẾT QUẢ SỐ

3.1 Tiến độ của dự án theo kế hoạch và thực tế



Ghi chú: ●————● Kế hoạch ————— Thực tế

Hình 3. Tiến độ theo kế hoạch và theo thực tế của nhà xưởng

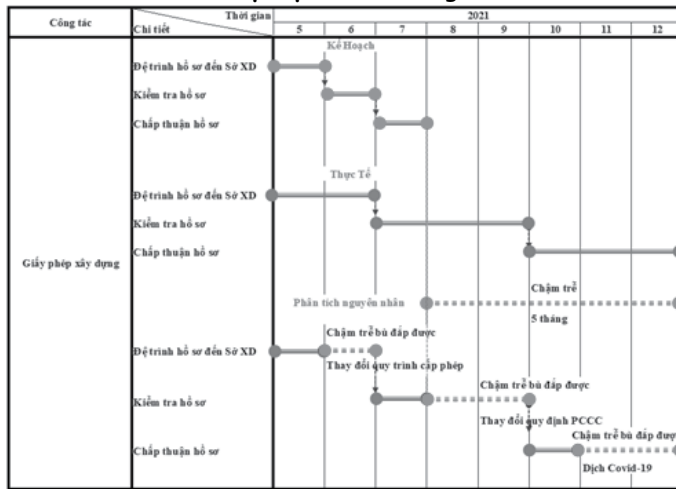
Hình 3 trình bày tiến độ thi công theo kế hoạch và thực tế của nhà xưởng. Công tác giấy phép dự kiến hoàn thành trong tháng 7/2021, tuy nhiên thực tế bị kéo dài đến tháng 12/2021, gây chậm

trễ ban đầu đáng kể. Công tác Cọc theo kế hoạch bắt đầu từ tháng 5/2021 và kết thúc vào tháng 7/2021, nhưng trên thực tế kéo dài đến tháng 11/2021. Công tác kết cấu được lên kế hoạch

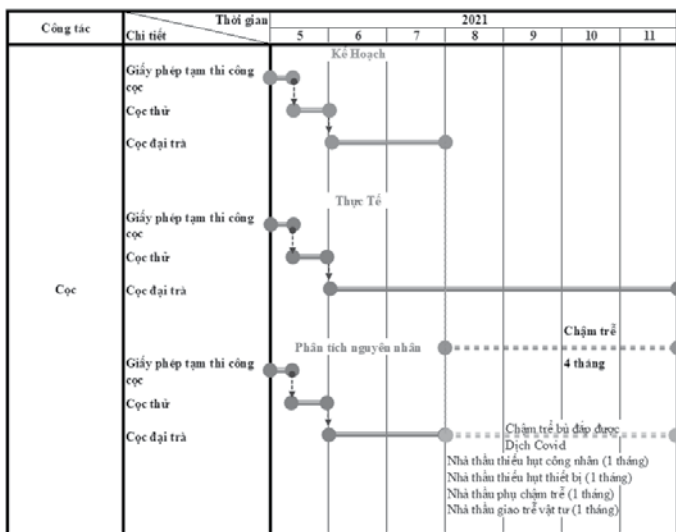
1/2022 đến tháng 5/2022, nhưng thực tế bị chậm và kéo dài đến tháng 7/2022.

Công tác hoàn thiện dự kiến từ tháng 3/2022 đến tháng 6/2022 nhưng thực tế kéo dài đến tháng 10/2022. Công tác hệ thống cơ điện lạnh bắt đầu theo kế hoạch từ tháng 1/2022 đến tháng 6/2022, nhưng thực tế phải kéo dài đến tháng 12/2022. Công tác chứng nhận hoàn thành PCCC dự kiến kết thúc vào tháng 1/2023, nhưng thực tế phải đến tháng 5/2023 mới hoàn thành. Như vậy, 6 công tác chủ yếu gây chậm tiến độ dự án, bao gồm giấy phép xây dựng, thi công cọc, kết cấu, hoàn thiện, hệ thống cơ điện lạnh và chứng nhận hoàn thành PCCC. Những chậm trễ này đã tác động đến tiến độ chung với tổng thời gian chậm trễ là 16 tháng.

3.2 Phân tích tiến độ chậm trễ của từng cửa sổ



Hình 4. Phân tích giấy phép xây dựng

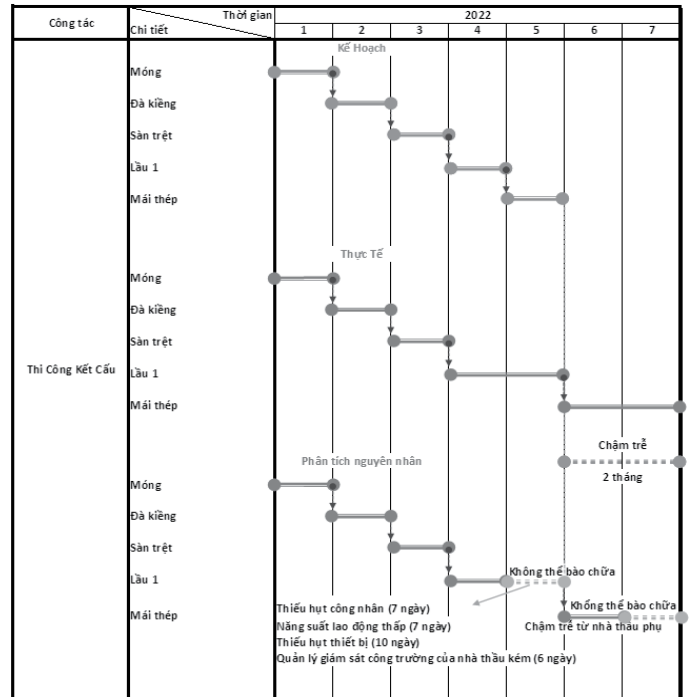


Hình 5. Phân tích công tác cọc

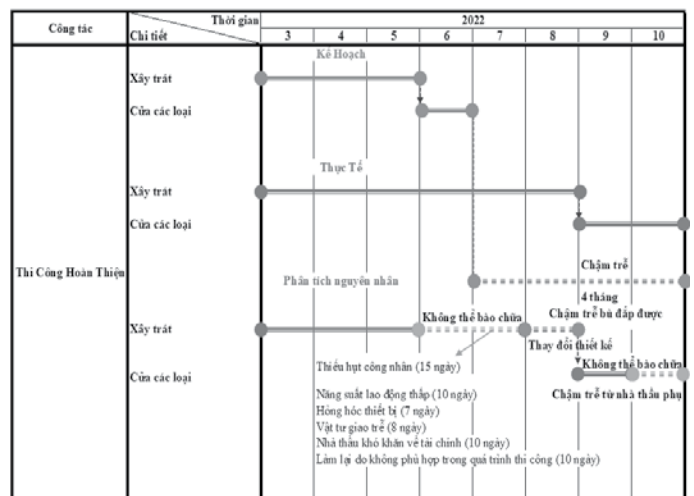
Hình 4 cho thấy quá trình cấp phép xây dựng tại tỉnh Bình Dương đã gặp chậm trễ đáng kể, kéo dài thêm 5 tháng so với kế hoạch ban đầu, ảnh hưởng nghiêm trọng đến tiến độ tổng thể của dự án. Các nguyên nhân chính được xác định bao gồm thay đổi quy trình cấp phép, cập nhật tiêu chuẩn an toàn PCCC và tác động từ đại dịch COVID-19. Những yếu tố này chủ yếu nằm ngoài tầm kiểm soát của các bên tham gia.

Cần chú vào sự phân tích chậm trễ tiến độ cửa sổ của công tác giấy phép xây dựng, tiến hành áp dụng tương tự phân tích cho các cửa sổ tiếp theo.

Phân tích chậm trễ tiến độ cửa sổ của công tác thi công cọc (Hình 5) cho thấy công tác thi công cọc trong dự án xây dựng tại tỉnh Bình Dương đã bị chậm tiến độ 4 tháng, nguyên nhân chủ yếu đến từ ảnh hưởng nghiêm trọng của đại dịch COVID-19. Các biện pháp giãn cách xã hội theo Chỉ thị 15 và 16 tại tỉnh Bình Dương dẫn đến thiếu hụt nhân lực, gián đoạn sản xuất và vận chuyển cọc, gây ảnh hưởng lớn đến tiến độ dự án. Dù một số biện pháp khắc phục như tăng cường phối hợp với nhà thầu phụ và tổ chức thi công tại chỗ đã được triển khai, mức độ chậm trễ vẫn để lại tác động đáng kể.

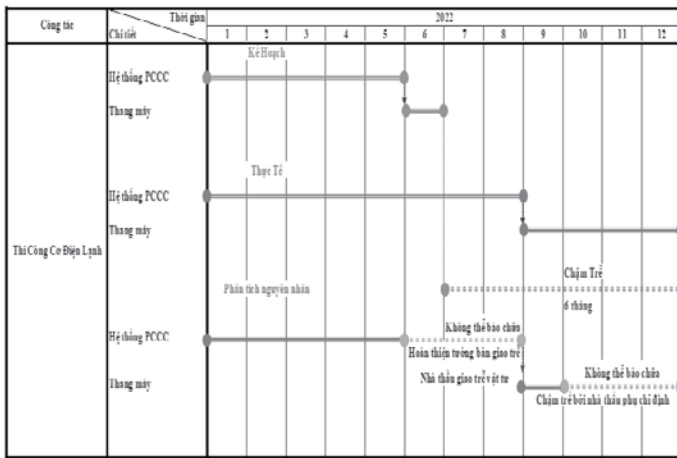


Hình 6. Phân tích công tác kết cấu

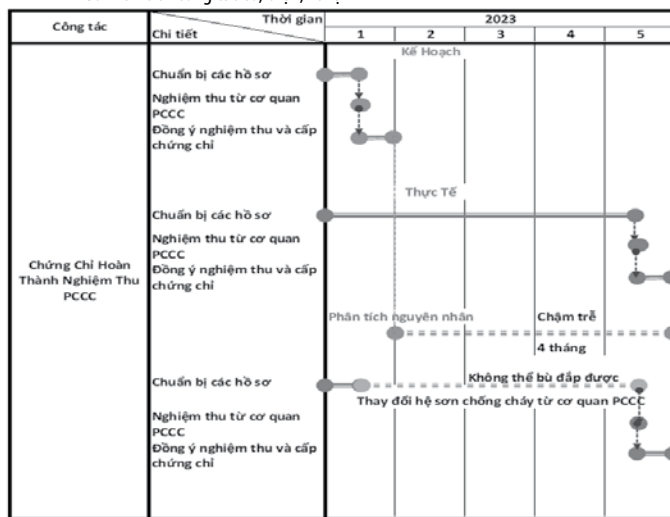


Hình 7. Phân tích công tác hoàn thiện

Phân tích chậm trễ tiến độ cửa sổ của công tác thi công kết cấu (Hình 6) đã xác định quá trình thi công kết cấu của dự án bị chậm trễ 2 tháng so với kế hoạch, xuất phát từ các nguyên nhân chính: thiếu hụt công nhân, năng suất lao động thấp, thiếu thiết bị và quản lý giám sát công trường kém của nhà thầu. Đặc biệt, sự chậm trễ từ các nhà thầu phụ đã làm trầm trọng thêm vấn đề. Những nguyên nhân này đều được xác định là không thể bảo chữa, nhà thầu chịu hoàn toàn trách nhiệm.



Hình 8. Phân tích công tác cơ, điện, và lạnh



Hình 9. Phân tích hoàn thành nghiệm thu PCCC

Phân tích chậm trễ tiến độ của sổ của công tác thi công hoàn thiện (Hình 7) làm rõ quá trình thi hoàn thiện của dự án bị chậm trễ 4 tháng so với kế hoạch, xuất phát từ các nguyên nhân chính: thiếu hụt công nhân, năng suất lao động thấp, hỏng hóc thiết bị, vật tư giao trễ, nhà thầu khó khăn về tài chính và quản lý giám sát công trường kém của nhà thầu dẫn đến làm lại do không phù hợp trong quá trình thi công. Ngoài ra, sự chậm trễ từ các nhà thầu phụ đã làm tiến độ kéo dài. Những nguyên nhân này đều được xác định là không thể bào chữa, nhà thầu chịu hoàn toàn trách nhiệm.

Phân tích chậm trễ tiến độ của sổ của công tác thi công hệ thống cơ, điện, và lạnh (Hình 8) cho thấy hạng mục cơ điện lạnh, bao gồm hệ thống PCCC và lắp đặt thang máy, bị chậm 6 tháng so với kế hoạch. Nguyên nhân chính là sự phối hợp kém giữa các bên, chậm trễ từ nhà thầu phụ chỉ định, cùng với việc nhà thầu bàn giao tường hoàn thiện không đúng tiến độ, ảnh hưởng đến thời gian lắp đặt. Các chậm trễ này được xác định là không thể bào chữa, thuộc trách nhiệm của nhà thầu chính và nhà thầu phụ.

Phân tích chậm trễ tiến độ của sổ của công tác giấy chứng nhận hoàn thành nghiệm thu PCCC (Hình 9) chứng tỏ quá trình chuẩn bị hồ sơ, nghiệm thu và cấp chứng chỉ hoàn thành nghiệm thu PCCC bị chậm 4 tháng so với kế hoạch. Nguyên nhân chính bao gồm thay đổi quy định về hệ sơn chống cháy từ cơ quan PCCC, dẫn đến việc bổ sung và điều chỉnh hồ sơ kỹ thuật. Chậm trễ này được đánh giá là không thể bù đắp, gây ảnh hưởng lớn đến tiến độ tổng thể của dự án.

3.3 Tổng kết

Chậm tiến độ trong các dự án xây dựng là một vấn đề phổ biến, gây ảnh hưởng đến hiệu quả tài chính, thời gian và chất lượng công trình. Đặc biệt, đối với các dự án nhà xưởng tại Bình Dương, các yếu tố gây chậm trễ thường liên quan đến nhiều nguyên nhân khác nhau, từ thủ tục hành chính đến khả năng thi công của nhà thầu.

Bảng dưới đây tổng kết các nguyên nhân thường xuyên dẫn đến chậm tiến độ trong quá trình thi công, đồng thời tổng kết thời gian chậm trễ của từng nguyên nhân thường xuyên đối với từng công tác thi công.

Bảng 1. Tổng kết những nguyên nhân thường xuyên dẫn đến chậm trễ dự án

STT	Nguyên nhân chính	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Chậm trễ thường xuyên (≥ 3√)
1	Thay đổi quy trình cấp phép	√	-	-	-	-	-	Không
2	Thay đổi quy định PCCC	√	-	-	-	-	√	Không
3	Dịch Covid-19	√	√	-	-	-	-	Không
4	Nhà thầu thiếu hụt công nhân	-	√	√	√	-	-	Có
5	Năng suất lao động thấp	-	-	√	√	-	-	Không
6	Nhà thầu thiếu hụt thiết bị	-	√	√	√	-	-	Có
7	Giám sát nhà thầu kém	-	-	√	√	-	-	Không
8	Nhà thầu phụ	-	√	√	√	√	-	Có
9	Vật tư giao trễ từ Nhà Thầu	-	√	-	√	√	-	Có
10	Nhà thầu khó khăn tài chính	-	-	-	√	-	-	Không
11	Thay đổi thiết kế	-	-	-	√	-	-	Không

Bảng 2. Tổng kết thời gian chậm trễ của các nguyên nhân thường xuyên

STT	Nguyên nhân thường xuyên	Thời gian chậm trễ (ngày)						Tổng
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	Nhà thầu thiếu hụt công nhân	-	30	7	15	-	-	52
2	Nhà thầu thiếu hụt thiết bị	-	30	10	7	-	-	47
3	Nhà thầu phụ	-	30	30	30	90	-	180
4	Vật tư giao trễ từ Nhà Thầu	-	30	-	8	90	-	128
Tổng thời gian chậm trễ (ngày)								407

Ghi chú: Giấy phép xây dựng (1), Công tác cọc (2), Công tác kết cấu (3), Công tác hoàn thiện (4), Công tác hệ thống cơ điện (5), và Công tác chứng nhận hoàn thành PCCC (6).

Bảng 1 tổng hợp các nguyên nhân chính dẫn đến chậm trễ dự án và đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố dựa trên số lượng dấu "√" trong các cột. Các nguyên nhân được coi là chậm trễ thường xuyên khi có từ 3 dấu "√" trở lên, bao gồm: Nhà thầu thiếu hụt công nhân (STT 4), nhà thầu thiếu hụt thiết bị (STT 6), vật tư giao trễ từ nhà thầu (STT 9), và nhà thầu phụ (STT 8).

Bảng 2 tổng hợp tổng thời gian chậm trễ do các nguyên nhân thường xuyên ảnh hưởng đến tiến độ thi công dự án. Trong đó, việc thiếu hụt công nhân từ phía nhà thầu đã gây chậm trễ tổng cộng 52 ngày, bao gồm 30 ngày ở công tác cọc, 07 ngày ở công tác kết cấu và 15 ngày ở công tác hoàn thiện. Tương tự, tình trạng thiếu hụt thiết bị cũng làm trì hoãn tiến độ thêm 47 ngày, với 30 ngày chậm ở công tác cọc, 10 ngày ở công tác kết cấu và 07 ngày ở công tác hoàn thiện. Bên cạnh đó, vấn đề liên quan đến nhà thầu phụ có tác động đáng kể, gây ra tổng cộng 180 ngày chậm trễ, trải dài trên nhiều công đoạn gồm 30 ngày ở công tác cọc, 30 ngày ở công tác kết cấu, 30 ngày ở công tác hoàn thiện và đến 90 ngày ở công tác hệ thống cơ điện. Ngoài ra, việc vật tư từ nhà thầu chính bị giao trễ cũng góp phần kéo dài thời gian thi công thêm 128 ngày, với 30 ngày ở công tác cọc, 8 ngày ở công tác hoàn thiện và 90 ngày ở công tác hệ thống cơ điện. Tổng cộng, 04 nguyên nhân chính này đã làm dự án chậm trễ đến 407 ngày, cho thấy mức độ ảnh hưởng nghiêm trọng của việc thiếu hụt nhân lực, thiết bị, sự phụ thuộc vào nhà thầu phụ và sự chậm trễ trong cung ứng vật tư đối với tiến độ chung của công trình.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích các nguyên nhân chính gây chậm tiến độ trong quá trình thi công nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương, tập trung vào 06 công tác chính: Giấy phép xây dựng, công tác cọc, kết cấu, hoàn thiện, hệ thống cơ điện lạnh và chứng nhận hoàn thành PCCC. Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp phân tích cửa sổ để tìm rõ nguyên nhân chậm trễ và trách nhiệm liên quan với từng trường hợp gây ra sự chậm trễ dự án. Sau đó, tổng hợp kết quả cho thấy các nguyên nhân thường xuyên chậm trễ của dự án bao gồm thiếu hụt công nhân (chậm trễ 52 ngày), thiếu hụt thiết bị (chậm trễ 47 ngày), vật tư giao trễ từ nhà thầu (chậm trễ 128 ngày) và chậm trễ của nhà thầu phụ (chậm trễ 180 ngày). Tổng cộng, 04 nguyên nhân thường xuyên này đã kéo dài thời gian hoàn thành dự án lên đến 407 ngày. Nghiên cứu để xuất những kết quả giúp các nhà quản lý thi công nhà xưởng tương tự có căn cứ để điều chỉnh quy trình, nhằm giảm thiểu sự chậm trễ trong quá trình xây dựng.

Mặc dù nghiên cứu đã đạt được những kết quả nhất định, nhưng vẫn tồn tại một số hạn chế, đặc biệt là khi phạm vi nghiên

cứ chỉ giới hạn trong một dự án nhà xưởng tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam. Do đó, các nghiên cứu trong tương lai sẽ mở rộng phạm vi địa lý, đa dạng hóa các loại hình dự án, đồng thời áp dụng các mô hình phân tích tiên tiến để tăng tính khái quát và độ tin cậy hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Khắc Quân và Nguyễn Thị Song Tiên. (2023). Những yếu tố ảnh hưởng đến trình trạng chậm tiến độ thi công nhà xưởng tại Việt Nam. *Tạp chí Xây dựng*, Số 4, tr. 79-82.
- [2] Huỳnh Thị Yến Thảo và cộng sự. (2023). Nghiên cứu các nguyên nhân chậm tiến độ thi công các dự án đầu tư xây dựng tại TP.HCM. *Tạp chí Xây dựng và Đô thị*, Số 8, tr. 45-50.
- [3] Bùi Việt Thi. (2024). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ dự án phát triển đô thị tại Bình Dương. *Tạp chí Quản lý Dự án Xây dựng*, Số 2, tr. 12-20.
- [4] Võ Minh Huy và Nguyễn Thanh Tâm. (2017). Phương pháp so sánh tiến độ kế hoạch và thực tế trong đánh giá chậm trễ. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Xây dựng*, Số 5, tr. 45-53.
- [5] Võ Minh Huy. (2017). Ứng dụng kỹ thuật As-Planned vs. As-Built tại dự án luồng tàu biển vào sông Hậu. *Tạp chí Giao thông vận tải*, Số 3, tr. 78-85.
- [6] Assaf, S.A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349-357.
- [7] Braimah, N. (2013). Construction delay analysis techniques-A review of application issues and improvement needs. *Buildings*, 3(3), 506-531.
- [8] Nguyen, L.D., & Ibbs, W. (2006). Delay analysis considering resource allocation. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Australasian Universities Building Educators Association (AUBEA)*.
- [9] Prasad, R., & Vasugi, V. (2017). Analysis of construction delay causes in developed and developing economies. *Journal of Construction Management*, 35(2), 15-22.
- [10] Braimah, N. (2013). Evaluation of common delay analysis techniques in construction. *Journal of Project Management*, 39(4), 312-325.
- [11] Sušić, T. (2024). Factors causing delays in construction projects in Bosnia and Herzegovina. *Journal of Faculty of Civil Engineering*, 45, 60-73.
- [12] Charnes, A., Clark, T., Cooper, W. W., & Golany, B. (1985). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, 2(1), 95-112.
- [13] Trauner, T. J., Manginelli, W. A., Lowe, J. S., Nagata, M. F., & Furniss, B. J. (2009). *Construction Delays: Understanding Them Clearly, Analyzing Them Correctly* (Elsevier), 25-60.
- [14] Holley (2012). Using a Windows Analysis to Evaluate Schedule Delays. *Window analysis Dams figure*.

Ảnh hưởng của cốt liệu tro bay kết hợp vụn cao su tới tính chất của vữa xi măng

Effect of fly ash combined crumb rubber aggregate on the properties of mortar

> NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY*, TRẦN THỨC TÀI, NGUYỄN HOÀNG HUYỀN TRẦN,
NGUYỄN NGỌC NGHYM, TRẦN CAO MINH

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở thành phố Hồ Chí Minh; *Email: thuy.ntbich@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung vào việc tạo ra cốt liệu gồm tro bay kết hợp với vụn cao su và ảnh của chúng tới tính chất của vữa xi măng. Cốt liệu nhân tạo là sản phẩm của sự kết hợp giữa xi măng, tro bay, vụn cao su, và nước với tỉ lệ 1 : 0.05 : 0.25 tại nhiệt độ 50°C trong khoảng thời gian 24 giờ. Cốt liệu nhân tạo thay thế cát theo tỉ lệ 0%, 10%, và 20% theo thể tích. Những tính chất của vữa xi măng được khảo sát khi sử dụng cốt liệu nhân tạo gồm độ chảy xê, cường độ chịu nén, khối lượng riêng, và tổng độ rỗng. Độ chảy xê của hỗn hợp vữa tăng lên khi tỉ lệ thay thế cát bằng cốt liệu cao su tăng theo. Cường độ chịu nén của vữa xi măng cũng được cải thiện đặc biệt là mẫu CS10 tại 91 ngày tuổi. Ngoài ra, kết quả của khối lượng riêng và tổng độ rỗng của mẫu vữa cũng làm sáng tỏ hơn ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới cường độ chịu nén của vữa xi măng. Dựa vào kết quả thu được, cốt liệu nhân tạo có sự kết hợp giữa tro bay, xi măng, và vụn cao su này có thể ứng dụng làm cốt liệu thay thế cát trong vữa xi măng tới tỉ lệ sử dụng là 20% theo thể tích.

Từ khóa: Cốt liệu nhân tạo; tro bay; vụn cao su; cường độ; độ rỗng.

ABSTRACT

The study focused on the production of fly ash and crumb rubber aggregates and their effects on the properties of cement mortar. The artificial aggregates were prepared by mixing cement, fly ash, crumb rubber, and water in the ratio of 1:0.05:0.25 at 50°C for 24 hours. The artificial aggregates replaced sand at 0%, 10%, and 20% by volume. The properties of cement mortars using artificial aggregates included flow, compressive strength, density, and total voids. The flow of the mortar mixture increased as the ratio of sand replacement by rubber aggregate increased. The compressive strength of the cement mortar was also enhanced, especially for CS10 mixture at 91 days of age. In addition, the results of the density and total voids of the mortar samples improved the influence of rubber aggregate on the compressive strength of cement mortar. Based on the results obtained, this artificial aggregate with the combination of fly ash, cement, and rubber crumb can be applied as an aggregate to replace sand in cement mortar up to the usage ratio of 20% by volume.

Keywords: Artificial aggregate; fly ash; rubber crumb; strength; porosity.

1. GIỚI THIỆU

Trong những thập kỷ gần đây, sự phát triển của ngành công nghiệp ô tô trên toàn thế giới và đồng thời việc sử dụng ô tô làm phương tiện chính ngày càng thúc đẩy sản xuất lốp xe trở nên đáng kể. Điều này đã tạo ra một lượng lớn lốp xe bỏ đi. Việc thải bỏ lốp cao su đã nổi lên như một vấn đề môi trường lớn ở các nước trên thế giới. Mỗi năm gần 1 tỷ lốp xe hết tuổi thọ và hơn 50% chúng bị bỏ mà không được xử lý. Con số này có thể lên tới 1,2 tỷ trong một năm vào năm 2030. Cao su là vật liệu khá bền vững, phải mất hàng trăm năm để phân hủy. Chúng ta không thể xử lý những lốp xe cũ này bằng cách đốt, chôn lấp, hay bỏ chúng đi được, vì điều này dẫn đến sự ô nhiễm môi trường và nó còn thải ra hóa chất vô cùng độc hại gây các bệnh chết người. Cao su là vật liệu ổn định trong môi trường kiềm nên cao su có khả năng tồn tại và bền vững trong môi trường bê tông. Có nhiều nghiên cứu đã sử dụng lốp xe băm nhỏ như cốt liệu để thay thế một phần cát, đá trong bê tông [1-4]. Đây có thể nói là một giải pháp hữu ích để xử lý những vấn đề nêu trên.

Mặt khác, một vấn đề nan giải gần đây của ngành Xây dựng chính là việc cát xây dựng lại dần trở nên khan hiếm. Do nhu cầu xây dựng tăng trong nhiều năm qua dẫn đến việc khai thác quá mức những nhiên liệu này. Việc khai thác cát gây ảnh hưởng dòng chảy và sạt lở bờ sông và một lúc nào đó chúng sẽ trở nên cạn kiệt. Sử dụng vật liệu thay thế cát, đá là hướng đi đã được nghiên cứu gần đây [5-8].

Trong nghiên cứu này, một loại cốt liệu nhân tạo bao gồm xi măng, tro bay, và vụn cao su được chế tạo nhằm thay thế một phần cát trong vữa. Vai trò được biết đến của tro bay là phụ gia thủy hoạt tính, đặc biệt là cải thiện được cường độ của vữa ở tuổi muộn [9-10]. Những nghiên cứu trước đây thường chỉ sử dụng tro bay và vụn cao su như hai vật liệu riêng biệt trong vữa hay bê tông. Tro bay thường được sử dụng làm phụ gia khoáng hoạt tính đóng vai trò làm chất kết dính trong bê tông. Ngoài ra, tro bay cũng được sử dụng như vật liệu lấp đầy trong một số nghiên cứu. Còn vụn cao su thường chỉ được sử dụng trực tiếp với vai trò như cốt liệu trong bê tông. Như

đã trình bày ở trên, vụn cao su có độ rỗng khá cao và lực liên kết giữa đá xi măng và vụn cao su không cao dẫn tới giảm cường độ của vữa hoặc bê tông [11-12]. Muốn cải thiện được cường độ của bê tông sử dụng vụn cao su cần có bước xử lý kỹ vụn cao su trong môi trường dung dịch kiềm trước khi sử dụng. Việc này cũng gây mất thời gian và tốn kém. Do đó, nghiên cứu này muốn kết hợp cả tro bay và vụn cao su như một cốt liệu nhân tạo để thay thế một phần cát trong vữa. Mục đích của nghiên cứu vừa giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường của lớp xe cao su, ô nhiễm môi trường của tro bay, sự thiếu hụt của cát tự nhiên, và hướng tới chế tạo vật liệu xanh và thân thiện với môi trường. Cốt liệu nhân tạo được dùng để thay thế 0%, 10%, và 20% theo thể tích của cốt liệu nhỏ trong vữa. Mặc dù độ chảy dẻo của vữa xi măng giảm nhẹ khi sử dụng cốt liệu nhân tạo nhưng cường độ chịu nén của vữa được cải thiện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ nguyên vật liệu

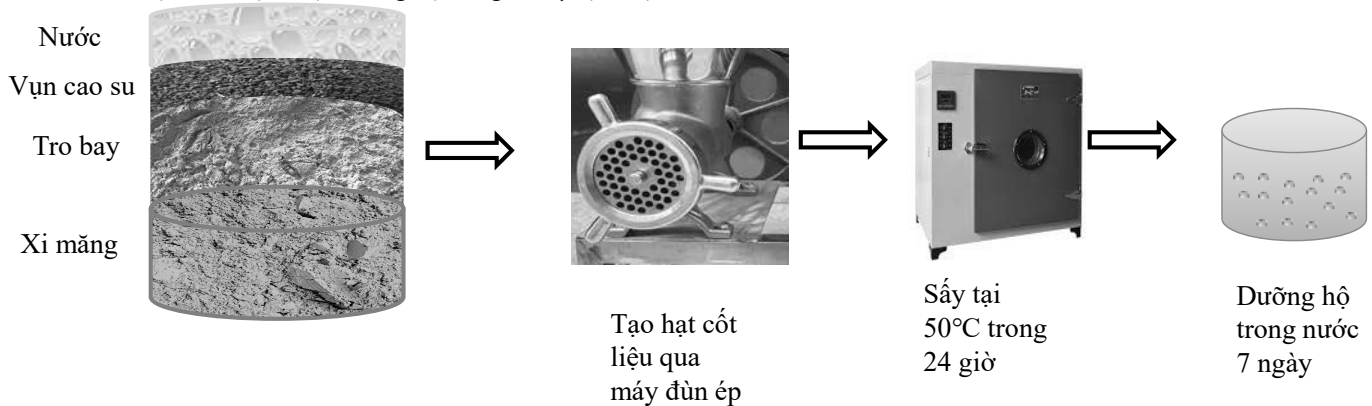
Trong nghiên cứu này, xi măng Portland hỗn hợp hỗn hợp PCB40 được sử dụng với vai trò là chất kết dính. Cốt liệu nhỏ bao gồm cát tự nhiên và cốt liệu cao su (CS). Trong đó, cốt liệu cao su được tạo thành từ hỗn hợp xi măng, tro bay loại F, vụn cao su được băm nhỏ từ lớp xe cao su, và nước với tỉ lệ 1 :1 :0,05 :0,25. Hỗn hợp được trộn đều và được tạo hình qua máy đùn với kích thước nhỏ hơn 5mm. Cốt liệu nhân tạo được dưỡng hộ trong tủ sấy tại nhiệt

độ 50°C trong 24 giờ, sau đó được ngâm vào nước 7 ngày trước khi được sử dụng trong vữa, xem mô tả tại Hình 2.1. Một số tính chất vật lý của hệ nguyên vật liệu được khảo sát như khối lượng riêng, độ hút nước bão hòa, module độ lớn được thể hiện ở Bảng 2.1. Khối lượng riêng của cốt liệu cao su nhỏ hơn cát tự nhiên và có độ hút nước bão hòa cao hơn. Như vậy, cốt liệu cao su có thể coi như là cốt liệu nhẹ. Giá trị module độ lớn của cát và cốt liệu nhân tạo lần lượt là 2,24 và 2,87.

Bảng 2.1. Tính chất vật lý của hệ nguyên vật liệu

STT	Tính chất vật lý	Xi măng	Tro bay	Cát	Cốt liệu cao su
1	Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,97	2,12	2,64	1,93
2	Độ hút nước bão hòa (%)	-	-	1,12	24,36
3	Mô đun độ lớn	-	-	2,24	2,87

Cốt liệu cao su được giữ tại nhiệt độ 50°C trong 24 giờ nhằm đẩy nhanh quá trình phát triển cường độ và cải thiện mối liên kết giữa đá xi măng và bề mặt cao su. Tiếp đó, cốt liệu cao su được ngâm vào nước trong 7 ngày giúp cốt liệu nhân tạo cải thiện thêm cường độ trước khi sử dụng trong vữa. Cát được thay thế bằng 0%, 10%, và 20% theo thể tích bằng cốt liệu cao su. Tỉ lệ của các nguyên vật liệu trong vữa được sử dụng trong nghiên cứu này thể hiện ở Bảng 2.2. Vữa xi măng trong nghiên cứu này được cố định tỉ lệ nước trên xi măng và tỉ lệ cốt liệu nhỏ trên xi măng lần lượt là 0,5 và 3 :1.



Hình 2.1. Quy trình chế tạo hạt cốt liệu cao su

Bảng 2.2. Tỉ lệ của hệ nguyên vật liệu trong vữa

Ký hiệu Mẫu	N/X	CLN/X	CS/CLN (% theo thể tích)
CS00			0%
CS10	0.5	3:1	10%
CS20			20%

Trong đó:

N/X: tỉ lệ nước trên xi măng

CLN/X: tỉ lệ cốt liệu nhỏ (cát và cốt liệu tro bay) trên xi măng

CS/CLN: tỉ lệ cốt liệu cao su trên cốt liệu nhỏ

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, độ chảy xòe và cường độ chịu nén, khối lượng riêng và tổng độ rỗng của vữa xi măng sử dụng cốt liệu cao su được khảo sát. Đầu tiên, độ chảy xòe của hỗn hợp vữa được kiểm tra theo tiêu chuẩn ASTM C1437 [13]. Ngay sau khi xác định độ chảy xòe, mẫu vữa tiếp tục quá trình tạo hình cho mẫu của thí nghiệm xác định cường độ chịu nén tuân theo tiêu chuẩn TCVN 6016: 2011 [14]. Kích thước mẫu thí nghiệm 5x5x5 cm. Sau 24 giờ, mẫu thí nghiệm được tháo ra và tiếp tục dưỡng hộ trong nước tới khi thực hiện thí nghiệm. Cường độ chịu uốn và chịu nén được xác định tại 7 ngày, 28 ngày, và 91 ngày tuổi.

Nhằm làm rõ hơn ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới cường độ chịu nén của vữa xi măng, khối lượng riêng và tổng độ rỗng của mẫu xi măng tại 28 ngày và 91 ngày được khảo sát tuân theo tiêu chuẩn ASTM C642 [15]. Mẫu vữa xi măng có kích thước 10x10x10 cm được sử dụng. Tại ngày thí nghiệm, mẫu vữa được vớt ra khỏi nước và sấy khô hoàn toàn tại 105°C được khối lượng mẫu khô hoàn toàn (A). Mẫu được ngâm tiếp trong nước ít nhất 48 tiếng, và đun sôi trong 5 giờ và làm nguội từ từ, sau đó lau khô bề mặt mẫu và cân mẫu trong không khí và cân trong nước lần lượt được giá trị C và D. Tổng độ rỗng của mẫu được tính theo công thức sau:

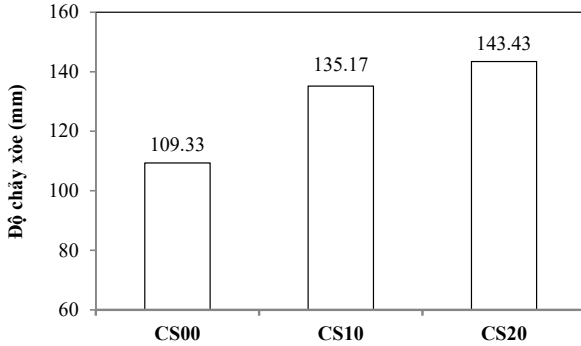
$$Tổng\ độ\ rỗng = \frac{C - A}{C - D} \times 100\%$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới độ chảy xòe của hỗn hợp vữa

Độ chảy xòe là đặc trưng kỹ thuật thể hiện tính công tác của hỗn hợp vữa xi măng. Ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới độ chảy xòe của hỗn hợp vữa xi măng được trình bày ở Hình 3.1. Cốt liệu cao su được sử dụng trong thí nghiệm ở trạng thái bão hòa khô bề mặt. Tuy nhiên, cường độ của cốt liệu tại 7 ngày tuổi chưa cao. Trong quá trình nhào trộn, có thể một phần cốt liệu đã bị vỡ dẫn tới việc giải thoát lượng nước nằm bên trong của cốt liệu cao su. Kết quả là độ

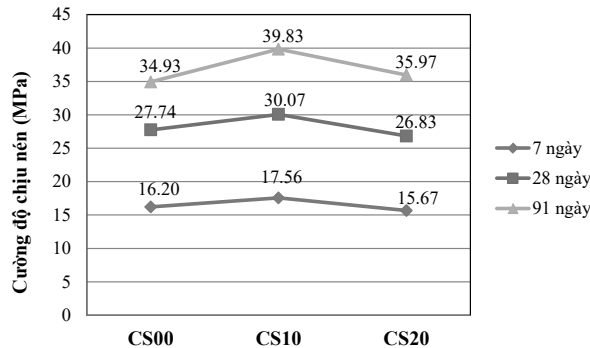
chảy xòe của hỗn hợp vữa tăng khi tỷ lệ cốt liệu cao su thay thế cát tăng lên. Mặc dù, bề mặt của cốt liệu cao su sần sùi hơn bề mặt của cát, nhưng ảnh hưởng này cũng chưa đủ lớn khi so sánh với lượng nước bị thoát ra từ trong cốt liệu cao su. Điều này mới chỉ được khảo sát trong trường hợp này. Sự ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới độ chảy xòe còn tùy thuộc vào tuổi (cường độ) của cốt liệu và trạng thái độ ẩm của cốt liệu cao su. Những điều này sẽ được khảo sát ở những nghiên cứu sau.



Hình 3.1. Độ chảy xòe của hỗn hợp vữa

3.2. Ảnh hưởng của cốt liệu cao su đến cường độ chịu nén

Mẫu vữa sử dụng cốt liệu cao su thay thế cát theo tỉ lệ 0%, 10%, và 20% được khảo sát cường độ chịu nén tại 7 ngày, 28 ngày, và 91 ngày tuổi. Hình 3.2 thể hiện ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu cao su tới cường độ chịu nén của vữa xi măng. Tại cả 7 ngày, 28 ngày, và 91 ngày tuổi, cường độ chịu nén của vữa xi măng được cải thiện khi sử dụng 10% cốt liệu cao su, xem mẫu CS10. Trong trường hợp mẫu CS20 với 20% cốt liệu cao su, cường độ chịu nén tại 7 ngày và 28 ngày hơi thấp hơn so với mẫu đối chứng. Tuy nhiên, tại 91 ngày tuổi, cường độ chịu nén của mẫu CS20 đạt 35,97MPa cao hơn cường độ của mẫu đối chứng là 34,93MPa. Cốt liệu cao su này gồm nền chất kết dính gồm xi măng và tro bay. Theo thời gian và điều kiện dưỡng hộ, tro bay có phát huy vai trò là phụ gia khoáng hoạt tính và phản ứng pozzolanic, đặc biệt ở tuổi muộn nên cũng góp vai trò cải thiện cường độ chịu nén của mẫu vữa. Mặt khác, bề mặt của cốt liệu cao su cũng sần sùi, nó tăng lực bám dính giữa đá xi măng và cốt liệu nhân tạo. Kết quả là cường độ chịu nén của vữa xi măng khi sử dụng cốt liệu cao su được cải thiện. Riêng trường hợp của mẫu CS20, lượng cốt liệu cao su được sử dụng là 20%, nó cũng làm tăng hàm lượng vụn cao su trong vữa dẫn tới giảm cường độ chịu nén. Ngoài ra, phản ứng pozzolanic của tro bay chưa thể hiện rõ nên cường độ chịu nén của mẫu CS20 tại 7 ngày và 28 ngày tuổi hơi thấp so với mẫu đối chứng, ví dụ tại 28 ngày tuổi, độ giảm cường độ so với mẫu đối chứng chỉ là 3,27%.

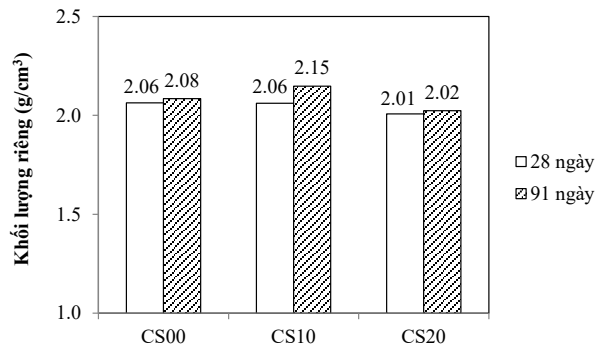


Hình 3.2. Cường độ chịu nén của vữa xi măng

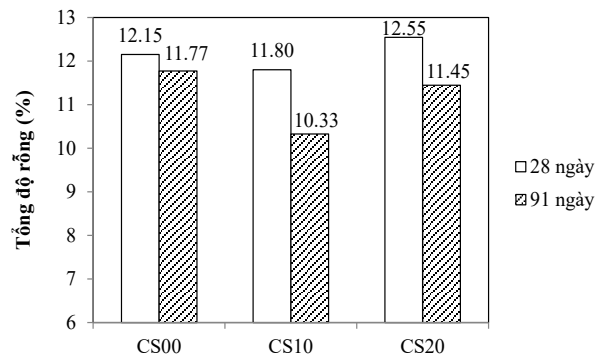
3.3 Ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới khối lượng riêng và tổng độ rỗng của mẫu vữa

Một trong những yếu tố ảnh hưởng chính tới cường độ chịu nén của vữa đó chính là đặc điểm cấu trúc của vữa, cụ thể là độ rỗng hay độ đặc của vữa. Nghiên cứu này xác định tổng độ rỗng và khối lượng riêng của mẫu xi măng tại 28 ngày và 91 ngày tuổi nhằm làm rõ hơn ảnh hưởng của cốt liệu cao su trong vữa. Giá trị khối lượng riêng của 3 nhóm mẫu vữa được thể hiện tại Hình 3.3. Kết quả cho thấy, tại 28 ngày tuổi, khối lượng riêng của các nhóm mẫu không quá khác nhau, riêng có mẫu CS20 có giá trị là 2,01 g/cm³. Nó hơi thấp hơn so với giá trị khối lượng riêng của mẫu đối chứng và mẫu CS10 với giá trị đạt 2,06 g/cm³. Nguyên nhân là do bản chất vụn cao su có tỉ lệ lỗ rỗng khá cao, mẫu CS20 với hàm lượng cao su cao hơn nên dẫn tới giá trị khối lượng riêng nhỏ hơn. Tuy nhiên, tại 91 ngày tuổi, giá trị khối lượng riêng của ba mẫu vữa đã có phân biệt rõ ràng. Mẫu CS10 có giá trị khối lượng riêng lớn nhất đạt 2,15 g/cm³, tiếp theo là mẫu đối chứng với 2,08 g/cm³, và cuối cùng là mẫu CS20 với giá trị khối lượng riêng đạt 2,02 g/cm³. Giá trị khối lượng riêng của vữa tại 91 ngày cao hơn mẫu tại 28 ngày do cấu trúc vữa xi măng đặc chắc hơn.

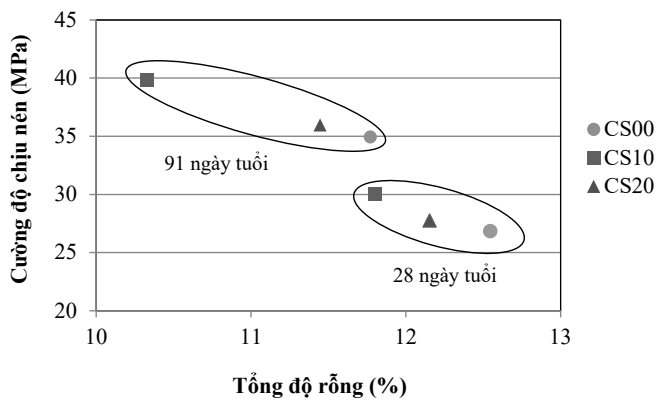
Giá trị tổng độ rỗng của ba nhóm mẫu thí nghiệm được thể hiện ở Hình 3.4. Tại 28 ngày tuổi, tổng độ rỗng giữa ba nhóm mẫu không có sự chênh lệch quá nhiều. Tuy nhiên, giá trị tổng độ rỗng tại 91 ngày tuổi của ba nhóm mẫu là có sự khác biệt đáng kể. Mẫu CS10 có độ rỗng thấp nhất là 10,33% nguyên nhân là tại 91 ngày tuổi thì phản ứng pozzolanic của tro bay đã đạt tới hiệu suất cao cùng lượng lớn sản phẩm thủy hóa C-S-H. Điều này dẫn tới cấu trúc hạt cốt liệu cao su đặc chắc hơn và phản tiếp xúc giữa đá xi măng và cốt liệu cao su cũng được cải thiện, xem mô phỏng tại Hình 3.6. Tương tự mẫu SC20, giá trị tổng độ rỗng cũng giảm chỉ còn 11,45% và nhỏ hơn mẫu đối chứng với 11,77%. Tuy nhiên, mẫu SC20 có hàm lượng cao su cao hơn nên phân nào khiến tổng độ rỗng của mẫu CS20 lớn hơn mẫu CS10. Mẫu xi măng có cấu trúc càng đặc chắc thì cường độ chịu nén của mẫu càng lớn và ngược lại. Mối quan hệ giữa tổng độ rỗng và cường độ chịu nén của 3 mẫu vữa tại 28 ngày và 91 ngày tuổi tuân theo tỉ lệ nghịch, đúng theo quy luật này, được thể hiện rất rõ trên Hình 3.5.



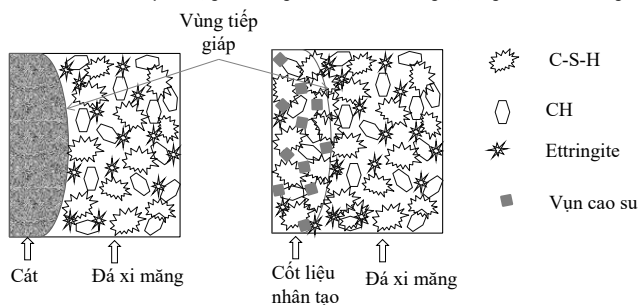
Hình 3.3. Khối lượng riêng của mẫu vữa xi măng



Hình 3.4. Tổng độ rỗng của mẫu vữa xi măng



Hình 3.5. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và tổng độ rỗng của vữa xi măng



Hình 3.6. Mô phỏng cấu trúc vữa xi măng

4. KẾT LUẬN

Sau khi cốt liệu cao su được chế tạo từ hỗn hợp xi măng, tro bay, vụn cao su, và nước theo đúng tỉ lệ cấp phối và quy trình dưỡng hộ. Cốt liệu cao su đã thay thế cát trong vữa xi măng theo tỉ lệ 0%, 10%, và 20% theo thể tích đã thu được những kết quả sau đây:

- Độ chảy xòe của hỗn hợp vữa tăng lên khi tỉ lệ sử dụng cốt liệu cao su gia tăng, nguyên nhân có thể do trong quá trình nhào trộn, lượng nước bên trong cốt liệu cao su được giải phóng một phần, dẫn tới hỗn hợp vữa lỏng hơn.

- Cường độ chịu nén của mẫu vữa CS10 với tỉ lệ thay thế cát là 10% cho cường độ cao hơn mẫu đối chứng tại cả 28 ngày tuổi và 91 ngày tuổi. Trong khi đó, mẫu CS20 với tỉ lệ thay thế cát là 20%, cường độ chịu nén tại 7 ngày và 28 ngày tuổi hơi thấp so với mẫu đối chứng, ví dụ tại 28 ngày tuổi, độ giảm cường độ so với mẫu đối chứng chỉ là 3,27%. Tuy nhiên, cường độ tại tuổi muộn 91 ngày thì cường độ của mẫu CS20 vẫn cao hơn mẫu đối chứng.

- Cường độ chịu nén của vữa xi măng tại tuổi muộn đều được cải thiện khi sử dụng cốt liệu cao su thay thế cát. Cơ chế để giải thích sự ảnh hưởng của cốt liệu cao su tới cường độ chịu nén của vữa chính là tác dụng của phản ứng pozzolannic của tro bay ở tuổi muộn. Nó đã làm bản thân cấu trúc hạt cốt liệu nhân tạo đặc chắc hơn và cải thiện lực liên kết giữa bề mặt hạt cốt liệu với lớp đá xi măng bao quanh khiến cấu trúc vữa đặc chắc hơn. Điều này đã được thể hiện rõ qua kết quả tổng độ rỗng của cấu trúc vữa. Khi tổng độ rỗng của mẫu càng giảm thì cường độ càng tăng.

Dựa vào kết quả thu được, cốt liệu cao su này hoàn toàn có thể sử dụng để thay thế một phần cát trong vữa xi măng hay trong bê tông. Nghiên cứu này mới dừng lại ở phần nghiên cứu những tính chất cơ bản của vữa xây dựng, để làm rõ thêm ảnh hưởng của cốt liệu cao su này tới độ bền như khả năng chống ăn mòn sun-phát, biến dạng do co ngót, khả năng chống ăn mòn

clo và một số tính chất cơ lý khác của vữa và bê tông, nhóm nghiên cứu sẽ tiếp khảo sát trong những nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn: Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Mở thành phố Hồ Chí Minh cho đề tài “Ảnh hưởng của cốt liệu nhân tạo gồm tro bay kết hợp vụn cao su tới độ bền của vữa xi măng” mã số E2024.02.2.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]Phương, P. N., và cộng sự (2021). Ảnh hưởng của cốt liệu cao su đến tính chất cơ lý của cấp phối đá dăm-cao su gia cố xi măng. *Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng*, 15(7V):68-78.
- [2]P N Phương, và cộng sự (2023). Cường độ, khả năng nứt do co ngót dẻo và tính thấm nước của bê tông xi măng mặt đường sử dụng cốt liệu xi thép và cao su. *Tạp chí khoa học công nghệ xây dựng*, 17(2V):153-165.
- [3]Albano, C., et al. (2005). Influence of scrap rubber addition to Portland I concrete composites: Destructive and non-destructive testing. *Composite Structures*, 71, 439-446.
- [4]A.Yilmaz và N.Degirmenci (2009). Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials. *Waste management*, 29, 1541-1546.
- [5]T.B.T. Nguyen, W. Saengsoy, and S. Tangtermsirikul (2019). Influence of bottom ashes with different water retainabilities on properties of expansive mortars and expansive concretes, *Engineering Journal* (23).
- [6]E. Sheikh, S.R. Mousavi, and I. Afshoon (2022). Producing green roller compacted concrete (RCC) using fine copper slag aggregates, *Journal of Cleaner Production* (368).
- [7]R. Altuki, et al. (2022). Increasing sustainable aggregate usage in concrete by quantifying the shape and gradation of manufactured sand, *Construction and Building Materials* (321).
- [8]M.H. Lai, et al. (2022). Effect of fillers on the mechanical properties and durability of steel slag concrete, *Construction and Building Materials* (335).
- [9]C.H. Huang, et al. (2013). Mix proportions and mechanical properties of concrete very high-volume of Class F fly ash, *Construction and Building Materials* (46), 71-78.
- [10]L.P. Sankar, et al. (2021). Studies on drying shrinkage ad water permeability of fine fly ash high performance concrete, *Material Today: Proceeding* (46), 930-933.
- [11]Güneyisi, E., Gesoğlu, M., & Özturan, T. (2004). Properties of rubberized concretes containing silica fume. *Cement and Concrete Research*, 34(12), 2309-2317.
- [12]Mohamed et al. (2012). Properties of crumb rubber hollow concrete block, *Journal of Cleaner Production*, 23, 57- 67.
- [13]ASTM C1437 (2004). *Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar*. Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [14]TCVN 3121-11 :2022, Vữa xây dựng - Phương pháp thử - Phần 11: Xác định cường độ uốn và nén của vữa đóng rắn (2022).
- [15]ASTM C642, Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA (2003).

Phân tích so sánh khả năng chịu cắt của dầm bê tông đặt cốt thép theo các tiêu chuẩn thiết kế

Comparative analysis of shear capacity of reinforced concrete beams according to design standards

> TS TRẦN TRUNG HIẾU

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép chịu sự chi phối của nhiều yếu tố. Hiện nay, các tiêu chuẩn thiết kế trên thế giới có nhiều cách tiếp cận khác nhau để tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép, bao gồm mô hình thanh chống - giằng (strut-and-tie model - STM), mô hình trường ứng suất nén (compression stress field theory - CSFT), mô hình bán thực nghiệm, v.v... Hầu hết các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép chỉ xem xét khả năng chịu cắt của bê tông và cốt đai, trong khi bỏ qua ảnh hưởng của một số yếu tố khác. Bài báo này trình bày tổng quan về một số mô hình tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo các tiêu chuẩn thiết kế khác nhau, bao gồm TCVN 5574:2018, ACI 318, CSA A23.3 và EN 1992-1-1:2004. Các mô hình này được kiểm chứng thông qua bộ dữ liệu thực nghiệm gồm 59 dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng tập trung, với tỷ số giữa nhịp cắt và chiều cao hiệu dụng của tiết diện (a/d) thay đổi trong khoảng 2.5 đến 4.0. Trong nghiên cứu, khả năng chịu cắt của bê tông và cốt đai theo từng tiêu chuẩn được đánh giá riêng biệt. Đồng thời, khả năng chịu cắt của bê tông được so sánh với kết quả tính toán theo lý thuyết vết nứt cắt tới hạn (Critical Shear Crack Theory - CSCT) đối với dầm bê tông không đặt cốt đai. Kết quả cho thấy, trong bốn tiêu chuẩn được xem xét, EN 1992-1-1:2004 cho kết quả an toàn nhất, trong khi TCVN 5574:2018 cho kết quả gần với thực nghiệm nhất. Ngoài ra, TCVN 5574:2018 đánh giá khả năng chịu lực của bê tông gần tương đồng với khả năng chịu lực của dầm bê tông không đặt cốt đai.

Từ khoá: Dầm; bê tông cốt thép; khả năng chịu cắt; tiêu chuẩn thiết kế.

ABSTRACT

The shear capacity of reinforced concrete beams is influenced by multiple factors. Currently, different design standards worldwide adopt various approaches to calculating the shear strength of reinforced concrete beams, including the strut-and-tie model (STM), compression stress field theory (CSFT), and semi-empirical models, among others. Most reinforced concrete design standards consider only the shear resistance provided by concrete and stirrups while neglecting the influence of other factors. This often results in overly conservative calculations. This paper provides an overview of several shear strength calculation models for reinforced concrete beams based on different design standards, including TCVN 5574:2018, ACI 318, CSA A23.3, and EN 1992-1-1:2004. These models are validated against an experimental dataset comprising 59 reinforced concrete beams subjected to concentrated loads, with the ratio of shear span to effective depth (a/d) ranging from 2.5 to 4.0. In this study, the shear contributions of concrete and stirrups are separately evaluated for each standard. Additionally, the concrete shear capacity is compared with the shear strength of corresponding beams without stirrups, calculated based on the Critical Shear Crack Theory (CSCT). The results indicate that among the four considered design standards, EN 1992-1-1:2004 provides the most conservative estimates, while TCVN 5574:2018 yields results closest to the experimental data. Moreover, TCVN 5574:2018 assesses the shear contribution of concrete similarly to the shear strength of corresponding beams without stirrups.

Keywords: Beam; reinforced concrete; shear strength; design standards

1. MỞ ĐẦU

Kết cấu bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực xây dựng nhờ vào những ưu điểm vượt trội của nó so với các vật liệu khác, điển hình như khả năng chịu lực cao, tuổi thọ cao, bền ăn mòn, khả năng chịu lửa, giá thành thấp do có khả năng sử dụng vật

liệu địa phương. Một trong những cấu kiện bê tông cốt thép được sử dụng phổ biến là cấu kiện chịu uốn, điển hình là dầm. Dưới tác dụng của tải trọng, dầm có thể bị phá hoại trên tiết diện thẳng góc hoặc tiết diện nghiêng. Với dạng phá hoại trên tiết diện thẳng góc do mômen uốn, khả năng chịu lực có thể dự báo chính xác dựa vào

các lý thuyết tính toán trong các tiêu chuẩn hiện hành được xây dựng dựa trên giả thiết “tiết diện phẳng”. Ngược lại, vấn đề dự báo khả năng chịu cắt của dầm tương đối phức tạp, điều này thể hiện qua lý thuyết tính toán trong các tiêu chuẩn hiện hành. Các tiêu chuẩn hiện nay sử dụng các lý thuyết tính toán khác nhau và vẫn chưa có một mô hình tính toán nào đánh giá đúng ứng xử cắt của dầm. Nguyên nhân của vấn đề này xuất phát từ ứng xử cắt phức tạp của dầm và bị chi phối nhiều yếu tố, từ đặc trưng của vật liệu đến sơ đồ gia tải. Chính vì vậy, nghiên cứu ứng xử cắt của cấu kiện bê tông cốt thép và hoàn thiện các lý thuyết tính toán vẫn là một mối quan tâm lớn đối với các nhà khoa học trong và ngoài nước [1].

Các nghiên cứu thực nghiệm ứng xử cắt của dầm bê tông cốt thép đã chỉ ra rằng, trong trường hợp tổng quát khả năng chịu cắt của dầm được quyết định bởi những yếu tố sau: cường độ của bê tông; hiệu ứng kích thước; tỉ lệ nhịp cắt (a) với chiều cao hiệu quả của tiết diện (d) - a/d ; cốt đai và cốt dọc [2]. Cường độ của bê tông đóng vai trò quan trọng đến ứng xử tổng thể của dầm. Trên tiết diện nghiêng, cường độ chịu kéo của bê tông có ảnh hưởng lớn hơn đến khả năng chịu lực của dầm so với cường độ chịu nén. Khi tăng kích thước tiết diện, đặc biệt là chiều cao hiệu quả của tiết diện, khả năng chịu cắt của dầm tăng. Bên cạnh đó, hiệu ứng kích thước tiết diện còn ảnh hưởng đến dạng phá hoại cắt. Tỉ số a/d ảnh hưởng đến sự phát triển vết nứt nghiêng trong các dầm có nhịp cắt bé, còn đối với các dầm có nhịp cắt lớn (tỉ số a/d lớn), ảnh hưởng của a/d giảm. Các nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng, khi tỉ số $a/d > 2.5$, nó không ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu cắt của dầm. Tuy nhiên, khi tỉ số $a/d < 2.5$, cường độ cắt của dầm tăng do hiệu ứng vòm [3]. Cốt dọc trong dầm cũng ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của dầm. Cụ thể, hàm lượng cốt dọc sẽ làm giảm chiều dài và bề rộng vết nứt thẳng góc, qua đó làm tăng hiệu ứng chốt cài và truyền cắt qua bề mặt vết nứt (dowel action and interface shear transfer), từ đó là tăng khả năng chịu cắt của dầm. Cốt đai trong dầm được sử dụng để tăng khả năng chịu cắt của dầm cũng như để thay đổi dạng phá hoại cắt trở nên dẻo hơn. Thường thì cốt đai sẽ phát huy vai trò sau khi các vết nứt nghiêng được hình thành.

Từ kết quả tổng quan ở trên có thể thấy, cường độ chịu cắt của dầm trên tiết diện nghiêng là một hàm phức tạp, chịu sự chi phối của nhiều yếu tố, và cho đến ngày nay vẫn chưa có một mô hình tính toán nào hoàn hảo. Bài báo này sẽ cung cấp một góc nhìn tổng quát về một số mô hình tính toán trong các tiêu chuẩn dựa trên các lý thuyết tính toán khác nhau.

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA MỘT SỐ TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

2.1. Tiêu chuẩn của Việt Nam - TCVN 5574:2018

TCVN 5574:2018 [4] được ban hành dựa trên tiêu chuẩn thiết kế của Liên bang Nga SP63.13330.2012 [5]. Trong tiêu chuẩn này, lý thuyết tính toán khả năng chịu cắt của dầm được xây dựng dựa trên lý thuyết “tiết diện kháng cắt yếu nhất”. Phương pháp tính toán này có xét đến ảnh hưởng cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của bê tông, cốt dọc chịu kéo, cốt đai và đặc điểm các vết nứt nghiêng. Các công thức cơ bản tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2018 được thể hiện trong Bảng 1. Cũng nhấn mạnh thêm rằng, nhiều nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra rằng, phương pháp tính toán khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng theo TCVN 5574:2018 còn tồn tại nhiều hạn chế [6, 7].

2.2. Tiêu chuẩn ACI 318-19 [8]

Lý thuyết tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo ACI 318-19 là công thức bán thực nghiệm. Khả năng chịu cắt của dầm bao gồm khả năng chịu cắt của bê tông ($V_{Rd,c}$) và cốt đai ($V_{Rd,s}$). Công thức xác định $V_{Rd,c}$ là công thức thực nghiệm dựa trên bộ

dữ liệu nghiên cứu thực nghiệm, trong khi đó $V_{Rd,s}$ được xác định dựa trên mô hình giàn ảo. Các công thức xác định khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo ACI 318 được thể hiện trong Bảng 1.

2.3 Tiêu chuẩn CSA A23.3 (2004) [9]

Tiêu chuẩn CSA cung cấp phương pháp tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép dựa trên lý thuyết trường ứng suất nén sửa đổi (Modified Compression Field Theory). Phương pháp tính toán này có kể đến ảnh hưởng của vết nứt đến sự phana bố ứng suất trong bê tông; tính tương thích biến dạng giữa bê tông và cốt thép cũng như kể đến thanh chống xiên có góc thay đổi (Variable-angle compression struts).

2.4. Tiêu chuẩn Eurocode 2 (EN1992-1-1:2004) [10]

Công thức xác định khả năng chịu cắt theo EN1992-1-1:2004 được xây dựng dựa trên mô hình thanh chống-giàn (strut-and-tie model) với góc nghiêng thay đổi (Variable Strut Inclination), trong đó góc nghiêng của thanh chống bê tông θ thay đổi từ 22° đến 45°. Theo đó, khả năng chịu cắt của dầm gồm 2 phần: phần do thanh chống xiên bê tông tiếp nhận và phần do cốt đai. Chi tiết công thức tính khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo EN1992-1-1:2004 được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Công thức xác định khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo một số tiêu chuẩn thiết kế

Khả năng chịu lực theo bê tông	Khả năng chịu lực theo cốt đai
TCVN 5574:2018 [4] - $Q_u = Q_b + Q_{sw}$	
$0.5R_{bt}bh_0 \leq Q_b = \frac{\varphi_{b2}R_{bt}bh_0^2}{C} \leq 2.5R_{bt}bh_0$ $h_0 \leq C \leq 2h_0$	$Q_{sw} = \varphi_{sw}q_{sw}C$ $q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} \geq 2.5R_{bt}b$
ACI 318-19 [8] - $V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s}$	
$V_{Rd,c} = \frac{\sqrt{f_c}bd}{6}$	$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}f_{yw}d}{s}$
CSA A23.3 (2004) [9] - $V_u = V_{u,c} + V_{u,s}$	
$V_{u,c} = \beta\sqrt{f_c}b_wd$ $\beta = 0.18$	$V_{u,c} = \frac{A_{sw}f_{yw}d \cot(\theta)}{s}$
Eurocode 2 (EN1992-1-1:2004) [10] - $V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	
$V_{Rd,max} = \frac{a_{cw}b_wzV_1f_c}{\cot\theta + \tan\theta}$ $v_1 = 0.6\left(1 - \frac{f_c}{250}\right);$ $1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ $z \approx 0.9d$ a_{cw} là hệ số phụ thuộc vào lực dọc (ứng suất trước) tác dụng lên tiết diện, $a_{cw} = \min(1.25; 1 + v_d; 2.5(1 - v_d))$ $v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_c}$ $\theta = 29^\circ + 7000\varepsilon_x$ $\varepsilon_x = \frac{M_f / d_v + V_f}{2E_s A_s}$	$V_{Rd,s} = A_{sw} \frac{z \cot\theta}{s} f_{yw}$

Ghi chú: $\phi_{sw} = 0.75$ - hệ số, kể đến sự suy giảm nội lực dọc theo chiều dài hình chiếu của tiết diện nghiêng C; $\phi_{b2} = 1.5$ - hệ số, kể đến ảnh hưởng của cốt thép dọc, lực bám dính và đặc điểm trạng thái ứng suất của bê tông nằm phía trên vết nứt xiên; h_0 hoặc d - chiều cao hiệu quả của tiết diện; b hoặc b_w - bề rộng của dầm; R_{bt} - cường độ chịu kéo của bê tông (theo TCVN); f'_c - cường độ chịu nén của bê tông; q_{sw} - lực trong cốt thép ngang trên một đơn vị chiều dài cầu kiện; R_{sw} - cường độ chịu cắt của cốt đai; s - bước cốt đai; A_{sw} - tổng diện tích tiết diện ngang của một cốt đai; f_{yw} - giới hạn chảy của cốt đai; β - hệ số ứng suất kéo; θ - góc nghiêng của trường ứng suất nén; z - khoảng cách giữa điểm đặt tổng hợp lực trong bê tông vùng nén và trọng tâm cốt chịu kéo.

2.5. Khả năng chịu cắt của tiết diện không đặt cốt đai theo lý thuyết vết nứt cắt tới hạn (Critical shear crack theory - CSCT) [11]

Để đánh giá khả năng chịu cắt của tiết diện bê tông không đặt cốt đai, một trong những phương pháp được đánh giá cao là phương pháp lý thuyết vết nứt cắt tới hạn. Phương pháp này dựa trên sự mở rộng vết nứt tới hạn trên tiết diện nghiêng [11, 12]. Phương pháp này kể đến ảnh hưởng của bề rộng vết nứt tới hạn, kích thước cốt liệu và cường độ chịu nén của bê tông. Theo đó, cường độ chịu cắt trong trường hợp cấu kiện không đặt cốt đai được xác định theo công thức:

$$\frac{V_R}{bd\sqrt{f'_c}} = \frac{1}{6} \frac{2}{1 + 120 \frac{\varepsilon d}{16 + d_g}} \quad (\text{Đơn vị: MPa, mm}) \quad (1)$$

Bảng 2. Khả năng chịu lực lý thuyết của các dầm

Tên dầm	a/d	Thí nghiệm		ACI 318				CSA A23.3				TCVN 5574:2018				Eurocode 2				CSCT			Tỷ lệ đóng góp bê tông		
		$V_{u,exp}$ kN	$M_{u,exp}$ kNm	$V_{Rd,G}$ kN	$V_{Rd,sr}$ kN	V_{Rd} kN	Δ_{ACI}	$V_{u,G}$ kN	$V_{u,sr}$ kN	V_{u} kN	Δ_{CSA}	Q_{br} kN	Q_{sw} kN	Q_u kN	Δ_{TCVN}	$V_{Rd,max}$ kN	$V_{Rd,sr}$ kN	V_{Rd} kN	Δ_{EC2}	V_{Ri} kN	$\Delta_{0,ACI}$	$\Delta_{0,CSA}$	$\Delta_{0,TCVN}$		
NHW-4	3.92	94	73	36.7	41.7	78.4	0.83	44.3	56.2	100.6	1.07	58.6	43.7	102.3	1.09	250.7	92.8	92.8	0.99	59.4	0.62	0.75	0.99		
DB0.530M	2.88	265.9	707.7	228	110.9	338.9	1.27	275.4	119.3	394.7	1.48	249.8	174.6	424.4	1.60	1141.8	247	247	0.93	102.2	2.23	2.69	2.44		
DB140M	2.88	279.5	744	248.6	110.9	359.5	1.29	300.1	150.9	451	1.61	277.5	174.6	452.1	1.62	1330.3	247	247	0.88	189.4	1.31	1.58	1.47		
C-1	3.78	157.7	276.3	56.8	46.3	103.1	0.65	68.5	55	123.5	0.78	91.6	48.6	140.2	0.89	275.8	103.1	103.1	0.65	59.3	0.96	1.16	1.54		
H 100/2	2.95	226.6	235.1	95.7	64.1	159.7	0.7	115.5	77.7	193.2	0.85	105.9	100.9	206.7	0.91	643.8	142.7	142.7	0.63	117	0.82	0.99	0.91		
V	3.95	123.7	183.9	25.8	105.3	131.1	1.06	31.1	117.8	148.9	1.2	67.4	67.4	134.8	1.09	165	164.2	164.2	1.33	31.8	0.81	0.98	2.12		
1	3.1	344.3	574.9	144	124.5	268.5	0.78	173.8	174.3	348.1	1.01	234	130.7	364.7	1.06	758.5	277.2	277.2	0.81	203	0.71	0.86	1.15		
S1-1	2.5	229.6	166.7	83.2	62.6	145.9	0.64	100.5	84.9	185.4	0.81	91.2	98.7	189.9	0.83	520.8	139.5	139.5	0.61	134	0.62	0.75	0.68		
S1-2	2.5	209.7	152.1	83.2	62.6	145.9	0.7	100.5	86.9	187.4	0.89	91.2	98.7	189.9	0.91	520.8	139.5	139.5	0.67	136.7	0.61	0.74	0.67		
S1-3	2.5	207.4	150.5	83.2	62.6	145.9	0.7	100.5	87.2	187.7	0.9	91.2	98.7	189.9	0.92	520.8	139.5	139.5	0.67	137.2	0.61	0.73	0.66		
S1-4	2.5	279.3	202.9	83.2	62.6	145.9	0.52	100.5	80.1	180.6	0.65	91.2	98.7	189.9	0.68	520.8	139.5	139.5	0.5	129.7	0.64	0.77	0.7		
S1-5	2.5	254.6	184.9	83.2	62.6	145.9	0.57	100.5	82.4	182.9	0.72	91.2	98.7	189.9	0.75	520.8	139.5	139.5	0.55	132.7	0.63	0.76	0.69		
S1-6	2.5	225.3	163.6	83.2	62.6	145.9	0.65	100.5	85.3	185.8	0.82	91.2	98.7	189.9	0.84	520.8	139.5	139.5	0.62	136.2	0.61	0.74	0.67		
S2-1	2.5	261.4	190	88.9	41.8	130.7	0.5	107.3	54.5	161.8	0.62	98.5	65.8	164.3	0.63	575	93	93	0.36	141	0.63	0.76	0.7		
S2-2	2.5	233.8	169.7	88.9	50.1	139	0.59	107.3	67.6	174.9	0.75	98.5	78.9	177.4	0.76	575	111.6	111.6	0.48	144.5	0.62	0.74	0.68		
S2-3	2.5	254.6	184.9	88.9	62.6	151.5	0.6	107.3	82.4	189.7	0.75	98.5	98.7	197.2	0.77	575	139.5	139.5	0.55	142.5	0.62	0.75	0.69		
S2-4	2.5	220.6	160.2	88.9	62.6	151.5	0.69	107.3	85.8	193.1	0.88	98.5	98.7	197.2	0.89	575	139.5	139.5	0.63	146.7	0.61	0.73	0.67		
S3-1	2.49	210.5	154.8	87.2	47.1	134.3	0.64	105.2	55.7	161	0.76	96.5	74.2	170.7	0.81	553.7	104.9	105	0.5	125.6	0.69	0.84	0.77		
S3-2	2.49	179.3	131.7	87.2	47.1	134.3	0.75	105.2	59.1	164.4	0.92	96.5	74.2	170.7	0.95	553.7	104.9	105	0.59	131.4	0.66	0.8	0.73		
S3-3	2.49	229.8	166.9	86	46.5	132.5	0.58	103.8	63	166.8	0.73	95.2	73.2	168.4	0.73	546.2	103.5	103.5	0.45	142.5	0.6	0.73	0.67		
S3-4	2.49	176.1	127.7	86	46.5	132.5	0.75	103.8	67.2	171	0.97	95.2	73.2	168.4	0.96	546.2	103.5	103.5	0.59	148.7	0.58	0.7	0.64		
S3-5	2.51	297.9	213.6	84.2	45.5	129.7	0.44	101.7	62.1	163.8	0.55	93.3	71.7	164.9	0.55	535.1	101.4	101.4	0.34	145.4	0.58	0.7	0.64		
S3-6	2.51	284.2	203.7	84.2	45.5	129.7	0.46	101.7	62.9	164.6	0.58	93.3	71.7	164.9	0.58	535.1	101.4	101.4	0.36	146.6	0.57	0.69	0.64		
S4-1	2.48	356	460.2	175.1	112.4	287.5	0.81	211.3	162.2	373.5	1.05	189.9	177.1	367	1.03	1173.5	250.4	250.4	0.7	275	0.64	0.77	0.69		
S4-3	2.5	244.8	202	110.9	71.2	182.1	0.74	133.9	99.7	233.6	0.95	120.4	112.2	232.6	0.95	743.5	158.6	158.6	0.65	185.4	0.6	0.72	0.65		
S4-4	2.5	259.4	188.4	97.6	62.6	160.2	0.62	117.8	82	199.7	0.77	105.8	98.7	204.5	0.79	653.9	139.5	139.5	0.54	158.8	0.61	0.74	0.67		
S4-6	2.53	204	101.5	66.2	42.5	108.6	0.53	79.9	56.7	136.6	0.67	71.7	66.9	138.6	0.68	443.4	94.6	94.6	0.46	111.2	0.6	0.72	0.64		
S5-2	2.74	261.3	207.9	98.7	62.6	161.3	0.62	119.2	80	199.2	0.76	109.5	98.7	208.2	0.80	663.8	139.5	139.5	0.53	158.5	0.62	0.75	0.69		

trong đó: d_g - kích thước cực đại của cốt liệu; ε - biến dạng tại chiều cao tiết diện được xét, giá trị này được xác định dựa vào mô men uốn M trên tiết diện tới hạn theo công thức:

$$\varepsilon = \frac{M}{bd\rho E_s} \frac{0.6d - c}{d - c} \quad (2)$$

chiều cao vùng nén c trong trường hợp này được xác định.

$$c = d\rho \frac{E_s}{E_c} \left(\sqrt{1 + \frac{2E_c}{\rho E_s}} - 1 \right) \quad (3)$$

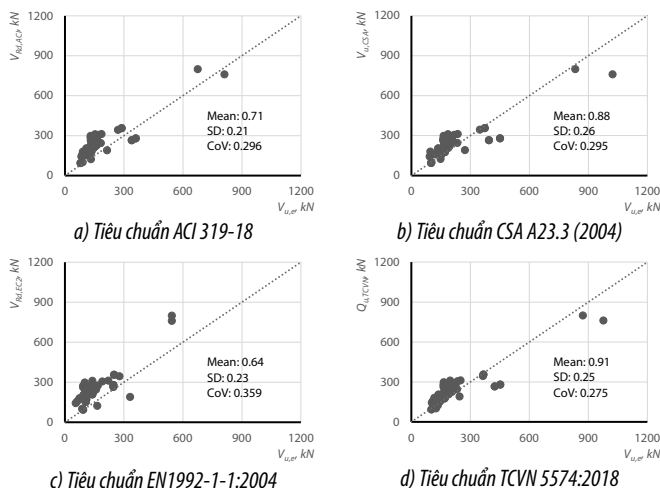
Mô đun đàn hồi của bê tông trong công thức (3) được xác định gần đúng: $E_c \approx 10000 f'_c^{1/3}$, MPa.

3. KIỂM CHỨNG CÁC MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ BÀN LUẬN

Để kiểm chứng các lý thuyết tính toán đã đề cập ở trên, tác giả sử dụng bộ 59 dữ liệu thí nghiệm dầm bê tông cốt thép chịu tác dụng của tải trọng tập trung từ cơ sở dữ liệu ACI-DAFStb Databases [13]. Các dầm thí nghiệm có tỉ số a/d thay đổi từ 2.5 đến 4.0. Các thông số chi tiết về các dầm thí nghiệm cùng với kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Phụ lục. Kết quả tính toán khả năng chịu lực của các dầm theo các lý thuyết trên được thể hiện trong Bảng 2. Các biểu đồ so sánh khả năng chịu lực giữa lý thuyết và thực nghiệm của các dầm được thể hiện trên Hình 1.

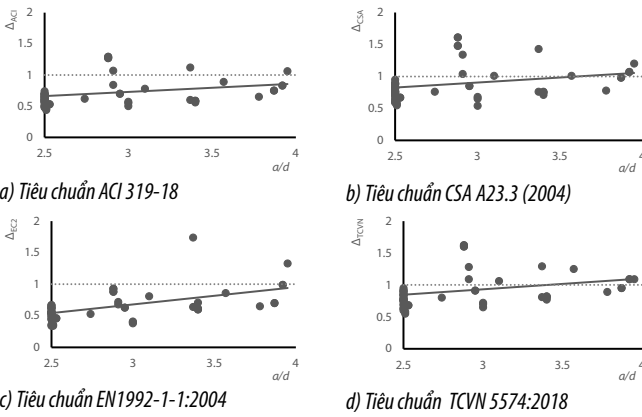
Tên dầm	a/d	Thí nghiệm		ACI 318				CSA A23.3				TCVN 5574:2018				Eurocode 2				CSCS			Tỷ lệ đóng góp bê tông					
		$V_{u,exp}$ kN	$M_{u,exp}$ kNm	$V_{Rd,cr}$ kN	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Rd} kN	Δ_{ACI}	$V_{u,G}$ kN	$V_{u,S}$ kN	V_{u} kN	Δ_{CSA}	Q_b kN	Q_{sw} kN	Q_u kN	Δ_{TCVN}	$V_{Rd,max}$ kN	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Rd} kN	Δ_{EC2}	V_R kN	$\Delta_{0,ACI}$	$\Delta_{0,CSA}$	$\Delta_{0,TCVN}$					
S7-4	3.4	274.6	258.6	86	74.5	160.5	0.58	103.8	102.3	206.1	0.75	145.9	78.3	224.1	0.82	559.9	166.1	166.1	0.6	153.2	0.56	0.68	0.95					
S7-5	3.4	305.4	287.7	86	85.2	171.2	0.56	103.8	113.6	217.4	0.71	145.9	89.4	235.3	0.77	559.9	189.8	189.8	0.62	151.5	0.57	0.69	0.96					
S7-6	3.4	311.8	293.5	86	99.4	185.4	0.59	103.8	131.7	235.5	0.76	145.9	104.4	250.2	0.80	559.9	221.4	221.4	0.71	151.3	0.57	0.69	0.96					
S8-1	2.5	273.4	198.6	90.2	41.8	131.9	0.48	108.9	53.7	162.6	0.59	98.5	65.8	164.3	0.60	586.6	93	93	0.34	149	0.61	0.73	0.66					
S8-2	2.5	252.3	183.2	90.2	50.1	140.3	0.56	108.9	66.1	175	0.69	98.5	78.9	177.4	0.70	586.6	111.6	111.6	0.44	151.3	0.6	0.72	0.65					
S8-3	2.5	310.8	226	90.2	62.6	152.8	0.49	108.9	77.2	186	0.6	98.5	98.7	197.2	0.63	586.6	139.5	139.5	0.45	146.1	0.62	0.75	0.67					
S8-4	2.5	267.1	194	90.2	62.6	152.8	0.57	108.9	81.2	190.1	0.71	98.5	98.7	197.2	0.74	586.6	139.5	139.5	0.52	150.4	0.6	0.72	0.65					
29g-2	3.87	152.8	264.6	66.8	47.7	114.6	0.75	80.5	69.7	150.3	0.98	95.5	50.1	145.6	0.95	248	106.3	106.3	0.7	114.4	0.58	0.7	0.83					
TS36	3	156.8	145	58.5	28.3	86.9	0.55	70.7	35.2	105.9	0.68	65.1	44.6	109.7	0.70	383.8	63.1	63.1	0.4	98.8	0.59	0.72	0.66					
TH39	3	143.8	132.9	57.7	24.8	82.5	0.57	69.7	23.7	93.4	0.65	65.1	39.1	104.1	0.72	376.6	55.2	55.3	0.38	83.8	0.69	0.83	0.78					
TS39	3	180.1	166.7	57.7	33.1	90.8	0.5	69.7	27.1	96.8	0.54	65.1	52.1	117.2	0.65	376.6	73.7	73.7	0.41	78.5	0.74	0.89	0.83					
V1	3.57	100.9	116.1	50.5	39.2	89.7	0.89	60.9	41.2	102.2	1.01	84.5	41.2	125.6	1.25	270.1	87.3	87.3	0.86	75.1	0.67	0.81	1.13					
7	2.91	799.1	1748.5	430.6	244.1	674.8	0.84	520.1	313.2	833.3	1.04	487.8	384.6	872.3	1.09	2803.2	543.8	543.8	0.68	618.7	0.7	0.84	0.79					
9	2.91	760.6	1663.2	566.5	244.1	810.7	1.07	684.2	338.5	1022.7	1.34	592.3	384.6	976.8	1.28	3851.8	543.8	543.8	0.72	879.2	0.64	0.78	0.67					
1.4/1	3.37	170.6	149.3	52.3	49.3	101.6	0.6	63.1	66.3	129.4	0.76	85.8	51.8	137.6	0.81	303.3	109.8	109.8	0.64	97.8	0.53	0.65	0.88					
1.7/1	3.37	190.5	166.7	53.6	159.7	213.3	1.12	64.8	207.7	272.5	1.43	122.6	122.6	245.2	1.29	332.4	331.4	331.4	1.74	99.5	0.54	0.65	1.23					
NHW-4	3.92	94	73	36.7	41.7	78.4	0.83	44.3	56.2	100.6	1.07	58.6	43.7	102.3	1.09	250.7	92.8	92.8	0.99	69.7	0.53	0.64	0.84					
DB0.530M	2.88	265.9	707.7	228	110.9	338.9	1.27	275.4	119.3	394.7	1.48	249.8	174.6	424.4	1.60	1141.8	247	247	0.93	253.9	0.9	1.08	0.98					
DB140M	2.88	279.5	744	248.6	110.9	359.5	1.29	300.1	150.9	451	1.61	277.5	174.6	452.1	1.62	1330.3	247	247	0.88	360.3	0.69	0.83	0.77					
H 100/2	2.95	226.6	235.1	95.7	64.1	159.7	0.7	115.5	77.7	193.2	0.85	105.9	100.9	206.7	0.91	643.8	142.7	142.7	0.63	163.1	0.59	0.71	0.65					
S2-3	2.5	254.6	184.9	88.9	62.6	151.5	0.6	107.3	82.4	189.7	0.75	98.5	98.7	197.2	0.77	575	139.5	139.5	0.55	162.6	0.55	0.66	0.61					
S2-4	2.5	220.6	160.2	88.9	62.6	151.5	0.69	107.3	85.8	193.1	0.88	98.5	98.7	197.2	0.89	575	139.5	139.5	0.63	164.6	0.54	0.65	0.6					
S3-3	2.49	229.8	166.9	86	46.5	132.5	0.58	103.8	63	166.8	0.73	95.2	73.2	168.4	0.73	546.2	103.5	103.5	0.45	158.9	0.54	0.65	0.6					
S3-4	2.49	176.1	127.7	86	46.5	132.5	0.75	103.8	67.2	171	0.97	95.2	73.2	168.4	0.96	546.2	103.5	103.5	0.59	161.8	0.53	0.64	0.59					
S4-1	2.48	356	460.2	175.1	112.4	287.5	0.81	211.3	162.2	373.5	1.05	189.9	177.1	367	1.03	1173.5	250.4	250.4	0.7	314.7	0.56	0.67	0.6					
S4-4	2.5	259.4	188.4	97.6	62.6	160.2	0.62	117.8	82	199.7	0.77	105.8	98.7	204.5	0.79	653.9	139.5	139.5	0.54	178	0.55	0.66	0.59					
S4-6	2.53	204	101.5	66.2	42.5	108.6	0.53	79.9	56.7	136.6	0.67	71.7	66.9	138.6	0.68	443.4	94.6	94.6	0.46	122.5	0.54	0.65	0.59					
S5-3	2.5	245.1	178	98.7	62.6	161.3	0.66	119.2	83.3	202.5	0.83	109.5	98.7	208.2	0.85	663.8	139.5	139.5	0.57	181.1	0.55	0.66	0.6					
S7-4	3.4	274.6	258.6	86	74.5	160.5	0.58	103.8	102.3	206.1	0.75	145.9	78.3	224.1	0.82	559.9	166.1	166.1	0.6	163.1	0.53	0.64	0.89					
29g-2	3.87	152.8	264.6	66.8	47.7	114.6	0.75	80.5	69.7	150.3	0.98	95.5	50.1	145.6	0.95	248	106.3	106.3	0.7	123.3	0.54	0.65	0.77					
Giá trị trung bình (Mean)							0.71					0.88					0.91					0.64				0.66	0.8	0.82
Độ lệch chuẩn (SD)							0.21					0.25					0.25					0.24				0.24	0.29	0.34
Hệ số biến động (CoV, %)							29.6					28.4					26.5					37.5				36.4	36.3	41.5

Ghi chú: Δ_{ACI} , Δ_{CSA} , Δ_{TCVN} , Δ_{EC2} (Δ) - tương ứng là tỉ số giữa khả năng chịu lực tính theo các lý thuyết ACI, CSA, TCVN và EC so với giá trị thực nghiệm; $\Delta_{0,ACI}$, $\Delta_{0,CSA}$ và $\Delta_{0,TCVN}$ (Δ_0)- tương ứng là tỉ số giữa khả năng chịu lực do phân bê tông đóng góp theo các tiêu chuẩn ACI, CSA và TCVN so với khả năng chịu lực của dầm được tính cho trường hợp không đặt cốt đai theo CSCS.



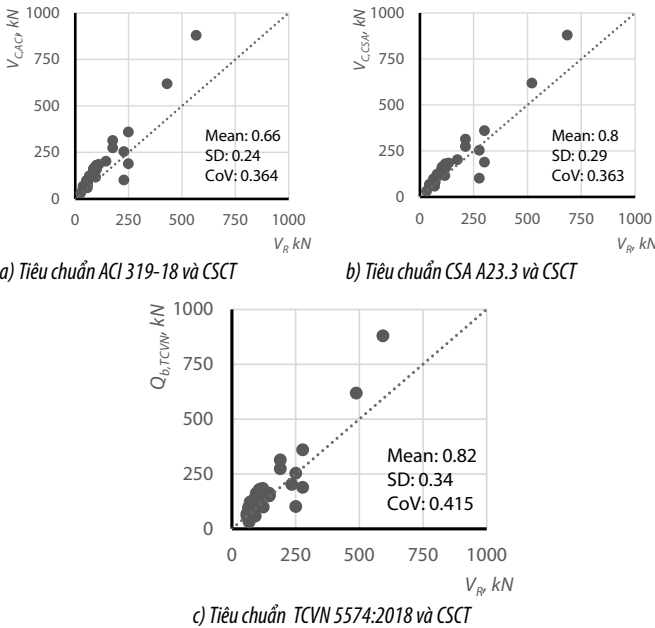
Hình 1. So sánh khả năng chịu cắt lý thuyết theo các tiêu chuẩn và giá trị thực nghiệm

Từ các biểu đồ so sánh khả năng chịu lực của dầm theo lý thuyết với giá trị thực nghiệm trên Hình 1 có thể thấy, các tiêu chuẩn thiết kế ở trên đều cho kết quả nhỏ hơn giá trị thực nghiệm, tức là kết quả thiên về an toàn. Tiêu chuẩn Eurocode 2 cho kết quả an toàn nhất, với tỉ lệ giá trị lý thuyết với thực nghiệm trung bình là 0.64, trong khi đó TCVN 5574:2018 cho kết quả kém an toàn nhất, với tỉ số giữa giá trị lý thuyết và thực nghiệm (Δ) trung bình là 0.91. Đồng thời, tỉ lệ Δ tăng khi tăng tỉ số a/d đối với tất cả các tiêu chuẩn xem xét ở trên (Hình 2). Với các dầm có tỉ lệ a/d thấp (gần 2.5), kết quả tính toán lý thuyết TCVN 5574:2018 tương đồng với kết quả thực nghiệm, khi tăng tỉ lệ a/d, kết quả lý thuyết có xu hướng tăng lớn hơn kết quả thí nghiệm (Hình 2d). Trong khi đó, khi tỉ số a/d gần với 2.5, các tiêu chuẩn ACI 318, CSA A23.3 và EN1992-1-1:2004 cho giá trị khả năng chịu lực lý thuyết nhỏ hơn nhiều so với giá trị thực nghiệm, khi tăng tỉ số a/d dẫn đến 4, các giá trị lý thuyết này dầm tiệm cận với giá trị thực nghiệm (Hình 2a, b và c).



Hình 2. Ảnh hưởng của a/d đến kết quả dự báo khả năng chịu lực của dầm theo lý thuyết

Qua kết quả so sánh ở trên có thể thấy, khả năng chịu lực lý thuyết của dầm bê tông cốt thép trên tiết diện nghiêng theo các tiêu chuẩn nhỏ hơn nhiều so với giá trị thực nghiệm. Nguyên nhân chính ở đây là do các lý thuyết tính toán nêu trên đã bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của dầm, các tiêu chuẩn chỉ kể đến khả năng chịu lực của bê tông và cốt đai. Ngoài ra, các công thức xác định phần đóng góp của bê tông theo các mô hình lý thuyết khác nhau cũng chưa thật sự hoàn chỉnh. Để làm rõ hơn khía cạnh này, tác giả tiến hành so sánh phần khả năng chịu lực từ đóng góp của bê tông theo các tiêu chuẩn ACI 318, CSA A23.3 và TCVN 5574:2018 với khả năng chịu lực của dầm tương ứng khi không đặt cốt đai theo CSCT (Mục 2.5), kết quả so sánh được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. So sánh phần đóng góp của bê tông vào khả năng chịu cắt của các dầm theo các tiêu chuẩn thiết kế so với khả năng chịu lực của dầm không cốt đai theo CSCT (V_R).

Từ kết quả so sánh trên Hình 3 có thể thấy, tiêu chuẩn ACI 319-18 ước lượng thấp phần đóng góp của bê tông so với hai tiêu chuẩn CSA A23.3 và TCVN 5574:2018, TCVN 5574:2018 đánh giá phần đóng góp của bê tông gần với khả năng chịu lực của dầm tương ứng không đặt cốt đai. Theo đó tỉ số trung bình giữa phần khả năng chịu cắt do bê tông đóng góp theo các tiêu chuẩn ACI 319-18, CSA A23.3 và TCVN 5574:2018 so với khả năng chịu lực của dầm bê tông không cốt đai theo CSCT lần lượt là 0.66, 0.8 và 0.82.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu tổng quan về các lý thuyết tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo một số tiêu chuẩn và từ kết quả kiểm chứng mô hình tính toán của các tiêu chuẩn đó với các dầm chịu tải trọng tập trung, có thể rút ra một số kết luận chính như sau:

1. Hiện nay, để tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép vẫn chưa có một phương pháp hoàn chỉnh nào được áp dụng thống nhất giữa các tiêu chuẩn. Mỗi tiêu chuẩn sử dụng các phương pháp tính toán khác nhau được xây dựng từ những cơ sở riêng biệt.

2. Phần lớn các tiêu chuẩn đưa ra công thức tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng của các dầm bê tông cốt thép gồm hai phần: phần do bê tông đóng góp và phần do cốt đai, bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu lực khác.

3. Các mô hình tính toán khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng của dầm bê tông cốt thép quá thiên về an toàn, vì vậy kết quả tính toán khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng của dầm theo các lý thuyết tính toán nhỏ hơn nhiều so với giá trị thực nghiệm. Đồng thời, tỉ số giữa khả năng chịu lực theo lý thuyết so với thực nghiệm thay đổi khi thay đổi tỉ số a/d (thay đổi nhịp cắt);

4. Đối với vi phạm nghiên cứu là các dầm bê tông cốt thép có tỉ lệ nhịp cắt a/d thay đổi từ 2.5 đến 4.0, tiêu chuẩn EN1992-1-1:2004 được đánh giá cho kết quả thiên về an toàn nhất, trong khi đó TCVN 5574:2018 cho kết quả lý thuyết gần tương đồng với kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

5. Giữa các tiêu chuẩn được xem xét ở trên, bao gồm ACI 319-18, CSA A23.3, EN1992-1-1:2004 và TCVN 5574:2018, TCVN 5574:2018 đánh giá phần khả năng chịu lực do bê tông đóng góp gần với khả năng chịu của tiết diện không đặt cốt đai.

Cũng lưu ý thêm, các kết luận trên được đưa ra ứng với phạm vi nghiên cứu, cụ thể là cho các dầm bê tông cốt thép chịu tác dụng của tải trọng tập trung với tỉ số a/d thay đổi từ 2.5 đến 4.0. Đối với các dầm có các đặc điểm gia tải khác, cần có những nghiên cứu cụ thể hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Collins, M.P., et al., *An adequate theory for the shear strength of reinforced concrete structures*. Magazine of Concrete Research, 2008. **60**(9): p. 635-650.
- ASCE-ACI Committee 445, *Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete*. Journal of Structural Engineering, 1998. **124**(12): p. 1375-1417.
- Paul, Y.L.K. and B.V. Rangan, *Shear Strength of High-Performance Concrete Beams*. ACI Structural Journal, 1998. **95**(6).
- IBST, *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (TCVN 5574:2018)*. 2018: Hà Nội. p. 194.
- Ministry of Construction of Russia, *Concrete and reinforced concrete structures. General provisions (SP 63.13330.2012)*. 2012: Moscow.
- Huế, L. and P. Tuấn, *Kiến nghị tính bài toán cốt đai chịu cắt của dầm chịu tải trọng tập trung theo TCVN 5574:2018*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN, 2022. **16**: p. 60-73.
- Thắng, N., *Tính toán cốt đai cho dầm bê tông cốt thép chịu đồng thời lực phân bố đều và lực tập trung*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXD, 2019. **13**: p. 25-34.
- ACI Committee 318, *Building code requirements for structural concrete: An ACI Standard: Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19 and ACI 318R-19)*. 2019, American Concrete Institute.
- Canadian Standard Association, *Design of concrete structure (A23.3-94)*. 1994.
- W., B.A., N.R. S., and H. Gulvanessian, *Designers' Guide to EN 1992-1-1 and EN 1992-1-2 Eurocode 2: Design of Concrete Structures. General rules and rules for buildings and structural fire design*. Designers' Guide to Eurocode 2: Design of Concrete Structures. 2005.
- Aurelio, M. and R. Miguel Fernandez, *Shear Strength of Members without Transverse Reinforcement as Function of Critical Shear Crack Width*. ACI Structural Journal, 2008. **105**(2).
- Muttoni, A. and J. Schwartz, *Behavior of Beams and Punching in Slabs without Shear Reinforcement*. in *proceedings of the IABSE Colloquium*. 1991. Germany.
- Karl-Heinz Reineck, E.B.B.F.D.A.K. and B. Oguzhan, *ACI-DAISib Databases for Shear Tests on Slender Reinforced Concrete Beams with Stirrups (with Appendix)*. ACI Structural Journal. **111**(5).

PHỤ LỤC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Tác giả	Tên dầm	Kích thước							Cốt dọc			Cốt đai				Bê tông	KQ thí nghiệm	
		b_w mm	h mm	d mm	L mm	C mm	a mm	a/d	A_s mm ²	f_y Mpa	ρ_s	S_w mm	A_{sw} mm ²	f_{yw} Mpa	ρ_w	f_{cu} MPa	$V_{u,e}$ kN	$M_{u,e}$ kNm
Ahmad_1996	NHW-4	127	254	198.1	1585	31.8	776.6	3.92	1146.1	420.7	0.046	99.1	64.3	324.1	0.0051	76.6	94	73
Angelakos_1999	DB0.530M	300	1000	925	5400	76	2662	2.88	1404.3	550	0.005	300	70.8	508	0.0008	24.3	265.9	707.7
Angelakos_1999	DB140M	300	1000	925	5400	76	2662	2.88	2808.6	550	0.010	300	70.8	508	0.0008	28.9	279.5	744
Bresler_1963	C-1	154.9	558.8	463.6	3657.6	152.4	1752.6	3.78	1293.9	555.2	0.018	209.6	64.3	325.5	0.0020	22.5	157.7	276.3
Cladera_2002	H 100/2	200	400	353	2160	75	1042.5	2.95	1608.5	500	0.023	165	56.5	530	0.0017	66.1	226.6	235.1
Guidi_1963	V	80	400	380	0	0	1500	3.95	904.8	490.5	0.030	100	56.5	490.5	0.0071	25.9	123.7	183.9
Johnson_1989	1	304.8	609.6	538.7	4254.5	914.4	1670.1	3.1	4097	524.8	0.025	133.4	64.3	479.3	0.0016	27.7	344.3	574.9
Kong_1997	S1-1	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	229.6	166.7
Kong_1997	S1-2	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	209.7	152.1
Kong_1997	S1-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	207.4	150.5
Kong_1997	S1-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	279.3	202.9
Kong_1997	S1-5	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	254.6	184.9
Kong_1997	S1-6	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	46.8	225.3	163.6
Kong_1997	S2-1	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	150	37.7	569	0.0010	53.4	261.4	190
Kong_1997	S2-2	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	125	37.7	569	0.0012	53.4	233.8	169.7
Kong_1997	S2-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	53.4	254.6	184.9
Kong_1997	S2-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	53.4	220.6	160.2
Kong_1997	S3-1	250	350	297	1980	500	740	2.49	1231.5	450	0.017	100	25.1	632	0.0010	49.6	210.5	154.8
Kong_1997	S3-2	250	350	297	1980	500	740	2.49	1231.5	450	0.017	100	25.1	632	0.0010	49.6	179.3	131.7
Kong_1997	S3-3	250	350	293	1960	500	730	2.49	2035.8	452	0.028	100	25.1	632	0.0010	49.6	229.8	166.9
Kong_1997	S3-4	250	350	293	1960	500	730	2.49	2035.8	452	0.028	100	25.1	632	0.0010	49.6	176.1	127.7
Kong_1997	S3-5	250	350	287	1940	500	720	2.51	2714.3	442	0.038	100	25.1	632	0.0010	49.6	297.9	213.6
Kong_1997	S3-6	250	350	287	1940	500	720	2.51	2714.3	442	0.038	100	25.1	632	0.0010	49.6	284.2	203.7
Kong_1997	S4-1	250	350	524	3100	500	1300	2.48	4071.5	452	0.031	100	37.7	569	0.0015	64.3	356	460.2
Kong_1997	S4-3	250	350	332	2160	500	830	2.5	2463	450	0.030	100	37.7	569	0.0015	64.3	244.8	202
Kong_1997	S4-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	64.3	259.4	188.4
Kong_1997	S4-6	250	350	198	1500	500	500	2.53	1357.2	442	0.027	100	37.7	569	0.0015	64.3	204	101.5
Kong_1997	S5-2	250	350	292	2100	500	800	2.74	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	65.8	261.3	207.9
Kong_1997	S5-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	65.8	245.1	178
Kong_1997	S7-4	250	350	278	1940	50	945	3.4	3217	433	0.046	80	37.7	569	0.0019	55.1	274.6	258.6
Kong_1997	S7-5	250	350	278	1940	50	945	3.4	3217	433	0.046	70	37.7	569	0.0022	55.1	305.4	287.7
Kong_1997	S7-6	250	350	278	1940	50	945	3.4	3217	433	0.046	60	37.7	569	0.0025	55.1	311.8	293.5
Kong_1997	S8-1	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	150	37.7	569	0.0010	54.9	273.4	198.6
Kong_1997	S8-2	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	125	37.7	569	0.0012	54.9	252.3	183.2
Kong_1997	S8-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	54.9	310.8	226
Kong_1997	S8-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	54.9	267.1	194
Krefeld_1966	29g-2	254	508	455.7	3657.6	127	1765.3	3.87	2587.7	276.6	0.022	228.6	64.3	372.4	0.0011	12	152.8	264.6
Ozcebe_1999	TS36	150	360	310	2260	400	930	3	1206.4	450	0.026	70	25.1	255	0.0024	57	156.8	145
Ozcebe_1999	TH39	150	360	310	2260	400	930	3	628.3	439	0.014	80	25.1	255	0.0021	55.5	143.8	132.9
Ozcebe_1999	TS39	150	360	310	2260	400	930	3	628.3	439	0.014	60	25.1	255	0.0028	55.5	180.1	166.7
Petersson_1972	V1	175	353	322	2600	100	1150	3.57	603.2	977	0.011	150	56.5	323	0.0022	28.9	100.9	116.1
Roller_1990	7	457.2	870	762	4572	133.4	2219.3	2.91	6555.2	472.4	0.019	196.9	141.7	445.2	0.0016	55	799.1	1748.5
Roller_1990	9	457.2	870	762	4572	133.4	2219.3	2.91	8194	472.4	0.024	196.9	141.7	445.2	0.0016	95.2	760.6	1663.2
Rosenbusch_2003	1.4/1	200	300	260	1800	0	875	3.37	1847.3	550	0.036	90	25.1	680	0.0014	36.4	170.6	149.3
Rosenbusch_2003	1.7/1	200	300	260	1800	0	875	3.37	1847.3	550	0.036	90	100.5	550	0.0056	38.3	190.5	166.7
Ahmad_1996	NHW-4	127	254	198.1	1585	31.8	776.6	3.92	1146.1	420.7	0.046	99.1	64.3	324.1	0.0051	76.6	94	73
Angelakos_1999	DB0.530M	300	1000	925	5400	76	2662	2.88	1404.3	550	0.005	300	70.8	508	0.0008	24.3	265.9	707.7
Angelakos_1999	DB140M	300	1000	925	5400	76	2662	2.88	2808.6	550	0.010	300	70.8	508	0.0008	28.9	279.5	744
Cladera_2002	H 100/2	200	400	353	2160	75	1042.5	2.95	1608.5	500	0.023	165	56.5	530	0.0017	66.1	226.6	235.1
Kong_1997	S2-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	53.4	254.6	184.9
Kong_1997	S2-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	53.4	220.6	160.2
Kong_1997	S3-3	250	350	293	1960	500	730	2.49	2035.8	452	0.028	100	25.1	632	0.0010	49.6	229.8	166.9
Kong_1997	S3-4	250	350	293	1960	500	730	2.49	2035.8	452	0.028	100	25.1	632	0.0010	49.6	176.1	127.7
Kong_1997	S4-1	250	350	524	3100	500	1300	2.48	4071.5	452	0.031	100	37.7	569	0.0015	64.3	356	460.2
Kong_1997	S4-4	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	64.3	259.4	188.4
Kong_1997	S4-6	250	350	198	1500	500	500	2.53	1357.2	442	0.027	100	37.7	569	0.0015	64.3	204	101.5
Kong_1997	S5-3	250	350	292	1960	500	730	2.5	2035.8	452	0.028	100	37.7	569	0.0015	65.8	245.1	178
Kong_1997	S7-4	250	350	278	1940	50	945	3.4	3217	433	0.046	80	37.7	569	0.0019	55.1	274.6	258.6
Krefeld_1966	29g-2	254	508	455.7	3657.6	127	1765.3	3.87	2587.7	276.6	0.022	228.6	64.3	372.4	0.0011	12	152.8	264.6

Ghi chú: - b_w - bề rộng dầm; h - chiều cao dầm; d - chiều cao hiệu quả của tiết diện; L - nhịp thí nghiệm; C - khoảng cách giữa 2 điểm đặt lực; a - nhíp cắt (khoảng cách từ gối tựa đến điểm đặt lực gần nhất); A_s và f_y - tương ứng là tổng diện tích và giới hạn chảy của cốt dọc chịu kéo; ρ_s - hàm lượng cốt dọc chịu kéo; S_w - bước cốt đai; A_{sw} và ρ_w - tương ứng là tổng diện tích mặt cắt ngang của 01 cốt đai và hàm lượng cốt đai; f_{cu} - cường độ chịu nén của bê tông; $V_{u,e}$ và $M_{u,e}$ - tương ứng là lực cắt cực đại và mô men cực đại tại thời điểm phá hoại.

- Khi tính toán theo TCVN 5574:2018, cường độ bê tông được quy đổi: $R_b = 0.8f_{cu}$; $R_{bt} = \frac{5f_{cu}}{45 + f_{cu}}$; cường độ chịu cắt của cốt đai $R_{sw} = 0.8f_{yw}$

ANSYS based analysis of low density rc slab with metal meshing

Phân tích sàn bê tông cốt thép có trọng lượng riêng thấp bằng mô phỏng số ANSYS

> **MSC HUYNH HAN PHONG**

Faculty of Civil Engineering, Mien Tay Construction University

Email: huynhhanphong@mtu.edu.vn

ABSTRACT

Shear failure of punching pertaining to slab of concrete reinforced type consisting of metal mesh expansion and lower density aggregates was simulated numerically in this study. We studied and spoke about the simulations' outcomes. Because punching shear failure occurs so suddenly and brittlely, research into it was crucial. Software of Finite element analysis (ANSYS V.2020.R1) was used for creating numerical models for punching shear failure of such slabs. Both non-linear performance of concrete and steel are considered for development of such prototypes. Modeled slabs applied solid components for concrete, space bars for reinforcements, a smear layer of embedded inside solidified elements for simulating an extended mesh of metal. Test information provided in concerned tasks were compiled by reviewing appropriate literature. Slab's Numerical prototypes were tested, and their findings compared to published experimental data utilizing load deviation responses and pattern of fracture. There was excellent aligning between experimental outcome and findings of computer models. Predictions concerning the punching resistance of concrete slabs reinforced with expanded metal mesh and concrete slabs built with low density aggregate may be generated using the numerical models created for this work.

Key words: Reinforced Concrete; ANSYS; Punching shear; Low density concrete; slabs; Ferrocement.

1. INTRODUCTION

When designing reinforced concrete slabs [1] that are exposed to concentrated loads or that are located around supported columns, it is known that the two-way reinforced concrete shear failure of flat slabs amongst major designing issues. Two-way shear failure is the root cause of the rapid brittle failure. Many scientists have tested both low-density and standard-density reinforced concrete slabs, as well as EMM-reinforced concrete slabs. These slabs have been exposed to many different environments [2].

Due to its exceptional strength to weight ratio, low density aggregate concrete (LDAC) may be employed in a wide range of applications. As determined by experimental analysis of LDAC slabs' punching shear behavior [3], the surface failure angle of punching shear is affected by the kind of low density aggregate used. Two kinds of low density aggregates were employed in the punching shear tests for this investigation. Higashiyama et al. [4] looked at the elements that reduced punching sheared strength of 5 low density reinforced concreted slabs, finding fact about density of aggregate fell, so did the punching shear strength.

Test experiment was conducted over connection of 3 slab-column connections with a combined length of 762 cm as structure of flat slab to compare performance of stud railings arranged in radial or orthogonal layout in slab-column junction whose slabs contains comparatively lower ratio of flexural reinforcements [5]. The connection of 3 slab-column totaling 7.62 m long were analyzed in this research. The shear strength of slab-column connections was found to be significantly improved by using a radial architecture as opposed to an orthogonal one. The researchers wanted to test the effects of high temperatures on low density silica fume aggregate concrete and found that increasing substitution proportion of silica fume aggregate improved working capability while decreasing compressive strength and density [6]. It was discovered that using pre-wetted low density aggregates as part of a novel strategy to internal curing increased hydration while decreasing cracking and shrinkage. The method was successful in achieving the desired result. With this method, water may be used for cement hydration at any time throughout the life of the concrete. Naama et al. [7] explain that ferrocement is a composite material used as a structural component due to its low price. Expanding wire mesh and cementitious mortar form the layers of this material.

In order to improve prefabricated foam concrete, which had a density ranging from 1300 to 1900 kg/m³, Helal et al. [8] conducted a practical study to investigate the best ways to do so. This study made use of a water reduction agent in addition to two other types of materials that are added to concrete (fly ash and silica fume). The water reduction agent was the primary focus of the investigation. The outcomes of the research were promising since these materials showed a discernible improvement in the structure of the pores in concrete, in addition to an increase in strength and a reduction in the quantity of water that was absorbed by the concrete. In addition, the data suggested that the use of these materials resulted in a little rise in the level of heat conductivity shown by concrete. According to the findings of the study [9] conducted by Wan Ibrahim et al., the

compressive strength and flexural strength of foam concrete were evaluated in relation to the influence of polyolefin fibres. The density of the concrete that was used in this experiment ranged from 1300 to 1600 kg/m³, depending on the exact mix. Polyolefin-sized fibres were employed by the researchers in the examination in quite modest volume fractions, with percentages ranging from 0% to 0.2%, 0.40% to 0.60%, respectively. The investigation was carried out in the United Kingdom. According to the results of the research, making use of the fibres stated above had a somewhat negative influence on the compressive strength and flexural strength of foam concrete, with a decrease of 4.3% and 9.3%, respectively. In addition, Lee et al. (2017) [10] used foam concrete slabs and beams in their study. These foam concrete structures had a density of 1700 to 1800 kg/m³ and were created using a light foam mortar. As a direct consequence of this, the compressive strength of the concrete was 20 MPa. When compared to reinforced concrete with its natural density, the results of the research indicate that using the same sort of mortar resulted in a maximum load reduction of 8.0%, which brought the total reduction to 34.0%. According to studies and past study, the use of additives together with an assortment of fibre types might make foam concrete an effective material for usage in reinforced concrete structures. Slabs made of structural polystyrene foam concrete may be used in lieu of layers that provide thermal insulation and hollow block panels. However, the qualities and processes that went into the production of each design model for punching shear strength are quite different from one another [11-15]. A variety of design models have been developed for punching shear strength. Take, for instance, the semiempirical model known as the European Concrete Design Code (EC2) [16]. The FIB model design code, often known as MC [17], [18] is contrast-based in a physical sense. As a direct consequence of this, a number of studies have been conducted to investigate how flat slabs behave when exposed to fire [19]. Despite the diversity of these experiments, the behaviour of polystyrene foam concrete when it is subjected to fire was not investigated. In their experiment, El-Fitiany and Yousef [20] employed a simple method to make a prediction about the behaviour of reinforced concrete sections when they were subjected to high temperatures.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Material Properties

Table 1 provides the volume % of the wire mesh together with the material parameters of the modeled slabs derived from the literature. Mechanical features of concrete used are provided in table with group ID and the slab thickness. Compressive strength, tensile strength, and elasticity are all examples of these characteristics.

Table 1: Cementitious slabs and modeled concrete features of material

Group	Specimen	Thickness mm	Compressive strength f_c' (MPa)	Tensile strength f_{tp} (MPa)	Modulus of Elasticity E_c (GPa)	Volume fraction v_f	Reference
1	NN	200	40.6	3.41	31.7	---	Youm et al. (2014)
	LA	200	37.2	3.40	22.6	---	
	LD	200	34.2	2.82	20.0	---	
2	Slab-1	40	32.0	5.20	24.9	---	Ibrahim, (2011)
	Slab-06	50	32.0	5.20	24.9	1.41	
	DP-2.0	50	32.0	5.20	24.9	0.60	

Table 2, lists the bars that were utilized in the Slab-6 specimen that was created by Group 1 and the DP-2.0 specimen that was created by Group 2.

Table 2: Feature of steel bar material used

	Ø10 mm steel bars	Ø6 mm steel bars
Yield stress	411 MPa	252 MPa
Ultimate strength	600 MPa	364 MPa
Elongation	12 %	30 %
Elastic modulus	200 GPa	195 GPa

Expanded metal mesh (EMM) material features used for creation of DP-2.0 specimens for Group 2 are detailed in Table 3.

Table 3: Expanded metal mesh (EMM) material features used

Diamond size	22.5x57.5 mm
Dimension of strand	2 mm
Proof stress	300 MPa
Proof strain	0.117%
Ultimate strength	500 MPa
Ultimate strain	5.4%

2.2. Concrete Slabs simulation details

Youm et al. (2014) report that the first group included one normalized weight concrete slab (NN) with 2 low density concrete slabs (LD and LA). Size and reinforcing layout of the three slabs were identical. Dimensions of the slabs and reinforcement placements are shown in Figure 1. The thickness of the top and bottom layers was 20 m. The vertical movement was achieved with the help of 300 mm square, 35 mm thick steel plates.

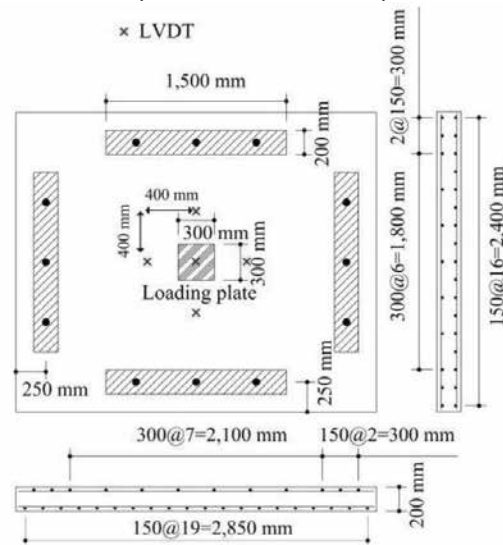


Fig. 1. Illustration showing NN, LA, and LD samples

Approximately 27 cementitious 490 mm by 490 mm x 40–60 mm thick square slabs made comprised the second set, as stated by Ibrahim (2011). This arrangement relied on the edges of the slabs for support. Three specimen models were developed throughout this investigation: Slab-1, Slab-6, and DP-2.0. Simple mortar was used in the early construction of the slab. The second slab was made of cementitious material, had a thickness of 100 mm, and was reinforced by steel bars 6 mm in diameter running in opposite directions. The third example is a 2-millimeter-thick cementitious slab that has been reinforced with an EMM ferrocement layer. A steel plate, 80 millimeters square and 20 millimeters thick, was used to apply the vertical displacement.

Dimensions of the slabs and the different reinforcing arrangements are shown in Fig. 2.

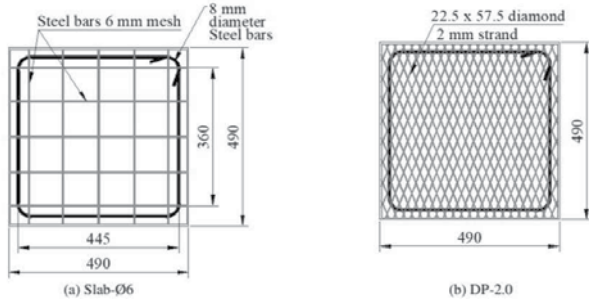


Fig. 2. Dimensions of the specimens with reinforcements

2.3. Model of Finite Element

Developed FE prototype were constructed using plans of experiment as their foundation [10]. In this part, we'll go through the methodology used by the subsequent models of finite element we suggest.

Ferrocement layer, Reinforcement grid and Concrete:

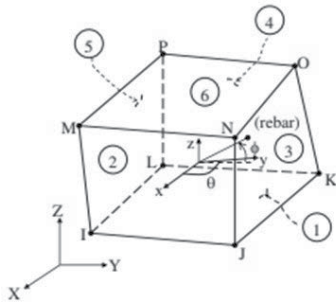


Fig. 3. Details on the Solid65 element's shape, node positions, and coordinate system

The robust nonlinear analytical capabilities of ANSYS V.2020.R1 were employed for the modeling of all slabs. All six scenarios (NN, LA, LD, Slab-I, and Slab-6) were modeled with the help of ANSYS's algorithms. The solid65 sub-element concerning given finite element models represented actual concrete. A solid element in three dimensions, Solid 65 includes eight nodes and 3 freedom degrees (translated in x, y, and z axes) on every node, as shown in Figure No. 3. This means that Solid 65 may shift in any of the aforementioned three ways. Nonlinearities in materials and geometry, as well as cracking under tension and crushing under compression, may all be modeled using this element. In addition, it may represent the crushing effect of stress. Additionally, it is capable of imitating fear. A smudged layer that was concealed among solid parts was used for the aim of imitating the EMM layer. Open cracks were given a shear transfer coefficient of 0.3, whereas closed cracks were given a 0.6 value. The shear transmission in fractured concrete components was evaluated using these two values.

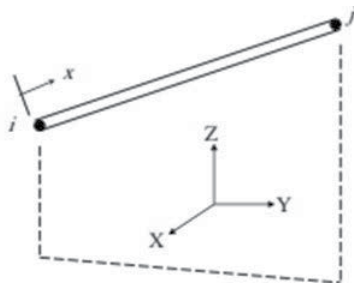


Fig. 4. The Link8 element's shape, node locations, and coordinate space.

Fig. 4 demonstrates how the Link8 element were deployed in simulating reinforcement grid pertaining to non-ferrocement layer

samples. Uniaxially loaded throughout its length, Link8 is a space bar element having 3 degrees of freedom (z, x and y) at every nodal junction. Link8 may be used to recreate the effects of large deformations and the nonlinearity of materials. Fig. 5 depicts a reinforcement bar model, while Fig. 6 shows a solid-component concrete mesh.

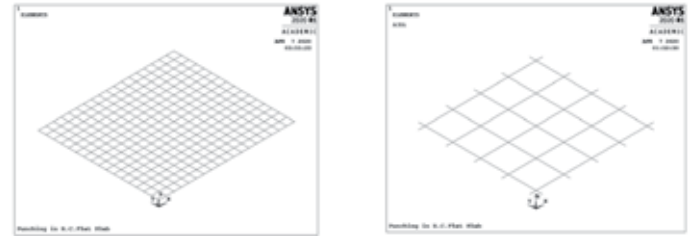


Fig. 5. we see the mesh components (link8) utilized to create the reinforcement grid

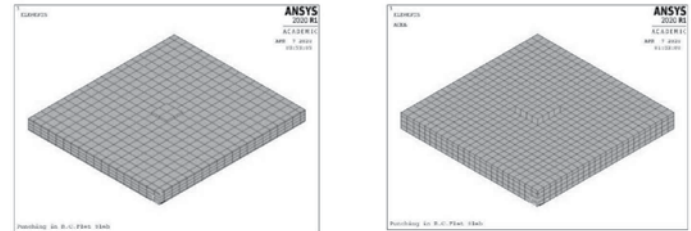


Fig. 6. Mesh components with a solidity level of solid65 to represent cementitious and concrete slabs

Plastic deformation and modeling Material properties

The stress-strain curve for group 1 specimens reinforced with steel bars of diameter less than 10 millimeters is shown in Fig. 7. The strain-stress relation for concrete is showcased through Fig. 8 using LA specimen as the data point. The Poisson's ratios for concrete were established at 0.2 and those for steel at 0.3. These criteria were consciously chosen as the best fit.

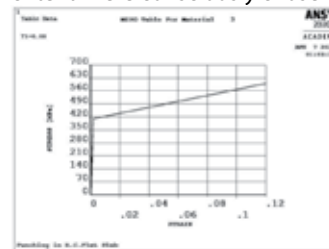


Fig. 7. For steel bars with a diameter of 10 millimeters, the stress-strain curve

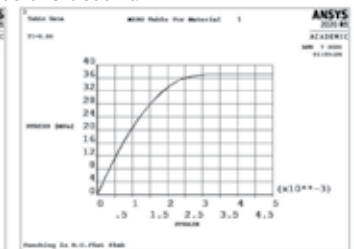


Fig. 8. The stress-strain relationship for recycled concrete ($f_c' = 37.2$ MPa)

Loading and boundary conditions:

To mimic the experimental work under circumstances analogous to when the slabs were simply supported, translational restrictions in the x, y, and z directions were added as boundary conditions at the four corners of the slabs. The top surface of the loading plate was displaced vertically in the direction of a negative Z in order to mimic the real loading operation. Every joint was treated in this way. You can see the four-corner boundary conditions with used displacements concerning to first groups in Fig. 9, for second group in Fig. 10. The two pictures may be found in the same file.

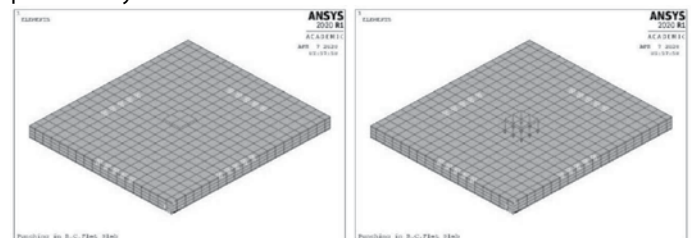


Fig. 9. The constraints and the amount of displacement that was applied to the first group

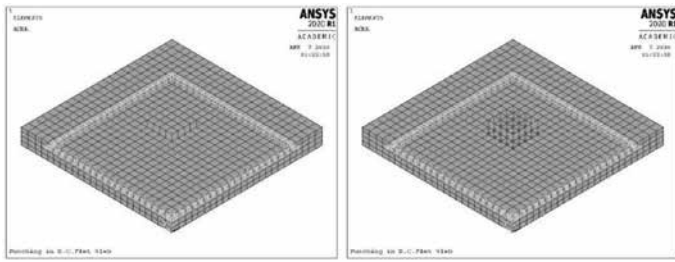


Fig. 10. Second group's applied and Restraints displacement pertaining to secondary group Analysis of Non-linear nature:

Automated stepping of time were utilized as a means of regulating non-linear resolution due to non-linear character of issue under consideration. Using a thorough implementation of the Newton-Raphson technique, the non-linear equations were solved. To regulate the convergence of non-linear solution, force of residual convergence criteria got applied, and an appropriate tolerance has been given to it.

Bond behavior

People believed the connection between the reinforcing bars and the concrete was excellent because they assumed bond failure did not play a role in slab collapse. In other words, the expected load at failure and the deformed shape are not likely to be significantly affected by the underlying premise of this inquiry.

3. RESULTS

The results from each sample are summarized in Table 4. Fig. 11 provide both numerical and experimental results for the maximum loads that may be applied to members of group 1. Fig. 12 illustrate both numerical and experimental examples of the maximum loads that may be applied to Group 2 members. Center deflections at ultimate loads for Group 1 are calculated using both experimental and computational methods. Fig. 13 displays these findings. Center deflections under maximum loads applied to Group 2 are shown for both theoretical and experimental methods in Fig. 14.

Table 4: A comparison between the computational and experimental data for the maximum load and the central deflection.

Group	Specimen	Experimental results [1,8]		Numerical Results		Numerical/Experimental	
		Max. load (KN)	Deflection (mm)	Max. load (KN)	Deflection (mm)	Load	Deflection
1	NN	670.4	16.7	675.64	16.67	1.008	0.998
	LA	552.0	10.6	556.63	11.28	1.008	1.064
	LD	626.3	15.2	605.96	14.80	0.968	0.974
2	Slab-I	8.0	0.32	8.60	0.34	1.075	1.063
	Slab-Ø6	34.5	6.2	34.77	6.0	1.008	0.968
	DP-2.0	25.0	4.5	26.30	4.25	1.052	0.944

Figs 15–20 presents experimental as well as numerical respses of load-deflection responses over central points of six investigated slabs. Calculated findings and the experimental data were in close agreement. For failure loads and maximum deflections, the numerical and experimental values were off by around 8% and 7%, respectively. The provided models thus provided reliable predictions of failure load and displacement.

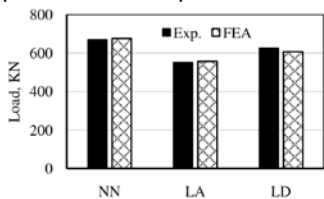


Fig. 11. The FEA and experimentally calculated ultimate load for group 1.

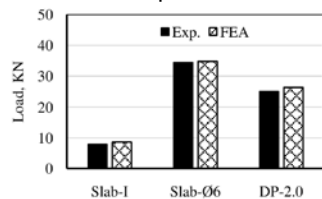


Fig. 12. The ultimate load for group 2 (Finite Element Analysis vs. Experimental Data).

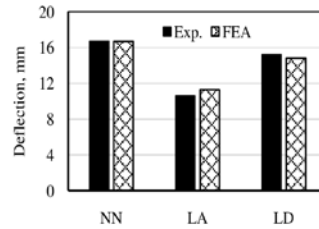


Fig. 13. The central deflection from the FEA-testing.

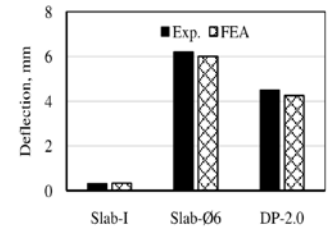


Fig. 14. The results of a comparison, FEA-experimental data with regards to the central deflection.

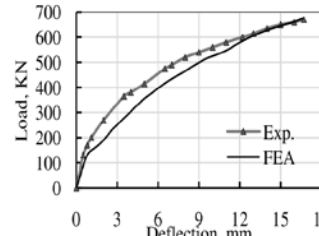


Fig. 15. The NN slab's load deflection response

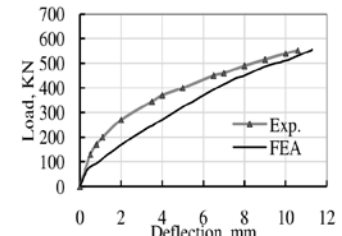


Fig. 16. The load deflection response of the LA slab

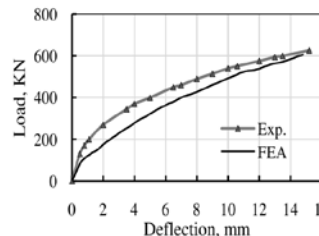


Fig. 17. The LD slab's load-deflection response

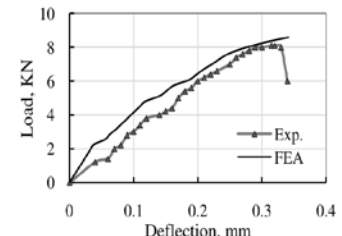


Fig. 18. The load deflection response for Slab-I

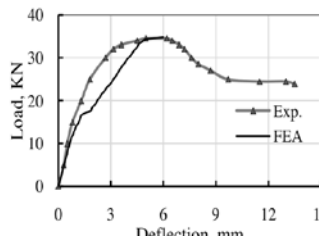


Fig. 19. The load-deflection response of Slab 6

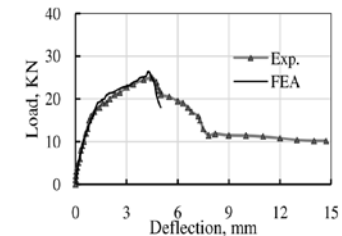


Fig. 20. The DP2.0 slab's load-deflection response

The discrepancies between the numerical and experimental failure patterns are graphically shown in Fig. 21. And Fig. 22 shows how the warping affects the form of the LA, LD, and DP-2.0 slabs. Computational outcomes was quite close to testing observations.



Fig. 21. Depicts patterns of failure for LD and LA slabs as shown in the experimental and FE models.

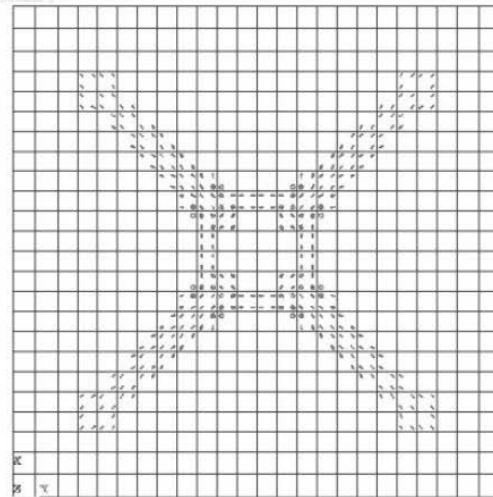
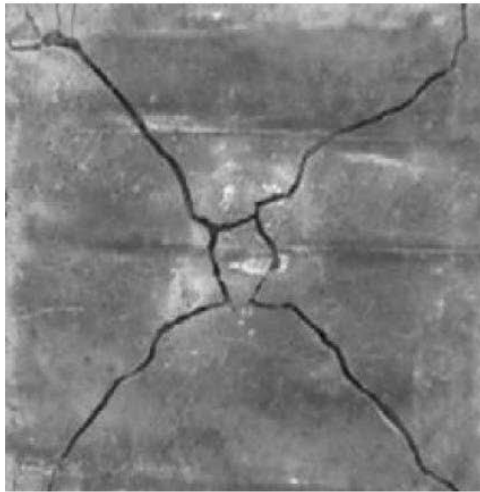


Fig. 22. Depicts the failure pattern for the DP-2.0 slab that was seen experimentally and was predicted by the FE models.

4. CONCLUSION

In this research, a finite element model built in ANSYS is used to provide predictions about shear response of punching with strength of several slab types. Cementitious slabs with reinforcement (a regular bar's grid or layer of ferrocement), cementitious slabs having no reinforcement (without reinforcement). Six concrete slabs were subjected to a three-dimensional FEA with a nonlinear analysis. Based on the algorithms given in [11] and [18], finite element models were developed and tested, with the results compared to those from the experiments. Failed loads, deformed forms, center deflections at ultimate loads, , pattern of failure was all very close to predictions. Analysis of Non-linear finite element is a powerful software on studying response of concrete and cementitious slabs under punching shear. Given finite element prototype may be useful software in forecasting shear resistance of punching for kinds of slabs mentioned, reducing need for expensive trials. As a result, it is now possible to conduct a thorough numerical analysis of shear punching performance and factors affecting shear strength of punching. In the past, this was not the situation.

REFERENCES

- [1]. Okasha, Mostafa Ali Taha Ali, et al. "Analysis of lightweight composite sections with reinforced concrete infill with autoclaved aerated concrete (AAC)." *Frontiers in Built Environment* 9 (2023): 1149442.
- [2]. Islam, Sheikh Ubair Ul, Avani Chopra, and Aditya Kumar Tiwary. "Finite Element Analysis of High-Strength Concrete Pavement Made With The Addition Of Fibres." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1110. No. 1. IOP Publishing, 2023.
- [3]. Kozarić, Ljiljana, et al. "Experimental investigations and numerical simulations of the vibrational performance of composite timber-lightweight concrete floor structures." *Engineering Structures* 270 (2022): 114908.
- [4]. Jain, Nikita, and Asif Hussain. "Numerical Analysis on Different Void Former On ANSYS." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 796. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- [5]. Madan, Chinnasamy Samy, et al. "Influence on the flexural behaviour of high-volume fly-ash-based concrete slab reinforced with sustainable glass-fibre-reinforced polymer sheets." *Journal of Composites Science* 6.6 (2022): 169.
- [6]. Martínez-Martínez, Juan Enrique, et al. "Nonlinear Thermo-Structural Analysis of Lightweight Concrete and Steel Decking Composite Slabs under Fire Conditions: Numerical and Experimental Comparison." *Applied Sciences* 12.18 (2022): 9306.
- [7]. Naama et al. "Analysis of a Ribbed Slab without Reinforcement using ANSYS." *i-Manager's Journal on Structural Engineering* 11.2 (2022): 31.
- [8]. Helal et al. "Analysis of Lightweight Polystyrene Foam Concrete Flat Slabs under Fire Condition." *Advances in Civil Engineering* 2022 (2022).
- [9]. Wan Ibrahim et al. "Simulation of structure and power generation for Self-Compacting concrete hollow slab solar pavement with micro photovoltaic array." *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 53 (2022): 102798.
- [10]. Lee et al. "Comparison of the flexural behavior of high-volume fly ash based concrete slab reinforced with GFRP bars and steel bars." *Journal of Composites Science* 6.6 (2022): 157.
- [11]. Madiwalar, Sahana S., R. Subash Chandra Bose, and Shiva Shankar KM. "Analysis of Composite Beam with Shear Connectors Using FEA Software (ANSYS)." 2021.
- [12]. Lyu, Ping, et al. "Explosion test and numerical simulation of coated reinforced concrete slab based on blast mitigation polyurea coating performance." *Materials* 15.7 (2022): 2607.
- [13]. Boushi, Abdulaziz, and Sepanta Naimi. "Optimization of Hollow Core Slab Strength Based on SFRC Orientation." *Mathematical Modelling of Engineering Problems* 10.1 (2023).
- [14]. Al-Graishi, Shakir. Investigation of shear strength behavior of two-way slab panels based on different sfrc and heat effect. MS thesis. Altınbaş Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021.
- [15]. Avci, Onur, and Ashish Bhargava. "Finite-element analysis of cantilever slab deflections with ANSYS SOLID65 3D reinforced-concrete element with cracking and crushing capabilities." *Practice Periodical on Structural Design and Construction* 24.1 (2019): 05018007.
- [16]. Shaikh, Mohammad Farhan, and K. Nallasivam. "Static analysis of box-girder bridge under the influence of Indian railway vehicle loading using ANSYS finite element model." *Advances in bridge engineering* 3.1 (2022): 25.
- [17]. Yang, Kailin, and Guangxiu Fang. "ANSYS Analysis of Prefabricated Light Aggregate Concrete Slab with Grouting." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 237. No. 5. IOP Publishing, 2019.
- [18]. Assad, Maha, et al. "Heat Transfer Analysis of Reinforced Concrete Walls in ANSYS and ABAQUS: A Comparative Study." *2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*. IEEE, 2022.
- [19]. Siddiqui, Shahida Anusha, et al. "Stability Analysis of a Cantilever Structure using ANSYS and MATLAB." *2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*. IEEE, 2021.
- [20]. El-Fitany and Yousef "Research Article Analysis of Lightweight Polystyrene Foam Concrete Flat Slabs under Fire Condition." (2022).

Mở rộng không gian lấn biển của đô thị, bài học từ kinh nghiệm TP Rạch Giá, tỉnh Kiên Giang

Expanding the sea space of the city, lessons from the experience of Rach Gia city, Kien Giang province

> **THS.KTS.NCS ĐỖ CÔNG TÚ, KS ĐỖ VĂN PHÉP**

Phòng Phát triển đô thị & Hạ tầng kỹ thuật, Sở Xây dựng Kiên Giang

Email: kts.congtu@yahoo.com.vn; phepkg@gmail.com

TÓM TẮT

Quá trình tác động lấn biển của con người cho các mục tiêu phát triển đô thị, tạo dựng diện mạo mới cho đô thị, phát triển kinh tế biển; tăng quy mô sử dụng đất và tác động tới các hình thái không gian cảnh quan gắn với bảo tồn, phát huy các giá trị văn hóa khu vực ven biển, luôn nhằm hướng đến tạo dựng môi trường sống có trách nhiệm vì cộng đồng và thân thiện với môi trường, hình thành văn hóa văn minh, hiện đại của đô thị sinh thái biển. Bài viết chia sẻ một số thành công đạt được của quá trình mở rộng không gian đô thị TP Rạch Giá theo định hướng phát triển bền vững với các yếu tố về điều kiện kinh tế xã hội, điều kiện địa hình, tự nhiên và khí hậu của địa phương.

Từ khóa: Khu vực lấn biển; dự án lấn biển; đô thị ven biển; quản lý đô thị; quản lý phát triển không gian đô thị; cải tạo và tái thiết đô thị.

ABSTRACT

The process of human sea encroachment for urban development goals, creating a new look for urban areas, developing the marine economy; increase the scale of land use and impact on landscape spatial forms associated with conservation and promotion of cultural values in coastal areas, always aiming to create a responsible and environmentally friendly living environment, form a civilized culture, of the marine ecological city. This article shares some of the successes achieved in the process of expanding the urban space of Rach Gia city in the direction of sustainable development with factors of socio-economic conditions, topographic conditions, natural and climatic conditions of the locality.

Keywords: Sea reclamation areas; sea reclamation projects; coastal cities, urban management; urban space development management; urban renovation and reconstruction.

1. MỞ ĐẦU

Việt Nam có chiều dài bờ biển 3.260 km, 28/63 tỉnh có biển, đô thị từ loại IV có biển khoảng 41 đô thị dọc theo bờ biển. Các tỉnh ven biển đã gia tăng phát triển kinh tế biển, trong đó xu thế hình thành các không gian đô thị ven biển và bồi lấp mặt biển ở nước ta có thể được xem là những tiềm năng, phát huy lợi thế điều kiện hiện trạng tự nhiên hình thành nên các khu vực lấn biển ở Việt Nam. Mặc dù vậy, quá trình cải tạo, san lấp, biến đổi không gian biển cho các mục tiêu phát triển đô thị cũng bộc lộ nhiều vấn đề về quản lý không gian quy hoạch, hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là môi trường sinh thái đô thị và các hoạt động kinh tế xã hội ven biển.

Trong bối cảnh phạm vi rộng, nhiều vấn đề được đề cập, nội dung bài báo tập trung phân tích về chính sách, cải tạo, tái thiết và định hướng phát triển không gian đô thị và định hướng phát triển bền vững trong việc mở rộng không gian đô thị Rạch Giá. Nội dung đề cập đến quản lý lấn biển tại Rạch Giá, bài học kinh nghiệm quốc tế, và các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH).

2. TỔNG QUAN SỰ HÌNH THÀNH MỞ RỘNG KHÔNG GIAN VEN BIỂN RẠCH GIÁ

Rạch Giá trước đây là vùng ngập mặn ít dân cư. Trước năm 1975, người dân sinh sống chủ yếu dọc sông Kiên và sông Rạch Giá thuộc phường Vĩnh Thanh Vân (Hình 1). Rạch Giá ban đầu chỉ là một vùng đất ẩm thấp nhỏ hẹp, sinh lầy. Do quá trình bồi tụ của phù sa sông cùng với những dự án lấn biển thành công từ thế kỷ trước đến nay đã mở rộng đáng kể diện tích sử dụng đất làm thay đổi diện mạo thành phố, phát triển mở rộng Rạch Giá đã bắt đầu từ 1997 đến nay, với hoạt động đáng chú ý là khởi công KĐT lấn biển Rạch Giá, có sức mạnh phát triển kinh tế tổng hợp thuộc top đầu và đông dân nhất ở miền Tây (hình 2a). Năm 2005, TP Rạch Giá được thành lập theo ND số 97/2005/NĐ-CP của Chính phủ.



Hình 1. Bản đồ hiện trạng TX Rạch Giá 1969 chưa lấn biển (Nguồn: Internet)



Hình 2a. Hiện trạng SSD trước năm 1997 và **Hình 2b.** TP Rạch Giá hiện nay

Năm 1987 QHC xây dựng TX Rạch Giá được điều chỉnh lần 1; Năm 1997 điều chỉnh lần 2 tại Quyết định 2814/QĐ-UBND ngày 01/9/1998 của UBND tỉnh Kiên Giang phạm vi 2.420ha, KĐT lấn biển mới 420ha; Đến năm 2008 điều chỉnh lần 3 tại Quyết định 257/QĐ-UBND ngày 30/01/2008 của UBND tỉnh Kiên Giang phạm vi rộng 10.780ha; Năm 2019 điều chỉnh cục bộ lần 4 tại Quyết định số 353/QĐ-UBND của UBND tỉnh Kiên Giang quy mô khu vực bờ biển 517,07ha (hình 2b).

Năm 2023 QHC Rạch Giá đến năm 2040 phê duyệt Quyết định số 1024/QĐ-UBND ngày 18/4/2023, quy mô 13.885ha, diện tích hiện trạng 10.446ha và 3.440ha diện tích lấn biển mới và các đảo trên không gian vịnh Rạch Giá (khu lấn biển mới 640ha và các đảo nhân tạo 2.800ha) (hình 3).

3. CÁC ĐIỀU KIỆN ĐỊA HÌNH TỰ NHIÊN CỦA TP RẠCH GIÁ THUẬN LỢI TRONG VIỆC MỞ RỘNG KHÔNG GIAN BIỂN

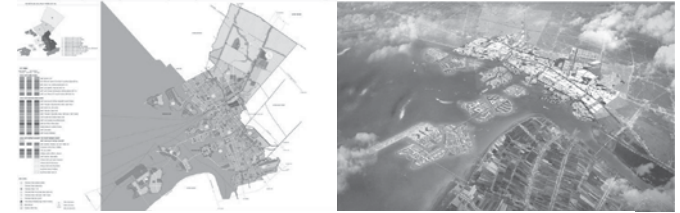
Vùng biển Kiên Giang rộng hơn 63.000km², với bờ biển dài hơn 200km, có 143 đảo thuận lợi phát triển chuỗi đô thị biển, đô thị hải đảo gắn với chiến lược kinh tế biển. TP Rạch Giá nằm ở trung tâm của tỉnh Kiên Giang, bờ biển trải dài từ Bắc xuống Nam, vị trí địa lý thuận lợi với hơn 20 km bờ biển, nằm ở trọng tâm giao lưu thủy bộ với khu vực. Nền cao độ địa hình bằng phẳng và thấp từ 0,2÷2,3m, khu vực phía Bắc thành phố có nền dốc 0,5% nghiêng về phía biển, có nhiều kênh rạch sông chảy qua là điều kiện địa hình tự nhiên vùng bãi bồi cửa sông nông bồi lắng phù sa thuận lợi cho hoạt động lấn biển, là đô thị du lịch biển sầm uất, hấp dẫn và phát triển thành đô thị trung tâm giao thương hàng hóa, từ tiềm năng này, Rạch Giá đang khai thác như là một lợi thế mạnh mẽ và bền lâu, là điều kiện lý tưởng cho việc hình thành mở rộng không gian về phía biển với hoạt động lấn biển xây dựng mở rộng phát triển đô thị.

Sau 25 năm xây dựng, khu lấn biển TP Rạch Giá, khu đô thị lấn biển đầu tiên của Việt Nam đã trở thành niềm tự hào của người dân Kiên Giang, là điểm nhấn thu hút các nhà đầu tư và du khách. Dự án lấn biển Rạch Giá được khởi công xây dựng năm 1997, từ vùng đất sinh lầy, hoang vắng nay đã thành khu đô thị hiện đại có tổng diện tích 450 ha. Lấn biển là công trình độc đáo, đầy sáng tạo, bởi đây là lần đầu tiên trong cả nước có dự án “dời non lấp biển” để xây dựng một khu đô thị quy mô lớn, tạo ra quỹ đất rộng gần 450 ha, thực hiện bằng phát huy nội lực theo phương thức đổi đất lấy hạ tầng. Khu lấn biển hướng ra vịnh Thái Lan trên 500 m và chạy dài trên 7 km, mở rộng thành phố hình thành những KĐT mới lớn nhất vùng Tây Nam Bộ.

* *Quan điểm mở rộng không gian biển:* Quy hoạch tỉnh Kiên Giang 2021-2030 phát triển hướng biển, mở rộng không gian lấn biển được xác định hình thành nên không gian đô thị - dịch vụ đồng bộ, hiện đại. TP Rạch Giá là một trong những đô thị du lịch biển, có thể mạnh phát triển du lịch biển, kinh tế biển, một mũi nhọn tiên phong của cả tỉnh trong mở rộng giao lưu và giao thương với thế giới: với các đầu mối giao thông đường bộ, đường thủy, đường không trọng yếu của vùng. TP Rạch Giá là một tiền

đồn quan trọng của quốc gia hướng ra khu vực và thế giới. Trong hành trình tiến ra biển tỉnh Kiên Giang có chủ trương lấn biển khi biển hàng trăm ha sinh lầy trở thành khu đất vàng, với 7km nằm cạnh bờ biển, Rạch Giá là đô thị năng động bậc nhất ở ĐBSCL.

Dự án lấn biển mở rộng TP Rạch Giá khởi công năm 1997, có 5 khu tổng diện tích 420ha, trong đó diện tích lấn biển 360ha, diện tích cải tạo hiện trạng 60ha. Rạch Giá đặt mục tiêu phấn đấu đến năm 2025 đạt đô thị loại I, với tổng diện tích diện tích khoảng 13.885 ha, bao gồm diện tích TP Rạch Giá 10.446 ha và khoảng 3.440 ha diện tích lấn biển mới và phát triển các đảo trên không gian vịnh Rạch Giá (Các khu lấn biển mới khoảng 640 ha và các đảo nhân tạo khoảng 2.800 ha). (hình 3).



Hình 3. Quy hoạch chung TP Rạch Giá đến năm 2040 (nguồn quy hoạch chung).

4. MỘT SỐ TỒN TẠI THÁCH THỨC VỀ QUẢN LÝ KHÔNG GIAN, KIẾN TRÚC CẢNH QUAN MỞ RỘNG PHÁT TRIỂN KHÔNG GIAN LẤN BIỂN TP RẠCH GIÁ

- *Khung pháp lý:* Chưa quan tâm định hướng về phát triển bền vững cho đô thị. Quá trình quản lý đô thị không gian khu vực lấn biển (KVLB) chưa đầy đủ, văn bản pháp luật về quy hoạch KVLB chưa đề cập nhiều và chưa hoàn thiện.

+ Quy chế quản lý quy hoạch, không gian kiến trúc, hạ tầng đô thị KVLB chưa có hoặc đã có quy định nhưng thực hiện chưa tốt. Cơ chế chính sách về quy hoạch phát triển đô thị thiếu ổn định và đồng bộ khi triển khai thực hiện.

+ Khu vực lấn biển thiếu những chính sách phát triển và sự đồng bộ giữa chính sách về đất đai, xây dựng, giao thông, phân bổ nguồn lực tài chính để đầu tư hạ tầng chưa hợp lý.

+ Áp dụng tiêu chuẩn thiết kế quy hoạch thích ứng BĐKH chưa phù hợp với vùng địa lý tự nhiên KVLB. Đánh giá chưa đúng vai trò kinh tế ĐTVB và môi trường đô thị với tổ chức không gian mặt nước biển.

Quy hoạch khu lấn biển TP Rạch Giá (năm 1997) chất lượng thấp, thiếu gắn kết với các quy hoạch khác, một số tuyến đường có mặt cắt nhỏ, CVCX nhỏ lẻ và không gian chức năng sử dụng đất không phù hợp với việc mở rộng cơ sở HTKT thiết yếu về môi trường để xử lý nước thải, cần phải định hướng trong cải tạo tái thiết lại đô thị.

+ Sự phát triển mạnh mẽ các dự án nhỏ KVLB cũng tạo sự phát triển thiếu đồng bộ, thiếu kết nối với đô thị hiện hữu và làm cho khả năng hoàn thiện cấu trúc cảnh quan đô thị của các khu vực bị hạn chế.

Vấn đề phát triển bền vững về môi trường: chưa sử dụng điều kiện tự nhiên tích hợp và áp dụng vào quy hoạch, cấu trúc phát triển không gian biển, để thích ứng với BĐKH.

+ Những ảnh hưởng của đô thị hóa do hoạt động lấn biển đến môi trường khi phát triển các dự án kết hợp với mưa lớn gây ngập cục bộ các trục đường ven biển, làm biến đổi dòng chảy ở các khu vực gần cửa sông, đô thị hóa nhanh không chỉ tạo sức ép lên cơ sở hạ tầng đô thị mà còn ảnh hưởng lớn đến môi trường. Chất lượng hạ tầng đô thị KVLB chưa được tốt do tình trạng ngập úng khi mùa mưa đến kết hợp với nước biển dâng, ảnh hưởng đến mỹ quan và phát triển kinh tế đô thị ven biển.

Sự phân công, phối hợp nhiệm vụ quản lý nhà nước về PTĐT

chưa rõ ràng, thiếu chặt chẽ. Năng lực của cán bộ, công chức, viên chức quản lý đô thị còn yếu. Công tác thanh tra, kiểm tra, phát hiện xử lý sai phạm, tiêu cực chưa kịp thời và nghiêm minh.

Thiếu sự tham gia cộng đồng trong việc lập quy hoạch khu vực lấn biển, vai trò của cộng đồng chủ yếu phản ánh các vấn đề môi trường, hệ thống thoát nước.

** Giải pháp kinh nghiệm thực hiện:*

Để quản lý không gian công cộng, không gian xanh và hạ tầng đô thị cần xem xét các kinh nghiệm quốc tế với điều kiện tự nhiên, thúc đẩy hiệu quả các chính sách, giải pháp hoạt động lấn biển, kinh nghiệm thực tiễn cho thấy, giải pháp cải tạo tái thiết các KGCC và hạ tầng đô thị rất cần sự tham gia của cộng đồng, doanh nghiệp.

Quá trình lập quy hoạch đô thị các khu vực lấn biển cần phân tích các lợi thế yếu tố tự nhiên như: địa hình, khí hậu, thủy văn, mặt nước...

Hoàn thiện quy chế quản lý không gian kiến trúc cảnh quan và thiết kế đô thị trực ngang mặt đứng ven biển và các tuyến đường khu lấn biển, xác định các không gian kiến trúc nào là điểm nhấn... quy hoạch và thiết kế đô thị cần giải quyết vấn đề này.

Cấp quyền phát triển không gian hướng mở ra biển; cải tạo, tái thiết và quản lý hình thái kiến trúc các công trình nằm ở cạnh biên giáp biển và các cửa sông nhằm tạo bộ mặt kiến trúc đẹp nhìn từ biển. Ưu tiên giữ lại không gian mặt nước hiện có rừng ngập mặn ven biển, mở rộng không gian mặt nước kết hợp khơi thông, gia cố kênh rạch hiện hữu.

Bảo vệ cảnh quan môi trường, cải tạo lấn biển như đa dạng sinh học, đất, tài nguyên thiên nhiên, đảm bảo phát triển hội nhập và bền vững; bảo vệ người dân thông qua các biện pháp ứng phó với vấn đề về môi trường.

Tăng không gian mở, giảm diện tích bê tông, sử dụng vật liệu thấm tại vỉa hè, sân công trình, xây dựng công trình xanh tăng hệ số thấm nước trong đô thị. Lập các không gian cảnh quan mặt nước đô thị như là một chức năng thiết yếu trong đô thị, xây dựng hồ chứa liên thông hệ thống kênh mương để điều tiết lượng nước trong các khu vực nhằm giải quyết ngập lụt do mưa lớn và nước dâng.

Các không gian công viên cây xanh và mặt nước công cộng ven biển xây dựng quán ăn, nhà hàng.. gây ô nhiễm môi trường, cần phải thu hồi để đầu tư sử dụng không gian mặt nước để tổ chức thành vành đai xanh, công viên ven kênh cho cộng đồng và người dân tiếp cận. Phát triển hệ thống công viên cây xanh cấp đô thị và đơn vị ở, hệ thống cây xanh ven biển và các đảo nhân tạo.

Hoàn thiện chính sách về lấn biển: Luật Đất đai năm 2024 đã có hiệu lực, quy định về hoạt động lấn biển tại Điều 190. Để hoạt động lấn biển có hiệu lực thì hành theo đúng quy định, cần ban hành cụ thể như: Quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất đối với khu vực biển được xác định để lấn biển; lập, thẩm định, phê duyệt dự án đầu tư lấn biển hoặc hạng mục lấn biển của dự án đầu tư; giao đất, cho thuê đất, giao khu vực biển được xác định để lấn biển; nghiệm thu hoàn thành lấn biển; xác định tiền sử dụng đất, tiền thuê đất đối với diện tích đất lấn biển; cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất lấn biển; quy định xử lý chuyển tiếp đối với các trường hợp đã thực hiện nộp hồ sơ để nghị giao khu vực biển trước đây.

5. KẾT LUẬN

Kinh nghiệm phát triển không gian đô thị lấn biển tại TP Rạch Giá mang lại nhiều bài học quý giá về quản lý và mở rộng đô thị bền vững. Thành công trong việc chuyển đổi những vùng đầm lầy ngập nước thành trung tâm đô thị hiện đại không chỉ góp phần gia

tăng quỹ đất mà còn thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội và cải thiện đời sống dân cư. Cải tạo chỉnh trang tái thiết quy hoạch mở rộng không gian biển cần nghiên cứu đánh giá hiện trạng và phân tích các yếu tố ảnh hưởng, để đưa ra những dự báo cho phát triển đô thị và hạ tầng bền vững, mục tiêu cho khu vực này trở thành không gian đô thị có giá trị, mới tạo nên sự hấp dẫn và có giá trị đặc trưng của vùng đô thị ven biển.

Sự phối hợp, liên kết giữa các ngành cần phải chặt chẽ và hiệu quả hơn khi thực hiện quy hoạch. Để tránh chồng chéo, lãng phí các quy hoạch chuyên ngành khác, quy hoạch đô thị giữ vai trò chủ đạo, phối hợp đa ngành để đạt được hiệu quả về kinh tế, VH-XH. Sự tham gia của cộng đồng trong quá trình thực hiện quy hoạch và xây dựng được quy định rõ ràng.

Việc áp dụng mô hình đối đất lấy hạ tầng đã tạo động lực mạnh mẽ cho các dự án phát triển đô thị ven biển khác tại Việt Nam. Những bài học này sẽ giúp xây dựng các đô thị biển thông minh, linh hoạt và có khả năng thích ứng cao, đóng góp vào tầm nhìn phát triển bền vững của Việt Nam trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Chính trị (2022), Nghị quyết số 06-NQ/TW về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
- [2] Điều 189, 190, 191 Luật Đất đai ngày 18/1/2024 quy định về các hoạt động lấn biển, đất có mặt nước ven biển và đất bãi bồi ven sông, ven biển. Điều 190 về hoạt động lấn biển.
- [3] Tham luận "20 năm đô thị lấn biển TP Rạch Giá", Kỷ yếu Gặp gỡ mùa thu 2017 của Hội Kiến trúc sư Việt Nam
- [4] Kỷ yếu Hội thảo gặp gỡ mùa thu 2022 về "Phát triển bền vững không gian biển gắn với kinh tế biển vùng Tây Nam bộ"
- [5] UN Habitat (2015), Hướng dẫn quốc tế về quy hoạch đô thị và vùng lãnh thổ, Nairobi. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/04/ig-utp_vietnamese.pdf
- [6] Quy hoạch chung TP Rạch Giá đến năm 2040 phê duyệt Quyết định số 1024/QĐ-UBND ngày 18/4/2023 của UBND tỉnh Kiên Giang.
- [7] <https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/74015/chuyen-quyen-phan-trien-khong-gian-tdr--kinh-nghiem-quoc-te-va-kha-nang-ap-dung-tai-viet-nam.aspx>.
- [8] <https://www.greenplan.gov.sg/> (The Singapore Green Plan 2030, or the Green Plan).
- [9] <https://www.nparks.gov.sg/> A Singapore Government Agency Website.
- [10] Abai-Diba, Bahman, "Legal Regime of the Artificial Islands in the Persian Gulf", *Soochow Law Journal* 6 (2009), pp. 2220-300.
- [11] Anning Suo, Yonghai Yu, *Research on Management Technology of Sea Area Reclamation*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2022.

Tích hợp phương pháp phần tử hữu hạn với các thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu để giải kết cấu dàn không gian

Integrating finite element method with multi-objective metaheuristic optimization algorithms for solving space truss structures

> **KS NGUYỄN NGÔ CÔNG PHÁP, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT^{2*}, PGS. TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN³, THS LÊ THỊ THÙY LINH⁴**

¹HVCH Ngành Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Kiến trúc TP.HCM, Email: 22xd08@uah.edu.vn

²GV Khoa Xây dựng, Trường ĐH Kiến trúc TP.HCM,

³GV Khoa Xây dựng, Trường ĐH Kiến trúc TP. HCM, Email: tuan.nguyenhuuanh@uah.edu.vn

⁴GV Khoa Sư phạm Công nghiệp, ĐH Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng; Email: lttlinh@ute.udn.vn

*Corresponding author, Email: nhat.truongdinh@uah.edu.vn

TÓM TẮT

Tối ưu hóa kết cấu công trình luôn là đề tài được quan tâm trong quá trình thiết kế của các kỹ sư xây dựng. Nghiên cứu này trình bày các bước để thực hiện thông qua việc áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với các thuật toán tối ưu hóa phổ biến hiện nay. Việc so sánh mức độ hiệu quả của các thuật toán NSGA-II, MOPSO, MOEA/D và MOJS sẽ được khảo sát trên các ví dụ công trình điển hình. Kết quả cho thấy thuật toán MOJS cho kết quả tính toán ổn định và nhanh hơn các thuật toán còn lại. Kết quả nghiên cứu sẽ đề xuất thêm cho các kỹ sư thiết kế nhiều sự lựa chọn và cân nhắc khi lựa chọn thuật toán tối ưu hóa kết cấu công trình

Từ khóa: Đa mục tiêu; tối ưu kết cấu; kết cấu thép; MOJS; Meta-heuristic.

ABSTRACT

Structural optimization has always been a topic of interest in the design process of construction engineers. This study outlines the steps to implement the process by applying the finite element method combined with currently popular optimization algorithms. The effectiveness of the NSGA-II, MOPSO, MOEA/D, and MOJS algorithms will be examined using representative structural examples. The results indicate that the MOJS algorithm provides more stable and faster computational performance than the other algorithms. The findings of this study offer engineers additional options and considerations when selecting optimization algorithms for structural design

Keywords: Multi objective; structural optimization; steel structure; MOJS; Meta-heuristic.

1. GIỚI THIỆU

Việc tối ưu hóa trong thiết kế công trình thép thu hút sự quan tâm ngày càng lớn khi tổng giá thành hay khối lượng của công trình thường được tối thiểu hóa dựa trên biến thiết kế là diện tích tiết diện điển hình của các cấu kiện [1]. Không chỉ dừng lại ở các mục tiêu đơn lẻ, các bài toán tối ưu hóa thực tế phải giải quyết nhiều vấn đề cùng lúc [2]. Trong nhiều trường hợp, việc tìm giá trị tối ưu của các yếu tố liên quan là rất khó khăn, vì vậy không thể sử dụng phương pháp chính xác mà phải áp dụng metaheuristic - một giải pháp cao cấp hơn cho bài toán tìm kiếm hoặc tối ưu hóa vấn đề.

Trong vài thập kỷ vừa qua, nhiều thuật toán metaheuristic đã được phát triển và chúng được lấy cảm hứng từ các quá trình tự nhiên hoặc con người. Những thuật toán này được phân loại theo mô hình lấy cảm hứng từ thiên nhiên tương ứng, ví dụ có thể kể đến

như mô hình lấy cảm hứng cho các thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO - Particle swarm optimization), tối ưu hóa đàn kiến (ACO - Ant Colony Optimization), thuật toán đàn ong nhân tạo (ABC - Artificial Bee Colony), thuật toán tìm kiếm sứa (JS - Jellyfish Search).

Đi cùng với việc sáng tạo ra các thuật toán thì việc đối chiếu với các thuật toán khác để kiểm tra tính hiệu quả của từng thuật toán cũng là việc tất yếu. Trong quá trình so sánh, các tác giả cũng đề xuất những thuật toán nâng cấp để nâng cao hiệu quả tối ưu, đồng thời giảm thời gian tìm được kết quả. Năm 2016, I. Aydogdu, A. Akin và M. P. Saka [3] đề xuất thuật toán LFABC (Artificial bee colony algorithm with Levy flight distribution) khi so sánh với các thuật toán S-ABC, DHS và ACO, các tác giả nhận ra khi áp dụng cả bốn thuật toán trên mô hình khung thép không gian 8 tầng, 1024 thanh thì thuật toán LFABC cho kết quả nhẹ hơn 25,2% so với thiết kế tối ưu được tìm thấy bởi thuật toán ACO.

Tiếp theo, năm 2020 và năm 2022, hai tác giả là Jui-Sheng Chou và Trương Đình Nhật [4, 5] đã đề xuất hai thuật toán MOJS (Multi-objective Jellyfish Search) và MOFBI (Multi-objective forensic-based investigation) để đối chiếu với các thuật toán khác. Các kết quả cho thấy thuật toán MOJS vượt trội ở hầu hết các chỉ số khi thực hiện kiểm tra 20 tiêu chí khác nhau trên nhiều ví dụ giàn thép, điều tương tự với thuật toán MOFBI.

Hiện nay trong nước chưa có nhiều các nghiên cứu về tối ưu hóa đa mục tiêu, nhất là các bài toán tối ưu hóa kết cấu công trình. Các nghiên cứu tối ưu hóa phổ biến trong nước hiện nay xoay quanh việc áp dụng các thuật toán tối ưu hóa đơn lẻ để tối ưu hóa từ đơn mục tiêu sang đa mục tiêu [6-8], tuy nhiên các so sánh thuật toán vẫn chỉ dừng ở các ví dụ đơn mục tiêu. Vì vậy nghiên cứu này sẽ cung cấp góc nhìn về việc đối chiếu các thuật toán tối ưu hóa phổ biến hiện nay thông qua các bài toán đa mục tiêu.

2. CƠ SỞ KHOA HỌC

2.1. Phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) [9] được áp dụng để tính toán lực dọc trục (hoặc ứng suất phần tử) của kết cấu dàn 3D, được trình bày như một phương trình độ cứng tổng thể như công thức (1-3):

$$\{F\} = [K]\{d\} \quad (1)$$

Định luật Hooke tính toán ứng suất trục của mỗi phần tử (σ_x) như sau

$$\sigma_x = E \varepsilon_x \quad (2)$$

Do đó, lực trục của mỗi phần tử (T) được tính bằng công thức sau:

$$T = A \sigma_x \quad (3)$$

Trong đó: $\{F\}$ là lực nút tổng thể, $[K]$ là ma trận độ cứng tổng thể, $\{d\}$ là chuyển vị nút tổng thể, E là mô đun đàn hồi, ε là biến dạng dọc trục, A là diện tích mặt cắt ngang

2.2. Các lý thuyết tối ưu hóa điển hình

Bài báo sẽ thực hiện so sánh 4 thuật toán tối ưu hóa sau: NSGA-II, MOPSO, MOEA/D và MOJS

2.2.1. Thuật toán NSGA-II

Thuật toán tối ưu NSGA-II được Kalyanmoy Deb và các cộng sự đề xuất vào năm 2002 [10]. Thuật toán NSGA-II áp dụng phương pháp phân loại không bị chi phối để thực hiện gán trị thích nghi. Một cá thể được xem là chiếm ưu thế so với cá thể khác nếu: 1- giải pháp của nó không kém hơn giải pháp của cá thể kia ở mọi mục tiêu, 2- giải pháp của nó vượt trội hơn giải pháp của cá thể kia ở ít nhất một mục tiêu. Tất cả các cá thể không bị bất kỳ cá thể nào khác thống trị được xếp vào nhóm một, lần lượt đến các nhóm 2, 3... [11]

2.2.2. Thuật toán MOPSO

Thuật toán tối ưu MOPSO được Carlos A. Coello Coello và Maximino Salazar Lechuga đề xuất vào năm 2002 [12] lấy cảm hứng từ hành vi bầy đàn trong tự nhiên. Thuật toán mô phỏng hành vi xã hội của các bầy đàn điển hình là loài chim, bằng cách kết hợp kinh nghiệm bản thân và xã hội thì bầy chim học cách tiếp cận mục tiêu thức ăn của chúng. Chúng liên tục điều chỉnh vị trí bản thân trong bầy đàn để tối ưu hóa vị trí toàn cục, từ đó tự tổ chức lại thành một cấu trúc tối ưu. [13]

2.2.3. Thuật toán MOEA/D

Thuật toán tối ưu MOEA/D được Qingfu Zhang và Hui Li đề xuất vào năm 2007 [14], thuật toán dựa trên quá trình phân rã. Mục tiêu của bài toán tối ưu hóa thông qua MOEA/D là phân rã một bài toán đa mục tiêu (MOP) thành một số bài toán tối ưu hóa đơn mục tiêu thông qua các hàm tổng hợp và sử dụng các thuật toán tiến hóa khác để tối ưu chúng cùng một lúc. Vì các giải pháp tối ưu của mỗi bài toán con đã được chứng minh là pareto tốt nhất đối với bài toán đa mục tiêu ban đầu nên tập hợp các giải pháp tối ưu của các bài toán con được xem là xấp xỉ tốt của pareto tốt nhất [15].

2.2.4. Thuật toán MOJS

Thuật toán tối ưu MOJS được Jui-Sheng Chou và Trương Đình Nhật đề xuất vào năm 2020 [18]. Thuật toán lấy cảm hứng từ chuyển động của loài sứa biển - thứ bị chi phối bởi ngoại cảnh. Mặc dù có khả năng bơi nhưng sứa lại chủ yếu trôi trong nước, tùy thuộc vào dòng chảy và thủy triều, khi gặp điều kiện thuận lợi thì chúng kết thành đàn lớn và phát triển nhanh chóng. Vì là loài sinh vật bơi yếu nên hoạt động của chúng gắn liền với hải lưu, cùng với số lượng thức ăn tại các địa điểm sứa ghé thăm khác nhau, tất cả định hình được hướng di chuyển và tập trung tối ưu của loài sứa trên khắp đại dương [16].

2.3. Các phương pháp đánh giá

2.3.1. Chỉ số thể tích siêu hình (HV - Hypervolume index)

Thể tích của không gian mục tiêu được bao phủ bởi các thành của tập hợp các giải pháp không bị chi phối (A) được gọi là chỉ số thể tích siêu hình (HV) [17]. Một hypercube v_i với một điểm tham chiếu được tạo ra về mặt toán học cho mỗi giải pháp $i \in A$. HV được tính bằng công thức (4):

$$HV = volum \left(\bigcup_{i=1}^A v_i \right) \quad (4)$$

HV cung cấp thông tin về cả sự hội tụ và sự đa dạng của tập A; một thuật toán tốt hơn có giá trị HV lớn hơn.

2.3.2. Chỉ số khoảng cách (SP - Spacing)

Chỉ số SP là phương sai của khoảng cách giữa các vector lân cận, như sau:

$$SP = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{d}'_i - d'_i)^2} \quad (5)$$

Trong đó:

$$d'_i = \begin{cases} k \in Ps \\ k \neq i \end{cases} \min \sum_{m=1}^M |f_m^i - f_m^k| \quad (6)$$

SP biểu thị độ lệch chuẩn của khoảng cách giữa các giải pháp không bị chi phối i và k . Ps là tập hợp các giải pháp không bị chi phối, \bar{d}'_i là giá trị trung bình của tất cả các d'_i và n là số lượng vector không bị chi phối đã được khám phá cho đến nay (công thức (5), (6)). Sự phân phối đồng đều của các giải pháp tương ứng với giá trị SP nhỏ hơn.

2.4. Áp dụng thuật toán tối ưu hóa để giải quyết vấn đề kết cấu

Các phương trình sau đây sử dụng để giải quyết bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu của một kết cấu với nm phần tử (trong ng nhóm) và nm nút [18] (công thức (12-15)).

Tìm $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{nm}\}$ sao cho

Tối thiểu hóa:

$$\begin{cases} f_1(A) = \sum_{i=1}^{nm} A_i \rho_i L_i \\ f_2(A) = \max(|\delta_j|) \end{cases} \quad (7)$$

Với điều kiện:

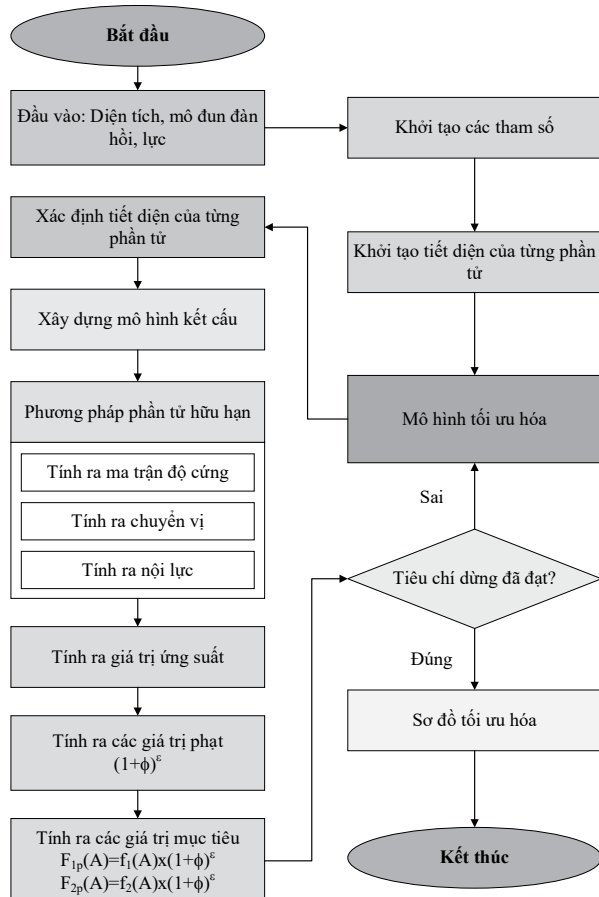
$$\sigma_{ci} \leq \sigma_i \leq \sigma_{ti}, \quad i = 1, 2, \dots, nm \quad (8)$$

$$\delta_{min} \leq \delta_j \leq \delta_{max}, \quad j = 1, 2, \dots, ng \quad (9)$$

$$A_{min} \leq A_k \leq A_{max}, \quad k = 1, 2, \dots, ng \quad (10)$$

$$\lambda_i \leq \lambda_{igh}, \quad k = 1, 2, \dots, nm \quad (11)$$

Trong đó A là vector các biến kích thước, $f_1(A)$ là trọng lượng của kết cấu; $f_2(A)$ là độ lệch tối đa của nút trong kết cấu. δ_j là độ lệch của nút thứ j; ρ_i là mật độ vật liệu của phần tử thứ i; A_i là diện tích mặt cắt ngang của phần tử thứ i, có thể thay đổi từ A_{min} đến A_{max} , và λ_i là độ mảnh của phần tử thứ i, được giới hạn bởi λ_{igh} .



Hình 1. Khung tối ưu hóa metaheuristic để giải quyết các vấn đề thiết kế kết cấu Degertekin và cộng sự đã đề xuất một hàm phạt F_p để xử lý các điều kiện ràng buộc trong bài toán tối ưu hóa việc tối thiểu hóa hàm mục tiêu $f(A)$.

$$F_p = f(A) \times (1 + \phi)^\epsilon \quad (12)$$

Trong đó: ϕ là tổng các số phạt, được định nghĩa như sau:

$$\phi = \sum_{i=1}^q \phi_i \quad (13)$$

$$\phi_i = \left| 1 - \frac{p_i}{p_i^*} \right| \quad (14)$$

Trong đó ϕ_i là mức độ vi phạm ràng buộc với giới hạn là p_i^* và q là số lượng ràng buộc hoạt động. Số mũ trong hàm phạt ϵ là hàm số biểu thị số lần lặp và được cho bởi:

$$\epsilon = \epsilon_0 \left(1 + \frac{t}{Max_{iter}} \right) \quad (15)$$

Giá trị ban đầu ϵ_0 có thể được đặt từ 1,001 đến 10000 [19] và được đặt thành 2 trong trường hợp này.

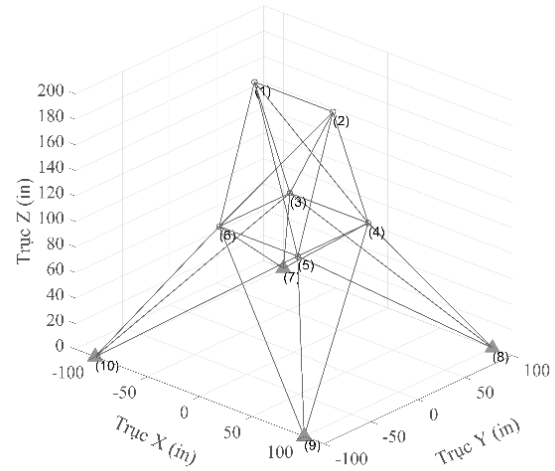
Hình 1 mô tả quy trình thực hiện mô hình tối ưu hóa kết cấu từ lúc nhận được các tham số ban đầu đến lúc hoàn thành biểu đồ pareto tốt nhất. Trong nghiên cứu này, MOJS và các thuật toán khác sẽ được tính toán trên phần mềm MATLAB R2022b bằng máy tính với chip Intel(R) Core i7-7700HQ, tốc độ xung nhịp 2.80 GHz, RAM 16GB và Windows 10.

3. VÍ DỤ ĐIỂN HÌNH

3.1. Giàn 25 thanh

Bài toán tháp không gian 25 thanh được mô tả trong hình 2. Mật độ vật liệu, mô đun đàn hồi và giới hạn ứng suất của các thành phần trong kết cấu này tương ứng là 0.1 lb/in³, 10000 ksi và ±40000 psi. Tất cả các nút của kết cấu phải chịu giới hạn dịch chuyển là ±0.35

(in) theo các hướng X, Y và Z và tải trọng tại các nút được đặt thành $P1x = 1$ kips, $P3x = 0.5$ kips, $P6x = 0.6$ kips, $P1y = P1z = P2y = P2z = -10$ kips. Các thành phần của kết cấu được chia thành tám nhóm: (1) A1, (2) A2 - A5, (3) A6 - A9, (4) A10 - A11, (5) A12 - A13, (6) A14 - A17, (7) A18 - A21 và (8) A22 - A25. Các khu vực mặt cắt ngang rời rạc, bao gồm trong ví dụ với ví dụ tám biến tối ưu hóa, được chọn từ tập hợp $D = \{0.1, 0.2, 0.3 \dots 2.3, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4\}$ (in²) là diện tích cốt thép chịu kéo và $x1$ là diện tích tiết diện mặt cắt ngang) nên hai biến $x6$ và $x9$ sẽ bị loại ra trong khi xây dựng mô hình. [16]



Hình 2. Mô hình giàn 25 thanh

Bảng 1 thể hiện kết quả thống kê của giá trị HV. Qua đó cho thấy rằng thuật toán ngoại trừ MOEA/D cho kết quả trung bình HV thấp nhất thì 3 thuật toán còn lại đều có giá trị xấp xỉ nhau, tuy nhiên phương sai của MOJS là nhỏ nhất (std = 0.0061). Điều này cho thấy rằng MOJS có khả năng tìm ra đường pareto tốt nhất có phân bố cao nhất và ổn định nhất.

Bảng 1. Giá trị HV giải kết cấu 25 thanh

	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	0.9980	0.7853	0.7970	0.0380
MOPSO	0.9416	0.7777	0.7987	0.0377
MOJS	0.7877	0.7672	0.7804	0.0061
MOEA/D	0.9852	0.2103	0.4882	0.2072

Tiếp theo, bảng 2 thể hiện kết quả thống kê của giá trị SP. Kết quả phân tích cho thấy rằng MOJS là thuật toán duy nhất không ra kết quả SP = 0, đồng thời giá trị trung bình và phương sai đều nhỏ, vì thế phân phối kết quả các giá trị tìm ra của thuật toán MOJS là tốt nhất.

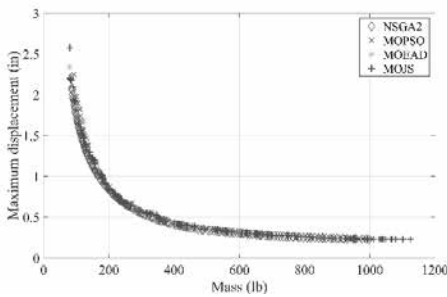
Bảng 2. Giá trị SP giải kết cấu 25 thanh

	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	3.5710	0.0000	2.7287	0.5825
MOPSO	132.8134	0.0000	9.1176	23.3957
MOJS	4.2625	2.0436	2.8884	0.5492
MOEA/D	21.8276	0.0000	2.4571	4.9749

Bảng 3. Thời gian trung bình bài kết cấu 25 thanh (giây)

NSGA-II	MOPSO	MOJS	MOEA/D
108.12	30.20	30.81	126.69

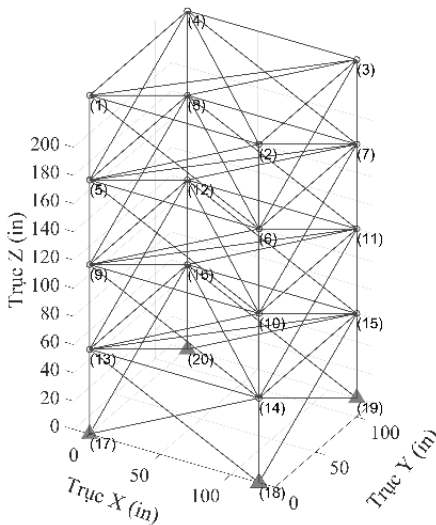
Kết quả pareto front tốt nhất được thể hiện trong hình 3, bao gồm pareto tốt nhất của 4 thuật toán. Trong bài toán 25 thanh thì thuật toán MOJS cho biểu đồ tìm kiếm có độ phủ rộng nhất (HV tốt nhất) và mật độ các giá trị thấp nhất (SP tốt nhất). Đồng thời kết quả trong bảng 3 cho thấy thời gian xử lý của MOJS (30.81s) thấp hơn nhiều so với NSGA-II (108.12s) và MOEA/D (126.69s). Điều này minh chứng MOJS là thuật toán thực hành tốt để xử lý bài toán này.



Hình 3. Kết quả tối ưu Pareto tốt nhất

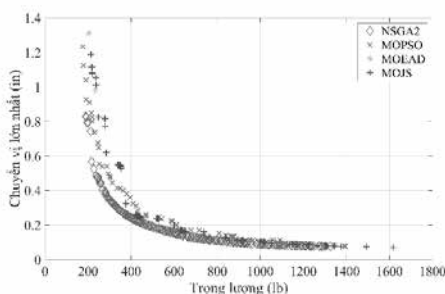
3.2. Giàn 72 thanh

Tiếp theo là bài toán kết cấu giàn không gian 72 thanh được mô tả như trong hình 4. Mật độ vật liệu là 0.1 lb/in³ và mô đun đàn hồi là 10000 ksi. Các phần tử phải chịu ứng suất trong phạm vi ±25 ksi. Các phần tử của kết cấu được thành 16 nhóm: (1) A₁ – A₄, (2) A₅ – A₁₂, (3) A₁₃ – A₁₆, (4) A₁₇ – A₁₈, (5) A₁₉ – A₂₂, (6) A₂₃ – A₃₀, (7) A₃₁ – A₃₄, (8) A₃₅ – A₃₆, (9) A₃₇ – A₄₀, (10) A₄₁ – A₄₈, (11) A₄₉ – A₅₂, (12) A₅₃ – A₅₄, (13) A₅₅ – A₅₈, (14) A₅₉ – A₆₆, (15) A₆₇ – A₇₀, (16) A₇₁ – A₇₂. Tập tiết diện là D = {0.1, 0.2, 0.3...2.5} (in²). Tải trọng trên kết cấu trường hợp 1: F_{1x} = F_{1y} = 5 kips và F_{1z} = -5 kips, và tải trọng trường hợp 2: F_{2z} = F_{3z} = F_{4z} = -5 kips. [9]



Hình 4. Mô hình giàn 72 thanh

Kết quả HV được thể hiện trong bảng 4, giá trị trung bình của thuật toán MOEA/D vẫn thấp hơn so với giá trị xấp xỉ nhau của 3 thuật toán còn lại. Về phương sai, thuật toán MOJS có phương sai nhỏ nhất, chứng tỏ các giá trị biểu đồ trong nhiều trường hợp của thuật toán MOJS luôn ổn định, các giá trị của NSGA-II dù cho kết quả bao phủ tốt nhưng vẫn xuất hiện nột vài trường hợp bị lệch nhiều so với vùng xuất hiện chính của các trường hợp. Dù vậy ta vẫn có thể xem NSGA-II và MOJS là 2 thuật toán cho kết quả tốt với ví dụ này.



Hình 5. Kết quả tối ưu Pareto tốt nhất

Bảng 4. Giá trị HV giải kết cấu 72 thanh

	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	1.0000	0.8042	0.9672	0.0618
MOPSO	0.9199	0.8058	0.8297	0.0235
MOJS	0.8303	0.7744	0.8047	0.0141
MOEA/D	0.9641	0.1017	0.4524	0.2432

Nhìn vào bảng 5, dễ nhận thấy giá trị SP của MOEA/D trải từ cận nhỏ nhất bằng 0 đến cận lớn nhất bằng 1, không những vậy các giá trị của thuật toán này cũng gần như đều bằng 0. Cả thuật toán NSGA-II và thuật toán MOPSO cũng xuất hiện các giá trị bằng 0 trong một vài ví dụ, như vậy mức độ ổn định của MOJS là cao hơn so với các thuật toán còn lại trong ví dụ này. Không những vậy, giá trị SP của MOJS nhìn chung cũng nhỏ nhất so với các thuật toán còn lại nếu không tính đến giá trị lý tưởng bằng 0 của các thuật toán còn lại.

Trong bài toán giàn 72 thanh, thuật toán MOJS tỏ ra tốt hơn khi xét đến giá trị SP của mỗi thuật toán, giá trị HV cũng thuộc nhóm thuật toán tốt. Không những vậy, khi xét đến giá trị thời gian thì MOJS (40.26s) cũng tỏ ra tốt hơn so với NSGA-II (135.60s) và MOEA/D (119.96s). Như vậy, MOJS vẫn tốt nhất trong 4 thuật toán để xử lý bài toán này.

Bảng 5. Giá trị SP giải kết cấu 72 thanh

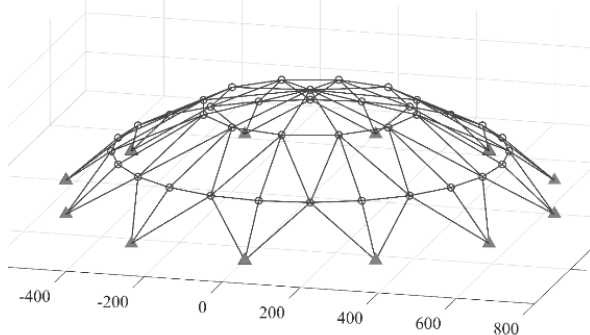
	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	21.2950	0.0000	1.0069	3.9383
MOPSO	20.1218	0.0000	13.3529	3.8931
MOJS	18.2302	1.8723	7.7773	4.3633
MOEA/D	25.9638	0.0000	3.0443	7.1609

Bảng 6. Thời gian trung bình bài kết cấu 72 thanh (giây)

NSGA-II	MOPSO	MOJS	MOEA/D
135.60	45.60	40.26	119.96

3.3. Mái vòm 120 thanh

Bài toán giảm thiểu trọng lượng của mái vòm 120 thanh ban đầu được nghiên cứu bởi hai nhà khoa học Soh và Yang vào năm 1996 (thể hiện trong hình 6). Hai mục tiêu chính của bài toán này là giảm thiểu tổng trọng lượng kết cấu và giảm thiểu sự chuyển vị tối đa của tất cả các nút theo mọi hướng. Mái vòm chịu tải trọng thẳng đứng -13.49 kips (60kN) tại nút 1, -6.744 kips (30kN) tại nút 2 đến nút 14 và -2.248 kips (10kN) tại các nút còn lại. Giới hạn dưới và trên diện tích mặt cắt ngang của các thanh lần lượt là 0.775 in² và 20.0 in². Các thành phần kết cấu được chia làm 7 nhóm (1) A₁ – A₁₂, (2) A₁₃ – A₂₄, (3) A₂₅ – A₄₈, (4) A₄₉ – A₆₀, (5) A₆₁ – A₈₄, (6) A₈₅ – A₉₆, (7) A₉₇ – A₁₂₀. Mô đun đàn hồi, ứng suất chảy và mật độ vật liệu tương ứng là E = 30450 ksi, F_y = 58 ksi và ρ = 0.288 lb/in³. Ứng suất kéo và nén và độ mảnh cho phép được ước tính dựa trên các thông số kỹ thuật AISC-ASD [4]



Hình 6. Mô hình giàn 120 thanh

Kết quả HV được thể hiện trong bảng 7, tương tự như 2 ví dụ trên thì giá trị trung bình của thuật toán MOEA/D lần nữa chỉ tìm ra các miền giá trị thấp hơn so với giá trị xấp xỉ nhau của 3 thuật toán

còn lại. Về phương sai, với giá trị chỉ rơi vào 0.0012 thì NSGA-II tạo được vùng giá trị rất gần nhau giữa các lần xử lý với nhau, không những vậy, giá trị lớn nhất và nhỏ nhất cũng là tốt nhất. Ta có thể kết luận là HV của NSGA-II khi xét đến bài toán 120 thanh này cho giá trị tốt nhất.

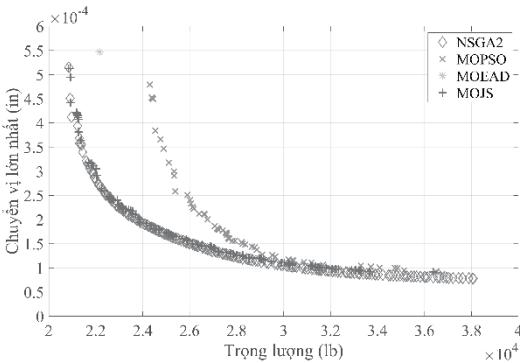
Bảng 7. Giá trị HV giải kết cấu 120 thanh

	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	0.4776	0.4721	0.4750	0.0012
MOPSO	0.4268	0.3084	0.3832	0.0267
MOJS	0.4687	0.3810	0.4451	0.0172
MOEA/D	0.3511	0.0512	0.1406	0.0918

Bảng 8. Giá trị SP giải kết cấu 120 thanh

	Max	Min	Avg.	Std.
NSGA-II	96.7592	34.6822	48.4876	14.4835
MOPSO	833.0958	21.4837	316.2612	177.6477
MOJS	602.4524	0.8584	82.0493	121.4704
MOEA/D	125.7937	0.0000	9.1911	28.7990

Thông số trong bảng 8 cho thấy giá trị SP của MOPSO trải từ cận nhỏ gần bằng 0 đến cận lớn nhất bằng 1, còn thuật toán MOEA/D gần như chỉ cho ra các giá trị SP bằng không. Thuật toán NSGA-II và MOJS nhìn chung cho kết quả ổn định hơn và thấp. Nếu so đến phương sai Std thì NSGA-II (14.48) cho kết quả phương sai tốt hơn MOJS (121.47) nên về giá trị SP thì NSGA-II vẫn tỏ ra ổn định.



Hình 7. Kết quả tối ưu Pareto tốt nhất

Bảng 9. Thời gian trung bình bài kết cấu 120 thanh (giây)

NSGA-II	MOPSO	MOJS	MOEA/D
176.54	67.41	76.23	103.44

Trong bài toán mái vòm 120 thanh, thuật toán NSGA-II tỏ ra tốt hơn. Kết quả pareto tốt nhất trong hình 7 dễ dàng nhận thấy độ phủ HV và khoảng cách giữa các điểm (giá trị SP) của NSGA-II là tốt nhất. Tuy nhiên, khi xem xét đến thời gian thực thi tối ưu hóa (bảng 9) thì thuật toán MOJS (76.23s) lại tỏ ra tốt hơn hẳn so với thời gian xử lý của thuật toán NSGA-II (176.54s) và thuật toán MOEA/D (103.44s). Xét đến tính ứng dụng hiệu quả về mặt thời gian, thì ta vẫn xem thuật toán MOJS (giá trị tốt thứ hai trong ví dụ này) cho kết quả hiệu quả nhất.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng một khung giải tối ưu hóa kết cấu đa mục tiêu với điều kiện ứng suất, chuyển vị và độ mảnh của công trình dàn thép không gian. Nghiên cứu đã thực hiện so sánh 4 thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu cho những ví dụ cụ thể. Ứng với mỗi ví dụ, sẽ cho ra các đường pareto tốt nhất ứng với mỗi thuật toán, đồng thời kiểm tra ứng suất các thanh ứng với điểm nguy hiểm nhất của mỗi thuật toán tìm được.

Kết quả phân tích đã chỉ ra rằng không phải thuật toán tối ưu hóa nào cũng có thể xử lý các bài toán kết cấu một cách hiệu quả. Các thuật toán cũng đôi khi tạo ra sai số lớn về vị trí điểm tìm được

trong những lần thực hiện lại. Thuật toán MOJS được phát triển sau này đã tỏ rõ tính ưu việt hơn so với các thuật toán tiền nhiệm khi đã có thể: 1- Luôn xử lý số liệu trong thời gian nhanh nhất, 2- Nhanh chóng tìm được các điểm tối ưu của các ví dụ, 3- Tính đồng đều, ổn định của các lần thực hiện trong các ví dụ là cao hơn hẳn các thuật toán còn lại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N. T. T. Thúy, C. T. Sơn, and T. V. Hùng, "Tối ưu khối lượng khung thép sử dụng phân tích trực tiếp và thuật toán tiến hóa vi phân tự thích ứng," *Tạp chí Xây dựng*, pp. 162-167, 2023.

[2] D. Zouache, Y. Ould Arby, F. Nouioua, and F. Ben Abdelaziz, "Multi-objective chicken swarm optimization: A novel algorithm for solving multi-objective optimization problems," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 129, pp. 377-391, 2019.

[3] İ. Aydođdu, A. Akin, and M. P. Saka, "Design optimization of real world steel space frames using artificial bee colony algorithm with Levy flight distribution," *Advances in engineering software*, vol. 92, pp. 1-14, 2016.

[4] J.-S. Chou and D.-N. Truong, "Multiobjective forensic-based investigation algorithm for solving structural design problems," *Automation in Construction*, vol. 134, p. 104084, 2022.

[5] J.-S. Chou and D.-N. Truong, "Multiobjective optimization inspired by behavior of jellyfish for solving structural design problems," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 135, p. 109738, 2020.

[6] M. S. Hùng, "Nghiên cứu bài toán tối ưu đa mục tiêu khung thép sử dụng phân tích trực tiếp," *Tạp chí xây dựng*, vol. 13, no. 3, pp. 86-89, 2023.

[7] T. A. Bảo and B. Đ. Năng, "Sử dụng thuật toán tối ưu bầy đàn thiết kế tối ưu trọng lượng dầm liên hợp thép-bê tông theo tiêu chuẩn Eurocode 4," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, vol. 13, no. 03, pp. 77-81, 2023.

[8] N. H. Kỳ and L. M. Hoàng, "Tối ưu kết cấu dàn thép sử dụng thuật toán bầy sói xám," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, vol. 12, no. 02, pp. 27-32, 2022.

[9] T. D. Nhat and J.-S. Chou, "Integrating enhanced optimization with finite element analysis for designing steel structure weight under multiple constraints," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 29, no. 8, pp. 757-786-757-786, 2023.

[10] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," *IEEE transactions on evolutionary computation*, vol. 6, no. 2, pp. 182-197, 2002.

[11] S. Kannan, S. Baskar, J. D. McCalley, and P. Murugan, "Application of NSGA-II algorithm to generation expansion planning," *IEEE Transactions on Power systems*, vol. 24, no. 1, pp. 454-461, 2008.

[12] C. C. Coello and M. S. Lechuga, "MOPSO: A proposal for multiple objective particle swarm optimization," in *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02 (Cat. No. 02TH8600)*, 2002, 2: IEEE, pp. 1051-1056.

[13] M. Jain, V. Saijpal, N. Singh, and S. B. Singh, "An overview of variants and advancements of PSO algorithm," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 17, p. 8392, 2022.

[14] Q. Zhang and H. Li, "MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition," *IEEE Transactions on evolutionary computation*, vol. 11, no. 6, pp. 712-731, 2007.

[15] W. Zheng, Y. Tan, L. Meng, and H. Zhang, "An improved MOEA/D design for many-objective optimization problems," *Applied Intelligence*, vol. 48, pp. 3839-3861, 2018.

[16] J.-S. Chou and D.-N. Truong, "A novel metaheuristic optimizer inspired by behavior of jellyfish in ocean," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 389, pp. 125-535, 2021.

[17] J. J. Durillo and A. J. Nebro, "jMetal: A Java framework for multi-objective optimization," *Advances in Engineering Software*, vol. 42, no. 10, pp. 760-771, 2011.

[18] S. O. Degertekin, L. Lamberti, and I. B. Ugur, "Discrete sizing/layout/topology optimization of truss structures with an advanced Jaya algorithm," *Applied Soft Computing*, vol. 79, pp. 363-390, 2019.

[19] J.-S. Chou and N.-M. Nguyen, "FBI inspired meta-optimization," *Applied Soft Computing*, vol. 93, p. 106339, 2020.

Xây dựng mô hình hỗ trợ báo giá đấu thầu phần kết cấu thép tại Việt Nam

Developing a steel structure bidding support model in Vietnam

> PHAN QUỐC THÁI^{1,3*}, LÊ ANH TUẤN^{2,3}, HỒ THỊ QUỲNH CHÂU⁴, VÕ TIẾN ĐẠT⁵

¹Bộ môn TC&QLXD, Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Bách khoa TP.HCM

²Bộ môn VLXD, Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Bách khoa TP.HCM

³Đại học Quốc gia TP.HCM

⁴Kiểm toán nhà nước khu vực 13

⁵Công ty TNHH Kirby Đông Nam Á

*Tác giả liên hệ: phanquocthai@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Sự phát triển mạnh mẽ của các khu công nghiệp (KCN) tại Việt Nam làm gia tăng cạnh tranh trong lĩnh vực xây dựng kết cấu thép nhà xưởng. Nghiên cứu được xây dựng để góp phần hỗ trợ nhà thầu trong việc ước tính chi phí xây dựng kết cấu thép nhà xưởng, phục vụ công tác báo giá dự thầu cũng như tạo cơ sở để so sánh chi phí giữa các phương án xây dựng nhà xưởng. Nghiên cứu đã đưa ra 16 nhân tố ảnh hưởng chính và xây dựng một mô hình ước lượng chi phí ứng dụng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) trên phần mềm Rapidminer Studio dựa trên nguồn dữ liệu 40 dự án đã thực hiện. Đóng góp của nghiên cứu nhằm tiết kiệm thời gian và tăng tính chính xác cho việc báo giá dự thầu kết cấu thép nhà xưởng và tạo cơ sở tiền đề cho các nghiên cứu sau này.

Từ khóa: Kết cấu thép; nhà xưởng; ước tính chi phí; đấu thầu; mạng nơ-ron nhân tạo (ANN).

ABSTRACT

The strong development of industrial parks in Vietnam has increased competition in the field of steel structure workshop construction. This research is conducted to assist contractors in estimating the cost of constructing steel structure workshops, serving the bidding process as well as providing a basis for comparing costs between different workshop construction options. The study identified 16 main influencing factors and built a cost estimation model applying an artificial neural network (ANN) model on Rapidminer Studio software based on data from 40 completed projects. The contribution of the research is to save time and increase accuracy for bidding on steel structure workshops and create a premise for future studies.

Keywords: Steel structure; factory; cost estimation; bidding; Artificial Neural Network (ANN).

1. GIỚI THIỆU

Trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam, thép và bê tông cốt thép luôn được xem là những loại vật liệu xây dựng quan trọng. Với việc được ứng dụng rộng rãi trên toàn cầu, kết cấu thép đã du nhập và phát triển mạnh mẽ tại Việt Nam trong hơn ba thập kỷ qua. Sự tham gia của các nhà thầu quốc tế đóng vai trò quan trọng trong quá trình này. Những ưu điểm vượt trội của kết cấu thép đã khẳng định vai trò của nó, trở thành lựa chọn ưu tiên trong nhiều hạng mục công trình như nhà xưởng, nhà nhịp lớn và các công trình công cộng. Sự phổ biến ngày càng tăng của kết cấu thép đòi hỏi phải nâng cao hiệu quả quản lý chi phí, đặc biệt trong bối cảnh giá thép biến động và yêu cầu tối ưu hóa chi phí xây dựng. Điều này đòi hỏi những phương pháp quản lý chi phí hiện đại và hiệu quả.

Để giải quyết vấn đề này, việc ứng dụng các phương pháp hiện đại là vô cùng cần thiết. Trong đó, Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) nổi lên như một công cụ tiềm năng. Được giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1943 bởi Warren McCulloch và Walter Pitts, ANN đã trải qua một chặng đường dài phát triển. Mặc dù những hạn chế về kỹ thuật ban đầu đã cản trở việc nghiên cứu sâu, nhưng những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực mô phỏng những năm gần đây đã mở ra cánh cửa ứng dụng rộng rãi cho ANN trong nhiều lĩnh vực, bao gồm điện - điện tử, kỹ thuật chế tạo, y học, quản sự, kinh tế, và gần đây nhất là quản lý dự án xây dựng. Với khả năng học hỏi từ dữ liệu, nhận diện các mô hình phức tạp và đưa ra dự báo chính xác, ANN hứa hẹn mang lại những giải pháp hiệu quả trong việc ước tính, kiểm soát và tối ưu chi phí cho các dự án sử dụng kết cấu thép. Những lợi ích cụ thể như giảm thiểu sai số dự toán, rút ngắn thời gian lập kế hoạch, và nâng cao hiệu quả quản lý vật tư sẽ góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành Xây dựng.

Ngày nay, ứng dụng ANN trong ước tính chi phí đã trở thành chủ đề nghiên cứu phổ biến trên phạm vi quốc tế nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Ngay từ những năm đầu thập niên 90, đã có những nghiên cứu tiên phong sử dụng mạng nơ-ron lan truyền ngược để dự đoán biến động chỉ số giá xây dựng dựa trên các yếu tố như giá xây dựng, lãi suất, tỷ giá và số lượng nhà, cho thấy khả năng nhận dạng mẫu tốt mặc dù gặp hạn chế trong dự báo do tính phức tạp của vấn đề [1]. Tiếp nối hướng nghiên cứu này, sau đó đã xuất hiện các mô hình ANN sử dụng cơ sở dữ liệu lớn với nhiều thuộc tính khác nhau nhằm ước tính chi phí xây dựng với độ chính xác cao [2]. Trong một nghiên cứu khác, đã có ứng dụng của mạng nơ-ron chính quy (Regularization Neural Network) kết hợp với phương pháp kiểm chứng chéo để dự đoán chi phí xây dựng. Mô hình xem xét các yếu tố đầu vào như diện tích sàn, số tầng, số lượng và diện tích trung

bình hạng mục, vị trí, loại mái và mức độ hoàn thiện. Kết quả cho thấy độ tin cậy cao và khả năng dự báo ổn định, không bị ảnh hưởng bởi kiến trúc mạng hay tham số huấn luyện [3]. Các nghiên cứu tiếp theo đã ứng dụng ANN để ước tính chi phí kết cấu nhà thép từ dữ liệu của nhiều dự án, cho thấy hiệu quả vượt trội so với các phương pháp hồi quy truyền thống nhờ vào độ chính xác cao và khả năng ước tính được cả chi phí trực tiếp lẫn lợi nhuận, đồng thời đáp ứng linh hoạt với biến động của thị trường [4]. Sự kết hợp giữa ANN và các phương pháp dựa trên tình huống đã mang lại độ chính xác cao với sai số trung bình rất thấp, khẳng định tiềm năng ứng dụng của các phương pháp này [5]. Một số nghiên cứu khác đã phát triển các mô hình kết hợp dựa trên kinh nghiệm và phương pháp phân tích thứ bậc, mặc dù yêu cầu cấu trúc phức tạp, nhưng góp phần làm nổi bật tiềm năng của các mô hình cải tiến [6]-[7]. Ngoài ra, ANN cũng đã được ứng dụng hiệu quả trong dự báo chi phí xây dựng đường cao tốc, cho thấy khả năng nắm bắt các thay đổi của thị trường và hỗ trợ lập kế hoạch ngân sách [8]. Một số nghiên cứu khác phát triển mô hình kết hợp giữa ANN, mạng nơ-ron bậc cao và logic mờ đã đạt được độ chính xác cao ngay từ giai đoạn đầu dự án, vượt trội hơn so với mạng nơ-ron tuyến tính đơn lẻ [9]. Tại Việt Nam, các ứng dụng của phương pháp mô phỏng như động lực học hệ thống trong phân tích và dự báo chi phí xây dựng nhà thép tiền chế cũng đã cung cấp thông tin quý báu về khối lượng công trình và các chi phí liên quan [10].

Từ đó có thể thấy, mặc dù nhiều nghiên cứu về ứng dụng ANN trong dự toán chi phí xây dựng đã đạt được kết quả khả quan, việc chuyển giao các mô hình này vào thực tiễn, đặc biệt trong lĩnh vực nhà thép tiền chế tại Việt Nam, vẫn còn nhiều tiềm năng cần được khai thác. Trong bối cảnh cạnh tranh gay gắt với các hợp đồng giá cố định và yêu cầu tiết kiệm chi phí, việc dự đoán chính xác chi phí thực hiện dự án là yếu tố then chốt, vì ước tính quá cao có thể làm mất cơ hội trúng thầu, trong khi ước tính quá thấp lại dẫn đến thua lỗ cho nhà thầu. Do đó, xây dựng một mô hình hỗ trợ báo giá đấu thầu cho phần kết cấu thép, dựa trên nền tảng ANN và các kỹ thuật tiên tiến, là hết sức cần thiết nhằm rút ngắn thời gian lập dự toán, nâng cao năng lực cạnh tranh và tạo dựng niềm tin với khách hàng thông qua tính minh bạch và chính xác trong dự báo chi phí.

2. TỔNG QUAN VỀ ƯỚC TÍNH CHI PHÍ XÂY DỰNG

Chi phí phần kết cấu thép của dự án nhà xưởng cơ bản bao gồm các khoản: chi phí thiết kế, nguyên vật liệu, gia công, vận chuyển và bảo quản, chi phí thi công cùng các chi phí khác. Theo nghiên cứu [11], chi phí kết cấu thép của dự án nhà xưởng được phân chia thành: khoảng 25% cho nguyên vật liệu; 35% cho gia công, sản xuất (bao gồm vận chuyển và bảo quản); 25% cho thi công; và 15% cho các chi phí khác. Trong các khoản mục trên, chi phí thi công là khó xác định nhất do phụ thuộc vào đơn giá thi công, vốn bị chi phối bởi nhiều yếu tố như quy mô dự án, địa điểm xây dựng, biện pháp thi công, thời điểm và tiến độ thi công. Vì vậy, việc xác định một đơn giá lắp dựng chính xác và tối ưu là thách thức lớn đối với cả chủ đầu tư lẫn nhà thầu.

Văn phòng Trách nhiệm Chính phủ Hoa Kỳ (GAO) đã định nghĩa ước tính chi phí là “tổng hợp các yếu tố chi phí riêng lẻ, được tính toán theo các phương pháp đã được thiết lập và sử dụng dữ liệu hợp lệ để dự báo chi phí tương lai của chương trình, dựa trên những thông tin hiện có” [12]. Việc ước lượng chi phí được thể hiện qua 5 lớp, như trình bày trong Bảng 1 [13]:

Nghiên cứu này áp dụng mức ước tính thuộc lớp 1 và lớp 2 khi mức định nghĩa dự án đạt ít nhất 30%.

Trong thực tiễn đầu tư xây dựng, công tác định giá và quản lý giá vẫn còn tồn tại một số bất cập. Như thiếu căn cứ khoa học để xác

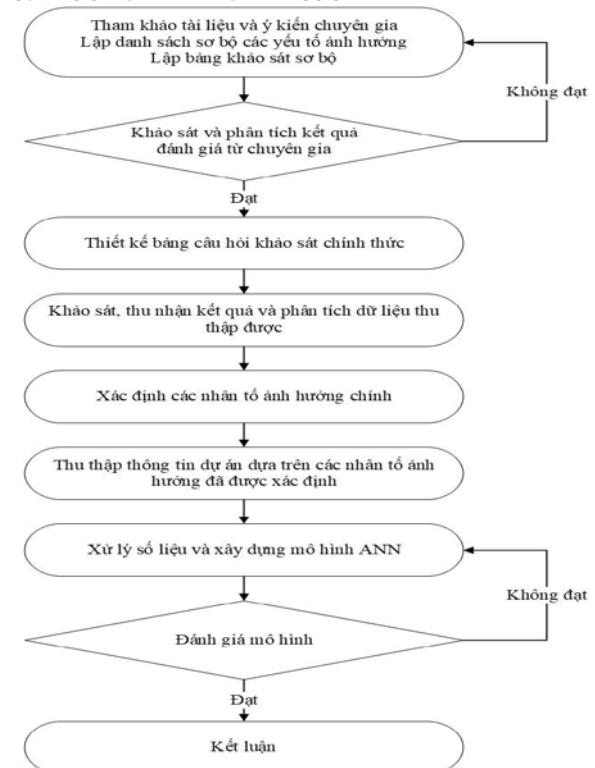
định các chỉ tiêu về giá sản phẩm xây dựng trong các giai đoạn đầu tư, chẳng hạn như tổng mức đầu tư hay tổng dự toán, vốn thường được xác định theo phương pháp ước tính. Đồng thời, nhiều hạng mục công việc chưa có định mức rõ ràng hoặc đang áp dụng các đơn giá lỗi thời, không đáp ứng được yêu cầu của sự phát triển công nghệ và thực tiễn quản lý giá hiện nay. Hơn nữa, quá trình quản lý giá trong đấu thầu xây dựng còn nhiều bất cập, khi giá gói thầu trong kế hoạch đấu thầu khó có thể được xác định rõ ràng so với dự toán hay tổng dự toán đã được duyệt.

Bảng 1: Các lớp trong ước lượng chi phí

Lớp ước tính	Tên	Mục đích	Mức độ định nghĩa dự án
Lớp 5	Theo độ	Sàng lọc hoặc khả thi	0% đến 2%
Lớp 4	Trung gian	Nghiên cứu khái niệm hoặc tính khả thi	1% đến 15%
Lớp 3	Sơ bộ	Ngân sách, ủy quyền hoặc kiểm soát	10% đến 40%
Lớp 2	Thực chất	Kiểm soát hoặc bỏ thầu/đấu thầu	30% đến 70%
Lớp 1	Dứt khoát	Kiểm tra ước tính hoặc bỏ thầu/đấu thầu	50% đến 100%

Tình trạng bỏ thầu giá thấp đang phổ biến, dẫn đến hiện tượng thi công ẩu, cắt giảm vật liệu, qua đó làm giảm chất lượng công trình và ảnh hưởng tiêu cực đến lợi ích lâu dài cũng như sự phát triển của doanh nghiệp. Vì vậy, việc ước tính chi phí xây dựng đóng vai trò vô cùng quan trọng. Nghiên cứu này hướng tới mục tiêu xác định các nhân tố ảnh hưởng đến chi phí xây dựng nhà xưởng, cung cấp cái nhìn tổng quan cho chủ đầu tư và nhà thầu, đồng thời xây dựng mô hình ước lượng chi phí dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) nhằm tối ưu hóa thời gian báo giá và nâng cao độ chính xác, từ đó đặt nền móng cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực này.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 1. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

Hình 1 minh họa quy trình nghiên cứu với các bước triển khai cụ thể. Trước hết, để xác định các nhân tố ảnh hưởng đến chi phí xây dựng kết cấu thép nhà xưởng, nghiên cứu tiến hành hai giai đoạn chính. Giai đoạn đầu là tổng quan tài liệu trong và ngoài nước, qua đó xây dựng bảng tổng hợp sơ bộ các nhân tố tiềm năng. Bảng này được hiệu chỉnh và hoàn thiện thông qua việc khảo sát ý kiến chuyên gia giàu kinh nghiệm trong lĩnh vực xây dựng nhà xưởng kết cấu thép. Các chuyên gia đã tiến hành đánh giá, loại bỏ và bổ sung các nhân tố nhằm đảm bảo tính phù hợp với bối cảnh thực tiễn tại Việt Nam. Kết quả phân tích giá trị trung bình cho thấy có 18 nhân tố ảnh hưởng chính: Thời điểm thi công, Địa điểm công trình, Công năng sử dụng, Biện pháp thi công, Tiến độ thi công, Kết cấu khung, Khẩu độ nhà (nhịp nhà), Bước nhà, Chiều cao nhà, Cầu trục, Số tầng, Địa hình tính gió, Tải treo (bao gồm tải phụ và tải pin mặt trời), Diện tích xây dựng, Loại mái, Loại vách, Hệ số trượt giá và Hệ số ứng suất (Stress ratio). Trên cơ sở 18 nhân tố này, nghiên cứu tiếp tục khảo sát diện rộng để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố. Đối tượng khảo sát là các cá nhân giữ vị trí quản lý và chuyên môn trong lĩnh vực xây dựng, bao gồm Giám đốc dự án, Trưởng/Chuyên viên phòng Dự án, Trưởng phòng Thi công, Chỉ huy trưởng, Ban Chỉ huy công trình, và Trưởng/Chuyên viên phòng Quản lý dự án. Tổng cộng 80 phiếu khảo sát được phát ra, thu về 75 phiếu hợp lệ (tỷ lệ phản hồi 93,75%). Để kiểm tra độ tin cậy của thang đo, nghiên cứu áp dụng phân tích hệ số Cronbach's Alpha. Kết quả cho thấy một số nhân tố có hệ số tương quan biến-tổng thấp, làm giảm độ tin cậy tổng thể của thang đo. Sau khi loại bỏ các nhân tố này, 16 nhân tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến chi phí xây dựng kết cấu thép nhà xưởng trong giai đoạn đầu thầu được xác định, gồm: Thời điểm thi công, Địa điểm công trình, Biện pháp thi công, Tiến độ thi công, Kết cấu khung, Khẩu độ nhà (nhịp nhà), Bước nhà, Chiều cao nhà, Số tầng, Địa hình tính gió, Tải treo (bao gồm tải phụ và tải pin mặt trời), Diện tích xây dựng, Loại mái, Loại vách, Hệ số trượt giá và Hệ số ứng suất (Stress ratio).

Kế tiếp, từ 16 nhân tố ảnh hưởng đã xác định, nghiên cứu tiến hành thu thập dữ liệu từ hồ sơ của 40 dự án KCN. Các thông tin liên quan đến từng nhân tố được tổng hợp làm dữ liệu đầu vào cho mô hình. Để đảm bảo tính khách quan trong việc đánh giá hiệu năng, dữ liệu này được chia thành hai tập riêng biệt: tập dữ liệu dùng để huấn luyện (đào tạo) và tập dữ liệu dùng để kiểm tra mô hình. Cụ thể, theo phương pháp 5-fold cross-validation, 80% dữ liệu được sử dụng để đào tạo mô hình và 20% còn lại được dùng để kiểm tra, với tỉ lệ này được lựa chọn nhằm tối đa hóa thông tin huấn luyện trong khi vẫn đảm bảo được độ tin cậy của kết quả kiểm tra. Trên cơ sở dữ liệu này, mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) được xây dựng và huấn luyện bằng phần mềm Rapidminer Studio.

Sau khi hoàn thành quá trình đào tạo, hiệu suất của mô hình được kiểm nghiệm trên tập dữ liệu kiểm tra. Để đánh giá mức độ chính xác và tính hiệu quả của mô hình, nghiên cứu áp dụng các chỉ tiêu đánh giá phổ biến như hệ số tương quan tuyến tính (R), sai số trung bình tuyệt đối (MAE), sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (MAPE) và sai số toàn phương trung bình (RMSE).

Đồng thời, nhằm so sánh và khẳng định khả năng dự báo, nghiên cứu cũng triển khai các thuật toán đối chứng gồm hồi quy tuyến tính và máy véc-tơ hỗ trợ (SVM) trên cùng bộ dữ liệu, qua đó cho phép so sánh trực tiếp hiệu quả của các phương pháp dự báo chi phí xây dựng. Qua đó, kết quả thu được sẽ giúp xác định mô hình dự báo có khả năng tổng quát hóa tốt nhất và ứng dụng hiệu quả trong thực tiễn.

4. XÂY DỰNG VÀ THỰC HIỆN MÔ HÌNH

Trong quá trình triển khai nghiên cứu, việc sử dụng Rapidminer góp phần quan trọng trong quá trình xử lý và xây dựng mô hình. Rapidminer là một môi trường mã nguồn mở, được viết bằng ngôn

ngữ lập trình Java, áp dụng mô hình Client/Server và có thể triển khai trên máy chủ on-premise, public cloud hoặc private cloud. Nền tảng này cung cấp đầy đủ các lược đồ và thuật toán trong khai phá dữ liệu, giúp thực hiện các tác vụ từ tải và chuyển đổi dữ liệu (ETL), xử lý và trực quan hóa dữ liệu, đến xây dựng các mô hình dự báo và phân tích thống kê. Đặc biệt, Rapidminer cho phép mở rộng các chức năng bằng cách tích hợp ngôn ngữ R và Python, giúp linh hoạt trong việc ứng dụng các thuật toán học máy.

Trong nghiên cứu này, để dự báo chi phí xây dựng, các thuật toán thuộc nhóm học giám sát được áp dụng, trong đó có ba phương pháp đối chứng: Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), Máy véc-tơ hỗ trợ (SVM) và Hồi quy tuyến tính. Mỗi thuật toán đều có những ưu điểm riêng biệt.

4.1. Thu thập và xử lý số liệu

Dữ liệu: Các thông tin được thu thập từ hồ sơ của 40 dự án xây dựng, dựa trên 16 nhân tố ảnh hưởng đã được xác định (xem Bảng 2 và Bảng 3).

Bảng 2: Các nhân tố và kiểu dữ liệu được chọn để thu thập

STT	Nhân tố ảnh hưởng	Phân loại	Thứ nguyên
1	Thời điểm thi công	2018, 2019, 2020, 2021	Không thứ nguyên
2	Địa điểm công trình	Bắc, Trung, Nam	Không thứ nguyên
3	Biện pháp thi công	Khó, trung bình	Không thứ nguyên
4	Tiến độ thi công		Ngày
5	Kết cấu khung	RF, MS, BC1, BC2, BC3, SS	Không thứ nguyên
6	Khẩu độ nhà (Nhịp nhà)		m
7	Bước nhà		m
8	Chiều cao nhà		m
9	Số tầng	[0÷4]	Không thứ nguyên
10	Địa hình tính gió	B, C, D	Không thứ nguyên
11	Tải treo (bao gồm tải phụ và tải pin mặt trời)	[0.05÷0.47]	kN/m ²
12	Diện tích xây dựng		m ²
13	Loại mái	Tôn mạ màu, tôn thường, panel	Không thứ nguyên
14	Loại vách	Tôn mạ màu, tôn thường, panel	Không thứ nguyên
15	Hệ số trượt giá		%
16	Hệ số ứng suất	[0.93÷1]	Không thứ nguyên
17	Giá trúng thầu		VNĐ

Trong nghiên cứu, các dữ liệu về địa điểm xây dựng, biện pháp thi công, kết cấu khung, loại tường và loại mái được thu thập và phân loại một cách chi tiết. Cụ thể, dữ liệu về địa điểm xây dựng được thu thập từ 20 khu vực khác nhau, bao gồm An Giang, Bình Dương, Bình Phước, Cần Thơ, Đà Nẵng, Đồng Nai, Hà Nội, Hải Phòng, Hậu Giang, Kiên Giang, Lâm Đồng, Long An, Nghệ An, Quảng Nam, Quảng Bình, Quảng Ngãi, Tây Ninh, Thừa Thiên Huế, TP.HCM và Trà Vinh. Về biện pháp thi công, dữ liệu được phân loại theo hai mức độ: khó và trung bình. Ngoài ra, dữ liệu về địa hình tính gió được thu thập dựa trên tiêu chuẩn ASCE 7-05, với các nhóm phân loại là B, C

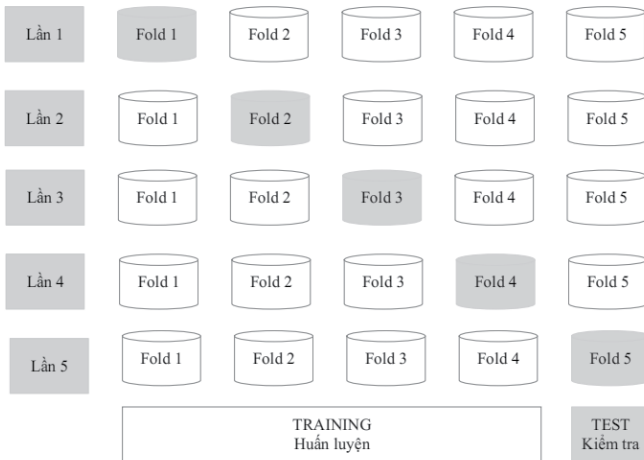
và D. Đối với loại tường và loại mái, mỗi yếu tố được chia thành ba loại: tôn mạ màu, tôn thường và panel.

Lớp nơ-ron đầu vào của mô hình sẽ nhận 40 bộ dữ liệu. Trước khi tiến hành xử lý, các kiểu dữ liệu này cần được chuyển đổi sang dạng số hoặc dạng mã hóa phù hợp. Bảng 3 cung cấp thông tin chi tiết về cách thức mã hóa và dạng dữ liệu tương ứng cho từng nhân tố.

Bảng 3: Mã hóa và gọi tên biến các nhân tố

Ký hiệu	Nhân tố ảnh hưởng	Dạng dữ liệu	Ký hiệu
X1	Thời điểm thi công	Dạng số nguyên	Integer
X2	Địa điểm công trình	Dạng chữ: vị trí (tỉnh)	Polynomial
X3	Biện pháp thi công	Dạng chữ	Polynomial
X4	Tiến độ thi công	Dạng số nguyên (ngày)	Integer
X5	Kết cấu khung	Dạng chữ	Polynomial
X6	Khẩu độ nhà (Nhịp nhà)	Dạng số thực (m)	Real
X7	Bước nhà	Dạng số thực (m)	Real
X8	Chiều cao nhà	Dạng số thực (m)	Real
X9	Số tầng	Dạng số nguyên	Integer
X10	Địa hình tính gió	Dạng chữ: B, C, D	Polynomial
X11	Tải treo (bao gồm tải phụ và tải pin mặt trời)	Dạng số thực (m)	Real
X12	Diện tích xây dựng	Dạng số thực (m)	Real
X13	Loại mái	Dạng chữ	Polynomial
X14	Loại vách	Dạng chữ	Polynomial
X15	Hệ số trượt giá	Dạng số thực	Real
X16	Hệ số ứng suất	Dạng số thực	Real
Y	Giá trúng thầu	Dạng số thực	Real

Chia dữ liệu: Áp dụng phương pháp 5-fold cross-validation, tập dữ liệu được chia thành 5 phần (mỗi phần gồm 8 bộ dữ liệu).



Hình 2. Phân chia tập dữ liệu thành 5-fold

4.2. Thiết lập các thông số

Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) là công cụ đáng tin cậy và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Tuy nhiên, độ chính xác của ANN bị ảnh hưởng bởi một số hạn chế từ các yếu tố bên ngoài và bên trong. Các yếu tố bên ngoài bao gồm đặc điểm dữ liệu đầu vào và quy mô nghiên cứu, trong khi các yếu tố bên trong liên quan đến cấu trúc mạng, trọng số ban đầu, số lần lặp, hàm truyền và tốc độ học. Do đó, thách thức lớn nhất trong thiết kế mạng nơ-ron là xác định các thông số tối ưu nhằm tối thiểu hóa sai số và tối đa hóa độ chính xác.

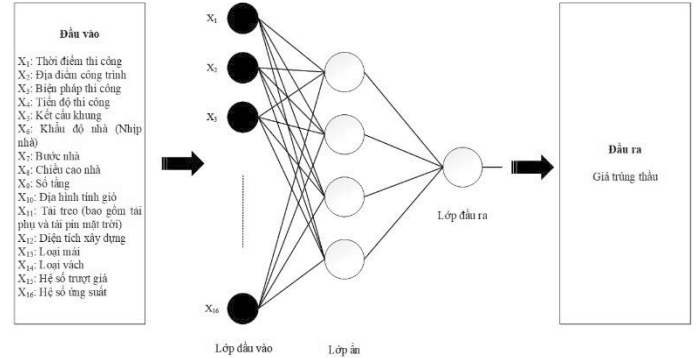
Các thông số cần thiết cho mô hình đã được tính toán và liệt kê ở Bảng 4. Việc thiết lập các thông số này trong phần mềm Rapidminer Studio sẽ dựa theo tài liệu hướng dẫn đi kèm. Quá trình này được thực hiện trước khi đưa các tập dữ liệu vào mô hình.

Bảng 4: Thiết lập các thông số cho mô hình mạng ANN

Thông số	Giá trị trong Rapidminer
Số nút của lớp vào	16
Số lớp ẩn	1
Số nút của lớp ẩn	4
Số vòng lặp	200
Momentum (động lượng)	0.9
Learning rate (tỉ lệ học)	0.02
Hàm truyền	Sigmoid
Sai số cho phép	1.0E-4

4.3. Xây dựng mô hình ANN

Sau khi dữ liệu được xử lý và chuyển đổi sang dạng mã hóa phù hợp, các tham số chính của mô hình ANN, bao gồm số lớp ẩn, số nút của lớp ẩn và hàm truyền, được xác định trước. Dựa trên tập dữ liệu đã mã hóa, mô hình ANN được xây dựng trên phần mềm Rapidminer Studio, trong đó: sử dụng 80% dữ liệu để đào tạo mô hình nhằm tối ưu hóa các trọng số, sau đó, 20% dữ liệu còn lại được dùng để kiểm tra, từ đó đánh giá khả năng tổng quát hóa của mô hình.



Hình 3. Mô hình huấn luyện ANN

4.4. Đánh giá mô hình và so sánh với thuật toán đối chứng

4.4.1. Đánh giá mô hình ANN

Sau khi hoàn thành quá trình huấn luyện, mô hình được đánh giá trên tập dữ liệu kiểm tra bằng các chỉ tiêu dự báo phổ biến hệ số tương quan tuyến tính (R), sai số trung bình tuyệt đối (MAE), sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (MAPE) và sai số toàn phương trung bình (RMSE).

4.4.2. So sánh các thuật toán đối chứng

Để khẳng định tính hiệu quả của mô hình ANN, nghiên cứu còn xây dựng và so sánh với hai mô hình đối chứng:

- Máy véc-tơ hỗ trợ (SVM): Sử dụng hàm nhân để ánh xạ dữ liệu vào không gian đặc trưng, tìm kiếm siêu phẳng tối ưu nhằm phân tách và dự báo, đặc biệt hiệu quả với dữ liệu phân bố không đồng đều.

- Hồi quy tuyến tính: Phương pháp thiết lập mối quan hệ tuyến tính giữa các biến số và giá trị dự báo, tạo cơ sở so sánh khách quan với các phương pháp phức tạp hơn.

Cả ba thuật toán được huấn luyện và kiểm tra dựa trên bộ dữ liệu 40 công trình đã được thu thập. Qua đó, so sánh các chỉ tiêu (R, MAE, MAPE, RMSE) giúp khẳng định ưu thế của mô hình ANN trong việc xử lý các mối quan hệ phi tuyến phức tạp giữa các biến số, từ đó đưa ra kết luận về tính khả thi và ứng dụng của từng phương pháp.

5. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

Kết quả đánh giá hiệu năng của các mô hình được trình bày qua các chỉ số thống kê phổ biến, gồm: hệ số tương quan (R), phần trăm sai số trung bình tuyệt đối (MAPE), sai số trung bình tuyệt đối (MAE) và sai số toàn phương trung bình (RMSE).

5.1. Đánh giá mô hình ANN

Bảng 5 dưới đây cho thấy hiệu suất của mô hình ANN đạt được từ quá trình huấn luyện và kiểm tra theo phương pháp 5-fold cross-validation:

Bảng 5: Kết quả hiệu suất mô hình ANN

Mô hình	R	MAPE (%)	MAE (nghìn VNĐ)	RMSE (nghìn VNĐ)
ANN	0.931	26.56%	1,707,889	2,276,932

Giá trị MAE của mô hình được xem là có thể chấp nhận đối với các dự án có tổng mức đầu tư lớn; tuy nhiên, đối với dự án quy mô nhỏ, sai số này có thể trở nên đáng kể. Do đó, MAE không phải là chỉ số duy nhất quyết định hiệu năng của mô hình. Mặt khác, MAPE đạt 26.56% được xem là mức sai số chấp nhận được trong bối cảnh báo giá đầu thầu, trong khi hệ số tương quan (R) đạt 0.931 cho thấy mối liên hệ tuyến tính chặt chẽ giữa giá trị thực tế và giá trị dự báo.

5.2. So sánh hiệu suất giữa các mô hình

Ngoài mô hình ANN, nghiên cứu còn triển khai và so sánh hiệu suất của hai mô hình đối chứng khác: Hồi quy tuyến tính và Máy véc-tơ hỗ trợ (SVM). Kết quả so sánh được trình bày trong Bảng 6 dưới đây:

Bảng 6: So sánh kết quả các mô hình

Mô hình	R	MAPE (%)	MAE (nghìn VNĐ)	RMSE (nghìn VNĐ)
ANN	0.931	26.56%	1,707,889	2,276,932
Hồi quy	0.670	37.70%	1,448,755	1,808,003
SVM	0.256	40.86%	5,283,202	8,558,973

Nhìn chung, mô hình ANN đạt hiệu suất cao nhất với hệ số tương quan (R) là 0.931, vượt trội so với mô hình hồi quy và SVM. Điều này cho thấy mô hình ANN có mức độ tương quan tuyến tính tốt hơn giữa giá trị thực tế và giá trị dự báo, đồng thời phản ánh độ tin cậy cao hơn so với hai mô hình còn lại.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng và đánh giá một mô hình dự báo chi phí xây dựng kết cấu thép nhà xưởng dựa trên dữ liệu thực tiễn từ 40 dự án. Nghiên cứu không chỉ nhằm xác định các nhân tố ảnh hưởng chủ chốt mà còn làm rõ mối quan hệ giữa các yếu tố này với chi phí xây dựng, từ đó tạo nên một công cụ hữu ích hỗ trợ quyết định trong quá trình báo giá đầu thầu và lựa chọn phương án thiết kế, thi công. Dữ liệu được thu thập thông qua quá trình tổng hợp tài liệu và khảo sát ý kiến chuyên gia, giúp xác định được 16 nhân tố quan trọng.

Mô hình dự báo được xây dựng trên nền tảng Rapidminer, một môi trường mã nguồn mở mạnh mẽ cho khai phá dữ liệu, cho phép xử lý và trực quan hóa dữ liệu cũng như xây dựng các mô hình dự báo. Qua quá trình huấn luyện và kiểm tra, mô hình ANN cho thấy hiệu năng vượt trội với các chỉ số đánh giá đạt giá trị mong đợi (hệ số tương quan $R = 0.931$, $MAPE = 26,56\%$, cùng với MAE và RMSE ở mức chấp nhận được). Kết quả so sánh với các mô hình đối chứng như hồi quy tuyến tính và máy véc-tơ hỗ trợ (SVM) càng khẳng định tính ưu việt của mô hình ANN trong việc nắm bắt các mối quan hệ phi tuyến phức tạp giữa các biến số.

Với những kết quả từ nghiên cứu cho thấy mô hình dự báo chi phí xây dựng không chỉ cung cấp một cái nhìn tổng thể về các yếu tố ảnh hưởng mà còn giúp đưa ra các ước tính chính xác, từ đó hỗ trợ hiệu quả cho các nhà thầu và chủ đầu tư trong bối cảnh thị trường xây dựng ngày càng cạnh tranh và biến động. Nghiên cứu mở ra hướng đi mới trong việc áp dụng các mô hình dự báo chi phí trong thực tiễn đầu tư xây dựng tại Việt Nam, đồng thời tạo cơ sở cho các nghiên cứu cải tiến nhằm tăng cường độ chính xác và khả năng ứng dụng của các mô hình dự báo trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP.HCM và các đơn vị đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. P. Williams, ASCE, "Predicting Changes In Construction Cost Indexes Using Neural Networks," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 120, no. 2, Jun. 1994.
- [2] T. M. S. Elhag and A. H. Boussabaine, "An Artificial Neural System For Cost Estimation Of Construction Projects," in *Proc. 14th Annual ARCOM Conf.*, 1998.
- [3] H. Adeli and M. Wu, "Regularization Neural Network For Construction Cost Estimation," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 124, no. 1, Feb. 1998.
- [4] I. Siqueira, "Neural Network-Based Cost Estimating," Project Management Institute, 1999.
- [5] E. A. Lotfy and A. S. Mohamed, "Applying neural networks in case-based reasoning adaptation for cost assessment of steel buildings," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 24, no. 1, pp. 28-38, 2002.
- [6] S.-H. An, G.-H. Kim, and K.-I. Kang, "A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process," *Building and Environment*, vol. 42, pp. 2573-2579, Oct. 2004.
- [7] G.-H. Kim, S.-H. An, and K.-I. Kang, "Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning," *Building and Environment*, vol. 39, no. 10, pp. 1235-1242, Oct. 2004.
- [8] C. G. Wilmot and B. Mei, "Neural Network Modeling of Highway Construction Costs," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 131, no. 7, Jul. 1, 2005.
- [9] M.-Y. Cheng, H.-C. Tsai, and E. Sudjono, "Engineering Applications of Artificial Intelligence," Elsevier Ltd., 2009.
- [10] V. M. Hồ, "Ứng dụng System Dynamics trong phân tích và dự báo chi phí xây dựng 86 nhà thép tiền chế," Thạc sĩ, Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM, 2012.
- [11] C. J. Carter, T. M. Murray, and W. A. Thornton, "Cost-effective steel building design," 2000.
- [12] Văn phòng kế toán chính phủ Hoa Kỳ, "Hướng dẫn đánh giá và ước tính chi phí GAO, Thực tiễn tốt nhất để phát triển và quản lý chi phí chương trình vốn," GAO-09-35P, 2009.
- [13] ASTM E2516-11, "Phân loại tiêu chuẩn cho hệ thống phân loại ước tính chi phí."

Ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất: Nghiên cứu thực nghiệm

Effect of Geological Stratification on Soil Liquefaction Potential: A Laboratory Study

> TS TRẦN ĐÔNG KIỂM LAM^{1*}, PGS. TS NGUYỄN VĂN HIẾU², THS NGUYỄN ĐỨC KHIÊM³, GS SUNG-SIK PARK⁴

¹Khoa Xây dựng, Trường ĐH Kiến trúc TP.HCM; *Corresponding Author: Email: lam.trandongkiem@uah.edu.vn

²Khoa Xây dựng, Trường ĐH Kiến trúc TP.HCM; Email: hieukt@gmail.com

³Khoa Khoa học cơ bản, Trường ĐH Xây dựng Miền Tây; Email: ndkhiem@mtu.edu.vn

⁴Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường ĐH Quốc gia Kyungpook, Daegu, Hàn Quốc; Email: sungpark@knu.ac.kr

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất thông qua thí nghiệm cắt đơn giản tuần hoàn (GDSS). Ba mô hình phân tầng đất được xem xét: (i) mẫu có hạt mịn phân bố đồng đều (C2), (ii) mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp trên và lớp dưới (C3), và (iii) mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp giữa (C4). Ngoài ra, nghiên cứu cũng phân tích tác động của chiều dày lớp cát đến khả năng chống hóa lỏng. Các thí nghiệm được thực hiện dưới điều kiện cố kết ban đầu 100 kPa, tỷ số ứng suất tuần hoàn (CSR) = 0,1, và tiêu chí hóa lỏng được xác định khi biến dạng cát biên độ kép đạt 7,5%. Kết quả cho thấy sự phân bố hạt mịn có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chống hóa lỏng. Cụ thể, mẫu C2 và C3 có số chu kỳ hóa lỏng trung bình tương đương nhau, cho thấy sự khác biệt trong cách phân bố hạt mịn không tác động rõ rệt trong trường hợp này. Trong khi đó, mẫu C4 có khả năng chống hóa lỏng cao hơn đáng kể do lớp cát trên và dưới đóng vai trò vùng chịu tải chính, giúp hạn chế sự phát triển nhanh chóng của áp lực nước lỗ rỗng. Ngoài ra, chiều dày lớp cát cũng ảnh hưởng quan trọng đến khả năng chống hóa lỏng, khi lớp cát dày hơn, số chu kỳ hóa lỏng tăng lên, cho thấy khả năng tiêu thoát áp lực nước lỗ rỗng tốt hơn, giúp nền đất ổn định hơn dưới tải trọng động. Mối quan hệ tuyến tính giữa số chu kỳ hóa lỏng và chiều dày lớp cát được thiết lập, cung cấp công cụ dự báo khả năng hóa lỏng của nền đất dựa trên đặc điểm phân tầng địa chất. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở thực nghiệm quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ hóa lỏng của nền đất có cấu trúc phân tầng tự nhiên, đồng thời góp phần vào việc thiết kế móng và cải tạo nền đất tại các khu vực có nguy cơ động đất.

Từ khóa: Khả năng chống hóa lỏng; phân tầng địa chất; thí nghiệm cắt đơn giản tuần hoàn; áp lực nước lỗ rỗng thặng dư; tải trọng tuần hoàn.

ABSTRACT

This study evaluates the effect of geological stratification on soil liquefaction potential through cyclic direct simple shear (GDSS) tests. Three different stratification models were considered: (i) a uniform distribution of fine particles (C2), (ii) fine particles concentrated in the upper and lower layers (C3), and (iii) fine particles concentrated in the middle layer (C4). Additionally, the study analyzed the impact of sand layer thickness on liquefaction resistance. The experiments were conducted under an initial consolidation stress of 100 kPa, with a cyclic stress ratio (CSR) of 0.1, and liquefaction was defined when the double-amplitude shear strain reached 7.5%. The results indicate that the distribution of fine particles significantly influences liquefaction resistance. Specifically, the liquefaction resistance of C2 and C3 samples was similar, suggesting that different distributions of fine particles had no significant effect in these cases. In contrast, the C4 sample exhibited significantly higher liquefaction resistance, as the upper and lower sand layers acted as load-bearing zones, limiting the rapid development of excess pore water pressure. Furthermore, sand layer thickness played a crucial role in liquefaction resistance, with thicker sand layers increasing the number of cycles required for liquefaction. This indicates improved drainage capacity and greater soil stability under cyclic loading. A linear relationship between the number of liquefaction cycles and sand layer thickness was established, providing a predictive tool for assessing liquefaction potential based on geological stratification characteristics. The findings of this study offer valuable experimental insights for evaluating liquefaction risks in naturally stratified soils and contribute to foundation design and soil improvement strategies in earthquake-prone areas.

Keywords: liquefaction resistance; geological stratification; cyclic direct simple shear test; excess pore water pressure; cyclic loading.

1. GIỚI THIỆU

Hóa lỏng đất là một vấn đề quan trọng trong địa kỹ thuật, đặc biệt trong các khu vực có nền đất yếu và chịu tải trọng động như động đất (Boulanger and Idriss 2004; Jakka et al. 2023). Hiện tượng này xảy ra khi đất mất khả năng chịu cắt do áp lực nước lỗ rỗng tăng lên, làm giảm ứng suất hiệu dụng. Điều này đặc biệt nghiêm trọng đối với các công trình xây dựng trên nền đất rời rạc, bão hòa nước như đất cát, đất bùn (Seed 1979; Idriss and Boulanger 2008). Tác động của hóa lỏng có thể dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng như lún, trượt lở đất, và phá hủy công trình. Do đó, việc đánh giá và giảm thiểu rủi ro hóa lỏng đất là cần thiết để đảm bảo an toàn và ổn định cho các công trình xây dựng trong khu vực có nguy cơ động đất.

Các nghiên cứu về hóa lỏng đất của hỗn hợp cát - hạt mịn cho thấy một bức tranh phức tạp về ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn đến khả năng hóa lỏng của đất. Ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn không phải lúc nào cũng rõ ràng và có thể thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố khác nhau. Một số nghiên cứu cho thấy mối quan hệ tỷ lệ nghịch, trong đó khả năng chống hóa lỏng giảm khi hàm lượng hạt mịn tăng (Chien et al. 2002; Kokusho 2007; Boominathan et al. 2010; Eseller-Bayat et al. 2019). Tuy nhiên, các nghiên cứu khác lại cho thấy mối quan hệ tỷ lệ thuận, nghĩa là khả năng chống hóa lỏng tăng khi hàm lượng hạt mịn tăng (Shen et al. 1977; Amini and Qi 2000). Một số nghiên cứu còn chỉ ra rằng mối quan hệ có thể thay đổi tùy thuộc vào hàm lượng hạt mịn. Ở hàm lượng hạt mịn thấp, mối quan hệ có thể là tỷ lệ nghịch, nhưng ở hàm lượng hạt mịn cao, mối quan hệ lại là tỷ lệ thuận hay theo chiều hướng ngược lại (Singh 1996; Altun et al. 2005; Kokusho 2007; Polito and Martin 2001; Hsiao et al. 2015; Monkul et al. 2021; Gobbi et al. 2021; Cheng and Zhang 2024).

Một hạn chế quan trọng của nhiều nghiên cứu trước đây là tập trung chủ yếu vào các hỗn hợp cát - hạt mịn đồng nhất, trong đó các hạt mịn và cát được trộn đều với nhau. Điều này có thể không phản ánh đúng điều kiện địa chất thực tế tại hiện trường, nơi mà đất có thể phân tầng hoặc có sự phân bố không đồng đều của các hạt mịn. Trong điều kiện tự nhiên, đất thường tồn tại dưới dạng cấu trúc phân tầng do quá trình trầm tích hoặc tái lắng đọng. Sự phân tầng này có thể làm thay đổi tính chất cơ học của đất, ảnh hưởng đến khả năng hóa lỏng, nhưng vẫn chưa có nhiều nghiên cứu thực nghiệm đánh giá đầy đủ cơ chế tác động của hiện tượng này (Park et al. 2024).

Phân tầng địa chất ảnh hưởng đến khả năng hóa lỏng của nền đất thông qua sự thay đổi tính thấm, độ cứng của các lớp đất và phân bố ứng suất trong đất. Khi một lớp đất có độ thấm cao, chẳng hạn như cát, nằm kẹp giữa các lớp đất có độ thấm thấp, như sét hoặc hạt mịn, áp lực nước lỗ rỗng có thể bị giữ lại trong các lớp đất mịn, làm gia tăng quá trình hóa lỏng. Ngược lại, khi hạt mịn tập trung ở lớp giữa, khả năng tiêu thoát áp lực nước lỗ rỗng bị hạn chế, dẫn đến sự tích tụ áp lực nước lớn hơn và làm tăng nguy cơ mất ổn định. Bên cạnh đó, sự khác biệt về độ cứng giữa các lớp đất có thể dẫn đến sự tập trung ứng suất tại các vùng yếu hơn, làm gia tăng nguy cơ hóa lỏng cục bộ. Điều này đặc biệt nguy hiểm khi nền đất chịu tác động của động đất, vì các sóng địa chấn có thể làm khuếch đại sự mất ổn định trong môi trường đất không đồng nhất.

Mặc dù ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến hóa lỏng đã được quan sát qua các sự kiện động đất trong thực tế, các nghiên cứu thực nghiệm vẫn còn hạn chế. Phần lớn các thí nghiệm về hóa lỏng trong phòng thí nghiệm tập trung vào mẫu đất trộn đều, trong đó hạt mịn phân bố đồng nhất. Cách tiếp cận này giúp kiểm soát tốt các biến số thí nghiệm nhưng lại không phản ánh chính xác điều kiện thực tế của nền đất có cấu trúc phân tầng. Một số nghiên cứu trước đây (Amini and Sama 1999; Amini and Qi 2000; Yoshimine and

Koike 2005; Park et al. 2024) đã thực hiện thí nghiệm trên đất phân tầng, nhưng chưa đánh giá chi tiết về ảnh hưởng của số lớp phân tầng và vị trí lớp hạt mịn đến khả năng hóa lỏng. Gần đây, Xiu và các cộng sự (2019) đã chỉ ra rằng vị trí của lớp sét trong nền cát có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình hóa lỏng, tuy nhiên nghiên cứu này chủ yếu dựa trên mô phỏng số thay vì thí nghiệm thực nghiệm.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu hiện tại vẫn chưa đưa ra đánh giá hệ thống về ảnh hưởng của độ dày lớp đất đến cơ chế hóa lỏng. Câu hỏi quan trọng cần giải quyết là độ dày tối thiểu của lớp cát hoặc hạt mịn trong cấu trúc phân tầng có tác động như thế nào? Việc thiếu các nghiên cứu chi tiết về những yếu tố này làm cho việc dự đoán khả năng hóa lỏng trong điều kiện thực tế trở nên khó khăn hơn.

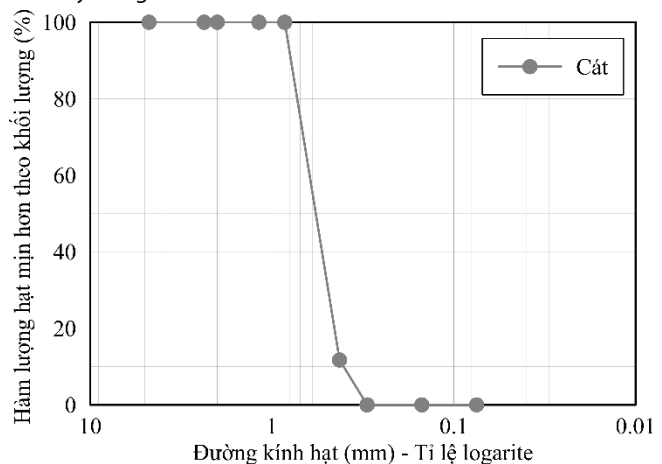
Trước những hạn chế nêu trên, nghiên cứu về khả năng hóa lỏng của đất trong điều kiện phân tầng địa chất thực tế là cần thiết. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất thông qua các thí nghiệm CDSS (Cyclic Direct Simple Shear). Mục tiêu chính của nghiên cứu là phân tích sự khác biệt trong hành vi hóa lỏng giữa nền đất trộn đều và các nền đất có cấu trúc phân tầng khác nhau. Cụ thể, nghiên cứu xem xét hai kiểu phân tầng phổ biến: (i) mẫu đất có hạt mịn tập trung chủ yếu ở giữa lớp đất và (ii) mẫu đất có hạt cát tập trung chủ yếu ở giữa lớp đất. Các kết quả thí nghiệm sẽ được sử dụng để so sánh sự phát triển áp lực nước lỗ rỗng, số chu kỳ tải trọng cần thiết để hóa lỏng giữa các mẫu thử.

Bên cạnh đó, nghiên cứu còn tập trung phân tích ảnh hưởng của chiều dài lớp cát trung tâm trong cấu trúc phân tầng đến khả năng hóa lỏng của đất. Cấu trúc phân tầng với lớp cát trung tâm có thể làm thay đổi đáng kể cơ chế tiêu thoát áp lực nước lỗ rỗng và mức độ mất ổn định của nền đất. Do đó, một loạt các thí nghiệm CDSS sẽ được tiến hành trên các mẫu có chiều dài lớp cát trung tâm khác nhau để xác định xu hướng thay đổi số chu kỳ tải trọng cần thiết để hóa lỏng.

2. VẬT LIỆU VÀ CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1 Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu được sử dụng trong thử nghiệm bao gồm cát Jumunjin làm cát nền và cát silica cho các hạt mịn không dẻo. Cát Jumunjin có kích thước hạt từ 0,85 đến 0,3 mm, hệ số đồng nhất (C_u) là 1,3, hệ số cong (C_c) là 0,86, trọng lượng riêng là 2,65 và tỷ lệ lỗ rỗng tối thiểu và tối đa lần lượt là 0,57 và 0,90 (Bảng 1). Theo Hệ thống Phân loại Đất Thống nhất, cát Jumunjin được phân loại là SP, trong khi cát silica được phân loại là ML. Đường cong cấp phối hạt của cát được trình bày trong Hình 1.



Hình 1. Đường cong cấp phối hạt của cát Jumunjin

Bảng 1. Thông số chi tiết của vật liệu sử dụng thí nghiệm

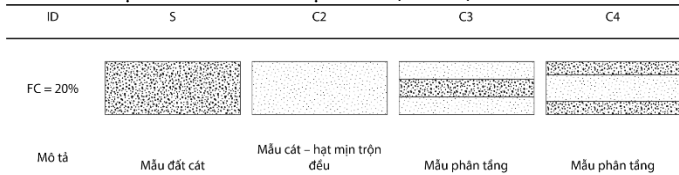
Loại	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	C_u	C_c	G_s
Cát (S)	0.415	0.508	0.631	1.52	0.98	2.648
Hạt mịn (F)	0.013	0.025	0.038	2.91	1.28	2.600

2.2 Phương pháp thí nghiệm

Hệ thống CDSS (Cyclic Direct Simple Shear) được sử dụng trong thí nghiệm là loại Norwegian Geotechnical Institute của Geocomp ShearTract-II Cyclic DSS System. Các mẫu thử nghiệm là các mẫu khô hình trụ có đường kính ban đầu 63,5 mm và chiều cao 25 mm, được chuẩn bị bằng kỹ thuật lắng đọng phễu khô, một phương pháp phổ biến để thử nghiệm hỗn hợp cát-bùn.

Các mẫu CDSS được sử dụng có hàm lượng hạt mịn (FC) bằng 20%.

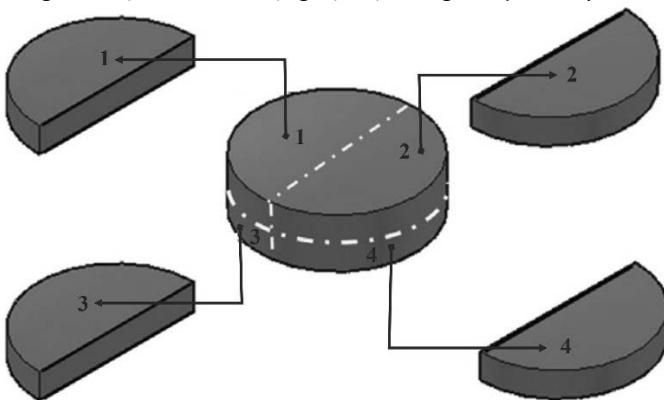
- Đối với bài toán khảo sát ảnh hưởng của các loại phân tầng, các mẫu được chia thành ba loại chính (Hình 2):



Hình 2. Cấu tạo phân bố các lớp đất trong các mẫu thí nghiệm

- Type C2: Các hạt mịn không dẻo được phân tán đều trong toàn bộ mẫu.
- Type C3: Các hạt mịn được phân bố đều chỉ ở lớp trên và lớp dưới của mẫu.
- Type C4: Các hạt mịn tập trung chủ yếu ở giữa mẫu, mỗi lớp có độ dày ban đầu là 8,3 mm.

Để xác minh độ đồng nhất của hạt mịn trong mẫu, nghiên cứu này áp dụng phương pháp được đề xuất bởi Monkul và cộng sự (2015). Theo đó, mỗi mẫu được chia thành bốn phần bằng cách chia đôi theo cả trục ngang và trục dọc (Hình 3). Sau đó, sàng lọc bốn phần này để xác định sự phân bố của các hạt mịn, từ đó đánh giá tính đồng nhất của bùn theo cả phương ngang và phương dọc trong mẫu dựa theo khối lượng hạt mịn trong bốn phần này.

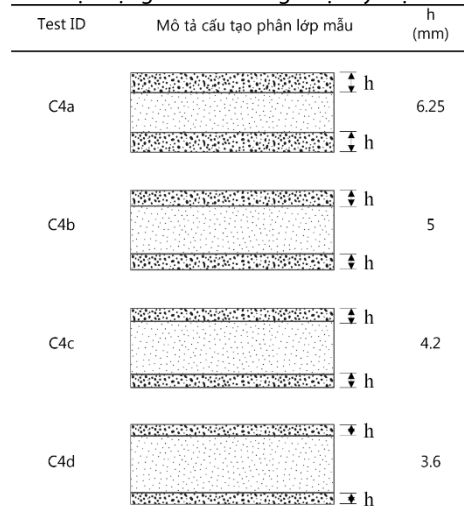


Hình 3. Phương pháp xác định mức độ đồng nhất của mẫu

Đối với bài toán khảo sát ảnh hưởng của chiều dài lớp đất cát, các tác giả giữ nguyên cách phân bố hạt của mẫu C4 (hạt mịn tập trung ở giữa). Chiều dày lớp cát trên và dưới (hai lớp này chỉ chứa cát) được thay đổi với các giá trị khác nhau từ 6.25 mm, 5 mm, 4.2 mm, và 3.6 mm, so với chiều dài ban đầu là 8.3 mm (Hình 4).

Về điều kiện thử nghiệm, tất cả các mẫu hỗn hợp cát-hạt mịn được cố kết đến ứng suất pháp tuyến ban đầu (σ_n) là 100 kPa và chịu tỷ số ứng suất tuần hoàn là 0,1 (CSR=0,1) với tần số 0,1 Hz. Quá trình

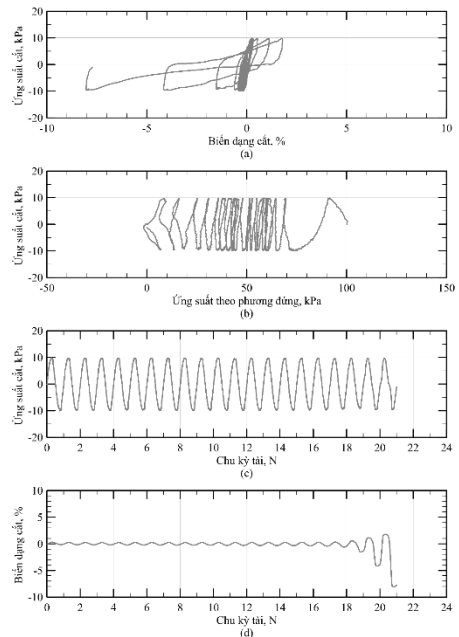
cố kết này giúp các mẫu đạt độ chặt tương đối gần 60%. Tiêu chí hóa lỏng được xác định khi biến dạng cắt biên độ kép đạt 7,5%. Số chu kỳ mẫu đất đạt trạng thái hóa lỏng được ký hiệu là $N_{cyc-liq}$.



Hình 4. Cấu tạo mẫu phân tầng C4

3.2 Kết quả thí nghiệm

Bảng 2 trình bày kết quả các trường hợp thí nghiệm, bên cạnh đó, Hình 5 mô tả ứng xử động của mẫu đất cát S khi chịu tải trọng động trong điều kiện thí nghiệm CDSS. Trong điều kiện tải trọng động, mẫu đất S thể hiện các đặc tính được mô tả chi tiết trong Hình 6, bao gồm mối quan hệ giữa biến dạng cắt và số chu kỳ tải, tương quan giữa ứng suất cắt và biến dạng cắt, và mối quan hệ giữa ứng suất cắt và ứng suất có hiệu theo phương đứng. Ban đầu, khi số chu kỳ tải còn nhỏ, biến dạng cắt phát sinh có biên độ thấp. Tuy nhiên, khi số chu kỳ tải tăng lên, biến dạng cắt tích lũy một cách từ từ, sau đó tăng đột ngột khi mẫu đất tiến gần đến trạng thái hóa lỏng. Khi mẫu đất hóa lỏng (tại $N_{cyc-liq} = 21$), biến dạng cắt vượt quá giới hạn cho phép.



Hình 5. Ứng xử của mẫu đất Sa khi chịu tải trọng cắt động có CSR = 0,1, thể hiện mối tương quan giữa (a) ứng suất cắt và biến dạng cắt, (b) ứng suất cắt và ứng suất có hiệu theo phương đứng trong quá trình thí nghiệm, (c) áp lực nước lỗ rỗng thặng dư và số chu kỳ, và (d) số chu kỳ và biến dạng cắt.

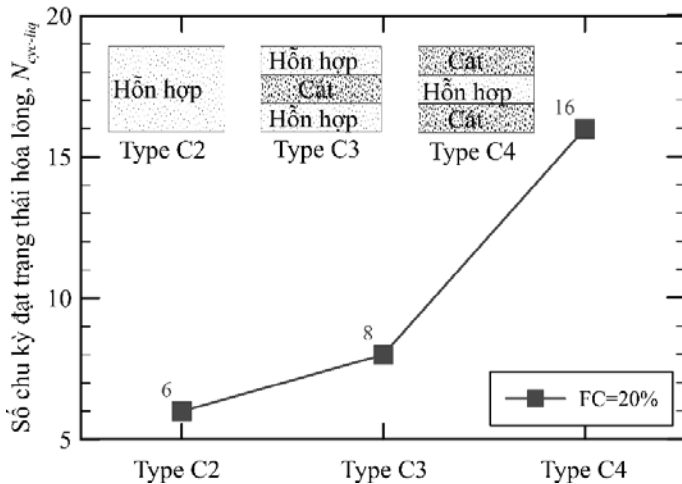
Bảng 2. Kết quả thí nghiệm CDSS

Test ID	FC (%)	Chiều cao lớp cát h (mm)	Số chu kỳ hóa lỏng trung bình, $N_{cyc-liq}$
S	0	25	21
C2	20	8.3	6
C3		8.3	8
C4		8.3	16
C4a		6.25	12
C4b		5	11
C4c		4.2	11
C4d		3.6	10

3.3 Thảo luận

3.3.1. Ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng chống hóa lỏng của hỗn hợp

Hình 6 trình bày ảnh hưởng của loại mẫu (phân tầng địa chất) đến số chu kỳ đạt trạng thái hóa lỏng của mẫu đất. Kết quả cho thấy loại mẫu hay tổng quát hơn là điều kiện phân tầng địa chất có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chống hóa lỏng khi FC = 20%.



Hình 6. Ảnh hưởng của phân tầng địa chất (loại mẫu) đến số chu kỳ đạt trạng thái hóa lỏng

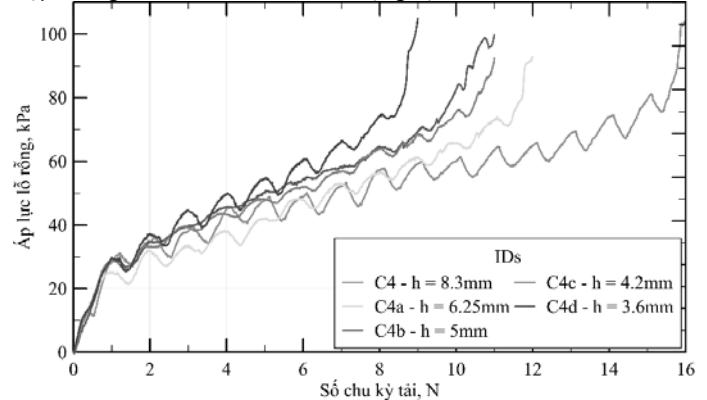
Đối với mẫu loại C2 (hỗn hợp cát và bùn phân bố đều) và C3 (bùn tập trung ở lớp trên và lớp dưới), số chu kỳ trung bình để hóa lỏng gần như là tương đương nhau ($N_{cyc} = 6$ so với $N_{cyc} = 8$). Điều này gợi ý rằng, ở FC = 20%, sự khác biệt trong cách phân bố chất mịn không gây ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chống hóa lỏng. Tuy nhiên, mẫu loại C4 (bùn tập trung ở lớp giữa) lại cho thấy khả năng chống hóa lỏng vượt trội hơn hẳn, với số chu kỳ trung bình để hóa lỏng là $N_{cyc} = 16$. Điều này cho thấy rằng, khi chất mịn được tập trung ở lớp giữa, khả năng chống hóa lỏng của mẫu tăng lên đáng kể so với các mẫu có chất mịn phân bố đều hoặc tập trung ở trên và dưới.

Sự khác biệt này có thể được giải thích bằng cường độ cao hơn của lớp cát ở trên và dưới trong mẫu loại C4. Trong thí nghiệm CDSS, lớp trên và lớp dưới đóng vai trò là vùng chịu tải. Do chỉ chứa cát, hai lớp này có cường độ cao hơn so với các mẫu C2 và C3, từ đó giúp tăng cường khả năng chống lại hóa lỏng.

3.3.2. Ảnh hưởng của chiều dày lớp đất

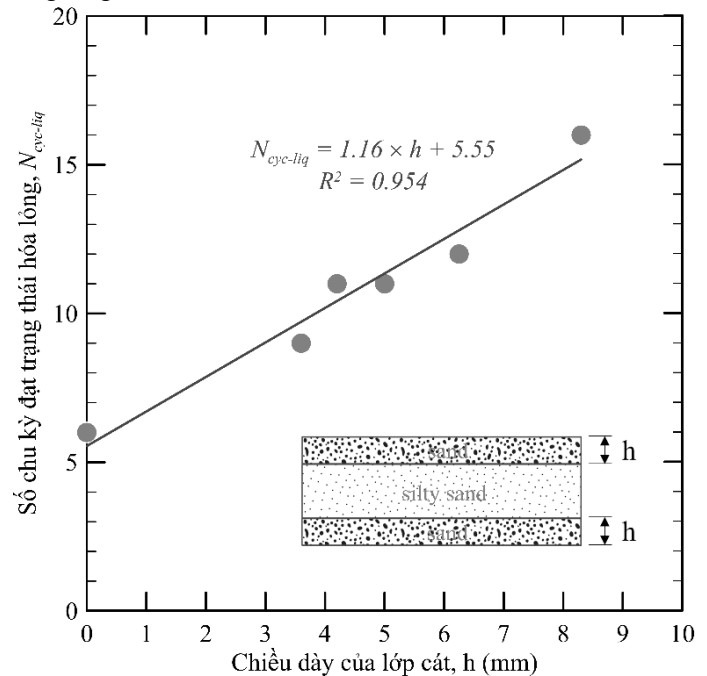
Hình 7 minh họa sự thay đổi của áp suất lỗ rỗng (PP) theo số lượng chu kỳ tải, ứng với các giá trị chiều dày lớp cát khác nhau. Dưới điều kiện ứng suất cắt không đổi, sự thay đổi độ dày của lớp cát dẫn đến sự thay đổi áp suất lỗ rỗng. Khi chiều dày lớp cát tăng lên, số lượng chu kỳ tải cần thiết để hóa lỏng mẫu cũng tăng lên. Điều này được thể hiện qua việc, với các lớp cát có độ dày lần lượt là 3.6 mm, 4.2 mm, 5 mm, 6.25 mm và 8.3 mm, số lượng chu kỳ tải cần thiết để

hóa lỏng mẫu tương ứng là 9, 11, 11, 12 và 161. Kết luận này phù hợp với nghiên cứu của Xiu và các cộng sự (2019).



Hình 7. Ảnh hưởng của phân tầng địa chất (loại mẫu) đến số chu kỳ đạt trạng thái hóa lỏng

Hình 9 thể hiện mối quan hệ giữa chiều dày của lớp cát trên và dưới (chỉ chứa cát) và số chu kỳ cần thiết để hóa lỏng. Khi chiều dày của lớp cát tăng từ 3.6 mm lên 8.3 mm, N_{cyc} tăng từ 9 lên 16. Điều này khẳng định rằng lớp cát càng dày thì khả năng chống hóa lỏng càng cao.



Hình 8. Ảnh hưởng của chiều dày lớp cát đến số chu kỳ đạt trạng thái hóa lỏng

Mối quan hệ tuyến tính tồn tại giữa số chu kỳ tải cần thiết để đạt được hóa lỏng và chiều dày của lớp cát. Điều này có nghĩa là sự gia tăng chiều dày lớp cát sẽ dẫn đến sự gia tăng tương ứng về số lượng chu kỳ tải mà mẫu có thể chịu được trước khi hóa lỏng. $N_{cyc-liq}$ có thể được tính toán từ chiều dày của lớp cát theo công thức thực nghiệm.

$$N_{cyc-liq} = 1.135 \times h + 5.824$$

trong đó h là chiều dày của lớp trên và lớp dưới chỉ chứa các hạt cát. Công thức này cung cấp một phương tiện định lượng để ước tính khả năng chống hóa lỏng dựa trên đặc tính hình học của mẫu đất.

Tóm lại, phân tích Hình 7 và 8 cho thấy chiều dày của lớp cát đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát khả năng chống hóa lỏng của hỗn hợp cát-bùn. Lớp cát dày hơn giúp giảm sự tích tụ áp suất lỗ rỗng và tăng số lượng chu kỳ tải cần thiết để gây ra hóa lỏng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thực hiện một loạt thí nghiệm cắt đơn giản tuần hoàn (CDSS) nhằm đánh giá ảnh hưởng của phân tầng địa chất đến khả năng hóa lỏng của nền đất. Các mẫu đất được chế tạo với ba kiểu phân tầng khác nhau: (i) mẫu có hạt mịn phân bố đều (C2), (ii) mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp trên và dưới (C3), và (iii) mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp giữa (C4). Ngoài ra, nghiên cứu cũng xem xét ảnh hưởng của chiều dày lớp cát trong mẫu phân tầng đến khả năng chống hóa lỏng. Tất cả các thí nghiệm được thực hiện dưới điều kiện cố kết ban đầu 100 kPa và chịu tải trọng động với tỷ số ứng suất tuần hoàn (CSR) = 0,1. Tiêu chí hóa lỏng được xác định khi biến dạng cắt biên độ kép đạt 7,5%. Các kết quả thu được cho thấy rằng sự phân bố hạt mịn trong mẫu đất có tác động đáng kể đến khả năng chống hóa lỏng. Cụ thể:

i. Mẫu đất có hạt mịn phân bố đồng đều (C2) và mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp trên và lớp dưới (C3) có số chu kỳ hóa lỏng trung bình tương đương nhau, cho thấy sự khác biệt trong cách phân bố hạt mịn không ảnh hưởng rõ rệt trong trường hợp này.

ii. Mẫu có hạt mịn tập trung ở lớp giữa (C4) thể hiện khả năng chống hóa lỏng cao hơn đáng kể, với số chu kỳ hóa lỏng cao hơn so với các mẫu khác. Điều này có thể được giải thích do lớp cát trên và dưới đóng vai trò làm vùng chịu tải chính, giúp hạn chế sự phát triển nhanh chóng của áp lực nước lỗ rỗng.

iii. Chiều dày lớp cát trong mẫu phân tầng cũng ảnh hưởng đến khả năng chống hóa lỏng. Khi lớp cát có chiều dày lớn hơn, số chu kỳ hóa lỏng tăng lên, cho thấy khả năng tiêu thoát áp lực nước lỗ rỗng tốt hơn và giúp nền đất ổn định hơn dưới tải trọng động.

iv. Mối quan hệ tuyến tính giữa số chu kỳ hóa lỏng và chiều dày lớp cát được thiết lập, giúp dự đoán được khả năng hóa lỏng của nền đất dựa trên đặc điểm phân tầng địa chất.

Những phát hiện trong nghiên cứu này cung cấp cơ sở thực nghiệm quan trọng để đánh giá nguy cơ hóa lỏng của nền đất trong điều kiện phân tầng địa chất tự nhiên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Altun, S., A. B. Göktepe, and C. Akgüner. 2005. "Cyclic shear strength of silts and sands under cyclic loading." *Geotech. Spec. Publ.*, 1365-1375.

Amini, F., and G. Z. Qi. 2000. "Liquefaction testing of stratified silty sands." *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, 126 (3): 208-217. ASCE. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2000\)126:3\(208\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2000)126:3(208)).

Amini, F., and K. M. Sama. 1999. "Behavior of stratified sand-silt-gravel composites under seismic liquefaction conditions." *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 18 (6): 445-455. Elsevier Science Ltd. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(99\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(99)00011-1).

Boominathan, A., K. Rangaswamy, and Rajagopal. 2010. "Effect of non-plastic fines on liquefaction resistance of Gujarat sand." *Int. J. Geotech. Eng.*, 4 (2): 241-253. Maney Publishing. <https://doi.org/10.3328/IJGE.2010.04.02.241-253>.

Boulanger, R., and I. Idriss. 2004. "Evaluating the potential for liquefaction or cyclic failure of silts and clays." *Neurosci. Lett.*, 339 (December): 123-126.

Cheng, K., and Y. Zhang. 2024. "A Cyclic Resistance Ratio Model of Sand-Fines Mixtures Based on Cyclic Triaxial Test." *Geotech. Geol. Eng.*, 42 (2): 1021-1033. <https://doi.org/10.1007/s10706-023-02602-6>.

Chien, L.-K., Y.-N. Oh, and C.-H. Chang. 2002. "Effects of fines content on liquefaction strength and dynamic settlement of reclaimed soil." *Can. Geotech. J.*, 39 (1): 254-265. <https://doi.org/10.1139/t01-083>.

Eseller-Bayat, E. E., M. M. Monkul, Ö. Akin, and S. Yenigun. 2019. "The coupled influence of relative density, CSR, plasticity and content of fines on cyclic liquefaction resistance of sands." *J. Earthq. Eng.*, 23 (6): 909-929. Taylor & Francis.

Gobbi, S., P. Reiffsteck, L. Lenti, M. P. S. d'Avila, and J. F. Semblat. 2021. "Liquefaction triggering in silty sands: effects of non-plastic fines and mixture-packing conditions." *Acta Geotech.*, 1. Springer Berlin Heidelberg.

<https://doi.org/10.1007/s11440-021-01262-1>.

Hsiao, D. H., V. T. A. Phan, Y. T. Hsieh, and H. Y. Kuo. 2015. "Engineering behavior and correlated parameters from obtained results of sand-silt mixtures." *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 77: 137-151. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2015.05.005>.

Idriss, I. M., and R. W. Boulanger. 2008. *Soil liquefaction during earthquakes*. *Earthq. Eng. Res. Inst.*

Jakka, R. S., Y. Singh, T. G. Sitharam, and B. K. Maheshwari (Eds.). 2023. *Earthquake Engineering and Disaster Mitigation: Contributions in the Honour of Late Professor D. K. Paul*. Springer Tracts in Civil Engineering. Singapore: Springer Nature Singapore.

Kokusho, T. 2007. "Liquefaction strengths of poorly-graded and well-graded granular soils investigated by lab tests." *Earthq. Geotech. Eng. 4th Int. Conf. Earthq. Geotech. Eng.-Invit. Lect.*, 159-184. Springer.

Monkul, M. M., C. Gültekin, M. Gülver, Ö. Akin, and E. Eseller-Bayat. 2015. "Estimation of liquefaction potential from dry and saturated sandy soils under drained constant volume cyclic simple shear loading." *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 75: 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2015.03.019>.

Monkul, M. M., S. B. Kendir, and Y. E. Tütüncü. 2021. "Combined effect of fines content and uniformity coefficient on cyclic liquefaction resistance of silty sands." *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 151 (September): 106999. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106999>.

Park, S.-S., S.-W. Woo, T.-N. Nguyen, and D.-K.-L. Tran. 2024. "Effect of silt uniformity on the liquefaction resistance of sand-silt mixtures." *Soils Found.*, 64 (5): 101507. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2024.101507>.

Polito, C. P., and J. R. Martin. 2001. "Effects of nonplastic fines on the liquefaction resistance of sands." *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, 127 (5): 408-415. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2001\)127:5\(408\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2001)127:5(408)).

Seed, H. B. 1979. "Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes." *J. Geotech. Eng. Div.*, 105 (2): 201-255. American Society of Civil Engineers.

Shen, C. K., J. L. Vrymoed, and C. K. Uyeno. 1977. "The effect of fines on liquefaction of sands." *Proc 9th ICSMFE*, 381-385.

Singh, S. 1996. "Liquefaction characteristics of silts." *Geotech. Geol. Eng.*, 14 (1): 1-19. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/BF00431231>.

Xiu, Z. G., S. H. Wang, C. Li, and F. L. Wang. 2019. "Triaxial Liquefaction Test of Saturated Stratified Sand." *Dongbei Daxue Xuebao/Journal Northeast. Univ.*, 40 (9): 1350-1354. Northeastern University. <https://doi.org/10.12068/j.issn.1005-3026.2019.09.023>.

Yoshimine, M., and R. Koike. 2005. "Liquefaction of clean sand with stratified structure due to segregation of particle size." *Soils Found.*, 45 (4): 89-98. Japanese Geotechnical Society. https://doi.org/10.3208/sandf.45.4_89.

Các yếu tố tác động đến chuyển đổi số của doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty

Factors Affecting Digital Transformation in General Construction Enterprises

> TS TRẦN VĂN KHÔI¹, TS DƯƠNG NGỌC QUANG²

¹Nguyên Phó Vụ trưởng, Vụ Kinh tế xây dựng nay là Cục Kinh tế, Quản lý đầu tư xây dựng, Bộ Xây dựng

²Phó Tổng giám đốc, Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Chuyển đổi số (CĐS) đang trở thành xu hướng tất yếu trong tất cả các lĩnh vực, đặc biệt là ngành Xây dựng - lĩnh vực có đặc thù phức tạp và đóng góp quan trọng vào nền kinh tế quốc gia, trong đó các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty đóng vai trò chủ lực trong triển khai các dự án lớn, đa ngành như đầu tư hạ tầng, sản xuất vật liệu, xây dựng nhà ở, đô thị và bất động sản. Với phạm vi hoạt động rộng cả trong nước và quốc tế, nhu cầu CĐS để tối ưu hóa quy trình quản lý, nâng cao hiệu quả vận hành và giảm thiểu chi phí là vô cùng cấp thiết. Quyết định số 258/QĐ-TTg năm 2023 do Chính Phủ Việt Nam ban hành quy định việc áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) là bắt buộc với các dự án quan trọng từ năm 2023, điều này tạo áp lực và đồng thời là động lực buộc các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty phải đầu tư mạnh mẽ vào hạ tầng công nghệ và phát triển nguồn nhân lực số. Tuy nhiên, quá trình này gặp nhiều thách thức do sự phức tạp trong quản lý đa ngành, hạn chế về tài chính, năng lực công nghệ và khả năng thích ứng của đội ngũ nhân sự. Bài báo nhằm làm rõ đặc điểm của các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty, phân tích thực trạng triển khai CĐS và các yếu tố tác động đến quá trình này. Từ đó, đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, tăng cường năng lực điều hành và thúc đẩy sự phát triển bền vững cho các doanh nghiệp trong bối cảnh CĐS toàn cầu.

Từ khóa: Chuyển đổi số; doanh nghiệp xây dựng; quản lý dự án; công nghệ BIM; ERP.

ABSTRACTS

Digital Transformation is becoming an inevitable trend across all sectors, especially in the construction industry-a field characterized by its complexity and significant contribution to the national economy. Within this industry, general construction enterprises play a pivotal role in executing large-scale, multi-sector projects such as infrastructure investment, material production, residential, urban, and real estate development. Given their extensive operations both domestically and internationally, the need for digital transformation to optimize management processes, enhance operational efficiency, and reduce costs is increasingly urgent. The Vietnamese Government's Decision No. 258/QĐ-TTg (2023) mandates the compulsory adoption of Building Information Modeling (BIM) for major projects from 2023, this policy not only imposes pressure but also acts as a driving force for general construction enterprises to invest heavily in technology infrastructure and develop a digitally-skilled workforce. However, this transformation process faces numerous challenges due to the complexity of multi-sector management, financial constraints, technological capacity, and the adaptability of human resources. This paper aims to clarify the characteristics of general construction enterprises, analyze the current state of digital transformation implementation, and identify the factors influencing this process. Based on the findings, it proposes solutions to improve management efficiency, enhance operational capacity, and promote sustainable development for these enterprises in the context of global digital transformation.

Keywords: Digital transformation; construction enterprises; project management; BIM Technology; ERP.

I. VAI TRÒ CỦA CHUYỂN ĐỔI SỐ HIỆN NAY

Trong bối cảnh Việt Nam thúc đẩy nền kinh tế số, CĐS trở thành yêu cầu tất yếu đối với ngành Xây dựng - lĩnh vực đóng góp khoảng 7,5% GDP quốc gia (Bộ Xây dựng, 2024). Đặc biệt, với các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty, nơi quản lý các dự án quy mô lớn, đa ngành, việc ứng dụng công nghệ số không chỉ nâng cao hiệu quả vận hành mà còn là yếu tố quyết định năng lực cạnh tranh

(Harvard Business Review, 2023).

Thứ nhất, CĐS tối ưu hóa quy trình quản lý dự án. Các phần mềm quản lý như ERP (Enterprise Resource Planning), PMIS (Project Management Information System) và BIM (Building Information Modeling) cho phép kiểm soát toàn bộ chuỗi giá trị, từ thiết kế, thi công đến nghiệm thu. Ví dụ, Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội (HANCORP) áp dụng phần mềm Primavera P6 đã giúp rút ngắn thời

gian kiểm soát tiến độ và giảm thiểu sai sót trong thi công, đồng thời nâng cao khả năng dự báo rủi ro (Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội, 2024).

Thứ hai, CDS nâng cao tính minh bạch và kiểm soát chi phí. Các doanh nghiệp lớn như Coteccons và Hòa Bình đã triển khai ERP để giám sát tài chính, quản lý vật tư và nhân lực theo thời gian thực. Công nghệ blockchain đang được áp dụng để quản lý hợp đồng điện tử, bảo đảm tính chính xác và không thể thay đổi dữ liệu sau khi ghi nhận (Harvard Business Review, 2023). Tập đoàn Xây dựng Delta đã ứng dụng blockchain để kiểm soát quy trình thanh toán, giúp giảm thiểu gian lận và tăng tính minh bạch trong các giao dịch (BIM Vietnam, 2024).

Thứ ba, CDS tăng cường năng lực cạnh tranh và khả năng thích ứng. Theo Quyết định số 258/QĐ-TTg, của Thủ tướng Chính phủ từ năm 2023, các dự án xây dựng cấp quốc gia bắt buộc áp dụng BIM, buộc các doanh nghiệp phải đầu tư mạnh mẽ vào số hóa để duy trì vị thế (Chính phủ Việt Nam, 2023). Mô hình BIM cho phép mô phỏng chi tiết công trình, cải thiện quá trình ra quyết định và phối hợp giữa các bên liên quan. Điển hình, Tổng Công ty Xây dựng số 1 (CC1) áp dụng cảm biến IoT để giám sát các chỉ số kỹ thuật tại công trình trọng điểm, giúp phát hiện sự cố sớm và giảm chi phí bảo trì (BIM Vietnam, 2024).

Tóm lại, CDS không chỉ là xu thế mà còn là giải pháp chiến lược giúp các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty nâng cao hiệu quả quản lý, giảm thiểu chi phí và tăng cường năng lực cạnh tranh. Doanh nghiệp nào chậm trễ trong quá trình số hóa sẽ đối diện với nguy cơ tụt hậu và mất lợi thế trong thị trường ngày càng cạnh tranh (Harvard Business Review, 2023).

2. YÊU CẦU CDS ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP XÂY DỰNG CẤP TỔNG CÔNG TY

Trong bối cảnh chuyển đổi số trở thành xu hướng tất yếu, các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty tại Việt Nam phải đáp ứng những yêu cầu cụ thể để duy trì và nâng cao năng lực cạnh tranh. Những yêu cầu này bao gồm tuân thủ chính sách nhà nước, phát triển hạ tầng công nghệ và đào tạo nhân sự.

Tuân thủ chính sách nhà nước

Theo Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023, việc áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trở thành bắt buộc đối với các dự án đầu tư xây dựng mới sử dụng vốn đầu tư công, vốn nhà nước ngoài đầu tư công và đầu tư theo phương thức đối tác công tư. Cụ thể, từ năm 2023, BIM được áp dụng cho các công trình cấp I và cấp đặc biệt; từ năm 2025, mở rộng áp dụng cho các công trình cấp II trở lên. Các doanh nghiệp cần chủ động triển khai BIM để đáp ứng lộ trình này, đảm bảo tuân thủ quy định pháp luật và nâng cao hiệu quả quản lý dự án.

Phát triển hạ tầng công nghệ

Việc triển khai các hệ thống quản lý tổng thể như ERP, PMIS và BIM là cần thiết để tối ưu hóa quy trình và nâng cao hiệu suất. Ngoài ra, việc ứng dụng điện toán đám mây giúp lưu trữ và chia sẻ dữ liệu linh hoạt, hỗ trợ quản lý dự án hiệu quả hơn. Chẳng hạn, việc áp dụng BIM được kỳ vọng tiết kiệm ít nhất 30% chi phí quy đổi tổng hợp từ các chủ thể liên quan, giảm 10% chi phí xây dựng và 20% lãng phí vật liệu xây dựng. Đầu tư vào hạ tầng công nghệ không chỉ đáp ứng yêu cầu hiện tại mà còn tạo nền tảng cho sự phát triển bền vững trong tương lai.

Đào tạo và nâng cao năng lực nhân sự

Để tận dụng tối đa lợi ích của CDS, các doanh nghiệp cần xây dựng đội ngũ nhân sự thành thạo công nghệ và có tầm nhìn về quản lý dự án số. Việc đào tạo liên tục giúp nhân viên cập nhật kiến thức mới, nâng cao kỹ năng và sẵn sàng thích ứng với thay đổi. Theo lộ trình áp dụng BIM, từ năm 2017 đến 2019, việc nâng cao nhận thức

và khuyến khích các cơ quan, tổ chức, doanh nghiệp áp dụng BIM đã được triển khai, bao gồm xây dựng chương trình đào tạo và nâng cao năng lực cho các bên liên quan. Đầu tư vào con người là yếu tố then chốt để đảm bảo thành công trong quá trình CDS.

Tóm lại, để đáp ứng yêu cầu CDS, các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty cần tuân thủ chính sách nhà nước, đầu tư vào hạ tầng công nghệ và chú trọng đào tạo nhân sự. Đây là những bước đi chiến lược giúp doanh nghiệp nâng cao hiệu quả hoạt động, giảm chi phí và tăng cường khả năng cạnh tranh trong thị trường ngày càng khốc liệt.

3. MỘT SỐ NỘI DUNG CDS ĐỐI VỚI DOANH NGHIỆP XÂY DỰNG

CDS trong ngành Xây dựng là một xu hướng tất yếu nhằm tối ưu hóa quản lý, nâng cao hiệu suất lao động và đảm bảo tính minh bạch trong hoạt động sản xuất kinh doanh. Đối với các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty, quá trình này càng quan trọng hơn do phạm vi hoạt động rộng và mức độ phức tạp trong vận hành (Nguyễn và cộng sự, 2023).

3.1. Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý

Việc áp dụng các phần mềm quản lý là một trong những nội dung quan trọng của CDS, giúp doanh nghiệp tăng hiệu quả vận hành và giảm chi phí quản lý. Các công cụ tiêu biểu mà doanh nghiệp xây dựng áp dụng bao gồm:

- **Phần mềm quản lý văn bản và điều hành (I-Office):** Giúp tối ưu hóa quy trình xử lý văn bản, giảm thiểu việc sử dụng giấy tờ truyền thống (MOC, 2024).

- **Phần mềm tiến độ Primavera P6:** Hỗ trợ lập kế hoạch và kiểm soát tiến độ thi công (World Bank, 2023).

- **Phần mềm kế toán (Fast Business Online, MISA, G8):** Hỗ trợ kế toán tài chính và thanh quyết toán (Statista, 2024).

- **Phần mềm quản lý dự án (BIM, GXD, PMIS, SAP2000, ETABS):** Giúp giám sát toàn bộ vòng đời dự án từ thiết kế, thi công đến bàn giao (OECD, 2023).

Theo Bộ Xây dựng Việt Nam, nhiều doanh nghiệp đã chủ động triển khai và áp dụng hệ thống hoạch định nguồn lực doanh nghiệp (ERP) và BIM từ nhiều năm trước, tích cực đẩy mạnh việc ứng dụng công nghệ vào từ khâu thiết kế tới thi công để điều phối và quản lý, kiểm soát, giúp giảm đáng kể những sai sót trong quá trình hoàn thiện công trình xây dựng (MOC, 2024).

3.2. Số hóa quy trình làm việc và hồ sơ dự án

Quản lý thông tin công trình (BIM) đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt theo Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/03/2023, yêu cầu các doanh nghiệp xây dựng áp dụng công nghệ BIM vào quản lý dự án (Chính phủ Việt Nam, 2023). Mô hình BIM hỗ trợ hợp tác đa ngành trên một nền tảng số hóa chung, quản lý dữ liệu xây dựng theo thời gian thực và giảm thiểu sai sót, tăng độ chính xác trong thiết kế và thi công (McKinsey & Company, 2023).

Ngoài ra, việc áp dụng chữ ký số, hệ thống quản lý hồ sơ điện tử, nền tảng quản lý nhân sự và đào tạo trực tuyến cũng là các yếu tố cần thiết trong quá trình số hóa (IFC, 2023). Theo báo cáo của Bộ Xây dựng, việc ứng dụng các nền tảng này không chỉ hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý nhà nước mà còn giúp người dân, doanh nghiệp dễ dàng tiếp cận, nắm bắt thông tin và thực hiện các thủ tục hành chính một cách nhanh chóng (MOC, 2024).

3.3. Ứng dụng công nghệ mới

CDS trong doanh nghiệp xây dựng không chỉ dừng lại ở việc số hóa quy trình làm việc mà còn bao gồm áp dụng các công nghệ mới như:

- **IoT (Internet vạn vật):** Giám sát công trình theo thời gian thực

bằng cảm biến thông minh (Nguyen & Tran, 2022).

- **AI & Machine Learning:** Dự báo rủi ro thi công và tối ưu hóa quy trình vận hành (Statista, 2024).

- **Blockchain:** Đảm bảo tính minh bạch trong quản lý hợp đồng và thanh toán (McKinsey & Company, 2023).

Theo báo cáo của Bộ Xây dựng, việc ứng dụng các công nghệ mới này đã giúp nhiều doanh nghiệp trong Ngành nâng cao hiệu quả quản lý, giảm thiểu sai sót và tăng cường tính minh bạch trong các hoạt động xây dựng (MOC, 2024).

4. THỰC TRẠNG CDS ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP XÂY DỰNG CẤP TỔNG CÔNG TY THỜI GIAN QUA

4.1. Thành tựu đạt được

CDS trong lĩnh vực xây dựng đã trở thành xu hướng tất yếu nhằm tối ưu hóa quản lý, tăng hiệu suất lao động và nâng cao tính minh bạch trong hoạt động sản xuất kinh doanh (Bộ TT&TT, 2023a). Tại Việt Nam, nhiều doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty đã đạt được những bước tiến quan trọng trong quá trình này, đặc biệt là trong việc số hóa quy trình quản lý và vận hành. Theo nghiên cứu của Viện Kiến trúc Quốc gia (2023), một số doanh nghiệp đã triển khai các hệ thống phần mềm như **ERP (Enterprise Resource Planning)** để tối ưu hóa nguồn lực, quản lý tài chính và điều hành dự án. Các giải pháp như **I-Office, Fast Business Online, và Base.vn** cũng giúp doanh nghiệp quản lý tài liệu, quy trình phê duyệt và kiểm soát tài chính một cách hiệu quả (Nguyễn, 2024).

Bên cạnh đó, các công nghệ tiên tiến như Mô hình Thông tin Công trình (BIM) và Trí tuệ Nhân tạo (AI) đã được thử nghiệm trong giám sát công trình, giúp cải thiện độ chính xác trong thiết kế, tối ưu hóa tiến độ thi công và quản lý rủi ro (Nguyễn, 2023). BIM cung cấp một nền tảng dữ liệu thống nhất, hỗ trợ các bên liên quan trong toàn bộ vòng đời của công trình xây dựng, từ khâu thiết kế, thi công đến bảo trì sau hoàn thành (Trần, 2023). Ngoài ra, doanh nghiệp cũng đã bắt đầu ứng dụng công nghệ chuỗi khối (blockchain) trong quản lý hợp đồng và thanh toán, giúp tăng tính minh bạch và giảm thiểu rủi ro gian lận tài chính (Lê, 2023).

Theo báo cáo của **Tạp chí Công Thương (2023)**, nhiều doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam đã bước đầu số hóa quy trình đấu thầu, giúp cải thiện tính minh bạch và hiệu quả của hoạt động này. Sự chuyển dịch từ các hợp đồng truyền thống sang **hợp đồng điện tử và chữ ký số** đã giúp tiết kiệm thời gian, giảm chi phí hành chính và hạn chế sai sót trong quá trình triển khai hợp đồng.

4.2. Hạn chế và thách thức

Mặc dù đã đạt được những thành tựu quan trọng, quá trình CDS trong ngành Xây dựng vẫn đối mặt với nhiều thách thức. Một trong những vấn đề lớn nhất là thiếu sự đồng bộ giữa các hệ thống công nghệ. Nhiều doanh nghiệp triển khai các phần mềm quản lý theo từng phòng ban riêng lẻ, dẫn đến tình trạng không thể tích hợp dữ liệu một cách thống nhất, gây khó khăn trong việc quản lý dự án và ra quyết định dựa trên dữ liệu tổng thể (Nguyễn, 2022).

Thiếu hụt nhân sự có kỹ năng công nghệ cũng là một rào cản lớn đối với CDS trong ngành Xây dựng. Phần lớn đội ngũ lao động trong Ngành vẫn quen với cách làm việc truyền thống và chưa được đào tạo bài bản về công nghệ số. Việc áp dụng các hệ thống như Mô hình Thông tin Công trình (BIM) hay Trí tuệ Nhân tạo (AI) đòi hỏi nhân lực phải có kiến thức chuyên sâu về phần mềm và khả năng phân tích dữ liệu, trong khi phần lớn kỹ sư xây dựng chưa được trang bị đầy đủ kỹ năng này (Trần, 2023).

Chi phí đầu tư cao cho hạ tầng công nghệ thông tin và các giải pháp số hóa cũng là một thách thức đáng kể. Việc triển khai hệ thống quản lý tổng thể như ERP hay BIM đòi hỏi nguồn lực tài chính lớn, trong khi các doanh nghiệp vừa và nhỏ trong ngành Xây dựng

thường không đủ khả năng đầu tư mạnh vào các công nghệ này. Chi phí mua phần mềm, bảo trì và đào tạo nhân sự có thể chiếm tỷ lệ đáng kể trong tổng chi phí vận hành của một doanh nghiệp xây dựng (Lê, 2023).

Ngoài ra, văn hóa doanh nghiệp và khả năng thích nghi với công nghệ mới cũng là những trở ngại lớn. Nhiều doanh nghiệp vẫn chưa sẵn sàng thay đổi quy trình làm việc để tích hợp các công nghệ số, dẫn đến tình trạng triển khai chậm hoặc không hiệu quả. Việc thiếu cơ sở hạ tầng, nhân lực nội bộ cũng như lộ trình CDS rõ ràng được xem là những yếu tố cản trở quá trình này (Hoàng, 2023).

Tổng hợp lại, những thách thức này đòi hỏi các doanh nghiệp xây dựng cần có chiến lược CDS toàn diện, đầu tư vào đào tạo nhân lực và xây dựng văn hóa doanh nghiệp sẵn sàng chấp nhận thay đổi để tận dụng tối đa lợi ích mà công nghệ số mang lại.

4.3. Định hướng phát triển

Để thúc đẩy quá trình CDS trong ngành Xây dựng, doanh nghiệp cần tập trung vào một số giải pháp chiến lược. Trước hết, cần **đầu tư vào hạ tầng công nghệ thông tin**, xây dựng kho dữ liệu tập trung để kết nối và tích hợp các hệ thống quản lý khác nhau. Việc ứng dụng **điện toán đám mây (cloud computing)** giúp doanh nghiệp lưu trữ và xử lý dữ liệu một cách linh hoạt hơn, giảm tải chi phí đầu tư vào hệ thống máy chủ nội bộ (Tạp chí Công Thương, 2023).

Bên cạnh đó, việc **đào tạo và nâng cao kỹ năng số cho nhân sự** là yếu tố then chốt. Các doanh nghiệp cần xây dựng chương trình đào tạo nội bộ và hợp tác với các trường đại học, viện nghiên cứu để phát triển đội ngũ lao động có khả năng sử dụng các công cụ kỹ thuật số một cách hiệu quả (Viện Kiến trúc Quốc gia, 2023).

Cuối cùng, **việc hợp tác với các đơn vị công nghệ và tận dụng chính sách hỗ trợ từ Chính phủ** sẽ giúp doanh nghiệp xây dựng triển khai CDS một cách bền vững. Các mô hình hợp tác công tư (PPP) có thể giúp giảm áp lực tài chính và tạo điều kiện thuận lợi để doanh nghiệp tiếp cận công nghệ tiên tiến (Bộ TT&TT, 2023b).

Tóm lại, mặc dù ngành Xây dựng cấp tổng công ty đã có những bước tiến đáng kể trong CDS, vẫn còn nhiều thách thức cần giải quyết. Đầu tư vào công nghệ, phát triển nguồn nhân lực và xây dựng chiến lược phù hợp là những yếu tố quan trọng để thúc đẩy sự phát triển bền vững của Ngành trong tương lai.

5. MỘT SỐ YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN CDS

CDS trong các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty là một quá trình phức tạp, chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau. Việc hiểu rõ và quản lý hiệu quả các yếu tố này là chìa khóa để thúc đẩy quá trình CDS thành công trong ngành Xây dựng.

Nhà nước đã ban hành nhiều chính sách nhằm thúc đẩy CDS trong ngành Xây dựng. Quyết định số 749/QĐ-TTg năm 2020 của Thủ tướng Chính phủ về Chương trình CDS quốc gia đặt mục tiêu đến năm 2025, Việt Nam thuộc nhóm 50 nước dẫn đầu về Chính phủ điện tử và kinh tế số. Tiếp đó, Quyết định số 1004/QĐ-BXD năm 2020 của Bộ Xây dựng phê duyệt Kế hoạch chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030, nhấn mạnh việc ứng dụng công nghệ số trong quản lý và hoạt động xây dựng. Đặc biệt, Quyết định số 258/QĐ-TTg năm 2023 của Thủ tướng Chính phủ về lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình, nhằm nâng cao hiệu quả và chất lượng công trình xây dựng. Tuy nhiên, việc thực thi các chính sách này còn gặp nhiều thách thức. Sự chậm trễ trong việc ban hành các hướng dẫn cụ thể và thiếu sự đồng bộ giữa các cơ quan chức năng đã làm giảm hiệu quả của các chính sách. Ngoài ra, nhận thức và hiểu biết về CDS của một số lãnh đạo doanh nghiệp còn hạn chế, dẫn đến việc triển khai chưa đồng bộ và thiếu hiệu quả.

Ngoài các chính sách và pháp lý, CDS đòi hỏi đội ngũ nhân sự có

kiến thức và kỹ năng về công nghệ số. Tuy nhiên, trong nhiều doanh nghiệp xây dựng, phần lớn nhân sự chưa quen với các công cụ số hóa, dẫn đến khó khăn trong việc áp dụng công nghệ mới. Việc thiếu hụt nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực công nghệ thông tin và quản lý dự án số hóa là một rào cản lớn đối với quá trình CĐS. Để khắc phục, các doanh nghiệp cần đầu tư vào đào tạo và nâng cao năng lực cho nhân viên, đồng thời xây dựng chiến lược phát triển nguồn nhân lực phù hợp với yêu cầu của CĐS. Chi phí đầu tư cho hạ tầng công nghệ thông tin, phần mềm và đào tạo nhân sự là rất lớn, tạo ra rào cản đáng kể cho nhiều doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Việc triển khai các hệ thống quản lý thông tin hiện đại như BIM, ERP đòi hỏi nguồn vốn đầu tư ban đầu cao, trong khi lợi ích thu được thường chỉ rõ ràng sau một thời gian dài. Để giảm bớt gánh nặng tài chính, các doanh nghiệp có thể xem xét hợp tác công tư, tìm kiếm nguồn tài trợ hoặc áp dụng các giải pháp công nghệ phù hợp với khả năng tài chính của mình.

Tư duy truyền thống trong quản lý xây dựng là một thách thức lớn đối với CĐS. Nhiều doanh nghiệp còn e ngại thay đổi, thiếu sự linh hoạt và sẵn sàng chấp nhận rủi ro khi áp dụng công nghệ mới. Để thành công trong CĐS, cần có sự thay đổi về nhận thức từ cấp lãnh đạo đến nhân viên, xây dựng văn hóa doanh nghiệp linh hoạt, khuyến khích đổi mới sáng tạo và chấp nhận thất bại như một phần của quá trình học hỏi. Các tập đoàn xây dựng lớn như Coteccons, Hòa Bình, Vinaconex đang tích cực triển khai CĐS để nâng cao năng lực cạnh tranh. Điều này đặt áp lực lên các doanh nghiệp khác trong ngành phải tăng tốc quá trình số hóa để không bị tụt hậu. Sự cạnh tranh khốc liệt trong ngành Xây dựng đòi hỏi các doanh nghiệp phải nhanh chóng thích ứng với công nghệ mới, cải tiến quy trình và nâng cao chất lượng dịch vụ để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của khách hàng. CĐS trong ngành Xây dựng chịu ảnh hưởng lớn từ sự phát triển của công nghệ. Các công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) giúp giám sát thi công, phát hiện sai sót và tối ưu hóa quy trình. Công nghệ chuỗi khối (Blockchain) giúp tăng tính minh bạch trong quản lý hợp đồng và thanh toán, giảm thiểu rủi ro gian lận. Điện toán đám mây (Cloud computing) giúp lưu trữ và chia sẻ dữ liệu hiệu quả hơn, tạo điều kiện cho việc hợp tác và quản lý dự án từ xa.

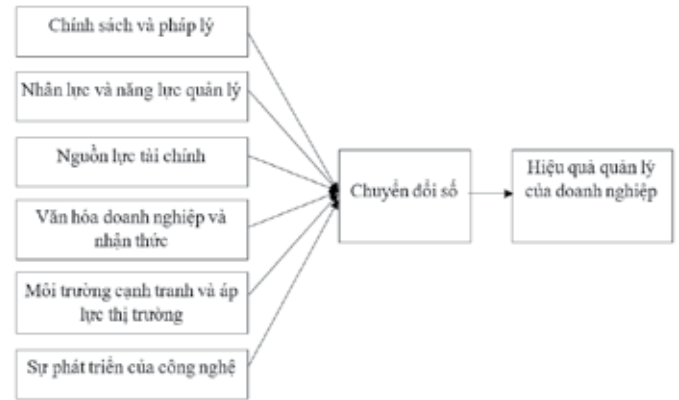
CĐS trong doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty là một quá trình phức tạp, chịu tác động của nhiều yếu tố. Để thành công, các doanh nghiệp cần xây dựng chiến lược phù hợp, đầu tư vào công nghệ, nâng cao năng lực nhân sự và tạo dựng văn hóa doanh nghiệp linh hoạt, sẵn sàng chấp nhận đổi mới. Sự hỗ trợ từ chính sách nhà nước, cùng với nỗ lực tự thân của doanh nghiệp, sẽ là động lực quan trọng thúc đẩy quá trình CĐS trong ngành Xây dựng.

❖ *Mô hình nghiên cứu đề xuất*

Sau khi nghiên cứu, tổng hợp thông tin từ các tài liệu pháp lý, phân tích thực trạng tại các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty và tham khảo ý kiến chuyên gia thông qua các phương pháp khảo sát, bảng hỏi định lượng và phỏng vấn chuyên sâu, chúng tôi đã xác định được các yếu tố chính tác động đến quá trình CĐS. Quá trình nghiên cứu dựa trên cách tiếp cận kết hợp (mixed-methods), bao gồm thu thập dữ liệu sơ cấp từ các cuộc khảo sát với đội ngũ lãnh đạo, cán bộ kỹ thuật tại các tổng công ty xây dựng lớn, đồng thời phân tích dữ liệu thứ cấp từ các chính sách, nghị quyết của Chính phủ và Bộ Xây dựng. Phương pháp phỏng vấn chuyên gia được thiết kế nhằm đo lường mức độ ảnh hưởng của các yếu tố từ môi trường bên ngoài (chính sách nhà nước, yêu cầu thị trường, áp lực cạnh tranh) và các yếu tố nội tại (hạ tầng công nghệ, năng lực nhân sự, năng lực tài chính, văn hóa doanh nghiệp).

Kết quả thu được cho thấy có 6 yếu tố chính tác động đến quá trình CĐS tại các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty, bao

gồm: (1) Chính sách nhà nước và quy định pháp lý; (2) Nhân lực và năng lực quản lý; (3) Nguồn lực tài chính; (4) Văn hóa doanh nghiệp và nhận thức; (5) Môi trường cạnh tranh và áp lực thị trường; (6) Sự phát triển của công nghệ. Những phát hiện này là cơ sở để xây dựng mô hình nghiên cứu về các yếu tố tác động đến CĐS trong các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty, giúp doanh nghiệp định hướng chiến lược, xác định lộ trình và giải pháp phù hợp nhằm tối ưu hóa quy trình quản lý và nâng cao năng lực cạnh tranh trong bối cảnh kinh tế số hiện nay.



Nguồn: Tổng hợp của các tác giả

Bước tiếp theo các tác giả sẽ dùng sử dụng bảng hỏi đối với các tổ chức cá nhân có liên quan để xác định mức độ tác động của các yếu tố đến CĐS của các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty.

6. MỘT SỐ GIẢI PHÁP ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ CĐS ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP NGÀNH XÂY DỰNG

CĐS trong ngành Xây dựng là xu hướng tất yếu nhằm nâng cao năng suất, tối ưu hóa chi phí và tăng cường khả năng cạnh tranh. Tuy nhiên, để đạt hiệu quả cao, các doanh nghiệp cần triển khai đồng bộ nhiều giải pháp chiến lược. Dưới đây là một số giải pháp quan trọng giúp nâng cao hiệu quả CĐS trong doanh nghiệp xây dựng.

6.1. Xây dựng chiến lược CĐS rõ ràng

Một trong những yếu tố quan trọng để đảm bảo thành công của CĐS là có một chiến lược rõ ràng và lộ trình thực hiện cụ thể. Doanh nghiệp cần xây dựng kế hoạch dài hạn, xác định mục tiêu, phạm vi và nguồn lực cần thiết để triển khai CĐS một cách hiệu quả (Nguyễn, 2023). Theo Tờ trình Hội đồng quản trị CĐS năm 2024, Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội đã chia lộ trình CĐS thành hai giai đoạn: giai đoạn 2024-2026 tập trung số hóa các nghiệp vụ, và giai đoạn 2027-2029 hướng đến khai thác dữ liệu chung và ứng dụng AI trong hoạt động quản trị (Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội, 2024). Việc lập kế hoạch theo từng giai đoạn như vậy giúp doanh nghiệp có thể kiểm soát tiến độ và điều chỉnh phù hợp với thực tế triển khai.

6.2. Đầu tư vào hạ tầng công nghệ và phần mềm đồng bộ

CĐS đòi hỏi một nền tảng công nghệ vững chắc, bao gồm cơ sở hạ tầng, hệ thống phần mềm, nền tảng dữ liệu và bảo mật thông tin (Lê, 2023). Hiện tại, nhiều doanh nghiệp xây dựng sử dụng các phần mềm rời rạc dẫn đến khó khăn trong quản lý dữ liệu. Theo báo cáo của Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội, mặc dù đã áp dụng nhiều phần mềm như I-Office, Primavera P6, Fast Business Online, BIM, nhưng hệ thống vẫn chưa được kết nối đồng bộ, gây khó khăn trong việc quản lý thông tin (Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội, 2024). Để cải thiện, các doanh nghiệp cần tích hợp các phần mềm quản lý vào một nền tảng thống nhất để tối ưu hóa việc khai thác dữ liệu và hỗ trợ ra quyết định nhanh chóng.

6.3. Nâng cao năng lực nhân sự và đào tạo chuyên sâu

Một trong những rào cản lớn nhất của CĐS trong ngành Xây dựng là thiếu hụt nhân sự có kỹ năng công nghệ (Trần, 2023). Theo Tờ trình Hội đồng quản trị CĐS năm 2024, đội ngũ cán bộ công nhân viên tại nhiều doanh nghiệp vẫn còn hạn chế trong việc sử dụng công nghệ vào công việc hàng ngày. Do đó, doanh nghiệp cần có chính sách đào tạo bài bản cho nhân viên, đặc biệt là trong việc sử dụng các công cụ số như BIM, ERP, AI và các phần mềm quản lý dự án (Nguyễn, 2022). Một số giải pháp bao gồm:

- Tổ chức các khóa đào tạo định kỳ về CĐS cho nhân viên.
- Hợp tác với các đơn vị đào tạo chuyên sâu về công nghệ xây dựng.
- Tuyển dụng chuyên gia công nghệ để dẫn dắt quá trình CĐS trong doanh nghiệp.

6.4. Áp dụng công nghệ tiên tiến vào quản lý và thi công

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và blockchain vào xây dựng sẽ giúp cải thiện hiệu quả quản lý và giảm chi phí vận hành (Nguyễn, 2023). Theo nghiên cứu của Lê (2023), việc sử dụng BIM giúp tối ưu hóa thiết kế, giảm sai sót thi công và nâng cao khả năng quản lý dự án. Bên cạnh đó, blockchain có thể giúp quản lý hợp đồng thông minh và thanh toán minh bạch hơn (Hoàng, 2023). Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội đã đề xuất áp dụng BIM trong tất cả các dự án cấp II trở lên từ năm 2025, điều này giúp nâng cao hiệu quả giám sát và quản lý tiến độ. Các doanh nghiệp khác trong ngành cũng nên xây dựng lộ trình ứng dụng công nghệ số, đặc biệt là trong các lĩnh vực quản lý chất lượng, thi công và bảo trì công trình.

6.5. Hoàn thiện chính sách và khung pháp lý hỗ trợ

Để thúc đẩy CĐS trong ngành Xây dựng, các cơ quan quản lý cần hoàn thiện khung pháp lý và chính sách hỗ trợ doanh nghiệp. Hiện nay, Chính phủ đã ban hành nhiều chính sách như Quyết định số 749/QĐ-TTg về Chương trình CĐS quốc gia, hay Quyết định số 258/QĐ-TTg về lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình. Tuy nhiên, việc triển khai thực tế vẫn còn gặp khó khăn do thiếu hướng dẫn cụ thể cho doanh nghiệp. Vì vậy, cần có chính sách hỗ trợ tài chính, giảm thuế hoặc cung cấp các khoản vay ưu đãi để giúp doanh nghiệp đầu tư vào hạ tầng công nghệ và đào tạo nhân sự.

7. KẾT LUẬN

CĐS là xu thế tất yếu hiện nay, CĐS có tính cấp thiết và là một đòi hỏi không thể thiếu, việc đánh giá đúng thực trạng, có các giải pháp căn bản và việc nhận diện được các yếu tố tác động đến quá trình CĐS sẽ giúp cho các doanh nghiệp xây dựng cấp tổng công ty nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh và tăng sức cạnh tranh trên thị trường, giúp cho các tổng công ty xây dựng có bước đi hợp lý để đưa công nghệ số trở thành một công cụ hữu ích trong quản lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. BIM Vietnam (2024). *Lợi ích của áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong xây dựng*.
2. Bộ TT&TT, 2023, 'Chuyển đổi số doanh nghiệp tại Việt Nam: Thuận lợi và thách thức'.
3. Bộ Xây dựng (2024). *Báo cáo ngành Xây dựng Việt Nam năm 2024*. Hà Nội: NXB Xây dựng.
4. Bộ Xây dựng 2023, *Quyết định số 258/QĐ-TTg về lộ trình áp dụng BIM*, Hà Nội.
5. Bộ Xây dựng Việt Nam (MOC) 2024, *Báo cáo chuyển đổi số ngành Xây dựng Việt Nam*, Bộ Xây dựng, Hà Nội.
6. Chính phủ Việt Nam (2023). *Quyết định số 258/QĐ-TTg về áp dụng mô hình BIM trong hoạt động xây dựng*.
7. Chính phủ Việt Nam 2023, *Quyết định số 258/QĐ-TTg về ứng dụng BIM trong xây dựng*, Công báo Chính phủ Việt Nam, Hà Nội.
8. Harvard Business Review (2023). *The digital transformation of construction: Challenges and opportunities*.

9. Hoàng, M. 2023, *Ứng dụng công nghệ số tại các doanh nghiệp nhà nước diễn ra chậm*, Tạp chí Kinh tế và Phát triển, số 7, tr. 45-56.
10. International Finance Corporation (IFC) 2023, *Chuyển đổi số trong ngành Xây dựng*, Ấn phẩm IFC, Washington D.C.
11. Lê, P.Q. 2023, *BIM và chuyển đổi số trong quản lý dự án xây dựng*, Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 10, tr. 55-70.
12. Lê, T.P. 2023, *Chi phí đầu tư trong chuyển đổi số ngành xây dựng tại Việt Nam*, Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 12, tr. 78-92.
13. McKinsey & Company 2023, *Khai phá tiềm năng kỹ thuật số trong ngành xây dựng*, McKinsey Insights, truy cập ngày 20 tháng 2 năm 2024, <https://www.mckinsey.com/insights/construction>.
14. Ngân hàng Thế giới (World Bank) 2023, *Nâng cao hiệu suất xây dựng thông qua chuyển đổi số*, Ấn phẩm Ngân hàng Thế giới, Washington D.C.
15. Nguyen, H. & Tran, D. 2022, *Công nghệ xây dựng thông minh tại Việt Nam*, Tạp chí Quản lý Xây dựng, tập 12, số 3, trang 56-72.
16. Nguyễn, H.T. 2022, *Chuyển đổi số trong ngành Xây dựng: Xu hướng và thách thức*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, TP.HCM.
17. Nguyễn, H.T. 2023, *Tương lai của ngành xây dựng: BIM và AI sẽ cách mạng hóa ngành công nghiệp vào năm 2023*, NXB Xây dựng, TP.HCM.
18. Nguyễn, T.H. 2024, *Chuyển đổi số ngành xây dựng: Thách thức lớn cho doanh nghiệp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
19. Nguyễn, V.H. 2022, *Yếu tố khai mở số hóa ngành xây dựng và bất động sản*, Tạp chí Quản lý Xây dựng, số 5, tr. 23-40.
20. OECD 2023, *Xây dựng số: Xu hướng và thách thức*, Ấn phẩm OECD, Paris.
21. Statista 2024, *Vai trò của công cụ kỹ thuật số trong nâng cao hiệu suất xây dựng*, truy cập ngày 15/02/2024, <https://www.statista.com/construction-digital-transformation>.
22. Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội 2024, *Dự thảo Đề án Chuyển đổi số 2024*, Hà Nội.
23. Tổng Công ty Xây dựng Hà Nội 2024, *Tờ trình Hội đồng quản trị chuyển đổi số 2024*, Hà Nội.
24. Trần, V.H. 2023, *Chiến lược đào tạo nhân sự trong chuyển đổi số ngành Xây dựng*, Tạp chí Nghiên cứu Kinh tế, số 9, tr. 60-80.
25. Trần, V.H. 2023, *Đột phá từ BIM: Chính sách mới và giải pháp nâng cao hiệu quả ngành xây dựng Việt Nam*, Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 12, tr. 45-60.
26. Viện Kiến trúc Quốc gia 2023, *Chuyển đổi số trong doanh nghiệp xây dựng - Thách thức và Cơ hội*, truy cập ngày 15/2/2025, <https://vienkientrucquocgia.gov.vn/chuyen-doi-so-trong-doanh-nghiep-xay-dung-thach-thuc-va-co-hoi/>.

Nghiên cứu chiến lược cho quản trị logistics trong xây dựng tiền chế tại Việt Nam áp dụng phương pháp AHP

Offsite construction logistics management strategies in Vietnam: An AHP approach

> **TÔ THỊ HƯƠNG QUỲNH***, **NGUYỄN PHƯƠNG CHÂM**

Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: quynhth@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu phân tích và tổng hợp lý thuyết dựa trên các tài liệu gồm nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan tới quản trị logistic (Logistic management) trong xây dựng tiền chế (offsite construction). Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định lượng phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) để xác định mức độ ưu tiên của các chiến lược và từ kết quả thu được, nghiên cứu xây dựng lộ trình áp dụng các chiến lược để nâng cao hiệu quả của công tác quản trị logistics tiền chế trong ngành Xây dựng Việt Nam.

Từ khóa: Quản trị logistic; xây dựng tiền chế; chiến lược; AHP; Việt Nam.

ABSTRACT

This article uses the research method of analyzing and synthesizing theory based on documents including domestic and foreign research related to logistics management in offsite construction. This article also uses the quantitative research method of analytical hierarchy (Analytic Hierarchy Process - AHP) to determine the priority of strategies and from the results obtained, research and develop a roadmap for applying strategies to improve the efficiency of prefabricated logistics management in the Vietnamese construction industry.

Keywords: Logistic management; offsite construction; strategy; AHP; Vietnam.

1. GIỚI THIỆU

Phương pháp thi công hiện đại (MMC - Modern Methods of Construction) để cập đến việc tối ưu hóa quy trình của tất cả các tiến trình xây dựng, nhằm tạo ra các sản phẩm tốt hơn và lâu dài hơn. Mục tiêu của MMC là nâng cao hiệu quả kinh doanh, chất lượng, sự hài lòng của khách hàng (Chủ đầu tư), cũng như giúp sản phẩm xây

dựng trở nên thân thiện với môi trường, bền vững và có thể dự đoán được. Xây dựng tiền chế (offsite construction) là một phần của MMC. Bằng cách sản xuất và lắp ráp trước các bộ phận, mô-đun hoặc cấu kiện (tiền chế ngoài công trường - offsite construction) trước khi lắp đặt chúng trên công trường (onsite construction), xây dựng tiền chế làm tăng đáng kể giá trị của một sản phẩm hoàn chỉnh. Xây dựng tiền chế không còn xa lạ ở Việt Nam đặc biệt trong thi công công trình ngầm (Cọc bê tông đúc sẵn), công trình công nghiệp (cột, dầm, sàn, cầu thang bê tông cốt thép đúc sẵn; cột thép, vì kèo thép tiền chế); công trình giao thông (dầm cầu bê tông cốt thép đúc sẵn), công trình hạ tầng kỹ thuật (ống cống, hố ga)...

Vai trò của Logistics trong dự án đầu tư xây dựng công trình thông thường có ý nghĩa vô cùng quan trọng tới sự thành công của dự án. Nguyên nhân là do những đặc điểm riêng có của sản phẩm xây dựng như: tính đơn chiếc, thi công theo thiết kế của công trình và gắn với địa điểm xây dựng cụ thể. Do đó, quản trị logistics có tầm quan trọng vô cùng lớn trong hoạt động sản xuất của nhà thầu xây dựng, đảm bảo cung cấp vật liệu với số lượng đầy đủ, chính xác, chất lượng đáp ứng yêu cầu của thi công với chi phí thấp và đúng thời điểm yêu cầu [2]. Trong dự án đầu tư xây dựng có sử dụng xây dựng tiền chế, quản trị logistics lại càng quan trọng, kết nối giữa sản xuất cấu kiện tại các nhà máy và thi công lắp đặt trên công trường (hình 1). Do đó, logistics ảnh hưởng lớn hơn tới tiến độ, chất lượng, chi phí và hiệu quả dự án.



Hình 1. Vai trò của Logistics trong chuỗi cung ứng xây dựng tiền chế (Nghiên cứu rút ra từ [1])

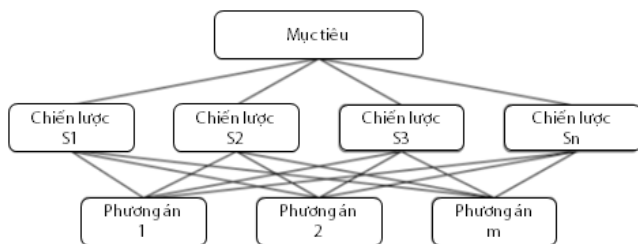
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để xác định đâu là chiến lược cần ưu tiên trong ngắn hạn, đâu là chiến lược có thể phát triển trong dài hạn, để tài áp dụng phương pháp ra quyết định đa mục tiêu. Trong nghiên cứu này, đánh giá các chiến lược được xác định bằng phương pháp AHP. Phương pháp AHP (Analytic hierarchy process) là một trong số những kỹ thuật ra

quyết định được áp dụng khi lựa chọn phương án theo nhiều tiêu chí, và các tiêu chí này ít nhiều xung đột với nhau. AHP có nhiều ưu điểm so với các phương pháp ra quyết định đa mục tiêu khác. Trong khi nhiều phương pháp khác gặp trở ngại trong việc xác định mức độ quan trọng của từng tiêu chí thì AHP xây dựng vấn đề thành một cấu trúc phân cấp, mức độ quan trọng của mỗi yếu tố có thứ bậc rõ ràng, dễ điều chỉnh phù hợp với vấn đề nghiên cứu. Vì vậy AHP được áp dụng tương đối phổ biến trong ngành Xây dựng trên thế giới [3], cũng như ở Việt Nam với mẫu khảo sát không quá lớn [2, 4]. AHP là một trong những phương pháp ra quyết định đa mục tiêu được đề xuất bởi Thomas L.Saaty - một nhà toán học người gốc Irắc vào năm 1980. AHP là một phương pháp định lượng, dùng để sắp xếp các phương án được đề xuất và chọn một phương án thỏa mãn các tiêu chí cho trước. AHP có thể giúp lựa chọn một phương án tốt nhất thỏa mãn các tiêu chí của người ra quyết định dựa trên cơ sở so sánh các cặp phương án và một cơ chế tính toán cụ thể [2, 4]. Một cách tổng quát, phương pháp AHP là một phương pháp luận có thể được sử dụng để nghiên cứu và giải quyết các nhóm vấn đề phức tạp, có tầm quan trọng khác biệt thông qua đánh giá tương quang. Sản phẩm cuối cùng của AHP là phương án lựa chọn với thứ tự ưu tiên của các tiêu chí (chiến lược) khác nhau.

Các tiền đề phương pháp AHP được xây dựng trên bao gồm:

- Tiền đề 1: So sánh thuận nghịch: sự so sánh, đánh giá của những người ra quyết định phải bảo đảm điều kiện thuận nghịch. Nếu A quan trọng hơn B x lần thì B quan trọng hơn A 1/x lần;
- Tiền đề 2: Tính đồng nhất: việc đánh giá của những người ra quyết định phải dựa trên một thang đo cố định và có giới hạn;
- Tiền đề 3: Tính độc lập: khi những người ra quyết định xem xét một chỉ tiêu nào đó, nó được coi là độc lập so với các chỉ tiêu khác.
- Tiền đề 4: cấu trúc của cây phân tích phải trọn vẹn để dễ dàng ra quyết định. Giả sử ta có một vấn đề cần ra quyết định (gọi là mục tiêu), phải dựa trên nhiều tiêu chí về chiến lược (Chiến lược S1, Chiến lược S2, ..., Chiến lược Sn). Các phương án có thể đưa vào so sánh là PA1, PA2, ... PAm. Các vấn đề của bài toán được mô hình hóa ở Hình 2



Hình 2. Sơ đồ mô tả bài toán phân tích thứ bậc AHP

3. TRÌNH TỰ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được tiến hành qua các bước như sau:

Bước 1: Xác định các chiến lược (Bao gồm tham khảo các nghiên cứu trước đây, chọn lọc những chiến lược phù hợp với bối cảnh Việt Nam, tham vấn ý kiến chuyên gia để chọn lọc chiến lược).

Bước 2: Tiến hành khảo sát và tính toán kết quả

(Bước 2.1) Xác định mức độ ưu tiên cho các chiến lược. Với n=6 chiến lược như thể hiện trong Bảng 1, ta thực hiện lập ma trận vuông cấp 6x6. Sau đó, ta tiến hành thực hiện việc so sánh các chiến lược theo từng cặp và điền giá trị mức độ ưu tiên của các chiến lược vào bảng (các giá trị a_{ij}, với i chạy theo hàng, j chạy theo cột). Các mức độ ưu tiên theo cặp của các chiến lược được tra cứu từ Bảng 1, có các giá trị nguyên dương từ 1 đến 9 hoặc nghịch đảo của các số này.

Giả sử một nhóm gồm n chiến lược cần so sánh, kết quả so sánh cặp giữa các chiến lược trong nhóm lập thành ma trận vuông cấp

n x n, được gọi là ma trận đối xứng với các phần tử a_{ij}=1/a_{ji} (i,j=1,n); a_{ij}=1 khi i=j. Các phần tử a_{ij} là giá trị trung bình cộng của các kết quả đánh giá của các chuyên gia. Có thể thấy ma trận trên nghịch đảo đối xứng theo đường chéo từ trái qua phải.

Bảng 1. Mức độ ưu tiên và trị số đánh giá theo phương pháp AHP

Mức độ ưu tiên	Trị số đánh giá
Ưu tiên bằng nhau	1
Ưu tiên bằng nhau cho đến vừa phải	2
Ưu tiên vừa phải	3
Ưu tiên vừa phải cho đến hơi ưu tiên	4
Hơi ưu tiên hơn	5
Hơi ưu tiên hơn cho đến rất ưu tiên	6
Rất ưu tiên	7
Rất ưu tiên cho đến vô cùng ưu tiên	8
Vô cùng ưu tiên	9

Lưu ý rằng ta phải ghi hai giá trị mức độ ưu tiên cho mỗi cặp chiến lược tùy thuộc vào việc ta xem xét giá trị nào trước. Giả sử chiến lược S1 có mức độ ưu tiên bằng 1/3 chiến lược S3, khi ấy chiến lược S3 sẽ có mức độ ưu tiên bằng 3 lần chiến lược S1. Ta ghi vào dòng tương ứng với S1 và cột S3 giá trị 1/3, dòng tương ứng S3 và cột S1 giá trị 3 như trong Bảng 2.

Bảng 2. Ví dụ về ghi chép đánh giá "Mức độ ưu tiên của các chiến lược" theo ý kiến đánh giá của các chuyên gia

Chiến lược	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1		1/3			
S2		1				
S3	3		1			
S4				1		
S5					1	
S6						1

(Bước 2.2) Tính toán trọng số cho các chiến lược:

Sau khi lập xong ma trận trên, người đánh giá sẽ tiến hành tính toán trọng số cho các chiến lược bằng cách cộng tổng các giá trị của ma trận theo cột, sau đó lấy từng giá trị của ma trận chia cho số tổng của cột tương ứng, giá trị thu được được thay vào chỗ giá trị được tính toán. Trọng số của mỗi chiến lược S1, S2, S3, ... S6 tương ứng sẽ bằng bình quân các giá trị theo từng hàng ngang. Kết quả là ta có một ma trận 1 cột 6 hàng. Từ ma trận, tính các thành phần của ma trận véc-tơ riêng W = (w)_{6x6} trong đó:

Từ ma trận W, tính giá trị thành phần véc-tơ trọng số w_j theo công thức sau: W = (W_i) trong đó:

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij}}{n} \text{ với: } i = 1,2,3,4,5,6 ; n = 6$$

$$w_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^6 a_{ij}} ; i, j = 1,2,3,4,5,6$$

(Bước 2.3) Xác định tỷ số nhất quán CR

Ưu điểm của phương pháp phân tích thứ bậc AHP chính là việc sử dụng tỷ số nhất quán để kiểm tra sự nhất quán trong cách đánh giá của chuyên gia, đảm bảo tính khoa học trong đánh giá. Tỷ số nhất quán (consistency ratio - CR) được xác định như sau:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

trong đó: CI (consistance index) là chỉ số nhất quán:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \text{ với } n=6$$

Với λ_{max} là giá trị riêng của ma trận so sánh (eigenvalue), được tính như sau: λ_{max} = Σ_iⁿ(w_i × Σ_{j=1}ⁿ a_{ij}); với: i = 1,2,3,4,5,6; n=6

RI (random index) là chỉ số ngẫu nhiên. RI được xác định từ bảng số cho sẵn (xem Bảng 3 - bảng này chỉ trình bày giá trị RI cho tối đa 10 tiêu chí).

Bảng 3. Chỉ số ngẫu nhiên ứng với số tiêu chí lựa chọn được xem xét

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Trong mọi trường hợp, CR cần không lớn hơn 10%. Với các ma trận kích thước 3x3, CR cần không lớn hơn 5%, và giá trị tương ứng cho ma trận kích thước 4x4 là 9%. Nếu CR lớn hơn các mức vừa đề cập, chúng tỏ có sự không nhất quán trong đánh giá của chuyên gia và cần phải đánh giá và tính toán lại. Nếu CR <10% thì kết quả xếp hạng chiến lược thông qua trọng số W ở (bước 2.2) được chấp nhận.

4. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN TỚI CHIẾN LƯỢC QUẢN TRỊ LOGISTICS TIẾN CHẾ

Quản trị logistics trong xây dựng tiến chế đã thu hút được sự quan tâm nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trên thế giới do tầm quan trọng của nó đối với hiệu quả kinh tế xã hội và môi trường trong ngành Xây dựng nói chung và xây dựng tích hợp tiến chế nói riêng. Trong những năm gần đây, với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ, các nghiên cứu về logistics trong xây dựng tiến chế chủ yếu tập trung tìm kiếm các nhân tố chính ảnh hưởng tới hoạt động logistics [5-17] hay các rào cản chính kìm hãm hiệu quả của hoạt động logistics trong xây dựng tiến chế [16], từ đó tìm kiếm các giải pháp quản trị logistics nhằm tháo gỡ các rào cản đó. Xây dựng tiến chế giúp giảm thiểu thời gian thi công trên công trường từ đó rút ngắn tiến độ thi công, nâng cao chất lượng công trình thông qua việc kiểm soát chất lượng đầu vào, nâng cao năng suất ngành Xây dựng. Tuy vậy, trong nhiều trường hợp, chi phí logistics lớn và rủi ro tiềm ẩn trong quá trình bốc xếp, vận chuyển, lưu kho bãi đã khiến cho hiệu quả của dự án không như kỳ vọng đặt ra. Vấn đề tối ưu quản trị logistics cần đặt biệt quan tâm hơn ở các dự án có nguồn vốn hạn hẹp, năng suất của nhà máy chế tạo thấp, kinh nghiệm quản lý chưa tốt và các dự án ở vị trí đông đúc, diện tích công

trường xây dựng bị giới hạn cho việc lưu trữ cấu kiện đúc sẵn trên công trường [11, 17, 21].

Các nhà nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng, để giải quyết tồn tại nêu trên, cần nâng cao hiệu quả của quản trị logistics thông qua một loạt các chiến lược về công nghệ [23, 33-39], quy định pháp luật có liên quan [10, 20-22, 40], phát triển hạ tầng logistics [22], hoạt động logistics định hướng phát triển bền vững [8, 22], xây dựng cơ sở dữ liệu của logistics tiến chế [40-43], và nâng cao năng lực và kỹ năng xây dựng tiến chế cho các bên hữu quan [44, 45]. Tuy nhiên, các chiến lược nêu trên được lựa chọn với mức độ ưu tiên khác nhau cho mỗi quốc gia cũng như nền kinh tế. Do đó, bài báo tập trung nghiên cứu làm rõ các chiến lược kết hợp với áp dụng phương pháp nghiên cứu AHP để xác định các chiến lược cần ưu tiên đầu tư trong ngắn hạn và các chiến lược dài hạn. Trước tình hình cạnh tranh hết sức khốc liệt trong thị trường xây dựng, việc nghiên cứu, tìm kiếm giải pháp chiến lược để nâng cao hiệu quả của hoạt động logistics là hết sức cần thiết đối với mỗi nhà thầu, đặc biệt là nhà thầu áp dụng xây dựng tiến chế. Bảng 4 dưới đây tổng hợp các giải pháp chiến lược tiềm năng để hoàn thiện công tác quản trị logistics của nhà thầu xây dựng trong xây dựng tiến chế.

Vấn đề cần đặt ra là các chiến lược nêu trên không thể thực hiện đồng thời, nhiều chiến lược ở tầm vĩ mô (Chiến lược S2 hay S3); nhiều chiến lược ở tầm vi mô (Chiến lược S1, S4, S5, S6) liên quan trực tiếp tới nhà thầu. Lựa chọn thứ tự ưu tiên của các chiến lược để xây dựng lộ trình thực hiện chiến lược có liên quan đến bài toán ra quyết định đa tiêu chí (Multil criteria decision making - MCDM). Trong đó, phương pháp AHP là một trong các phương pháp định lượng có cấu trúc và phân tích các quyết định phức tạp, giúp cho các bên hữu quan đưa ra quyết định tốt hơn [2]. Nghiên cứu này sẽ xác định các chiến lược quan trọng nhất trong quản trị logistic tiến chế và vận dụng phương pháp AHP để giúp các bên hữu quan lựa chọn chiến lược phù hợp để nâng cao hiệu quả logistics xây dựng tiến chế.

Bảng 4. Tổng hợp các giải pháp chiến lược tiềm năng để hoàn thiện công tác quản trị logistics của nhà thầu xây dựng trong xây dựng tiến chế

STT	Ký hiệu	Chiến lược	Mô tả chiến lược	Nghiên cứu
1	S1	Nâng cao năng lực và kỹ năng xây dựng tiến chế cho các bên hữu quan	Nâng cao năng lực của các bên hữu quan trong vận chuyển và quản trị logistics, trung chuyển, giao hàng đúng lúc (Just-in-time)	[18, 19]
2	S2	Chuẩn hóa các hoạt động logistics định hướng phát triển bền vững	Triển khai Quy trình thao tác chuẩn (Standard Operating Procedure - SOPs) cho hoạt động logistics và chuẩn hóa quy trình. Triển khai hệ thống quản lý logistics tích hợp. Sử dụng phương tiện vận tải và phân phối thân thiện với môi trường, sử dụng nhiên liệu tái chế, giảm phát thải của logistics.	[12, 20]
3	S3	Áp dụng công nghệ tiên tiến	Tận dụng các công nghệ tiên tiến như BIM, bản sao số, mô phỏng, AI, IoTs... để giảm thiểu sai khác giữa thiết kế - thi công, rút ngắn thời gian và chi phí vận chuyển, tra cứu thông tin thời gian thực của vận chuyển, tối ưu hóa thiết bị lắp đặt và kho bãi tạm cho cấu kiện/bộ phận tiến chế trên công trường.	[21-28]
4	S4	Hoàn thiện quy định pháp luật có liên quan	Hoàn thiện các quy định liên quan tới vận tải và giao thông đối với xe tải lớn, Quy định kiểm tra xuyên biên giới, Thủ tục hải quan và thuế tiêu thụ đặc biệt, và các yêu cầu pháp lý.	[15-17, 20, 29]
5	S5	Đầu tư vào hạ tầng logistics cho xây dựng tiến chế	Đầu tư xây dựng các cơ sở hạ tầng phục vụ cho hoạt động logistics xây dựng tiến chế như kho tạm, đơn vị sửa chữa, công nhân và các hạ tầng vận chuyển thay thế gần nhà máy tiến chế và dọc theo tuyến đường vận chuyển.	[20]
6	S6	Xây dựng cơ sở dữ liệu của logistics tiến chế	Xây dựng cơ sở dữ liệu của logistics tiến chế cung cấp các thông tin liên quan tới đơn vị vận chuyển, phương thức vận chuyển, mức tiêu thụ nhiên liệu và phát thải, chi phí, tiến độ, loại cấu kiện... phục vụ lập tiến độ và đánh giá hiệu quả kinh tế - môi trường - xã hội.	[29-32]

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

5.1. Bước 1: Xác định các chiến lược

Các chiến lược tiềm năng S1, S2, S3, S4, S5, S6 đã được xác định từ các nghiên cứu có liên quan ở bảng 4 được tham vấn với 3 chuyên gia nghiên cứu là giáo sư và phó giáo sư trong lĩnh vực xây dựng (Kiến trúc, Vật liệu, Quản lý xây dựng); với 10 năm hoạt động trong lĩnh vực xây dựng trở lên, có hiểu biết cao về phương pháp thi công

hiện đại MMC, xây dựng tiến chế và quản trị logistics trong ngành Xây dựng. Kết quả tham vấn cho thấy, tất cả 6 chiến lược nêu trên là phù hợp để giải quyết các vấn đề mà quản trị logistics đang phải đối mặt trong ngành Xây dựng Việt Nam. Kết quả, cả 6 chiến lược được giữ lại để khảo sát ở bước 2.

5.2. Bước 2: Tiến hành khảo sát và tính toán kết quả

a. Bước 2.1: Xác định mức độ ưu tiên cho các chiến lược

Nhóm chuyên gia khảo sát gồm 12 chuyên gia tiến hành đánh giá bộ chiến lược đến từ các bên hữu quan trong ngành Xây dựng Việt Nam, 2 chuyên gia thuộc nhóm chủ đầu tư xây dựng công trình, 4 chuyên gia thuộc nhóm tư vấn đầu tư xây dựng công trình, 4 chuyên gia thuộc nhóm nhà thầu thi công xây dựng công trình, và 2 chuyên gia thuộc nhóm cơ quan quản lý nhà nước trong lĩnh vực đầu tư xây dựng. Để đảm bảo độ tin cậy, các chuyên gia đều có từ 10 năm kinh nghiệm trong lĩnh vực xây dựng, với trình độ từ thạc sỹ trở lên, các chuyên gia đều có hiểu biết tương đối rõ về xây dựng tiến chế và quản trị logistics trong ngành Xây dựng. Phòng vấn đánh giá được tiến hành trực tiếp trong tháng 12/2024, tháng 01/2025 và đầu tháng 02/2025.

Bảng 5. Mức độ ưu tiên của các chiến lược theo ý kiến đánh giá của 12 chuyên gia tham gia đánh giá

Chiến lược	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1,000	1,482	0,365	0,543	0,567	0,482
S2	0,675	1,000	0,403	0,508	0,544	0,565
S3	2,737	2,479	1,000	1,253	1,753	1,477
S4	1,843	1,967	0,798	1,000	0,502	0,584
S5	1,763	1,839	0,571	1,991	1,000	0,520
S6	2,073	1,770	0,677	1,711	1,923	1,000

Bảng 7. Kết quả tính toán tỷ số nhất quán CR

Chiến lược	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Weighted sum value	Trọng số	Consistency vector	Lamda max	CI	RI	CR
S1	0,10	0,14	0,09	0,08	0,10	0,11	0,620	0,101	6,127	6,163	0,033	1,250	0,02606
S2	0,07	0,09	0,10	0,08	0,10	0,12	0,562	0,091	6,144				
S3	0,28	0,23	0,26	0,19	0,31	0,32	1,587	0,258	6,163				
S4	0,19	0,18	0,21	0,15	0,09	0,13	0,943	0,155	6,101				
S5	0,18	0,17	0,15	0,31	0,18	0,11	1,091	0,176	6,210				
S6	0,21	0,16	0,17	0,26	0,34	0,22	1,368	0,219	6,232				

5.3. Kết luận về các chiến lược cho quản trị logistics tiến chế

Kết quả phân tích cho thấy mức độ ưu tiên của các chiến lược như sau: Chiến lược S3 - "Áp dụng công nghệ tiên tiến" là chiến lược được đánh giá là cần ưu tiên triển khai đầu tiên, xếp thứ 2 là chiến lược S6 - "Xây dựng cơ sở dữ liệu của logistics tiến chế", theo sau đó là chiến lược S5- "Đầu tư vào hạ tầng logistics cho xây dựng tiến chế". Chiến lược S4 -" Hoàn thiện quy định pháp luật có liên quan" xếp thứ 4, theo sau đó là chiến lược S1- "Nâng cao năng lực và kỹ năng xây dựng tiến chế cho các bên hữu quan" và xếp cuối cùng là chiến lược S2 "Chuẩn hóa các hoạt động logistics định hướng phát triển bền vững".

Từ kết quả khảo sát và phân tích trên cho thấy, để nâng cao hiệu quả quản trị logistics xây dựng tiến chế tại Việt Nam, cần ưu tiên nghiên cứu áp dụng các công nghệ tiên tiến để nâng cao hiệu quả logistics như công nghệ BIM [21, 33], mô phỏng [22], bản sao số [26] hoặc trí thông minh nhân tạo [27]. Những công nghệ nêu trên được chứng minh là hiệu quả nhằm giảm bớt đáng kể ảnh hưởng của các nhân tố tới hoạt động logistics tiến chế [21-28]. Chiến lược này là hoàn toàn phù hợp với chiến lược chuyển đổi số trong ngành Xây dựng cũng như định hướng công nghiệp 4.0 của đất nước nói chung và ngành logistics nói riêng. Tiếp theo đó, việc xây dựng cơ sở dữ liệu cho logistics tiến chế để cung cấp các thông tin liên quan tới đơn vị vận chuyển, phương thức vận chuyển, mức tiêu thụ nhiên liệu và phát thải, chi phí, tiến độ, loại cấu kiện... phục vụ lập tiến độ và đánh giá hiệu quả kinh tế - môi trường - xã hội là vô cùng quan trọng để hỗ trợ nhà thầu xây dựng quản trị hoạt động logistics của mình hiệu quả. Bên cạnh đó, cơ sở dữ liệu này cũng giúp họ lập tiến độ thi công - cung ứng - dự trữ cấu kiện tiến chế nói chung và vật

Sau khi nhận được kết quả từ nhóm chuyên gia khảo sát, bước tiếp theo là xây dựng ma trận. Với mỗi đánh giá của người khảo sát, 01 ma trận vuông $n \times n$ được thiết lập, trong đó n là số biến quan sát. Số lượng ma trận bằng số người tham gia khảo sát. Trong nghiên cứu này, số biến quan sát là 6 chiến lược, do đó $n=6$. Có 12 chuyên gia tham gia khảo sát, các phần tử a_{ij} là giá trị trung bình cộng của các kết quả đánh giá của 12 chuyên gia (Bảng 5).

b. Bước 2.2. Tính toán trọng số cho các chiến lược

Bảng 6. Kết quả tính toán trọng số các chiến lược

Chiến lược	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Trọng số	Xếp hạng
S1	0,10	0,14	0,10	0,08	0,09	0,10	0,1012	5,00
S2	0,07	0,09	0,11	0,07	0,09	0,12	0,0914	6,00
S3	0,27	0,24	0,26	0,18	0,28	0,32	0,2575	1,00
S4	0,18	0,19	0,21	0,14	0,08	0,13	0,1546	4,00
S5	0,17	0,17	0,15	0,28	0,16	0,11	0,1757	3,00
S6	0,21	0,17	0,18	0,24	0,31	0,22	0,2195	2,00

c. Bước 2.3: Xác định tỷ số nhất quán CR

Kết quả tính toán ở bảng 7 cho thấy $CR = 0,02606 < 0,1$. Vậy kết quả tính toán ở bước 2.2 được chấp nhận.

liệu thiết bị xây dựng nói riêng chính xác và hiệu quả nhất [29-32].

Tuy nhiên, bên cạnh công nghệ và dữ liệu phần mềm, hạ tầng phần cứng - các cơ sở hạ tầng phục vụ cho hoạt động logistics xây dựng tiến chế như kho tạm, đơn vị sửa chữa, công nhân và các hạ tầng vận chuyển thay thế gần nhà máy tiến chế và dọc theo tuyến đường vận chuyển là tối quan trọng để hỗ trợ logistics tiến chế [20].

Chiến lược " Hoàn thiện quy định pháp luật có liên quan" xếp thứ 4 trong bối cảnh quản trị logistics tiến chế ở Việt Nam là hoàn toàn phù hợp. Các quy định liên quan tới hoạt động logistics nói chung, và quy định riêng cho logistics tiến chế ở Việt Nam được tương đối hoàn thiện và đầy đủ để phục vụ cho việc quản trị logistics tiến chế hiệu quả. Tuy nhiên, trong bối cảnh phát triển bền vững, vẫn cần có những chính sách hỗ trợ cho logistics tiến chế để giảm bớt chi phí logistics, thúc đẩy các dự án áp dụng công nghệ thi công hiện đại để hướng tới mục tiêu giảm phát thải carbon và phát triển bền vững ngành Xây dựng.

Trong hoạt động logistics, nâng cao năng lực và kỹ năng xây dựng tiến chế cho các bên hữu quan là một yếu tố cần thiết nhưng chưa cấp bách theo ý kiến của các chuyên gia. Nguyên nhân là do hoạt động quản trị logistics cho xây dựng tiến chế tại Việt Nam được thực hiện chủ yếu bởi các đơn vị có chuyên môn xây dựng (bốc lên phương tiện tại nhà máy hoặc bốc xuống tại công trường với sự giám sát của cán bộ kỹ thuật, chỉ sử dụng 1 phương tiện vận chuyển nên không có quy trình bốc dỡ trung gian; hoạt động lưu kho bãi tại nhà máy và công trường đều do cán bộ kỹ thuật quản lý. Dẫu vậy, với những công nghệ thi công hiện đại MMC ngày càng phát triển, nâng cao năng lực cho các bên vẫn là một chiến lược dài hạn cho ngành Xây dựng Việt Nam.

Dẫu vậy, “Chuẩn hóa các hoạt động logistics định hướng phát triển bền vững” là chiến lược phù hợp với chiến lược phát triển bền vững và phát thải ròng bằng 0 lại xếp cuối cùng trong đánh giá của các chuyên gia, cho thấy các yêu cầu về giảm phát thải trong hoạt động logistics còn chưa cấp bách. Chiến lược này có liên quan nhất định với chiến lược hoàn thiện cơ chế chính sách, cho thấy ngành Xây dựng nói riêng và Chính phủ Việt Nam nói chung cần cụ thể hóa hơn nữa các định hướng phát triển bền vững và phát thải ròng bằng 0 trong từng lĩnh vực, từng ngành nghề để đảm bảo mục tiêu chung của quốc gia tới 2050.

6. KẾT LUẬN

Hoạt động logistics đóng vai trò hết sức quan trọng, quyết định không nhỏ tới chi phí, tiến độ và chất lượng của dự án xây dựng có yếu tố thi công tiến chế. Hoàn thiện công tác quản trị logistics xây dựng tiến chế sẽ góp phần tối ưu chi phí, tiến độ và nâng cao chất lượng cho thi công hiện đại trong ngành Xây dựng Việt Nam.

Sử dụng phương pháp nghiên cứu định lượng AHP để nghiên cứu cho thấy: Chiến lược S3 - “Áp dụng công nghệ tiên tiến” là chiến lược được đánh giá là cần ưu tiên triển khai đầu tiên, xếp thứ 2 là chiến lược S6 - “Xây dựng cơ sở dữ liệu của logistics tiến chế”, theo sau đó là chiến lược S5- “Đầu tư vào hạ tầng logistics cho xây dựng tiến chế”. Chiến lược S4 - “Hoàn thiện quy định pháp luật có liên quan” xếp thứ 4, theo sau đó là chiến lược S1- “Nâng cao năng lực và kỹ năng xây dựng tiến chế cho các bên hữu quan” và xếp cuối cùng là chiến lược S2 “Chuẩn hóa các hoạt động logistics định hướng phát triển bền vững”. Kết quả nghiên cứu nêu trên là cơ sở khoa học quan trọng để xem xét và xây dựng các chiến lược ngắn hạn, trung hạn, dài hạn nhằm hoàn thiện công tác quản trị logistics tiến chế, nâng cao hiệu quả và thúc đẩy thực hành các giải pháp thi công tiến chế nói riêng và phương thức thi công hiện đại MMC trong ngành Xây dựng Việt Nam trong tương lai.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài mã số **32 -2024/KHXD**. Xin cảm ơn **Trường Đại học Xây dựng Hà Nội** đã hỗ trợ chi phí và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. Zaalouk, S. Moon, and S. Han, "Operations planning and scheduling in off-site construction supply chain management: Scope definition and future directions," *Automation in Construction*, vol. 153, 2023.

[2] N. Q. Toàn, & Hạnh N. T. M., "Lựa chọn nhà cung cấp vật liệu cho nhà thầu xây dựng bằng phương pháp AHP," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDHN*, vol. 14, pp. 149-162, 2020.

[3] A. Darko, A. P. C. Chan, E. E. Ameyaw, E. K. Owusu, E. Pärn, and D. J. Edwards, "Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction," *International Journal of Construction Management*, vol. 19, no. 5, pp. 436-452, 2018.

[4] P. N. T. Trung and N. A. Thu, "Xây dựng mô hình AHP lựa chọn tổng thầu trong dự án thực hiện theo hình thức thiết kế và thi công (design & build) tại Việt Nam," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng*, vol. 2 pp. 122 -128, 2021.

[5] W. Pan and R. Sidwell, "Demystifying the cost barriers to offsite construction in the UK," *Construction Management and Economics*, vol. 29, no. 11, pp. 1081-1099, 2011.

[6] M. Arif, D. Bendi, A. Sawhney, and K. C. Iyer, "State of offsite construction in India-Drivers and barriers," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 364, 2012.

[7] J. Goulding, F. P. Rahimian, M. Arif, and M. Sharp, "Offsite Construction: Strategic Priorities for Shaping the Future Research Agenda," *Architectoni.ca*, vol. 1, no. 1, pp. 62-73, 2012.

[8] N. Boyd, M. M. A. Khalfan, and T. Maqsood, "Off-Site Construction of Apartment Buildings," *Journal of Architectural Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 51-57, 2013.

[9] R. Jin, S. Gao, A. Cheshmehzangi, and E. Aboagye-Nimo, "A holistic review of off-site construction literature published between 2008 and 2018," *Journal of Cleaner Production*, vol. 202, pp. 1202-1219, 2018.

[10] M. Sandanayake, W. Luo, and G. Zhang, "Direct and indirect impact assessment in off-site construction—A case study in China," *Sustainable Cities and Society*, vol. 48, 2019.

[11] Z. Wang, H. Hu, J. Gong, X. Ma, and W. Xiong, "Precast supply chain management in off-site construction: A critical literature review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 232, pp. 1204-1217, 2019.

[12] M. Razkenari, A. Fenner, A. Shojaei, H. Hakim, and C. Kibert, "Perceptions of offsite construction in the United States: An investigation of current practices," *Journal of Building Engineering*, vol. 29, 2020.

[13] C. Chen, "Advantages and barriers of modular construction method in constructing buildings," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction*, vol. 176, no. 2, pp. 75-84, 2023.

[14] T. M. M. P. Tennakoon, N. Chileshe, R. Rameezdeen, J. Ochoa Paniagua, A. Samaraweera, and L. Statsenko, "Uncertainties affecting the offsite construction supply chain resilience: a systematic literature review," *Construction Innovation*, 2023.

[15] X. Liu, J. Meng, J. Wang, and Y. Ji, "Influencing factors and improvement strategies of supply chain resilience of prefabricated construction from the perspective of dynamic capabilities: the case of China," *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2024.

[16] V. Rangasamy and J.-B. Yang, "Interpreting crucial barriers to advancing prefabricated construction: An empirical study in Taiwan using ISM-MICMAC approach," *Journal of Cleaner Production*, vol. 489, 2025.

[17] S. Saad et al., "Offsite modular construction adoption in developing countries: Partial least square approach for sustainable future," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 16, no. 1, 2025.

[18] B. Ginigaddara, S. Perera, Y. Feng, and P. Rahnamayizekavat, "An evaluation of offsite construction skill profiles," *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 27, no. 1, pp. 16-28, 2021.

[19] B. Ginigaddara, S. Perera, Y. Feng, and P. Rahnamayizekavat, "Offsite construction skills evolution: an Australian case study," *Construction Innovation*, vol. 22, no. 1, pp. 41-56, 2021.

[20] H. Arshad and T. Zayed, "Critical influencing factors of supply chain management for modular integrated construction," *Automation in Construction*, vol. 144, 2022.

[21] X. Yin, H. Liu, Y. Chen, and M. Al-Hussein, "Building information modelling for off-site construction: Review and future directions," *Automation in Construction*, vol. 101, pp. 72-91, 2019.

[22] M. Hussein, A. E. E. Eltoukhy, A. Karam, I. A. Shaban, and T. Zayed, "Modelling in off-site construction supply chain management: A review and future directions for sustainable modular integrated construction," *Journal of Cleaner Production*, vol. 310, 2021.

[23] W. Yi, L. Zhen, and Y. Jin, "Stackelberg game analysis of government subsidy on sustainable off-site construction and low-carbon logistics," *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 2, 2021.

[24] F. Alsakka, S. Assaf, I. El-Chami, and M. Al-Hussein, "Computer vision applications in offsite construction," *Automation in Construction*, vol. 154, 2023.

[25] R. Masood, K. Roy, V. A. Gonzalez, J. B. P. Lim, and A. R. Nasir, "Modeling relational performance of the supply chains for prefabricated housebuilding in New Zealand," *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 14, no. 1, pp. 276-302, 2023.

[26] F. Alsakka, H. Yu, I. El-Chami, F. Hamzeh, and M. Al-Hussein, "Digital twin for production estimation, scheduling and real-time monitoring in offsite construction," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 191, 2024.

[27] Q. Liu, Y. Ma, L. Chen, W. Pedrycz, M. J. Skibniewski, and Z.-S. Chen, "Artificial intelligence for production, operations and logistics management in modular construction industry: A systematic literature review," *Information Fusion*, vol. 109, 2024.

[28] E. Hedayati, A. Zabih Kolaei, M. Khanzadi, and G. Ghodrati Amiri, "Implementation of hardware technologies in offsite construction (2014-2023)," *Automation in Construction*, vol. 170, 2025.

[29] T. M. M. P. Tennakoon, N. Chileshe, R. Rameezdeen, J. J. Ochoa, and A. Samaraweera, "Enhancing supply chain resilience in offsite construction through the procurement strategy: a systematic literature review," *Construction Innovation*, 2024.

[30] N. Brusselaers et al., "Economic, social and environmental impact assessment for off-site construction logistics: the data availability issue," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 588, no. 3, 2020.

[31] Z. Zhang, Y. Zou, B. H. W. Guo, J. Dimyadi, R. Davies, and L. Jiang, "Knowledge management for off-site construction," *Automation in Construction*, vol. 166, 2024.

[32] M. Sutrisna and J. Goulding, "Managing information flow and design processes to reduce design risks in offsite construction projects," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 26, no. 2, pp. 267-284, 2019.

[33] N. O. Nawari, "BIM Standard in Off-Site Construction," *Journal of Architectural Engineering*, vol. 18, no. 2, pp. 107-113, 2012.

Mô phỏng ứng xử chịu lực nén dọc trục của cột tròn liên hợp bê tông thường nhồi ống đúc sẵn bằng bê tông siêu tính năng cao

Numerical simulation of axial compressive behavior of circular composite columns made of NSC filled in prefabricated UHPC tube

> LÊ HOÀNG AN

Viện kỹ thuật công nghệ cao, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP.HCM; Email: lhan@ntt.edu.vn

TÓM TẮT

Với cường độ và độ bền vượt trội hơn rất nhiều so với bê tông thông thường, bê tông siêu tính năng cao (UHPC) được coi như là một loại vật liệu tiềm năng để chế tạo các ống mỏng đúc sẵn nhồi bê tông thường (NSC) vào bên trong và tạo ra được một loại cột liên hợp mới (UHPC-NSC). Các ống mỏng đúc sẵn bằng UHPC với tính toàn vẹn cao có thể thay thế những ống mỏng truyền thống khác trong cột liên hợp như ống thép, ống bằng sợi polymer (FRP) được bọc ngoài và có tác dụng kiểm chế nở hông lõi bê tông thường bên trong. Nhiều nghiên cứu hơn nữa để loại cột liên hợp mới UHPC-NSC được áp dụng trong thực tế là rất cần thiết. Do đó, bài báo này trình bày một vấn đề liên quan đến mô phỏng phân tử hữu hạn (FEM) cột tròn liên hợp bê tông thường nhồi ống mỏng đúc sẵn bằng bê tông siêu tính năng cao dưới tác dụng của lực nén dọc trục trên lõi bê tông thường. Mô hình FEM được xây dựng trong phần mềm ABAQUS để kiểm chứng một số kết quả thí nghiệm thu thập được. Mô hình ứng xử vật liệu cho lõi bê tông thường bị kiểm chế nở hông và ống mỏng UHPC được đề xuất để mô phỏng chính xác ứng xử của hai loại vật liệu. Mô hình FEM được thiết lập trong nghiên cứu này cho kết quả chính xác khi so sánh dạng phá hoại, đường cong lực - biến dạng, và tải trọng cực hạn với các kết quả thí nghiệm trước đây.

Từ khóa: Cột liên hợp; NSC; UHPC; phân tử hữu hạn; ABAQUS; lực nén dọc trục.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông siêu tính năng cao (Ultra-high performance concrete - UHPC), đặc biệt với việc sử dụng cốt sợi phân tán bên trong (Ultra-high performance fiber reinforced concrete - UHPFRC) là loại vật liệu tiên tiến có cường độ và độ bền vượt trội hơn rất nhiều so với bê tông truyền thống như bê tông thường (normal strength concrete - NSC) hoặc bê tông cường độ cao (high strength concrete - HSC) [1-3]. UHPC có cường độ chịu nén rất cao lớn hơn 120 MPa và cường độ chịu kéo trực tiếp lớn hơn 5 MPa [2]. Do đó UHPC được coi như một loại vật liệu tiềm năng có thể sử dụng trong việc chế tạo các ống mỏng đúc sẵn thay thế cho ống thép, ống sợi polymer (fiber

ABSTRACT

Due to superior strength and durability compared to the conventional concrete, Ultra-high performance concrete (UHPC) was considered as a potential material to produce prefabricated tube for filling normal strength concrete (NSC) to create a novel composite columns (UHPC-NSC). The prefabricated UHPC tube with high integrity can replace conventional tube such as steel tube, fiber reinforced polymer (FRP) tube to confined the NSC core. There is a need to study on UHPC-NSC columns to accelerate the practical application. Therefore, this paper deals with finite element model (FEM) investigation of UHPC-NSC circular columns made of NSC filled in prefabricated UHPC tube subjected to axial compression on only NSC core. The FEM was built using ABAQUS software to validate some collected test results. The material models for confined NSC and UHPC jacket were proposed to simulate the behavior of two materials. The FEM gave a good agreement when comparing with the previous test results in the predictions of failure pattern, load-strain curves, and ultimate load.

Keywords: composite columns, NSC, UHPC, FEM, ABAQUS, axial compression.

reinforced polymer), ống uPVC (unplasticized polyvinyl clorua) để thi công bê tông cốt thép thường bên trong và tạo nên một loại cột liên hợp (UHPC-NSC) có khả năng chịu tải cao, chịu độ bền tốt, và có độ dẻo dai cao. Lớp vỏ bọc UHPC bên ngoài cột liên hợp này có chức năng bảo vệ và kiểm chế nở hông cho lõi bê tông thường bên trong, từ đó làm tăng cường độ và độ dẻo dai của cột liên hợp [4]. Bên cạnh sự làm việc như cơ chế chịu lực của cột ống thép hoặc ống FRP nhồi bê tông, nhiều ưu điểm khi UHPC được chế tạo thành ống đúc sẵn để đổ bê tông thường vào trong như sau: (1) hạn chế sự phá vỡ và nứt của lớp bê tông bảo vệ; (2) lớp bảo vệ có độ bền cho cột bê tông cốt thép (BTCT) dưới tác động của các điều kiện môi trường khác

nhau, chống xâm nhập, và chống ăn mòn; (3) giảm chi phí theo vòng đời của cột BTCT bởi độ bền theo thời gian cực kỳ tốt của lớp vỏ UHPC; (4) khả năng chịu lửa và chịu nhiệt độ cao của UHPC với sự sử dụng cốt sợi. Ngoài ra ống UHPC còn có tác dụng làm ván khuôn cố định và không tháo dỡ sau khi thi công đổ bê tông. Điều này làm tiết kiệm chi phí và thời gian thi công rất nhiều. Hơn nữa, UHPC là bê tông có khả năng tự chảy lan cao nên rất phù hợp với việc đúc các ống mỏng với các hình dạng khác nhau. Khi UHPC được sử dụng như ván khuôn cố định thì việc tạo tính thẩm mỹ cho bề mặt ngoài ván khuôn này rất thuận tiện do UHPC có tính đồng nhất vật liệu cao nên bề mặt ngoài sẽ mịn và trơn. Hiện nay, hướng nghiên cứu cột liên hợp UHPC-NSC nhận được nhiều sự quan tâm của cộng đồng khoa học và cần nhiều kiểm chứng thực nghiệm cũng như mô phỏng hơn nữa để có cơ sở ứng dụng vào thực tế.

Caluk và cộng sự (2019) [5] đã nghiên cứu ứng dụng ống mỏng UHPC như một ván khuôn để thi công bê tông cốt thép của trụ cầu với mục đích tăng cường khả năng chịu tải của trụ cầu trong giai đoạn sử dụng, thuận tiện hơn cho việc thi công, và giảm chi phí ván khuôn. Các cột liên hợp UHPC-NSC được thí nghiệm chịu tác động của tải dọc trục không thay đổi và tải trọng ngang thay đổi, nhằm mô phỏng đúng sự làm việc của trụ cầu thực tế. Các tác giả chỉ ra rằng ống mỏng đúc sẵn UHPC đã làm tăng tải trọng ngang, tăng độ cứng, và không có sự phá vỡ đột ngột của lớp bê tông bên ngoài. Ngoài ra biến dạng cũng như năng lượng phá hoại của cột tăng nhiều khi sử dụng ống mỏng UHPC. Wu và cộng sự (2018) [6] thực hiện các thí nghiệm trên cột liên hợp mặt cắt ngang hình vuông bao gồm lõi bê tông thường có cường độ nén 30 MPa và ống UHPFRC dày 20 mm với cường độ nén lên đến 143.3 MPa, dưới tác dụng của lực nén dọc trục chỉ truyền lên mỗi lõi bê tông NSC. Vết nứt, độ cứng ban đầu, tải trọng, chuyển vị cực hạn, và khả năng hấp thụ năng lượng thay đổi nhiều với sự thay đổi các thông số thí nghiệm của cột. Ứng xử của cột liên hợp được cải thiện nhiều khi tăng hàm lượng thể tích sợi thép và hàm lượng của cốt đai vòng. Xie và cộng sự (2019) [7] thực hiện thí nghiệm nén dọc trục trên 18 cột bê tông ngăn được bọc bởi lớp vỏ UHPC và mô phỏng phần tử hữu hạn 3D trong phần mềm ABAQUS để kiểm chứng lại thí nghiệm. Các tác giả này khẳng định rằng lớp vỏ UHPC làm tăng tải trọng nén và chuyển vị cực hạn cũng như độ dẻo dai của cột liên hợp. Độ gia tăng này bị tác động chính bởi bề dày của lớp bê tông UHPC bọc ngoài và tiết diện mặt cắt ngang của cột. Tian và cộng sự (2020) [8] thí nghiệm cột BTCT thường NSC có cường độ nén 32.4 MPa nhồi ống mỏng làm bằng UHPC với cường độ chịu nén 139.3 MPa. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy cột BTCT thường có đặc trưng phá hoại bởi sự phá vỡ rộng của lớp bê tông bảo vệ, trong khi đó cột nhồi ống UHPC có đặc trưng phá hoại thông qua những vết nứt nghiêng và mẫu thí nghiệm giữ nguyên hình dạng do sự dính bám tốt của sợi và vữa xi măng của UHPC. Ống UHPC càng dày thì sự phá hoại trở nên càng dẻo, đồng thời khả năng chịu tải và độ cứng của cột tăng lên. Ronanki và Aelati (2022) [9] đã thí nghiệm các cột tròn và vuông bê tông NSC bọc bên ngoài lớp UHPC dưới tác dụng của lực nén dọc trục lên lõi NSC, và tiến hành mô phỏng trong phần mềm ATENA-3D để kiểm tra lại thí nghiệm. Các tác giả này kết luận rằng cột tròn có hiệu ứng kiểm chế nở hông của lớp vỏ UHPC lên lõi NSC hiệu quả hơn và do đó làm sức chịu tải của cột nhiều hơn so với cột vuông. Ngoài ra những nghiên cứu gần đây [10-13] đã cho những kết luận tương tự như trên.

Nhìn chung, hầu hết các nghiên cứu tập trung vào thực nghiệm để xác định được cơ chế làm việc, cũng như dự đoán sức chịu tải và mức độ cải thiện cường độ, độ dẻo dai của cột UHPC-NSC so với cột BTCT thường. Các nghiên cứu mô phỏng sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn còn khá hạn chế. Do đó, bài báo này tập trung vào

việc phát triển mô hình phần tử hữu hạn (finite element model - FEM) sử dụng phần mềm ABAQUS để kiểm chứng lại các kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu [7] và [9]. Các cột liên hợp UHPC-NSC gồm lõi NSC được nhồi trong ống đúc sẵn bằng UHPC dưới tác dụng của lực nén đứng tâm lên lõi NSC được mô phỏng. Mô hình ứng xử vật liệu của lõi NSC khi kiểm chế nở hông bởi lớp vỏ UHPC, và lớp vỏ UHPC bọc ngoài không có sợi và có sợi gia cường được đề xuất trong mô hình FEM. Kết quả hình dạng phá hoại, đường cong quan hệ lực - biến dạng, và lực tới hạn đạt được trong mô hình FEM được so sánh với kết quả thực nghiệm. Thông qua đó cơ chế làm việc của loại cột liên hợp này được thảo luận.

2. MÔ HÌNH FEM CỘT LIÊN HỢP UHPC-NSC

2.1. Thông số cột mô phỏng

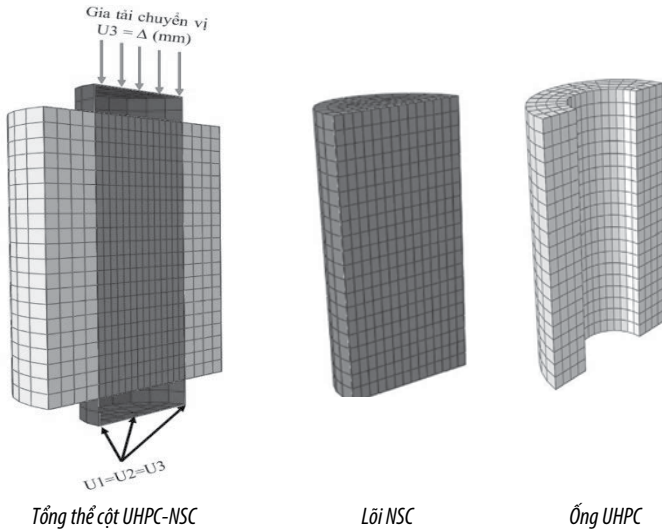
Các mẫu thí nghiệm trong nghiên cứu của Xie và cộng sự (2019) [7], Ronanki và Aelati (2022) [9] được lựa chọn để sử dụng cho việc mô phỏng kiểm chứng. Các cột liên hợp có cấu tạo gồm lõi NSC bên trong và ống UHPC bên ngoài chịu tác dụng của lực nén trên lõi NSC để tạo ra hiệu ứng kiểm chế nở hông lớn nhất. Bảng 1 mô tả các thông số hình học và vật liệu của các cột liên hợp:

Bảng 1. Thông số mẫu thí nghiệm thu thập để mô phỏng

Tên mẫu	Tác giả	Đường kính lõi D (mm)	Cường độ chịu nén lõi NSC $f_{c,NSC}$ (MPa)	Chiều cao lõi NSC h_{NSC} (mm)	Chiều dày lớp UHPC t_{UHPC} (mm)	Cường độ chịu nén UHPC $f_{c,UHPC}$ (MPa)	Chiều cao ống UHPC h_{UHPC} (mm)
PS_C3U1.5_01	[9]	76.2	18.15	203.2	38.1	144.8	203.2
PS_C3U1.5_02		76.2	18.15	203.2	38.1	144.8	203.2
PS_C3U0.5_01		76.2	18.15	101.6	12.7	144.8	101.6
PS_C3U0.5_02		76.2	18.15	101.6	12.7	144.8	101.6
PS_C4U1.0_01		101.6	18.15	203.2	25.4	144.8	203.2
PS_C4U1.0_02		101.6	18.15	203.2	25.4	144.8	203.2
C2-1	[7]	150	41.3	330	20	125	300
C2-2		150	41.3	330	20	125	300
C2-3		150	41.3	330	20	125	300

2.2. Lựa chọn loại phần tử, chia lưới, điều kiện biên, và cách gia tải

Hình 1 mô tả một nửa cột UHPC-NSC được mô phỏng trong phần mềm ABAQUS. Phần tử lập phương khối C3D8R gồm 8 nút với ba bậc tự do cho mỗi nút được sử dụng để mô phỏng lõi NSC và lớp vỏ UHPC. Phần tử C3D8R là phần tử đẳng tham số hàm nội suy tọa độ trong hệ tọa độ tổng thể sang hệ tọa độ tự nhiên của phần tử và hàm nội suy chuyển vị là đồng nhất [14]. Kích thước của phần tử được chọn là $D/20$ với D là tổng đường kính của cột (có thể kể đến bề dày của ống UHPC) để đảm bảo độ chính xác của kết quả và tiết kiệm thời gian mô phỏng theo một số nghiên cứu trước đây về sự hội tụ của kích thước phần tử. Việc lựa chọn trên cho ra trung bình cho mỗi cột mô phỏng khoảng 3500 - 5000 phần tử, phù hợp với tài tuyến máy tính dùng để mô phỏng. Sự tương tác giữa lõi bê tông NSC và UHPC được mô phỏng thông qua bề mặt tiếp xúc giữa mặt trong của lớp vỏ UHPC (được chọn là "Slave") và mặt ngoài của lõi NSC (được chọn là "Master"). Theo phương pháp tuyến thì hai bề mặt này tách rời nhau nhưng không được phép xuyên qua nhau. Theo phương tiếp tuyến thì hai bề mặt này làm việc theo mô hình Mohr Coulomb với hệ số ma sát được chọn là 0.2 theo các nghiên cứu trước.



Hình 1. Mô phỏng FEM cột UHPC-NSC trong phần mềm ABAQUS

Để giống điều kiện thực tế trong thí nghiệm và đảm bảo tải trọng nén chỉ truyền trên lõi NSC thì hai tấm thép dày 20cm có đường kính bằng đường kính lõi được đặt ở hai đầu của cột liên hợp. Hai tấm thép này được coi như tấm cứng tuyệt đối (Rigid plate) với một tấm cứng được đặt tại mặt dưới của lõi NSC và một tấm cứng được đặt ở mặt trên lõi NSC. Điều kiện biên về chuyển vị đặt ở tấm cứng dưới (hạn chế chuyển vị theo phương U1=U2=U3) và đầu tấm cứng trên sẽ gia tải thông qua chuyển vị. Giá trị chuyển vị khuyến cáo cho các trường hợp gia tải nén là $\Delta = 0.03 \times L$ với L chiều dài cột ban đầu.

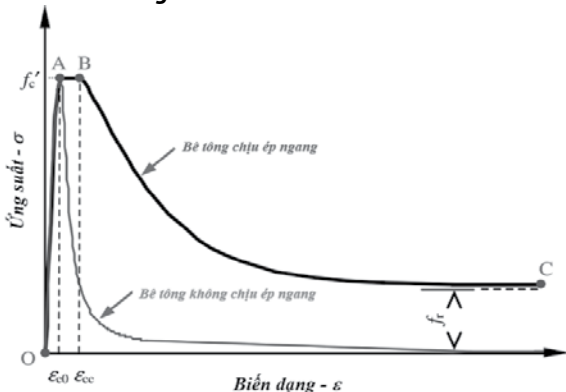
2.3. Mô hình vật liệu

Nghiên cứu này sử dụng mô hình bê tông phá hoại dẻo “Concrete damage plasticity (CDP)” trong phần mềm ABAQUS [14] để mô phỏng ứng xử của lõi NSC và ống UHPC. Các tham số chính trong mô hình CDP như góc giãn nở (ψ), độ lệch tâm của bề mặt chày dẻo (e), tỷ số của ứng suất nén hai trục với ứng suất nén một trục (σ_{bo}/σ_{co}), tỷ số cường độ chịu kéo ngoài mặt phẳng làm việc so với cường độ chịu nén trong mặt phẳng làm việc (K_c), và độ nhớt (μ) được xác định theo nghiên cứu trước [7].

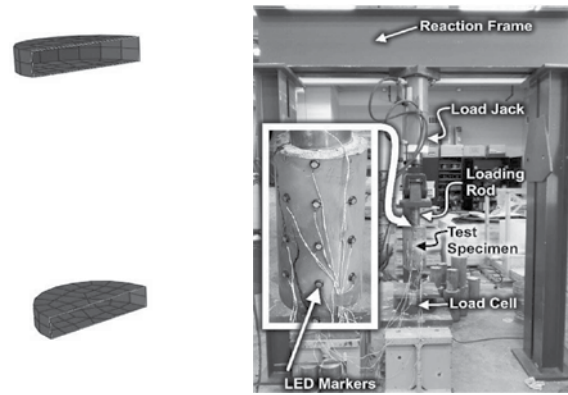
Bảng 2. Các thông số trong mô hình CDP

	ψ	e	σ_{bo}/σ_{co}	K_c	μ
Lõi bê tông thường NSC	32°	0.1	1.16	0.667	0.001
Ống bê tông UHPC	36°	0.1	1.16	0.667	0.001

2.3.1. Lõi bê tông NSC



Hình 2. Mô hình ứng suất - biến dạng của lõi NSC có xét đến kiểm chế nở hông của ống UHPC



Tấm thép cứng Hình ảnh thí nghiệm thực tế trong nghiên cứu [9]

Ngoài ra nghiên cứu này đã đề xuất mô hình đường cong quan hệ ứng suất - biến dạng khi chịu nén của lõi NSC có xem xét đến hiệu ứng kiểm chế nở hông bởi ống UHPC như hình 2. Mô hình do Samani và Attard (2012) [15] đề xuất được sử dụng để mô tả giai đoạn tăng bền OA như sau:

$$\frac{\sigma}{f'_c} = \frac{A \times X + B \times X^2}{1 + (A - 2) \times X + (B + 1) \times X^2} \quad 0 < \varepsilon \leq \varepsilon_{c0} \quad (1)$$

$$X = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c0}}; A = \frac{E_c \times \varepsilon_{c0}}{f'_c}; B = \frac{(A - 1)^2}{0.55} - 1 \quad (2)$$

Biến dạng tại vị trí A (ε_{c0}) được xác định theo phương trình của Tasdemir và cộng sự (1998) [16] áp dụng được cho nhiều loại cường độ bê tông khác nhau:

$$\varepsilon_{c0} = \left[-0.067 \times (f'_c)^2 + 29.9 \times f'_c + 1053 \right] \times 10^{-6} \quad (3)$$

Biến dạng tại vị trí B (ε_{cc}) được xác định bằng phương trình của Samani và Attard (2012) [15] như sau:

$$\frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{c0}} = e^k; f_B = (1 + 0.027 \times f_{t,UHPC}) \times e^{-0.02 \times \frac{D}{t}} \quad (4)$$

$$k = (2.9224 - 0.00367 \times f'_c) \times \left(\frac{f_B}{f'_c} \right)^{0.3124 + 0.002 \times f'_c} \quad (5)$$

với f_B là áp lực ngang được tính theo công thức của Tao [17]

$$f_B = (1 + 0.027 \times f_{t,UHPC}) \times e^{-0.02 \times \frac{D}{t}} \quad (6)$$

Nhánh giảm dần (BC) trong đường cong ứng suất - biến dạng được xác định theo công thức bởi Binici (2005) [18]:

$$\sigma = f_r + (f'_c - f_r) \times \exp \left[- \left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_{cc}}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad \varepsilon \geq \varepsilon_{cc} \quad (7)$$

trong đó tham số α và β là hệ số hình dạng của nhánh BC. f_r là ứng suất dư được xác định theo công thức của Tao và cộng sự (2013) [17]

$$f_r = 0.7 \times (1 - e^{-1.38 \times \xi_c}) \times f'_c \quad (8)$$

với hệ số ép ngang ξ_c theo công thức sau:

$$\xi_c = \frac{A_{UHPC} \times f_{t,UHPC}}{A_c \times f'_c} \quad (9)$$

Ứng suất kéo lớn nhất của lõi NSC được giả định bằng $0.1 \times f'_c$ theo kết quả của nghiên cứu trước [17]

2.3.2. Ống đúc sẵn UHPC

Đường cong xác định quan hệ ứng suất và biến dạng của UHPC được xác định dựa theo đề xuất của Popovics [19] với phương trình tổng quát như sau:

$$\frac{\sigma}{f_c'} = \frac{(\epsilon_c/\epsilon_{c0}) \times r}{r - 1 + (\epsilon_c/\epsilon_{c0})^r} \text{ với } r = \frac{E_c}{E_c - f_c'} \quad (10)$$

Trong trường hợp chịu kéo thì cường độ chịu kéo của ống UHPC được tính toán theo công thức sau của Le và Fehling (2017) [1]:

$$f_t = 4.82 \times \ln(K) + 9.08 \quad (11)$$

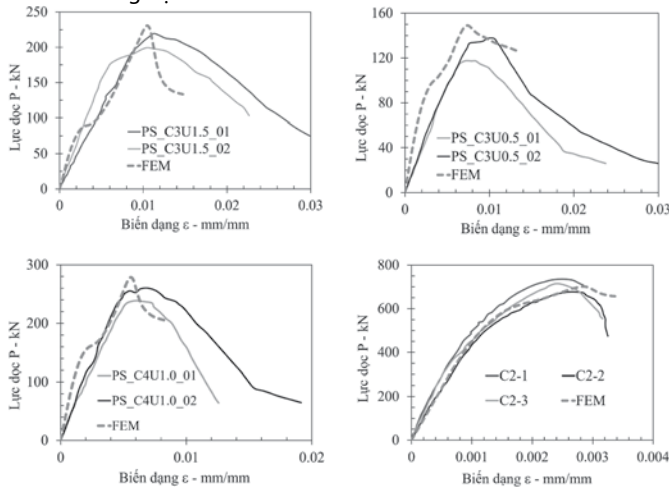
$$K = V_f \times \frac{l_f}{d_f} \quad (12)$$

trong đó V_f là hàm lượng sợi, l_f là chiều dài sợi và d_f là đường kính của sợi.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG FEM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đường cong quan hệ lực - biến dạng

Hình 3 so sánh đường cong quan hệ lực - biến dạng ($P-\epsilon$) giữa FEM và kết quả thí nghiệm của các mẫu trong bảng 1. Nhìn chung đường cong ($P-\epsilon$) đạt được từ FEM tương đồng với thí nghiệm và có thể chấp nhận được. Ứng xử chịu nén đúng tâm lên lõi NSC của cột liên hợp UHPC-NSC trong FEM và thí nghiệm đều thể hiện rõ rệt hai giai đoạn bao gồm: giai đoạn 1 tăng tải đến lực nén cực hạn với đường cong ($P-\epsilon$) gần như tuyến tính và chằng chịt một đoạn trước khi đạt lực nén cực hạn; giai đoạn 2 rớt tải với độ dốc của đường cong ($P-\epsilon$) lớn. Tuy nhiên hình dạng của đường cong trong FEM và thí nghiệm khác nhau về độ dốc trong hai giai đoạn, đặc biệt là với các cột trong thí nghiệm của Ronanki và Aelati (2022) [9]. Điều này được lý giải bằng sự đồng nhất của vật liệu khi mô hình FEM, trong khi đó thì vật liệu chế tạo mẫu thí nghiệm không đồng nhất và có sự phân bố ngẫu nhiên của sợi trong lớp vỏ UHPC. Giai đoạn rớt tải thì độ dốc của đường cong trong FEM và thí nghiệm không tương đồng, điều này do sự phát triển vết nứt trong FEM và thí nghiệm khác nhau.



Hình 3. So sánh đường cong quan hệ lực - biến dạng giữa FEM và kết quả thí nghiệm

Bảng 3 so sánh lực nén cực hạn giữa FEM (P_{FEM}) và thí nghiệm (P_{test}). Nhìn chung mô hình FEM dự đoán khá chính xác lực nén cực hạn của các cột liên hợp thí nghiệm. Hầu hết lực nén cực hạn trong FEM lớn hơn so với thí nghiệm, lý do mô hình FEM đã tính toán lực nén tăng thêm do ứng suất nở hông từ ống UHPC, trong khi thí nghiệm một số vị trí nếu khi lõi NSC nở hông ngang mà ống UHPC không kiểm chế sự nở hông này tốt mà xuất hiện vết nứt thì lực

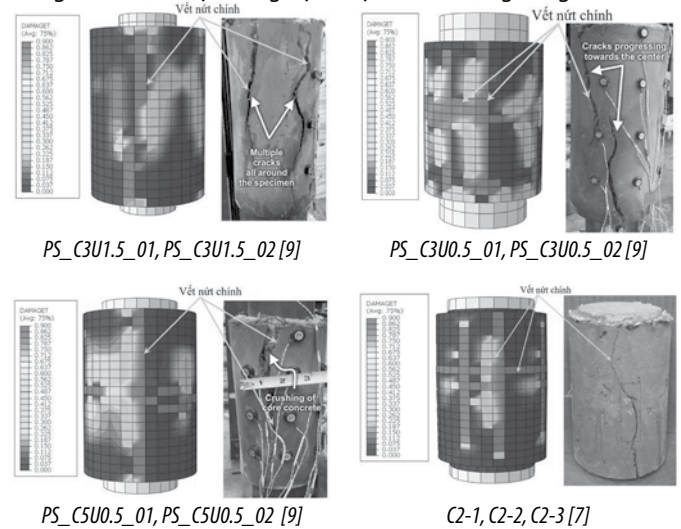
nén cực hạn sẽ không cao bằng khi sự kiểm chế này được duy trì. Mô hình vật liệu cho lõi NSC có xét đến hiệu ứng kiểm chế nở hông được hiệu chỉnh từ mô hình dựa trên các kết quả nghiên cứu của cột ống thép nhồi bê tông. Mức độ kiểm chế nở hông của ống thép lên lõi NSC sẽ tốt hơn nhiều so với ống UHPC do cường độ chịu kéo của ống thép lớn hơn rất nhiều lần so với ống UHPC. Kết quả so sánh trong bảng 3 cho thấy sự chênh lệch trung bình giữa dự đoán từ FEM so với thí nghiệm là cao hơn khoảng 7% (giá trị trung bình 0.93) và với độ lệch thấp (0.08). Như vậy mô hình FEM hoàn toàn dự đoán được lực nén cực hạn của các cột thí nghiệm và giá trị dự đoán có thể chấp nhận được.

Bảng 3. So sánh lực nén cực hạn giữa FEM và thí nghiệm

Tên mẫu	Tác giả	P_{test} (kN)	P_{FEM} (kN)	P_{test}/P_{FEM}
PS_C3U1.5_01	[9]	219.45	230.796	0.95
PS_C3U1.5_02		199.33		0.86
PS_C3U0.5_01		117.43	148.931	0.79
PS_C3U0.5_01		137.76		0.93
PS_C4U1.0_01	[7]	238.70	278.53	0.86
PS_C4U1.0_02		260.38		0.93
C2-1	[7]	734.63	701.95	1.05
C2-2		676.95		0.96
C2-3		715.07		1.02
Trung bình				0.93
Độ lệch chuẩn				0.08

3.2. Hình dạng phá hoại

Hình 4 so sánh hình dạng phá hoại của các cột mô phỏng trong FEM và các cột thí nghiệm thực tế như trong bảng 1.



Hình 4. So sánh hình dạng phá hủy của cột mô phỏng FEM và cột thí nghiệm

Hình 4 so sánh hình dạng phá hủy của các cột liên hợp UHPC-NSC trong mô phỏng FEM và thí nghiệm dưới tác dụng của lực nén dọc trục trên lõi NSC. Nhìn chung mô hình FEM cho kết quả hình dạng phá hủy tương đồng với thí nghiệm thông qua các vết nứt chính được quan sát. Các vết nứt chính này bao gồm vết nứt dọc và vết nứt theo chu vi. Các vết nứt được hình thành tại hai vị trí đầu và cuối của cột sau đó phát triển dẫn đến giữa thân cột tạo thành vết nứt kéo dài theo chiều cột. Nguyên nhân vết nứt hình thành là do khi cột chịu tải trọng nén dọc trục trên lõi NSC thì lõi NSC có xu hướng biến dạng ngang. Ống UHPC bao bọc xung quanh lõi NSC làm giảm biến dạng ngang này và phát sinh ứng suất vòng. Khi giá trị ứng suất vòng lớn hơn giá trị cường độ chịu kéo của bê tông UHPC thì vết nứt bắt đầu xuất hiện. Mức độ phức tạp của vết nứt

giảm dần theo sự mức độ giảm dần của hệ số chống nở hông ζ_c . Khi hệ số ζ_c thấp, chiều dày ống UHPC quá mỏng làm cho ứng suất vòng không kiểm chế được biến dạng ngang làm cho vết nứt xảy ra đột ngột dọc theo chiều dài cột. Khi hệ số ζ_c cao, chiều dày vỏ UHPC dày sẽ giúp cho ứng suất vòng duy trì sự kiểm chế biến dạng ngang tốt làm cho các vết nứt phát triển dọc theo chiều dài cột và cả theo chu vi cột.

Mặc dù mô hình FEM cho kết quả không hoàn toàn trùng khớp hết với kết quả thí nghiệm do quá trình thí nghiệm chịu tác động của nhiều yếu tố khác nhau như thiết bị thí nghiệm, độ lệch tâm khi gia tải, tiếp xúc giữa tấm gia tải và lõi bê tông NSC, sai số trong thí nghiệm, sự không đồng nhất của vật liệu bê tông... trong khi cột mô phỏng trong FEM là hoàn hảo về vật liệu và mô hình. Tuy nhiên thông qua kết quả so sánh giữa FEM và thí nghiệm như đã trình bày ở trên thì có thể chấp nhận được tính chính xác của mô hình FEM.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên những kết quả nghiên cứu đã trình bày trong bài báo ở trên, một số kết luận được rút ra như sau:

- Mô hình FEM được xây dựng trong nghiên cứu này dự đoán khá chính xác ứng xử của cột liên hợp NSC-UHPC thông qua kết quả so sánh đường cong quan hệ lực - biến dạng và hình dáng phá hoại đạt được từ FEM và thí nghiệm tương đồng với nhau.

- Mô hình FEM dự đoán lực nén cực hạn cao hơn so với thí nghiệm do hiệu ứng kiểm chế nở hông lên lõi NSC được xem xét trong mô hình được hiệu chỉnh từ kết quả nghiên cứu của cột ống thép nhồi bê tông, trong đó ống thép có cường độ chịu kéo cao sẽ kiểm chế nở hông tốt hơn rất nhiều so với ống UHPC. Tuy nhiên giá trị dự đoán của mô hình FEM cao hơn trung bình 7% so với kết quả thí nghiệm nên hoàn toàn có thể chấp nhận được.

- Các vết nứt chính được quan sát trong mô hình FEM và thí nghiệm gồm 2 dạng chính là vết nứt dọc trục và vết nứt theo chu vi. Mô hình FEM cho kết quả hình dạng phá hoại khá tương đồng với kết quả thí nghiệm.

- Mô hình FEM được đề xuất trong nghiên cứu này có thể sử dụng để mô phỏng sâu hơn ảnh hưởng của các tham số vật liệu và hình học khác của loại cột này mà khi làm thí nghiệm rất tốn nhiều chi phí.

- Bê tông UHPC là vật liệu tiềm năng để thay thế các vật liệu truyền thống khác trong việc chế tạo ống mỏng đúc sẵn để nhồi bê tông thường NSC bên trong tạo thành cột liên hợp UHPC-NSC có sức chịu tải và độ dẻo dai được tăng cường nhờ hiệu ứng kiểm chế nở hông lên lõi NSC của ống UHPC.

Lời cảm ơn: “Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 107.01-2019.325”

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. H.A. Le, E. Fehling, Influence of steel fiber content and aspect ratio on the uniaxial tensile and compressive behavior of ultra high performance concrete, *Construction and Building Materials*, 153 (2017) 790-806. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.130>

[2]. B.A. Graybeal, Characterization of the behavior of ultra-high performance concrete”, Ph.D. Dissertation, University of Maryland, USA, 2005.

[3]. B.A. Graybeal, J. Tanesi, Durability of an ultra high-performance concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19 (2007) 848–854. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)08991561\(2007\)19:10\(848\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)08991561(2007)19:10(848)).

[4]. Y. Huang, S. Grünwald, E. Schlangen, M. Luković, Strengthening of concrete structures with ultra high performance fiber reinforced concrete (UHPRFC): A critical review, *Construction and Building Materials*, 336 (2022) 127398. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127398>.

[5]. N. Caluk, I. Mantawy, A. Azizinamini, Durable Bridge Columns using Stay-In-Place UHPC Shells for Accelerated Bridge Construction, *Infrastructures*, 4, 2(2019), p. 25. <https://doi.org/10.3390/infrastructures4020025>.

[6]. X. Wu, T.H.K. Kang, I.B. Mpalla, C.-S. Kim, Axial load testing of hybrid concrete columns consisting of UHPRFC tube and normal-strength concrete core, *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 12, 43 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0275-2>.

[7]. J. Xie, Q. Fu, J.B. Yan, Compressive behaviour of stub concrete column strengthened with ultra-high performance concrete jacket, *Construction and Building Materials*, 204 (2019) 643-658. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.220>.

[8]. H. Tian, Z. Zhou, Z. Yi, Y. Wei, Y. Axial behavior of reinforced concrete column with ultra-high performance concrete stay-in-place formwork, *Engineering Structures*, 210 (2020) 110403. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110403>.

[9]. V.S. Ronanki, S. Aaleti, Experimental and analytical investigation of UHPC confined concrete behavior, *Construction and Building Materials*, 325 (2022) 126710. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126710>.

[10]. C.C. Hung, C.W. Kuo, Y. Shao, Cast-in-place and prefabricated UHPC jackets for retrofitting shear-deficient RC columns with different axial load levels, *Journal of Building Engineering*, 44 (2021) 103305. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103305>.

[11]. Z. Zhang, Z. Wu, D. Zhang, Q. Huang, B. Chen, Axial compressive behaviors of reinforced concrete composite column with precast ultrahigh performance concrete (UHPC) jacket, *Journal of Building Engineering*, 48 (2022) 103956. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103956>.

[12]. Y. Yang, B. Chen, Y. Chen, H. Zhou, F. Liu, X. Xie, J. Chen, W. Guo, H. Wang, Performances of Concrete Columns with Modular UHPC Permanent Formworks Under Axial Load, *Int J Concr Struct Mater*, 17, 38 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00608-1>.

[13]. Y. Xiong, M. Yang, H. Shi, J. Zhao, Y. Yuan, X. Guo, Axial compression behavior of concrete-filled prefabricated aligned steel fiber UHPC tubes, *Journal of Building Engineering*, 89 (2024) 109353. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109353>.

[14]. ABAQUS/CAE User's Guide (2016). <http://130.149.89.49:2080/v2016/books/usi/default.htm>.

[15]. A.K. Samani, M.M. Attard, A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression, *Engineering Structures*, 41 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.03.027>.

[16]. M.A. Tasdemir, C. Tasdemir, S. Akyuz, A.D. Jefferson, F.D. Lydon, B.I.G Barr, Evaluation of strains at peak stresses in concrete: A three-phase composite model approach, *Cement and Concrete Composites*, 20, 4 (2018) 301-318. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(98\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(98)00012-2).

[17]. Z. Tao, Z.-B. Wang, Q.J. Yu, Finite element modelling of concrete-filled steel stub columns under axial compression, *Journal of Constructional Steel Research*, 89 (2013) 121-131. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2013.07.001>.

[18]. B. Binici, An analytical model for stress-strain behavior of confined concrete, *Engineering Structures*, 27, 7 (2005) 1040-1051. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2005.03.002>.

[19]. S. Popovics, A numerical approach to the complete stress-strain curve of concrete, *Cement and Concrete Research*, 3, 5 (1973) 583-599. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(73\)90096-3](https://doi.org/10.1016/0008-8846(73)90096-3).

[20]. S.T. Kang, J.K. Kim, The relation between fiber orientation and tensile behavior in an ultra high performance fiber reinforced cementitious composites (UHPRFC), *Cement and Concrete Research*, 41 (2011), 1001-1014. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.05.009>.

Đánh giá ảnh hưởng của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật đến ổn định công trình kè Trà Cú tỉnh Trà Vinh

Evaluation of the impact of technical infrastructure upgrading on the stability of the Tra Cu dyke in Tra Vinh province

> NGUYỄN HIẾU BÌNH¹, PHẠM HỮU HÀ GIANG²

¹HVCH Ngành KTCT Thủy, Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ
Email: binhm4222002@gstudent.ctu.edu.vn

²GV Khoa KTCT Giao thông, Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ
Email: phhgiang@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Công trình kè Trà Cú đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ bờ sông và hạn chế sạt lở. Việc nâng cấp và mở rộng tuyến đường ven kè làm thay đổi tải trọng và ứng suất nền đất, ảnh hưởng đến sự ổn định công trình. Nghiên cứu này đánh giá tác động của quá trình nâng cấp qua bốn giai đoạn: khai thác hiện hữu, thi công mở rộng, vận hành sau nâng cấp và khi chịu tác động mưa lớn. Kết quả mô phỏng cho thấy giai đoạn thi công có biến dạng và mô men nội lực lớn nhất do tải trọng từ thiết bị và vật liệu xây dựng. Sau khai thác, công trình ổn định hơn nhưng hệ số an toàn giảm. Khi có mưa lớn, áp lực nước lỗ rỗng khiến hệ số an toàn giảm xuống 1,31. Nghiên cứu nhấn mạnh sự cần thiết của kiểm soát tải trọng thi công, cải thiện thoát nước và giám sát công trình để đảm bảo ổn định lâu dài.

Từ khóa: Ổn định kè; nâng cấp hạ tầng kỹ thuật; hệ số an toàn (FS).

ABSTRACT

The Tra Cu embankment plays a crucial role in protecting riverbanks and preventing erosion. The upgrading and expansion of the road along the embankment alter the load conditions and soil stress, which affect the stability of the structure. This study evaluates the impact of infrastructure upgrades through four stages: existing operation, construction expansion, post-upgrade operation, and extreme rainfall conditions. Simulation results indicate that the construction phase experiences the highest deformation and internal moment due to the load from equipment and construction materials. After being put into operation, the structure becomes more stable, but the safety factor decreases. Under heavy rainfall, pore water pressure causes the safety factor to drop to 1.31. The study emphasizes the necessity of controlling construction loads, improving drainage systems, and monitoring the structure to ensure long-term stability and sustainability.

Keywords: Dike stability; technical infrastructure upgrading; safety factor (FS).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, vấn đề sạt lở ở ĐBSCL diễn ra hết sức phức tạp, ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống người dân, hoạt động sản xuất và phát triển kinh tế - xã hội. Kết quả khảo sát và giải đoán ảnh vệ tinh cho thấy phần lớn diện tích vùng Tây Nam sông Hậu đều xảy ra hiện tượng sạt lở bờ sông, kênh, rạch với các mức độ khác nhau. Cụ thể, vùng có các điểm sạt lở đặc biệt nguy hiểm có diện tích 529.798 ha, chiếm 27%; vùng có các điểm sạt lở nguy hiểm có diện tích 632.866 ha, chiếm 32%; và vùng có sạt lở bình thường là 816.247 ha, chiếm 41% [1]. Trước thực trạng này (Hình 1), chính quyền các cấp tại tỉnh Trà Vinh đã không ngừng đẩy mạnh đầu tư vào các công trình kè nhằm bảo vệ bờ sông Trà Cú trước nguy cơ sạt lở nghiêm trọng [2]. Các công trình này không chỉ góp phần hạn chế sự mất đất do xói lở mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho phát

triển hạ tầng giao thông, cải thiện chất lượng môi trường sống. Song song với quá trình phát triển kinh tế - xã hội, việc mở rộng cơ sở hạ tầng và xây dựng các tuyến đường dọc hai bên bờ sông không chỉ giúp gia cố sự ổn định cho khu vực ven sông mà còn nâng cao hiệu quả thoát nước, đồng thời góp phần cải thiện cảnh quan đô thị.

Tuy nhiên, thực tế cho thấy việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật khu vực ven sông đặt biệt là quá trình mở rộng đường ven sông có thể làm gia tăng tải trọng tác động lên kè, ảnh hưởng đến sự ổn định tổng thể của công trình, đặc biệt trong điều kiện nền đất yếu đặc trưng của khu vực ĐBSCL. Nếu không có giải pháp kỹ thuật phù hợp, áp lực từ các phương tiện giao thông và biến động thủy văn có thể làm suy giảm khả năng bảo vệ của kè, thậm chí gây mất an toàn cho cả tuyến đường và khu vực lân cận. Vì vậy, đánh giá mức độ ảnh

hưởng của việc nâng cấp, mở rộng tuyến đường dọc theo tuyến kè là cần thiết để xác định các tác động tiềm ẩn và mức độ ảnh hưởng đến ổn định của công trình. Nghiên cứu này tập trung vào việc phân tích, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến sự ổn định của kè do quá trình mở rộng đường ven sông, từ đó cung cấp góc nhìn toàn diện về mối quan hệ giữa hạ tầng kỹ thuật và sự ổn định bờ kè trên địa bàn tỉnh Trà Vinh.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về kè và ảnh hưởng của kè bởi nâng cấp hạ tầng kỹ thuật

Công trình kè là một loại kết cấu kỹ thuật được thiết kế nhằm bảo vệ bờ sông, bờ biển hoặc các khu vực ven nước khỏi xói lở, tác động của dòng chảy và sóng biển. Kè đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định bờ, bảo vệ đất đai, cơ sở hạ tầng và nâng cao chất lượng phát triển đô thị ven sông. Ngoài ra, hệ thống kè còn hỗ trợ hệ thống giao thông, giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu và góp phần phát triển du lịch ven sông.

Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm xác định các nguyên nhân gây mất ổn định bờ kè. Các yếu tố chính gây sạt lở kè được chia thành hai nhóm. Tác động nội sinh: Bao gồm đặc điểm địa chất, địa mạo của khu vực. Tác động ngoại sinh: Chủ yếu do dòng chảy, mưa lũ, thủy triều tác động lên bờ kè, làm suy yếu nền đất và gây ra sạt lở [3].



Hình 1. Minh họa tình trạng sạt lở tuyến đường ven sông tại huyện Trà Cú, tỉnh Trà Vinh, một trong những khu vực chịu ảnh hưởng nghiêm trọng của hiện tượng này (nguồn: Công Mao-TTXVN, 2019).

Kết quả của nghiên cứu [4] cho rằng sự kết hợp của nhiều yếu tố, bao gồm tải trọng từ phương tiện giao thông, hoạt động nạo vét và biến động mực nước, có thể là nguyên nhân tiềm ẩn gây mất ổn định bờ kè. Thêm vào đó, các nghiên cứu cũng chỉ ra những nguyên nhân chính gây vỡ bờ kè, có thể xuất phát từ sự giảm đột ngột của mực nước trong kênh rạch, dẫn đến mất cân bằng áp suất và làm mất ổn định kết cấu kè [3-6].

Nâng cấp hạ tầng kỹ thuật là quá trình mở rộng, cải tạo hoặc thay thế các công trình kỹ thuật nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động, đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo tính bền vững. Quá trình này có thể bao gồm nâng cấp hệ thống giao thông, thoát nước, điện - viễn thông và các công trình phụ trợ. Việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là mở rộng tuyến đường ven sông, có thể ảnh hưởng đáng kể đến sự ổn định của kè do làm thay đổi tải trọng tác động lên công trình [7]. Nghiên cứu của Huỳnh Công Hoài và cộng sự (2019) [5] về nguyên nhân xói lở bờ sông tại ĐBSCL đã chỉ ra rằng việc xây dựng hạ tầng trên nền đất yếu là một trong những nguyên nhân chính gây mất ổn định bờ sông. Tải trọng gia tăng trên bề mặt làm thay đổi trạng thái cân bằng của đất, dẫn đến sạt lở. Ngoài ra, Huỳnh Văn Hiệp (2022) [6] cũng chỉ ra rằng việc đắp nền đường hoặc phát triển hạ tầng ven sông có thể làm tăng tải trọng, gây trượt mái bờ và khiến tình trạng sạt lở trở nên nghiêm trọng hơn và là nguyên nhân chính sạt lở bờ sông tại tỉnh Trà Vinh.

Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm đánh giá tác động của tải trọng giao thông đối với sự ổn định của kè kênh. Khi đánh giá sự mất ổn định của kè do tải trọng, các nhà nghiên cứu thường áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), phương pháp cân bằng giới hạn (LEM) và phương pháp xác suất để phân tích sự thay đổi trong hành vi ứng suất-biến dạng của đất. Chao năm 2024 [7] đã sử dụng phương pháp LEM để kiểm tra ảnh hưởng của tải trọng và sự chênh lệch mực nước, chỉ ra rằng chênh lệch này có thể làm giảm đáng kể hệ số an toàn của công trình. Kết quả cho thấy nếu tải trọng lặp lại không vượt quá cường độ của đất, một trạng thái cân bằng có thể được thiết lập mà không gây ra phá hủy. Tuy nhiên, khi đất chịu ứng suất tuần hoàn kéo dài, sự cố cuối cùng vẫn có thể xảy ra do áp suất nước lỗ rỗng dư thừa tăng lên.

Những nghiên cứu trên cho thấy rằng việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là mở rộng tuyến đường ven sông, có ảnh hưởng trực tiếp đến sự ổn định của kè. Sự gia tăng tải trọng từ giao thông, kết hợp với các yếu tố địa chất và thủy văn, có thể làm suy yếu công trình, đòi hỏi có những đánh giá chi tiết để hiểu rõ hơn về mức độ tác động và các nguy cơ tiềm ẩn đối với hệ thống kè tại khu vực nghiên cứu.

2.2. Tổng quan về phương pháp phần tử hữu hạn và phần mềm Plaxis 2D

Phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method - FEM) là một phương pháp số được sử dụng rộng rãi để giải quyết các bài toán kỹ thuật và khoa học, trong đó các miền liên tục phức tạp được rời rạc hóa thành các phần tử nhỏ hơn. Mỗi phần tử được kết nối tại các điểm nút và thông qua các hàm xấp xỉ, bài toán ban đầu được giải một cách gần đúng theo điều kiện biên xác định. FEM cho phép mô phỏng chính xác ứng suất - biến dạng của đất nền và công trình kè, góp phần nâng cao độ chính xác trong phân tích ổn định công trình. Các nghiên cứu quan trọng như của Zienkiewicz năm 1967 về ứng dụng FEM trong địa kỹ thuật [8], Duncan & Chang năm 1970 với mô hình ứng suất - biến dạng phi tuyến của đất [9], hay Griffiths & Lane năm 1999 [10] trong phân tích ổn định mái dốc đã giúp FEM trở thành phương pháp ưu việt trong điều kiện địa chất - thủy văn phức tạp [11].

Hệ số an toàn (Factor of Safety - FS) trong phương pháp phần tử hữu hạn FEM khi phân tích ổn định mái dốc hoặc kết cấu địa kỹ thuật thường được tính bằng phương pháp giảm dần các thông số cường độ của đất (bao gồm lực dính c và góc ma sát ϕ) cho đến khi công trình đạt trạng thái mất ổn định. Đây là cách tiếp cận hiệu quả để đánh giá độ bền của nền đất và mức độ ổn định của công trình kè.

$$FS = \frac{c}{c_{crit}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{crit}}$$

Trong đó:

- c, ϕ là lực dính và góc ma sát ban đầu của đất.

- c_{crit}, ϕ_{crit} là giá trị tới hạn của lực dính và góc ma sát khi mô hình đạt trạng thái giới hạn (mất ổn định).

Plaxis 2D là một phần mềm chuyên dụng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, được thiết kế để phân tích các bài toán địa kỹ thuật như ổn định mái dốc, chuyển vị của đất nền, ứng suất-biến dạng của nền móng, dòng thấm trong đất và tác động của tải trọng động. Phần mềm này cung cấp một công cụ mạnh mẽ giúp mô phỏng và đánh giá sự ổn định của các công trình kỹ thuật, đặc biệt là hệ thống kè bảo vệ bờ sông, công trình ngầm và móng cọc. Trong nghiên cứu này, Plaxis 2D được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật đến sự ổn định của công trình kè Trà Cú, tỉnh Trà Vinh. Phần mềm này giúp mô phỏng sự thay đổi của nền đất khi chịu tác động từ tải trọng của các công trình trên bờ kè, cũng như ảnh hưởng của hệ thống thoát nước đến áp lực nước lỗ rỗng và biến dạng đất nền.

Hai mô hình đất nền phổ biến trong Plaxis 2D được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm. Mô hình Mohr-Coulomb (MC): Đây là mô hình đàn hồi - dẻo tuyến tính cơ bản, phù hợp với nhiều bài toán địa kỹ thuật đơn giản. Mô hình Hardening Soil (HS): Đây là mô hình phi tuyến, có khả năng phản ánh chính xác hơn ứng xử của đất dưới điều kiện tải trọng phức tạp. Trong điều kiện nghiên cứu tại Việt Nam, mô hình Mohr-Coulomb được lựa chọn do có khả năng mô phỏng chính xác biến đổi ứng suất - biến dạng của đất nền, đồng thời các thông số đầu vào để xác định thông qua thí nghiệm thực địa [12].

Nhờ vào khả năng mô phỏng chi tiết các hiện tượng địa kỹ thuật, Plaxis 2D là công cụ quan trọng giúp xác định hệ số ổn định (FS) của kè Trà Cú, từ đó hỗ trợ đánh giá mức độ ảnh hưởng của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật đến sự an toàn của công trình. Việc ứng dụng mô phỏng số không chỉ giúp định lượng được các tác động tiềm ẩn mà còn tạo cơ sở khoa học để phân tích và đưa ra các hướng tiếp cận hợp lý trong việc bảo vệ và phát triển hạ tầng ven sông bền vững.

3. MÔ HÌNH VÀ CÁC SỐ LIỆU PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU

3.1 Vị trí nghiên cứu

Công trình thuộc thị trấn Trà Cú, huyện Trà Cú, tỉnh Trà Vinh. Đối với tuyến kè thì điểm đầu cách cầu Xa Xi nối vào đường 30/4 khoảng 83m và điểm cuối cách cầu bê tông hiện trạng nối vào đường Mậu Thân khoảng 36m, với tổng chiều dài tuyến kè là 754m.



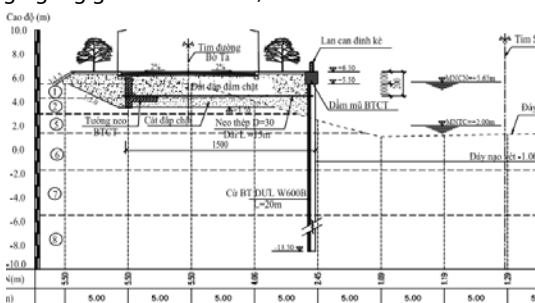
Hình 2. Vị trí tuyến kè

3.2 Mặt cắt nghiên cứu và mô hình tính toán

Căn cứ vào kích thước mặt cắt ngang kè, dựa trên phương pháp xác định kích thước mô hình của Briaud và Lim năm 1997 [18], chiều rộng mô hình là:

$$Be + We. \text{ Với } Be = 3(He + D)$$

Với He là chiều cao tự do (He = 7m) và D là chiều dài của tường chôn trong lớp đất không thấm nước (D=15m). Vậy bề rộng của mô hình là $3 \times (7,0m + 15,0m) + 20m = 86m$. Chiều cao mô hình là 34m. Chiều dài theo phương dọc lớn nên sử dụng mô hình ứng suất phẳng. Hồ đào được chống đỡ bằng tường neo cọc ván Bê tông cốt thép dự ứng lực. Neo bên trên ở cao độ +1,68m. Khoảng cách theo phương ngang giữa các neo là 3,0m.



Hình 3. Mặt cắt ngang đại diện cho công trình

Công trình được tính toán, kiểm tra với ba mặt cắt tính toán điển hình tương ứng với ba vị trí công trình. Tuy nhiên trong điều kiện bài báo, tác giả chỉ chọn một mặt cắt điển hình để tính toán và mô

phỏng trong các kịch bản khác nhau để đánh giá sự thay đổi về ổn định trước, trong và sau khi thi công nâng cấp hạ tầng kỹ thuật. Với 4 giai đoạn tính toán:

Giai đoạn 1: Tính toán với trạng thái ban đầu, giai đoạn khai thác đường hiện hữu 3.5m (HT-Khai thác);

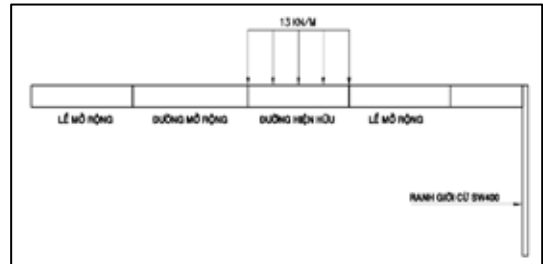
Giai đoạn 2: Tính toán giai đoạn thi công kết cấu đường mở rộng (MR-Thi công);

Giai đoạn 3: Tính toán giai đoạn khai thác đường mở rộng (MR-Khai thác);

Giai đoạn 4: Kiểm tra trong trường hợp mưa lớn dòng thấm (MR-Mưa lớn).

a) Điều kiện ban đầu trước khi nâng cấp

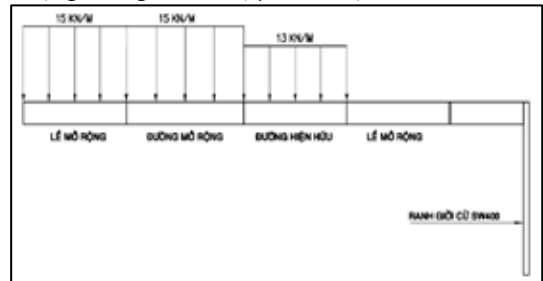
Tải trọng từ công trình hiện hữu: Trọng lượng của các công trình hiện có, bao gồm đường xá, cây xanh, và các kết cấu xây dựng, tạo ra áp lực ổn định lên nền đất và kè.



Hình 4: TH đường hiện hữu chưa mở rộng ở giai đoạn khai thác

b) Thi công nâng cấp hạ tầng kỹ thuật

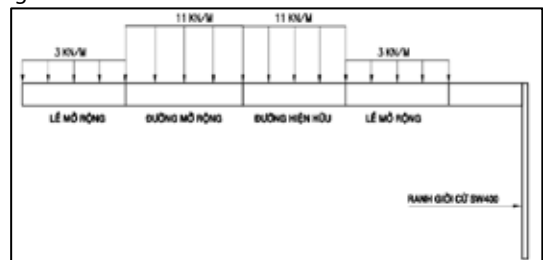
Tải trọng tạm thời từ thi công: Tải trọng từ thiết bị thi công: trọng lượng của máy móc, xe tải nặng, và các thiết bị thi công khác tạo ra ứng suất tạm thời trong quá trình thi công. Điều này bao gồm các lực tác động từ máy xúc, máy đầm, và các loại xe hạng nặng. Tải trọng từ đất di chuyển: Đất được đào bới, di chuyển hoặc đắp thêm gây ra sự thay đổi tải trọng trong quá trình thi công. Điều này bao gồm tải trọng không đều do sự phân bố lại đất.



Hình 5: TH thi công mở rộng đường song song với đường hiện hữu được khai thác

c) Nâng cấp và mở rộng tuyến đường (sau thi công)

Tải trọng từ lớp mở rộng: Trọng lượng của các lớp đất và vật liệu xây dựng mới từ tuyến đường mở rộng gây ra tải trọng ổn định lên nền đất và kè. Điều này bao gồm trọng lượng từ kết cấu áo đường. Tải trọng từ hạ tầng kỹ thuật: Các hạng mục như hệ thống thoát nước, vỉa hè, cây xanh và các công trình kỹ thuật phụ trợ tạo ra thêm tải trọng tĩnh lên kè và nền đất.



Hình 6: Trường hợp khai thác đường sau khi đã mở rộng

3.3 Các số liệu phục vụ tính toán

Bảng 1: Thông số nhập vào mô hình của các lớp đất

Tham số	Đơn vị	KC đường	Lớp cát đắp	Lớp 1	Lớp 2
Tham số chung					
1. Mô hình vật liệu		MC	MC	MC	HS
2. Dung trọng tự nhiên	KN/m3	20.00	18.00	19.20	17.2
3. Dung trọng bão hòa	KN/m3	21.00	19.00	20.20	18.2
4. Hệ số rỗng ban đầu (e _{init})		0.50	0.50	0.72	1,176
5. Drain type		Drain	Drain	Drain	Undrain A
Tham số độ cứng và cường độ					
1. Mô đun biến dạng (E _{ref})	KN/m2	250000	25000	6630	-
2. Mô đun tiếp tuyến (E _{oed-ref})	KN/m2			-	1190
3. Mô đun cắt tuyến (E _{50-ref})	KN/m2			-	1700
4. Mô đun dõ tải (E _{uf-ref})	KN/m2			-	5100
5. Hệ số mũ				-	0.5
6. Lực dính đơn vị	KN/m2	5	5	4.9	14.8
7. Góc ma sát trong	Độ	40.00	35.00	22.81	18.87
9. Góc nở thể tích	Độ	10	5		
9. Hệ số poisson (v)		0.35	0.35	0.35	
Phân tử tiếp xúc					
1. Hệ số tiếp xúc Rinter		1	1	0.9	0.85
Tham số	Đơn vị	Lớp 3	Thấu Kính 1	Thấu Kính 2	Lớp 4
Tham số chung					
1. Mô hình vật liệu		HS	MC	MC	MC
2. Dung trọng tự nhiên	KN/m3	18.4	19.90	19.20	19.80
3. Dung trọng bão hòa	KN/m3	19.20	20.90	20.20	20.80
4. Hệ số rỗng ban đầu (e _{init})		0.985	0.640	0.819	0.676
5. Drain type		Undrain A	Drain	Undrain	Undrain
Tham số độ cứng và cường độ					
1. Mô đun biến dạng (E _{ref})	KN/m2	-	18990	11470	25510
2. Mô đun tiếp tuyến (E _{oed-ref})	KN/m2	2420	-	-	-
3. Mô đun cắt tuyến (E _{50-ref})	KN/m2	3000	-	-	-
4. Mô đun dõ tải (E _{uf-ref})	KN/m2	9000	-	-	-
5. Hệ số mũ		0.5	-	-	-
6. Lực dính đơn vị	KN/m2	23.4	4.5	16.1	25.3
7. Góc ma sát trong	Độ	16.50	21.9	15.2	22.93
9. Góc nở thể tích	Độ				
9. Hệ số poisson (v)			0.35	0.35	0.35
Phân tử tiếp xúc					
1. Hệ số tiếp xúc Rinter		0.9	1	1	1

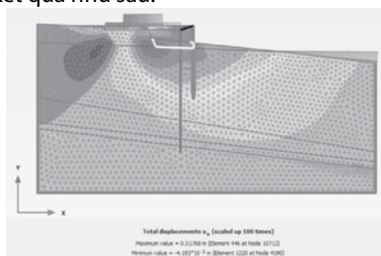
Bảng 2: Thông số nhập vào mô hình của cử

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Tường sàn L dày 40 cm	Cử SW400
Loại Phân tử			Plates	Plates
Mô Đun đàn hồi	E	kN/m2	2,88E+07	3,95E+07
Diện tích mặt cắt ngang	A	m2/m	0,4	0,1543
Mô men quán tính	I	m4/m	5,33E-03	2,40E-03
Độ cứng dọc trục	EA	kN/m	1,15E+07	6,09E+06
Độ cứng dọc trục	EI	kNm2/m	1,53E+05	9,50E+04
Trọng lượng trên 1m rỗng	w	kN/m/m	2,80E+00	4,19
Hệ số Poisson	v (nu)		0,2	0,2

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.2 Kết quả mô phỏng bằng Plaxis

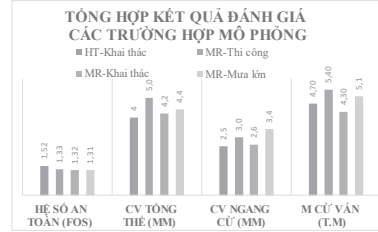
Thông số đất nền và cử trong mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D sử dụng được trình bày ở bảng 1 và bảng 2. Tại vị trí mặt cắt mô phỏng, ta có kết quả như sau:



Hình 7: Chuyển vị ngang tăng thêm trong giai đoạn khai thác sau mở rộng

Bảng 3: Kết quả phân tích các trường hợp mô phỏng

Thông số đánh giá	Trường hợp mô phỏng			
	HT-Khai thác	MR-Thi công	MR-Khai thác	MR-Mưa lớn
Hệ số an toàn (FoS)	1,52	1,33	1,32	1,31
CV Tổng thể (mm)	4	5,0	4,2	4,4
CV ngang cử (mm)	2,5	3,0	2,6	3,4
M cử vắn (T.m)	4,70	5,40	4,30	5,1



Hình 8. Biểu đồ tổng hợp kết quả đánh giá các trường hợp mô phỏng của quá trình nâng cấp hạ tầng kỹ thuật

4.2 Thảo luận kết quả mô phỏng bằng Plaxis

4.2.1 Hệ số an toàn tổng thể (FS)

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ AN TOÀN TỔNG THỂ (FS)

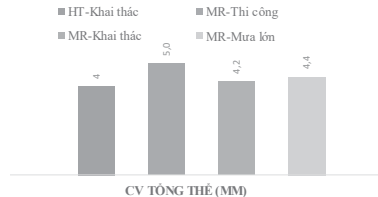


Hình 9. Biểu đồ kết quả đánh giá hệ số an toàn tổng thể

Ở trạng thái HT-Khai thác, hệ số an toàn (FS) đạt 1,52, cao nhất trong các giai đoạn, cho thấy công trình ổn định khi chưa có tác động từ thi công hoặc điều kiện thời tiết cực đoan. Trong giai đoạn thi công (MR-Thi công), FS giảm xuống còn 1,33, phản ánh mức độ ảnh hưởng đáng kể của tải trọng thi công đến sự ổn định của công trình. Khi công trình đưa vào khai thác (MR-Khai thác), FS tiếp tục giảm nhẹ còn 1,32, chứng tỏ tải trọng sử dụng có tác động đến sự ổn định nhưng không lớn hơn so với giai đoạn thi công. Dưới tác động của mưa lớn (MR-Mưa lớn), FS giảm xuống còn 1,31, mức thấp nhất trong các giai đoạn, cho thấy ảnh hưởng của nước mưa và áp lực nước lỗ rỗng đến độ ổn định của công trình. Mặc dù FS vẫn duy trì trên mức an toàn tối thiểu (1,3), nhưng xu hướng giảm dần qua các giai đoạn chỉ ra rủi ro tiềm ẩn, đặc biệt khi có điều kiện thời tiết bất lợi. Do đó, hệ thống thoát nước cần được đảm bảo hoạt động hiệu quả, đặc biệt trong mùa mưa, nhằm hạn chế sự suy giảm ổn định và nguy cơ sạt lở công trình.

4.2.2. Chuyển vị tổng thể (CV Tổng thể)

TỔNG HỢP KẾT QUẢ CHUYỂN VỊ TỔNG THỂ CỦA KÈ



Hình 10. Biểu đồ tổng hợp kết quả đánh giá hệ số an toàn kè

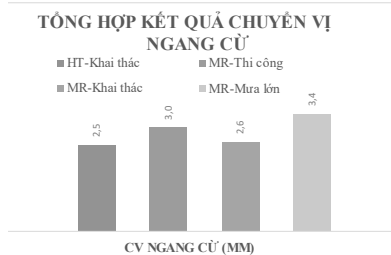
Trong giai đoạn khai thác (HT-Khai thác), chuyển vị tổng thể đạt 4,0mm, mức thấp nhất, cho thấy công trình ổn định khi chưa có tác động lớn từ tải trọng thi công hay điều kiện thời tiết cực đoan. Khi thi công (MR-Thi công), chuyển vị tăng lên 5,0mm, cao nhất trong các giai đoạn, phản ánh ảnh hưởng đáng kể của tải trọng xây dựng lên kết cấu công trình. Sau khi công trình đưa vào khai thác (MR-Khai thác), chuyển vị giảm nhẹ xuống 4,2mm, cho thấy hệ thống có xu hướng ổn định trở

lại khi tải trọng tác động dần ổn định hơn. Dưới tác động của mưa lớn (MR-Mưa lớn), chuyển vị tổng thể tăng lên 4,4mm, cao hơn so với giai đoạn khai thác nhưng vẫn thấp hơn giai đoạn thi công, cho thấy tác động của nước mưa và áp lực nước lỗ rỗng đến biến dạng công trình.

Giai đoạn thi công có mức biến dạng lớn nhất, tuy nhiên sau khi công trình đi vào khai thác, chuyển vị có xu hướng giảm dần, phản ánh sự ổn định của nền đất và kết cấu. Mưa lớn vẫn gây ra một mức tăng nhẹ trong chuyển vị, điều này nhấn mạnh sự cần thiết của hệ thống thoát nước hiệu quả để tránh tích tụ áp lực nước, giảm nguy cơ sụt lún hoặc mất ổn định cục bộ của công trình.

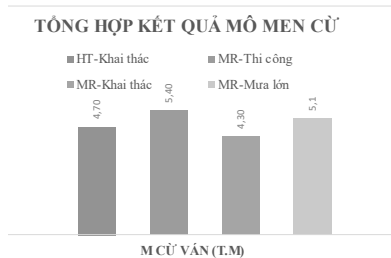
4.2.3. Chuyển vị ngang của cừ (CV ngang)

Ở trạng thái HT-Khai thác, chuyển vị ngang của cừ ván là 2,5mm, nhỏ nhất, thể hiện công trình ổn định. Khi thi công, chuyển vị ngang tăng lên 3,0mm, phản ánh tác động từ quá trình thi công và tải trọng xây dựng. Trong giai đoạn khai thác sau thi công, chuyển vị ngang giảm xuống 2,6mm, gần với trạng thái ban đầu, cho thấy hệ thống có xu hướng ổn định trở lại. Khi xảy ra mưa lớn, chuyển vị ngang tăng lên 3,4mm, mức cao nhất, thể hiện tác động mạnh từ áp lực nước gia tăng và điều kiện thời tiết bất lợi. So sánh các giá trị chuyển vị cho thấy mưa lớn có ảnh hưởng đáng kể đến chuyển vị ngang, có thể làm tăng nguy cơ mất ổn định công trình. Do đó, cần có biện pháp gia cố kết cấu chống trượt, đặc biệt tại các vị trí chịu tác động lớn nhằm hạn chế rủi ro trong điều kiện thời tiết cực đoan.



Hình 11. Biểu đồ tổng hợp kết quả đánh giá chuyển vị ngang của cừ

4.2.4. Mô men cừ ván (M cừ ván)



Hình 12. Biểu đồ tổng hợp kết quả mô men cừ

Ở trạng thái khai thác, mô men cừ ván SW400 là 4,70 T.m, phản ánh mức nội lực trong điều kiện bình thường. Khi thi công, mô men tăng lên 5,40 T.m, mức cao nhất, do tải trọng xây dựng tác động lên cừ ván. Trong giai đoạn khai thác sau thi công, mô men giảm xuống 4,30 T.m, mức thấp nhất, do tải trọng tĩnh ổn định hơn so với khi thi công. Khi xảy ra mưa lớn, mô men tăng lên 5,10 T.m, gần bằng mức trong giai đoạn thi công, do áp lực nước gia tăng. So sánh với mô men tới hạn (Mcr) của cừ SW400 là 10 T.m, có thể thấy các giá trị mô men thực tế trong mọi điều kiện đều nhỏ hơn đáng kể so với mô men giới hạn, đảm bảo an toàn cho kết cấu. Tuy nhiên, giai đoạn thi công và mưa lớn tạo ra mô men nội lực lớn nhất lên cừ ván, tiệm cận giới hạn thiết kế, do đó cần có biện pháp kiểm soát tải trọng thi công và hệ thống thoát nước để tránh làm quá tải kết cấu, đặc biệt trong điều kiện thời tiết bất lợi.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả phân tích từ phần mềm Plaxis 2D cho thấy sự ổn định của công trình kè Trà Cú chịu ảnh hưởng đáng kể từ quá trình nâng cấp hạ

tầng kỹ thuật. Các yếu tố như tải trọng thi công, hoạt động khai thác và điều kiện thời tiết cực đoan (mưa lớn) đều góp phần làm thay đổi hệ số an toàn (FS), chuyển vị tổng thể, chuyển vị ngang và mô men trong cừ ván. Giai đoạn thi công tạo ra sự thay đổi lớn nhất về biến dạng và mô men cừ ván, dẫn đến FS giảm xuống 1,33, phản ánh mức độ rủi ro cao hơn so với trạng thái khai thác. Giai đoạn khai thác có xu hướng ổn định hơn, với FS giảm nhẹ, nhưng vẫn cần kiểm soát tải trọng để tránh ảnh hưởng đến tuổi thọ công trình. Điều kiện mưa lớn làm tăng mô men cừ ván lên 5,1 T.m và chuyển vị ngang lên 3,4mm, cho thấy áp lực nước lỗ rỗng có thể làm suy giảm đáng kể sự ổn định của hệ thống kè nếu không có biện pháp xử lý thoát nước hiệu quả. Mặc dù FS vẫn duy trì trên mức tối thiểu cho phép ($\geq 1,3$), xu hướng giảm dần trong các giai đoạn cho thấy cần có giải pháp kỹ thuật nhằm đảm bảo sự bền vững lâu dài của công trình.

Để tăng cường sự ổn định của kè Trà Cú khi đối mặt với tác động của việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật và các yếu tố môi trường, cần thực hiện các giải pháp sau: Kiểm soát tải trọng thi công bằng cách hạn chế tải trọng nặng tác động trực tiếp lên kè trong giai đoạn thi công để giảm biến dạng nền đất, đồng thời bố trí kế hoạch thi công hợp lý, sử dụng phương pháp thi công nhẹ nhàng để tránh gây áp lực lớn lên kết cấu kè. Cải thiện hệ thống thoát nước bằng cách thiết kế hệ thống tiêu thoát nước hiệu quả để giảm áp lực nước lỗ rỗng, đặc biệt trong mùa mưa lớn, đồng thời kiểm tra và duy trì hệ thống cống thoát nước định kỳ nhằm tránh tình trạng tích tụ nước gây mất ổn định nền đất. Giám sát và bảo trì định kỳ bằng cách lắp đặt các thiết bị quan trắc để theo dõi sự thay đổi của hệ số an toàn và mức độ biến dạng của kè, thực hiện kiểm tra định kỳ để kịp thời phát hiện và xử lý các dấu hiệu mất ổn định trước khi sự cố xảy ra. Nghiên cứu bổ sung và cải tiến thiết kế bằng cách thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu về ảnh hưởng của tải trọng động lên hệ số an toàn của công trình, xem xét mô phỏng bằng Plaxis 3D để có đánh giá toàn diện hơn về sự ổn định của hệ thống kè.

Tóm lại, việc nâng cấp hạ tầng kỹ thuật có tác động đáng kể đến sự ổn định của kè Trà Cú, đòi hỏi sự kiểm soát chặt chẽ về tải trọng, hệ thống thoát nước và các biện pháp gia cố. Những giải pháp đề xuất sẽ giúp tăng cường độ bền của công trình, giảm nguy cơ sạt lở và đảm bảo sự an toàn lâu dài trong quá trình khai thác

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Đức Cường (2023). "Nghiên cứu định hướng giải pháp bảo vệ bờ sông cầu ngang đoạn qua thị trấn Cầu Ngang, tỉnh Trà Vinh." *Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi*, số 78, 2023.
- [2] Nguyễn Thị Phương Thảo (2022). "Giải pháp phát triển bền vững bờ biển vùng cửa sông Cửu Long: nghiên cứu điển hình cho bờ biển Trà Vinh." *Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi*, số 74, 2022.
- [3] Zou, D.H.S., Dissanayake, D.M.D.O.K., Nanthanathan, N., & Phien-Wej, N. (2005). "A Case Study of Road Failure along an Irrigation Canal in Bangkok Plain."
- [4] Taha, N.A., Shariff, M.S.M., & Ladin, M.A. (2022). "Case Study on Analyses of Slope Riverbank Failure." *Modelling and Simulation in Engineering*, Volume 2022, Article ID 1965224, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/1965224>.
- [5] Huỳnh Công Hoài và cộng sự (2019). "Phân tích nguyên nhân gây gia tăng xói lở bờ sông ở Đồng bằng sông Cửu Long." *Tạp chí khí tượng Thủy văn*, số tháng 07 - 2019.
- [6] Huỳnh Văn Hiệp và cộng sự (2022). "Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở bờ sông: trường hợp nghiên cứu tỉnh Trà Vinh." *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 2022, 741, 19-28. doi:10.36335/VN/JHM.2022(741).19-28.
- [7] Chao, K.C., Kongsung, T., & Saowiang, K. (2024). "Effect of Vehicle Cyclic Loading on the Failure of Canal Embankment on Soft Clay Deposit." *Geosciences*, 14(6), 163.
- [8] Spencer, A. (1967). "A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces." *Geotechnique*, Vol. 17(1), pp. 11-26.
- [9] Duncan, J.M., & Chang, C.Y. (1970). "Nonlinear analysis of stress and strain in soils." *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 96(5), 1629-1653.
- [10] Griffiths, D.V., & Lane, P.A. (1999). "Slope stability analysis by finite elements." *Geotechnique*, Vol. 49(3), pp. 387-403.
- [11] Nguyễn Thành Đạt (2016). "Nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng chiều dày lớp đất yếu tới chiều dài cọc ván bê tông cốt thép dự ứng lực cho công trình đường và kè ven sông qua việc tính toán bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 8.2." *Tạp chí KHCN Xây dựng*, số 1.
- [12] Briaud, J.L., & Lim, Y. (1997). "Soil-nailed wall under piled bridge abutment: simulation and guidelines." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(11), 1043-1050.

Sử dụng phương pháp thừa số Lagrange để phân tích tĩnh bài toán kết cấu dàn phẳng có nhiều thanh dàn sai lệch chiều dài do chế tạo

Using Lagrange method for static analysis of plane truss with inaccurate fabricated member lengths

> TS PHẠM VĂN ĐẠT

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: datpv.hau@gmail.com

TÓM TẮT

Kết cấu dàn là một trong những dạng kết cấu sử dụng nhiều nhất được lựa chọn làm phương án kết cấu cho các công trình vượt khẩu độ lớn. Trong thực tế thi công, các kết cấu dàn thường được chế tạo tại các nhà máy, sau đó được vận chuyển và lắp đặt tại các vị trí xây dựng công trình. Việc chế tạo các thanh dàn trong thực tế thường có sự sai lệch trong phạm vi cho phép so với chiều dài trong thiết kế và tính toán, điều này cũng được phép trong các tiêu chuẩn thi công nghiệm thu kết cấu thép hiện hành. Vì vậy, nội dung bài báo sẽ trình bày một phương pháp hiệu quả để xây dựng cách giải bài toán kết cấu dàn khi nhiều thanh dàn có chiều dài sai lệch do chế tạo.

Từ khóa: Kết cấu dàn; sai lệch do chế tạo; phân tích tĩnh; phương pháp thừa số Lagrange.

ABSTRACT

Truss structure is one of the most commonly used structural solution for large span structures. In actual construction, truss structures are often manufactured in factories, then transported and installed at construction sites. The manufacturing of truss bars in practice often has deviations within the allowable range compared to the length in design and calculation, which is also allowed in current steel structure acceptance standards. Therefore, in this article, an effective method will be presented to build a solution for the truss structure with inaccurate fabricated member lengths.

Keywords: Truss; fabrication error; static analysis; Lagrange method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu dàn [17, 24, 27] là một dạng kết cấu nhẹ, có thể vượt khẩu độ lớn, đặc biệt dạng kết cấu này có thể tạo hình các dạng kiến trúc một cách dễ dàng. Vì vậy, kết cấu dàn là một trong những dạng

kết cấu thường được các kiến trúc sư, kỹ sư sử dụng làm phương án thiết kế kết cấu cho các công trình xây dựng.

Hiện nay các kết cấu dàn thường là các kết cấu được chế tạo sẵn tại các nhà máy chế tạo thép sau đó được vận chuyển và cầu lắp tới công trường xây dựng. Vì vậy, một trong những điều không thể tránh khỏi là việc sai lệch về chiều dài của các thanh dàn giữa bản vẽ thiết kế và quá trình gia công, chế tạo các thanh dàn. Các sai lệch về chiều dài các thanh dàn trong quá trình gia công chế tạo có thể làm cho các thanh dàn ban đầu sẽ có nội lực do quá trình lắp dựng. Vì vậy, vấn đề nghiên cứu các phương pháp để phân tích, tính toán nội lực và chuyển vị trong bài toán kết cấu dàn có kể đến sự sai lệch chiều dài thanh dàn do chế tạo là rất cần thiết và đã được nghiên cứu từ rất sớm như; phương pháp lực, phương pháp chuyển vị... [3,7,10,11,12, 26]. Hiện nay các phương pháp này đã được viết trong các giáo trình, sách tham khảo dùng trong đào tạo trình độ đại học trở lên trong nhiều chuyên ngành kỹ thuật khác nhau.

Một trong những phương pháp hiệu quả để phân tích nội lực và chuyển vị của kết cấu hiện nay được sử dụng nhiều nhất là phương pháp phần tử hữu hạn. Phương pháp phần tử hữu hạn [1, 3, 7, 16] là phương pháp phân chia kết cấu ra thành các phần tử nhỏ (gọi chung là phần tử), tùy từng hình dạng của kết cấu công trình, các phần tử này có thể là các phần tử khối, các phần tử tấm hoặc các phần tử thanh. Các phần tử của kết cấu sẽ được liên kết với nhau tại các nút là các đỉnh của phần tử hoặc tại các vị trí trên các biên giữa các nút của phần tử. Với phương pháp này, thì ẩn của bài toán có thể là: Các thành phần chuyển vị (biến dạng) tại các nút (mô hình tương thích); Các thành phần nội lực (ứng suất) tại các nút (mô hình cân bằng); hoặc vừa là một số thành phần chuyển vị tại các nút và vừa là một số thành phần ứng nội lực tại các nút.

Hiện nay, khi phân tích nội lực cho các kết cấu dàn trong thiết kế thì một trong những phương pháp thường được sử dụng nhiều nhất là phương pháp phần tử hữu hạn. Các tài liệu khi viết về phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích bài toán kết cấu dàn có sự sai lệch chiều dài trong quá trình cấu tạo thường trình bày, coi sự sai lệch chiều dài của thanh trong quá trình chế tạo bằng một tải trọng nhiệt tương đương [3, 4, 8, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28]. Khi xem sự sai lệch chiều dài ban đầu bằng tải trọng nhiệt tương đương dẫn đến việc giải bài toán trở lên đơn giản hơn nhưng chưa phản ánh thực chất mối liên hệ trong cơ học của bài toán.

Trong bài báo [2] tác giả đã trình bày phương pháp phân tích bài toán kết cấu dàn khi có một thanh có chiều dài sai lệch do chế

tạo dựa trên phương pháp Lagrange và phương pháp phần tử hữu hạn, kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng:

- Trường hợp 1: Khi trục của thanh có chiều dài sai lệch ban đầu cùng phương với trục ox' : khi áp dụng phương pháp nghiên cứu trong bài báo thì trong phương trình ma trận cân bằng của toàn hệ kết cấu: ma trận độ cứng mở rộng của kết cấu sẽ mở rộng thêm một hàng và một cột so với ma trận độ cứng ban đầu; số ẩn số và véc tơ tải trọng tác dụng nút sẽ mở rộng thêm một hàng;

- Trường hợp 2: Khi trục của thanh có chiều dài sai lệch ban đầu cùng phương với trục oy' : khi áp dụng phương pháp nghiên cứu trong bài báo thì trong phương trình ma trận cân bằng của toàn hệ kết cấu: ma trận độ cứng mở rộng của kết cấu sẽ mở rộng thêm một hàng và một cột so với ma trận độ cứng ban đầu; số ẩn số và véc tơ tải trọng tác dụng nút sẽ mở rộng thêm một hàng;

- Trường hợp 3: Khi trục của thanh có chiều dài sai lệch ban đầu không cùng phương với trục ox' hoặc trục oy' : khi áp dụng phương pháp nghiên cứu trong bài báo thì trong phương trình ma trận cân bằng của toàn hệ kết cấu: ma trận độ cứng mở rộng của kết cấu sẽ mở rộng thêm hai và hai cột so với ma trận độ cứng ban đầu; số ẩn số và véc tơ tải trọng tác dụng nút sẽ mở rộng thêm hai hàng

Để tiếp theo phương pháp nghiên cứu đã công bố của tác giả vào năm 2019 [2], trong bài báo này tác giả sẽ tập trung nghiên cứu phương pháp phân tích bài toán kết cấu dàn phẳng có nhiều thanh dàn sai lệch chiều dài do quá trình chế tạo khi chịu tải trọng tĩnh và vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp thừa số Lagrange;

2. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ PHƯƠNG PHÁP LAGRANGE ĐỂ XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG CHO BÀI TOÁN KẾT CẤU DÀN CÓ NHIỀU THANH DÀN SAI LỆCH CHIỀU DÀI DO CHẾ TẠO

Xét bài toán quy hoạch toán học với các điều kiện ràng buộc là đẳng thức như sau.

$$\text{Hàm mục tiêu: } Z = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min \quad (1)$$

Các ràng buộc:

$$g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0; j = 1 \div m; X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2)$$

Phương pháp thừa số Lagrange [5, 22, 25] đưa bài toán quy hoạch toán học có ràng buộc (1) về bài toán quy hoạch toán học không ràng buộc với hàm mục tiêu mở rộng:

$$L(X, \lambda) = F(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{j=1}^m \lambda_j \cdot g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min \quad (3)$$

Điều kiện cần để hàm $L(X, \lambda)$ có cực trị:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial x_i} = 0 & i = 1 \div n; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_j} = 0 & j = 1 \div m; \end{cases} \quad (4)$$

Triển khai (3) ta có hệ phương trình gồm $(n+m)$ phương trình độc lập với $(n+m)$ ẩn là: $x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$.

Xét bài toán kết cấu dàn có "m" phần tử, số bậc tự do của toàn hệ là n. Thế năng toàn phần của hệ được xác định:

$$\Pi = \sum_{e=1}^m \left[\frac{1}{2} \{\delta^e\}^T [H]_e^T [K^e] [H]_e \{\delta^e\} - \{\delta^e\}^T [H]_e^T \{F^e\} \right] \quad (5)$$

Khi bài toán không có thanh bị sai lệch chiều dài do quá trình chế tạo, thì dựa vào nguyên lý dừng thế năng toàn phần của hệ kết cấu dàn ta xây dựng được phương trình cân bằng cho toàn hệ kết cấu dàn có dạng:

$$[K^e] \{\delta^e\} = \{F^e\} \quad (6)$$

trong đó:

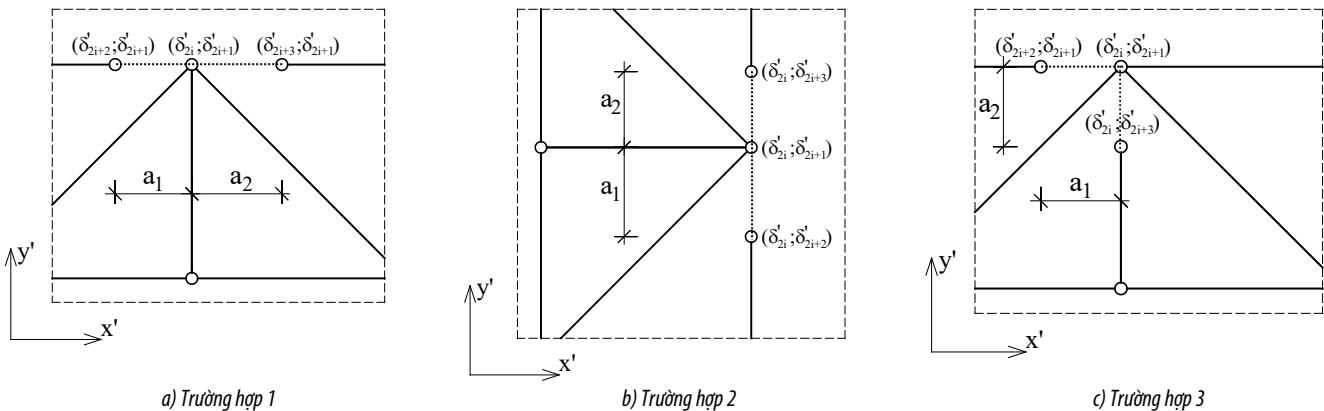
$$[K^e] = \begin{bmatrix} k'_{11} & k'_{12} & \dots & k'_{1n} \\ k'_{21} & k'_{22} & \dots & k'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k'_{n1} & k'_{n2} & \dots & k'_{nn} \end{bmatrix};$$

$$\{\delta^e\} = \{\delta'_1 \quad \delta'_2 \quad \dots \quad \delta'_n\}^T;$$

$$\{F^e\} = \{F'_1 \quad F'_2 \quad \dots \quad F'_n\}^T$$

Bài báo trình bày chi tiết bài toán kết cấu dàn có hai thanh dàn có chiều dài sai lệch do chế tạo. Với các bài toán kết cấu dàn có nhiều hơn hai thanh dàn có chiều dài sai lệch do chế tạo với, khi tính toán cũng áp dụng tương tự các bước phân tích được trình bày trong bài báo này để phân tích.

2.1. Bài toán kết cấu dàn có hai thanh dàn sai lệch chiều dài do chế tạo với hai trục thanh dàn có phương trùng với phương của một trong hai trục tọa độ của hệ tọa độ tổng thể



Hình 1. Trường hợp hai thanh dàn sai lệch có trục thanh trùng với phương của một trong hai trục tọa độ của hệ tọa độ tổng thể

Trong nội dung bài báo tác giả trình bày chi tiết trường hợp 1, các trường hợp còn lại sẽ được thực hiện tương tự. Xét bài toán kết cấu dàn có hai thanh dàn mà trục của hai thanh dàn này trùng với một trong hai trục hệ tọa độ tổng thể (như hình 1a).

- Các phương trình bổ sung của bài toán theo điều kiện ràng buộc:

$$\begin{cases} g_1(\delta) = -\delta'_{2i} + \delta'_{2i+2} - a_1 = 0 \\ g_2(\delta) = \delta'_{2i} - \delta'_{2i+3} - a_2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

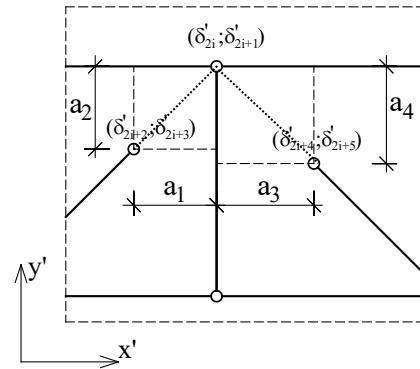
$$\begin{bmatrix}
 k'_{11} & k'_{12} & \dots & k'_{1(2i)} & k'_{1(2i+1)} & k'_{1(2i+2)} & k'_{1(2i+3)} & k'_{1(2i+4)} & \dots & k'_{1(n+2)} & k'_{1(n+3)} & 0 & 0 & 0 \\
 k'_{21} & k'_{22} & \dots & k'_{2(2i)} & k'_{2(2i+1)} & k'_{2(2i+2)} & k'_{2(2i+3)} & k'_{2(2i+4)} & \dots & k'_{2(n+2)} & k'_{2(n+3)} & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 k'_{(2i)1} & k'_{(2i)2} & \dots & k'_{(2i)(2i)} & k'_{(2i)(2i+1)} & k'_{(2i)(2i+2)} & k'_{(2i)(2i+3)} & k'_{(2i)(2i+4)} & \dots & k'_{(2i)(n+2)} & k'_{(2i)(n+3)} & 0 & 1 & 0 \\
 k'_{(2i+1)1} & k'_{(2i+1)2} & \dots & k'_{(2i+1)(2i)} & k'_{(2i+1)(2i+1)} & k'_{(2i+1)(2i+2)} & k'_{(2i+1)(2i+3)} & k'_{(2i+1)(2i+4)} & \dots & k'_{(2i+1)(n+2)} & k'_{(2i+1)(n+3)} & -1 & 0 & -1 \\
 k'_{(2i+2)1} & k'_{(2i+2)2} & \dots & k'_{(2i+2)(2i)} & k'_{(2i+2)(2i+1)} & k'_{(2i+2)(2i+2)} & k'_{(2i+2)(2i+3)} & k'_{(2i+2)(2i+4)} & \dots & k'_{(2i+2)(n+2)} & k'_{(2i+2)(n+3)} & 1 & 0 & 0 \\
 k'_{(2i+3)1} & k'_{(2i+3)2} & \dots & k'_{(2i+3)(2i)} & k'_{(2i+3)(2i+1)} & k'_{(2i+3)(2i+2)} & k'_{(2i+3)(2i+3)} & k'_{(2i+3)(2i+4)} & \dots & k'_{(2i+3)(n+2)} & k'_{(2i+3)(n+3)} & 0 & -1 & 0 \\
 k'_{(2i+4)1} & k'_{(2i+4)2} & \dots & k'_{(2i+4)(2i)} & k'_{(2i+4)(2i+1)} & k'_{(2i+4)(2i+2)} & k'_{(2i+4)(2i+3)} & k'_{(2i+4)(2i+4)} & \dots & k'_{(2i+4)(n+2)} & k'_{(2i+4)(n+3)} & 0 & 0 & 1 \\
 \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 k'_{(n+2)1} & k'_{(n+2)2} & \dots & k'_{(n+2)(2i)} & k'_{(n+2)(2i+1)} & k'_{(n+2)(2i+2)} & k'_{(n+2)(2i+3)} & k'_{(n+2)(2i+4)} & \dots & k'_{(n+2)(n+2)} & k'_{(n+2)(n+3)} & 0 & 0 & 0 \\
 k'_{(n+3)1} & k'_{(n+3)2} & \dots & k'_{(n+3)(2i)} & k'_{(n+3)(2i+1)} & k'_{(n+3)(2i+2)} & k'_{(n+3)(2i+3)} & k'_{(n+3)(2i+4)} & \dots & k'_{(n+3)(n+2)} & k'_{(n+3)(n+3)} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \dots & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \dots & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \delta'_1 \\
 \delta'_1 \\
 \vdots \\
 \delta'_{(2i)} \\
 \delta'_{(2i+1)} \\
 \delta'_{(2i+2)} \\
 \delta'_{(2i+3)} \\
 \delta'_{(2i+4)} \\
 \vdots \\
 \delta'_{(n+2)} \\
 \delta'_{(n+3)} \\
 \lambda_1 \\
 \lambda_2 \\
 \lambda_3
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 F'_1 \\
 F'_2 \\
 \vdots \\
 F'_{(2i)} \\
 F'_{(2i+1)} \\
 F'_{(2i+2)} \\
 F'_{(2i+3)} \\
 F'_{(2i+4)} \\
 \vdots \\
 F'_{(n+2)} \\
 F'_{(n+3)} \\
 a_1 \\
 a_2 \\
 a_3
 \end{bmatrix}
 \quad (12)$$

2.3. Bài toán kết cấu dàn có hai thanh dàn sai lệch chiều dài do chế tạo với hai trục thanh dàn không có phương trùng với phương của một trong hai trục tọa độ của hệ tọa độ tổng thể

- Các phương trình bổ sung của bài toán theo điều kiện ràng buộc:

$$\begin{cases}
 -\delta'_{2i} + \delta'_{2i+2} - a_1 = 0 \\
 -\delta'_{2i+1} + \delta'_{2i+3} - a_2 = 0 \\
 -\delta'_{2i+4} + \delta'_{2i} - a_3 = 0 \\
 -\delta'_{2i+1} + \delta'_{2i+5} - a_4 = 0
 \end{cases}
 \quad (13)$$

- Áp dụng phương pháp thừa số Lagrange và phương pháp phần tử hữu hạn đã được trình bày trong bài báo [2], phương trình cân bằng cho bài toán có thể được viết như sau:



Hình 3. Trường hợp hai thanh dàn sai lệch có trục thanh dàn sai lệch không trùng với phương của một trong hai trục tọa độ của hệ tọa độ tổng thể

$$\begin{bmatrix}
 k'_{11} & \dots & k'_{1(2i)} & k'_{1(2i+1)} & k'_{1(2i+2)} & k'_{1(2i+3)} & k'_{1(2i+4)} & k'_{1(2i+5)} & \dots & k'_{1(n+4)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 k'_{(2i)1} & \dots & k'_{(2i)(2i)} & k'_{(2i)(2i+1)} & k'_{(2i)(2i+2)} & k'_{(2i)(2i+3)} & k'_{(2i)(2i+4)} & k'_{(2i)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i)(n+4)} & -1 & 0 & 1 & 0 \\
 k'_{(2i+1)1} & \dots & k'_{(2i+1)(2i)} & k'_{(2i+1)(2i+1)} & k'_{(2i+1)(2i+2)} & k'_{(2i+1)(2i+3)} & k'_{(2i+1)(2i+4)} & k'_{(2i+1)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i+1)(n+4)} & 0 & -1 & 0 & -1 \\
 k'_{(2i+2)1} & \dots & k'_{(2i+2)(2i)} & k'_{(2i+2)(2i+1)} & k'_{(2i+2)(2i+2)} & k'_{(2i+2)(2i+3)} & k'_{(2i+2)(2i+4)} & k'_{(2i+2)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i+2)(n+4)} & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 k'_{(2i+3)1} & \dots & k'_{(2i+3)(2i)} & k'_{(2i+3)(2i+1)} & k'_{(2i+3)(2i+2)} & k'_{(2i+3)(2i+3)} & k'_{(2i+3)(2i+4)} & k'_{(2i+3)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i+3)(n+4)} & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 k'_{(2i+4)1} & \dots & k'_{(2i+4)(2i)} & k'_{(2i+4)(2i+1)} & k'_{(2i+4)(2i+2)} & k'_{(2i+4)(2i+3)} & k'_{(2i+4)(2i+4)} & k'_{(2i+4)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i+4)(n+4)} & 0 & 0 & -1 & 0 \\
 k'_{(2i+5)1} & \dots & k'_{(2i+5)(2i)} & k'_{(2i+5)(2i+1)} & k'_{(2i+5)(2i+2)} & k'_{(2i+5)(2i+3)} & k'_{(2i+5)(2i+4)} & k'_{(2i+5)(2i+5)} & \dots & k'_{(2i+5)(n+4)} & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 k'_{(n+4)1} & \dots & k'_{(n+4)(2i)} & k'_{(n+4)(2i+1)} & k'_{(n+4)(2i+2)} & k'_{(n+4)(2i+3)} & k'_{(n+4)(2i+4)} & k'_{(n+4)(2i+5)} & \dots & k'_{(n+4)(n+4)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \dots & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \dots & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \dots & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \delta'_1 \\
 \vdots \\
 \delta'_{(2i)} \\
 \delta'_{(2i+1)} \\
 \delta'_{(2i+2)} \\
 \delta'_{(2i+3)} \\
 \delta'_{(2i+4)} \\
 \delta'_{(2i+5)} \\
 \vdots \\
 \delta'_{(n+4)} \\
 \lambda_1 \\
 \lambda_2 \\
 \lambda_3 \\
 \lambda_4
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 F'_1 \\
 \vdots \\
 F'_{(2i)} \\
 F'_{(2i+1)} \\
 F'_{(2i+2)} \\
 F'_{(2i+3)} \\
 F'_{(2i+4)} \\
 F'_{(2i+5)} \\
 \vdots \\
 F'_{(n+4)} \\
 a_1 \\
 a_2 \\
 a_3 \\
 a_4
 \end{bmatrix}
 \quad (13)$$

3. SỬ DỤNG PHẦN MỀM MATLAB TỰ ĐỘNG HÓA PHÂN TÍCH TÍNH BÀI TOÁN KẾT CẤU DÀN CÓ NHIỀU THANH DÀN SAI LỆCH CHIỀU DÀI DO CHẾ TẠO THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Trên nguyên tắc đã trình bày ở mục 2 trong bài báo, với các bài toán có số thanh dàn sai lệch chiều dài do chế tạo nhiều hơn hai thanh sẽ được áp dụng tương tự. Để công việc tính toán được tự động hóa, trong nội dung phần này của bài báo sẽ trình bày các bước thực hiện phân tích bài toán kết cấu dàn trong trường hợp có thanh dàn sai lệch do chế tạo bằng việc áp dụng phần mềm Matlab

[13, 14, 15]. Sơ đồ khối thực hiện các bước phân tích của bài toán được thể hiện hình 4.

Khối thứ 1: Khai báo các biến số và hằng số là các thông số vật liệu, thông số hình học của kết cấu: Căn cứ vào các số liệu hình học của kết cấu cũng như các thông.

Khối thứ 2: Thiết lập mã hiệu phần tử, mã hiệu các bậc tự do và cách ghép nối các phần tử với nhau.

Khối thứ 3: Thiết lập ma trận độ cứng của các phần tử trong hệ trục tọa độ chung và ma trận độ cứng tổng thể của toàn kết cấu: Ở khối này, ta xác định được độ cứng của từng phần tử, sau đó ghép

Bảng 2. Kết quả phân tích nội lực trong các thanh dầm

Nội lực	N ₁ (kN)	N ₂ (kN)	N ₃ (kN)	N ₄ (kN)	N ₅ (kN)	N ₆ (kN)	N ₇ (kN)	N ₈ (kN)	N ₉ (kN)	N ₁₀ (kN)	N ₁₁ (kN)
Phương pháp để xuất	-72,915	-69,104	-59,088	-78,471	38,056	26,387	12,498	18,025	-6,251	9,581	2,082
Phần mềm Sap2000	-72,93	-69,13	-59,11	-78,49	38,08	26,48	12,498	18,05	-6,24	9,50	2,09

Theo kết quả phân tích giữa phương pháp để xuất của bài báo và phần mềm Sap2000 (bảng 3, bảng 4) cho thấy, khi áp dụng hàm số Lagrange để giải ví dụ 1 theo phương pháp phần tử hữu hạn cho kết quả hoàn toàn tin cậy.

5. KẾT LUẬN

Qua các kết quả nghiên cứu trong bài báo đã trình bày ở trên có thể dẫn đến một số kết luận sau đây:

- Việc áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn và kết hợp phương pháp thừa số Lagrange có thể phân tích được bài toán kết cấu dầm có nhiều thanh dầm có chiều dài thanh dầm sai lệch do chế tạo mà không phải sử dụng phương pháp tải trọng nhiệt tương đương như một số tài liệu khác đã trình bày.

- Phương pháp nghiên cứu trong bài báo do không chịu tải trọng nhiệt tương đương nên khi áp dụng vào các bảo toán có yếu tố phi tuyến vật liệu sẽ không bị ảnh hưởng do việc khai báo đặc tính vật liệu như sử dụng phương pháp tải trọng tương đương.

- Phương pháp nghiên cứu trong bài báo, trong thực hành tính toán có thể được lập trình để tự động hóa phân tích nên có thể áp dụng cho các bài toán kết cấu dầm có số lượng phần tử nhiều, liên kết điều kiện biên phức tạp cũng có thể áp dụng một cách dễ dàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

[1] Phạm Văn Đạt (2017), *Tính kết cấu hệ thanh theo phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB Xây dựng.

[2] Phạm Văn Đạt (2019), Phân tích tĩnh kết cấu dầm phẳng trong trường hợp có một thanh dầm sai lệch chiều dài do chế tạo theo phương pháp phần tử hữu hạn, Tạp chí Xây dựng 12.2019 (16-81).

[3] Võ Như Cầu (2004), *Tính kết cấu theo phương pháp ma trận*, NXB Xây dựng.

[4] Võ Như Cầu (2005), *Tính kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB Xây dựng.

[5] Lê Xuân Huỳnh (2006), *Tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu*, NXB Khoa học và kỹ thuật.

[6] Vũ Đình Lai, Nguyễn Xuân Lựu, Bùi Đình Nghi (2002), *Sức bền vật liệu*, NXB Giao thông vận tải.

[7] Nguyễn Văn Liên, Nguyễn Phương Thành, Đinh Trọng Bằng (2003), *Sức bền vật liệu*, NXB Xây dựng.

[8] Chu Quốc Thắng (1997), *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB Khoa học và kỹ thuật.

[9] Nguyễn Trâm (2013), *Phương pháp phần tử hữu hạn và dải hữu hạn*, NXB Xây dựng.

[10] Lê Thọ Trình (2003), *Cơ học kết cấu*, Tập I - Hệ tĩnh định, NXB Khoa học và kỹ thuật.

[11] Lê Thọ Trình (2003), *Cơ học kết cấu*, Tập II - Hệ siêu tĩnh, NXB Khoa học và kỹ thuật.

Tài liệu dịch

[12] T.Karamanxki (1985), *Phương pháp số trong cơ học kết cấu*, Nguyễn Tiến Cường dịch, NXB Khoa học Kỹ thuật.

Tài liệu tiếng Anh

[13] A.J.M Ferreira (2009), *Matlab codes for Finite Element Analysis*, Springer.

[14] B.Reza, S.Farhad (2013), *Advanced Finite Element Method*, Public web site for the graduate core course ASEN 6367.

[15] C. Felippa (2016), *Introduce Finite Element Method*, Public web site for the graduate core course ASEN 5007.

[16] D.V. Hutton (2004), *Fundamentals of Finite Element Analysis*, The McGraw-Hill Companies.

[17] H.D. Ölmez, Cem Topkaya (2011), *A numerical study on special truss moment frames with Vierendeel openings*, Journal of Constructional Steel Research 67, p.667-677.

[18] J. C. McCormac (2007), *Structural Analysis Using Classical and Matrix Methods*, John Wiley & Sons, Inc.

[19] K.J. Bathe (1996), *Finite Element Procedure*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.

[20] R.L. Taylor (2000), *The Finite Element Method - Volume 1*, Butterworth-Heinemann Publishing.

[21] R.L. Taylor (2000), *The Finite Element Method - Volume 2*, Butterworth-Heinemann Publishing.

[22] R.L. Taylor (2000), *The Finite Element Method - Volume 3*, Butterworth-Heinemann Publishing.

[23] S. R. Singiresu (2009), *Engineering Optimization Theory and Practice*, John Wiley & Sons, Inc.

[24] S.Z.Shen, T.T.Lan (2001), *A Review of the development of Spatial Structures*, China International Journal of Space Structures (3), p.157-172.

[25] W. Ch. Peter, K. Anders (2009), *An Introduction to Structural Optimization*, Springer Science + Business Media B.V.

[26] W. Alan (2009), *Structural Analysis in theory and practice*, Oxford OX2 8DP, UK.

Tài liệu tiếng Trung

[27] 陈军明(2000), *单层网壳结构非线性静力,动力及稳定性研究*, 武汉工业大学博士学位论文.

Tài liệu hướng dẫn sử dụng phần mềm

[28] Computers and Structures, Inc (2016), *Introductory Tutorial for SAP2000 Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design*, Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA.

Phân tích các quan điểm khác nhau về chất lượng của tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng

Analysis of different perspectives on quality of supervision consultants in construction projects

> **NGUYỄN HOÀI NGHĨA**

Khoa KT&QLXD, Trường Đại học quốc tế - ĐHQG TP.HCM; Email: nhnghia@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong giai đoạn phát triển và hội nhập kinh tế quốc tế của đất nước hiện nay, các doanh nghiệp xây dựng cần phải năng động và sáng tạo trong việc tìm mọi biện pháp để nâng cao chất lượng xây dựng công trình, trong đó các công việc như kiểm tra, theo dõi, giám sát, đôn đốc chỉ đạo và đánh giá công trình đến từ đơn vị tư vấn giám sát thật sự là cần thiết. Tuy đóng vai trò quan trọng trong việc quản lý chất lượng, khối lượng, tiến độ, an toàn lao động và vệ sinh môi trường xây dựng, công tác đảm bảo chất lượng của tư vấn giám sát vẫn còn tồn tại nhiều vấn đề có thể ảnh hưởng đến lợi ích của chủ đầu tư về nhiều mặt. Nghiên cứu hướng đến việc phân tích các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng của tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng. Nghiên cứu được tiến hành với các đối tượng đến từ các đơn vị chủ đầu tư, tư vấn quản lý dự án, tư vấn thiết kế, tư vấn giám sát và nhà thầu thi công của các loại hình dự án khác nhau. Dữ liệu thu về 149 bảng khảo sát hợp lệ được sử dụng để tiến hành phân tích kiểm định T-test và phân tích thành tố chính (PCA). Kết quả cho thấy có sự khác biệt giữa chủ đầu tư, tư vấn giám sát, và nhà thầu thi công về chất lượng của công tác giám sát. Bên cạnh đó, các yếu tố cũng được chia thành ba nhân tố chính ảnh hưởng đến chất lượng của tư vấn giám sát bao gồm: 1) Tác phong đạo đức của tư vấn giám sát; 2) Tính chuyên nghiệp và thái độ làm việc của tư vấn giám sát; 3) Trình độ và kinh nghiệm của tư vấn giám sát. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các yếu tố tác động đến chất lượng của tư vấn giám sát công trình, giúp cho chủ đầu tư cùng các đơn vị tư vấn giám sát xây dựng có góc nhìn tổng quát, từ đó có thể áp dụng được các giải pháp phù hợp nhằm nâng cao khả năng cạnh tranh và hiệu quả của công tác tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng.

Từ khóa: Chất lượng công trình; dự án xây dựng; PCA; tư vấn giám sát; yếu tố ảnh hưởng.

ABSTRACT

In the stage of development and international economic integration of the country, construction enterprises need to be dynamic and creative in seeking all measures to boost the quality of construction work, in which some tasks such as inspection, monitoring, supervision, urging and evaluation from the supervision consultant are truly necessary. Despite playing a vital role in the management of quality, quantity, schedule, labor safety and construction environmental sanitation, the quality assurance of supervision consultants still remains many issues affecting the investor's interests in various ways. The study aimed to determine the factors affecting the quality of supervision consultants for construction projects. The research was conducted based on the point of views of investors, project management consultants, design consultants, project supervision consultants and contractors who had experiences in different types of projects. The collected data consists of 149 valid survey responses, which were used to conduct T-test testing and principle component analysis (PCA). The results indicate differences among investors, supervision consultants, and construction contractors regarding the quality of supervision work. Additionally, the factors were grouped into three main components affecting the quality of supervision consultancy, including: 1) Moral characters of supervision consultants; 2) Professionalism and work attitudes of supervision consultants; 3) Qualification and experience of supervision consultants. The research outcomes confirmed the factors that have an effect on the quality of construction supervision consultants, which help the investors and supervision consulting companies to gain a general perspective and possibly apply relevant solutions to enhance the competitiveness and efficiency of supervision consultancy in construction projects.

Key words: Project quality; construction projects; PCA; supervision consultants; influential factors.

1. GIỚI THIỆU

Trong sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, những thành tựu đạt được của ngành Xây dựng tại Việt Nam nói chung và TP.HCM nói riêng đã từng bước khẳng định được vị thế quan trọng, góp phần to lớn vào việc hoàn thành các nhiệm vụ kinh tế - xã hội của

đất nước, từng bước đổi mới, phát triển và hội nhập khu vực và quốc tế. Theo Tổng cục thống kê, tính chung năm 2021, giá trị sản xuất xây dựng theo giá hiện hành ước đạt hơn 1938,9 nghìn tỷ đồng, tăng 5,1% so với năm 2020 [1]. Ngành Xây dựng ở Việt Nam là một trong những ngành có cơ hội thuận lợi nhất ở Đông Nam Á khi mức độ đầu tư công,

tư nhân và đầu tư nước ngoài ngày càng tăng, tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát triển các cơ sở hạ tầng và các phân khúc thị trường khác.

Tuy nhiên, chất lượng nguồn nhân lực ngành Xây dựng vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu của thị trường. Dẫn đến việc các công ty xây dựng Việt Nam khó trúng thầu các dự án lớn, phức tạp cả trong và ngoài nước [2]. Các công ty tư vấn xây dựng cũng đối mặt với vấn đề nghiêm trọng này. Đặc biệt là khu vực TP.HCM nơi được xem là trung tâm kinh tế của cả nước. Việc xem xét và phân tích một cách toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng công tác tư vấn giám sát trong xây dựng là cần thiết và mang ý nghĩa thực tiễn nhằm đáp ứng được nhu cầu của các công ty tư vấn và các chủ đầu tư trong việc lựa chọn dịch vụ tư vấn giám sát có chất lượng.

Nhiều nghiên cứu đã được tiến hành trên một số quốc gia liên quan đến việc quản lý chất lượng của các công trình xây dựng. Oakland và Aldridge (1995) đã xây dựng mô hình đánh giá việc quản lý chất lượng của công tác tư vấn thiết kế kết cấu và dân dụng [3]. Mô hình là xem xét mối quan hệ giữa chủ đầu tư và nhà thầu. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng công trình xây dựng ở Ai Cập cũng được nhận dạng và đánh giá tầm quan trọng tương đối (Razek, 1998) [4]. Kỹ thuật Delphi được sử dụng với sự tham gia của các chuyên gia bao gồm chủ đầu tư, tư vấn, nhà thầu và các giáo sư đại học. Kết quả cho thấy có 16 yếu tố ảnh hưởng và vai trò của từng yếu tố cũng đã được xác định. Các đề xuất nâng cao hiệu quả công việc tư vấn liên quan đến những yếu tố này có thể giúp nâng cao chất lượng xây dựng. Ngoài ra, một nghiên cứu về việc áp dụng tiêu chuẩn ISO 9001 trong các công ty tư vấn kỹ thuật tại Hồng Kông cũng được Tang và Kam (1999) thực hiện [5]. Các bảng câu hỏi đã được thu thập từ các chuyên gia quản lý chất lượng (QAMs) ở các công ty tư vấn kỹ thuật. Kết quả cho thấy chất lượng công việc thiết kế và quản lý doanh nghiệp được cải thiện khi áp dụng hệ thống quản lý chất lượng (QMS) theo tiêu chuẩn ISO 9001 nhưng kết quả đạt được nằm dưới mức mong đợi ban đầu. Tuy nhiên, công tác tư vấn có thể có hiệu quả và có thể dẫn đến sự thay đổi cách thức tổ chức của dự án [6]. Dựa trên việc xem xét tài liệu về tư vấn quản lý và thay đổi tổ chức trong 30 năm kết hợp với phương pháp phỏng vấn các chuyên gia tư vấn và bảng câu hỏi, Shaw (2019) đã nhận xét rằng các mệnh lệnh mà các chuyên gia tư vấn gặp phải khó khăn trong việc điều hành và đảm bảo sự thành công cho các doanh nghiệp gây ảnh hưởng, dẫn đến việc cần phải thay đổi tổ chức của dự án.

Bên cạnh các nghiên cứu ở nước ngoài, nhiều nghiên cứu trong nước liên quan đến việc quản lý chất lượng giám sát, thi công của các công trình xây dựng cũng được thực hiện. Nghiên cứu của Nguyễn (2016) về vấn đề hoàn thiện công tác giám sát thi công xây dựng trong công trình của Công ty CP Tư vấn đầu tư xây dựng Tây Hồ [7]. Thực tế cho thấy hoạt động tư vấn giám sát của nhiều công trình vẫn chưa thực hiện hiệu quả, hàng loạt các vụ tai nạn đặc biệt nghiêm trọng đã xảy ra mà nguyên nhân chính không chỉ do nhà thầu mà cả các đơn vị tư vấn giám sát không hoàn thành trách nhiệm như vụ sập giàn giáo tại khu công nghiệp Formosa Hà Tĩnh, các vụ tai nạn do thép thi công bị rơi trong quá trình thi công dự án đường sắt thí điểm đoạn Nhổn - ga Hà Nội, đường sắt trên cao Cát Linh - Hà Đông... Dựa vào các chủ trương của Nhà nước, các chính sách, các văn bản pháp luật liên quan đến hoạt động giám sát thi công xây dựng công trình cùng phương pháp thống kê, so sánh, phân tích tổng hợp các vấn đề, nghiên cứu đã đưa ra một số giải pháp hoàn thiện công tác tư vấn giám sát góp phần giúp cho Công ty CP Tư vấn đầu tư xây dựng Tây Hồ nói riêng và các công ty tư vấn xây dựng trên cả nước nói chung có thể bàn giao cho chủ đầu tư nhiều công trình đảm bảo chất lượng, tiến độ và an toàn. Bên cạnh đó, một số vấn đề về phân cấp làm chủ đầu tư cho các công trình, dự án thuộc chương trình 135 trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa cũng được thực hiện bởi Nguyễn (2017) [8]. Các quyết định của nhà nước cho các dự án trong chương trình 135 cho thấy trách nhiệm, năng lực đội ngũ cán bộ và cộng đồng được nâng cao, tạo ra sự đồng thuận

trong nhân dân, phát huy được nội lực của cộng đồng hướng đến giảm nghèo bền vững. Công tác giám sát trong xây dựng cơ sở hạ tầng cũng được thực hiện chặt chẽ hơn, đảm bảo công trình thi công đạt tiến độ, chất lượng ngày càng tốt, hạn chế được lãng phí, thất thoát. Một phân tích khác của Phạm (2016) về khía cạnh hoàn thiện công tác giám sát chất lượng thi công nhà ở tái định cư tại khu tái định cư Xuân La, quận Tây Hồ, TP Hà Nội cũng được tiến hành do vấn đề bức xúc về chất lượng nhà, cung cách quản lý kèm theo những phản ánh, kiến nghị của người dân cũng như các tổ chức xã hội [9]. Bằng các phương pháp nghiên cứu như điều tra, khảo sát thực địa, thu thập tài liệu, phân tích nguyên nhân, so sánh, tổng hợp, chọn lọc các tài liệu và kế thừa kết quả của các đề tài nghiên cứu khoa học và các dự án khác có liên quan, nghiên cứu đã đề xuất một số giải pháp trong công tác giám sát thi công nhằm hạn chế các nguyên nhân gây xuống cấp các công trình thuộc khu tái định cư Xuân La, hướng tới việc hình thành một khu tái định cư kiểu mẫu, có chất lượng kỹ thuật cao, hạ tầng đồng bộ và tiêu biểu cho việc xây dựng các khu tái định cư tiếp theo. Mối quan hệ giữa mức độ cam kết của chủ đầu tư, nhà thầu và tư vấn giám sát tới tiến độ dự án xây dựng tại Việt Nam cũng đã được ghi nhận bởi Nguyễn (2018) [10]. Từ các phép phân tích định lượng, nghiên cứu kết luận rằng yếu tố cam kết của nhà thầu trong thực thi dự án là một trong những yếu tố trọng yếu cần được xem xét một cách thỏa đáng trong quá trình quản lý thực hiện dự án, nếu xem xét sớm ở những giai đoạn đầu tiên, cụ thể như ở giai đoạn lựa chọn nhà thầu sẽ góp phần quan trọng trong việc lựa chọn được những nhà thầu có chất lượng, đảm bảo sự thành công cho các dự án.

Những nghiên cứu trên cho thấy việc phân tích các yếu tố gây ảnh hưởng đến chất lượng của tư vấn giám sát trong các dự án xây dựng tại Việt Nam cần phải được tiến hành thêm để đánh giá một cách toàn diện bao gồm cả quan điểm khác nhau về chất lượng của công tác tư vấn giám sát. Bằng việc hệ thống hoá, làm rõ những cơ sở lý luận chung về công tác tư vấn giám sát, nghiên cứu giúp nhận dạng và phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát các công trình xây dựng trên địa bàn TP.HCM, đồng thời đề xuất một số giải pháp cải thiện. Điều này cũng được xem là cơ sở giúp cho các đơn vị tư vấn giám sát, chủ đầu tư, nhà thầu, ban quản lý dự án nắm được tình hình thực tế và có kế hoạch hợp lý nhằm nâng cao năng lực đội ngũ tư vấn giám sát của đơn vị, đáp ứng vấn đề đảm bảo chất lượng công trình theo yêu cầu của chủ đầu tư, tăng mức độ hài lòng cũng như tạo lợi thế cho doanh nghiệp nâng cao khả năng cạnh tranh khi tham gia vào các dự án trong nước cũng như quốc tế.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dựa trên việc tổng hợp từ các nghiên cứu trước đây, các bài báo khoa học trong và ngoài nước, cùng với ý kiến tham vấn từ những chuyên gia có kinh nghiệm trong lĩnh vực tư vấn xây dựng, bảng câu hỏi trắc nghiệm được xây dựng gồm 16 yếu tố (Bảng 1) tác động đến chất lượng của công tác tư vấn giám sát. Kết quả kiểm định hệ số Cronbach's Alpha cho toàn bộ các mục hỏi (bao gồm tất cả yếu tố) đạt 0.942, lớn hơn 0.8, đồng thời hệ số Cronbach's Alpha của từng yếu tố riêng lẻ cũng đều vượt ngưỡng 0.8. Do đó, thang đo được xác nhận là phù hợp để sử dụng trong nghiên cứu [11].

Bảng 1. Tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng công tác tư vấn giám sát

STT	Các yếu tố ảnh hưởng	Ký hiệu
1	Tư vấn giám sát nắm rõ vai trò và trách nhiệm của mình	CL_1
2	Tư vấn giám sát thực hiện đầy đủ các yêu cầu về vai trò và trách nhiệm của mình	CL_2
3	Tư vấn giám sát có tác phong làm việc chuyên nghiệp	CL_3
4	Tư vấn giám sát có tinh thần trách nhiệm trong công việc	CL_4
5	Tư vấn giám sát có động lực làm việc cao	CL_5

STT	Các yếu tố ảnh hưởng	Ký hiệu
6	Tư vấn giám sát ham học hỏi, cập nhật, nâng cao kiến thức chuyên môn	CL_6
7	Tư vấn giám sát nắm rõ được các tiêu chuẩn xây dựng và các quy định hiện hành	CL_7
8	Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu	CL_8
9	Tư vấn giám sát không nhận bồi dưỡng của nhà thầu	CL_9
10	Tư vấn giám sát có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề	CL_10
11	Tư vấn giám sát làm việc công tâm, để cao đạo đức nghề nghiệp	CL_11
12	Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự	CL_12
13	Tư vấn giám sát có khả năng kiểm soát chi phí, tiến độ và chất lượng công trình	CL_13
14	Tư vấn giám sát làm việc ở công ty có môi trường làm việc hợp tác và đãi ngộ cao	CL_14
15	Tư vấn giám sát làm việc ở công ty có quy trình đào tạo tư vấn giám sát chuyên nghiệp	CL_15
16	Tư vấn giám sát có chứng chỉ hành nghề phù hợp với loại công trình	CL_16

Quá trình khảo sát được triển khai theo hai hình thức: trực tiếp (thông qua phỏng vấn hoặc gửi bản cứng) và gián tiếp (gửi biểu mẫu trực tuyến) đến các cá nhân làm việc tại các đơn vị chủ đầu tư, tư vấn thiết kế, tư vấn quản lý dự án, tư vấn giám sát và nhà thầu với số năm kinh nghiệm dưới 3 năm đến trên 5 năm. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu bao gồm 149 bảng khảo sát hợp lệ, được thu thập tại TP.HCM.

Kiểm định sự khác biệt trung bình bằng phép phân tích mẫu độc lập T-test (Independent Sample T-test), được thực hiện trước tiên nhằm so sánh sự khác biệt trong việc đánh giá xếp hạng các nhân tố ảnh hưởng giữa chủ đầu tư với nhà thầu thi công và tư vấn giám sát. Tiếp sau đó, phương pháp phân tích thành tố chính PCA được tiến hành nhằm xác định các nhóm nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát công trình xây dựng. Phần mềm SPSS 22.0 và Microsoft Excel là 2 công cụ được dùng để phân tích và xử lý dữ liệu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dựa vào dữ liệu thu thập từ khảo sát được xử lý phân tích thống kê và áp dụng phép phân tích mẫu độc lập T-test, kết quả cho thấy 16 yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng công tác tư vấn giám sát đều có giá trị trung bình (Mean) lớn hơn 3, chứng tỏ các yếu tố này đều có mức độ ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu. Thống kê cụ thể về các yếu tố ảnh hưởng và bảng xếp hạng các yếu tố theo sự so sánh, đánh giá của nhà thầu với chủ đầu tư và tư vấn giám sát được thể hiện cụ thể trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Bảng xếp hạng và so sánh sự khác biệt giữa chủ đầu tư và nhà thầu thi công trong việc đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát

Hạng mục	N	Mean	Xếp hạng theo chủ đầu tư	Xếp hạng theo nhà thầu thi công	
CL_1	Chủ đầu tư	17	3,53	7	2
	Nhà thầu thi công	20	4,30		
CL_2	Chủ đầu tư	17	3,35	10	3
	Nhà thầu thi công	20	4,25		
CL_3	Chủ đầu tư	17	3,53	7	5
	Nhà thầu thi công	20	3,95		
CL_4	Chủ đầu tư	17	3,76	4	4
	Nhà thầu thi công	20	4,10		
CL_5	Chủ đầu tư	17	3,65	5	7
	Nhà thầu thi công	20	3,80		
CL_6	Chủ đầu tư	17	3,82	3	4
	Nhà thầu thi công	20	4,10		

Hạng mục	N	Mean	Xếp hạng theo chủ đầu tư	Xếp hạng theo nhà thầu thi công	
CL_7	Chủ đầu tư	17	3,59	6	11
	Nhà thầu thi công	20	2,85		
CL_8	Chủ đầu tư	17	4,06	1	8
	Nhà thầu thi công	20	3,75		
CL_9	Chủ đầu tư	17	3,47	8	5
	Nhà thầu thi công	20	3,95		
CL_10	Chủ đầu tư	17	3,35	10	1
	Nhà thầu thi công	20	4,40		
CL_11	Chủ đầu tư	17	3,41	9	4
	Nhà thầu thi công	20	4,10		
CL_12	Chủ đầu tư	17	3,94	2	9
	Nhà thầu thi công	20	3,65		
CL_13	Chủ đầu tư	17	3,53	7	10
	Nhà thầu thi công	20	3,25		
CL_14	Chủ đầu tư	17	3,29	11	6
	Nhà thầu thi công	20	3,90		
CL_15	Chủ đầu tư	17	3,65	5	6
	Nhà thầu thi công	20	3,90		
CL_16	Chủ đầu tư	17	3,35	10	6
	Nhà thầu thi công	20	3,90		

Dựa vào bảng so sánh, đánh giá giữa chủ đầu tư và nhà thầu thi công (Bảng 2), ta thấy được sự đánh giá của hai bên về các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng công tác tư vấn giám sát nhìn chung có sự khác biệt. Nếu đứng ở góc độ chủ đầu tư thì nhân tố CL_8 (Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu) đứng thứ I (mean = 4.06), đứng hạng II (mean = 3.94) là nhân tố CL_12 (Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự) và hạng III (mean = 3.82) thuộc về nhân tố CL_6 (Tư vấn giám sát ham học hỏi, cập nhật, nâng cao kiến thức chuyên môn). Ngoài ra, nếu xét về góc độ của nhà thầu thi công, nhân tố CL_10 (Tư vấn giám sát có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề) xếp hạng I (mean = 4.40). Xếp hạng II (mean = 4.30) là nhân tố CL_1 (Tư vấn giám sát nắm rõ vai trò và trách nhiệm của mình) trong khi nhân tố CL_2 (Tư vấn giám sát thực hiện đầy đủ các yêu cầu về vai trò và trách nhiệm của mình) giữ hạng III (mean = 4.25).

Bảng 3. Bảng xếp hạng và so sánh sự khác biệt giữa chủ đầu tư và tư vấn giám sát trong việc đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát

Hạng mục	N	Mean	Xếp hạng theo chủ đầu tư	Xếp hạng theo tư vấn giám sát	
CL_1	Chủ đầu tư	17	3,53	7	3
	Tư vấn giám sát	96	4,25		
CL_2	Chủ đầu tư	17	3,35	10	10
	Tư vấn giám sát	96	4,04		
CL_3	Chủ đầu tư	17	3,53	7	8
	Tư vấn giám sát	96	4,15		
CL_4	Chủ đầu tư	17	3,76	4	4
	Tư vấn giám sát	96	4,24		
CL_5	Chủ đầu tư	17	3,65	5	7
	Tư vấn giám sát	96	4,16		
CL_6	Chủ đầu tư	17	3,82	3	5
	Tư vấn giám sát	96	4,21		
CL_7	Chủ đầu tư	17	3,59	6	4
	Tư vấn giám sát	96	4,24		

Hạng mục		N	Mean	Xếp hạng theo chủ đầu tư	Xếp hạng theo tư vấn giám sát
CL_8	Chủ đầu tư	17	4,06	1	11
	Tư vấn giám sát	96	3,99		
CL_9	Chủ đầu tư	17	3,47	8	5
	Tư vấn giám sát	96	4,21		
CL_10	Chủ đầu tư	17	3,35	10	6
	Tư vấn giám sát	96	4,20		
CL_11	Chủ đầu tư	17	3,41	9	2
	Tư vấn giám sát	96	4,27		
CL_12	Chủ đầu tư	17	3,94	2	7
	Tư vấn giám sát	96	4,16		
CL_13	Chủ đầu tư	17	3,53	7	1
	Tư vấn giám sát	96	4,32		
CL_14	Chủ đầu tư	17	3,29	11	9
	Tư vấn giám sát	96	4,06		
CL_15	Chủ đầu tư	17	3,65	5	6
	Tư vấn giám sát	96	4,20		
CL_16	Chủ đầu tư	17	3,35	10	5
	Tư vấn giám sát	96	4,21		

Bảng 4. Tổng phương sai giải thích của các thành tố

Nhân tố	Giá trị riêng ban đầu			Tổng bình phương hệ số tải khi xoay		
	Tổng	% phương sai	% tích lũy	Tổng	% phương sai	% tích lũy
1	8,247	54,980	54,980	5,052	33,683	33,683
2	1,843	12,288	67,267	3,122	20,810	54,493
3	1,005	6,699	73,966	2,921	19,473	73,966
4	0,786	5,237	79,204			
5	0,576	3,841	83,045			
6	0,470	3,136	86,181			
7	0,415	2,766	88,947			
8	0,331	2,204	91,151			
9	0,301	2,006	93,157			
10	0,277	1,844	95,001			
11	0,207	1,377	96,378			
12	0,185	1,235	97,613			
13	0,156	1,037	98,650			
14	0,114	0,758	99,408			
15	0,089	0,592	100,000			

Từ bảng so sánh, đánh giá giữa hai nhóm đối tượng là chủ đầu tư và tư vấn giám sát (Bảng 3) có thể thấy sự đánh giá của cả hai bên đối với các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát nhìn chung có sự khác biệt. Đối với phía chủ đầu tư, nhân tố CL_8 (Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu) và nhân tố CL_12 (Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự) lần lượt đứng ở vị trí thứ I và thứ II. Trong khi đó, đối với các nhà tư vấn giám sát, thì cho rằng nhân tố CL_13 (Tư vấn giám sát có khả năng kiểm soát chi phí, tiến độ và chất lượng công trình) xếp thứ I (mean = 4.32), theo sau (mean = 4.27) là nhân tố CL_11 (Tư vấn giám sát làm việc công tâm, đề cao đạo đức nghề nghiệp).

Bên cạnh đó, 16 nhân tố ảnh hưởng ở trên cũng được tiến hành với phép phân tích thành tố chính (PCA) nhằm xác định các nhóm nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng của công tác tư vấn giám sát. Kiểm định KMO (Kaiser - Mayer - Olkin) và Bartlett's Test of Sphericity được thực hiện trước tiên để kiểm tra sự phù hợp của dữ liệu [12]. Kết quả phân tích cho thấy chỉ số KMO là 0.893 > 0.5, điều này chứng tỏ dữ liệu dùng để phân tích nhân tố là hợp lý. Kết quả kiểm định Bartlett's là 1850.045 với mức ý nghĩa Sig. =

0.000 < 0.05, cho thấy các biến tương quan với nhau và thoả điều kiện phân tích nhân tố. Phân tích PCA được thực hiện với 16 biến quan sát với phép xoay Varimax. Sau 2 lần phân tích đã loại bỏ được một nhân tố vì hệ số tải nhân tố không đảm bảo được mức ý nghĩa thực tiễn của phép phân tích (< 0.5). Kết quả phân tích được thể hiện qua các Bảng 4 và 5.

Bảng 5. Ma trận xoay của các nhân tố ảnh hưởng

	Nhân tố		
	1	2	3
CL_10. Tư vấn giám sát có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề	0,840		
CL_2. Tư vấn giám sát thực hiện đầy đủ các yêu cầu về vai trò và trách nhiệm của mình	0,840		
CL_1. Tư vấn giám sát nắm rõ vai trò và trách nhiệm của mình	0,828		
CL_11. Tư vấn giám sát làm việc công tâm, đề cao đạo đức nghề nghiệp	0,812		
CL_3. Tư vấn giám sát có tác phong làm việc chuyên nghiệp	0,772		
CL_9. Tư vấn giám sát không nhận bồi dưỡng của nhà thầu	0,734		
CL_14. Tư vấn giám sát làm việc ở công ty có môi trường làm việc hợp tác và đãi ngộ cao	0,685		
CL_5. Tư vấn giám sát có động lực làm việc cao		0,831	
CL_6. Tư vấn giám sát ham học hỏi, cập nhật, nâng cao kiến thức chuyên môn		0,803	
CL_16. Tư vấn giám sát có chứng chỉ hành nghề phù hợp với loại công trình		0,755	
CL_4. Tư vấn giám sát có tinh thần trách nhiệm trong công việc		0,652	
CL_7. Tư vấn giám sát nắm rõ được các tiêu chuẩn xây dựng và các quy định hiện hành			0,871
CL_12. Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự			0,763
CL_13. Tư vấn giám sát có khả năng kiểm soát chi phí, tiến độ và chất lượng công trình			0,761
CL_8. Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu			0,732

Tất cả 15 biến đều có hệ số tải nhân tố (Factor Loading) lớn hơn 0.5 và được phân vào 3 nhóm:

Bảng 6. Nhóm các nhân tố theo kết quả phân tích PCA

STT	Nhân tố	Nhóm nhân tố
1	CL_10. Tư vấn giám sát có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề	Tác phong đạo đức của tư vấn giám sát
2	CL_2. Tư vấn giám sát thực hiện đầy đủ các yêu cầu về vai trò và trách nhiệm của mình	
3	CL_1. Tư vấn giám sát nắm rõ vai trò và trách nhiệm của mình	
4	CL_11. Tư vấn giám sát làm việc công tâm, đề cao đạo đức nghề nghiệp	
5	CL_3. Tư vấn giám sát có tác phong làm việc chuyên nghiệp	
6	CL_9. Tư vấn giám sát không nhận bồi dưỡng của nhà thầu	
7	CL_14. Tư vấn giám sát làm việc ở công ty có môi trường làm việc hợp tác và đãi ngộ cao	Tinh chuyên nghiệp và thái độ làm việc của tư vấn giám sát
8	CL_5. Tư vấn giám sát có động lực làm việc cao	
9	CL_6. Tư vấn giám sát ham học hỏi, cập nhật, nâng cao kiến thức chuyên môn	
10	CL_16. Tư vấn giám sát có chứng chỉ hành nghề phù hợp với loại công trình	

STT	Nhân tố	Nhóm nhân tố
11	CL_4. Tư vấn giám sát có tinh thần trách nhiệm trong công việc	Trình độ và kinh nghiệm của tư vấn giám sát
12	CL_7. Tư vấn giám sát nắm rõ được các tiêu chuẩn xây dựng và các quy định hiện hành	
13	CL_12. Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự	
14	CL_13. Tư vấn giám sát có khả năng kiểm soát chi phí, tiến độ và chất lượng công trình	
15	CL_8. Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu	

Nhóm nhân tố “Tác phong đạo đức của tư vấn giám sát” - Tư vấn giám sát nắm rõ vai trò và trách nhiệm của mình (CL_1); Tư vấn giám sát thực hiện đầy đủ các yêu cầu về vai trò và trách nhiệm của mình (CL_2); Tư vấn giám sát có tác phong làm việc chuyên nghiệp (CL_3); Tư vấn giám sát không nhận bồi dưỡng của nhà thầu (CL_9); Tư vấn giám sát có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề (CL_10); Tư vấn giám sát làm việc công tâm, để cao đạo đức nghề nghiệp (CL_11); Tư vấn giám sát làm việc ở công ty có môi trường làm việc hợp tác và đãi ngộ cao (CL_14). Không chỉ riêng ngành Xây dựng mà trong tất cả các ngành nghề thì tác phong đạo đức rất quan trọng. Đặc biệt là với nghề tư vấn giám sát, họ là những đơn vị thay mặt cho chủ đầu tư làm việc trực tiếp với nhà thầu thi công tại công trình. Mọi quyết định của đơn vị tư vấn giám sát sẽ ảnh hưởng đến công trình của chủ đầu tư. Do đó, để giúp cho công trình của chủ đầu tư đạt được chất lượng tốt nhất thì cần những đơn vị tư vấn giám sát có những cử chỉ, hành động minh bạch và công minh, liêm chính để có được kết quả trên.

Nhóm nhân tố “Tính chuyên nghiệp và thái độ làm việc của tư vấn giám sát” - Tư vấn giám sát có tinh thần trách nhiệm trong công việc (CL_4); Tư vấn giám sát có động lực làm việc cao (CL_5); Tư vấn giám sát ham học hỏi, cập nhật, nâng cao kiến thức chuyên môn (CL_6); Tư vấn giám sát có chứng chỉ hành nghề phù hợp với loại công trình (CL_16). Đơn vị tư vấn giám sát phải luôn luôn theo dõi sát sao từng giai đoạn của công trình do nhà thầu thực hiện. Đồng thời đơn vị tư vấn giám sát phải cập nhật các kiến thức chuyên môn mới nhất để đưa vào áp dụng cho công trình bắt kịp với thị trường ngành Xây dựng trong nước và quốc tế.

Nhóm nhân tố “Trình độ và kinh nghiệm của tư vấn giám sát” - Tư vấn giám sát nắm rõ được các tiêu chuẩn xây dựng và các quy định hiện hành (CL_7); Tư vấn giám sát luôn luôn đặt vấn đề an toàn lao động lên hàng đầu (CL_8); Tư vấn giám sát có kinh nghiệm thực tế ở các công trình tương tự (CL_12); Tư vấn giám sát có khả năng kiểm soát chi phí, tiến độ và chất lượng công trình (CL_13). Đơn vị tư vấn giám sát cần đưa ra các tình huống cũng như các kịch bản có thể xảy ra kết hợp với các biện pháp ngăn chặn phù hợp với từng công trình khác nhau. Bên cạnh đó các vấn đề an toàn lao động, vệ sinh môi trường luôn luôn đặt lên hàng đầu. Đồng thời kết hợp kiểm soát chặt chẽ với bên nhà thầu về mặt chi phí, tiến độ và chất lượng theo đúng với cam kết trong hợp đồng bảng tiến độ đã đề ra.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng tư vấn giám sát các dự án xây dựng trên địa bàn TP.HCM dưới những góc nhìn khác nhau của các bên liên quan. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự khác biệt về quan điểm của chủ đầu tư, nhà thầu thi công, và tư vấn giám sát về chất lượng giám sát của tư vấn. Bên cạnh đó, việc phân tích dữ liệu qua phép phân tích PCA cũng đã xác định được 3 nhóm nhân tố chính ảnh hưởng đến chất lượng công tác tư vấn giám sát bao gồm: (1) Tác phong đạo đức của tư vấn giám sát; (2) Tính chuyên nghiệp và thái độ làm việc của tư vấn giám

sát và (3) Trình độ và kinh nghiệm của tư vấn giám sát. Trên cơ sở các kết quả trong nghiên cứu này, để góp phần cải thiện chất lượng tư vấn giám sát và hạn chế tác động của các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh trong các dự án xây dựng, một số kiến nghị được đề xuất như sau:

Thứ nhất, tư vấn giám sát cần nắm rõ toàn bộ quy trình quản lý - kiểm tra - giám sát công tác thi công của các hạng mục trên công trình nhằm đảm bảo đơn vị thi công xây dựng thực hiện đúng theo bản vẽ thiết kế được phê duyệt, đồng thời theo dõi và giám sát chặt chẽ về mặt tiến độ, phương pháp thi công, trang thiết bị kỹ thuật, tay nghề nhân công của đơn vị thi công.

Thứ hai, đơn vị tư vấn giám sát cần đảm bảo rằng nhà thầu đã tuân thủ chặt chẽ các quy định về an toàn lao động và vệ sinh môi trường hay chưa, tuyệt đối không nhận tiền thù lao của nhà thầu thi công để bỏ qua các sai sót, đóng vai trò tham mưu cho chủ đầu tư và phối hợp cùng đơn vị thiết kế thẩm tra thiết kế bản vẽ thi công và đề xuất chỉnh sửa những hạn chế khiếm khuyết.

Thứ ba, tư vấn giám sát cần phải luôn có mặt theo dõi và kiểm tra nhà thầu thi công ở các giai đoạn quan trọng của dự án như: đổ bê tông, bố trí thép, vệ sinh... Ngoài ra, các cuộc họp cần được tổ chức thường xuyên ít nhất một tuần một lần với ban chỉ huy công trình để giải quyết một số vấn đề còn tồn đọng để sớm thực hiện, chịu trách nhiệm với mọi quyết định cũng như các văn bản hay biên bản do mình kí và phê duyệt.

Thứ tư, tư vấn giám sát cần phải không ngừng trau dồi, nâng cao kiến thức chuyên môn thông qua việc cập nhật các quy chuẩn, tiêu chuẩn, luật, thông tư, nghị định để đưa ra các phương án giải quyết làm sao có lợi nhất có thể cho chủ đầu tư. Thứ năm, tư vấn giám sát cần có khả năng hợp tác với các bên liên quan để giải quyết vấn đề, kịp thời ứng biến với các tình huống bất ngờ trên công trình, truyền đạt lại cho chủ đầu tư đúng tình hình sự việc của các công việc mà nhà thầu đã làm để tránh sự hiểu lầm đáng tiếc có thể xảy ra. Nhìn chung, các đề xuất này cần được thực hiện đồng bộ và thống nhất trong một vùng nói riêng và cả nước nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tình hình Xây dựng Quý IV và năm 2021. Trang thông tin điện tử Tổng cục Thống kê, tại: <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2022/01/tinh-hinh-xay-dung-quy-iv-va-nam-2021/>
- [2]. Luận bàn về tư vấn giám sát xây dựng, tại: <http://ticc.com.vn/tu-van-giam-sat/tu-van-giam-sat-xay-dung-la-gi-170.html>
- [3]. Oakland, J. S., & Aldridge, A. J. (1995). Quality management in civil and structural engineering consulting. International Journal of Quality & Reliability Management. <https://doi.org/10.1108/02656719510084763>
- [4]. Abdel-Razek, R. H. (1998). Factors affecting construction quality in Egypt: identification and relative importance. Engineering, Construction and Architectural Management. <https://doi.org/10.1108/eb021076>
- [5]. Tang, S. L., & Kam, C. W. (1999). A survey of ISO 9001 implementation in engineering consultancies in Hong Kong. International Journal of Quality & Reliability Management. <https://doi.org/10.1108/02656719910249810>
- [6]. Shaw, D. (2019). Partners and plagiarisers: Dualities in consultants’ influence on organisational change projects. Journal of Organizational Change Management. <https://doi.org/10.1108/JOCM-01-2018-0011>
- [7]. Nguyễn (2016). Nghiên cứu về hoàn thiện công tác giám sát thi công xây dựng trong công trình của công ty cổ phần đầu tư xây dựng Tây Hồ.
- [8]. Nguyễn, V. D. (2017). Một số vấn đề về phân cấp xã làm chủ đầu tư các công trình, dự án thuộc chương trình 135 trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa. Journal of Ethnic minorities research, 3(17).
- [9]. Phạm (2016). Nghiên cứu về hoàn thiện công tác giám sát chất lượng thi công nhà ở tái định cư tại khu tái định cư Xuân La quận Tây Hồ, TP Hà Nội.
- [10]. Nguyễn, L. H. (2018). Nghiên cứu mối quan hệ giữa mức độ cam kết của chủ đầu tư, nhà thầu và tư vấn giám sát tới tiến độ dự án xây dựng tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng (KHONXD)-ĐHXDHN, 12(4), 125-134.
- [11]. Hoàng, T. và Chu, M. N. (2008). Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS Tập 1, 2, NXB Hồng Đức.

Nghiên cứu thực nghiệm mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ tái chế từ phế thải xây dựng

Experimental study on the material model of the stress - strain relationship of lightweight concrete using lightweight aggregates from construction and demolition wastes

> TS LÊ NGỌC LAN

Bộ môn XDDD&CN, Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải

TÓM TẮT

Công nghệ mới hiện nay cho phép chế tạo các hạt cốt liệu nhẹ từ phế thải phá dỡ công trình góp phần giảm sử dụng các nguyên liệu tự nhiên đang ngày càng cạn kiệt. Trong bài báo, tác giả giới thiệu về nghiên cứu thực nghiệm quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng. Từ kết quả nghiên cứu, đề xuất mô hình tính toán biểu đồ quan hệ giữa ứng suất - biến dạng áp dụng trong tính toán mô hình dầm bê tông. Mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ tái chế vùng nén đề xuất có dạng đường thẳng với biến dạng cực hạn $\epsilon_{cu2} \approx 0.0031$. Thông qua kết quả thực nghiệm và mô phỏng số dầm bê tông nhẹ đơn giản chịu uốn thuần túy cho thấy mối quan hệ tải trọng - độ võng có sự thống nhất về ứng xử chịu uốn của dầm bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ tái chế cốt thép khi đều trải qua các giai đoạn như đàn hồi chưa nứt, sau khi nứt và giai đoạn tiến đến trạng thái phá hoại. Đường cong quan hệ tải trọng - độ võng trong các mẫu dầm theo thực nghiệm và theo mô phỏng số tương đối gần nhau và đồng dạng. Độ võng của dầm được phân tích trong mô phỏng số so với thực nghiệm có độ chênh lệch trung bình là 4%. Điều này chứng tỏ rằng mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng đã đề xuất cho vật liệu bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ tái chế là phù hợp.

Từ khoá: Bê tông nhẹ; hạt cốt liệu nhẹ tái chế; dầm bê tông cốt thép chịu uốn; ứng suất - biến dạng; tải trọng - độ võng.

ABSTRACT

Advanced technologies have been developed to produce lightweight aggregates from construction and demolition waste, helping to reduce the use of limited natural resources. In this paper, the author presents an experimental study on the material model of the stress-strain relationship of lightweight concrete beams using recycled lightweight aggregates. Based on the study, a material model is proposed for the stress-strain relationship diagram applied in the analysis of concrete beams. The stress-strain relationship of recycled lightweight concrete is proposed as a linear stress-strain relation with an ultimate strain value of $\epsilon_{cu2} \approx 0.0031$. The experimental and simulation software results on the flexural behavior of beams using recycled lightweight aggregates under short-term loading show that the load-deflection relationship develops through four stages: uncracked elastic, post-cracking, and approaching the failure state. The load-deflection curves obtained from experimental tests and simulation software are relatively close and similar. The deflection analyzed in simulation software compared to experimental results shows a deviation of 4%. This demonstrates that the proposed stress-strain relationship model for recycled lightweight aggregate concrete is appropriate.

Keywords: Lightweight concrete; recycled lightweight aggregate; reinforced concrete beams under flexure; stress-strain; load-deflection.

1. GIỚI THIỆU

Với tốc độ công nghiệp hoá nước ta diễn ra nhanh chóng, trung bình hàng năm, mỗi đô thị có thêm hàng ngàn nhà ở của các hộ dân và hàng trăm công trình công cộng được xây dựng, tương ứng với đó, mỗi năm có hàng vạn m^3 rác thải xây dựng được thải ra không được xử lý gây ô nhiễm môi trường.

Bên cạnh đó, bê tông nhẹ là một loại vật liệu xây dựng đang rất phát triển hiện nay và được sử dụng phổ biến trong xây dựng cơ bản ở nhiều nước tiên tiến trên thế giới và trong khu vực. Chúng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau: các kết cấu chính trong công trình dân dụng như khung, sàn, tường,... cũng như các cấu kiện đúc sẵn phục vụ kiến trúc công trình xây dựng. Tuy nhiên, ở Việt Nam đã chế tạo được bê tông nhẹ nhưng cường độ còn thấp

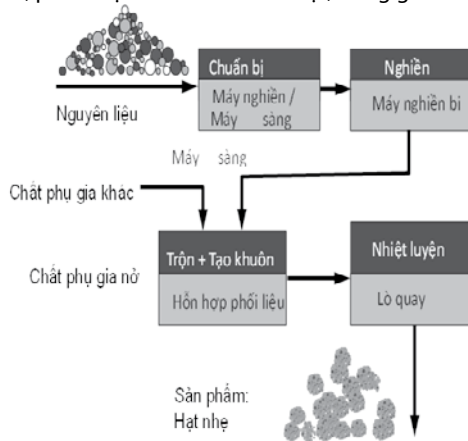
và chủ yếu ứng dụng là các cấu kiện phục vụ kiến trúc, cách âm, cách nhiệt,...

Bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ sản xuất từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng là một trong các loại vật liệu mới có khả năng đạt cường độ cao và có thể áp dụng cho các cấu kiện chịu lực chính của công trình. Chính vì thế, trong bài báo này tác giả đã nghiên cứu thực nghiệm mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ tái chế từ phế thải xây dựng.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.1. Hạt cốt liệu nhẹ chế tạo từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng

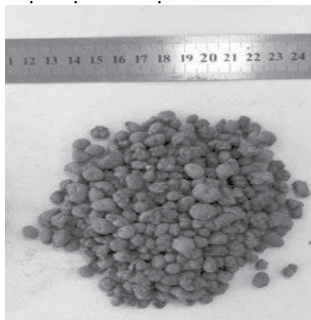
Cốt liệu nhẹ sử dụng trong nghiên cứu là sỏi nhân tạo chế tạo từ phế thải phá dỡ công trình (viết tắt là CLNTC). Hạt CLNTC sử dụng nguyên liệu từ phế thải xây dựng (viết tắt là PTXD) thường sử dụng các vật liệu PTXD như vữa xây - trát tường, gạch xây dựng, các nguyên liệu này được phân loại, nghiền mịn và được trộn theo một tỷ lệ phù hợp [1]. Các chất tạo nở như: $CaCO_3$, dầu nặng, SiC ,... được sử dụng để tạo nở cho hạt. Quy trình công nghệ sản xuất sản phẩm hạt nhẹ từ các chất phế thải được thực hiện thông qua các bước sau [1]: nghiền mịn hỗn hợp các chất phế thải đến độ mịn xác định; trộn hỗn hợp chất thải đã được nghiền mịn với các phụ gia khác và phụ gia nở; viên tạo hạt hỗn hợp phối liệu; nung chảy và gây nở hạt ở nhiệt độ cao; phân loại theo kích thước hạt; đóng gói sản phẩm.



Hình 2.1. Quy trình công nghệ sản xuất sản phẩm hạt nhẹ từ PTXD

2.2. Cấp phối chế tạo

Cấp phối lựa chọn để tạo ra cường độ chịu nén (mẫu trụ) của bê tông khoảng 15 MPa, 20 MPa, 30 MPa tại 28 ngày tuổi lần lượt ký hiệu là M1, M2, M3. Nguồn gốc vật liệu gồm hạt CLNTC từ PTXD được cung cấp bởi Viện Nghiên cứu Xây dựng ứng dụng Weimar - Cộng hòa liên bang Đức [1], cát vàng Sông Lô, xi măng Pooc lăng Vicem Bút Sơn PC40, phụ gia cuốn khí Placc-air và tro bay được khai thác từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại.



Hình 2.2. Mẫu hạt CLNTC từ PTXD

Thành phần cấp phối của bê tông được thể hiện trong Bảng 2. 1 trong đó N/CKD , V_{CLN}/V_b , V_c/V_{CL} lần lượt là tỷ lệ nước/chất kết dính, tỷ lệ thể tích cốt liệu nhẹ/thể tích bê tông, tỷ lệ thể tích cát/cốt liệu.

Bảng 2. 1. Cấp phối hỗn hợp bê tông nhẹ và bê tông thường

STT	Tên CP	N/CKD	V_{CLN}/V_b	V_c/V_{CL}	FA (%)	SD (%)
1	M3	0.36	0.35	0.45	27.61%	1%
2	M2	0.36	0.31	0.45	27.61%	1%
3	M1	0.36	0.28	0.45	27.61%	1%

Lựa chọn cấp phối bê tông nặng có cường độ mẫu trụ chịu nén ở 28 ngày khoảng 30 MPa làm mẫu đối chứng thí nghiệm. Cấp phối hỗn hợp bê tông nặng thông thường được thể hiện trong Bảng 2. 2

Bảng 2. 2. Cấp phối bê tông nặng thông thường đối chứng

Cốt liệu	Mẫu cấp phối BTT
	$1m^3$
Ximăng PCB40 (kg)	380
Cát (kg)	760
Đá 1x2 (kg)	1080
Nước (lít)	178

2.3. Tính chất cơ lý

Các đặc trưng cơ lý của các mẫu cấp phối bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ tái chế (viết tắt là BTNCLNTC) lựa chọn được thể hiện trong Bảng 2. 3, Bảng 2. 4, trong đó: f_c , f_r , $f_{ct,sp}$, E_c lần lượt là cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, cường độ chịu kéo khi ép chẻ và mô đun đàn hồi của BTNCLNTC. Bảng 2. 5 là cường độ chịu nén của bê tông thông thường.

Bảng 2. 3. Tính chất cơ lý của các mẫu cấp phối lựa chọn

Tên mẫu	Tính chất cơ lý	Kích thước mẫu (cm)	Giá trị trung bình (MPa)	Hệ số biến động
Nhóm M1	f_c	Mẫu trụ 15x30	15.11	0.027
	f_r	Mẫu 10x10x40	2.91	0.04
	$f_{ct,sp}$	Mẫu trụ 15x30	1.73	0.02
	E_c	Mẫu trụ 15x30	12903	0.016
Nhóm M2	f_c	Mẫu trụ 15x30	21.11	0.012
	f_r	Mẫu 10x10x40	3.54	0.03
	$f_{ct,sp}$	Mẫu trụ 15x30	2.07	0.05
	E_c	Mẫu trụ 15x30	15591	0.031
Nhóm M3	f_c	Mẫu trụ 15x30	30.68	0.034
	f_r	Mẫu 10x10x40	4.17	0.03
	$f_{ct,sp}$	Mẫu trụ 15x30	2.48	0.03
	E_c	Mẫu trụ 15x30	17967	0.05

Bảng 2. 4. Khối lượng thể tích bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ tái chế (gọi tắt là KLTT)

Tên mẫu	KLTT (hỗn hợp) (kg/m^3)	Hệ số biến động	KLTT (khô) (kg/m^3)	Hệ số biến động
Nhóm M1	1773	0.023	1715	0.047
Nhóm M2	1783	0.011	1762	0.019
Nhóm M3	1798	0.012	1775	0.016

Bảng 2. 5. Thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông thông thường

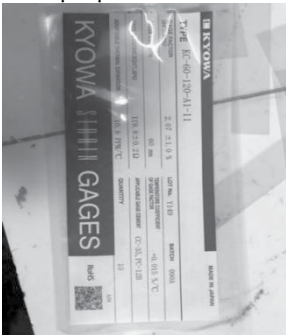
Mẫu cấp phối BTT	Tính chất cơ lý	Kích thước mẫu	Giá trị cường độ (MPa)	Giá trị trung bình (MPa)
M - 1	f_c	Mẫu trụ 15x30	31.87	34.00
M - 2	f_c	Mẫu trụ 15x30	37.29	
M - 3	f_c	Mẫu trụ 15x30	31.87	

3. QUAN HỆ TẢI TRỌNG - ĐỘ VỒNG CỦA DẦM BTNTC TỪ PTXD KHI CHỊU UỐN

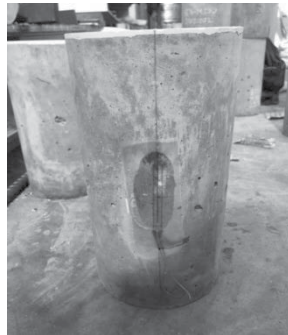
3.1. Nghiên cứu thực nghiệm quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông nhẹ sử dụng hạt CLNTC

3.1.1. Mô hình thí nghiệm

Khảo sát mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng bê tông theo tiêu chuẩn ASTM C469 [4]. Mẫu thí nghiệm sử dụng mỗi một cấp phối tương ứng M1; M2; M3 gồm 3 viên mẫu trụ có kích thước 15 x 30 cm. Trình tự thí nghiệm tuân thủ theo tiêu chuẩn ASTM C469 [4]. Sử dụng máy nén thủy lực SANS 3000, đo biến dạng của mẫu bằng 02 tem điện trở Strain gauges đặt đối xứng, chiều dài chuẩn đo $L_0 = 60\text{mm}$. Các đầu đo của tem điện trở và dụng cụ đo lực điện tử Load cell được kết nối với bộ xử lý số liệu Data - Logger SDA 3830 C. Gia tải lực đến khi mẫu bị nén vỡ. Thí nghiệm tại phòng thí nghiệm Công trình - Đại học GTVT.



Hình 3.1. Tem điện trở đo biến dạng bê tông



Hình 3.2. Hệ thống điều chỉnh tải trọng và tốc độ nén (theo chuyển vị và lực)



Hình 3.3. Sử dụng máy nén thủy lực SANS 3000



Hình 3.4. Data logger ghi, xử lý dữ liệu



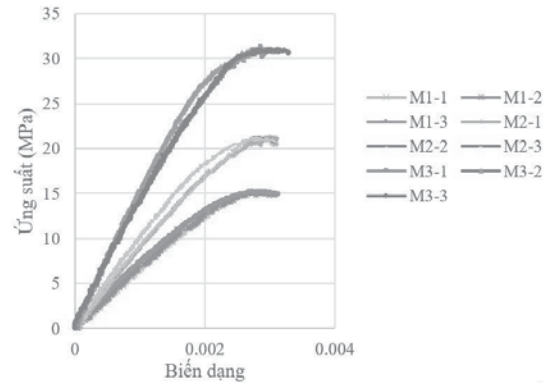
Hình 3.5. Gia tải đến khi mẫu thí nghiệm bị phá hoại

3.1.2. Kết quả thí nghiệm và đề xuất mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông nhẹ sử dụng hạt CLNTC

Kết quả thí nghiệm là cường độ nén của mẫu bị nén phá hoại và biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông khi chịu nén.



Hình 3.6. Thí nghiệm đến khi mẫu bị nén vỡ phá hoại



Hình 3.7. Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông tương ứng với 3 nhóm mẫu M1, M2, M3

Bảng 3.1. Trị số thực nghiệm biến dạng ϵ_{c1} của BTNCLNTC khi chịu nén

Mẫu	M1-1	M1-2	M1-3	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3
$f_{c,i}$ (MPa)	15.13	15.18	15.02	21.00	21.20	20.95	30.70	30.64	30.78
$f_{c(TB)}$ (MPa)	15.11			21.05			30.71		
$\epsilon_{c1,i}$	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
ϵ_{c1}	0.0027			0.0028			0.0028		

Kết quả thí nghiệm quan hệ ứng suất - biến dạng tương ứng trên các mẫu của 3 nhóm cường độ BTNCLNTC tương ứng với 3 nhóm mẫu M1, M2, M3 được thể hiện biểu đồ Hình 3.7. Các đường cong ứng suất - biến dạng của các mẫu trong cùng 1 cấp cường độ có sự đồng nhất. Tính đến thời điểm mẫu thí nghiệm bị ép vỡ thì biểu đồ này chia thành 2 giai đoạn: giai đoạn đầu gần như là đường thẳng cho đến cấp ứng suất khoảng 85% cường độ, khi ứng suất càng lớn gần đạt đỉnh thì biểu đồ chuyển dần sang dạng đường cong khi biến dạng tăng nhanh hơn do sự phát triển biến dạng dẻo của bê

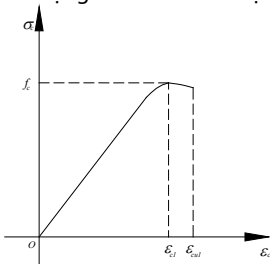
tông. Sau khi đạt đỉnh thì ứng suất trong mẫu bê tông đột ngột bị phá hoại. So sánh giữa các nhóm cường độ bê tông thì biến dạng ϵ_{c1} khi mẫu bê tông đạt đỉnh ứng suất trước khi bị ép vỡ thì không có sự chênh lệch đáng kể ($\epsilon_{c1} \approx 0,0028$).

Có thể thấy, giá trị biến dạng $\epsilon_{c1} \approx 0,0028$ của BTNCLNTC nhỏ hơn so với giá trị đề nghị biến dạng cực hạn của BTN theo tiêu chuẩn ACI 213R-87 [5] ($\epsilon_{c1} = 0,003$) và tiêu chuẩn EN 1992-1-1 [7] ($\epsilon_{c1} = k f_{tcm} / E_{tci} \left(\frac{\rho}{2200} \right)^2$).

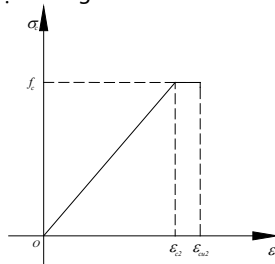
Dựa trên các mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC và các đặc trưng biến dạng của BTNCLNTC từ kết quả thực nghiệm, kết hợp so sánh với một số đề xuất của các nghiên cứu trước đây, mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC được nghiên cứu và đề xuất như sau:

Quy luật quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu được thiết lập cần phản ánh đúng ứng xử của vật liệu trong các giai đoạn tương ứng với các thông số đặc trưng được xác định từ thực nghiệm như giá trị đỉnh ứng suất f_c (tương ứng với cường độ của vật liệu) và biến dạng tương ứng ϵ_{c1} , biến dạng cực hạn ϵ_{cu1} . Theo các kết quả nghiên cứu [8] và kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã chỉ ra rằng mối quan hệ ứng suất - biến dạng đối với BTN sử dụng CLNTC tuyến tính hơn và giòn hơn so với bê tông nặng thông thường: giai đoạn đầu gần như là đường thẳng cho đến cấp ứng suất khoảng 85% cường độ, khi ứng suất càng lớn gần đạt đỉnh thì biểu đồ chuyển dần sang dạng đường cong và sau khi ứng suất đạt đỉnh thì bê tông đột ngột bị phá hoại. Do đó, từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm, biểu đồ quan hệ ứng suất biến - biến dạng của BTNCLNTC thể hiện như Hình 3. 8. Trong đó giá trị biến dạng ứng với ứng suất đỉnh đạt giá trị $\epsilon_{c1} = 0.0028$. Giá trị biến dạng cực hạn ứng với trạng thái mẫu phá hoại hoàn toàn ϵ_{cu1} tương đối gần với giá trị ϵ_{c1} do BTN có tính giòn cao và phá hoại sớm ngay sau khi đạt cường độ.

Từ các kết quả nghiên cứu theo lý thuyết và theo thực nghiệm vật liệu BTNCLNTC giòn và tuyến tính, đề xuất quan hệ ứng suất - biến dạng BTNCLNTC có dạng 2 đoạn thẳng.



Hình 3.8. Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC

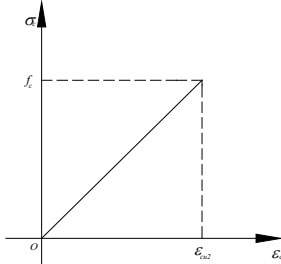


Hình 3.9. Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC dạng 2 đoạn thẳng

Giá trị biến dạng ứng với ứng suất đỉnh ϵ_{c2} : theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm, đề xuất giá trị biến dạng ứng với ứng suất đỉnh $\epsilon_{c2} = 0.0028$.

Giá trị biến dạng cực hạn ϵ_{cu2} rất gần với giá trị ϵ_{c2} , tuy nhiên trong điều kiện thí nghiệm, khi mẫu phá hoại hoàn toàn, không đo được chính xác giá trị của biến dạng cực hạn ϵ_{cu2} . Do đó, giá trị biến dạng cực hạn này được lấy theo giá trị quy định trong tiêu chuẩn châu Âu EN 1992-1-1 [7] cho bê tông nhẹ, lấy bằng $0,0035\eta_1$; trong đó $\eta_1 = (0.4 + 0,6\rho)/2200$; trong phạm vi nghiên cứu BTNCLNTC của đề tài thì $\epsilon_{cu2} = 0.0031$. Giá trị này gần với $\epsilon_{c2} = 0.0028$ là phù hợp với quan sát trong thí nghiệm - mẫu phá hoại hoàn toàn ngay sau khi ứng suất đạt đỉnh.

Nhận thấy giá trị ϵ_{c2} và ϵ_{cu2} tương đối gần nhau (chênh lệch dưới 10%), do đó, để đơn giản trong tính toán, sai số không đáng kể, đề xuất mô hình tính toán quan hệ ứng suất - biến dạng BTNCLNTC có dạng 1 đoạn thẳng như Hình 3. 10, với giá trị cực hạn là $\epsilon_{cu2} \approx 0.0031$.



Hình 3.10. Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC đề xuất

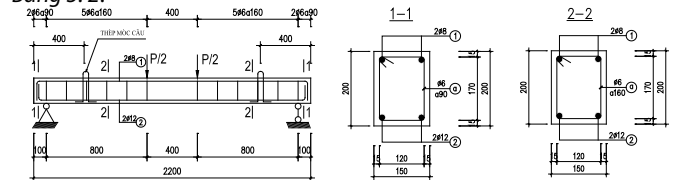
3.2. Nghiên cứu thực nghiệm quan hệ tải trọng - độ võng của dầm BTNTC từ PTXD khi chịu uốn thuần túy

3.2.1. Mẫu thí nghiệm

Mẫu dầm thí nghiệm gồm 07 mẫu dầm thí nghiệm (mỗi nhóm cấp phối BTNCLNTC tương ứng 02 mẫu dầm, bao gồm 03 nhóm có cùng cấp cường độ chịu nén tương ứng nhóm M1, M2 và M3; và 01 mẫu dầm cấp phối bê tông BTT làm đối chứng) có cùng tiết diện 150x200 mm và nhịp chịu tải là 2000 mm.

Cốt thép dùng trong thí nghiệm thép Thái Nguyên thuộc nhóm CB-300 V theo TCVN 1651-2-2018 [3] đối với đường kính $\phi 8$ và 12; thuộc nhóm CB-240 T theo TCVN 1651-1-2018 [2] đối với cốt đai có đường kính $\phi 6$.

Cốt thép dọc bố trí 2 $\phi 12$ (hàm lượng 0,75%). Cốt đai dầm được bố trí $\phi 6$ a160 trên đoạn dài 800 mm gần gối tựa được tính toán đảm bảo dầm không phá hoại cắt trước khi dầm phá hoại uốn, trên đoạn giữa 2 lực tập trung, để đảm bảo uốn thuần túy, không bố trí cốt đai. Chiều dày lớp bảo vệ cốt thép dọc được lấy bằng 15 mm như trong Hình 3. 11. Cốt thép có các đặc trưng cơ học như trong Bảng 3. 2.



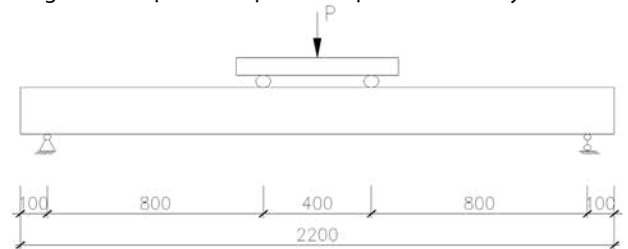
Hình 3.11. Cấu tạo cốt thép dầm thí nghiệm

Bảng 3. 2. Đặc trưng cơ học của cốt thép

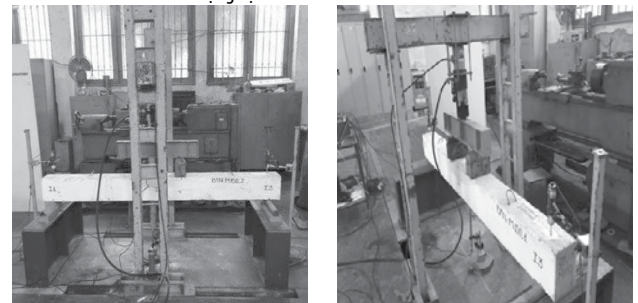
Nhóm thép	Mẫu thép	Đường kính thực (mm)	Giới hạn chảy (MPa)	Giới hạn bền (MPa)
D12	3	12.11	440.0	552.6
D8	3	8.05	356.4	527.4
D6	3	6.02	240.2	305.5

3.2.2. Thí nghiệm mẫu dầm

Sơ đồ thí nghiệm là dầm đơn giản, dầm được gia tải bằng 2 lực tập trung cách nhau 400 mm (2 lần chiều cao dầm) nằm trên đoạn chính giữa dầm tạo nên đoạn dầm chịu uốn thuần túy.



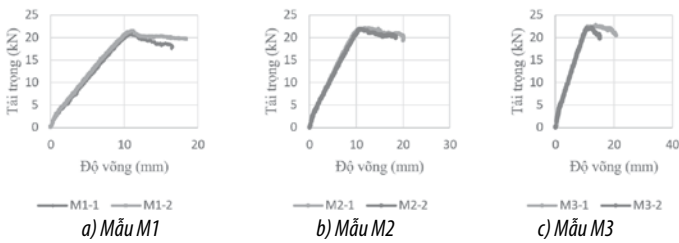
Hình 3.12. Sơ đồ bố trí dụng cụ đo



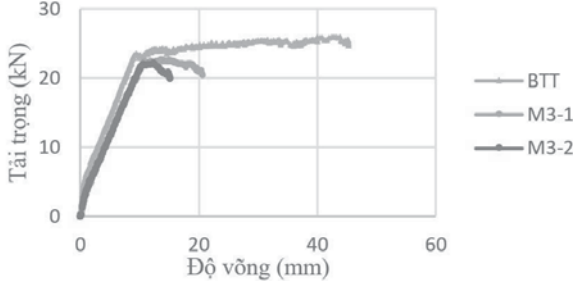
Hình 3.13. Lắp dựng dầm và thiết bị thí nghiệm

3.2.3. Kết quả nghiên cứu

Từ các số liệu đo đạc thực nghiệm, xác định được các biểu đồ quan hệ tải trọng - độ võng dầm tương ứng với từng mẫu cấp phối như hình sau:



Hình 3.14. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ võng dầm bê tông cốt thép tương ứng với nhóm dầm M1; M2; M3



Hình 3.15. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ võng dầm bê tông cốt thép giữa các nhóm dầm M3; BTT

Đường cong quan hệ tải trọng - độ võng được mô phỏng như Hình 3.16. Có thể thấy rằng đường cong được đặc trưng bởi 4 phần đoạn rõ ràng khác nhau được phân tách bằng 4 điểm đặc trưng diễn ra từ khi bắt đầu chịu tải cho đến khi dầm bị phá hoại. 4 điểm đặc trưng này là các điểm A, B, C và D lần lượt là các thời điểm: bắt đầu hình thành khe nứt, thép bắt đầu chảy, tiết diện đạt giá trị tải trọng lớn nhất về khả năng chịu lực và thời điểm dầm bị phá hoại do bê tông vùng nén bị ép vỡ.

Hai điểm A và B được xác định tại thời điểm độ dốc của đường cong thay đổi (bị giảm); C được xác định tại thời điểm tải trọng thay đổi; D thời điểm bê tông vùng nén bị ép vỡ. Giữa hai thời điểm, đường cong được coi gần đúng là đường thẳng. Tại điểm D tương tự như BTT thông thường khi dầm bị phá hoại dẻo, xảy ra phá hủy do sự phá hoại của bê tông vùng nén.

Bảng 3.3. Các giá trị mô men và độ võng tương ứng

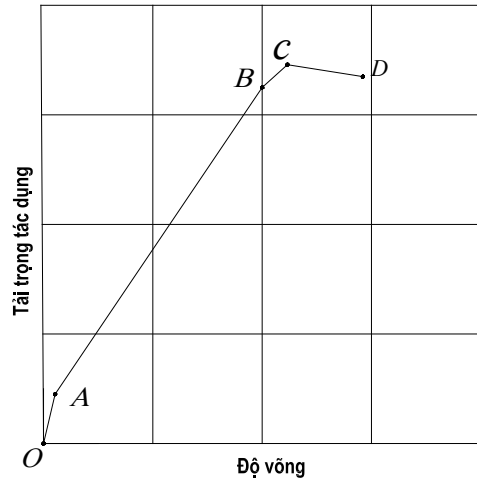
(M_{cr} ; M_s ; M_u ; Δ_{cr} ; Δ_s ; Δ_u tương ứng là giá trị mô men kháng nứt; mô men chảy dẻo và mô men giới hạn và giá trị độ võng tương ứng tại thời điểm đạt trị lần lượt là mô men kháng nứt, mô men dẻo và mô men giới hạn)

Tên mẫu	M_{cr} (kN.m)	Δ_{cr} (mm)	M_s (kN.m)	Δ_s (mm)	M_u (kN.m)	Δ_u (mm)
M1-1	2.000	0.66	15.875	10.035	16.675	10.875
M1-2	2.039	0.74	16.395	10.035	17.115	10.965
Trung bình mẫu M1	2.02	0.70	16.14	10.04	16.90	10.92
M2-1	2.559	0.920	16.595	9.450	17.715	11.950
M2-2	2.719	0.950	15.795	9.325	17.515	10.790
Trung bình mẫu M2	2.64	0.94	16.20	9.39	17.62	11.37
M3-1	3.199	1.200	16.595	9.520	18.154	13.64
M3-2	3.240	1.170	16.355	9.490	17.835	12.30
Trung bình mẫu M3	3.22	1.19	16.48	9.51	18.00	12.97
Mẫu BTT đối chứng	4.04	0.67	18.48	8.63	20.75	42.75

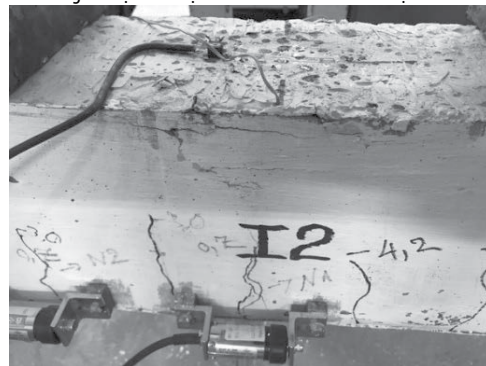
3.3. Nghiên cứu mô phỏng số quan hệ tải trọng - độ võng của dầm BTNTC từ PTXD khi chịu uốn

Tác giả mô phỏng mô hình số thông qua sử dụng phần mềm Response-2000 [9] được Evan Cbentz và Micheal P.Collins viết năm 2000 bằng ngôn ngữ lập trình C++, đây là một trong 4 bộ phần mềm (gồm Response-2000; Membrane-2000; Triax-2000 và Shell-2000). Trong đó Response-2000 dùng để khảo sát dầm, cột còn các phần mềm khác để khảo sát bản, phần tử khối 3D dựa trên lý thuyết miền

Các dầm BTNCLNTC được thử nghiệm đều phát triển tương tự tại các giai đoạn. Tuy nhiên, sự xuất hiện của các thời điểm A,B,C và D khác nhau và mức độ của mỗi nhánh của đường cong phụ thuộc vào độ lớn tương đối của các tham số được khảo sát đối với các cấp phối khác nhau.



Hình 3.16. Các giai đoạn làm việc của dầm BTN CLNTC khi chịu uốn

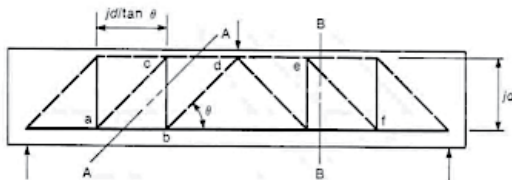


Hình 3.17. Mẫu dầm bị phá hoại tại bê tông vùng nén

nén cải tiến MCFT (Modified Compression Field Theory). Các phần mềm này nằm trong nội dung của luận án tiến sỹ "Sectional analysis of reinforced concrete member"- Phân tích tiết diện của các cấu kiện bê tông cốt thép của Evan C.Bentz tại Trường ĐH Toronto-Canada.

3.3.1. Lý thuyết sử dụng phần mềm

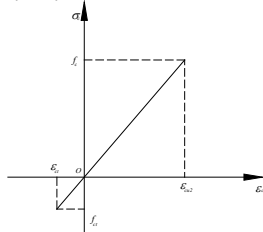
Lý thuyết miền nén CFT (Compression Field Theory) [10] được đề xuất bởi Mitchell và Collins vào năm 1974. Lý thuyết này cơ bản dựa trên mô hình giàn với các thanh xiên nghiêng 45°.



Hình 3.18. Mô hình dầm với góc nghiêng 45°

Các phương pháp đánh giá khả năng chịu cắt của dải bê tông chịu nén nghiên cứu giữa các vết nứt gọi là lý thuyết miền nén (MCFT). Vấn đề cơ bản trong lý thuyết miền nén là xác định góc nghiêng θ . Lý thuyết miền nén cải tiến MCFT (Vecchio và Collins 1986) [10] là sự phát triển của lý thuyết miền nén CFT, có kể tới ảnh hưởng của ứng suất kéo trong vùng bê tông bị nứt. Khi nứt, ứng suất cắt truyền qua vết nứt thông qua cốt thép liên kết vết nứt, miền là cốt thép không chảy. Bê tông giữa vết nứt được coi là hiệu quả sau đó. Ứng suất cục bộ trong cả bê tông và cốt thép sẽ khác biệt từ điểm này đến điểm khác trong vùng bê tông bị nứt, với ứng suất cốt thép cao nhưng ứng suất kéo của bê tông thấp tại các điểm nứt.

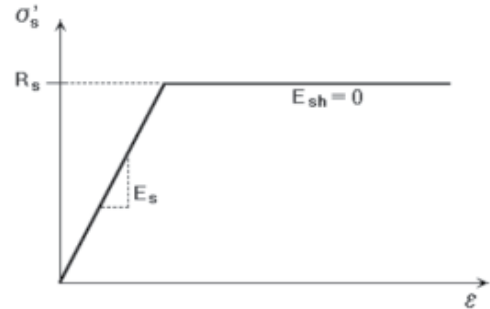
3.3.2. Mô hình vật liệu bê tông và cốt thép



Hình 3.19. Mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng BTNCLNTC

Theo kết quả nghiên cứu được trình bày ở phần trên, sử dụng mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng BTNCLNTC có dạng như sau:

Trong trường hợp nghiên cứu BTNCLNTC để xuất sử dụng mô hình biểu đồ quan hệ giữa ứng suất - biến dạng dạng 1 đoạn thẳng với biến dạng cực hạn $\epsilon_{cu2} \approx 0.0031$ như đã đề xuất ở phần trên. Đối với cốt thép, thiên về an toàn, sử dụng mô hình đàn hồi - dẻo lý tưởng.

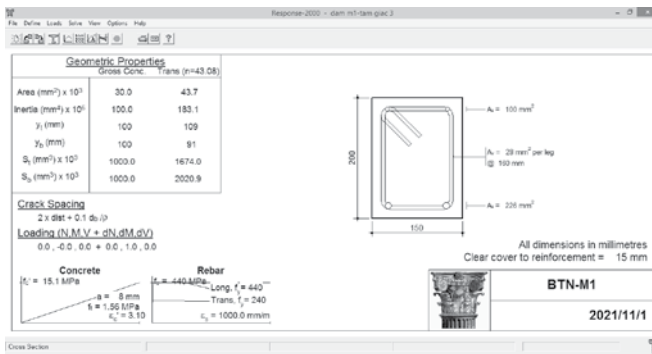


Hình 3.20. Mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng cốt thép

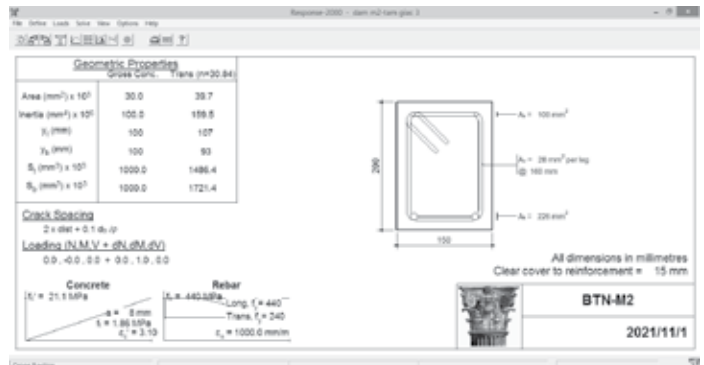
3.3.3. Mô phỏng số dầm bê tông nhẹ sử dụng hạt CLNTC nghiên cứu

Sử dụng phần mềm Response-2000 để mô phỏng ứng xử chịu uốn của dầm BTNCLNTC cốt thép. Chi tiết thiết kế của các dầm BTNCLNTC sử dụng trong mô phỏng bao gồm kích thước tiết diện dầm, chi tiết bố trí cốt thép dọc chịu lực và cốt thép đai, tải trọng tác dụng và dạng tải trọng được trình bày trên Hình 3. 11.

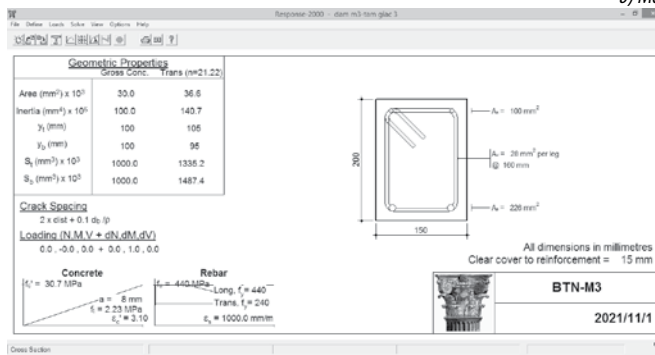
Hình 3. 21 trình bày số liệu đầu vào của dầm cho các vật liệu bê tông và cốt thép cho dầm BTNCLNTC được thể hiện trên hình tương ứng.



a) Mẫu dầm M1



b) Mẫu dầm M2



c) Mẫu dầm M3

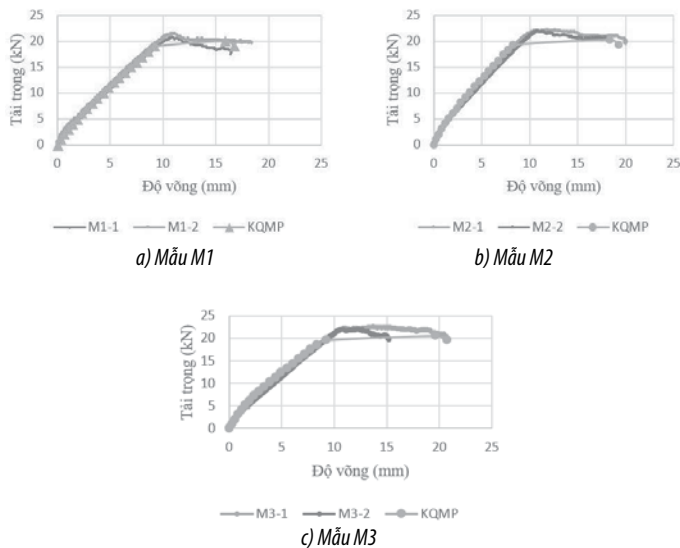
Hình 3. 21. Số liệu đầu vào dầm BTNCLNTC nghiên cứu

Kết quả chương trình mô phỏng được thể hiện trong Hình 3. 22

3.4. Kiểm chứng, so sánh kết quả nghiên cứu theo mô phỏng số Response 2000 và theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm

So sánh kết quả mô phỏng số và kết quả thực nghiệm về mối quan hệ tải trọng - độ võng cho thấy sự thống nhất về ứng xử chịu

uốn của dầm BTNCLNTC cốt thép khi đều trải qua các giai đoạn như đàn hồi chưa nứt, sau khi nứt và giai đoạn tiến đến trạng thái phá hoại. Đường cong quan hệ tải trọng - độ võng trong các mẫu dầm theo thực nghiệm và theo mô phỏng số tương đối gần nhau và đồng dạng (Hình 3. 22).



Hình 3.22. Quan hệ tải trọng và độ võng theo phương pháp thực nghiệm và theo phương pháp mô phỏng phần mềm

Bảng 3. 4. Bảng so sánh kết quả độ võng theo phương pháp mô phỏng phần mềm và theo phương pháp thực nghiệm

Tên mẫu	Tải trọng tương ứng (kNm)	Độ võng Δ_{MP} (Mô phỏng số) (mm)	Độ võng Δ_{TN} (Thực nghiệm) (mm)	Sai số
M1	P_{cr}	0.75	0.7	7%
	P_s	9.29	10.04	8%
M2	P_{cr}	0.91	0.94	3%
	P_s	8.34	9.39	13%
M3	P_{cr}	1.16	1.19	3%
	P_s	9.22	9.51	3%
TB				4%

Có thể thấy, độ võng của dầm được phân tích trong mô phỏng số so với thực nghiệm có độ chênh lệch từ 3% đến 13% cho các nhóm dầm, trung bình là 4%. Điều này chứng tỏ rằng: quan hệ ứng suất - biến dạng cho vật liệu BTNCLNTC là phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Thông qua nghiên cứu thực nghiệm về quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông CLNTC, và kiểm chứng thông qua mô hình thực nghiệm và mô phỏng số dầm bê tông nhẹ cốt thép sử dụng BTNCLNTC đơn giản chịu uốn thuần túy cho thấy: Quan hệ ứng suất - biến dạng của BTNCLNTC thể hiện tính giòn, giai đoạn đầu gần như là đường thẳng tới cấp ứng suất khoảng 85% cường độ, khi ứng suất càng lớn gần đạt đỉnh thì biểu đồ chuyển dần sang dạng đường cong. Sau khi đạt đỉnh ứng suất, mẫu bê tông bị phá hoại đột ngột. Ứng suất cực hạn của BTNCLNTC khi chịu nén đúng tâm đạt $\varepsilon_{c1} \approx 0,0028$;

Trong trường hợp nghiên cứu BTNCLNTC để xuất sử dụng mô hình biểu đồ quan hệ giữa ứng suất - biến dạng 1 đoạn thẳng với biến dạng cực hạn $\varepsilon_{cu2} \approx 0.0031$.

Từ kết quả mô phỏng số và thực nghiệm cho thấy mối quan hệ tải trọng - độ võng có cùng ứng xử khi chịu uốn đối với dầm BTNCLNTC cốt thép, đều trải qua các giai đoạn như đàn hồi chưa nứt, sau khi nứt và giai đoạn tiến đến trạng thái phá hoại. Đường cong quan hệ tải trọng - độ võng trong các mẫu dầm theo thực nghiệm và theo mô phỏng số tương đối gần nhau và đồng dạng. Độ võng của dầm được phân tích trong mô phỏng số so với thực

ngiệm có độ chênh lệch trung bình là 4%. Do đó, có thể thấy: mô hình quan hệ ứng suất - biến dạng đã đề xuất cho vật liệu BTNCLNTC là phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hùng Phong (2016), *Nghiên cứu chế tạo và ứng dụng hạt cốt liệu nhẹ từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng dân dụng ở Việt Nam* - NĐT.21.GER/16.
2. TCVN 1651-1:2018, *Thép cốt bê tông - Phần 1: Thép thanh tròn trơn*
3. TCVN 1651-2:2018, *Thép cốt bê tông - Phần 2: Thép thanh vân*
4. ASTM C469-94, *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression in Annual book of ASTM standards*, Annual book of ASTM standard.
5. ACI 213R-87, *Guide for structural lightweight aggregate concrete*, American Concrete Institute.
6. FIP State of Art Report - bulletin 4 (1999) *Lightweight aggregate concrete - Codes and standards*
7. EN 1992-1-1 (2004), *Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1 General Rules and Rules for buildings*
8. Clarke J. L. (2005), *Structural Lightweight Aggregate Concrete*, Blackie Academic & Professional.
9. User Manual Response 2000, Shell 2000, Triax 2000, Membrane 2000.
10. Vecchio, F.J. and Collins, M.P., "The Modified Compression Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear", *ACI Journal*, Proceedings V. 83 No. 2, March-April 1986, pp. 219-231.

Phát triển nhà ở các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc trên cơ sở giữ gìn giá trị kiến trúc truyền thống

Developing housing for Ethnic minorities in the Northern mountainous region while preserving traditional architectural values

> PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI¹, THS NGUYỄN NGỌC HƯƠNG²

¹Viện Bảo tồn và Phát triển bền vững, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: thind@huce.edu.vn

²Bộ môn Lý thuyết và lịch sử kiến trúc, Trường ĐH Xây dựng Hà Nội; Email: huongnn@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình xây dựng phát triển nhà ở hiện nay tại các dân tộc thiểu số (DTTS) vùng miền núi phía Bắc (VMNPB) đang diễn ra hết sức nhanh chóng, ngoài việc mang lại giá trị tích cực phục vụ cho nhu cầu ăn, ở, sinh hoạt, phục vụ đời sống của người dân cũng như nhu cầu tách hộ khi con cái lập gia đình riêng thì cũng đang nảy sinh một số tồn tại như: Hình thức kiến trúc và không gian ngôi nhà ở dần xa rời văn hóa truyền thống, lối sống, phong tục tập quán của người dân; các giá trị kiến trúc truyền thống dân tộc dần bị lãng quên bởi sự giao thoa văn hóa kiến trúc ngoại lai; do cần nhanh chóng thay thế nhà tạm, nhà dột nát giúp người dân có chỗ sinh hoạt tiện nghi hơn nên các cấp chính quyền, các cơ quan chuyên môn còn đang coi nhẹ vấn đề khai thác, phát huy giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống của các DTTS.

Bài báo tập trung vào mục tiêu đề xuất các giải pháp cải tạo và xây dựng nhà ở nhằm vừa đáp ứng điều kiện ăn, ở, sinh hoạt, học tập, sản xuất kinh tế hộ gia đình vừa giúp đảm bảo giữ gìn giá trị kiến trúc truyền thống mỗi dân tộc.

Bài viết sử dụng các phương pháp nghiên cứu như: Khảo sát thực địa; tổng hợp, phân tích tài liệu, số liệu thứ cấp; phân tích và đánh giá cơ sở thực tiễn để từ đó đề xuất các nhóm giải pháp phù hợp. Bài nghiên cứu cũng đề xuất 02 nhóm giải pháp gồm: Xây dựng, phát triển nhà ở và phát triển nhà ở gắn với hoạt động sinh kế.

Từ khóa: Giá trị truyền thống; nhà ở dân tộc thiểu số; miền núi phía Bắc.

ABSTRACT

The current housing construction and development process among ethnic minorities in the Northern mountainous region is progressing rapidly. While this development brings positive benefits by meeting the needs for food, accommodation, daily living, and facilitating household separation when children start their own families, several issues have emerged, such as: The architectural form and space of the house are gradually moving away from traditional culture, lifestyle, and customs; Traditional national architectural values are gradually being forgotten due to the interference of foreign architectural cultures; Due to the need to quickly replace temporary and dilapidated houses to provide people with more comfortable living spaces, authorities at all levels and specialized agencies are still overlooking the issue of exploiting and promoting the traditional cultural and architectural values of ethnic minorities.

This article focuses on proposing solutions to renovate and build houses that meet the conditions of food, accommodation, study, and household economic production while helping to ensure valuable architectural communication values for each ethnic group.

The article uses research methods such as: field surveys; synthesizing and analyzing documents and secondary data; analyzing and evaluating the practical basis to propose appropriate solutions. The study also proposes two groups of solutions, including: housing construction and development, and housing development associated with sustainable livelihood activities, contributing to preserving traditional indigenous cultural and architectural values.

Keywords: Traditional values; ethnic minority housing; Northern mountains

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Hội nghị lần thứ 5 Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa VIII (tháng 7/1998) đã ban hành Nghị quyết chuyên đề về “Xây dựng nền văn hóa tiên tiến, đậm đà bản sắc dân tộc”; tại các kỳ Đại hội IX, X, XI, XII và XIII của Đảng luôn được quan tâm coi trọng bảo tồn, kế thừa, phát huy những giá trị văn hóa truyền thống “nhằm xây dựng nền văn hóa Việt Nam tiên tiến, đậm đà bản sắc dân tộc”.

Nghị quyết số 88/2019/QH14 ngày 18/11/2019 của Quốc hội về Phê duyệt Đề án tổng thể phát triển kinh tế - xã hội cùng đồng bào DTTS và miền núi giai đoạn 2021-2030 đã chỉ rõ quan điểm về phát huy bản sắc văn hóa các dân tộc như sau: “Phát huy mọi nguồn lực, khai thác tiềm năng, lợi thế để phát triển vùng đồng bào DTTS và miền núi; giữ gìn, phát huy bản sắc văn hóa tốt đẹp của các dân tộc”.

Việc chăm lo xây dựng phát triển nhà ở cho người dân, nhất là các nhóm cộng đồng yếu thế luôn được Đảng và Nhà nước ta

quan tâm và xác định là một vấn đề xã hội, một nhiệm vụ trọng tâm an sinh xã hội, giảm nghèo bền vững. Trong giai đoạn vừa qua, Chính phủ đã ban hành nhiều cơ chế, chính sách hỗ trợ nhà ở cho người có công với cách mạng, hộ nghèo khu vực nông thôn, miền núi, đồng bào dân tộc thiểu số, giúp người dân “an cư - lạc nghiệp”, yên tâm sinh hoạt, sản xuất, phát triển kinh tế gia đình, góp phần thực hiện mục tiêu xoá đói, giảm nghèo, bảo đảm an sinh xã hội. Tại Chỉ thị số 42/CT-TTg ngày 9/11/2024 của Thủ tướng Chính phủ: Về việc đẩy nhanh triển khai xóa nhà tạm, nhà dột nát trên địa bàn cả nước, đã nêu rõ “Nhà ở là một trong những nhu cầu thiết yếu của con người, là một trong những yếu tố góp phần phát triển nguồn nhân lực của đất nước”. Hiện đã có hơn 1.140 hộ người nghèo, người có công với cách mạng đã được các cấp chính quyền và các tổ chức xã hội, cơ quan, doanh nghiệp bằng vốn xã hội hóa đã quan tâm hỗ trợ xây dựng nhà ở, đảm bảo có chỗ ở ổn định, an toàn.

Thực tế cho thấy quá trình đổi mới, phát triển của kinh tế, xã hội cũng như đô thị hóa, hiện đại hóa và nhu cầu cải tạo, mở rộng, phát triển nhà ở các DTTS VMNPB đang làm biến đổi mất dần đi giá trị tổ chức không gian và hình thức ngôi nhà truyền thống do ảnh hưởng kiến trúc nhà ở dân tộc Kinh và giao thoa văn hóa với các tộc người khác. Trong 29 DTTS đang sinh sống tại VMNPB thì 59% dân tộc vẫn đang sử dụng nhà sàn truyền thống, còn lại là nhà đất và nhà nửa sàn - nửa đất. Nhưng gần đây trong quá trình phát triển nhà ở mới người dân đang có xu hướng xây nhà đất theo kiểu nhà ở hiện đại.

Những năm gần đây, hưởng ứng chủ trương của Đảng và Nhà nước về xóa nhà tạm, nhà dột nát, chính quyền và nhiều tổ chức xã hội, doanh nghiệp đã hỗ trợ tài chính cùng người dân xây dựng nhà ở của các hộ thuộc diện ưu tiên, tiêu chí nhà ở phải đảm bảo tiêu chuẩn “ba cứng” gồm nền cứng, khung - tường cứng, mái cứng, tránh được tác động xấu của khí hậu, thời tiết. Các ngôi nhà này được sử dụng các mẫu do các Sở xây dựng đề xuất hoặc theo nhu cầu của người dân. Đây là một chủ trương lớn, là một chính sách quan trọng, có tầm chiến lược nhằm đảm bảo cho người dân, nhất là những gia đình chính sách, hộ nghèo.

Tuy nhiên, quá trình thực hiện lại đang xây dựng những ngôi nhà hoàn toàn xa rời giá trị truyền thống, đơn cử như tại tỉnh Hòa Bình, theo thống kê của tỉnh Hòa Bình, trong năm 2024 vừa qua toàn tỉnh đã xây mới 492 ngôi nhà/tổng số 6.362 ngôi nhà còn đang ở tình trạng nhà tạm, nhà dột nát. Dự kiến trong năm 2025 sẽ xây dựng mới 3.194 ngôi nhà. Phần lớn các ngôi nhà này đều là nhà đất một tầng giống như người Kinh, trong khi kiến trúc nhà ở truyền thống của người Mường lại là nhà sàn. Những ngôi nhà được xây dựng mới này đang làm ảnh hưởng đến giá trị văn hóa các dân tộc miền núi phía Bắc thông qua 05 giá trị truyền thống sau: 1) Làm mất đi giá trị về tổ chức không gian nhà ở truyền thống bản địa; 2) Làm mất đi giá trị hình thức kiến trúc nhà ở; 3) Làm mất đi giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống đặc trưng của dân tộc; 4) Làm mất đi hình ảnh điểm đến của văn hóa du lịch; 5) Chưa khai thác tốt vật liệu bản địa, sử dụng vật liệu xây dựng kém thân thiện với môi trường và sử dụng kém hiệu quả do mái được lợp bằng tôn nên mùa đông thì lạnh, mùa hè thì nóng, mùa mưa thì gây ra tiếng ồn lớn, mùa gió bão thì khả năng bị tốc mái rất cao.

Từ những tồn tại thực tiễn nêu trên, cần thiết nghiên cứu đề xuất các nhóm giải pháp cải tạo và xây dựng kiến trúc nhà ở nhằm giúp đáp ứng điều kiện ăn, ở, sinh hoạt, học tập, sản xuất phát triển kinh tế hộ gia đình đồng thời giữ gìn giá trị kiến trúc truyền thống các dân tộc VMNPB.

2. THỰC TRẠNG XÂY DỰNG NHÀ Ở

Tình hình nhà ở xây dựng mới theo nhu cầu người dân: Qua khảo

sát thực trạng tại một số bản, làng các DTTS VMNPB cho thấy nhà ở đã biến đổi nhiều do nhu cầu về phát triển kinh tế chuyển dịch cơ cấu sản xuất nông nghiệp sang kết hợp với làm dịch vụ, phục vụ du lịch; nhu cầu mở rộng không gian nhà ở mới và thay thế các vật liệu truyền thống đã hư, hỏng sang vật liệu mới, thay thế các trang thiết bị nội thất hiện đại dẫn đến kiến trúc nhà ở đã phát triển một cách tiêu cực, ngày càng mất dần đi bản sắc văn hóa kiến trúc nhà ở truyền thống dân tộc.

Tại Bản Ngoang, xã Thảm Dương, huyện Văn Bàn, tỉnh Lào Cai cho thấy cả bản hiện có 96 ngôi nhà, trong đó chỉ còn có 25 ngôi nhà sàn còn giữ nguyên kiến trúc truyền thống, những ngôi nhà còn lại (chiếm tới 74%) hiện đều đã bị cải tạo, sửa chữa làm biến đổi cả về hình thức kiến trúc cũng như vật liệu xây dựng; tại Bản Mến, xã Thanh Nưa, huyện Điện Biên, tỉnh Điện Biên hiện có 110 ngôi nhà, do bản đang làm du lịch cộng đồng nên vẫn còn giữ được 34 ngôi nhà sàn truyền thống (chiếm 30,9%), những ngôi nhà còn lại (chiếm 69,1%) đã bị cải tạo làm biến đổi cả về hình thức kiến trúc cũng như vật liệu xây dựng; tại Bản Vàng Pheo xã Mường So, huyện Phong Thổ, tỉnh Lai Châu, toàn bản hiện có 82 ngôi nhà, trong đó chỉ còn có 24 ngôi nhà còn giữ nguyên được hình thức kiến trúc truyền thống (chiếm 29,2%), số ngôi nhà còn lại (chiếm tới 70,8%) đã cải tạo hoặc xây dựng mới làm biến đổi cả về cấu trúc không gian, hình thức kiến trúc và vật liệu xây dựng [6] (hình 1).

Khảo sát tại các bản khác trong VMNPB, cho thấy thực trạng xây dựng phát triển nhà ở đang hết sức tùy tiện, các ngôi nhà truyền thống đang bị làm biến dạng theo hình thức lai tạp cả về không gian, hình thức và vật liệu.

Đối với ngôi nhà sàn truyền thống, sau khi cải tạo có khoảng 23% số hộ gia đình đã xây dựng thêm ngôi nhà mới bên cạnh nhà sàn truyền thống, 15% số hộ gia đình làm du lịch đã xây dựng thêm nhà lưu trú cho khách kiểu homestay và nhà dịch vụ, ăn uống phục vụ khách du lịch, 95% mái nhà lợp gianh, ngói được thay thế bằng vật liệu mái lợp như lợp tôn, fibroximăng; 15% ngôi nhà đã thay thế chân tảng bằng đá sang bê tông để nâng cao gắm nhà sàn [6] (hình 2). Tại tỉnh Hòa Bình, hiện chỉ còn 20% ngôi nhà sàn truyền thống, số còn lại 80% ngôi nhà đã cải tạo hoặc xây dựng mới không còn nhận kiến trúc truyền thống của dân tộc Mường [9] (hình 3).

Tình hình nhà ở xây dựng mới theo chính sách xóa nhà tạm, nhà dột nát: Trong 11 tỉnh thuộc VMNPB hiện nay cần xây dựng, sửa chữa khoảng 83.509 căn nhà tạm, nhà dột nát (chiếm 36,3% trên toàn quốc là 230.000 căn). Theo quy định, mỗi hộ khi xoá nhà tạm, nhà dột nát theo phương án xây mới được hỗ trợ 60 triệu đồng/hộ/ngôi nhà và theo phương án sửa chữa, cải tạo là 30 triệu đồng/hộ/ngôi nhà.

Nhà ở của các hộ sau khi được hỗ trợ phải đảm bảo tiêu chuẩn 3 “cứng” (nền cứng, khung - tường cứng, mái cứng) và sử dụng đảm bảo từ 20 năm trở lên, tránh được tác động xấu của khí hậu, thời tiết. Nhà ở xây mới là nhà đất, diện tích bình quân từ 40-60m², không gian trong nhà ở linh hoạt; tường xây gạch đất nung; nền lát gạch đất nung hoặc gạch men; kết cấu mái sử dụng xà gồ bằng khung thép hộp định hình, lợp lợp mái hai dốc lợp bằng tấm tôn hoặc fibroximăng; cửa đi cửa sổ bằng tấm tôn hoặc nhôm kính (hình 4,5).



Hình 1. Hình ảnh những ngôi nhà ở xây dựng mới tại bản Vàng Pheo [6]



Nhà ở dân tộc Lào tại tỉnh Điện Biên



Nhà ở dân tộc Bô Y tại tỉnh Hà Giang

Hình 2. Hình ảnh những ngôi nhà ở được cải tạo tại VMNPB [6]



Hình 3. Hình ảnh nhà ở dân tộc Mường đã được cải tạo và xây mới tại huyện Tân Lạc, tỉnh Hòa Bình [9]



Hình 4. Nhà ở mới được hỗ trợ xây dựng theo chương trình xóa nhà tạm, nhà dột nát tại thôn Kéo Sĩ, thị trấn Thanh Nhật, Hạ Lang, Cao Bằng [13]



Hình 5. Ngôi nhà mới của gia đình bà Ninh Thị Thập, thôn Nà Đúc, xã Địa Linh, huyện Ba Bể, Bắc Kạn được hỗ trợ xây dựng theo chương trình xóa nhà tạm, nhà dột nát [14]

Nhìn chung, những ngôi nhà xây mới tại VMNPB hiện nay đã thay đổi nhiều so với cấu trúc không gian, hình thức và vật liệu nhà ở truyền thống, làm mất dần đi những giá trị kiến trúc truyền thống bản địa. Người dân sẵn sàng phá bỏ ngôi nhà truyền thống để xây dựng ngôi nhà mới theo hướng hiện đại.

Qua phân tích về thực trạng các hoạt động cải tạo, phát triển xây dựng mới nhà ở các DTTS VMNPB cho thấy: 1) Về những mặt tích cực: Phù hợp với nhu cầu phát triển hộ gia đình và nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội; đáp ứng chương trình xóa nhà tạm, nhà dột nát; đáp ứng hiện đại hóa nông thôn; đáp ứng khả năng lắp đặt các trang thiết bị hiện đại sử dụng tiện nghi trong ngôi nhà ở; phù hợp với nhu cầu sinh hoạt của người dân; 2) Về những mặt tồn tại, hạn chế: Làm biến đổi cấu trúc không gian bản và cấu trúc không gian khuôn viên ngôi nhà; thay đổi hình thức và không gian nhà ở truyền thống; làm mất đi bản sắc giá trị văn hóa truyền thống, giá trị kiến trúc di sản nhà ở dân gian truyền thống các DTTS VMNPB; sử dụng vật liệu kém thân thiện với môi trường.

3. MỘT SỐ YẾU TỐ CHÍNH ẢNH HƯỞNG ĐẾN XÂY DỰNG PHÁT TRIỂN NHÀ Ở

Điều kiện về mức thu nhập gia đình: Qua khảo sát các hộ gia đình VMNPB cho thấy phần lớn các hộ gia đình thu nhập thấp, người nghèo sẽ không có điều kiện cải tạo ngôi nhà sàn truyền thống mà mong muốn phá bỏ ngôi nhà dột nát để xây dựng ngôi nhà mới theo kiểu nhà đất, mái lợp tôn hoặc fibroximăng giống nhà dưới

miền xuôi (với mức đầu tư khoảng dưới 100 triệu đồng thì chỉ có thể xây dựng ngôi nhà đất một gian với diện tích 40m²); những hộ thu nhập trung bình muốn cải tạo thay thế vật liệu, coi nơi làm biến dạng ngôi nhà sàn dân gian truyền thống; hộ gia đình có thu nhập cao cũng muốn phá bỏ ngôi nhà sàn truyền thống để xây dựng ngôi nhà hiện đại kiểu nhà biệt thự, nhà lô phố cao 2-3 tầng giống dưới các đô thị miền xuôi (hình 6).



Hình 6. Những ngôi nhà ở hiện đại tại xã Chiềng Sinh, huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên [15]

Xu hướng giao thoa văn hóa: Nhu cầu tiếp nhận giao thoa các nền văn hóa mới là xu hướng tất yếu mà các DTTS luôn mong muốn, nhất là những giá trị văn hóa bên ngoài và dưới miền xuôi mang lại. Từ đó, việc từ bỏ những ngôi nhà sàn dân gian truyền thống để được tiếp nhận những ngôi nhà đất theo hướng hiện đại là niềm khao khát của nhiều người dân VMNPB. Do nhận thức về giữ gìn văn hóa truyền thống còn hạn chế và việc vận động, chia sẻ thông tin, hướng dẫn của các cấp chính quyền cũng còn chưa kịp thời nên người dân nông thôn VMNPB khi xây dựng nhà ở mong được tìm đến những văn hóa mới lạ hơn.

Nhu cầu tách hộ gia đình nhỏ: Xu hướng hiện nay nhiều đôi vợ chồng trẻ mới lập gia đình đều mong muốn được ở riêng, không muốn sống chung trong gia đình lớn cùng với bố mẹ, ông bà. Vì vậy, tình trạng coi nới, xây dựng mới những ngôi nhà đất bên cạnh ngôi nhà sàn truyền thống làm cho kiến trúc lai tạp, gây ra lộn xộn, mất đi mỹ quan của nông thôn.

Nhu cầu sử dụng trang thiết bị hiện đại: Đây là nhu cầu chính đáng của người nông dân, việc đưa các trang thiết bị hiện đại như bàn ghế, giường, tủ treo quần áo, bàn trang điểm, thiết bị nghe nhìn ti vi, dàn âm thanh, điều hòa, thiết bị bếp nấu, thiết bị vệ sinh, tấm hiện đại là cần thiết trong ngôi nhà ở của người dân VMNPB.

4. GIẢI PHÁP XÂY DỰNG NHÀ Ở

4.1. Giải pháp xây dựng, phát triển nhà ở

Đối với cải tạo ngôi nhà ở: Nên giữ nguyên không gian và hình thức kiến trúc truyền thống của ngôi nhà; thay thế các tấm ván gỗ đã hỏng đảm bảo kín gió trong ngôi nhà cho tường ngoài và sàn, nếu không có điều kiện thay ván gỗ tự nhiên thì nên thay bằng tấm bê tông 3D; sàn lát ván gỗ công nghiệp; vật liệu mái sử dụng gianh hoặc lá cọ lợp dày từ 30cm trở lên hoặc ngói máng không nung; dưới gầm sàn nâng cao thêm khoảng 2,2m-2,4m bằng cách kê chân cột lên các chân tảng bằng đá hoặc bê tông, đảm bảo đủ chiều cao người sử dụng, nền đổ bê tông hoặc lát gạch gốm, gạch men; dưới gầm sàn bố trí phòng vệ sinh, phòng tắm và không gian làm nghề thủ công hoặc kinh doanh dịch vụ du lịch.

Nội thất bên trong nhà nên thay các tấm rèm bằng vách ngăn

tấm thạch cao hoặc ván gỗ công nghiệp; bố trí bộ bàn ghế ăn và bếp phụ nấu ăn cho gia đình theo kiểu hiện đại, bếp chính giữ nguyên để tiếp khách và bố trí các ghế ngồi thấp cho khách xung quanh bếp lửa; bổ sung điều hòa, quạt máy làm mát, tủ lạnh và các trang thiết bị âm thanh, nghe, nhìn; bố trí giường ngủ và tủ quần áo cho các không gian ngủ.

Đối với ngôi nhà xây dựng mới: Những ngôi nhà xây dựng mới cần đáp ứng các yêu cầu sau: Về tổ chức trong khuôn viên nên xây dựng bên cạnh liền kề với ngôi nhà truyền thống theo hình “chữ nhất”, bố trí song song phía sau theo hình “chữ nhị” hoặc vuông góc với ngôi nhà sàn hiện hữu theo kiểu hình thước thợ, hình “chữ đinh”; về cấu trúc và hình thức ngôi nhà cần kế thừa các giá trị kiến trúc truyền thống dân tộc trong cấu trúc không gian và hình thức kiến trúc ngôi nhà sàn truyền thống, không gian dưới gầm sàn bố trí khu vệ sinh và không gian phục vụ sản xuất sinh kế, trên sàn bố trí không gian tiếp khách kết hợp với bếp khách, không gian thờ cúng tổ tiên, các phòng ngủ, phòng bếp nấu và ăn uống của gia đình, trên gác mái bố trí kho để lương thực, đồ quý; kết cấu sàn sử dụng các thanh dầm bê tông, trên gác tấm bê tông 3D hoặc kết cấu sàn bằng luống, trên lát ván gỗ công nghiệp, cũng có thể đổ kết cấu sàn bằng bê tông cốt thép toàn khối sau đó sơn giả gỗ; tường xây bằng vật liệu đất không nung khai thác tại địa phương, mái lợp ngói máng không nung hoặc gianh, lá cọ dày (rất không nên lợp mái bằng tấm tôn như đang làm đại trà hiện nay) (hình 7).



Hình 7. Giải pháp xây dựng ngôi nhà dân tộc Thái trắng sử dụng vật liệu địa phương [Nguồn: Lương Thị Hiền]

4.2. Phát triển nhà ở gắn với hoạt động sinh kế

Khác với đô thị, không gian cư trú khu vực nông thôn luôn gắn với hoạt động sinh kế hộ gia đình. Do đó, khi phát triển nhà ở cho DTTS VMNPB nhất thiết phải quan tâm đến phát triển các không gian hoạt động sinh kế trong không gian bản, làng cũng như không gian nhà ở để giúp người dân phát triển kinh tế hộ gia đình như không gian sản xuất nông nghiệp, nương, rẫy, trồng rừng; không gian làm nghề thủ công như dệt vải, đan lát, thêu, mộc, thủ nghệ; không gian hoạt động du lịch cộng đồng, trải nghiệm, homstay,...

Xây dựng phát triển điểm dân cư nông thôn: Khi xây dựng điểm dân cư nông thôn do nhu cầu phát triển các dự án phát triển kinh tế, xã hội, phục vụ quốc phòng, an ninh hoặc do thảm họa thiên tai như sạt lở đất, lũ ống, lũ quét,... thì cần quy hoạch không gian sản xuất của người dân. Tại TCVN 4454:2012 cũng đã nêu rõ khi quy hoạch xây dựng điểm dân cư nông thôn ngoài đất ở, đất công trình dịch vụ công cộng, đất giao thông và đất hạ tầng kỹ thuật, đất cây xanh công cộng thì cần phải quy hoạch gắn liền đó là đất sản xuất nông nghiệp, làm ngư nghiệp, đất công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp, đất phục vụ hỗ trợ sản xuất [2]. Như vậy, khi tái định cư do sạt lở đất, lũ ống, lũ quét cần nghiên cứu xây dựng điểm dân cư

nông thôn phải có giải pháp ứng phó và thích ứng với thiên tai, hạn chế việc đưa dân cư ra xa khỏi bản cũ, nơi họ đã gắn bó với mảnh đất chôn rau cắt rốn và nơi có ruộng, nương sản xuất từ hàng trăm năm trước đây. Nếu di dân đến nơi ở mới để tránh địa điểm thường xuyên sụt lở đất, lũ quét, lũ ống thì nhất thiết phải quy hoạch không gian sinh kế cho người dân, đất đai sản xuất nông nghiệp phải gắn liền với điểm dân cư nông thôn, giúp người dân chuyển đổi cơ cấu sản xuất, đưa dịch vụ du lịch cộng đồng, sản xuất tiểu thủ công nghiệp, dịch vụ hỗ trợ sản xuất, dịch vụ thương mại, trồng rừng đầu nguồn, trồng cây dược liệu, cây ăn quả vào các bản, làng tạo điều kiện để người dân phát triển kinh tế tại địa phương, tạo nên hệ sinh thái của không gian bản, làng “an cư - lạc nghiệp - phát triển”.

Xây dựng phát triển nhà ở: Không gian hoạt động sinh kế trong nhà ở cần được tổ chức trong khuôn viên và ngay bên trong không gian nhà ở gồm không gian sản xuất thủ công, mỹ nghệ, làm nghề truyền thống; dịch vụ thương mại, dịch vụ du lịch cộng đồng, homestay,... Các hoạt động sinh kế này ngoài mục tiêu phát triển kinh tế hộ gia đình sẽ góp phần gìn giữ các nét văn hóa truyền thống, từ đó thu hút khách du lịch, làm tăng thêm hình ảnh điểm đến cho thôn bản, địa phương.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận: Việc cải tạo, xây dựng nhà ở các DTTS VMNPB do nhu cầu phát triển, do nhu cầu xóa nhà tạm, nhà dột nát là những nhu cầu chính đáng và tất yếu nhằm giúp người dân cải thiện điều kiện ăn, ở, sinh hoạt, học tập nâng cao điều kiện sống cho con người. Tuy nhiên, nếu phát triển quá nhanh, thiếu định hướng, thiếu sự chỉ đạo sát sao của các cấp chính quyền thì nhà ở VMNPB sẽ ngày càng làm mất đi giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống, làm mất bản sắc văn hóa dân tộc. Từ những tình hình thực tiễn nêu trên, nhằm phát triển nhà ở các dân tộc thiểu số VMNPB đáp ứng nhu cầu của người dân nhưng vẫn giữ gìn giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống, nghiên cứu đã đề xuất 02 nhóm giải pháp, đó là: 1) Giải pháp xây dựng, phát triển nhà ở, trong đó nêu rõ giải pháp đối với việc cải tạo nhà ở hiện hữu cũng như giải pháp xây dựng phát triển nhà ở mới cần giữ gìn cấu trúc không gian truyền thống, hình thức, kết cấu và vật liệu thân thiện với môi trường; 2) Giải pháp phát triển nhà ở gắn với hoạt động sinh kế, gồm đề xuất xây dựng phát triển điểm dân cư nông thôn cần quy hoạch các không gian sản xuất nông nghiệp, lâm ngư nghiệp, công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp, không gian phục vụ hỗ trợ sản xuất nông nghiệp; giải pháp xây dựng phát triển nhà ở gắn với tổ chức không gian hoạt động sinh kế phù hợp với hộ gia đình.

Kiến nghị: Khi xây dựng phát triển nhà ở các DTTS VMNPB nhằm vừa đáp ứng nhu cầu sử dụng của người dân, vừa đảm bảo gìn giữ, bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa kiến trúc truyền thống mỗi dân tộc thì công tác quản lý phát triển cần phải: 1) Đối với các cấp chính quyền cần ban hành các văn bản hướng dẫn, công cụ quản lý, giám sát thực thi một cách hiệu quả đối với việc cải tạo, nhất là xây dựng phát triển nhà ở mới tại VMNPB; cần có chính sách cho vay vốn ưu đãi để người dân có thể sử dụng các loại vật liệu thân thiện với môi trường và phù hợp với vật liệu truyền thống trong quá trình cải tạo, xây dựng mới nhà ở; cần có các mẫu nhà phù hợp kèm theo khái toán kinh phí, hướng dẫn chi tiết cách thức xây dựng và sử dụng vật liệu cho người dân tham khảo trong quá trình cải tạo, phát triển nhà ở; 2) Đối với các tổ chức xã hội, chính trị cần quan tâm giám sát, hỗ trợ, giúp đỡ các hộ dân vay vốn ưu đãi, hỗ trợ ngày công lao động nhằm giúp đỡ người dân, những người già cô đơn, mẹ liệt sĩ, gia đình chính sách xây dựng phát triển nhà ở; 3) Đối với người dân cần tham khảo các nhà chuyên môn để có mẫu nhà thích hợp, tham khảo vật liệu mới nhưng phải là thân thiện với môi trường, phù hợp với vật liệu truyền thống khi xây dựng nhà ở cho gia đình; cần vay

vốn các tổ chức tín dụng để có thể mua sắm vật liệu và trang thiết bị đáp ứng nhu cầu sử dụng nhưng không làm ảnh hưởng đến thẩm mỹ kiến trúc, ảnh hưởng đến môi trường sống nông thôn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ GD&ĐT trong Đề tài nghiên cứu “Phát triển bền vững nhà ở các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc”, mã số B2025-XDA-02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ NN&PTNT, Hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về nông thôn mới, Thông tư 41/2013/TT-BNNPTNT, Hà Nội, năm 2013.
- [2] Bộ KH&CN, Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4454:2012, Quy hoạch xây dựng nông thôn - Tiêu chuẩn thiết kế, năm 2012.
- [3] Trần Quốc Bảo, Định hướng phát triển kiến trúc nhà ở dân tộc Thái vùng Tây Bắc phục vụ du lịch cộng đồng, Tạp chí Xây dựng số 3/2024.
- [4] Tran Quoc Bao, Nguyen Dinh Thi, Mai Quang Khai (2024), Impacts of Culture on Traditional Housing Architecture of Ethnic Minority in the Vietnamese Northern Mountains, Journal of Design and Built Environment, Vol. 24, No 2 pp. 01-18DOI: 10.13189/cea.2024.121321.
- [5] Nguyễn Đình Thi (chủ biên), Văn hóa và Kiến trúc, NXB Xây dựng, Hà Nội, năm 2022.
- [6] Nguyễn Đình Thi (chủ biên), Phát triển bền vững kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc, NXB Xây dựng, Hà Nội, năm 2024, tr.114, tr.115, tr.116.
- [7] Nguyễn Đình Thi, Kiến trúc nhà ở nông thôn, NXB Xây dựng, Hà Nội, năm 2011.
- [8] Nguyễn Đình Thi, Nhà ở dân gian truyền thống Việt Nam, Tạp chí Kiến trúc số 10/2010.
- [9] Nguyễn Đình Thi, Nguyễn Ngọc Hương, Phát huy giá trị kiến trúc nhà ở dân tộc Mường tỉnh Hòa Bình trong xây dựng nông thôn mới, Tạp chí Kiến trúc Việt Nam số 247/2023.
- [10] Nguyen Dinh Thi, Luong Thi Hien, Models of residential space for ethnic minorities in Thanh Hoa Province associated with sustainable livelihoods, Heritage and Sustainable Development Vol. 6, No. 1, March 2024, pp.127-144 <https://doi.org/10.37868/hsd.v6i1.258>.
- [11] Tổng cục Thống kê, Niên giám thống kê, NXB Thống kê, Hà Nội năm 2022.
- [12] Tổng cục Thống kê, Kết quả toàn bộ Tổng điều tra Dân số và Nhà ở năm 2019, NXB Thống kê, Hà Nội năm 2019.
- [13] <https://www.baohoabinh.com.vn/274/190452/Thi-dua-Chung-tay-xoa-nha-tam,-nha-dot-nat-tren-phan-vi-ca-nuoc-tr111ng-nam-2025.htm>.
- [14] <https://baobackan.vn/bac-kan-quiet-tam-xoa-nha-tam-nha-dot-nat-cho-hongheo-post67597.html>.
- [15] <https://baodienbienphu.com.vn/bai-thuong/kinh-te/tao-viec-lam-doi-thay-dien-mao-nong-thon>.

Phát triển mô hình dự báo sức chịu tải cọc dựa trên dữ liệu thí nghiệm O-cell bằng phương pháp học máy ANN

Development of pile bearing capacity prediction model based on O-cell test data using ANN machine learning

> TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN¹, THS PHẠM ĐÌNH TRUNG NGHĨA²

¹Trưởng bộ môn Kỹ thuật CTXD, Trường Đại học Mở TP.HCM, Email: huan.vnp@ou.edu.vn

²Văn phòng Tỉnh ủy Đồng Tháp, Email: phamdinhtrungnghia@gmail.com

TÓM TẮT

Dự đoán chính xác sức chịu tải của cọc là một thách thức quan trọng trong ngành địa kỹ thuật, đặc biệt khi xét đến sự tương tác phức tạp giữa nền đất và cọc. Nghiên cứu này nhằm phát triển một mô hình dự báo dựa trên phương pháp học máy để xác định sức chịu tải của cọc từ dữ liệu thực nghiệm thu thập qua các thí nghiệm tải trọng O-cell. Bộ dữ liệu bao gồm thông tin chi tiết về hình học cọc, đặc tính vật liệu, đặc điểm nền đất và sức chịu tải đo được. Kỹ thuật học máy tiên tiến, cụ thể là Mạng thần kinh nhân tạo (ANN), đã được áp dụng để mô phỏng các mối quan hệ phi tuyến giữa các tham số đầu vào và sức chịu tải của cọc. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng của các mô hình học máy trong việc nâng cao độ tin cậy và hiệu quả của quá trình thiết kế cọc. Nghiên cứu này không chỉ cung cấp một công cụ dự báo mạnh mẽ mà còn đóng góp vào việc thúc đẩy ứng dụng các phương pháp tiếp cận dựa trên dữ liệu trong thực hành địa kỹ thuật.

Từ khóa: Sức chịu tải cọc; thí nghiệm O-cell; phương pháp máy học; nền tĩnh cọc.

ABSTRACT

Accurately predicting the bearing capacity of piles is a significant challenge in geotechnical engineering, especially considering the complex interactions between soil and piles. This study aims to develop a machine learning-based model to estimate the bearing capacity of piles using experimental data obtained from O-cell load tests. The dataset includes detailed information on pile geometry, material properties, soil characteristics, and measured bearing capacities. Advanced machine learning techniques, specifically Artificial Neural Networks (ANN), were applied to capture the nonlinear relationships between input parameters and pile bearing capacity. The findings confirm the potential of machine learning models to enhance the reliability and efficiency of pile design processes. This study not only provides a robust predictive tool but also contributes to promoting data-driven approaches in geotechnical engineering practice.

Keyword: Pile Load-Bearing Capacity, O-cell test, Machine learning, Static Pile Load Test.

1. GIỚI THIỆU

Dự đoán sức chịu tải của cọc là một yếu tố quan trọng trong kỹ thuật địa chất, ảnh hưởng đến sự an toàn, hiệu quả và tính kinh tế của thiết kế nền móng. Cọc thường được sử dụng để truyền tải các lực cấu trúc xuống các lớp đất sâu và ổn định hơn, nhưng việc ước lượng chính xác sức chịu tải của cọc vẫn là một nhiệm vụ phức tạp do sự tương tác tinh vi giữa cọc, đặc tính đất và điều kiện môi trường. Các phương pháp truyền thống, như các phương trình phân tích và các tương quan thực nghiệm, thường dựa trên những giả định lý tưởng và có hạn chế trong khả năng tính toán tính phi tuyến tính và tính không đồng nhất của tương tác đất-cọc. Những hạn chế này làm nổi bật nhu cầu về các công cụ dự đoán mạnh mẽ và linh hoạt hơn.

Sự xuất hiện của phương pháp máy học đã mở ra cơ hội mới để giải quyết các vấn đề kỹ thuật phức tạp bằng cách sử dụng các bộ dữ liệu lớn để phát hiện các mô hình và mối quan hệ mà khó có thể nắm bắt bằng các phương pháp truyền thống. Trong số các kỹ thuật máy học, mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) đã chứng tỏ tiềm năng đáng kể trong việc giải quyết các vấn đề phi tuyến và đa biến trong kỹ thuật địa chất. ANN có khả năng mô hình hóa các mối quan hệ phức tạp giữa các yếu tố đầu vào và đầu ra, khiến chúng trở thành công cụ lý tưởng để dự đoán sức chịu tải của cọc dựa trên các bộ dữ liệu đa dạng.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phát triển một mô hình dự đoán sức chịu tải của cọc sử dụng ANN và dữ liệu thực nghiệm từ các thí nghiệm O-cell. Các thí nghiệm O-cell, được biết đến với độ

tin cậy cao và khả năng đo lường riêng biệt sức kháng của nền và thân cọc, cung cấp một nguồn dữ liệu phong phú để huấn luyện và kiểm định các mô hình học máy. Bằng cách kết hợp các tham số như hình học cọc, đặc tính vật liệu và tính chất đất, nghiên cứu này nhằm tạo ra một công cụ dự đoán chính xác và thực tế cho các kỹ sư. Nghiên cứu cũng đánh giá hiệu suất của mô hình ANN so với các phương pháp dự đoán truyền thống, làm nổi bật những ưu điểm của nó về độ chính xác và khả năng thích ứng.

2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP DỰ ĐOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC VÀ ỨNG DỤNG HỌC MÁY TRONG KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT

2.1 Phương pháp truyền thống trong dự đoán sức chịu tải của cọc

Dự đoán sức chịu tải của cọc là một trong những vấn đề quan trọng trong thiết kế nền móng. Các phương pháp truyền thống để ước tính sức chịu tải của cọc chủ yếu dựa vào các công thức phân tích lý thuyết và các mối quan hệ thực nghiệm. Các phương pháp này bao gồm các mô hình như phương pháp phân tích lớp đất, phương pháp R-T (resistance-time), hay phương pháp của Meyerhof và Hansen (1976), trong đó sức chịu tải của cọc được tính toán dựa trên các tham số đất và hình học cọc.

Các phương pháp truyền thống này mặc dù được sử dụng rộng rãi, nhưng có một số nhược điểm đáng chú ý. Các giả định lý thuyết trong các mô hình này thường không hoàn toàn phản ánh tính chất phi tuyến tính và không đồng nhất của đất nền. Ngoài ra, việc áp dụng các phương pháp này cũng gặp khó khăn khi phải xử lý những tình huống phức tạp, như sự ảnh hưởng của các lớp đất không đồng nhất, hoặc điều kiện môi trường thay đổi.

2.2 Thí nghiệm O-cell trong dự đoán sức chịu tải của cọc

Thí nghiệm O-cell (O-cell load test) là một phương pháp thực nghiệm tiên tiến được sử dụng để đo lường sức chịu tải của cọc, cung cấp thông tin chi tiết về kháng lực của thân cọc và đáy cọc riêng biệt. Các thí nghiệm này cho phép đo đạc chính xác sự phân bố tải trọng dọc theo chiều sâu của cọc, từ đó giúp hiểu rõ hơn về cách thức truyền tải lực và phân bố ứng suất trong đất. Dữ liệu thu thập được từ thí nghiệm O-cell có thể cung cấp các tham số quan trọng cho việc phát triển các mô hình dự đoán sức chịu tải cọc, đặc biệt khi kết hợp với các kỹ thuật học máy.

2.3 Ứng dụng học máy trong dự đoán sức chịu tải của cọc

Trong những năm gần đây, việc ứng dụng các phương pháp học máy (ML) để dự đoán sức chịu tải của cọc ngày càng được chú trọng. Các kỹ thuật học máy, đặc biệt là Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), đã chứng tỏ tiềm năng vượt trội trong việc giải quyết các vấn đề phi tuyến và đa biến trong kỹ thuật địa chất. Các mô hình ANN có khả năng học được các mối quan hệ phức tạp giữa các yếu tố đầu vào (như hình học cọc, đặc tính vật liệu, và tính chất đất) và đầu ra (sức chịu tải cọc) mà các phương pháp truyền thống không thể mô hình hóa một cách hiệu quả.

Nhiều nghiên cứu đã ứng dụng ANN trong việc dự đoán sức chịu tải của cọc với sự thành công đáng kể. Ví dụ, một số nghiên cứu đã kết hợp dữ liệu từ các thí nghiệm O-cell và các thông số kỹ thuật khác để huấn luyện các mô hình ANN. Các mô hình này đã cho kết quả chính xác hơn so với các phương pháp phân tích lý thuyết, đặc biệt trong các trường hợp đất nền phức tạp và không đồng nhất.

Bên cạnh ANN, các kỹ thuật học máy khác như Học máy có giám sát (Supervised Learning), Học máy không giám sát (Unsupervised Learning), hay các thuật toán hồi quy đa chiều như MARS (Multivariate Adaptive Regression Spline) cũng đã được áp dụng để giải quyết bài toán dự đoán sức chịu tải cọc. Các nghiên

cứu này đều cho thấy rằng học máy có khả năng khai thác dữ liệu thực nghiệm hiệu quả và có thể cung cấp những dự đoán chính xác hơn, đồng thời giảm thiểu những giả định lý thuyết khắt khe mà phương pháp truyền thống yêu cầu.

2.4 Các nghiên cứu trước đây và hướng phát triển trong tương lai

Mặc dù có sự phát triển mạnh mẽ trong ứng dụng học máy trong kỹ thuật địa chất, đặc biệt trong việc dự đoán sức chịu tải của cọc, nhưng vẫn còn nhiều thách thức cần được giải quyết. Các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào việc xây dựng mô hình ANN với các bộ dữ liệu có sẵn từ các thí nghiệm O-cell hoặc các thử nghiệm thực địa khác. Tuy nhiên, các yếu tố như sự đa dạng của điều kiện đất, ảnh hưởng của các lớp đất không đồng nhất, và sự thay đổi của các điều kiện môi trường vẫn còn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Do đó, nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào việc cải thiện khả năng tổng quát của các mô hình học máy, đặc biệt là khả năng xử lý các dữ liệu có độ phân giải cao và độ phức tạp cao.

3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Dữ liệu thí nghiệm O-cell

Hình 1 bên dưới mô tả 3 công trình nhà cao tầng tại TP.HCM, có áp dụng thí nghiệm O-cell để đánh giá sức chịu tải cọc. Thông số chi tiết cọc được mô tả theo bảng 1 sau:

Bảng 1: Chi tiết thông số cọc được áp dụng thí nghiệm O-cell

	Test Pile 1	Test Pile 2	Test Pile 2
Dự án	Lim III	Golden River Bason	Landmark 81
Chiều dài (m)	63	69	85
Diện tích mặt cắt ngang (mm)	2800 x 800	2800 x 800	2800 x 1000
Trọng lượng phía trên O-cell (kN)	1500	1900	2400
Chiều dài phía trên O-cell	47	58	61.8
Chiều dài phía dưới O-cell	16	11	23.2
Chỉ số SPT tại mũi cọc	63	64	83



Hình 1. Vị trí của các cọc thí nghiệm tại TP.HCM

3.2 Mô hình ANN

Mô hình ANN được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm ba lớp chính: lớp đầu vào, lớp ẩn, và lớp đầu ra. Cấu trúc mô hình được tối ưu hóa để đạt được kết quả dự đoán chính xác nhất cho sức chịu tải của cọc.

○ Lớp đầu vào: Vị trí O-cell trong cọc; Chỉ số SPT tại mũi cọc; Giá trị tải trọng phía trên O-cell.

	Chiều dài phía trên O-cell (L1) / chiều dài cọc phía dưới O-cell (L2)	Chỉ số SPT tại mũi cọc với chiều dài cọc N _{spt} /L _{cọc}	Trọng lượng phía trên O-cell với chiều dài cọc W _{up} /L _{cọc}
Test Pile 1	0.746	1.000	23.8
Test Pile 2	0.840	0.927	27.5
Test Pile 3	0.720	0.809	28.2

○ Lớp ẩn: Mô hình sử dụng một số lớp ẩn để học các mối quan hệ phi tuyến tính giữa các đặc trưng đầu vào và sức chịu tải của cọc. Số lượng lớp ẩn và số nút trong mỗi lớp được điều chỉnh để tối ưu hóa hiệu suất của mô hình.

○ Lớp đầu ra: Sức chịu tải cực hạn (Q_{ult}): Giá trị mục tiêu cần dự đoán.

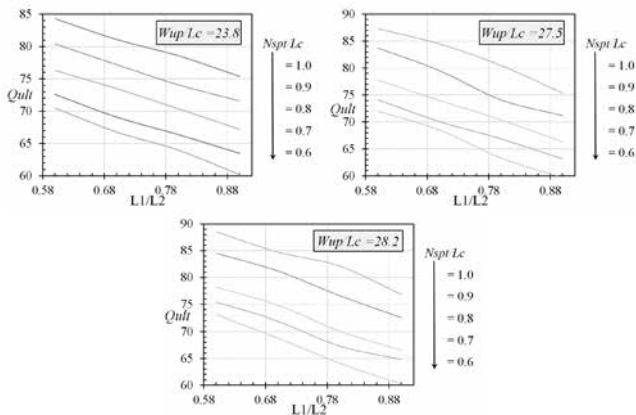
Cấu trúc chính của mô hình ANN trong nghiên cứu này bao gồm:

○ Số lớp ẩn: Mô hình sử dụng từ một đến ba lớp ẩn, mỗi lớp có từ 10 đến 50 nút. Số lượng lớp ẩn và nút được điều chỉnh dựa trên việc đánh giá hiệu suất của mô hình trong quá trình huấn luyện.

○ Hàm kích hoạt: Các lớp ẩn sử dụng hàm kích hoạt ReLU (Rectified Linear Unit) vì khả năng xử lý tốt các vấn đề phi tuyến và hiệu suất tính toán cao. Tuy nhiên, lớp đầu ra sử dụng hàm kích hoạt tuyến tính (Linear Activation) để dự đoán sức chịu tải, vì giá trị dự đoán là một đại lượng liên tục.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Kết quả



Hình 2. Ảnh hưởng của tỉ lệ vị trí lắp đặt O-cell tới sức chịu tải cực hạn trong các trường hợp thay N_{spt} tại mũi thay đổi tương ứng với chiều dài cọc.

4.2 Đánh giá hiệu suất mô hình

- Sai số trung bình (Mean Absolute Error - MAE)
 - Sai số trung bình giữa dự đoán và thực tế là ~ 2,182 kN.
 - Với sức chịu tải lớn (60-90 MN), sai số này có thể chấp nhận được trong một số trường hợp thực nghiệm.
- Sai số căn bậc hai (Root Mean Square Error - RMSE)
 - RMSE = 3,290.56 kN.
 - Sai số lớn hơn một chút so với MAE do nhấn mạnh vào các giá trị sai lệch lớn.

• Hệ số xác định ($R^2 = 0.891$): Mô hình giải thích được 89.1% sự biến thiên của dữ liệu thực nghiệm, cho thấy hiệu suất khá tốt.

4.3 Phân tích tầm quan trọng của các tham số

- Vị trí O-cell: Tham số này ảnh hưởng mạnh đến sức chịu tải cọc, đặc biệt nếu O-cell gần mũi cọc (giảm sức chịu tải).
- N_{spt}/L_{cọc}: Chỉ số SPT tại mũi cọc có thể ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải, thể hiện khả năng của đất nền tại mũi cọc.

- W_{up}/L_{cọc}: Trọng lượng phía trên O-cell có thể ảnh hưởng theo cả hai chiều (tăng hoặc giảm sức chịu tải).

5. KẾT LUẬN

Nếu O-cell nằm gần đáy cọc, ảnh hưởng của đất nền xung quanh có thể giảm, dẫn đến sự suy giảm sức chịu tải. Tham số này có thể được coi là quan trọng nhất trong việc dự đoán sức chịu tải cọc, vì vị trí O-cell xác định mức độ ảnh hưởng của các tầng đất khác nhau đến sự chịu lực của cọc. Do đó việc chọn vị trí O-cell để đánh giá sức chịu tải cọc cần được quan tâm nhiều hơn trong các điều kiện cụ thể.

Chỉ số SPT tại mũi cọc, được chuẩn hóa theo chiều dài cọc, có ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải. Chỉ số SPT càng cao thể hiện độ đặc chắc của đất nền, từ đó làm tăng sức chịu tải của cọc. Điều này đặc biệt quan trọng ở các vùng đất có khả năng chịu lực tốt, chẳng hạn như đất cứng hoặc đất có đặc tính tương tự. Mặc dù không mạnh bằng vị trí O-cell, chỉ số SPT vẫn là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá sức chịu tải của cọc, đặc biệt trong điều kiện đất nền yếu.

Trọng lượng phía trên O-cell ảnh hưởng đến sức chịu tải cọc theo một số cách. Trọng lượng này làm tăng áp lực lên cọc, giúp cọc vươn tới và duy trì khả năng chịu tải tốt hơn, đặc biệt là trong đất nền cứng. Tuy nhiên, nếu trọng lượng quá lớn, có thể gây ra hiện tượng áp lực dư thừa (overloading) dẫn đến sự quá tải và làm giảm hiệu quả sử dụng của cọc.

Khuyến nghị cho việc thiết kế cọc: Thiết kế cọc có thể được tối ưu hóa bằng cách điều chỉnh vị trí O-cell sao cho nằm trong các vùng có chỉ số SPT cao, đồng thời tính toán trọng lượng phía trên O-cell một cách hợp lý để đảm bảo cọc không bị quá tải. Việc phân tích sức chịu tải cọc nên được thực hiện đồng thời với việc đo đạc và đánh giá chỉ số SPT và kiểm soát lực tác dụng từ trọng lượng phía trên cọc. Các kết quả này sẽ giúp thiết kế các hệ thống cọc hiệu quả hơn, tránh hiện tượng quá tải hoặc thiết kế thừa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 205:1998 Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] TCVN 9351-2012. Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm hiện trường - thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT).
- [3] TCVN 9393:2012. Cọc - Phương pháp thử nghiệm tại hiện trường bằng tải ép tĩnh dọc trục.
- [4] TCVN 10304:2014. Móng Cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, 2014.
- [5] P.-H. Vo Nguyen and T. Nghia-Nguyen. (2024), "The Effectiveness of determining the Load-bearing Capacity of Piles based on the Results of Pile Dynamic Testing: The Case Study of Long An Province, Vietnam," Eng. Technol. Appl. Sci. Res., vol. 14, no. 1, pp. 12728–12733, DOI:https://doi.org/10.48084/etasr.6651.
- [6] Schmertmann et al. (1998), "O-cell Testings Case Histories Demonstrate the Importance of Bored Pile (Drilled Shaft) Construction Technique," International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering.
- [7] Hyeong-Joo Kim and Jose Leo Mission (2011), "Improved Evaluation of Equivalent Top-Down Load-Displacement Curve from a Bottom-Up Pile Load Test," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 137(6), 568-578.
- [8] HIẾU, T. T., TÂM, N. M. & DANH, T. T. (2022). "Nghiên cứu tương quan giữa lực ép cọc và sức chịu tải của cọc".
- [9] LEUNG, Y. F., KLAR, A. & SOGA, K. (2010). "Theoretical study on pile length optimization of pile groups and piled rafts". *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 136, 319-330.
- [10] Fugro Load Test Asia Pte. Ltd, "Report on Barrette load testing Osterberg Method for Office Building LIM III." Nov. 10, 2017.
- [11] Fugro Load Test Asia Pte. Ltd, "Report on Barrette load testing Osterberg Method for Pile TN6 - Vincomes Bason." Mar. 03, 2016.
- [12] Fugro Load Test Asia Pte. Ltd, "Report on Barrette load testing Osterberg Method for Landmark Tower." Ho Chi Minh City, Viet Nam, May 29, 2015.

Xác định các thông số tối ưu của máy đào một gầu dựa trên điều kiện hoạt động

Determining the optimal parameters of a single-bucket excavator based on operating conditions

> TS TRẦN ĐỨC HIẾU

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Email: hieutd@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Đặc tính kỹ thuật của máy là tài liệu chứa thông tin về kỹ thuật, vận hành, công thái học và các thông số môi trường của máy, cung cấp khả năng quyết định việc sử dụng máy hiệu quả để thực hiện các thao tác công nghệ cần thiết, tùy thuộc vào điều kiện vận hành. Các thông số chính là các thông số cần thiết để lựa chọn một máy trong những điều kiện vận hành nhất định. Các thông số chính bao gồm các thông số xác định khả năng cơ động, khả năng làm việc, kích thước làm việc chính của máy, cũng như độ tin cậy của chúng. Đối với máy đào một gầu, các thông số chính được gọi là các thông số quyết định phần lớn khả năng công nghệ của máy như: khối lượng của máy m , công suất của máy N , dung tích gầu q . Việc lựa chọn các thông số cho máy mới trong quá trình thiết kế là một nhiệm vụ kinh tế kỹ thuật quan trọng. Giải pháp cho vấn đề này đảm bảo việc tạo ra các hệ thống và tổ hợp máy để đảm bảo cơ giới hóa toàn diện hiệu quả trong công việc đào đất. Là một hàm mục tiêu, khi tối ưu hóa các thông số, các chỉ tiêu kỹ thuật và vận hành được sử dụng, bao gồm cả thời gian chu kỳ vận hành và các chỉ tiêu về hiệu quả kinh tế kỹ thuật. Bài báo trình bày kết quả xác định các thông số tối ưu của máy đào một gầu dựa trên điều kiện hoạt động.

Từ khóa: Máy đào một gầu; thông số chính; đồng dạng; tối ưu; mô hình toán học.

ABSTRACT

The technical characteristics of a machine are documents containing information on its technical specifications, operation, ergonomics, and environmental parameters. These details enable effective decision-making regarding the machine's use for performing necessary technological operations, depending on operating conditions. The main parameters include parameters that determine the maneuverability, working capacity, main working dimensions of the machine, as well as their reliability. For a single-bucket excavator, the key parameters primarily define its technological capabilities, such as machine weight m , machine power N , and bucket capacity q . Selecting these parameters for a new machine during the design process is a crucial techno-economic task. Solving this problem ensures the development of machine systems and complexes that enable efficient comprehensive mechanization of earthmoving operations. As an objective function in parameter optimization, both technical and operational indicators are considered, including cycle time and techno-economic efficiency criteria. This paper presents the results of determining the optimal parameters of a single-bucket excavator based on operating conditions.

Keywords: Single-bucket excavator; main parameters; similarity; optimization; mathematical model

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân tích quá trình làm việc của máy đào một gầu và tiêu chuẩn GOST (CHLB Nga) tương ứng cho phép chúng ta kết luận rằng đối với máy đào một gầu, thông số kỹ thuật chính là trọng lượng của máy. Phần còn lại của các thông số kỹ thuật chính được lấy từ thông số chính và có thể được xác định bằng các phương pháp mô hình hóa và lý thuyết đồng dạng cho các đối tượng kỹ thuật tương tự [2]. Các nhà nghiên cứu đã xác định các thông số kỹ thuật chính và thông số vận hành của máy thông qua việc phân tích các mô hình toán học tối ưu hoá thời gian chu kỳ vận hành. Các tham số ảnh hưởng được xem xét như là các biến độc lập trong mô hình. Phương pháp này cho phép tìm ra kết quả tối ưu cho một máy cụ thể dưới

điều kiện vận hành nhất định. Lời giải tổng quát thu được bằng cách xem máy như một đối tượng đồng dạng của một nhóm máy tương tự. Kết hợp phân tích thời gian chu kỳ với lý thuyết đồng dạng giúp giải quyết hai vấn đề: tối ưu hóa thời gian chu kỳ và tổng quát hóa kết quả cho các máy và điều kiện vận hành tương tự.

Lý thuyết đồng dạng là sự kết hợp của lý thuyết mô hình hóa và thực nghiệm, là tài liệu hướng dẫn nghiên cứu thực nghiệm trên một đối tượng cụ thể, khái quát hóa và áp dụng các kết quả thu được cho các đối tượng khác. Newton đã rút ra câu trả lời cho câu hỏi vì sao kết quả thí nghiệm với mô hình của một vật thể lại có thể khác biệt so với mô hình ban đầu và cách để giải quyết vấn đề này trong định lý về sự đồng dạng cơ học của các vật thể. Lý thuyết về

sự đồng dạng và mô hình hóa dựa trên ba định lý đồng dạng và các điều kiện bổ sung. Trong nghiên cứu của viện sĩ V.P. Goryachkina và giáo sư V.A. Venikov [3], áp dụng nguyên lý đồng dạng đã được chứng minh trong việc chế tạo một loạt các loại máy nông nghiệp và trong lĩnh vực năng lượng. Nghiên cứu này đã xác định ý nghĩa của các lực khác nhau và làm rõ sự phụ thuộc của điện trở vào kích thước tuyến tính. Sự phát triển và phân ánh đầy đủ nhất về lý thuyết đồng dạng trong mối quan hệ với cơ học liên tục có thể được tìm thấy trong các công trình về thủy văn và khí động học [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Định lý đồng dạng đầu tiên đã xây dựng các tính chất của các hệ thống đồng dạng, cho rằng các hiện tượng đồng dạng thỏa mãn cùng một tiêu chí, hay nói cách khác, Định lý đầu tiên đã xác định các điều kiện cần thiết cho sự đồng dạng. Việc chứng minh khả năng rút gọn phương trình về dạng tiêu chuẩn là nội dung của định lý đồng dạng thứ hai (định lý π). Tuy nhiên, việc sử dụng phương pháp phân tích thứ nguyên không đủ để phân ánh đủ điều kiện cho sự tồn tại của sự đồng dạng. Định lý thứ ba của lý thuyết về sự đồng dạng chỉ ra các giới hạn của sự phân bố tự nhiên của một trải nghiệm đơn lẻ. Nghiên cứu đã chứng minh rằng các hiện tượng đồng dạng chỉ xuất hiện khi có những điều kiện duy nhất giống nhau và đáp ứng cùng một tiêu chuẩn xác định. Tiêu chuẩn này bao gồm các biến độc lập tương đương nhau, được xác định trong những điều kiện duy nhất như mối quan hệ hình học, các tham số vật lý và điều kiện biên (điều kiện ban đầu và điều kiện biên). Tiêu chí đồng dạng là các biểu thức không thứ nguyên có thể được coi là một thước đo trung bình nào đó về tỷ lệ cường độ của hai hiệu ứng vật lý có ý nghĩa quan trọng đối với quá trình đang nghiên cứu. Tiêu chí đồng dạng được xác định theo nhiều cách khác nhau: từ các điều kiện đồng nhất của các phương trình mô tả các quá trình, hoặc từ phân tích thứ nguyên, một biến thể của nó là phương pháp không thứ nguyên.

Lý thuyết về sự đồng dạng dựa trên những tiền đề tương tự như tính toán phân tích: đòi hỏi rõ ràng về các điều kiện ban đầu (biên), các tham số và tọa độ của quá trình nghiên cứu. Do đó, lý thuyết về sự đồng dạng đóng vai trò quan trọng như một mắt xích kết nối giữa lý thuyết và thực nghiệm. Xác định các thông số đồng dạng là một kỹ thuật dựa trên hệ quả đầu tiên, nó thiết lập mối liên kết giữa các tham số của các đối tượng đồng dạng. Trong trường hợp này, các phương trình mô tả các quá trình trong các đối tượng tương tự nhau và các tiêu chí đồng dạng cũng tương tự. Vì vậy, nếu các đối tượng và hiện tượng là đồng dạng, tức là các phương trình đặc trưng mô tả chúng giống nhau và các tiêu chí đồng dạng cũng tương đương, thì các thông số của đối tượng thiết kế có thể được xác định thông qua các thông số chính của nó (những thông số luôn được xác định hoặc thiết lập dựa trên việc giảm thiểu thời gian làm việc) và các thông số của một đối tượng tham chiếu được lựa chọn làm tiêu chuẩn (mô hình). Căn cứ để xác định các thông số kỹ thuật của máy thường dựa trên các mô hình hồi quy. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, chúng ta không thể thu được các thông số này do phải đối mặt với các hạn chế do điều kiện vận hành. Nguyên nhân chính thường là thiếu thông tin đầy đủ về các đặc tính định lượng và chất lượng của đối tượng kỹ thuật được phân tích thống kê. Thậm chí, có thể không có thông tin về số lượng sê-ri của máy, trong một số trường hợp, mục đích sử dụng của máy cũng không được nêu rõ.

Việc xác định các thông số kỹ thuật hợp lý thường dựa trên việc tối ưu hóa mô hình toán học về thời gian vận hành và sử dụng các mẫu đồng dạng. Quá trình này cho phép chúng ta tính đến các đặc điểm cụ thể của hệ thống đang được xem xét và thiết lập các thông số kỹ thuật của máy một cách có logic hơn. Các máy có cấu trúc tương đồng trong các điều kiện vận hành tương tự thường có các

tiêu chí đồng dạng và các tham số tỷ lệ với các điều kiện cụ thể. Để xây dựng các mối liên hệ cần thiết, cần phải xác định rõ các tiêu chí đồng dạng của hệ thống và các điều kiện cụ thể.

Các máy đào một gầu đồng dạng thường có kích thước tuyến tính khác nhau, bao gồm kích thước của các bộ phận làm việc và các thành phần khác của máy. Điều này dẫn đến việc tạo ra một môi trường với các đặc tính vật lý và cơ học đa dạng. Khi thay đổi kích thước tuyến tính, các tải trọng tác động lên máy thường có các đặc tính vật lý khác nhau và chịu ảnh hưởng của các quy luật riêng biệt. Mối quan hệ đồng dạng giữa các thông số kỹ thuật chính của máy đào một gầu được minh họa trong bảng 1 và bảng 2. Mối liên hệ này dựa trên việc phân tích các định luật cơ học và lý thuyết về sự đồng dạng của các hệ thống kỹ thuật. Không cần sử dụng các phương pháp phân tích hồi quy vì hai lý do chính: Thứ nhất, mối liên hệ giữa các tham số được xác định dựa trên các định luật cơ học, giúp thiết lập mối quan hệ nhân quả giữa chúng; Thứ hai, phương pháp hồi quy chỉ phản ánh hậu quả của quá trình mà không tiết lộ nguyên nhân và bản chất của hiện tượng. Phương pháp này thường được áp dụng trong việc phân tích các quy trình mà các mẫu phân tích chưa được thiết lập, ví dụ như khi thiết lập kết nối giữa các thông số và giá thành của máy móc trên thị trường. Tuy nhiên, trong trường hợp này, phương pháp hồi quy chỉ ghi lại hậu quả mà không tiết lộ lý do của quá trình thị trường và mô hình thị trường.

Các quy định đã xem xét cho thấy rằng trong trường hợp của máy đào một gầu, các thông số kỹ thuật chính như m, N, q, T, L, \dots có mối quan hệ đặc trưng được biểu diễn bằng các hệ số tỷ lệ tương ứng. Tiêu chí đồng dạng cho các hệ thống như vậy, bao gồm các giá trị định rõ cho các thông số kỹ thuật chính, sẽ có giá trị tương đương nhau, biểu thị bằng $\Pi_i = idem$.

Người sử dụng cần được tư vấn để lựa chọn thiết bị phù hợp với điều kiện vận hành cụ thể của mình. Sử dụng máy trong điều kiện tạo ra hiệu quả cao nhất sẽ đảm bảo khách hàng thu được nhiều lợi nhuận hơn. Các vấn đề loại này được giải quyết bằng phương pháp tối ưu hóa các tham số tùy thuộc vào các yếu tố ảnh hưởng.

Việc xác định các thông số kỹ thuật và vận hành tối ưu của máy đào một gầu dựa trên việc giảm thiểu thời gian chu kỳ làm việc của máy, được thảo luận trong hướng dẫn, sẽ hữu ích trong việc giải quyết các vấn đề như vậy. Phương pháp phát triển cho phép giải quyết hai vấn đề: lựa chọn một máy cung cấp tối ưu, kết quả tùy thuộc vào điều kiện vận hành bằng cách giảm thiểu thời gian chu kỳ làm việc của máy và khái quát hóa kết quả thu được cho các đối tượng thiết bị và điều kiện vận hành tương tự.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Người sử dụng cần được tư vấn để lựa chọn thiết bị phù hợp với điều kiện vận hành cụ thể của mình. Sử dụng máy trong điều kiện tạo ra hiệu quả cao nhất sẽ đảm bảo khách hàng thu được nhiều lợi nhuận hơn. Các vấn đề này được giải quyết bằng phương pháp tối ưu hóa các tham số tùy thuộc vào các yếu tố ảnh hưởng. Việc xác định các thông số kỹ thuật và vận hành tối ưu của máy đào một gầu dựa trên việc giảm thiểu thời gian chu kỳ làm việc của máy, được thảo luận trong hướng dẫn, sẽ hữu ích trong việc giải quyết các vấn đề như vậy. Phương pháp phát triển cho phép giải quyết hai vấn đề: lựa chọn một máy cung cấp tối ưu, kết quả tùy thuộc vào điều kiện vận hành bằng cách giảm thiểu thời gian chu kỳ làm việc của máy và khái quát hóa kết quả thu được cho các đối tượng thiết bị và điều kiện vận hành tương tự.

Trước khi bắt đầu thiết kế một máy, bạn cần phải để xây dựng một nhiệm vụ kỹ thuật và thiết lập hợp lý các thông số kỹ thuật ban đầu chính và cơ bản (trọng lượng máy, công suất, kích thước của bộ phận làm việc), trong thực tế ở điều kiện bình thường được chỉ định

bằng phương pháp dựa trên việc giảm thiểu thời gian thực hiện các thao tác công nghệ, bổ sung cho các phương pháp tính toán hiện có về mặt xác định bản chất ảnh hưởng của các yếu tố quyết định điều kiện vận hành lên các thông số kỹ thuật của máy. Phương pháp này cho phép thiết lập giá trị tối ưu của các thông số kỹ thuật chính của máy (trọng lượng máy, độ bão hòa năng lượng N/m, công suất N,...) tùy thuộc vào điều kiện hoạt động.

Ở giai đoạn thiết kế, nên sử dụng phương pháp trên để xây dựng các thông số kỹ thuật cho thiết kế. Phương pháp này cho phép hình thành các thông số kỹ thuật ban đầu có cơ sở hơn, có tính đến các điều kiện vận hành đã chỉ định hoặc dự kiến. Các thông số kỹ thuật đã thiết lập m, N/m, N, Π, T_{ckmin},... là cơ sở ban đầu cho các tính toán truyền thống (công suất, năng lượng, lực kéo, công thái học, môi trường, kỹ thuật và kinh tế và các tính toán khác). Nếu cần thiết, các thông số sẽ được chỉ định.

Ở giai đoạn vận hành, phương pháp luận cho phép thiết lập giá trị hợp lý của các thông số kỹ thuật chính của máy T, N/m, P và các thông số khác, theo đó việc lựa chọn thiết bị được thực hiện tùy thuộc vào các điều kiện vận hành.

Hiệu suất của máy đào một gầu có tác động cơ học đến môi trường và quá trình làm việc tuần hoàn theo các chỉ tiêu hiệu suất chính (thời gian chu kỳ T_u, năng suất P, chỉ tiêu tổng quát về cường độ năng lượng và cường độ vật liệu, chi phí giờ máy và đơn vị sản

phẩm chế tạo và các chỉ tiêu khác) có giá trị tối ưu ở một giá trị nhất định về độ bão hòa khối lượng và năng lượng của đơn vị.

Các thông số kỹ thuật của máy đào một gầu được xác định trên dựa trên quan điểm tổng quát rằng độ lớn của các thông số công suất và năng lượng của máy có tác động cơ học truyền thống đến môi trường phụ thuộc vào các hoạt động công nghệ được thực hiện, khả năng xảy ra của chúng và kỹ thuật và vận hành hiện tại các yếu tố.

2.1. Xác định các thông số máy tối ưu phụ thuộc vào điều kiện hoạt động

Mô hình toán học về hiệu suất làm việc của các máy đào một gầu phụ thuộc vào các yếu tố ảnh hưởng, dựa trên việc tối ưu hóa các mô hình toán học về thời gian chu kỳ vận hành. Các tham số của hàm được xem xét là các biến độc lập. Quy trình tối ưu hóa tạo ra một sự thay đổi nhất quán ở một trong các yếu tố với các yếu tố khác giữ nguyên giá trị cố định. Sau đó, quá trình được lặp lại. Phụ thuộc như vậy giúp giải quyết các vấn đề liên quan đến việc xác định mức độ ảnh hưởng của từng tham số đối với giá trị xác định. Điều này rất quan trọng trong quá trình nghiên cứu và thiết kế máy mới. Việc thu được các mối quan hệ tổng quát hơn dựa trên phân tích máy dưới dạng một vật thể đồng dạng tạo thành một nhóm các máy móc tương tự. Trong trường hợp này, mối quan hệ giữa các tham số được xác định thông qua phương pháp đồng dạng dựa trên các mối quan hệ được hệ thống hóa trong bảng 1 [2].

Bảng 1. Công thức xác định thông số kỹ thuật cơ bản của máy đào một gầu

Thông số tính toán	Xác định các thông số				
	N	T	m	q	l
Công suất động cơ N(W)	-	k ₁ .T	k ₂ .m	k ₃ .q	k ₄ .l ³
Lực kéo T (N)	k ₅ .N	-	k ₆ .m	k ₇ .q	k ₈ .l ³
Khối lượng m (kg)	k ₉ .N	k ₁₀ .T	-	k ₁₁ .q	k ₁₂ .l ³
Dung tích gầu cơ bản q (m ³)	k ₁₃ .N	k ₁₄ .T	k ₁₅ .m	-	k ₁₆ .l ³
Kích thước chiều dài l _i (m)	k ₁₇ .N ^{1/3}	k ₁₈ .T ^{1/3}	k ₁₉ .m ^{1/3}	k ₂₀ .q ^{1/3}	-
Dung tích gầu lắp thêm thiết bị phụ bổ sung q _b	k ₂₁ .N	k ₂₂ .T	k ₂₃ .m	k ₂₄ .q	k ₂₅ .l ³
Trọng tải m _Q	k ₂₆ .N	k ₂₇ .T	k ₂₈ .m	k ₂₉ .q	k ₃₀ .l ³
Tốc độ làm việc V = 1,0 ÷ 1,5 m/s	V = const				

Mối liên hệ phân tích giữa các thông số ảnh hưởng như N, q, Π, ... được thiết lập dựa trên nguyên lý cân bằng về các tiêu chí đồng dạng của máy, biểu diễn thông qua các mối quan hệ được trình bày trong bảng 1.

$$N = k_2 \cdot m; N = k_3 \cdot q; m = k_{11} \cdot q; q = k_{13} \cdot N; q = k_{15} \cdot m \quad (1)$$

Các mô hình toán học tổng quát về thời gian chu kỳ làm việc của các máy đào một gầu. Các mô hình này thu được bằng cách thay hệ thức q = k₁₃.N cho trong bảng 1 vào mô hình toán học của thời gian chu kỳ làm việc của máy. Dựa vào quan hệ đồng dạng q = k₁₃.N cho trong bảng 1, mô hình toán học tổng quát về thời gian chu kỳ làm việc của các nhóm máy làm đất khác k₂, k₃, k₁₁,... được cho trong bảng 2 [2].

Bảng 2. Hệ số tỷ lệ cho tương tự máy đào một gầu

Hệ số	Thông số tính toán	Hệ số	Thông số tính toán	Hệ số	Thông số tính toán
k ₁	$\frac{N_0}{T_0}$	k ₁₁	$\frac{m_0}{q_0}$	k ₂₁	$\frac{q_{b0}}{N_0}$
k ₂	$\frac{N_0}{m_0}$	k ₁₂	$\frac{m_0}{l_0^3}$	k ₂₂	$\frac{q_{b0}}{T_0}$
k ₃	$\frac{N_0}{q_0}$	k ₁₃	$\frac{q_0}{N_0}$	k ₂₃	$\frac{q_{b0}}{m_0}$
k ₄	$\frac{N_0}{l_0^3}$	k ₁₄	$\frac{q_0}{T_0}$	k ₂₄	$\frac{q_{b0}}{q_0}$
k ₅	$\frac{T_0}{N_0}$	k ₁₅	$\frac{q_0}{m_0}$	k ₂₅	$\frac{q_{b0}}{l_0^3}$

k_6	$\frac{T_0}{m_0}$	k_{16}	$\frac{q_0}{l_0^3}$	k_{26}	$\frac{m_{Q0}}{N_0}$
k_7	$\frac{T_0}{q_0}$	k_{17}	$\frac{l_0}{N_0^{1/3}}$	k_{27}	$\frac{m_{Q0}}{T_0}$
k_8	$\frac{T_0}{l_0^3}$	k_{18}	$\frac{l_0}{T_0^{1/3}}$	k_{28}	$\frac{m_{Q0}}{m_0}$
k_9	$\frac{m_0}{N_0}$	k_{19}	$\frac{l_0}{m_0^{1/3}}$	k_{29}	$\frac{m_{Q0}}{q_0}$
k_{10}	$\frac{m_0}{T_0}$	k_{20}	$\frac{l_0}{q_0^{1/3}}$	k_{30}	$\frac{m_{Q0}}{l_0^3}$

Đối với máy đào 1 gầu nhóm 1÷3:

$$T_{ck} = \frac{k_1 \cdot k_{13} \cdot N \cdot k_{31}}{m \cdot g \cdot v_k} + \frac{m \cdot g \cdot l_n \cdot k_n}{N}, (s) \quad (2)$$

Mô hình toán học về thời gian chu trình làm việc T_{ck} , trình bày ở trên là cơ sở để xác định các thông số kỹ thuật và vận hành của một loại thiết bị cụ thể tùy theo điều kiện vận hành.

Dựa trên phân tích biểu thức $\frac{dT_{ck}}{dm} = 0$ cho từng loại kỹ thuật, chúng ta có thể xác định khối lượng tối ưu của máy tương ứng và các thông số kỹ thuật khác, bao gồm cách vận hành, bằng cách xem xét sự ảnh hưởng tương tác giữa các thông số này. Đặc biệt, chúng ta quan tâm đến mối quan hệ giữa công suất N và dung tích gầu q . Phân tích các mối liên hệ cụ thể làm nổi bật bản chất của cấu trúc công thức tính toán, giúp xác định các thông số kỹ thuật của máy đào một gầu trong nhóm các máy đồng dạng có cùng mục đích sử dụng. Sự khác biệt về kết quả định lượng phản ánh rõ đặc trưng riêng của quá trình làm việc của từng máy, mà điều này thường được thể hiện qua giá trị của các hệ số ràng buộc liên quan đến thiết kế và điều kiện vận hành cụ thể của máy.

Xác định các thông số kỹ thuật và vận hành cơ bản của nhóm máy đào một gầu, bao gồm máy đào nhóm 1, nhóm 2 và máy xúc lật, dựa trên các mối quan hệ có cấu trúc chung và độ ảnh hưởng khác nhau của các yếu tố và hệ số đồng dạng. Các mối quan hệ ban đầu là các mô hình toán học xác định thời gian chu kỳ vận hành của máy và được đưa ra ở trên, có tính đến các điều kiện vận hành cơ bản của máy (cường độ đất k_1 , phạm vi chuyển động của máy l , tốc độ vận hành v_p và một số thông số lực kéo). Thông qua các hệ số ảnh hưởng không thứ nguyên. Các mối quan hệ ban đầu cũng thu được có tính đến các kết nối giữa ảnh hưởng đến các thông số kỹ thuật. Các nghiên cứu được thực hiện nhằm để xuất và xác định các thông số vận hành và kỹ thuật cần thiết, đặc biệt là trong các điều kiện vận hành cụ thể. Những nghiên cứu này tập trung vào việc xác định các thông số kỹ thuật có ảnh hưởng đáng kể đối với một trường hợp thiết kế cụ thể.

Mô hình toán học tổng quát về thời gian chu kỳ làm việc với có xét đến sự thay đổi dung tích gầu phụ thuộc vào công suất động cơ được xác định bởi biểu thức (2).

Dựa vào biểu thức $\frac{dT_{ck}}{dm} = 0$ xác định khối lượng tối ưu cho các máy đồng dạng và điều kiện vận hành tương tự. Dựa vào giá trị khối lượng tối ưu m_{tu} làm thông số kỹ thuật chính và các quan hệ tương tự như được mô tả trong bảng 1, chúng ta có thể suy luận công thức tính các thông số kỹ thuật của các loại máy làm đất đồng dạng. Quá trình này cho phép chúng ta tổng quát hóa giải pháp tối ưu cho các máy có cùng tính chất và điều kiện vận hành tương tự. Dựa vào giá trị m_{tu} đã biết, chúng ta có thể xác định các thông số khác của máy như:

$$\text{Dung tích gầu: } q = k_{15} \cdot m_{tu}, (m^3) \quad (3)$$

$$\text{Công suất động cơ: } N = k_2 \cdot m_{tu}, (W) \quad (4)$$

Khối lượng m_{tu} và công suất N được xác định theo giá trị năng suất:

$$m = \frac{1}{k_{15}} \Pi \cdot T_{ck \min}, (kg) \quad (5)$$

$$N = \frac{1}{k_{13}} \Pi \cdot T_{ck \min}, (W) \quad (6)$$

Việc xác định các giá trị Π_{max} và $T_{ck \min}$. Giá trị của các hệ số đồng dạng thứ nguyên k_2, k_{13}, k_{15} , v.v. được xác định bởi các quan hệ cho trong bảng 2. Sau khi thay thế các giá trị m_{tu}, Π và $T_{ck \min}$ và các phép biến đổi, thu được công thức chi tiết để tính các tham số tương ứng.

Mối liên hệ tổng quát để xác định giá trị khối lượng tối ưu m_{tu} cho các máy đào một gầu, máy xúc lật, v.v. m_{tu} có thể được xác định theo dung tích gầu q , công suất động cơ quy định N hoặc năng suất yêu cầu Π :

Xác định theo dung tích gầu q (m^3):

$$m = k_{m_{tu}} \cdot q \cdot \left(\frac{k_1 \cdot k_3}{g^2 \cdot v \cdot l} \right)^{1/2}, (kg) \quad (7)$$

Xác định theo công suất động cơ N (W):

$$m = k_{m_{tu}} \cdot N \cdot \left(\frac{k_1 \cdot k_{13}}{g^2 \cdot v \cdot l} \right)^{1/2}, (kg) \quad (8)$$

Xác định theo năng suất Π (m/s): $m =$

$$k_{t_{min}} \cdot \Pi \cdot \left(\frac{k_1 \cdot l}{v \cdot k_2 \cdot k_{15}} \right)^{1/2}, (kg) \quad (9)$$

Xác định theo tối ưu năng lượng: $\frac{N}{m} = k_e \left(\frac{g^2 \cdot v \cdot l}{k_1 \cdot k_{13}} \right)^{1/2}, \left(\frac{W}{kg} \right)$ (10)

Thời gian chu kỳ nhỏ nhất: $T_{ck \min} = k_{t_{min}} \left(\frac{k_1 \cdot l}{v \cdot k_3} \right)^{1/2}, (s)$ (11)

Năng suất lớn nhất Π_{max} có thể xác định theo khối lượng máy tối ưu m_{tu} , dung tích gầu q hoặc công suất động cơ N :

Theo khối lượng m (kg): $\Pi = k_{\Pi} \cdot m \cdot \left(\frac{v \cdot k_3 \cdot k_{15}}{k_1 \cdot l} \right)^{1/2}, \left(\frac{m^3}{s} \right)$ (12)

Theo dung tích gầu q (m^3): $\Pi = k_{\Pi} \cdot q \cdot \left(\frac{v \cdot k_3}{k_1 \cdot l} \right)^{1/2}, \left(\frac{m^3}{s} \right)$ (13)

Theo công suất N (W): $\Pi = k_{\Pi} \cdot N \cdot \left(\frac{v \cdot k_3}{k_1 \cdot l} \right)^{1/2}, \left(\frac{m^3}{s} \right)$ (14)

Năng suất tính theo công thức trên là năng suất lớn nhất. Năng suất này được máy đảm bảo trong các điều kiện vận hành với thời gian chu kỳ vận hành nhỏ nhất $T_{ck \min}$.

Dung tích gầu q và công suất động cơ N có thể được xác định theo năng suất Π đã cho:

Theo dung tích gầu q (m^3): $q = \frac{1}{k_{\Pi}} \Pi \left(\frac{k_1 \cdot l}{v \cdot k_3} \right)^{1/2}, (m^3)$ (15)

Theo công suất N (W): $N = \frac{m_{tu}}{k_{m_{tu}}} \left(\frac{g^2 \cdot v \cdot l \cdot \Pi}{k_1 \cdot k_{13}} \right)^{1/2}, (W)$ (16)

2.2. Tính toán

Tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật và vận hành chính thông số máy đào một gầu nhóm 1 ÷ 2.

Cần xác định các thông số của máy đào dựa vào dung tích gầu cho trước $q = 0,32 m^3$. Máy đào được thiết kế để thi công đất cấp III.

1) Tính toán tối ưu khối lượng m_{tu} theo công thức (7) ta có:

$$m_{tu} = k_{m_{tu}} \cdot q \cdot \left(\frac{k_1 k_3}{g^2 v_k l_x} \right)^{1/2}, (kg)$$

Trong đó: $k_{m_{tu}}$ - hệ số không thứ nguyên tùy thuộc vào điều kiện vận hành. Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_{m_{tu}} = 4,2$ [2];

k_1 - lực cản đào riêng của máy đào, $k_1 = 200.000 N/m^2$ (bảng 1.5 [1]);

k_3 - hệ số đồng dạng. Đối với máy đào gầu nghịch nhóm cơ 1 ÷ 3, $k_3 = 1,6 \cdot 10^5 W/m^3$ (xem bảng 1.2) [2];

v_k - tốc độ đào, thông thường $v_k = 1 \div 2 m/s$;

l_x - khoảng cách di chuyển của máy đào dọc theo công trường, $l_x = 4 \div 5m$ [2].

Thay các giá trị đã thiết lập vào công thức tính, ta nhận được:

$$m_{tu} = 4,2 \cdot 0,32 \cdot \left(\frac{200.000 \cdot 1,6 \cdot 10^5}{9,81^2 \cdot 1,4} \right)^{1/2} = 11700 (kg)$$

2) Tính toán tối ưu năng lượng của máy đào $(N/m)_{tu}$. Tính toán theo công thức (10) ta có:

$$\left(\frac{N}{m} \right)_{tu} = k_e \left(\frac{g^2 v_k l_x}{k_1 k_{13}} \right)^{1/2}, \left(\frac{W}{kg} \right)$$

Trong đó: k_e - hệ số không thứ nguyên tùy thuộc vào điều kiện vận hành. Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_e = 2,6$ [2];

k_{13} - hệ số đồng dạng. Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_{13} = 0,05 \cdot 10^{-4} m^3/W$ [2].

Các giá trị đã thiết lập được thay thế vào công thức tính ta có:

$$\left(\frac{N}{m} \right)_{tu} = 2,6 \left(\frac{9,81^2 \cdot 1,4}{200000 \cdot 0,05 \cdot 10^{-4}} \right)^{1/2} = 5,1 \left(\frac{W}{kg} \right)$$

3) Tính toán công suất động cơ của máy đào một gầu. Công suất động cơ được xác định dựa trên khối lượng tối ưu đã được thiết lập m_{tu} và công thức (16) ta có:

$$N = \frac{1}{k_{m_{tu}}} m_{tu} \left(\frac{g^2 v_k l_x}{k_1 k_{13}} \right)^{1/2}, (W)$$

Trong đó: k_{13} - hệ số đồng dạng, (m^3/W) . Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_{13} = (0,05 \div 0,07) \cdot 10^{-4} m^3/W$ [2];

Thay các giá trị vào công thức ta có:

$$N = \frac{1}{4,2} 11700 \left(\frac{9,81^2 \cdot 1,4}{200000 \cdot 0,05 \cdot 10^{-4}} \right)^{1/2} = 54578 (W) \\ = 54,6 (kW)$$

4) Tính toán năng suất lớn nhất của máy đào theo điều kiện khai thác, tính toán theo công thức (12) ta có:

$$\Pi_{max} = k_{\Pi} m_{tu} \left(\frac{v_k k_2 k_{15}}{k_1 l_x} \right)^{1/2}, \left(\frac{m^3}{s} \right) \quad (4)$$

Trong đó: k_{Π} - hệ số không thứ nguyên tùy thuộc vào điều kiện vận hành. Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_{\Pi} = 0,33$ [2];

k_2 - hệ số đồng dạng, (W/kg) . Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3, $k_2 = 5W/kg$ [2];

k_{15} - hệ số đồng dạng, (m^3/kg) . Đối với máy đào gầu nghịch nhóm 1 ÷ 3,

$k_{15} = 0,5 \cdot 10^{-4} m^3/kg$ [2];

Thay các giá trị trên vào công thức ta có:

$$\Pi_{max} = 0,33 \cdot 11700 \cdot \left(\frac{1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4}}{200000 \cdot 4} \right)^{1/2} = 0,077 \left(\frac{m^3}{s} \right) \\ = 277,2 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

Năng suất phụ thuộc vào điều kiện khai thác vận hành, lực cản đào và chuyển động không tải của máy đào xung quanh khu vực thi công. Các giá trị này càng lớn thì năng suất càng thấp.

3. KẾT LUẬN

Việc xác định các thông số tối ưu cho máy đào một gầu trong quá trình khai thác là một nhiệm vụ kinh tế kỹ thuật quan trọng. Là một hàm mục tiêu, khi tối ưu hóa các thông số, các chỉ tiêu kỹ thuật và vận hành được sử dụng, bao gồm cả thời gian chu kỳ vận hành và các chỉ tiêu về hiệu quả kinh tế kỹ thuật.

Trên cơ sở kết quả phân tích và tính toán ở trên cho phép kết luận như sau:

+ Cung cấp phương pháp xác định các thông số tối ưu của máy đào một gầu, tùy thuộc vào các yếu tố kỹ thuật và vận hành tạo nên điều kiện vận hành của máy.

+ Hình thành mô hình toán học về thời gian chu kỳ của máy đào một gầu. Phương pháp dễ tiếp cận nhất và ít tốn kém nhất để tăng cường thiết bị của máy đào một gầu để san lấp mặt bằng là thực hiện bằng máy tính các thay đổi về thông số của bộ phận làm việc trong quá trình vận hành máy tùy thuộc vào điều kiện vận hành và việc sử dụng máy trong những điều kiện đó có tác dụng lớn nhất.

Bài báo trình bày kết quả xác định các thông số tối ưu của máy đào một gầu. Giải pháp cho vấn đề này đảm bảo việc tạo ra các hệ thống và tổ hợp máy móc để đảm bảo cơ giới hóa toàn diện hiệu quả trong công việc đào đất, ngoài ra sẽ giúp ích cho hoạt động của sinh viên, học viên và công nhân kỹ thuật trong việc chế tạo và cải tiến các thiết bị thi công đất tiên tiến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đức Hiếu. *Máy và thiết bị thi công đất*. NXB Xây dựng (2022).
2. Домбровский Н.Г. *Экскаваторы*. М. Машиностроение, 1969 г.
3. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования/ В.А. Веников. -М.: Высшая школа, 1984. -439 с.
4. Арсеньев, Ю.Д. Теория подобия в инженерных экономических расчетах/ Ю.Д. Арсеньев - М.: Изд-во «Высшая школа», 1967. -257с.
5. Баловнев, В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. 2-е изд./ В.И. Баловнев - М.: Машиностроение, 1994. -432 с.
6. Баловнев, В.И. Оценка инновационных предложений в дорожной и строительной технике: учеб. пособие/ В.И. Баловнев -М.: МАДИ (ГТУ), 2008. -100 с.
7. Баловнев, В.И. Оценка эффективности дорожных и коммунальных машин по технико-эксплуатационным показателям: учеб. пособие / В.И. Баловнев - М.: МАДИ, 2002. -28 с.
8. Моделирование проявления горного давления/ Г.Н. Кузнецов [и др.] -Л.: Недра, 1968. -279 с.
9. Schuring, D.S. Scale models in engineering. New-Jork, Pergamon press, 1977. -289 p.
10. Caterpillar Справочник. Технично-эксплуатационные характеристики машин фирмы Caterpillar: Справочник. - США, Пеория: Изд. Caterpillar Inc, 1997. -987 с.



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





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