

05-2024

NĂM THỨ 63

ISSN 2734-9888

# XÂY DỰNG

tapchixaydung.vn

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION 63<sup>th</sup>Year





# HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

## VIỆN KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH ĐẶC BIỆT

### ANH HÙNG LỰC LƯỢNG VŨ TRANG



- ◆ **Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt** là Viện chuyên ngành có chức năng đào tạo, nghiên cứu khoa học và tư vấn dịch vụ khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực xây dựng. Với truyền thống 57 năm xây dựng và trưởng thành, Viện đã không ngừng phát triển, lập nhiều thành tích xuất sắc. Đặc biệt năm 2020, Viện đã vinh dự được Đảng và Nhà nước phong tặng danh hiệu Anh hùng Lực lượng vũ trang nhân dân thời kỳ đổi mới.
- ◆ Trong giai đoạn từ năm 2014 đến năm 2024, cán bộ, giảng viên của Viện đã chủ trì và tham gia thực hiện 8 đề tài cấp nhà nước, 3 đề tài NAFOSTED (Quý phát triển khoa học và công nghệ quốc gia), 12 đề tài cấp Bộ, 4 đề tài cấp ngành và hơn 100 đề tài cấp cơ sở. Trung bình mỗi năm, cán bộ, giảng viên của Viện công bố hơn 140 bài báo khoa học, trong đó có 30-40 bài thuộc cơ sở dữ liệu WoS, Scopus; có 5 đề tài đạt Giải thưởng Vifotec, 4 đề tài đạt Giải thưởng Tuổi trẻ sáng tạo trong Quân đội. Hiện nay, Viện đang triển khai một đề tài cấp nhà nước, 3 đề tài cấp bộ, 3 đề tài cấp tỉnh và nhiều đề tài cấp cơ sở.
- ◆ Với thách thức đã đạt được Viện luôn được các cơ quan, đơn vị tin tưởng giao nhiệm vụ tư vấn trên nhiều lĩnh vực: lập dự án đầu tư, khảo sát xây dựng, thiết kế, thẩm tra, giám sát thi công, kiểm định, đánh giá chất lượng xây dựng các công trình đặc biệt, công trình dân dụng, công trình giao thông, công trình biển đảo,... Trong đó, nhiều công trình giữ vai trò quan trọng phục vụ quốc phòng, an ninh kết hợp với phát triển kinh tế-xã hội của đất nước như: Sân bay Phan Thiết, Hệ thống Nhà giàn DK1,... và nhiều công trình quy mô giá trị khác.



# TỔNG CÔNG TY LẮP MÁY VIỆT NAM - CTCP

## VIET NAM MACHINERY INSTALLATION CORPORATION - JSC



Địa chỉ: 124 Minh Khai, Q.Hai Bà Trưng, Hà Nội  
Tel: 024 38633067; 38632059; 38637747 - Fax: 024 3 8638104



**Tổng công ty Lắp máy Việt Nam - CTCP (LILAMA) là nhà thầu hàng đầu Việt Nam chuyên cung cấp các công trình công nghiệp theo dạng chia khoá trao tay (EPC) hoặc các dịch vụ đơn lẻ:**

1. Lập báo cáo nghiên cứu khả thi (F/S)
2. Cung cấp các dịch vụ quản lý và giám sát.
3. Chế tạo và cung cấp thiết bị và xây lắp trọn gói các nhà máy (EPC)
4. Thiết kế và lắp đặt các hệ thống ống, điện, đo lường điều khiển, điều hoà thông gió..vv..
5. Thiết kế, chế tạo và lắp đặt các bồn bể áp lực.
6. Lắp đặt thiết bị công nghệ.
7. Quản lý thi công xây lắp.
8. Bảo trì và sửa chữa nhà máy.
9. Đào tạo kỹ sư, công nhân: đào tạo và cấp chứng chỉ Quốc tế cho thợ hàn.

Vietnam Machinery Installation Corporation - JSC is a leading Contractor of Vietnam who specializes in supplying turn - key industrial project (EPC) or single services:

1. Forming Feasibility Study.
2. Supplying project management and supervision services.
3. Engineering, procurment and construction of plants (EPC).
4. Designing and installing systems of pipelines, electric, control and instrumentation, air-conditoning and ventilation, etc..
5. Designing and installing pressured vessel & tanks.
6. Installing technological equipment.
7. Maneging and implementing construction and installation works.
8. Maintaining and improving factories and plants.
9. Training engineers, workers, welder and issuing international certificates.

# MỤC LỤC CONTENT

tapchixaydung.vn

## HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

**TS Lê Quang Hùng** (Chủ tịch hội đồng)  
**PGS.TS Vũ Ngọc Anh** (Thường trực Hội đồng)  
**GS.TS Nguyễn Việt Anh**  
**GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng**  
**GS.TS Trịnh Minh Thọ**  
**GS.TS Phan Quang Minh**  
**GS.TS.KTS Đoàn Minh Khôi**  
**PGS.TS Phạm Minh Hà**  
**PGS.TS Lê Trung Thành**  
**TS Nguyễn Đại Minh**  
**TS Lê Văn Cư**

## TỔNG BIÊN TẬP:

**Nguyễn Thái Bình**  
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:  
**Phạm Văn Dũng**  
**Lý Ngọc Thanh**

## TÒA SOẠN:

**37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRUNG, HÀ NỘI**  
**Ban biên tập** (tiếp nhận bài): 024.39740744  
**Email:** banbientapctcd.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:

Một góc Đào Hòn Thơm - Phú Quốc.

## Giá 55.000 đồng

PGS.TS.KTS HOÀNG MẠNH NGUYỄN

TS.KTS LÊ CHIẾN THẮNG  
THS TRẦN THỊ THANH Ý  
THS ĐỖ THỊ THUY

NGUYỄN HUY HIỆP, ĐINH QUANG TRUNG

NGUYỄN QUÝ ĐẠT, NGUYỄN HUY HIỆP

NGUYỄN VĂN ĐỨC

THU THỦY

NGUYỄN HOÀNG LINH

AN NHIÊN

TS TRẦN VĂN KHÔI, THS NGUYỄN TIẾN BÙI

THS NGUYỄN CÔNG THỊNH, PGS.TS NGUYỄN ĐỨC LƯỢNG,  
THS HOÀNG XUÂN HÒA  
THS.NCS VŨ THÀNH QUANG, PGS.TS NGUYỄN BÌNH HÀ,  
TS LÊ BÁ DANH, THS NGUYỄN VĂN QUANG  
M.SC NGUYEN HAI BINH, ASSOC. PROF NGO LE MINH

TS NGUYỄN HỮU DŨNG

PGS.TS HỒ NGỌC KHOA, THS LÊ THỊ PHƯƠNG LOAN,  
TS LƯU VĂN THỰC, TS VŨ CHÍ CÔNG  
PGS.TS HÀ DUY KHÁNH, NGUYỄN SƠN NGUYỄN

NCS NGUYỄN HỮU TÂN, THS LÊ KHÁNH LINH  
PGS.TS NGUYỄN HỒNG SƠN, VŨ THANH LƯỢNG, LÊ MINH LONG  
NGUYỄN HUY HIỆP, NGUYỄN SỸ CÔNG,  
TRẦN HỒNG QUÂN, HOÀNG QUỐC LONG  
TS TẠ VĂN PHẤN

TS NGUYỄN TRUNG KIÊN, TS NGUYỄN TRẦN HIẾU,  
THS NGUYỄN VĂN CƯỜNG, PGS.TS VŨ ANH TUẤN  
PHÙNG VĂN LONG, NGUYỄN VĂN TÚ, NGUYỄN XUÂN ĐẠI,  
MAI VIẾT CHINH

THS NGUYỄN THỊ MINH TÂM, PGS.TS NGHIÊM VĂN  
KHANH, TS PHẠM VĂN DƯƠNG  
TS LÊ HẢI DƯƠNG

TS PHẠM ĐỨC THIÊN, THS HOÀNG THỊ THU THẢO  
THS.NCS BÙI VIỆT THỊ  
LÊ ANH THẮNG, PHẠM QUỐC HUY, PHẠM MẠNH ĐÌNH

TS NGUYỄN XUÂN BÀNG

TS THÂN ĐÌNH VINH, THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN,  
THS NGUYỄN THỊ BÍCH

PHẠM THẾ ANH, PHAN TRỌNG KHANH, NGUYỄN BẢO VIỆT  
NGUYỄN CÔNG GIANG, ĐẶNG VŨ KHẮC, LÊ TUẤN CẢNH  
PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN, THS LÊ TIẾN NGHĨA  
THS TRẦN MINH HẢI, GS.TS TRỊNH MINH THỤ,  
PGS.TS ĐỖ THẮNG

TS TRẦN VĂN KHÔI, THS ĐẶNG XUÂN ĐẠT

## QUẢN LÝ NGÀNH

**4** Cảnh quan sinh thái bản địa của vùng đô thị động lực TP.HCM - Bình Dương - Đồng Nai: Những thách thức đương đại cho tính bền vững trong tiến trình đô thị hóa  
**10** Kiến trúc bản địa mới tại Việt Nam: Xu hướng nào phát triển phù hợp trong tương lai?  
**16** Thoát nước xanh - cách tiếp cận mới trong thoát nước bền vững  
**20** Giải pháp thoát nước xanh ứng phó với biến đổi khí hậu

## TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

**26** Lựa chọn chiều sâu hợp lý và công nghệ thi công các tuyến Metro trên cơ sở kinh nghiệm các nước phát triển trên thế giới  
**28** Ứng dụng kỹ thuật lưu biến đất/đá kết hợp công nghệ NATM đẩy nhanh tiến độ xây dựng công trình ngầm đô thị  
**30** Phân tích sự cố công trình ngầm trong xây dựng, sửa chữa dựa trên kinh nghiệm của các nước trên thế giới

## TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

**32** Thách thức không gian ngầm đô thị Việt Nam

## GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

**40** Chuyện mua điện giá 0 đồng!

## GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

**42** Australia & Singapore - Tổng quan về nghệ thuật kiến trúc

## NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

**43** Mô hình thời gian - chi phí - chất lượng trong kiểm soát chi phí vật liệu xây dựng đường bộ cao tốc  
**46** Ứng dụng giải pháp thông gió thu hồi năng lượng (ERV) nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà  
**50** Xác định biến dạng từ biến của bê tông Geopolymer chế tạo tại Việt Nam  
**54** Mối quan hệ giữa kiến trúc khối đế với không gian trước công trình cao tầng trên trục đường du lịch Trần Phú - Nha Trang  
**63** Khảo sát và thiết kế móng cọc trên các tuyến đường xuất hiện hàng Caster  
**66** Ứng xử động học phi tuyến kết cấu khung liên hợp chịu tải trọng động đất

**74** Quan điểm của các bên liên quan về vết nứt bề mặt đường bê tông xi măng ở các dự án giao thông nông thôn

**80** Nghiên cứu dịch chuyển dân cư đến các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương

**84** Một phương pháp tính toán nhiệt độ tối hạn của cấu kiện kết cấu thép

**89** Dự báo, tính toán ổn định mái dốc ở Kon Tum, Tây Nguyên có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa và từ biến

**92** Quy trình bảo trì công trình dân dụng theo cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia

**98** Tính toán tôn sóng định hình theo en 1993-1-3

**102** Tính hệ số ứng xử động đất của kết cấu nhà bê tông cốt thép theo phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến

**108** Định hướng quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm Việt Nam đến năm 2050

**113** Tính kết cấu bê tông dạng sàn rỗng chịu tác dụng tải trọng sóng nén

**116** Một số đặc tính cơ học của bê tông xốp geopolymer cốt liệu nhỏ

**121** Xác định hiệu quả kinh tế kỹ thuật hiện diện đầu tư phát triển đô thị tại tỉnh Bình Dương

**124** Kết quả nghiên cứu một số đặc tính của gạch tải chế từ bột nhựa HDPE sử dụng trong nuôi thủy sản ở Bến Tre

**129** Nhận dạng suy giảm độ cứng tiết diện kết cấu bằng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận

**132** Tiêu chí giao thông hướng đến đô thị phát triển bền vững tại Việt Nam

**138** Một số vấn đề trong áp dụng các tiêu chuẩn vào tính toán nền và móng

**143** Ước tính dung tích hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2 sử dụng dữ liệu Sentinel

**148** Một trường hợp phân tích và chọn lựa giá trị khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi

**153** Quan trắc trong quá trình thi công nền đắp trên nền đất yếu

**158** Các yếu tố tác động đến công tác quản lý, vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức và giá xây dựng

	<b>INDUSTRY MANAGEMENT</b>
HOANG MANH NGUYEN	<b>4</b> Indigenous ecological landscape of the dynamic urban area of Ho Chi Minh City - Binh Duong - Dong Nai: Contemporary challenges for sustainability in the urbanization process
LE CHIEN THANG	<b>10</b> New indigenous architecture in Vietnam: Which trends are suitable for future development?
TRAN THI THANH Y	<b>16</b> Green drainage - a new approach to sustainable drainage
DO THI THUY	<b>20</b> Green drainage solutions to respond to climate change
	<b>FROM POLICY TO LIFE</b>
NGUYEN HUY HIEP, DINH QUANG TRUNG	<b>26</b> Select reasonable depth and construction technology for Metro lines based on experience from developed countries around the world
NGUYEN QUY DAT, NGUYEN HUY HIEP	<b>28</b> Applying soil/rock rheology techniques combined with NATM technology accelerates the construction progress of urban underground works
NGUYEN VAN DUC	<b>30</b> Analyze underground construction incidents in construction and repair based on experience from countries around the world
	<b>TALK WITH EXPERTS</b>
THU THUY	<b>32</b> Challenges to Vietnam's urban underground space
	<b>PERSPECTIVE TO PRACTICAL</b>
NGUYEN HOANG LINH	<b>40</b> Buying electricity for 0 VND!
	<b>ABOUT NEW BOOK</b>
AN NHIEU	<b>42</b> Australia & Singapore - Overview of architectural art
	<b>SCIENTIFIC RESEARCH</b>
TRAN VAN KHOI, NGUYEN TIEN BUI	<b>43</b> Time - cost - quality model in controlling the cost of highway construction materials
NGUYEN CONG THINH, NGUYEN DUC LUONG, HOANG XUAN HOA	<b>46</b> Application of energy recovery ventilation (ERV) solutions to enhance energy efficiency in buildings
VU THANH QUANG, NGUYEN BINH HA, LE BA DANH, NGUYEN VAN QUANG	<b>50</b> Determine the creep deformation of Geopolymer concrete manufactured in Vietnam
NGUYEN HAI BINH, NGO LE MINH	<b>54</b> The relationship between the architecture of podium and the space in front of the High-rise building on the tourist street Tran Phu - Nha Trang
NGUYEN HUU DUNG	<b>63</b> Survey and design of pile foundations on the highways in Karst terrain
HO NGOC KHOA, LE THI PHUONG LOAN, LUU VAN THUC, VU CHI CONG	<b>66</b> Nonlinear inelastic dynamic behaviors of composite framed structures subjected to seismic loads
HA DUUY KHANH, NGUYEN SON NGUYEN	<b>74</b> Analysis of stakeholders' perspectives on surface cracks in cement concrete pavements for rural road projects
NGUYEN HUU TAN, LE KHANH LINH	<b>80</b> Research on population migration to Dong Nai and Binh Duong provinces
NGUYEN HONG SON, VO THANH LUONG, LE MINH LONG	<b>84</b> A method for calculating the critical temperature of a steel structure members
NGUYEN HUY HIEP, NGUYEN SY CONG, TRAN HONG QUAN, HOANG QUOC LONG	<b>89</b> Prediction and calculation of slope stability in Kon Tum, Tay Nguyen, taking into account the amount of precipitation and the creep process of soil
TA VAN PHAN	<b>92</b> Maintenance process of civil works under specific mechanism under the national target program
NGUYEN TRUNG KIEN, NGUYEN TRAN HIEU, NGUYEN VAN CUONG, VU ANH TUAN	<b>98</b> Calculation of profile steel sheeting based on en 1993-1-3
PHUNG VAN LONG, NGUYEN VAN TU, NGUYEN XUAN DAI, MAI VIET CHINH	<b>102</b> Evaluation of the seismic behavior factor of reinforced concrete frame structures base on nonlinear inelastic methods
NGUYEN THI MINH TAM, NGHIEM VAN KHANH, PHAM VAN DUONG	<b>108</b> Orientation for wastewater management of vietnam's textile dye industry to 2050
LE HAI DUONG	<b>113</b> Calculation of hollow floor concrete structures subject to compressive wave loads
PHAM DUC THIEN, HOANG THI THU THAO	<b>116</b> Mechanical properties of small aggregate porous geopolymer concrete
BUI VIET THI	<b>121</b> Determining economic efficiency when implementing urban development investment projects in Binh Duong province
LE ANH THANG, PHAM QUOC HUY, PHAM MANH DINH	<b>124</b> Outcomes of research regarding some characteristics of recycled bricks made of plastic tarpaulins hdpe utilized in ben tre aquaculture
NGUYEN XUAN BANG	<b>129</b> Identification of stiffness reduction in structure by consecutive method of the forward
THAN DINH VINH, NGUYEN THI THANH HUYEN, NGUYEN THI BICH	<b>132</b> Transportation criteria towards sustainable urban development in Vietnam
PHAM THE ANH, PHAN TRONG KHANH, NGUYEN BAO VIET	<b>138</b> Challenges in application of standards to foundation calculations
NGUYEN CONG GIANG, DANG VU KHAC, LE TUAN CANH	<b>143</b> Estimate the storage capacity of Song Tranh 2 hydropower reservoir using Sentinel data
BUI TRUONG SON, LE TIEN NGHIA	<b>148</b> A case of analysis and selection of the bearing capacity value of bored pile
TRAN MINH HAI, TRINH MINH THU, DO THANG	<b>153</b> Monitoring during the construction process of embankment on soft ground
TRAN VAN KHOI, DANG XUAN DAT	<b>158</b> Factors affecting the management and operation of the database system on construction norms and prices

## SCIENTIFIC COMMISSION:

**Le Quang Hung, Ph.D**  
(Chairman of Scientific Board)  
**Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D**  
(Standing Committee)  
**Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D**  
**Prof. Nguyen To Lang, Ph.D**  
**Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D**  
**Prof. Phan Quang Minh, Ph.D**  
**Prof Doan Minh Khoi, Ph.D**  
**Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D**  
**Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D**  
**Nguyen Dai Minh, Ph.D**  
**Le Van Cu, Ph.D**

## EDITOR-IN-CHIEF:

**Nguyen Thai Binh**

## DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:

**Pham Van Dung**  
**Ly Ngoc Thanh**

## OFFICE:

**37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI**  
**Editorial Board:** 024.39740744  
**Email:** banbientapctcd.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:** 113000001172

Joint Stock Commercial Bank of Vietnam  
Industrial and Commercial Branch,  
Hai Ba Trung, Hanoi

**Designed by:** Thac Cuong

Printed at Quang Minh Company Limited  
Address: 418 Bach Mai - Hai Ba Trung - Hanoi

CẢNH QUAN SINH THÁI BẢN ĐỊA CỦA VÙNG ĐÔ THỊ ĐỘNG LỰC TP.HCM - BÌNH DƯƠNG - ĐỒNG NAI:

# Những thách thức đương đại cho tính bền vững trong tiến trình đô thị hóa



**PGS.TS.KTS HOÀNG MẠNH NGUYÊN\***

Nội dung của bài viết làm rõ mối quan hệ giữa phát triển kinh tế - xã hội trên cơ sở tôn trọng cảnh quan sinh thái bản địa với phát triển bền vững. Đối với vùng đô thị động lực, cảnh quan sinh thái bản địa được coi là tài sản cần được bảo tồn và phát huy để lại cho các thế hệ tương lai.

Cảnh quan sinh thái bản địa là nguồn lực cho sự phát triển bền vững của cả cộng đồng địa phương và nền kinh tế khu vực. Đặc biệt trong các khu vực đô thị hóa, phát triển kinh tế - xã hội nhanh chóng là thách thức bảo tồn các giá trị thiên nhiên và văn hóa bản địa. Bài viết tìm hiểu đặc điểm, giá trị, thay đổi và thách thức đương đại của cảnh quan sinh thái bản địa tại khu vực Đông Nam bộ và vùng đô thị động lực: TP.HCM - Bình Dương - Đồng Nai.

## 1. TRIẾT LÝ BỀN VỮNG CỦA CẢNH QUAN SINH THÁI BẢN ĐỊA

*Sinh thái cảnh quan là một hướng mới trong nghiên cứu cảnh quan học, xem xét môi trường hình thành của cảnh quan hiện đại, trong đó bao gồm cả cảnh quan nhân sinh và cảnh quan tự nhiên. Ở đây con người được bao hàm như một bộ phận hợp phần của cảnh quan dưới dạng các sản phẩm của hoạt động kinh tế, và là yếu tố ngoại cảnh hình thành cảnh quan".* Deconov (1990).

Trong bài viết này xin đề cập đến một khái niệm mới "cảnh quan sinh thái bản địa".

Để hình dung ra 'cảnh quan sinh thái bản địa' và mối quan hệ của con người với môi trường, có thể xem hình minh họa của W. Tomásek[9], trong đó tất cả các bộ phận cấu thành của cảnh quan môi trường được liên kết với nhau và được chia làm 3 yếu tố: Yếu tố kỹ thuật: mọi thứ do con người tạo ra (các công trình xây dựng, đường phố, đường ống, kênh đào, các loại sản phẩm); Yếu tố sinh vật: mọi sinh vật (các cơ thể sống: thực vật và động vật); Yếu tố phi sinh vật: nước, đất, không khí, nhiệt, ánh sáng, bức xạ.

(\*) Viện Đô thị xanh Việt Nam

Từ hệ thống của Tomasek có thể thấy tầm quan trọng của các cảnh quan sinh thái bản địa trong phát triển bền vững. Cảnh quan sinh thái bản địa bao gồm cảnh quan tự nhiên và cảnh quan văn hóa. Các khu vực này có thể hình dung như sau:

- Cảnh quan tự nhiên bao gồm cả các cảnh quan nguyên sinh, hoặc cảnh quan chưa bị tác động của con người và các cảnh quan bị tác động của con người chưa đủ sâu sắc (Sauer, 1925; Westhoff, 1970), có thể trở về trạng thái ban đầu và tự phát triển phù hợp với quy luật tự nhiên. Cảnh quan rừng đặc dụng (vườn Quốc gia, khu bảo tồn thiên nhiên...) có thể được xếp vào nhóm này. Các cảnh quan tự nhiên không chỉ có giá trị về mặt sinh thái (chẳng hạn bảo tồn nguồn gen, là nơi sống cho các quần xã động vật, chống xói mòn, cân bằng nguồn nước...) mà còn có giá trị về mặt thẩm mỹ, hoặc cung cấp các giá trị thông tin phục vụ nghiên cứu khoa học. Trong quy hoạch lãnh thổ, cảnh quan tự nhiên còn đóng vai trò là nơi cung cấp vốn sinh kế tự nhiên cho con người.

- Cảnh quan văn hóa được hình thành từ cảnh quan tự nhiên dưới sự tác động của các yếu tố văn hóa (Sauer, 1925). Cảnh quan văn hóa cung cấp nhiều dịch vụ có lợi cho con người: các dịch vụ về nơi ở, tài nguyên cho sản xuất, các giá trị về văn hóa, lịch sử, giải trí, khoa học phục vụ cho phát triển kinh tế và cuộc sống của con người. Các giá trị tích cực đó đòi hỏi phải được bảo tồn, khôi phục, duy trì và khai thác một cách có hiệu quả. Từ yêu cầu thực tiễn về bảo tồn, duy trì các giá trị văn hóa, lịch sử, khoa học của các cảnh quan văn hóa đã có tác động tích cực tới mục tiêu phát triển bền vững lãnh thổ[2].

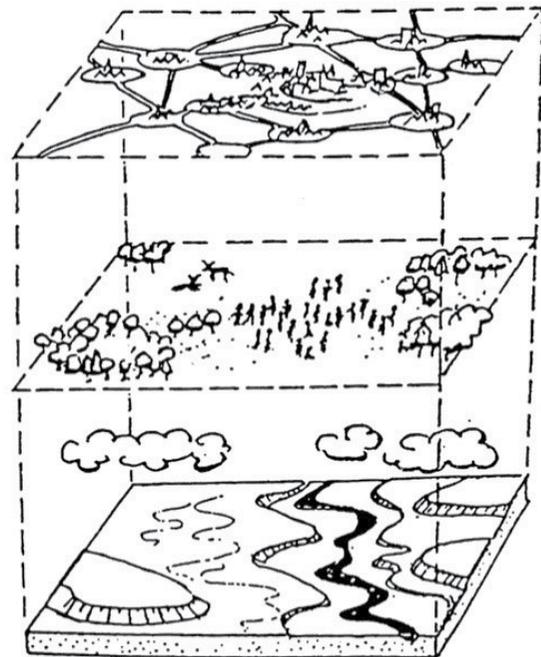
Hai hệ thống cảnh quan tự nhiên và văn hóa được kết hợp tạo nên nền tảng phát triển riêng cho từng khu vực địa lý.

Liên quan tới hướng nghiên cứu phát triển bền vững cảnh



quan, hiện nay đã có một số công trình tiêu biểu. Blaschke (2010) thực hiện một nghiên cứu về phân tích tiềm năng và nhu cầu chia sẻ nguồn tài nguyên nhằm khái quát hóa lý luận về "cảnh quan bền vững" theo cách tiếp cận không gian. Đối với vấn đề quy hoạch cảnh quan định hướng phát triển bền vững có sự tham gia của cộng đồng, Valencia và cộng sự (2010) nhận định, các vấn đề môi trường và kinh tế xã hội đã trở thành những nhóm chủ đề chính được mô tả theo các đơn vị cảnh quan, là cơ sở cho quá trình hoàn thành mục tiêu phát triển bền vững khu vực nông thôn. Mục tiêu phát triển bền vững cảnh quan cũng coi quy hoạch là một nhiệm vụ phức tạp, đòi hỏi đánh giá tích hợp để mô tả đặc điểm cảnh quan. Gần đây nhất, Hermann và cộng sự (2014) cũng khẳng định điều này thông qua việc nhận định các chức năng cảnh quan văn hóa trong quy hoạch cảnh quan bền vững[3].

Trong nhiều hướng tiếp cận nghiên cứu phát triển bền vững cảnh quan, tiếp cận địa lý được tổng kết là một hướng tiếp cận hiệu quả dựa trên nền tảng các đơn vị địa tổng thể (geocomplex) và định hướng tổ chức không gian. Một công trình nghiên cứu các cảnh quan đang đô thị hóa tại khu vực Bloomington (bang Indiana, Hoa Kỳ) đã được Munroe và cộng sự thực hiện vào năm 2005. Kết quả nghiên cứu cho thấy, phân mảnh cảnh quan gây nhiều tác động bất lợi tới chức năng và khả năng cung cấp dịch vụ cảnh quan. Nghiên cứu này đồng thời cũng chỉ ra mối quan hệ có tính chất thống kê giữa phân mảnh cảnh quan với những biến đổi về không gian, tự nhiên, kinh tế xã hội và sử dụng đất. Một nghiên cứu tương tự của Termorshuizen và Opdam (2009) cho thấy, dịch vụ cảnh quan nên được xem là đối tượng nghiên cứu của sinh thái cảnh quan về phát triển bền vững. Theo các tác giả, nghiên cứu sinh



according to W. Tomášek

thái cảnh quan nên tập trung vào 2 vấn đề: Giá trị cảnh quan với lợi ích ra quyết định phát triển cấp địa phương; dịch vụ cảnh quan có thể tích hợp vào phát triển cảnh quan đa chức năng. Phương pháp đánh giá quy hoạch sử dụng đất và xác định khoảng cách giữa mục tiêu của quy hoạch và kết quả thực tiễn đã được Bourgoin (2012) cho thấy: dựa trên phân tích thực hiện quy hoạch đất đai trong quá khứ và hiện tại, tác

giả đã nêu ra định hướng sử dụng cảnh quan và phương thức cư dân địa phương sử dụng đất đai[4].

Gần đây nhất, liên quan đến vấn đề quy hoạch cảnh quan nhằm hướng tới sự phát triển bền vững của một khu vực cụ thể, nghiên cứu của Tassinari và cộng sự (2013) đã tập trung làm rõ những vấn đề liên quan đến quy hoạch không gian phục vụ phát triển bền vững và nâng cao chất lượng hệ thống định cư khu vực nông thôn. Nghiên cứu cũng đề cập đến các chính sách quy hoạch đặc thù đối với vùng nông thôn, bao gồm quy hoạch cảnh quan, quy hoạch nông nghiệp, quy hoạch kinh tế và quy hoạch sử dụng đất[5].

## 2. VÙNG ĐÔ THỊ ĐỘNG LỰC TP.HCM - BÌNH DƯƠNG - ĐỒNG NAI

### a. Những đóng góp phát triển kinh tế

Tam giác phát triển TP.HCM - Bình Dương - Đồng Nai được xem là cửa ngõ đi vào khu vực kinh tế Đông Nam bộ - vùng kinh tế phát triển và năng động nhất cả nước. Trong bài viết này xin gọi tắt là **vùng đô thị động lực** hoặc một tên gọi khác là **tam giác kinh tế trọng điểm**.

**Tam giác kinh tế trọng điểm** bao gồm TP.HCM, Bình Dương và Đồng Nai. Cả 3 tỉnh thành trên đều thuộc vùng Đông Nam bộ, chiếm diện tích khiêm tốn so với cả nước, nhưng đóng góp của 3 địa phương này đối với quốc gia là rất lớn, mang tính quyết định đối với tốc độ phát triển kinh tế - xã hội của cả nước.

TP.HCM với lịch sử hơn 300 năm đã khẳng định vị trí hàng đầu, trung tâm kinh tế, tài chính, văn hóa, du lịch, giáo dục, khoa học kỹ thuật, y tế lớn nhất nhì cả nước. Đồng Nai là trung tâm công nghiệp lớn trong vùng với trung tâm là TP Biên Hoà thu hút nhiều đầu tư vào các KCN tập trung lớn và quy mô. Bình Dương là một tỉnh năng động trong thu hút vốn nước ngoài cùng với tỉnh Đồng Nai. Đến nay, Bình Dương có 1 đô thị loại I (TP Thủ Dầu Một), 1 đô thị loại II (TP Dĩ An)[1]...

TP.HCM cùng với Đồng Nai, Bình Dương hợp chung thành tam giác phát triển nhất cả nước. Khu tam giác này góp 48,6% trong ngân sách quốc gia.

### b. Khái quát qua những giá trị nền tảng cảnh quan sinh thái bản địa đặc sắc của khu vực Đông Nam bộ và vùng đô thị động lực

Việt Nam là một quốc gia có giá trị đa dạng cảnh quan tự nhiên và văn hóa cao trên thế giới. Tính đa dạng cao này được thể hiện ở sự phân hóa lãnh thổ sâu sắc. Lãnh thổ Việt Nam được phân chia thành 7 vùng sinh thái cảnh quan trên đất liền và 6 vùng sinh thái cảnh quan trên biển [2]. Trong đó vùng Đông Nam bộ và đại diện là vùng đô thị động lực có những giá trị đặc trưng rõ nét sau:

#### Cảnh quan tự nhiên

Vùng tam giác trọng điểm nằm ở vị trí chuyển tiếp giữa sườn phía Nam của dãy Trường Sơn, nối Nam Trường Sơn với các tỉnh ĐBSCL, là khu vực bình nguyên có địa hình lượn sóng từ cao xuống thấp dần từ 10 - 15 m so với mặt biển, địa hình tương đối bằng phẳng, thấp dần từ Bắc xuống Nam..

Vùng đô thị động lực có địa hình vùng đồng bằng và trung du với những núi sót rải rác, có xu hướng thấp dần theo hướng

bắc nam, với địa hình tương đối bằng phẳng. Địa hình có thể chia làm các dạng là địa hình đồng bằng, địa hình trũng trên trầm tích đầm lầy biển, địa hình lượn sóng, dạng địa hình núi thấp, đất phù sa, đất gley và đất cát có địa hình bằng phẳng, nhiều nơi trũng ngập nước quanh năm. Trong tổng diện tích tự nhiên, diện tích đất nông nghiệp chiếm 49,1%, diện tích đất làm nghiệp chiếm 30,4%, diện tích đất chuyên dùng chiếm 13%, diện tích đất khu dân cư chiếm 2,1%, diện tích đất chưa sử dụng chiếm 5,4%.

Khí hậu khu vực là khí hậu nhiệt đới gió mùa, có hai mùa tương phản nhau là mùa khô và mùa mưa. Mùa khô thường bắt đầu từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau, mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11. Khoảng kết thúc mùa mưa dao động từ đầu tháng 10 đến tháng 12.

#### Cảnh quan Văn hóa

**Làng nghề truyền thống:** Khu vực cũng chứa đựng các làng nghề truyền thống, như điêu khắc gỗ, làm đồ gốm và tranh sơn mài. **Lễ hội:** Nhiều lễ hội dân gian đặc sắc được tổ chức diễn ra hàng năm như Lễ hội chùa Bà Thiên Hậu hay còn được gọi là **lễ hội chùa Bà**, được diễn ra vào rằm tháng giêng mỗi năm; Lễ hội Miếu Ông Bồn (được diễn ra là vào mùa xuân là ngày 2 tháng Giêng âm lịch và vào mùa thu là ngày 4 tháng 7 âm lịch); Lễ hội Kỳ Yên...

**Tôn giáo:** Vùng động lực có sự đa dạng về các đặc trưng tôn giáo, tín ngưỡng. Theo thống kê, toàn khu vực có 13 tôn giáo khác nhau. Cư dân ban đầu mang theo tín ngưỡng thờ cúng gia tiên; song song đó là sự có mặt của Phật giáo, Đạo giáo, Khổng giáo... dẫn đến các cuộc chiến tranh Việt Nam chống ngoại xâm thì sự du nhập các tôn giáo, tín ngưỡng theo sự di dân bắt đầu xuất hiện. Công giáo ra đời và phát triển mạnh mẽ đến ngày nay trên khu vực là sau cuộc di dân năm 1954. Rồi Phật giáo Hòa Hảo và Cao Đài... dẫn xuất hiện theo sự di cư của người dân. Hiện nay vùng đô thị động lực là một địa bàn đa tôn giáo: Công giáo, Phật giáo, Tin Lành, Cao Đài, Hòa Hảo, Hồi giáo... Trong đó, Công giáo và Phật giáo là hai tôn giáo có số lượng tín đồ đông nhất.

Có thể nói vùng đô thị động lực chứa đựng những tài nguyên dồi dào về cảnh quan sinh thái bản địa với giá trị cao về tự nhiên và văn hóa đáng được quan tâm trong quá trình phát triển phục vụ kinh tế.

#### c. Quy hoạch phát triển vùng đô thị động lực

Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội vùng Đông Nam bộ được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt theo Quyết định số 06/2011/QĐ-TTg. Theo đó, vùng đô thị động lực (gồm TP.HCM, Đồng Nai, Bình Dương...) là vùng kinh tế phát triển năng động, có tốc độ tăng trưởng kinh tế cao, bền vững, là đầu tàu phát triển kinh tế của cả nước.

Quy hoạch nêu rõ, tại vùng này sẽ ưu tiên phát triển nhanh các ngành công nghiệp công nghệ cao, công nghiệp sạch, tiết kiệm nguyên liệu, năng lượng và tạo nhiều giá trị gia tăng. Phát triển công nghiệp điện tử và công nghệ thông tin trở thành ngành mũi nhọn. Bên cạnh đó, hình thành vành đai công nghiệp - đô thị vùng, hạn chế phát triển thêm các KCN trong khu vực trung tâm TP.HCM. Tạo điều kiện thuận lợi về đất đai, cơ sở hạ tầng ngoài hàng rào để phát triển các tổ hợp quy mô



*Thành phố Biên Hòa chuyển sang mô hình cấu trúc đô thị dịch vụ và công nghiệp.*

lớn về công nghiệp - dịch vụ và đô thị theo mô hình khu liên hợp công nghiệp - dịch vụ - đô thị. Quy hoạch hướng đến xây dựng TP.HCM, Bình Dương và Đồng Nai trở thành trung tâm động lực của vùng; đầu mối của hợp tác liên vùng và quốc tế; trung tâm kinh tế, thương mại, dịch vụ, giáo dục đào tạo và khoa học công nghệ của vùng và cả nước. Hình thành cơ cấu đa trung tâm nhằm tạo động lực để phát triển các vùng ngoại vi xung quanh, đồng thời giảm áp lực cho khu vực trung tâm TP.HCM ...

Trong quá trình phát triển và đô thị hóa, cảnh quan nông thôn và cảnh quan đô thị là những dạng điển hình của cảnh quan sinh thái bản địa, được hình thành bởi sự tác động của con người lên các cảnh quan tự nhiên, biến đổi cảnh quan tự nhiên cho phù hợp với mục tiêu phát triển của con người. Do vậy khi quy hoạch phát triển yếu tố cảnh quan sinh thái bản địa cần được quan tâm đến như một khía cạnh hướng tới bền vững.

#### **d. Những hệ lụy của phát triển**

Với tốc độ đô thị hóa ngày càng tăng **của vùng đô thị động lực**, môi trường ở khu vực đang bị ô nhiễm trầm trọng. Từ kết quả quan trắc cho thấy nồng độ bụi lơ lửng của các KCN đang có xu hướng tăng dần. Sự hình thành các khu đô thị, các KCN, cụm sản xuất cùng với quá trình khai thác khoáng sản với quy mô lớn đã làm biến đổi bề mặt địa hình của khu vực, làm mất đi những đường nét tự nhiên, gây nhiều tác động tiêu cực như thúc đẩy quá trình rửa trôi và xâm thực bào mòn các bề mặt tự nhiên.

Trong bối cảnh tốc độ tăng trưởng cao cùng với quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh, cảnh quan và môi trường như vậy,

cảnh quan sinh thái bản địa khu vực Đông Nam bộ và vùng đô thị động lực được hình thành bởi sự đa dạng của các nhân tố tự nhiên, nhưng đang gia tăng bởi tác động ngày càng mạnh mẽ và sâu sắc của các nhân tố nhân sinh. Trong giai đoạn hiện nay, cảnh quan vùng đô thị động lực bị biến đổi chủ yếu do biến đổi sử dụng đất và quy hoạch sử dụng đất. Những tác động gây phá hủy cảnh quan tự nhiên (chuyển đổi sang đất nông nghiệp, phát triển công nghiệp, mở rộng đô thị...) cùng những hoạt động khai thác cảnh quan và sử dụng chưa hợp lý tài nguyên thiên nhiên (quy hoạch bất cập, cháy rừng, phát triển nóng...) làm cảnh quan bị biến đổi nhanh chóng. Đồng thời, các tác động này làm phức tạp hóa bề mặt lãnh thổ và thay đổi các quá trình tự nhiên, tạo ra sự đa dạng cao về cấu trúc và chức năng cảnh quan. Các vấn đề này xảy ra ở quy mô địa phương, vùng trong khu vực Đông Nam bộ [6].

### **3. BÀN LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

#### **a. Những thách thức của phát triển thiếu quan tâm đến cảnh quan sinh thái bản địa**

Tại Việt Nam, những khu vực có giá trị khoa học cao về đa dạng cảnh quan, đa dạng văn hóa, đa dạng sinh học có thể xem xét đưa vào bảo tồn và nghiên cứu khai thác rất nhiều. Tuy nhiên, trong quá trình phát triển nhanh trong thời gian gần đây, Việt Nam hiện nay đang phải đối mặt với các tác động nghiêm trọng làm biến đổi cảnh quan như sau [7]: Nạn chặt phá rừng trái phép; Suy giảm tài nguyên đất đai nông nghiệp; Sử dụng tài nguyên nước không hợp lý; Khai thác quá mức tài nguyên thủy sản; Sử dụng không hợp lý tài nguyên khoáng sản; Mất mát tài nguyên di truyền; Ô nhiễm môi trường; Hủy hoại môi trường do

hậu quả của chiến tranh và phát triển thiếu kiểm soát.

Từ những phân tích ở phần hai có thể thấy 4 thách thức lớn đối với phát triển bền vững gắn với cảnh quan sinh thái tại khu vực Đông Nam bộ và vùng đô thị động lực có thể liệt kê là: (1) Biến đổi cảnh quan do quy hoạch phát triển; (2) Bành trướng đô thị; (3) Xói mòn đất; (4) Mất đất nông nghiệp.

### **b. Một số kiến nghị về cảnh quan sinh thái bản địa cho vùng đô thị động lực**

Trong định hướng quy hoạch phát triển vùng đô thị động lực đã nêu ở trên, để giữ gìn và phát huy được những giá trị cảnh quan sinh thái bản địa cần tuân thủ hai nguyên tắc căn bản sau: Sử dụng hợp lý và bảo vệ các giá trị tài nguyên của cảnh quan; Bảo vệ các giá trị đa dạng của cảnh quan.

#### **Phân vùng chức năng và ưu tiên**

Trong quy hoạch phát triển bền vững cần xác định chức năng của các đơn vị cảnh quan sinh thái tại vùng đô thị động lực. Để xác định chức năng của các đơn vị cảnh quan sinh thái bản địa tiêu biểu của khu vực Đông Nam bộ, có thể áp dụng hệ thống chỉ tiêu phân loại chức năng của Niemann (1977). Hệ thống phân loại này gồm 3 cấp, được sử dụng phân tích cho cả cảnh quan sinh thái bản địa, trong đó quan tâm tới cả 3 khía cạnh của phát triển bền vững là kinh tế, môi trường và xã hội.

- *Cấp nhóm chức năng* (chức năng bậc 1) gồm nhóm chức năng sản xuất (chức năng kinh tế).

- *Cấp chức năng chính* (các chức năng bậc 2): là sự phân chia chi tiết trong cấp nhóm chức năng. Tổng cộng có 8 chức năng chính được nêu ra trong hệ thống phân loại này liên quan đến chức năng môi trường.

- *Cấp chức năng phụ* (chức năng bậc 3): là sự phân chia chi tiết trong cấp chức năng chính liên quan đến các chức năng xã hội [4].

Trên cơ sở phân vùng chức năng cảnh quan sinh thái bản địa từ đó xây dựng không gian ưu tiên cho từng chức năng. Có 4 không gian cảnh quan ưu tiên như sau: (1) Không gian cảnh quan ưu tiên bảo tồn thiên nhiên và phát triển du lịch sinh thái; (2) Không gian cảnh quan ưu tiên xây dựng nông thôn mới với nền nông nghiệp hữu cơ và phát triển các loại hình du lịch; (3) Không gian cảnh quan ưu tiên phát triển đô thị và công nghiệp; (4) Không gian cảnh quan ưu tiên phát triển chuyên canh nông nghiệp và xây dựng mô hình nông thôn mới.

#### **Không gian cảnh quan sinh thái trong quy hoạch phát triển**

Bởi nhiều lợi ích mà không gian cảnh quan sinh thái đem lại, quy hoạch không gian cảnh quan sinh thái đã trở thành trọng tâm trong các kế hoạch và nghiên cứu phát triển đô thị. Tuy nhiên, để có thể quy hoạch hệ thống không gian cảnh quan sinh thái hoàn chỉnh, hợp lý cho đô thị, cần thiết giải quyết các nhiệm vụ chính sau:

- Định lượng chính xác nhu cầu về không gian cảnh quan sinh thái đô thị hiện tại và trong tương lai. Phương pháp định lượng không phải dựa trên các kinh nghiệm về tỷ trọng không gian cảnh quan sinh thái đô thị tại các nước tham chiếu mà cần sử dụng phương pháp cân bằng, đánh giá vùng động lực thực sự cần bao nhiêu không gian cảnh quan sinh thái để cân bằng sinh thái. Để làm được điều đó, cần thiết dự báo chính xác về

dân số (bao gồm cả dự báo về lượng khách du lịch tăng thêm nếu không gian cảnh quan sinh thái được cải thiện). Diện tích không gian cảnh quan sinh thái cũng cần đủ để cân bằng lượng oxy - carbon, cân bằng nhu cầu tài nguyên nước trong đô thị. [6]

- Sau khi có định lượng về nhu cầu không gian cảnh quan sinh thái, cần xác định, phân cấp các thành phần trong không gian cảnh quan sinh thái đô thị.

- Trong điều kiện Việt Nam, thông thường, khối lượng không gian cảnh quan sinh thái hiện trạng sẽ không đáp ứng được nhu cầu của người dân. Do đó, việc nghiên cứu nhằm chọn lựa địa điểm phát triển không gian cảnh quan sinh thái mới cũng vô cùng quan trọng nhằm đảm bảo các không gian cảnh quan sinh thái được phân bố rộng rãi, hợp lý, đảm bảo bán kính phục vụ cho người dân.

- Sau khi xác định đủ nhu cầu không gian cảnh quan sinh thái, phân bố không gian cảnh quan sinh thái hợp lý, cần thiết phải nghiên cứu hệ thống tuyến xanh để liên kết các không gian cảnh quan sinh thái nói trên để tạo nên vòng liên kết xanh (hệ sinh thái đô thị) hoàn chỉnh.

- Việc định lượng nhu cầu không gian cảnh quan sinh thái hợp lý, phân bố rộng khắp, kết nối hoàn chỉnh chưa thể đảm bảo phát triển không gian cảnh quan sinh thái đô thị. Cần thiết phải xây dựng một kế hoạch hành động cụ thể, với sự liên kết của nhiều thành phần như quản lý, chuyên môn, kinh tế...

- Phân cấp quản lý rõ ràng, tránh hiện tượng chồng chéo trách nhiệm như hiện nay. - Quy hoạch không gian cảnh quan sinh thái xanh phải được xem là một phần không thể thiếu trong quy hoạch hạ tầng kỹ thuật đô thị.

- Cần gắn thiết kế không gian cảnh quan sinh thái đô thị với công tác thiết kế đô thị để tạo nét đặc trưng đô thị. Các giải pháp quy hoạch không gian cảnh quan sinh thái cần được xem xét kỹ hơn về yếu tố thiên nhiên và làm rõ vai trò điểm nhấn để tạo bản sắc trong đô thị.

- Vùng đô thị động lực cần vận động toàn thể các tầng lớp nhân dân tham gia vào quá trình quy hoạch không gian cảnh quan sinh thái, từ tham gia công tác quy hoạch, quản lý đến tự tay thực hiện trồng và bảo vệ cây xanh đô thị

Việc kiểm soát phát triển và trọng số trong các chỉ tiêu sẽ khác nhau giữa các khu vực vì trong khi vành đai xanh và nêm xanh cần được kiểm soát phát triển chặt chẽ thì khu vực hành lang xanh Vùng đô thị động lực lại được phép phát triển cân bằng dựa trên bảo tồn. Đối với hệ thống không gian, công viên cây xanh hiện đang rất thiếu hiện nay của vùng đô thị động lực, cần cải tạo, bảo dưỡng để sử dụng hiệu quả các không gian cảnh quan sinh thái công cộng hiện trạng.

Đối với hệ thống sông hồ phần nào đó đã bị thu hẹp lại do các công trình bê tông hóa, chính vì vậy chúng ta cần có các biện pháp khôi phục hệ thống sông hồ, quy hoạch không gian cảnh quan sinh thái bảo vệ môi trường sinh học dọc các tuyến sông tạo kết nối với không gian cảnh quan sinh thái. Trước đây, khi điều kiện kinh tế đất nước còn khó khăn, cảnh quan sinh thái bản địa chưa thật sự được trọng qua trình phát triển đô thị. Tuy nhiên ngày nay, các khu vực định cư rất cần phát triển dựa trên nền tảng của cảnh quan sinh thái bản địa vì rất nhiều lợi ích mà nó đem lại: từ bảo vệ môi trường sống, bảo vệ hệ



*Thành phố Bình Dương quy hoạch thành vùng đô thị, công nghiệp, dịch vụ hiện đại mang tầm khu vực.*

sinh thái đô thị đến đơn giản là không gian kết nối giữa con người và môi trường, kết nối mọi người trong cộng đồng. Hơn nữa, các nghiên cứu đã cho thấy những đóng góp thiết yếu và to lớn của cảnh quan sinh thái bản địa cho nền kinh tế đô thị. Chính vì vậy, đã đến lúc có nhận thức toàn diện về cảnh quan sinh thái bản địa, xem cảnh quan sinh thái bản địa như nền tảng cơ bản phát triển.

#### **Cảnh quan sinh thái bản địa**

Cảnh quan sinh thái bản địa với cách tiếp cận không gian và thời gian, tự nhiên - nhân sinh, có khả năng giải quyết tốt những vấn đề liên quan tới bảo vệ môi trường, bảo tồn thiên nhiên nhằm tạo ra những nơi sống tốt cho các loài sinh vật và môi trường sống bền vững của con người.

Từ một góc nhìn khác, cảnh quan sinh thái bản địa chính là ADN để xác lập những đô thị hài hòa với thiên nhiên, cộng sinh với những thách thức để tồn tại tốt nhất và tạo nên những bản sắc và cá tính đô thị - một yếu tố vô cùng quan trọng trong thế giới phẳng hiện nay. Chính cá tính và bản sắc sẽ giúp cho tạo điều kiện cho việc phát triển tốt nhất, thu hút du lịch, tạo sinh kế, công bằng giàu nghèo... thúc đẩy tăng trưởng kinh tế bền vững lâu dài. Những người bạn nước ngoài vô cùng ngạc nhiên khi bắt gặp những đô thị theo kiểu Địa Trung Hải ở vùng nhiệt đới hay những khu vườn Nhật - Hàn Quốc lạc lõng trong môi trường đô thị. Sự hấp dẫn cũng chính là nền tảng cho sự phát triển lâu dài đó chính là yếu tố cảnh quan bản địa thể hiện được điều kiện tự nhiên, văn hóa địa phương... Những du khách cảm thấy thiếu hụt hay nói cách khác là thêm muốn được trải nghiệm những món ăn Việt trong những không gian kiến trúc - đô thị hay những những khu vườn đậm tính bản địa Việt Nam. Trong đó nét đẹp của con người Việt được tôn vinh và trân trọng.

Trong khung cảnh tự nhiên và xã hội của vùng đô thị động lực, các cảnh quan sinh thái bản địa được nhìn nhận ở khía cạnh tổng hợp, bao gồm nhiều hợp phần tác động với nhau, hàm chứa nơi sống của sinh vật và không gian, môi trường sống, sản xuất và sinh hoạt của con người. Sự hiểu biết và quan tâm sinh thái cảnh quan bản địa ở các quy mô không gian khác nhau sẽ đảm bảo giải quyết được những vấn đề cấp bách trước mắt và lâu dài của khu vực Đông Nam Bộ nói chung và vùng đô thị động lực nói riêng.❖

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Tăng trưởng xanh tại Việt Nam và những vấn đề đặt ra - TS Nguyễn Thị Thanh Tâm, Khoa Kinh tế chính trị, Học viện Chính trị Quốc gia Hồ Chí Minh khu vực 1.
2. Chương trình nghiên cứu bảo tồn cảnh quan Văn hóa Huế hướng đến bảo tồn "Di sản cộng đồng" - Trung tâm Bảo tồn Di tích Cố đô Huế (HMCC) và Viện Nghiên cứu Quy hoạch - Đại học Waseda, Nhật Bản (WIURS) giai đoạn 2014 - 2018.
3. Sinh thái nhân văn và phát triển bền vững - Phan Thị Anh Đào, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và BDKH; Lê Trọng Cúc, Hoàng Văn Thắng, Viện TN&MT, Đại học Quốc gia Hà Nội - Tạp chí Môi trường số 2/2017.
4. Từ cảnh quan thiên nhiên đến địa lý nhân văn - Mai Anh Tuấn, 2020.
5. Cảnh quan di sản văn hóa trong vùng đô thị hóa - Phạm Thị Trâm - NXB Khoa học Xã hội.
6. Tạo dựng đô thị xanh ven biển Việt Nam góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế biển bền vững - Hoàng Mạnh Nguyên - Tạp chí Kiến trúc Việt Nam, 2020.
7. Sinh thái cảnh quan - Lý luận và ứng dụng thực tiễn trong môi trường nhiệt đới gió mùa - Nguyễn An Thịnh - NXB Khoa học và Kỹ thuật.
8. Mô hình đô thị nền bền vững và thách thức trong phát triển nhà cao tầng tại Việt Nam - Hoàng Mạnh Nguyên - Tạp chí Quy hoạch Việt Nam, 2019.
9. Thiết kế tích hợp bền vững - Jon Kristinsson, 2012.
10. Hội thảo "Môi trường sống Xanh đô thị" - Tuần lễ kiến trúc xanh 2018 - Viện Đô thị xanh Việt Nam.

KIẾN TRÚC BẢN ĐỊA MỚI TẠI VIỆT NAM:

# Xu hướng nào phát triển phù hợp trong tương lai?



TS.KTS LÊ CHIẾN THẮNG\*

**K**iến trúc bản địa mới là sự tiếp nối của kiến trúc bản địa trong thời đại mới. Đây là sự tiếp nối và đóng vai trò rất quan trọng trong phát triển lịch sử kiến trúc đương đại và có thể được xem như một sự tìm kiếm giúp định hình và duy trì bản sắc địa phương trong một môi trường quốc tế hóa mở rộng hiện nay ở khắp nơi trên thế giới. Kiến trúc bản địa mới tại Việt Nam trong thập niên vừa qua đã phát triển với những tìm tòi thiết kế và tổ chức không gian sáng tạo cùng với sự hỗ trợ của công nghệ và vật liệu mới. Kiến trúc bản địa mới tại Việt Nam đã và đang giúp cho bộ mặt kiến trúc của Việt Nam phong phú và đa dạng hơn, góp phần dẫn định hình kiến trúc tiên tiến nhưng vẫn đậm đà bản sắc dân tộc.

## 1. KHÁI NIỆM KIẾN TRÚC BẢN ĐỊA VÀ KIẾN TRÚC BẢN ĐỊA MỚI

Kiến trúc bản địa (KTBD) nằm ngoài các xu hướng/trào lưu/phong cách/chủ nghĩa kiến trúc lấy phương Tây làm trung tâm (*western-centric*) như được phân đoạn “chính thống” trong lịch sử kiến trúc thế giới và vốn cũng được giảng dạy trong các trường đại học trên thế giới và Việt Nam. Định nghĩa Kiến trúc bản địa (*vernacular architecture*), hay còn gọi là chủ nghĩa Địa phương (*Regionalism*) hoặc Truyền thống bản địa (*Vernacular tradition*), cho tới nay không thống nhất dù cảm nhận về KTBD rất dễ dàng, khái niệm thậm trí còn đối lập nhau. Paul Oliver, học giả nổi tiếng và là một trong những nhà nghiên cứu đầu tiên xác định KTBD và cho rằng KTBD là một thể loại kiến trúc phát triển trong các cộng đồng và có thể tự thích ứng với các điều kiện xã hội, khí hậu và công nghệ trong các thời đại. Ngoài ra, ông cho rằng KTBD phù hợp với các giá trị, kinh tế, lối sống và các nền văn hóa khởi nguồn và cho rằng KTBD cần phải được tôn trọng như một loại hình di sản văn hóa [1]. Và thực tế cho thấy KTBD đã và đang được tôn trọng và thậm trí còn được coi như các di sản cần phải gìn giữ.

Sự thừa nhận chung nhất đó là KTBD là các công trình xây

(\*) Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.

dựng đích thực/chân thực (*authentic*) của một địa điểm và tộc người cụ thể, đã được phát triển trong một thời gian dài trong lịch sử và được tạo dựng bởi những “con người bình thường” (không phải là kiến trúc sư được đào tạo) thông qua kiến thức được truyền từ đời này sang đời khác. KTBD bao gồm nhiều loại công trình khác nhau (nhà ở, nhà công cộng...), nhiều phương pháp và vật liệu xây dựng khác nhau theo vùng miền và tộc người sử dụng, được hình thành từ lâu cho tới thời kỳ cách mạng công nghiệp tại châu Âu và tới thời kỳ hiện đại của các nước đang phát triển.

Khác với kiến trúc do kiến trúc sư thiết kế, KTBD đại diện cho kiểu kiến trúc không có kiến trúc sư và chiếm phần lớn trong tổng số các công trình được xây dựng trên thế giới, tới 95% theo ước tính của Amos Rapoport vào năm 1995 [2]. Trong khi các công trình do kiến trúc sư thiết kế thường được xem như các tác phẩm nghệ thuật (*art works*), ứng dụng các tiến bộ của khoa học công nghệ trong xây dựng và vật liệu, tìm kiếm các giải pháp tổ chức không gian đa dạng và hình khối sáng tạo... thì KTBD lại được xem như một dạng kiến trúc thiếu chuyên nghiệp, ít biến đổi, không được dẫn dắt bởi thiết kế, công nghệ và vật liệu đơn giản và sẵn có tại địa phương... Tuy nhiên KTBD, đúng với tên gọi của nó cho dù để xác định được tính truyền thống (*traditional*) hay tính dân dã (*folk*) với tính bản địa (*vernacular*) không phải vấn đề dễ dàng, lại mang trong mình những câu chuyện văn hóa sâu sắc, phản ánh tính truyền thống được kế thừa từ thế hệ này sang thế hệ khác, tồn tại bền vững trong mỗi cộng đồng dân cư, mỗi vùng đất cụ thể, cũng như cân bằng trong sự phát triển giữa môi trường xây dựng và môi trường tự nhiên vốn là một trong những điều cần quan tâm nhất trong phát triển bền vững đương đại.

KTBD mới là một biểu hiện đương đại của KTBD, lấy cảm hứng từ các yếu tố truyền thống trong môi trường địa phương và thể hiện với công nghệ và vật liệu đương đại. Nhiều kiến trúc sư tin rằng kiến trúc bản địa phải tuân thủ hình dáng và sử dụng vật liệu địa phương. Tuy nhiên KTBD không hẳn chỉ là



Bảng 1. Một số khái niệm kiến trúc bản địa

Tác giả	Khái niệm kiến trúc bản địa mới
P.Oliver [1]	Kiến trúc bản địa được hình thành nhờ các yếu tố thích ứng với các điều kiện xã hội, khí hậu và công nghệ
A.Rapoport [2]	Kiến trúc dân gian rất đa dạng về loại hình, phương pháp xây dựng và đại diện cho đa số công trình tồn tại trên thế giới
C.Ghisleni [3]	Kiến trúc địa phương hay vùng miền, sử dụng vật liệu truyền thống và các nguồn lực tại nơi công trình được xây dựng

Bảng 2. Một số khái niệm kiến trúc bản địa mới

Tác giả	Khái niệm KTBD mới
Elša Turkušić [4]	Sự chuyển hóa của KTBD trong thời đại mới, lấy cảm hứng từ di sản bản địa và thể hiện ngôn ngữ công nghệ và thẩm mỹ của thời đại.
J.Steele [5]	KTBD mới là sự quan tâm của các KTS tới bản sắc văn hóa quốc gia, là sự nỗ lực nhằm thể hiện đặc trưng bản địa rõ ràng hơn trong kiến trúc, và được thúc đẩy bởi các phòng trào dành độc lập dân tộc khắp toàn cầu.
J.Melvin [6]	KTBD mới là phản ứng với hình thức đồng nhất của chủ nghĩa hiện đại cho dù có sự khác biệt rất lớn về vùng miền và khí hậu giữa các địa điểm xây dựng. Cho dù không được coi là một trào lưu về hình thức, đặc điểm chung trong thiết kế là tính địa phương, truyền thống bản địa cũng như phản ánh thời đại.

hình thức bên ngoài hay cảm nhận cảm tính. Bối cảnh hiện tại cần được phân tích như một lĩnh vực rộng lớn hơn nhiều với các vấn đề tâm linh, lịch sử, chức năng, không gian, văn hóa...

KTBD mới thường dựa trên hai phương pháp tiếp cận, đó là phương pháp mô phỏng truyền thống (conservative) và phương pháp tiếp biến truyền thống (interpretative). Phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống tạo ra các công trình có hình dáng truyền thống hoặc sử dụng kỹ thuật và vật liệu truyền thống cho các công trình KTBD mới. Phương pháp này dường như dễ được chấp nhận hơn trong bối cảnh của nền kinh tế phát triển thấp hoặc các vùng ngoại ô hoặc nông thôn. Tuy nhiên, một số ngoại lệ ngày càng lớn cho thấy phương pháp tiếp cận này chưa hẳn đã là mong muốn ngay cả của

chính người dân địa phương. Bài học ngay tại Việt Nam về sự mất đi của những gì được coi là “truyền thống” hay di sản như những ngôi nhà bằng đất ở vùng núi phía Bắc Việt Nam hay những ngôi nhà sàn miền núi cao dọc miền tổ quốc đã nhanh chóng mất đi ngay khi người dân có được đời sống kinh tế tốt hơn, họ mong muốn có những ngôi nhà kiểu “người Kinh” ở vùng đồng bằng với kết cấu BTCT, tường gạch hay hình dáng “nhà Tây”...cho thấy kiểu tiếp cận này vẫn còn mang tính thử nghiệm với các công trình nhà cộng đồng mới xuất hiện trong hơn chục năm gần đây.

Trong khi đó, phương pháp tiếp biến truyền thống học tập và lựa chọn một hay nhiều yếu tố/thành phần, hữu hình hay vô hình, những gì tinh túy, thuộc về bản chất hay tính “truyền

Một số công trình KT&BD mới theo phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống



Hình 1. Khu Thái học - Văn Miếu Quốc Tử Giám, 2000, KTS Lê Thành Vinh. Công trình đánh dấu sự thành công trong việc trùng tu và mở rộng trong khu vực lịch sử quan trọng cấp quốc gia. Khu Thái học tái hiện hình ảnh kiến trúc truyền thống với vật liệu và kỹ thuật xây dựng hiện đại. (Nguồn ảnh: Trung tâm hoạt động văn hóa khoa học Văn Miếu - Quốc Tử Giám)



Hình 2. Yên Tử Legacy, 2018, KTS. Bill Bensley. Sự kết hợp khéo léo giữa kiến trúc truyền thống và cảnh quan tự nhiên trong tổ hợp không gian lớn. (Nguồn ảnh: Yên Tử Legacy)

thống” để tích hợp trong tổ chức không gian hay hình thức kiến trúc của thời đại mới. Phương pháp này dường như là biểu hiện rõ ràng hơn và phù hợp hơn với hơi thở thời đại, và có thể được coi như sự nối dài của truyền thống trong cuộc sống đương đại.

Giá trị của cả hai phương pháp đều rất riêng. Nếu như phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống mang lại những giá trị thẩm mỹ mới cho những thứ đang được cho là rất bình thường tại các vùng nông thôn, thì phương pháp tiếp biến truyền thống lại cho thấy khả năng “hòa nhập mà không hòa tan” trong làn sóng toàn cầu hoá.

## 2. SƠ LƯỢC PHÁT TRIỂN KIẾN TRÚC VIỆT NAM GIAI ĐOẠN 1975 ĐẾN NAY

Lịch sử kiến trúc Việt Nam thế kỷ 20 và đầu thế kỷ 21 thật đặc biệt, và kiến trúc cũng vậy với các giai đoạn 1900 - 1954, 1954 - 1975, 1975 - 1986 và 1986 đến nay. Mỗi giai đoạn có những sự phát triển kiến trúc rất đặc trưng trong mối quan hệ với các yếu tố của văn hóa phương Tây: Giai đoạn 1900 - 1954 với người Pháp và kiến trúc Pháp, giai đoạn 1954 - 1975 với các nước trong khối XHCN ở miền Bắc và người Mỹ ở miền Nam, giai đoạn 1975 - 1986 với các nước trong khối XHCN và giai đoạn 1986 đến nay với quốc tế trong một môi trường toàn cầu rộng mở.

*Sự phát triển kiến trúc Việt Nam trong giai đoạn từ 1975 tới nay*

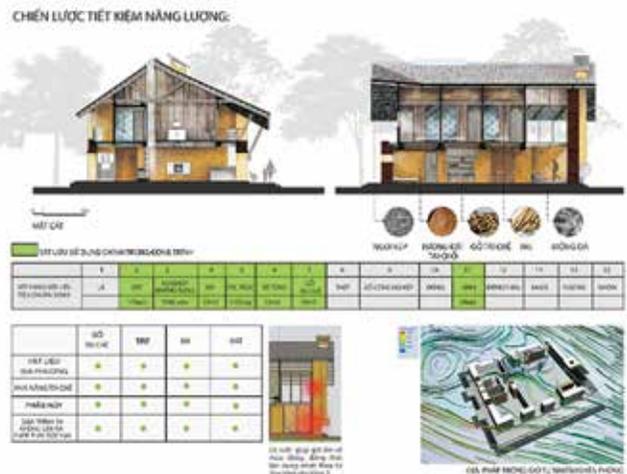
Giai đoạn 1975 - 1986: sau khi thống nhất đất nước đến năm 1986, nền kinh tế đất nước thống nhất sa sút do chiến tranh, sự trì trệ của mô hình kinh tế tập trung bao cấp, sự cấm vận của Mỹ và các nước đồng minh... đã biến Việt Nam thành một trong những nước có nền kinh tế phát triển thấp nhất thế giới. Trong bối cảnh như vậy, kiến trúc thời kỳ này không có nhiều thành tựu nổi bật cho dù có rất nhiều công trình được xây dựng sau chiến tranh để phục vụ công cuộc bình ổn xã hội

và phát triển kinh tế. Các công trình được cho là điểm nhấn trong thời kỳ này do các nước XHCN giúp đỡ như Cung văn hóa Hữu nghị hay Bảo tàng Hồ Chí Minh ở Hà Nội, tuy đều do KTS G.Isacovic thiết kế nhưng cũng đã áp dụng những yếu tố bản địa như vỏ bao che hai lớp kết hợp chi tiết trang trí truyền thống, mái và hàng hiên đua ra lớn tạo không gian đệm và cảm giác của những mái đình cổ truyền...

Từ năm 1986 với chính sách Đổi mới, chuyển đổi mô hình kinh tế, mở cửa thị trường, mở cửa đất nước với thế giới, đặc biệt sau khi Mỹ dỡ bỏ cấm vận đối với Việt Nam năm 1994 và Việt Nam tham gia nhiều tổ chức quốc tế (WTO 2007), nước ngoài nhiều hơn. Các doanh nghiệp/tập đoàn đầu tư vào Việt Nam (từ các nước phương Tây, Đông Á...) trên mọi lĩnh vực, trong đó có xây dựng. Kể từ khi bước vào thế kỷ 21, sự thay đổi kiến trúc nói chung và kinh tế đô thị nói riêng diễn ra rộng rãi ở các tỉnh thành, đặc biệt là các đầu tàu kinh tế đô thị như TP.HCM, Hà Nội, Đà Nẵng... đã và đang làm thay đổi diện mạo cũng như đường nét của các đô thị trên khắp Việt Nam. Sự phát triển này có thể nói phần nào đã bắt kịp xu hướng phát triển kiến trúc trên thế giới. Các xu hướng/trào lưu/chủ nghĩa trong kiến trúc tại Việt Nam bao gồm chủ nghĩa hiện đại mới (*neo-modernism*), kiến trúc công nghệ cao (*technology architecture*), kiến trúc xanh (*green architecture*), kiến trúc gắn kết với tự nhiên (*biophilic architecture*), xu hướng phục cổ (cổ điển châu Âu, cổ Việt Nam), chủ nghĩa biểu hiện mới (*neo-expressionism*), chủ nghĩa tối giản (*minimalism*)... Trong đó KT&BD mới nổi lên như một lối thoát tìm về bản sắc dân tộc mà hiện đại. Bên cạnh đó, trong KT&BD có gì đó những thành phần của kiến trúc xanh, của kiến trúc gắn kết với tự nhiên, và cả của kiến trúc hiện đại mới. KT&BD mới tại Việt Nam trong thời gian này đã có đủ điều kiện để trỗi dậy như một trong những trào lưu chủ đạo do KTS Việt Nam thiết kế, dẫn dắt và truyền cảm hứng cho giới thiết kế chuyên nghiệp nói riêng và xã hội nói chung.



Hình 3. Nhà cộng đồng Suối Rè, Hòa Bình, 2012, KTS Hoàng Thúc Hào. Hình ảnh nhà Mường nhà Kinh được kết hợp với các giải pháp sáng tạo và học hỏi về vật liệu, kỹ thuật xây dựng... và tích hợp các giải pháp năng lượng trong công trình (Nguồn ảnh: Tạp chí Kiến trúc - Hội KTSVN)



Hình 4. Nhà cộng đồng Nậm Dăm, Hà Giang, 2015, KTS Hoàng Thúc Hào. Nhà cộng đồng kết hợp homestay với truyền thống vật liệu và kỹ thuật xây dựng địa phương, tổ chức không gian và tạo hình hiện đại, và ứng dụng mô phỏng năng lượng tối ưu hóa. (Nguồn ảnh: Công ty I+I>2)

### 3. KIẾN TRÚC BẢN ĐỊA MỚI TẠI VIỆT NAM

KTBD mới tại Việt Nam gồm cả hai phương pháp tiếp cận (phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống và phương pháp tiếp biến truyền thống) được áp dụng trên toàn lãnh thổ Việt Nam, cả ở vùng nông thôn và đô thị. Các công trình được thể hiện cũng rất đa dạng, từ nhà ở, quán xá tới nhà cộng đồng dân cư. Một số thành công được thừa nhận trên trường quốc tế. KTBD tại Việt Nam nở rộ khi bước sang thế kỷ 21 khi các nguồn đầu tư nhiều và đa dạng hơn, kiến trúc được chú ý hơn, được đầu tư thiết kế nhiều hơn.

#### a. Phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống

Phương pháp tiếp cận mô phỏng truyền thống tập trung xử lý vào hình dáng kiến trúc truyền thống thân quen, điều

chính phù hợp mà không gây sốc bằng cách khai thác các chi tiết truyền thống; khối tích vừa phải; không gian đệm phù hợp với khí hậu nhiệt đới; nhưng vật liệu xây dựng và hoàn thiện cũng như kỹ thuật xây dựng vừa truyền thống vừa hiện đại. Giá trị từ những công trình như vậy thể hiện ở nhiều khía cạnh bao gồm cả thẩm mỹ, tổ chức không gian, kết cấu, vật liệu, kỹ thuật và cả các yếu tố mới như thông gió chiếu sáng tự nhiên hay tiết kiệm và sử dụng năng lượng hiệu quả.

Về mặt thẩm mỹ và tổ chức không gian, các công trình này bổ sung những giá trị thẩm mỹ mới đương đại cho kiến trúc truyền thống những tương khó có thể tạo ra sự mới lạ hơn nữa, chứng minh sức sống mãnh liệt của truyền thống trong thời kỳ đổi mới của đất nước, phù hợp với yêu cầu và đòi hỏi

Một số công trình KTBD mới theo phương pháp tiếp biến truyền thống



Hình 5. Nhà văn hóa thiếu nhi Hà Nội, 1977, KTS Lê Văn Lân. Công trình có thể được coi như đại diện của KTBD giai đoạn 1975 - 1986. (Nguồn ảnh: Tạp chí Kiến trúc - Hội KTSVN).



Hình 6. Bảo tàng Hồ Chí Minh ở Hà Nội, 1989, KTS G.Isacovic Công trình có thể được coi như đại diện của KTBD giai đoạn 1986 - 2000 (Nguồn ảnh: Travel Hanoi).

mới về thẩm mỹ hay chức năng trong cuộc sống đương đại. Những loại hình không gian mới như homestay, nhà cộng đồng, các không gian di động... được bổ sung. Các kỹ thuật xây dựng mới bổ trợ cho kỹ thuật cũ nhưng ko mất đi tính chất (liên kết, xử lý vật liệu) của vật liệu địa phương cũng như phù hợp với kỹ thuật xây dựng của địa phương.

Việc ứng dụng các công nghệ thiết kế và mô phỏng hiện đại cũng bổ sung thêm thành phần kiến trúc mới để gia tăng chất lượng không gian nội thất cũng như tiện nghi sử dụng như chất lượng không khí trong nhà thông qua thông gió tự nhiên và chiếu sáng tự nhiên từ trên tường và mái, sản xuất năng lượng tại chỗ, bổ sung giếng trời, ống khói và các khoảng thông tầng sáng tạo khác...

Và sau cùng và cũng quan trọng không kém, đó là những công trình hướng tới những cộng đồng yếu thế ở vùng cao và xa xôi như nhà cộng đồng, trường học, thư viện... đã góp phần làm gia tăng tính cộng đồng cũng như nâng cao chất lượng giáo dục nói chung và về vệ sinh môi trường nói riêng cho cộng đồng dân cư và các thế hệ trẻ em vùng cao, mở ra những hướng đi mới cho xã hội cũng như kiến trúc nói riêng.

**b. Phương pháp tiếp cận tiếp biến truyền thống**

Về mặt thẩm mỹ và tạo hình khối cũng như xử lý vỏ bao che công trình mang chức năng kếp, vừa tạo hiệu quả thẩm mỹ, vừa tăng hiệu quả bao che ứng xử với điều kiện tự nhiên khắc nghiệt hoặc bất lợi. Xử lý khối và vỏ bao che cũng đóng vai trò tiên quyết với hiệu quả về "tính bản địa" do công trình tạo ra, tạo cảm nhận của người ngắm cũng như góp phần vào việc định hình sự phát triển trong bối cảnh không gian đô thị/nông thôn rộng lớn hơn. Với cảm nhận của nhưng người không phải trong nghề cũng như không có điều kiện tìm hiểu sâu, thẩm mỹ của vỏ bao che đóng vai trò quyết định sự thành công của công trình.

Về mặt chức năng và tổ chức không gian (không gian mới phù hợp với đương đại, hình và khối không gian nội thất, chiều cao thông tầng, vách ngăn che nội thất, thông gió chiếu sáng tự nhiên thông qua cửa các loại lỗ mở vách ngăn mờ, trang thiết bị nội thất, cũng như các cấp độ trang thiết



Hình 7. Bảo tàng Đắk Lắk, 2011, KTS Nguyễn Tiến Thuận. Tổ chức không gian bảo tàng đương đại nhưng hình khối và chi tiết trang trí thấm đẫm tinh bản địa của các dân tộc đồng bào Tây Nguyên. (Nguồn ảnh: Công ty TNHH Kiến trúc XI-HAAL).

bị chủ động trong và ngoài công trình). Các công trình cũng kết hợp hài hoà các không gian đóng và mở và khai thác đặc biệt các không gian đệm (buffe zone) kết hợp với cây xanh, mặt nước. Các giải pháp sáng tạo như vậy giúp nâng cao chất lượng không gian nội thất, tiện nghi cho người sử dụng...

Về mặt kỹ thuật xây dựng và hệ thống kỹ thuật trong công trình, vật liệu chịu lực hiện đại kết hợp BTCT, thép, tường gạch (nung hoặc không nung) giúp gia tăng tính bền vững của công trình. Vật liệu hoàn thiện thân thiện với thẩm mỹ người địa phương, với môi trường tự nhiên của địa phương giúp gắn kết công trình với ngữ cảnh và phần nào đó thể hiện tính bền vững của công trình. Khai thác kỹ thuật, vật liệu địa phương theo cách chưa từng có với các pattern kiểu parametric (tường gạch), với kiểu sử dụng vật liệu theo các cách khác nhau (ngói dùng để trang trí tường, gạch thông gió, chậu cây thoát), bổ sung thông gió chiếu sáng tự nhiên bằng giếng trời kết hợp với cây xanh và mái kính, tính nghệ thuật và sự bay bổng nhẹ nhàng được tạo ra với những hình



Hình 8. F-Café, Quảng Bình, 2014, KTS Lê Vũ Hồng Quang. Vật liệu, không gian đậm, kết hợp cảnh quan cây xanh mặt nước là những điểm nổi bật địa phương. (Nguồn ảnh: Archidaily).



Hình 9. Termitary house (Nhà tổ mối), Đà Nẵng, 2014, Tropical Space. Giải pháp hình khối đơn giản, tổ chức không gian thông tầng đa dạng, vỏ bao che hai lớn thông gió tự nhiên và chiếu sáng tự nhiên tốt. (Nguồn ảnh: Hiroyuki Oki).

khối đơn giản và bằng tổ chức khéo léo các dầm bê tông, các nan gỗ thép...

Ứng dụng các phần mềm mô phỏng năng lượng, các phần mềm thiết kế kiến trúc chứa mô hình thông tính công trình (BIM) trong thiết kế và thi công giúp định lượng chính xác các tác động nhiệt và các điều kiện tự nhiên khác tới công trình cũng như giúp tính toán được các chế độ nhiệt và hiệu quả của thiết kế thụ động và chủ động trong công trình...

#### 4. KẾT LUẬN

Vậy xu hướng nào trong KTBD sẽ phát triển phù hợp tiếp tục trong tương lai? Liệu vật liệu và kỹ thuật truyền thống còn có được ưu chuộng? Nhiều vật liệu truyền thống xuống cấp khá nhanh, tuổi thọ vật liệu truyền thống ngắn hơn nhiều và đòi hỏi bảo dưỡng dày công hơn nhiều so với vật liệu hiện đại. Bản địa mới có thể chuyển sang các dạng khác không hay một dạng bản địa mới hơn nữa khi mà khoa học kỹ thuật trong xây dựng ngày càng phát triển, nếu vậy bản chất của KTBD sẽ thay đổi và tên gọi của KTBD có còn phù hợp?

Thập kỷ qua cho thấy KTBD mới tại Việt Nam đã đạt được những bước tiến vượt bậc và phần nào bắt kịp và hoà nhập vào dòng chảy KTBD mới chung của kiến trúc đương đại thế giới. Hướng đi tiếp theo và sự giao thoa của KTBD mà cũng là

bản chất của nó, đó chính là tính bền vững. Nếu lấy các tiêu chí của bền vững là kim chỉ nam cho KTBD thì dường như đó là câu trả lời chính xác nhất, vừa duy trì và kế thừa được tính truyền thống của văn hoá dân tộc, vừa phù hợp với các đặc điểm của bối cảnh địa phương cụ thể.

Đó cũng chính là sự hoà nhập mà không hoà tan, hay hướng tới hội nhập quốc tế nhưng vẫn đậm đà bản sắc dân tộc.❖

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Paul Oliver, Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World, NXB ĐH Cambridge, Cambridge, 2012.
- [2] Amos Rapoport, House Form and Culture, NJ: Prentice-Hall, 1969.
- [3] Ghisleni, Camilla. "What is Vernacular Architecture?", 2020. Archdaily ISSN 0719-8884.
- [4] Elša Turkušić, Neo-vernacular architecture - contribution to the research on revival of vernacular heritage through modern architectural design, Conference Paper, 2016.
- [5] James Steele, Architecture Today, NXB Phaidon, 1997.
- [6] Jeremy Melvin, Understanding Architecture. .isms, NXB Herbert, 2005.
- [7] Hội Kiến trúc sư Việt Nam, Kiến trúc hiện đại Việt Nam - Hiện trạng và xu hướng, 2008.
- [8] Hội Kiến trúc sư Việt Nam, Lịch sử kiến trúc Việt Nam, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2015.

# Thoát nước xanh - cách tiếp cận mới trong thoát nước bền vững



**THS TRẦN THỊ THANH Ý\***

Với những tác động của thiên tai và tốc độ đô thị hoá đang ngày càng gia tăng, việc quy hoạch đô thị với hạ tầng xanh là một xu thế tất yếu ở các quốc gia.

**B**iến đổi khí hậu (BĐKH) ngày càng trở thành những thách thức rất lớn đối với công tác quy hoạch đô thị và xây dựng các hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị. Với sự tác động của BĐKH ngày một rõ rệt và quá trình đô thị hiện nay, chất lượng sống của người dân đang ngày một suy giảm.

Tính đến tháng 6/2023 tỷ lệ đô thị hóa toàn quốc đã đạt khoảng 41,5%, với 898 đô thị. Với những tác động của thiên tai và tốc độ đô thị hoá đang ngày càng gia tăng, việc quy hoạch đô thị với hạ tầng xanh là một xu thế tất yếu ở các quốc gia. Hạ tầng xanh nhằm bảo tồn các giá trị và chức năng của hệ sinh thái, đồng thời mang đến các lợi ích cho con người. Với khái niệm này, hạ tầng xanh đã nâng tầm các không gian xanh trong đô thị thành một hệ thống hạ tầng có vai trò quan trọng như các hệ thống hạ tầng thiết yếu khác của đô thị như năng lượng, nước, giao thông hay thông tin liên lạc. Chính vì vậy, nó cũng cần được đối xử như một thành phần quan trọng trong các đồ án quy hoạch đô thị.

## **THỰC TRẠNG VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY NGẬP LỤT TẠI CÁC ĐÔ THỊ**

Theo đánh giá của nhiều chuyên gia, tốc độ đô thị hóa của Việt Nam trong thời gian qua đã ảnh hưởng bởi sự phát triển của các công trình hạ tầng kỹ thuật nói chung, thoát nước và xử lý nước thải nói riêng. Việc phát triển hệ thống thoát nước ở các địa phương cũng còn khá chậm. Theo một báo cáo của Bộ Xây dựng tháng 12/2022, tỷ lệ tổng lượng nước thải được thu gom xử lý mới đạt khoảng 15%.

Ở nhiều khu đô thị mới, mặc dù nước thải sinh hoạt đã được tách ra khỏi nước mưa từ ngay trong công trình, tuy nhiên, khi ra đến mạng lưới thoát nước bên ngoài, các loại nước thải này lại đổ vào một tuyến cống chung, gây ô nhiễm

và lãng phí. Tình trạng yếu kém trong quản lý rác thải và bùn cặn cũng gây ảnh hưởng tiêu cực đến hệ thống thoát nước.

Về hoạt động quản lý nước thải đô thị ở Việt Nam, Ngân hàng Thế giới (WB) cho biết, có 60% hộ gia đình Việt Nam đầu nối xả nước thải vào hệ thống thoát nước công cộng, nhưng hầu hết nước thải được xả thẳng ra hệ thống tiêu thoát nước bề mặt và chỉ có 10% lượng nước thải được xử lý. Trong khi 90% hộ gia đình xả nước thải vào bể tự hoại, chỉ 4% lượng phân bùn được xử lý. Mức thiệt hại kinh tế do vệ sinh kém ước tính là khoảng 780 triệu USD mỗi năm, tương đương 1,3% GDP.

Việc phát triển các KCN cũng kéo theo sự gia tăng lượng nước thải công nghiệp. Ô nhiễm nước mặt do nước thải của các KCN hoặc từ các làng nghề tại các sông, hồ, kênh rạch trở nên trầm trọng hơn. Điển hình, có thể thấy ở các lưu vực sông Cầu, sông Nhuệ - Đáy và sông Đồng Nai, ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn cấp nước cho nhiều đô thị.

Theo thống kê của Sở Xây dựng Hà Nội, từ đầu mùa mưa 2022 đến nay, trên địa bàn thành phố đã có gần 10 trận mưa cường độ lớn, lượng mưa trên 100 mm, thậm chí có nơi lên tới 180 mm/giờ, vượt công suất thiết kế của hệ thống cống thoát nước (70 mm/giờ) và 310 mm/2 ngày đối với toàn bộ hệ thống, dẫn đến úng ngập xảy ra tại nhiều khu vực, nhất là tại các khu vực trũng thấp, xa nguồn xả.

Còn tại TP.HCM, mỗi ngày có hơn 1 triệu m<sup>3</sup> nước thải sinh hoạt đô thị xả thải ra môi trường, nhưng chỉ một phần trong số đó được thu gom, xử lý. Theo tính toán, tỷ lệ xử lý nước thải đô thị của thành phố mới chỉ đạt 13,2% tổng lượng xả thải. Năng lực xử lý nước thải đô thị còn hạn chế khiến tình trạng ô nhiễm nguồn nước vẫn là thách thức của thành phố. Bên cạnh những dòng sông, kênh, rạch bị ô nhiễm nhiều năm chưa được cải tạo, tình trạng những dòng kênh đã được cải tạo có nguy cơ tái ô nhiễm trở lại do không kiểm soát và

*(\*) Hội Quy hoạch Phát triển đô thị Việt Nam.*



Hình ảnh ngập lụt sau một trận mưa lớn tại Hà Nội (Nguồn Internet).

xử lý được nguồn nước xả thải sinh hoạt. Đơn cử, kênh Nhiều Lộc - Thị Nghè là công trình tiêu biểu của thành phố về công tác chỉnh trang đô thị, cải tạo môi trường, nhưng nay, dòng kênh này cũng đang có dấu hiệu tái ô nhiễm ở một vài đoạn do nước thải từ các hộ dân dọc kênh này chưa được thu gom xử lý triệt để.

Ngập lụt đô thị không chỉ diễn ra tại thành phố lớn là Hà Nội và TP.HCM mà còn diễn ra cả ở những đô thị vùng biển như Đà Nẵng, Nha Trang, Phú Quốc... cho đến những đô thị vùng cao nguyên tưởng chừng thoát nước thuận lợi như Đà Lạt, Yên Bái, Lào Cai... Không chỉ thế, Cần Thơ, Bình Dương, Quảng Ninh cũng đã xuất hiện tình trạng ngập lụt.

Trong khi đó, hệ thống thoát nước các khu dân cư thuộc các đô thị lớn chủ yếu là hệ thống thoát nước chung, sử dụng chung cho cả nước mưa lẫn nước thải. Số lượng tính toán chủ yếu dựa trên cơ sở chuỗi số liệu mưa từ nhiều năm trước đây chưa xét đến ảnh hưởng dị thường của BĐKH trong những năm gần đây. Vì vậy, sau những trận mưa lớn, thường rất dễ gây ngập úng ở nhiều tuyến phố khi nước không tiêu thoát kịp.

Đáng lo ngại là cường độ ngập, số điểm ngập và mức độ ngập lụt tại các đô thị đang tăng lên. Điều này cho thấy, hệ thống thoát nước tại nhiều đô thị không đáp ứng yêu cầu. Nguyên nhân của thực trạng này là do hạ tầng thoát nước tại các đô thị Việt Nam chủ yếu là cống ngầm chạy dọc các tuyến đường, được kết nối thành mạng lưới thoát ra kênh rạch, mương hở và hồ điều hòa tại khu vực, rồi sau đó đổ ra nơi tiêu nước chung của thành phố.

Hiện nay, hầu như các đô thị, hệ thống thoát nước được phát triển và xây dựng một cách riêng lẻ và bị động theo tuyến đường mới mà chưa được quy hoạch một cách tổng thể. Hầu hết hệ thống cống thoát nước được xây theo và phụ thuộc vào đường giao thông và các kết cấu đô thị khác.

Ngoài ra, với những xung đột về cao độ nền và các thông số kỹ thuật khác, xuất hiện các khu vực đô thị bị thấp trũng, không có đường thoát nước. Đáng lo ngại hơn, các đô thị hiện nay còn xuất hiện nhiều khu dân cư tự phát, xây dựng hệ thống thoát nước chưa đúng quy chuẩn, tiêu chuẩn. Tại các khu vực này chủ yếu là dựa vào thoát tự nhiên, nhưng cũng đã bị chặn dòng bởi chính các công trình đó, không thể đấu nối với hệ thống chung, hoặc đấu nối tự do, sai vị trí nên cũng gây ngập lụt.

Đối với các dự án mở rộng đô thị hiện nay, do nhiều dự án, công trình xây mới xâm lấn sông ngòi, san lấp ao hồ, làm giảm rất nhiều không gian thoát nước và gây chặn dòng thoát. Các dự án các nhà cao tầng với mật độ lớn và việc khai thác nước ngầm đã dẫn đến cao độ nền đô thị trở nên thấp hơn do sụt lún đất. Việc thay đổi cốt đường sau mỗi lần cải tạo, sửa chữa cũng đã làm thay đổi lưu vực thoát nước và hiệu quả hoạt động của các đường cống ở đó.

Ngoài ra, tình trạng lấn chiếm, xây dựng công trình vi phạm hành lang thoát nước làm thu hẹp dòng chảy, gây ra ngập úng cục bộ. Tình trạng vứt rác, đổ rác (rác thải sinh hoạt, rác thải nông nghiệp, vật liệu xây dựng...) làm hạn chế dòng chảy thoát nước.

Bên cạnh đó, khả năng thu hồi phí thoát nước hay phí bảo vệ môi trường quá thấp, không đủ trang trải chi phí đầu tư xây dựng, chi phí vận hành và bảo dưỡng hệ thống xử lý nước thải. Các đơn vị chịu trách nhiệm thoát nước và xử lý nước thải lại có quyền tự chủ rất hạn chế trong hoạt động quản lý vận hành và phát triển hệ thống.

Như vậy có thể thấy, việc xây dựng theo không quy hoạch, xây dựng trái phép; nhiều hồ ao, mặt nước bị lấp để xây nhà và làm đường, mật độ xây dựng nhà ở và đường xá bê tông hóa cao đã làm suy giảm diện tích thảm thực vật, cây xanh dẫn đến lưu lượng nước mưa tăng nhanh, làm mất khả năng

làm chậm dòng chảy, giảm năng lưu trữ và tiêu thoát nước mưa. Tình trạng xả phế thải bừa bãi, không kiểm soát... đã làm cho hệ thống tiêu thoát nước bị chặn lại, gây ra tình trạng tắc nghẽn dòng chảy nước mưa trong hệ thống thoát nước, gây úng ngập khi gặp các hiện tượng khí hậu cực đoan (mưa lớn, triều cường, nước dâng do lũ...). Đây còn là nguyên nhân làm suy giảm các tầng nước ngầm, sụt lún địa chất, gia tăng hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, gây mất cân bằng sinh thái và ô nhiễm môi trường...

### **THOÁT NƯỚC XANH BỀN VỮNG - GIẢI PHÁP HIỆU CHO HẠ TẦNG XANH**

Trong những năm gần đây, mặc dù công tác xây dựng hệ thống thoát nước tại các đô thị đã được quan tâm đầu tư, song do quy hoạch bất cập, thiếu đồng bộ và chưa phù hợp nên không đảm bảo khả năng thoát nước. Ở các thành phố lớn, hệ thống thoát nước mới chỉ phục vụ khoảng 50 - 60% dân số, các thành phố nhỏ hơn, tỷ lệ này chỉ đạt khoảng 30%.

Trong bài viết về "Cơ sở hạ tầng xanh - Phương pháp tiếp cận mới" được đăng trên trang Arcontek - Kiến trúc và công nghệ, đã tổng kết, trong điều kiện môi trường tự nhiên, sẽ có khoảng 27% lượng nước mưa chảy tràn trên bề mặt và 20% dưới dạng dòng chảy ngầm. Nhưng trong môi trường xây dựng của một đô thị, rất ít lượng nước này thấm được qua mặt đất, mà chủ yếu là chảy tràn. Nếu năng lực của hệ thống thoát nước không được cải thiện, chúng ta sẽ dễ lâm vào tình trạng ngập lụt nghiêm trọng. Vì vậy, nếu tận dụng thu gom lượng nước này sẽ có tác dụng, vừa để tái sử dụng và vừa giảm lượng nước dồn lên các khu vực đã bị bê tông hóa. Việc sử dụng các mảng xanh trong đô thị nhằm giảm thiểu sử dụng bê tông trong xây dựng đường và vỉa hè (một trong những nguyên nhân làm chậm dòng chảy nước mưa) cũng sẽ hạn chế ngập úng trong đô thị và còn có tác dụng giảm thiểu nhiệt độ và hạn chế hiện tượng "đảo nhiệt đô thị". Cách tiếp cận này đã đưa thoát nước đô thị xanh bền vững không còn là một tiêu chí tạo giá trị riêng, mà đang trở thành điều kiện bắt buộc phải thực hiện khi phát triển đô thị.

Để ứng phó với vấn đề ngập lụt đô thị dưới tác động của BĐKH và quá trình đô thị hóa, đòi hỏi phải có cách tiếp cận phát triển đô thị xanh, hạ tầng xanh như đã được đề cập trong Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh và Chiến lược quốc gia về BĐKH, trong đó, thoát nước xanh được hiểu là một cách tiếp cận mới của thoát nước bền vững.

Thoát nước bền vững hay thoát nước xanh được hiểu là mô hình áp dụng cách tiếp cận các hệ thống sinh thái tự nhiên (sử dụng điều kiện tự nhiên) để kiểm soát và làm giảm ngập lụt cục bộ trong hệ thống thoát nước đô thị, tăng cường năng lực của hệ thống cơ sở hạ tầng hiện có.

Nguyên tắc của thoát nước xanh bền vững là kiểm soát tối đa dòng chảy, giảm thiểu những khu vực tiêu thoát nước trực tiếp, giảm tốc độ, lưu lượng dòng nước chảy tràn mặt; tăng cường các diện tích mảng xanh, thảm thực vật trong đô thị, sử dụng các vật liệu tự nhiên, thân thiện môi trường làm tăng khả năng thấm tự nhiên hay phân tán dòng chảy theo các lưu vực nhỏ để giảm áp lực cho hệ thống thoát nước

chung và giảm nguy cơ úng ngập. Giữ gìn, bảo vệ các không gian lưu trữ nước để phòng chống ngập úng cũng như giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.

Lợi ích của hệ thống thoát nước xanh bền vững nhằm bổ cập nguồn nước ngầm; ngăn ngừa ô nhiễm nguồn nước; tăng cường không gian xanh cho đô thị, từ đó không chỉ là giải pháp chống ngập lụt đô thị mà còn nâng cao chất lượng sống của người dân.

Theo kinh nghiệm của thế giới và kết quả nghiên cứu từ một dự án thoát nước tại Việt Nam, tùy theo quy mô đô thị, mô hình thoát nước bền vững có thể áp dụng một trong các giải pháp kỹ thuật cơ bản sau:

- Mái nhà xanh: Có khả năng lưu giữ một lượng lớn nước mưa trên mái bên trong thảm thực vật và trong lớp đất. Nhờ đó, giảm lượng nước mưa chảy xuống khỏi mái nhà đi vào hệ thống thoát nước đô thị, giảm thiểu ngập úng cục bộ do mưa. Mái nhà xanh còn được tận dụng để điều hòa không khí cho tòa nhà, giúp giảm hiện tượng "đảo nhiệt đô thị". Như vậy, có thể thấy "mái nhà xanh" vừa làm tăng bóng mát và khả năng cách nhiệt lại làm giảm chi phí năng lượng và giúp giảm lượng nước mưa chảy tràn. Nước mưa được thu gom sẽ tái sử dụng để tưới cây, rửa đường... nhằm tăng giá trị cho chu kỳ dòng nước. Việc này giúp quản lý nguồn nước đô thị được hiệu quả, xanh hơn và bền vững hơn.

Nếu lựa chọn giải pháp đồng bộ hóa các mảng xanh trên tường và mái nhà, cũng sẽ hình thành các vành đai xanh trong thành phố, tăng mảng xanh đô thị.

- Hệ thống thu gom nước mưa: Phát triển các bể ngầm chứa nước mưa quy mô lớn, đặt ở dưới các sân đỗ ô tô, sân công viên... làm giảm lượng nước mưa chảy trong hệ thống thoát nước, giúp giảm khả năng ngập úng và giảm đường kính cống thoát nước mưa.

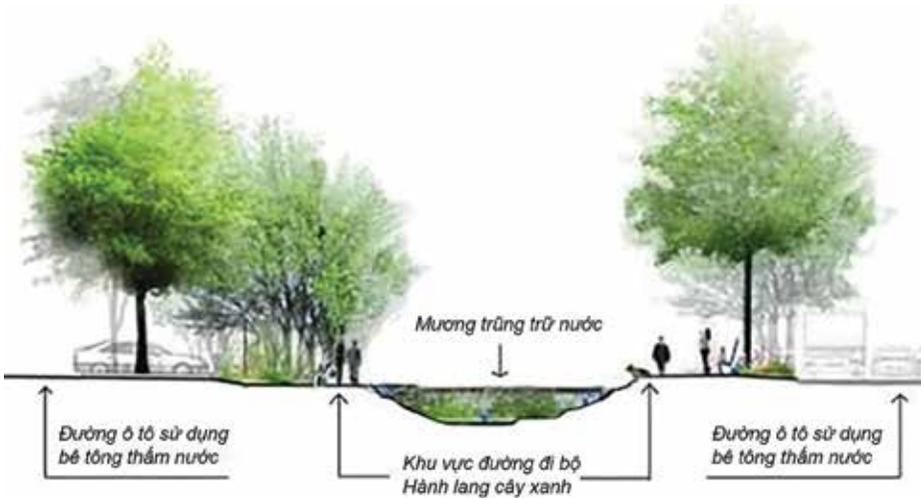
- Hệ thống công viên cây xanh: Tổ chức các công viên theo hướng tăng khả năng thấm nước và trữ nước tạm thời, giúp làm giảm lưu lượng nước chảy tràn, giảm áp lực thoát nước đến hệ thống thoát nước vốn đã quá tải của các đô thị. Sử dụng thảm thực vật để hấp thụ lượng nước dư thừa vào đất và ngăn chặn xói mòn đất bằng cách làm chậm dòng chảy bề mặt.

- Đường, vỉa hè: Đường phố vừa là bề mặt thấm thấu vừa là hệ thống liên kết tiêu thoát nước giữa các quy mô và khu vực. Do đó, cần tổ chức các hành lang cây xanh, vỉa hè thấm nước bằng cách sử dụng vật liệu tự nhiên, thân thiện môi trường để làm tăng khả năng thấm tự nhiên, giúp giữ nước tốt hơn. Sử dụng các mương trũng, vùng trũng kết hợp dọc các tuyến phố để hỗ trợ và góp phần giảm ngập lụt cho đô thị, giúp bổ sung nguồn nước ngầm đang thiếu hụt tại các đô thị.

- Kênh, mương thấm lọc: Dải đất được thiết kế có vật liệu lọc, thảm thực vật để loại bỏ ô nhiễm và giảm dòng chảy bề mặt.

- Bãi lọc trồng cây ngập nước: Có khả năng lưu trữ tạm thời lượng lớn nước mưa và tạo cảnh quan đô thị

- Vườn, thảm cỏ: Làm giảm lượng nước mưa chảy bề mặt, lưu trữ tạm thời nước mưa thông qua quá trình thấm lọc.



*Minh họa hành lang cây xanh kết hợp mương trũng cho các tuyến đường trong khu ở (Nguồn: Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, ĐHXDHN, 2022).*

Thông thường những khu vực có nhiều diện tích đất lưu không thấp trũng thì có thể áp dụng thảm cây thấm nước, mương thấm hoặc bể chứa nước mưa ngầm.

Ngoài ra, cần có quy hoạch tổng thể, tiêu chuẩn thiết kế, xây dựng và vận hành hệ thống thoát nước đáp ứng phát triển đô thị bền vững và kiểm soát ô nhiễm nước; Khuyến khích tái sử dụng nước mưa phục vụ các mục đích khác nhau nhằm tiết kiệm tài nguyên nước, chống ngập úng đô thị.

Các đô thị cần tăng diện tích và dung lượng chứa nước, hồ điều hòa, cập nhật danh mục hồ, ao, đầm, phá không được san lấp trong phạm vi địa phương vào quy hoạch theo quy định của khoản 7 Điều 60 Luật Tài nguyên nước để phòng, chống ngập, úng và bảo vệ nguồn nước; ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý và điều hành công trình thoát nước.

Trong các quy chuẩn, tiêu chuẩn thiết kế hệ thống thoát nước, thông số tính toán lượng mưa phải tính đến ảnh hưởng của BĐKH theo kịch bản đã công bố.

Trong ngắn hạn, cần có phương án xử lý tại các tuyến đường dự báo khả năng xuất hiện ngập; thực hiện duy tu, sửa chữa hệ thống thoát nước; kiểm tra, rà soát vận hành các cống kiểm soát triều và trạm bơm thoát nước để tăng khả năng thoát nước...

Ngoài ra, cũng cần rà soát lại quy hoạch hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, trong đó có hệ thống thoát nước trên cơ sở khoa học, thực tiễn và tính khả thi, gắn với quy hoạch chung đô thị. Trong quy hoạch cần nghiên cứu kỹ lưỡng định hướng phát triển của đô thị, bởi việc xây dựng các đô thị mới tại vùng trũng có cốt cao độ cao hơn mực nước lũ sẽ làm gia tăng ngập lụt bởi nó tạo ra tường cản trở dòng thoát lũ đổ về hạ lưu của những con sông thoát lũ. Công tác quản lý xây dựng đô thị tuân thủ cốt nền và các vùng cấm phát triển.

Đối với những đô thị đã triển khai quy hoạch nhưng hiện nay phát hiện những bất cập trong vấn đề thoát nước cần sớm điều chỉnh quy hoạch không gian, hạn chế xây dựng tại khu vực trũng ngập lụt, song song với cải thiện thoát nước, phân chia nguy cơ lũ lụt một cách đồng đều hơn.

Đối với những đô thị mới, chọn cao độ nền xây dựng có tích hợp với những kịch bản BĐKH. Lập bản đồ về các khu vực có cao độ an toàn, các khu vực bất lợi do ngập lụt gây ra nhằm đưa ra định hướng phát triển không gian phù hợp.

Cuối cùng, tổ chức, cá nhân gây ô nhiễm phải trả tiền xử lý ô nhiễm, nguồn thu từ dịch vụ thoát nước phải đáp ứng chi phí dịch vụ thoát nước và xử lý nước thải. Mở rộng hệ thống thoát nước theo hướng xanh và bền vững giúp giảm đáng kể các chi phí đầu tư cho các giải pháp đầu tư như chống ngập đô thị, nâng cao chất lượng và trữ lượng nước (đặc biệt là nước ngầm).

## LỜI KẾT

Việc xây dựng hệ thống thoát nước xanh bền vững, ứng phó BĐKH nên được nghiên cứu từ bài toán quy hoạch tổng thể, tôn trọng tự nhiên, tận dụng các hệ thống sinh thái tự nhiên, cảnh quan nhằm xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam như Nghị quyết 06 của Bộ Chính trị đã xác định. Thoát nước xanh bền vững là một trong những giải pháp hữu hiệu để phát triển hệ thống hạ tầng theo hướng xanh, an toàn, thân thiện với tự nhiên và bền vững. Đồng thời, góp phần đáng kể vào các giải pháp tổng thể nhằm giải quyết tốt vấn đề ùn tắc giao thông, úng ngập, ô nhiễm môi trường, tích cực thúc đẩy quá trình chuyển đổi mô hình phát triển đô thị theo hướng tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải, thực hiện tốt cam kết của Việt Nam tại Hội nghị COP26 về đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050.❖

## TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nguyễn Thị Bích Phương - "Hạ tầng xanh- Giải pháp bền vững cho thoát nước đô thị", Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, ĐHXDHN, 25/10/2022.
2. Nguyễn Hồng Vân - "Áp dụng thiết kế hệ thống thoát nước mưa đô thị theo hướng bền vững", Dự án thí điểm thoát nước đô thị bền vững tại các thành phố: Cà Mau, Rạch Giá, Kiên Giang do GIZ tài trợ. Bài viết đăng trên DCCD, 24/12/2021
3. PGS.TS.KTS Lưu Đức Cường - "Nghiên cứu giải pháp quy hoạch, thiết kế không gian trữ nước và thảm xanh cho các đô thị nhằm thích ứng với ngập lụt đô thị trong điều kiện biến đổi khí hậu", Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, VIUP.

# Giải pháp thoát nước xanh ứng phó với biến đổi khí hậu

## > THS ĐỖ THỊ THUYỀN

Tác giả đưa ra tổng hợp thực trạng và nguyên nhân gây ra ngập úng đô thị, kết hợp cùng những bài học kinh nghiệm áp dụng hạ tầng xanh trong việc chống ngập lụt của các quốc gia trên thế giới, để từ đó khuyến nghị những giải pháp chống ngập lụt cho các đô thị tại Việt Nam.

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam nằm trong nhóm các quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của biến đổi khí hậu (BĐKH). Trước diễn biến phức tạp của thời tiết và thiên tai, nước ta đang phải gánh chịu những cơn mưa, bão bất thường, gây ra tình trạng ngập lụt nghiêm trọng ở các thành phố. Tại Nghị quyết 88/NQ-CP ngày 08/6/2022 về tình hình kinh tế - xã hội tháng 5 và 5 tháng đầu năm 2023, triển khai thực hiện Nghị quyết số 01/NQ-CP của Chính phủ. Chính phủ yêu cầu Bộ Xây dựng “phối hợp với các địa phương có vùng đô thị lớn (Hà Nội, TP.HCM...) rà soát, đánh giá thực trạng thoát nước, ngập úng đô thị để có phương án, giải pháp hiệu quả chống ngập úng đô thị nhằm ứng phó với thiên tai, BĐKH”.

Nhận thấy tính cấp thiết cần phải có một đánh giá chuyên sâu về tình trạng ngập lụt tại các đô thị. Tác giả đưa ra tổng hợp thực trạng và nguyên nhân gây ra ngập úng đô thị, kết hợp cùng những bài học kinh nghiệm áp dụng hạ tầng xanh trong việc chống ngập lụt của các quốc gia trên thế giới, để từ đó khuyến nghị những giải pháp chống ngập lụt cho các đô thị tại Việt Nam nhằm ứng phó với BĐKH.

Hiện nay tại Việt Nam chưa có khái niệm về hạ tầng xanh. Trên thế giới, nhà nghiên cứu Murphy cho rằng hạ tầng xanh là một khái niệm đã được thảo luận trong nhiều thập kỷ qua dưới nhiều tên gọi khác nhau nhưng gần đây mới sử dụng thuật ngữ cụ thể. Do đó, hạ tầng xanh không nhất thiết phải là một khái niệm mới nhưng là một cách gọi mới của các ý tưởng hiện đại.

Năm 2005, TEP đã định nghĩa hạ tầng xanh là môi trường vật chất trong phạm vi giữa các thành phố, thị trấn và làng mạc. Mạng lưới các không gian mở, đường thủy, vườn, rừng, hành lang xanh, cây xanh đường phố và không gian mở ngoại thành mang lại nhiều lợi ích xã hội, kinh tế và môi trường cho cộng đồng và người dân địa phương. Năm 2006, Countryside Agency đã đưa ra định nghĩa chung nhất về hạ tầng xanh: Hệ thống hạ tầng xanh bao gồm việc cung cấp mạng lưới quy hoạch kết nối của các không gian xanh đa chức năng góp phần bảo vệ môi trường

sống tự nhiên và đa dạng sinh học, có khả năng đối phó với sự biến đổi của khí hậu và sinh quyển khác, có khả năng tạo nên lối sống khỏe mạnh và bền vững, tăng cường phúc lợi cho cuộc sống đô thị, cải thiện sự tiếp cận của nghỉ ngơi giải trí với những tài sản xanh, hỗ trợ cho nền kinh tế đô thị và nông thôn, hỗ trợ tốt hơn cho việc quy hoạch và quản lý dài hạn hệ thống không gian và hành lang xanh. Năm 2002, Benedict và McMahon đưa ra khái niệm về hạ tầng xanh như sau: hạ tầng xanh là một mạng lưới kết nối của các không gian xanh nhằm bảo tồn những giá trị và chức năng của hệ sinh thái tự nhiên đồng thời cung cấp các lợi ích liên quan đến con người. Hạ tầng xanh là bộ khung cần thiết cho môi trường, xã hội và kinh tế bền vững [1].

Hạ tầng xanh không chỉ đơn giản là giải pháp trồng cây xanh đơn thuần mà còn là sự kết nối từ quy mô vùng hạ tầng xanh đến quy mô từng khu ở, đô thị cho đến quy mô từng công trình để tạo thành một mạng lưới liên kết xanh liên tục và chặt chẽ.

- Quy mô đô thị, hạ tầng xanh là sự kết nối liên tục các không gian xanh lớn như: Công viên lớn, rừng tự nhiên, không gian mở tự do, các khu bảo tồn, ao hồ, không gian xanh công cộng, các vùng nông thôn có thể tiếp cận, để mang lại các dịch vụ hệ sinh thái.

- Quy mô khu vực, hạ tầng xanh được ứng dụng là các dải liên kết: Hành lang kênh rạch và sông ngòi, mương nước, đường đi bộ, đường mòn, hành lang xanh, đây cũng chính là thành tố kết nối các không gian xanh quy mô đô thị với nhau.

- Quy mô công trình là sử dụng hệ thống các yếu tố đô thị xanh: vườn trên tường, mái nhà xanh, hệ thống thu thấm nước mưa (vườn mưa, vỉa hè sinh thái, các vùng đất ngập nước nhân tạo), các bề mặt lát cứng bằng vật liệu thấm hút nước (đường, vỉa hè, bãi đỗ xe), thiết bị thu gom nước mưa, thiết bị sử dụng năng lượng tái tạo [1, 2].

Hạ tầng xanh có thể là những giải pháp tồn tại sẵn có của đô thị (công viên xanh, không gian mặt nước) hay những yếu tố nhân tạo được bổ sung vào môi trường đô thị (mái nhà xanh, tường xanh, vỉa hè thấm hút, hệ thống thu trữ nước). Việc áp



*Hành lang cây xanh, vỉa hè thấm nước, mương trũng, vùng trũng kết hợp lọc nước dọc các tuyến phố góp phần giảm ngập lụt cho đô thị.*

dụng các yếu tố hạ tầng xanh đem lại những lợi ích đáng kể giúp giảm lượng nước mưa chảy tràn, cụ thể như: giảm nhu cầu xử lý nước, nâng cao chất lượng nước, giảm nhu cầu hạ tầng xám và giảm ngập lụt, đồng thời nâng cao chất lượng cuộc sống.

Minh họa về lợi ích của 5 giải pháp hạ tầng xanh phổ biến (Hình 1), cho thấy, những vấn đề về giảm nước mưa chảy tràn, giảm ngập lụt đạt hiệu quả rất cao.

## 1. THỰC TRẠNG VÀ NGUYÊN NHÂN GÂY RA VẤN ĐỀ THOÁT NƯỚC, NGẬP LỤT TẠI CÁC ĐÔ THỊ

### 1.1. Thực trạng ngập lụt tại các đô thị

Từ đầu những năm 2000, TP.HCM đã là đô thị nổi cộm về vấn đề ngập lụt. Theo báo cáo của Ngân hàng Phát triển châu Á, năm 2009 trong số 322 xã, phường của TP.HCM có tới 154 điểm thường xuyên ngập chiếm 108.309 ha và ảnh hưởng tới 12% dân số. Việc ngập cục đoạn đã ảnh hưởng tới 235 xã, phường và 48% dân số [4].

Ngoài ra, theo kết quả khảo sát thực trạng ngập lụt tại 6 quận ở TP.HCM năm 2020 của giảng viên Bùi Thị Minh Hà (Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn) thì 36% người dân nhận định tình trạng ngập gia tăng cả về tần suất và mức độ ngập. Tình trạng ngập có xu hướng lan rộng và gia tăng ở các khu vực vùng ven, khu dân cư mới như quận Thủ Đức, Bình Tân, quận 8, nhưng lại có xu hướng giảm ở các quận nội thành như quận 11, quận 6 và quận Bình Thạnh (Hình 2) [5].

Sau TP.HCM, thì năm 2008 Hà Nội đã hứng chịu trận lụt lịch sử đầu tiên. Trong 14 năm qua, tình trạng ngập lụt tại Hà Nội đang có xu hướng tăng, thông qua bảng 2 có thể thấy trong khi lượng mưa giảm nhưng mức độ ngập bình quân lại có xu hướng tăng.

Hiện nay, ngập lụt đô thị không chỉ diễn ra tại Hà Nội và TP.HCM mà còn diễn ra cả ở những đô thị vùng biển như Đà Nẵng, Nha Trang, Vinh cho đến những đô thị vùng cao nguyên như Đà Lạt, Sơn La, Buôn Ma Thuột. Cao điểm đợt lũ ngày 08/8/2019 tại Đà Lạt đã khiến ngập úng cục bộ tại khu vực Mạc Đĩnh Chi, Cam Ly và một số tuyến đường trung tâm thành phố.

Năm 2019, Phú Quốc cũng đã chứng kiến ngập sâu lịch sử trong 100 năm qua, nhiều nơi trên đảo ngập sâu 1 m [6]. Không chỉ thế, Cần Thơ, Bình Dương, Quảng Ninh cũng đều đã xuất hiện tình trạng ngập lụt.

Vào tháng 5 và tháng 6/2022 mưa lớn đã xảy ra liên tiếp ở khắp nơi, lượng mưa xô đổ các kỷ lục lịch sử trước đó. Từ 10/5/2022 đến 15/5/2022 mưa liên tục tại Quảng Ninh, Lạng Sơn, Vĩnh Phúc...

Số liệu đo đạc tại Lạng Sơn cho thấy lượng mưa đạt kỷ lục cao nhất trong 50 năm qua. Tại Hà Nội trong tháng 5 và 6/2022 có nhiều cơn mưa lớn liên tục, đặc biệt là cơn mưa kéo dài 2 tiếng ngày 29/5/2022, đã lập kỷ lục mới về lượng mưa so với mốc năm 1986. Mưa lớn luôn đi kèm với tình trạng ngập lụt tại các đô thị. Hà Nội có nhiều điểm ngập 30 - 50 cm, có những nơi ngập sâu đến 1 m.

Vậy câu hỏi được đặt ra ở đây là: Nguyên nhân nào gây ra tình trạng ngập lụt tại các đô thị ở nước ta?

### 1.2. Nguyên nhân gây ra vấn đề thoát nước, ngập lụt tại các đô thị

#### *Nguyên nhân do đô thị hóa*

Theo Cục Phát triển đô thị (Bộ Xây dựng), tính đến hết tháng 6 năm 2023, cả nước có 898 đô thị. Trong đó, có 02 đô thị đặc biệt, 22 đô thị loại I, 35 đô thị loại II, 45 đô thị loại III, 95 đô thị loại IV và 697 đô thị loại V. Tỷ lệ đô thị hóa toàn quốc ước đạt 41,7% (2022) [7].

Đô thị hóa là tất yếu và động lực quan trọng cho phát triển kinh tế của một đất nước. Tuy nhiên, đô thị nơi tập trung dân cư, các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội và công trình hạ tầng lại đang có những tác động tiêu cực đến môi trường thiên nhiên, nguyên nhân chính dẫn đến BĐKH. Ngập lụt tại các đô thị hiện nay, chính là hệ quả của quá trình đô thị hóa thiếu đồng bộ. Cụ thể:

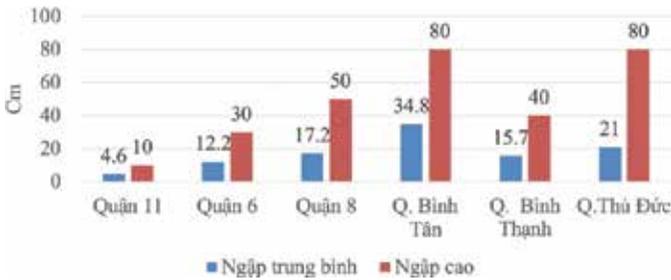
#### *Nguyên nhân do cốt nền xây dựng:*

Hiện nay, vấn đề các đô thị đang mắc phải đó là: Xác định cốt nền và quản lý cốt nền xây dựng đảm bảo thoát nước đô thị theo hướng chảy tự nhiên, tránh ngập úng. Thực tế cho thấy, công

Lợi ích	Giảm nước mưa chảy tràn				Tăng khả năng cung cấp nước	Tăng lưu trữ nước ngầm	Giảm sử dụng muối	Giảm sử dụng năng lượng	Nâng cao chất lượng không khí	Giảm CO2 trong không khí	Giảm hiện tượng đảo nhiệt đô thị	Nâng cao chất lượng sống				Đa dạng sinh học	Phát triển giáo dục cộng đồng	
	Giảm nhu cầu xử lý nước	Nâng cao chất lượng nước	Giảm nhu cầu hạ tầng xám	Giảm ngập lụt								Năng cao tính thẩm mỹ	Tăng các hoạt động vui chơi, giải trí	Giảm ô nhiễm tiếng ồn	Tăng gắn kết cộng đồng			Nông nghiệp đô thị
HTX																		
Mái xanh	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Trồng cây xanh	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Giữ nước và lọc nước SH	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Via hệ thấm hút	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Thu, trữ nước	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● Có      ◐ Có thể      ○ Không

Hình 1: Lợi ích của 1 số giải pháp hạ tầng xanh [3].



Hình 2: Độ sâu ngập đường trước nhà theo các địa bàn khảo sát của nghiên cứu [5].

tác quản lý xây dựng cũng như quy hoạch san nền còn nhiều hạn chế, đây là nguyên nhân gây ra hiện tượng ngập lụt trên diện rộng tại các đô thị nước ta, từ những đô thị ven biển như: Đà Nẵng, Nha Trang đến TP.HCM với hệ thống sông chằng chịt, hay đô thị ở đồng bằng như Hà Nội. Đối với nguyên nhân này, tác giả chọn Đà Nẵng làm ví dụ minh chứng. Đây là đô thị trung tâm thương mại và giáo dục của miền Trung, nhưng cũng là đô thị dễ bị ảnh hưởng của lũ lụt do mưa lớn, bão và triều cường. Về mặt địa lý, phía Tây và Tây Bắc của Đà Nẵng giáp núi, phía Đông và Đông Bắc giáp biển, phía Nam thuộc vùng hạ du sông Vu Gia - Thu Bồn, là vùng trũng thường xuyên ngập lụt vào mùa mưa. Địa hình dốc thấp ở vùng đất giữa các dãy núi và biển Đông giúp cho dòng chảy của sông Hàn ra biển chậm hơn so với dòng chảy của sông Cẩm Lệ và Quá Giang [8]. Thế nhưng, việc Đà Nẵng lựa chọn đẩy mạnh phát triển đô thị về phía Nam, san lấp đất nền cao hơn 2,5 đến 6 m so với các mức ngập trong quá khứ, đã tạo nút thắt cổ chai đối với dòng nước chảy sang phía Đông và làm giảm khả năng điều hòa nước lũ. Đây là nguyên nhân chính làm tăng ngập lụt ở những xã dễ bị tổn thương tại thượng nguồn khu vực tỉnh Quảng Nam [9] và cả khu vực khu trung tâm thương mại dọc theo bờ sông Hàn của Đà Nẵng.

*Nguyên nhân do ao, hồ, mặt phủ thấm nước bị san lấp:*

Quá trình đô thị hóa, tăng diện tích xây dựng đô thị, tăng dân số trong ba thập kỷ qua đã đồng hành cùng sự biến mất của ao hồ - hệ thống trữ nước và thoát nước tự nhiên của đô thị. Đây là nguyên nhân làm tăng “hiệu ứng đảo nhiệt” đô thị và tăng khả năng ngập lụt tại các đô thị. Lấy ví dụ tại Thủ đô Hà Nội: Về số lượng tổng số ao, hồ Hà Nội năm 2010 là 122 hồ. Trong 5 năm từ 2010 đến 2015 có 17 hồ đã bị san lấp hoàn toàn và 7 hồ được bổ sung. Như vậy, tổng số ao hồ của Hà Nội trong năm 2015 là 112 hồ.

Năm 2010, tổng diện tích mặt nước, ao hồ Hà Nội là 7.031.845 m<sup>2</sup>. Đến năm 2015, tổng diện tích mặt nước ao hồ là 6.959.305 m<sup>2</sup> (trong đó: Tổng mặt nước mất đi là 122.540 m<sup>2</sup> và tổng diện tích mặt nước thêm vào là 49.198 m<sup>2</sup>). Như vậy, trong 5 năm từ 2010 - 2015 tại 6 quận nội thành Hà Nội đã giảm 72.540 m<sup>2</sup> diện tích ao, hồ.

Gần đây nhất, theo số liệu của TP Hà Nội, cơn mưa trong chiều 29/5/2022, quận Cầu Giấy ghi nhận lượng mưa với hơn 170 mm, tiếp theo là Tây Hồ hơn 150 mm, Hoàng Mai 130 mm. Các quận Ba Đình, Thanh Xuân và huyện Thanh Trì, lượng mưa đều hơn 100 mm. Mưa lớn trong hơn 2 giờ đã khiến gần 40 tuyến phố Hà Nội ngập úng cục bộ, nhiều tuyến ngập sâu trên 50 cm, giao thông tê liệt. Việc diện tích ao hồ bị thu hẹp đã làm giảm khả năng tiêu thoát, điều tiết nước mưa của Hà Nội, khiến tình trạng ngập lụt lan rộng.

*Hạ tầng kỹ thuật:*

Các công trình hạ tầng thoát nước của các đô thị chưa hoàn chỉnh (đô thị từ loại IV trở lên) hoặc chưa có (đô thị loại V). Các trục tiêu thoát chính bồi lắng, thu hẹp không đảm bảo tiêu thoát trong mùa mưa. Các biện pháp kỹ thuật chưa đồng bộ, công trình đầu mối, cầu cạn, cống thoát chưa tính toán đủ cho nhu cầu thoát nước của đô thị trong bối cảnh đô thị hóa hiện nay. Tỷ lệ cây xanh trên mỗi người dân tại đô thị Việt Nam hiện đang ở mức từ 2 - 3 m<sup>2</sup>/người, trong khi chỉ tiêu xanh tối thiểu của LHQ là 10m<sup>2</sup>/người và chỉ tiêu của các thành phố hiện đại trên thế giới từ 20 - 25 m<sup>2</sup>/người. Điều này cho thấy chỉ tiêu cây xanh tại các đô thị nước ta còn quá thấp, chỉ bằng 1/5 đến 1/10 trên thế giới [11]. Việc tập trung phát triển đô thị với bê tông hóa,

Bảng 1: Tình hình ngập lụt năm 2009 tại TP.HCM [4].

Các khu vực/phường bị ảnh hưởng	Ngập thường xuyên	Ngập cục đoạn
Số phường bị ảnh hưởng	154	235
Diện tích TP.HCM bị ảnh hưởng (ha)	108.309	135.526
% diện tích TP.HCM bị ảnh hưởng	54%	68%

Bảng 2: Thống kê mức ngập bình quân một số trận mưa lớn tại Hà Nội [6].

Thời gian	Lượng mưa (mm/ngày)	Mức ngập bình quân (m)
17/07/2017	135	0,1 - 0,3
13/05/2018	103	0,3 - 0,5
21/07/2018	108	0,15 - 0,3
30/04/2019	80	0,3 - 0,5
03/3/2020	20 - 40	0,2 - 0,5

hạ tầng xám đã gây ra tình trạng ngập lụt nghiêm trọng do thay đổi không gian, chu trình tuần hoàn nước của tự nhiên. Cụ thể, theo số liệu thống kê năm 1978, TP Đà Lạt có 30.000 ha rừng thông thì đến nay chỉ còn 14.000 ha. Nguyên nhân phần lớn là do sự phát triển mất kiểm soát của hệ thống nhà kính, nhà lưới.

Từ 2004 - 2020 diện tích nhà kính đã tăng gấp gần 3,7 lần, trong khi diện tích nhà lưới tăng 4,1 lần. Phát triển hệ thống nhà kính kéo theo việc bê tông hóa hệ thống giao thông để phục vụ nhu cầu vận chuyển, sản xuất và đi lại. Các mảng xanh ít dần thay vào đó là diện tích nhà kính san sát đã làm giảm hiệu quả thẩm thấu nước mưa, đồng thời làm thay đổi dòng thoát lũ.

#### *Nguyên nhân do lún mặt đất:*

ĐBSCL phần lớn diện tích nằm ở độ cao chưa đến 2 m so với mực nước biển, là khu vực có nguy cơ ngập lụt cao nhất nước ta. Tuy nhiên, theo các chuyên gia đánh giá, tốc độ sụt lún tại đô thị lớn như TP.HCM còn cao hơn tốc độ dâng cao của mực nước biển. Đây là một trong những nguyên nhân gây ngập lụt tại các đô thị thuộc ĐBSCL. Việc khai thác nước ngầm được xác định là nguyên nhân chính dẫn đến sụt lún đất, đồng thời việc xây dựng những công trình lớn trên nền đất trũng, yếu cũng góp phần khiến nền đất khu vực thêm sụt lún nghiêm trọng. Các đô thị có độ sụt lún cao hơn nông thôn, cụ thể như: Trong 10 năm qua, phường An Lạc (TP.HCM) lún sâu > 81 cm, TP Cần Thơ, Bạc Liêu, Sóc Trăng là > 50 cm, trong khi các tỉnh Trà Vinh, Bến Tre, Long An thì có tổng độ lún nhỏ nhất: 12,4 - 15,9 cm [13].

#### *Nguyên nhân do BĐKH - nước biển dâng:*

Theo kịch bản BĐKH vào cuối thế kỉ 21, mực nước biển có thể dâng cao hơn hiện nay trung bình 73 cm. Khi đó ước tính có tới 34 tỉnh thành chịu ảnh hưởng do nước biển dâng, 40% diện tích ĐBSCL ngập lụt, tỉnh Hậu Giang chịu ảnh hưởng lớn nhất với hơn 80% diện tích.

#### *Mưa, bão ngày càng tăng cao:*

Phân bố lượng mưa thay đổi đổi gây ảnh hưởng đến lượng nước có thể thu giữ được. Đồng thời cường độ mưa bão ngày càng tăng trong những năm qua đã dẫn đến tăng dòng chảy mặt và gây ra mưa lũ lớn cùng ngập lụt tại các đô thị, thống kê số lượng các cơn bão và lượng mưa trung bình của 8 phân vùng tại nước ta.

Trên thực tế cho thấy, hiện nay số lượng mưa bão đang ngày càng tăng và diễn biến phức tạp. Năm 2020, trở thành năm kỷ

lục về mưa bão tại nước ta. Với 7 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp và 1 áp thấp nhiệt đới, trong đó cơn bão số 9 được đánh giá là 1 trong 2 cơn bão mạnh nhất trong 20 năm qua.

Cả nước với 19 đợt mưa lớn trên diện rộng, miền Trung chịu ảnh hưởng của 6 đợt mưa lớn kéo dài với tổng lượng mưa phổ biến trên 1.000 mm cùng với đó là ngập lụt sâu tại các lưu vực sông Kiến Giang (Quảng Bình), sông Bồ (Thừa Thiên Huế), sông Thạch Hãn (Quảng Trị), gây ảnh hưởng kéo dài các tỉnh từ Hà Tĩnh đến Quảng Ngãi. Các đô thị tại những tỉnh thành này đã bị tê liệt vì ngập lụt [16].

## **2. KINH NGHIỆM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN HẠ TẦNG XANH TRÊN THẾ GIỚI**

### **2.1. Kinh nghiệm của thành phố Chicago - Mỹ**

Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô khu vực ở cấp độ từng khu vực, đơn vị ở, để giải quyết vấn đề ngập lụt ứng phó với BĐKH, Chicago đã triển khai hệ thống quản lý nước mưa, bao gồm: xây dựng hơn 100 "con đường xanh" - mặt đường có thể thấm nước. Công trình hiệu quả nhất là "con đường bền vững" dài hai dặm ở vùng Lower West Side của Chicago. Hiện nay, nó là "con đường xanh nhất nước Mỹ".

Trên con đường này, nước mưa chảy qua vỉa hè đến tầng đá xốp và được khử trùng bởi vi khuẩn. Sau đó, nước dùng để tưới cây, hoặc chảy qua lớp cát sâu trong lòng đất để quay trở lại hồ Michigan. Đây là giải pháp hạ tầng xanh hữu hiệu nhằm bảo tồn nguồn nước cũng như giảm lưu lượng nước chảy tràn, chống ngập lụt hiệu quả cho đô thị.

#### *Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô đô thị*

Chicago rất chú trọng việc bảo tồn và mở rộng không gian xanh trong đô thị. Năm 2004, The Chicago Wilderness Green Infrastructure Vision đã được triển khai với mục tiêu bảo vệ rừng tự nhiên, vùng ngập nước, sông suối, thảm thực vật, đồng thời mở rộng và kết nối các khu vực với nhau bằng những hàng lang, tuyến đường xanh.

Màu xanh đậm trên bản đồ thể hiện các khu vực tự nhiên hiện có (công viên, rừng, các khu bảo tồn). Cùng với đó là hệ thống những yếu tố cảnh quan, hành lang xanh, tuyến đường xanh nhằm kết nối các hệ thống sinh thái thành một thể thống nhất.

Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô cấp công trình Chicago được tạp chí Popsoci (Mỹ) bình chọn là một trong

những thành phố xanh nhất thế giới, thành phố chú trọng ứng dụng các công nghệ xanh vào công trình. Tiêu biểu như tòa trụ sở của tập đoàn Zurich Insurance (Hình 4) có cấu trúc mái hấp thụ tối đa năng lượng mặt trời, cùng hệ thống thu giữ và tái sử dụng nước mưa...

### 2.2. Kinh nghiệm của Singapore

Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô khu vực

Các tuyến đường, hành lang xanh tạo thành các “mảng xanh liên tục”. Tại mỗi khu vực trong đô thị đều có công viên cây xanh, vườn, rừng cây (Hình 5). Giữa các khối nhà là các không gian xanh kết nối. Việc kết nối và tăng diện tích các mảng xanh cho từng khu vực đã giúp giảm lượng nước chảy tràn ở cấp đơn vị và giảm áp lực lên hệ thống thoát nước đô thị.

Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô cấp công trình

Singapore thúc đẩy việc xây dựng hệ thống các công trình xanh, tạo thành các “mảng xanh thẳng đứng” trên tường và nóc nhà cao tầng.

Xây dựng và phát triển hạ tầng xanh trên quy mô đô thị

Singapore triển khai xây dựng các hồ chứa nước trên khắp đất nước nhằm tăng diện tích lưu trữ nước để có thể chống ngập lụt đồng thời lưu trữ nguồn nước ngọt. Thông qua hệ thống sông, cống và kênh, nước mưa ở 2/3 diện tích Singapore đã được đưa vào 17 hồ chứa nước, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm bớt ngập lụt tại một số khu vực thấp của đảo.

Cùng với 17 hồ chứa nước ngọt là hệ thống thảm thực vật bao phủ chiếm 56% tổng diện tích của toàn quốc đảo. Thảm thực vật được quản lý chiếm 27% tổng diện tích trong khi 29% diện tích được bao phủ bởi thảm thực vật tự phát như: rừng, rừng cây bụi, đầm lầy nước ngọt, rừng đầm lầy nước ngọt và rừng ngập mặn... Đây được đánh giá là giải pháp bền vững nhằm giảm lưu lượng chảy tràn của nước mưa, hạn chế tình trạng ngập lụt của Singapore.

### 3. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP HẠ TẦNG XANH NHẪM GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ THOÁT NƯỚC ĐÔ THỊ ỨNG PHÓ VỚI BĐKH

*Giải pháp về cao độ nền:*

Quy hoạch không gian kiến trúc, san nền và thoát nước cần phải xem xét lại các quy hoạch về thủy lợi, thoát nước từ cấp vùng đến cấp đô thị với các giải pháp ứng phó phù hợp và toàn diện từ xây dựng hạ tầng cho đến quản lý, điều hành. Công tác quản lý xây dựng đô thị tuân thủ cốt nền và các vùng cấm phát triển đã được quy hoạch xác định là đặc biệt quan trọng.

Trong quy hoạch cần nghiên cứu kỹ lưỡng định hướng phát triển của đô thị, việc xây dựng các đô thị mới tại vùng trũng có cốt cao độ cao hơn mực nước lũ sẽ làm gia tăng ngập lụt bởi nó tạo tường cản trở dòng thoát lũ đổ về hạ lưu những con sông thoát lũ. Thậm chí, những đô thị này còn là tường cản điều hướng dòng thoát lũ sang những vùng lân cận.

Đối với những đô thị đã triển khai quy hoạch nhưng hiện nay phát hiện những bất cập trong vấn đề thoát nước cần sớm điều chỉnh quy hoạch không gian, hạn chế xây dựng tại khu vực trũng ngập lụt, song song với cải thiện thoát nước, phân chia nguy cơ lũ lụt một cách đồng đều hơn.

Đối với những đô thị mới, Chọn cao độ nền xây dựng có tích hợp với những kịch bản BĐKH. Lập bản đồ về các khu vực có cao độ an toàn, các khu vực bất lợi do ngập lụt gây ra nhằm đưa ra



Hình 4. Trụ sở của tập đoàn Zurich Insurance



Hình 5: Đường đi kết hợp hành lang cây xanh [20].

định hướng phát triển không gian phù hợp.

*Giải pháp hạ tầng xanh về quy mô khu vực:*

Tổ chức các công viên từng khu vực theo hướng tăng khả năng thấm nước và trữ nước tạm thời. Giúp làm giảm lưu lượng nước chảy tràn, giảm áp lực thoát nước đến hệ thống thoát nước vốn đã quá tải của các đô thị. Cây cỏ, thảm thực vật được khuyến khích sử dụng để giúp hấp thụ lượng nước dư thừa vào đất và ngăn chặn xói mòn đất bằng cách làm chậm dòng chảy.

Vai trò của đường phố rất quan trọng, vì đa phần các thành phần thấm thấu và vận chuyển nước đều được tích hợp vào vỉa hè và bồn cây bên đường. Đường phố vừa là bề mặt thấm thấu vừa là hệ thống liên kết tiêu thoát nước giữa các quy mô và khu vực. Do đó, cần tổ chức các hành lang cây xanh, vỉa hè thấm nước, mương trũng, vùng trũng kết hợp lọc nước dọc các tuyến phố để hỗ trợ và góp phần giảm ngập lụt cho đô thị.

Mặt đường thấm là lựa chọn thay thế cho bê tông hoặc nhựa đường truyền thống, cho phép nước mưa thấm vào lòng đất và giảm lượng nước chảy tràn trên bề mặt. Toàn bộ nước mưa được thấm thấu qua lớp vật liệu, ngấm trực tiếp xuống nền đất bên dưới, bổ sung vào nguồn nước ngầm của đô thị. Điều này không chỉ làm giảm ngập lụt mà còn giúp bổ sung nguồn nước ngầm đang thiếu hụt tại các đô thị [1].

*Giải pháp hạ tầng xanh về quy mô đô thị:*

Theo quy trình hoạt động của hạ tầng xanh, thì lượng lớn nước không thể thu gom ở quy mô cấp khu vực và công trình sẽ theo hệ thống kênh, mương và cống thoát nước để dẫn về vùng trũng tự nhiên, ao, hồ, sông ở quy mô cấp đô thị, do đó cần:

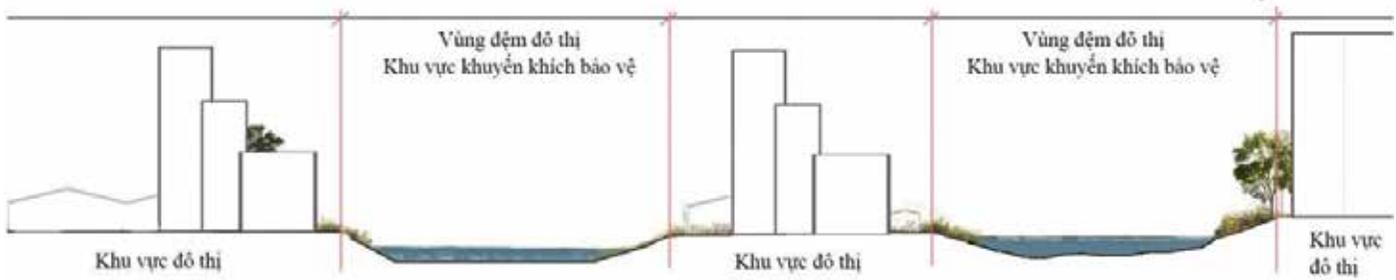
Sớm triển khai lập danh mục ao, hồ, đầm, phá không được san lấp theo Công văn số 3129/BTNMTTNN ngày 10/6/2021 của Bộ TN&MT. Việc bảo vệ diện tích ao, hồ trữ nước là tối quan trọng trong công tác chống ngập lụt tại các đô thị.

Phát triển mảng xanh, công viên cây xanh, ao hồ. Đây là giải pháp hữu hiệu nhất trong việc giảm bớt bê tông hóa, tăng diện tích thấm thấu nước giúp bổ sung nguồn nước ngầm cũng như giảm ngập lụt cho đô thị.

Đối với các đô thị mới vùng ven thì cần có quy hoạch ngay từ đầu quỹ đất cây xanh, ao hồ. Đây sẽ là không gian đệm vừa giúp nâng cao chất lượng sống cho các đô thị mới cũng như là vùng trữ nước, chống ngập lụt cho các đô thị hiện hữu (Hình 6).

Đối với đô thị hiện hữu: Phục hồi hành lang xanh dọc sông, kênh, rạch, và ngăn chặn việc lấn chiếm, san lấp thay đổi mục đích sử dụng đất tại những khu vực này. Cải tạo những mảng xanh hiện hữu, kiến tạo những mảng xanh mới theo nguyên tắc của hạ tầng xanh.

*Giải pháp hạ tầng xanh cấp quy mô công trình:*



Hình 6: Minh họa vùng đệm công viên cây xanh, hồ, kênh nước cho các đô thị mới.

Những mái nhà, mảng tường được phủ xanh chính là giải pháp hữu hiệu ở quy mô cấp công trình, giúp giảm lượng nước mưa chảy tràn. Tái sử dụng nguồn nước mưa để tưới cây, rửa đường... nhằm tăng giá trị cho chu kỳ dòng nước. Việc này giúp quản lý nguồn nước đô thị được hiệu quả và bền vững hơn [25].

### 3. KẾT LUẬN

Tốc độ đô thị hóa nhanh cùng với những tác động của BĐKH đang gây áp lực lớn tới hạ tầng thoát nước tại các đô thị, nguyên nhân gây ra tình trạng ngập lụt hiện nay. Cần phải có những giải pháp quy hoạch và thiết kế hạ tầng phù hợp cho đô thị nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của mưa bão và nước biển dâng.

Nghiên cứu và tổng hợp thực trạng tình hình ngập lụt tại một số đô thị, xác định nguyên nhân gây ra ngập lụt, để từ đó khuyến nghị những giải pháp thoát nước bền vững cho các đô thị.

Chú trọng tới việc phát triển và mở rộng không gian xanh, hồ chứa nước tại các đô thị mới. Phục hồi và cải tạo hành lang xanh ở các đô thị hiện hữu kết hợp những giải pháp hạ tầng xanh cấp khu vực và công trình nhằm bảo tồn nguồn nước ngầm, giảm lưu lượng nước chảy tràn, tăng không gian lưu trữ, từ đó giải quyết vấn đề ngập lụt đô thị.

Cần đưa ra định hướng quy hoạch phát triển không gian đúng đắn đồng thời kiểm soát chặt chẽ cao độ nền xây dựng tại các đô thị mới.

Nâng cao ý thức của người dân về vấn đề chống ngập lụt, bảo vệ môi trường nhằm giảm những tác động tiêu cực của BĐKH. Truyền thông cần được chú trọng để thu hút sự quan tâm và tham gia của các nhà chuyên môn, cơ quan và tổ chức về vấn đề thoát nước bền vững ứng phó với BĐKH.

Công tác quản lý triển khai quy hoạch và quản lý đô thị cần phải đồng nhất. Xử phạt nghiêm minh đối với những trường hợp vì lợi ích cá nhân, tổ chức dẫn đến điều chỉnh quy hoạch thực tế sai khác không đồng bộ với quy hoạch hạ tầng, quy hoạch chung của đô thị.

Để phát triển hạ tầng xanh, Chính phủ cần ưu tiên hoàn thiện các văn bản pháp quy; đồng thời ban hành bộ tiêu chuẩn xếp hạng đô thị xanh, công trình xanh làm cơ sở lồng ghép trong quá trình phê duyệt triển khai dự án, thi công công trình. Việc đặt ra nhiệm vụ phát triển hạ tầng xanh, tăng mảng xanh đô thị cho từng địa phương, lấy đó làm tiêu chí xét thi đua, khen thưởng, bình chọn danh hiệu cũng là những khuyến nghị hoàn toàn khả thi và hiệu quả.❖

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thị Bích Phương - "Khai thác yếu tố hạ tầng kỹ thuật trong quy hoạch

phát triển bền vững đô thị mới Điện Nam - Điện Ngọc, huyện Điện Bàn, tỉnh Quảng Nam" - Luận văn thạc sỹ kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng, 2016.

2. Lê Thanh Tú - "Áp dụng Hạ tầng xanh vào quy hoạch các khu đô thị mới tại huyện Hóc Môn, TP.HCM" - Luận văn Thạc sỹ quy hoạch vùng và đô thị, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM, 2020.

3. cnt.org - "Center for Neighborhood Technology (CNT)" - The value of green infrastructure, 2022.

4. Asian Development Bank - "Báo cáo tóm tắt TP.HCM thích nghi với BĐKH" - 2010.

5. Bùi Thị Minh Hà (-) "Đánh giá của người dân về tình trạng ngập lụt và ứng phó với ngập lụt ở TP.HCM" - Xã hội học số 1, 2021.

6. Quang Hải - "Ứng ngập tại các đô thị lớn: Lộ rõ bất cập về xây dựng hạ tầng" - 2019.

7. Việt Nam <https://vi.wikipedia.org>

8. Viện Khoa học thủy lợi miền Nam - "Báo cáo kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt cho TP Đà Nẵng ứng với các kịch bản BĐKH-nước biển dâng" - 2009.

9. Nguyễn Thị Thanh Mai, Nguyễn Thị Bích Phương - "Khai thác và bảo tồn nguồn tài nguyên nước trong phát triển đô thị tại đô thị mới Điện Nam - Điện Ngọc, tỉnh Quảng Nam" - Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN, số 3, 2017.

10. Trung tâm Nghiên cứu Môi trường và Cộng đồng - "Báo cáo hồ Hà Nội 2015" - Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam, 2015.

11. Ngô Sơn - "Tỷ lệ cây xanh đô thị ở Việt Nam chỉ bằng 1/5 tiêu chuẩn tối thiểu thế giới" - Báo Pháp luật & Xã hội, 2022.

12. Trang thông tin điện tử Hội Liên hiệp Phụ nữ tỉnh Lâm Đồng - "Hội Liên hiệp Phụ nữ tỉnh Lâm Đồng. Nhà kính, nhà lưới - hai chiều thuận, nghịch" - 2021.

13. Bộ TN&MT - "Kịch bản BĐKH" - NXB TN&MT và bản đồ Việt Nam, 2021.

14. Hội Luật gia Việt Nam - "Nước biển dâng ở Việt Nam" - 2017.

15. Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia - "Phân chia 8 vùng ảnh hưởng của bão trên lãnh thổ Việt Nam" - 2020.

16. Tổng cục Khí tượng thủy văn - "Diễn biến của các loại hình thiên tai năm 2020 tại Việt Nam - 2021.

17. Kienviet.net, Hội Kiến trúc sư Việt Nam - "Những biện pháp giải quyết ngập lụt trong thành phố" 2017.

18. <https://cdn.ymaws.com/sites/www.chicagowilderness.org/resource/collection/31082585-F802-437B-B5D6-E4F3FDB52B30/1>

19. Baoxaydung.com - "Công trình xanh có cấu trúc mái hấp thụ năng lượng mặt trời tối ưu" - 2016.

20. Mekongasean - "Hội Phát triển hợp tác kinh tế Việt Nam - ASEAN: Học Singapore quy hoạch đô thị thông minh: công nghệ là yếu tố tiên quyết" - 2021.

21. <https://kientrucvietnam.org.vn/cong-trinh-xanh-co-cau-truc-mai-hap-thu-nang-luong-mat-troi-toi-uu/>

22. pub.gov, Singapore's national water agency - "Water from local catchment" - 2019.

23. nparks.gov.sg, National parks - "The vegetation of Singapore - an updated map" - 2011

24. Anh Le's Free Talk - "Ứng dụng của Hạ tầng xanh trong thiết kế và quy hoạch đô thị" - 2022.

25. Ramboll.com, Blue green infrastructure - "Making cities liveable" - 2022

# Lựa chọn chiều sâu hợp lý và công nghệ thi công các tuyến Metro trên cơ sở kinh nghiệm các nước phát triển trên thế giới



NGUYỄN HUY HIỆP\*



ĐINH QUANG TRUNG\*

Các đô thị lớn trên thế giới đã đưa hệ thống Metro (tàu điện ngầm) hoạt động từ hơn 100 năm trước. Trong lịch sử phát triển, các nước xây dựng Metro với nhiều tầng với độ sâu khác nhau. Tùy theo đặc điểm địa chất, đặc điểm văn hóa và trình độ công nghệ, có nhiều lựa chọn độ sâu đặt hầm tàu điện ngầm và các ga ngầm. Bài viết phân tích lựa chọn chiều sâu hợp lý bố trí các tuyến Metro trên cơ sở kinh nghiệm các nước phát triển trên thế giới, cũng như lựa chọn công nghệ đào phù hợp.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mức độ phát triển tàu điện ngầm ở các thành phố khác nhau trên thế giới có thể được đặc trưng bởi chiều dài tàu điện ngầm trên 1 triệu dân. Ở các thành phố của Ukraine con số này là: ở Kharkov - 20 km, Kiev - 17 km, Dnepropetrovs - 6 km, trong khi ở hầu hết các thành phố lớn trên toàn thế giới đạt 25 - 35 km trở lên. Ở Moscow - 25, ở Madrid - 28, Paris - 32; Montréal - 34, Washington - 37; Hamburg - 39, Stockholm - 69, Luân Đôn - 7. Mặt cắt các tuyến metro được xác định tùy thuộc vào điều kiện địa chất thủy văn trên tuyến, phương pháp thi công hầm và yêu cầu vận hành. Ở hầu hết các thành phố trên thế giới, mạng lưới tàu điện ngầm chỉ bao gồm các tuyến tàu điện ngầm (metro) có hai tầng ngầm nông và sâu [8]:

- Nông, độ sâu 5 - 8 m;
- Sâu, nằm ở 30 - 50 m và lớn hơn tính từ mặt đất.

Hiện nay trên thế giới có 70 hệ thống tàu điện ngầm đang hoạt động tại 30 quốc gia với tổng chiều dài khoảng 3.500 km. Chi phí cho 1 km đường hầm: đường hầm sâu là 12 - 15 triệu USD, đường hầm nông 5 - 7 triệu USD, ga tàu điện ngầm 12 - 20 triệu USD (tính theo vật giá năm 2005 [8]). Việc xây dựng tàu điện ngầm chỉ được khuyến khích ở các thành phố lớn có dân số trên một triệu người và đường phố đông đúc.

## 2. MỘT SỐ PHÂN TÍCH VỀ HỆ THỐNG METRO - ĐƯỜNG TÀU ĐIỆN NGẦM VÀ CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

(\*) Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.

### 2.1. Phân tích các tầng xây dựng metro

Độ sâu của metro được xác định bởi các tòa nhà hiện có, cách bố trí thành phố, vị trí giao thông của thành phố và các điều kiện địa chất, địa hình, thủy văn...

Các tuyến hầm nông mang lại sự thuận tiện lớn nhất cho hành khách và có các chỉ số vận hành và kinh tế tốt nhất. Đây là dạng metro điển hình cho các khu vực phát triển mới, nơi đường đua có thể được đặt dưới những bãi cỏ rộng trên đường phố, đường hầm nông dễ xây dựng hơn. Chúng được xây dựng dọc theo đường phố, đại lộ. Kết cấu chống cố định metro được làm từ bê tông cốt thép đúc sẵn và dự ứng lực.

Ưu điểm của tàu điện ngầm nông: Chi phí vốn thấp hơn (so với đặt sâu); Đơn giản hóa việc xuống và đi lên của hành khách; Không cần thang cuốn; Tạo điều kiện thuận lợi cho việc thông gió của đường hầm và nhà ga.

Nhược điểm: Thích hợp xây dựng ở các khu vực đô thị mới và khó khăn khi xây dựng ở các khu dân cư đông đúc và trung tâm của thành phố; Khi xây dựng các ga tàu điện ngầm cần phải nằm dưới đường phố hoặc đại lộ, phần ngầm trung tâm thương mại; Cần thiết phải bố trí lại hệ thống thông tin, thoát nước ngầm và kỹ thuật ngầm cũng như gia cố nền móng của các tòa nhà.

Các đường hầm sâu được thiết kế dọc theo con đường ngắn nhất giữa các ga ngầm và thường không tính đến ảnh hưởng công trình ở khu vực đô thị nằm bên trên. Độ sâu thi công được xác định từ điều kiện vị trí đặt hầm trong đá gốc, đá ổn định, không thấm nước.

Ưu điểm của tàu điện ngầm nằm sâu như sau: Bố cục hiện tại thành phố, giao thông và người đi không bị gián đoạn trong quá trình xây dựng; Có thể theo dõi các đường hầm theo hướng ngắn nhất, giúp bản đồ thiết bị điện đơn giản và rõ ràng hơn; Cung cấp cơ hội để lựa chọn các phương pháp phù hợp nhất cho việc đào hầm; Có thể làm nơi trú ẩn khi có thảm họa, chiến tranh.

Nhược điểm của đường sâu: Đầu tư vốn lớn; Sự cần thiết phải có hệ thống thang cuốn dài đi xuống và đi lên của hành khách;

Tăng thời gian đi lại của hành khách; Thiếu diện tích rộng rãi trong quá trình xây dựng; Sự phức tạp của hệ thống thông gió.

Các tuyến metro trên mặt đất được bố trí trên các cầu vượt ở độ cao được xác định bởi quy mô giao thông mặt đất, địa hình và điều kiện phát triển đô thị. Các tuyến tàu điện ngầm trên cao làm lộn xộn các đường phố và quảng trường, đồng thời cũng là nguồn gây ô nhiễm không mong muốn, ảnh hưởng của tiếng ồn và độ rung. Các tuyến trên cao được khuyến cáo là hạn chế xây dựng và chiều dài của chúng nên là ngắn. Nhu cầu xây dựng của tuyến trên cao phát sinh khi các tuyến tàu điện ngầm băng qua những vùng trũng sâu trên địa hình, chẳng hạn như trên các lối tiếp cận cây cầu bắc qua sông.

Thập kỷ đầu thế kỷ 20, xây dựng phát triển mạnh mẽ, tàu điện ngầm ở các thành phố của Mỹ: Chicago (1892), Boston (1897), Philadelphia (1907), và sau đó là ở các thành phố của các quốc gia khác (Madrid, Barcelona, Athens, Tokyo, Oslo, Stockholm...). Tàu điện ngầm có được tầm quan trọng đặc biệt sau thế chiến thứ hai, cuộc chiến tranh 1939 - 1945, sự phát triển mạnh mẽ của các thành phố lớn đòi hỏi phải từ bỏ từ các đường dây trên không đặt trên cầu vượt và chuyển dần từ các tuyến tàu điện ngầm trên cao, trên mặt đất xuống dưới lòng đất. Vào những năm 80, tàu điện ngầm được xây dựng ở 60 thành phố lớn trên thế giới.

## 2.2. Lịch sử xây dựng hầm đô thị một số nước

### 2.2.1. Paris - Pháp

Tàu điện ngầm Paris dài khoảng 300 km và có 293 ga. Sơ đồ tuyến tàu điện ngầm được cấu tạo từ các phần riêng biệt, thường không được kết nối. Giao điểm của các tuyến tạo thành các nút ga phức tạp đòi hỏi hành lang dài và cong và các đoạn chuyển tiếp dài tới 250 m với các mặt cắt bù đắp cho độ dốc "bị mất". Mạng lưới tàu điện ngầm đa dạng nhất do người Pháp tạo ra có một số tuyến đáng chú ý: ví dụ trạm Quảng trường Cộng hòa, nơi kết nối năm hướng của tàu điện ngầm, kết hợp đường hầm dưới sông. Sông Seine và dưới tòa nhà, cầu đường hầm, được xây dựng thông qua các mỏ đá ngầm. Việc xây dựng đường hầm ở Paris được thực hiện theo phương pháp đào kín, nằm nông, không gây xáo trộn đường phố trên bề mặt. Có những trường hợp đào hầm ở độ sâu lớn. Ví dụ, ở khu vực Montmartre, các đường hầm chướng cất được đặt ở độ sâu 63 m, trạm Abess ở độ sâu 35 m tính từ mặt đất, công trình đường hầm ở Paris hiện đang được sử dụng hiện rất tốt do điều kiện địa chất - ở vùng có đất mùn dày, hoàn toàn khô ráo.

### 2.2.2. Berlin - Đức

Tàu điện ngầm Berlin với chiều dài đường hầm 125 km và 134 ga cắt ngang thành phố với các đoạn trên mặt đất và dưới lòng đất. Các trạm được xây dựng ở độ sâu nông. Việc xây dựng các tuyến metro ngầm được thực hiện chủ yếu theo hình thức thông lên các vỉa hè dọc theo các đường phố. Đoạn đầu tiên dài 11,2 km được xây dựng trong thời gian 5 năm và được đưa vào hoạt động vào năm 1902, 83% chiều dài của công trình này là các đoạn đường được nâng cao và chỉ 17% được đi ngầm. Mạng lưới tàu điện ngầm Berlin hiện có 5 tuyến hoạt động dài 125 km và bao gồm 81% dưới lòng đất, 13% trên cao và 6% trên mặt đất. Tuyến đường Các đường hầm và ga của tàu điện ngầm Berlin rất nông.

### 2.2.3. Matxcova - Nga

Ở Matxcova, việc xây dựng tàu điện ngầm bắt đầu vào năm 1932. Công trình đầu tiên là tuyến tàu điện ngầm Matxcova dài 11,6 km với 13 nhà ga và toàn bộ tổ hợp công trình được xây dựng trong 3,5 năm và đưa vào hoạt động vào năm 1935. Việc xây dựng tiếp theo được thực hiện liên tục và hiện nay, chiều dài của tuyến metro là 250 km với 142 ga.

### 2.2.4. Ukraine

Ở Ukraine, việc xây dựng tàu điện ngầm bắt đầu ở Kiev vào năm 1960 và hiện đang hoạt động ở Kiev, Kharkov và Dnepropetrovsk. Tổng chiều dài các tuyến tàu điện ngầm Ukraine là 956 km và bao gồm 69 ga, trong đó: Ở Kiev 3 tuyến, 51 km, 37 ga; Kharkov 3 tuyến, 35,6 km, 26 ga; Dnepropetrovsk 1 tuyến, 9 km, 6 ga.

## 3. KẾT LUẬN

Các nước phát triển Đức, Nga, Pháp... đều triệt để khai thác tầng Metro nằm nông từ 5 - 8 m, hạn chế các tuyến nổi và trên cao. Công nghệ xây dựng các nước sử dụng có thể là đào mở hoặc đào kín. Trong phương pháp đào kín hiện nay, có thể áp dụng công nghệ đào hầm mới của Áo (NATM). Khi móng cọc nhà công trình số lượng nhiều thì nên áp dụng xây dựng Metro nằm sâu để tránh cắt móng cọc các công trình hiện hữu. Khi áp dụng xây metro ở tầng sâu cũng có thể áp dụng phương pháp NATM và lựa chọn chiều sâu hợp lý để không ảnh hưởng ô nhiễm đến nguồn nước ngầm.

Giữa hai tầng nông và sâu có thể áp dụng công nghệ khiên đào. Tuy nhiên, phương pháp khiên đào thường khó đổi hướng, vướng mắc ở các móng công trình hiện hữu, phụ thuộc công nghệ nước ngoài. Các ga ngầm ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh đều dùng công nghệ đào mở nên ảnh hưởng giao thông bên trên, do khối lượng đào mở lớn nên kéo dài thời gian thi công và chi phí. Các nước đã áp dụng thành công công nghệ đào hầm NATM trong khu vực đất yếu, đô thị và kết hợp đào ga, hầm ngầm cho hệ thống Metro ở mọi điều kiện địa chất. Hiện nay, công nghệ NATM ở Việt Nam đang được áp dụng đào các hầm trên tuyến đường hầm cao tốc Bắc- Nam và một số dự án hầm đường sắt. Cần nghiên cứu, áp dụng công nghệ đào hầm NATM trong đô thị để đẩy nhanh tiến độ, làm chủ không gian ngầm, tiết kiệm ngân sách, giảm gánh nợ ngoại tệ, thúc đẩy các ngành công nghiệp phụ trợ trong nước.❖

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. QCVN 08:2009/BXD.
2. TCVN 9154:2012. Công trình thủy lợi - quy trình tính toán đường hầm thủy lợi.
3. HD.TL-C.3.77. Hướng dẫn thiết kế đường hầm thủy lợi.
4. TCVN 11823:2017. Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ.
5. TCVN 4527:1988. Hầm đường sắt và hầm đường ô tô. Tiêu chuẩn thiết kế.
6. Nguyễn Huy Hiệp (2021). Báo cáo kết quả đề tài tổng cục hậu cần: Nghiên cứu ứng dụng phương pháp số tính toán các bài toán địa kỹ thuật. Mã số TCHC.2021.01.
7. KR Code (Tunnel) 2012. Thiết kế hệ thống hầm đường sắt Hàn Quốc, (bản tiếng Hàn).
8. Lisikov B.A., Kaufman L.I. (2005). Underground structures. (2 volumes): Volume 1. Monographie.

# Ứng dụng kỹ thuật lưu biến đất/đá kết hợp công nghệ NATM đẩy nhanh tiến độ xây dựng công trình ngầm đô thị



**NGUYỄN QUÝ ĐẠT\***



**NGUYỄN HUY HIỆP\***

**T**rong nội dung bài viết, nhóm tác giả tổng hợp và trình bày quan điểm mới về việc phát triển không gian ngầm đô thị sử dụng công nghệ đào hầm mới kiểu Áo (NATM) kết hợp kỹ thuật lưu biến đất/đá để làm chủ không gian hầm đô thị, khai thác tầng nông trong khu vực đô thị từ 5 - 8 m. Kỹ thuật lưu biến cũng giúp đánh giá tuổi thọ công trình, cũng như dự báo tai biến địa chất trong quá trình thi công hầm.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày 29/3/2024, tại Kỳ họp thứ 15 (kỳ họp chuyên đề), HĐND TP Hà Nội khóa XVI thông qua Quy hoạch Thủ đô Hà Nội thời kỳ 2021 - 2030 tầm nhìn đến năm 2050. Mục tiêu đến năm 2030, Hà Nội là thành phố "văn hiến, văn minh, hiện đại, xanh, thông minh, hội tụ tinh hoa văn hóa của cả nước và thế giới, nơi đáng đến và lưu lại, đáng sống và cống hiến". Kèm theo phê duyệt 14 tuyến giao thông đô thị. Nhưng để hoàn thành mục tiêu đó, chưa đề cập nhiều đến công nghệ xây dựng hầm đô thị, cách làm thế nào để đạt được mục tiêu. Mặt khác, công nghệ nào nước ta làm chủ thì dễ dàng kiểm soát vốn, chất lượng và tiến độ.

Theo nghiên cứu, đô thị các nước đều khai thác triệt để tầng metro nông từ 5 - 8 m dưới lòng đất nhằm kết nối các tầng ngầm trung tâm thương mại, các bến xe ngầm, nhà ga sân bay ngầm. Với chiều sâu 5 - 8m thường sử dụng công nghệ đào hầm mới kiểu Áo (NATM). Ở nước ta, hai đô thị lớn là Hà Nội và TP.HCM đều nằm trong tầng đất yếu, vậy công nghệ NATM trong đất yếu có dùng được không và áp dụng kỹ thuật gì để đạt hiệu quả cao, giảm thiểu rủi ro trong xây dựng?

Qua nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy rằng với tầng đất yếu hoàn toàn có thể áp dụng công nghệ NATM nhưng cần đưa kỹ thuật lưu biến đất/đá vào kiểm soát chất lượng quá trình thi công, cũng như bảo trì- duy tu bảo dưỡng công trình ngầm sau này.

## 2. CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG HẦM MỚI KIỂU ÁO (NATM)

Phương pháp đào hầm mới của Áo đã được phát triển bởi các nhà khoa học người Áo Rabtsevich, Muller và Pacher, dựa

trên nguyên tắc sử dụng tối đa khả năng chịu tải của khối đất/đá và ban đầu được thiết kế để sử dụng trên nền đất yếu - sét, cát và sỏi. Thiết kế linh hoạt của kết cấu chống giúp tận dụng tối đa khả năng chịu tải của đất đá xung quanh công trình ngầm. Với những ưu điểm chính ở trên, phương pháp này có thể mang lại tính linh hoạt cho biện pháp thi công (thi công được với hầu hết mọi hình dạng và kích thước mặt cắt ngang), tính linh hoạt của công nghệ (khả năng phát triển trong đá bằng phương pháp khoan nổ hoặc TBM, kết hợp với nhiều phương pháp gia cố kết cấu chống khác nhau trong đất yếu).

Phương pháp đào hầm mới của Áo đã sử dụng ở nhiều quốc gia, nó được sử dụng trong mọi điều kiện địa chất công trình và ở bất kỳ độ sâu nào khi xây dựng các công trình ngầm không tròn bằng phương pháp đào kín. Nhờ lợi thế về mặt kỹ thuật và kinh tế trong vòng 10 - 15 năm, phương pháp đào hầm mới của Áo đã trở thành công nghệ tiêu chuẩn trong lĩnh vực xây dựng tàu điện ngầm trên toàn thế giới.

Ở Vienna và Copenhagen, các tuyến điện ngầm nông ở các khu vực đông dân cư được xây dựng bằng phương pháp đào hầm NATM bằng cách phun vữa làm giải pháp tăng cường vào đất/đá, chủ để ngăn chặn lún sụt và chống thấm ở độ sâu lên đến 10 m [1, 2, 3].

Ở Atlanta (Mỹ) trong quá trình xây hầm metro dưới đường cao tốc 10 làn với mật độ giao thông khoảng 1 nghìn ô tô mỗi giờ, phương pháp thi công bằng cách khoan các ống thép vượt trước và ép vữa đẩy bê tông. Ngoài ra còn có công trình khác, dưới màn chắn của các đường ống thép gia cố trước, một đường hầm xuyên qua cát, sỏi và bùn dưới đường sắt ở California (Mỹ) đã được thi công. Khoảng cách giữa các ống là 30 cm, giữa đỉnh ống lưới và chân ray là 1,4 m. Dưới sự bảo vệ phần không gian hầm gia cố bằng ống thép công việc thi công đào đất bằng các phân đoạn 1,2 m và khung thép hình đã được lắp đặt ngay sau phân đoạn đào. Việc xây dựng đường hầm được thực hiện mà không làm gián đoạn giao thông đường sắt và khối đất không bị lún [4, 5].

Nhật Bản đã đạt được tiến bộ đáng kể trong việc phát triển công nghệ đào hầm sử dụng màn chắn bằng các ống thép [6]. Dự án xây dựng vừa hoàn thành ga tàu điện ngầm hai tầng ở

(\*) Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.

Sendai. Kết cấu 3 nhịp, 2 tầng làm bằng bê tông cốt thép nguyên khối, rộng 18 m và cao 12,3 m, được đặt ở độ sâu 3,5 m tính từ đáy tà vẹt sâu trong tầng đất sét dày. Một màn chắn làm bằng ống có đường kính 0,7 m được lắp đặt dọc theo trần và tường của các công trình ở độ sâu 2 m tính từ mặt nước. Các đường ống được thiết kế để khả năng chịu tải mômen uốn lên tới 37T.m. Sự thi công các ga ngầm dưới một màn chắn đường ống, với độ lún mặt đất không quá 13 mm, nhỏ hơn mức cho phép.

Công nghệ trên là phổ biến khi đào hầm nông (dưới lòng đường, đường thay vì phương pháp đào hở truyền thống), và chôn sâu trong những tầng đất/đá yếu và không ổn định. Đúc xây dựng hệ thống tàu điện ngầm từ đầu thế kỷ 20 và biến nó thành phương tiện giao thông công cộng phổ biến nhất nước này.

### 3. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LƯU BIẾN ĐẤT ĐÁ KẾT HỢP CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG HẦM MỚI KIỂU Áo (NATM)

#### 3.1. Công nghệ lưu biến đất/đá

Tính chất lưu biến của đá thể hiện ở 3 dạng:

- Từ biến là quá trình được đặc trưng bởi sự tăng biến dạng theo thời gian dưới tải trọng không đổi;
- Chùng ứng suất là quá trình đặc trưng bởi sự giảm ứng suất theo thời gian khi biến dạng không đổi;
- Độ bền lâu dài là hiện tượng giảm độ bền của đá theo thời gian.

#### 3.2. Một số sự cố trong quá trình thi công có thể vận dụng công nghệ lưu biến để kiểm soát tai biến địa chất

Trong quá trình khai thác và sử dụng độ bền khối đá suy giảm, đồng nghĩa độ cứng  $f$  của khối đá giảm dần theo thời gian. Theo các phương pháp xác định tải trọng lên công trình ngầm, độ cứng  $f$  của khối đá có liên quan tới chiều dài vùng phá hủy trên công trình ngầm. Một số hư hỏng công trình ngầm đã được ghi nhận và chỉ ra như hình bên dưới, số liệu quan trắc tải trọng lên kết cấu chống cho thấy tải trọng tác động lên công trình ngầm tăng dần theo thời gian [1].

Các nghiên cứu đã ghi nhận: trong quá trình thi công và sử dụng công trình ngầm có hiện tượng dịch chuyển đất/đá làm suy giảm khả năng mang tải của đất, đồng thời làm tăng tải trọng tác dụng lên kết cấu chống theo các tác động của xe cộ hoặc do nhiều nguyên nhân khác nhau (phong hóa, hạ mực nước ngầm, nhiệt độ, độ ẩm...). Những nghiên cứu về hiện tượng này liên quan đến các kỹ thuật về từ biến - lưu biến đất/đá, hiện nay trong các tiêu chuẩn Việt Nam chưa có các quy trình thí nghiệm nên có thể gây các sự cố cho công trình ngầm trong quá trình thi công và sử dụng mà chưa có lời giải chính xác, mất nhiều công sức và tiền bạc để khắc phục sự cố. Đánh giá nguyên nhân các sự cố về công trình ngầm cũng chỉ chung chung về sự phong hóa hay phức tạp về mặt địa chất, không đưa ra mô hình tính toán cũng như mô phỏng quá trình sụt lún hầm trong quá trình thi công, sửa chữa để làm căn cứ tính toán hay dự báo ổn định các công trình ngầm tương tự trong tương lai.

### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công nghệ khiên đào phù hợp với khu vực đô thị đông đúc dân cư, độ sâu đảm bảo khiên đào hoạt động là 1,5 D trở lên, trong đó D là đường kính khiên đào nên khi sử dụng máy đào

hầm thì độ sâu hầm Metro lên tới 15 - 30 m. Trong khi đó, tầng hầm ở các khu đô thị nằm ở độ sâu trung bình 5 - 8 m. Đô thị các nước đều phát triển hệ thống Metro với chiều sâu trung bình 5 - 8 m để kết nối các ga ngầm với trung tâm thương mại và thuận tiện lên, xuống, thông gió, chiếu sáng. Chiều sâu ga hầm, tuyến hầm nhỏ đảm bảo phạm vi ảnh hưởng lún nhỏ, bảo đảm ổn định các công trình trên bề mặt. Chiều sâu đặt hầm nhỏ, đảm bảo ứng suất thấp, tắt lún nhanh, đảm bảo ổn định lâu dài.

Công nghệ đào hầm NATM có xét tới lưu biến đảm bảo an toàn thi công, bảo trì - bảo dưỡng. Khi sửa chữa công trình ngầm bắt buộc phải áp dụng công nghệ NATM. Làm chủ công nghệ NATM cũng có nghĩa là đảm bảo quy trình duy tu, bảo dưỡng không phụ thuộc nước ngoài. Đưa công nghệ NATM với công nghệ đào đối hướng hai đầu có thể gia cố trước khi đào, đảm bảo thời gian thi công một tuyến hầm có thể xuống 3 - 5 năm. Đồng thời thi công nhiều tuyến có thể tăng tốc xây dựng hệ thống công trình ngầm.

Việt Nam có nhiều đơn vị thi công bằng công nghệ hầm xuyên núi có thể tận dụng đội ngũ kỹ thuật này làm chủ công nghệ, đẩy nhanh tiến độ xây dựng công trình ngầm đô thị. Có thể áp dụng nhiều công nghệ xây dựng hầm đô thị khác nhau nhưng công nghệ NATM giá rẻ kết hợp kỹ thuật lưu biến đất/đá đảm bảo tính hệ thống và phát triển bền vững. Công nghệ lưu biến đất/đá là kỹ thuật khó nhưng nếu được đầu tư, quan tâm áp dụng kết hợp công nghệ đào hầm mới NATM có thể mang tính đột phá cho kế hoạch xây dựng công trình ngầm đô thị ở Việt Nam và dự báo ổn định công trình ngầm trong quá trình sửa chữa, sử dụng lâu dài, đảm bảo phát triển bền vững. Các nước đã áp dụng đào mở, đào ngầm, tính toán ổn định công trình ngầm theo thời gian. Trong quá trình sử dụng, hệ thống Metro các nước thường được quan trắc, bảo dưỡng, bảo trì thường xuyên, thậm chí dừng hẳn hoạt động để sửa chữa lớn. Ngoài ra, các công nghệ về từ biến/lưu biến đất đá được các nước tiên tiến trên thế giới đưa vào ứng dụng để phát triển bền vững, phát triển hệ thống không gian ngầm ở độ sâu lớn (lên tới 2-3 km), ổn định các công trình nhà máy điện nguyên tử, bể chứa chất thải phóng xạ hoặc các công trình trên đất đóng băng, Việt Nam cũng cần chú ý đầu tư nghiên cứu công nghệ này nhằm mang lại nhiều lợi ích lâu dài cho đất nước. ❖

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nguyễn Huy Hiệp, Nguyễn Quý Đạt, Đàm Hữu Hưng. Nghiên cứu ổn định công trình ngầm có xét đến tính lưu biến của mẫu đá. Tạp chí khoa học công nghệ và giao thông ISSN 1000-2000, số 2/2022.
2. Safety of New Austrian Tunneling Method (NATM) Tunnels, Healthy and Safe Executive. First published 1996, reissued as PDF 2014.
3. Volkman, G.M. and Schubert W. (2006), A Contribution to the Design of Tunnels Supported by a Pile Roof. American Rock Mech Association.
4. Manoj Kumar, Jitendra Prasad. (2016), Classification and selection methodology for temporary support systems for underground structures. National Institute of Rock Mechanics, Bangalore, India.
5. Sein Win Tun and Sunil Kumar Singal. (2016), Management of Hydropower Tunnels to Prevent Collapse and Remedial Measures. Hydro Nepal.
6. Yoshinao Muraki. 1997, The Umbrella Method in Tunneling. Degree of Master of Science in Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology.

# Phân tích sự cố công trình ngầm trong xây dựng, sửa chữa dựa trên kinh nghiệm của các nước trên thế giới



NGUYỄN VĂN ĐỨC\*

**T**rong quá trình thi công, sửa chữa công trình ngầm có nhiều sự cố gây thiệt hại cả về kinh tế lẫn con người. Dựa trên kinh nghiệm các nước trên thế giới, tác giả tổng hợp và phân tích kinh nghiệm cũng như đưa ra các lý thuyết dự báo ổn định trong quá trình thi công và sửa chữa, khôi phục công trình ngầm. Những phân tích này có thể phát triển thành các quy trình, quy phạm trong thiết kế xây dựng, sửa chữa công trình ngầm, giảm thiểu rủi ro tai biến địa chất.

## 1. CÁC VẤN ĐỀ KHI SỬA CHỮA, XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM TẠI VIỆT NAM

### Sự cố sửa chữa hầm Bãi Gió [1]:

Hầm Bãi Gió dài khoảng 900 m, được Pháp xây dựng năm 1930, hoàn thành đưa vào sử dụng từ năm 1936. Công trình đã trải qua nhiều lần trùng tu, sửa chữa. Vỏ hầm làm bằng bê tông, dài hơn 400 m, cao 5 m, rộng 4 m.

Trong quá trình thi công, hầm Bãi Gió hứng chịu 3 đợt sạt lở trong 2 ngày. Đợt đầu tiên chiều 12/4/2024, khoảng 150 m<sup>3</sup> đất đá rơi xuống vị trí cách cửa hầm phía bắc khoảng 85 m và kéo dài chừng 20 m. Đến khoảng 04h15 ngày 13/4/2024, hầm tiếp tục sạt lở với khối lượng đất đá khoảng 50 m<sup>3</sup>, được công nhân thu dọn cơ bản. Tuy nhiên, đến 17h45 ngày 13/4/2024 đất, đá sạt kín vị trí vừa thu dọn trước đó.

Theo đánh giá ban đầu, nguyên nhân sập hầm Bãi Gió là do công trình hoạt động nhiều năm, địa chất phức tạp, đá phong hóa lâu năm nên đất đá không còn kết dính. Khi đơn vị thi công bóc từng phần kết cấu vỏ hầm thì xảy ra sạt lở.

Thực tế, 8 hầm yếu được cải tạo trên tuyến cũng đều có hiện tượng đất, đá sạt lở mức độ nhẹ, có thể dọn ngay trong ngày, riêng hầm Bãi Gió có khối lượng đất đá sạt lở lớn nhất. Các bước khảo sát, khoan thăm dò, thiết kế kỹ thuật đều có dự báo tình hình địa chất, phong hóa của đá...". (Theo Cục Đường sắt Việt Nam, Bộ GTVT).

### Xử lý địa chất yếu trong hầm dài nhất cao tốc Bắc Nam hầm Núi Vung:

Hầm đường bộ Núi Vung (tỉnh Ninh Thuận) thuộc dự án đầu tư xây dựng cao tốc Cam Lâm - Vĩnh Hảo, đang được nhà đầu tư là Tập đoàn Đèo Cả thực hiện theo hình thức đối tác

công tư (PPP). Hầm dài 2,2 km, dài nhất trong các hầm xuyên núi trên cao tốc Bắc - Nam. Khởi công tháng 11/2021, hầm đã được đào thông vào tháng 8/2023. Khi đào được 200 m đường Núi Vung, nhà thầu gặp mạch nước ngầm chảy mạnh và đá phong hóa, là điểm khác so với hồ sơ thiết kế ban đầu. Địa chất trong hầm là đá phong hóa mạnh đến hoàn toàn (đá bị biến đổi do nhiệt độ, nguồn nước, không khí và các loại axit trong tự nhiên). Nếu gặp nước, về lâu dài đá phong hóa có thể sạt lở. Ngoài ra, hầm có dấu hiệu chuyển vị (xê dịch), một số vị trí cần có biện pháp xử lý kịp thời để đảm bảo an toàn.

Có nhiều phương án được đưa ra, sau đó các bên thống nhất dùng đào, khoan thoát nước, phun bổ sung chiều dày bê tông gia cố diện tích đã đào. Để gia cố vòm hầm, nhà thầu đã khoan, lắp các ống thép để bơm phụt vữa xi măng xung quanh vòm hầm; đặt các vỉ thép chỉ cách nhau 50 cm thay vì 100 cm như trước và lắp đặt các neo cố định chân vỉ thép, bổ sung hệ thống vòm tạm...

Sau 5 lần họp bàn, các chuyên gia đề xuất thêm giải pháp như tăng chiều dài neo đá từ 4 m lên 6 m, bổ sung vỉ thép, phun bê tông dày tới 15 cm, bố trí thêm các cây thép ổn định kết cấu hầm... Sau khi các đơn vị khảo sát lại đồng bộ, đoạn hầm dài khoảng 200m được các bên thống nhất chỉnh sửa thiết kế kỹ thuật với khối lượng vật liệu thi công tăng lên nhiều lần so với thiết kế ban đầu.

## 2. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ, SỰ CỐ TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG, SỬA CHỮA, KHAI THÁC CÔNG TRÌNH NGẦM

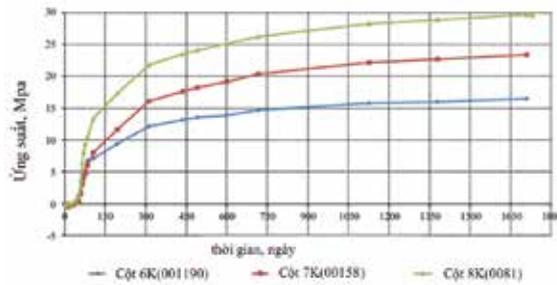
Để nghiên cứu quá trình hư hỏng công trình ngầm trong quá trình xây dựng, sửa chữa, sử dụng cần tiến hành quan trắc sức khỏe kết cấu công trình: tải trọng, biến dạng theo thời gian. Sau đây, tác giả trình bày một phần quan trắc công trình trong nhiều năm thực hiện tại LB Nga [4].

Công trình ngầm Metro được gắn các tem điện trở, thu thập ứng suất tác dụng lên các cột chống theo thời gian. Giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu chống theo thời gian đặc trưng bởi giá trị góc ma sát trong ( $c$ ) và lực dính kết ( $\varphi$ ) của đất đá. Hiện tượng cần quan tâm ở đây là, theo thời gian đất/đá và kết cấu chống đều bị "già hóa", nghĩa là các tham số của nền đất biến đổi theo thời gian làm giảm khả năng mang tải khối đất/đá và tăng tải trọng lên kết cấu chống, kết cấu chống cũng giảm bền

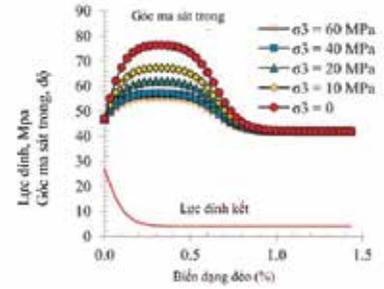
(\*) Đại học Công đoàn.



Hình 1. Vị trí đặt các tem điện trở quan trắc kết cấu cột chống ga hầm Metro [4].



Hình 2. Đồ thị quan trắc ứng suất- tải trọng tác dụng lên kết cấu chống theo thời gian.



Hình 3. Góc ma sát trong và lực dính kết thay đổi theo biến dạng dẻo (dịch chuyển của đất/đá) [3].

- giảm khả năng mang tải. Theo thời gian, tải trọng lên kết cấu chống tăng còn khả năng mang tải của kết cấu chống giảm. Nếu đến thời điểm nào đó mà kết cấu chống không đủ khả năng mang tải thì sẽ dẫn đến sụp đổ kết cấu chống.

Theo đồ thị hình 2, tải trọng tác dụng lên kết cấu chống tăng dần theo thời gian từ lúc lắp dựng đến lúc sử dụng. Ngoài ra, kèm theo quá trình giảm bền của tất cả các loại kết cấu chống: chống tạm khi thi công, chống cố định bằng bê tông cốt thép. Quá trình gây nứt, sự cố công trình có thể là tức thời, 1 năm, 3 năm, 100 năm. Thậm chí, đối với các công trình nhà máy điện nguyên tử, bể chứa chất thải phóng xạ, quá trình này lên cả vạn năm hoặc triệu năm. Cần có kiến thức và kỹ thuật kiểm soát quá trình phá hủy của các loại công trình này để giảm thiểu rủi ro, nhất là các công trình quan trọng và nằm ở các khu vực đông dân cư.

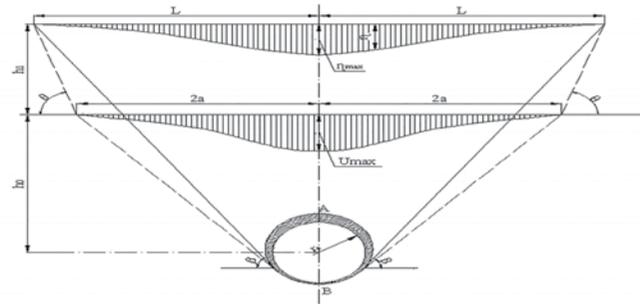
Theo đồ thị hình 3, giá trị góc ma sát trong và lực dính kết thay đổi theo theo biến dạng dẻo của nền đất. Biến dạng dẻo của đất/đá thay đổi theo biến dạng - dịch chuyển kết cấu và đất/đá bên trong hầm.

Trên hình 4: góc  $\beta$  là vùng ảnh hưởng khi khai đào công trình ngầm, giá trị góc  $\beta$  phụ thuộc góc ma sát trong ( $c$ ) và lực dính kết ( $\varphi$ ), giá trị góc  $\beta$  sẽ thay đổi theo giá trị các lớp đất khác nhau: lớp đất càng yếu thì vùng mở rộng càng tăng. Theo hình 3, biến dạng dẻo tăng tức là khi đào hầm có chuyển vị thì vùng ảnh hưởng sẽ được mở rộng, tăng tải trọng lên kết cấu chống, khi kết cấu chống không đủ khả năng mang tải sẽ xảy ra sự cố.

Như vậy, khi có dịch chuyển đất/đá hoặc hiện tượng sụt lún đất đá thì vùng ảnh hưởng đã bị mở rộng, cần tiến hành phân tích và khoanh vùng ảnh hưởng. Nếu cần thiết, phải tiến hành gia cố khoan phun từ các vị trí bên ngoài, hoặc trên đỉnh núi xuống. Nghĩa là, việc gia cố được tiến hành giống với các biện pháp sau khi sự cố xảy ra, nhưng khối lượng và chi phí sẽ nhỏ hơn khi khắc phục hậu quả.

### 3. KẾT LUẬN

Trong quá trình thi công mới, sửa chữa, vận hành đều có tác động đến khối đất/đá. Khi có dịch chuyển, biến dạng dẻo tăng thì vùng ảnh hưởng sẽ mở rộng, tải trọng lên kết cấu chống tăng. Mối quan hệ giữa chuyển dịch đất/đá và sự phát triển vùng phá hoại trong quá trình sửa chữa, thi công, vận hành công trình ngầm cần



Hình 4. Sơ đồ mô phỏng quá trình ảnh hưởng khi đào hầm hoặc sửa chữa công trình ngầm.

được đầu tư nghiên cứu, đảm bảo ổn định các công trình ngầm.

Các nguyên nhân tác động tăng tải trọng lên kết cấu chống: (1) Mưa làm tăng mực nước ngầm; bão hòa đất/đá làm suy giảm khả năng mang tải, dẫn tới hiện tượng cát chảy/đất chảy gây thấm, chảy vào bên trong hầm; (2) Quá trình tải trọng tác động kết cấu chống là quá trình tăng dần trong quá trình xây mới lẫn sửa chữa, vận hành; (3) Các tác động đào, cạy bỏ lớp bê tông cũ gây ra xáo động đất đá xung quanh biên công trình, làm giảm mô đun biến dạng và khả năng mang tải của đất/đá cũng như kết cấu chống tạm trước đó; (4) Khi tháo bỏ lớp kết cấu cũ, gây tác động chuyển vị lên kết cấu chống, nhiều khi tăng tải trọng tức thời mà khó nhận biết nếu không có hệ thống quan trắc.

Hiện nay, chưa có tài liệu, tiêu chuẩn Việt Nam nghiên cứu về vùng ảnh hưởng phá hủy mở rộng theo chuyển dịch đất đá, dẫn đến sụp đổ lũy tiến khi đào mới, sửa chữa hầm. Vấn đề trên cần được đầu tư nghiên cứu để giảm thiểu rủi ro, sự cố khi xây mới, vận hành, sửa chữa các công trình ngầm. ❖

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- <https://plo.vn/nguyen-nhan-sap-ham-duong-sat-bai-gio-post785689.html>
- <https://vnexpress.net/xu-ly-dia-chat-yeu-trong-ham-dai-nhat-cao-toc-bac-nam-4646029.html>
- Hossein Rafiei Renani, C. Derek Martin. Cohesion degradation and friction mobilization in brittle failure of rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 106 (2018) 1–13.
- Деменков Петр Алексеевич. Методология прогнозирования напряженно-деформированного состояния конструкций станций метрополитена глубокого заложения с учетом этапов строительства. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, 2015.

PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN:

# Thách thức KHÔNG GIAN NGẦM ĐÔ THỊ *Việt Nam*



THU THỦY (thực hiện)

Dù đã có quy hoạch hơn 70 bãi đỗ xe ngầm tại Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 nhưng sau 10 năm, các dự án này vẫn chỉ là ý tưởng trên giấy. Một thực tế không thể chối cãi là các đô thị lớn ở nước ta đang lúng túng trong việc khai thác một nguồn lực không nhỏ trong phát triển đô thị, đó là không gian ngầm. Biên tập viên Tạp chí Xây dựng đã có cuộc gặp gỡ với PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - nguyên Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật (Bộ Xây dựng) để đi tìm câu trả lời cho vấn đề này.

## KHÔNG GIAN NGẦM - NGUỒN TÀI NGUYÊN MỚI

◆ *Thưa PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến, các thông tin chính thống còn cho hay, cả tại TP.HCM cũng xảy ra tình trạng tương tự như vậy. Đây phải chăng là một sự lãng phí tài nguyên?*

- Thực ra, chúng ta đang không chỉ lãng phí nguồn lực không gian ngầm đâu. Mà cũng không chỉ bãi đỗ xe ngầm mới nằm trên giấy. Theo quy hoạch bến xe, bãi đỗ xe trên địa bàn Hà Nội đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050 được phê duyệt tại Quyết định số 1218/QĐ-UBND, đến năm 2050 Hà Nội sẽ có 1.620 bãi đỗ xe công cộng, trong đó có 73 bãi ngầm.

Thống kê của Sở GTVT Hà Nội hồi tháng 12/2023 cho biết, thành phố mới đang triển khai đầu tư 96 dự án bãi đỗ xe. Trong đó 18 dự án đã hoàn thành đầu tư xây dựng, 12 dự án đã có chủ trương/quyết định chấm dứt đầu tư, 66 dự án đang triển khai đầu tư. Số bãi đỗ đã và đang đầu tư chỉ tương đương với khoảng 5% mục tiêu đề ra; đặc biệt

chỉ có khoảng hơn 1% số bãi đỗ đã hoàn thành xây dựng...

Tuy vậy, chúng ta cần hiểu rằng, khai thác tốt không gian ngầm sẽ giúp chúng ta giảm tải rất nhiều những vấn nạn hiện nay tại các đô thị lớn.

## ◆ Ông có thể chỉ ra những lợi ích chính khi phát triển không gian ngầm đô thị?

- Trong quá trình cải tạo, xây dựng và phát triển đô thị, việc sử dụng, khai thác và phát triển không gian ngầm để xây dựng công trình ngầm đóng vai trò đặc biệt quan trọng, và đó là nhu cầu tất yếu hiện nay.

Sử dụng, khai thác và phát triển không gian ngầm đem lại nhiều lợi ích. Nó nâng cao hiệu quả và chất lượng của quy hoạch đô thị, tổ chức lại không gian xây dựng đô thị; nâng cao giá trị sử dụng đất và sử dụng hợp lý quỹ đất đô thị để xây dựng nhà ở, xây dựng các công trình công cộng; góp phần hình thành và phát triển thị trường bất động sản ngầm. Bên cạnh đó là góp phần giải quyết các

**"Chỉ khi nào chính quyền đô thị các cấp thực sự quan tâm đến phát triển không gian ngầm thì mới có các giải pháp về quản lý không gian ngầm cũng như việc xây dựng công trình ngầm sẽ có thể giải quyết hoặc sẽ giúp cho việc cải thiện đáng kể những vấn đề mà quá trình phát triển đô thị đang gặp phải"-**

**PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến**



vấn đề giao thông đô thị; khai thác có hiệu quả tài nguyên đất; giảm thiểu tác động của ô nhiễm môi trường. Và điều quan trọng nữa là nó tạo ra hiệu quả về an toàn, an ninh quốc phòng. Các công trình ngầm được sử dụng như một hệ thống phòng thủ an toàn đối với thiên tai hoặc khi có chiến tranh xảy ra.

**◆ Như vậy có nghĩa là sử dụng không gian ngầm sẽ là hướng lựa chọn tất yếu của các đô thị, đặc biệt là các đô thị lớn?**

- Đúng thế! Và điều này hiển nhiên đang tiếp nối diễn ra ở các nước đang phát triển trên thế giới. Tôi nói vậy bởi, với các nước phát triển, họ đã hướng tới khai thác không gian ngầm từ nửa sau thế kỷ 20. Các nước đi sau có thể lấy kinh nghiệm từ họ, chắt lọc những kiến thức mới, công nghệ mới phù hợp với địa chất, địa mạo của mình để áp dụng.

Không gian ngầm được coi như tài nguyên mới, ngay từ đầu, chúng ta phải tối ưu hóa sử dụng tài nguyên này, bằng cách xây dựng hệ thống pháp luật để điều chỉnh, quy hoạch và bố trí các công trình thiết yếu, công trình công cộng, công trình giao thông, công trình hạ tầng kỹ thuật, bãi đỗ xe... đặt dưới lòng đất.

#### **LÚNG TÚNG TỪ TẦNG VĨ MÔ**

**◆ Những lợi ích như thế, tại sao gần đây chúng ta mới quan tâm đến không gian ngầm?**

- Tốc độ đô thị hóa quá cao, các đô thị hiện nay như

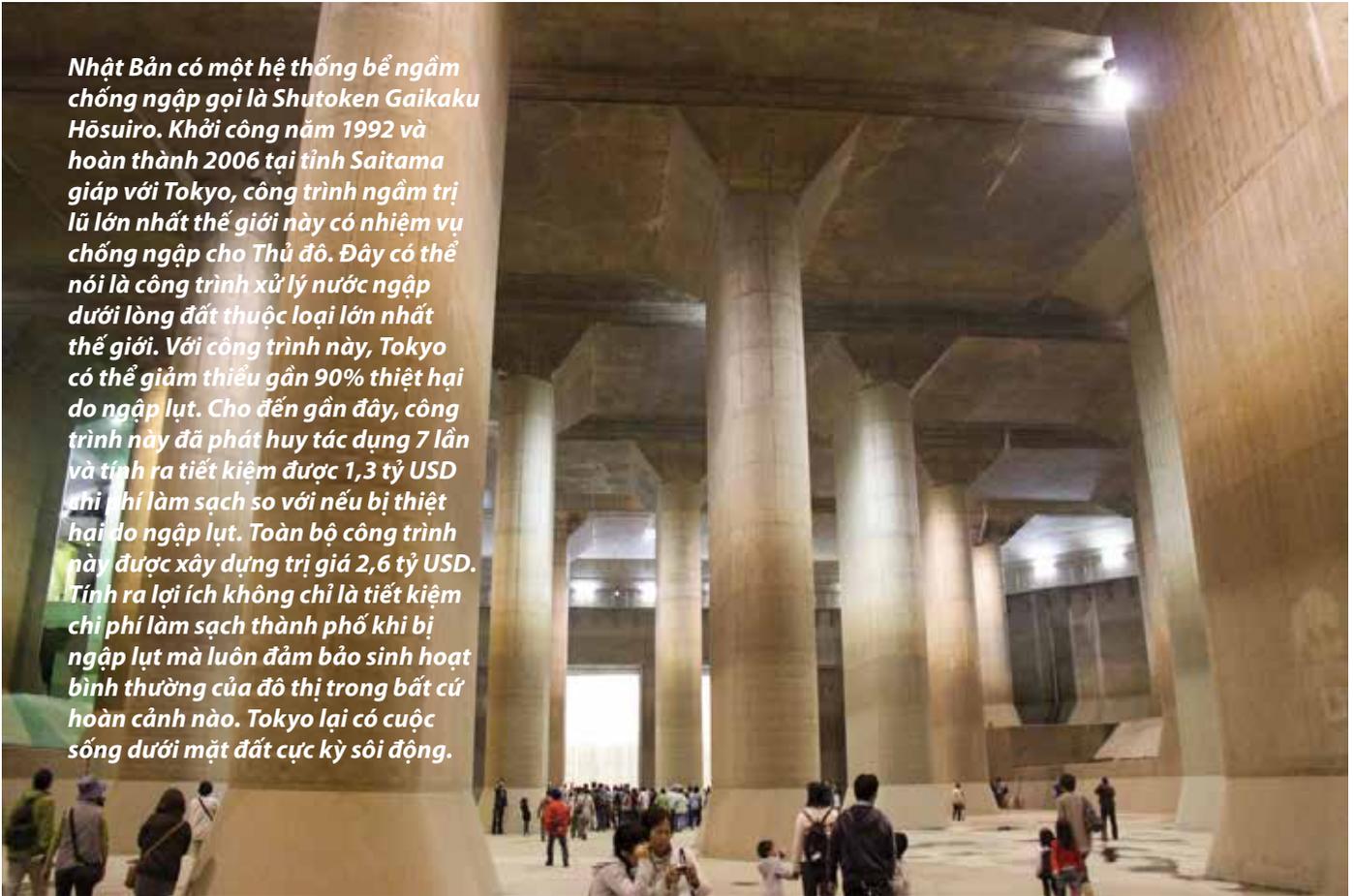
một công trường xây dựng. Chính vì thế, chúng ta bắt đầu phải tính đến việc không những sử dụng hiệu quả không gian trên mặt đất mà phải hướng đến sử dụng không gian ngầm. Hiện nay, một số cơ quan soạn thảo quy định của pháp luật đang tiến hành nghiên cứu và ban hành các nội dung liên quan đến không gian ngầm, như Luật Thủ đô, dự thảo Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn...

Cụ thể hơn nữa là vấn đề quy hoạch TOD (Transit Oriented Development - gọi tắt là TOD). Đó là lấy định hướng phát triển hệ thống giao thông công cộng làm cơ sở quy hoạch phát triển đô thị, lấy đầu mối giao thông làm điểm tập trung dân cư để từ đó hình thành tiếp hệ thống giao thông phân tán. Khi vận dụng nguyên lý TOD vào quá trình thiết kế cải tạo, mở rộng và quy hoạch xây dựng đô thị, bắt buộc phải có sử dụng không gian ngầm tại khu vực đó thì TOD mới mang lại hiệu quả về kinh tế.

Trong thời gian vừa qua, các dự án đầu tư liên quan đến tàu điện ngầm ở Hà Nội và TP.HCM khi làm quy hoạch chung đã bắt đầu bàn đến vấn đề xây dựng bao nhiêu tuyến tàu điện ngầm. Hy vọng, thời gian tới Hà Nội và TP.HCM sẽ có một hệ thống công trình ngầm phát triển.

**◆ Vậy những điều kiện cần thiết nào để phát triển không gian ngầm đô thị, thưa ông?**

- Quản lý, khai thác và sử dụng không gian ngầm không phải là mới ở các nước trên thế giới, nhưng còn nhiều điều mới mẻ đối với Việt Nam. Ta có thể chỉ ra một số điều kiện



**Nhật Bản có một hệ thống bể ngầm chống ngập gọi là Shutoken Gaikaku Hōsuiro. Khởi công năm 1992 và hoàn thành 2006 tại tỉnh Saitama giáp với Tokyo, công trình ngầm trị lũ lớn nhất thế giới này có nhiệm vụ chống ngập cho Thủ đô. Đây có thể nói là công trình xử lý nước ngập dưới lòng đất thuộc loại lớn nhất thế giới. Với công trình này, Tokyo có thể giảm thiểu gần 90% thiệt hại do ngập lụt. Cho đến gần đây, công trình này đã phát huy tác dụng 7 lần và tính ra tiết kiệm được 1,3 tỷ USD chi phí làm sạch so với nếu bị thiệt hại do ngập lụt. Toàn bộ công trình này được xây dựng trị giá 2,6 tỷ USD. Tính ra lợi ích không chỉ là tiết kiệm chi phí làm sạch thành phố khi bị ngập lụt mà luôn đảm bảo sinh hoạt bình thường của đô thị trong bất cứ hoàn cảnh nào. Tokyo lại có cuộc sống dưới mặt đất cực kỳ sôi động.**

cần thiết để thực hiện nhiệm vụ này.

Trước hết là hoàn thiện các cơ sở quy định pháp luật (pháp lý) về quản lý, khai thác và sử dụng không gian ngầm. Nếu thống kê thì thấy hệ thống văn bản quy định về quản lý, khai thác, sử dụng không gian ngầm đã có, mà cũng khá nhiều, nhưng vẫn chưa đầy đủ và tính khả thi chưa cao. Vì vậy, chúng ta cần tiếp tục nghiên cứu bổ sung và hoàn thiện.

Thứ hai, điều kiện về kỹ thuật/công nghệ: Việc khảo sát, thi công, xây dựng, bảo trì các công trình ngầm đòi hỏi kỹ thuật/công nghệ cao và trình độ kỹ thuật ở mức cao. Các công trình xây dựng ngầm thường phải đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật rất cao về độ bền, khả năng thông khí, khả năng vận hành thuận tiện, tính an toàn trong mọi điều kiện kể cả khi có thiên tai (động đất, lũ lụt), thảm họa cháy nổ. Như vậy, cần có những chương trình, đề án, dự án nghiên cứu khoa học và chuyển giao các công nghệ hiện đại phục vụ cho thi công xây dựng và vận hành nhằm đáp ứng nhu cầu về xây dựng công trình ngầm trong thời gian tới.

Thứ ba, điều kiện về quản lý: Nâng cao năng lực quản lý nhà nước về quản lý không gian ngầm để xây dựng công trình ngầm. Đó là tiếp tục hoàn thiện về tổ chức, bộ máy và con người ở các cấp, đặc biệt ở cấp Trung ương - nơi tham

muur về văn bản quy phạm pháp luật, giám sát, thanh kiểm tra...

Nâng cao năng lực quản lý vận hành khai thác các công trình ngầm. Đào tạo đội ngũ cán bộ, công nhân có đủ năng lực tiếp nhận công nghệ hiện đại để vận hành khai thác có hiệu quả.

Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian ngầm đô thị mặc dù đây là công việc rất phức tạp. Thực hiện chuyển đổi số trong quản lý lĩnh vực này.

Thứ tư, điều kiện về tài chính: Đầu tư ban đầu vào xây dựng công trình ngầm đòi hỏi một nguồn vốn rất lớn vì vậy cần có một cơ chế đặc thù cho đầu tư lĩnh vực này. Hoàn thiện hình thức PPP, huy động các nguồn lực khác trong đầu tư, xây dựng...

**◆ Như ông đã phân tích, điều đầu tiên muốn khai thác nguồn tài nguyên không gian ngầm là trông chờ vào sự hoàn thiện của hệ thống pháp luật. Tuy nhiên, Luật Đất đai 2023 vừa được Quốc hội thông qua đã có một điều về “đất xây dựng công trình ngầm”, nhưng dường như vẫn rất chung chung. Ông có nhận xét gì về các quy định này?**

- Đúng là Điều 216 Luật Đất đai 2024 đã có các quy



*Reso là một mê cung khổng lồ chạy dưới các con đường của thành phố Montreal, Canada. Nó còn được biết đến với tên gọi khác là Thành phố Ngầm của Montreal, kết nối gần 1.700 cửa hàng, 200 nhà hàng, trường đại học, rạp chiếu phim, ga tàu điện ngầm, trung tâm nghệ thuật, bảo tàng... Dù có tên gọi là thành phố dưới lòng đất nhưng trên thực tế, đây là một khu phức hợp được xây dựng liên kết với nhau trên và dưới mặt đất, xung quanh trung tâm thành phố Montreal. Ảnh: Go Tourist Guide.*

định khá chi tiết về nội dung này, đây là bước tiến rất quan trọng. Tuy vậy, thực tiễn của cuộc sống đòi hỏi tính khả thi cao hơn rất nhiều.

Tôi nói ví dụ, tại Khoản 2 quy định: “2. Người sử dụng đất được chuyển nhượng, cho thuê, cho thuê lại không gian dưới lòng đất sau khi được Nhà nước xác định theo quy định của pháp luật về xây dựng, pháp luật về quy hoạch đô thị, pháp luật về kiến trúc”. Như vậy, trong các pháp luật liên quan đến lĩnh vực Xây dựng, Quy hoạch, Kiến trúc hiện hành không có các quy định cụ thể liên quan đến không gian dưới lòng đất. Nếu Luật Đất đai có hiệu lực thi hành nhưng các pháp luật Quy hoạch, Kiến trúc không có quy định hoặc chậm bổ sung, sửa đổi thì sẽ được tổ chức thực hiện như thế nào?

Ví dụ nữa, tại điểm c của Khoản 4 quy định: “Bồi thường theo quy định của pháp luật đối với trường hợp gây thiệt hại đến việc sử dụng đất của người sử dụng đất trên bề mặt của công trình ngầm”. Ngược lại, nếu người sử dụng đất trên bề mặt của công trình ngầm làm hư hỏng, thiệt hại công trình ngầm có phải bồi thường không; và nếu có thì quy định ở điều khoản nào cũng không rõ? Tất cả chờ Chính phủ quy định liệu có hợp lý không?

Chưa hết, về khái niệm về thửa đất trong Luật Đất đai,

Khoản 42 Điều 3 ghi: “Thửa đất là phần diện tích đất được giới hạn bởi ranh giới mô tả trên hồ sơ địa chính hoặc được xác định trên thực địa”. Theo định nghĩa này mới chỉ xác lập thửa đất trên mặt đất là chưa đầy đủ (theo không gian 2 chiều - diện tích) mà cần hiểu thêm nữa là, thửa đất phải theo không gian 3 chiều (kể cả dưới mặt đất), có nghĩa là phải có chiều sâu, ở đây chiều sâu bao nhiêu lại chưa có quy định?

Các bạn thấy không, tầng vỉa mô còn lúng túng như thế thì tầng vỉa mô còn lúng túng là lẽ đương nhiên thôi!

### **TƯ DUY 3 CHIỀU CẦN THAY THẾ CHO TƯ DUY 2 CHIỀU**

**♦ Với những gì đang hiện hữu tại các đô thị Việt Nam, có thể hình dung thế nào về mối quan hệ giữa không gian ngầm và không gian trên mặt đất, thậm chí trên cao, thưa ông?**

- Đây là điều hết sức quan trọng để xây dựng và phát triển đô thị theo đúng hướng, bảo đảm phát triển bền vững. Trước mắt, Nhà nước nên sớm có quy hoạch không gian ngầm, với chính sách ưu đãi đi kèm quy định các cao ốc mới quan trọng trong khu trung tâm phải kết nối với không gian ngầm đô thị.

Với không gian trên mặt đất, quản lý đã rất khó khăn



Công nghệ khoan công trình ngầm hiện đại được sử dụng tại Hà Nội và TP.HCM.



Các kỹ sư, công nhân đang thi công tại khu vực nhà ga Bến Thành.

và chúng ta cũng đã mắc không ít sai lầm trong việc định hướng phát triển đô thị, việc sửa chữa những sai lầm có thể thực hiện thông qua điều chỉnh, cấp phép, cải tạo, chỉnh trang. Nhưng không gian dưới mặt đất nếu chúng ta mắc sai lầm thì khó có cơ hội để sửa chữa. Vì vậy, công tác quy hoạch đô thị đóng vai trò rất quan trọng. Khi đã tận dụng được không gian ngầm, phải có sự kết nối giữa chúng với nhau và kết nối chúng với không gian trên mặt đất. Như vậy, cần phải có quy hoạch sử dụng không gian ngầm, mặt khác khi sử dụng không gian ngầm cần phải có kết nối với không gian trên mặt đất như: giao thông với giao thông, nhà ở với các công trình công cộng, đặc biệt

là TOD của đô thị.

TOD tận dụng không gian trên mặt đất và không gian ngầm để phát triển đô thị, làm tăng mật độ nén cho đô thị, giải phóng các khu đất trong đô thị để làm các công việc khác, tạo được không gian công cộng, không gian cây xanh và mặt nước, làm tăng sự cải thiện môi trường.

TOD nằm ở đâu? Kết nối với đâu mỗi trên mặt đất và không gian ngầm như thế nào? Phạm vi và quy mô mở rộng của không gian tại TOD là bao nhiêu? Rõ ràng, ở đây cần có sự kết hợp giữa các quy hoạch với nhau. Đây cũng là một trong những nội dung chúng ta cần phải làm trước, từ đó sẽ góp phần sử dụng đất hiệu quả, tiết kiệm qua việc sử dụng không gian ngầm.

**◆ Có phải là trong tư duy của nhiều cấp lãnh đạo về quản lý đô thị hầu như chưa dành chỗ chứa cho không gian ngầm?**

- Có điều đó đấy! Chính quyền nhiều địa phương trong quá trình xét duyệt quy hoạch đô thị chưa đặt vấn đề phải có quy hoạch không gian ngầm được thực hiện song song với quy hoạch trên mặt đất, khi có sự việc xảy ra sẽ khó khăn, lúng túng trong giải quyết. Chính vì vậy, trong dự thảo Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn, Bộ Xây dựng đang hoàn thiện để trình Quốc hội kỳ họp sắp tới, đã có đưa quy hoạch không gian ngầm là một nội dung bắt buộc trong quy hoạch đô thị và quy định các thành phố trực thuộc Trung ương phải lập riêng đồ án này. Thông qua quy hoạch, chúng ta sẽ giải được bài toán kết nối, phân bổ lại sử dụng đất, bố cục lại không gian trên mặt đất và quản lý hiệu quả hơn về phát triển đô thị.

Tôi cho rằng chỉ khi nào chính quyền đô thị các cấp thực sự quan tâm đến phát triển không gian ngầm thì mới



**PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến** sinh năm 1957, quê quán: Quảng Ngãi. Tốt nghiệp Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội năm 1979, chuyên ngành Kỹ thuật đô thị.

Sau đại học chuyên ngành Quản lý vùng, Đại học Tổng hợp Dortmund, CHLB Đức, 1994 (PG); Thạc sĩ chuyên ngành Quản lý vùng và nông thôn, Học viện Công nghệ châu Á (AIT) Bangkok, Thailand, 1995 (M.Sc.); Bảo vệ bằng Tiến sĩ năm 2004, chuyên ngành Quy hoạch Không gian và xây dựng đô thị, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; được phong hàm PGS năm 2010.

Ông từng tham gia công tác quản lý: Phó viện trưởng Viện Quy hoạch đô thị - nông thôn, Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật (Bộ Xây dựng).

Hiện ông là Chủ tịch Hội Chiếu sáng Việt Nam; Phó chủ tịch Hội Cấp thoát nước Việt Nam, Ủy viên thường vụ Hội Quy hoạch phát triển đô thị VN; Ủy viên BCH Tổng hội Xây dựng Việt Nam.

có các giải pháp về quản lý không gian ngầm cũng như việc xây dựng công trình ngầm sẽ có thể giải quyết hoặc sẽ giúp cho việc cải thiện đáng kể những vấn đề mà quá trình phát triển đô thị đang gặp phải.

Hiện nay, nhiều quy định hiện hành từ Luật, Nghị định đến Thông tư hướng dẫn, chúng ta đã có, nhưng tổ chức triển khai chưa hiệu quả.

### **NHỮNG RỦI RO KHÔNG THỂ BÙ ĐÁP**

◆ **Một trong những khó khăn hiện nay là cơ sở dữ liệu về công trình ngầm không có hoặc còn thiếu. Vấn đề ở đây là gì, thưa ông?**

- Hiện nay cùng với tốc độ đô thị hóa nhanh, nhiều thành phố như là đại công trường xây dựng - nhiều công trình ngầm cũng đang được đầu tư xây dựng. Tuy nhiên, việc đo đạc, lập bản đồ hiện trạng và quy hoạch không gian ngầm chưa theo kịp tốc độ phát triển. Nhiều thành phố vẫn chưa lập được bản đồ hiện trạng các công trình ngầm, do đó, việc quản lý xây dựng gặp nhiều khó khăn.

Công trình ngầm tại đô thị được chia làm 3 loại hình: Công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm, công trình giao thông ngầm và phần ngầm của các công trình xây dựng. Việc hạ ngầm các công trình như đường điện, hệ thống dây dẫn thông tin liên lạc được thực hiện thường xuyên từ nhiều năm nay. Việc xây dựng các công trình mới thường gặp nhiều khó khăn do không biết chính xác vị trí công trình ngầm. Do vậy, quá trình thi công thường xuyên xảy ra sự cố công trình ngầm.

Sự chậm trễ trong việc đo đạc, lập bản đồ hiện trạng công trình ngầm có nhiều nguyên nhân: Mỗi công trình (cáp điện, nước, chiếu sáng, thông tin...) lại được quản lý bởi các cơ quan khác nhau, việc đo đạc lập bản đồ hiện

trạng công trình ngầm cần nguồn kinh phí lớn và chưa có hướng dẫn, quy định cụ thể. Hiện nay, các quy định về cơ chế thực hiện đo đạc, lập bản đồ hiện trạng và bản đồ quy hoạch không gian ngầm đều thiếu, các địa phương chưa có cơ sở để thực hiện. Để khắc phục tình trạng này cần có khung pháp lý về quản lý không gian ngầm và quy hoạch không gian ngầm đồng bộ.

Ngoài cơ sở dữ liệu cho công trình ngầm, lập bản đồ hiện trạng công trình ngầm, nhưng còn một bước quan trọng đó là chuẩn hóa dữ liệu về công trình ngầm.

Từ trước đến nay chúng ta chỉ nói về hệ thống công trình theo không gian 2 chiều thì hiện nay phải chuẩn hóa dữ liệu bằng không gian 3 chiều. Tức là mối quan hệ của cơ sở dữ liệu của một vật thể phải được thể hiện ở 3 chiều (chiều rộng, chiều sâu, chiều ngang). Nếu chỉ có 2 chiều thì sẽ không tính hết được không gian chứa của nó.

Hiện nay, vấn đề khó nhất đó là mỗi một lĩnh vực có một dữ liệu khác nhau, đặc biệt là hạ tầng kỹ thuật, cấp nước, thoát nước, Hiện chưa có bản đồ hiện trạng về hệ thống đường dây, đường ống ngầm... Nếu chuẩn hóa được dữ liệu đường dây, đường ống và có được bản đồ hiện trạng sẽ giúp chúng ta dễ dàng xác định được cơ sở dữ liệu... để khi tổ chức thi công thì sẽ không bị vướng phải công trình ngầm. Bởi nếu vướng phải công trình ngầm sẽ mất thời gian để di chuyển công trình đến nơi khác thì mới làm được.

Như vậy, việc xây dựng cơ sở dữ liệu rất quan trọng. Tiếc rằng, mỗi lĩnh vực có một cơ sở dữ liệu khác nhau và hiện chưa có một cơ quan nào phối hợp để có thể lập được một bản đồ hiện trạng công trình ngầm. Bởi, để xây dựng được một bản đồ hiện trạng công trình ngầm sẽ rất tốn kém. Mặt khác, cơ chế chính sách của Việt Nam về vấn đề này vẫn chưa có.



*Việt Nam chưa có nhiều công trình ngầm lớn, mang tính phục vụ quảng đại quần chúng, nên trong quản lý, vận hành còn nhiều lúng túng.*

**◆ Còn về khả năng thực hiện xây dựng các công trình ngầm của chúng ta hiện nay?**

- Phải nhìn nhận một cách công bằng rằng, khi điều kiện kinh tế phát triển đến mức độ cho phép, khi đô thị phát triển đến một yêu cầu cần thiết thì khi đó mới có thể thực hiện được các mong muốn trong phát triển, mà cụ thể ở đây là phát triển các công trình ngầm đô thị.

Cho đến nay, đô thị Việt Nam còn nhiều dư địa để phát triển công trình ngầm. Trong thực tế, tại một số đô thị ở Việt Nam đã có những công trình ngầm hàng trăm năm nay như các công trình cấp, thoát nước, điện, thông tin, hào, tuyen... Tiếp nối, những năm gần đây xuất hiện các công trình giao thông ngầm (hầm cho người đi bộ, cho ô tô, đường tàu điện ngầm, ga tàu điện ngầm...). Chính vì vậy, với tốc độ đô thị hóa gần 50% thì cơ hội còn rất lớn. Điều quan trọng là, chính quyền các cấp, đặc biệt là cấp Trung ương cần quan tâm đến quy hoạch không gian ngầm, dành nguồn lực thích đáng, quản lý đúng hướng để phát triển và phát huy lợi thế như đã nói.

Trên thế giới đã có rất nhiều bài học về xây dựng công

trình ngầm, cũng như đã có nhiều công nghệ mới ở lĩnh vực này. Việt Nam cũng đã có kinh nghiệm trong việc xây dựng công trình ngầm. Ví dụ như chúng ta đã hoàn thành xây dựng tuyến tàu điện ngầm đầu tiên tại TP.HCM, ga tàu điện ngầm... sử dụng máy khoan đào dưới lòng đất.

Ở góc độ hạ tầng kỹ thuật, công trình ngầm về thoát nước thì Việt Nam cũng đang làm chủ được công nghệ này. Ví dụ, TP.HCM đã có tuyến đường truyền tải về thoát nước qua sông Sài Gòn... sử dụng công nghệ khoan kích ống ngầm từ những năm 2012 - 2013.

Hay ở Hà Nội, cũng đã có tuyến cống ngầm của nhà máy xử lý nước Yên Xá, đã xây dựng được tuyến cống ngầm với đường kính khoảng 2 m, dự kiến tháng 6 này sẽ nghiệm thu và đưa đường ống vào sử dụng.

Có thể thấy, hiện nay công nghệ về khoan kích ống ngầm của Việt Nam đã đáp ứng được yêu cầu rất nhanh, chỉ đang khó khăn về nguồn vốn đầu tư.

Bây giờ, khó khăn nhất là quy hoạch không gian ngầm, lực lượng tư vấn chưa được đào tạo về quy hoạch không gian ngầm. Do đó, về nguồn nhân lực và công tác đào tạo để có



*Mỏ muối Wieliczka nằm cách thành phố Krakow (Ba Lan) không xa, được phát hiện từ thế kỷ thứ 13, và nơi này vẫn sản xuất muối ăn đến năm 2007. Ngày nay, nó là điểm đến hút khách thế giới trước đại dịch. Khi bạn bước xuống tham quan khu vực này trên chiếc cầu thang gỗ 378 bậc, bạn có nhiều sự lựa chọn để tìm hiểu kỹ hơn về mỏ muối. Nếu muốn quan tâm đến lịch sử, bạn có thể đặt tour Chuyến tham quan của thợ mỏ và hiểu hơn về sự khó khăn của những người làm nghề khai thác muối. Nếu bạn muốn tìm hiểu về khía cạnh khác như tôn giáo, bạn có thể tham gia tour Du lịch hành hương. Ảnh: Wiki*

thể triển khai được trong lĩnh vực không gian ngầm một cách bài bản ở Việt Nam thì cần phải có thời gian nhất định.

Tiếp nữa là cần luật hóa các nội dung liên quan đến công trình ngầm. Do chưa được luật hóa nên nhiều quy định về quản lý dưới luật không thực hiện được. Nếu được luật hóa thì các điều khoản trong luật sẽ quy định bắt buộc nhiều hơn. Hy vọng, sau Luật Cấp thoát nước hoàn thiện vào năm 2025, Chính phủ sẽ thực hiện xây dựng Luật Quản lý không gian ngầm. Đây cũng là một trong những nội dung của Nghị quyết 06 của Bộ Chính trị liên quan đến quản lý xây dựng và phát triển đô thị.

**◆ Những rủi ro trong phát triển không gian ngầm thường là rất lớn. Vậy chúng ta cần phải phòng ngừa điều này như thế nào?**

- Nếu quy hoạch không chuẩn, chúng ta có thể sẽ gặp những rủi ro thậm chí không thể bù đắp. Các công trình xây dựng dưới mặt đất sẽ không thể phá đi làm lại; an toàn trong quá trình thi công xây dựng nếu không đảm bảo sẽ khiến mức độ rủi ro lớn hơn đến từ các công trình trên mặt đất.

Chính vì thế trong quá trình sử dụng cũng phải tính đến các yếu tố rủi ro này.

Tuy nhiên, hiện nay công nghệ xây dựng mới cũng đã hạn chế được tai nạn, sự cố sụt lún, sập hầm... trong quá trình thi công.

Tiếp đó, khi đi vào vận hành, sử dụng, cần có sự diễn tập phòng và ứng phó với các sự cố. Bên cạnh đó, công tác kỹ thuật liên quan đến thông hơi, thông gió, PCCC, đảm bảo an toàn phòng chống cháy nổ... khi đưa các công trình ngầm vào sử dụng cần được chú trọng thường xuyên và tuân thủ nghiêm ngặt.

Thách thức lớn nhất hiện nay của Việt Nam là chưa có các công trình ngầm lớn, mang tính phục vụ quảng đại quần chúng đi vào hoạt động nên những bài học rút ra chưa có. Chỉ khi đi vào quá trình vận hành trong thực tế mới có thể rút ra được những kinh nghiệm, mới biết rủi ro sẽ xảy ra như thế nào để từ đó công tác quản lý tốt hơn, hiệu quả hơn.◆

**◆ Trân trọng cảm ơn PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến về cuộc trò chuyện thú vị này!**

# Chuyện mua điện giá 0 đồng!



NGUYỄN HOÀNG LINH

**N**hững ngày gần đây, công luận lại nổi sóng về chuyện dùng điện. Không như khoảng những ngày này năm ngoái là chuyện cấp điện phập phù khi trời nóng như thiêu đốt, năm nay là ổn ã bởi lời tuyên bố của Bộ trưởng Bộ Công Thương Nguyễn Hồng Diên rằng, Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) sẽ mua điện mặt trời mái nhà của người dân với giá 0 đồng(?!).

Hoàn toàn đúng với ngôn ngữ của chuyên ngành thương mại, không thể dùng những từ phi tiền bạc, như tặng, hiến, cho... mà phải là những từ như mua, bán, tạm ứng, bù trừ... cho dù nó là 0 đồng.

Giải thích vấn đề này, Bộ trưởng Bộ Công Thương cho biết, việc khuyến khích phát triển điện mặt trời mái nhà tự sản, tự tiêu nhằm mục đích tự sử dụng, tự cung tự cấp cho nhu cầu của chính mình, giảm bớt mua điện từ hệ thống điện quốc gia, giảm áp lực cho hệ thống điện.

Để hiểu được vì sao giá 0 đồng, ông Diên cho rằng, chúng ta cần đặt ngược lại vấn đề "Nếu cho phép phát điện điện mặt trời mái nhà được mua bán điện thì điều gì sẽ xảy ra?". Ông Diên khẳng định, sẽ gây ra tình trạng phát triển ồ ạt, khó kiểm soát công suất nguồn, đặc biệt sẽ dẫn tới tình trạng mất cân đối nguồn điện, gây áp lực lên hệ thống truyền tải điện quốc gia, mất an toàn lưới điện. Ông còn khẳng định: "Điều này dẫn đến thay đổi, tăng giảm nhanh của hệ thống, khiến nguồn điện chạy nền không ổn định. Nếu cho phép mua bán điện mặt trời mái nhà, thì vô hình trung chúng ta cố sù cho tình trạng trực lợi chính sách, bởi đối tượng này không phải tuân thủ các quy định của pháp luật hiện hành"...

Câu hỏi được đặt ra: Một khi EVN quay lưng với người dân trong việc sản xuất điện mặt trời, liệu có khi nào, EVN cần lại họ không?

Thực ra, việc EVN lúng túng với sản xuất và kinh doanh điện mặt trời đã xảy ra từ năm 2021 khi EVN dự kiến sẽ cắt giảm 1,3 tỷ KWh năng lượng tái tạo, trong khi gánh nặng tiền vay ngân hàng ở lĩnh vực này lên đến hàng chục nghìn tỷ đồng.

Mà điện năng là một mặt hàng rất oái oăm, phát ra là phải dùng, không dùng là vứt đi, cho không ai nhận, tặng không ai lấy. Không có người dùng sản phẩm của mình, cả nhà máy điện khổng lồ sẽ trở thành một đống rác thải.

Kể từ ngày Thủ tướng Chính phủ ra Quyết định số 11/2017/QĐ-TTg về cơ chế khuyến khích phát triển dự án điện mặt trời, trong đó yêu cầu EVN có trách nhiệm mua toàn bộ lượng điện từ các dự án điện mặt trời nối lưới với giá mua điện tại điểm giao nhận điện là 2.086 đ/KWh (chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng, tương đương 9,35 cent/KWh), dòng tiền đầu tư chảy vào lĩnh vực này mãnh liệt chưa từng có.

Theo nhận định của các chuyên gia, chỉ mới đến 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.

Tại sao lại xuất hiện một làn sóng đầu tư như xuất hiện một cơn sóng thần chỉ trong một thời gian ngắn như vậy?

Nguyên nhân cũng dễ hiểu, trước đó ít lâu, một thông tin "khủng" được phát đi đã làm chấn động giới đầu tư năng lượng



**XI MĂNG CẨM PHẢ**  
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

**HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC**

toàn cầu: Vương quốc Dubai (thuộc Các tiểu vương quốc Ả rập 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 US cent/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.

Có lẽ mức chênh lệch giá điện mặt trời kia đã khiến các dự án đầu tư trong lĩnh vực này bùng nổ tại Việt Nam trong thời gian ngắn chưa từng thấy. Chẳng thế mà xuất hiện một cơn sốt kinh hoàng, chỉ tính riêng 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!

Nay EVN từ chối mua một phần công suất điện của các dự án điện mặt trời cũng có những lý do của mình. Trong 1,3 tỷ KWh điện năng lượng tái tạo bị cắt giảm trong năm 2021 có hơn 500 triệu KWh cắt giảm do thừa nguồn điện mặt trời vào buổi trưa và quá tải đường dây 500 KV.

Cũng có ý kiến cho rằng, EVN vốn chẳng mấy mặn mà với năng lượng tái tạo này vì "thiệt đơn thiệt kép", vừa phải mua điện với giá cao được áp đặt từ trên xuống, vừa phải xây dựng hạ tầng kỹ thuật để đấu nối điện, vừa phải tốn nhân công để theo dõi, kiểm tra, xem xét và thanh toán tiền điện cho "đối thủ cạnh tranh"... Vì thế, mọi động lực đối với bản năng sinh tồn của bất cứ doanh nghiệp nào cũng sẽ bị triệt tiêu.

Đấy là chuyện nội tại của EVN, còn bản thân việc sản xuất điện trên mái nhà cũng có những nhược điểm "phập phù" bất khả kháng mà nhiều nước có nền kinh tế phát triển cũng đau đầu vì nó.

Chính quyền bang California (Mỹ) hiện đang khốn khổ vì điện mặt trời mái nhà bị dư thừa. Từ Washington Post cho hay, bang California đầy nắng, pin mặt trời có ở khắp mọi nơi. Chúng nằm giữa sa mạc khô cằn ở vùng Central Valley và không hiếm trên những mái nhà ở trung tâm đô thị Los Angeles. Theo tính toán mới nhất, California có gần 47 GW công suất điện mặt trời lắp đặt, đủ để cung cấp cho 13,9 triệu hộ gia đình và đáp ứng hơn 1/4 lượng điện ở bang. Nhưng hiện nay, chính quyền bang và đơn vị vận hành lưới điện đang vật lộn với tình thế kỳ quặc. Quá nhiều điện mặt trời vào những ngày nắng khi nhu cầu không quá cao dẫn tới giá điện âm (!). Có nghĩa là có cho không cũng không ai lấy!

Cách đây hơn 15 năm, nhóm nghiên cứu ở Phòng thí nghiệm năng lượng tái tạo quốc gia lập mô hình điện mặt trời phổ biến trong tương lai và nhận ra điều kỳ lạ. Khi có nhiều điện mặt trời trong lưới điện, chênh lệch giữa nhu cầu về điện và năng lượng tái tạo có hình chữ U. Nhu cầu cao vọt

**Có một ý kiến rất đáng chú ý khi phản biện lại ý kiến của Bộ trưởng Bộ Công Thương: "Nếu cho phép mua bán điện mặt trời mái nhà, thì vô hình trung chúng ta cổ súy cho tình trạng trục lợi chính sách" thì cũng phải chống tình trạng "trục lợi chính sách" có thể xảy ra khi EVN được mua điện giá 0 đồng nhưng lại bán với giá kinh doanh để thu lợi!**

vào buổi sáng sẽ bị thay thế bởi nhu cầu gần như bằng 0 vào buổi trưa, khi điện mặt trời có thể sản xuất tất cả lượng điện mà người dân cần. Sau đó, khi mặt trời lặn, nhu cầu lại tăng vọt lần nữa. Để xử lý, California ngừng khuyến khích lắp pin mặt trời trên mái nhà và giảm tốc độ lắp đặt...

Trở lại vấn đề của Việt Nam, khi tỷ lệ điện mặt trời hiện còn đang rất khiêm tốn trong cơ cấu nguồn điện quốc gia thì đã cần "phanh gấp" như hiện nay chưa?

Theo Bộ Công Thương, mục đích phát triển điện mặt trời mái nhà thời gian qua cũng chủ yếu là bán điện cho EVN, không nhằm mục đích tự sử dụng, tự sản tự tiêu. Nguồn điện này lại phát triển không đồng đều, tập trung quá nhiều ở vùng có nhu cầu điện thấp, gây nên sự mất cân đối trong điều độ, vận hành hệ thống điện và ảnh hưởng đến độ tin cậy cung cấp điện.

Do vậy, Bộ Công Thương cho rằng, nếu tiếp tục phát triển nóng các nguồn năng lượng tái tạo, điện mặt trời không theo quy hoạch, có thể dẫn tới hệ lụy, phá vỡ quy hoạch và ảnh hưởng đến an toàn hệ thống điện quốc gia.

Ai cũng hy vọng rằng nguyên nhân trên đây sẽ không phải là chiếc bình phong che lấp những khiếm khuyết trong hạ tầng và những yếu kém trong quản lý vận hành của EVN.

Tại cuộc hội thảo gần đây, ông Nguyễn Anh Tuấn - Phó chủ tịch Hiệp hội Năng lượng Việt Nam "thông cảm" với việc EVN chưa tính toán được toàn bộ lợi ích, chi phí và các hệ lụy của việc các hộ điện mặt trời mái nhà tự sản tự tiêu bán điện vào lưới và "ghi nhận sản lượng điện với giá 0 đồng" với Bộ Công Thương

Ông bày tỏ quan điểm, "giá 0 đồng" là có tính chất thận trọng, tạm thời, chống trục lợi chính sách trong khi chưa có những kinh nghiệm thực tế áp dụng và cho rằng, cần có quy định về thời gian áp dụng mức giá 0 đồng này, nên chẳng chỉ ở giai đoạn 3 năm từ 2024 - 2027, còn sau năm 2027 cần có cơ chế giá khác trong bối cảnh đang rất cần bổ sung thêm nguồn điện - điện mặt trời mái nhà là nguồn điện có thể triển khai nhanh.

Có một ý kiến rất đáng chú ý khi phản biện lại ý kiến của Bộ trưởng Bộ Công Thương: "Nếu cho phép mua bán điện mặt trời mái nhà, thì vô hình trung chúng ta cổ súy cho tình trạng trục lợi chính sách" thì cũng phải chống tình trạng "trục lợi chính sách" có thể xảy ra khi EVN được mua điện giá 0 đồng nhưng lại bán với giá kinh doanh để thu lợi!

Còn với câu hỏi được đặt ra: "Một khi EVN quay lưng với người dân trong việc sản xuất điện mặt trời, liệu có khi nào, EVN cần lại họ không?" thì mong rằng EVN hãy tự cân nhắc bởi lẽ từ xưa đến nay, mọi việc có xu hướng quay lưng với người dân luôn luôn là điều cấm kỵ! ❖

# Australia & Singapore - Tổng quan về nghệ thuật kiến trúc

## > ANH NHIÊN

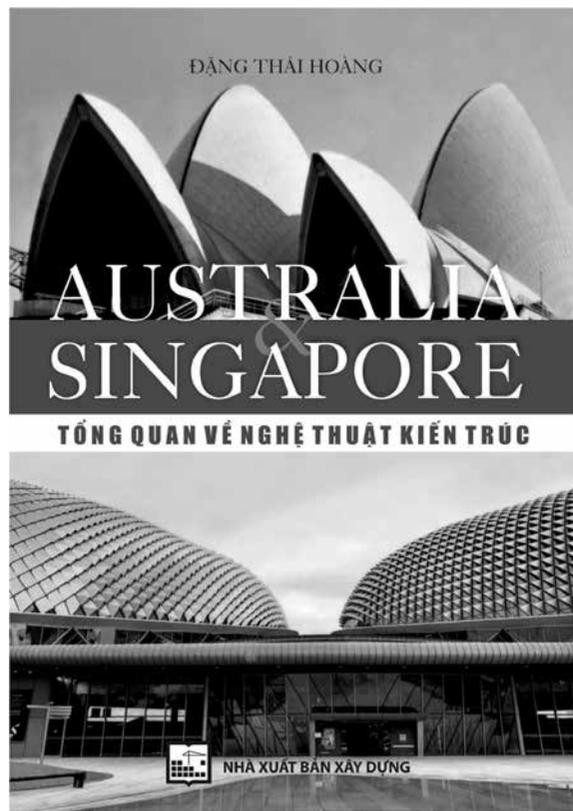
Cuốn sách viết về 2 nền kiến trúc rất giàu tính biểu tượng và có chất lượng không gian cao...

Cuốn sách có phần nào hơi nghiêng về xu hướng hồi ký kiến trúc. Trong khi viết, tác giả thường đặt ấn tượng cảm tính lên trên và dựa trên lòng quý trọng hai nền kiến trúc nổi tiếng thế giới là chính, với mong muốn mọi người một lần nữa thừa nhận Australia và Singapore là 2 nước có nền kiến trúc rất giàu tính biểu tượng và có chất lượng không gian cao.

Trong cuốn sách, tác giả Đặng Thái Hoàng đã đề cập đến một số hiện tượng, thiên nhiên cũng như cảnh quan của Melbourne và Sydney (Australia) dưới lăng kính của một kiến trúc sư. Cuốn sách có đoạn viết về quãng đường từ Melbourne đến Sydney như sau: Đường cao tốc Citylink chạy từ Đông Bắc xuống Tây Nam Melbourne đa phần chạy trên cao, được đánh dấu bằng điểm khởi đầu gần nhà ga sân bay với hình thức kiến trúc như một ký hiệu, một cột mốc đánh dấu đó là địa đầu của thành phố mang tên Citylink Gateway. Cái cột vàng rực bên trái thật hoành tráng nó là ẩn dụ của Thiên niên kỷ mới, trong khi 21 cột đèn đỏ bên phải là tượng trưng cho những thế kỷ đã qua hoặc mới bắt đầu. Vành ngoài của đô thị Melbourne là những biệt thự thấp tầng. Các nhà cao tầng và siêu cao tầng đều nằm ở khu vực City, cấu trúc đô thị ở đây giống như London, New York hay Chicago...

Tác giả cũng bày tỏ cảm xúc kỳ lạ khi thăm đô thị Melbourne: Tôi thấy kỳ lạ là trong một hệ mạng ô cờ, các công trình chọc trời của thành phố cộng sinh rất hài hòa với các di sản kiến trúc cổ kính thấp tầng.

Nói về kiến trúc của Melbourne, dường như tác giả muốn nhấn mạnh tới sự hài hòa giữa kiến trúc mới và kiến trúc cũ, trong đó nhấn mạnh sự đồng điệu giữa tòa nhà cao tầng



333 phố Collins, xây dựng năm 1991, cao 29 tầng, ốp đá hoa cương và đá cẩm thạch; với tòa nhà Bank hình 8 cạnh xây dựng từ năm 1891, được coi là công trình đẹp nhất thuộc dòng kiến trúc Ngân hàng cuối thế kỷ trước.

Nói về kiến trúc Sydney, tác giả viết có đoạn: Ngắm nhìn Opera House Sydney từ viễn cảnh đến trung cảnh, cận cảnh, điều chính tác giả thẩm thía nhất là sự kỳ diệu của hình thức. Tuy nhiên, tác giả cũng nhận định rằng, hình thức nhiều khi có quy luật riêng của nó, không nhất thiết hình thức phải theo đuổi công năng. Tiếp đến là vai trò của cảnh quan, trên một mũi đảo, giữa một vùng trời nước bao la, có mối liên hệ giữa kiến trúc và thiên nhiên một cách hài hòa và cân bằng đến mức tuyệt diệu...

Có thể nói, mặc dù tác giả tự nhận cuốn sách phần nào có xu hướng hồi ký kiến trúc. Tuy nhiên, những cảm xúc, những nhận định, đánh giá của tác giả dường như vẫn còn nóng hổi, có tính thời sự và vẫn còn mang giá trị thời cuộc để chúng ta học hỏi, chiêm nghiệm trước khi bắt tay vào thiết kế những công trình kiến trúc hiện đại trên đất nước Việt Nam đang trên con đường phát triển ngày nay.

Theo tác giả, tại thời điểm này, chưa có đủ điều kiện để đi sâu nghiên cứu và dành cho hai cường quốc kiến trúc thế giới này hai cuốn sách riêng. Tuy nhiên, việc ra đời cuốn sách chính là những viên gạch đầu tiên giới thiệu kiến trúc Australia và Singapore.

Sách "Kiến trúc cảnh quan" của PGS.KTS Đặng Thái Hoàng hợp tuyển, có chỉnh lý và bổ sung, do NXB Xây dựng ấn hành dưới 2 hình thức bản in và bản điện tử (ebook) vào cuối quý I/2024.❖

# Mô hình thời gian - chi phí - chất lượng trong kiểm soát chi phí vật liệu xây dựng đường bộ cao tốc

Time - cost - quality model in controlling the cost of highway construction materials

> TS TRẦN VĂN KHÔI<sup>1</sup>, THS NGUYỄN TIẾN BÙI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nguyên Phó vụ trưởng Vụ Kinh tế Xây dựng, Bộ Xây dựng

<sup>2</sup>Viện Kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng

## TÓM TẮT

Để kiểm soát chi phí nói chung, chi phí vật liệu xây dựng nói riêng trong đầu tư xây dựng nhất là đường bộ cao tốc có nhiều phương pháp. Tuy nhiên, chi phí vật liệu xây dựng có mối liên hệ chặt chẽ với yêu cầu về chất lượng công trình, quan hệ về thời gian (tiến độ) thực hiện dự án. Do đó, việc lựa chọn được mô hình nghiên cứu và giả thuyết nghiên cứu để làm rõ mối quan hệ giữa thời gian - chi phí - chất lượng một cách khoa học có tác động giúp cho quy trình kiểm soát chi phí có căn cứ khoa học.

Mục tiêu của bài viết là tổng hợp các công trình nghiên cứu trong nước và thế giới có liên quan đến kiểm soát chi phí vật liệu xây dựng, lựa chọn mô hình và các giả thuyết nghiên cứu, mối quan hệ giữa chất lượng, tiến độ và chi phí vật liệu xây dựng trong mô hình mối quan hệ chất lượng - tiến độ - chi phí trong kiểm soát chi phí giá vật liệu xây dựng đường bộ cao tốc.

**Từ khóa:** Mô hình chất lượng - tiến độ - chi phí; kiểm soát giá vật liệu; đường bộ cao tốc.

## ABSTRACT

To control costs in general and construction material costs in particular in construction investment, especially highways, there are many methods. However, the cost of construction materials is closely related to the requirements for construction quality and has a relationship with the time (progress) of project implementation. Choosing a research model and research hypothesis that clarifies the relationship between time - cost - quality in a scientific way has an impact on helping the cost control process have a scientific basis.

The goal of the article is to synthesize domestic and world research related to controlling construction material costs, selecting models and research hypotheses, and the relationship between quality and progress. Progress and cost of construction materials in the relationship model Quality - progress - cost in cost control of highway construction material prices.

**Keywords:** Quality - time - cost model; material price control; highway.

## 1. MỐI QUAN HỆ GIỮA CHẤT LƯỢNG, TIẾN ĐỘ VÀ CHI PHÍ TRONG ĐẦU TƯ XÂY DỰNG ĐƯỜNG CAO TỐC

Dự án đầu tư xây dựng đường cao tốc là tập hợp các đề xuất có liên quan đến việc sử dụng vốn để tiến hành hoạt động xây dựng để xây dựng mới, sửa chữa, cải tạo công trình nhằm phát triển, duy trì, nâng cao chất lượng công trình hoặc sản phẩm, dịch vụ trong thời hạn và chi phí xác định [1]. Mục tiêu quản lý dự án là hoàn thành dự án trong khoảng thời gian nhất định với chi phí (dự toán) và đảm bảo chất lượng theo yêu cầu. Như vậy có thể thấy rằng để thực hiện dự án đầu tư sát mục tiêu và hiệu quả phụ thuộc vào mối quan hệ giữa yêu cầu về chất lượng, tiến độ xây dựng và kiểm soát chi phí. Trong thực tế thì chi phí vật liệu xây dựng chiếm tỷ trọng khá lớn (40-70%) chi phí đầu tư.

Các nhân tố trong mối tương quan giữa thời gian - chi phí và chất lượng trong các dự án xây dựng luôn có mối tương tác qua lại với nhau. Bất kỳ những thay đổi nào của một trong các yếu tố ràng buộc này có thể sẽ ảnh hưởng tiêu cực hoặc tích cực với mức độ

khác nhau. Vì vậy, việc lựa chọn mức chi phí phù hợp trong mối tương quan với chất lượng dự án xây dựng đảm bảo tiến độ cho phép hoàn thành một dự án trở thành một vấn đề quan trọng về mặt lý thuyết và thực tiễn.

## 2. MÔ HÌNH VÀ CÁC GIẢ THUYẾT NGHIÊN CỨU

Khái niệm chất lượng lần đầu tiên được đưa vào quá trình tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng bởi Babu và Suresh [2]. Trong nghiên cứu này, họ lập luận rằng chất lượng của một dự án xây dựng có thể bị ảnh hưởng do sự cố về thời gian và do đó cho rằng khái niệm chất lượng cũng cần được xem xét trong quá trình tối ưu hóa. Trong các dự án xây dựng, thời gian và chi phí là những khái niệm một chiều. Nói cách khác, thời gian và chi phí có thể được thể hiện bởi một giá trị đơn giản tạo ra nhận thức chung giữa những người tham gia dự án. Mặt khác, chất lượng có nhiều chiều và mỗi chiều tạo ra những nhận thức khác nhau giữa những người tham gia khác nhau.

Vi chất lượng không phải là thông số định lượng, về bản chất nó không thể được biểu thị bằng một giá trị đơn giản như thời gian và chi phí. Mặc dù khó khăn và phức tạp việc tính toán chất lượng đã được nhiều nhà nghiên cứu nhấn mạnh [3, 4], chất lượng đã được số hóa trong một số giả định.

Các giả thuyết nghiên cứu về mối quan hệ giữa thời gian - chất lượng và chi phí (TCQ) có thể được phân loại thành hai nhóm như sau:

**Cách tiếp cận liên tục:** Trong cách tiếp cận này, tác giả lập luận rằng mối quan hệ giữa TCQ có thể được biểu thị bằng các hàm liên tục. Ở đây, thời gian là độc lập trong khi chi phí và chất lượng là các biến phụ thuộc trong mô hình. Nghiên cứu của Ghodsi và cộng sự cho rằng sự suy giảm chất lượng do thiếu thời gian có thể được ngăn chặn bằng cách chi thêm tiền và do đó coi chất lượng là một biến số độc lập. Vì chất lượng chỉ tương quan với thời gian và chi phí nên có thể có chất lượng mới được tối ưu hóa trong các nghiên cứu này. Nói cách khác, trong nghiên cứu chấp nhận rằng chất lượng sẽ giảm do thời gian bị giảm.

Phương pháp tiếp cận rời rạc: Nghiên cứu đầu tiên sử dụng phương pháp này, cũng là cơ sở cho các nghiên cứu khác, được thực hiện bởi El-Rayes và Kandil. Theo cách tiếp cận này, người ta giả định rằng TCQ của một hoạt động xuất hiện một cách riêng biệt tùy thuộc vào phương pháp xây dựng, đội hình tổ đội và chính sách làm thêm giờ của đội sẽ được sử dụng cho hoạt động đó. Để đơn giản hóa việc tính toán, thời gian - chi phí và chất lượng được kết hợp thành một biến duy nhất gọi là việc sử dụng tài nguyên. Khác với cách tiếp cận liên tục, trong cách tiếp cận rời rạc, chất lượng thực hiện của dự án được tối ưu hóa. Để số hóa chất lượng, một số chỉ số chất lượng ước tính đã được xem xét. Ví dụ, El-Rayes và Kandil chấp nhận cường độ nén, cường độ uốn và chất lượng vận hành làm chỉ số chất lượng cho mặt đường bê tông. Vì tất cả các chỉ số chất lượng của một hoạt động và tất cả các hoạt động đều không ảnh hưởng như nhau đến chất lượng tổng thể của dự án nên một số trọng số đã được xác định cho từng chỉ số và hoạt động để tính tổng giá trị chất lượng [2].

Như đã đề cập trước đó, chất lượng có nhiều khía cạnh và để có nhận thức chung, tất cả các khía cạnh cần được nhìn nhận giống nhau giữa những người tham gia dự án. Nói cách khác, nếu chất lượng được thể hiện bằng một giá trị đơn giản thì người tham gia không thể tìm ra rõ ràng chỉ số hoặc hoạt động chất lượng nào làm giảm chất lượng tổng thể và liệu mức chất lượng đạt được có đáp ứng được hiệu quả dự án mong đợi hay không.

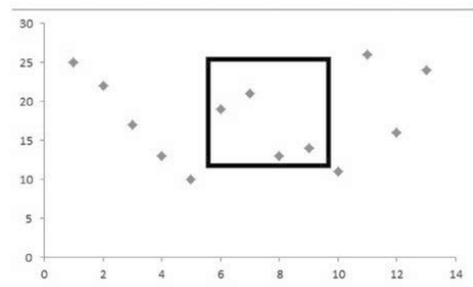
Bên cạnh khía cạnh về mô hình tổ chức tổ đội và thời gian làm thêm của tổ đội, việc sử dụng các vật liệu thay thế cũng cần được đánh giá vì làm giảm thời gian của dự án. Tương tự, việc sử dụng vật liệu xây dựng thay thế cũng sẽ ảnh hưởng đến chi phí gián tiếp và chi phí bảo trì của dự án cũng như chi phí trực tiếp của các hoạt động. Cuối cùng, các thuộc tính như tính thẩm mỹ, sự thoải mái, khả năng cách nhiệt, độ bền và tuổi thọ của các vật liệu xây dựng thay thế đều khác nhau. Vì vậy, mỗi loại vật liệu sẽ đáp ứng yêu cầu của dự án ở các mức chất lượng khác nhau. Người ta lập luận rằng để phân tích đánh đổi TCQ hiệu quả, việc sử dụng vật liệu xây dựng thay thế cũng cần được đưa vào quá trình tối ưu hóa.

Bước đầu tiên, cần so sánh ảnh hưởng của các vật liệu xây dựng thay thế đến TCQ của dự án trong cùng điều kiện. Hướng tới mục tiêu này, việc sử dụng nguồn lực thay thế của một hoạt động phải có cùng chính sách về nguồn lực. Mục đích chính của bước đầu tiên là xác định tài liệu nào sẽ được sử dụng trong các hoạt động. Trên thực tế, việc xác định vật liệu cũng sẽ đưa ra ý tưởng về chất lượng mong đợi của một dự án. Nói cách khác, vì chất lượng được xác định ở cuối bước đầu tiên nên nó không được đưa vào bước thứ hai. Bước thứ hai chỉ nên bắt đầu nếu những người tham gia dự án cố gắng giảm thời gian hoặc giảm chi phí của tiến độ xây dựng tối ưu đạt

được ở bước đầu tiên. Do đó, trong bước thứ hai, nên tiến hành phân tích đánh đổi chi phí-thời gian bằng cách xem xét các chính sách về nguồn lực thay thế.

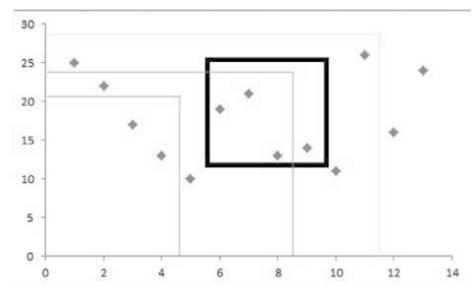
Trong phương pháp này, người ta lập luận rằng các chỉ số chất lượng ước tính tạo nên chất lượng tổng thể của một dự án cần được tính toán riêng biệt. Cách tiếp cận này sẽ tạo ra nhận thức chung về chất lượng giữa những người tham gia dự án và do đó có thể tiến hành phân tích đánh đổi hiệu quả. Mặt khác, hiệu suất được cung cấp trong suốt vòng đời của dự án sẽ quyết định chất lượng của nó. Về vấn đề này, giả định rằng độc lập với mục đích sử dụng, các chỉ số chất lượng chung của dự án là thứ tự thay đổi hoặc chi phí bảo trì, bảo dưỡng và nhu cầu năng lượng hàng năm, tất cả đều phụ thuộc vào vòng đời của chúng. Tương tự, trong nghiên cứu cũng chấp nhận rằng đường cong thời gian-chi phí và số lượng lao động hàng ngày sẽ ảnh hưởng đến chất lượng quản lý dự án. Theo các giả định này, ngoài thời gian và chi phí, một số thông số khác như số lượng nhân công, tuổi thọ của vật liệu xây dựng, trình tự thay đổi hoặc chi phí bảo trì vật liệu và dữ liệu kỹ thuật liên quan đến dự án phải được đưa vào mỗi phương án sử dụng tài nguyên, dữ liệu thay thế. Trong trường hợp này, các phương pháp tối ưu hóa chính để phát triển mô hình là lập trình tuyến tính và thuật toán siêu dữ liệu. Như đã biết trong quy hoạch tuyến tính, chỉ có một hàm có thể được tối ưu hóa dưới một số ràng buộc. Về mặt này, trong các nghiên cứu trước đây, ba mô hình khác nhau đã được phát triển đại diện cho từng mục tiêu.

Vi vậy, ba mục tiêu này không được tối ưu hóa đồng thời. Thay vào đó, chỉ có một mục tiêu được tối ưu hóa theo các giá trị nhất định của hai mục tiêu còn lại. Tuy nhiên, các thuật toán metaheuristic cho phép tối ưu hóa đa mục tiêu. Trong các phương pháp này, tập giải pháp được tạo ra bởi mô hình bằng cách tìm kiếm các giải pháp gần tối ưu. Điều này có nghĩa là, đối với mỗi mục tiêu, ranh giới trên và ranh giới dưới được xác định bởi mô hình và các phương án thay thế không nằm trong ranh giới sẽ không được đưa vào bộ giải pháp (Hình 1).



Hình 1. Một ví dụ về bộ giải pháp của thuật toán metaheuristic

Tuy nhiên, trên thực tế, có những hạn chế về thời gian và ngân sách dành cho cho từng dự án, cùng với mức chất lượng mong đợi sau khi hoàn thành (Hình 2).



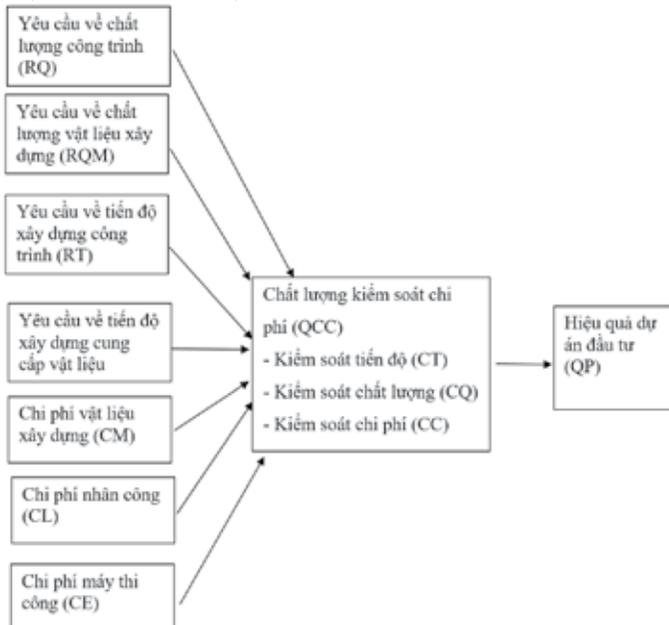
Hình 2. Một ví dụ về bộ giải pháp của phương pháp mới

Trong bối cảnh này, nghiên cứu lập luận rằng thời gian và ngân sách dành riêng là ranh giới trên của dự án và mỗi phương án thay thế nằm trong ranh giới này phải được đưa vào bộ giải pháp. Ngoài ra, để tính toán thời gian tùy thuộc vào chi phí gián tiếp và chi phí đặt hàng hoặc bảo trì thay đổi của từng lịch trình thay thế, cả chi phí dự kiến hàng ngày của dự án và vòng đời của dự án phải được đưa vào dữ liệu liên quan đến dự án. Về vấn đề này, các phương án thay thế với các giá trị chỉ báo thời gian, chi phí và chất lượng khác nhau, cũng đáp ứng thời gian và ngân sách dành cho dự án, sẽ được tạo ra bằng cách xem xét dữ liệu liên quan đến dự án và hoạt động như trong (Hình 3) [2].



**Hình 3.** Quá trình tối ưu hóa của phương pháp mới được phát triển

Như vậy có thể thấy rằng mối quan hệ giữa chất lượng - thời gian và chi phí phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, hay nói cách khác là các giả thuyết nghiên cứu. Một trong những cách tiếp cận mô hình nghiên cứu phù hợp nhằm kiểm soát chi phí vật liệu xây dựng trong các dự án xây dựng đường bộ cao tốc là tập trung vào việc giải quyết, kiểm định các giả thuyết nghiên cứu có liên quan trong mô hình TCQ (thời gian - chi phí và chất lượng), mô hình nghiên cứu được đề xuất để kiểm định như sau



Nguồn: Tác giả tổng hợp

Sau khi đề xuất mô hình và các giả thuyết nghiên cứu, nghiên cứu này sẽ được gửi tới các chuyên gia để lấy ý kiến, sau đó sẽ thực hiện kiểm định các giả thuyết nghiên cứu trên cơ sở xây dựng bảng hỏi và sử dụng nghiên cứu định lượng để kiểm định.

**KẾT LUẬN**

Hiệu quả của dự án đầu tư xây dựng nói chung, xây dựng đường bộ cao tốc nói riêng phụ thuộc chủ yếu vào việc kiểm soát chất lượng - tiến độ và chi phí trong quá trình triển khai thực hiện. Mối quan hệ giữa chất lượng - tiến độ và chi phí phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố tác động, việc lựa chọn mô hình và các giả thuyết nghiên cứu về mối quan hệ giữa chất lượng - tiến độ và chi phí có vai trò hết sức quan trọng trong quá trình kiểm soát chi phí đầu tư xây dựng đường bộ cao tốc, giúp cho các chủ thể có liên quan đến quá trình kiểm soát chi phí có cơ sở khoa học và kiểm định thực tiễn để có các bước đi phù hợp.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Luật xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/06/2014 của Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XIII
- [2]. Babu, A.J.G. and Suresh, N. Project management with time, cost, and quality considerations, European Journal of Operational Research. 88(1996), 320-327.
- [3]. Hu, W. and He, X. An Innovative Time-Cost-Quality Tradeoff Modeling of Building Construction Project Based on Resource Allocation, The ScientificWorld Journal, 2014, 1-10.
- [4]. Khang, D.B. and Myint, Y.M. Time, cost and quality trade-o in project management: a case study, International Journal of Project Management, 17(1999), 249-256.
- [5]. Matthew J. Liberatore, Bruce Pollack-Johnson. Quality, Time, and Cost Tradeoffs in Project Management Decision Making, 2018.
- [6]. Tesfu Oqubagabir Tedla. Time-cost Trade-off Analysis for Highway Construction projects, 2019.
- [7]. Luật giá số 16/2023/QH15 ngày 19/6/2023 của Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XV.
- [8]. Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.
- [9]. Giáo trình kinh tế vi mô NXB Đại học Quốc gia Hà Nội
- [10] Báo cáo một số giải pháp góp phần hoàn thiện cơ chế quản lý chi phí đầu tư xây dựng và hệ thống công cụ phục vụ xác định chi phí đầu tư xây dựng ngày 5/01/2024 của Viện Kinh tế xây dựng.

# Ứng dụng giải pháp thông gió thu hồi năng lượng (ERV) nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà

Application of energy recovery ventilation (ERV) solutions to enhance energy efficiency in buildings

> THS NGUYỄN CÔNG THỊNH<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN ĐỨC LƯỢNG<sup>2\*</sup>, THS HOÀNG XUÂN HÒA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Xây dựng

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

## TÓM TẮT

Các hệ thống thông gió và điều hòa không khí (HVAC) thường chiếm lượng tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong tổng tiêu thụ năng lượng của tòa nhà. Do đó, cải thiện hiệu suất năng lượng của hệ thống HVAC đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà. Ứng dụng công nghệ thông gió thu hồi năng lượng (ERV) trong các hệ thống HVAC là một trong những giải pháp tiềm năng trong việc giảm thiểu tiêu thụ năng lượng của hệ thống HVAC. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là phân tích, đánh giá các công nghệ thu hồi nhiệt bao gồm (1) Thiết bị trao đổi nhiệt quay, (2) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định, (3) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống, (4) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh và ứng dụng của chúng trong các hệ thống HVAC. Các kết quả nghiên cứu có thể góp phần cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn trong định hướng thúc đẩy ứng dụng công nghệ ERV nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Hệ thống thông gió và điều hòa không khí (HVAC); hiệu quả năng lượng; thiết bị trao đổi nhiệt quay; thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định; thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống; thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh.

## ABSTRACT

The heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems often account for the largest amount of energy consumption in buildings' total energy consumption. Therefore, improving the energy efficiency of HVAC systems plays an important role in enhancing energy efficiency in buildings. Applying energy recovery ventilation (ERV) technology in HVAC systems is one of the potential solutions in reducing energy consumption of HVAC systems. The main objective of this study is to analyze and evaluate heat recovery technologies including (1) Rotary heat exchanger, (2) Fixed plate heat exchanger, (3) Heat pipe, and (4) Run around and their applications in HVAC systems. The research results can contribute in providing the scientific and practical basis in promoting the application of ERV technology to improve energy efficiency in buildings in Vietnam.

**Key words:** Heating; ventilation; and air conditioning (HVAC); energy efficiency; rotary heat exchanger; fixed plate heat exchanger; heat pipe; run around.

## 1. GIỚI THIỆU

Lĩnh vực tòa nhà là đối tượng sử dụng năng lượng lớn nhất trong ngành Xây dựng ở các nước trên thế giới và Việt Nam. Theo số liệu thống kê, các tòa nhà hiện tiêu thụ khoảng trên dưới 40% tổng nhu cầu năng lượng trên toàn thế giới. Hệ thống thông gió và điều hòa không khí (HVAC) thường chiếm tới 40-60% tổng tiêu thụ năng lượng của tòa nhà tùy theo điều kiện khí hậu thời tiết. Mặt khác, việc phát triển các tòa nhà tiêu thụ năng lượng rất thấp, tòa nhà cân bằng năng lượng và tòa nhà phát thải ròng bằng không với việc sử dụng giải pháp cách nhiệt tốt hơn và kết cấu bao che kín hơn ngày càng được thúc đẩy ở nhiều quốc gia nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà. Tuy nhiên, những giải pháp như vậy cũng dẫn đến giảm sự trao đổi không khí giữa bên trong và bên ngoài nhà, cung cấp không đủ lượng không khí tươi cần thiết và làm

suy giảm chất lượng không khí trong nhà. Điều này có tác động tiêu cực đến năng suất làm việc và sức khỏe của con người sống và làm việc bên trong công trình. Để tăng cường khả năng thông gió và cải thiện chất lượng không khí bên trong công trình, hệ thống thông gió cơ khí thường được sử dụng. Song, một lượng nhiệt lớn bị thất thoát theo không khí thải khi sử dụng hệ thống thông gió cơ khí trong các tòa nhà (Zender-Swiercz, 2021). Điều đó dẫn đến yêu cầu tiêu thụ một lượng điện rất lớn để xử lý không khí tươi cấp vào bên trong tòa nhà (Tian và cộng sự, 2022). Và như vậy sẽ dẫn đến việc cần sử dụng nhiều năng lượng hơn để tạo ra một môi trường có chất lượng tốt và điều kiện tiện nghi thoải mái cho con người sống và làm việc bên trong công trình. Vì vậy, để giảm mức tiêu thụ năng lượng của hệ thống thông gió, cần thu hồi năng lượng hàm chứa trong luồng không khí thải từ bên trong ra bên ngoài nhà. Hiện nay,

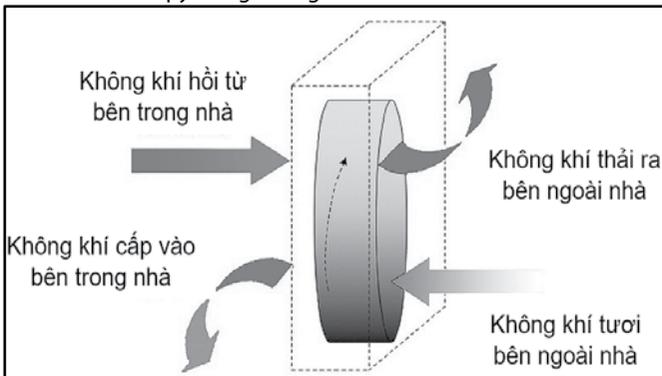
các thiết bị thu hồi năng lượng từ không khí có thể được phân thành 04 loại chính bao gồm (1) Thiết bị trao đổi nhiệt quay, (2) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định, (3) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống và (4) Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là phân tích, đánh giá các công nghệ thu hồi năng lượng và ứng dụng của chúng trong các hệ thống HVAC nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà.

## 2. CÁC CÔNG NGHỆ THU HỒI NĂNG LƯỢNG

### 2.1. Thiết bị trao đổi nhiệt quay

Nguyên lý hoạt động của thiết bị trao đổi nhiệt quay (hay bánh xe nhiệt - Hình 1) dựa trên sự tích tụ nhiệt định kỳ trong khối lưu trữ quay (Xu và cộng sự, 2019). Thiết bị gồm một bánh xe làm bằng vật liệu xốp quay truyền nhiệt từ luồng không khí này sang luồng không khí khác. Điểm hạn chế của loại thiết bị trao đổi nhiệt này là khả năng xảy ra ô nhiễm chéo cũng như tổn thất áp suất cao. Để khắc phục tổn thất áp suất, có thể sử dụng thêm máy quạt để duy trì lưu lượng của dòng không khí (Zender-Swiercz, 2021).

Hiệu suất thu hồi nhiệt trong thiết bị trao đổi nhiệt quay được đo chủ yếu bằng hiệu suất nhiệt của thiết bị trao đổi và tổng tổn thất áp suất trên lõi quay, yếu tố này quyết định công suất cần thiết của máy quạt (Zender-Swiercz, 2021). Đối với thiết bị trao đổi nhiệt quay, dựa trên đặc tính của vật liệu phủ bề mặt, lượng nhiệt hiện hoặc nhiệt ẩn có thể được thu hồi bằng bánh xe năng lượng và tổng hiệu suất thường nằm trong khoảng từ 65% đến 80% (Bai và cộng sự, 2022) hoặc thậm chí cao hơn 80% (Mardiana-Idayu và Riffat, 2012). Hiệu suất tổng thể của thiết bị trao đổi nhiệt quay nhìn chung cao hơn nhiều so với các hệ thống thu hồi nhiệt khác do tính chất của bánh xe nhiệt, cho phép nhiệt truyền từ dòng không khí thải sang dòng không khí cấp vào bên trong nhà mà không cần phải truyền trực tiếp thông qua môi trường trao đổi nhiệt. Bên cạnh đó, thiết bị trao đổi nhiệt quay cũng đã được chứng minh là một trong những giải pháp hiệu quả nhất để xử lý hơi ẩm trong không khí tươi cấp vào bên trong nhà qua hệ thống thông gió (Xu và cộng sự, 2019). Thiết bị trao đổi nhiệt quay có thể thu hồi cả nhiệt hiện và nhiệt ẩn, do đó nó có thể đóng vai trò là bánh xe hút ẩm để khử ẩm và thu hồi entanpy trong không khí.



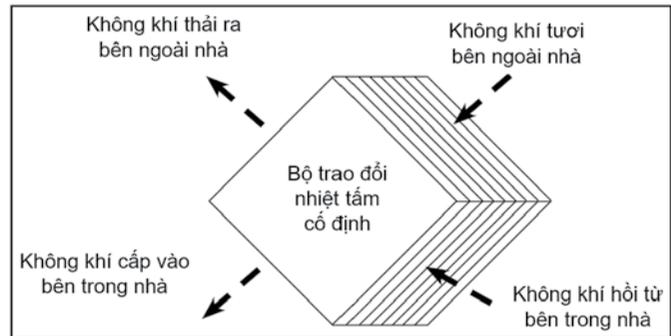
Hình 1. Thiết bị trao đổi nhiệt quay

### 2.2. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định (Xu và cộng sự, 2019) bao gồm một số tấm mỏng (tấm nhẵn hoặc dạng sóng) làm bằng vật liệu kim loại, nhựa hoặc xốp, được xếp chồng lên nhau để tạo kênh dòng chảy cho luồng không khí (Hình 2). Có ba kiểu sắp xếp luồng không khí, bao gồm kiểu luồng ngược, luồng chéo và luồng song song. Khi các tấm được làm bằng vật liệu có tính dẫn nhiệt và hút ẩm, chúng đóng vai trò là một bộ trao đổi nhiệt entanpy. Sử dụng các tấm màng xốp thay vì các tấm kim loại thông thường có thể thu hồi cả nhiệt hiện và nhiệt ẩn. Hiệu suất thu hồi nhiệt của loại

thiết bị này vào khoảng 75% đối với nhiệt hiện và 60% đối với nhiệt ẩn (Mardiana-Idayu và Riffat, 2012).

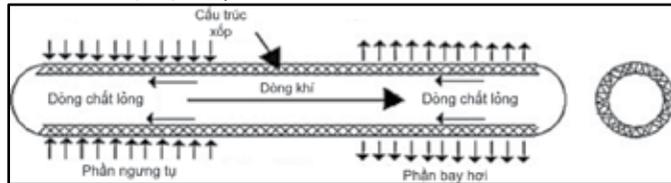
Khi các tấm (bao gồm cả tấm kim loại và tấm nhựa, v.v.) không thể hấp thụ hơi ẩm, thì độ dẫn nhiệt của vật liệu và hình dạng tấm có vai trò quan trọng trong việc thu hồi nhiệt hiện. Các yếu tố có thể ảnh hưởng đến hiệu suất truyền nhiệt của thiết bị thu hồi nhiệt dạng tấm cố định bao gồm: kiểu tấm và kết cấu tấm (cách sắp xếp và hướng khác nhau của các tấm) (Khan và cộng sự, 2010; Abu-Khader, 2012); vật liệu trao đổi nhiệt (Lu và cộng sự, 2010; Nasif và cộng sự, 2010); kiểu dòng chảy (Gherasim và cộng sự, 2011). Điểm hạn chế của các thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định là nguy cơ tích tụ nước ngưng trong các tấm, có thể làm giảm đáng kể hiệu suất của thiết bị trao đổi nhiệt (Fernandez-Seara, 2011). Ngoài ra, việc lắp đặt thiết bị ở những khu vực có nhiệt độ không khí bên ngoài thấp sẽ dẫn đến hiện tượng đóng băng chất ngưng tụ gây cản trở luồng không khí, dẫn đến giảm hiệu suất thu hồi nhiệt và gia tăng chênh lệch áp suất trong phòng (Nasr và cộng sự, 2014).



Hình 2. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm cố định.

### 2.3. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống

Hệ thống thu hồi nhiệt sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống để truyền nhiệt kết hợp nguyên lý dẫn nhiệt và thay đổi pha để truyền nhiệt một cách hiệu quả giữa hai bề mặt rắn. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống điển hình bao gồm hai ống kín chứa đầy chất lỏng công tác (Yau và Ahmadzadehtalatapeh, 2010). Chất lỏng trong ống trải qua các quá trình thay đổi pha liên tục trong bộ phận bay hơi và bộ phận ngưng tụ để thực hiện truyền nhiệt. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống truyền năng lượng nhiệt từ bên này sang bên kia với chênh lệch nhiệt độ nhỏ (Kreith và cộng sự, 2012). Trong quá trình vận hành, chất lỏng ngưng tụ di chuyển đến bộ phận bay hơi do cấu trúc bậc của ống gây tác dụng lực mao dẫn hoặc lực hấp dẫn.



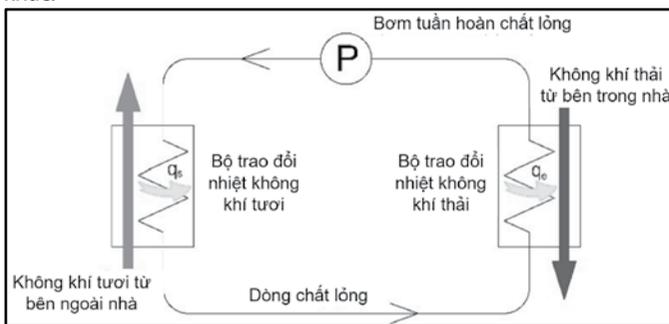
Hình 3. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống.

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống thông thường có thể đạt được hiệu suất nhiệt khoảng 45-55% (Chaudhry và cộng sự, 2012; Maurer và cộng sự, 2017). Các thí nghiệm đã chứng minh rằng hiệu suất của hệ thống thu hồi nhiệt sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống trong công trình sử dụng thông gió tự nhiên có thể đạt 50% với tổn thất áp suất dưới 1 Pa (Shao và cộng sự, 1997). Khi tăng tốc độ dòng không khí thì hiệu suất sẽ giảm và xảy ra nguy cơ sự tiếp xúc nhiệt giữa các tấm và ống nhiệt có thể không đạt tiêu chuẩn (Gan và Riffat, 1997). Các yếu tố chính có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống bao gồm chất lỏng công tác, sự sắp xếp của các ống, vận tốc dòng không khí và nhiệt độ đầu vào của bộ phận

bay hơi (Srimuang và Amatachaya, 2012; Ersöz và Yildiz, 2016). Thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống đặt hiệu suất tối ưu khi nhiệt độ không khí tươi bên ngoài nhà gần với nhiệt độ làm việc của chất lỏng bên trong ống dẫn nhiệt (Abd El-Baky và Mohamed, 2007). Trong điều kiện mùa đông và mùa hè, khi chênh lệch nhiệt độ giữa không khí bên trong và bên ngoài công trình lớn hơn thì hiệu suất thu hồi nhiệt của thiết bị cao hơn (Diaio và cộng sự, 2017).

**2.4. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh**

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh (Zender-Swiercz, 2021) bao gồm hai bộ trao đổi nhiệt được kết nối trong một hệ thống tuần hoàn kín chứa chất lỏng (có thể là nước hoặc chất hút ẩm dạng lỏng đóng vai trò là môi trường truyền nhiệt trung gian) được bơm liên tục giữa hai bộ trao đổi nhiệt (Hình 4). Nhiệt được truyền từ phía không khí thải từ bên trong nhà sang phía không khí tươi được cấp vào bên trong nhà thông qua môi trường truyền nhiệt. Hệ thống này cần cung cấp năng lượng để vận hành máy bơm nhưng ít tổn năng lượng hơn so với năng lượng cần sử dụng cho máy quạt để tuần hoàn không khí trong các thiết bị trao đổi nhiệt khác.



**Hình 4.** Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh có thể tránh được ô nhiễm chéo do sự tách biệt của hai bộ trao đổi nhiệt (Vali và cộng sự, 2009). Tốc độ trao đổi nhiệt của thiết bị có thể dao động từ 45% đến 65% trong điều kiện hoạt động bình thường (Mardiana-ldayu và Riffat, 2012). Sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh trong tòa nhà có thể giúp tăng tốc độ lưu thông không khí của hệ thống thông gió mà không làm tăng mức tiêu thụ năng lượng (Xu và cộng sự, 2019). Đối với hiệu suất nhiệt của thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh, kết quả thử nghiệm cho thấy rằng đối với tổng diện tích bề mặt xác định của các bộ trao đổi nhiệt, hiệu suất thu hồi nhiệt hiện cao nhất đạt được khi không có nhiều sự chênh lệch về diện tích bề mặt của các bộ trao đổi nhiệt (Vali và cộng sự, 2009). Ngoài ra, hiệu suất của thiết bị trao đổi nhiệt dạng chạy vòng quanh cũng phụ thuộc đáng kể vào điều kiện môi trường không khí bên ngoài nhà (Xu và cộng sự, 2019).

**3. ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ THU HỒI NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG THÔNG GIÓ, ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ**

Ứng dụng công nghệ thông gió thu hồi năng lượng (ERV) đang ngày càng trở nên phổ biến như một giải pháp để giảm mức tiêu thụ năng lượng trong các tòa nhà. Nguyên tắc cơ bản của các hệ thống ERV là thu hồi năng lượng trong luồng không khí được thải ra từ bên trong tòa nhà mà lẽ ra sẽ bị thất thoát khi thực hiện thông gió cho tòa nhà và tận dụng tối đa năng lượng được thu hồi đó để xử lý nhiệt/ẩm đối với không khí tươi được cấp vào bên trong tòa nhà. Điều này giúp duy trì chất lượng môi trường và điều kiện tiện nghi nhiệt bên trong tòa nhà, đồng thời giảm lượng năng lượng cần thiết để sưởi và/hoặc làm mát tòa nhà. Nghiên cứu của nhóm tác giả Manz và Huber (2000) cho thấy sử dụng hệ thống thông gió cơ khí yêu cầu tiêu thụ nhiều năng lượng điện và có thể làm tăng mức tiêu

thụ điện của hộ gia đình lên tới 50%. Nghiên cứu của nhóm tác giả Tommerup và Svendsen (2006) đã cho thấy với việc ứng dụng công nghệ thu hồi nhiệt, có thể thu hồi tới 90% lượng nhiệt thất thoát do thông gió (khoảng 30-35 kWh/m<sup>2</sup> mỗi năm) tùy thuộc vào độ kín và khả năng cách nhiệt của tòa nhà. Nghiên cứu của Liu và cộng sự (2024) cho thấy khoảng 60%-95% năng lượng thất thoát do hệ thống thông gió có thể được thu hồi và tái sử dụng thông qua việc sử dụng các thiết bị ERV. Ngoài ra, việc sử dụng các thiết bị ERV cũng có thể giảm chi phí đầu tư và chi phí năng lượng cho vận hành các hệ thống, máy điều hòa không khí trong công trình.

So với hệ thống thông gió trung tâm, tổn thất áp suất trong hệ thống thông gió cục bộ có thể được giảm đáng kể do sử dụng đường ống dẫn không khí ngắn hơn. Một số nghiên cứu đã thử nghiệm hiệu suất của các thiết bị thu hồi nhiệt ứng dụng trong hệ thống thông gió cục bộ tương ứng với các điều kiện ngoài trời khác nhau. Nghiên cứu của Baldini và cộng sự (2014) cho thấy với điều kiện nhiệt độ môi trường khoảng 30°C và độ ẩm 20 g/kg, việc áp dụng thiết bị thông gió thu hồi nhiệt có thể giúp tiết kiệm khoảng 4-5% nhu cầu năng lượng làm mát cho công trình. Nghiên cứu của Smith và cộng sự (2015) sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt quay với bánh xe nhiệt được làm bằng vật liệu nhựa và được lắp đặt ở vị trí lỗ thông gió trên tường ngoài của phòng được thông gió, do đó không yêu cầu nhiều không gian lắp đặt. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống có thể thu hồi khoảng 84% lượng nhiệt hiện với lưu lượng thông gió là 7,8 L/s]. Nhóm tác giả Coydon và cộng sự (2015) đã đánh giá hiệu quả ứng dụng của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm kiểu luồng ngược tích hợp trong hệ thống thông gió. Kết quả cho thấy hệ thống có thể đạt được mức thu hồi nhiệt từ 64,6% đến 70,0%.

Thu hồi nhiệt là một thành phần quan trọng của hệ thống khử ẩm trong không khí (Jani và cộng sự, 2016). Một số nghiên cứu đã được thực hiện để đánh giá hiệu suất khử ẩm trong không khí với việc áp dụng các công nghệ thu hồi nhiệt khác nhau. Kết quả của các nghiên cứu cho thấy thiết bị trao đổi nhiệt quay tích hợp vật liệu hút ẩm luôn là lựa chọn tốt để xử lý và kiểm soát độ ẩm tương đối của luồng không khí (O'Connor và cộng sự, 2016). Hệ thống này có thể đạt được tốc độ khử ẩm là 1,7 g/kg ~ 7 g/kg (Chen và cộng sự, 2016; Tsujiguchi và cộng sự, 2017). Bánh xe hút ẩm quay được áp dụng rộng rãi trong nhiều điều kiện khác nhau, chủ yếu là ở vùng khí hậu ẩm và nóng. Tuy nhiên, các kết quả cũng cho thấy cần có thêm các nghiên cứu tối ưu đối với bánh xe có diện tích mặt cắt ngang rộng (Zhou và cộng sự, 2018), kiểm soát luồng không khí và tốc độ quay của bánh xe (Tu và cộng sự, 2014), các giải pháp kiểm soát tổn thất áp suất (O'Connor và cộng sự, 2016). Đối với các bộ trao đổi nhiệt dạng tấm cố định, việc sử dụng thiết bị thu hồi nhiệt entanpy có thể cải thiện đáng kể khả năng chống đóng băng so với sử dụng thiết bị thu hồi nhiệt hiện (Liu và cộng sự, 2016). Vấn đề quan trọng nhất trong nghiên cứu, phát triển và ứng dụng các thiết bị ERV hiện nay ở các nước trên thế giới là việc xử lý hiệu quả lượng nhiệt ẩn (latent heat), bên cạnh yêu cầu xử lý lượng nhiệt hiện (sensible heat), của không khí tươi bên ngoài nhà và đồng thời đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng không khí và điều kiện tiện nghi mong muốn bên trong tòa nhà. Việc xử lý riêng nhiệt ẩn của không khí tươi là một công nghệ mới xuất hiện gần đây và vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện thành một hệ thống tích hợp giúp cắt giảm hiệu quả cả lượng nhiệt ẩn và lượng nhiệt hiện.

**4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Việt Nam hiện là một trong những nền kinh tế tăng trưởng nhanh nhất ASEAN và cũng là quốc gia sử dụng nhiều năng lượng. Tương tự như các quốc gia khác trên thế giới, Việt Nam phải đối mặt với sự gia tăng tiêu thụ năng lượng và phát thải khí nhà kính từ các

ngành, lĩnh vực, trong đó có ngành Xây dựng. Mức tiêu thụ năng lượng trong ngành Xây dựng, bao gồm cả lĩnh vực tòa nhà, hiện chiếm khoảng 37-40% tổng mức tiêu thụ năng lượng quốc gia. Tốc độ tăng trưởng bình quân hàng năm của ngành Xây dựng gần đây là khoảng từ 7% đến 9% và tỷ lệ đô thị hóa đạt khoảng 42,7% vào cuối năm 2023. Điều này đã dẫn đến áp lực lớn về gia tăng nhu cầu năng lượng đối với ngành Xây dựng, đặc biệt là lĩnh vực tòa nhà tại Việt Nam. Đối với lĩnh vực tòa nhà tại Việt Nam, các hệ thống HVAC hiện là đối tượng tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong các tòa nhà, chiếm khoảng 45-60% tổng năng lượng tiêu thụ của các tòa nhà. Vì vậy, các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng và tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực tòa nhà cần phải tập trung vào cải thiện, nâng cao hiệu suất năng lượng của các hệ thống HVAC và một trong những giải pháp đó là ứng dụng các thiết bị ERV tích hợp trong các hệ thống HVAC. Đặc biệt, việc phát triển và ứng dụng các thiết bị ERV trong điều kiện khí hậu nóng và ẩm đặc thù ở Việt Nam không chỉ cần chú ý đến việc xử lý hiệu quả lượng nhiệt ẩn và tải ẩm trong không khí mà còn phải cung cấp và duy trì điều kiện tiện nghi bên trong công trình về nhiệt độ và chất lượng không khí. Trong thời gian tới, cần có thêm các nghiên cứu thử nghiệm và đánh giá hiệu quả thực tế của việc ứng dụng các thiết bị ERV đối với một số loại hình tòa nhà (văn phòng, chung cư...) trong điều kiện khí hậu nóng và ẩm ở Việt Nam với các điều kiện khí hậu thời tiết khác nhau theo vùng miền và theo mùa.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abd El-Baky, M.A.; Mohamed, M.M., 2007. Heat pipe heat exchanger for heat recovery in air conditioning. *Applied Thermal Engineering*, 27, 795-801.
- [2]. Abu-Khader, M.M., 2012. Plate heat exchangers: Recent advances. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1883-1891.
- [3]. Bai H., P. Liu, M.J. Alonso, Mathisen, H.M., 2022. A review of heat recovery technologies and their frost control for residential building ventilation in cold climate regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112417.
- [4]. Baldini, L.; Kim, M.K.; Leibundgut, H., 2014. Decentralized cooling and dehumidification with a 3 stage LowEx heat exchanger for free reheating. *Energy and Buildings*, 76, 270-277.
- [5]. Chaudhry, H.N.; Hughes, B.R.; Ghani, S.A., 2012. A review of heat pipe systems for heat recovery and renewable energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2249-2259.
- [6]. Chen, C.H.; Hsu, C.Y.; Chen, C.C.; Chiang, Y.C.; Chen, S.L., 2016. Silica gel/polymer composite desiccant wheel combined with heat pump for air-conditioning systems. *Energy*, 94, 87-99.
- [7]. Coydon, F.; Herkel, S.; Kuber, T.; Pfaffertott, J.; Himmelsbach, S., 2015. Energy performance of façade integrated decentralised ventilation systems. *Energy and Buildings*, 107, 172-180.
- [8]. Diao, Y.H.; Linag, L.; Kang, Y.M.; Zhao, Y.H.; Wang, Z.Y.; Zhu, T.T., 2017. Experimental study on the heat recovery characteristic of a heat exchanger based on a flat micro-heat pipe array for the ventilation of residential buildings. *Energy and Buildings*, 152, 448-457.
- [9]. Ersöz, M.A.; Yildiz, A., 2016. Thermo-economic analysis of thermosyphon heat pipes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 666-673.
- [10]. Fernandez-Seara, J.; Diz, R.; Uria, F.J.; Dopazo, A.; Ferro, J.M., 2011. Experimental analysis of an air-to-air heat recovery unit for balanced ventilation systems in residential buildings. *Energy Conversion and Management*, 52, 635-640.
- [11]. Gan, G.; Riffat, S.B., 1997. Naturally ventilated buildings with heat recovery: CFD simulation of thermal environment. *Building Services Engineering Research & Technology*, 18, 67-75.
- [12]. Gherasim, I.; Taws, M.; Galanis, N.; Nguyen, C.T., 2011. Heat transfer and fluid flow in a plate heat exchanger part I. Experimental investigation. *The International Journal of Thermal Sciences*, 50, 1492-1498.
- [13]. Jani, D.B.; Mishra, M.; Sahoo, P.K., 2016. Solid desiccant air conditioning - A state of the art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1451-1469.
- [14]. Khan, T.S.; Khan, M.S.; Chyu, M.C.; Ayub, Z.H., 2010. Experimental investigation of single phase convective heat transfer coefficient in a corrugated plate heat exchanger for multiple plate configurations. *Applied Thermal Engineering*, 30, 1058-1065.
- [15]. Kreith, F.; Manglik, R.M.; Bohn, M.S., 2012. *Principles of Heat Transfer*; Cengage learning: Boston, MA, USA, ISBN 1133714854.
- [16]. Liu Shuailing, Guoyuan Ma, Yaya Lv, Shuxue Xu, 2024. Review on heat pump energy recovery technologies and their integrated systems for building ventilation. *Building and Environment*, 248, 111067.
- [17]. Liu, P.; Justo Alonso, M.; Mathisen, H.M.; Simonson, C., 2016. Performance of a quasi-counter-flow air-to-air membrane energy exchanger in cold climates. *Energy and Buildings*, 119, 129-142.
- [18]. Lu, Y.; Wang, Y.; Zhu, L.; Wang, Q., 2010. Enhanced performance of heat recovery ventilator by airflow-induced film vibration (HRV performance enhanced by FIV). *The International Journal of Thermal Sciences*, 49, 2037-2041.
- [19]. Manz, H.; Huber, H., 2000. Experimental and numerical study of a duct/heat exchanger unit for building ventilation. *Energy and Buildings*, 32, 189-196.
- [20]. Mardiana-Idayu A., S.B. Riffat, 2012. Review on heat recovery technologies for building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (2), 1241-1255.
- [21]. Maurer C., C. Cappel, T.E. Kuhn, 2017. Progress in building-integrated solar thermal systems. *Solar Energy*, 154, 158-186.
- [22]. Nasif, M.; Al-Waked, R.; Morrison, G.; Behnia, M., 2010. Membrane heat exchanger in HVAC energy recovery systems, systems energy analysis. *Energy and Buildings*, 42, 1833-1840.
- [23]. Nasr, M.R.; Fauchous, M.; Besant, R.W.; Simonson, G.J., 2014. A review of frosting in air-to-air energy exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 538-554.
- [24]. O'Connor, D.; Calautit, J.K.; Hughes, B.R., 2016. A novel design of a desiccant rotary wheel for passive ventilation applications. *Applied Energy*, 179, 99-109.
- [25]. Quyết định số 385/QĐ-BXD ngày 12/05/2022 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng phê duyệt "Kế hoạch hành động của ngành Xây dựng ứng phó với biến đổi khí hậu giai đoạn 2022 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 thực hiện cam kết của Việt Nam tại COP26".
- [26]. Quyết định số 882/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt "Kế hoạch hành động quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030".
- [27]. Shao, L.; Riffat, S., 1997. Flow loss caused by heat pipes in natural ventilation stacks. *Applied Thermal Engineering*, 17, 393-399.
- [28]. Smith, K.M.; Svendsen, S., 2015. Development of a plastic rotary heat exchanger for room-based ventilation in existing apartments. *Energy and Buildings*, 107, 1-10.
- [29]. Srimuang, W.; Amatachaya, P., 2012. A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4303-4315.
- [30]. Tian Shaochen, Xing Su, Yining Geng, 2022. Review on heat pump coupled desiccant wheel dehumidification and air conditioning systems in buildings. *Journal of Building Engineering*, 54, 104655.
- [31]. Tommerup, H.; Svendsen, S., 2006. Energy savings in Danish residential building stock. *Energy and Buildings*, 38, 618-626.
- [32]. Tsujiguchi, T.; Osaka, Y.; Kodama, A., 2017. Feasibility study of simultaneous heating and dehumidification using an adsorbent desiccant wheel with humidity swing. *Applied Thermal Engineering*, 117, 437-442.
- [33]. Vali, A.; Simonson, C.J.; Besant, R.W.; Mahmood, G., 2009. Numerical model and effectiveness correlations for a run-around heat recovery system with combined counter and cross flow exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52, 5827-5840.
- [34]. Xu Qi, Saffa Riffat, Shihao Zhang, 2019. Review of Heat Recovery Technologies for Building Applications. *Energies*, 12, 1285.
- [35]. Yau, Y.H.; Ahmadzadehtalatpeh, M., 2010. A review on the application of horizontal heat pipe heat exchangers in air conditioning systems in the tropics. *Applied Thermal Engineering*, 30, 77-84.
- [36]. Zender-Swierz, E., 2021. Review of Heat Recovery in Ventilation. *Energies*, 14, 1759.
- [37]. Zhou, X.; Goldsworthy, M.; Sproul, A., 2018. Performance investigation of an internally cooled desiccant wheel. *Applied Energy*, 224, 382-397.

# Xác định biến dạng từ biến của bê tông Geopolymer chế tạo tại Việt Nam

Determine the creep deformation of Geopolymer concrete manufactured in Vietnam

> **THS.NCS VŨ THÀNH QUANG<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN BÌNH HÀ<sup>1\*</sup>, TS LÊ BÁ DANH<sup>1</sup>, THS NGUYỄN VĂN QUANG<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bộ môn Cầu và Công trình ngầm, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

<sup>2</sup>Bộ môn Thí nghiệm và KĐCT, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

\*Tác giả liên hệ: Email:ngbinhha@huce.edu.vn

## TÓM TẮT

Bê tông Geopolymer (GPC) được xác định là bê tông thân thiện với môi trường, sử dụng GPC sẽ làm giảm phát thải CO<sub>2</sub>. Trên thế giới và tại Việt Nam đã có những nghiên cứu về thành phần vật liệu của GPC, các tính chất cơ học như cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi, ảnh hưởng của môi trường... trên thế giới những nghiên cứu về từ biến của GPC còn ít và cho kết quả khá khác nhau khi so với bê tông thông thường (OPC) cùng cường độ chịu nén. Tại Việt Nam hiện chưa có nghiên cứu nào về từ biến của GPC. Bài báo này trình bày kết quả thực nghiệm từ biến của GPC được chế tạo tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, kết quả cho thấy hệ số từ biến sau 180 ngày bằng 2,9 và lớn hơn kết quả tính toán theo tiêu chuẩn AASHTO LRFD 2017 với bê tông thông thường cùng cường độ.

**Từ khóa:** Bê tông Geopolymer; GPC; từ biến.

## ABSTRACT

Geopolymer concrete (GPC) is determined to be environmentally friendly concrete, using GPC will reduce CO<sub>2</sub> emissions. In the world and in Vietnam, there have been studies on the material composition of GPC, mechanical properties such as compressive strength, tensile strength, elastic modulus, environmental effects... around the world. Research on creep of GPC is still limited and gives different results when compared to ordinary concrete (OPC) with the same compressive strength. In Vietnam, there is currently no research on creep of GPC. This article presents the experimental results of creep of GPC manufactured at Hanoi University of Civil Engineering. The results show that the coefficient found after 180 days is equal to 2.9 and larger than the calculated results according to the standard. AASHTO LRFD 2017 with conventional concrete of the same strength.

**Key word:** Geopolymer concrete; GPC; creep.

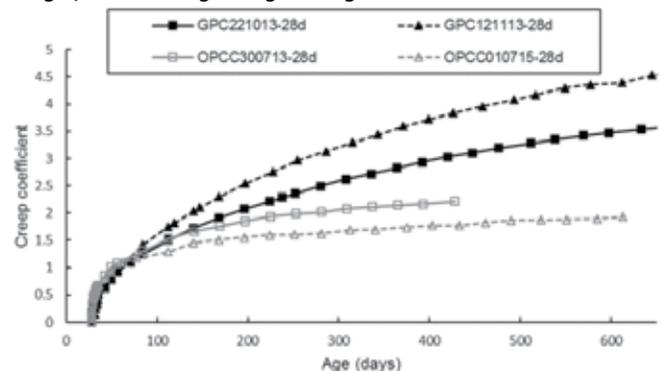
## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu là vấn đề đang được quan tâm trên thế giới, từ năm 1995 Hội nghị Liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu (COP) được tổ chức thường niên, tại COP 26 (năm 2021) Việt Nam đã cam kết đưa mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050.

Sản lượng xi măng năm 2022 của Việt Nam là 99,7 triệu tấn, năm 2023 đạt gần 90 triệu tấn [13] do đó lượng phát thải CO<sub>2</sub> trong năm 2022 và 2023 tương ứng gần 67 và hơn 60 triệu tấn (theo Hiệp hội Xi măng Việt Nam hiện nay 1 tấn xi măng sẽ phát thải ra 667,57kg CO<sub>2</sub>).

Theo Joseph Davidovits [19] Bê tông Geopolymer (GPC) là loại bê tông không sử dụng xi măng làm chất kết dính mà sử dụng nguồn vật liệu giàu khoáng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminosilicat) có trong nguồn phế thải của quá trình sản xuất công nghiệp như tro bay của nhà máy nhiệt điện, xỉ lò cao của nhà máy luyện gang, thép... và được hoạt hóa trong môi trường kiềm, vì vậy GPC sẽ giảm đáng kể phát thải CO<sub>2</sub>, do đó trên thế giới GPC được coi là loại vật liệu thân thiện với môi trường.

Các nghiên cứu về GPC chủ yếu vẫn tập trung về chế tạo GPC, các nghiên cứu cho thấy rằng GPC có khả năng chịu nhiệt tốt [14, 17], không phát sinh nhiệt độ cao trong quá trình đông cứng, làm việc tốt trong môi trường xâm thực [16]. Cường độ chịu nén có thể đạt tới 80÷90MPa [20], và phát triển cường độ sớm... GPC làm việc tương tự như bê tông thông thường (OPC).



**Hình 1.** Biểu đồ Hệ số từ biến của GPC và OPC trong thời gian 650 ngày tuổi

Các nghiên cứu về từ biến của GPC trên thế giới không nhiều nhưng lại cho kết quả rất khác nhau, nghiên cứu S. E. Wallah and B. V. Rangan (2006) [22]; cho thấy rằng, hệ số từ biến sau 1 năm của GPC với cường độ 40, 47 và 57 Mpa nằm trong khoảng 0,6 đến 0,7. Liu và cộng sự [21] nghiên cứu GPC từ hỗn hợp tro bay và metakaolin cho thấy hệ số từ biến thấp là 0,609 sau 60 ngày... nhỏ hơn hệ số từ biến của bê tông thông thường có cùng cường độ. Kết

quả nghiên cứu của Chi Hou Un năm 2017 [18] cho thấy rằng hệ số từ biến của GPC có sử dụng vật liệu tro bay và xỉ lò cao cao hơn của bê tông thông thường có cùng cường độ (Hình 1). Như vậy cũng tương tự bê tông thông thường biến dạng từ biến phụ thuộc vào tỷ lệ tro bay, xỉ lò cao, chất hoạt hóa, quá trình bảo dưỡng, và giá trị hệ số từ biến của GPC cao hơn hoặc nhỏ hơn bê tông thông thường.

Tại Việt Nam, PGS.TS Nguyễn Văn Dũng chế tạo GPC từ tro bay, cốt liệu cát Túy Loan và đá Phước Tường, đã khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của GPC như môđun silicat, nhiệt độ, thời gian dưỡng hộ và lượng nước trộn [1].

Nghiên cứu của PGS.TS Đào Văn Đông đã xác định được thành phần, các tính chất cơ học như cường độ nén, kéo, uốn, các tính chất về độ bền trong môi trường biển và chịu nhiệt độ cao của vữa và GPC tro bay (polymer vô cơ) [3-5].

TS Lê Anh Tuấn khẳng định mô đun đàn hồi của GPC thấp hơn, nhưng cường độ chịu uốn cao hơn so với tính toán theo các công thức thiết kế cho theo tiêu chuẩn dành cho bê tông thông thường [12].

Nghiên cứu các tính chất cơ học của GPC tro bay của ThS Trần Việt Hưng, PGS.TS Nguyễn Ngọc Long, PGS.TS Đào Văn Đông [7]. Mô hình quan hệ ứng suất biến dạng khi nén của GPC tro bay của ThS Trần Việt Hưng, GS.TS Phạm Duy Hữu, PGS.TS Nguyễn Ngọc Long, PGS.TS Đào Văn Đông [8].

“Nghiên cứu ứng dụng bê tông GPC cho kết cấu dầm dự ứng lực công trình cầu hướng tới phát triển bền vững” của nhóm tác giả Lê Bá Danh, Phạm Duy Hoà, Nguyễn Bình Hà và Cao Bắc Đăng đã cho rằng việc sử dụng bê tông GPC cho dầm dự ứng lực trong công trình cầu là rất khả thi và đảm bảo các điều kiện về mặt kỹ thuật [2]. Nguyễn Bình Hà, Nguyễn Quốc Bảo, Vũ Thành Quang kết luận việc sử dụng GPC trong công trình cầu có tính khả thi cao, nhất là đối với các công trình phải chịu ăn mòn cao như các công trình ven biển và trên biển [10].

Luận án tiến sĩ của Trần Việt Hưng (2017) [9] đã tập trung nghiên cứu thành phần, các tính chất cơ học, xây dựng mô hình vật liệu GPC tro bay, phân tích ứng xử uốn của các dầm GPC tro bay cốt thép và khả năng ứng dụng trong xây dựng cầu. Luận án tiến sĩ của Phạm Quang Đạo (2021) [6] đã đề xuất: Xây dựng cấp phối chế tạo bê tông GPC cường độ chịu nén trung bình mẫu trụ đến 50MPa từ hỗn hợp tro bay và xỉ lò cao là nguồn vật liệu sẵn có trong nước và Khảo sát sự làm việc trên tiết diện thẳng góc của dầm GPC cốt thép và đề xuất lý thuyết tính toán phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018.

Nghiên cứu liên quan đến từ biến của GPC được trình bày trong bài báo. “Ảnh hưởng của từ biến trong dầm thép liên hợp với bản GPC” của nhóm tác giả Nguyễn Bình Hà, Nguyễn Quốc Bảo, Lê Bá Danh, Vũ Thành Quang (2024) [11], tuy nhiên trong bài báo này đã sử dụng hệ số từ biến của các nghiên cứu trên thế giới mà không phải là kết quả nghiên cứu để xuất ở Việt Nam. Do đó việc nghiên cứu thực nghiệm về từ biến của GPC chế tạo tại Việt Nam là rất cần thiết, cấp bách và có ý nghĩa khoa học, thực tiễn.

### 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo là từ biến của GPC chế tạo tại Việt Nam, phương pháp nghiên cứu là tiến hành thực nghiệm đo đặc biến dạng từ biến theo tiêu chuẩn ASTM C512. So sánh các kết quả đo đạc với mô hình từ biến của tiêu chuẩn thiết kế cầu AASHTO LRFD 2017 [15]. Quá trình thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm và kiểm định công trình LAS XD125 - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dựa vào các nghiên cứu về cấp phối của GPC tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, chúng tôi đã lựa chọn cấp phối đúc mẫu thí

nghiệm chế tạo bê tông GPC M500 (B40) với thành phần cấp phối để trộn 1000 lít như Bảng 1:

Bảng 1. Thành phần cốt liệu bê tông GPC mẫu thí nghiệm

Cát (kg)	Đá (kg)	Xỉ lò cao (kg)	Tro bay (kg)	Chất hoạt hóa (kg)	Nước (kg)	SD (kg)
700	1120	330	110	43,75	175	5.5

Quy trình thí nghiệm:

- Tiến hành chế tạo 01 tổ mẫu trụ kích thước 15x30cm để đo từ biến. Mẫu được chế tạo trong khuôn kín được chôn sẵn chốt gắn dụng cụ đo từ biến (Hình 2);

- Lắp đặt đồng hồ đo biến dạng vào các chốt;

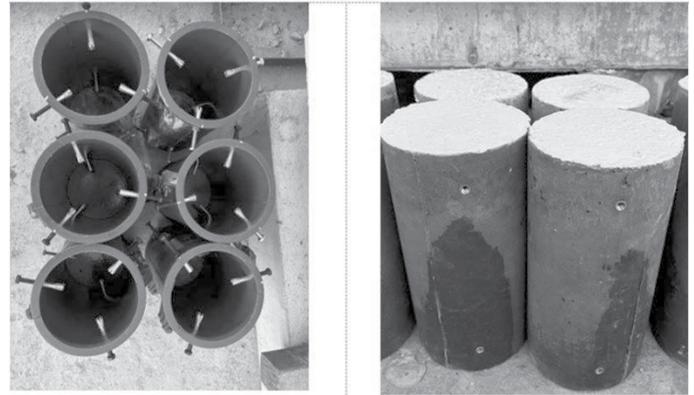
- Gia tải tới 30% tải trọng giới hạn bằng kích thủy lực trên hệ khung lò so gia tải – đo biến dạng đàn hồi  $\epsilon_e(t_0)$ ;

- Gắn đồng hồ biến của lò so nhằm kiểm soát giá trị lực theo thời gian;

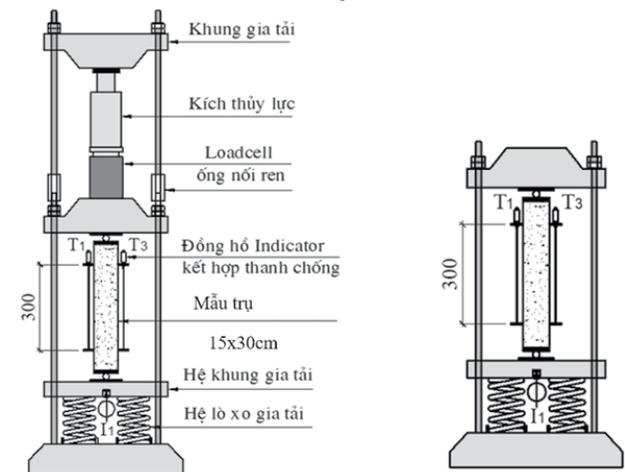
- Tháo bỏ kích gia tải và ghi số đọc ban đầu của mẫu thí nghiệm;

- Đo đặc biến dạng theo thời gian  $\epsilon(t)$ ;

- Đồng thời với thí nghiệm về từ biến, chúng ta sẽ tiến hành thí nghiệm co ngót của GPC để xác định biến dạng co ngót tự do tại thời điểm t là  $\epsilon_{sh}(t)$ .



Hình 2. Khuôn đúc mẫu và mẫu đo biến dạng từ biến



a) Tạo lực nén ban đầu bằng kích thủy lực

b) Duy trì lực nén bằng lò xo

Hình 3. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm biến dạng do từ biến

Biến dạng từ biến của từng mẫu bê tông tại thời điểm đo được xác định theo công thức như sau:

$$\epsilon_{cr}(t) = \epsilon(t) - \epsilon_e(t_0) - \epsilon_{sh}(t)$$

Trong đó:  $\epsilon_{cr}(t)$  là biến dạng từ biến,  $\epsilon(t)$  biến dạng tổng,  $\epsilon_e(t_0)$  là biến dạng tức thời ở thời điểm đặt tải,  $\epsilon_{sh}(t)$  là biến dạng co ngót tự do.

Hệ số từ biến  $\varphi(t)$  được xác định theo công thức:

$$\varphi(t) = \frac{\varepsilon_{cr}(t)}{\varepsilon_e(t_0)}$$



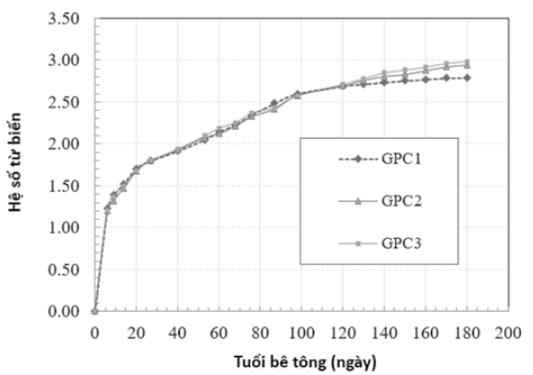
Hình 4. Thí nghiệm từ biến của GPC

Căn cứ vào kết quả đo biến dạng thời điểm đặt tải, biến dạng do co ngót tự do và biến dạng của mẫu thí nghiệm từ biến, áp dụng các công thức trên ta có kết quả hệ số từ biến theo thời gian từ thời điểm đặt tải đến 180 ngày được ghi trong bảng 2:

Bảng 2. Kết quả tính toán hệ số từ biến của mẫu GPC

Ngày	GPC1	GPC2	GPC3
6	1,23	1,20	1,21
9	1,39	1,32	1,37
14	1,53	1,47	1,50
20	1,71	1,67	1,68
27	1,80	1,80	1,80
40	1,91	1,92	1,94
53	2,05	2,07	2,10
60	2,14	2,12	2,19
68	2,23	2,21	2,26
76	2,35	2,32	2,37
87	2,48	2,42	2,44
98	2,60	2,58	2,58
120	2,69	2,69	2,71
130	2,71	2,76	2,78
140	2,74	2,80	2,85
150	2,75	2,83	2,88
160	2,77	2,87	2,92
170	2,79	2,92	2,96
180	2,79	2,94	2,99

Kết quả đo hệ số từ biến của các mẫu trong bảng 2 được thể hiện trên biểu đồ trên hình 5.



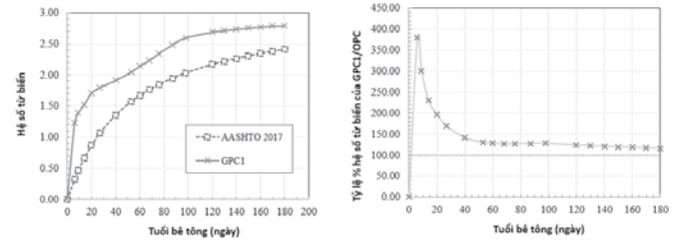
Hình 5. Biểu đồ kết quả thí nghiệm hệ số từ biến của các mẫu GPC

Dựa vào kết quả trong Bảng 2 và Hình 5 ta thấy về tổng thể biến dạng từ biến của 3 mẫu phát triển khá giống nhau, và tốc độ phát triển của từ biến như sau:

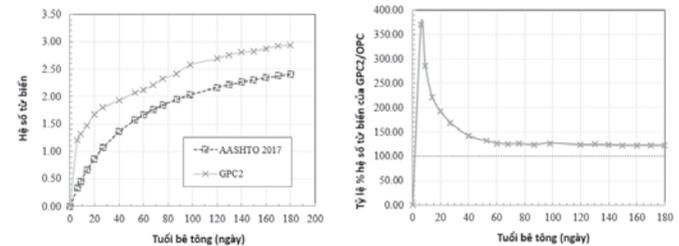
- Trong khoảng thời gian 6 ngày đầu hệ số từ biến phát triển nhanh từ 0 đến 44% tổng số biến dạng của từ biến.
- Từ ngày thứ 6 đến ngày thứ 20, hệ số từ biến tăng khoảng 20%.

- Từ ngày thứ 20 đến ngày thứ 100, hệ số từ biến tăng khoảng 26% đến 28%.
- Từ ngày thứ 100 đến ngày thứ 150, hệ số từ biến tăng khoảng 5.5% đến 8.5%.
- Từ ngày thứ 150 đến ngày thứ 180, hệ số từ biến tăng khoảng 1% đến 4%.

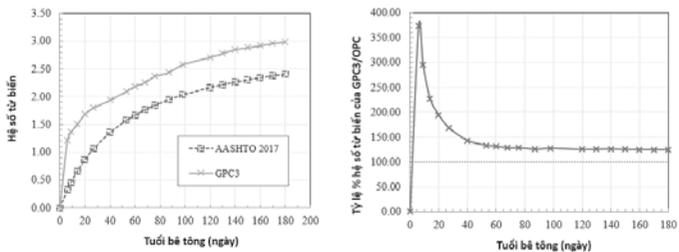
Biểu đồ hệ số từ biến theo thời gian của kết quả thí nghiệm mẫu GPC 1, 2,3 và kết quả tính toán theo tiêu của AASHTO LRFD 2017 cùng với tỷ số giữa chúng được thể hiện trên hình 6 đến hình 8.



Hình 6. Biểu đồ hệ số từ biến theo thời gian của mẫu GPC1 và OPC (trái) và tỷ lệ % giữa mẫu GPC1 và OPC (phải)



Hình 7. Biểu đồ hệ số từ biến theo thời gian của mẫu GPC2 và OPC (trái) và tỷ lệ % giữa mẫu GPC2 và OPC (phải)



Hình 8. Biểu đồ hệ số từ biến theo thời gian của mẫu GPC3 và OPC (trái) và tỷ lệ % giữa mẫu GPC3 và OPC (phải)

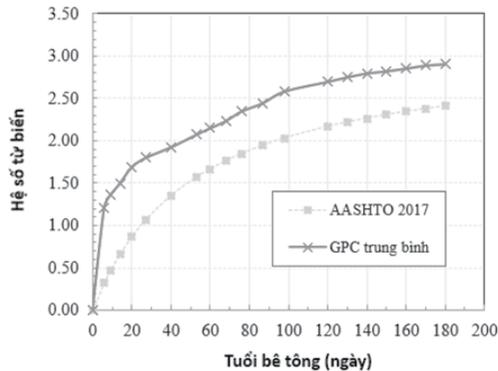
Để đánh giá, so sánh biểu đồ từ biến của GPC với bê tông thông thường (OPC), kết quả đo đặc của ba mẫu thử được lấy trung bình và so sánh với mô hình từ biến theo tiêu chuẩn AASHTO LRFD 2017 với cùng cường độ chịu nén, các giá trị tính toán so sánh được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả so sánh hệ số từ biến GPC/OPC theo AASHTO LRFD 2017

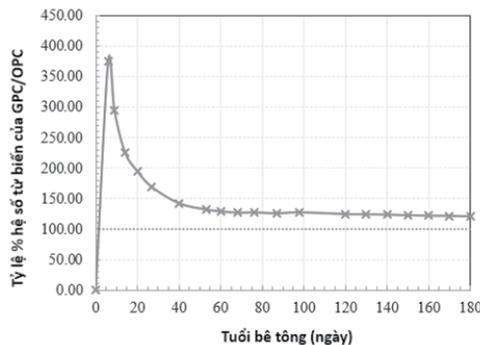
Ngày/ Mẫu	GPC trung bình	AASHTO LRFD 2017	GPC/OPC (%)
6	1,21	0,32	375
9	1,36	0,46	294
14	1,50	0,66	226
20	1,69	0,87	195
27	1,80	1,07	169
40	1,92	1,36	142
53	2,07	1,57	132
60	2,15	1,67	129

Ngày/ Mẫu	GPC trung bình	AASHTO LRFD 2017	GPC/OPC (%)
68	2,23	1,76	127
76	2,35	1,85	127
87	2,45	1,95	126
98	2,58	2,03	127
120	2,70	2,17	124
130	2,75	2,22	124
140	2,80	2,27	123
150	2,82	2,31	122
160	2,85	2,34	122
170	2,89	2,38	122
180	2,90	2,41	121

Hệ số từ biến trung bình theo thời gian của ba mẫu GPC và kết quả tính toán hệ số từ biến theo mô hình của AASHTO LRFD 2017 trong bảng 3 được thể hiện trên hình 6, tỷ lệ phần trăm giữa hệ số từ biến của GPC và OPC được thể hiện trên hình 7.



Hình 9. Biểu đồ so sánh hệ số từ biến của GPC và OPC theo AASHTO LRFD 2017



Hình 10. Biểu đồ tỷ lệ giữa giá trị hệ số từ biến của GPC và OPC theo thời gian

Dựa vào biểu đồ trên hình 9 và hình 10 cho thấy rằng: Hệ số từ biến của GPC luôn lớn hơn OPC; Trong 6 ngày đầu tỷ số giữa hệ số từ biến của GPC và OPC tăng rất nhanh lên đến 3,75 lần và giảm nhanh còn 1,7 lần ở ngày thứ 27, và sau đó tỷ lệ giảm chậm và giai đoạn từ ngày thứ 60 biểu đồ gần như song song với nhau. Hệ số từ biến của GPC ở thời điểm 180 ngày là 2,9.

#### 4. KẾT LUẬN

Với bê tông GPC được chế tạo theo cấp phối của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, có kết luận sau:

Biến dạng từ biến của GPC luôn lớn hơn OPC cùng cường độ được tính theo mô hình của tiêu chuẩn AASHTO LRFD 2017;

Hệ số từ biến của GPC ở thời điểm ngày thứ 180 là 2,9;

Trong 6 ngày đầu biến dạng từ biến của GPC có tốc độ tăng rất nhanh so với OPC, sau đó mức tăng giảm chậm dần và đến ngày 60 tốc độ tăng gần như nhau.

Cần tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng tỷ lệ của tro bay, xỉ lò cao, chất hoạt hóa đến hệ số từ biến của GPC, những thực nghiệm với thời gian dài hơn nữa, thời gian đặt tải khác nhau trong khoảng thời gian già và thời gian di truyền để có kết luận đầy đủ hơn về từ biến của GPC.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu ứng xử của dầm bê tông cốt thép ứng lực trước nhíp trung bình lớn sử dụng bê tông Geopolymer" mã số: B2020-XDA-07 và Phòng thí nghiệm và kiểm định công trình LAS XD125 - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã hỗ trợ quá trình nghiên cứu và thí nghiệm này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Dũng, *Nghiên cứu chế tạo bê tông geopolymer từ tro bay*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, 2014. **Số 5 (78)**.
- [2]. Lê Bá Danh; Phạm Duy Hoà; Nguyễn Bình Hà; Cao Bắc Đăng, *Nghiên cứu ứng dụng bê tông Geopolymer cho kết cấu dầm dự ứng lực công trình cầu hương tới phát triển bền vững*. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, 2021. **10**: p. 148-152.
- [3]. Đông, Đ.V., *Nghiên cứu một số tính chất cơ học của bê tông Polyme vô cơ*. Cầu đường Việt Nam, 2009. **Số 12**: p. 22-26.
- [4]. Đông, Đ.V., *Nghiên cứu ứng xử nén và kéo khi uốn của vữa polyme vô cơ*. Tạp chí Giao thông vận tải, 2010.
- [5]. Đông, Đ.V., *Nghiên cứu một số tính chất của vữa polyme vô cơ trong môi trường ăn mòn nước biển*. Tạp chí Giao thông vận tải, 2011.
- [6]. Phạm Quang Đạo, *Nghiên cứu sự làm việc của dầm bê tông cốt thép sử dụng tro bay và xỉ lò cao làm chất kết dính Geopolymer*. 2021, Trường Đại học Xây dựng.
- [7]. Trần Việt Hưng; Nguyễn Ngọc Long; Đào Văn Đông, *Nghiên cứu các tính chất cơ học của GPC tro bay*. Tạp chí Giao thông vận tải ngày, 2017.
- [8]. Trần Việt Hưng; Phạm Duy Hữu; Nguyễn Ngọc Long; Đào Văn Đông, *Mô hình quan hệ ứng suất biến dạng khi nén của GPC tro bay*. Tạp chí Giao thông vận tải, 2017.
- [9]. Trần Việt Hưng, *Nghiên cứu thành phần, đặc tính cơ lý của bê tông Geopolymer tro bay và các ứng dụng cho kết cấu Cầu Hầm*. 2017, Trường Đại học Giao thông vận tải.
- [10]. Nguyễn Bình Hà; Nguyễn Quốc Bảo; Vũ Thành Quang, *Nghiên cứu ứng dụng bê tông geopolymer cho cấu dầm liên tục bê tông cốt thép dự ứng lực*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2023.
- [11]. Nguyễn Bình Hà; Nguyễn Quốc Bảo; Lê Bá Danh; Vũ Thành Quang, *Ảnh hưởng của từ biến trong dầm thép liên hợp với bản GPC*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD), 2024. **DHXDN 18(1V)**: p. 1-12.
- [12]. Tuấn, L.A., *Các thách thức và giải pháp cho ngành Xây dựng ở ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu*. Xây dựng - Tạp chí điện tử của Bộ Xây dựng, 2022.
- [13]. Xi măng Việt Nam. *Sản lượng tiêu thụ xi măng kỳ vọng được phục hồi trong năm 2024*. 2024; Available from: <https://ximang.vn/bien-dong-thi-truong/thi-truong-xi-mang/san-luong-tieu-thu-xi-mang-ky-vong-duoc-phuc-hoi-trong-nam-2024-18999.htm>.
- [14]. James Aldred, J.D. *Is geopolymer concrete a suitable alternative to traditional concrete? in 37th Conference on Our World in Concrete & Structures*. 2012. Singapo.
- [15]. AASHTO, *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Section 6: Steel Structures. 2017, Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [16]. T. Bakharev, *Resistance of geopolymer materials to acid attack*. Cement and Concrete Research, 2005. **35(4)**: p. 658-670.
- [17]. T. Bakharev, *Thermal Behaviour of Geopolymers Prepared Using Class F Fly Ash and Elevated Temperature Curing*. Cement and Concrete Research, 2006. **36(6)**: p. 1134-1147.
- [18]. Chi Hou Un, *Creep Behaviour of Geopolymer Concrete*, in *Faculty of Science, Engineering and Technology*. 2017, Swinburne University of Technology: Melbourne, Australia.
- [19]. Davidovits, J. *Geopolymer chemistry and sustainable development*. in *Geopolymer Green Chemistry and Sustainable Development Solutions, Geopolymer 2005 Conference*. 2005. Saint-Quentin, France. Institut Géopolymère / Geopolymer Institute.
- [20]. D. Hardjito; B. V. Rangan, *Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete*. 2005: Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- [21]. Liu, H., Lu, Z., and Peng, Z, *Test research on prestressed beam of inorganic polymer concrete*. Materials and Structures, 2014.
- [22]. S. E. Wallah; B. V. Rangan, *Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: long-term properties*. 2006, Curtin University of Technology: Perth, Australia.

# The relationship between the architecture of podium and the space in front of the High-rise building on the tourist street Tran Phu - Nha Trang

Mối quan hệ giữa kiến trúc khối đế với không gian trước công trình cao tầng trên trục đường du lịch Trần Phú - Nha Trang

> **M.SC NGUYEN HAI BINH, ASSOC.PROF NGO LE MINH**

Faculty of Civil Engineering, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City

Email: [nguyenhaibinh@tdtu.edu.vn](mailto:nguyenhaibinh@tdtu.edu.vn); [ngoleminh@tdtu.edu.vn](mailto:ngoleminh@tdtu.edu.vn)

## ABSTRACT

This study aims to identify the relationship between the podium and the ways of using space in front of high-rise buildings on the coastal street Tran Phu, Nha Trang City. To achieve the above goal, the authors focused on analysing the architectural morphology of the podium and the space in front of the building, combined with comparing the types of podiums. The results provide an essential understanding of the impact of podium design on the organisation of space in front of the building in the context of a developing coastal tourist city like Nha Trang. Therefore, it would give architects an overall view when designing HRBs on tourist streets. It helps propose regulations in the design of high-rise buildings towards a sustainable tourism landscape environment.

**Keywords:** Podium; High-rise building; form of space use; front of the building; Nha Trang.

## TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm nhận dạng mối quan hệ giữa mặt đứng khối đế và hình thức sử dụng không gian trước công trình cao tầng tại trục đường du lịch ven biển Trần Phú, Nha Trang. Để đạt được mục tiêu trên, các tác giả tập trung phân tích hình thái kiến trúc khối đế và không gian trước công trình, kết hợp so sánh, đối chiếu các loại hình khối đế. Kết quả cung cấp sự hiểu biết quan trọng về tác động của thiết kế khối đế đối với việc tổ chức không gian trước công trình trong điều kiện một đô thị du lịch ven biển đang phát triển như Nha Trang. Từ đó, giúp các kiến trúc sư có cái nhìn tổng thể khi thiết kế công trình cao tầng trong mối liên hệ với tuyến phố du lịch. Đồng thời giúp cho việc đề xuất các quy định trong thiết kế nhà cao tầng hướng đến một môi trường cảnh quan du lịch phát triển bền vững.

**Từ khóa:** Khối đế; không gian trước nhà cao tầng; trục đường du lịch; Nha Trang.

## 1. INTRODUCE

The podium of a high-rise building (HRBP) is understood as the base of a building that protrudes above the ground, and a building block can be placed on it (Wikipedia - Podium). It is the part visible from the roads, is within the standard field of vision, and attracts the eye of the observer (Louis Sullivan, 1896). Depending on the depth of the open space in front of the building, this part of the building is usually between five to six stories high. Their facades, in the urban context, are an essential determination of the quality of the streetscape. It attaches the building to the urban fabric, defining the vertical profile of the street. At the same time, accommodate the building's public-facing uses. It significantly impacts the scale and shape of the street (Al-Kodmany, 2013), (Canterbury Department of

Planning and Environment, 2015). Human activities in the space from the podium down are part of urban life (Jans, 2010). When the function of a high-rise building (HRB) is a hotel, the podium is a public space. If the building is multi-functional, the podium, besides the public function, can flexibly combine other functions with open spaces (Toronto City Council, 2013), (Ho, 1999), (Tran, 2013), (Trinh et al., 2010), (Al-Kodmany, 2017).

A podium is also a place where people gather, with an organisation and structure that meets the requirements for large spaces such as lobby, large meeting room, restaurant, reception, gallery, etc (Toronto City Council, 2013), (Tran, 2013), (Nguyen, 2018), so usually the podium is higher than the upper floors of the building (Al-Kodmany, 2013), (Al-Kodmany, 2017). At the same

time, in completing the facade of the podium, architectural components and media facilities are utilised to create an impression, such as a canopy, ramp, advertising boards, LED boards, etc (Robert Venturi et al., 1977). Therefore, they contribute to the aesthetics of the street, allowing pedestrians to evaluate the aesthetics of HRBs at first glance.

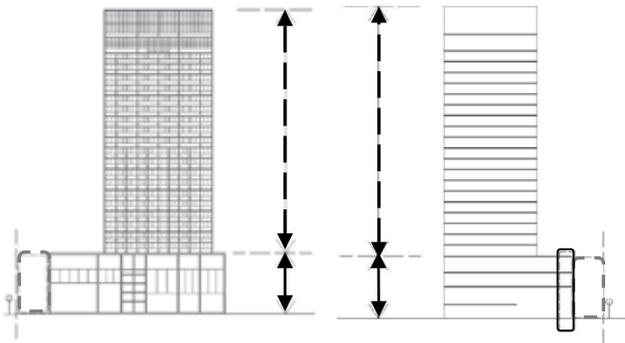


Figure 1. Elevation

Figure 2. Section

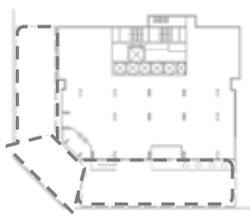


Figure 3. Ground plan

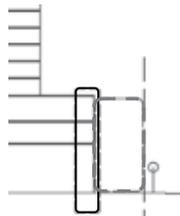
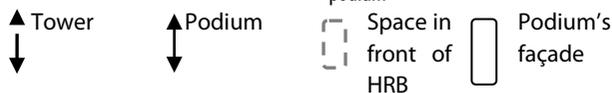


Figure 4. Space in front HRB and podium



HRBP and the space in front of HRB. Source: Author

The architectural design and sensory characteristics of the first thirty meters of the podium (the building height along the street tends to be the best - Watson et al., 2003) of any HRB must respond to human scale (Amos Rapoport, 1977), (Alexander Christopher et al., 1987) (Al-Kodmany, 2020). A podium assists humans in perceiving visual complexity (Cork City Council, 2008), (Leung et al., 2017). Demonstrating skilful architectural facade treatments can be appreciated by viewers at the street level (Al-Kodmany, 2013), (Al-Kodmany, 2020), (Timothy M. Rohan, 2014), (Tran, 2013), (William Pedersen, 1988), (Ta, 2011). (Al-Kodmany, 2017) argues that the podium also creates an image, reflects the local environment, and enhances the impact of HRBs in creating a place. Podiums also encourage pedestrians because they help stimulate people to socialise (Jans, 2010). (Al-Kodmany, 2013) said that the podium can enhance the interaction between the city and HRBs. In addition, the podium must be in harmony with the tower, respecting the proportions and layout of the environment, context and neighbouring buildings (height, colour, etc.), especially historical monuments (Al-Kodmany, 2020). The podium also transitions the scale between pedestrians and high-rise buildings (Toronto City Council, 2013), (Düsseldorf City planning office, 2018). (Guy Nordenson, 2003) argues that careful consideration of the height and volume of large-scale HRBs helps promote placemaking by attracting interstitial spaces that weaken elements

that connect the building and the surrounding context rather than being abrupt boundaries.

#### Specific studies by foreign authors

Several foreign authors have mentioned specific research related to the HRBPs. (Zhou et al., 2019) provide a podium typology approach to measure the social impact of HRBs' ground conditions, including public spaces, podiums and interfaces between buildings and streets in the commercial centres of the three areas, Lujiazui - Shanghai, Hong Kong and Marina Bay - Singapore, and this provides images about the social impact of public spaces in the podium areas of HRBs. From there, it proposes design rules for HRBs towards a more human-friendly urban living environment. (Caroline Stalker, 2015) mentions the contribution of HRBs green areas to public spaces through the podium in areas with subtropical climate conditions. (Antony Wood, 2008) proposed public spaces for HRB aesthetics. Recreational and open public spaces (flexible, landscaped, large or small) must be included in HRBs, instead of emphasising maximum financial return per square meter floor area. Such spaces have been proven to improve the quality of internal environments, impacting worker productivity, resident satisfaction, and more. (this will bring indirect financial returns and develop a sense of community). (Al Kodmany et al., 2022), (Jonathan D. Solomon, 2012), (Leung et al., 2017) refers to the provision of amenities of shopping centres and public benefits connected to the traffic system through the podium with a typical case in Hong Kong. Besides, the HRBs privatisation and the organisation of large-scale podium spaces include shopping centres with various stores and restaurants to attract tourists and shoppers from different regions. It also creates barriers and separation in access and walking habits of Hong Kong people, reducing the quality of public spaces due to the privatisation mentioned above. (Guy Marriage, 2019) mentions the attraction and value of spaces in front of HRBs. Maximising space through flexible designs for retail spaces on the ground floors. (Ysebrant et al., 2008) proposed providing narrow retail spaces at the podium to increase the number of stores and the variety of goods and services. At the same time, designs should avoid creating significant gaps between stores to ensure spatial continuity, turning the street into a cohesive outdoor space. In his research (Firley et al., 2011) suggested the relationship between tall buildings and the city with the important thing being how the building is placed in the town...the relationship between inside and outside. The building should be handled in a way that encourages people to enjoy the spaces on the ground floor. In the same view, (Whyte, 1980) emphasises "A good integral space should not be blocked off by bland walls, it should be visible from the street; the street and its surroundings should be highly visible from it; and between the two, physically and psychologically, the connections should be easy and inviting."

#### Research by domestic authors

In Vietnam, the authors (Trinh et al., 2010) (Tran, 2010) (Ngo, 2014) only briefly mentioned the podium in the overall HRB. More specifically, (Tran, 2013) and (Nguyen, 2018) mentioned geometric shapes and volumes of the HRBPs. Accordingly, the podium is the same size, expanding or shrinking the area compared to the typical floor. In short, there are no detailed and specific studies on the HRBPs. In particular, the relationship between the podium and the space in front of the building dramatically impacts the landscape of the tourist street from a close-up perspective of the building.

#### Case study in Nha Trang

In Vietnam's coastal tourist cities, HRBs along coastal streets play an essential role in creating urban landscapes and tourist streetscape. Tran Phu Street in Nha Trang is a coastal tourist street

with many HRBs serving tourism and resort purposes that have been rapidly developed from 1996 to the present. The inside and outside spaces of the HRBP are used by the investor in different ways and purposes, serving the needs of the hotels. It leads to the emergence of a relationship between the architectural spatial organisation of the podium facade and the use of space in front of the facade. However, the development of HRBs here has not been strictly managed. The coastal area in the city centre does not have enough detailed planning or architectural management regulations. Specifically, the facade of the HRBPs is altered from the original design by attaching the structures to the podium indirectly or directly. The spaces in front of the facades of HRBs are occupied and expanded to build other businesses and services or serve as pick-up and drop-off areas combined with pedestrian sidewalk areas for parking. Therefore, in addition to affecting the building aesthetics, it also limits the circulation of pedestrians on the street, hinders visual access to the building of pedestrians and causes traffic congestion (Khanh, 2018), (Nguyen, 2019), (Traffic Magazine, 2019). It makes the appearance of HRBs and the landscape of Tran Phu coastal tourist street not worthy of a famous coastal tourist city like Nha Trang.

Expand space with new architectural blocks attached to the building



**Figure 5.** Expanding the space of the HRBP with a leaf hut. Source: Author



**Figure 6.** Organising to expand the front space to make the bar obscure the view at the intersection. Source: Author

Expand space with lightweight structures attached to the HRBP



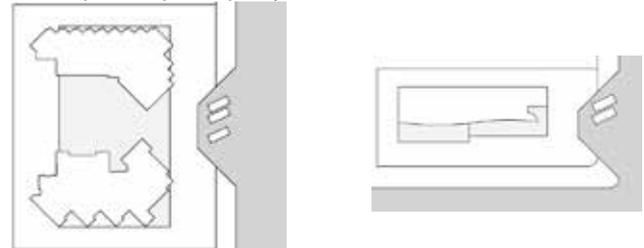
**Figure 7.** Expanding the canopy with the support structure "disguised" with a logo and a high platform that prevents visibility and communication between the building and the street space. Source: Author



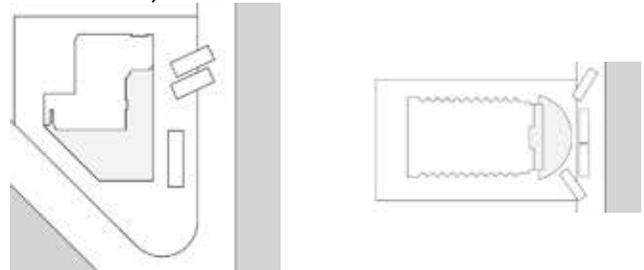
**Figure 8.** Expanding the cafe space with a light canopy structure attached to the front of the building. Source: Author

After synthesising and evaluating the above domestic and foreign research documents, the authors found that studies on HRBPs are considered from different angles. In addition to approaching HRBPs from an architectural, social, commercial and ecological perspective, the problem is to come from the perspective of the landscape, where it is necessary to recognise the unique nuances. The characteristics and relationship between the podium and the space in front of HRBs still have many research gaps. The authors realise that the architectural and aesthetic values of HRBPs, contributing to the landscape in coastal cities, need to be thoroughly analysed and researched in the context and perspective of the urban landscape. From there, it completes the

picture of HRB architecture in coastal cities. To improve the image of HRBs, especially the podium area and the space in front of the building facade, the research question is raised: The relationship between the podium and the space in front of the building façade? What are HRBs in Nha Trang coastal area like? How similar or different are they? How do they impact the aesthetics of HRBs and the landscape of tourist streets? How to improve and enhance the value of buildings and streetscapes through the above relationship? The authors used the method of analysing the architectural morphology of the podium combined with the spatial organisation in front of the facades of sixteen typical HRBs located in the central area (the section from the old airport entrance to Tran Phu Bridge) on Tran Phu street. Create comparison tables to contrast the relationship between types of podiums and ways of using space in front of the HRB. The results show that only 3/16 (18.75%) podiums are simple hotel buildings (no other service business activities in front of the podium); 13/16 (81.25%) podiums are combined with business services for tourism through the construction of additional components (fixed or flexible, temporary) according to the needs of tourism service development. Therefore, HRBPs on the street have a certain level of uniformity in expanding space outward. At the same time, it creates diversity in architectural forms and different ways of using space in front of the building. From the above analysis, we can see the degree of connection between HRBPs and the space in front of the facade through the interaction and expansion of the podium space. Besides bringing diversity to the use of space in front of the podium, it also dramatically impacts the landscape and urban environment. At the same time, the study provides recommendations on policies and regulations to improve the landscape and spatial quality of this coastal tourist street.



**Figure 9&10.** Use (carve out) the pedestrian sidewalk area to combine with the space in front of HRBs for parking. Source: The image was accurately redrawn by Author based on satellite image (Google earth) taken in July 2016. Currently, hotels have returned the sidewalks to the city.



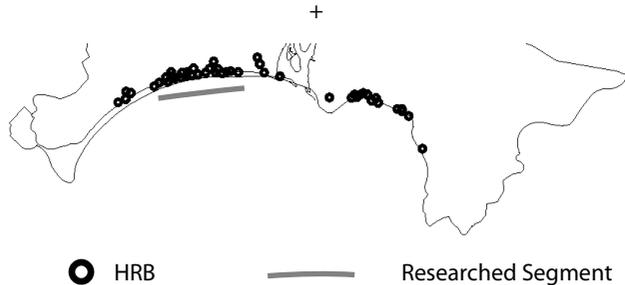
**Figure 11&12.** Use the pedestrian sidewalk area to combine with the space in front of HRBs for parking. Source: The image was accurately redrawn by Author based on satellite image (Google earth) taken in July 2016.

## 2. DATA AND RESEARCH METHOD

### 2.1. Data

The area selected for research is the central coastal section of Nha Trang City from the intersection of Tran Phu Street with the old Nha Trang airport entrance to Tran Phu Bridge in Loc Tho and Xuong Huan wards. There are sixteen HRBs on this stretch of road.

This section was chosen for the following reasons: (i) This is the earliest HRB development area in Nha Trang and has the typical characteristics of a coastal tourist street. (ii) HRBs are built on large plots of land and are managed by Vietnam Building Code Regional and Urban planning and Rural residential planning 01:2008. (iii) HRBs are built with a minimum setback of 8.5 meters compared to the "red - line boundary" of Tran Phu Street (People's Committee of Khanh Hoa Province, 2011). (iv) Tourism service activities are primarily exploited in front of the HRBP.

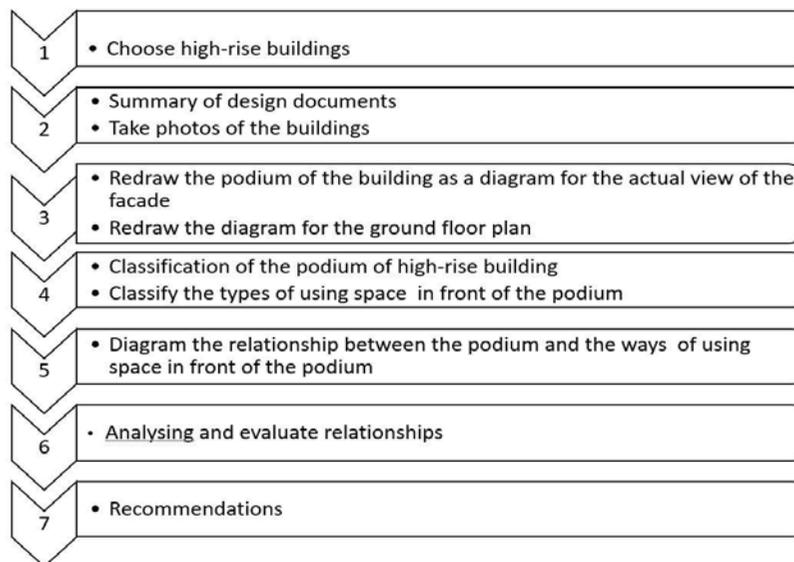


**Figure 13.** Distribution of HRBs along the coast of Nha Trang and researched segment. Source: Emporis-building.map

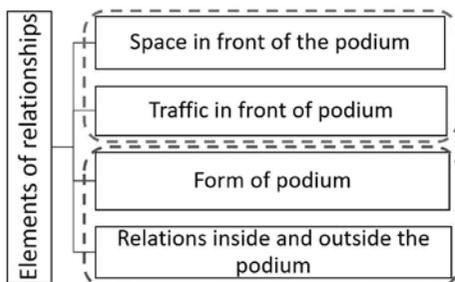
### 2.2. Research method

In addition to synthesising theories, fieldwork methods and long-term scientific observations from 2010 to 2019, the authors approached the podium by analysing the morphology of the podium facade and the space in front of the building. Combine making comparison and contrast diagrams. All sixteen HRBs mentioned above are considered from plan, elevation and section. To facilitate visualisation and analysis, we took photos of the podium of sixteen HRBs with a Canon ISUX 8x lens camera at the same height as the human eye (1.6 meters) and the same distance of 35 meters (the distance that can be felt covers the entire HRBPs), then the images of this HRBP are accurately drawn on AutoCad 2019 graphics software and processed in Photoshop software to delineate clearly between the covering panels and structures on the facade. These images are stripped of secondary elements (which do not directly affect the review and evaluation) to identify the architectural features of the HRBP clearly and easy for classifying them. Combined with actual images of the building to visualise and analyse the use of space in front of the podium.

#### Research framework and elements of the relationship



**Figure 14.** Research framework



**Figure 15.** Elements of the relationship

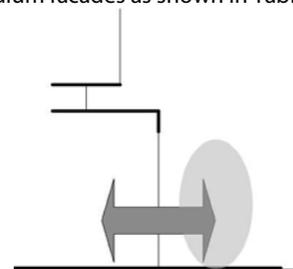
## 3. RESULT

### 3.1. Type of HRBP's facade

Through analysing and synthesising the facades of the HRBPs, the authors realised that the architectural form of the façade, as well as the spatial organisation at HRBPs on Tran Phu Street, allows an uninterrupted connection between inside and outside to

accommodate the needs of tourist services, attract tourists as well as access from within the building to the street and sea landscape.

Analysing the plan, elevation and cross-section of the HRBPs along with evaluation criteria, including the yard in front of the building, the surrounding traffic, the form of the podium and the relationship inside and outside of the HRBP, the authors identified several types of podium facades as shown in Table 1.



**Figure 16.** The relationship between inside and outside of the building at the podium through the "open" feature. Source: Author

Table 1. Types of HRBPs (on the ground floor) along the coast of Nha Trang

Type of podium	KD 1 - HRBP has a large transparent glass panel separating the inside and outside spaces, with little elevation change between the inside and outside of the building. There are corner façades.		KD 2 - HRBP has a large transparent glass panel separating the inside and outside spaces. There are many elevation changes between the inside and outside of the building. There are corner façades.		KD 3 - HRBP has a large transparent glass panel (or buffer spaces) separating the inside and outside spaces and has one main facade.		KD 4 - The space division between the inside and outside of the building lies deep inside. A large lobby is created by extending a large block or a canopy.	
Section - Plan Groundfloor								
Building's name	Nha Trang Center 1, Vinpearl Beach front, Muong Thanh Khanh Hoa, Comodo, A&B Saigon Square		Nha Trang Star City, Nha Trang Lodge, Yasaka Saigon Nha Trang, The Light		Novotel, The Costa,		Havana, Sunrise, Muong Thanh Luxury, Sheraton	

- Classified Type KD 1 with detailed forms according to Table 2.

Table 2. HRBPs along the coast of Nha Trang belong to Type KD 1

KD 1-A (Citadines)	KD 1-B (Vinpearl Beachfront)	KD 1-C (Nha Trang Center 1)	KD 1-D (Muong Thanh Khanh Hoa)
Divide compartments with vertical	Curtainwall	Window in wall frame - (WJWF)	Divide compartments vertically. The compartments on the ground floor are used for shop houses

- Classified Type KD 2 with detailed forms according to Table 3.

Table 3. HRBPs along the coast of Nha Trang belong to Type KD 2

KD 2-A (The Light, Yasaka Saigon Nha Trang)	KD 2-B (Nha Trang Lodge)	KD 2-C (Nha Trang Star City)	

- The proportion of solid panels on the facade is high. An additional permanent structure is attached to the building to serve the purpose of tourism services	- Large curtainwall with atrium inside, height difference between inside and outside the building. Limiting the accessibility and friendliness of the building	- Large curtainwall. Organise tourism services (cafe, bar), using flexible structures (sunshades). Elevation transitions limit separation
--	--	---

- Classified Type KD 3&4 with detailed forms according to Table 4 and 5

Table 4. HRBPs along the coast of Nha Trang belong to Type KD 3

Table 5. HRBPs along the coast of Nha Trang belong to Type KD 4

KD 3-A (Novotel)	KD 3-B (The Costa)	KD 4-A (Muong Thanh Luxury)	KD 4-B (Havana)
- Curtain wall with large glass panels for exploiting views overlooking the sea	- The space on the upper floor exploits the sea view, WIWF on the ground floor for shop house purposes	- There is no elevation difference between ground floor and front yard	- There is elevation difference between ground floor and public sidewalk

**3. 2. Typical ways of using space in front of the HRBP**

Table 6. Typical forms of using space in Front of the HRBP along the coast of Nha Trang

		Way 1		Way 2		Way 3	
		- Entrance lobby, Drop off and pick up space		- Tourism service business space (cafe, bar) - Entrance to the shopping centre		- Entrance to the shophouse	
Ground plan in front of the podium							
Cross section (area in front of HRBP)							
	Durability structure		LED, advertising panel		Entrance lobby		Entrance to the shophouse
	Flexible structure		The canopy is added to the HRBP		Drop off and pick up way		

From studying the forms of using space in front of the facade of high-rise buildings, the main issues can be listed:

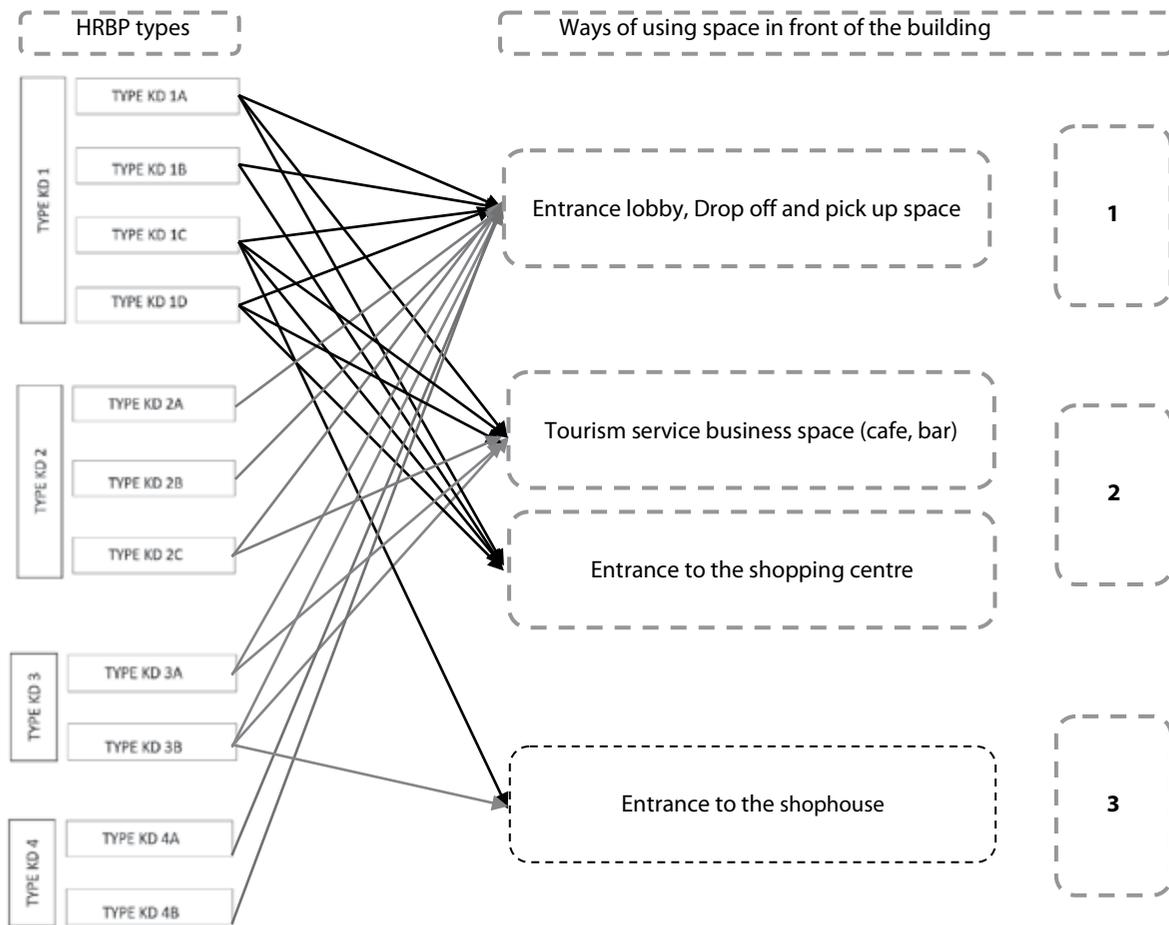
- Using the space in front of the facade to organise tourism business activities by expanding the roof and attached structures such as advertising boards, LED screens on the upper floors of the podium, etc.; Fixed structures (separate or attached to the base) and flexible structures.

- Flexible conversion of functions between indoor and outdoor spaces to suit service conditions, time of day and weather conditions of the year.

- Combine public sidewalks with the space in front of the hotel as a car parking lot for guests.

**3. 3. The relationship between HRBP and the used space in front of the building.**

Synthesising the types of podium facades and ways of using space in front of HRBs, the authors created a diagram showing the relationship between the types of HRBP facades (4 typical types) and ways of using space in front of the building (3 forms) according to Table 7.



The above diagram shows that Type KD 1 is associated with all three ways of using space in front of HRBP. With a convenient location at the intersections with Tran Phu Street, the buildings have ample space in front of them, accessing both sides of the road. Suitable for organising service spaces to serve tourist needs. At type KD 2, most of the buildings were built in the first phase (from 1996 to 2006). The architectural form still has a large wall at the podium. The building has a significant difference in elevation between inside and outside, limiting the connection and communication between the space inside and outside the building. This is also the type of HRBP that has the most space expansion in front of podium.



**Figure 17.** The Light Hotel.  
Source: (nhatranghottour.com)



**Figure 18.** Yasaka Saigon Nha Trang Hotel.  
Source: Author

Type KD 3 shows the relationship between the podium and using the space in front of HRBP through tourism service spaces. As for the KD4 type, the unique location of the podium has only one frontage, so its purpose is only the entrance to the building lobby. In Type 3B (The Costa Hotel and Sunrise Nha Trang Hotel), the space in front of the facade is only used to contact commercial items and tourism services. The main entrance and guest pick-up and drop-off areas are moved entirely to the back of the building.



**Figure 19.** The Costa Hotel Nha Trang. Source: Author

In short, the demand for services is very diverse on the coastal tourist route, leading to various ways of using the space in front of the HRBPs. They create an attraction for tourists, are a catalytic factor, and promote the spatial values in front of the facade of the HRBPs. Activities in the podium front area are part of the life of tourist streets and HRBs. It links the building and the street together.



**Figure 20.** Sunrise Nha Trang Hotel. Source: Author

In terms of form, most HRBPs are "open". The spaces inside the podium are often large atriums serving the purposes of a reception hall or commercial centre, creating uniformity on the street when viewed from the tourist street. This architectural feature of the podium's façade is recognised when many HRBs are gathered on the entire street. Besides, there is diversity in the organisation of the podium's form, shown on the upper floors, through shapes and architectural language.



**Figure 21&22.** The uniformity on the HRBP comes from using space in front of the building. Source: Author

In addition, when we compare the architectural form of the facade between a simple HRBP (only the entrance to the building) and the facade of the HRBP (combined with other tourist services). It appears that the façade of the HRBP (only the entrance to the building) has a large canopy with rows of columns to protect from rain and sun. In contrast, the façade of the HRBP (combined with other tourist services) is often attached with flexible structures.



**Figure 23.** Facades of High-rise buildings on Tran Phu street



○ HRBP (only the entrance to the building - Muong Thanh)

○ HRBP (combined with other tourist services - Nha Trang Luxury Center 1)

#### 4. DISCUSSION

The rapid expansion of tourism in Nha Trang has led to HRBs development for accommodation and relaxation, forming podiums with specific characteristics and contributing to creating connections between the inside and outside spaces of the building. The ground floor of hotel buildings tends to expand by utilising sizeable transparent glass panels. Temporary (flexible) or permanent structures are built in front of the ground floor to accommodate tourism services. The upper floors of the podium show many different designs, but the majority are open. The organised space in front of this building comes from actual development needs. However, besides the benefits achieved by the building, there are still barriers separating the space in front of the building that need to be considered to create harmony between the HRB and the street space. Therefore, some recommendations are given, including:

(i) Policy allowing the removal of height restrictions in exchange for adding open space in front of the building through setbacks, which brings opportunities for residents and tourists to access open spaces and green areas on the coastal tourism axis.

(ii) Provide a rain and sun protection roof for the lobby entrance and a sun-shading system for the podium facade because most buildings face the East (sea). These roofs can also serve as a rain shelter and an outdoor circulation route for residents and visitors.

(iii) For large plots of land, it is possible to organise a pick-up and drop-off area on either side or behind the building, reserving space in front of the building for tourist service activities. At intersections on the route, avoid constructing fixed or flexible structures next to the podium because it obscures the view of traffic.

(iv) Service spaces should be planned and designed flexibly following the architecture of the HRBP, contributing to the creation of a tourist street landscape. In addition to ensuring visibility, flexible structures attached directly or indirectly to the podium must be designed as a buffer to transition the scale of pedestrians in front of the building to the HRBP.

(v) Avoid designing the ground floor level of the podium to be much higher than the front yard of the building to enhance communication inside and outside the building. The podium façade is in harmony with the proportion of pedestrians to create a domestic feeling and make the building a part of urban life.

(vi) Placing retail frontages along coastal tourist streets allows visitors to shop, dine, relax or linger. These activities enliven the public area, showing signs of convenience and bustle, and support the local economy. A well-maintained, mixed-use, walkable environment stimulates pedestrians' senses, encouraging them to walk, stay longer and linger. Therefore, attractive front-of-building spaces will encourage people to return to the area.

(vii) Manage podium architecture across the entire street to link high-rise building podiums together through:

- Unify the yard's elevation in front of high-rise buildings to facilitate smooth traffic and easy access.

- Unify the podium's height limits and the canopy's underside. At the same time, it ensures fire prevention requirements for high-rise buildings.

- Manage the use of colours and materials on the podium through harmonious articulation with the rhythm of the dynamic tourist street context.

## 5. CONCLUSION

The results fill the gap of previous research on HRBs, which focused mainly on the shaft but ignored the podium. In particular, visitors directly contact the building through the podium at the tourist streetscape. Through a specific situation at Tran Phu Street, Nha Trang, the study offers a new approach for architects and urban designers when designing HRBs. They need to consider the need for services and public space expansion before the projects and their impacts on the building aesthetics and streetscape. In addition to managing regulations that must be implemented, design direction is necessary from the early stages to avoid designs that inappropriately expand the space in front of the podium. This study provides the practical basis for high-rise building design in tourist cities. At the same time, it contributes to completing the panorama of high-rise buildings in these places.

### Limitations and future research directions:

This research only focuses on one specific project. we will develop on a larger scale by connecting podiums on lots and streets to the surrounding environment. In future research, the authors will consider the network connecting these podiums to create attractiveness in tourism development. It helps convince developers, hotel owners and management agencies to have an overview of the quality of building podiums across the street.

### A thank you note

The authors sincerely thank the Khanh Hoa Province Department of Construction for helping us by providing design documents of HRBs along the coastline of Nha Trang related to this research.

## REFERENCES

- [1]. Al-Kodmany, M. M. A. *The Future of the City: Tall Buildings and Urban Design* (1st ed.). Southampton: Wit Press, (2013)
- [2]. Al-Kodmany, K. *Understanding tall buildings: a theory of placemaking*. New York: Springer, (2017)
- [3]. Al-Kodmany, K. *Tall Buildings and the City: Improving the Understanding of Placemaking, Imageability, and Tourism*. New York: Springer, (2020), 115-117.
- [4]. Al Kodmany, Quili (Charlie) Xue, & Cong Sun. Reconfiguring Vertical Urbanism: The Example of Tall Buildings and Transit-Oriented Development (TB-TOD) in Hong Kong. *MDPI*, 12(2), (2022).
- [5]. Alexander Christopher, H. Neis, A. Anninou, & I. King. *A New Theory of Urban Design*. Oxford: Oxford University Press, (1987).
- [6]. Amos Rapoport. *Human Aspect of Urban Form: Towards a Man- Environment Approach to Urban Form and Design*. Oxford: Pergamon Press, (1977).
- [7]. Antony Wood. Green or Grey? The Aesthetic of tall building sustainability. *Proceeding CTBUH 8th World Congress, March, 2008*.
- [8]. Canterbury Department of Planning and Environment. *Sydenham to Bankstown - Renewal Corridor Strategy*, 2015.
- [9]. Caroline Stalker. Beyond the Podium: Urban spaces for tall buildings in subtropical city. *Asia & Australia: A Selection of Written Works on the World's Tall Building Forefront*, (2015),172-183.
- [10]. Cork City Council. *Cork City Development Plan 2004, Tall Buildings Policy*. The Planning and Development Acts 2000–2002, Cork City, (2008).
- [11]. Düsseldorf City planning office. *Düsseldorf Proximity meets freedom. High-Rise Framework Plan*. Düsseldorf city planning office, (2018).
- [12]. Firley, E. ., & Gimbal, J. *The urban towers handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, (2011).
- [13]. Guy Marriage. *Tall: The design and construction of high-rise architecture* (1st ed.). Oxfordshire: Routledge, (2019).
- [14]. Guy Nordenson. *(Tall Buildings*. New York: Museum of Modern Art, 2003).
- [15]. Ho The Duc, Đang Thai Hoang translate. *Tallbuilding Architecture* (1st ed.). Ha Noi: Construction Publishing House, (1999).
- [16]. Jans, Gehl. *Cities for people*. Washington DC: Island Press, (2010).
- [17]. Jonathan D. Solomon. It Makes a Village: Hong Kong's Podium Shopping Malls as Global Villages. In Gregory Bracken (Ed.), *Aspects of Urbanisation in China: Shanghai, Hong Kong, Guangzhou* (1st ed., Vol. 6). Amsterdam University Press, (2012).
- [18]. Khanh Ngan. Solve traffic jams in Nha Trang. *Sai Gon Liberate*, (November 2018).
- [19]. Leung, S. M. S., Kim, T. W., & Kim, Y. Linked podiums affecting street life: A case of Tuen Mun in Hong Kong. *Urban Design International*, 22(1), (2017).
- [20]. Louis Sullivan. The tall office building artistically considered. *Lippincott*, 403–409, (1896, March 23).
- [21]. Ngo Le Minh. *High-rise housing in large cities from Chinese experience*. Ha Noi: Truth National Political Publishing House, (2014).
- [22]. Nguyen Chung. Haunted by traffic jams, Nha Trang reorganizes traffic on the coastal street. *Youth Magazine*, (February, 2019).
- [23]. Nguyen Đình Thi. *Sky-scraper Architecture*. Ha Noi: Construction Publishing House, (2018).
- [24]. People's Committee of Khanh Hoa Province. Zoning planning of Xuong Huan-Van Thanh Ward Residential Area, Nha Trang City scale 1/2000, (2011).
- [25]. Robert Venturi, Denise Scott Brown, & Steven Izenour. *Learning from Las Vegas*. Cambridge: MIT Press, (1977).
- [26]. Ta Truong Xuan. *Principles of Hotel Design*. Ha Noi: Construction Publishing House, (2011).
- [27]. Timothy M. Rohan. (2014). *The Architecture of Paul Rudolph*. Connecticut: Yale University Press.
- [28]. Toronto City Council. *Toronto - Tall building design guideline*. <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2018/01/96ea-cityplanning-tall-buildings-may2013-final-AODA.pdf>, (2013).
- [29]. Traffic Magazine. Preventing traffic jams for Nha Trang, (November , 2019).
- [30]. Tran Xuan Dinh. *Design High-rise Housing*. Ha Noi: Construction Publishing House, (2010).
- [31]. Tran Xuan Dinh. *Design Modern Tallbuilding- Vol. 1* (1st ed.). Ha Noi: Construction Publishing House, (2013), 189-194.
- [32]. Trinh Hong Doan, Nguyen Hong Thuc, Khuat Tan Hung. *Tallbuilding Architecture* (1st ed.). Ha Noi: Construction Publishing House, (2010), 139,150.
- [33]. Watson, D., Plattus, A., & Shibley, R. *Time-Saver.Standards.for.Urban.Design.pdf*. ([www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com)), (2003).
- [34]. Whyte, W. *The social life of small urban space*. New York: Project for Public Spaces Inc, (1980), 79-80.
- [35]. Wikipedia. *Podium*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Podium>
- [36]. William Pedersen. Considerations for urban architecture and the tall building. In Lynn S. Beedle (Ed.), *Second Century of the Skyscraper: Council on Tall Buildings and Urban Habitat*, New York, Springer, (1988), 149–164.
- [37]. Ysebrant, & Izidore Zielonka. *Building, Rebuilding or Renovating Contextual Sustainable Tall Buildings in a Historical European City Center: the Case of Brussels*, (2008).
- [38]. Zhou, X., Ye, Y., & Wang, Z. Tall Buildings as Urban Habitats: A Quantitative Approach for Measuring Positive Social Impacts of Tall Buildings' Lower Public Space. *International Journal of High-Rise Buildings*, 8(1), (2019), 57–69. <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2019.8.1.57>.

# Khảo sát và thiết kế móng cọc trên các tuyến đường xuất hiện hang Caster

## Survey and design of pile foundations on the highways in Karst terrain

> TS NGUYỄN HỮU DŨNG

Bộ môn Đường bộ, Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải  
Email: nguyenuhdungtapchi@gmail.com

### TÓM TẮT

Karst "hay còn gọi là Caster" là một địa hình phức tạp, trong đó chủ yếu được hình thành bởi sự hòa tan của đá Cacbonat như đá vôi hoặc Dolomit. Khi tuyến đường đi qua khu vực có hang Caster, nếu không đưa ra các phương án khảo sát và thiết kế hợp lý sẽ xảy ra các sự cố lún sụt và gây mất ổn định công trình. Phần lớn các hố sụt xảy ra trên các tuyến đường quốc lộ và cao tốc đều do lượng mưa bất thường gây ra tại khu vực nằm trong địa hình Caster. Do đó phương pháp khảo sát thăm dò địa vật lý lỗ khoan cùng với các nhóm giải pháp thiết kế khoan phụt vữa xi măng bịt hang Caster và giải pháp móng cọc khoan nhồi xuyên qua hang Caster cần được đề xuất nghiên cứu để giảm thiểu những rủi ro xuất hiện khi tuyến đường đưa vào khai thác và sử dụng.

**Từ khóa:** Karst; Caster; khảo sát thăm dò địa vật lý lỗ khoan; thiết kế khoan phụt vữa; bịt hang Caster; móng cọc khoan nhồi; xuyên qua hang Caster.

### ABSTRACT

Karst is a complex topography in which the terrain is chiefly shaped by the dissolving of carbonate rock such as limestone or dolomite. When the highway passes through an area with Karst caves, if the reasonable survey and design are not suggested, the subsidence incidents will occur and cause instability of embankment. Most of the sinkholes that occur on the national highways and expressways are caused by unusual amounts of rainfall in the area located on the Karst terrain. Therefore, the geophysical survey method at boreholes along with the designs for drilling and cement grouting to seal Karst caves and bored pile foundation solutions through these caves need to be researched for mitigating these risks when the highways traffic opening.

**Keyword:** Karst; Caster; the geophysical survey method at boreholes; the designs for drilling and cement grouting; seal Karst caves; bored pile foundation through Karst caves.

### 1. TỔNG QUAN KHU VỰC XUẤT HIỆN HANG CASTER (KARST)

Khu vực dự án xuất hiện hang Caster rất khó kiểm soát, với rất nhiều hình thái từ hang động, mặt đá dốc, gồ ghề, chất đá cứng, đến các đặc điểm phức tạp của thủy văn, từ đó gây ảnh hưởng đến chất lượng thi công của các loại móng, từ móng nông đến móng sâu.

Đặc biệt, khi thi công móng cọc khoan nhồi trong vùng địa chất có hang Caster sẽ khó khăn hơn rất nhiều so với địa chất thông thường. Sự xuất hiện của các hang dốc trong đá làm chiều dài thực tế của cọc thay đổi nhiều, thậm chí có trường hợp các cọc cạnh nhau có thể chèn nhau hàng chục mét.

Do tính phức tạp của địa tầng nên cần tiến hành khoan thăm dò hang Caster cho từng cọc. Nếu trường hợp phát hiện dị thường khu vực Caster âm tính giả là rất nguy hiểm, vì các khoảng trống Caster nếu không được phát hiện và không được xử lý có thể dẫn đến phương pháp thiết kế móng cọc và biện pháp thi công để đảm bảo khả năng chịu tải của móng cọc sẽ không phù hợp.

Các dạng hang Caster thường gặp bao gồm:

❖ Hang Caster chết có đất đá bên trong.

❖ Hang Caster chết, rỗng hoặc Caster sống kích thước nhỏ, nước trong hang không có vận tốc.

❖ Hang Caster sống có bùn nhão có hiện tượng nước ngầm lưu thông.

Khi gặp hang Caster nhiều giải pháp xử lý móng được đưa ra nhưng nhìn chung đều phải tốn nhiều công xử lý làm chi phí tăng cao, thời gian thi công kéo dài. Do đó nếu tách rời giữa khâu khảo sát, thiết kế và công tác thi công nền móng trong vùng địa chất Caster sẽ dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng ảnh hưởng đến chất lượng của công trình.

Một số khu vực tuyến đường cao tốc phía Bắc có sự xuất hiện hang Caster là khu vực thuộc địa phận huyện Thạch An (tỉnh Cao Bằng); địa phận huyện Đà Bắc (tỉnh Hòa Bình) và tuyến cao tốc qua địa phận các tỉnh Tuyên Quang và tỉnh Hà Giang.

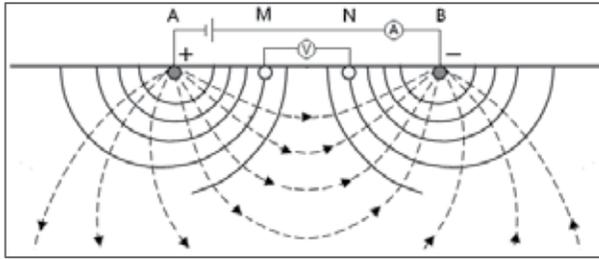
### 2. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT TẠI KHU VỰC HANG CASTER (KARST)

**A. Phương pháp địa vật lý lỗ khoan:** Phương pháp đo sâu điện trở với mục đích nghiên cứu sự thay đổi tính chất điện của đất đá theo chiều sâu và chiều ngang, nhằm xây dựng mô hình lát cắt điện trở suất của môi trường địa chất dọc tuyến. Tiến hành khảo sát và khoan định các vùng dị thường điện trở suất thấp, liên quan tới các

đứt gãy, đới dập vỡ phá hủy, hang động Caster, hoặc các vùng điện trở suất cao, biểu hiện của các loại đất đá dạng khối rắn chắc.

Để nghiên cứu các đối tượng địa chất bằng phương pháp địa điện, người ta thường sử dụng hệ thiết bị 4 cực, bao gồm: cặp cực phát dòng AB và cặp cực thu thế MN (Hình 1 phía dưới). Trong lý thuyết trường đã xác định biểu thức thế tại một điểm cách tâm điện cực một khoảng r khi phát dòng I xuống môi trường đồng nhất vô hạn có điện trở suất ( $\rho$ ).

$$U(r) = \frac{I\rho}{2\pi r}$$



**Hình 1.** Sự phân bố dòng (nét đứt) và thế (nét liền) của hệ cực bốn cực trong môi trường nửa không gian đồng nhất

Trong thực tế, đội khảo sát sẽ phát dòng qua hai điện cực phát A, B và đo thế qua hai điện cực thu M, N. Với hệ bốn điện cực bất kỳ, từ đó hình thành các công thức tính như sau:

$$U_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad U_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)$$

Từ đó:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$$

Suy ra:

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I}$$

Với:

$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)}$$

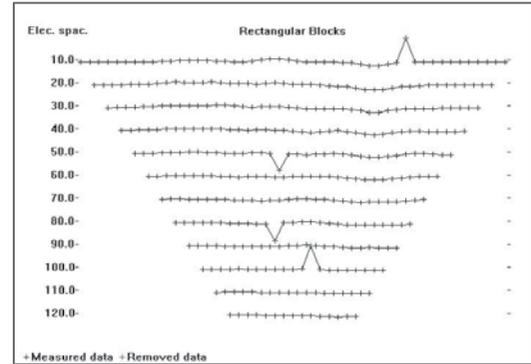
Bằng cách đo dòng phát qua các điện cực phát và thế ở các điện cực thu, ta có thể xác định được điện trở suất của môi trường ( $\rho$ ). Trong đó, hệ số K trong công thức phía trên chỉ phụ thuộc vào vị trí bố trí các điện cực và được gọi là hệ số hệ cực đo.

Cấu hình bố trí điện cực đo điện trở suất gọi là hệ cực. Mỗi hệ cực với khoảng cách giữa các điện cực khác nhau sẽ xác định được một hệ số cực đo khác nhau. Để tăng độ sâu nghiên cứu cần phải tăng khoảng cách giữa các điện cực. Độ sâu nghiên cứu của phương pháp đo sâu điện thường được xác định bằng 1/4 khoảng cách cực đại của cặp cực phát AB. Như vậy, bằng cách đo dòng phát và thu thế tại một điểm đo sâu với khoảng cách các điện cực tăng dần, ta sẽ thu được thông tin về phân bố điện trở suất tại vị trí trung tâm của hệ cực theo chiều sâu.

**B. Phương pháp đo sâu điện 2D hay còn được gọi là phương pháp ảnh điện đa cực (Resistivity Imaging):** là sự kết hợp giữa đo sâu điện và đo mật cắt điện trên cùng một tuyến đo để thu được ảnh điện 2D về cấu trúc địa chất bên dưới mặt đất. Phương pháp ảnh điện 2D tạo ra một bức tranh chi tiết về phân bố điện trở suất theo cả phương thẳng đứng và phương ngang dọc theo tuyến đo.

Hình 2 là sơ đồ bố trí hệ điện cực và điểm ghi số liệu trong phương pháp đo ảnh điện 2D. Tất cả các điện cực được kết nối đồng thời với máy đo thông qua cáp điện. Khi đo, một chương trình lập sẵn liên kết với bộ điều khiển sẽ quản lý quá trình đo thu thập số liệu. Công tác thu thập số liệu hoàn toàn tự động. Điều này góp

phần làm giảm những sai số chủ quan do quá trình dịch chuyển cực hoặc sai số do tiếp xúc giữa điện cực với đất. Ngoài ra nó còn giúp rút ngắn thời gian triển khai thu thập số liệu do không mất thời gian di chuyển điện cực sau mỗi phép đo.



**Hình 2.** Sơ đồ bố trí điện cực và điểm ghi của phương pháp ảnh điện đa cực

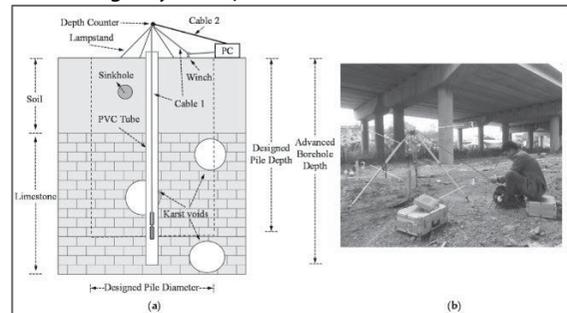
**C. Phương pháp Radar lỗ khoan:** Phương pháp này cho phép mở rộng phạm vi phát hiện và xác định các hang hốc Caster tại các vị trí tiếp giáp và gần các lỗ khoan theo hướng ngang. Trong quá trình khoan cần thực hiện phương pháp xử lý tín hiệu kết hợp phân tích tín hiệu phức tạp bằng biến đổi Hilbert (HT) để phân biệt sóng tán xạ ngược yếu trên khu vực nền lỗ khoan.

Phương pháp Radar lỗ khoan thường sử dụng thiết bị máy dò GPR kết hợp với Radar lỗ khoan để thăm dò toàn bộ đường kính của cọc kết hợp với lỗ khoan hiện có, nhằm mục đích cung cấp chi tiết đặc điểm về địa chất tốt hơn cho công tác thiết kế, tính toán khả năng chịu lực của cọc từ đó đưa ra biện pháp thi công hiệu quả nhất. Việc sử dụng Radar xuyên lỗ có thể cung cấp mô hình vận tốc và sự phân bố hệ số suy giảm giữa các tầng địa chất.

Hệ thống thiết bị GPR bao gồm: 01 máy tính bề mặt, ăng-ten truyền và nhận, cáp quang, bộ đếm độ sâu và bộ sạc. Ăng-ten được kết nối với máy tính bằng cáp quang. Cáp quang đi qua bộ đếm độ sâu và ghi lại độ sâu của đầu dò.

Ăng-ten phát là một lưỡng cực đa hướng được chế tạo bằng hai ống đồng hình nón và có dải tần từ 20 MHz đến 200 MHz. Ăng-ten thu có cấu trúc giống như ăng-ten phát và được lắp đặt bộ chuyển đổi A/D 16 bit. Ăng-ten thu và phát GPR trong lỗ khoan được hạ từ trên xuống dưới cùng của lỗ khoan với vận tốc 0,1 m/s bằng cách sử dụng giá đỡ mặt đất.

Sóng điện từ (EM) được truyền đi ở độ sâu 0,1 m. Sóng truyền qua và dọc theo lỗ khoan và phản xạ từ các giao diện trở kháng, sau đó sóng được ăng-ten thu thu và xử lý trước. Cấu hình sóng EM được phân tích bằng máy tính tại chỗ.



**Hình 3.** Bố trí thiết bị máy dò GPR kết hợp với Radar lỗ khoan, trong quá trình khảo sát địa chất tại khu vực xuất hiện hang Caster

**D. Thiết bị sử dụng của nhóm nghiên cứu:** Tại một số dự án cao tốc nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo điện đa cực Super-Sting R1/IP + 56 do hãng Advanced Geosciences (Mỹ) sản xuất (năm

2009) có một số ưu điểm vượt trội như dòng phát lên đến 2A với điện thế phát lên đến 400 V, tốc độ thu thập số liệu nhanh, phần mềm chuyên dụng xử lý số liệu nhanh.

Hình 4 là ảnh chụp máy Super-Sting đang thu thập số liệu ngoài thực địa. Máy đo điện đa cực Super-Sting gồm khối điều khiển chính, bộ chuyển mạch (Switch), 8 cuộn cáp điện, mỗi cuộn gồm 7 take-out để kết nối với điện cực, 56 cực bằng thép không gỉ và ắc quy (Hình 4). Dòng điện phát vào lòng đất từ 500 đến 2000 mA phụ thuộc vào điều kiện môi trường bên dưới.



**Hình 4.** Máy Super-Sting R1 / IP đang thực hiện khảo sát số liệu ngoài thực địa

**E. Quá trình thực hiện khảo sát địa vật lý:** Tiến hành công tác phát tuyến tạo hành lang để cắm điện cực và trải dây cáp chuyên dụng. Các cọc mốc phải được cắm theo phương thẳng hàng, đảm bảo đúng vị trí tuyến như để cương được phê duyệt.

Xác định và cắm mốc dọc theo tuyến đo với khoảng cách 10m/cọc bằng thiết bị trắc địa đo địa hình RTK.

Xác định mặt cắt địa hình dọc theo tuyến đo. Tại mỗi vị trí đóng điện cực, xác định tọa độ và cao độ của từng điện cực. Mặt cắt địa hình được sử dụng trong công tác xử lý số liệu đo ảnh điện đa cực.

- + Đóng 56 điện cực xuống vị trí các cọc mốc đã định sẵn.
- + Trải cáp chuyên dụng của thiết bị Super-Sting R1/IP. Kết nối 56 điện cực với cáp chuyên dụng.
- + Kết nối máy đo với cáp chuyên dụng.

+ Kiểm tra tiếp xúc giữa các điện cực với đất bằng thiết bị đảm bảo sai lệch giá trị trở kháng tiếp đất giữa hai cặp điện cực liên tiếp không quá 10%. Trong trường hợp điện trở tiếp đất thay đổi mạnh, cần thực hiện các biện pháp như tưới nước, nước muối hoặc hỗn hợp nước muối - bùn sét (dung dịch muối - Bentonite) nhằm giảm điện trở tiếp đất, đảm bảo phép đo có độ chính xác cao.

+ Thiết lập cấu hình hệ cực đo. Kiểm tra kết nối giữa máy với cáp, đảm bảo an toàn trên tuyến đo. Thực hiện công tác đo.

+ Máy đo tiến hành thu thập số liệu tự động. Trong suốt quá trình đo, phải đảm bảo an toàn của điện cực, dây cáp chuyên dụng. Không tiếp xúc với điện cực nhằm tránh bị điện giật. Thường xuyên ghi chú các đặc điểm về hệ cực, tên tuyến, khoảng cách điện cực và các đặc điểm nổi bật khác vào sổ ghi chép thực địa.

+ Thời gian đo máy: Phụ thuộc vào cấu hình hệ cực đo lựa chọn.

+ Kết thúc một tuyến đo: ghi số liệu vào file. Tắt máy và chuyển tuyến đo mới.

**F. Quy trình xử lý số liệu:** Công tác xử lý số liệu sơ bộ được tiến hành sau mỗi buổi đo thực địa và triết xuất các kết quả mặt cắt phân bố điện trở suất 2D dọc theo tuyến đo.

+ Công tác xử lý số liệu và minh giải tài liệu được tiến hành sau khi kết thúc công tác thực địa bao gồm cả số liệu địa hình.

+ Xây dựng mặt cắt cấu trúc địa chất - phân tầng đất đá, xác định đới đứt gãy được thực hiện và chuyển sang bản vẽ AutoCad (.dwg files) để phục vụ công tác thiết kế.

### 3. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ MÓNG CỌC TẠI HANG CASTER (KARST)

#### A. Giải pháp thiết kế khoan phụt vữa xi măng bịt hang

**Caster:** Phương pháp này thường dùng cho giải pháp đặt phía trên hang Caster (móng nông hoặc móng cọc có mũi cọc đặt phía trên

hang Caster) và địa chất bị điểm lỗ chỗ bởi những hang Caster kích thước nhỏ và dễ dàng khoan phụt vữa xi măng vào trong hang. Khả năng chịu lực của các hang Caster sẽ tăng lên, tính nén lún giảm xuống nhờ việc phụt vữa xi măng vào một số lượng lớn các hang. Nhờ khoan phụt vữa nên giảm bớt và ngăn chặn sự phát triển của hiện tượng xói sụt của các lớp đất phủ phía trên vào trong hang.

Nếu trong một lỗ khoan phụt vữa có nhiều hang chồng lên nhau, công tác phụt vữa cần được tiến hành từ hang dưới cùng và chỉ sau khi hoàn thành mới được di chuyển lên các hang phía trên. Trong trường hợp cần thiết, các vật liệu bịt khe có thể được đưa xuống để ngăn ngừa việc vữa xi măng chảy qua các hang khác. Mỗi lỗ khoan phụt vữa cần đi kèm với tối thiểu một lỗ thông khí hoặc một lỗ giảm áp có cùng đường kính và chiều sâu.

#### B. Giải pháp thiết kế móng cọc khoan nhồi xuyên qua hang

**Caster:** Móng cọc khoan nhồi có thể thi công đến độ sâu rất lớn nên có thể xuyên qua hệ thống hang hốc Caster đến tận tầng đá còn nguyên vẹn, nhờ đó kết cấu móng rất an toàn. Tuy nhiên, thi công cọc khoan nhồi trong vùng địa chất có hang Caster vẫn khó khăn hơn nhiều so với địa chất thông thường, khi thi công hay xảy ra sự cố. Sự xuất hiện của các hang dốc trong đá làm chiều dài thực tế của cọc thay đổi nhiều, thậm chí có trường hợp các cọc cạnh nhau có thể chèn nhau hàng chục mét.

Ống vách thép cần thiết kế để giữ thành hố khoan khi tạo lỗ và đổ bê tông được sử dụng thường xuyên khi gặp các hang Caster lớn, rỗng hoặc nước trong hang có vận tốc.

Khi gặp hang Caster chẹt thông nhau hoặc hang Caster sống có dòng chảy, dung dịch khoan có thể thất thoát qua các kẽ thông nhau này. Trường hợp gặp hang Caster sống có bùn nhão có thể xảy ra hiện tượng trái ngược là dự dâng cao đột ngột của dung dịch khoan. Khi rút ống vách lên, nếu dưới là hang Caster sống, đặc biệt các hang có nước có lưu tốc thì bê tông sẽ bị thất thoát. Để xử lý vấn đề này, khi rút ống vách lên, cần dùng ống vách phụ để làm cốp pha đổ bê tông. Ống vách phụ sẽ được để lại sau khi đổ bê tông xong.

### 4. KẾT LUẬN

Ngoài việc sử dụng các thiết bị thăm dò địa vật lý lỗ khoan, đối với các công trình cầu đi qua khu vực đá vôi có hang Caster thì quá trình khảo sát mỗi móng trụ phải bố trí tối thiểu 03 lỗ khoan trong cùng một bộ móng.

Kết quả minh giải tài liệu đo ảnh điện đa cực sẽ chính xác hơn nếu có thêm các thông tin địa chất để kiểm chứng như: cột địa tầng lỗ khoan trên tuyến, vật liệu lớp phủ, giá trị điện trở suất của lớp phủ theo kết quả phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm.

Các nhóm giải pháp thiết kế khoan phụt vữa xi măng bịt hang Caster và giải pháp móng cọc khoan nhồi xuyên qua hang Caster cần được nghiên cứu kỹ để nâng cao chất lượng của dự án và việc lựa chọn giải pháp móng cần đặt yếu tố An toàn lên hàng đầu nhưng vẫn phải đảm bảo tính kinh tế của giải pháp ở một mức độ nhất định.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. M. Z. Yang, D. Sajedi, E. C. Drumm, A. M. Ramakrishna, Design and Construction of Highway Structures in Karst Terrain, ASCE Library - GeoShanghai 2006.
2. Mohammed Farfour, Mohammed Farfour, Integration of Geophysical Methods for Doline Hazard Assessment: A Case Study from Northern Oman, Department of Earth Science, The Sultan Qaboos University, Muscat 123, Oman - Published: 13 June 2022.
3. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về thăm dò điện 57:2014/BTNMT theo Thông tư số 33/2014/TT-BTNMT ngày 10/6/2014 của Bộ TN&MT
4. Tiêu chuẩn Quốc gia số TCVN:9433/2012 về Điều tra, đánh giá thăm dò khoáng sản- Phương pháp ảnh điện đa cực do Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành kèm theo Quyết định số 2755/QĐ-BKHNC ngày 12/10/2012 của Bộ Khoa học công nghệ.

# Ứng xử động học phi tuyến kết cấu khung liên hợp chịu tải trọng động đất

Nonlinear inelastic dynamic behaviors of composite framed structures subjected to seismic loads

> PGS.TS HỒ NGỌC KHOA, THS LÊ THỊ PHƯƠNG LOAN, TS LƯU VĂN THỰC, TS VŨ CHÍ CÔNG\*

Bộ môn CN & QLXD, khoa XDDD&CN, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

\*Email: [congvc@huce.edu.vn](mailto:congvc@huce.edu.vn)

## TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một phương pháp mới sử dụng hàm ổn định và mô hình dẻo phân tán để nghiên cứu ứng xử động học phi đàn hồi phi tuyến tính của kết cấu khung CFST chịu tải trọng động đất bằng ngôn ngữ lập trình Fortran. Ưu thế của phương pháp này là khả năng nghiên cứu chính xác ứng xử phi tuyến chỉ với một phần tử dầm cột trên cấu kiện thay vì sử dụng các phần tử khối và tấm vỏ như truyền thống, từ đó giúp cải thiện hiệu suất trong quá trình phân tích mô hình. Thuật giải phi tuyến dựa vào phương pháp tích phân trực tiếp Newmark- $\beta$  đã được phát triển để giải các phương trình vi phân chủ đạo của chuyển động. Ma trận độ cứng phần tử được tích phân thông qua khung tích phân số Gauss-Lobatto trong khi ảnh hưởng phi tuyến hình học P- $\delta$  và P- $\Delta$  được xem xét thông qua việc áp dụng hàm ổn định và ma trận hình học tương ứng. Độ tin cậy và tính chính xác của phương pháp đề xuất được kiểm chứng thông qua việc so sánh kết quả phân tích với kết quả từ chương trình Abaqus. Kết quả đã chứng minh rằng việc sử dụng phần tử dầm cột trong phương pháp đề xuất mang lại kết quả chính xác, đồng thời giảm đáng kể tài nguyên tính toán. Đối với kết cấu khung CFST, thời gian phân tích bằng phương pháp đề xuất đã giảm gần 128 lần so với chương trình Abaqus. Do đó, phương pháp này hứa hẹn là một công cụ hữu ích cho thực hành thiết kế và phân tích kết cấu CFST chịu tải trọng động đất.

**Từ khóa:** Phân tích phi tuyến; thép nhồi bê tông; phần tử dầm cột; mô hình dẻo phân tán; ứng xử động học; tải động đất.

## ABSTRACT

This paper proposes a new method using stability functions and a distributed plasticity model to analyze the dynamic nonlinear inelastic behaviors of concrete-filled steel tubular (CFST) composite framed structures subjected to seismic loads via the Fortran programming language. The advantage of this method is the ability to accurately study the nonlinear behavior using only one beam-column element per member instead of using solid and shell elements as in traditional methods, thereby improving the model analysis time. A nonlinear algorithm based on the Newmark- $\beta$  direct integration scheme has been developed to solve the governing differential equations of motion. The element stiffness matrix is integrated through the Gauss-Lobatto numerical integration scheme, while the nonlinear geometric effects P- $\Delta$  and P- $\delta$  are considered using stability functions and corresponding geometric matrices. The reliability and accuracy of the proposed method are verified by comparing the analysis results with those obtained from Abaqus. The results demonstrate that, by using beam-column elements for simulation, the proposed method provides accurate results, while significantly reducing computational time. For the CFST framed structure, the analysis time using the proposed method has been reduced by almost 128 times compared to the Abaqus program. Therefore, the proposed method promises to be a useful tool for the practice of designing and analyzing CFST structures subjected to seismic loads.

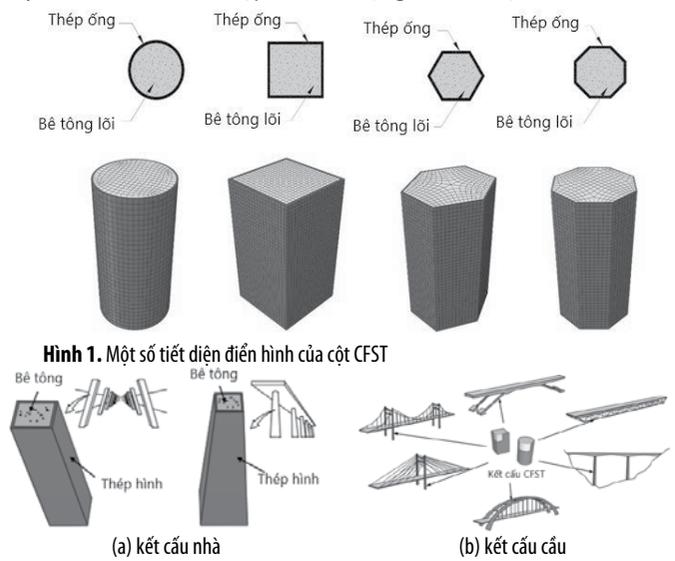
**Keywords:** Nonlinear inelastic analysis; CFST; Beam-column element; distributed plasticity model; dynamic behaviors; seismic loads.

## 1. GIỚI THIỆU

Trong thời gian gần đây, kết cấu liên hợp thép nhồi bê tông (CFST) đã trở thành lựa chọn phổ biến cho xây dựng cầu, nhà cao tầng và các công trình khác, nhờ vào những ưu điểm vượt trội như độ cứng cao, cường độ lớn, và khả năng hấp thụ năng lượng lớn. Đặc trưng điển hình của kết cấu CFST là một ống thép bọc bên ngoài và phần lõi bê tông ở bên trong [1], như được minh họa trong Hình

1. Giải pháp thiết kế này ảnh hưởng đáng kể đến cường độ nén của bê tông lõi bởi hiệu ứng giam giữ từ ống thép bên ngoài. Hơn nữa, bê tông kiểm chế ống thép bên ngoài, do đó, gia tăng khả năng chống mất ổn định cục bộ của thép. Bên cạnh đó, sử dụng thép ống làm ván khuôn cũng giảm thiểu chi phí và thời gian xây dựng [1]. Dạng kết cấu này đã được phát triển để có thể ứng dụng cho cả kết cấu nhà và cầu, như trong Hình 2. Vì vậy, để hiểu và có thể áp dụng

loại kết cấu này vào trong thực tiễn xây dựng, việc nghiên cứu ứng xử của loại kết cấu này là điều cần thiết. Nhiều nghiên cứu gần đây về kết cấu liên hợp CFST chịu tải trọng tĩnh đã được thực hiện với cả phương pháp thực nghiệm và mô phỏng số [2-14]. Có thể thấy, các nghiên cứu này mới chỉ tập trung vào ứng xử phi tuyến của kết cấu thanh liên hợp CFST chịu tải trọng tĩnh. Các nghiên cứu cho loại kết cấu này chịu tải trọng động đất còn rất hạn chế, mới tập trung vào một vài thí nghiệm như nghiên cứu của Wang [15] và Varma [16]. Mặc dù việc quan sát ứng xử động học phi tuyến của kết cấu CFST chịu tải trọng động thông qua thí nghiệm có thể đáng tin cậy, nhưng nó thường đắt đỏ, tốn thời gian và không thể áp dụng cho mọi tình huống. Do đó, sử dụng công cụ mô phỏng số được xem là lựa chọn thay thế hiệu quả để nghiên cứu ứng xử của loại kết cấu này. Cho đến nay, các phương pháp mô phỏng số thường dựa vào các gói phần mềm thương mại như Abaqus, Ls-dyna và Ansys để nghiên cứu ứng xử động học của kết cấu liên hợp CFST [17-20]. Có thể nhận thấy rằng, trong các gói phần mềm thương mại, các phần tử sử dụng để mô phỏng kết cấu CFST thường là phần tử khối và phần tử tấm vỏ và điều này làm cho quá trình mô phỏng trở nên tốn thời gian, phức tạp trong nhiều tình huống và gây ra những hạn chế trong quá trình thiết kế thực tế [21,22]. Để vượt qua nhược điểm này, các tác giả đề xuất phát triển một mô hình dầm cột fiber (mô hình thớ) để phân tích kết cấu CFST trong nghiên cứu. Chú ý ở đây, mọi phương pháp phân tích phi tuyến tiên tiến đều cần xem xét cả hai nguồn phi tuyến chính là phi tuyến hình học và phi tuyến vật liệu. Đối với phi tuyến hình học, điều này có thể được xác định thông qua việc sử dụng hàm nội suy chuyển vị như trong phương pháp phần tử hữu hạn truyền thống hoặc hàm ổn định [23]. Hàm nội suy chuyển vị được hình thành từ hàm dạng cho trường chuyển vị, do đó, để có được kết quả chính xác, cần sử dụng nhiều phần tử trên một cấu kiện, và điều này dẫn đến sự giảm hiệu suất tính toán. Hạn chế này có thể được vượt qua bằng cách sử dụng hàm ổn định, vì nó cho phép xem xét chính xác ảnh hưởng phi tuyến hình học P-δ chỉ với một hoặc hai phần tử. Phương pháp này đã được phát triển cho phân tích phi tuyến kết cấu thép và đã chứng minh hiệu quả hơn so với các gói phần mềm thương mại [23-25]. Tuy nhiên, hiện nay gần như chưa có nghiên cứu nào về phân tích động học phi tuyến của kết cấu liên hợp CFST sử dụng hàm ổn định.



**Hình 1.** Một số tiết diện điển hình của cột CFST  
**Hình 2.** Ứng dụng của kết cấu CFST trong xây dựng [1]  
 Trong bài báo này, một phương pháp tiên tiến mới kết hợp hàm ổn định và mô hình dầm phân tán sẽ được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình Fortran để nghiên cứu ứng xử động học phi đàn hồi phi tuyến tính

của kết cấu khung CFST chịu tải trọng động đất. Phương pháp này cải thiện thời gian phân tích bằng cách nghiên cứu chính xác ứng xử phi tuyến chỉ với một hoặc hai phần tử dầm cột thay vì sử dụng các phần tử khối và tấm vỏ như truyền thống. Thuật giải phi tuyến dựa vào phương pháp tích phân trực tiếp Newmark-β và phương pháp giải lặp Newton-Raphson đã được phát triển để giải các phương trình vi phân chủ đạo của chuyển động bởi vì tính ổn định số và tính đơn giản của thuật toán này. Độ tin cậy và tính chính xác của phương pháp đề xuất được kiểm chứng thông qua việc so sánh kết quả phân tích với kết quả từ Abaqus. Kết quả cho thấy rằng, khi sử dụng phần tử dầm cột để mô phỏng, phương pháp đề xuất đem lại kết quả chính xác và giảm thiểu đáng kể tài nguyên tính toán.

**2. CÔNG THỨC CHO PHẦN TỬ ĐỀ XUẤT**

**2.1. Phi tuyến bậc hai về mặt hình học P-δ**

Để nghiên cứu ảnh hưởng phi tuyến về mặt hình học do tương tác giữa lực dọc và momen uốn của phần tử dầm cột P-δ, nghiên cứu này đã áp dụng hàm ổn định được phát triển bởi Chen và đồng nghiệp [26]. Hàm ổn định có ưu điểm chính là có thể xem xét các ứng xử phi tuyến về mặt hình học P-δ chỉ với một hoặc hai phần tử trên một cấu kiện dầm cột, từ đó giảm đáng kể thời gian phân tích mô hình. Bằng cách xem xét một phần tử dầm cột với độ cong uốn hai chiều như minh họa trong Hình 3 (c), quan hệ giữa lực và chuyển vị của phần tử đó được suy luận bởi Kim và các đồng nghiệp [27] như dưới đây:

$$\{\Delta F\} = [K_e]\{\Delta d\} \tag{1}$$

$$\{\Delta F\} = [\Delta P \quad \Delta M_{y_i} \quad \Delta M_{y_j} \quad \Delta M_{z_i} \quad \Delta M_{z_j} \quad \Delta T]^T \tag{2}$$

$$\{\Delta d\} = [\Delta \delta \quad \Delta \theta_{y_i} \quad \Delta \theta_{y_j} \quad \Delta \theta_{z_i} \quad \Delta \theta_{z_j} \quad \Delta \phi]^T \tag{3}$$

$$[K_e] = \begin{bmatrix} \frac{E_c A}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{y_y} & C_{y_z} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{z_y} & C_{z_z} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{z_z} & C_{z_y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{y_z} & C_{y_y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} \end{bmatrix} \tag{4}$$

trong đó P biểu thị lực dọc,  $M_{y_i}$ ,  $M_{y_j}$ ,  $M_{z_i}$ , và  $M_{z_j}$  mô tả momen ở hai đầu của phần tử tương ứng với trục y và z; T là momen xoắn; δ đại diện cho biến dạng dọc trục;  $\theta_{y_i}$ ,  $\theta_{y_j}$ ,  $\theta_{z_i}$ , và  $\theta_{z_j}$  đặc trưng cho góc xoay của các nút ở hai đầu của phần tử tương ứng với trục y và z; φ là góc xoắn; G là modun cắt; E là modun đàn hồi của vật liệu; J là hằng số xoắn của mặt cắt; A là diện tích; L là chiều dài phần tử;  $S_{1n}$  và  $S_{2n}$  ( $n=y,z$ ) biểu thị các hàm ổn định tương ứng với trục y và z, và chúng được xác định bởi các phương trình dưới đây:

$$S_{1n} = \begin{cases} \frac{\pi\sqrt{\rho_n} [\sin(\pi\sqrt{\rho_n}) - \pi\sqrt{\rho_n} \cos(\pi\sqrt{\rho_n})]}{2 - 2\cos(\pi\sqrt{\rho_n}) - \pi\sqrt{\rho_n} \sin(\pi\sqrt{\rho_n})} & \text{ khi } P < 0 \\ \frac{\pi\sqrt{\rho_n} [\pi\sqrt{\rho_n} \cosh(\pi\sqrt{\rho_n}) - \sinh(\pi\sqrt{\rho_n})]}{2 - 2\cosh(\pi\sqrt{\rho_n}) + \pi\sqrt{\rho_n} \sinh(\pi\sqrt{\rho_n})} & \text{ khi } P > 0 \end{cases} \tag{5}$$

$$S_{2n} = \begin{cases} \frac{\pi\sqrt{\rho_n} [\pi\sqrt{\rho_n} - \sin(\pi\sqrt{\rho_n})]}{2 - 2\cos(\pi\sqrt{\rho_n}) - \pi\sqrt{\rho_n} \sin(\pi\sqrt{\rho_n})} & \text{ khi } P < 0 \\ \frac{\pi\sqrt{\rho_n} [\sinh(\pi\sqrt{\rho_n}) - \pi\sqrt{\rho_n}]}{2 - 2\cosh(\pi\sqrt{\rho_n}) + \pi\sqrt{\rho_n} \sinh(\pi\sqrt{\rho_n})} & \text{ khi } P > 0 \end{cases} \tag{6}$$

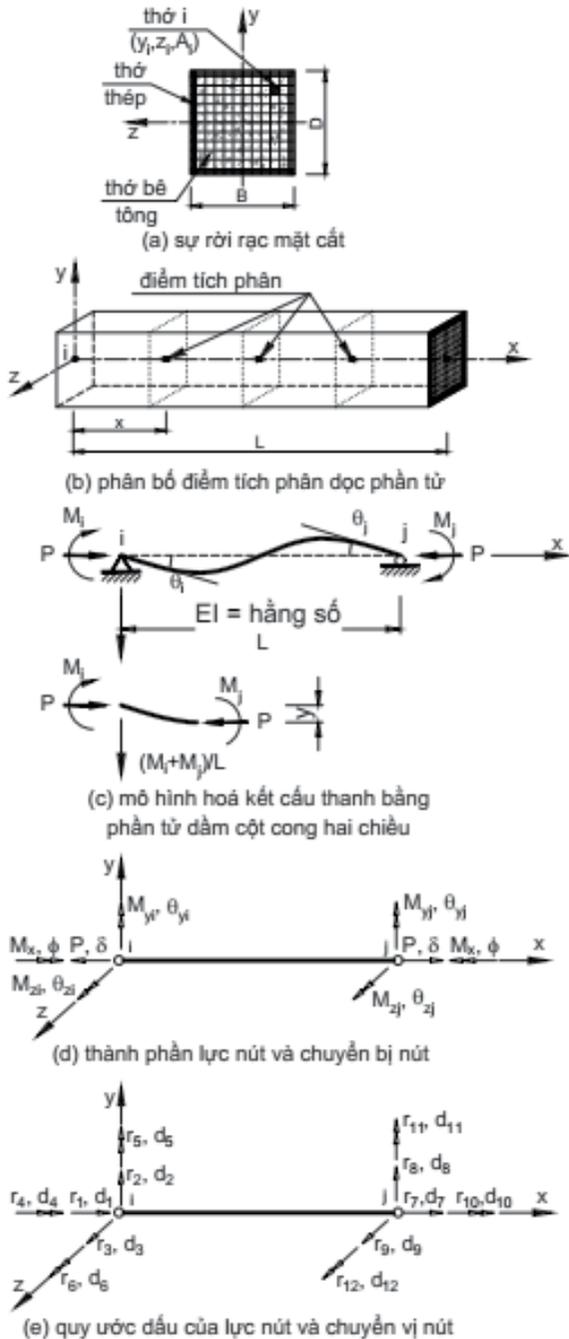
trong đó  $\rho_n = P/(\pi^2 E I_n / L^2)$ , giá trị P là dương nếu như lực dọc là kéo và ngược lại P là âm nếu như lực dọc là nén.

EA thể hiện độ cứng dọc trục của phần tử dầm cột fiber, trong khi  $E I_n$  và GJ tương ứng là độ cứng chống uốn và độ cứng xoắn của phần tử, như sau:

$$EA = \sum_{i=1}^s w_i \left( \sum_{i=1}^m E_i A_i \right) \quad (7)$$

$$E I_y = \sum_{i=1}^s w_i \left( \sum_{i=1}^m E_i A_i z_i^2 \right) \quad (8)$$

$$E I_z = \sum_{i=1}^s w_i \left( \sum_{i=1}^m E_i A_i y_i^2 \right) \quad (9)$$



Hình 3. Đề xuất phần tử dầm cột fiber cho phân tích kết cấu thanh liên hợp CFST

$$GJ = \sum_{i=1}^s G w_i \left[ \sum_{i=1}^m (y_i^2 + z_i^2) A_i \right] \quad (10)$$

trong các công thức trên, s đại diện cho số điểm tích phân phân bố dọc trục của phần tử dầm cột, như được minh họa trong Hình 3 (b); m biểu thị số lượng fiber trong một mặt cắt tại điểm tích phân;  $w_i$  là trọng số tích phân tương ứng;  $E_i$  là modun đàn hồi của vật liệu thứ  $i^{th}$ ;  $A_i$  là diện tích của fiber thứ  $i^{th}$ , và  $y_i$  và  $z_i$  tọa độ địa phương của fiber thứ  $i^{th}$  trong mặt cắt, tương ứng với hai trục z và y.

**2.2. Phi tuyến về mặt vật liệu**

Để nghiên cứu hiện tượng lan tỏa dẻo một cách từ từ trên một mặt cắt, bài báo này áp dụng mô hình phần tử dầm cột fiber. Nguyên tắc cơ bản của mô hình phần tử dầm cột fiber là chia một phần tử thành nhiều đoạn nhỏ thông qua các điểm tích phân. Tại mỗi điểm tích phân, tiết diện của phần tử sẽ được chia nhỏ thành một ma trận các thớ, được gọi là fiber, như được minh họa trong Hình 3 (a). Mỗi fiber được đặc trưng bởi các thông số diện tích  $A_i$ , tọa độ địa phương tương ứng với trục trọng tâm  $(y_i, z_i)$ , và ứng suất dư tương ứng nếu có. Sau đó, mỗi thớ sẽ được gán với một mô hình vật liệu riêng và các mô hình này sẽ cập nhật theo từng bước tải trọng trong quá trình phân tích.

Véc tơ lực trên mặt cắt  $\{S(x)\}$  và véc tơ lực gia tăng trên mặt cắt  $\{\Delta S(x)\}$  được mô tả như sau:

$$\{S(x)\} = [N(x) \quad M_y(x) \quad M_z(x)]^T \quad (11)$$

$$\{\Delta S(x)\} = [\Delta N(x) \quad \Delta M_y(x) \quad \Delta M_z(x)]^T \quad (12)$$

Véc tơ biến dạng  $\{s(x)\}$  và véc tơ biến dạng gia tăng trên mặt cắt  $\{\Delta s(x)\}$  được mô tả như sau:

$$\{s(x)\} = [\varepsilon(x) \quad \chi_y(x) \quad \chi_z(x)]^T \quad (13)$$

$$\{\Delta s(x)\} = [\Delta \varepsilon(x) \quad \Delta \chi_y(x) \quad \Delta \chi_z(x)]^T \quad (14)$$

Lực trên mặt cắt  $\{S(x)\}$  tại mỗi điểm tích phân được tính toán dựa trên lực nút phần tử  $\{\Delta F\}$  và ma trận hàm nội suy lực như được mô tả trong biểu thức dưới đây:

$$\{S(x)\} = [B(x)] \{\Delta F\} \quad (15)$$

$$[B(x)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\delta_z(\xi) & (\xi-1) & \xi & 0 & 0 & 0 \\ \delta_y(\xi) & 0 & 0 & (\xi-1) & \xi & 0 \end{bmatrix}, \xi = \frac{x}{L} \quad (16)$$

trong đó  $\delta_y(\xi)$  và  $\delta_z(\xi)$  là các thành phần chuyển vị ngang tương ứng với trục địa phương z và y. Các giá trị này được xác định dựa trên các biểu thức sau:

$$\delta_y(\xi) = \frac{M_{zj}}{E I_z k_z^2} \left[ \xi - \frac{\sin(k_z \xi L)}{\sin(k_z L)} \right] + \frac{M_{zj}}{E I_z k_z^2} \left[ 1 - \cos(k_z \xi L) - \xi + \frac{\sin(k_z \xi L)}{\tan(k_z L)} \right] \quad (17)$$

$$\delta_z(\xi) = \frac{M_{yj}}{E I_y k_y^2} \left[ -\xi + \frac{\sin(k_y \xi L)}{\sin(k_y L)} \right] + \frac{M_{yj}}{E I_y k_y^2} \left[ 1 - \cos(k_y \xi L) - \xi + \frac{\sin(k_y \xi L)}{\tan(k_y L)} \right] \quad (18)$$

Tiếp theo, biến dạng của mặt cắt sẽ được xác định dựa trên lực

mặt cắt như sau:  $\{\Delta s(x)\} = [k(x)]^{-1} \{\Delta S(x)\}$  (19)

ở đây ma trận độ cứng của mặt cắt được tính toán theo biểu thức dưới đây:

$$[k(x)] = \sum_{i=1}^m E_i A_i \begin{bmatrix} 1 & z_i & -y_i \\ z_i & z_i^2 & -y_i z_i \\ -y_i & -y_i z_i & y_i^2 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Dựa vào giả thiết rằng mặt cắt sẽ tiếp tục phẳng và vuông góc với trục phần tử sau khi có biến dạng, véc tơ gia tăng biến dạng của fiber dọc trục được xác định thông qua gia tăng biến dạng của mặt cắt như dưới đây:

$$\Delta \varepsilon_i(x, y, z) = \{a_i\}^T \{\Delta s(x)\} \quad (21)$$

trong công thức trên  $\{a_i\}^T$  là ma trận hình học tuyến tính, và ma trận này được xác định theo biểu thức sau:

$$\{a_i\}^T = \{-y_i \quad z_i \quad 1\}^T \quad (22)$$

Trong quá trình lập, ma trận độ cứng phần tử  $[K_e]$  và ma trận độ cứng mặt cắt  $[k(x)]$  sẽ liên tục được cập nhật sau mỗi bước gia tăng. Nội lực của mặt cắt được tính toán bằng cách tổng hợp lực dọc và momen uốn dọc trục của tất cả các fiber, như được mô tả trong phương trình dưới đây:

$$\{S_R\} = \begin{Bmatrix} N \\ M_y \\ M_z \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^m A_i \sigma_i \begin{Bmatrix} 1 \\ z_i \\ -y_i \end{Bmatrix} \quad (23)$$

### 2.3. Phi tuyến bậc hai về mặt hình học P-Δ

Phần này sẽ trình bày ảnh hưởng phi tuyến về mặt hình học P-Δ do xoay của các phần tử trong khung. Hình 3 (d) biểu diễn mối liên hệ giữa lực và chuyển vị tại các nút của phần tử dầm cột, trong khi Hình 3 (e) mô tả quy ước dấu của các lực và chuyển vị tương ứng. Mối quan hệ động học và cân bằng của phần tử dầm cột có thể được suy ra thông qua việc so sánh hai hình này và được trình bày như sau:

$$\{\Delta f_e\} = [T]_{6 \times 12}^T \{\Delta F\} \quad (24)$$

$$\{\Delta d\} = [T]_{6 \times 12} \{\Delta d_e\} \quad (25)$$

$$\{\Delta f_e\}^T = \{\Delta r_1 \quad \Delta r_2 \quad \Delta r_3 \quad \Delta r_4 \quad \Delta r_5 \quad \Delta r_6 \quad \Delta r_7 \quad \Delta r_8 \quad \Delta r_9 \quad \Delta r_{10} \quad \Delta r_{11} \quad \Delta r_{12}\} \quad (26)$$

$$\{\Delta d_e\}^T = \{\Delta d_1 \quad \Delta d_2 \quad \Delta d_3 \quad \Delta d_4 \quad \Delta d_5 \quad \Delta d_6 \quad \Delta d_7 \quad \Delta d_8 \quad \Delta d_9 \quad \Delta d_{10} \quad \Delta d_{11} \quad \Delta d_{12}\} \quad (27)$$

ở đây  $\{\Delta f_e\}$  và  $\{\Delta d_e\}$  đại diện cho các véc tơ lực nút và chuyển vị nút tương ứng của một phần tử hữu hạn dầm cột;  $\{\Delta F\}$  và  $\{\Delta d\}$  mô tả véc tơ lực nút và chuyển vị nút của phần tử dầm cột, trong khi  $[T]_{6 \times 12}$  là ma trận chuyển trí và được tính toán như dưới đây:

$$[T]_{6 \times 12} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (28)$$

Dùng ma trận biến đổi từ mối liên hệ động học và cân bằng, liên hệ giữa véc tơ lực nút và chuyển vị nút được xác định như dưới đây:

$$\{\Delta f_e\} = [K_e^1] \{\Delta d_e\} \quad (29)$$

trong đó  $[K_e^1]$  là ma trận độ cứng phần tử, và được tính toán như biểu thức sau:

$$[K_e^1]_{12 \times 12} = [T]_{6 \times 12}^T [K_e]_{6 \times 6} [T]_{6 \times 12} \quad (30)$$

Công thức (25) được áp dụng cho trường hợp của phần tử dầm cột không có khả năng xoay. Tuy nhiên, nếu phần tử có khả năng xoay, sẽ xuất hiện lực dọc và lực cắt gia tăng trong phần tử. Các lực gia tăng này có thể được liên kết với chuyển vị nút thông qua phương trình sau:

$$\{\Delta f_s\} = [K_e^2] \{\Delta d_e\} \quad (31)$$

trong đó  $[K_e^2]_{12 \times 12}$  là ma trận độ cứng phần tử do tác động xoay của các thành phần của khung và ma trận này được xác định như dưới đây:

$$[K_e^2]_{12 \times 12} = \begin{bmatrix} [K_s^2] & -[K_s^2] \\ -[K_s^2]^T & [K_s^2] \end{bmatrix} \quad (32)$$

trong đó

$$[K_s^2] = \begin{bmatrix} 0 & (M_{zi} + M_{zj})/L^2 & (M_{yi} + M_{yj})/L^2 & 0 & 0 & 0 \\ (M_{zi} + M_{zj})/L^2 & P/L & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (M_{yi} + M_{yj})/L^2 & 0 & P/L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

Bằng cách so sánh phương trình (24) và (29) với nhau, mối liên hệ giữa lực và chuyển vị của phần tử dầm cột có thể được tính toán theo công thức sau:

$$\{\Delta f_e^{Global}\} = [K_e^{Global}] \{\Delta d_e\} \quad (34)$$

với

$$\{\Delta f_e^{Global}\} = \{\Delta f_e\} + \{\Delta f_s\} \quad (35)$$

$$[K_e^{Global}] = [K_e^1] + [K_e^2] \quad (36)$$

## 3. MỐI QUAN HỆ ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG CHO PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC

### 3.1. Đường cong ứng suất - biến dạng của thép hình kết cấu

Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của thép hình trong nghiên cứu này được mô tả thông qua một mô hình hai đoạn, theo đề xuất của Tài và đồng nghiệp [23]. Mô hình vật liệu này được minh họa trong Hình 4 và được biểu diễn bằng công thức (37), áp dụng cho quy luật hạ tải và gia tải lại:

$$\sigma_s = \begin{cases} E_s \varepsilon_s & \text{cho } -\varepsilon_{ys} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ys} \\ f_{ys} & \text{cho } \varepsilon_{ys} < \varepsilon_s < \varepsilon_{us} \\ -f_{ys} & \text{cho } -\varepsilon_{us} < \varepsilon_s < -\varepsilon_{ys} \end{cases} \quad (37)$$

trong đó tham số  $E_s$  là mô đun đàn hồi của thép hình,  $f_{ys}$  và  $\varepsilon_{ys}$  tương ứng là ứng suất và biến dạng chảy trong thép hình. Chú ý, biến dạng cực hạn được lựa chọn là  $\varepsilon_{us} = 0,1$  cho thép dẹt nguội và thép cường độ cao và 0,2 cho thép kết cấu thông thường.

### 3.2. Đường cong ứng suất - biến dạng của bê tông bị kiểm chế

Kết cấu thép hộp giúp kiểm chế sự nở ngang của lõi bê tông, do đó, dẫn đến sự cải thiện đáng kể về cả cường độ và độ dẻo của bê tông trong kết cấu CFST. Trong nghiên cứu này, mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của bê tông nhồi chịu tải trọng động sẽ được

xem xét theo Hình 5, dựa trên công trình nghiên cứu của Mander và đồng nghiệp [28]. Giai đoạn đầu kéo dài từ 0 đến giá trị biến dạng  $\epsilon$  trong vùng nén và được biểu thị như sau:

$$\sigma_c = \begin{cases} (f'_{cc}kr)/(r-1+k^r) & \text{cho } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_c \\ f'_{cc} & \text{cho } \epsilon'_c < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu1} \\ 100(f'_{cc} - \alpha_c f'_{cc})(0,015 - \epsilon_c) + \alpha_c f'_{cc} & \text{cho } \epsilon_{cu1} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2} \\ \alpha_c f'_{cc} & \text{cho } \epsilon_c > \epsilon_{cu2} \end{cases} \quad (38)$$

với

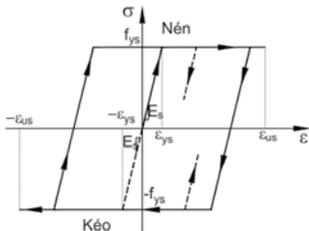
$$k = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_{cc}} \quad (39)$$

trong đó  $\sigma_c$  là cường độ nén trong khi  $\epsilon_c$  là biến dạng nén tương ứng.

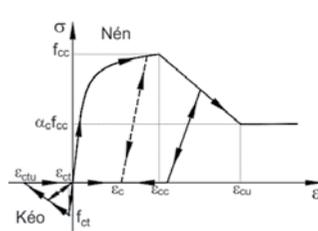
$$r = \frac{E_c}{E_c - (f'_{cc}/\epsilon'_{cc})} \quad (40)$$

Thông tin về các tham số  $E_c$ ,  $f_{cc}$ ,  $\epsilon'_{cc}$ , nhân tố suy giảm cường độ, và áp lực ngang gây ra kiểm chế sự nở ngang của bê tông có thể tìm thấy trong nghiên cứu của Liang [29]. Theo đó, cường độ nén của bê tông bị kiểm chế trong thép ống được xác định như dưới đây:

$$\sigma_c = \begin{cases} f'_{cc} & \text{cho } \epsilon'_{cc} \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu1} = 0,005 \\ 100(f'_{cc} - \alpha_c f'_{cc})(0,015 - \epsilon_c) + \alpha_c f'_{cc} & \text{cho } \epsilon_{cu1} = 0,005 < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2} = 0,015 \\ \alpha_c f'_{cc} & \text{cho } \epsilon_c > \epsilon_{cu2} = 0,015 \end{cases} \quad (41)$$



**Hình 4.** Quan hệ ứng suất và biến dạng của thép hình kết cấu



**Hình 5.** Quan hệ ứng suất và biến dạng của bê tông kiểm chế

Trong vùng bê tông chịu kéo, ứng suất kéo được giả thiết là tăng tuyến tính tới giá trị  $0,6\sqrt{f'_{cc}}$  với biến dạng kéo tăng tương ứng tới khi bê tông nứt. Sau khi bê tông nứt, ứng suất kéo được xem xét là giảm tuyến tính tới giá trị 0.

**4. THUẬT GIẢI ĐỘNG HỌC PHI TUYẾN**

Để thực hiện phân tích động lực học phi đàn hồi phi tuyến tính cho khung liên hợp, một thuật giải phi tuyến đã được phát triển dựa trên phương pháp tích phân trực tiếp Newmark [30] và phương pháp giải lập Newton-Raphson để giải các phương trình vi phân chủ đạo của chuyển động bởi vì tính ổn định số và tính đơn giản của thuật toán này, như được minh họa trong Hình 6. Phương trình gia tăng của chuyển động của một kết cấu có thể được biểu diễn bằng phương trình dưới đây:

$$[M]\{\Delta\ddot{D}^{t+\Delta t}\} + [C]\{\Delta\dot{D}^{t+\Delta t}\} + [K_T]\{\Delta D^{t+\Delta t}\} = \{\Delta F_{ext}^{t+\Delta t}\} \quad (42)$$

trong đó  $[M]$  là ma trận khối lượng,  $[C]$  là ma trận cản nhớt, và  $[K_T]$  là các ma trận độ cứng tiếp tuyến;  $\{\Delta\ddot{D}\}$  ký hiệu cho véc tơ gia tăng gia tốc, trong khi  $\{\Delta\dot{D}\}$  là véc tơ gia tăng vận tốc, và  $\{\Delta D\}$  là véc tơ gia tăng chuyển vị;  $\{\Delta F_{ext}\}$  là véc tơ gia tăng lực ngoài; và các chỉ số  $t$  và  $t + \Delta t$  được sử dụng để mô tả các giá trị ở

thời điểm  $t$  và  $t + \Delta t$ . Ma trận cản nhớt  $[C]$  có thể được xác định dựa vào công thức Rayleigh [31], như dưới đây:

$$[C] = \alpha_M [M] + \beta_K [K_T] \quad (43)$$

ở đây  $\alpha_M$  là tham số cản nhớt tỉ lệ với khối lượng, và  $\beta_K$  biểu thị hệ số giảm chấn tỷ lệ với độ cứng.

Gia tốc và vận tốc gia tăng ở vòng lặp đầu tiên của mỗi bước thời gian có thể được tính bằng phương pháp gia tốc trung bình của họ Newmark với các tham số ( $\gamma = 1/2$  and  $\beta = 1/4$ ) [30], như các phương trình dưới đây:

$$\{\Delta\ddot{D}^{t+\Delta t}\} = \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \{\Delta D^{t+\Delta t}\} - \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \{\dot{D}^t\} - \frac{1}{2\beta} \{\ddot{D}^t\} \quad (44)$$

$$\{\Delta\dot{D}^{t+\Delta t}\} = \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \{\Delta D^{t+\Delta t}\} - \frac{\gamma}{\beta} \{\dot{D}^t\} + \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right) \Delta t \{\ddot{D}^t\} \quad (45)$$

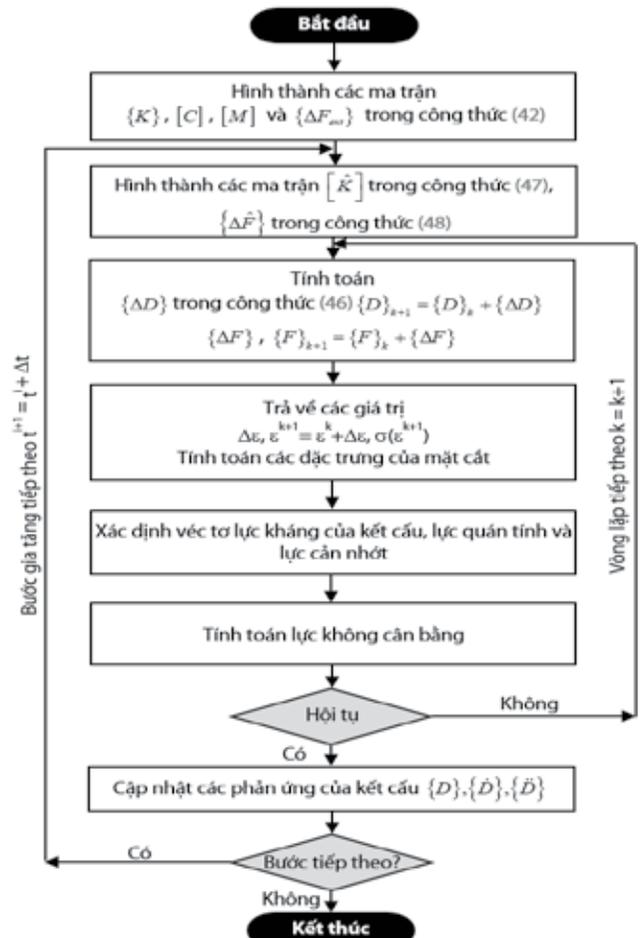
Thay thế phương trình (44) và (45) vào trong phương trình (42), gia tăng chuyển vị của kết cấu có thể được tính toán như sau:

$$[\hat{K}]\{\Delta D^{t+\Delta t}\} = \{\Delta \hat{F}\} \quad (46)$$

trong đó  $[\hat{K}]$  biểu thị ma trận độ cứng hiệu quả và  $\{\Delta \hat{F}\}$  là dạng gia tăng của véc tơ lực hiệu quả, như dưới đây:

$$[\hat{K}] = [K_T] + \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} [M] + \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} [C] \quad (47)$$

$$\{\Delta \hat{F}\} = \{\Delta F^{t+\Delta t}\} + \left\{ \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \{\dot{D}^t\} + \frac{1}{2\beta} \{\ddot{D}^t\} \right\} [M] + \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \{\dot{D}^t\} - \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right) \Delta t \{\ddot{D}^t\} \right\} [C] \quad (48)$$



**Hình 6.** Sơ đồ phân tích động học phi đàn hồi phi tuyến tính

Phương pháp giải lặp Newton-Raphson sẽ được sử dụng để loại bỏ các lực không cân bằng trong mỗi bước. Chuyển vị tổng cộng, vận tốc tổng cộng và gia tốc tổng cộng tại thời điểm  $t + \Delta t$  được cập nhật dựa trên vectơ chuyển vị gia tăng  $\{\Delta D^{t+\Delta t}\}$  ở lần lặp đầu tiên ( $k = 1$ ) của mỗi bước gia tăng và được tính toán trong các biểu thức dưới đây:

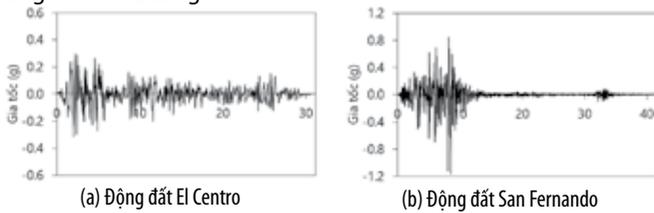
$$\{D^{t+\Delta t}\} = \{D^t\} + \{\Delta D^{t+\Delta t}\} \quad (49)$$

$$\{\dot{D}^{t+\Delta t}\} = \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta}\right)\Delta t \{\ddot{D}^t\} + \left(1 - \frac{\gamma}{\beta}\right)\{\dot{D}^t\} + \frac{\gamma}{\beta \cdot \Delta t} \{\Delta D^{t+\Delta t}\} \quad (50)$$

$$\{\ddot{D}^{t+\Delta t}\} = \left(1 - \frac{1}{2\beta}\right)\{\ddot{D}^t\} - \frac{1}{\beta \cdot \Delta t} \{\dot{D}^t\} + \frac{1}{\beta \cdot \Delta t^2} \{\Delta D^{t+\Delta t}\} \quad (51)$$

### 5. KIỂM CHỨNG VÀ ÁP DỤNG

Trong mục này, hai ví dụ số sẽ được thực hiện để kiểm chứng tính chính xác và hiệu quả tính toán của phương pháp đề xuất trong nghiên cứu về ứng xử động học phi đàn hồi phi tuyến tính của kết cấu liên hợp CFST dưới tác dụng của động đất. Kết quả từ phương pháp đề xuất sẽ được so sánh với kết quả từ chương trình phân tích thương mại Abaqus. Bằng việc sử dụng các công thức đã thiết lập cho phần tử dầm cột, một chương trình máy tính sẽ được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình Fortran để sử dụng trong quá trình phân tích. Đối với tất cả các ví dụ, hai trận động đất xảy ra ở Northridge và San Fernando với cường độ khác nhau sẽ được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích và đánh giá [32], được minh họa trong Hình 7 và Bảng 1.



Hình 7. Bản ghi của các động đất.

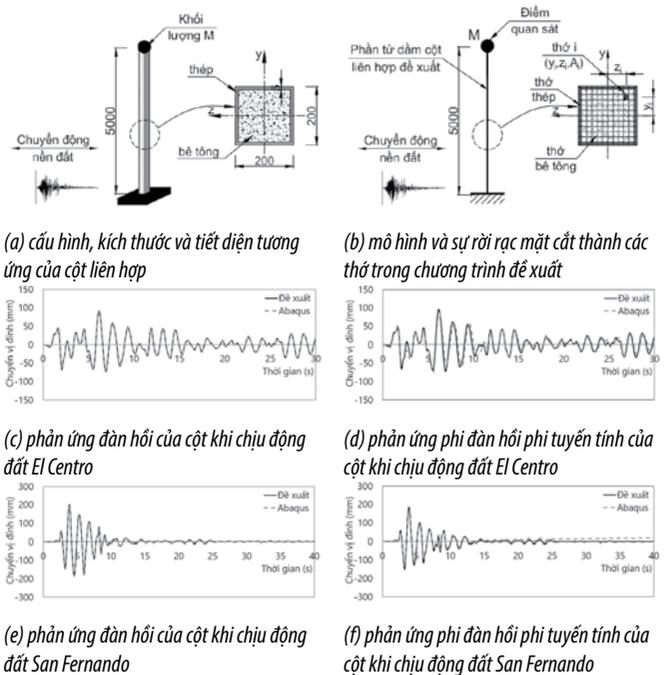
Bảng 1. Bước thời gian và gia tốc mặt đất cực đại của trận động đất

Động đất	Năm	Bước thời gian (s)	Tổng thời gian (s)	Gia tốc mặt đất cực đại (g)
El Centro	1940	0,020	31,18	0,319
San Fernando	1971	0,010	41,64	1,160

#### 5.1. Cột liên hợp chịu tải động đất

Ví dụ này được thực hiện để kiểm chứng tính chính xác của phương pháp đề xuất bằng cách so sánh kết quả thu được từ phương pháp đề xuất với kết quả từ Abaqus. Cấu hình, kích thước và tiết diện của cột liên hợp chịu tải trọng động đất được minh họa trong Hình 8 (a). Kết cấu cột được mô hình hoá như hệ một bậc tự do với khối lượng tập trung ở đầu cột  $M = 10 \text{ Ns}^2/\text{m}$ . Mô hình và sự rời rạc tiết diện trong chương trình để xuất được thể hiện trong Hình 8 (b). Chú ý ở đây, vật liệu được sử dụng là tương tự cho tất cả các tình huống động đất phân tích. Với kết cấu thép hộp, cường độ chảy dẻo vật liệu thép là  $f_{ys} = 300,0 \text{ N/mm}^2$ , và mô đun đàn hồi  $E = 2,00 \times 10^5 \text{ MPa}$ . Trong khi đó, cường độ chịu nén mẫu lập phương của bê tông là  $f_c = 30,0 \text{ MPa}$  và sẽ được chuyển đổi thành cường độ nén dầm trụ tròn. Đối với mô hình Abaqus, lõi bê tông của cột được mô hình bằng phần tử khối C3D8R, trong khi thép hộp bên ngoài được mô hình bằng phần tử tấm S4R. Phần tử tấm S4R được sử dụng để

mô phỏng cho thép hộp vì loại phần tử này là phù hợp nhất cho dạng kết cấu thép thành mỏng [33]. Liên kết \*SURFACE-TO-SURFACE được sử dụng để mô tả liên kết giữa lõi bê tông và thép hộp. Bên cạnh đó, lựa chọn \*INERTIA MANAGER được sử dụng để gán khối lượng tập trung và tham số  $\alpha_M$ . Vật liệu bê tông được mô phỏng sử dụng mô hình \*CONCRETE DAMAGED PLASTICITY, trong khi đó vật liệu thép được mô tả bằng mối quan hệ ứng suất biến dạng hai đoạn bi-linear. Một nghiên cứu độ nhạy cũng đã được thực hiện để lựa chọn kích thước lưới phần tử cho mô hình trong Abaqus với kết quả và thời gian phân tích hợp lý. Sau phân tích hội tụ, 1600 phần tử khối C3D8R được sử dụng để mô hình cột bê tông lõi trong khi kết cấu thép hộp lại được mô phỏng bởi 1600 phần tử tấm S4R.



Hình 8. Cột liên hợp chịu tải động đất

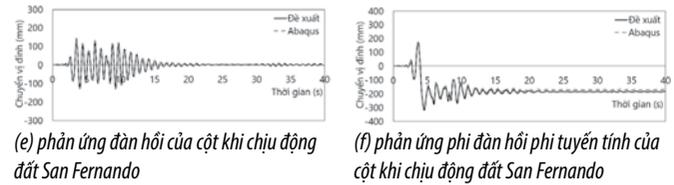
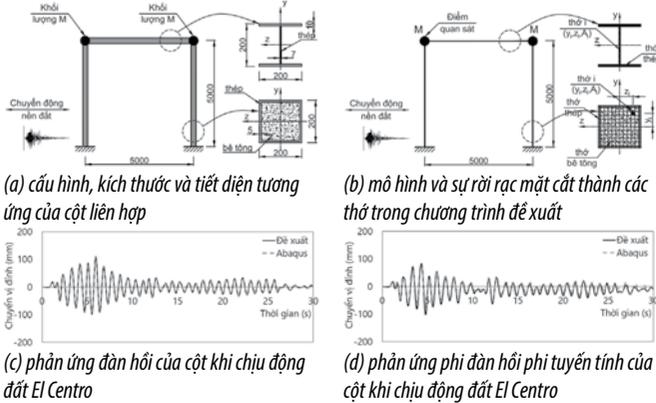
Phản ứng chuyển vị đỉnh của cột theo thời gian giữa phân tích bằng chương trình để xuất và Abaqus cho cả hai dạng phân tích: (i) đàn hồi, và (ii) phi đàn hồi phi tuyến tính được so sánh trong Hình 8 (c) - (d) cho động đất El Centro và Hình 8 (e) - (f) cho động đất San Fernando. Kết quả phân tích từ chương trình để xuất gần như tương đồng với kết quả từ Abaqus. Chuyển vị đỉnh của cột dưới các động đất và các phân tích khác nhau được tổng hợp trong Bảng 2. Có thể thấy, một sự tương đồng trong kết quả chuyển vị đỉnh cực hạn được tiên đoán bởi hai chương trình là gần như nhau. Đối với động đất El Centro, tỉ lệ giữa chuyển vị đỉnh cực hạn phân tích bởi hai chương trình chỉ khác nhau dưới 0,5 % cho phân tích đàn hồi và dưới 8,6 % cho phân tích phi đàn hồi phi tuyến tính. Tương tự với động đất San Fernando, các giá trị khác nhau này lần lượt là 0,1 % và 8,9 %. Để xem xét hiệu quả tính toán số của chương trình đã đề xuất, một máy tính với cấu hình Core i7-3930K và RAM 32,0 GB đã cùng được sử dụng cho cả hai phương pháp phân tích. Kết quả cho thấy, với động đất El Centro và cho phân tích phi đàn hồi phi tuyến tính, chương trình để xuất đã phân tích kết cấu cột chỉ trong 15,2 giây trong khi Abaqus đã phân tích cột đó trong 31,0 phút. Điều này cho thấy hiệu quả phân tích số của phương pháp đã đề xuất là đáng kể, gấp hơn 122 lần chương trình Abaqus. Như vậy, có thể thấy rằng chương trình để xuất có độ chính xác và hiệu quả tính toán cao khi sử dụng để phân tích động học phi đàn hồi phi tuyến tính cột liên hợp chịu tải trọng động đất.

**Bảng 2** So sánh chuyển vị đỉnh của cột liên hợp chịu động đất.

Động đất	Loại phân tích	Giá trị	Chuyển vị đỉnh		Abaqus Đề xuất
			Đề xuất	Abaqus	
El Centro	Đàn hồi	Lớn nhất	92,0	91,5	0,995
		Nhỏ nhất	-73,3	-73,0	0,996
	Phi đàn hồi phi tuyến tính	Lớn nhất	93,9	85,8	0,914
		Nhỏ nhất	-75,1	-73,2	0,975
San Fernando	Đàn hồi	Lớn nhất	202,2	201,9	0,999
		Nhỏ nhất	-186,4	-186,2	0,999
	Phi đàn hồi phi tuyến tính	Lớn nhất	185,6	169,0	0,911
		Nhỏ nhất	-150,6	-139,9	0,928

**5.2. Khung phẳng liên hợp chịu tải trọng động đất**

Ví dụ tiếp theo là một khung cổng liên hợp chịu tải trọng động đất với các đặc tính vật liệu và hình dạng hình học như trên Hình 9 (a). Vì không có kết quả của thí nghiệm nên chương trình Abaqus sẽ được sử dụng cho mục đích kiểm chứng tính chính xác của chương trình đề xuất. Mô hình và sự rời rạc mặt cắt trong chương trình đề xuất được trình bày trong Hình 9 (b). Tương tự như ví dụ trước, cường độ chảy dẻo vật liệu thép là  $f_{ys} = 300,0 \text{ N/mm}^2$ , và mô đun đàn hồi  $E = 2,00 \times 10^5 \text{ MPa}$  trong khi đó cường độ chịu nén mẫu lập phương của bê tông là  $f_c' = 30,0 \text{ MPa}$ . Đối với mô hình Abaqus, cũng như ví dụ trước, lõi bê tông được mô hình bằng phần tử khối C3D8R, trong khi thép hộp bên ngoài cột và dầm thép hình chữ I được mô hình bằng phần tử tấm S4R. Liên kết \*SURFACE-TO-SURFACE được sử dụng để mô tả liên kết giữa lõi bê tông và thép hộp. Bên cạnh đó, lựa chọn \*INERTIA MANAGER được sử dụng để gán khối lượng tập trung và tham số  $\alpha_M$ . Vật liệu bê tông được mô phỏng sử dụng mô hình \*CONCRETE DAMAGED PLASTICITY, trong khi đó vật liệu thép được mô tả bằng mối quan hệ ứng suất biến dạng hai đoạn bi-linear.



**Hình 9.** Khung phẳng liên hợp chịu tải trọng động đất

Đường cong chuyển vị đỉnh của cột theo thời gian giữa phân tích bằng chương trình đề xuất và Abaqus cho cả hai dạng phân tích: (i) đàn hồi, và (ii) phi đàn hồi phi tuyến tính được so sánh trong Hình 9 (c) - (d) cho động đất El Centro và Hình 9 (e) - (f) cho động đất San Fernando. Kết quả từ chương trình đề xuất gần như trùng khớp với kết quả từ Abaqus. Chuyển vị đỉnh của cột dưới các động đất và các phân tích khác nhau được tổng hợp trong Bảng 3. Có thể thấy, một sự tương đồng trong kết quả chuyển vị đỉnh cực hạn được tiên đoán bởi hai chương trình là gần như nhau. Đối với động đất El Centro, tỉ lệ giữa chuyển vị đỉnh cực hạn phân tích bởi hai chương trình chỉ khác nhau dưới 0,8 % cho phân tích đàn hồi và dưới 6,7 % cho phân tích phi đàn hồi phi tuyến tính. Tương tự với động đất San Fernando, các giá trị khác nhau này lần lượt là 0,1 % và 3,0 %. Để xem xét hiệu quả tính toán số của chương trình đã đề xuất, một máy tính với cấu hình Core i7-3930K và RAM 32,0 GB đã cùng được sử dụng cho cả hai phương pháp phân tích. Kết quả cho thấy, với động đất El Centro và cho phân tích phi đàn hồi phi tuyến tính, chương trình đề xuất chỉ phân tích kết cấu khung CFST trong 47,75 giây trong khi Abaqus đã phân tích khung trong 101,8 phút. Điều này cho thấy hiệu quả phân tích số của phương pháp đã đề xuất là đáng kể, gấp gần 128 lần chương trình thương mại Abaqus. Điều này chứng minh rằng phương pháp đã đề xuất có thể phân tích chính xác ứng xử phi tuyến của dầm khung liên hợp chịu tải trọng động đất với hiệu suất tính toán cao.

**Bảng 3** So sánh chuyển vị đỉnh của khung phẳng liên hợp chịu động đất.

Động đất	Loại phân tích	Giá trị	Chuyển vị đỉnh		Abaqus Đề xuất
			Đề xuất	Abaqus	
El Centro	Đàn hồi	Lớn nhất	109,5	110,4	1,008
		Nhỏ nhất	-98,2	-98,9	1,007
	Phi đàn hồi phi tuyến tính	Lớn nhất	70,8	66,9	0,945
		Nhỏ nhất	-85,2	-79,5	0,933
San Fernando	Đàn hồi	Lớn nhất	141,9	141,7	0,999
		Nhỏ nhất	-128,5	-128,6	1,001
	Phi đàn hồi phi tuyến tính	Lớn nhất	169,3	165,0	0,975
		Nhỏ nhất	-309,6	-300,2	0,970

## 6. KẾT LUẬN

Một phương pháp tiên tiến mới đã được phát triển thành công bằng ngôn ngữ lập trình Fortran. Phương pháp này kết hợp hàm ổn định và mô hình dẻo phân tán vào trong phần tử dầm cột thớ (fiber), nhằm tiên đoán ứng xử động học phi đàn hồi phi tuyến tính của kết cấu liên hợp CFST chịu tải trọng động đất. Các kết quả chính thu được như sau:

(1) Phương pháp được đề xuất có khả năng phân tích chính xác và hiệu quả ứng xử động học phi đàn hồi phi tuyến tính của kết cấu liên hợp CFST chịu tải trọng động đất bằng việc sử dụng phần tử dầm cột. Kết quả phân tích từ chương trình đề xuất gần như tương đồng với kết quả từ Abaqus cho cả kết cấu cột liên hợp CFST, và khung liên hợp CFST kích thước lớn. Do đó, phương pháp đã đề xuất hứa hẹn sẽ cung cấp một công cụ hữu ích cho thực hành thiết kế kháng chấn kết cấu liên hợp CFST.

(2) Sử dụng cùng một máy tính có cấu hình Core i7-3930K và RAM 32,0 GB cho cả hai phương pháp phân tích, kết quả cho thấy rằng, với động đất El Centro và phân tích phi đàn hồi phi tuyến tính, chương trình đề xuất phân tích kết cấu khung CFST chỉ trong 47,75 giây, trong khi Abaqus đã mất 101,8 phút để phân tích khung tương tự. Điều này cho thấy hiệu quả vượt trội trong phân tích số của phương pháp đề xuất, gấp gần 128 lần so với chương trình thương mại Abaqus.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Han Lin-Hai, Li Wei, Bjorhovde Reidar (2014), "Developments and advanced applications of concrete-filled steel tubular (CFST) structures: Members", *Journal of constructional steel research*, 100: 211-228.
- [2] Bình CT, "Nghiên cứu thực nghiệm cột ống thép nhồi bê tông trong điều kiện cháy", *Đại học kiến trúc Hà Nội*.
- [3] Danh Nguyễn Thế, NghiêM Đoàn Ngọc Tịnh, Quy Phan Thị Tường, Lan Nguyễn Thị Tố, Hiếu Nguyễn Văn, Cường Ngô Hữu (2024), "Phân tích tính phi tuyến hình học và vật liệu cấu kiện dầm-cột ống thép tròn nhồi bê tông", *Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN*, 18 (1V): 13-25.
- [4] Thai Huu-Tai, Kim Seung-Eock (2011), "Nonlinear inelastic analysis of concrete-filled steel tubular frames", *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (12): 1797-1805.
- [5] Wang Wen Da, Han Lin Hai, Zhao Xiao Ling (2009), "Analytical behavior of frames with steel beams to concrete-filled steel tubular column", in *Journal of Constructional Steel Research* [Ed. Editors], [Publisher], [Place Published], [Pages].
- [6] Lee Seong-Hui, Uy Brian, Kim Sun-Hee, Choi Young-Hwan, Choi Sung-Mo (2011), "Behavior of high-strength circular concrete-filled steel tubular (CFST) column under eccentric loading", *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (1): 1-13.
- [7] Han Lin-Hai, An Yu-Feng (2014), "Performance of concrete-encased CFST stub columns under axial compression", *Journal of Constructional Steel Research*, 93: 62-76.
- [8] Cai Jingming, Pan Jinlong, Li Guanhua, Elchalakani Mohamed (2023), "Behaviors of eccentrically loaded ECC-encased CFST columns after fire exposure", *Engineering Structures*, 289: 116258.
- [9] Han Lin-Hai, He Shan-Hu, Liao Fei-Yu (2011), "Performance and calculations of concrete filled steel tubes (CFST) under axial tension", *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (11): 1699-1709.
- [10] Ren Qing-Xin, Han Lin-Hai, Lam Dennis, Hou Chao (2014), "Experiments on special-shaped CFST stub columns under axial compression", *Journal of Constructional Steel Research*, 98: 123-133.
- [11] Yang You-Fu, Han Lin-Hai (2012), "Concrete filled steel tube (CFST) columns subjected to concentrically partial compression", *Thin-walled structures*, 50 (1): 147-156.
- [12] Liao Fei-Yu, Han Lin-Hai, He Shan-Hu (2011), "Behavior of CFST short column and beam with initial concrete imperfection: Experiments", *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (12): 1922-1935.
- [13] Zeng Jun-Jie, Zheng Yu-Wen, Liu Feng, Guo Yong-Chang, Hou Chao (2021), "Behavior of FRP Ring-Confined CFST columns under axial compression", *Composite Structures*, 257: 113166.
- [14] Furlong Richard W (1967), "Strength of steel-encased concrete beam columns", *Journal of the Structural Division*, 93 (5): 113-124.
- [15] Wang Jingfeng, Pan Xuebei, Peng Xiao, Wang Jiabin (2019), "Seismic response investigation and analyses of end plate moment-resisting CFST frames under pseudo-dynamic loads", *International Journal of Steel Structures*, 19: 1854-1874.
- [16] Varma Amit H, Ricles James M, Sause Richard, Lu Le-Wu (2004), "Seismic behavior and design of high-strength square concrete-filled steel tube beam columns", *Journal of Structural Engineering*, 130 (2): 169-179.
- [17] Kopuri NAGK Manikanta, Priyadarshani S Anitha (2022), "Numerical analysis of concrete filled steel tube columns using ABAQUS", *Materials Today: Proceedings*, 65: 3476-3482.
- [18] Lavanya J, Elangovan R (2017), "The structural behaviour of concrete filled steel tubular columns", *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4 (6): 209-15.
- [19] Qu Haiyan, Li Guoqiang, Chen Suwen, Sun Jianyun, Sozen Mete A (2011), "Analysis of circular concrete-filled steel tube specimen under lateral impact", *Advances in Structural Engineering*, 14 (5): 941-951.
- [20] Zhou Kan, Han Lin-Hai (2019), "Modelling the behaviour of concrete-encased concrete-filled steel tube (CFST) columns subjected to full-range fire", *Engineering Structures*, 183: 265-280.
- [21] Thai Huu-Tai, Uy Brian, Khan Mahub, Tao Zhong, Mashiri Fidelis (2014), "Numerical modelling of concrete-filled steel box columns incorporating high strength materials", *Journal of Constructional Steel Research*, 102: 256-265.
- [22] Wang Wen-Da, Han Lin-Hai, Zhao Xiao-Ling (2009), "Analytical behavior of frames with steel beams to concrete-filled steel tubular column", *Journal of Constructional Steel Research*, 65 (3): 497-508.
- [23] Thai Huu-Tai, Kim Seung-Eock (2011), "Second-order inelastic dynamic analysis of steel frames using fiber hinge method", *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (10): 1485-1494.
- [24] Thai Huu-Tai, Kim Seung-Eock (2008), "Second-order inelastic dynamic analysis of three-dimensional cable-stayed bridges", *Steel Str*, 8: 205-214.
- [25] Thai Huu-Tai, Kim Seung-Eock (2015), "Second-order distributed plasticity analysis of steel frames with semi-rigid connections", *Thin-Walled Structures*, 94: 120-128.
- [26] Chen Wai-Fah, Lui E. M. (1987), *Structural Stability: Theory and Implementation*, New York: Elsevier.
- [27] Kim Seung-Eock, Choi Se-Hyu (2001), "Practical advanced analysis for semi-rigid space frames", *International journal of solids and structures*, 38 (50-51): 9111-9131.
- [28] Mander John B, Priestley Michael JN, Park R (1988), "Theoretical stress-strain model for confined concrete", *Journal of structural engineering*, 114 (8): 1804-1826.
- [29] Liang Qing Quan (2009), "Performance-based analysis of concrete-filled steel tubular beam-columns, Part I: Theory and algorithms", *Journal of Constructional Steel Research*, 65 (2): 363-372.
- [30] Newmark Nathan M (1959), "A method of computation for structural dynamics", *Journal of the engineering mechanics division*, 85 (3): 67-94.
- [31] Rajasekaran Sundaramoorthy (2009), *Structural dynamics of earthquake engineering: theory and application using MATHEMATICA and MATLAB*, Elsevier.
- [32] Database PEER Ground Motion (2013), "Pacific Earthquake Engineering Research Center", Ed. Editors], [Publisher], [Place Published], [Pages].
- [33] Kong Zhengyi, Hong Shaozheng, Vu Quang-Viet, Cao Xianlei, Kim Seung-Eock, Yu Bo (2020), "New equations for predicting initial stiffness and ultimate moment of flush end-plate connections", *Journal of Constructional Steel Research*, 175: 106336.

# Quan điểm của các bên liên quan về vết nứt bề mặt đường bê tông xi măng ở các dự án giao thông nông thôn

Analysis of stakeholders' perspectives on surface cracks in cement concrete pavements for rural road projects

> PGS.TS HÀ DUY KHÁNH<sup>1\*</sup>, NGUYỄN SƠN NGUYỄN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM; Email: khanhd@hcmute.edu.vn

<sup>2</sup>HVCH Trường Đại học Cửu Long; Email: sonnguyen3011@gmail.com

## TÓM TẮT

Nứt bề mặt của đường bê tông xi măng (BTXM) ở các dự án đường giao thông nông thôn thường xuyên xảy ra và có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả sử dụng. Ở nước ta việc sửa chữa các vết nứt này thường tiêu tốn hàng trăm tỷ đồng hàng năm. Bằng phân tích tổng quan kết hợp phỏng vấn chuyên gia, nghiên cứu này xác định được 16 nguyên nhân có thể gây ra vết nứt bề mặt của đường BTXM ở TP Cần Thơ. Nghiên cứu sử dụng bảng câu hỏi để thu thập số liệu với 129 đối tượng khảo sát hiện đang làm việc ở các đơn vị và cơ quan có liên quan đến quản lý, thiết kế và thi công các dự án đường giao thông nông thôn. Kết quả phân tích cho thấy các bên liên quan có sự nhất quán cao khi đánh giá mức độ xảy ra và mức độ tác động của các nguyên nhân gây ra vết nứt. Dựa vào mức độ rủi ro xảy ra vết nứt, nghiên cứu này cũng đã xếp hạng các nguyên nhân trên. 5 nguyên nhân hàng đầu là: cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế; tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ; bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công; chậm hoặc không thường xuyên bảo trì; và tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối. Kết quả của nghiên cứu này có thể là cơ sở tốt cho các nhà quản lý và đơn vị thực hiện các dự án giao thông nông thôn tham khảo và vận dụng vào thực tiễn.

**Từ khóa:** Nứt bề mặt; nguyên nhân; bê tông xi măng; giao thông nông thôn.

## ABSTRACT

Surface cracking in cement concrete roads within rural road projects often presents significant efficiency challenges. Annually, the country incurs repair costs totaling hundreds of billions of VND due to these cracks. Through a comprehensive analysis supplemented by expert interviews, this study identified 16 potential causes of surface cracks in concrete roads in Can Tho city. Utilizing questionnaires, data was collected from 129 survey participants currently engaged in units and agencies responsible for the management, design, and construction of rural road projects. The analysis reveals a high level of consensus among stakeholders regarding the occurrence and impact of these crack-inducing factors. Additionally, the study ranked these causes based on their risk level. The top five causes include insufficient strength of cement concrete as per design specifications, excessive loads surpassing the allowable bearing capacity resulting in deformation and cracking, inadequate maintenance during construction, delayed or irregular maintenance, and a high water/cement ratio in the mix. These findings offer valuable insights for managers and implementing units of rural transport projects, serving as a practical reference for application in real-world scenarios.

**Keywords:** surface cracks; causes; cement concrete pavement; rural roads.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nông nghiệp, nông dân, nông thôn có vị trí chiến lược trong sự nghiệp xây dựng và bảo vệ Tổ quốc. Một trong những định hướng lớn để sớm đạt được mục tiêu nước ta cơ bản trở thành nước công nghiệp theo hướng hiện đại là phát triển nông nghiệp và kinh tế nông thôn gắn với xây dựng nông thôn mới.

Đây là chủ trương đúng đắn, phù hợp nhằm nâng cao năng lực sản xuất cũng như đời sống của người dân nông thôn, nhất là trong điều kiện nền nông nghiệp nước ta đang đứng trước nhiều thách thức của quá trình hội nhập. Do đó, phát triển nông nghiệp, kinh tế nông thôn gắn với xây dựng nông thôn mới là nhiệm vụ quan trọng của Đảng và Nhà nước ta.

Tại nông thôn, việc xây dựng cơ sở hạ tầng nói chung và đường giao thông nói riêng được chú trọng quan tâm. Thực tế cho thấy, kết cấu mặt đường bằng BTXM trong 10 năm trở lại đây trên cả nước nói chung được sử dụng nhiều, nhất là đối với đường giao thông nông thôn. Bởi vật liệu địa phương sẵn có, nhân công địa phương rẻ, thiết bị thi công, phương pháp thi công đơn giản, tuổi thọ cao hơn các loại mặt đường khác (láng nhựa, thẩm nhập nhựa,...). Không thể phủ nhận những lợi ích mà đường bê tông mang lại, chẳng hạn như thi công dễ dàng, nhanh chóng với chi phí thấp và độ bền cao. Tuy nhiên, dù đã có sự hỗ trợ chuyên môn của cán bộ kỹ thuật nhưng không phải công trình đường giao thông nào cũng thực hiện hiệu quả, đảm bảo chất lượng kỹ thuật và mỹ thuật. Quá trình triển khai, nhiều địa phương đã làm tốt vấn đề tổ chức triển khai làm đường BTXM trong các khâu chuẩn bị, thi công và bảo dưỡng, cũng có nhiều địa phương làm chưa tốt.

Việc đầu tư kết cấu hạ tầng nông thôn cũng còn một số khó khăn và hạn chế. Trước hết là ý thức của người dân đối với việc bảo vệ mặt đường, duy tu, bảo dưỡng vẫn còn tư tưởng trông chờ, ỷ lại vào Nhà nước. Thứ hai, việc huy động nguồn lực, giải phóng mặt bằng tại một số địa phương còn gặp nhiều khó khăn. Thứ ba, công tác lãnh đạo, chỉ đạo, điều hành của một số cấp ủy, chính quyền địa phương chưa chủ động. Thứ tư, công tác tuyên truyền trong nhân dân chưa kịp thời. Thứ năm, kinh phí đầu tư còn hạn chế, địa hình khó khăn nên việc mở các tuyến đường mới gặp khó. Thứ sáu, đặc biệt là yếu tố chất lượng công trình đường giao thông nông thôn vẫn còn nhiều tồn đọng cần khắc phục nhằm giảm thiểu các chi phí bảo trì, sửa chữa cho hệ thống công trình giao thông này.

Vì vậy, nghiên cứu này phân tích các nguyên nhân chủ quan, khách quan xảy ra vết nứt gây ảnh hưởng đến chất lượng của các dự án đường nông thôn. Đây là một vấn đề cấp bách, cần được quan tâm, nghiên cứu khắp cả nước; từ đó đề ra các giải pháp cụ thể và khả thi nhất để giảm thiểu hư hỏng, bảo đảm chất lượng và tối ưu hóa chi phí quản lý về bảo trì và sửa chữa. Phạm vi của nghiên cứu là các dự án đường BTXM nông thôn thuộc nhóm C trên địa bàn TP Cần Thơ.

## 2. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Vấn đề chất lượng đường giao thông nông thôn rất thường diễn ra do nhiều tính chất tác động như phương pháp thi công đơn giản, gia cố nền đất dưới nền không đạt, quản lý bảo dưỡng, bảo trì khó khăn, vv. Tuy nhiên số lượng nghiên cứu về vấn đề này còn khá hạn chế, chủ yếu các nghiên cứu tập trung vào xiệc xử lý, thay thế và gia cường đường BTXM ở các công trình giao thông nông thôn mới hiện nay.

Bảng 1. Bảng tổng hợp các nguyên nhân xảy ra vết nứt đường BTXM từ các tài liệu tham khảo

TT	Nguyên nhân vết nứt	Nguồn (xem danh mục tài liệu tham khảo)									Đề xuất	Mã hóa		
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]		Xây ra	Tác động	
1	Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối	x											XR1	TD1
2	Bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công	x											XR2	TD2
3	Chiều dày của tấm BTXM quá mỏng (nhỏ hơn 24 cm) dẫn đến không đủ khả năng chịu tải		x										XR3	TD3
4	Chiều dài của tấm BTXM quá lớn (lớn hơn 6,0 m) cũng góp phần làm tăng ứng suất trong các tấm BTXM		x										XR4	TD4
5	Gia cố nền đất dưới nền không đạt cường độ yêu cầu			x		x							XR5	TD5
6	Chậm hoặc không thường xuyên bảo trì			x									XR6	TD6
7	Do sạt trượt, lở lói và lún nứt quá giới hạn				x								XR7	TD7
8	Ăn mòn bê tông do môi trường khắc nghiệt					x							XR8	TD8
9	Sự trương nở của đất trong lớp nền mặt đường						x			x			XR9	TD9

Nứt bề mặt xảy ra hầu hết ở các dự án đầu tư xây dựng đường giao thông nông thôn. Dựa vào phân tích tổng quan đã có một số công trình nghiên cứu liên quan gần như sau:

- *Trong nước:* Bộ GTVT (2011) đã phân tích và đánh giá thực tế hoạt động và chỉ ra các vấn đề còn tồn tại, thiếu sót và hạn chế trong công tác quản lý chất lượng công trình giao thông từ các bên tham gia trong giai đoạn tư vấn thiết kế và giai đoạn thi công. Trong đó, không đảm bảo độ chặt của nền đất là một nguyên nhân gây vết nứt mặt đường công trình giao thông. Dựa vào kết quả phân tích, tác giả đề xuất các 07 giải pháp nhằm hạn chế các tồn tại. Thẩm (2019) đã phân tích nguyên nhân xảy ra nứt đường bê tông xi măng là do sạt trượt, lở lói và lún nứt, dẫn đến hư bề, mất đi hình dạng ban đầu lúc mới xây dựng, đã tổng kết từ những đợt ngập lụt vừa qua cho thấy các giải pháp gia cố cũ như đóng cọc, rọ đá kê không tác dụng nhiều, thậm chí lợi bất cập hại vì làm nặng thêm khối trượt, và để xuất gia cố từ bên trong ra đến bên ngoài. Nghi (2017) cũng chỉ ra nguyên nhân xảy ra vết nứt đường BTXM trên nền đất thường xuyên bị ngập lụt là do bị ăn mòn, cụ thể lưới thép bên trong bê tông bị rỉ sét khi bị ẩm và tiếp xúc với không khí. Điều này xảy ra do vết nứt trên bề mặt thấm phát triển và không khí, nước thấm vào và công tác xử lý nền đường gặp nhiều khó khăn do trên địa bàn thường xảy ra lũ lụt.

- *Ngoài nước:* Luo và Prozzi (2007) đã nghiên cứu cơ chế hình thành vết nứt dọc trên mặt đường do co ngót nền đường gây ra. Kết quả mô phỏng cho thấy vị trí có khả năng xuất hiện vết nứt do co ngót nhất trong nền đường là gần vai vĩa hè. Yi và các tác giả (2011) chỉ ra rằng sự tương tác giữa mặt đường và nền và sự hư hỏng của lớp chuyển tiếp yếu gây ra ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự hư hỏng của mặt đường. Singh và các tác giả (2022) nghiên cứu về tính khả thi đường giao thông BTXM trên nền đất yếu dễ nở, đất xốp. Kết luận cho thấy loại áp suất do trương nở và co ngót này rất nguy hiểm cho tuổi thọ của đường BTXM.

Qua các phân tích trên có thể thấy nghiên cứu đề cập đến vấn đề chất lượng công trình đường giao thông biểu hiện qua vết nứt rất đa dạng. Tuy nhiên, đa số các nghiên cứu trước đây chỉ loay hoay đánh giá, phân tích trên một hoặc một vài yếu tố kỹ thuật gây ra nứt mặt đường BTXM. Dưới góc độ quản lý chất lượng dự án, quan điểm đánh giá của các bên tham gia dự án còn chưa có sự đồng nhất cao, cách nhìn nhận và đánh giá cũng khác nhau cho từng nguyên nhân xảy ra vết nứt mặt đường BTXM. Dựa vào phân tích tổng quan, nghiên cứu này đã phát hiện và đề xuất các nguyên nhân gây ra vết nứt bề mặt đường BTXM nông thôn như Bảng 1.

10	Co ngót của đất nền và kết cấu mặt đường						x		x				XR10	TD10
11	Sự hư hỏng của lớp chuyển tiếp yếu do sự thấm thấu của vữa xi măng trong bê tông mặt đường vào lớp nền trong quá trình đúc mặt đường							x					XR11	TD11
12	Cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế											x	XR12	TD12
13	Công tác kiểm tra, kiểm soát chất lượng vật liệu dùng cho bê tông đường chưa đảm bảo chất lượng theo yêu cầu											x	XR13	TD13
14	Thiết kế đường không đáp ứng được yêu cầu tải trọng và điều kiện giao thông cụ thể của vùng nông thôn											x	XR14	TD14
15	Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ											x	XR15	TD15
16	Tác động từ cây cối, rễ cây có thể phát triển và tạo lực ép lên đường bê tông, gây ra nứt											x	XR16	TD16

**3. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN**

Ở giai đoạn khảo sát chuyên gia: Sử dụng Bảng nhận xét chuyên gia để đánh giá sự phù hợp về nội dung của 11 yếu tố là nguyên nhân được tổng hợp, trình bày tại Bảng 1. Đồng thời xin ý kiến bổ sung để xác định thêm các yếu tố là nguyên nhân xảy ra vết nứt của mặt đường BTXM trong dự án đường giao thông nông thôn. Kết quả, các chuyên gia đề xuất thêm 5 nguyên nhân nữa theo thực tiễn của vết nứt ở địa bàn TP Cần Thơ (xem Bảng 1).

Ở giai đoạn khảo sát chính thức: Dựa trên kết quả của giai đoạn khảo sát chuyên gia, tác giả tổng hợp các ý kiến nhận xét và các yếu tố, nguyên nhân xảy ra vết nứt của mặt đường BTXM trong dự án đường giao thông nông thôn do chuyên gia đề cập bổ sung. Xây dựng Bảng khảo sát đại trà lấy ý kiến đánh giá về mức độ xảy ra và mức độ tác động của các yếu tố đến khả năng gây nứt mặt đường BTXM. Bảng câu hỏi gồm 3 phần: phần 1 là giới thiệu mục đích khảo sát và hướng dẫn trả lời; phần 2 để đánh giá mức độ xảy ra và tác động của các yếu tố đến khả năng nứt của đường BTXM sử dụng thang đo 5 điểm Likert với "1 = không; 2 = ít; 3 = trung bình; 4 = nhiều; và 5 = rất nhiều"; và phần 3 là khảo sát thông tin cá nhân của người trả lời.

Các công cụ phân tích thống kê bao gồm: kiểm định Cronbach's  $\alpha$  với giá trị  $\alpha$  tối thiểu 0.8 mới đạt độ tin cậy thang đo yêu cầu, kiểm định ANOVA với mức ý nghĩa 0.05 và thống kê điểm trung bình rủi ro gây ra nứt của các bên liên quan.

**4. PHÂN TÍCH VÀ KẾT QUẢ**

**4.1. Đặc điểm của mẫu nghiên cứu**

Kết quả phân tích, sau khi thu thập kết quả dữ liệu khảo sát của 129 phiếu. Các đặc điểm của mẫu khảo sát này được phân tích như sau: số lượng người khảo sát có kinh nghiệm > 9 năm có số lượng nhiều nhất là 72 (chiếm 55.8%); số lượng người khảo sát là cán bộ kỹ thuật, nhân viên là 55 (chiếm 42.6%) và số lượng người khảo sát làm việc cho Chủ đầu tư hoặc Ban quản lý dự án là 51 (chiếm 39.5%). Kết quả này cũng chứng tỏ số liệu thu thập được có độ tin cậy và phù hợp với thực tiễn cao.

Bảng 2. Kiểm định trị trung bình của nhóm kinh nghiệm làm việc

Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA		Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA	
		F	Sig.			F	Sig.
XR1	0.050	1.833	0.145	TD1	0.005	3.16	0.027 (w=0.113)
XR2	0.000	6.047	0.001 (w=0.117)	TD2	0.774	2.09	0.105
XR3	0.758	1.602	0.192	TD3	0.300	1.06	0.371
XR4	0.771	0.051	0.985	TD4	0.454	1.29	0.280

Ngoài ra, kết quả phân tích độ tin cậy thang đo đã sử dụng để khảo sát trong bảng câu hỏi cũng cho thấy:  $\alpha = 0.920$  và  $\alpha = 0.898$  lần lượt cho mức độ tác động và mức độ xảy ra của tổng thể các nguyên nhân. Các hệ số tương quan biến tổng đều ở mức lớn hơn 0.5. Các giá trị này đều lớn hơn mức yêu cầu nên chứng tỏ thang đo đã sử dụng rất phù hợp để hỏi.

**4.2. Quan điểm của các bên liên quan khi đánh giá các nguyên nhân**

Trước khi đánh giá sự khác biệt trung bình, cần kiểm định sự đồng nhất phương sai (không khác biệt phương sai) của các nhóm biến. Để thực hiện điều này, giả thuyết được đặt như sau: "H<sub>0</sub> = Không có sự khác biệt phương sai giữa các nhóm giá trị". Phép kiểm định Levene được sử dụng để kiểm định giả thuyết này. Kết quả kiểm định sẽ chấp nhận hay bác bỏ H<sub>0</sub> dựa vào mức ý nghĩa (Sig.) là 0.05. Trường hợp, Sig. < 0,05: Bác bỏ giả thuyết H<sub>0</sub>, nghĩa là có sự khác biệt phương sai một cách có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm giá trị. Lúc này, cần sử dụng kết quả kiểm định Welch để kiểm định chuyên sâu hơn. Ngược lại, Sig. > 0,05: Chấp nhận giả thuyết H, nghĩa là không có sự khác biệt (tức giống nhau) về phương sai. Lúc này, hãy sử dụng kết quả kiểm định F ở bảng ANOVA.

Sau bước đánh giá khác biệt phương sai, cần thực hiện tiếp đánh giá khác biệt về trung bình đánh giá giữa các nhóm đối tượng khảo sát.

Đặt giả thuyết: H<sub>0</sub> = Không có sự khác biệt trung bình giữa các nhóm giá trị.

Giả thuyết bác bỏ: H<sub>A</sub> = Có sự khác biệt trung bình giữa các nhóm giá trị.

**4.2.1 Nhóm về kinh nghiệm làm việc**

Kinh nghiệm làm việc gồm 4 nhóm: < 3 năm, 3 - 6 năm, 6 - 9 năm, và trên 9 năm. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2. Kết quả kiểm định chỉ có biến TD10 "Co ngót của đất nền và kết cấu mặt đường" có sig. ANOVA = 0.012, và sig. Welch = 0.045 đều nhỏ hơn 0.05. Điều này chứng tỏ các bên liên quan có sự khác nhau khi đánh giá cho nguyên nhân này về mức độ tác động của nó đến vết nứt.

XR5	0.372	0.398	0.755	TD5	0.202	3.15	0.272
XR6	0.010	1.592	0.195 (w=0.569)	TD6	0.173	3.02	0.082
XR7	0.477	0.836	0.477	TD7	0.084	1.44	0.233
XR8	0.060	1.503	0.217	TD8	0.002	1.00	0.037 (w=0.373)
XR9	0.000	1.877	0.137 (w=0.200)	TD9	0.001	4.29	0.006 (w=0.070)
XR10	0.573	2.407	0.070	<b>TD10</b>	<b>0.006</b>	<b>3.78</b>	<b>0.012</b> (w=0.045)
XR11	0.151	1.856	0.140	TD11	0.070	6.58	0.195
XR12	0.003	3.062	0.031	TD12	0.017	2.16	0.096 (w=0.437)
XR13	0.010	0.843	0.473 (w=0.549)	TD13	0.111	2.17	0.095
XR14	0.113	0.356	0.785	TD14	0.464	1.29	0.282
XR15	0.018	3.82	0.012 (w=0.246)	TD15	0.180	2.98	0.234
XR16	0.512	1.529	0.210	TD16	0.352	5.57	0.401

Ghi chú: w là giá trị của kiểm định Welch

#### 4.2.2 Nhóm về vị trí chức danh

Vị trí chức danh gồm 4 nhóm: lãnh đạo, trưởng/phó phòng, nhân viên, và khác. Kết quả được thể hiện trong Bảng 3. Kết quả kiểm định có hai biến: XR1 "Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối" có sig. ANOVA = 0.038, và sig. Welch = 0.042; và XR2 "Bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công" có sig. ANOVA =

0.004, và sig. Welch = 0.034 đều nhỏ hơn 0.05. Điều này chứng tỏ các bên liên quan có sự khác nhau khi đánh giá mức độ xảy ra cho nguyên nhân này. Đây là các nguyên nhân liên quan đến kỹ thuật và chuyên môn nên có lẽ người có kinh nghiệm nhiều hơn có hiểu biết tốt hơn người ít kinh nghiệm hơn.

Bảng 3. Kiểm định trị trung bình của nhóm vị trí chức danh

Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA		Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA	
		F	Sig.			F	Sig.
XR1	0.001	2.889	0.038 (w=0.042)	TD1	0.080	0.633	0.595
XR2	0.029	4.677	0.004 (w=0.034)	TD2	0.035	0.149	0.930 (w=0.886)
XR3	0.894	2.123	0.101	TD3	0.453	0.472	0.702
XR4	0.984	0.584	0.627	TD4	0.951	1.604	0.192
XR5	0.167	1.866	0.139	TD5	0.028	0.772	0.512 (w=0.593)
XR6	0.012	0.725	0.539 (w=0.603)	TD6	0.022	1.114	0.346 (w=0.472)
XR7	0.149	2.311	0.079	TD7	0.203	0.273	0.845
XR8	0.020	1.196	0.314 (w=0.309)	TD8	0.022	1.702	0.170 (w=0.222)
XR9	0.001	0.593	0.621 (w=0.307)	TD9	0.004	0.883	0.452 (w=0.379)
XR10	0.499	1.378	0.253	TD10	0.093	0.101	0.959
XR11	0.302	2.864	0.039	TD11	0.014	1.100	0.352 (w=0.719)
XR12	0.036	2.285	0.082 (w=0.119)	TD12	0.479	1.754	0.159
XR13	0.258	1.376	0.253	TD13	0.005	0.669	0.573 (w=0.386)
XR14	0.007	1.293	0.280 (w=0.347)	TD14	0.238	0.865	0.461
XR15	0.024	1.834	0.144 (w=0.396)	TD15	0.171	0.893	0.447
XR16	0.551	2.019	0.115	TD16	0.465	0.251	0.860

Ghi chú: w là giá trị của kiểm định Welch

**4.2.3 Nhóm về lĩnh vực hoạt động**

Lĩnh vực hoạt động gồm 4 nhóm: Chủ đầu tư/ ban quản lý dự án, tư vấn giám sát, tư vấn thiết kế, và nhà thầu thi công. Kết quả được thể hiện trong Bảng 4 cho thấy TD1 "Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối" có sig. ANOVA = 0.011, và sig. Welch = 0.003; và TD15 "Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ" có sig. ANOVA = 0.006, và sig. Welch = 0.005 đều nhỏ hơn 0.05.

**4.3. Các nguyên nhân chính và diễn giải nội dung**

Đánh giá xếp hạng rủi ro là sự kết hợp giữa xác suất xảy ra và mức độ tác động của rủi ro đó: Đánh giá rủi ro (R) = khả năng xảy ra  
Bảng 4. Kiểm định trị trung bình của nhóm lĩnh vực hoạt động

ra (XR) x mức độ tác động (TD)". Ngưỡng phân loại dùng để xác định các nguyên nhân chính là:  $3.5 \times 3.5 = 12.25$ . Kết quả cho thấy (xem Bảng 5) có 5 nguyên nhân chính có điểm rủi ro lớn hơn 12.25 theo thứ tự gồm "Cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế" (R = 16.44), "Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ" (R = 16.36), "Bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công" (R = 15.44), "Chậm hoặc không thường xuyên bảo trì" (R = 15.21), và "Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối" (R = 13.24).

Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA		Mã hóa	Sig. Levene	ANOVA	
		F	Sig.			F	Sig.
XR1	0.135	1.846	0.142	<b>TD1</b>	<b>0.000</b>	<b>3.863</b>	<b>0.011</b> <b>(w=0.003)</b>
XR2	0.341	0.799	0.497	TD2	0.098	1.101	0.351
XR3	0.760	0.174	0.914	TD3	0.116	0.479	0.697
XR4	0.092	0.054	0.983	TD4	0.041	0.634	0.595 (w=0.463)
XR5	0.062	1.425	0.239	TD5	0.482	1.855	0.141
XR6	0.533	0.461	0.710	TD6	0.238	0.546	0.652
XR7	0.185	0.673	0.570	TD7	0.002	1.396	0.247 (w=0.054)
XR8	0.098	0.116	0.951	TD8	0.139	1.111	0.347
XR9	0.063	0.184	0.907	TD9	0.022	2.078	0.106 (w=0.159)
XR10	0.002	0.471	0.703 (w=0.779)	TD10	0.358	1.128	0.340
XR11	0.018	0.221	0.882 (w=0.901)	TD11	0.393	2.533	0.060
XR12	0.237	0.389	0.761	TD12	0.333	1.784	0.154
XR13	0.279	1.722	0.166	TD13	0.253	1.359	0.259
XR14	0.378	0.343	0.794	TD14	0.014	2.457	0.066 (w=0.059)
XR15	0.349	1.730	0.164	<b>TD15</b>	<b>0.347</b>	<b>4.341</b>	<b>0.006</b> <b>(w=0.006)</b>
XR16	0.464	0.679	0.567	TD16	0.080	1.332	0.267

Ghi chú: w là giá trị của kiểm định Welch

Bảng 5. Xếp hạng các nguyên nhân theo tổng thể xảy ra

Hạng	Các nguyên nhân xảy ra vết nứt	R
1	Cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế	16.44
2	Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ	16.36
3	Bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công	15.44
4	Chậm hoặc không thường xuyên bảo trì	15.21
5	Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối	13.24
6	Gia cố nền đất dưới nền không đạt cường độ yêu cầu	10.97
7	Do sạt trượt, lở lói và lún quá giới hạn	10.64
8	Chiều dày của tấm BTXM quá mỏng (nhỏ hơn 24 cm) dẫn đến không đủ khả năng chịu tải	10.42
9	Công tác kiểm tra, kiểm soát chất lượng vật liệu dùng cho bê tông đường chưa đảm bảo chất lượng theo yêu cầu	10.28
10	Chiều dài của tấm BTXM quá lớn (lớn hơn 6,0 m) cũng góp phần làm tăng ứng suất trong các tấm BTXM	9.85
11	Cơ ngót trong đất nền và kết cấu mặt đường	9.45
12	Thiết kế đường không đáp ứng được yêu cầu tải trọng và điều kiện giao thông cụ thể của vùng nông thôn	8.91
13	Sự hư hỏng của lớp chuyển tiếp yếu do sự thẩm thấu của vữa xi măng trong bê tông mặt đường vào lớp nền trong quá trình đúc mặt đường	8.54
14	Tác động từ cây cối, rễ cây có thể phát triển và tạo lực ép lên đường bê tông, gây ra nứt	8.51
15	Sự trương nở của đất trong lớp nền mặt đường	8.17
16	Ăn mòn bê tông do môi trường khắc nghiệt	8.12

• **Cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế:** Cường độ bê tông của đường BTXM được tính toán và thiết kế nhưng không đủ khả năng chịu lực chủ yếu do thiết kế cấp phối bị sai hoặc vật liệu đầu vào (cát, đá) không đảm bảo chất lượng. Nguyên nhân chủ yếu là do quy trình thực hiện thiếu chặt chẽ.

• **Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép:** Tình trạng xe quá tải, xe cơ nới thành thùng chở quá khổ đang là mối lo ngại chung của hệ thống giao thông nông thôn. Thực tế cho thấy hàng loạt đoạn đường ngày càng xuống cấp, hư hỏng do phải chịu áp lực lớn từ các phương tiện vận tải. Điều này không chỉ gây mất an toàn giao thông mà còn kéo theo hệ lụy về tài chính khi phải thường xuyên sửa chữa. Nguyên nhân cốt lõi của thực trạng trên chính là sự thiếu kiểm soát, giám sát chặt chẽ đối với hoạt động vận tải. Các cơ quan quản lý chưa phối hợp nhịp nhàng, thiếu biện pháp xử lý nghiêm minh trước hiện tượng xe quá tải. Điều này khiến ý thức chấp hành quy định của người dân, doanh nghiệp không cao.

• **Bảo dưỡng không đúng quy định:** Bảo dưỡng đường giao thông nông thôn là khâu then chốt quyết định tuổi thọ và chất lượng công trình. Tuy nhiên, thực tế cho thấy việc bảo dưỡng thường bị bỏ qua hoặc thực hiện không đúng quy định. Điều đó không chỉ khiến đường xuống cấp nhanh chóng mà còn gây lãng phí nguồn lực. Nguyên nhân sâu xa của vấn đề trên là do nhận thức về vai trò của bảo dưỡng còn hạn chế. Nhiều cấp chính quyền, nhà thầu coi đây là khâu phụ, không cần thiết nên không bố trí kinh phí cũng như nhân lực thực hiện. Thực tế, chi phí cho bảo dưỡng chỉ bằng 3-5% tổng mức đầu tư nhưng có thể kéo dài tuổi thọ công trình, tiết kiệm tối đa chi phí sửa chữa sau này.

• **Chậm hoặc không bảo trì thường xuyên:** Bảo trì đúng quy định là yếu tố sống còn, quyết định đến tuổi thọ của công trình giao thông. Tuy nhiên, thực tế cho thấy nhiều đơn vị quản lý, khai thác công trình còn chủ quan, không có kế hoạch bảo trì rõ ràng. Hậu quả là nhiều hư hỏng nhỏ không được xử lý kịp thời, dẫn đến tình trạng hỏng hóc ngày càng nghiêm trọng. Nguyên nhân cốt lõi là do thiếu trách nhiệm của các bên liên quan trong công tác bảo trì. Các cán bộ kỹ thuật thiếu kinh nghiệm, không phát hiện và xử lý sớm các hư hại. Lãnh đạo các cấp thiếu sự quan tâm, không bố trí nguồn lực cho bảo trì. Điều này dẫn đến tâm lý trông chờ, ỷ lại của các bên.

• **Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối:** Trong thành phần vật liệu chế tạo BTXM, xi măng là chất kết dính giữa các cốt liệu và cũng là thành phần quyết định đến cường độ. Tuy nhiên, nếu hàm lượng xi măng nhiều, khi ninh kết và phát triển cường độ, xi măng thủy hóa và co giãn mạnh, dẫn đến xuất hiện vết nứt. Nguyên nhân có thể cho việc này là do xác định cấp phối theo vật liệu bị sai hoặc cũng có thể do quá trình thi công, BTXM bị khô nên nhà thầu đã tự ý thêm nước để dễ làm mặt đường cho láng.

## 5. KẾT LUẬN

Vết nứt có ảnh hưởng xấu đến đường BTXM ở các dự án giao thông nông thôn. Nghiên cứu này đã xác định các nguyên nhân có thể xảy ra các loại vết nứt bề mặt của đường BTXM và phân tích nội dung của các nguyên nhân này. Dựa vào các kết quả phân tích số liệu cho thấy các bên liên quan theo số năm kinh nghiệm, vị trí chức danh và lĩnh vực hoạt động có sự nhìn nhận khá tương đồng về mức độ xảy ra và tác động của các nguyên nhân đến vết nứt bề mặt của đường BTXM. Chỉ có một số ít trường hợp là có sự đánh giá khác nhau. Kết quả xếp hạng các nguyên nhân đã xác định ra 5 nguyên nhân quan trọng gồm: (1) Cường độ bê tông xi măng chưa đủ khả năng chịu lực theo thiết kế; (2) Tải trọng vượt quá khả năng chịu lực cho phép dẫn đến biến dạng và nứt vỡ; (3) Bảo dưỡng không đúng quy định trong quá trình thi công; (4) Chậm hoặc không thường xuyên bảo trì; và (5) Tỷ lệ nước/xi măng cao trong cấp phối. Kết quả

của nghiên cứu này có thể ứng dụng trong thiết kế, thi công và quản lý các dự án đường BTXM ở nông thôn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Thiện, (2018). Nghiên cứu một số giải pháp hạn chế vết nứt trong giai đoạn thi công của mặt đường bê tông xi măng, Luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [2]. Hồ Văn Quân, Phạm Thái Uyết, Trần Thị Phương Huyền, (2019). "Nghiên cứu nguyên nhân hư hỏng, đề xuất giải pháp sửa chữa đường bê tông xi măng trên quốc lộ 1A - đoạn qua TP Quảng Ngãi (km 1052-km 16060)", Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, Tập 17, số 1.2, tr. 37-41.
- [3]. Bộ GTVT, (2011). "Đánh giá tổng quan về công tác tăng cường quản lý chất lượng công trình xây dựng giao thông", Cục QLXD và CLCTGT, đăng nhập ngày 03/02/2024 tại: <https://mt.gov.vn/vn/tin-tuc/9631/danh-gia-tong-quan-ve-cong-tac-tang-cuong-quan-ly-chat-luong-cong-trinh-xay-dung-giao-thong.aspx>
- [4]. Dương Hồng Thắm, (2012) "Giải pháp cho nền đường trên đất yếu ở ĐBSCL trong điều kiện ngập lũ do biến đổi khí hậu", Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Mở TP.HCM, số 7, tập 1, tr. 60-67.
- [5]. Mai Tấn Nghi, (2017). Đề xuất một số loại kết cấu mặt đường bê tông xi măng trên nền đất yếu cho đường giao thông nông thôn tại huyện Cầu Ngang tỉnh Trà Vinh, Luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [6]. Luo, R. and Prozzi, J.A. (2010). "Development of longitudinal cracks on pavement over shrinking expansive subgrade", Road Materials and Pavement Design, 11(4), 807-832.
- [7]. Yi, Z-j., Yang, Q-g., Tag, B-m, Wu, G-x. and Zhou, Z-x, (2002). "A fundamental understanding to the failure of cement concrete pavement based on the concept of fracture mechanics", Road Materials and Pavement Design, 3(3), 261-280.
- [8]. Kim, S-M., and Nam, J-H. (2010). "Measurements and experimental analysis of temperature variations in portland cement concrete pavement systems", Road Materials and Pavement Design, 11(3), 745-771.
- [9]. Singh, A.K., Nigam, M. and Srivastava, R.K. (2022). "Study of stress profile in cement concrete road of expansive soil due to swell pressure", Materials Today: Proceedings, 56(1), 347-355.

# Nghiên cứu dịch chuyển dân cư đến các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương

## Research on population migration to Dong Nai and Binh Duong provinces

> NCS NGUYỄN HỮU TÂN<sup>1</sup>, THS LÊ KHÁNH LINH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Công ty TNHH Đầu tư xây dựng và kiến trúc Donahouse; Email: xdphukienhung@gmail.com

<sup>2</sup> Chi nhánh Tổng công ty Thái Sơn tại Hà Nội; Email: lekhanhlinh.gts@gmail.com

### TÓM TẮT

Bài báo phân tích tác động và giải pháp chủ động trong việc đầu tư các chung cư cao tầng thương mại đáp ứng cho việc dịch chuyển dân cư đến các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương, trong bối cảnh áp lực đô thị hóa tăng cao. Sử dụng dữ liệu thống kê và phương pháp phân tích đa nguồn, nghiên cứu nhấn mạnh sự cần thiết của dịch chuyển dân cư như một biện pháp giảm bớt áp lực đô thị và thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội cho cả khu vực. Đề xuất các biện pháp quản lý bao gồm phát triển cơ sở hạ tầng, chính sách hỗ trợ nhà ở và phát triển cộng đồng tại các đô thị. Nghiên cứu cho thấy dịch chuyển dân cư không chỉ giảm bớt áp lực đô thị ở TP.HCM mà còn góp phần vào sự phát triển bền vững của cả khu vực, đồng thời đề xuất một chiến lược phối hợp và toàn diện cho việc quản lý và khuyến khích dịch chuyển dân cư một cách hiệu quả.

**Từ khóa:** Đô thị lân cận; Đồng Nai; Bình Dương; dịch chuyển dân cư.

### ABSTRACT

This article analyzes the impact and solutions for population migration to provinces such as Dong Nai and Binh Duong, amidst increasing urbanization pressures. Using statistical data and multi-source analysis methods, the study emphasizes the necessity of population migration as a measure to alleviate urban pressures and promote socio-economic development for the entire region. Proposed management measures include infrastructure development, housing support policies, and community development in satellite towns. The research concludes that population migration not only alleviates urban pressures in Ho Chi Minh City but also contributes to the sustainable development of the entire region. It suggests a comprehensive and coordinated strategy for effective management and encouragement of population migration.

**Keywords:** Satellite cities; Dong Nai province; Binh Duong province; population migration.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong thập kỷ gần đây, khu vực miền Nam, đặc biệt là TP.HCM đã chứng kiến sự tăng đột biến về dân số và áp lực đô thị hóa, đặt ra nhiều thách thức về cơ sở hạ tầng, môi trường sống và phát triển kinh tế. Hiện tượng dịch chuyển dân cư cơ học đến các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương, trở thành giải pháp quan trọng giúp giảm áp lực đô thị hóa và thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội cho khu vực lân cận. Bài nghiên cứu đã phân tích nguyên nhân và hậu quả của hiện tượng dịch chuyển dân cư, đề xuất biện pháp quản lý hiệu quả và đảm bảo sự phát triển bền vững cho các đô thị vệ tinh của TP.HCM. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu thống kê và phân tích đa nguồn, bao gồm các nghiên cứu trước và dữ liệu điều tra mới.

Dịch chuyển dân cư sang các địa phương lân cận giúp giảm áp lực đô thị hóa của TP.HCM do sự gia tăng dân số và phát triển đô thị nhanh chóng và tạo cơ hội kinh tế cho các địa phương lân cận. Để khuyến khích dịch chuyển, cần tạo môi trường kinh doanh thuận lợi và phát triển cơ sở hạ tầng ở các tỉnh lân cận. Tuy nhiên, để đảm bảo bền vững, cần sự điều chỉnh chặt chẽ từ chính quyền và hợp tác chặt chẽ giữa các tỉnh.

Nghiên cứu này không chỉ cần thiết mà còn quan trọng cho sự phát triển bền vững. Hiểu rõ về yếu tố ảnh hưởng giúp chính quyền

đưa ra chính sách và quy hoạch hợp lý, tối ưu hóa lợi ích cho các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương.

### 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### Phân tích số liệu thống kê

Thu thập và phân tích số liệu thống kê liên quan đến dân số và xu hướng dịch chuyển dân cư [1, 2] từ TP.HCM đến các đô thị lân cận trong khoảng thời gian được quan tâm.

Bài báo đã sử dụng các công cụ thống kê, bao gồm bảng biểu và biểu đồ, để trình bày và phân tích chi tiết về quy mô và đặc điểm của dịch chuyển dân cư [3]. Đồng thời, đã áp dụng các phương pháp thống kê mô tả như trung bình, phương sai và độ biến động để hiểu rõ hơn về đặc điểm và xu hướng của hiện tượng này.

Nghiên cứu này nhằm mục đích cung cấp thông tin đáng tin cậy và chi tiết cho cộng đồng nghiên cứu về sự thay đổi trong mô hình dân cư giữa TP.HCM và các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương. Bằng việc mô phỏng số liệu [4] góp phần vào việc hiểu rõ hơn về sự phát triển và tương tác giữa các khu vực đô thị trong ngữ cảnh của quá trình dịch chuyển dân cư.



**Hình 1.** Quy trình phân tích dữ liệu

**Đánh giá tác động của dịch chuyển dân cư đối với cơ sở hạ tầng kỹ thuật và xã hội ở các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương**

Từ việc thực hiện cuộc điều tra và khảo sát trên địa bàn các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, nghiên cứu nhằm đánh giá tác động của dịch chuyển dân cư đối với cả cơ sở hạ tầng kỹ thuật và xã hội. Phương pháp nghiên cứu sử dụng công nghệ GIS [5], kết hợp với sự tham gia của các chuyên gia và cơ quan chức năng để thu thập ý kiến đa chiều và thông tin chi tiết về bối cảnh của sự dịch chuyển dân cư.



**Hình 2.** Quy trình đánh giá tác động

Trong quá trình thu thập dữ liệu, nghiên cứu không chỉ mô tả và phân tích mà còn áp dụng phương pháp phân tích SWOT [6] để đánh giá tổng thể tình hình. Điều này giúp làm rõ điểm mạnh và điểm yếu của cơ sở hạ tầng kỹ thuật và xã hội tại hai tỉnh Đồng Nai, Bình Dương dưới áp lực của di cư dân số đến hai tỉnh. Nghiên cứu tập trung đánh giá cơ hội và thách thức mà sự dịch chuyển này tạo ra, là cơ sở để đề xuất các giải pháp quản lý và phát triển hữu ích và hiệu quả.

**Đo lường ảnh hưởng của việc giảm ô nhiễm môi trường**

Thu thập dữ liệu về mức độ ô nhiễm môi trường tại các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương được thực hiện trước và sau khi triển khai các biện pháp giảm ô nhiễm. Phương pháp nghiên cứu sử dụng các kỹ thuật đo lường trực tiếp và phân tích dữ liệu thống kê để đánh giá tác động của những biện pháp này đối với môi trường đô thị.

Việc này giúp xác định rõ hơn về sự thay đổi trong mức độ ô nhiễm môi trường không khí, nước thải, rác thải,... từ đó cung cấp cơ sở dữ liệu chất lượng và chi tiết, đồng thời hỗ trợ quyết định về các biện pháp bảo vệ môi trường và quản lý đô thị.



**Hình 3.** Quy trình đo lường ảnh hưởng

**Phân tích tác động tích cực của dịch chuyển dân cư đối với phát triển kinh tế của các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương**

Để đánh giá tác động của di cư dân số từ TP.HCM đối với cơ sở hạ tầng và xã hội, đội ngũ nghiên cứu đã tiến hành cuộc điều tra và khảo sát trên địa bàn hai tỉnh Đồng Nai và Bình Dương. Sử dụng phương pháp phỏng vấn và phân tích SWOT, thu thập ý kiến từ chuyên gia và cơ quan chức năng để đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức của tình hình di cư dân số. Phương pháp này không chỉ mang lại thông tin chi tiết mà còn làm nổi bật sự ảnh hưởng của di cư đối với cơ sở hạ tầng [8, 9] và xã hội.



**Hình 4.** Quy trình phân tích tác động tích cực sự dịch chuyển cư dân đối với nền kinh tế

**3. KẾT QUẢ**

**Tình hình và xu hướng dịch chuyển dân cư từ TP.HCM sang các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương**



**Hình 5.** Hiện trạng dân số năm 2019

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng tình hình dịch chuyển dân cư từ TP.HCM sang các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương đã có những xu hướng đáng chú ý. Dữ liệu thống kê cho thấy sự gia tăng không kiểm soát của dân số tại TP.HCM đã tạo ra áp lực đô thị hóa lớn, đặt ra nhu cầu cần thiết về việc tìm kiếm giải pháp dịch chuyển dân cư. Xu hướng này được thấy rõ qua sự tăng cường quy mô dân số ở các đô thị lân cận, điển hình là Đồng Nai và Bình Dương, trong khoảng thời gian nghiên cứu (2019 - 2022).

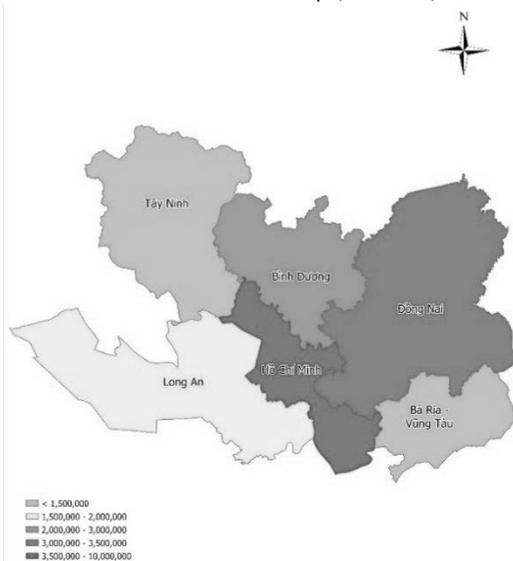
Người dân TP.HCM đang chuyển hướng sang các khu vực lân cận để tìm kiếm không gian sống rộng lớn hơn và chất lượng cuộc sống tốt hơn do tình trạng quá tải và ô nhiễm tại TP.HCM. Các khu vực đô thị lân cận như Đồng Nai và Bình Dương đang phát triển mạnh với các khu công nghiệp, tất nhiên những dự án nhà ở, tiện ích và cơ sở hạ tầng giao thông được cải thiện, chi phí sinh hoạt rẻ hơn, thu hút sự quan tâm của người dân và các nhà đầu tư.

Đồng Nai và Bình Dương được coi là các đô thị lân cận tiêu biểu với sự phát triển của nhiều khu công nghiệp và dự án cơ sở hạ tầng quan trọng như Cảng hàng không quốc tế Long Thành và nhiều tuyến đường cao tốc, đường sắt kết nối vùng.

Bình Dương cũng không kém cạnh với việc hình thành nhiều khu công nghiệp và đô thị mới như Bàu Bàng, thu hút đầu tư lớn từ trong và ngoài nước, đặt mục tiêu trở thành trung tâm công nghiệp và đô thị mới.



Hình 6. Biểu đồ dân số TP.HCM và các tỉnh lân cận (2019 - 2022)



Hình 7. Hiện trạng dân số năm 2022

TP.HCM và các địa phương lân cận đã cung cấp nhiều cơ hội mới cho cư dân cũng như các nhà đầu tư.

Hiện trạng dân số thấy rõ sự tăng trưởng dân số ở các đô thị lân cận, trong khi dân số TP.HCM có phần giảm nhẹ. Điều này phản ánh xu hướng dịch chuyển dân cư từ thành phố lớn sang các khu vực lân cận, mang lại cơ hội và thách thức mới cho cả cơ sở hạ tầng và xã hội của các khu vực này.

**Đánh giá ảnh hưởng của dịch chuyển dân cư đến, đối với cơ sở hạ tầng và xã hội của hai tỉnh Đồng Nai và Bình Dương**

Khi dân cư dịch chuyển sang các đô thị như các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương, áp lực lên hệ thống giao thông, cung cấp nước, xử lý chất thải và các dịch vụ công khác của hai tỉnh Đồng Nai và Bình Dương cũng tăng lên. Điều này cho thấy hai tỉnh Đồng Nai và Bình Dương cần chủ động, tập trung vào việc cải thiện và nâng cấp cơ sở hạ tầng hiện có và phát triển các dự án mới một cách bền vững hơn. Các đô thị lân cận như Bình Dương và Đồng Nai chứng kiến sự tăng trưởng dân số, thúc đẩy phát triển kinh tế qua việc tăng cầu về nhà ở, dịch vụ, y tế, và các dịch vụ khác. Sự phát triển này không chỉ tạo ra việc làm mà còn góp phần vào tăng trưởng kinh tế tổng thể của khu vực.

Các đô thị lân cận giúp nâng cao chất lượng sống, giảm áp lực quá tải về nhà ở và cơ sở hạ tầng cho TP.HCM, mang lại cơ hội cho người dân sống trong môi trường ít ô nhiễm hơn, không gian rộng rãi hơn và có quy hoạch tốt hơn. Điều này nâng cao chất lượng sống cho cư dân cả trong và ngoài thành phố. Thách thức khi quản lý và phát triển đô thị ở các đô thị lân cận đòi hỏi phải có một kế hoạch thông minh để xây dựng và cải thiện cơ sở hạ tầng. Điều này bao gồm việc đáp ứng các nhu cầu ngày càng tăng về nhà ở, giao thông, giáo dục, y tế, và các dịch vụ khác. Để làm điều này, cần có sự hợp tác chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý và một chiến lược dài hạn để phát triển đô thị một cách hiệu quả.

Dịch chuyển dân cư tạo ra những thách thức và cơ hội trong lĩnh vực xã hội, bao gồm cả việc tích hợp vào cộng đồng, giáo dục, và dịch vụ y tế. Để giải quyết những thách thức này và tận dụng cơ hội, cần thiết lập các chính sách cụ thể để đảm bảo rằng những người mới di cư có thể hòa nhập vào cộng đồng một cách thuận lợi, đồng thời duy trì và phát triển văn hóa địa phương, tạo nên một xã hội đa dạng và bền vững.

Nhìn chung, dân cư từ TP.HCM chuyển sang các đô thị lân cận là sự tất yếu, các đô thị lân cận sẽ đối mặt với nhiều thách thức và cơ hội trong quá trình phát triển. Quản lý và phát triển cơ sở hạ tầng một cách hiệu quả, cũng như đáp ứng các nhu cầu xã hội và kinh tế của cư dân, sẽ quyết định sự thành công của quá trình dịch chuyển dân cư nhằm cải thiện chất lượng cuộc sống và tạo ra một hệ thống đô thị bền vững.

**Đóng góp tích cực của dịch chuyển lao động chất lượng cao cho phát triển kinh tế của các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương**

Đại dịch, khủng hoảng, chiến tranh đã phần nào làm ảnh hưởng đến kinh tế Việt Nam. Các nhà đầu tư trong nước, nước ngoài đã có lại cơ cấu sản xuất, trước mắt thu nhập của người dân ở TP.HCM bị ảnh hưởng. Trong khi đó, các yêu cầu sinh hoạt tối thiểu của người dân vẫn phải đáp ứng, điều đó là động lực cho người dân phải chuyển sang các đô thị vệ tinh có chi phí sinh hoạt, chi phí nhà ở... thấp hơn, kéo theo lượng lao động cũng chuyển theo về các đô thị vệ tinh, trong đó tất yếu có lượng lao động chất lượng cao.

Dịch chuyển lao động chất lượng cao từ TP.HCM sang các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương đã chứng minh là một động lực quan trọng cho phát triển kinh tế của những khu vực này, qua việc cung cấp một nguồn lực lao động dồi dào, thúc đẩy đầu tư và đa dạng hóa nền kinh tế địa phương. Sự dịch chuyển này không chỉ giảm bớt áp lực về dân số và cơ sở hạ tầng cho TP.HCM mà còn mang lại cơ hội phát triển mới cho các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương thông qua việc

kích thích nhu cầu về nhà ở, dịch vụ và thương mại, từ đó thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương.

Nguồn nhân lực dồi dào từ TP.HCM đã góp phần vào việc phát triển nguồn lực lao động chất lượng cao ở các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương, hỗ trợ sự phát triển của các ngành công nghiệp và dịch vụ mới, bao gồm công nghệ thông tin, sản xuất và chế biến, dịch vụ tài chính, và du lịch. Điều này tạo ra một lực lượng lao động đa dạng và linh hoạt, có khả năng đáp ứng nhu cầu của thị trường lao động địa phương và quốc tế, từ đó góp phần vào việc nâng cao năng suất lao động và tăng trưởng kinh tế. Bên cạnh đó, sự gia tăng dân số cũng thúc đẩy nhu cầu về nhà ở và các dịch vụ liên quan, như giáo dục, y tế, và giải trí, đòi hỏi phải có sự đầu tư mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng và dịch vụ công. Điều này không chỉ tạo ra việc làm trong quá trình xây dựng mà còn trong quản lý và vận hành cơ sở hạ tầng và dịch vụ sau này, từ đó góp phần vào việc giảm tỷ lệ thất nghiệp và tăng cường an sinh xã hội. Hơn nữa, sự dịch chuyển dân cư tạo ra một thị trường tiêu dùng lớn hơn, khuyến khích sự phát triển của các ngành công nghiệp tiêu dùng và dịch vụ, bao gồm bán lẻ, giải trí, và ẩm thực, từ đó thúc đẩy sự đa dạng hóa kinh tế và tạo điều kiện cho sự phát triển bền vững.

Sự dịch chuyển dân cư từ TP.HCM sang các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương đã mang lại những đóng góp tích cực và quan trọng cho phát triển kinh tế của các khu vực này, thông qua việc tăng cường nguồn lực lao động, thúc đẩy đầu tư vào cơ sở hạ tầng và dịch vụ, và mở rộng thị trường tiêu dùng. Điều này yêu cầu sự phối hợp chặt chẽ giữa chính quyền các cấp và các bên liên quan để tối ưu hóa lợi ích và đảm bảo một mô hình phát triển kinh tế bền vững.

#### ***Đóng góp cho việc chỉnh trang và quản lý đô thị***

Qua thực tiễn phản ánh, các đô thị lớn như Hà Nội, Hải Phòng, TP.HCM,...cũng vẫn còn các xóm nghèo được xây dựng tự phát, không giấy phép trên đất nông nghiệp, đất cây xanh, hành lang kênh rạch,...mà hiện tại chính quyền các đô thị rất khó giải quyết. Các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương cũng tương tự, trải qua quá trình phát triển đô thị chắc chắn cũng gặp các trường hợp tương tự. Điều này là bài học thực tiễn cho các đô thị công nghiệp hình thành sau, do vậy chính quyền đô thị cần có sự chuẩn bị tốt trong công tác quản lý đô thị bằng việc làm tốt công tác quy hoạch, có sự chuẩn bị về nhà ở, nhà cho người thu nhập thấp, nhà chung cư cao tầng, hạ tầng kỹ thuật giao thông vận tải, cung cấp điện nước,...Việc dự đoán, quy hoạch tốt và các kế hoạch chuẩn bị chu đáo sẽ là cơ sở cho các đô thị phát triển bền vững.

#### **4. KẾT LUẬN**

Sự dịch chuyển dân cư từ TP.HCM và các địa phương lân cận đến các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương là một chiến lược dài hạn nhằm giải quyết các vấn đề về lao động, lao động chất lượng cao, cũng là một xu hướng mà người dân tự thay đổi môi trường sống của mình, giải thích các bức bách về môi trường, về cõi bỏ không gian chật chội của đô thị. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, có thể phân bổ nguồn lực một cách hiệu quả hơn và tạo điều kiện cho sự phát triển của các đô thị lân cận bởi sự di dân cơ học. Điều này không chỉ giúp cải thiện chất lượng cuộc sống cho người dân mà còn đóng góp vào sự phát triển bền vững của cả khu vực.

Các biện pháp hỗ trợ quá trình này cần được chuẩn bị một cách cẩn thận và toàn diện, từ việc xây dựng cơ sở hạ tầng phù hợp đến việc triển khai chính sách hỗ trợ nhà ở và phát triển cộng đồng. Đặc biệt, sự tạo ra một môi trường sống chất lượng cao ở các đô thị lân cận sẽ không chỉ khuyến khích dịch chuyển dân cư mà còn góp phần vào việc tạo dựng những cộng đồng phát triển bền vững.

Cuối cùng, việc áp dụng các chính sách và quy hoạch thông minh, chủ động đón đầu trên cơ sở sự đòi hỏi ngày càng cao của người dân, là yếu tố quan trọng để đảm bảo rằng mọi hoạt động phát triển đều được thực hiện một cách có tổ chức và hiệu quả, phù hợp với quy luật. Phân định rõ ràng vai trò và chức năng của từng đô thị lân cận, cùng với việc phát triển khu vực một cách đồng bộ và liên kết, sẽ đảm bảo rằng dịch chuyển dân cư mang lại lợi ích tối đa cho cả khu vực. Bên cạnh đó, khuyến khích công nghiệp hóa ở các đô thị lân cận cũng là một yếu tố quan trọng để tăng cường động lực phát triển kinh tế, góp phần vào sự phát triển đồng đều của cả khu vực.

Như vậy, thông qua việc áp dụng các biện pháp và chính sách phù hợp, việc dịch chuyển dân cư có thể được quản lý một cách hiệu quả, từ đó đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững và cân bằng của TP.HCM cũng như các tỉnh Đồng Nai và Bình Dương.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Thảo, Đ.T.P., M.V. Sỹ, and N.V. Lợi, Kết hợp dữ liệu thống kê dân số và tư liệu viễn thám thành lập bản đồ phân bố dân cư. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, 2018(36): p. 52-58.
2. Morgan, G.A. and R.J. Harmon, Data collection techniques. *Journal-American Academy Of Child And Adolescent Psychiatry*, 2001. 40(8): p. 973-976.
3. Thủy, Đ.T.T., et al., Nghiên cứu thử nghiệm tích hợp dữ liệu thống kê dân số, nhà ở với dữ liệu nền địa lý cho tỉnh Thanh Hóa đáp ứng nhu cầu quản lý, quy hoạch của tỉnh. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, 2022(51): p. 30-39.
4. In, J. and S. Lee, Statistical data presentation. *Korean journal of anesthesiology*, 2017. 70(3): p. 267-276.
5. PHIN, T., Ứng dụng GIS trong quy hoạch xây dựng.
6. Lê Thị Mai, H., Ứng dụng swot phân tích đặc điểm người cao tuổi tại thành phố đồng hới từ góc nhìn công tác xã hội. 2017.
7. Tuấn-ThS, T.Đ.D.A., N.T.T.T.N. Thị, and N. Ngọc, Báo cáo Hiện trạng và Đề xuất Giải pháp.
8. Quang, H., Thách thức trong công tác phát triển hạ tầng đô thị. 2022.
9. Nguyệt, P.T.B., PPP-Lời giải cho bài toán vốn để phát triển cơ sở hạ tầng giao thông đô thị tại TP.HCM. *Tạp chí Phát triển và Hội nhập*, 2013.

# Một phương pháp tính toán nhiệt độ tới hạn của cấu kiện kết cấu thép

A method for calculating the critical temperature of a steel structure members

> PGS.TS NGUYỄN HỒNG SƠN<sup>1\*</sup>, VÕ THANH LƯƠNG<sup>2</sup>, LÊ MINH LONG<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

<sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự

<sup>3</sup>Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Xây dựng; \*Email: nguyenhongsondhtk@gmail.com

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán nhiệt độ tới hạn đối với các cấu kiện cơ bản của kết cấu thép theo Tiêu chuẩn thiết kế (dự thảo) của Liên bang Nga "Kết cấu thép - Quy tắc đảm bảo khả năng chịu lửa", và nghiên cứu một số tiêu chuẩn khác liên quan, chẳng hạn như GOST 27772:2021, SP 16.13330.2017 v.v... , cũng như một số tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép chịu lửa của Mỹ, châu Âu, Trung Quốc, Nhật Bản, Úc, Ấn Độ. Trên cơ sở đó, xây dựng phương pháp tính toán nhiệt độ tới hạn đối với kết cấu thép phù hợp với TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023 và một số tiêu chuẩn về vật liệu thép trong nước hiện hành. Đồng thời, thực hành tính toán nhiệt độ tới hạn đối với một số cấu kiện kết cấu thép, có so sánh với kết quả tính toán theo EN 1993-1-2, nhằm khẳng định độ tin cậy của phương pháp được áp dụng.

**Từ khoá:** Chịu lửa; nhiệt độ tới hạn; hệ số giảm cường độ và mô đun đàn hồi.

## ABSTRACT

The article presents the method of calculating critical temperatures for basic components of steel structures according to the design standards (draft) of the Russian Federation "Steel structures - Rules for ensuring of fire resistance", and research a some of other related standards, such as GOST 27772:2021, SP 16.13330.2017, etc., as well as some fire-resistant steel structure design standards: American, Europe, China, Japan, Australia, India. On that basis, develop a method to calculate fire resistance limits for steel structures in accordance with TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023 and some current domestic steel material standards. At the same time, practice calculating the critical temperature for some structural steel members, comparing with the calculation results according to EN 1993-1-2, to confirm the reliability of the applied method.

**Keywords:** In fire; critical temperature; reduction factor of yield strength and elastic modulus.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu thép được sử dụng cho các nhà xưởng và nhà kho có một hoặc nhiều nhịp, cũng như có một hoặc nhiều tầng. Chúng được thiết kế về độ bền theo [8], ngoài ra cần đảm bảo yêu cầu về khả năng chịu lửa theo [1]. Việc tính toán chịu lửa kết cấu thép đối với các kỹ sư trong nước còn khá mới, do chưa có tiêu chuẩn riêng, và thường phải sử dụng các tiêu chuẩn nước ngoài, chẳng hạn như tiêu chuẩn của Mỹ [11], châu Âu [14] cũng như của Nhật Bản [10], Úc [12], Trung Quốc [13], Ấn Độ [15], Liên bang Nga [21], [22] và gần đây có [19]).

TCVN 5575:2024 được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn của Liên bang Nga [20], QCVN 06:2022/BXD có nhiều quy định cũng được tham khảo từ Quy chuẩn của Liên bang Nga. Việc tìm hiểu và làm rõ được cách tính toán chịu lửa đối với kết cấu thép xây dựng theo Tiêu chuẩn [19] cũng là cần thiết, nhằm mở rộng phạm vi áp dụng đối với các quy định có trong [8].

Quy tắc đảm bảo khả năng chịu lửa đối với kết cấu thép được đề cập trong tài liệu [19], áp dụng đối với kết cấu chịu lực làm từ thép cán nóng dựa trên sự suy giảm khả năng chịu lực của nhà và công trình với mục đích khác nhau, không áp dụng đối với kết cấu bao che của nhà thép hoặc kết cấu thành móng làm từ tấm mạ kẽm tạo hình nguội hoặc tấm tôn.

Vấn đề về thiết kế kết cấu thép chịu lửa có nhiều nội dung, bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu các mức thép theo Tiêu chuẩn Việt Nam tương đương với mức thép theo Tiêu chuẩn Liên bang Nga làm cơ sở để chuyển đổi bảng tra Dữ liệu sự thay đổi tính chất cơ học của thép xây dựng ở nhiệt độ cao phù hợp với các mức thép của Việt Nam, cũng như làm rõ cách tính toán hệ số suy giảm độ bền của các cấu kiện cơ bản, từ đó xác định được nhiệt độ tới hạn của kết cấu thép. Thuật ngữ "nhiệt độ tới hạn" được hiểu là: nhiệt độ trung bình của tiết diện kết cấu thép tại đó xảy ra trạng thái giới hạn mất khả năng chịu lực [19]. Các vấn đề về tính toán kỹ thuật nhiệt và tính toán khả năng chịu lửa đối với các cấu kiện kết cấu thép ứng với các giải pháp bọc chống cháy khác nhau sẽ được đề cập trong các công bố khác.

## 2. VẬT LIỆU THÉP KẾT CẤU VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG

### 2.1 Vật liệu thép

#### a) Vật liệu thép thông thường

Theo Tiêu chuẩn Liên bang Nga: Vật liệu thép được quy định trong [16], theo đó có các mức thép C235, C245, C255 (thép cường độ thông thường), C345, C345K, C355, C355-1, C355K, C375 (thép cường độ nâng cao), C390, C390-1, C440, C550, C590 (thép cường độ cao), C355П, C390П (thép chịu lửa). Ký hiệu C là thép xây dựng, 235-590 quy ước thị giới hạn chảy của sản phẩm cán (tính bằng N/mm<sup>2</sup>), số 1 là biến thiên của thành phần hóa học, chữ "K" là thép

có khả năng chống ăn mòn được tăng cường, "П" là thép có khả năng chịu lửa được tăng cường.

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam: Vật liệu thép được quy định trong các tiêu chuẩn về vật liệu thép, chẳng hạn: [2], [3], [4], [5], [6]. Quy định việc sử dụng mác thép cho kết cấu chịu lực có trong [8], nhưng không có yêu cầu về thành phần hóa học đối với thép xây dựng, quy định này xem trong các tiêu chuẩn về vật liệu [2], [3], [4], [5], [6].

b) Vật liệu thép chịu nhiệt

- Theo Tiêu chuẩn Liên bang Nga: Vật liệu thép chịu nhiệt được quy định trong [16], gồm có mác thép C355П, C390П.

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam: Vật liệu thép chịu nhiệt được quy định tại [9].

**Nhận xét:**

Cần chú ý vào tính chất cơ học của thép (giới hạn chảy trên hoặc giới hạn chảy nhỏ nhất) theo [8], mác thép theo [16]. Theo đó, các mác thép theo TCVN tương đương với:

**Nhóm 1:** Thép cường độ thông thường (C235, C245, C255 theo [16]), gồm:

- (1) S235, S275 (theo TCVN 9986, TCVN 11228)
- (2) Thép kết cấu công dụng chung (TCVN 7571)
- (3) Thép kết cấu hàn (theo TCVN 7571)
- (4) Thép kết cấu xây dựng (theo TCVN 7571)

**Nhóm 2:** Thép cường độ nâng cao (C345, C345K, C355, C355-1, C355K, C375 theo [16]), gồm:

- (1) S355 (theo TCVN 9986, TCVN 11228)
- (2) Thép kết cấu hàn (theo TCVN 7571)

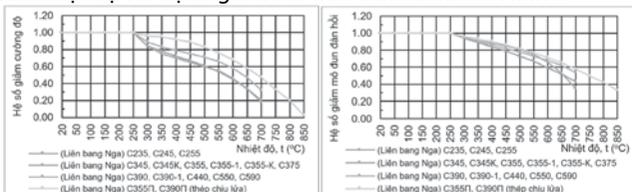
**Nhóm 3:** Thép cường độ cao (C390, C390-1, C440, C550, C590 theo [16]), gồm:

- (1) S460 (theo TCVN 11228)
- (2) Thép kết cấu công dụng chung (theo TCVN 7571)
- (3) Thép kết cấu hàn (theo TCVN 7571):

**Nhóm 4:** Thép chịu lửa (C355П, C390П theo [16]) theo TCVN 8997, gồm:

- (1) Thép ferit
  - (2) Thép austenit
- 2.2 Các đặc trưng

Giới hạn chảy và mô đun đàn hồi của thép bị giảm đi khi nhiệt độ tăng. [19] cho giá trị giảm cường độ  $\gamma_T$  và giảm mô đun đàn hồi  $\gamma_e$  của thép ở nhiệt độ cao (Phụ lục B) đối với 04 nhóm thép theo [16]. Minh họa quan hệ giữa nhiệt độ với hệ số giảm cường độ, và giữa nhiệt độ với hệ số giảm mô đun đàn hồi như ở Hình 1.



**Hình 1.** Quan hệ nhiệt độ với hệ số giảm cường độ và với hệ số giảm mô đun đàn hồi [19]

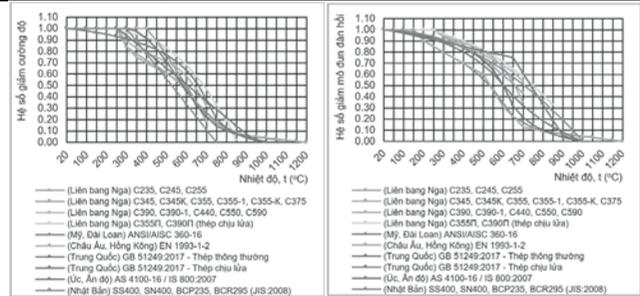
Thấy rằng, ứng với nhiệt độ dưới 250°C, giá trị  $\gamma_T = \gamma_e = 1,0$ , tức là giá trị cường độ và mô đun đàn hồi không thay đổi so với giá trị của chúng ở nhiệt độ tiêu chuẩn 20°C. Khi nhiệt độ tăng lên, giá trị  $\gamma_T$  thay đổi nhưng giá trị chênh lệch không nhiều đối với thép cường độ thông thường và thép cường độ nâng cao, tương tự giá trị  $\gamma_e$  thay đổi nhưng giá trị chênh lệch không nhiều đối với thép cường độ cao và thép chịu lửa. Giá trị hệ số  $\gamma_e$  đối với thép cường độ nâng cao có biến thiên bất thường, bởi sự giao cắt của đường biểu diễn với các thép cường độ thông thường và thép cường độ cao.

Trên cơ sở giá trị giảm cường độ và giảm mô đun đàn hồi đối với thép ở nhiệt độ cao, cũng như các mác thép tương đương theo [16] và [8], đề xuất Bảng 1, quan hệ nhiệt độ và các hệ số  $\gamma_T$  và  $\gamma_e$ .

**Bảng 1. Hệ số giảm cường độ và hệ số giảm mô đun đàn hồi của thép ở nhiệt độ cao**

T (°C)	Hệ số $\gamma_T$				Hệ số $\gamma_e$			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
250	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
300	0,84	0,84	0,89	0,96	0,94	0,96	0,95	0,96
350	0,78	0,75	0,83	0,95	0,89	0,92	0,90	0,93
400	0,72	0,70	0,79	0,92	0,84	0,88	0,86	0,90
450	0,67	0,65	0,75	0,89	0,79	0,85	0,82	0,86
500	0,61	0,60	0,71	0,83	0,73	0,81	0,78	0,82
550	0,54	0,55	0,66	0,76	0,67	0,75	0,73	0,77
600	0,45	0,46	0,58	0,68	0,59	0,66	0,68	0,71
650	0,34	0,34	0,47	0,58	0,52	0,53	0,62	0,65
700	0,20	0,18	0,32	0,47	0,43	0,35	0,54	0,58
750				0,33				0,50
800				0,20				0,42
850				0,02				0,33

**Chú thích:** (1) - mác thép S235, S275 hoặc tương đương; (2) - mác thép S355 hoặc tương đương; (3) mác thép S460 hoặc tương đương; (4) - thép chịu lửa.



**Hình 2.** Biểu đồ giá trị hệ số giảm cường độ, mô đun đàn hồi của thép theo một số tiêu chuẩn

Thấy rằng, một số tiêu chuẩn thiết kế quy định tỷ lệ giảm giới hạn chảy và mô đun đàn hồi không phụ thuộc vào mác thép (chẳng hạn: [14], [11], [12]), một số khác quy định phụ thuộc vào mác thép (chẳng hạn: [13], [10], [19]). Một số tiêu chuẩn cho giá trị tỷ lệ giảm thông qua các phương trình, một số khác cung cấp bảng tra đối với sự thay đổi của giới hạn chảy và mô đun đàn hồi của thép ở nhiệt độ cao dựa trên phân tích hồi quy dữ liệu nhận được từ các kết quả thử nghiệm đối bền kéo ở nhiệt độ cao.

Các công thức và bảng tra đặc xác định hệ số giảm cường độ  $\gamma_T$ , hệ số giảm mô đun đàn hồi  $\gamma_e$  theo một số tiêu chuẩn thiết kế. Biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ với hệ số giảm cường độ, và giữa nhiệt độ với hệ số giảm mô đun đàn hồi như ở Hình 2. Thấy rằng, các tiêu chuẩn khác nhau cho mối quan hệ khác nhau, cá biệt các quan hệ này theo [14] và [11] khá trùng nhau, và tương tự theo [12] và [15]. Tiêu chuẩn [13] và [19] cho mối quan hệ trên đối với thép thông thường và thép chịu nhiệt.

Ở nhiệt độ tới hạn  $T = 350^\circ\text{C}$ , yêu cầu trong [19] và một số tiêu chuẩn quy định không được đặt tải trọng, như thế với nhiệt độ này sẽ là ranh giới về khả năng chịu lực ở nhiệt độ cao, khi đó cần phải áp dụng giải pháp làm thay đổi khả năng chịu lực (thường phải tăng kích thước tiết diện).

**3. TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ TỚI HẠN CỦA CẤU KIỆN KẾT CẤU THÉP**

3.1 Cường độ tính toán và mô đun đàn hồi của vật liệu thép ở nhiệt độ cao [24]

- Cường độ tính toán của thép theo giới hạn chảy khi đốt nóng:

$$f_{yT} = f_y \gamma_T \tag{1}$$

trong đó:  $\gamma_T$  là hệ số nhiệt độ làm giảm giới hạn chảy của thép khi đốt nóng, xác định theo trạng thái ứng suất – biến dạng;  $f_y$  là giới hạn chảy của thép.

- Mô đun đàn hồi của thép khi đốt nóng:

$$E_t = E\gamma_e \quad (2)$$

trong đó:  $\gamma_e$  là hệ số nhiệt độ suy giảm mô đun đàn hồi của thép khi đốt nóng;  $E$  là mô đun đàn hồi của thép.

Nhiệt độ tới hạn ( $^{\circ}\text{C}$ ) đốt nóng tiết diện, theo mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị thấp nhất của các hệ số  $\gamma_T$  và  $\gamma_e$ , theo Bảng 1. Hệ số  $\gamma_e$  được xác định khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai, với giới hạn cấu tạo về độ võng của các bộ phận kết cấu khi tiếp xúc với lửa.

Khi xác định ứng suất bằng tổ hợp tính toán, hệ số  $\gamma_T$  có thể xác định là  $\gamma_T = \sigma_n/f_y$ , trong đó  $\sigma_n$  là ứng suất theo kết quả tính toán tĩnh.

Hệ số  $\gamma_e$  cần được xác định là  $\gamma_e = f/f_u$ , trong đó  $f$  là biến dạng lớn nhất của cấu kiện xảy ra khi tính toán công trình từ tổ hợp tải trọng;  $f_u$  là độ võng (biến dạng) giới hạn trong cấu kiện, phù hợp với yêu cầu của [7].

### 3.2 Xác định nhiệt độ tới hạn của cấu kiện kết cấu thép

#### a) Cấu kiện chịu kéo hoặc nén đúng tâm

Hệ số nhiệt độ giảm độ bền của các cấu kiện thép khi kéo hoặc nén đúng tâm bởi lực  $N$ :

$$\gamma_T = \frac{N}{A_n f_y} \quad (3)$$

Tính toán hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền thép có xét đến ổn định của cấu kiện tiết diện đặc khi nén đúng tâm bởi lực  $N$ :

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_y A f_y} \quad (4)$$

Nhiệt độ tới hạn ( $^{\circ}\text{C}$ ) đốt nóng tiết diện, khi kéo hoặc nén đúng tâm của cấu kiện theo mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị của hệ số  $\gamma_T$  theo Bảng 1.

#### b) Cấu kiện chịu uốn

Tính toán hệ số nhiệt độ theo độ bền kết cấu dầm chịu uốn:

- khi tác động mô men vào một trong các mặt phẳng chính

$$\gamma_T = \frac{M}{W_{pl,min} f_y} \quad (5)$$

- khi tác động một lực ngang trong tiết diện

$$\gamma_T = \frac{VS}{I_t 0,58 f_y} \quad (6)$$

- khi tác động các mô men trong hai mặt phẳng chính (và khi có mặt bi-mô men):

$$\gamma_T = \frac{M_x}{I_{xn} f_y} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} f_y} x \pm \frac{B \cdot \omega}{I_{on} f_y} \quad (7)$$

- khi tác động đồng thời mô men và lực cắt trong tiết diện

$$\gamma_T = \frac{0,87}{f_y} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (8a)$$

$$\gamma_T \geq \tau_{xy} / (0,58 f_y) \quad (8b)$$

Giá trị ứng suất cục bộ do lực tập trung  $\sigma_{loc}$  được xác định theo [8], với  $f_{yd} = f_y/\gamma_m$ , trong đó lấy hệ số độ tin cậy về vật liệu  $\gamma_m = 1,0$ .

Cần xác định hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền thép theo ổn định tổng thể của dầm chữ I loại 1 cũng như dầm hai loại thép loại 2 theo phân loại của [8], ngoại trừ ứng theo các công thức:

- khi uốn trong mặt phẳng bụng trùng với mặt phẳng đối xứng của tiết diện

$$\gamma_T = \frac{M_x}{\varphi_b W_{pl,x} f_y} \quad (9)$$

- khi uốn trong hai mặt phẳng chính (và khi có mặt bi-mô men)

$$\gamma_T = \frac{M_x}{\varphi_b W_{pl,x} f_y} \pm \frac{M_y}{W_{pl,y} f_y} \pm \frac{B}{W_{co} f_y} \quad (10)$$

Nhiệt độ tới hạn ( $^{\circ}\text{C}$ ) đốt nóng tiết diện của phần tử chịu uốn làm mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị lớn nhất của hệ số  $\gamma_T$ , được xác định theo các công thức ở mục 3.3b) theo Bảng 1.

#### c) Cấu kiện chịu nén kết hợp uốn

Tính hệ số nhiệt độ làm suy giảm độ bền của cấu kiện thép khi tác dụng của lực dọc cùng với uốn

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm (uốn - nén) và kéo lệch tâm (kéo - uốn) xác định theo công thức

$$\gamma_T = \frac{N}{A_n f_y} + \frac{M_x}{W_{pl,x} f_y} + \frac{M_y}{W_{pl,y} f_y} + \frac{B}{W_{co} f_y} \quad (11)$$

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với các cấu kiện chịu nén lệch tâm (uốn - nén) có tiết diện không đổi (cột nhà nhiều tầng - trong một tầng) trong mặt phẳng tác dụng mô men trùng với mặt phẳng đối xứng khi tính toán ổn định được xác định theo công thức

$$\gamma_T = N / (\varphi_e A f_y) \quad (12)$$

Trong công thức (12), hệ số ổn định khi nén và uốn đồng thời  $\varphi_e$  được xác định theo Bảng D.3 trong [8], phụ thuộc vào độ mảnh quy ước  $\bar{\lambda}$  và độ lệch tâm tương đối quy đổi  $m_{ef}$ , được xác định theo công thức  $m_{ef} = \eta m$

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với các thanh chịu nén lệch tâm (uốn nén) có tiết diện đặc không đổi, ngoại trừ dạng hình hộp, ngoài mặt phẳng tác dụng mô men khi uốn chúng trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất ( $I_x > I_y$ ), trùng với mặt phẳng đối xứng cũng như các chữ C khi tính toán độ ổn định cần xác định theo công thức

$$\gamma_T = N / (c \varphi_y A f_y) \quad (14)$$

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với các cấu kiện chịu nén lệch tâm (uốn nén) có tiết diện không đổi, uốn trong mặt phẳng có độ cứng nhỏ nhất ( $I_y < I_x$  và  $e_y \neq 0$ ), cần tính theo công thức (12), còn khi độ mảnh  $\lambda_x > \lambda_y$  cũng kiểm tra tính ổn định ngoài mặt phẳng tác dụng của mô men như các cấu kiện chịu nén đúng tâm

$$\gamma_T = N / (\varphi_x A f_y) \quad (15)$$

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền khi tính toán ổn định các thanh có tiết diện đặc không đổi (trừ dạng hộp), chịu nén và uốn trong hai mặt phẳng chính, khi mặt phẳng có độ cứng lớn nhất ( $I_x > I_y$ ) trùng với mặt phẳng đối xứng, cũng như đối với tiết diện dạng 3 (xem Bảng 12 trong [8]) cần được xác định theo công thức

$$\gamma_T = N / (\varphi_{exy} A f_y) \quad (16)$$

$$\text{trong đó: } \varphi_{exy} = \varphi_{ey} (0,6\sqrt{C} + 0,4\sqrt{C}) \quad (17)$$

Các yêu cầu về tính toán hệ số phải được lấy theo mục 9.2 trong [8], trong tính toán có tính đến mô men chống uốn dẻo tương ứng của các tiết diện.

Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền khi tính toán ổn định của các thanh đặc tiết diện hộp không đổi chịu nén uốn trên một hoặc hai mặt phẳng chính cần xác định theo các công thức

$$\gamma_T = N / (\varphi_{ey} A f_y) + M_x / (\delta_x W_{pl,x} f_y) \quad (18)$$

$$\gamma_T = N / (\varphi_{ex} A f_y) + M_y / (\delta_y W_{pl,y} f_y) \quad (19)$$

trong đó:  $\varphi_{ex}$ ,  $\varphi_{ey}$  là hệ số ổn định khi nén cùng với uốn, xác định theo Bảng D.3 (Phụ lục D) trong [8];  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  là các hệ số xác định theo công thức

$$\delta_x = 1 - 0,1N\bar{\lambda}_x^2 / (A f_y) \quad \text{và} \quad \delta_y = 1 - 0,1N\bar{\lambda}_y^2 / (A f_y) \quad (20)$$

và lấy tương ứng bằng 1,0 khi  $\bar{\lambda}_x \leq 1$  và  $\bar{\lambda}_y \leq 1$ , trong khi  $N$  phải lấy dấu “-”.

Nhiệt độ tới hạn ( $^{\circ}\text{C}$ ) đốt nóng tiết diện của cấu kiện khi tác dụng lực dọc cùng với uốn gây mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị lớn nhất của hệ số  $\gamma_T$ , được xác định theo các công thức ở tiểu mục 3.3c) và Bảng 1.

#### 4. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Các ví dụ này nhằm minh họa cách tính toán nhiệt độ tới hạn đối với một số cấu kiện cơ bản. Số liệu ban đầu lấy theo tài liệu [17], nhằm kiểm chứng kết quả tính so với kết quả theo [14].

##### 4.1. Cấu kiện chịu nén đứng tâm

*Số liệu:* Cột của nhà công nghiệp được làm từ các tấm bằng tổ hợp hàn. Cột nén đứng tâm,  $N_{ed} = 307,7$  kN, chiều cao cột 4,65 m. Tiết diện cột chữ H có  $h = 300$  mm,  $b = 200$  mm,  $h_w = 276$  mm,  $t_w = 10$  mm,  $t_f = 12$  mm,  $A = 75,6$  cm<sup>2</sup>. Cột được làm bằng thép S235, với chiều dày sơ bộ lớn nhất của các phần tử tiết diện cột  $t < 16$  mm thì giới hạn chảy bằng  $f_y = 235$  N/mm<sup>2</sup>.

*Yêu cầu:* Xác định nhiệt độ tới hạn.

*Kết quả:*

(1) Xác định là hệ số ổn định khi nén đứng tâm  $\varphi_y$  (đường cong c tính cho trục yếu), với độ mảnh quy ước của thanh:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{L_{cr}}{i_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{4650}{46} \sqrt{\frac{235}{2,06 \times 10^5}} = 3,41.$$

$$\varphi_y = 0,460 + \frac{0,493 - 0,460}{3,4 - 3,6} \times (3,41 - 3,6) = 0,491.$$

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_y A f_y} = \frac{307,7 \times 10^3}{0,491 \times 75,6 \times 10^2 \times 235} = 0,353.$$

(2) Nhiệt độ tới hạn đốt nóng tiết diện, khi nén đứng tâm của cấu kiện theo mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị của hệ số  $\gamma_T = 0,353$  theo Bảng 1.

$$T_{cr} = 650 + \frac{0,353 - 0,34}{0,20 - 0,34} \times \frac{700 - 650}{1} = 645,36 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

So sánh với kết quả tính theo tài liệu [17]:

Kết quả tính theo tài liệu [17],  $T_{cr} = 664,6^{\circ}\text{C}$ . Chênh lệch kết quả tính là -2,98%.

##### 4.2 Cấu kiện chịu uốn

*Số liệu:* Dầm chính có  $L = 7,5$  m chịu tải trọng phân bố đều, bước dầm  $B = 4,5$  m, đầu dầm tựa khớp trên các cột và cánh phía trên của nó không được cố định ngoài mặt phẳng, tải trọng lên dầm chính  $G_k = 1,503$  kN/m<sup>2</sup>,  $Q_{k,1} = 4,9$  kN/m<sup>2</sup>. Dầm tổ hợp hàn được làm từ các tấm có kích thước  $h = 400$  mm,  $b = 300$  mm,  $h_w = 368$  mm,  $t_w = 10$  mm,  $t_f = 16$  mm,  $A = 132,8$  cm<sup>2</sup>. Dầm làm bằng thép S235. Với chiều dày tiết diện tối đa sơ bộ của tấm  $\leq 16$  mm, giới hạn chảy của thép  $f_y = 235$  N/mm<sup>2</sup>.

*Yêu cầu:* Xác định nhiệt độ tới hạn.

*Kết quả:*

(1) Tổng giá trị tính toán của tải trọng trên dầm chính  $q_n$ :

$$q_n = (G_k + \psi_{f1} Q_{k,1}) \cdot B = (1,503 + 1,0 \times 4,9) \times 4,5 = 28,81 \text{ kN/m}$$

đó:

$G_k$  là giá trị tiêu chuẩn của tác động thường xuyên;

$$G_k = 1,02 \text{ (trọng lượng mái)} + 0,483 \text{ (trọng lượng dầm sàn)} = 1,503 \text{ kN/m}^2;$$

$Q_{k,1} = 4,9$  kN/m<sup>2</sup> là giá trị tiêu chuẩn chủ đạo hoặc (thứ nhất) của tác động tạm thời dài hạn;

$\psi_{f1} = \psi_{L,1} = 1,0$  là hệ số tổ hợp tải trọng, được giả định bằng  $\psi_{L,1}$  (xem mục 6.3 trong [7]).

$$q_n = 28,81 \text{ kN/m}.$$

(2) Mô men uốn lớn nhất ở dầm chính với tải trọng phân bố đều ở giữa nhịp:

$$M = \frac{q_n L^2}{8} = \frac{28,81 \times 7,5^2}{8} = 202,6 \text{ kNm}.$$

(3) Tính toán hệ số nhiệt độ theo độ bền kết cấu dầm chịu uốn khi tác động mô men vào một trong các mặt phẳng chính theo công thức (5):

$$\gamma_{T1} = \frac{M}{W_{pl,min} f_y} = \frac{202,6 \times 10^6}{2080,95 \times 10^3 \times 235} = 0,414,$$

trong đó:  $W_{pl,min} = 2080,95$  cm<sup>3</sup> là mô đun chống uốn dẻo nhỏ nhất của tiết diện.

Xác định hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền thép theo ổn định tổng thể của dầm chữ I loại 1 khi uốn trong mặt phẳng bụng trùng với mặt phẳng đối xứng của tiết diện theo công thức (9):

$$\gamma_{T2} = \frac{M_x}{\varphi_b W_{pl,x} f_y} = \frac{202,6 \times 10^6}{0,923 \times 2080,95 \times 10^3 \times 235} = 0,449.$$

Trong công thức (9):  $\varphi_b = 0,923$  là hệ số ổn định khi uốn, được xác định theo Phụ lục F trong [8] cho dầm có tiết diện gổĩ đỡ được bảo đảm chống dịch chuyển ngang và quay;

$W_{pl,x} = 2080,95$  cm<sup>3</sup> là mô đun chống uốn dẻo của tiết diện đối với trục  $x-x$ , tính cho thứ bị nén nhiều nhất của cánh chịu nén;

(4) Nhiệt độ tới hạn đốt nóng tiết diện của phần tử chịu uốn làm mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị lớn nhất của hệ số  $\gamma_T$ , được xác định theo các công thức ở mục 3.3b), theo Bảng 1:

$$T_{cr1} = 600 + \frac{0,414 - 0,45}{0,34 - 0,45} \times \frac{650 - 600}{1} = 616,4 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

$$T_{cr2} = 600 + \frac{0,449 - 0,45}{0,34 - 0,45} \times \frac{650 - 600}{1} = 600,4 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Chấp nhận giá trị thấp nhất trong hai giá trị. Do đó, nhiệt độ tới hạn của dầm là  $T_{cr} = 600,4^{\circ}\text{C}$ .

(5) Nhiệt độ tới hạn đốt nóng tiết diện, theo mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị thấp nhất của các hệ số  $\gamma_T$  và  $\gamma_e$ , theo Bảng 1. Hệ số  $\gamma_e$  được xác định khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai, với giới hạn cấu tạo về độ võng của các bộ phận kết cấu khi tiếp xúc với lửa.

Hệ số  $\gamma_e$  cần được xác định là  $\gamma_e = f/f_u$ , trong đó  $f$  là biến dạng lớn nhất của phần tử xảy ra khi tính toán công trình từ tổ hợp tải trọng;  $f_u$  là độ võng (biến dạng) giới hạn trong dầm, phù hợp với yêu cầu của TCVN 2737:2023 ( $f_u$  cho dầm chính  $f_u = L/250 = 7500/250 = 30$  mm).

(6) Xác định độ võng lớn nhất của dầm  $f$  khi chịu tải trọng  $q_n = 28,81$  kN/m

$$f = \frac{5 \cdot q_n L^4}{384 E I_x} = \frac{5}{384 \cdot 2,06 \times 10^5 \times 39452,44 \times 10^4} \times 28,81 \times 7,5^4 \times 10^{12} = 14,6 \text{ mm}.$$

$$\text{Như vậy ta có: } \gamma_e = \frac{f}{f_u} = \frac{14,6}{30} = 0,487.$$

Do  $\gamma_e = 0,487 > 0,449 = \gamma_T$  nên nhiệt độ tới hạn được xác định theo  $\gamma_T$ .

So sánh với kết quả tính theo tài liệu [17]:

Kết quả tính theo tài liệu [17],  $T_{cr} = 468,8^{\circ}\text{C}$ . Chênh lệch kết quả tính là 28,07%.

##### 4.3 Cấu kiện chịu nén kết hợp uốn

*Số liệu:* Cột đỡ giàn mái của nhà công nghiệp, bước cột 6,0 m. Cột chịu nén và uốn đồng thời ( $N = 402,4$  kN;  $M_x = 131,2$  kNm) với chiều cao hình học của cột  $L_{ef} = 700$  cm, chiều dài tính toán trong mặt phẳng khung  $L_{cr,x} = \mu \cdot L_{ef} = 2 \times 700 = 1400$  cm, và ngoài mặt phẳng khung  $L_{cr,y} = 350$  cm. Tiết diện cột chữ H50 (theo GOST 8239-89), kích thước hình học  $h = 500,0$  mm,  $b = 170$  mm,  $t_w = 10,0$  mm,  $t_f = 15,2$  mm,  $r = 17,0$  mm,  $h_w = h - 2t_f = 469,6$  mm; các đặc trưng hình học sau:  $A = 100,0$  cm<sup>2</sup>,  $I_x = 39\,727$  cm<sup>4</sup>,  $I_y = 1043$  cm<sup>4</sup>,  $W_x =$

1589 cm<sup>3</sup>, W<sub>y</sub> = 123 cm<sup>3</sup>, W<sub>pl,x</sub> = 1852,8 cm<sup>3</sup>, i<sub>x</sub> = 19,0 cm; i<sub>y</sub> = 3,23 cm. Chấp nhận rằng tiết diện chỉ làm việc trong giai đoạn đàn hồi.

Cột được làm bằng thép S275. Với chiều dày sơ bộ lớn nhất của các phần tử tiết diện cột t < 40 mm thì giới hạn chảy bằng f<sub>y</sub> = 270 N/mm<sup>2</sup>.

**Yêu cầu:** Xác định nhiệt độ tới hạn.

**Kết quả:**

(1) Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm (uốn - nén), theo công thức (11):

$$\gamma_{T1} = \frac{402,4 \times 10^3}{100 \times 10^2 \times 270} + \frac{131,2 \times 10^6}{1852,8 \times 10^3 \times 270} = 0,411,$$

trong đó: nội lực trong tổ hợp bất lợi nhất N = 402,4 kN; M<sub>x</sub> = 131,2 kNm; M<sub>y</sub> = B = 0. Các thông số A<sub>n</sub> = A = 100,0 cm<sup>2</sup>; W<sub>pl,x</sub> = 1852,8 cm<sup>3</sup> và vật liệu f<sub>y</sub> = 270 N/mm<sup>2</sup>.

(2) Độ lệch tâm tương đối quy đổi m<sub>ef</sub>, xác định theo công thức (13):

$$m_{ef} = \eta m = 1,40 \times 1,76 = 2,46$$

trong đó: η = 1,40; m = eA/W<sub>pl,x</sub> = 32,6 × 100/1852,8 = 1,76 là độ lệch tâm tương đối (e = M/N = 131,2/402,4 = 0,326 m).

$$\bar{\lambda}_x = \frac{1400}{19} \times \sqrt{\frac{270}{2,06 \times 10^5}} = 2,67$$

Từ  $\bar{\lambda}_x = 2,67$ ; m<sub>ef</sub> = 2,46, nhận được φ<sub>e</sub> = 0,314.

Thay vào (12) ta có:

$$\gamma_{T2} = \frac{402,4 \times 10^3}{0,314 \times 100 \times 10^2 \times 270} = 0,475.$$

(3) Hệ số nhiệt độ làm giảm độ bền đối với các thanh chịu nén lệch tâm (uốn nén) có tiết diện đặc không đối, xác định theo công thức (14):

$$\gamma_T = N / (\alpha_{\varphi_y} A f_y),$$

trong đó:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{350}{3,23} \times \sqrt{\frac{270}{2,06 \times 10^5}} = 3,92.$$

$$\varphi_y = 0,402 + \frac{0,430 - 0,402}{3,8 - 4,0} \times (3,92 - 4,0) = 0,413.$$

φ<sub>c</sub> = 0,537 là giá trị của φ<sub>y</sub> khi  $\bar{\lambda}_y = 3,14$ ;

$$\alpha = 0,65 + 0,05m_x = 0,65 + 0,05 \times 1,76 = 0,738;$$

$$\beta = \sqrt{\varphi_c / \varphi_y} = \sqrt{0,537 / 0,413} = 1,140;$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1,140}{1 + 0,738 \times 1,76} = 0,496.$$

Thay vào (14) ta có:

$$\gamma_{T3} = \frac{402,4 \times 10^3}{0,496 \times 0,413 \times 100 \times 10^2 \times 270} = 0,728.$$

(4) Nhiệt độ tới hạn đốt nóng tiết diện của cấu kiện khi tác dụng lực dọc và uốn đồng thời gây mất khả năng chịu lực được xác định dựa theo giá trị lớn nhất của hệ số γ<sub>T</sub>, được xác định theo các công thức ở tiểu mục 3.3c) và Bảng 1.

$$\gamma_T = \max(\gamma_{T1}, \gamma_{T2}, \gamma_{T3}) = \max(0,411; 0,475; 0,728) = 0,728.$$

Do thép S275 nằm giữa hai loại thép thường và thép nâng cao nên cần phải kiểm tra theo cả hai loại đó.

$$T_{cr1} = 400 + \frac{0,728 - 0,78}{0,72 - 0,78} \times \frac{400 - 350}{1} = 443,3^\circ\text{C}.$$

$$T_{cr2} = 400 + \frac{0,728 - 0,75}{0,70 - 0,75} \times \frac{400 - 350}{1} = 422,0^\circ\text{C}.$$

(5) Chấp nhận giá trị xấu nhất trong hai giá trị. Do đó, nhiệt độ tới hạn của cột là T<sub>cr</sub> = 422,0°C.

So sánh với kết quả tính theo tài liệu [17]:

Kết quả tính theo tài liệu [17], T<sub>cr</sub> = 414,1°C. Chênh lệch kết quả tính là 1,91%.

## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua các nội dung nghiên cứu trong bài báo này, kết quả đạt được như sau:

- Đã làm rõ được một số vấn đề khi tính toán nhiệt độ tới hạn theo tiêu chuẩn thiết kế (dự thảo) của Liên bang Nga, có thể áp dụng để tính toán nhiệt độ tới hạn đối với một số cấu kiện cơ bản khi sử dụng [7] và [8] và các tiêu chuẩn về vật liệu thép.

- Thực hành tính toán nhiệt độ tới hạn đối với cấu kiện cơ bản. Qua ví dụ số thấy rằng, việc tính toán nhiệt độ tới hạn đối với một số cấu kiện cơ bản của kết cấu thép, có thể áp dụng trong thực tế thiết kế kết cấu thép trong điều kiện cháy ở Việt Nam.

- Kiến nghị tiếp tục nghiên cứu tính toán nhiệt độ tới hạn, giới hạn chịu lửa và khả năng chịu lửa của cấu kiện kết cấu thép khi được bọc bằng các vật liệu chống cháy khác nhau (sơn, thạch cao v.v...).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quy chuẩn quốc gia QCVN 06:2022/BXD, An toàn cháy cho nhà và công trình.
- [2] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9986-1:2013 (ISO 630-1:2011), Thép kết cấu - Phần 1: Điều kiện kỹ thuật chung khi cung cấp sản phẩm thép cán nóng.
- [3] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9986-2:2013 (ISO 5264-2:2011), Thép kết cấu - Phần 2: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu thông dụng.
- [4] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9986-3:2014 (ISO 630-3:2012), Thép kết cấu - Phần 3: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu hạt mịn.
- [5] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 11228 (ISO 12633), Thép kết cấu rỗng được gia công nóng hoàn thiện từ thép không hợp kim và thép hạt mịn.
- [6] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7571:2019, Thép hình cán nóng.
- [7] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737:2023, Tải trọng và tác động.
- [8] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575:2024, Thiết kế kết cấu thép.
- [9] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8997:2011 (ISO 4955:2005), Thép chịu nhiệt.
- [10] AII 2008, Recommendation for fire resistant design of steel structures.
- [11] ANSI/AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings.
- [12] AS 4100:2020, Steel structures.
- [13] GB 51249-2017, Code for fire safety of steel structures in buildings, tr 21.
- [14] EN 1993-1-2, Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.
- [15] IS 800:2007, General Construction In Steel - Code of Practice.
- [16] ГОСТ 27772-2021, Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.
- [17] Расчет стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины.
- [18] СП 296.1325800.2017, Здания и сооружения. Особые воздействия.
- [19] СП XX.XXXXX.2023, Конструкции стальные строительные. Правила обеспечения огнестойкости.
- [20] СП 16.13330.2017 «СНИП II-23-81\* Стальные конструкции» (с изменением № 1, № 2, № 3, № 4, № 5).
- [21] СТО АРСС 1 1251254.001-018-03, Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок.
- [22] СТО АРСС 1125 1254.001-020-1, Огнестойкость строительных конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей, 2022.

# Dự báo, tính toán ổn định mái dốc ở Kon Tum, Tây Nguyên có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa và từ biến

Prediction and calculation of slope stability in Kon Tum, Tay Nguyen, taking into account the amount of precipitation and the creep process of soil

> **NGUYỄN HUY HIỆP\***, **NGUYỄN SỸ CÔNG**, **TRẦN HỒNG QUÂN**, **HOÀNG QUỐC LONG**

Trường Đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn; \*Email: huyhiepnguyen@lqdtu.edu.vn

## TÓM TẮT

Trượt lở đất ở các sườn dốc và mái dốc thường xảy ra vào mùa mưa bão, đặc biệt là những nơi xảy ra mưa to kéo dài. Cùng với sự biến đổi khí hậu, những điều kiện thiên tai bất thường, diễn biến của các hiện tượng trượt lở ngày càng đa dạng và phức tạp. Nội dung bài báo sử dụng phần mềm Plaxis FEM vào tính toán ổn định mái dốc khu vực Kon Tum - Tây Nguyên, kể đến ảnh hưởng của hiện tượng mưa dài ngày. Kết quả tính ra hệ số ổn định nhằm dự báo ổn định mái dốc có xét đến từ biến, là một cơ sở để thực hiện các biện pháp an toàn phù hợp nếu cần thiết.

**Từ khóa:** mái dốc; đất không bão hòa; ổn định doanh trại; tai biến địa chất.

## ABSTRACT

Mountainous terrains, and regions subjected to high seismic activities, and extreme heavy rainfall. In recent years, climate changes and unusual natural phenomena have frequently occurred. As a result, the evolution of landslides develops diversely and complexly. In the article, the authors conduct the prediction and slope stability analysis using Plaxis FEM software for the case study in Kon Tum, Tay Nguyen, taking into a great amount of long-duration precipitation, and the creep process of soil. The achieved results provide the actual factor of safety, which is necessary to implement appropriate measures to avoid landslides in wet season.

**Keywords:** Landslides, unsaturated soil, slope stability, creep, factor of safety.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rất nhiều mái dốc vẫn ổn định trong thời gian dài nhưng sau đó bị phá hủy do thời gian mưa bão. Cùng với sự biến đổi khí hậu, những điều kiện thiên tai bất thường, diễn biến của các hiện tượng trượt lở ngày càng đa dạng và phức tạp. Năm 2023, tỉnh Kon Tum vào mùa mưa, trên địa bàn tỉnh có hàng trăm điểm sạt lở, có nguy cơ sạt lở cao tại các khu vực dân cư, vườn rẫy tại nhiều xã thuộc các huyện Tu Mơ Rông, Kon Plông, Đăk Glei. Ngoài ra, các tuyến tỉnh lộ 673 (huyện Đăk Glei), 676 (huyện Kon Plông); 672, 678 (huyện Tu Mơ Rông), các tuyến Quốc lộ 24, 40B cũng thường xuyên xảy ra sạt lở. Địa bàn các huyện Kon Plông, Đăk Glei, Tu Mơ Rông... được xem là "trọng tâm" của sạt lở, sụt lún địa hình. (Theo Báo điện tử Đảng cộng sản Việt Nam ngày 21/11/2023).

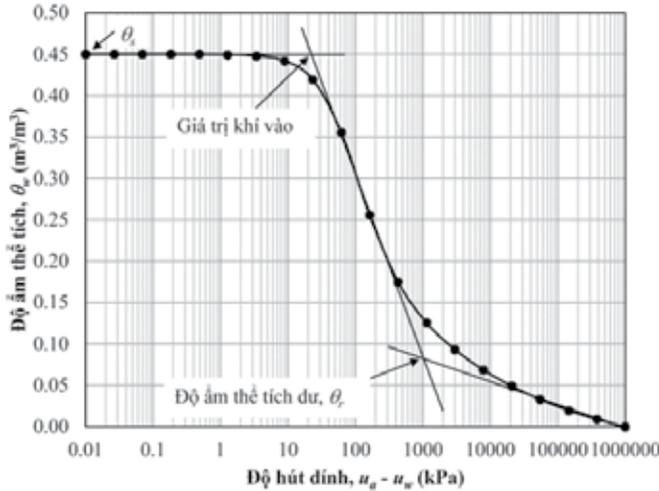
Nhiều nghiên cứu cho rằng những phương pháp thông thường dựa vào giả thuyết ứng xử của đất bão hòa để thiết kế, xây dựng mái dốc đất không bão hòa là không phù hợp. Phân tích ổn định mái dốc nên xem xét theo trạng thái động bao gồm những thay đổi môi trường gần mặt đất (mưa, thoát bốc hơi) thay vì phân tích tĩnh như thông thường. Vì vậy, phân tích ổn định mái dốc cần phải xem xét trong một hệ thống đất không bão hòa - bão hòa và đất bão hòa xem như trường hợp đặc biệt của đất không bão hòa. Ngoài ra, cần nghiên cứu thêm hiện tượng chảy của đất xét đến yếu tố từ biến của đất.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đường đặc trưng đất- nước (Soil-water characteristic curve - SWCC)

Đất không bão hòa là một hỗn hợp của hơn hai pha (thông thường là ba pha gồm: rắn, nước và khí) và có áp lực nước lỗ rỗng là âm (do có áp lực khí lỗ rỗng). Mọi loại đất gần mặt đất, ở môi trường tương đối khô, sẽ chịu áp lực nước lỗ rỗng âm và không bão hòa. Đất không bão hòa hay đất có áp lực nước lỗ rỗng âm có thể có mặt trong bất kỳ trầm tích địa chất cơ bản nào đó. Phần lớn các trầm tích đất bề mặt tự nhiên ở độ ẩm tương đối thấp và các loại đất tàn tích do phong hóa là đất không bão hòa; quá trình đào hố móng, chế bị và đầm chặt lại đất cũng tạo ra vật liệu đất không bão hòa. Loại đất không bão hòa được quan tâm trong nhiều nghiên cứu liên quan đến trượt lở là đất tàn tích do phong hóa. Phần lớn các sườn dốc,

mái dốc đất được cấu tạo từ đất tàn tích, toàn bộ sườn dốc, mái dốc hay chỉ phần trên mực nước ngầm là đất không bão hòa.



Hình 1. Đường đặc trưng đất-nước (SWCC)

Để xác định sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng âm (độ hút dính) cần thiết lập mối quan hệ giữa độ ẩm và độ hút dính. Mối quan hệ này được gọi là đường cong đặc trưng đất-nước (Soil-water characteristic curve - SWCC) và được dùng phổ biến trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Đường cong SWCC thường được biểu diễn dưới dạng mối quan hệ giữa độ bão hòa, độ ẩm trọng lượng hoặc độ ẩm thể tích với độ hút dính (Hình 2). Khả năng thấm nước và sức chống cắt của đất không bão hòa là một hàm của độ hút dính. Do đó, đường cong SWCC được sử dụng để dự đoán hàm thấm và hàm cường độ kháng cắt của đất không bão hòa.

Có nhiều phương pháp xác định đặc tính đường cong SWCC của đất, trong nội dung bài báo sử dụng phương pháp của Fredlund và Xing (1994):

$$\theta = \theta_s \left( 1 - \frac{\ln(1 + h/h_r)}{\ln(1 + 1000000/h_r)} \right) \left[ \frac{1}{\ln(e + (h/a)^n)} \right]^m \quad (1)$$

Trong đó:  $h$ - cột nước độ hút dính;  
 $h_r$ - độ hút dính tương ứng với độ ẩm dư;  
 $n$ - độ dốc tại điểm uốn của đường cong SWCC;  
 $m$ - độ dốc tại độ ẩm dư;  $e$ - cơ số tự nhiên, 2,718;  
 $\theta_s$ - độ ẩm thể tích bão hòa;  
 $a$ - hệ số hiệu chỉnh liên quan đến giá trị khí vào.

**2.2. Hàm thấm thủy lực**

Trong đất bão hòa, hệ số thấm là hàm của hệ số rỗng và thường giả thiết là hằng số khi phân tích các bài toán thấm. Trong đất không bão hòa, hệ số thấm là hàm của hệ số rỗng và độ ẩm của đất. Thay đổi hệ số rỗng trong đất không bão hòa là nhỏ và ảnh hưởng của nó đến hệ số thấm không đáng kể. Tuy nhiên, ảnh hưởng của sự thay đổi độ ẩm có ý nghĩa quyết định hơn. Do đó, hệ số thấm thường được xem là một hàm riêng của độ ẩm thể tích ( $\theta_w$ ). Sự thay đổi độ hút dính ( $u_a - u_w$ ) làm biến đổi độ ẩm thể tích, quan hệ này biểu diễn dưới dạng đường cong SWCC. Vì vậy, hàm thấm của đất không bão hòa thể hiện mối quan hệ giữa hệ số thấm và độ hút dính.

Hàm thấm có thể xác định trực tiếp từ các thiết bị đo thấm, gọi là thí nghiệm thấm. Dựa vào đường cong SWCC, hàm thấm thủy lực cũng có thể xác định gián tiếp theo các mô hình thống kê (Childs và Collis-George, 1950; Marsshall, 1958; Kunze và nnk, 1968; Burdine, 1953; Mualem, 1976a; van Genuchten, 1980; Fredlund và nnk, 1994b) và từ các phương trình thực nghiệm (Brooks và Corey, 1964;

Leong và Rahardjo, 1997b). Độ chính xác của hàm thấm phụ thuộc vào đường cong SWCC và phương pháp áp dụng. Phương trình thực nghiệm của Leong và Rahardjo (1997b) thường được sử dụng nhiều vì nó đơn giản, dễ sử dụng và thể hiện mối tương quan chung nhất của hàm thấm và đường cong SWCC.

$$k_w = k_s \Theta^p \quad (2)$$

Trong đó,  $k_w$ : hệ số thấm không bão hòa;  $k_s$ : hệ số thấm bão hòa;  $p$ : hệ số hiệu chỉnh tương ứng với độ dốc của hàm thấm;  $\Theta = \theta_w / \theta_s$ : độ ẩm thể tích chuẩn hóa (không thứ nguyên).

**2.3. Sức chống cắt trong đất không bão hòa**

Sức chống cắt của đất không bão hòa thường được xác định bằng phương trình do Fredlund và Rahardjo (1978) đề nghị theo hai biến trạng thái ứng suất pháp thực ( $\sigma - u_a$ ) và độ hút dính ( $u_a - u_w$ ) như sau:

$$\tau_{ff} = c' + (\sigma_f - u_a)_f \operatorname{tg} \phi' + (u_a - u_w)_f \operatorname{tg} \phi^b \quad (3)$$

Trong đó:  $\tau_{ff}$ : ứng suất cắt trên mặt trượt lúc phá hủy;  $c'$ : khoảng chặn của đường bao phá hoại Mohr-Coulomb "mở rộng" trên trục ứng suất cắt, ở đó ứng suất pháp thực và độ hút dính lúc phá hoại đều bằng không, nó cũng được gọi là "lực dính hiệu quả";  $(\sigma_f - u_a)_f$ : ứng suất pháp thực trên mặt trượt lúc phá hủy;  $\phi'$ : góc ma sát trong liên quan với ứng suất pháp thực  $(\sigma_f - u_a)_f$ ,  $(u_a - u_w)_f$ : độ hút dính trên mặt trượt lúc phá hủy;  $\phi^b$ : góc biểu thị tốc độ tăng sức chống cắt có quan hệ với độ hút dính  $(u_a - u_w)_f$ .

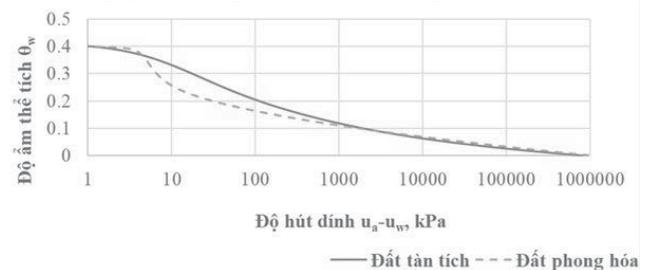
**2.4. Dự báo ổn định mái dốc ở Kon Tum - Tây Nguyên có xét đến lượng mưa và từ biến bằng phần mềm Plaxis FEM**

Mô hình tổng cộng có 3 lớp đất và có các tham số địa chất được mô tả trong bảng dưới:

Bảng 1. Các tham số đầu vào của các lớp đất

Tên	Tham số	Đất		
		Tàn tích	Cuội sỏi phong hóa	Đá phong hóa
Trạng thái		Chưa bão hòa	Chưa bão hòa	Chưa bão hòa
Tham số chống cắt	Lực dính kết c (kPa)	7	10	15
	Góc ma sát trong $\varphi$ (độ)	27	27	30
	Trọng lượng riêng ( $kN/m^3$ )	17	18	19.6
Tham số biến dạng	Modun biến dạng ( $kN/m^2$ )	7900	6700	$6 \times 10^6$
	Hệ số Poison $\nu$	0.2	0.2	0.2

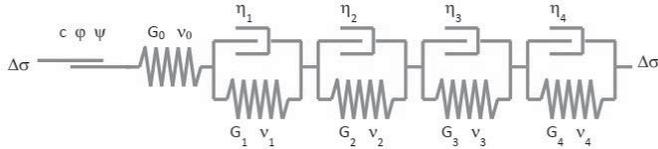
Có hai lớp đất trên cùng: đất tàn tích và đất phong hóa sử dụng đường đặc trưng đất và nước (SWCC) để kể đến sự thay đổi tính chất khi mưa 3 ngày với cường độ mưa 300mm/ngày.



Hình 2. Đường đặc trưng đất-nước (SWCC) của hai lớp đất trên cùng

**Mô hình có kể đến từ biến và lượng mưa.**

Mô hình này kết hợp đặc tính đàn hồi nhớt đẳng hướng, bao gồm tối đa bốn chuỗi phần tử Kelvin - Voigt, với tiêu chí phá hủy Mohr - Coulomb. Mô hình có thể được sơ đồ hóa như sau:



Trong bài báo chỉ sử dụng một phần tử Kelvin - Voigt cho phần nghiên cứu của mình. Các tham số lực dính, góc ma sát trong, trọng lượng riêng đã được nêu trong bảng 3.1. Với thời gian nghỉ  $Rel.time_u$  được tính theo công thức:

$$Rel.time = \eta / E \text{ với } E = 2G(1 + \nu)$$

Trong đó:  $\eta$  được tính theo công thức  $\eta = 100.c_u$

Với lớp đất 1 ta có:

$$\begin{cases} \eta_1 = 100.c_{u1} = 100.7 = 700 \text{ kPa.ngay} = 255500 \text{ kPa.ngay} \\ E_1 = 2G_1(1 + \nu_1) = 2.7900(1 + 0.2) = 18960 \text{ kPa} \\ \rightarrow Rel.time = \eta_1 / E_1 = 255500 / 18960 = 13,48 \text{ ngay} \end{cases}$$

Với lớp đất 2 ta có:

$$\begin{cases} \eta_1 = 100.c_{u1} = 100.10 = 1000 \text{ kPa.ngay} = 365000 \text{ kPa.ngay} \\ E_1 = 2G_2(1 + \nu_2) = 2.6700(1 + 0.2) = 16080 \text{ kPa} \\ \rightarrow Rel.time = \eta_1 / E_1 = 365000 / 16080 = 22,7 \text{ ngay} \end{cases}$$

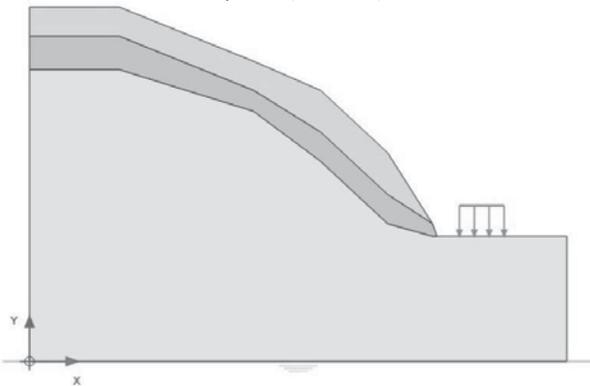
**3. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ**

Bài toán được tính toán ổn định theo hai trường hợp.

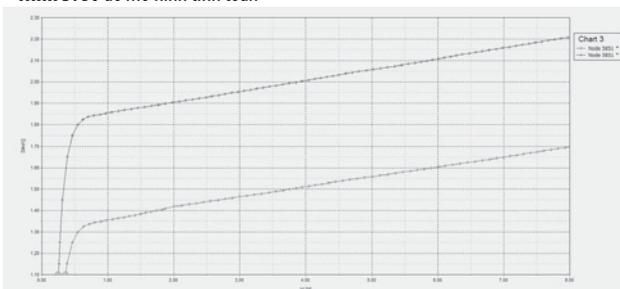
+ Trường hợp 1: Tính toán ổn định có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa.

+ Trường hợp 2: Tính toán ổn định có xét đến ảnh hưởng của lượng mưa và từ biến.

Khi so sánh kết quả của hai trường hợp nêu trên bằng đồ thị biểu diễn hệ số an toàn thì kết quả được thể hiện ở hình sau:



Hình 3. Sơ đồ mô hình tính toán



Hình 4. Hệ số an toàn mái dốc theo chuyển vị

**4. KẾT LUẬN**

Từ kết quả của việc tính toán và dự báo ổn định mái dốc có kể đến lượng mưa và từ biến bằng phần mềm Plaxis, đồ thị ta đã thấy sự ảnh hưởng rất lớn của lượng mưa và từ biến đến hệ số an toàn mái dốc, khi cùng một chuyển vị so sánh hai trường hợp thì hệ số an toàn khi có cả từ biến và mưa sẽ thấp hơn trường hợp chỉ có mưa. Quan sát đồ thị ta có thể thấy tại thời điểm mái dốc có chuyển vị là 1 m thì hệ số an toàn của mái dốc khi chỉ xét đến ảnh hưởng của lượng mưa là 1,85 và hệ số an toàn của mái dốc khi xét đến ảnh hưởng của cả lượng mưa và từ biến là 1,35. Qua đó khi mái dốc chịu ảnh hưởng của cả lượng mưa và từ biến thì hệ số ổn định giảm nhiều so với chỉ chịu ảnh của lượng mưa làm mất ổn định dẫn đến sự trượt của mái dốc.

Vi vậy khi thiết kế các công trình gần hay trên mái dốc cần chú ý sự ổn định của mái dốc. Từ đó, ta cần đưa ra các phương án, giải pháp chống sạt trượt mái dốc hợp lý...

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Tiêu chuẩn ngành 22TCN 171:1987 về Quy trình khảo sát địa chất công trình và thiết kế biện pháp ổn định nền đường vùng có trượt, sụt lở.  
 [2]. TCVN 9362:2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.  
 [3]. Châu Ngọc Ẩn, 2015, Cơ học đất. NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.  
 [4]. D.G.Fredlund, H.Raharjo, Cơ học đất cho đất không bão hòa. Bản dịch, NXB Giáo dục, 2000.  
 [5]. R. Whitlow, 1996. Cơ học đất (Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cương. Bản dịch tiếng Việt NXB Giáo dục T1, T2.  
 [6]. Braja M. Das, 2019. Advanced soil mechanics. Taylor & Francis.  
 [7]. Manuals Plaxis LE 2021.

# Quy trình bảo trì công trình dân dụng theo cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia

Maintenance process of civil works under specific mechanism under the national target program

> TS TẠ VĂN PHẤN

Trường Đại học Thủy Lợi; Email: phantv@tlu.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội hiện nay, chương trình Mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới đã trở thành một phong trào sôi nổi, rộng khắp trên cả nước, ảnh hưởng sâu rộng đến đời sống vật chất, tinh thần của người dân, tạo nền tảng ổn định chính trị - xã hội. Trong đó, xây dựng kết cấu hạ tầng được xác định là đột phá quan trọng trong xây dựng nông thôn mới. Tuy nhiên chất lượng nhiều công trình đặc biệt là các công trình dân dụng sau một thời gian đưa vào vận hành, khai thác, sử dụng đã hư hỏng, xuống cấp trầm trọng. Trong nghiên cứu này, tác giả thực hiện thu thập các kết quả báo cáo, phân tích so sánh, thực trạng mất ổn định và hư hỏng thường gặp của các công trình dân dụng theo cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia. Từ đó đề xuất công tác vận hành và quy trình bảo trì cho từng công trình cụ thể nhằm đảm bảo chất lượng, khắc phục được những hư hỏng, sự cố xuống cấp nhanh của các công trình.

**Từ khóa:** Công trình dân dụng; chương trình mục tiêu quốc gia; nông thôn mới; vận hành; quy trình; bảo trì.

## ABSTRACT

In the past period, the National Target Program on building new rural areas has become a vibrant and widespread movement across the country, deeply affecting the material and spiritual lives of people, creating a foundation for political and social stability. In particular, infrastructure construction is identified as an important breakthrough in new rural construction. However, the quality of many works, especially civil works, after a period of operation, exploitation and use, has been seriously damaged and degraded. The study has collected reported results, comparative analysis, and common situations of instability and damage of civil works under specific mechanisms under the National target program. From there, propose operation and maintenance procedures for each specific project to ensure quality and overcome damage and rapid deterioration of the projects.

**Keywords:** Civil works; national target program; new countryside; operate; procedure; maintenance.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới (NTM) (sau đây gọi là Chương trình nông thôn mới) là một chương trình tổng thể về phát triển kinh tế - xã hội, chính trị và an ninh quốc phòng do Chính phủ Việt Nam xây dựng và triển khai trên phạm vi nông thôn toàn quốc. Mục tiêu cụ thể của Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng NTM giai đoạn 2021 - 2025 đến năm 2025 là phần đầu cả nước có ít nhất 80% số xã đạt chuẩn NTM, trong đó, ít nhất 10% số xã đạt chuẩn NTM kiểu mẫu, không còn xã đạt dưới 15 tiêu chí. Đồng thời tiếp tục xây dựng NTM nâng cao và NTM kiểu mẫu đối với các xã, huyện, tỉnh đã được công nhận đạt chuẩn NTM; thu nhập bình quân của người dân nông thôn tăng ít nhất 1,5 lần so với năm 2020 [6].

Cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia được thể hiện trong các văn bản luật và dưới luật để thuận tiện trong quy trình đổi mới và phát triển nông thôn, miền núi. Điều này được quy

định trong Nghị định số 27/2022/NĐ-CP, Nghị quyết 111/2024/QH15 hay văn bản số 1058/VPCP-QHĐP ngày 19/2/2024 của Ban Chỉ đạo Trung ương các chương trình mục tiêu quốc gia... Các loại công trình thuộc cơ chế đặc thù có tổng mức đầu tư không quá 5 tỷ, có quy mô nhỏ, kỹ thuật không phức tạp [7][9]. Các công trình hạ tầng thiết yếu thuộc chương trình NTM như: Đập thủy lợi, kênh mương, đường giao thông, trường học, trạm y tế xã, nhà văn hóa thôn, nhà sinh hoạt cộng đồng, công trình cấp nước sinh hoạt tập trung... đã giúp cho người dân trên địa bàn thuận tiện hơn trong việc đi lại cũng như phục vụ đời sống sinh hoạt, phát triển sản xuất nông nghiệp.

Tuy nhiên chất lượng nhiều công trình thuộc chương trình NTM sau một thời gian đưa vào vận hành, khai thác, sử dụng đã hư hỏng, xuống cấp trầm trọng. Có rất nhiều nguyên nhân khiến công trình xuống cấp, trong đó có nguyên nhân phần lớn là do hiện nay các công trình không được bảo trì thường xuyên. Bài báo nghiên cứu để

xuất công tác vận hành và quy trình bảo trì một số công trình dân dụng đầu tư xây dựng theo cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để thực hiện được mục tiêu nghiên cứu, bài viết sử dụng phương pháp duy vật biện chứng và duy vật lịch sử, các phương pháp tổng hợp, quy nạp, diễn dịch, so sánh... để phân tích, làm sáng tỏ các nội dung liên quan đến thực trạng một số tình huống mất ổn định và hư hỏng thường gặp ở một số công trình dân dụng đầu tư xây dựng từ đó đề xuất các công tác vận hành và quy trình bảo trì một số công trình dân dụng đầu tư xây dựng theo cơ chế đặc thù thuộc chương trình mục tiêu quốc gia

Phương pháp thu thập và phân tích dữ liệu thứ cấp, các dữ liệu thứ cấp được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau. Tất cả các dữ liệu thu thập đều được kiểm tra, đối chiếu và so sánh để đảm bảo có được sự nhất quán, phản ánh được nội dung phân tích với độ tin cậy cao và nguồn trích dẫn rõ ràng.

## 3. THỰC TRẠNG VỀ MỘT SỐ TÌNH HUỐNG MẤT ỔN ĐỊNH VÀ HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP Ở MỘT SỐ CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG ĐẦU TƯ XÂY DỰNG THEO CƠ CHẾ ĐẶC THÙ THUỘC CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA

### 3.1. Công trình trường học

Công trình trường học, là một trong các tiêu chí giáo dục và đào tạo của Bộ tiêu chí quốc gia NTM các cấp (xã, huyện, tỉnh). Đó là các công trình như trường mầm non, trường tiểu học, trung học cơ sở, trung học phổ thông, trung tâm học tập cộng đồng [1]. Là nơi được thiết kế để cung cấp không gian học tập và môi trường học tập cho việc giảng dạy, truyền thụ kiến thức của giáo viên đối với học sinh và người học.

Thời gian qua có rất nhiều công trình trường học bị xuống cấp, điều này đã ảnh hưởng lớn đến chất lượng dạy và học của học sinh, giáo viên. Một số hư hỏng, xuống cấp có thể kể đến như:

- Các công trình gần vách núi dễ bị sạt lở vách núi hoặc sạt lở nền móng làm sập nhà, công trình ở nơi thấp dễ bị lũ lụt cuốn trôi.



**Hình 1.** Trường tiểu học ở bản Piêng, xã Nậm Pằm, huyện Mường La (tỉnh Sơn La) sau trận lũ năm 2017

- Phòng học, sân chơi, công trình phụ trợ hay bị hư hỏng do chất lượng xây dựng không tốt, do mối xông, gió bão, do học sinh chưa có ý thức bảo quản.

- Mái bị dột, nước mưa làm hư hỏng kết cấu nhà, tầng độ ẩm trong nhà làm hư hỏng đồ dùng giảng dạy.

- Trang thiết bị như bàn ghế, bảng, đồ điện, máy tính, máy bơm nước, đồ dùng văn phòng hay bị hư hỏng vật và bị mất cắp.

### 3.2. Trạm y tế xã

Trạm y tế xã, phường, thị trấn (sau đây gọi là Trạm y tế xã) có chức năng cung cấp, thực hiện các dịch vụ chăm sóc sức khỏe ban đầu cho nhân dân trên địa bàn xã [10]. Một số bất ổn định và hư hỏng thường gặp đối với trạm y tế xã trong thời gian qua:

- Những công trình đặt ở sườn dốc thường dễ bị sạt lở vách núi, sụt nền làm sập nhà, mất an toàn.

- Nơi thấp, nếu xảy ra lũ ống, lũ quét sẽ gặp nguy hiểm làm trôi trạm.

- Nhà cửa hay bị ẩm, bong vữa, xô ngói, mái bị dột, đồ gỗ hay bị mục nát, nước mưa ngấm vào nhà làm hư hỏng dẫn kết cấu nhà và đồ dùng của trạm.

- Hư hỏng hệ thống cấp nước, cấp điện nên khu vệ sinh không đảm bảo.



**Hình 2.** Hậu quả sạt lở đất ở trạm y tế

### 3.3. Nhà văn hóa, nhà sinh hoạt cộng đồng thôn bản

Nhà văn hóa, nhà sinh hoạt cộng đồng thôn bản là một trong những thiết chế văn hóa cơ sở rất cần thiết và hữu ích cho sinh hoạt cộng đồng của nhân dân tại địa phương, có đóng góp thiết thực cho các phong trào xây dựng gia đình, thôn, tổ dân phố đạt tiêu chuẩn văn hóa, qua đó góp phần giữ gìn và phát huy bản sắc văn hóa dân tộc, vùng miền [11].



**Hình 3.** Nhà văn hóa, nhà sinh hoạt cộng đồng

Một số tình huống mất ổn định và hư hỏng thường gặp:

- Công trình bị lún, nghiêng, độ ổn định không đảm bảo.

- Công trình sử dụng lâu thường bị dột mái, hỏng cửa, vách, ván lát sàn.

- Mùa mưa kéo dài thường gây ẩm, mục nát, mối xông.

## 4. ĐỀ XUẤT CÔNG TÁC VẬN HÀNH MỘT SỐ CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG ĐẦU TƯ XÂY DỰNG THEO CƠ CHẾ ĐẶC THÙ THUỘC CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA

### 4.1. Công trình trường học

- Sắp xếp nội thất, các phòng học, trang thiết bị sao cho phù hợp nhưng vẫn đảm bảo tính chuyên nghiệp của trường học.

- Kiểm tra, bảo trì hệ thống cơ sở vật chất như hệ thống kỹ thuật, hệ thống PCCC, hệ thống điều hòa, hệ thống an ninh, hệ thống nước, xử lý nước thải... bên trong trường học

- Phải duy trì nội quy bảo vệ trường, có chế độ bảo quản hợp lý, gắn trách nhiệm của chính quyền xã với trường, của các cơ quan liên quan, của phụ huynh học sinh, của thầy trò với tài sản được giao tự bảo quản.

- Thường xuyên chú ý bảo vệ trường trong mùa mưa lũ, phải chằng, chống, đóng kín các loại cửa tránh gió lùa, mưa hắt vào nhà.

- Những trường được xây dựng ở những nơi thấp, gần vách núi luôn phải có phương án để phòng bão, lụt, lốc xoáy, lở núi.

- Duy trì nề nếp giữ vệ sinh chung, quét dọn, nhổ cỏ xung quanh nhà và sân trường, chăm sóc bồn hoa cây cảnh, giữ cho trường thường xuyên sạch đẹp.

- Bảo đảm cấp nước tươi và làm vệ sinh hàng ngày.

- Thường xuyên lau chùi, dọn dẹp khu vệ sinh công cộng sạch sẽ.
- Kiểm tra, phát hiện, xử lý mối mọt, quét mạng nhện, thường xuyên chú ý sửa chữa những hư hỏng nhỏ trong phòng học, phòng làm việc, sân trường.

**4.2. Trạm y tế xã**

- Luôn phải có phương án để phòng bão, lụt, lốc xoáy, lở núi, thiên tai.
- Cần chú ý bảo quản nhà cửa, trang thiết bị thường xuyên.
- Chấp hành quy định về vận hành, sử dụng các trang thiết bị đúng quy trình, nhất là tủ điện, nồi hấp dụng cụ, tủ thuốc.
- Làm vệ sinh trong nhà, ngoài sân sạch sẽ thường xuyên, nhất là khu vực vệ sinh, nơi cần vô trùng.
- Xây dựng và thực hiện quy chế bảo quản trang thiết bị nghiêm túc.
- Tuyên truyền, hướng dẫn người bệnh thực hiện công tác khám, chữa bệnh đúng nội quy của trạm và quy định của ngành y.

**4.3. Nhà văn hóa, nhà sinh hoạt cộng đồng thôn bản**

- Đây là công trình có kết cấu mang đậm bản sắc từng dân tộc, từng vùng, miền; vật liệu xây dựng cũng như kết cấu công trình luôn khác nhau nên công tác vận hành cũng được thực hiện theo cách riêng của từng địa phương.
- Nên có quy chế quản lí, phù hợp điều kiện sử dụng của địa phương;
  - Nên có tổ chuyên trách phục vụ cho các nhu cầu sinh hoạt thôn.
  - Thường xuyên làm vệ sinh, quét mạng nhện, bụi trên trần, vách, mái nhà.
  - Phát hiện và xử lý mối, mọt trong nhà, tổ chuột trên mái nhà.
  - Dọn cỏ rác xung quanh nhà, đường đi, sân bãi.

*Bảng 1. Tần suất kiểm tra*

STT	Đối tượng	Phương pháp kiểm tra	Tần suất kiểm tra	
			Thường xuyên	Định kỳ
1	Tường trong nhà, ngoài nhà	Quan sát bằng mắt, thước (nếu cần) bề mặt tường, những vị trí dễ bị thấm, vị trí liên kết với ống thoát nước; đặc biệt lưu ý tại các vị trí tường tiếp giáp với cột, đầu trên của tường tiếp giáp với dầm sàn: - Kiểm tra tường có bị vết nứt, nghiêng; - Kiểm tra bề mặt tường có bị nứt hoặc bong tróc vữa trát. - Kiểm tra màu sắc của sơn tường còn đảm bảo sử dụng được; có bị bong tróc hoặc bị rêu, mốc.	Trong quá trình sử dụng	Hàng năm
2	Cửa đi, cửa sổ khung nhôm kính; Vách nhà vệ sinh;...	Quan sát bằng mắt, lưu ý trong quá trình sử dụng: - Kiểm tra khung, cánh cửa; các tấm pano, lamri, các tấm kính. - Kiểm tra bản lề hoặc liên kết của cánh cửa với khuôn cửa; khuôn cửa với tường, với kết cấu công trình. - Kiểm tra các tay nắm, chốt, khoá cửa. - Kiểm tra rãnh trượt cửa sổ lùa.	Trong quá trình sử dụng	
3	Trần trong phòng, khu vực sảnh, hành lang	Quan sát bằng mắt, thước (nếu cần): - Kiểm tra có bị nứt, bị gãy. - Kiểm tra màu sắc trần bị ố, thấm hay bụi bẩn. - Kiểm tra phía mặt dưới sàn bê tông sàn có sự bong tróc lớp bảo vệ, rỉ sét cốt thép.		Hàng năm
4	Sàn nhà	Quan sát bằng mắt, gõ, dùng thước dài (nếu cần): - Kiểm tra gạch lát sàn có còn bằng phẳng; có bị nứt vỡ, bộp, bong, bậc. - Kiểm tra bề mặt, mạch ron các viên gạch lát xem còn sử dụng được không, có bị hư hỏng tạo thành các vị trí sắc, nhọn - Kiểm tra bậc cấp có bị sụt lún.	Trong quá trình sử dụng	Hàng năm
5	Gạch ốp WC	- Kiểm tra mạch vữa giữa các viên gạch, kiểm tra xem các viên gạch ốp có bị nứt vỡ hoặc bị bong, bị rơi. - Kiểm tra bề mặt có bị hư hỏng tạo thành các vị trí sắc, nhọn.	Trong quá trình sử dụng	Hàng năm
9	Mái công trình, sê nô	Quan sát bằng mắt: - Kiểm tra hệ xà gỗ thép có bị rỉ sét, ăn mòn, mái tôn có vị rỉ sét, mái ngói có bị bể, thùng xuyên sáng. - Kiểm tra thấm mái, sê nô; các các ống thoát nước mái và các mối liên kết ống thoát nước với kết cấu công trình.		Trước khi mùa mưa hoặc có thông tin về thiên tai

- Định kỳ kiểm tra trang thiết bị điện, loa đài truyền thanh, thay đổi khẩu hiệu, tranh ảnh, áp phích, tạo cho nhà sinh hoạt luôn đổi mới, hấp dẫn.

- Nên kết hợp các hoạt động như văn nghệ chiếu phim, hoạt động thể thao ở các nhà sinh hoạt công đồng để tạo không gian là một trung tâm văn hóa gây sự chú ý của người dân đối với hoạt động của nhà sinh hoạt cộng đồng.

**5. ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH BẢO TRÌ MỘT SỐ CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG ĐẦU TƯ XÂY DỰNG THEO CƠ CHẾ ĐẶC THÙ THUỘC CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA**

**5.1. Thông tin chung về công trình**

1. Tên công trình:
2. Loại, cấp công trình: Công trình dân dụng, cấp ...
3. Địa điểm xây dựng:
4. Đơn vị quản lý, sử dụng:
5. Diện tích xây dựng:
6. Thời hạn sử dụng:
7. Thời điểm thi công hoàn thành: Ngày tháng năm
8. Thời điểm bàn giao đưa vào sử dụng: Ngày tháng năm

**5.2. Đối tượng, phương pháp và tần suất kiểm tra công trình**

a. Kiểm tra thường xuyên, định kỳ

Việc kiểm tra thường xuyên, định kỳ nhằm phát hiện dấu hiệu xuống cấp, những hư hỏng của công trình, thiết bị lắp đặt vào công trình làm cơ sở cho việc bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ, cụ thể theo Bảng 1 dưới đây[1] [2][3][4][5]:

		- Kiểm tra các đường ống thoát nước, các phễu thoát nước, các rãnh thu xem có hiện tượng nút, nghẹt đường ống.		
10	Ram dốc cho người khuyết tật	- Quan sát bằng mắt, dùng thước (khi cần thiết) kiểm tra bề mặt, các vị trí lún, nứt, các lớp tạo nhám. - Kiểm tra mức độ chắc chắn của hệ lan can, tay vịn inox.	Trong quá trình sử dụng	Hàng năm
11	Các kết cấu bê tông cốt thép	Quan sát bằng mắt thường, thước hoặc thiết bị chuyên dùng (khi cần thiết): Kiểm tra độ nghiêng, vồng, biến dạng của kết cấu; vết nứt; ăn mòn bê tông; tình trạng bong rộp; rỉ cốt thép.		Theo thời gian bảo trì định kỳ
12	Hệ thống điện; hệ thống mạng	Quan sát bằng mắt, sử dụng thử về tình trạng làm việc, các liên kết.	Trong quá trình sử dụng; khi xảy ra sự cố gây mất điện, chập điện hoặc rò rỉ điện	Hàng năm
13	Hệ thống chống sét	- Quan sát bằng mắt, sử dụng các thiết bị đo kiểm tra về tình trạng làm việc, các liên kết, hệ thống nối đất. - Kiểm tra các liên kết có bị ăn mòn.		Hàng năm trước khi mùa mưa hoặc có thông tin về thiên tai
14	Hệ thống cấp, thoát nước; các thiết bị dùng nước, hệ thống bơm, bồn nước mái	Kiểm tra tình trạng rò rỉ, độ bền chắc của các phụ kiện; các liên kết; tình trạng vận hành của các thiết bị.	Trong quá trình sử dụng; khi lượng nước sinh hoạt tăng bất thường hoặc bị đọng nước, thấm, dột	Hàng năm
15	Bình chữa cháy	- Kiểm tra tình trạng rò rỉ, chốt an toàn. - Kiểm tra bề mặt có bị rỉ sét hay không. - Kiểm tra đồng hồ đo lượng chất chữa cháy có còn đủ hay không.		Hàng năm hoặc sau khi đã sử dụng

Các đối tượng vật liệu, thiết bị khác có thể được xem xét bổ sung vào quá trình kiểm tra nhằm đảm bảo tất cả các vật liệu, thiết bị lắp đặt vào công trình được xem xét bảo trì theo đúng quy định.

*b. Kiểm tra đột xuất công trình*

Được thực hiện khi bộ phận công trình, công trình bị hư hỏng do chịu tác động đột xuất như gió, bão, lũ lụt, động đất, va đập, cháy và những tác động đột xuất khác hoặc khi bộ phận công trình, công

*Bảng 2. Chu kỳ bảo dưỡng*

STT	Tên hạng mục	Chu kỳ		Mô tả công việc	
		Bảo dưỡng	Bảo trì	Bảo dưỡng	Sửa chữa định kỳ
1	Tường trong nhà, ngoài nhà	Hàng năm	Theo quy định bảo trì	- Dùng chất làm sạch, cây lau và giẻ mềm, cây lau chuyên dùng lau sạch bụi và các vết bẩn bám trên bề mặt sơn. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3.	Khi các biểu hiện bong tróc, nứt nẻ, lem ố, bẩn bám đạt tỷ lệ từ 80% diện tích sơn trở lên, tiến hành sơn lại toàn bộ.
2	Cửa đi, cửa sổ khung nhôm kính; Vách nhà vệ sinh...	3 tháng	Theo quy định bảo trì	- Dùng chất làm sạch, cây lau (hoặc cây lau chuyên dùng) và giẻ mềm, lau sạch bụi và các vết bẩn bám trên bề mặt và khung. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3.	- Tra dầu mỡ vào các trục, bản lề, kiểm tra tay nắm, khớp nối, xử lý vị trí hở, thay gioăng cao su, bơm keo silicon. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3.
3	Mái nhà	Trước mùa mưa	Theo quy định bảo trì	- Dùng keo Silicon hoặc chất chuyên dụng trám trét lại các vị trí có dấu hiệu cong vênh, hư dột. - Vệ sinh toàn bộ bề mặt sênô mái. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3	- Chống thấm lại toàn bộ sênô mái và gia cố lại các vị trí có dấu hiệu cong vênh, hư dột bằng keo Silicon hoặc chất chuyên dụng. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3
4	Sàn nhà	Hàng ngày (hoặc hàng tuần) tùy theo điều kiện sử dụng	Theo quy định bảo trì	- Quét bụi, làm sạch bề mặt. - Thay thế các viên gạch lát đã hư hỏng đơn lẻ	- Thay thế gạch/ đá tương đương tại vị trí biến dạng, nứt vỡ hoặc thay thế toàn bộ theo yêu cầu sử dụng. - Thực hiện sửa chữa các hư hỏng theo chỉ dẫn tại Bảng 3 - Đối với nền sàn nhà tầng trệt, tiến hành quan trắc lún để xác định giải pháp xử lý, thay thế phù hợp.

trình có biểu hiện xuống cấp ảnh hưởng đến an toàn sử dụng, vận hành, khai thác công trình.

**5.3. Nội dung và chỉ dẫn thực hiện bảo dưỡng công trình**

Nội dung và chỉ dẫn thực hiện bảo dưỡng công trình phù hợp với từng bộ phận công trình, loại công trình và thiết bị lắp đặt vào công trình, cụ thể tại bảng sau[8][9]:

8	Kết cấu bê tông	Hàng năm	Theo quy định bảo trì	Khi kết cấu cột, dầm sàn của công trình xuất hiện các vết nứt, bong tróc lớp bảo vệ bên ngoài, tiến hành trám, vá, hoàn thiện lại tại các vị trí hư hỏng. Nếu sau khi bảo dưỡng, các biểu hiện hư hỏng vẫn tiếp diễn thì chuyển sang công tác bảo trì, thực hiện kiểm định công trình, xác định nguyên nhân để có giải pháp sửa	Khi có dấu hiệu bong tróc lớp bảo vệ, nứt nẻ bê tông, tiến hành kiểm định kết cấu 5 năm / lần (không dùng phương pháp khoan lấy mẫu) trong suốt quá trình khai thác sử dụng.
9	Kết cấu mái	Hàng năm trước khi mùa mưa hoặc có thông tin về thiên tai	Theo quy định bảo trì	- Sơn trám vá các vị trí bị bong rộp, rỉ sét (đòn tay, vì kèo). - Kiểm tra các vị trí liên kết. - Xử lý mối mọt (nếu có).	- Sơn lại toàn bộ kết cấu mái bằng thép (đòn tay, vì kèo). - Xiết lại toàn bộ bu lông, kiểm tra, hàn gia cường các vị trí bị rỉ sét. - Thay thế các kết cấu gỗ bị mối mọt, mục (nếu có).
10	Hệ thống chống sét	Hàng năm trước khi mùa mưa hoặc có thông tin về thiên tai	Theo quy định bảo trì	- Kiểm tra, gia cường các kết cấu bị giảm yếu (nếu có). - Kiểm tra điện trở chống sét.	Thay thế các bộ phận bị hư hỏng, lắp đặt lại chắc chắn.
11	Bồn nước	Hàng năm trước khi mùa mưa hoặc có thông tin về thiên tai	Theo quy định bảo trì	Dọn vệ sinh trong bồn, kiểm tra khắc phục rò rỉ, thay thế phao đóng ngắt	Thay thế bồn khi hư hỏng không còn sử dụng được.
12	Bình chữa cháy	Hàng năm hoặc sau khi đã sử dụng	Theo quy định bảo trì	Vệ sinh, tẩy gỉ vị trí đóng mở; thay thế các bình hư hỏng; Nạp chất chữa cháy.	Thay thế toàn bộ bình chữa cháy theo thời gian quy định của thiết bị.
13	Hệ thống điện, mạng	Trong quá trình sử dụng; khi xảy ra sự cố gây mất điện, chập điện hoặc rò rỉ điện	Theo quy định bảo trì - Theo quy định của thiết bị	Thay thế những đoạn dây bị côn trùng phá hoại; các thiết bị điện (công tắc, ổ cắm, cầu dao điện, bóng đèn...) có biểu hiện hư hỏng	- Thay thế các thiết bị điện hư hỏng, các thiết bị không còn sử dụng được. - Nâng cấp, thay thế toàn bộ hệ thống khi xuống cấp.
14	Máy lạnh (nếu có)	03 tháng/lần hoặc khi có sự cố	Theo quy định bảo trì - Theo quy định của thiết bị	- Vệ sinh máy lạnh, làm sạch hệ thống lọc khí, đem đến luồng không khí trong lành. - Khi máy lạnh hư hỏng, thợ điện lạnh tiến hành sửa chữa thay mới các linh kiện cũ.	Máy lạnh sử dụng đến hạn theo khuyến cáo của nhà sản xuất thì nên kiểm tra, thay thế máy mới (nếu cần thiết).
15	Hệ thống cấp, thoát nước; các thiết bị dùng nước, hệ thống bơm, bồn nước mái	Hàng năm hoặc khi có sự cố	- Theo quy định bảo trì. - Theo quy định của thiết bị	- Kiểm tra, xử lý rò rỉ nước; các phao đóng ngắt thiết bị nước (xí, bồn nước). - Sử dụng hóa chất định kỳ để chống nghẹt đường ống nước, bồn cầu, chậu rửa chén, bồn rửa mặt, phễu thu sàn. - Khi có sự cố hư hỏng rò rỉ nước, tiến hành thay mới các thiết bị liên quan.	- Định kỳ thay thế các phao đóng ngắt thiết bị nước (xí, bồn nước, rơ le, phao cơ, phao điện). - Thay thế bộ phận hoặc toàn bộ hệ thống đường ống khi xuống cấp.

Thời gian quy định sửa chữa định kỳ:

- Đối với công trình xây dựng mới, thời điểm tiến hành sửa chữa định kỳ lần đầu không quá 8 năm tính từ khi đưa công trình vào sử dụng.

- Đối với công trình đã đưa vào sử dụng, thời gian tiến hành sửa chữa định kỳ không quá 5 năm/1 lần.

- Đối với công trình hết thời hạn sử dụng nhưng được phép tiếp tục sử dụng thì thời gian tiến hành sửa chữa định kỳ không quá 3 năm/1 lần.

**5.4. Thời điểm và chỉ dẫn thay thế định kỳ các thiết bị lắp đặt vào công trình**

Thực hiện theo quy định, tài liệu hướng dẫn của nhà sản xuất, cung cấp thiết bị.

**5.5. Chỉ dẫn phương pháp sửa chữa các hư hỏng của công trình, xử lý các trường hợp công trình bị xuống cấp**

Các chỉ dẫn phương pháp được thực hiện theo bảng 3:

Bảng 3. Phương pháp khắc phục

STT	Phân loại hư hỏng	Phương pháp khắc phục
1	Màng sơn bị rêu mốc có đốm xanh hay nâu, đen.	- Chà rửa toàn bộ bề mặt để tẩy rêu mốc bằng dung dịch tẩy, bả bột trét ngoài nhà, làm phẳng mặt. - Dùng sơn lót chống kiềm, sơn phủ chất lượng cao. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
2	Màng sơn bị phân hóa	- Loại bỏ hết bụi phấn, chà bằng bàn chải lông cứng hoặc bàn chải kim loại nếu bề mặt là vữa tô, rửa kỹ hoặc sử dụng thiết bị chà bột. - Dùng sơn lót chống kiềm, sơn phủ chất lượng cao. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.

3	Màng sơn bị nứt	- Nếu chưa nứt đến bề mặt vật liệu thì sửa chữa bằng cách cạo bỏ phần sơn nứt bằng bàn chải kim loại, chà nhám, làm sạch sơn lót và sơn phủ. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
4	Màng sơn không mịn do có các lỗ bọt	- Bóc bỏ các chỗ sơn bị nổi bong bóng, lỗ bọt, sơn lại bằng sơn tương đương hoặc cao cấp hơn - Khi sơn (sơn lót và sơn phủ), tránh lần sơn thừa hay sử dụng sơn quá hạn sử dụng. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
5	Màng sơn bị tróc 1 lớp hoặc tróc hết	- Chống thấm tường. - Xác định và loại trừ nguồn ẩm. Trám nơi bị hở. - Chà lớp sơn bị tróc, dùng sơn chống kiềm, sơn phủ. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
6	Màng sơn bị muối hóa	- Nếu do hơi ẩm gây ra, loại trừ nguồn ẩm bằng cách sửa mái, vệ sinh, máng xối và các ống dẫn, bịt các lỗ nứt trong tường bằng chất chống thấm. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
7	Vết nứt sơn nước	- Nếu do nứt dẫn đến bong lớp, phải đục bỏ lớp sơn, sau đó trên mặt vật sơn dùng matit bả bằng phẳng, sau đó sơn lại. - Quá trình pha chế phải theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bề mặt tường phải đảm bảo độ ẩm theo tiêu chuẩn.
8	Cửa nhôm kính bị sệ cánh, gây ra tình trạng rất khó đóng hoặc mở.	- Thay mới ốc vít bên trong, định hình lại khung cửa. - Loại bỏ lớp Silicon cũ, Giữ ổn định khung cửa, trét Silicon liên kết (loại tốt) giữa kính và nhôm.
9	Sên bị thấm	Làm sạch máng thu, lỗ thoát nước.
10	Gạch lát bị bung vỡ và không phẳng	- Sử dụng đội thợ thi công chuyên nghiệp, đúng tay nghề - Chọn gạch ốp lát có chất lượng tốt. - Xử lý nền phẳng, sạch sẽ trước khi lát. - Thay những viên gạch tương đương
11	Thấm nền nhà vệ sinh	Bóc dỡ sàn và chống thấm lại sàn
12	Nước mưa chảy ngược vào nhà qua cửa sổ	Đục bỏ lớp trát, trát lại và tạo dốc ra phía ngoài; hoặc làm sạch mặt trát, sau đó quét lớp vữa xi măng, lại trát lớp phủ. Khi trát làm cho phía trong cao, phía ngoài thấp, tạo độ dốc ra phía ngoài.
13	Nước mưa làm bẩn mặt tường ngoài	Trên kết cấu bên trên phải tạo rãnh cắt nước hoặc chỉ nước, đồng thời trát xử lý, hoặc phía dưới kết cấu nếu ở trên làm thành hình dáng trong cao ngoài thấp.
14	Nứt mai rùa lớp vữa trát	Cần xác định rõ nguyên nhân để lựa chọn phương án sửa chữa phù hợp. - Nếu vết nứt nhỏ, không có hiện tượng phồng dộp, và không có chất lỏng chảy qua, thì không cần xử lý. - Nếu vết nứt tương đối lớn, có thể dùng vữa xi măng (vữa xi măng keo 107) bịt (hoặc chèn) để xử lý. - Nếu vết nứt do thay đổi kết cấu gây nên, cần xử lý cùng với tình trạng kết cấu
15	Chất lượng kín khí cửa sổ không tốt	- Kiểm tra bằng bịt kín nếu mất trong thi công, cần kịp thời bổ sung. - Có một số băng cao su chèn khe, dễ bị bong ra ở chỗ chuyển góc, cần bơm keo để có thể dính băng. - Nếu dùng băng cao su chèn khe, dễ làm băng tuột ra, nên dùng keo chèn silicone chèn khe, hoặc phủ một lớp keo dính trên băng cao su.

## 6. KẾT LUẬN

Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng NTM là chủ trương lớn có tính chiến lược của Đảng, Nhà nước, khẳng định xu thế tất yếu của Việt Nam trong phát triển nông nghiệp, nông thôn, nông dân. Trong đó, Xây dựng các công trình hạ tầng thiết yếu gắn với phát triển sản xuất, đời sống đáp ứng nhu cầu, nguyện vọng của nhân dân. Đẩy mạnh thu hút vốn đầu tư và huy động tối đa mọi nguồn lực để tập trung đầu tư xây dựng kết cấu hạ tầng kinh tế - xã hội, tạo đà đẩy nhanh tiến độ xây dựng NTM trong những năm tiếp theo.

Để bảo vệ, tu bổ và phát huy tác dụng của các công trình này, chính quyền địa phương cần có quy chế không sử dụng các công trình NTM sai mục đích. Các địa phương cần xây dựng kế hoạch thường xuyên duy tu, dọn vệ sinh để các công trình hạ tầng NTM vận hành liên tục, giữ được độ bền, tránh lãng phí nguồn lực đầu tư.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014
- [2] Quyết định số 681/QĐ-BXD ngày 12/7/2016 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng về việc phê duyệt Quy trình đánh giá an toàn kết cấu nhà ở và công trình công cộng.
- [3] Luật số 62/2020/QH14 ngày 17/06/2020 Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng

[4] Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng;

[5] Thông tư số 16/2021/TT-BXD ngày 20/12/2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành QCVN 18:2021/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong thi công xây dựng.

[6] Quyết định số 263/QĐ-TTg ngày 22/02/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021 - 2025

[7] Nghị định 27/2022/NĐ-CP ngày 19/4/2022 của Chính phủ quy định về cơ chế quản lý, tổ chức thực hiện các chương trình mục tiêu quốc gia

[8] Văn bản số 5316/BXD-GĐ ngày 22/11/2022 của Bộ Xây dựng hướng dẫn quy trình, thủ tục quản lý chất lượng thi công, nội dung, định mức chi phí thực hiện công tác bảo trì công trình được đầu tư xây dựng theo cơ chế đặc thù quy định tại Nghị định số 27/2022/NĐ-CP.

[9] Nghị định 38/2023/NĐ-CP ngày 24/6/2023 của Chính phủ sửa đổi Nghị định 27/2022/NĐ-CP ngày 19/4/2022 của Chính phủ quy định về cơ chế quản lý, tổ chức thực hiện các chương trình mục tiêu quốc gia

[10] Quyết định 1300/QĐ-BYT ngày 9/3/2023 Bộ tiêu chí quốc gia về y tế xã giai đoạn đến năm 2030.

[11] Thông tư 06/2011/TT-BVHTTDL ngày 08 tháng 3 năm 2011 của Bộ Văn hóa, thể thao và du lịch và Thông tư số 05/2014/TT-BVHTTDL ngày 30/5/2014 của Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch Sửa đổi, bổ sung Điều 6 của Thông tư số 12/2010/TT-BVHTTDL ngày 22/12/2010 quy định mẫu về tổ chức, hoạt động và tiêu chí của Trung tâm Văn hóa-Thể thao xã và Thông tư số 06/2011/TT-BVHTTDL ngày 08/3/2011 quy định mẫu về tổ chức, hoạt động và tiêu chí của Nhà Văn hóa-Khu Thể thao thôn..

# Tính toán tôn sóng định hình theo en 1993-1-3

## Calculation of profile steel sheeting based on en 1993-1-3

> TS NGUYỄN TRUNG KIÊN, TS NGUYỄN TRẦN HIẾU\*, THS NGUYỄN VĂN CƯỜNG, PGS.TS VŨ ANH TUẤN

Khoa XDDD&CN, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; \* Email: [hieunt2@huce.edu.vn](mailto:hieunt2@huce.edu.vn)

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày quy trình tính toán tôn sóng định hình bằng phương pháp bề rộng hiệu quả theo Tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-3. Quy trình tính toán đưa ra nhằm xác định tiết diện hiệu quả của tôn sóng định hình có kể đến ảnh hưởng của các sườn trung gian ở cánh cũng như sườn ở bản bụng. Ví dụ tính toán được trình bày để xác định độ bền mô men của tôn sóng nhằm minh họa quy trình tính toán tôn sóng định hình có sóng tôn hình thang.

**Từ khóa:** Tôn sóng định hình; decking; cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội; sàn liên hợp trong giai đoạn thi công; độ bền mô men của tôn sóng.

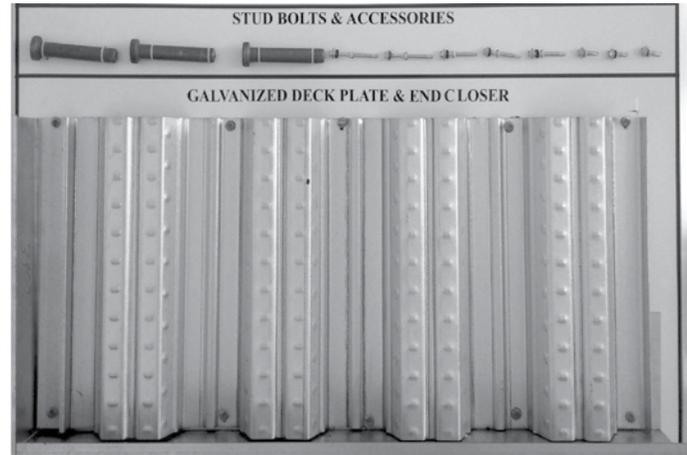
### ABSTRACT

This article presents a procedure for calculating profile sheel sheeting using the effective width method according to European Standard EN 1993-1-3. The calculation procedure aims to determine the effective cross-section of the profile steel sheeting, taking into account the influence of intermediate ribs in the flange as well as in the web. An example is then presented to determine the moment resistance of the profile steel sheeting to illustrate the calculation process.

**Keywords:** Profile sheel sheeting; decking; CFSM; Steel-composite slab in construction stage; moment resistance of profile steel sheeting.

### 1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới, cấu kiện thanh thành mỏng tạo hình nguội (CFSM) đã được sử dụng từ thế giữa thế kỷ thứ XIX và phát triển rộng rãi ở Mỹ và Anh từ những năm 1940. CFSM đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong các cấu kiện chịu lực trong khung, thanh phẳng hoặc không gian, xà gỗ mái, tôn sóng định hình (sàn deck) hoặc được sử dụng ở các chi tiết cũng như bộ phận kiến trúc bao che mặt ngoài công trình... So với kết cấu thép cán, CFSM được làm từ thép cường độ cao, chiều dày nhỏ hơn 3 mm nên có các ưu điểm như trọng lượng cấu kiện giảm từ 25% đến 50%, giảm thời gian lắp dựng đến 30%, sử dụng các hình thức liên kết đơn giản, vận chuyển thuận tiện, bốc xếp và lưu kho gọn [1], chi phí cho kết cấu móng giảm đáng kể.



**Hình 1.** Mẫu tôn sóng định hình và phụ kiện dùng trong nhà cao tầng

Tôn sóng định hình là một dạng của CFSM được dùng phổ biến không những trong nhà cao tầng mà còn các công trình công nghiệp bằng thép. So với sàn bê tông cốt thép truyền thống, sàn liên hợp với tôn sóng định hình có nhiều ưu điểm như tôn sóng định hình đóng vai trò cốt pha, sàn công tác; tương tự như lớp cốt thép bên dưới khi làm việc liên hợp; giảm được trọng lượng bản thân sàn...

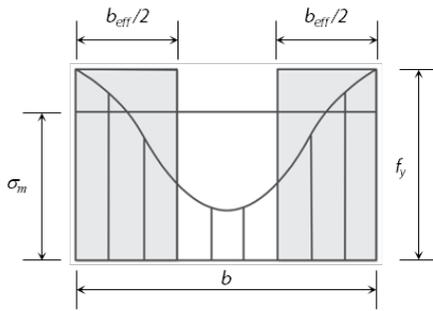
Nhiều quốc gia và vùng lãnh thổ đã ban hành tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội như tiêu chuẩn AISI S100-16 tại Mỹ, Canada, Mexico, AS/NZS 4600:2018 tại Úc và New Zealand, EN 1993-1-3:2006 cho cộng đồng chung châu Âu, SP 260.1325800.2016 tại LB Nga, GB 50018-2002 tại Trung Quốc... Cho đến nay ở Việt Nam, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép mới nhất TCVN 5575:2024 cũng chưa dùng để thiết kế loại cấu kiện này. Trong những năm gần đây, có rất nhiều tiêu chuẩn và hướng dẫn thiết kế được xây dựng theo Đề án hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng (198/QĐ-TTg) như biên soạn dự thảo bộ tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép theo định hướng tiêu chuẩn châu Âu (TC29-20/BXD) và hướng dẫn thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội theo EN 1993-1-3 (RD 26-22/BXD).

Với mục đích giúp cho người thiết kế làm quen với hệ thống tiêu chuẩn mới, bài báo trình bày hướng dẫn cơ bản cũng như quy trình tính toán tôn sóng định hình bằng phương pháp bề rộng hiệu quả (EWM) dựa trên EN 1993-1-3 [2], EN 1993-1-5 [3] sau đó áp dụng tính toán cho tôn sóng định hình chịu uốn.

### 2. PHƯƠNG PHÁP BỀ RỘNG HIỆU QUẢ (EWM)

#### 2.1. Giới thiệu và phạm vi áp dụng

Tấm mỏng khi chịu ứng suất nén trong mặt phẳng có thể sẽ mất ổn định. Rõ ràng ứng suất sẽ không phân bố đều trên mặt cắt ngang tấm, với giá trị nhỏ hơn ở vùng giữa tấm và ứng suất lớn nhất đạt tới giới hạn chảy tại mép biên tấm (Hình 2).



**Hình 2.** Ý tưởng phương pháp bề rộng hiệu quả

Phương pháp bề rộng hiệu quả (EWM) được phát triển bởi Karman từ năm 1932 và sau đó được điều chỉnh có xét đến ảnh hưởng của sự không hoàn hảo của hình học cũng như ứng suất dư bởi Winter [4]. Ý tưởng của phương pháp EWM là thay thế tấm mỏng với bề rộng  $b$  chịu ứng suất nén bằng tấm với bề rộng hiệu quả  $b_{eff}$  có ứng suất phân bố bằng với ứng suất chảy như thể hiện ở Hình 2. Theo [1], giá trị của ứng suất nén tối hạn tức  $f_{cr}$  là ứng suất gây mất ổn định tấm được thể hiện bởi công thức (1):

$$f_{cr} = \frac{k_{\sigma} \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)(b/t)^2} \quad (1)$$

Trong đó:

- $k_{\sigma}$  - hệ số phụ thuộc vào điều kiện gối tựa của tấm và ứng suất;
- $E$  - mô đun đàn hồi của thép;
- $\mu$  - hệ số Poisson;
- $t$  - bề dày tấm.

Tấm bị mất ổn định có thể được thay thế bằng tấm có bề rộng  $b_{eff}$  nhỏ hơn sao cho ứng suất tối hạn của tấm đạt đến giới hạn chảy dẻo  $f_y$ . Thay  $f_y$  và  $b_{eff}$  cho  $f_{cr}$  và  $b$  ở công thức (1) ta có:

$$f_y = \frac{k_{\sigma} \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)(b_{eff}/t)^2} \quad (2)$$

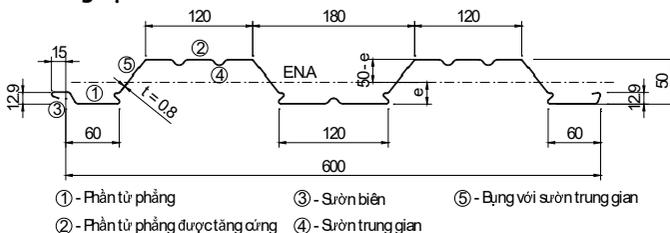
Chia công thức (1) cho (2), ta được:

$$\frac{b_{eff}}{b} = \sqrt{f_{cr}/f_y} \text{ hay } \frac{b_{eff}}{b} = \rho \quad (3)$$

Hệ số suy giảm bề rộng  $\rho$  phụ thuộc vào phân bố ứng suất trong tấm (ở bản cánh hay bản bụng của tiết diện), có hoặc không có sườn dọc, vị trí và số lượng sườn dọc...

EN 1993-1-3 là tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội và quy định cụ thể cho các ứng dụng kết cấu sử dụng các sản phẩm thép tạo hình nguội được làm từ tấm và dải cán nóng hoặc cán nguội khổ mỏng có hoặc không có lớp mạ. Tiêu chuẩn được sử dụng cho việc thiết kế các tòa nhà hoặc công trình kỹ thuật dân dụng kết hợp hệ thống tiêu chuẩn châu Âu như EN 1990, EN 1991, EN1993-1-1 và EN1993-1-5 dựa trên phương pháp trạng thái giới hạn. Khi tính toán tôn sóng định hình theo tiêu chuẩn châu Âu cần lưu ý giới hạn chiều dày tấm từ 0,5 mm đến 4,0 mm, vật liệu có độ bền kéo  $f_u$  từ 360 N/mm<sup>2</sup> đến 530 N/mm<sup>2</sup>.

**2.2. Phương pháp bề rộng hiệu quả (EWM) áp dụng tính toán tôn sóng định hình**



**Hình 3.** Mặt cắt ngang tôn sóng định hình

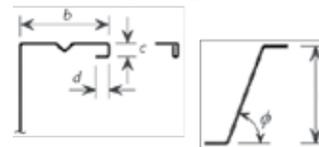
Tôn sóng định hình là một loại CFMSM được áp dụng trong kết cấu sàn liên hợp thép-bê tông. Nó được cấu tạo bởi các phần tử phẳng được nối với nhau bởi góc uốn cong, các phần tử phẳng có thể có sườn biên hoặc sườn trung gian... (xem Hình 3).

**a. Ảnh hưởng của góc uốn cong (điều 5.1 [2])**

Tiết diện của CFMSM về cơ bản chứa các phần tử phẳng được nối với nhau bằng phần tử cong và góc uốn cong. Khi phải kể đến ảnh hưởng của các góc uốn cong, bề rộng danh nghĩa  $b_p$  của phần tử phẳng được xác định từ điểm giữa của các phần tử góc liền kề như thể hiện ở Hình 5.1 của Điều 5.1 [2]. Trừ khi sử dụng phương pháp chính xác hơn để xác định các đặc trưng của tiết diện, có thể bỏ qua ảnh hưởng của góc uốn cong nếu bán kính trong  $r \leq 5t$  và  $r \leq 0,1b_p$ ; lúc này tiết diện được giả thiết gồm các phần tử phẳng nối với nhau. Lưu ý khi tính độ cứng của tiết diện, luôn phải kể đến ảnh hưởng của các góc uốn cong.

**b. Tỷ lệ hình học (điều 5.2 [2])**

Các giới hạn về tỷ lệ hình học của tiết diện như  $b/t$ ,  $h/t$ ,  $c/t$  và  $d/t$  phải nhỏ hơn giá trị tối đa được cho ở Bảng 5.1 [2] để có thể áp dụng các quy định về thiết kế được trình bày trong Phần 1-3 của EN 1993. Có thể sử dụng tiết diện có giá trị tỷ lệ hình học lớn hơn cho phép với điều kiện các trạng thái giới hạn phải được tính toán hoặc thử nghiệm trong đó kết quả được dựa trên số lượng thử nghiệm phù hợp.



**Hình 4.** Ký hiệu kích thước hình học của các phần thuộc tiết diện

**c. Phần tử phẳng không có sườn cứng (điều 5.5.2 [2])**

Bề rộng hiệu quả của phần tử phẳng không có sườn cứng được áp dụng theo EN 1993-1-5 [3] sử dụng bề rộng phẳng quy ước  $b_p$  cho  $\bar{b}$  bằng cách xác định hệ số giảm mất ổn định dựa trên độ mảnh của tấm  $\bar{\lambda}_p$ . Khi áp dụng phương pháp trong [3], có thể sử dụng quy trình sau:

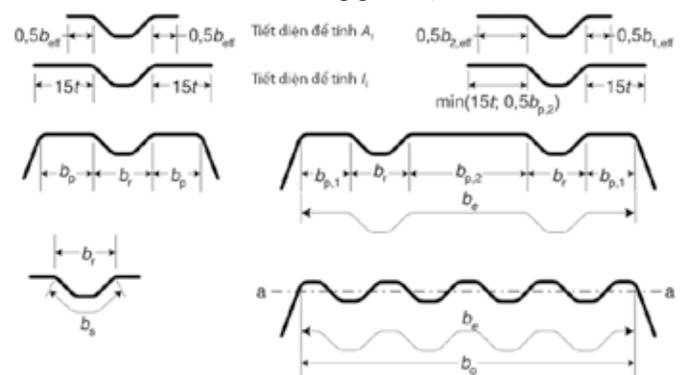
- (a) Xác định đặc trưng hình học của tiết diện nguyên;
- (b) Dựa trên vị trí và tỷ số ứng suất  $\nu$  trên phần tử (Điều 4.4(2),

Bảng 4.1 và Bảng 4.2 [3]) để xác định được độ mảnh quy ước  $\bar{\lambda}_p$  và hệ số suy giảm  $\rho$  qua đó tính được bề rộng hiệu quả ban đầu  $b_{eff}$ ;

(c) Các đặc trưng của tiết diện hiệu quả có thể được xác định chính xác hơn bằng cách sử dụng tỷ số ứng suất  $\nu$  dựa trên tiết diện hiệu quả tìm được ở (b). Các bước tối thiểu trong quá trình lập với trường ứng suất là hai lần.

**d. Tôn sóng định hình với sóng hình thang có sườn trung gian (điều 5.5.3.4 [2])**

- (a) Bản cánh có các sườn trung gian chịu nén



**Hình 5.** Cảnh chịu nén của một hoặc nhiều sườn trung gian

Với các sườn cứng trung gian, ứng suất mất ổn định tới hạn đàn hồi phụ thuộc vào số lượng (một, hai hay nhiều) sườn ở cánh (Hình 5) và được tính toán theo các công thức 5.22, 5.23a và 5.23c ở điều 5.5.3.4.2(2).

Khi chịu mô men uốn dương thì cánh trên của tôn sóng chịu nén, lúc này ứng suất tới hạn đàn hồi cho trường hợp có hai sườn trung gian đối xứng được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{cr,s} = \left( \frac{4,2k_w E}{A_s} \right) \sqrt{\frac{I_s t^3}{8b_1^2 (3b_e - 4b_1)}} \quad (4)$$

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s; b_1 = b_{p,1} + 0,5b_r$$

Trong đó:

$b_{p,1}, b_{p,2}, b_r$  - lần lượt là bề rộng phẳng danh nghĩa của phần tử ngoài, phần tử trong và tổng bề rộng của sườn (Hình 5)

$k_w$  - hệ số có kể đến ngăn cản chống xoay một phần của bản cánh có sườn do bản bụng hoặc các phần tử liền kề, theo điều 5.5.3.4.2(5)(6) và phụ thuộc vào chiều dài tính toán  $l_b$ . Giá trị của  $l_b$  được xác định theo công thức 5.27.

Khi chịu mô men uốn âm thì cánh dưới của tôn sóng chịu nén, lúc này ứng suất tới hạn đàn hồi cho trường hợp có một sườn ở giữa cánh được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{cr,s} = \left( \frac{4,2k_w E}{A_s} \right) \sqrt{\frac{I_s t^3}{4b_p^2 (2b_p + 4b_s)}} \quad (5)$$

Trong đó:

$b_p, b_s$  - lần lượt là bề rộng phẳng danh nghĩa của phần tử phẳng và bề rộng của sườn (Hình 5);

$A_s, I_s$  - diện tích và mô men quán tính của sườn (Hình 5);

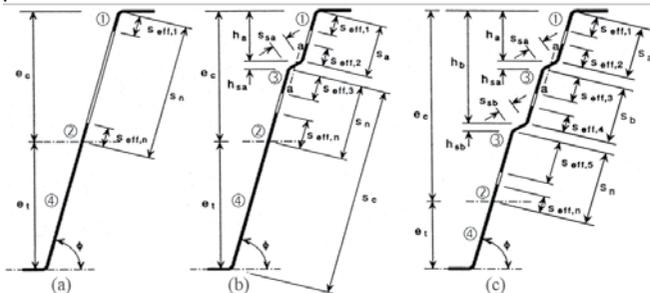
$k_w$  - hệ số có kể đến ngăn cản chống xoay một phần của bản cánh có sườn do bản bụng hoặc các phần tử liền kề, theo điều 5.5.3.4.2(5)(6) và phụ thuộc vào chiều dài tính toán  $l_b$ . Giá trị của  $l_b$  được xác định theo công thức 5.25.

Hệ số suy giảm  $\chi_d$  cho độ bền mất ổn định méo (mất ổn định uốn của sườn) phụ thuộc vào độ mảnh quy ước  $\bar{\lambda}_d$  theo điều 5.5.3.1(7). Bề dày suy giảm của bản cánh nén được xác định theo công thức:

$$t_{red} = t \chi_d \quad (6)$$

(b) Bản bụng có không quá hai sườn trung gian chịu nén (điều 5.5.3.4.3)

Tiết diện hiệu quả của bản bụng chịu nén (Hình 6) được giả định gồm một tiết diện của các phần tử liền kề vùng nén  $S_{eff,1}$ , phần tử liền kề với trục trọng tâm hiệu quả  $S_{eff,n}$ , phần tử chịu kéo và phần hiệu quả của các sườn  $S_{eff,i}, S_{sa}, S_{sb}$  (nếu có).



① - Phần tử liền kề với bản cánh chịu nén  
② - Phần tử liền kề với trục trọng tâm hiệu quả  
③ - Phần tử liền kề với sườn  
④ - Phần tử chịu kéo

**Hình 6.** Tiết diện hiệu quả của bụng tôn sóng định với sóng hình hình thang

Ban đầu, vị trí của trục trọng tâm hiệu quả được xác định dựa trên tiết diện hiệu quả của bản cánh, không phải tiết diện nguyên của bản bụng. Trong trường hợp này bề rộng hiệu quả cơ sở  $S_{eff,0}$  được xác định:

$$S_{eff,0} = 0,76 \sqrt{E / \gamma_{M0} \sigma_{com,Ed}} \text{ hay } S_{eff,0} = 0,76 \sqrt{E / f_{yb}} \quad (7)$$

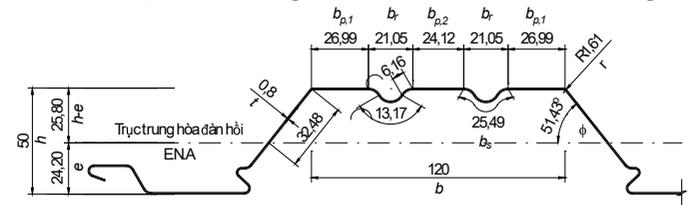
Xác định các kích thước ban đầu của  $S_{eff,1}$  đến  $S_{eff,n}$ , trong trường hợp bản bụng không hiệu quả toàn bộ theo các từ công thức 5.33a đến 5.33f, sau đó các kích thước này cần được kiểm tra lại nếu phần tử phẳng thích hợp là hiệu quả theo điều 5.5.3.4.3(6) trong trường hợp bản bụng không có sườn (công thức 5.34a,b), có sườn (công thức 5.35a,b) có một sườn (công thức 5.36a,b) hoặc hai sườn (công thức 5.37a,b)

**e. Xác định các đặc trưng của tôn sóng định hình với sóng hình thang**

Sau khi xác định được kích thước tiết diện hiệu quả của tôn sóng định hình, cần xác định các đặc trưng hình học như diện tích hiệu quả  $A_{eff}$ , mô men quán tính hiệu quả  $I_{eff}$ , vị trí trục trọng hòa z, mô men chống uốn hiệu quả  $W_{eff}$ ... Do tiết diện hiệu quả phụ thuộc vào hình dạng và sườn trong sóng tôn, nên việc thường sử dụng phần mềm để tính toán các đặc trưng hình học, một trong số các phần mềm hay được sử dụng đó là CFS (RSG Software - Mỹ) [5]. Sau khi có đầy đủ các đặc trưng hình học, tiến hành kiểm tra tôn sóng theo EN 1993-1-1.

**3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN**

Xác định độ bền mô men dương của tôn sóng định hình loại QL-99-50-08 [6], các đặc trưng hình học của tôn được thể hiện ở Hình 3. Các đặc trưng vật liệu như giới hạn chảy  $f_{yb}=307$  (N/mm<sup>2</sup>); mô đun đàn hồi  $E=210000$  (N/mm<sup>2</sup>); hệ số giãn  $\gamma_{M0}=1,0$ . Các ký hiệu và kích thước hình học của một sóng tôn được thể hiện ở Hình 7 và Bảng 1.



**Hình 7.** Ký hiệu và kích thước hình học của một sóng tôn

**Bảng 1.** Thông số hình học phần tử của một sóng tôn

Thông số phần tử	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Bề rộng phẳng danh nghĩa của phần tử ngoài	$b_{p,1}$	26,99	mm
Bề rộng phẳng danh nghĩa của phần tử trong	$b_{p,2}$	24,12	mm
Tổng bề rộng sườn	$b_r$	21,05	mm
Tổng chiều dài sườn	$b_s$	25,49	mm
Góc nghiêng giữa sườn và trục trọng hòa đàn hồi	$\phi$	51,43	độ

**Bước 1. Xác định ảnh hưởng của góc uốn cong**

Theo điều 5.1(3), điều kiện để bỏ qua góc uốn cong là  $1,61 < 4,0$  và  $1,61 < 2,7$  đã thỏa mãn, tuy nhiên trong ví dụ này góc uốn cong vẫn được kể đến trong tính toán chính xác các đặc trưng hình học và độ cứng của tiết diện.

**Bước 2. Kiểm tra tỷ lệ hình học**

Giới hạn tỷ lệ hình học của phần tử thuộc tiết diện như tỷ lệ của bản cánh  $150 < 500$ , bản bụng  $62,5 < 390,9$  và góc nghiêng  $45^\circ < 51,4^\circ < 90^\circ$  đều thỏa mãn.

**Bước 3. Xác định bề rộng hiệu quả ban đầu phần tử phẳng của cánh chịu nén**

**Bảng 2.** Bề rộng hiệu quả ban đầu của phần tử ngoài

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Tham chiếu
Độ mảnh quy ước	$\bar{\lambda}_{p,1}$	0,679		Điều 4.4(2) [3]
Hệ số suy giảm	$\rho_1$	0,996		Điều 4.4(2) [3]
Bề rộng hiệu quả ban đầu	$b_{eff,p,1}$	26,873	mm	Bảng 4.1 [3]
Bề rộng hiệu quả cạnh bụng	$b_{1,eff,p,1}$	13,436	mm	Bảng 4.1 [3]
Bề rộng hiệu quả cạnh sườn	$b_{2,eff,p,1}$	13,436	mm	Bảng 4.1 [3]

Giả thiết tỷ số phân bố ứng suất nén đều, theo Bảng 4.1 [3], có tỷ số  $\psi=1$  và hệ số mất ổn định  $k_{\sigma}=4$ . Bề rộng hiệu quả ban đầu của phần tử ngoài và trong được lần lượt thể hiện ở Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 3. Bề rộng hiệu quả ban đầu của phần tử trong

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Tham chiếu
Độ mảnh quy ước	$\lambda_{p,2}$	0,607		Điều 4.4(2) [3]
Hệ số suy giảm	$\rho_2$	1,0		Điều 4.4(2) [3]
Bề rộng hiệu quả ban đầu	$b_{eff,p,2}$	24,12	mm	Bảng 4.1 [3]
Bề rộng hiệu quả cạnh sườn	$b_{1,eff,p,2}$	12,06	mm	Bảng 4.1 [3]
Bề rộng hiệu quả cạnh sườn	$b_{2,eff,p,2}$	12,06	mm	Bảng 4.1 [3]

**Bước 4. Xác định ứng suất tới hạn đàn hồi**

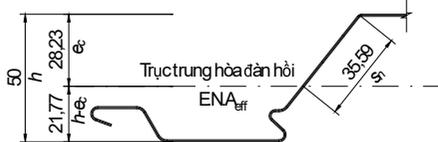
Bản cánh chịu nén của tôn sóng QL-99-50-08 có hai sườn trung gian đối xứng, chịu mô men uốn dương, ứng suất tới hạn đàn hồi được xác định theo công thức (4) và được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Ứng suất tới hạn đàn hồi và hệ số suy giảm bề dày bản cánh

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Tham chiếu
Diện tích của sườn	$A_s$	40,79	mm <sup>2</sup>	Hình 5
(Tính) mô men quán tính của sườn	$I_s$	195,3	mm <sup>4</sup>	Hình 5, Theo [5]
Tổng chiều dài của cánh chịu nén	$b_e$	129,08	mm	Công thức ((4))
Hệ số suy giảm	$b_1$	37,515	mm	Công thức ((4))
Chiều cao của bụng	$h_w$	26,873	mm	Hình 5.1(c) [2]
Chiều dài của bụng	$s_w$	62,928	mm	Hình 5.1(c) [2]
Chiều dài tính toán	$l_b$	387,724	mm	Công thức 5.27 [2]
Hệ số kể đến ngăn cản chống xoay một phần	$k_{wo}$	1,716		Công thức 5.28 [2]
	$k_w$	1,716		Điều 5.5.3.4.2(5) [2]
Ứng suất tới hạn đàn hồi	$\sigma_{cr,s}$	227,11	N/mm <sup>2</sup>	Công thức ((4))
Độ mảnh quy ước	$\lambda_d$	1,163		Công thức 5.12(d) [2]
Hệ số giảm do mất ổn định méo	$\chi_d$	0,629		Điều 5.5.3.1(7) [2]
Bề dày suy giảm của bản cánh nén	$t_{red}$	0,504	mm	Công thức ((6))

**Bước 5. Xác định tiết diện hiệu quả của bản bụng tôn sóng định hình chịu nén**

Xác định vị trí mới của trục trung hòa đàn hồi (E.N.A<sub>eff</sub>) với bề rộng hiệu quả và bề dày suy giảm của bản cánh (Hình 8).



Hình 8. Ký hiệu và kích thước hình học để xác định trục trung hòa mới

Do cấu tạo của tôn sóng không có sườn ở bản bụng (xem Hình 6(a)), vị trí mới của trục trung hòa tính từ mặt trên của sóng tôn là  $e_c=28,23$  mm, chiều dài bản bụng chịu nén  $s_n=35,39$  mm (Hình 8). Kết quả xác định bề rộng hiệu quả của các phần tử thuộc bản bụng chịu nén được trình bày ở Bảng 5.

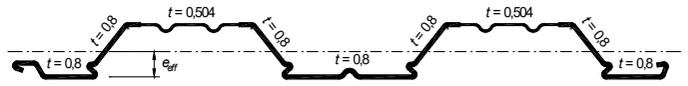
Bảng 5. Ứng suất tới hạn đàn hồi và bề rộng hiệu quả của bản bụng

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Tham chiếu
Ứng suất trong bản cánh nén khi tiết diện đạt tới độ bền	$\sigma_{com,red}$	307	N/mm <sup>2</sup>	Điều 5.5.3.4.3(4) [2]
Bề rộng hiệu quả cơ sở	$S_{eff,0}$	15,9	mm	Công thức ((7))
Bề rộng hiệu quả của phần tử bụng liên kể với bản cánh chịu nén	$S_{eff,1}$	15,9	mm	Công thức 5.33(a) [2]
Bề rộng hiệu quả của phần tử bụng liên kể với vị trí trục trung hòa mới	$S_{eff,n}$	23,9	mm	Công thức 5.33(f) [2]

Tổng bề rộng hiệu quả của bản bụng  $S_{eff,1} + S_{eff,n} = 39,8$  mm; Bề rộng hiệu quả này lớn hơn chiều dài bản bụng chịu nén  $s_n = 35,59$  mm. Như vậy toàn bộ tiết diện bản bụng hiệu quả.

**Bước 6. Xác định đặc trưng hình học của tiết diện hiệu quả**

Tiết diện hiệu quả của tôn sóng QL-99-50-08 sau khi xác định được tiết diện hiệu quả của bản cánh và bản bụng chịu nén được thể hiện ở Hình 9.



Hình 9. Tiết diện hiệu quả tôn sóng QL-99-50-08 khi chịu mô men uốn dương

Việc tính toán thủ công các đặc trưng hình học của tôn sóng định hình với bề rộng hiệu quả và bề dày suy giảm mất nhiều thời gian và độ chính xác không cao, do đó các giá trị đặc trưng hình học cần thiết sẽ được xác định bằng phần mềm CFS [5]. Kết quả được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Đặc trưng hình học tiết diện hiệu quả tôn sóng định hình QL-99-50-08

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Diện tích hiệu quả	$A_{eff}$	591,95	mm <sup>2</sup>
Mô men quán tính hiệu quả	$I_{eff}$	236578	mm <sup>4</sup>
Vị trí trục trung hòa so với bản cánh dưới	$e_{eff}$	21,77	mm
Vị trí trục trung hòa so với bản cánh trên	$50-e_{eff}$	28,23	mm
Mô men chống uốn hiệu quả đối với biên cánh trên	$W_{eff,top}$	8380,4	mm <sup>3</sup>
Mô men chống uốn hiệu quả đối với biên cánh dưới	$W_{eff,bottom}$	10867,2	mm <sup>3</sup>

**Bước 7. Xác định độ bền mô men dương của tôn sóng**

Độ bền mô men dương của tôn sóng được xác định theo công thức 6.4 [2].

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \times f_{yb}}{\gamma_{Mo}} = \frac{\min(W_{eff,top}, W_{eff,bottom}) \times f_{yb}}{\gamma_{Mo}} = \frac{8380,4 \times 307}{1,0} = 2,573kNm$$

Vậy khi tôn sóng định hình QL-99-50-08 chịu uốn, mô men dương lớn nhất mà tôn sóng chịu được là  $M_{c,Rd} = 2,573kNm$ .

**4. KẾT LUẬN**

Bài báo đã trình bày quy trình tính toán tôn sóng định hình có sơ đồ dầm đơn giản hoặc liên tục bằng phương pháp bề rộng hiệu quả (EWM) theo EN 1993-1-3. Khi tính toán tôn sóng định hình chịu mô men dương, tại bản cánh nén bề dày bản cánh có sự suy giảm rõ rệt, tuy nhiên nhờ có sự đóng góp của hai sườn trung gian mà bề rộng hiệu quả của bản cánh nén có sự suy giảm không đáng kể tại vị trí tiếp giáp với sườn biên. Trong thực tế, bản bụng của tôn sóng QL-99-50-08 không cần có sườn trung gian là hoàn toàn phù hợp với tính toán vì bản bụng phía trên trục trung hòa đàn hồi có kể đến ảnh hưởng tiết diện hiệu quả của bản cánh không bị suy giảm bề rộng hiệu quả.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Xây dựng trong đề tài mã số RD 48-22.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Đ. Đ. Kiến, "Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội", NXB Xây dựng. 2018.  
 [2] EN 1993-1-3, Eurocode 3: Design of steel structures - General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. 2006.  
 [3] EN 1993-1-5, Eurocode 5: Design of steel structures - Plated structural elements. 2006.  
 [4] C. Couto, P. V. Real, N. Lopes, B. Zhao, "Effective width method to account for the local buckling of steel thin plates at elevated temperatures", *Thin-Walled Structures*, vol. 84, pp. 134-149, 2014, dx.doi.org/10.1016/j.tws.2014.06.003.  
 [5] B. Glauz, *Cold-formed steel design software-CFS* (2023) [Software]  
 [6] JFE Steel, *QL Composite slab steel deck Catalog*, 2015.

# Tính hệ số ứng xử động đất của kết cấu nhà bê tông cốt thép theo phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến

Evaluation of the seismic behavior factor of reinforced concrete frame structures base on nonlinear inelastic methods

> PHÙNG VĂN LONG, NGUYỄN VĂN TÚ, NGUYỄN XUÂN ĐẠI\*, MAI VIẾT CHINH

Học viện Kỹ thuật quân sự, \*Email [xuandai.nguyen@lqdtu.edu.vn](mailto:xuandai.nguyen@lqdtu.edu.vn)

## TÓM TẮT

Trong quan niệm thiết kế chống động đất hiện nay, các tiêu chuẩn thiết kế đều xem xét sử dụng hệ số kể đến biến dạng dẻo của kết cấu. Hệ số này cho phép người thiết kế sử dụng phương pháp phân tích tuyến tính để khảo sát phản ứng của kết cấu trong khi vẫn kể đến ứng xử phi tuyến và giới hạn biến dạng của kết cấu. Bài báo tập trung nghiên cứu xác định hệ số ứng xử  $q$  cho một số kết cấu khung nhà bê tông cốt thép theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 và phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến đẩy dần để khảo sát, đánh giá việc áp dụng hệ số ứng xử theo tiêu chuẩn. Các mô hình kết cấu khung nhà 3 tầng, 6 tầng và 9 tầng được lựa chọn để phân tích theo phương pháp tĩnh phi tuyến đẩy dần, hệ số ứng xử được xác định dựa vào trạng thái ứng xử của kết cấu thông qua đường cong quan hệ lực cắt – chuyển vị. Kết quả cho thấy TCVN 9386:2012 đề xuất giá trị  $q$  thấp hơn đáng kể so với giá trị hệ số ứng xử tính toán được theo phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến đẩy dần. Hơn nữa, việc sử dụng chung một giá trị hệ số ứng xử cho các kết cấu có quy mô khác nhau chưa phản ánh đúng khả năng biến dạng dẻo thực tế của kết cấu.

**Từ khóa:** Hệ số ứng xử động đất; kết cấu bê tông cốt thép; bê tông bị hạn chế; phân tích đẩy dần; phân tích động phi tuyến.

## ABSTRACT

In the current perspective of seismic-resistant design, design standards employ the seismic behavior factor to take into account the inelastic deformation capacity of structural components in the calculation. This factor allows a designer to use a linear elastic force-based design method while preserving the consideration of the nonlinear behavior and the deformation limit of structures. This paper focuses on estimating the values of the seismic behavior factor for reinforced concrete frames according to the Vietnamese national standard TCVN 9386:2012 and using the pushover analysis method to investigate the applicability and accuracy of the behavior factor specified in the standard. Accordingly, the 3-storey, 6-storey, and 9-storey building structure models are selected for analysis using the pushover analysis method, the seismic behavior factor is determined based on the nonlinear curve of shear force and displacement of structural responses. The results show that TCVN 9386:2012 proposed a significantly lower factor than the values calculated by the pushover analysis method. Further, using the same value of seismic behavior factor for different structures does not accurately reflect the inelastic deformation capacity of the structures.

**Keywords:** Seismic behaviour factor; reinforced concrete structure; confined concrete; nonlinear static pushover analysis; nonlinear dynamic analysis.

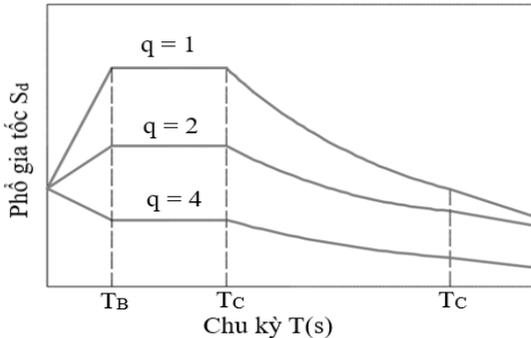
## 1. MỞ ĐẦU

Trong các tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất trên thế giới hiện nay như UBC97 [1], IBC [2], Eurocode 8 [3], TCVN 9386:2012 [4], việc thiết kế kháng chấn được thực hiện theo quan điểm chuyển từ việc bảo vệ công trình sang bảo vệ trực tiếp sinh mạng con người và của cải vật chất xã hội. Theo đó, khi động đất xảy ra các công trình xây dựng không nhất thiết chỉ làm việc đàn hồi mà có thể làm việc sau giới hạn đàn hồi miễn là không bị sụp đổ (phương pháp thiết kế

theo khả năng – capacity-based design, và phương pháp thiết kế theo hiệu năng – performance-based design).

Theo đó, trong thực hành tính toán, lực cắt đáy thiết kế của các kết cấu được xác định từ phổ phản ứng thiết kế (không đàn hồi) chuẩn hóa cung cấp gia tốc phổ thiết kế liên quan đến chu kỳ giao động cơ bản của kết cấu. Các phổ phản ứng không đàn hồi này giảm so với phổ phản ứng đàn hồi nhờ việc kể đến hệ số ứng xử động đất “ $q$ ” (seismic behavior) (hoặc khái niệm hệ số kể đến biến dạng dẻo trong

các tiêu chuẩn của Mỹ [5, 6], Canada [7]- ductility factor), phản ánh khả năng tiêu tán năng lượng của kết cấu thông qua ứng xử phi tuyến (Hình 1). Khi đó, kết cấu được phân tích ở trạng thái ứng xử đàn hồi tuyến tính với tải trọng động đất được xác định từ phổ phản ứng không đàn hồi như vậy. Thực tế phương pháp tính toán thiết kế này đã được sử dụng từ lâu, được các kỹ sư thiết kế kết cấu ưa thích nhất vì nó quan điểm tính toán đơn giản, giảm đáng kể yêu cầu về hiệu năng phân tích kết cấu công trình. Tuy nhiên, việc tính toán xác định hệ số ứng xử "q" hiện vẫn đang là nội dung thu hút được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu do những quan điểm phân tích và phương pháp xác định khác nhau.



**Hình 1.** Phổ phản ứng thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Gần đây, có nhiều nghiên cứu được thực hiện trên kết cấu nhà để khảo sát việc áp dụng hệ số ứng xử  $q$  trong tính toán kết cấu. Mwafy và Elnashi [8] đã trình bày nội dung nghiên cứu tương đối toàn diện để hiệu chỉnh các hệ số  $q$ , bằng cách sử dụng 12 tòa nhà bê tông cốt thép, thiết kế theo tiêu chuẩn Eurocode 8 [3]. Zafar đã thực hiện nghiên cứu tham số liên quan đến các kết cấu nhà có khung bê tông cốt thép để đánh giá ảnh hưởng của đặc trưng kích thước tiết diện và ứng xử của vật liệu đối với hệ số ứng xử  $q$  [9]. AlHamaydeh và cộng sự đã nghiên cứu hệ số ứng xử  $q$  của ba kết cấu nhà khung bê tông cốt thép điển hình cao 4, 16 và 32 tầng chịu tác dụng của động đất tương ứng với hai cấp khác nhau [10]. Massumi và cộng sự [11] đã tiến hành phân tích để kiểm tra khả năng vượt cường độ kết cấu đối với 25 kết cấu khung bê tông cốt thép điển hình. Kết quả cho thấy hệ số vượt cường độ gần như không đổi (với giá trị trung bình là 2,5 và 1,7 đối với các tòa nhà được thiết kế theo tiêu chuẩn Iran và tiêu chuẩn Bắc Mỹ) cho các tòa nhà cao từ 4 đến 10 tầng. Al-Ahmar và Al-Samara [12] đã nghiên cứu ảnh hưởng của số tầng và nhịp đến các hệ số ứng xử động đất của 25 kết cấu nhà khung chịu mô men đặc biệt, ... Nhìn chung, các phân tích như vậy đều thực hiện trên cơ sở phương pháp thiết kế dựa trên lực (force-based design), sử dụng hệ số ứng xử  $q$  được xác định trước (quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế), hệ số này không đổi với các hình dạng mặt bằng và giải pháp kết cấu khác nhau. Giá trị được đề xuất có thể không thực tế hoặc không phù hợp với trạng thái phi tuyến của từng kết cấu cụ thể. Mặt khác, hầu hết các nghiên cứu trước đây đều tập trung vào việc đánh giá thành phần độ dẻo của hệ số ứng xử đối với hệ kết cấu một bậc tự do (SDOF). Tuy nhiên, khả năng vượt cường độ cũng có ý nghĩa quan trọng trong việc hiệu chỉnh hệ số ứng xử và có thể khác nhau tùy thuộc vào nhiều yếu tố như hệ kết cấu, cấp độ dẻo của vật liệu thành phần (bê tông, cốt thép) và chu kỳ do động của kết cấu.

Trong bài báo này, nhóm tác giả tiến hành khảo sát hệ số ứng xử động đất  $q$  của kết cấu khung bê tông cốt thép thông qua các phân tích đẩy dẫn tĩnh phi tuyến. Phân tích đẩy dẫn tĩnh phi tuyến sử dụng để xác định mối quan hệ tải trọng - chuyển vị và các yếu tố ứng xử, chẳng hạn như độ dẻo, khả năng vượt cường độ và hệ số ứng xử động đất. Các giá trị của hệ số  $q$  thu được cũng được so sánh với giá trị  $q$  được quy định trong tiêu chuẩn Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN CỦA NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp xác định hệ số ứng xử

Theo Tiêu chuẩn TCVN 9386: 2012 hệ số ứng xử  $q$  là tỷ số gần đúng giữa lực động đất mà kết cấu phải chịu khi giả thiết phản ứng của nó hoàn toàn đàn hồi với độ cản nhớt  $\xi = 5\%$  và lực động đất được dùng để thiết kế kết cấu theo mô hình phân tích đàn hồi quy ước mà vẫn tiếp tục đảm bảo cho kết cấu có trạng thái phản ứng thoả mãn các yêu cầu đặt ra. Giá trị giới hạn trên của hệ số ứng xử  $q$  trong đó có xét tới ảnh hưởng của độ cản nhớt khác 5% của kết cấu nhà bê tông cốt thép ứng với các cấp độ dẻo khác nhau đối với các tác động động đất theo phương ngang được xác định theo biểu thức sau cho mỗi hướng tính toán:

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \quad (1)$$

trong đó,  $q_0$  là giá trị cơ bản của hệ số ứng xử, phụ thuộc vào loại kết cấu sử dụng và tính đều đặn trên chiều cao của công trình. Đối với các công trình nhà đều đặn trên chiều cao, giá trị  $q_0$  được xác định theo Bảng 1;  $k_w$  là hệ số phản ánh dạng phá hoại chiếm ưu thế trong hệ kết cấu có tường chịu lực.

**Bảng 1.** Các giá trị cơ bản của hệ số ứng xử  $q_0$  đối với các hệ kết cấu BTCT đều đặn trên chiều cao

Loại kết cấu	Cấp dẻo kết cấu trung bình (DCM)	Cấp dẻo kết cấu cao (DCH)
Hệ khung, hệ hỗn hợp, hệ tường ghép	$3.0\alpha_u / \alpha_1$	$4.5\alpha_u / \alpha_1$
Hệ tường chịu lực không ghép	3.0	$4.0\alpha_u / \alpha_1$
Hệ dể xoắn (Hệ lõi)	2.0	4.0
Hệ con lắc ngược	1.5	2.0

Cũng theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, khi xác định hệ số  $q_0$  cần lưu ý tới một số vấn đề sau:

- Đối với các nhà không đều đặn trên chiều cao, hệ số  $q_0$  được giảm xuống 20%;

- Tỷ số  $\alpha_u / \alpha_1$  biểu thị sự vượt độ bền của hệ kết cấu do dư thừa liên kết. Trong đó  $\alpha_1$  là hệ số nhân vào giá trị thiết kế của tác động đất theo phương ngang để mọi cấu kiện của kết cấu đạt giới hạn độ bền chịu uốn trước tiên, trong khi tất cả các tác động khác vẫn không đổi;  $\alpha_u$  là hệ số nhân vào giá trị thiết kế của tác động đất theo phương ngang làm cho khớp dẻo hình thành trong một loạt tiết diện đủ để dẫn đến sự mất ổn định tổng thể kết cấu, trong khi tất cả các giá trị thiết kế của các tác động khác vẫn không đổi. Hệ số  $\alpha_u$  có thể thu được từ phân tích phi tuyến tĩnh tổng thể. Trường hợp hệ số  $\alpha_u / \alpha_1$  không được xác định bằng tính toán, đối với nhà có tính đều đặn trong mặt bằng có thể lấy các giá trị gần đúng của  $\alpha_u / \alpha_1$  như sau:

a) Hệ khung hoặc hệ hỗn hợp tương đương hệ khung:  
Nhà một tầng:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.1$

Các hệ khung một nhịp nhiều tầng:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.2$

Các hệ khung nhiều nhịp, nhiều tầng hoặc kết cấu hỗn hợp tương đương hệ khung:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.3$

b) Hệ tường hoặc hệ kết cấu hỗn hợp tương đương với tường:  
Các hệ tường chỉ có hai tường không ghép theo từng phương ngang:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.0$

Các hệ tường không ghép khác:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.1$

Hệ kết cấu hỗn hợp tương đương tường hoặc hệ tường ghép:  
 $\alpha_u / \alpha_1 = 1.2$

Đối với các nhà không có tính đều đặn trong mặt bằng, các trị số  $\alpha_u / \alpha_1$  khi không xác định qua tính toán có thể sử dụng giá trị gần đúng là trung bình của 1,0 và các giá trị cho ở trên. Giá trị  $\alpha_u / \alpha_1$  lớn nhất dùng trong thiết kế là 1.5 kể cả khi phân tích đẩy dẫn cho kết quả lớn hơn.

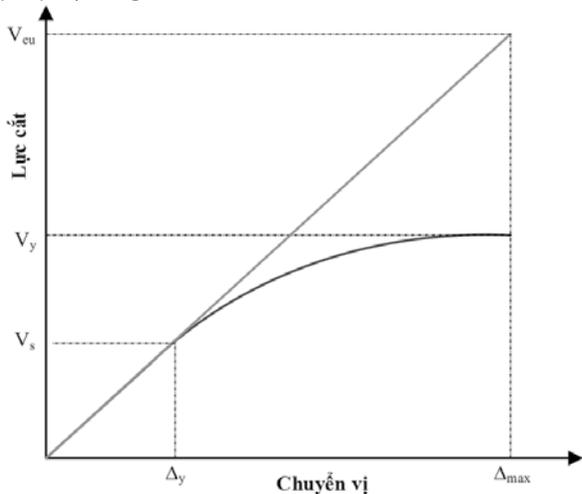
- Giá trị  $q_0$  cho các hệ con lắc ngược có thể lấy tăng lên, nếu ứng với giá trị đó có thể đảm bảo được rằng trong vùng tới hạn của kết cấu có sự phân tán năng lượng lớn hơn.

- Cho phép tăng giá trị  $q_0$  nếu đảm bảo kiểm soát chất lượng thi công. Giá trị đã tăng lên này không được vượt quá 20% so với các giá trị đã cho trong Bảng 1.

Dựa trên khái niệm và bản chất của việc tính toán, ta nhận thấy hệ số ứng xử có thể xác định trực tiếp và chính xác hơn thông qua phân tích kết cấu ngoài miền đàn hồi. Uang [13] đề xuất công thức tính toán hệ số ứng xử  $q$  dựa trên kết quả đường cong quan hệ lực cắt và chuyển vị có được từ phân tích tĩnh phi tuyến như sau:

$$q = \frac{V_{eu}}{V_s} \gamma \quad (2)$$

trong đó,  $V_{eu}$  là lực cắt đàn hồi được xác định là lực cắt tại chuyển vị lớn nhất của đường quan hệ lực cắt và chuyển vị như trên Hình 2;  $V_s$  là lực cắt đàn hồi ngay tại khớp dẻo đầu tiên;  $\gamma$  là hệ số ứng suất cho phép lấy bằng 1,5.



Hình 2. Đường cong quan hệ lực cắt và chuyển vị [14]

Theo tiêu chuẩn ATC của Mỹ [5, 6, 15], hệ số ứng xử được xác định dựa trên một loạt các hệ số khác nhau:

$$R = R_\mu \cdot R_\rho \cdot R_\Omega \cdot R_\xi \quad (3)$$

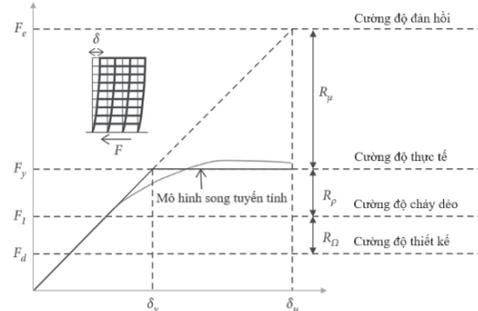
trong đó:  $R_\mu$ ,  $R_\rho$ ,  $R_\Omega$ ,  $R_\xi$  lần lượt là hệ số độ dẻo, hệ số dự phòng, hệ số vượt cường độ và hệ số giảm chấn. Hệ số giảm chấn  $R_\xi$  được sử dụng để mô tả sự tiêu tán năng lượng được đặc trưng bởi hệ số cản nhớt và độ trễ. Nó chỉ được xét đến nếu công trình có các thiết bị giảm chấn, trường hợp khác thì  $R_\xi = 1$ . Các thông số khác được thể hiện trên đường cong đẩy dẫn thu được từ phân tích tĩnh phi tuyến.

Hình 3 cho thấy mối quan hệ giữa lực cắt đáy và chuyển vị đỉnh. Hệ số ứng xử được xác định theo tiêu chuẩn ATC được định nghĩa như sau:

$$R = \frac{F_e}{F_d} = \frac{F_e}{F_y} \cdot \frac{F_y}{F_1} \cdot \frac{F_1}{F_d} = R_\mu \cdot R_\rho \cdot R_\Omega \quad (4)$$

trong đó,

$$R_\mu = \frac{F_e}{F_y}; R_\rho = \frac{F_y}{F_1}; R_\Omega = \frac{F_1}{F_d} \quad (5)$$



Hình 3. Đường cong quan hệ lực cắt và chuyển vị

### 2.2. Mô hình ứng suất - biến dạng của vật liệu

Ba mô hình ứng xử khác nhau của vật liệu được sử dụng cho nghiên cứu: bê tông không bị giới hạn, bê tông bị giới hạn và cốt thép. Bê tông được mô hình hóa với mối quan hệ ứng suất-biến dạng được đề xuất bởi Mander và cộng sự [16]. Thép được mô hình hóa với mối quan hệ đàn dẻo.

Mander và cộng sự đã xây dựng mô hình ứng suất - biến dạng của bê tông bị hạn chế. Giả thiết tải trọng tác dụng đơn điệu và tốc độ biến dạng thấp (coi như tĩnh), cường độ nén dọc trục của bê tông  $f_c$  được xác định bởi công thức (1):

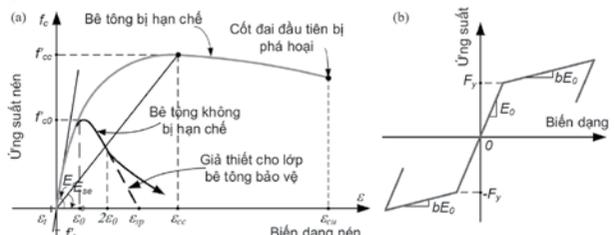
$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r - 1 + x^r}, \quad (6)$$

trong đó:  $f'_{cc}$  là cường độ nén của bê tông bị hạn chế.

$$f'_{cc} = f'_{co} \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_1}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_1}{f'_{co}} \right) \quad (7)$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}, \quad (8)$$

Trong đó:  $f'_{co}$  và  $f_1$  lần lượt là cường độ nén của bê tông không bị hạn chế và ứng suất hạn chế hiệu quả;  $\epsilon_c$  là biến dạng của bê tông chịu nén dọc trục.



Hình 4. Mô hình ứng suất - biến dạng của: (a) bê tông bị hạn chế và bê tông không bị hạn chế; (b) cốt thép [17]

Richart và cộng sự (1928) đã đề xuất giá trị  $\epsilon_{cc}$ :

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right], \quad (9)$$

trong đó:  $f'_{co}$  và  $\epsilon_{co}$  lần lượt là cường độ bê tông không bị hạn chế và biến dạng tương ứng. Thông thường, lấy giá trị  $\epsilon_{co} = 0.002$ .

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}, \quad (10)$$

trong đó  $E_c$  là mô đun đàn hồi của bê tông,

$$E_c = 5000 \sqrt{f'_{co}} \text{ (MPa)}; \quad (11)$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{cc}}. \quad (12)$$

Để xác định trạng thái ứng suất-biến dạng của lớp bê tông bảo vệ (bên ngoài lõi bê tông bị giới hạn), phần nhánh nằm trong vùng

$\varepsilon_c > 2\varepsilon_{c0}$  được coi là đường thẳng đạt ứng suất bằng 0 tại biến dạng nứt vỡ,  $\varepsilon_{sp}$ .

Mối quan hệ mô men - góc xoay được xác định dựa trên mối quan hệ về mô men - độ cong của khớp dẻo và chiều dài của khớp dẻo. Góc xoay tới hạn ( $\theta_u$ ) và chiều dài của khớp dẻo ( $L_{pl}$ ) được xác định bằng cách sử dụng các biểu thức trong Eurocode 8 [3] (Phụ lục A, Công thức A.4 và A.5):

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \left( \theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} \left( 1 - \frac{0.5L_{pl}}{L_v} \right) \right) \quad (13)$$

$$L_{pl} = 0.1L_v + 0.17h + 0.24 \frac{d_{bl} f_y (MPa)}{\sqrt{f_c (MPa)}} \quad (14)$$

trong đó,  $\varphi_u$  là độ cong tới hạn,  $\varphi_y$  là độ cong chảy,  $L_v$  là chiều dài cốt,  $h$  là chiều cao tiết diện,  $d_{bl}$  là đường kính trung bình của các thanh cốt thép dọc,  $f_y$  là cường độ chảy của cốt thép dọc [9], và  $f_c$  là cường độ chịu nén của bê tông [9].

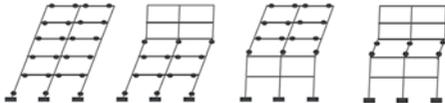
Sự suy giảm độ bền và độ cứng được xem xét bằng cách sử dụng mô hình trễ Takeda [18]. Việc tính toán hệ số ứng xử cần xác định trạng thái giới hạn (tổng thể và cục bộ) của kết cấu trong phân tích.

**2.3. Phương pháp phân tích phi tuyến**

Để xác định hệ số ứng xử  $q$ , các phân tích tĩnh phi tuyến đẩy dần đã được sử dụng.

Phương pháp này bao gồm việc áp dụng tăng dần tải trọng ngang phân bố hợp lý trên các tầng để đạt được mối quan hệ giữa lực cắt đáy và chuyển vị đỉnh của công trình, thường được gọi là đường cong đẩy dần hoặc đường cong khả năng chịu lực. Có thể có nhiều lựa chọn thay thế cho kiểu phân bố của tải trọng ngang và có thể các kiểu tải trọng ngang khác nhau sẽ dẫn đến các đường cong đẩy dần có đặc điểm khác nhau và thứ tự hình thành khớp dẻo khác nhau. Trong nghiên cứu này, đường cong đẩy của ba khung thu được bằng cách sử dụng mô hình phân bố tải trọng ngang tam giác ngược.

**2.4. Trạng thái giới hạn theo cơ cấu phá hoại**



Hình 5. Bốn trường hợp mất ổn định tổng thể [3]

Để xác định hệ số  $q$ , cần có một số tiêu chí đáp ứng để xác định trạng thái giới hạn sụp đổ của một kết cấu. Có bốn tiêu chí sụp đổ được sử dụng ở đây được phân loại thành hai nhóm, tiêu chí cục bộ và tổng thể.

Tiêu chí cục bộ được xác định dựa trên giới hạn góc xoay của khớp dẻo của các phần tử khác nhau (dầm, cột) đến góc xoay cục hạn,  $\theta_u$ .

Các tiêu chí sụp đổ tổng thể được xác định thông qua:

- Giới hạn chuyển vị lệch tầng,  $\Delta$ , bằng 3% chiều cao tầng ( $h_e$ ).

Giới hạn này cũng được quy định trong [3, 11] và sát với các giới hạn được áp dụng theo tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn Eurocode 8, dao động trong khoảng từ 2 đến 3%,

- Mất ổn định kết cấu do hình thành cơ cấu khớp dẻo ở cột (Hình 5) [19],

- Mất ổn định do hiệu ứng P- $\Delta$ , được thể hiện bởi chỉ số ổn định,  $\theta_{p-\Delta}$ , bằng 0,2. Chỉ số  $\theta_{p-\Delta}$  được tính theo phương trình sau:

$$\theta_{p-\Delta, k} = P_k \Delta_k / V_k \cdot h_{e, k} \quad (15)$$

với  $P_k$  là tổng tĩnh tải (TT) và 20% hoạt tải (HT) của kết cấu từ tầng "k" trở lên;  $\Delta_k$  là chuyển vị ngang tương đối của sàn tầng "k+1" so với sàn tầng "k";  $V_k$  lực cắt tại tầng "k";  $h_{e, k}$  chiều cao của tầng "k".

**3. PHÂN TÍCH VÍ DỤ SỐ**

**3.1. Mô tả hệ kết cấu công trình**

Ba công trình điển hình được khảo sát là các kết cấu bê tông cốt thép với quy mô 3, 6 và 9 tầng được thiết kế và xây dựng trên nền đất loại B, tỷ số cản 5%, tính toán với gia tốc nền tham chiếu tại Thanh Xuân, Hà Nội. Chân cột ngàm chặt vào móng. Các thông tin về công trình được cung cấp ở Bảng 2.

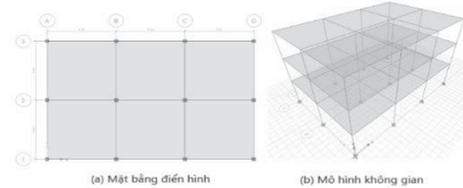
Tải trọng thẳng đứng: Gồm tĩnh tải là tải trọng các lớp cấu tạo sàn (130 daN/m<sup>2</sup>), không bao gồm trọng lượng bản thân các cấu kiện. Hoạt tải tác dụng đối với các sàn là 200 daN/m<sup>2</sup> và 90 daN/m<sup>2</sup> với sân mái, xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 [4].

Khối lượng tham gia giao động giao động được xét đến trong tính toán tải trọng động đất gồm: 1,0xTT + 0,24xHT.

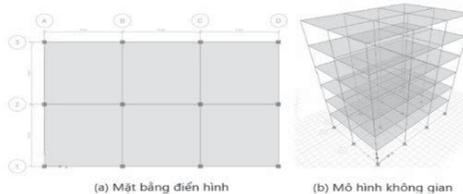
**Bảng 2. Thông tin các công trình khảo sát**

TT	Thông tin	Công trình 3 tầng	Công trình 6 tầng	Công trình 9 tầng
1	Chiều cao (m)	12	23,7	35,4
2	Chiều rộng (m)	12	12	18
3	Chiều dài (m)	18	18	24
4	Hệ chịu lực chính	Khung chịu lực	Khung chịu lực	Khung chịu lực
5	Chiều dày sàn (mm)	150	150	150
6	Kích thước dầm (mm)	B250x400	B250x400	B250x400
7	Kích thước cột (mm)	C350x350	C350x350	T1-5: C400x400 T6-9: C350x350
8	Loại bê tông	B25	B25	B25
9	Loại cốt thép dọc	CB300-V	CB300-V	CB300-V
10	Loại cốt thép đai	CB240-T	CB240-T	CB240-T
11	Cốt thép dọc cột	8φ18	8φ18	C400x400: 8φ20 C350x350: 8φ18
12	Cốt đai cột	φ6a150	φ6a150	φ6a150
13	Hàm lượng cốt thép dầm (%)	1	1	1
14	Khớp dẻo cột	Khớp P-M2-M3	Khớp P-M2-M3	Khớp P-M2-M3
15	Khớp dẻo dầm	Khớp M3	Khớp M3	Khớp M3

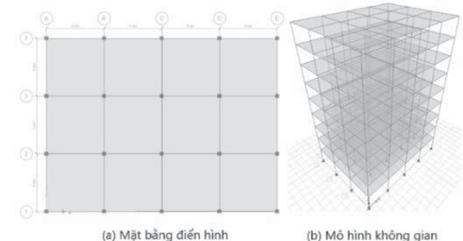
Mô hình kết cấu được thể hiện trong các Hình 6, 7 và 8.



Hình 6. Mô hình kết cấu công trình bê tông cốt thép 3 tầng

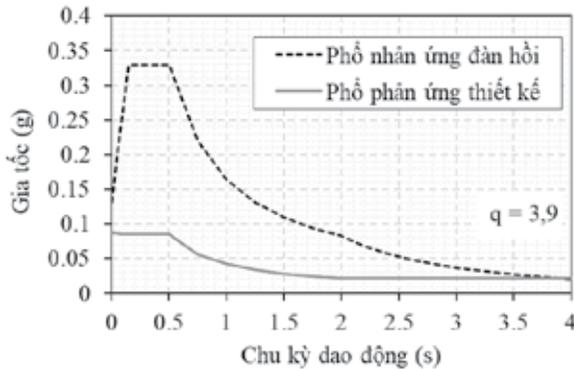


Hình 7. Mô hình kết cấu công trình bê tông cốt thép 6 tầng



Hình 8. Mô hình kết cấu công trình bê tông cốt thép 9 tầng

Theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, hệ số ứng xử động đất của cả ba kết cấu dùng trong phân tích được xác định  $q = 3,9$ . Hình 9 mô tả phổ phản ứng đàn hồi và phổ phản ứng thiết kế của vị trí đặt công trình, xác định theo TCVN 9386:2012.



Hình 9. Phổ phản ứng theo TCVN 9386:2012

**3.2. Kết quả và bình luận**

a) Kiểm tra hệ số ứng xử với các mô hình kết cấu khác nhau

Tiến hành phân tích kết cấu (làm việc ở trạng thái đàn hồi) đối với hai trường hợp động đất gồm: tải trọng tính toán theo phổ phản ứng đàn hồi và tải trọng tính toán theo phổ phản ứng thiết kế (có kể đến hệ số ứng xử). Giá trị hệ số ứng xử được xác định bằng cách so sánh giá trị lực cắt đáy giữa hai trường hợp. Kết quả phân tích được thể hiện như trong Bảng 3.

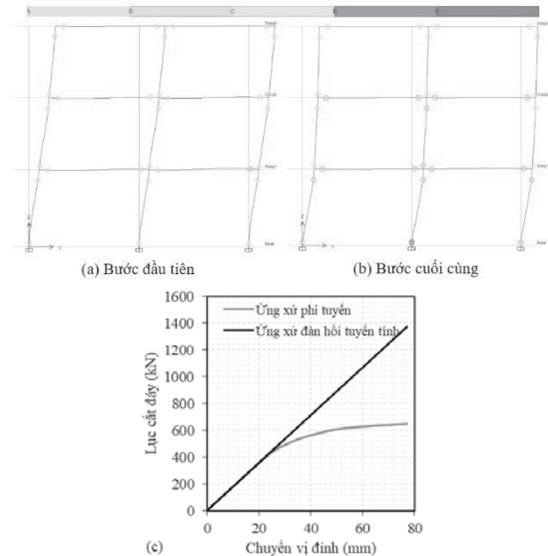
**Bảng 3. Giá trị lực cắt đáy**

	Công trình 3 tầng	Công trình 6 tầng	Công trình 9 tầng
Phổ đàn hồi (kN)	799,585	811,683	1610,617
Phổ thiết kế (kN)	205,022	208,124	520,538
Tỷ số lực cắt đáy	3,90	3,90	3,09

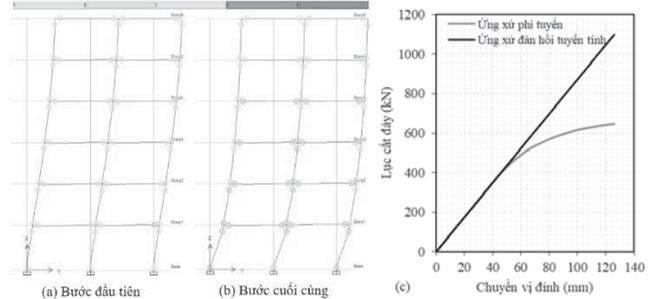
Từ kết quả nhận được ta thấy, đối với công trình 3 tầng và 6 tầng, giá trị tỷ lệ lực cắt đáy bằng hệ số ứng xử  $q = 3,9$  đúng với tiêu chuẩn TCVN 9386:2012. Tuy nhiên, đối với công trình 9 tầng tỷ lệ lực cắt đáy bằng 3,09 khác so với hệ số  $q = 3,9$  ứng với tiêu chuẩn TCVN 9386:2012. Điều này có thể được giải thích như sau: theo quy định trong TCVN, tại các chu kỳ dao động lớn, giá trị phổ phản ứng thiết kế phải đảm bảo không bé hơn cận dưới của phổ, với hệ số tương ứng là 0,2. Với các kết cấu 3 tầng và 6 tầng, chu kỳ dao động của kết cấu khá nhỏ, do đó giá trị lực cắt giữa hai mô hình chênh lệch nhau đúng bằng giá trị hệ số ứng xử. Với kết cấu 9 tầng, chu kỳ dao động của kết cấu khá lớn ( $T_1 = 2,4s$ ) do đó, giá trị phổ phản ứng thiết kế lớn hơn giá trị phổ phản ứng đàn hồi chia cho hệ số ứng xử, dẫn đến lực cắt đáy của kết cấu khi tính với phổ thiết kế lớn hơn. Kết quả này cũng phản ánh nhược điểm cố hữu của phương pháp phân tích đơn giản tuyến tính khi áp dụng chung một hệ số ứng xử cho các kết cấu khác nhau mà bỏ qua việc xem xét phản ứng thực tế của kết cấu. Do đó, việc nghiên cứu hệ số ứng xử cần thiết phải thực hiện các phân tích phi tuyến.

b) Xác định hệ số ứng xử theo phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến

Tiến hành các phân tích tĩnh phi tuyến đối với các kết cấu ở trên, kết quả cơ cấu hình thành khớp dẻo của kết cấu các công trình được thể hiện tương ứng như trong các Hình 10, 11, 12. Cụ thể, với mỗi kết cấu, kết quả xuất hiện khớp dẻo đầu tiên trên kết cấu thể hiện trên hình (a), kết quả hình thành các khớp dẻo tại bước phân tích cuối cùng thể hiện trên hình (b), mối quan hệ giữa chuyển vị đỉnh và lực cắt đáy công trình thể hiện trong hình (c). Ta dễ dàng nhận thấy, việc hình thành khớp dẻo xuất phát từ kết cấu dầm, sau đó phát triển sang các kết cấu cột. Đây là cơ chế cột khỏe dầm yếu phù hợp với triết lý thiết kế kết cấu chịu tác động ngang lớn (động đất).



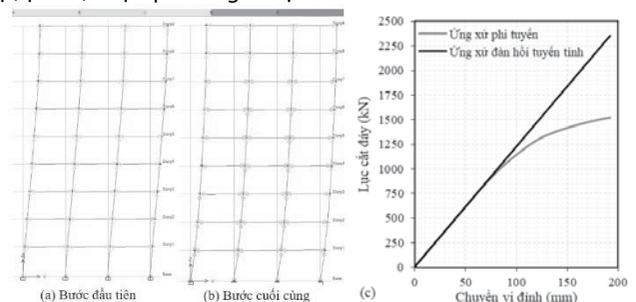
Hình 10. Phản ứng động đất của công trình 3 tầng



Hình 11. Phản ứng động đất của công trình 6 tầng

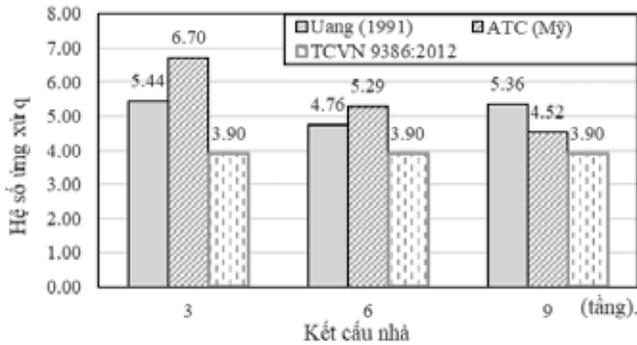
Từ quan hệ lực cắt và chuyển vị của các kết cấu công trình sau khi tiến hành phân tích tĩnh phi tuyến (đường cong tính đầy dần) ta nhận thấy, quan hệ giữa lực cắt và chuyển vị của các kết cấu đều trải qua hai giai đoạn: giai đoạn đầu tương ứng với trạng thái ứng xử hoàn toàn đàn hồi và kết cấu khi lực cắt tăng tuyến tính theo chuyển vị; giai đoạn hai là trạng thái phi tuyến, lực cắt vẫn giữ tăng khi chuyển vị tăng nhưng tỷ lệ tăng nhỏ hơn, không còn quan hệ tuyến tính. Vấn đề này có thể được hiểu rằng, tại kết cấu có xuất hiện các khớp dẻo và kết cấu làm việc ngoài miền đàn hồi.

Việc xác định khớp dẻo dựa vào đường cong tính đầy dần theo nguyên lý như trình bày trong Hình 2 và Hình 3. Trạng thái ứng xử đàn hồi của kết cấu được xác định kết thúc tại thời điểm hình thành khớp dẻo đầu tiên của kết cấu. Trạng thái tới hạn được xác định là bước phân tích cuối cùng (trước khi xảy ra sụp đổ) của kết cấu. Thực tế việc sử dụng phần mềm chuyên dụng (Etabs) trong phân tích tĩnh phi tuyến đầy dần cho phép khai báo các trạng thái giới hạn theo tiêu chuẩn thiết kế, từ đó tự động dừng phân tích khi kết quả chuyển vị (lực cắt) vượt quá các giới hạn trên.



Hình 12. Phản ứng động đất của công trình 9 tầng

Kết quả tính toán hệ số ứng xử tương ứng với các công trình được trình bày trong Hình 13 và Bảng 4.



**Hình 13.** Hệ số ứng xử  $q$  của kết cấu phân tích

Quan sát kết quả phân tích, ta dễ dàng nhận thấy, hệ số ứng xử của các kết cấu xác định dựa theo kết quả phân tích tĩnh phi tuyến đầy đủ lớn hơn so với quy định trong tiêu chuẩn thiết kế TCVN 9386:2012. Cụ thể, với các kết cấu được lựa chọn để phân tích, hệ số ứng xử  $q$  xác định theo TCVN 9386:2012 tính được bằng 3,9 cho cả 3 mô hình. Tuy nhiên, khi phân tích tĩnh phi tuyến, hệ số ứng xử tính toán được lớn hơn đáng kể, từ 16% (kết cấu nhà 9 tầng, tính toán theo tiêu chuẩn ATC) đến hơn 70% (kết cấu nhà 3 tầng, tính theo tiêu chuẩn ATC).

**Bảng 4.** Xác định giá trị hệ số ứng xử

Công trình	Theo Uang				Theo ATC		
	$V_{eu}$ (kN)	$V_s$ (kN)	$\gamma$	$q$	$F_e$ (kN)	$F_d$ (kN)	$q$
3 tầng	1373,692	378,514	1,5	5,444	1373,692	205,022	6,701
6 tầng	1100,462	346,986	1,5	4,757	1100,462	208,124	5,291
9 tầng	2351,590	658,445	1,5	5,357	2351,590	520,538	4,518

Qua kết quả phân tích các ví dụ điển hình, nhóm tác giả nhận thấy việc sử dụng hệ số ứng xử  $q$  theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 cho phép kết cấu được thiết kế thiên về an toàn. Tuy nhiên, việc sử dụng chung một hệ số ứng xử cho nhiều kết cấu có quy mô khác nhau khá rõ rệt có thể dẫn đến những sai lệch và/hoặc gây lãng phí trong thiết kế. Ngoài ra, xu hướng phát triển quan niệm thiết kế theo hiệu năng, việc thiết kế kết cấu quá an toàn có thể gây ra những sai sót tiềm tàng trong việc đạt được hiệu năng thiết kế dự kiến của công trình.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo tập trung nghiên cứu về hệ số ứng xử động đất của kết cấu nhà khung bê tông cốt thép. Các phương pháp xác định hệ số ứng xử gồm: xác định theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, xác định theo phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến thông qua đường cong quan hệ lực cắt - chuyển vị của kết cấu. Các ví dụ số được lựa chọn phân tích gồm các kết cấu khung nhà bê tông cốt thép điển hình có 3, 6 và 9 tầng. Kết quả phân tích cho thấy, việc sử dụng chung một giá trị hệ số ứng xử theo TCVN 9386:2012 cho các kết cấu như vậy dẫn đến những bất cập nhất định. Phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến cho phép xác định hệ số ứng xử của kết cấu lớn hơn so với quy định trong tiêu chuẩn, thể hiện khả năng biến dạng dẻo thực tế của kết cấu lớn hơn (đáng kể) so với dự kiến trong tiêu chuẩn thiết kế. Các nghiên cứu với kết cấu công trình có quy mô khác, cũng như các phương pháp phân tích động cần tiếp tục được thực hiện nhằm cung cấp các giá trị hệ số ứng xử động đất cho phù hợp với từng loại kết cấu cụ thể.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] U.B. Code (1997). Uniform building code, International Conference of Building Officials, Whittier, CA.
- [2] U.B. Code (2012). International building code. International Code Council, USA.
- [3] ECS (2005a). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization Brussels.
- [4] TCVN-2737:2023 (2023). Vietnam national standard- Loads and actions. Ministry of Science and Technology.
- [5] A.T. Council, S.E.A.o. California (1978). Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings: A Cooperative Effort with the Design Professions, Building Code Interests, and the Research Community. US Department of Commerce, National Bureau of Standards.
- [6] A.T.C. . (1995). A critical review of current approaches to earthquake-resistant design, Redwood City California.
- [7] NRCC (2015). National building code of Canada (NBCC). National Research Council of Canada, Associate Committee on the National Building Code.
- [8] A. Mwafy, A.S. Elnashai (2002). Calibration of force reduction factors of RC buildings. *Journal of earthquake engineering*. 6, 239-273.
- [9] A. Zafar (2010). Response modification factor of reinforced concrete moment resisting frames in developing countries. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [10] M. AlHamaydeh, S. Abdullah, A. Hamid, A. Mustapha (2011). Seismic design factors for RC special moment resisting frames in Dubai, UAE. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. 10, 495-506.
- [11] A. Massumi, A.A. Tasnimi, M. Saatcioglu (2004). Prediction of seismic overstrength in concrete moment resisting frames using incremental static and dynamic analyses, 13th world conference on earthquake engineering, pp. 1-6.
- [12] R. Al-Ahmar, M. Al-Samara (2015). An evaluation of the seismic response modification factor R for RC special moment-resisting frame system. *International Journal of Structural Engineering*. 6, 368-387.
- [13] C.-M. Uang (1991). Establishing R (or R<sub>w</sub>) and C<sub>d</sub> factors for building seismic provisions. *Journal of structural Engineering*. 117, 19-28.
- [14] N.T.T.H. Tran Ngoc Thanh, Le Thai Phong, Phan Dang Khoa, Nguyen Van Thuan (2023). Evaluation of progressive collapse and behavior factor of multi-storey reinforced concrete structures during earthquakes.
- [15] C. Rojahn, A. Whittaker, G. Hart, V. Bertero, G. Brandow, S. Freeman, W. Hall, L. Reaveley (1995). ATC 19 structural response modification factors. *Applied Technology Council, Redwood City, CA, USA*.
- [16] J.B. Mander, M.J.N. Priestley, R. Park (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering*. 114, 1804-1826.
- [17] N.X.D. Nguyen Van Tu, Le Quoc Ky (2021). Effect of confined-concrete zone and confinement bars to the behavior of reinforced concrete building subjected to earthquakes. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*.
- [18] T. Takeda, M.A. Sozen, N.N. Nielsen (1970). Reinforced concrete response to simulated earthquakes. *Journal of the structural division*. 96, 2557-2573.
- [19] B. Monavari, A. Massumi (2012). Estimating displacement demand in reinforced concrete frames using some failure criteria. *International journal of advanced structural engineering*. 4, 1-6.

# Định hướng quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm Việt Nam đến năm 2050

## Orientation for wastewater management of vietnam's textile dye industry to 2050

> THS NGUYỄN THỊ MINH TÂM<sup>1</sup>; PGS.TS NGHIÊM VĂN KHANH<sup>2</sup>, TS PHẠM VĂN DƯƠNG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Kiến trúc Quốc gia, Email: nmtam73@gmail.com

<sup>2</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: [khanhvn@hau.edu.vn](mailto:khanhvn@hau.edu.vn), [pvduong@hau.edu.vn](mailto:pvduong@hau.edu.vn)

### TÓM TẮT

Ngành dệt may là một trong những ngành công nghiệp chủ lực của Việt Nam với xuất khẩu đạt mức cao của cả nước và thu hút được lực lượng lao động lớn tại các địa phương. Hiện nay, Việt Nam có khoảng 177 doanh nghiệp đang hoạt động trong lĩnh vực nhuộm in hoa và xử lý hoàn tất vải, 66 dây chuyền in hoa, 193 dây chuyền nhuộm liên tục, 750 nhà máy nhuộm gián đoạn và khoảng 100 thiết bị nhuộm dạng sợi [5]. Trong quá trình sản xuất, dệt nhuộm là ngành có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường cao, đặc biệt là nước thải và ô nhiễm mùi với đặc trưng pH, nhiệt độ, COD cao, độ màu tương đối cao. Vấn đề môi trường mà ngành dệt nhuộm Việt Nam đang gặp nhiều khó khăn đó chính là nước thải. Lượng nước sử dụng trong quá trình nhuộm và hoàn tất vải có biên độ dao động lớn có thể từ 16 - 900 m<sup>3</sup>/ tấn sản phẩm. Để có thể phát triển thị trường trong nước cũng như tận dụng cơ hội mà các hiệp định thương mại tự do đem lại, thâm nhập vào các thị trường nước ngoài tiềm năng, dệt may Việt Nam phải tháo gỡ dứt điểm vấn đề ô nhiễm trong lĩnh vực dệt nhuộm, hướng tới sản xuất xanh sạch. Bài báo trình bày các nội dung về kết quả nghiên cứu thực trạng và đề xuất định hướng trong quản lý nước thải từ hoạt động dệt nhuộm đến năm 2050 nhằm cụ thể hóa Nghị định 06/2022/NĐ-CP của Chính phủ, quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-zôn đối với lĩnh vực công nghiệp này.

**Từ khóa:** Nước thải; công nghiệp dệt nhuộm; khí nhà kính; phát thải carbon.

### ABSTRACT

The textile industry is one of Vietnam's key industries with exports reaching a high level in the country and attracting a large workforce in localities. Currently, Vietnam has about 177 businesses operating in the field of floral printing dyeing and fabric finishing, 66 floral printing lines, 193 continuous dyeing lines, 750 intermittent dyeing factories and about 100 pieces of equipment. fiber dyeing. During the production process, textile dyeing is an industry with a high risk of environmental pollution, especially wastewater and odor pollution with characteristics of high pH, temperature, COD, and relatively high color. The environmental problem that Vietnam's textile and dyeing industry is facing is wastewater. The amount of water used in the dyeing and finishing process of fabric has a large fluctuation range, ranging from 16 - 900 m<sup>3</sup>/ton of product. To be able to develop the domestic market as well as take advantage of opportunities provided by free trade agreements and penetrate potential foreign markets, Vietnamese textile and garment must completely solve the pollution problem. in the field of textile dyeing, towards clean green production. The article presents the results of research on the current situation and proposes directions in wastewater management from textile and dyeing activities until 2050 in order to concretize Decree 06/2022/ND-CP Regulations on emission mitigation. GHG emissions and ozone layer protection for this industrial sector.

**Keywords:** Wastewater; textile industry; greenhouse gases; carbon emissions.

## 1. GIỚI THIỆU VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

### 1.1. Đặc điểm nguồn gốc, khối lượng, thành phần, tính chất của nước thải dệt nhuộm

a. Nguồn gốc và khối lượng nước thải phát sinh trong công nghiệp dệt nhuộm

Trong quá trình sản xuất dệt nhuộm, nước thải phát sinh từ các công đoạn hồ sợi, giũ hồ, nấu, tẩy nhuộm và hoàn tất, trong đó

lượng nước thải chủ yếu do quá trình giặt sau mỗi công đoạn, cụ thể được trình bày trên hình 1.

Nhu cầu sử dụng nước trong nhà máy dệt nhuộm rất lớn và thay đổi theo các sản phẩm khác nhau. Nhu cầu sử dụng nước cho 1m vải nằm trong khoảng 12 đến 65 lít và thải ra khoảng 10 đến 40 lít. Nhìn chung sự phân phối nước thải trong nhà máy dệt nhuộm như sau: (1) Sản xuất hơi: 53%; (2) Nước làm nguội thiết bị: 6.4%; (3) Nước làm mát và xử lý bụi trong xí nghiệp sợi, dệt: 7,8%; (4) Nước cho các

quá trình chính trong nhà máy dệt nhuộm: 72,3%; (5) Nước dùng cho sinh hoạt vệ sinh: 7,8%; (6) Nước chữa cháy và những nhu cầu khác: 0,6%; Tổng lượng nước: 100%. Theo một số tài liệu nước ngoài, lượng nước thải tính cho 1 đơn vị sản phẩm của một số mặt hàng như sau:

- Hàng len nhuộm, dệt thoi (bao gồm xử lý sơ bộ và nhuộm) là: 100 - 250 m<sup>3</sup>/1 tấn vải.
- Hàng vải bông, nhuộm, dệt thoi là 80 - 240 m<sup>3</sup>/1 tấn vải, bao gồm: Hồ sợi: 0,02 m<sup>3</sup>/1 tấn; Nấu, giữ hồ, tẩy: 30 - 120 m<sup>3</sup>/1 tấn; Nhuộm: 50 - 120 m<sup>3</sup>/1 tấn.
- Hàng vải bông nhuộm, dệt kim là 70 - 180 m<sup>3</sup>/1 tấn vải.
- Hàng vải bông in hoa, dệt thoi là 65 - 280 m<sup>3</sup>/1 tấn vải, bao gồm: Hồ sợi: 0,02 m<sup>3</sup>/1 tấn; Nấu, giữ hồ, tẩy: 30 - 120 m<sup>3</sup>/1 tấn; In sậy: 5 - 20 m<sup>3</sup>/1 tấn; Giặt: 30 - 140 m<sup>3</sup>/1 tấn
- Khăn len màu từ sợi polyacrylonitril là 60 - 220 m<sup>3</sup>/1 tấn vải, bao gồm: Nhuộm sợi: 30 - 80 m<sup>3</sup>/1 tấn; Giặt sau dệt: 10 - 80 m<sup>3</sup>/1 tấn; Vải trắng từ polyacrylonitril là 20 - 60 m<sup>3</sup>/1 tấn (cho tẩy giặt).

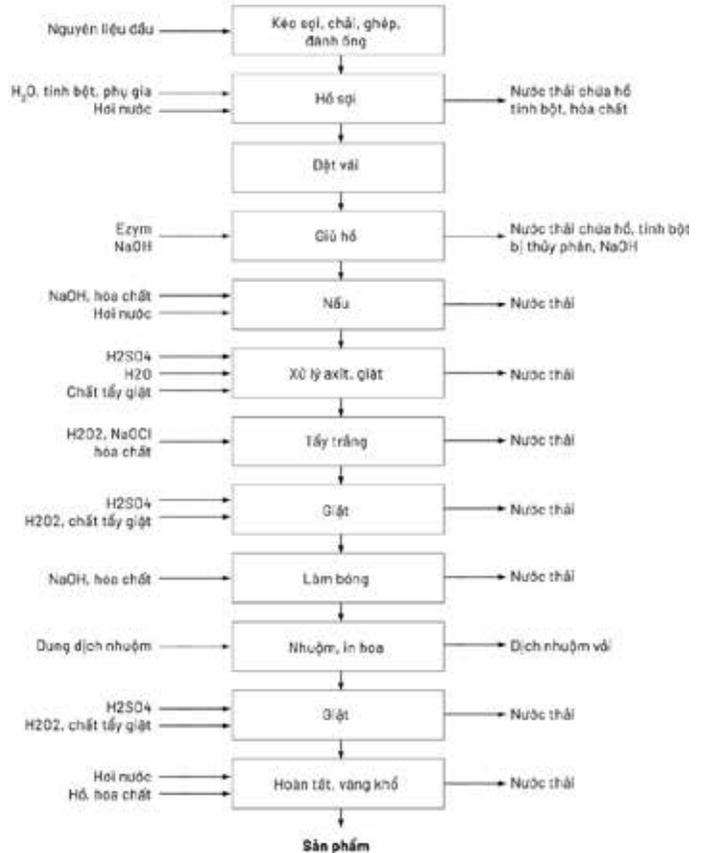
**b. Đặc tính của nước thải**

Các chất gây ô nhiễm chính trong nước thải công nghiệp dệt nhuộm bao gồm:

- Các tạp chất tách ra từ vải sợi như dầu mỡ, các hợp chất chứa nitơ, protein, các bụi bẩn bám dính vào sợi (trung bình chiếm 6% khối lượng xơ sợi).
- Các hóa chất sử dụng trong quá trình công nghệ như hồ tinh bột, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, NaOH, NaOCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, ... các loại thuốc nhuộm, các chất trợ, chất ngậm, chất cầm màu, chất tẩy giặt. Lượng hóa chất sử dụng đối với từng loại vải, từng loại màu khác nhau và chủ yếu đi vào nước thải theo từng công đoạn tương ứng.

Đặc điểm quan trọng nhất của nước thải từ các cơ sở dệt nhuộm là sự dao động rất lớn cả về lưu lượng và tải lượng các chất ô nhiễm, nó thay đổi theo mùa, theo mặt hàng sản xuất và chất lượng của sản phẩm. Nhìn chung nước thải từ các cơ sở dệt nhuộm có độ kiềm khá

cao, có độ màu và hàm lượng chất hữu cơ, tổng chất rắn cao. Đặc tính nước thải và các chất gây ô nhiễm trong nước thải ngành dệt nhuộm nêu ở bảng 1.



**Hình 1.** Sơ đồ nguyên lý công nghệ dệt nhuộm và các nguồn nước thải [1]

**Bảng 1.** Các chất gây ô nhiễm và đặc tính của nước thải ngành dệt nhuộm [1]

Công đoạn	Chất ô nhiễm trong nước thải	Đặc tính của nước thải
Hồ sợi, giữ hồ	Tinh bột, gluco, cacboxy methyl xenlulo, polyvinyl alcol, nhựa, chất dẻo và sáp	BOD cao (34 đến 50% tổng sản lượng BOD)
Nấu tẩy	NaOH, chất sáp và dầu mỡ, tro, xoda, silicat natri và xơ sợi vụn	Độ kiềm cao, màu tối, BOD cao (30% tổng BOD)
Tẩy trắng	Hypoclorit, hợp chất chứa clo, NaOH, AOX, axit	Độ kiềm cao, chiếm 5% BOD
Làm bóng	NaOH, tạp chất	Độ kiềm cao, BOD khá cao (dưới 1% tổng BOD)
Nhuộm	Các loại thuốc nhuộm, axit axetic và các muối kim loại	Độ màu rất cao, BOD khá cao (6% tổng BOD), TS cao
In hoa	Chất màu, tinh bột, dầu, đất sét, muối kim loại, axit	Độ màu cao, BOD cao và chứa dầu mỡ
Hoàn thiện	Vết tinh bột, mỡ động vật, muối	Kiểm nhẹ, BOD thấp.

**Bảng 2.** Đặc tính nước thải sản xuất của xí nghiệp dệt nhuộm hàng bông dệt kim [1]

Các thông số	Đơn vị	Giá trị cực tiểu	Giá trị trung bình	Giá trị cực đại
pH	-	8,5	-	10,3
Nhiệt độ	°C	25	27	30
COD	mg/l	420	650	1400
BOD <sub>5</sub>	mg/l	80	180	500
TOC	mg/l	100	202	350
Tổng phốt pho	mg/l	26	50	80
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	750	810	1050
S <sup>2-</sup>	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,18
Cl	mg/l	400	800	1650
AOX	mg/l	0,5	0,8	1,2
Crom	mg/l	< 0,01	0,015	0,034
Niken	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,4

Hàm lượng các chất gây ô nhiễm trong từng loại hình công nghệ và từng loại sản phẩm thường khác nhau và thay đổi từ cơ sở này sang cơ sở khác, cũng như thay đổi lớn trong ngày tại một cơ sở sản xuất. Các giá trị cần phải đo và lấy mẫu phân tích cho từng cơ sở và cũng như từng thời kỳ khác nhau đối với từng cơ sở. Đặc trưng về

tính chất của nước thải tại một số xí nghiệp dệt nhuộm mặt hàng bông dệt kim với lưu lượng nước thải 70 - 180 m<sup>3</sup>/1 tấn sản phẩm như ở bảng 2.

Nghiên cứu tại một số xí nghiệp dệt nhuộm ở Việt Nam của một số tác giả cho kết quả trong bảng 3.

**Bảng 3. Đặc điểm nước thải của một số xí nghiệp dệt nhuộm tại Việt Nam [1]**

Các thông số đặc tính sản phẩm	Đơn vị	Hàng bông dệt thời	Hàng bông dệt kim	Dệt len	Sợi
Nước thải	m <sup>3</sup> /tấn vải	394	264	114	236
pH	-	8-11	9-10	9	9-11
TS	mg/l	400-100	950-1380	420	800-1300
BOD <sub>5</sub>	mg/l	70-135	90-220	120-130	90-130
COD	mg/l	150-380	230-500	400-450	210-230
Độ màu	Pt-Co	350-600	250-500	260-300	-

Thành phần nước thải công nghiệp dệt rất đa dạng, bao gồm các chất ô nhiễm dạng hữu cơ (thuốc nhuộm, tinh bột, tạp chất) và dạng vô cơ (các muối trung tính, các chất trợ nhuộm v.v...).

**1.2. Ảnh hưởng của nước thải công nghiệp dệt nhuộm và công tác quản lý, xử lý nước thải**

a. Ảnh hưởng của các chất gây ô nhiễm trong nước thải ngành dệt nhuộm tới nguồn nước

- Độ kiềm cao làm tăng độ pH của nước trên 9 sẽ gây độc hại đối với các loài thủy sinh, gây ăn mòn vật liệu làm công trình thoát nước và xử lý nước thải.
- Muối trung tính làm tăng hàm lượng tổng chất rắn TS. Lượng thải lớn nhất gây tác hại tới các loài thủy sinh do làm tăng áp suất thẩm thấu, ảnh hưởng tới quá trình trao đổi chất của tế bào.
- Hồ tinh bột biến tính làm tăng BOD, COD của nguồn nước, gây tác hại tới các loại thủy sinh do làm giảm oxy hòa tan trong nước nguồn.
- Độ màu cao lượng thuốc nhuộm dư đi vào nước thải gây màu cho dòng tiếp nhận, ảnh hưởng tới quá trình quang hợp của các loài thủy sinh, ảnh hưởng xấu đến cảnh quan. Các chất độc như sunfit, kim loại nặng, hợp chất halogen hữu cơ (AOX) có khả năng tích tụ trong cơ thể sinh vật với hàm lượng tăng dần theo chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái nguồn nước gây ra một số bệnh mãn tính hay ung thư đối với người và động vật.
- Hàm lượng ô nhiễm các chất hữu cơ cao sẽ làm giảm oxy hòa tan trong nước, ảnh hưởng tới sự sống của các loại thủy sinh.

b. Công tác quản lý và xử lý nước thải

Hiện nay việc quản lý nước thải tại các nhà máy, xí nghiệp dệt nhuộm đang được thực hiện bởi ban quản lý các khu công nghiệp. Công tác quản lý được thực hiện như sau:

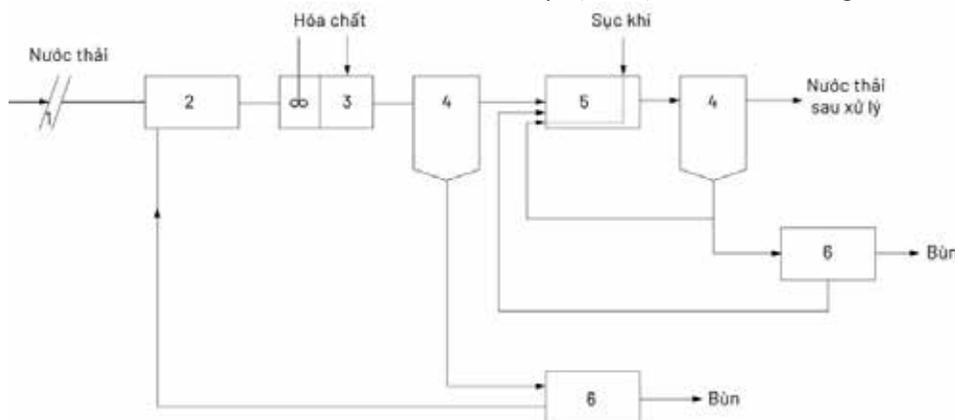
Công tác quản lý phân luồng dòng thải theo các loại nước thải phát sinh như sau:

- Dòng ô nhiễm nặng như dịch nhuộm thải, dịch hồ, nước giặt đầu của mỗi công đoạn.
- Dòng ô nhiễm vừa như nước giặt ở các giai đoạn trung gian.
- Dòng ô nhiễm nhẹ như nước làm nguội, nước giặt cuối. Dòng thải ô nhiễm nhẹ có thể xử lý sơ bộ hay trực tiếp tuần hoàn sử dụng lại cho sản xuất.

Với các loại nước thải đã phân luồng như vậy, các phương pháp xử lý nước thải mà hiện tại các nhà máy dệt nhuộm đang áp dụng là:

- Cơ học như sàng, lọc, lắng để tách các tạp chất thô như cặn bẩn, xơ sợi, rác v.v...
- Hóa, lý như trung hòa dòng nước thải có tính chất kiềm với dòng nước thải có tính chất axit; keo tụ để khử màu, các tạp chất lơ lửng và các chất khó phân hủy sinh học; phương pháp oxy hóa, hấp phụ, điện hóa để khử màu thuốc nhuộm; phương pháp tách bằng màng để thu hồi hóa chất như PVA, thuốc nhuộm indigo bằng siêu lọc; phương pháp sinh học để khử bỏ các chất hữu cơ,...
- Kết hợp hóa lý (keo tụ, tạo bông) và lọc.
- Kết hợp hóa lý và sinh học hiếu khí và ngược lại.
- Kết hợp hóa lý và sinh học hiếu khí hóa lý.
- Kết hợp hóa lý, sinh học và lọc (lọc cát hoặc lọc than hoạt tính).
- Hóa chất xử lý nước thải dệt nhuộm cũng đã từng được áp dụng khá hiệu quả. Tuy nhiên, để khắc phục tình trạng ô nhiễm triệt để và mang lại hiệu quả thì việc áp dụng các phương pháp công nghệ cao là điều rất cần thiết.

Hình 2 trình bày dây chuyền công nghệ xử lý nước thải của nhà máy dệt nhuộm sản xuất vải bông.



**Hình 2. Sơ đồ nguyên lý dây chuyền công nghệ xử lý nước thải nhà máy dệt nhuộm [1]**

1. Sàng chắn rác; 2. Bể điều hòa; 3. Bể keo tụ; 4. Thiết bị lắng bùn; 5. Bể sinh học; 6. Thiết bị xử lý bùn

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

• Phương pháp điều tra khảo sát, thu thập thông tin: thực hiện điều tra, khảo sát trực tiếp, thu thập thông tin từ các dự án, các hoạt động sản xuất tại các nhà máy, khu công nghiệp dệt nhuộm, các công bố, các nghiên cứu liên quan nhằm đánh giá toàn diện đối với lĩnh vực nghiên cứu.

• Phương pháp kế thừa: tham khảo sử dụng những kết quả đã được nghiên cứu trước đây về quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm. Phương pháp kế thừa không phải là sao chép các nghiên cứu đã có mà là lựa chọn các kết quả một cách khoa học để góp phần làm sáng tỏ nội dung, luận chứng, hoàn thiện cơ sở lý luận và thực tiễn vấn đề nghiên cứu.

• Phương pháp phân tích, tổng hợp: Phân tích tổng hợp áp dụng trong việc phân tích, đánh giá và phát hiện các vấn đề của hiện trạng, lý giải các hiện tượng, vấn đề trên thực tế... nhằm tìm ra hướng nghiên cứu cụ thể, quan trọng. Phân tích và tổng hợp các vấn đề mang tính tổng quan thuộc lĩnh vực liên quan đến quản lý quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm.

## 3. ĐỀ XUẤT VỀ ĐỊNH HƯỚNG QUẢN LÝ NƯỚC THẢI NGÀNH CÔNG NGHIỆP DỆT NHUỘM ĐẾN NĂM 2050

### 3.1. Định hướng tăng cường hoạt động quản lý ngăn ngừa, giảm thiểu phát thải đối với ngành công nghiệp

• Giảm nhu cầu sử dụng nước bằng cách thường xuyên kiểm tra hệ thống nước cấp, tránh rò rỉ nước. Sử dụng modul tấy, nhuộm, giặt hợp lý. Tự động và tối ưu hóa quá trình giặt như giặt ngược chiều. Tuần hoàn và sử dụng lại các dòng nước giặt ít bị ô nhiễm và nước làm nguội máy móc thiết bị...

• Hạn chế sử dụng hóa chất, thuốc nhuộm ở dạng độc hay phân hủy sinh học. Nên sử dụng các hóa chất, thuốc nhuộm ít ảnh hưởng tới môi trường, thành phần kim loại trong thuốc nhuộm nằm trong giới hạn cho phép, không gây độc hại cho môi trường.

• Sử dụng nhiều lần dịch nhuộm vừa tiết kiệm hóa chất, thuốc nhuộm và giảm được ô nhiễm môi trường, có thể ứng dụng với một số trường hợp, cụ thể như sau:

- Thuốc nhuộm axit đối với mặt hàng len và polyamid;
- Thuốc nhuộm bazơ đối với mặt hàng polyacrylonitril;
- Thuốc nhuộm trực tiếp đối với mặt hàng bông;
- Thuốc nhuộm phân tán cho sợi bông tổng hợp như polyester.

→ Một số nhóm thuốc nhuộm do tính chất bị thủy phân như thuốc nhuộm hoạt tính hay bị oxy hóa khử như thuốc nhuộm lưu huỳnh, thuốc nhuộm hoàn nguyên trong quá trình nhuộm nên không cho phép hoặc hạn chế sử dụng lại nhiều lần. Vấn đề thu hồi thuốc nhuộm từ dịch nhuộm hoặc từ nước giặt thường phức tạp. Cho đến nay có một số nước đã thành công trong việc thu hồi thuốc nhuộm indigo từ quá trình nhuộm sợi bông bằng phương pháp siêu lọc. Sau khi nhuộm thì phần thuốc nhuộm không gắn vào sợi sẽ đi vào nước giặt với nồng độ 0,1 g/l. Bình thường nước giặt này là nước thải, để thu hồi thuốc nhuộm, người ta dùng phương pháp siêu lọc nâng nồng độ của thuốc nhuộm sau lọc lên 60 - 80 mg/l và có thể đưa vào bể nhuộm đó sử dụng lại.

• Giảm các chất gây ô nhiễm nước thải trong quá trình tẩy. Trong các tác nhân tẩy thông dụng trừ hydroperoxit thì các chất còn lại đều chứa Clo (NaOCl, NaClO<sub>2</sub>). Các phản ứng phụ trong quá trình tẩy tạo các lớp chất hữu cơ chứa Clo làm tăng hàm lượng AOX trong nước thải. Để giảm lượng chất tẩy dạng chất Clo mà vẫn đảm bảo độ trắng của vải bông (độ trắng lớn hơn 80 theo Berger), có thể kết hợp tẩy hai cấp. Cấp I tẩy bằng NaOCl có bổ sung NaOH, sau 10 - 15 phút bổ sung H<sub>2</sub>O và đun nóng đó thực hiện tẩy cấp II. Bằng phương pháp này có thể giảm AOX xuống được 80%.

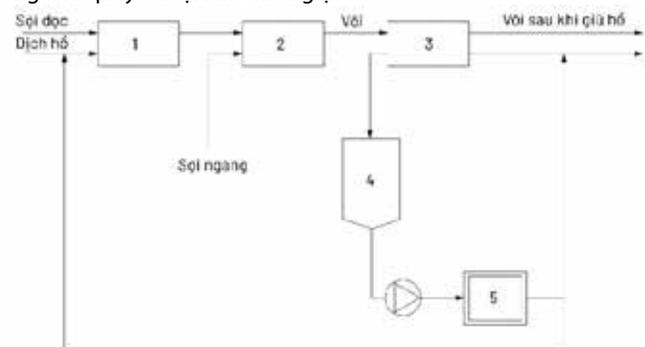
- Thay thế NaOCl và NaClO<sub>2</sub> bằng peraxitaxetic CH<sub>3</sub> - C - O tấy

Ở điều kiện pH trong khoảng 7 - 8 và dùng cho tẩy các loại hàng bông, đảm bảo độ trắng như các chất tẩy chứa Clo.

• Giảm ô nhiễm kiềm trong nước thải từ công đoạn làm bóng, thông thường làm bóng vải thực hiện ở nhiệt độ thấp 10 - 20°C với dung dịch kiềm có nồng độ NaOH từ 280 đến 300 mg/l (tương ứng 28°Be) và thời gian lưu của vải trong bể làm bóng là 50 giây. Có thể thay phương pháp làm bóng bằng phương pháp làm bóng nóng với nhiệt độ 60 - 70°C, thời gian lưu còn lại 20 giây và lượng kiềm tiết kiệm được 7 - 10%. Hiện nay phương pháp kết hợp giữa làm nóng và tận thu xút bằng phương pháp này có thể thu hồi xút để sử dụng lại. Hơi dư của quá trình cô đặc được quay lại sử dụng cho làm nóng dung dịch kiềm (thực hiện làm bóng nóng). Sau quá trình làm bóng dung dịch kiềm thường chứa các chất bẩn tách ra từ xơ sợi, hồ tinh bột, nên trước khi cô đặc để thu hồi xút thì phải tiến hành làm sạch bằng lắng, lọc và tuyển nổi bằng cách thổi khí có bổ sung H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Bằng phương pháp này có thể tiết kiệm được 15% lượng nước, 15% lượng hơi và 25% lượng axit so với phương pháp làm bóng lạnh. Ngoài ra, phương pháp này còn có các ưu điểm khác như tiết kiệm được hóa chất để trung hòa khí giặt, giảm ô nhiễm nước, tốc độ làm bóng cao và thực hiện với nồng độ xút thấp hơn 226 g/l (~25°Be).

• Thu hồi và sử dụng lại dung dịch hồ từ công đoạn hồ sợi và giữ hồ. Trong quá trình hồ sợi, các loại hồ thường được dùng là tinh bột và tinh bột biến tính, cacboxymetyl xenlulo (CMC), polyvinylalcol (PVA), polyacrylat và galactomannan. Các loại hồ này làm tăng COD của nước thải, trong đó có các loại như CMC, PVA, polyacrylat là những chất khó phân hủy sinh học. Thu hồi và sử dụng lại các hồ trong công nghiệp dệt nhuộm rất phức tạp và nhiều khi không kinh tế. Phương pháp hiệu quả để thu hồi PVA là phương pháp siêu lọc được ứng dụng từ những năm 1974 ở Mỹ, nhưng sau đó mới được phổ biến ở nhiều nước trên thế giới. Nguyên lý của phương pháp siêu lọc để thu hồi PVA mô tả ở hình 3.

Nguyên lý của phương pháp là nước thải sau giữ hồ và giặt có nồng độ khoảng 12 - 15 g/l được lọc cơ học để tách tạp chất, sau đó qua màng siêu lọc. Sau siêu lọc nồng độ dịch hồ đạt từ 80 - 150 g/l (trung bình 110 - 120 g/l) được tuần hoàn sử dụng lại và phần nước trong cho quay trở lại làm nước giặt.



Hình 3. Nguyên lý phương pháp siêu lọc thu hồi

1.Thiết bị hồ sợi dệt; 2.Thiết bị dệt; 3.Thiết bị giữ hồ, giặt; 4.Bể chứa nước thải giữ hồ; 5.Thiết bị siêu lọc

### 3.2. Định hướng phát thải cacbon thấp, xanh hóa sản xuất của ngành công nghiệp dệt nhuộm nhằm thực hiện cam kết của Chính phủ Việt Nam tại COP 26 giảm phát thải ròng về 0 vào năm 2050

Phát thải cacbon và tác động của nó đối với biến đổi khí hậu là một trong những thách thức chính để đạt được sự bền vững về môi trường. Trong bối cảnh hiện tại khi Việt Nam đang có các cam kết

phát thải ròng bằng không (Net Zero) và cải cách về pháp lý trong nhiều ngành cũng rất thuận lợi cho các dự án carbon thấp. Điều này cho thấy sự quan tâm ngày càng tăng của các nhà đầu tư đối với các dự án carbon thấp ở Việt Nam. Thực hiện cam kết của Chính phủ Việt Nam tại Hội nghị lần thứ 26 Các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (COP26) giảm phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 [2], nhiều ngành nghề, trong đó có dệt may đang nỗ lực tìm hướng giảm phát thải ra môi trường. Việc ngành dệt may chuyển sang trở thành ngành công nghiệp xanh, khử các-bon sẽ góp phần vào mục tiêu khí hậu chung của Việt Nam, hướng tới phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050.

Từ thực trạng nêu trên cho thấy, ngành dệt nhuộm của Việt Nam hiện nay đang là lĩnh vực phát thải carbon cao. Việt Nam là nước xuất khẩu hàng dệt may lớn thứ tư trên thế giới, với các thị trường chủ lực là Nhật Bản, Mỹ, Hàn Quốc và EU. Giá trị xuất khẩu của Việt Nam năm 2020 là gần 38 tỷ USD. Do đặc điểm của ngành là sử dụng nhiều năng lượng, nguyên nhiên liệu và hóa chất, gây phát thải khí nhà kính cao. Các quy trình xử lý ướn hàng dệt may (sợi, vải và hàng may) có “dấu chân các-bon” lớn nhất vì sử dụng dụng cụ cho các khâu giặt, giũ, tiền xử lý, nhuộm và hoàn tất sau xử lý. Tại Việt Nam, ước tính cho thấy, ngành dệt may chiếm khoảng 8% nhu cầu năng lượng của toàn bộ ngành công nghiệp và phát thải khoảng 5 triệu tấn CO<sub>2</sub> mỗi năm. Theo Hiệp hội Dệt may Việt Nam (VITAS), ngành dệt may đang chi khoảng 3 tỷ USD mỗi năm cho tiêu thụ năng lượng. [4]

Như vậy, định hướng phát thải cacbon thấp, xanh hóa sản xuất của ngành công nghiệp dệt nhuộm nhằm thực hiện cam kết của Chính phủ Việt Nam tại COP 26 giảm phát thải ròng về 0 vào năm 2050 sẽ là:

- Giai đoạn 2025-2030: thực hiện việc kiểm kê khí nhà kính trong lĩnh vực dệt nhuộm, hiện nay, có 294 doanh nghiệp ngành dệt may và da giày phải thực hiện trách nhiệm kiểm kê khí nhà kính theo Nghị định 06/2022/NĐ-CP của Chính phủ Quy định giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-zôn (Danh mục trong Quyết định 01/2022/QĐ-TTg do Chính phủ ban hành ngày 18/01/2022) [2]. Nghị định 06 đã đưa ra lộ trình cụ thể cho các doanh nghiệp, trong đó có doanh nghiệp dệt may, việc cung cấp số liệu hoạt động, thông tin liên quan phục vụ kiểm kê khí nhà kính của cơ sở, xây dựng và thực hiện kế hoạch giảm nhẹ phát thải khí nhà kính. Từ năm 2026, các doanh nghiệp bắt buộc thực hiện các biện pháp thực hiện giảm nhẹ phát thải theo kế hoạch, để tuân thủ hạn ngạch phát thải được phân bổ.

- Giai đoạn 2030 - 2040: đề xuất giải pháp giảm phát thải, giúp các doanh nghiệp phần nào bắt kịp xu thế thị trường, chuyển đổi xanh thích ứng với các yêu cầu của nhân hàng, sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên nước, năng lượng và quản lý hóa chất [6]. Quản lý phát thải cacbon bao gồm tất cả các nỗ lực hướng tới giảm thiểu khí nhà kính từ các hoạt động sản xuất bằng cách làm việc hướng tới giảm lượng khí thải cacbon và năng lượng tiêu thụ tổng thể. Cụ thể định hướng trong giai đoạn này gồm:

- Kế hoạch giảm nhẹ phát thải khí nhà kính cấp ngành được xây dựng dựa trên chiến lược, quy hoạch, kế hoạch phát triển của ngành, lĩnh vực; kết quả kiểm kê khí nhà kính và kịch bản phát triển thông thường trong kỳ kế hoạch;

- Kế hoạch giảm nhẹ phát thải khí nhà kính tại các cơ sở nhà máy, xí nghiệp công nghiệp dệt nhuộm được xây dựng dựa trên tính chất, quy mô hoạt động, công suất, công nghệ hiện có và kế hoạch sản xuất, kinh doanh của cơ sở; kết quả kiểm kê khí nhà kính và dự kiến mức phát thải khí nhà kính trong kỳ kế hoạch;

- Lựa chọn các biện pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính được xác định trong Đóng góp do quốc gia tự quyết định hoặc các biện

pháp khác phù hợp với điều kiện về công nghệ, tài chính, mức độ sẵn sàng áp dụng và có thể đo đạc, báo cáo, thẩm định được;

- Phương pháp xác định lượng khí nhà kính giảm được của biện pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính được xây dựng theo các hướng dẫn về phương pháp đo đạc giảm nhẹ phát thải khí nhà kính được Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu công nhận hoặc cơ quan có thẩm quyền ban hành;

- Có phương án theo dõi, giám sát và báo cáo kết quả thực hiện các biện pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính phù hợp với quy định về đo đạc, báo cáo và thẩm định.

- Giai đoạn 2040-2050: sẵn sàng tham gia trao đổi hạn ngạch phát thải khí nhà kính và tín chỉ các-bon trên thị trường các-bon trong nước đối với lĩnh vực công nghiệp dệt may.[3]

## KẾT LUẬN

Từ việc nghiên cứu vấn đề thực tiễn đặt ra liên quan đến những tồn tại, thách thức trong quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm của Việt Nam, trên cơ sở xem xét các cơ sở pháp lý hiện hành, nhóm nghiên cứu đã đề xuất định hướng quản lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm theo hướng phát thải cacbon thấp, phù hợp với quy mô, công nghệ của các khu công nghiệp theo quy định mới của Nhà nước và phù hợp với đặc thù của loại hình sản xuất này. Nhóm nghiên cứu hy vọng các đề xuất này sẽ sớm được triển khai áp dụng tại các khu công nghiệp dệt nhuộm để góp phần phát triển kinh tế - xã hội ngày càng ổn định, vững mạnh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Huệ và nnk (2024), Xử lý nước thải, NXB Xây dựng
2. Thủ tướng Chính Phủ, Nghị định 06/2022/NĐ-CP, Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-zôn, ban hành và có hiệu lực ngày 07/01/2022
3. Innovation Center for U.S DAIRY (2019). Scope 1 & 2 GHG Inventory Guidance Use to prepare a GHG inventory and quantify emissions. 1-116.
4. International Labour Organization (ILO), Just Transition Toolkit for Textile and Garment Sector (2021). Reducing the footprint? How to assess carbon emissions in the garment sector in Asia. 1-116.
5. <https://www.sggp.org.vn/nganh-det-may-can-chuyen-huong-san-xuat-xanh-post597486.html> (truy cập 10/6/2021)
6. Công Thương (2022). Xanh hóa ngành dệt may, <https://congthuong.vn/xanh-hoa-nganh-det-may-173070-173070.html>.

# Tính kết cấu bê tông dạng sàn rỗng chịu tác dụng tải trọng sóng nén

## Calculation of hollow floor concrete structures subject to compressive wave loads

> TS LÊ HẢI DƯƠNG

Học viện Kỹ thuật quân sự; Email: haiduongle9282@gmail.com

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng các giải pháp tính kết cấu dạng sàn rỗng vào việc tính kết cấu công trình trong đất chịu tác dụng tải trọng sóng nén. Qua đó đề xuất phương pháp tính theo dạng quy đổi về sàn phẳng tương đương có tin cậy, đảm bảo an toàn cho công trình, thuận tiện trong tính toán.

**Từ khóa:** Sóng nén; sàn rỗng; ứng suất.

### ABSTRACT

This paper presents the results of research and application of hollow floor structure calculation methods to calculate the structure of the building under the action of compressive waves. Thereby proposing a method of calculating the equivalent flat floor to ensure reliability, safety for the work, and convenience in calculation.

**Keywords:** Compression wave; hollow floor; stress.

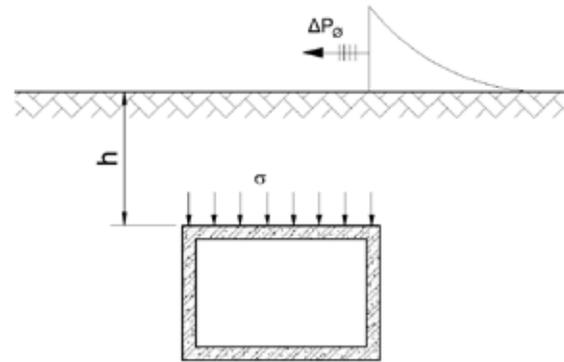
### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu rỗng đang được sử dụng hiệu quả trong thiết kế sàn của công trình dân dụng. Với những sàn có nhịp tính toán trung bình, ưu điểm vượt trội của kết cấu rỗng là tăng chiều cao thông thủy tầng, giảm tải trọng bản thân, chống ồn. Với công trình xây dựng ngầm trong đất, chịu tải trọng động dạng sóng nén, thường có chiều dày kết cấu lớn, yêu cầu giảm tiếng ồn cao, nên việc nghiên cứu sử dụng kết cấu dạng rỗng là cần thiết nhằm tiết kiệm vật tư, giảm trọng lượng bản thân, giảm tiếng ồn. Phạm vi nghiên cứu của bài báo là hiệu quả của việc sử dụng sàn rỗng làm kết cấu tấm nóc và sử dụng mô hình sàn phẳng quy đổi trong tính kết cấu công trình trong đất chịu tải trọng sóng nén, không xét đến tải trọng tĩnh đất trên nóc công trình.

### 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG SÓNG NÉN TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH TRONG ĐẤT

Khi mặt đất chịu áp lực sóng xung kích ( $\Delta P_\phi$ ), các chất điểm ở trên cùng có động năng lớn, sẽ truyền chuyển động đến các chất điểm phía tiếp sau, cứ như vậy, sự truyền nén các chất điểm diễn ra từ mặt đất xuống phía dưới, hiện tượng truyền nén đó gọi là sóng nén ( $\sigma$ ) [3][4].

$$\Delta P_\phi = \Delta P_{max} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n \quad (1)$$



**Hình 1.** Sóng nén tác dụng lên công trình trong đất

Áp lực lớn nhất  $\sigma_{max}$  của sóng nén tại một điểm trong môi trường đất, ở độ sâu  $h$ , xác định theo công thức [3][4]:

$$\sigma_{max} = \Delta P_{max} \left[ 1 + \sum_{i=1}^n \left( -\frac{h}{a_p \tau} \right)^i \frac{2(\gamma^2 - 1)n(n-1)\dots(n-i+1)}{[(\gamma+1)^{i+1} - (\gamma-1)^{i+1}]i!} \right] \quad (\text{Pa}) \quad (2)$$

trong đó:

$\Delta P_\phi$ : siêu áp sóng xung kích tại một điểm trên mặt đất (Pa);

$\Delta P_{max}$ : siêu áp sóng xung kích lớn nhất tại một điểm trên mặt đất (Pa);

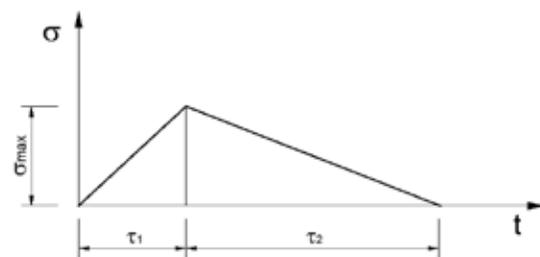
$\tau$ : thời gian tác dụng của sóng xung kích (s);

$a_p$ : tốc độ lan truyền sóng dẫn,  $a_p = a_0$  (m/s);

$h$ : độ sâu từ mặt đất đến điểm tính toán, (m);

$n$ : chỉ số nhị thức biểu thị quy luật của sóng xung kích.

$$\gamma = \frac{a_0}{a_1} \approx \frac{a_p}{a_1}$$



**Hình 2.** Quy luật của sóng nén theo thời gian

Khi sóng nén gặp nóc của công trình, trên bề mặt kết cấu hình thành áp lực sóng phản xạ ( $\sigma_{px}$ ), áp lực  $\sigma^*$  tác dụng lên nóc công trình là tổng của áp lực sóng tới ( $\sigma_{max}$ ) và áp lực sóng phản xạ [3][4]:

$$\sigma^* = \sigma_{max} + \sigma_{px} \quad (3)$$

Trong trường hợp phản xạ thẳng góc, kết cấu là tuyệt đối cứng, công trình bất động:

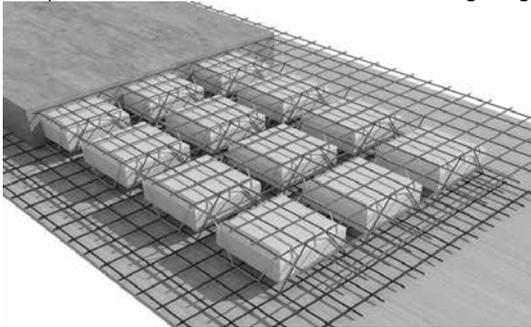
$$\sigma^* = 2 \cdot \sigma_{\max} \quad (4)$$

$\sigma^*$  là hoạt tải tác dụng lên kết cấu công trình, ngoài ra còn có tải trọng tĩnh bao gồm trọng lượng lớp đất bên trên và trọng lượng bản thân kết cấu.

### 3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH KẾT CẤU NÓC CÔNG TRÌNH DẠNG SÀN RỔNG

Công trình nằm trong đất chịu tác dụng của sóng nén thường có cấu tạo dạng hình hộp chữ nhật, kết cấu bê tông cốt thép, chiều dày cấu kiện lớn. Khi tính toán, coi các bộ phận chịu uốn của công trình như nóc và đáy là những hệ có một bậc tự do, biến dạng của chúng không phụ thuộc vào các bộ phận khác. Chẳng hạn, khi tính nóc không xét biến dạng tường, xem nóc là một cấu kiện làm việc độc lập.

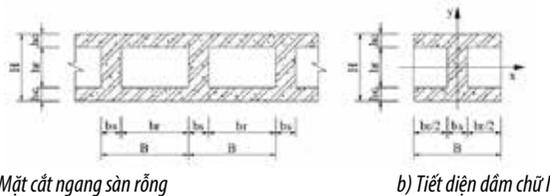
Kết cấu sàn rỗng có cấu tạo vùng giữa là rỗng hoặc lớp vật liệu siêu nhẹ (xốp), là vùng có ứng suất tương đối nhỏ khi sàn làm việc chịu uốn. Giữa lớp cánh trên và cánh dưới của sàn là sườn tăng cứng.



Hình 3. Mô phỏng cấu tạo sàn rỗng

#### 3.1. Tính sàn rỗng theo phương pháp giải tích

Kết cấu sàn có thể được tính toán giống như các dầm chữ I xếp liên tiếp, liên kết với nhau bằng các bản cánh.



a) Mặt cắt ngang sàn rỗng

b) Tiết diện dầm chữ I

Hình 4. Mô hình tính theo phương pháp giải tích

Khi ô sàn có kích thước chiều dài lớn hơn hai lần kích thước chiều rộng, chịu tải trọng đơn giản, phân bố đều, có thể tách sàn ra thành những cấu kiện dầm đơn giản tiết diện hình chữ I chịu uốn ngang phẳng, và sử dụng các công thức của sức bền vật liệu để tính các thành phần ứng suất, biến dạng của tiết diện [1].

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_x} \cdot y \quad (5)$$

$$\tau_{zy} = \frac{Q_y \cdot S_x}{I_x \cdot B} \quad (6)$$

trong đó:

$\sigma_z, \tau_{zy}$ : lần lượt là ứng suất pháp và ứng suất tiếp của tiết diện;

$M_x, Q_y$ : lần lượt là mô men và lực cắt tại tiết diện;

$I_x$ : mô men quán tính tiết diện với trục x;

$S_x$ : mô men tĩnh của tiết diện;

$B$ : bề rộng mặt cắt ngang tiết diện ứng với điểm tính ứng suất.

Độ võng của dầm tính theo công thức [7], góc xoay của dầm tính theo công thức [8]:

$$y_z = \int -\frac{M_x}{EI_x} dz + C \quad (7)$$

$$\varphi_z = \int \left( \int -\frac{M_x}{EI_x} dz + C \right) dz + D \quad (8)$$

trong đó:

$y_z, \varphi_z$ : lần lượt là độ võng và góc xoay của dầm;

E: mô đun đàn hồi của vật liệu;

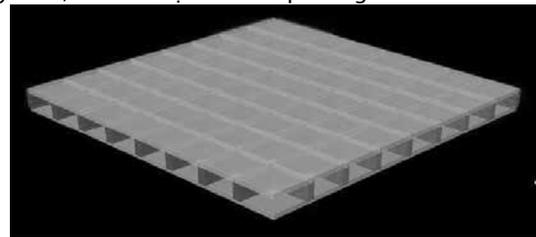
C, D: hai hằng số tích phân được xác định theo điều kiện chuyển vị.

Thực tế công trình nằm trong đất chịu tải trọng sóng nén có cấu tạo nhiều phòng ngăn bởi hệ vách, tải trọng động tác dụng trong thời gian ngắn. Nên khi tính theo phương pháp giải tích thường phải quy tải trọng động về thành tải trọng tĩnh tương đương, chấp nhận các giả thiết gần đúng, kết quả tính thường thiên về an toàn. Khi dùng phương pháp số với sự trợ giúp của các phần mềm phân tích kết cấu trong tính toán, có thể xây dựng hàm tải trọng phù hợp với điều kiện làm việc thực tế.

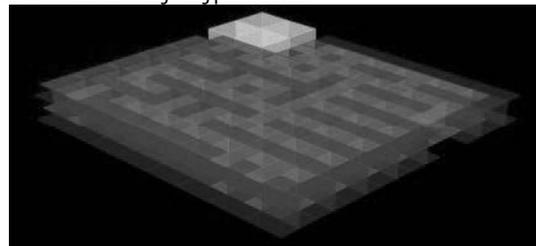
#### 3.2. Tính sàn rỗng theo phương pháp phần tử hữu hạn

Sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn, kết cấu sàn phẳng được mô hình theo 3 cách khác nhau [2]:

- Mô hình hệ sàn rỗng bằng phần tử sell: hệ sườn mô phỏng bằng phần tử shell, bản cánh trên và cánh dưới mô phỏng bằng phần tử slab liên kết với nhau qua các nút (hình 5). Mô hình này thường dùng cho sàn có kích thước chiều dài và chiều rộng tương đương nhau, sàn làm việc theo hai phương.



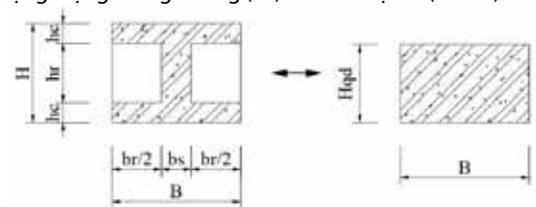
Hình 5. Mô hình sàn rỗng bằng phần tử sell



Hình 6. Mô hình sàn rỗng bằng phần tử thanh

- Mô hình sàn rỗng dạng phần tử thanh: Sàn rỗng được mô hình bằng các phần tử thanh dạng dầm (beam) tiết diện hình chữ I, chiều cao H, bề rộng cánh B (hình 6). Mô hình này thường dùng cho sàn có kích thước chiều dài lớn gấp nhiều lần chiều rộng, sàn làm việc theo phương cạnh ngắn là chính.

- Mô hình dạng sàn phẳng quy đổi: Hệ sàn phẳng lõi rỗng được quy đổi thành sàn đặc tương đương. Tức là sàn phẳng không có lỗ rỗng, chiều dày nhỏ hơn nhưng có độ cứng kháng uốn tương đương (9) và trọng lượng tương đương (10) với sàn thực tế (hình 7).



Hình 7. Mô hình quy đổi sàn phẳng tương đương

$$I_x = I_x^{qd} \tag{9}$$

$$P = P_{qd} \tag{10}$$

trong đó:

$I_x, I_x^{qd}$ : lần lượt là mô men quán tính của phần tử sàn thực và sàn quy đổi;

$P, P_{qd}$ : lần lượt là trọng lượng của phần tử sàn thực và sàn quy đổi;

$\gamma, \gamma_{qd}$ : lần lượt là trọng lượng riêng của bê tông sàn thực và sàn quy đổi;

$$I_x = \frac{Bh_c^3}{6} + \frac{b_s h_r^3}{12} + Bh_c \frac{(H - h_c)^2}{2} \tag{11}$$

$$I_x^{qd} = \frac{BH_{qd}^3}{12} \tag{12}$$

$$P = (2Bh_c + b_s h_r) \gamma \tag{13}$$

$$P_{qd} = BH_{qd} \gamma_{qd} \tag{14}$$

#### 4. BÀI TOÁN

Vận dụng cơ sở lý thuyết trên, tính kết cấu tấm nóc công trình nằm trong đất chịu tác dụng của sóng nén với các tham số như sau:

- Kích thước tấm nóc: (dài x rộng x cao): D x R x H = 14,4 x 8,4 x 0,6 (m);

- Kết cấu bê tông cốt thép cấp độ bền B25: E = 30.10<sup>3</sup> (MPa) = 3,06.10<sup>6</sup> (T/m<sup>2</sup>),  $\gamma = 2,5$  (T/m<sup>3</sup>);

- Tải trọng sóng nén tác dụng lên tấm nóc:  $\sigma_{max} = 196$  (kPa) = 20 (T/m<sup>2</sup>),  $\tau_1 = 0,1$  (s),  $\tau_s = 0,4$  (s);

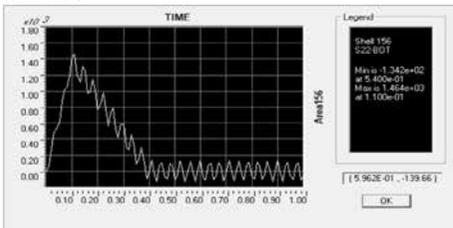
- Bỏ qua tải trọng tĩnh của đất, coi công trình không chuyển vị dưới tác dụng của tải trọng, tấm nóc làm việc độc lập.

Sử dụng phần mềm SAP2000 mô phỏng và phân tích bài toán theo phương pháp phần tử hữu hạn với các mô hình theo các cách tính khác nhau. So sánh kết quả nội lực là ứng suất của phần tử tại điểm giữa tấm nóc (shell 156 với mô hình 1 và mô hình 3, shell 602 với mô hình 2) là điểm nguy hiểm nhất.

##### 4.1. Bài toán 1

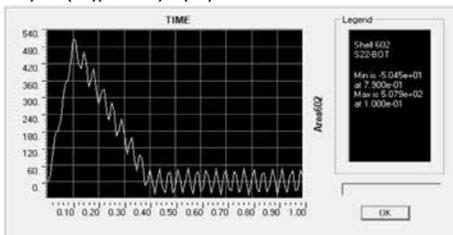
Nghiên cứu hiệu quả của việc sử dụng kết cấu dạng sàn rỗng:

- Mô hình 1: Mô hình truyền thống đang xây dựng các công trình có tính chất làm việc tương tự bài toán đặt ra, kết cấu tấm nóc đặc chiều dày 0,6m. Kết quả nhận được giá trị ứng suất tại điểm giữa tấm nóc:



**Hình 8.** Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell156), giá trị cực đại 1464 T/m<sup>2</sup>

- Mô hình 2: Mô phỏng với hệ sàn rỗng với các thông số:  $h_c = 0,1$  (m),  $b_s = 0,15$  (m),  $B = 0,6$  (m).



**Hình 9.** Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell 602), giá trị cực đại 507,9 T/m<sup>2</sup>

**Bảng so sánh hiệu quả sử dụng kết cấu sàn rỗng:**

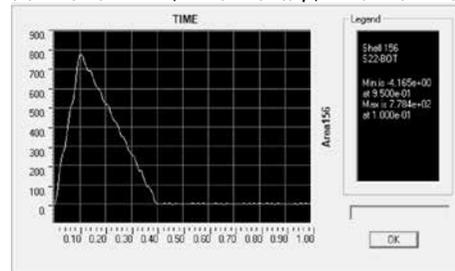
Chỉ tiêu	Ứng suất lớn nhất (T/m <sup>2</sup> )	Khối lượng bê tông (m <sup>3</sup> )
Kết cấu sàn truyền thống (Mô hình 1)	1464	72,576
Kết cấu sàn rỗng (Mô hình 2)	507,9	45,36
Tỷ lệ giảm	65,3%	37,5%

**Nhận xét:** Kết quả phân tích bài toán cho thấy tính hiệu quả khi sử dụng kết cấu dạng sàn rỗng cả về phương diện giảm chi phí vật liệu cũng như giảm ứng suất do tải trọng tác động.

##### 4.2. Bài toán 2

Ứng dụng phương pháp quy đổi kết cấu dạng sàn rỗng về sàn đặc tương đương để tính:

Mô hình 3: Kết cấu sàn rỗng với các thông số  $h_c = 0,1$  (m),  $b_s = 0,15$  (m),  $B = 0,6$  (m) được quy đổi về sàn đặc tương đương theo công thức (9) và (10) với:  $H_{qd} = 0,55$  (m),  $\gamma_{qd} = 1,36$  (T/m<sup>3</sup>).



**Hình 10.** Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell156), giá trị cực đại 778,4 T/m<sup>2</sup>

**Nhận xét:** Sử dụng mô hình sàn đặc quy đổi tương đương cho kết quả tính thiên về an toàn hơn so với mô hình xây dựng theo cấu trúc thực của sàn rỗng, trong khi việc xây dựng mô hình thuận tiện hơn, đơn giản hơn đối với những kết cấu có cấu trúc rỗng phức tạp.

#### 5. KẾT LUẬN

Các mô hình đều phản ánh kết cấu làm việc với tải trọng động là sóng nén, biểu đồ ứng suất phù hợp quy luật của tải trọng với giai đoạn tăng tải và giai đoạn giảm tải cho đến khi kết thúc tác dụng, phương pháp nghiên cứu và ứng dụng phương pháp tính đảm bảo độ tin cậy.

Nghiên cứu các phương pháp tính kết cấu rỗng cho công trình chịu tác dụng tải trọng sóng nén nói riêng, tải trọng động nói chung nhằm tăng hiệu quả sử dụng là cần thiết. Trong đó, phương pháp quy đổi sàn rỗng về sàn phẳng tương đương cho cách tính đơn giản, thuận tiện trong xây dựng mô hình tính nhưng vẫn đảm bảo độ tin cậy và an toàn cho công trình. Qua đó nhận thấy, việc ứng dụng dụng kết cấu rỗng trong tính toán, thiết kế các công trình chịu tác dụng đặc thù, chịu tác dụng của tải trọng động ngắn hạn có tính khả thi và cần thiết.

##### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 5574-2018, Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
- [2]. Nguyễn Thế Dương (2018), Thông số điều chỉnh độ cứng trong thiết kế kết cấu rỗng theo mô hình phần tử vỏ mỏng với phần mềm ETAB, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3/2018.
- [3]. Vũ Đình Lợi (2005), Giáo trình Công sự (dùng cho học viên cao học chuyên ngành xây dựng CTQP), Học viện KTQS, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Trí Tã, Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (2008), Giáo trình công sự tập 1, Học viện KTQS, Hà Nội.
- [5]. Ball Thomas, (1999), The Concept of Dynamic Analysis, Computer Science Vol. 1687, pp. 216-234.
- [6]. Bulson P.S., (2003), Explosive loading of engineering structures, E&FN SPON an imprint of Chapman & Hall.
- [7]. Boyd J.E., (1917), Strength of Materials, McGraw-Hill Book Company.
- [8]. Cheng, F.Y., (2000), Matrix Analysis of Structural Dynamics, Maxcel Dekker Inc, New York.
- [9]. Cornelius T. L., (1998), Structural Dynamic Systems Computational Techniques and Optimization: Finite Element Analysis Techniques (Vol. 8), Gordon & Breach International Science Published.
- [10]. Công nghệ sàn VRO: <http://vro.vn/>.
- [11]. Công nghệ sàn Uboot, Nevo: <http://nevovietnam.com/>.

# Một số đặc tính cơ học của bê tông xốp geopolimer cốt liệu nhỏ

## Mechanical properties of small aggregate porous geopolimer concrete

> TS PHẠM ĐỨC THIÊN<sup>1</sup>, THS HOÀNG THỊ THU THẢO

<sup>1</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM; Email: thienpd@hcmute.edu.vn

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng chất tạo rỗng bột nhôm đến khối lượng thể tích, độ rỗng, cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông xốp geopolimer cốt liệu nhỏ (SAPGC). Bài báo đồng thời trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaOH và tỷ lệ dung dịch hoạt hóa/tro bay đến tính chất cơ học của bê tông SAPGC. Kết quả thực nghiệm cho thấy, chất tạo rỗng bột nhôm làm tăng độ rỗng, làm giảm khối lượng thể tích và tương ứng làm giảm cường độ chịu nén cũng như mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC. Nghiên cứu thực nghiệm cũng dẫn đến đề xuất một công thức cải tiến để tính toán mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC từ cường độ chịu nén của vật liệu.

**Từ khóa:** Bê tông xốp geopolimer cốt liệu nhỏ; cường độ chịu nén; mô đun đàn hồi.

### ABSTRACT

This paper presents the research on the influence of the aluminum powder to the volumetric mass, porosity, compressive strength and elastic modulus of small aggregate porous geopolimer concrete (SAPGC). The article also presents research on the effects of molar concentration of NaOH solution and the ratio of alkaline/fly-ash on the mechanical properties of SAPGC. Experimental results show that aluminum powder increases porosity, reduces volumetric mass and correspondingly reduces compressive strength and elastic modulus of SAPGC. Experimental research also leads to the proposal of a improved formula to calculate the elastic modulus of SAPGC from the compressive strength of the material.

**Keyword:** Small aggregate porous geopolimer concrete (SAPGC); compressive strength; elastic modulus.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở nước ta và nhiều nơi trên thế giới, quá trình hiện đại hóa và đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ, nhu cầu sử dụng bê tông trong xây dựng cơ sở hạ tầng và các dạng công trình liên tục tăng qua từng năm, mà vật liệu bê tông truyền thống sử dụng chất kết dính xi măng được sản xuất từ các thành phần nguyên liệu chủ yếu là đá

vôi và đất sét. Với nhu cầu sử dụng lớn, việc khai thác nhiều đá vôi và đất sét ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn tài nguyên thiên nhiên và gây mất cân bằng hệ sinh thái. Bên cạnh đó, quy trình sản xuất xi măng phát thải lượng lớn khí CO<sub>2</sub> gây ô nhiễm môi trường sống. Theo một báo cáo, ngành công nghiệp sản xuất xi măng trên toàn thế giới thải ra khí thải nhà kính ước tính khoảng 1.35 tỷ tấn/năm, xấp xỉ 5 – 8% tổng lượng khí thải nhà kính toàn cầu và có xu hướng liên tục tăng [1]. Do đó nhiệm vụ cấp bách đặt ra là tìm kiếm, nghiên cứu và ứng dụng các dạng vật liệu mới, vật liệu “xanh”,... trong sản xuất xây dựng để giảm thiểu tác động đến môi trường sống, trong đó có bê tông geopolimer ngày càng chứng minh được tính hiệu quả đáp ứng tốt các yêu cầu đặt ra.

Khác với bê tông xi măng, bê tông geopolimer sử dụng chất kết dính là sản phẩm của quá trình geopolimer hóa của dung dịch hoạt hóa (KOH hoặc NaOH + Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) và các thành phần khoáng trong tro bay [2-8]. Do đó các sản phẩm bê tông geopolimer còn góp phần tiêu thụ phế phẩm tro bay thải ra từ các nhà máy nhiệt điện, và góp phần giảm ô nhiễm môi trường. Rất nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước thời gian dài đã minh chứng rằng bê tông geopolimer có các chỉ tiêu cơ lý và các đặc tính cơ học như cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi, khả năng chống thấm, khả năng chống ăn mòn, khả năng ứng dụng vào kết cấu... tương đương hoặc có phần vượt trội hơn so với bê tông xi măng truyền thống [9-18].

Trong lĩnh vực xây dựng, ngoài bê tông đặc được sử dụng làm hệ kết cấu chịu lực chính cho công trình, người ta còn nghiên cứu các dạng bê tông nhẹ, bê tông xốp,... để ứng dụng vào các hạng mục như vật liệu cách âm, kết cấu bê tông nhẹ, bê tông thoát nước mặt đường,... hay bê tông siêu nhẹ có thể dùng thay thế gạch xây kết cấu bao che,... Một số nghiên cứu trước đây cũng minh chứng tính khả thi của việc sản xuất và ứng dụng bê tông geopolimer nhẹ bọt khí cường độ thấp [19-21].

Nghiên cứu này được thực hiện để khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất tạo rỗng bột nhôm đến khối lượng thể tích, độ rỗng, cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông xốp geopolimer cốt liệu nhỏ (SAPGC). Bài báo đồng thời trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaOH và tỷ lệ dung dịch hoạt hóa/tro bay đến tính chất cơ học của bê tông SAPGC.

## 2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

### 2.1. Cốt liệu

Cốt liệu cho bê tông SAPGC bao gồm cát và đá nghiền (đá mi). Cát có khối lượng riêng 2.61 g/cm<sup>3</sup>, khối lượng thể tích là 1.52 g/cm<sup>3</sup>, mô đun độ lớn 1.82 và đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật khác theo TCVN 7570:2006 [22]. Đá mi có kích thước hạt ≤ 5 mm, có khối lượng riêng 2.7 g/cm<sup>3</sup>, khối lượng thể tích là 1.45 g/cm<sup>3</sup> và đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật khác theo TCVN 7570:2006.

## 2.2. Tro bay

Thí nghiệm này sử dụng tro bay được lấy từ nhà máy Nhiệt điện Phả Lại, được phân loại F theo tiêu chuẩn ASTM C618 [23]. Tro bay có khối lượng riêng  $2.5 \text{ g/cm}^3$ , độ mịn 94% và độ mịn trên sàng  $45 \mu\text{m}$  đạt 22.3%. Thành phần cấu thành tro bay bao gồm: 58.62%  $\text{SiO}_2$ , 25.17%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 6.22%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1.21%  $\text{CaO}$ , 1.02%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0.81%  $\text{MgO}$ , 0.03%  $\text{SO}_3$  và 2.61% lượng mất khi nung.

## 2.3. Dung dịch hoạt hóa

Dung dịch alkaline đóng vai trò hoạt hóa thúc đẩy quá trình geopolymer hóa tạo chất kết dính cho bê tông SAPGC. Dung dịch hoạt hóa là hỗn hợp của Sodium Hydroxide NaOH (SH) và Sodium Silicate  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (SS) được phối trộn theo tỷ lệ thiết kế SS/SH=2.5. Sodium Hydroxide nguyên liệu dạng vảy khô có độ tinh khiết 98% được pha với nước để đạt các nồng độ thiết kế 12, 14 và 16 mol. Dung dịch Sodium Silicate có thành phần  $\text{Na}_2\text{O}$  chiếm 11.8%,  $\text{SiO}_2$  chiếm 29.5% theo khối lượng, tỷ lệ  $\text{SO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  là 2.5.

## 2.4. Bột nhôm

Bột nhôm đóng vai trò chất sinh khí tạo lỗ rỗng cho bê tông SAPGC trong quá trình đông rắn. Bột nhôm có kích thước hạt từ D50-D80  $\mu\text{m}$ , độ mịn sót trên sàng  $0.075 \text{ mm}$  là 3%, thành phần hoạt tính chiếm 90% khối lượng. Tốc độ sinh khí của bột nhôm trong 4 phút đạt 50-80% và trong 16 phút đạt trên 90%.

## 2.5. Cấp phối bê tông

Các cấp phối bê tông được sử dụng trong loạt thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1. Để khảo sát ảnh hưởng của các thành phần đến tính chất của bê tông SAPGC, một số thành phần cấp phối được cho thay đổi trong các cấp phối như: tỷ lệ bột nhôm tạo rỗng từ 0 đến 0.2% theo khối lượng tro bay, nồng độ dung dịch NaOH từ 12M đến 16M và tỷ lệ dung dịch alkaline/tro bay (AL/FA) từ 0.4 đến 0.5.

Bê tông SAPGC sau khi đúc mẫu được tính định ở nhiệt độ phòng trong 24h, mẫu sau đó được dưỡng hộ nhiệt ở nhiệt độ  $100^\circ\text{C}$  trong thời lượng 8 giờ để thúc đẩy quá trình geopolymer hóa tạo cường độ vật liệu.

Bảng 1: Thành phần các cấp phối bê tông SAPGC.

TT	Tên cấp phối	Tro bay (kg)	Đá mi (kg)	Cát (kg)	Dung dịch NaOH		Dung dịch $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ (kg)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$ /NaOH	AL /FA	Bột nhôm (kg)	Bột nhôm (%)
					Nồng độ mol (M)	Khối lượng (kg)					
1	M14.00.45	391.47	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.45	0	0
2	M14.05.45	391.47	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.45	0.196	0.05
3	M14.10.45	391.47	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.45	0.391	0.1
4	M14.15.45	391.47	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.45	0.587	0.15
5	M14.20.45	391.47	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.45	0.783	0.2
6	M14.10.40	440.40	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.4	0.440	0.1
7	M14.10.50	352.32	1294.6	554	14	50.33	125.83	2.5	0.5	0.352	0.1
8	M12.10.45	391.47	1294.6	554	12	50.33	125.83	2.5	0.45	0.391	0.1
9	M16.10.45	391.47	1294.6	554	16	50.33	125.83	2.5	0.45	0.391	0.1

## 2.6. Phương pháp thí nghiệm

Độ rỗng  $r$  của các mẫu bê tông SAPGC được tính toán dựa trên kết quả xác định khối lượng riêng  $\rho_a$  của các mẫu theo TCVN 3112:2022 [24] và khối lượng thể tích  $\rho$  của các mẫu theo TCVN 3115:2022 [25], bằng công thức:  $r = 1 - \rho / \rho_a$

Cường độ chịu nén của bê tông SAPGC được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3118:2022 [26] và mô đun đàn hồi được xác định theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn ASTM C469 theo quy phạm Hoa Kỳ [27] bằng công thức:  $E = \sigma_2 - \sigma_1 / (\varepsilon_2 - 0.00005)$ , trong đó:  $\sigma_1$  là ứng suất tại thời điểm biến dạng dọc trục  $\varepsilon_1 = 50 \mu\text{m}$ ,  $\sigma_2$  là ứng suất tại thời điểm gia tải đến 40% tải phá hủy và  $\varepsilon_2$  là biến dạng sinh ra bởi ứng suất  $\sigma_2$ .



Hình 1. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC

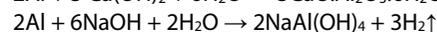
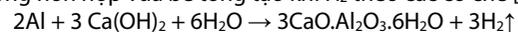
## 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

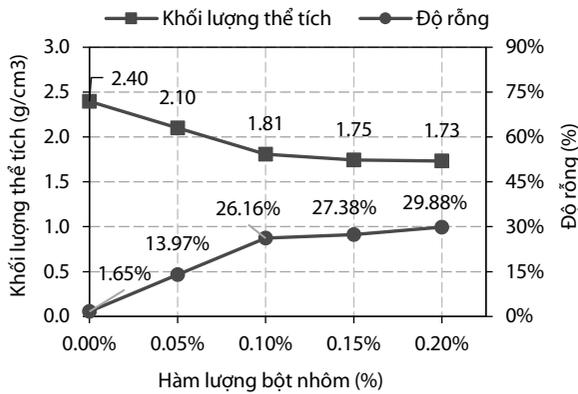
### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến độ rỗng của bê tông SAPGC

Kết quả thực nghiệm cho thấy khối lượng riêng trung bình của các mẫu bê tông SAPGC (không và có tạo rỗng) là  $\rho_a = 2.436 \text{ g/cm}^3$ , giá trị này phù hợp với khối lượng riêng trung bình của bê tông nặng theo định nghĩa ở TCVN 5574:2018 [28]. Mẫu bê tông không có chất tạo rỗng có khối lượng thể tích  $\rho = 2.397 \text{ g/cm}^3$ , tương ứng độ rỗng  $r = 1.65\%$ , giá trị này phù hợp với các đặc tính đã biết của bê tông geopolymer. Độ rỗng nhỏ của bê tông geopolymer có thể được giải thích do chất kết dính geopolymer có tính dẻo lớn nên không phân tán triệt để trong quá trình đúc khuôn; bên cạnh đó quá trình geopolymer hóa tạo ra nước thừa cũng góp phần tạo nên độ rỗng nhỏ cho các mẫu thí nghiệm.

Khi thêm hàm lượng bột nhôm lên đến 0.1% theo khối lượng tro bay, khối lượng thể tích của bê tông SAPGC giảm mạnh đến 24.53% và độ rỗng cũng tăng mạnh lên đến 26.16%. Kết quả thí nghiệm này cho thấy tác nhân bột nhôm có hiệu quả tương đối tốt trong việc tạo rỗng và làm giảm khối lượng thể tích bê tông, và có thể nghiên cứu ứng dụng trong việc sản xuất bê tông xốp, bê tông nhẹ,... phục vụ các mục đích chuyên dụng.

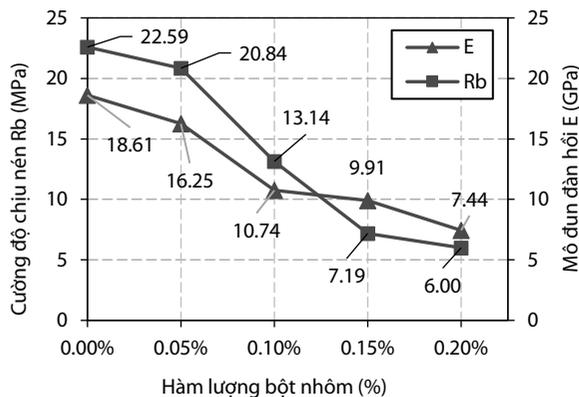
Tác nhân bột nhôm có khả năng sinh khí và tạo rỗng cho bê tông SAPGC là nhờ phản ứng hóa học của nhôm với các khoáng chất trong hỗn hợp vữa bê tông tạo khí  $\text{H}_2$  theo các cơ chế [29]:





**Hình 2.** Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến khối lượng thể tích và độ rỗng của bê tông SAPGC

Khi tăng gấp đôi hàm lượng chất tạo khí lên đến 0.2%, khối lượng thể tích bê tông SAPGC chỉ tiếp tục giảm nhẹ và độ rỗng cũng tăng không đáng kể. Do bê tông SAPGC có cốt liệu đá mi tương đối nặng gây ra sự đè nén vật liệu trong quá trình đông rắn, làm cho bọt khí thoát ra ngoài, càng nhiều bọt khí thì sự đè nén làm thoát càng nhiều khí do đó độ rỗng không còn tăng đáng kể. Bên cạnh đó, chất kết dính geopolymer trong vữa có tính dẻo và dai hơn chất kết dính



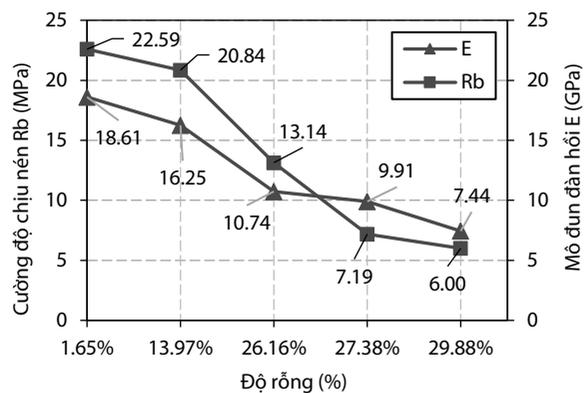
xi măng, điều này cũng ngăn cản chất khí tạo lỗ rỗng bên trong bê tông và bị ép thoát ra ngoài.

**3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến cường độ chịu nén của bê tông SAPGC**

Cường độ chịu nén của mẫu bê tông geopolymer đặc đạt giá trị trung bình 22.59 MPa. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông SAPGC giảm đáng kể và gần như tỷ lệ tuyến tính với sự gia tăng hàm lượng chất tạo khí. Khi hàm lượng bột nhôm tăng lên đến 0.15%, tương ứng với độ rỗng trong vật liệu tăng lên đến 27.38%, cường độ chịu nén của bê tông SAPGC giảm đến 68.17%. Rõ ràng bột nhôm đã tạo ra nhiều lỗ rỗng trong các mẫu bê tông làm giảm sự đặc chắc của vật liệu, từ đó làm giảm khả năng chịu lực.

Khi hàm lượng bột nhôm tăng từ 0.1% lên 0.15%, độ rỗng của bê tông SAPGC chỉ tăng thêm 4.66%, nhưng đã làm cho cường độ chịu nén của mẫu giảm 45.28%. Điều này chỉ ra rằng bọt khí với số lượng đáng kể cũng gây ảnh hưởng bất lợi đến cấu trúc khung cốt liệu chịu lực, từ đó làm giảm khả năng chịu nén của vật liệu.

Khi tăng hàm lượng bột nhôm từ 0.15% lên 0.2% (tăng 33.33%), độ rỗng của mẫu chỉ tăng thêm 9.13% và cường độ chịu nén của bê tông SAPGC cũng chỉ giảm nhẹ thêm 16.55%. Kết quả thực nghiệm này cho thấy sử dụng quá nhiều bột nhôm không thực sự mang lại hiệu quả lớn đối với loạt vật liệu SAPGC này.



**Hình 3.** Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC

**3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC**

Hình 3 đồng thời trình bày tương quan giữa mô đun đàn hồi (E) của vật liệu SAPGC và hàm lượng chất tạo khí, hay độ rỗng của bê tông tương ứng. Mô đun đàn hồi giảm tỷ lệ nghịch với sự gia tăng hàm lượng chất tạo khí bột nhôm và sự gia tăng độ rỗng trong các mẫu vật liệu. Mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC giảm mạnh trong giai đoạn đầu xuất hiện lỗ rỗng, khi hàm lượng bột nhôm tăng từ 0 đến 0.1%, tương ứng với độ rỗng vật liệu tăng đến 26.16%, mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC giảm đến 42.28%. Sự gia tăng hàm lượng chất tạo khí làm gia tăng độ rỗng trong vật liệu và làm giảm sự đặc chắc của bê tông, điều này giải thích cho sự sụt giảm mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC.

Khi hàm lượng bột nhôm tăng thêm 2 lần, từ 0.1% lên 0.2%, mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC chỉ giảm thêm 30.72%. Xu hướng giảm tốc độ biến thiên này phù hợp với sự tăng chậm độ rỗng của vật liệu từ 26.16% đến 29.88% (tăng 14.22%) và đã được thảo luận ở mục bên trên.

Hình 4 thể hiện mối quan hệ giữa mô đun đàn hồi và cường độ chịu nén của bê tông SAPGC. Các giá trị mô đun đàn hồi đo từ thực nghiệm  $E_{TN}$  được so sánh với các giá trị mô đun đàn hồi tính từ

cường độ chịu nén  $R_b$  theo khuyến nghị của ACI-318 ( $E_{ACI}$ ) [30] và của tác giả Hardjito ( $E_{Hard}$ ) [31] bằng các công thức:

$$E_{ACI} = 4700\sqrt{R_b}$$

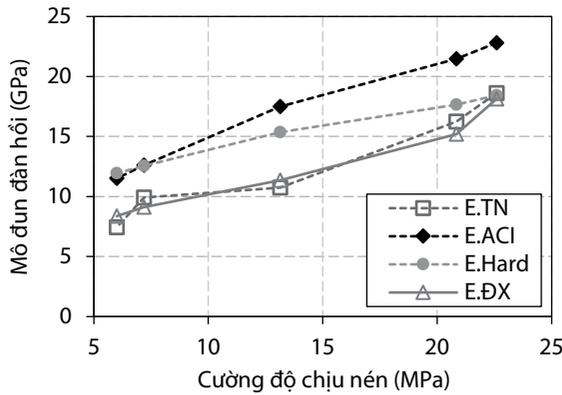
$$E_{Hard} = 2707\sqrt{R_b} + 5300$$

Cần lưu ý rằng công thức tính toán của tiêu chuẩn Hoa Kỳ được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu vật liệu bê tông xi măng và công thức của tác giả Hardjito xây dựng cho vật liệu bê tông geopolymer mà không có kể đến yếu tố độ rỗng. Kết quả tính toán từ 2 công thức trên vì thế có sự chênh lệch đáng kể, lên đến 62.76% và trung bình 33.71%, so với các giá trị đo thực nghiệm của nghiên cứu này. Do đó, bài báo này đề xuất 1 công thức cải tiến từ công thức của tác giả Hardjito và có kể đến ảnh hưởng của độ rỗng vật liệu như sau:

$$E_{DX} = (1-r)(2707\sqrt{R_b} + 5300)$$

Kết quả tính toán mô đun đàn hồi theo công thức đề xuất cũng đồng thời được trình bày trong Hình 4 bên dưới. Chênh lệch giữa giá trị đo thực nghiệm  $E_{TN}$  và giá trị tính toán theo công thức đề xuất  $E_{DX}$  đa số dưới 8%. So sánh này cho thấy sự phù hợp và phản ánh đúng xu hướng biến thiên của công thức mới đề xuất so với các

giá trị đo thực nghiệm. Tuy nhiên, đây cũng chỉ mới là nghiên cứu ban đầu trên tập hợp mẫu rất nhỏ, và nhóm tác giả chỉ thêm vào nhân tố kể đến độ rỗng vật liệu trong khi vẫn giữ nguyên giá trị các đại lượng khác từ tác giả Hardjito, do đó cần có thêm nhiều nghiên cứu sâu rộng hơn, trên một tập hợp mẫu đủ lớn để hiệu chỉnh các thông số của công thức cho phù hợp với bê tông SAPGC dùng nguyên vật liệu địa phương tại Việt Nam.



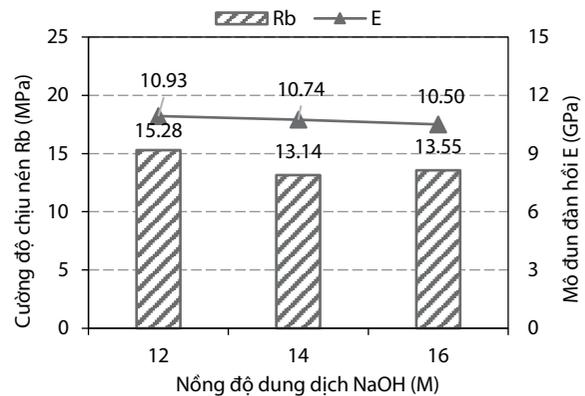
**Hình 4.** Quan hệ giữa mô đun đàn hồi và cường độ chịu nén của bê tông SAPGC

**3.4. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaOH đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC**

Hình 5 thể hiện kết quả đo cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của các mẫu SAPGC có cùng hàm lượng chất tạo khí 0.1% và sử dụng nồng độ dung dịch kiềm hoạt hóa NaOH lần lượt từ 12M, 14M đến 16M. Kết quả thực nghiệm cho thấy, so với cấp phối đối chứng, khi giảm nồng độ dung dịch NaOH từ 14M về 12M thì cường độ chịu nén của vật liệu tăng 10.48% và mô đun đàn hồi cũng tăng tương ứng 1.76%. Khi tăng nồng độ dung dịch NaOH từ 14M lên 16M thì cường độ chịu nén của các mẫu bê tông SAPGC giảm 2.07% và mô đun đàn hồi cũng giảm 2.28% tương ứng. Xu hướng biến thiên chung là, từ nồng độ 12M, tăng nồng độ dung dịch NaOH làm giảm cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC.

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra vai trò quan trọng của dung dịch kiềm hoạt hóa (KOH, NaOH,...) đến quá trình geopolymer hóa tạo chất kết dính. Trong giai đoạn đầu của quá trình geopolymer hóa, các gốc OH- đóng vai trò là xúc tác cho quá trình hòa tan giải phóng nhôm và silic trong nguyên liệu liệu aluminosilicat. Ở giai đoạn cuối của phản ứng, ion Na+ có vai trò trong hình thành cấu trúc và cân bằng điện tích của khối tứ diện nhôm từ đó hình thành cường độ của vật liệu [32]. Do đó, khi nồng độ dung dịch kiềm hoạt hóa nhỏ và phù hợp, tăng nồng độ dung dịch NaOH dẫn đến sự gia tăng khả năng chịu lực của bê tông geopolymer.

Khi nồng độ dung dịch kiềm hoạt hóa tăng lên, khả năng giải phóng nhôm và silic trong nguyên liệu aluminosilicat tăng lên do đó làm tăng lượng phức nhôm và silic cho quá trình trùng ngưng tạo thành cấu trúc silicat rắn chắc. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước cũng chỉ ra rằng, khi nồng độ NaOH quá cao từ trên 12M, quá trình trùng ngưng diễn ra mạnh mẽ tạo ra lượng nước thừa nhiều bên trong mẫu bê tông geopolymer, sau khi dưỡng hộ nhiệt lượng nước này bay hơi đi để lại là các lỗ rỗng chứa khí làm giảm độ đặc chắc của vật liệu. Lượng nước thừa cũng có thể làm phá vỡ quá trình geopolymer hóa do sự gia tăng số lượng ion OH- quá mức dẫn đến phản ứng không đạt hiệu quả cao [33]. Do đó, khi tăng nồng độ dung dịch NaOH quá cao, sẽ làm giảm độ đặc chắc từ đó làm giảm cường độ chịu nén cũng như mô đun đàn hồi của bê tông geopolymer.



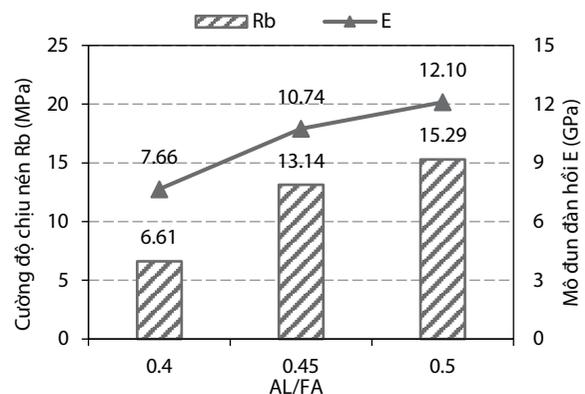
**Hình 5.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaOH đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC

**3.5. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung dịch hoạt hóa và tro bay (AL/FA) đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC**

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC khi tỷ lệ giữa dung dịch hoạt hóa alkaline (NaOH+Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) và tro bay (AL/FA) thay đổi từ 0.4 đến 0.5 được trình bày trong Hình 6 bên dưới. Thí nghiệm được thực hiện cho các mẫu có cùng cấp phối cốt liệu và hàm lượng chất tạo khí bột nhôm 0.1%.

Kết quả thực nghiệm cho thấy khi tăng tỷ lệ AL/FA từ 0.4 lên 0.45 thì cường độ chịu nén của bê tông SAPGC tăng mạnh đến 98.79%, mô đun đàn hồi cũng tăng nhiều đến 40.21%. Khi tiếp tục tăng tỷ lệ AL/FA từ 0.45 lên 0.5 thì sự gia tăng cường độ chịu nén có chậm hơn, đạt mức 16.36% và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC cũng tiếp tục tăng tương ứng 12.66%.

Tỷ lệ AL/FA đại diện cho số lượng tác nhân kiềm hoạt hóa và các khoáng chất có trong chuỗi phản ứng geopolymer hóa tạo chất kết dính geopolymer. Khi tỷ lệ AL/FA thấp, lượng tác nhân kiềm hoạt hóa không đủ để phản ứng với các oxit trong tro bay để tạo chất kết dính, sau quá trình geopolymer hóa còn thừa các oxit kim loại tạo nên các "túi hạt" bên trong cấu trúc, từ làm tăng độ rỗng và làm giảm cường độ của vật liệu. Khi tỷ lệ AL/FA được tăng lên, lượng tác nhân kiềm hoạt hóa dồi dào thúc đẩy các phản ứng của quá trình geopolymer hóa diễn ra triệt để hơn, làm tăng sự đặc chắc và qua đó làm tăng cường độ chịu nén cũng như mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC.



**Hình 6.** Ảnh hưởng của tỷ lệ dung dịch hoạt hóa và tro bay (AL/FA) đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC.

**4. KẾT LUẬN**

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng chất tạo rỗng bột nhôm đến khối lượng thể tích, độ rỗng,

cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông xốp geopolymer cốt liệu nhỏ. Bài báo đồng thời trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaOH và tỷ lệ dung dịch hoạt hóa/tro bay đến tính chất cơ học của bê tông SAPGC. Một số kết luận chính như sau:

- Bột nhôm trong hỗn hợp vữa có khả năng sinh khí tạo lỗ rỗng cho vật liệu bê tông SAPGC. Trong loạt thí nghiệm này, hàm lượng bột nhôm hiệu quả để tạo rỗng từ 0.1% đến 0.15% theo khối lượng tro bay.

- Cường độ chịu nén của bê tông SAPGC giảm mạnh tỷ lệ nghịch với sự gia tăng độ rỗng trong cấu trúc của vật liệu. Khi độ rỗng tăng lên đến 27.38%, cường độ chịu nén của bê tông SAPGC giảm đến 68.17%.

- Mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC cũng biến thiên tỷ lệ nghịch với sự tăng độ rỗng của vật liệu. Khi độ rỗng tăng lên đến 27.38%, mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC giảm đến 47.59%.

- Khi nồng độ đã cao, nếu tiếp tục tăng nồng độ dung dịch NaOH sẽ làm giảm cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC.

- Tỷ lệ AL/FA phù hợp cũng đóng vai trò quyết định đến cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC, tỷ lệ AL/FA hiệu quả cho loạt bê tông SAPGC này là từ 0.45 đến 0.5.

- Bài báo đồng thời đề xuất một công thức cải tiến để tính toán mô đun đàn hồi của bê tông SAPGC dựa trên cường độ chịu nén và có kể đến độ rỗng của mẫu thử.

**Acknowledgement:** This work belongs to the project grant No: T2023-144 funded by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Javier Farfan and Christian Breyer, "Global cement industry: Inventory, capacities, future projections, CO<sub>2</sub> potential for rCCU", 8<sup>th</sup> Neo-Carbon Energy Researchers' Seminar, 2017.
- [2]. J. Davidovits, "Geopolymers - Inorganic polymeric new materials, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry", Vol. 37, 1991.
- [3]. J. Davidovits, "Properties of Geopolymer cement", Proceeding first International conference on Alkaline cements and concretes, 1994.
- [4]. J. Davidovits, "Geopolymer Chemistry and Applications", Geopolymer Science and Technics, Geopolymer Institute Library, 2015.
- [5]. A. Palomo et al., "Physical, chemical and mechanical characterization of Geopolymers", 9th International Congress on Chemistry of Cements, 1992.
- [6]. J.L. Provis et al., "Valorisation of fly ash by Geopolymerisation", Global NEST Journal, Vol. 11(2), 2009.
- [7]. A. M. Mustafa, Al Bakri Abdullah et al., "Microstructure of different NaOH molarity of fly ash-based green polymeric cement", Journal of Engineering and Technology Research, Vol. 3(2), 2011.
- [8]. J.L. Provis, J.S.J van Deventer, "Geopolymers: Structure, processing, properties and industrial applications", Woodhead Publishing, 2009.
- [9]. Phạm Đức Thiện, Trương Đình Tường, "Ảnh hưởng của nanosilica đến cường độ bê tông geopolymer cốt liệu nhỏ", Tạp chí Xây dựng, pp. 81-85, T7-2022.
- [10]. Phạm Đức Thiện, Phan Đức Hùng, Nguyễn Trọng Nam, "Ảnh hưởng của một số phế phẩm công nghiệp đến cường độ chịu nén của bê tông geopolymer", Tạp chí Xây dựng, pp. 113-120, T4-2021.
- [11]. Phạm Đức Thiện, Phan Đức Hùng, "Nghiên cứu ứng xử chịu uốn của dầm bán lắp ghép 2 lớp dùng bê tông geopolymer và bê tông xi măng", Tạp chí Xây dựng, pp. 88-92, T4-2020.
- [12]. Phạm Đức Thiện, Lê Hữu Hoàng Dự, "Ảnh hưởng của dạng đầu neo đến sự làm việc chung của bê tông geopolymer và cốt thép", Tạp chí Xây dựng, pp. 148-153, T5-2019.
- [13]. Phạm Đức Thiện, Tạ Tuấn Anh, Phan Đức Hùng, "Nghiên cứu sự bám dính giữa bê tông geopolymer và cốt thép", Tạp chí Xây dựng, pp. 102-108, T8-2017.
- [14]. Phạm Đức Thiện, Lê Quốc Thái, "Nghiên cứu ảnh hưởng của sợi thủy tinh gia cường đến tính chất của vữa geopolymer", Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Tập 3-Cơ học Vật rắn, Quyển 1, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 2017.
- [15]. J. Davidovits and M. Davidovits, "Geopolymer poly(sialate)/poly(sialate-siloxo) mineral matrices for composite materials", 6th International Conference on Composite Materials, 1987.
- [16]. A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco, "Alkali-activated fly ashes: A cement for the future", Cement and Concrete Research, Vol. 29, 1999.
- [17]. J.G.S. van Jaarsveld, J.S.J. van Deventer, G.C. Lukey, "The effect off composition and temperature on the properties of fly ash and kaolinite-based geopolymers", Chemical Engineering Journal, Vol. 89, 2002.
- [18]. Djwantoro Hardjito, Steenie E. Wallah, Dody M.J. Sumajouw, B.V. Rangan, "Factors influencing the compressive strength of fly ash based Geopolymer concrete", Civil Engineering Dimension, Vol. 6(2), 2004.
- [19]. V. Ducman, L. Korat, "Characterization of geopolymer fly-ash based foams obtained with the addition of Al", Materials Characterization, Vol. 113, pp. 207-213, 2016.
- [20]. W.M.W. Ibrahim et al., "Geopolymer lightweight bricks manufactured from fly ash and foaming agent", AIP Conference Proceedings 1835, 2017.
- [21]. Yongbim Zhao et al., "Fly ash based geopolymer foam technology for thermal insulation and fire protection applications", 2015 World of Coal Ash (WOCA), Nashville, 2015.
- [22]. TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Bộ Khoa Học và Công Nghệ, 2006.
- [23]. ASTM C618-03, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [24]. TCVN 3112:2022, Bê tông - Phương pháp xác định khối lượng riêng và độ rỗng, Bộ Khoa Học và Công Nghệ, 2022.
- [25]. TCVN 3115:2022, Bê tông - Phương pháp xác định khối lượng thể tích, Bộ Khoa Học và Công Nghệ, 2022.
- [26]. TCVN 3118:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén, Bộ Khoa Học và Công Nghệ, 2022.
- [27]. ASTM C469-10, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, American Society for Testing and Materials, 2010.
- [28]. TCVN 5574:2018, Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, Bộ Khoa Học và Công Nghệ, 2018.
- [29]. E. Kranzlein, H. Pollmann, W. Krcmar, "Metal powders as foaming agents in fly ash based geopolymer synthesis and their impact on the structure depending on the Na /Al ratio", Cement and Concrete Composites, Vol. 90, pp. 161-168, 2018.
- [30]. ACI-318-14, Building Code Requirements for Structural Concrete, The American Concrete Institute, 2014.
- [31]. D. Hardjito et al., "The stress-strain behaviour of fly ash-based geopolymer concrete", Development in Mechanics of Structures and Materials, Vol. 35, pp. 831-834, 2004.
- [32]. A. Allahverdi, E. Najafi Kani and S. Esmaeilpoor, "Effects of Silica Modulus and Alkali Concentration on Activation of Blast-Furnace Slag", Iranian Journal of Materials Science and Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 32-35, 2008.
- [33]. Rashidah Mohamed Hamidi, Zakaria Man and Khairun Azizi Azizli, "Concentration of NaOH and the Effect on the Properties of Fly Ash Based Geopolymer", 4th International Conference on Process Engineering and Advanced Materials, Procedia Engineering 148, pp. 189 - 193, 2016.

# Xác định hiệu quả kinh tế khi thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị tại tỉnh Bình Dương

Determining economic efficiency when implementing urban development investment projects in Binh Duong province

> THS.NCS BÙI VIỆT THI

Trung tâm KĐ và TVXD, Trường Đại học Thủ Dầu Một; Email: thibv@tdmu.edu.vn

## TÓM TẮT

Tỉnh Bình Dương có nhiều dự án đầu tư phát triển đô thị được triển khai cùng với quá trình phát triển đô thị hóa. Trong quá trình triển khai, các dự án này thường gặp phải tình trạng chậm trễ, làm giảm hiệu quả đầu tư và tăng giá trị quyết toán so với giá trị dự toán được duyệt. Vì vậy, việc xác định hiệu quả/tổn thất kinh tế khi thực hiện các dự án đầu tư phát triển đô thị vượt/chậm tiến độ là rất cần thiết. Trên cơ sở tiến độ thực tế quản lý tiến độ các dự án đầu tư phát triển đô thị điển hình ở tỉnh Bình Dương, trong đó có nguyên nhân, tác động đến tiến độ thực hiện, tác giả đề xuất các giải pháp nhằm giúp nhà đầu tư xác định hiệu quả/tổn thất kinh tế khi thực hiện dự án vượt tiến độ/chậm tiến độ và giúp chủ đầu tư, nhà thầu có quan điểm đúng đắn trong việc thực hiện các dự án đầu tư phát triển đô thị để đạt hiệu quả đầu tư. Điều này sẽ giúp giảm thiểu thiệt hại cho các bên tham gia thực hiện dự án, từ đó góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội.

**Từ khóa:** Cách xác định; hiệu quả kinh tế; thiệt hại kinh tế; dự án đầu tư phát triển đô thị,...

## ABSTRACT

In Binh Duong province, there are many urban development investment projects being implemented along with the development of urbanization. During implementation, these projects often encounter delays, reducing investment efficiency and increasing the settlement value compared to the approved estimated value. Therefore, determining economic efficiency/loss when implementing urban development investment projects ahead of schedule/behind schedule is very necessary. Based on actual progress, manage the progress of typical urban development investment projects in Binh Duong province, including the causes and impacts on implementation progress, the author proposes solutions to help investors determine economic efficiency/loss when implementing projects ahead of schedule/slow schedule and helping investors and contractors have the right perspective in implementing urban development investment projects to achieve investment efficiency. This will help minimize damage to parties involved in project implementation, thereby contributing to promoting socio-economic development.

**Keywords:** How to determine; economic efficiency; economic damage; urban development investment projects,...

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ngành Xây dựng VN phát triển nhanh chóng và thu hút nhiều vốn đầu tư của các doanh nghiệp trong và ngoài nước. Hàng loạt dự án mới như trung tâm thương mại, căn hộ cao cấp, căn hộ cho cư dân thu nhập thấp, nhà liền kề, khu đô thị mới hình thành. Bình Dương là tỉnh có thế mạnh về phát triển công nghiệp trong toàn tỉnh từ đó các dự án phát triển đô thị được các cấp chính quyền rất quan tâm. Các dự án đã làm tăng mỹ quan đô thị, làm giảm ô nhiễm môi trường và phát triển kinh tế-xã hội. Tuy nhiên, phần lớn các dự án xảy ra việc chậm tiến độ (do nhiều nguyên nhân khác nhau) dẫn tới khó khăn cho cơ quan quản lý cũng như chưa đảm bảo quyền lợi người sử dụng gây ảnh hưởng nhiều đến lợi ích của chủ đầu tư, đến kinh tế - xã hội và cuộc sống của người dân trong khu vực. [4], [5]

Kinh phí cho một dự án phát triển đô thị từ giai đoạn chuẩn bị đến khi hoàn thành rất lớn và thời gian thực hiện thường dài, phải

trải qua ba giai đoạn (chuẩn bị dự án, thực hiện dự án, kết thúc xây dựng và đưa công trình của dự án vào khai thác sử dụng). Trong mỗi giai đoạn thực hiện, nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan trong khâu quản lý (về tài chính, kỹ thuật và các thủ tục pháp lý...), nếu dự án chậm tiến độ sẽ gây lãng phí về khai thác tài nguyên đất đai, tăng chi phí, giảm hiệu quả đầu tư, ảnh hưởng tới kết quả hoạt động kinh doanh của các doanh nghiệp dự án, đồng thời tác động tiêu cực không nhỏ tới sự phát triển kinh tế-xã hội. Vì thế, quản lý tiến độ thực hiện dự án là vấn đề được các chủ đầu tư và lãnh đạo chính quyền các cấp quan tâm. [3]

Do đó, để nâng cao hiệu quả công tác quản lý tiến độ thực hiện các dự án đầu tư phát triển đô thị, tác giả tập trung nghiên cứu từ thực trạng quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị điển hình trên địa bàn tỉnh Bình Dương từ đó đề xuất phương pháp xác định tính hiệu quả/thiệt hại kinh tế khi thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị vượt/chậm tiến độ tại Bình Dương.

**2. ĐỀ XUẤT CÁCH XÁC ĐỊNH HIỆU QUẢ/THIỆT HẠI KINH TẾ KHI THỰC HIỆN DỰ ÁN ĐẦU TƯ PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ VƯỢT HOẶC CHẬM TIẾN ĐỘ**

Xét về hiệu quả kinh tế nếu thời gian xây dựng ngắn tương ứng với vốn đầu tư bị ứ đọng ít và ngược lại thời gian xây dựng dài, vốn đầu tư bị ứ đọng nhiều.

Cho nên, khi tiến độ thực hiện dự án đầu tư nhanh hơn (vượt tiến độ được duyệt (đấu thầu hoặc chỉ định thầu) sẽ mang lại hiệu quả kinh tế do:

- Thời gian xây dựng ngắn, vốn đầu tư bị ứ đọng ít hơn (kí hiệu là  $H_1$ );
- Vốn đầu tư của dự án sớm được phát huy hiệu quả và thời hạn thu hồi vốn đầu tư sẽ nhanh hơn; đây là hiệu quả thứ hai (kí hiệu là  $H_2$ ).

Do vậy, hiệu quả kinh tế do vượt tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị ( $H$ ) được tính như sau: [1], [2]

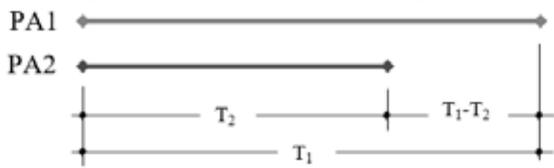
$$H = H_1 + H_2 \tag{1}$$

**2.1. Xác định hiệu quả kinh tế khi thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị vượt tiến độ**

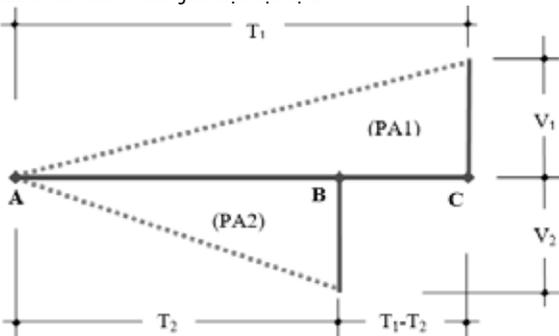
Biểu diễn bằng sơ đồ như sau:

- Phương án 1 (PA1): Biểu thị vốn đầu tư ( $V_1$ ) và thời gian thực hiện dự án được duyệt ( $T_1$ );
- Phương án 2 (PA2): Biểu thị vốn đầu tư ( $V_2$ ) và thời gian thực hiện dự án thực tế ( $T_2$ ); vượt tiến độ  $T_1 - T_2$  ngày.

Giả sử vốn đầu tư được phân phối đều theo thời gian (tương ứng với đường phân phối vốn đầu tư là đường thẳng - nối từ thời điểm khởi công đến thời điểm hoàn thành bàn giao).[6]



Hình 1. Thời điểm và thời gian thực hiện dự án



Hình 2. Thời gian thực hiện dự án và biểu đồ phân phối vốn đầu tư

**2.1.1. Xác định hiệu quả kinh tế mang lại do ứ đọng vốn ít hơn ( $H_1$ ):**

Gọi  $H_1^I$  và  $H_1^{II}$  là trị số thiệt hại do ứ đọng vốn của PA1 và PA2 và trị số thiệt hại do ứ đọng vốn đơn vị là  $E$  (trong thực tế trị số này thường lấy bằng lãi suất vay vốn ngân hàng).

$$\text{Suy ra [2]: } H_1^I = E \frac{1}{2} V_1 T_1 \text{ và } H_1^{II} = E \frac{1}{2} V_2 T_2 \tag{2}$$

- Nếu trong thời gian thực hiện dự án không có phát sinh về khối lượng và vốn thì  $V_1$  sẽ bằng  $V_2$ , suy ra:

$$H_1 = \frac{1}{2} E V_1 (T_1 - T_2) \text{ hoặc } H_1 = \frac{1}{2} E V_2 (T_1 - T_2) \tag{2a}$$

- Nếu trong thời gian thực hiện dự án có phát sinh về khối lượng và vốn thì  $V_1$  khác  $V_2$ , duy ra:

$$H_1 = \frac{1}{2} E (V_1 T_1 - V_2 T_2) \tag{2b}$$

**2.1.2. Xác định hiệu quả kinh tế của phương án 2 phát huy trong thời gian từ B-C ( $H_2$ ):**

Hệ số hiệu quả kinh tế tiêu chuẩn tương đương với trị số thiệt hại do ứ đọng vốn đơn vị là  $E$ ;

(khi so sánh, trong thực tế trị số này cũng thường lấy bằng lãi suất vay vốn ngân hàng).

$$H_2 = E \times V_2 \times (T_1 - T_2) \tag{3}$$

Hiệu quả kinh tế mang lại là [2]:  $H = H_1 + H_2$

**2.2. Xác định thiệt hại về kinh tế khi thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị chậm tiến độ:**

Biểu diễn bằng sơ đồ như sau:

- Phương án 1 (PA1): Biểu thị vốn đầu tư ( $V_1$ ) và thời gian thực hiện dự án được duyệt ( $T_1$ );
- Phương án 2 (PA2): Biểu thị vốn đầu tư ( $V_2$ ) và thời gian thực hiện dự án thực tế ( $T_2$ ); chậm/trễ tiến độ  $T_1 - T_2$  ngày.

Cũng giả sử vốn đầu tư được phân phối đều theo thời gian như 4.5.3.1;

**2.2.1. Xác định trị số thiệt hại do ứ đọng vốn nhiều hơn ( $H_1$ ):**

Gọi  $H_1^I$  và  $H_1^{II}$  là trị số thiệt hại do ứ đọng vốn của PA1 và PA2 như trên.

Từ Hình 4.5a, 4.5b suy ra:

$$\text{Suy ra [2]: } H_1^I = E \frac{1}{2} V_1 T_1 \text{ và } H_1^{II} = E \frac{1}{2} V_2 T_2 \tag{4}$$

$$H_1 = \frac{1}{2} E (V_1 T_1 - V_2 T_2) \tag{5}$$

Trị số  $H_1$  luôn  $< 0$  vì  $T_2 > T_1$  và  $V_1 \leq V_2$ .

**2.2.2. Xác định trị số thiệt hại về kinh tế của phương án 2 do chậm phát huy hiệu quả trong thời gian từ B-C ( $H_2$ ):**

- Hệ số hiệu quả kinh tế tiêu chuẩn như trên.

- Giả sử đến thời điểm B (phải hoàn thành dự án), nhưng PA2 mới thực hiện được  $v_2^*$  trong  $V_2$  đồng vốn.

Nên  $H_2$  trong giai đoạn này biểu thị thiệt hại của PA2 so với PA1:

$$H_2 = E \times v_2^* \times (T_1 - T_2) \tag{6}$$

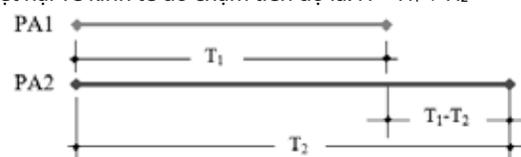
$v_2^*$  được xác định bởi 2 tam giác đồng dạng  $ABB'$  và  $ACC'$ :

$$v_2^* / V_2 = T_1 / T_2 \text{ hay } v_2^* = V_2 (T_1 / T_2)$$

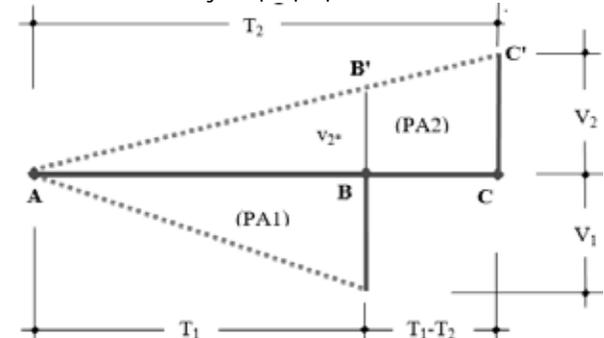
Thiệt hại về kinh tế do chậm tiến độ là:  $H = H_1 + H_2$

Ghi chú:  $H_2 < 0$  vì  $(T_1 - T_2)$  luôn  $< 0$ .

Thiệt hại về kinh tế do chậm tiến độ là:  $H = H_1 + H_2$



Hình 3. Thời điểm và thời gian thực hiện dự án



Hình 4. Thời gian thực hiện dự án và biểu đồ phân phối vốn đầu tư

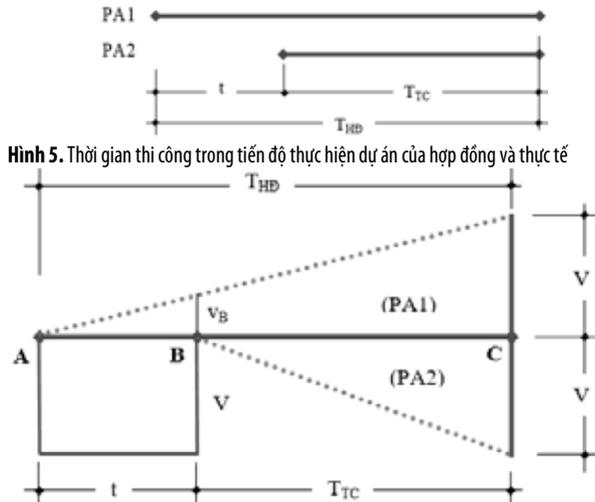
### 2.2.3. Xác định thiệt hại đối với chủ đầu tư chiếm dụng vốn trong thời gian đầu để kinh doanh lấy lãi

Một chủ đầu tư (CĐT) lập tiến độ thực hiện DA ĐTPĐT (D<sub>PTĐT</sub>) có tổng vốn (V) dài hơn thực tế; CĐT này dàn xếp để thắng thầu và ký hợp đồng thực hiện dự án với thời gian xây dựng là T<sub>HD</sub> (trong khi với công nghệ thi công tại thời điểm ký hợp đồng (thời điểm A - hình 4.6a), dự án này chỉ cần thi công trong thời gian là T<sub>TC</sub>).

Tiếp theo, CĐT huy động vốn và sử dụng số vốn này để đầu tư việc khác (sinh lời) trong thời gian t; đến thời điểm (B) cần thiết phải thi công công trình trong dự án D<sub>PTĐT</sub>, CĐT mới thực hiện đầu tư chính thức. Nghĩa là CĐT chiếm dụng vốn của các nhà đầu tư/khách hàng thời gian đầu từ A đến B (hình 4.6a, b).

Tác giả thể hiện nội dung trên dưới dạng sơ đồ như sau:

- PA1 là phương án thể hiện thời gian trong tiến độ thực hiện dự án theo hợp đồng;
- PA2 là phương án thể hiện thời gian trong tiến độ thực hiện dự án theo thực tế.



Hình 6. Thời gian thi công và phân phối vốn thực hiện dự án của hợp đồng và thực tế

Sử dụng lý luận và giả thiết như trong đề xuất tại mục 3.3.1, có thể xác định được số tiền lãi mà CĐT có thể thu được (tối thiểu) trong thời gian chưa sử dụng đến vốn đầu tư ( $L_{AB}$ ) là:

$$L_{AB(\min)} = ExVxt - 0,5 \times v_B \times E \quad (7)$$

Trong đó:  $v_B = V \times t / T_{HD}$

Ghi chú:

- Nếu không kể đến thiệt hại do ứ đọng vốn của PA1 thì  $L_{AB(\max)} = ExVxt$

- Nếu số tiền lãi này lại đem cho vay đến thời điểm C, thì số tiền lãi mà CĐT có thể lợi dụng được sẽ là:

$$L_{AB(\min)} = L_{AB(\min)} \times (1+E)^{TTC} = (ExVxt - 0,5 \times v_B \times E) \times (1+E)^{TTC} \quad (8a)$$

$$L_{AB(\max)} = L_{AB(\max)} \times (1+E)^{TTC} = (ExVxt) \times (1+E)^{TTC} \quad (8b)$$

Ví dụ: Để thực hiện giai đoạn 1 thuộc DA ĐTPĐT cụm 8 chung cư, trên khu đất có diện tích 14.778m<sup>2</sup> trong tổng số 73. 211m<sup>2</sup> thuộc cụm 8 chung cư; Giai đoạn 1 của dự án được UBND tỉnh chấp thuận đầu tư trên khu đất 14.778m<sup>2</sup> và đã được duyệt quy hoạch 1/500 gồm các tòa nhà chung cư T4 cao 40 tầng, trong đó khối đế cao 3 tầng và khối tháp cao 37 tầng; tòa nhà T7 cao 45 tầng, khối đế cao 3 tầng và khối tháp cao 42 tầng với tổng số tối đa 1.750 căn hộ.

Tổng mức đầu tư hơn 5.000 tỷ VNĐ (lấy tròn số là 5.000 tỷ), thời gian thực hiện 3,5 năm kể từ ngày được chấp thuận đầu tư.

Giả sử T<sub>HD</sub> là 3,5 năm và T<sub>TC</sub> là 3,0 năm; lãi suất cho vay là 7%/năm.

Như vậy: Nếu không kể đến thiệt hại do ứ đọng vốn của PA1 thì:

$$L_{AB(\min)} = ExVxt - 0,5 \times v_B \times E =$$

$$= 0,07 \times 5.000 \times (3,5 - 3) - 0,5 \times 0,07 \times 5.000 (0,5/3,5) = 150 \text{ tỷ VNĐ}$$

$$L_{AB(\max)} = ExVxt = 0,07 \times 5.000 \times (3,5 - 3) = 175 \text{ tỷ VNĐ}$$

Nếu số tiền lãi này lại đem cho vay đến thời điểm C, thì số tiền lãi mà CĐT có thể lợi dụng được sẽ là:

$$L_{AB(\min)} = L_{AB(\min)} \times (1+E)^{TTC} = (ExVxt - 0,5 \times v_B \times E) \times (1+E)^{TTC}$$

$$= 150 \times (1+0,07)^3 = 183,75 \text{ tỷ VNĐ}$$

$$L_{AB(\max)} = L_{AB(\max)} \times (1+E)^{TTC} = (ExVxt) \times (1+E)^{TTC}$$

$$= 175 \times (1+0,07)^3 = 214,375 \text{ tỷ VNĐ}$$

#### Nhận xét:

• Các công thức trình bày tại (2) và (4) cho thấy: Hiệu quả kinh tế hoặc trị số thiệt hại được xác định bằng 'Hiệu quả kinh tế đơn vị' nhân với 'diện tích hình phân phối vốn', hoặc 'Trị số thiệt hại/chiếm dụng' được xác định bằng 'Trị số thiệt hại do ứ đọng vốn đơn vị hoặc lãi vay' nhân với 'diện tích hình thể hiện hiệu quả phát huy cần xác định'. Do vậy, khi phân phối vốn không đều theo thời gian hoặc hiệu quả kinh tế cần so sánh có biến động, người tính toán sẽ phải thông qua công cụ toán học để xác định diện tích hình phân phối vốn hoặc xác định diện tích hình thể hiện hiệu quả phát huy cần xác định; từ đó thay vào công thức (2) hoặc (4) cho thích hợp.

• Thông qua mục 2.2 dễ dàng nhận thấy: Nếu khâu lập, kiểm tra, thẩm định và giám sát tiến độ thi công các dự án đầu tư nói chung và DA ĐTPĐT nói riêng không chặt chẽ, không đủ cơ sở khoa học sẽ rất dễ gây thất thoát cũng như tham nhũng hoặc làm giàu cho lợi ích nhóm.

### 3. KẾT LUẬN

Qua đánh giá thực trạng quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị điển hình trên địa bàn tỉnh Bình Dương, tác giả đã đề xuất phương pháp xác định hiệu quả/thiệt hại kinh tế khi thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị vượt hoặc chậm tiến độ tại Bình Dương. Các giải pháp này nhằm quản lý tiến độ thực hiện dự án khu đô thị một cách tiết kiệm và đạt hiệu quả cao nhằm tăng lợi ích của CĐT, tăng lợi ích phát triển kinh tế cho quốc gia và đảm bảo lợi ích của người dân trong khu vực nơi đặt DAĐT.

Để tạo điều kiện thuận lợi đẩy nhanh tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị, tác giả có một số kiến nghị sau: nghiên cứu đã chứng minh được chậm tiến độ ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư cho một số dự án cụ thể tại Bình Dương nhưng chưa đưa ra công thức cụ thể, các thể loại dự án điển hình cho các dự án. Tác giả nhận thấy cần nghiên cứu tiếp về lợi nhuận gộp cho các doanh nghiệp đầu tư xây dựng phát triển đô thị; đồng thời nghiên cứu đồng bộ ảnh hưởng của tiến độ thực hiện dự án đầu tư phát triển đô thị đến chi phí đầu tư xây dựng công trình trong dự án; Mức độ ảnh hưởng của các giải pháp kỹ thuật thi công tiên tiến; nguồn vật liệu chất lượng, để thi công trong việc đẩy nhanh tiến độ các dự án phát triển đô thị.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bùi Mạnh Hùng, Lê Anh Dũng (2018). Kinh tế đầu tư phát triển đô thị. NXB Xây dựng.
- [2]. Bùi Mạnh Hùng, Trần Ngọc Phú, Bùi Việt Thi (2022). Cẩm nang đầu tư - Kinh tế - Quản lý chi phí đầu tư xây dựng. NXB Xây dựng.
- [3]. Al-Momani, A. H., (2000). *Construction Delay: A Quantitative Analysis*. International Journal of Project Management, vol. 18.
- [4]. Assaf S. A. and Al-Hejji, S.A., (2006). *Causes Of Delay in Large Construction Projects*. International Journal of Project Management, vol. 24, no. 4.
- [5]. Al-Kharashi, Adel., and Skitmore, Martin., (2009). *Causes Of Delays in Arabian Public Sector Construction Projects*. Construction Management and Economics, vol. 27 (1).
- [6]. Long, L. H., Lee, Y. D. and Lee, J. Y., (2008). *Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects: A Comparison with Other Selected Countries*. Journal Of Civil Engineering, vol. 12, no. 6.

# Kết quả nghiên cứu một số đặc tính của gạch tái chế từ bạt nhựa HDPE sử dụng trong nuôi thủy sản ở Bến Tre

Outcomes of research regarding some characteristics of recycled bricks made of plastic tarpaulins hdpe utilized in ben tre aquaculture

> LÊ ANH THẮNG<sup>1</sup>, PHẠM QUỐC HUY<sup>2</sup>, PHẠM MẠNH ĐÌNH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM

<sup>2</sup>Phân viện Nghiên cứu Hải sản phía Nam

<sup>3</sup>Công ty cổ phần Pando

## TÓM TẮT

Nhựa HDPE (High-Density Polyethylene) thường được sử dụng rất nhiều trong ngành nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là trong việc sử dụng bạt nhựa lót đáy ao tôm. Đây là một loại nhựa có nhiều đặc tính vượt trội, nhưng thường bị lãng phí sau khi sử dụng. Tuy nhiên, nhựa HDPE có thể được tái sử dụng làm vật liệu xây dựng nhờ vào các đặc tính tốt của nó. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về việc tái sử dụng nhựa HDPE để làm gạch nhựa lát nền. Gạch làm từ nhựa HDPE không chỉ đẹp mắt và đáp ứng được các yêu cầu về ngoại quan giống như gạch lát nền làm từ vật liệu bê tông xi măng, mà còn có cường độ chịu nén và uốn tốt. Hơn nữa, gạch từ nhựa HDPE cũng có khả năng chịu mài mòn tốt và gần như không hút nước. Nghiên cứu này giúp tạo ra thêm một lựa chọn về gạch lát nền, thân thiện với môi trường và đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật trong xây dựng.

**Từ khóa:** Gạch làm từ nhựa HDPE; thí nghiệm nén; thí nghiệm uốn; thí nghiệm độ mài mòn; thí nghiệm độ hút nước.

## ABSTRACT

HDPE (High-Density Polyethylene) plastic is frequently used in aquaculture, particularly for covering shrimp lakes with plastic tarpaulins. Although this plastic possesses numerous remarkable qualities, it is frequently overlooked following its use. HDPE plastic, on the other hand, is reusable as a material for construction due to its advantageous properties. The results of a study on the reuse of HDPE plastic to create plastic flooring tiles are presented in this article. In addition to being aesthetically pleasing and meeting the same aesthetic standards as cement concrete floor tiles, HDPE plastic tiles also possess excellent compressive and bending strengths. Additionally, HDPE plastic tiles are resistant to abrasion and virtually do not absorb water. This research facilitates the development of a flooring tile option that satisfies construction specifications while also being environmentally friendly.

**Keywords:** Plastic HDPE flooring tiles; compression test; bending test; abrasion test; water absorption test.

## 1. MỞ ĐẦU

Trong ngành nông nghiệp nói chung, đặc biệt là nuôi trồng thủy sản, rác thải nhựa là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường. Trong số các loại nhựa phổ biến được sử dụng trong ngành này, nhựa HDPE (High-Density Polyethylene) là một loại nhựa thân thiện với môi trường và có đặc tính vượt trội, nhưng thường bị lãng phí sau khi sử dụng. Điều này gây ra một chuỗi hệ quả tiêu cực cho môi trường nước và các loài sinh vật sống dưới nước, bao gồm sự ô nhiễm môi trường, tổn thương đến sinh thái và mất cân bằng sinh thái.

Trong bối cảnh này, nghiên cứu và đề xuất giải pháp tái sử dụng nhựa HDPE trong ngành nuôi trồng thủy sản là cực kỳ cấp thiết. Tái sử dụng nhựa HDPE không chỉ giúp giảm thiểu lượng rác thải nhựa

và ô nhiễm môi trường, mà còn là cơ hội để tận dụng lại tài nguyên quý giá, đồng thời tạo ra một chuỗi giá trị tái chế và kinh tế.

Đề xuất giải pháp tái sử dụng nhựa HDPE trong nuôi trồng thủy sản không chỉ đáng xem xét từ quan điểm môi trường, mà còn mang lại nhiều lợi ích kinh tế và xã hội. Tận dụng lại nhựa HDPE giúp giảm chi phí vật liệu, nâng cao hiệu suất và tăng tính cạnh tranh của ngành nuôi trồng thủy sản. Ngoài ra, việc thúc đẩy sử dụng nhựa HDPE tái sử dụng cũng có thể tạo ra một tín hiệu tích cực và truyền cảm hứng cho các ngành công nghiệp khác và cộng đồng xã hội, khuyến khích họ tham gia vào các hoạt động bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Tỉnh Bến Tre nằm trong vùng ĐBSCL, một khu vực có nền kinh tế chủ yếu là nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Nghiên cứu và tái chế nhựa đã qua sử dụng là giải pháp cần thiết trong ngành nuôi

thủy sản tại Bến Tre không chỉ đem lại lợi ích bảo vệ môi trường, mà còn nâng cao hiệu quả sản xuất và cải thiện chất lượng cuộc sống cho cộng đồng địa phương. Hơn thế nữa, tái sử dụng nhựa HDPE đã qua sử dụng không chỉ giúp giảm chi phí nguyên vật liệu cho ngành nuôi thủy sản, mà còn tạo ra cơ hội kinh doanh mới. Quá trình tái chế và chế biến nhựa HDPE có thể tạo ra cơ hội việc làm, thúc đẩy hoạt động kinh tế địa phương và đem lại lợi ích kinh tế cho cộng đồng. Đây là một bước tiến quan trọng trong hướng tới một ngành nuôi trồng thủy sản bền vững, thân thiện với môi trường và hướng đến sự phát triển xanh của đất nước.

## 2. CÁC ĐẶC TÍNH QUAN TRỌNG CỦA HDPE

HDPE có nhiều đặc tính nên được sử dụng khá rộng rãi. HDPE là vật liệu polyme nhiệt dẻo, sở hữu các đặc tính như dễ gia công, tương thích sinh học tốt và khả năng tái chế cao [1]. Khả năng tương thích sinh học là khả năng cấy vào cơ thể và có thể tồn tại hài hòa với mô, không gây ra những thay đổi có hại. HDPE được sử dụng trong các ngành công nghiệp khác nhau để chế tạo bao bì, bộ phận cơ thể nhân tạo như tay, chân, răng ... và mô cấy, màng thẩm thấu lỏng và ống cách nhiệt trong các hệ thống nhiệt [2] [3]. HDPE cũng được sử dụng rộng rãi trong ngành địa kỹ thuật, đặc biệt là trong vải địa kỹ thuật, do độ bền và đặc tính lâu dài của nó [4]. Ngoài ra, người ta còn dùng HDPE để làm vật liệu cách nhiệt, cho dây cáp điện cao thế [5], dựa vào đặc tính cơ nhiệt tốt của HDPE. Hơn nữa, HDPE có thể được tái sử dụng vì quá trình tái chế không gây ra sự thay đổi đáng kể về tính chất cơ và nhiệt của HDPE.

HDPE là một trong những loại nhựa phổ biến nhất được sử dụng trong công nghiệp, do chi phí thấp. Lượng chất thải HDPE ngày càng

Bảng 1. Các thông số khảo sát đối với vật liệu gạch nhựa HDPE

Số mẫu	Loại nhựa	Thí nghiệm	Kích thước mẫu (mm)	Khối lượng HDPE (kg)	Khối lượng cát (kg)
Mẫu số 01, 02, 03	HDPE	Khối lượng riêng	40 x 40 x 160	0,51	1,11
		Nén			
		Uốn			

Dựa trên việc kiểm định vật liệu làm gạch về mặt cường độ, mẫu vật liệu gạch con sâu được chế tạo với kích thước gạch là 230x110x50mm. Đối với gạch nhựa HDPE, cảm quan về bề mặt gạch được khảo sát theo TCVN. Cụ thể là TCVN 6476: 1999, qui định về Gạch bê tông tự chèn [6], TCVN 6355:2009 quy định về Gạch xây - Phương pháp thử [7], và TCVN 6065:1995 quy định về Gạch xi măng lót nền [8].

### 3.2. Sơ chế nguyên liệu

#### Bước 1: Thu gom bọt nhựa phế thải

Công tác này sẽ thu gom trực tiếp bọt nhựa vừa sử dụng lót ao, đầm tại địa phương, là loại vật liệu phế phẩm, thải ra môi trường còn gọi là rác thải, được vận chuyển về nơi sản xuất là sản phẩm thô chưa qua bất kỳ công tác xử lý hay làm sạch nào.

#### Bước 2: Phân loại

Phân loại nhựa thành các loại nhựa có kích thước khác nhau. Theo nhóm kích thước lớn (từ 2m<sup>2</sup> trở lên) và nhóm kích thước nhỏ (nhỏ hơn từ 2m<sup>2</sup>). Bước này giúp cho quá trình cắt, nghiền nhỏ các tấm bọt được nhanh hơn.

#### Bước 3: Cắt, nghiền

Bọt nhựa HDPE được cắt nhỏ bằng máy băm. Máy này được thiết kế để cắt và nghiền các tấm bọt nhựa HDPE thành vảy nhựa nhỏ, với kích thước 1-2cm. Máy cắt giúp tăng năng suất, giảm thiểu sự phụ thuộc vào công việc thủ công và đảm bảo kết quả đồng nhất cho quá trình sản xuất, tiết kiệm thời gian và công sức lao động.

#### Bước 4: Làm sạch

Vảy nhựa được làm sạch bằng nước, đầu tiên, nó là một phương pháp không gây ô nhiễm môi trường, vì nước có thể được xử lý và

tăng khiến nó gây hại cho môi trường. Vì vậy, các quy trình tái chế nhựa HDPE cần được nghiên cứu và đưa vào cuộc sống. Nhóm tác giả Louisiana, Chrysafi. [5] đã thực hiện các thực nghiệm so sánh các tính chất của HDPE tái chế (r-HDPE) với HDPE nguyên sinh. Họ đã dùng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) để nghiên cứu cấu trúc của HDPE. Các đặc tính nhiệt của HDPE nguyên sinh và r-HDPE được đo bằng phân tích nhiệt trọng lượng (thermogravimetric analysis) và phép đo nhiệt lượng quét vi sai (differential scanning calorimetry). Các tính chất cơ học được kiểm tra bằng thí nghiệm kéo để xác định cường độ chịu kéo. Kết quả thực nghiệm đã chỉ ra rằng r-HDPE không có bất kỳ sự khác biệt đáng kể nào về cấu trúc và đặc tính nhiệt so với HDPE nguyên sinh. Ngoài ra, kết quả kéo mẫu cho thấy r-HDPE có độ bền kéo tăng nhẹ. Do đó, quá trình cơ học được sử dụng để sản xuất r-HDPE đã không gây ảnh hưởng đến tính chất chung của HDPE. Nói cách khác, HDPE rất thích hợp cho các quá trình tái chế bằng phương pháp cơ học.

## 3. THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM VÀ SƠ CHẾ NGUYÊN LIỆU

### 3.1. Thiết kế thí nghiệm

Bạt nhựa phế thải được tập hợp từ công tác thu gom trực tiếp tại các cơ sở nuôi thủy sản ở tỉnh Bến Tre. Nhựa thu gom là loại nhựa dùng để lót ao, đầm nuôi tôm, chúng được mang về phòng thí nghiệm, là sản phẩm thô chưa qua bất kỳ công tác xử lý hay làm sạch nào.

Kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây của Công ty Cổ phần Pando sản xuất gạch từ nhựa HDPE về tỉ lệ HDPE và cát như trong Bảng 1. Các yếu tố về nhiệt độ, tốc độ trộn, thời gian trộn hỗn hợp, độ uốn và độ nén của gạch nhựa HDPE sẽ được thực hiện bởi 03 mẫu thí nghiệm để xác định giá trị trung bình.

tái sử dụng sau quá trình rửa. Ngoài ra, việc sử dụng nước giúp loại bỏ các tạp chất lơ lửng một cách hiệu quả, đảm bảo rằng bọt nhựa thải, đã qua sử dụng, được làm sạch và sẵn sàng cho quá trình tái chế tiếp theo.

Bạt nhựa HDPE, đã được cắt nhỏ đưa vào trong một hệ thống có nước chảy tuần hoàn. Nước rửa chảy qua các vảy nhựa, giúp loại bỏ các tạp chất, bụi bẩn và các lơ lửng trên bề mặt của vảy nhựa. Dòng chảy của nước sẽ làm các tạp chất bị cuốn đi và được loại bỏ khỏi vảy nhựa.

#### Bước 5: Làm khô

Tiếp theo là quá trình loại nước ra khỏi vảy nhựa. Vảy nhựa cần được đảm bảo không còn nước dính hoặc bám trên bề mặt. Các phương pháp sấy khô cần được thực hiện nhằm loại bỏ hoàn toàn nước khỏi vảy nhựa. Sấy khô là một trong những công đoạn quan trọng trong quá trình sản xuất gạch nhựa HDPE.

Quá trình sấy khô đòi hỏi việc sử dụng các thiết bị và công nghệ phù hợp để tách nước ra khỏi vảy nhựa. Thông qua quá trình gia nhiệt và hút ẩm, nhiệt độ và áp suất được điều chỉnh để làm bay hơi nước, từ đó làm khô các vảy nhựa.

Việc xử lý khô bọt nhựa HDPE có vai trò quan trọng trong quá trình tái chế HDPE thành gạch nhựa. Nếu không loại bỏ hoàn toàn nước từ bọt nhựa, có thể gây ảnh hưởng đến quá trình sản xuất gạch nhựa và chất lượng của sản phẩm cuối cùng. Kỹ thuật sấy khô phù hợp sẽ đảm bảo không tiêu tốn quá nhiều năng lượng cho việc sấy khô và loại bỏ được nước trên bề mặt vảy nhựa. Điều này đòi hỏi sự quan tâm và nghiên cứu cẩn thận từ phía các kỹ sư và nhà nghiên cứu để đảm bảo rằng quy trình quy trình sấy khô được thực hiện hiệu quả và đáp ứng được yêu cầu của thành phẩm vảy nhựa.

### 3.3. Phương pháp và thiết bị thí nghiệm

Máy thí nghiệm nén và uốn vừa xi măng của hãng MATEST lực nén tối đa 300 kN và lực uốn tối đa 15 kN. Hình 1a thể hiện máy thí nghiệm nén và uốn gồm hai buồng gia tải tách biệt. Thí nghiệm nén và uốn mẫu vật liệu nhựa HDPE được thực hiện theo qui định của TCVN 3121-11:2003. Kích thước mẫu được sử dụng với thiết bị có kích thước 40x40x160 mm. Mẫu được thí nghiệm uốn ở buồng uốn đến khi bị gãy làm hai đoạn. Sau khi mẫu đã bị gãy làm hai đoạn, các đoạn gãy tiếp tục được đưa vào buồng nén để thí nghiệm cường độ chịu nén. Tốc độ nén và uốn mẫu lần lượt là 0,4 kN/giây và 0,025 kN/giây.

Thiết bị thử độ mài mòn của mẫu gạch nhựa được thể hiện minh họa trong Hình 1b. Mẫu mài được cưa ra từ 5 viên, mỗi viên gạch chỉ cưa lấy một viên mẫu, với kích thước là 50mm x 50mm. Trước khi tiến hành mài, cân từng viên mẫu, chính xác đến 0,1g và đo chiều dài các cạnh mẫu chính xác đến 0,1mm rồi tính diện tích mặt mài của mẫu. Lắp viên mẫu vào khuôn và chất tải lên mẫu với lực nén 0,6 daN/cm<sup>2</sup>. Đổ 20g cát mài vào phễu chứa cát và điều chỉnh van phễu cát cho máy chạy và mẫu chịu mài mòn với chiều dài 30m và sao cho khi máy dừng, cát trong phễu cũng rơi hết xuống đĩa mài. Quét lớp cát mài trên đĩa bỏ đi, đổ 20g cát mài khác vào và lại cho máy chạy để 150 mét dài thì dừng máy, lấy mẫu ra và cân chính xác đến 0,1g.



(a)



(b)

Hình 1. Các thiết bị thí nghiệm: (a) nén và uốn, (b) đo độ mài mòn

### 4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ KIỂM ĐỊNH

#### 4.1. Thí nghiệm về nhiệt độ

Để tạo ra sản phẩm từ cát và bột nhựa HDPE, trước tiên, nhiệt độ cát được liên tục kiểm tra và điều chỉnh trong suốt quá trình trộn để đảm bảo quá trình trộn diễn ra đúng mức nhiệt độ yêu cầu.

- Nhiệt độ cát trộn rơi vào khoảng giá trị từ 220°C đến 250°C, là nhiệt độ thích hợp để cho nhựa HDPE đã cắt nhỏ, xử lý từ các bước trên vào trộn chung.

- Sau khi bỏ vảy nhựa vào cát đang trộn thì nhiệt độ của hỗn hợp bị giảm xuống chỉ còn tầm khoảng từ 140°C đến 170°C vì lúc này vảy nhựa vẫn đang mang nhiệt độ môi trường tự nhiên.

- Sau quá trình liên tục vừa trộn và kiểm tra nhiệt độ hỗn hợp, ta thấy nhiệt độ của hỗn hợp tăng dần từ khi bỏ vảy nhựa vào lúc từ 140°C đến 170°C, hỗn hợp đã tăng nhiệt độ lên 240°C, 300°C và 320°C. Với nhiệt độ dao động từ 300°C đến 320°C, hỗn hợp sẽ bị nóng chảy thành một hỗn hợp đồng nhất có tính bám dính. Đến giai đoạn này, quá trình cho hỗn hợp vào khuôn định hình gạch con sấu sẽ được triển khai và lèn chặt để đạt được hình dạng cũng như các tiêu chí về độ nén và độ uốn.

Với mục đích cho phần thông số xác định sau giai đoạn tạo vật liệu mới này, người thí nghiệm sẽ tạo liên tục 03 mẫu để nâng cao tính xác thực cho kết quả thí nghiệm thu được. Sản phẩm mẫu thu được, bề mặt mẫu chưa nhẵn và phẳng.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm về nhiệt độ việc sản xuất gạch từ nhựa HDPE

Mẫu số	Nhiệt độ (°C)		
	Nóng chảy	Cát bỏ nhựa vào	Sau khi bỏ nhựa
01	300	220	140
02	310	240	170
03	320	250	160

#### 4.2. Thí nghiệm về độ uốn

Sau khi có các mẫu gạch, chúng được đặt trong thiết bị uốn gạch trong phòng thí nghiệm (Hình 1a). Buồng thử nghiệm uốn có hai gối tựa cố định, và một bộ phận tạo lực uốn ở chính giữa hai gối cố định, như Hình 2. Thí nghiệm dạng uốn ba điểm. Kết quả lực lớn nhất gây ra gãy mẫu được ghi nhận lại, thiết bị tự động tính ra cường độ kéo uốn của mẫu, Hình 2.



Hình 2. Đặt mẫu vào buồng uốn và kết quả uốn mẫu

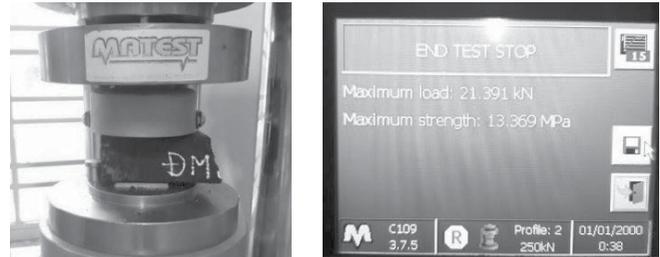
Bảng 3. Kết quả thí nghiệm uốn mẫu vật liệu gạch nhựa HDPE

Tên mẫu	Thí nghiệm	Tỉ lệ (kN/giây)	Bắt đầu (kN)	Kết thúc	Kích thước mẫu (mm)	Kết quả (MPa)
U-HDPE-MAU1	UỐN	0,025	0,05	10%	39 x 40 x 159	20,18
U-HDPE-MAU2					39 x 40 x 159	14,42
U-HDPE-MAU3					39 x 40 x 159	17,32

Kết quả của thí nghiệm uốn cung cấp thông tin quan trọng về tính chất cơ học của gạch nhựa HDPE. Kết quả thí nghiệm uốn từ 3 mẫu được trình bày trong Bảng 3.

#### 4.3. Thí nghiệm về độ chịu nén

Trong thí nghiệm nén gạch, các mẫu vật liệu gạch nhựa HDPE sau khi đã gãy từ thí nghiệm nén được đặt vào buồng nén để tiến hành thử nén. Các mẫu vật liệu được đặt giữa hai má ép bằng thép kích thước 40x40mm. Lực nén được áp dụng từ từ lên các mẫu đến khi phá hoại mẫu. Kết quả lực nén tối đa của mẫu thử được ghi nhận. Cường độ phá hoại mẫu được tính toán tự động, xem Hình 3. Kết quả thí nghiệm nén mẫu vật liệu gạch nhựa HDPE được tóm tắt trong Bảng 4.



Hình 3. Mẫu được đặt vào buồng nén và kết quả nén mẫu

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm nén của các mẫu gạch nhựa HDPE

Tên mẫu	Thí nghiệm	Tỉ lệ (kN/giây)	Bắt đầu (kN)	Kết thúc	Kích thước mẫu (mm)	Kết quả (MPa)
N-HDPE-MAU1	NÉN	0,4	0,1	20%	39 x 40 x 157	12,55
N-HDPE-MAU2					39 x 40 x 157	13,37
N-HDPE-MAU3					39 x 40 x 157	13,28

#### So sánh kết quả thực nghiệm với yêu cầu của gạch Terrazzo

Bảng 5 thể hiện so sánh kết quả thí nghiệm mẫu vật liệu nhựa HDPE và các thông số yêu cầu của gạch Terrazzo, qui định trong tiêu chuẩn TCVN 7744:2013 [9]. Cường độ uốn của mẫu vật liệu nhựa HDPE lớn gấp ba lần so với cường độ uốn yêu cầu của gạch Terrazzo. Đây là ưu điểm nổi bật của mẫu vật liệu nhựa HDPE. Khả năng chịu uốn cao có thể giúp giảm đáng kể chiều dày của viên gạch nhựa so với gạch Terrazzo. Chiều dày của viên gạch nhựa giảm có thể dẫn đến giảm khối lượng của viên gạch, mặc dù khối lượng riêng của vật liệu gạch HDPE là tương đối nhỏ. Mẫu vật liệu gạch HDPE có cường độ nén trung bình là 13,1 MPa, trong khi đó cường độ chịu nén không được qui định cho gạch Terrazzo.

Bảng 5. So sánh kết quả thí nghiệm với thông số yêu cầu của gạch Terrazzo

Chỉ tiêu	Đơn vị	Gạch Terrazzo	Mẫu vật liệu gạch HDPE
Cường độ uốn ngang trung bình, không nhỏ hơn	MPa	3,5-5,0	17,3
Cường độ uốn ngang từng mẫu, không nhỏ hơn	MPa	2,8-4,0	14,4
Cường độ nén	MPa	-	13,1

#### 4.4. Kiểm định một số thông số chính của gạch

Hình 4 thể hiện gạch nhựa HDPE, gạch có màu đen láy của bột nhựa ao tôm lấy tại huyện Bình Đại, tỉnh Bến Tre. Gạch có cạnh đẹp không bị mẻ cạnh. TCVN 6476-1999 [6] quy định như sau: (1) độ cong vênh không lớn hơn 1mm, độ cong vênh là vết lõm ở mặt viên gạch, (2) số vết nứt vỡ các góc cạnh không lớn hơn 2mm, vết nứt vỡ sâu từ 2 đến 4mm và dài từ 5 đến 10mm, (3) số vết nứt không lớn hơn 1, vết nứt có chiều dài không quá 20mm. Kết quả khảo sát

khuyết tật trên bề mặt của gạch (xem Bảng 6) cho thấy viên gạch nhựa HDPE đảm bảo yêu cầu về ngoại quan.



Hình 4. Mẫu gạch nhựa HDPE

Kết quả thử nghiệm độ sai lệch kích thước của gạch được đánh giá qua các tiêu chuẩn TCVN 6476-1999 [6]. TCVN 6476-1999[6] quy định sai lệch kích thước theo chiều dài và rộng là nhỏ hơn 2mm, và sai lệch chiều dày là nhỏ hơn 3mm. Số lượng mẫu thử nghiệm là năm, các trị số kích thước gạch đo đạc được dùng để xác định giá trị trung bình và độ lệch chuẩn trong Bảng 6. Số liệu kiểm tra cho thấy gạch nhựa HDPE đáp ứng được yêu cầu về độ sai lệch kích thước.

Bảng 6. Kết quả đánh giá độ sai lệch kích thước và ngoại quan của gạch HDPE

Nội dung	1	2	3	4	5	Trung bình	Độ lệch
Chiều dài (mm)	230,1	230,1	230,0	230,2	230,1	230.1	0.07
Chiều rộng (mm)	110,1	110,2	110,6	110,2	110,5	110.3	0.20
Chiều dày (mm)	50,2	50,1	50,1	50,0	50,0	50.1	0.09
Độ cong vênh, vết lõm ở mặt viên gạch (mm)	0,70	0,90	0,65	0,50	0,75	0.70	0.15
Số vết nứt vô các góc cạnh sâu từ 2 đến 4mm, dài từ 5 đến 10mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.00	0.00
Số vết nứt có chiều dài không quá 20mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.00	0.00

Độ hút nước của gạch được thực hiện theo TCVN 6065-1995 [8]. Kết quả kiểm tra độ hút nước của gạch nhựa HDPE được ghi trong Bảng 7. Trị trung bình của độ hút nước đo được là 0,84%. Giá trị này

thấp hơn độ ẩm cho phép, qui định theo TCVN 6065-1995 [8], là bằng 10%. Kết quả này cho thấy độ hút nước của gạch nhựa HDPE là rất thấp.

Bảng 7. Kết quả đánh giá độ hút nước của gạch HDPE

Nội dung	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
Khối lượng mẫu sấy khô (g)	1840	1809.5	1894	2013.5	1917.5
Khối lượng mẫu bão hoà nước (g)	1867.5	1825	1908.5	2019	1933.5
Độ hút nước (%)	1.49	0.86	0.77	0.27	0.83
Trung bình (%)	0.84				

Kết quả kiểm tra độ mài mòn của gạch nhựa HDPE được ghi trong Bảng 8. Thiết bị đo độ mài mòn của mẫu vật liệu gạch được thể hiện ở H. Độ mài mòn của gạch được thực hiện theo TCVN 6065-1995 [8], đạt trị trung bình là 0,07 (g/cm<sup>2</sup>). Giá trị này thấp hơn giá

trị cho phép bằng 0,45(g/cm<sup>2</sup>), quy định theo TCVN 6065-1995 [8]. Kết quả này cho thấy khả năng chống mài mòn của gạch nhựa HDPE là rất tốt.

Bảng 8. Kết quả đánh giá độ mài mòn của gạch nhựa HDPE

Nội dung	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
Khối lượng trước mài mòn (g)	183,7	182,8	182,3	168,3	145,8
Khối lượng sau mài mòn (g)	182,0	178,9	179,0	166,3	142,6
Diện tích mặt mài (cm <sup>2</sup> )	24,2	25,4	25,2	24,1	25,2
Độ mài mòn (g/cm <sup>2</sup> )	0,07				

### 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ nghiên cứu và đề xuất giải pháp, có thể thấy rằng việc tái sử dụng nhựa HDPE trong ngành nuôi trồng thủy sản tại Bến Tre không chỉ có tiềm năng mang lại lợi ích cho môi trường mà còn là một cơ hội để tạo ra giá trị kinh tế và xã hội. Qua việc tái sử dụng nhựa HDPE thành sản phẩm vật liệu xây dựng mới, chúng ta có thể đóng góp vào việc xây dựng một ngành nông nghiệp nuôi trồng thủy sản phát triển bền vững và đáp ứng được các thách thức của tương lai. Gạch nhựa HDPE đẹp, đáp ứng được yêu cầu về ngoại quan của gạch lát nền làm bằng vật liệu bê tông xi măng. Gạch nhựa HDPE có cường độ chịu uốn tốt, đạt 14,4 MPa, và cường độ chịu nén 13 MPa. Ngoài ra, gạch còn có khả năng chịu mài mòn tốt và gần như không hút nước.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] P., Pandit., Chang-Lun, Liu., Scott, T., Iacono., Giancarlo, Corti., Yingbin, Hu. (2022). Microstructural Characterization and Property of Carbon Fiber Reinforced High-Density Polyethylene Composites Fabricated by Fused Deposition Modeling. *Materials*, doi: 10.3390/ma16010180.

[2] Aizada, Kalmagambetova., Tatyana, Bogoyavlenskaya. (2021). Effect of physical properties of samples on the mechanical characteristics of high-density polyethylene (HDPE). *Advances in materials research*, doi: 10.12989/AMR.2021.10.1.067.

[3] Fernando, Luiz, Lavoie., Fernando, Luiz, Lavoie., Marcelo, Kobelnik., Clever, Aparecido, Valentin., Jefferson, Lins, da, Silva. (2020). Durability of hdpe geomembranes: an overview. *Química Nova*, doi: 10.21577/0100-4042.20170540.

[4] Adnan, Fazal., M., Hao., Alun, S., Vaughan., George, Chen., J., Cao., H., Wang. (2016). The effect of composition and processing on electric characteristics of XLPE in HVDC cable applications. doi: 10.1109/EIC.2016.7548632.

[5] Ioulia, Chrysafi., T., Asimakidou., Georgia, Michailidou., Eleftheria, Xanthopoulou., Christina, Tziamtzi., Alexandra, Zamboulis., Dimitrios, N., Bikiaris. (2022). Characterization of the Thermal, Structural, and Mechanical Properties of Recycled HDPE. *Macromolecular Symposia*, doi: 10.1002/masy.202100224

[6] TCVN 6476: 1999, Quy định về Gạch bê tông tự chèn.

[7] TCVN 6355:2009, Quy định về Gạch xây - Phương pháp thử.

[8] TCVN 6065:1995, Quy định về Gạch xi măng lót nền.

[9] TCVN 7744:2013, Quy định về Gạch Terazo.

# Nhận dạng suy giảm độ cứng tiết diện kết cấu bằng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận

## Identification of stiffness reduction in structure by consecutive method of the forward

TS NGUYỄN XUÂN BÀNG

Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; Email: [nxb@lqdtu.edu.vn](mailto:nxb@lqdtu.edu.vn)

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp giải bài toán nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện của kết cấu. Bài toán đặt ra được giải theo phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận dựa trên cơ sở cực tiểu hóa độ lệch quân phương - là tổng bình phương sai số giữa các giá trị tần số dao động riêng đo đạc và tần số dao động riêng tính toán - kết hợp với phương pháp phần tử hữu hạn. Từ kết quả tính toán bằng số, có thể khẳng định mô hình, thuật toán và chương trình tính là tin cậy, có thể sử dụng để nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện của kết cấu.

**Từ khóa:** Suy giảm; độ cứng tiết diện; tần số dao động riêng; tính toán; đo đạc.

### ABSTRACT

This paper presents the results of identification of stiffness reduction in structure. The problem is solving by the consecutive forward problem of structure analysis and minimize the squared error between the measured and calculated natural frequencies of the actual structure and finite element model. From the numerical calculation shows, models, algorithms, and calculation programs are reliable. The program can be used to of stiffness reduction in structure.

**Keywords:** Reduction; stiffness; natural frequencies; calculate; measure.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, việc xác định trạng thái kỹ thuật của kết cấu là rất cần thiết và hết sức quan trọng, trạng thái kỹ thuật của kết cấu phụ thuộc nhiều vào sự thay đổi của các tham số kết cấu như suy giảm độ cứng tiết diện, hư hỏng cục bộ, xuất hiện vết nứt, suy giảm liên kết với môi trường, ... Với kết cấu ban đầu, độ cứng tiết diện là một tham số biết trước, tuy nhiên, trong quá trình vận hành khai thác, có nhiều trường hợp độ cứng tiết diện không đủ điều kiện xác định như:

- Có sự sai lệch trong quá trình thi công xây dựng so với hồ sơ thiết kế, sự thay đổi này không được ghi nhận trong hồ sơ hoàn công, vị trí tiết diện ở những vị trí khó sử dụng các kỹ thuật để có thể xác định được kích thước tiết diện, chất lượng của vật liệu;

- Trong quá trình khai thác sử dụng, tiết diện kết cấu có thể bị suy giảm độ cứng.

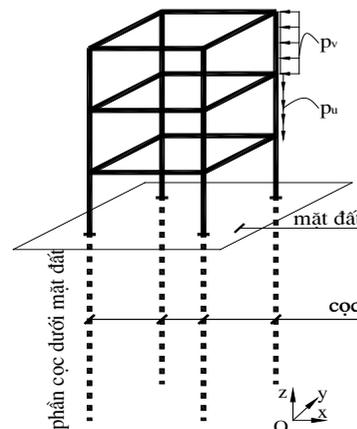
Do đó việc nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện ứng với trạng thái làm việc thực tế của kết cấu trên số liệu đo đạc hiện trường (tần số dao động riêng, chuyển vị, biến dạng, ...) là rất cần thiết.

Để giải bài toán nhận dạng kết cấu nói chung, nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện nói riêng, có thể áp dụng nhiều phương pháp như: phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận, ứng dụng ANN, phương pháp hàm phạt (penalty), phương pháp quy hoạch phi tuyến, ... [1, 3, 4, 5].

Trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận, đây là phương pháp có thể tận dụng các chương trình tính toán kết cấu hiện có, để nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện, là phương pháp hiệu quả trong trường hợp thông tin thu thập được không đầy đủ, nhiều dạng khác nhau, như bao gồm tần số dao động riêng, chuyển vị, biến dạng, ... [4,5].

### 2. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ KẾT CẤU

Khảo sát hệ kết cấu dưới dạng khung không gian chịu tác dụng tải trọng động (hình 1) trong hệ tọa độ vuông góc Oxyz.



**Hình 1.** Kết cấu khung không gian

Thừa nhận giả thiết biến dạng của hệ kết cấu là đàn hồi tuyến tính và bé. Mô hình tính của kết cấu được thể hiện trên hình 2.

Để tính toán các tham số dao động của hệ kết cấu sẽ sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH).

Phương trình chuyển động của hệ kết cấu theo phương pháp PTHH [2,5], sau khi đã đưa các điều kiện biên vào hệ, có thể thiết lập được dưới dạng:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{U}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{U}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{U}(t) = \mathbf{P}(t), \quad (1)$$

trong đó:  $U(t), \dot{U}(t), \ddot{U}(t)$  - tương ứng là các véc tơ chuyển vị, vận tốc và gia tốc nút của hệ kết cấu;

$M, K, C$  - tương ứng là các ma trận khối lượng, ma trận độ cứng, ma trận cản của hệ kết cấu;

$P(t)$  - véc tơ tải trọng quy nút của hệ kết cấu.

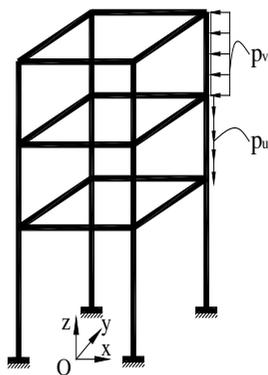
Ma trận cản của hệ kết cấu có thể tính theo ma trận khối lượng và ma trận độ cứng dưới dạng:

$$C = \alpha M + \beta K, \quad (2)$$

trong đó:  $\alpha, \beta$  - các hệ số phụ thuộc vào các tần số dao động riêng của hệ và hệ số cản nhớt của vật liệu.

Các ma trận của toàn hệ trong phương trình (1) có thể xây dựng từ các ma trận của các PTHH trong hệ bằng phương pháp "độ cứng trực tiếp" [2,5]. Dưới đây dẫn ra các ma trận của các PTHH đối với hệ kết cấu thanh không gian.

Các ma trận khối lượng  $m$ , ma trận độ cứng  $k$ , véc tơ tải trọng quy nút  $p$  của phần tử trong hệ tọa độ cục bộ được xác định theo [2,5].



Hình 2. Mô hình tính hệ kết cấu thanh không gian  
Phương trình dao động riêng của hệ:

$$KU(t) + M\ddot{U}(t) = 0 \quad (3)$$

Để giải (3), tác giả sử dụng phương pháp lặp Power- Sweeping [5].

### 3. BÀI TOÁN NHẬN DẠNG SUY GIẢM ĐỘ CỨNG TIẾT DIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Để xây dựng các thuật toán nhận dạng suy giảm độ cứng tiết diện, tác giả sử dụng phương pháp "giải liên tiếp các bài toán thuận" [2,4,5] của lý thuyết chẩn đoán kỹ thuật công trình với tham số nhận dạng là vị trí (số hiệu phần tử) và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện trên cơ sở các tần số dao động riêng đo đạc được bằng thử nghiệm động của kết cấu tại hiện trường.

Quá trình giải bài toán sẽ liên quan đến các nội dung tính toán động lực học công trình, với nó sẽ sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) mà các thuật toán của chúng đã được thiết lập trong [3,5].

Theo phương pháp này, sẽ phải giải nhiều bài toán thuận với các giá trị tham số nhận dạng thay đổi, trong nhiều trường hợp số lượng bài toán thuận cần giải là rất lớn (có thể đến hàng nghìn bài toán). Do đó việc sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu (thí dụ như SAP, LUCAS, ...) sẽ không khả thi, cần có một chương trình tính toán kết cấu, mà tích hợp trong đó khả năng tự động thay đổi tham số đầu vào (ở đây là phần tử có sự suy giảm độ cứng tiết diện).

Dưới đây là các bước xây dựng mô hình tính, thuật toán để giải bài toán nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện bằng phương pháp "giải liên tiếp các bài toán thuận"- Consecutive method of the forward problem:

1. Rời rạc hóa kết cấu công trình thành các PTHH.

2. Chọn véc tơ vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện  $SG = [pt_1 \ pt_2 \ \dots \ pt_n \ k_{SG1} \ k_{SG2} \ \dots \ k_{SGn}]^T$  làm tham số nhận dạng và chọn véc tơ tần số dao động riêng  $\Omega = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_m]$  của kết cấu làm tham số trạng thái của hệ.

3. Xác định các kích thước hình học của hệ kết cấu có tính đến các số liệu khảo sát trực quan tại hiện trường.

4. Tiến hành thí nghiệm đo đạc tại hiện trường các tần số dao động riêng thấp nhất (véc tơ tham số trạng thái) của kết cấu:

$\Omega^0 = [\omega_1^0 \ \omega_2^0 \ \dots \ \omega_i^0 \ \dots \ \omega_m^0]^T$ , với:  $\omega_i^0$  ( $i = 1 \div m$ ) - các tần số dao động riêng thấp nhất đo đạc được của kết cấu tại hiện trường.

5. Rời rạc hóa véc tơ tham số nhận dạng  $SG_i$  thành các bộ giá trị rời rạc (véc tơ), trong đó hệ số suy giảm độ cứng tiết diện trong khoảng biến thiên dự đoán.

6. Tính véc tơ tần số dao động riêng  $\Omega_j^c$  (véc tơ tham số trạng thái) của kết cấu công trình theo các véc tơ giá trị khác nhau của  $kr^j$  ta được:

$$\Omega_j^c = [\omega_{1j}^c \ \omega_{2j}^c \ \dots \ \omega_{ij}^c \ \dots \ \omega_{mj}^c]^T, \quad i = 1 \div m, j = 1 \div k,$$

với:  $\omega_{ij}^c$  - tần số dao động riêng tính toán thứ  $i$  tương ứng với  $kr^j$

7. Tính tổng bình phương độ lệch giữa  $\Omega_j^c$  và  $\Omega^0$ :

$$\delta_j^2 = \sum_{i=1}^m (\omega_{ij}^c - \omega_i^0)^2, \quad j = 1 \div k$$

8. Tìm giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:  $\delta_{\min}^2$

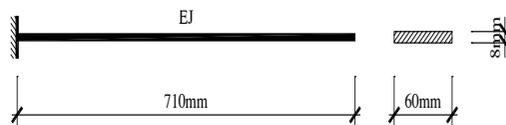
Véc tơ  $SG_{it} = SG^j$  tương ứng với  $\delta_{\min}^2$  sẽ là tham số nhận dạng (vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện) cần tìm.

Sau khi đã xác định được véc tơ vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện theo phương pháp ở trên, cập nhật vào sơ đồ tính kết cấu (trong chương trình tính kết cấu) sẽ xác định được các đại lượng cơ học của công trình (trạng thái chuyển vị, nội lực, ứng suất,... của kết cấu) tương ứng với tải trọng thiết kế, trên cơ sở đó sẽ đánh giá được trạng thái kỹ thuật hiện tại của công trình và đề xuất các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết để duy trì sự làm việc bình thường của công trình trong thời gian tiếp theo.

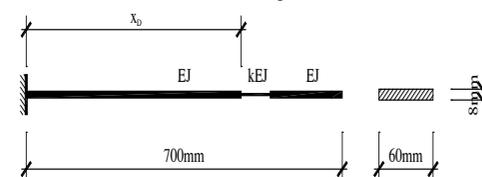
Với các thuật toán trên, tác giả đã xây dựng chương trình CMFP (Consecutive method of the forward problem) để giải bài toán nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện trong kết cấu theo mô hình kết cấu thanh không gian bằng ngôn ngữ MATLAB.

### 4. TÍNH TOÁN BẰNG SỐ

Tính toán bằng số dưới đây được thực hiện nhằm kiểm tra độ tin cậy của các thuật toán và chương trình đã lập. Nhận dạng vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện của kết cấu dầm conxon có dạng như hình 3.



Hình 3. Mô hình kết cấu của tính toán bằng số



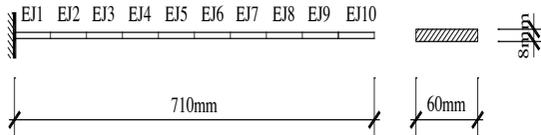
Hình 4. Tham số nhận dạng

\* Số liệu xuất phát.

- Kết cấu dầm thép một đầu ngàm (conxon) dài 710 mm, tiết diện 60x8 mm như trên hình 3; mô đun đàn hồi của thép:  $E=2,03.10^7 \text{ T/m}^2$ ; trọng lượng riêng thép:  $\gamma = \rho / g = 7,85 \text{ T/m}^3$ .

- Chọn sai số cho phép:  $\varepsilon = 0,5\%$

\* Rời rạc hoá PTHH đối với kết cấu: Được thể hiện trên hình 5 với 11 nút, 10 phần tử.



**Hình 5.** Sơ đồ tính

\* Trường hợp 1:

Coi kết cấu chỉ có 01 phần tử suy giảm độ cứng tiết diện (trên toàn bộ phần tử), với hệ số suy giảm  $k_{SG} = 0,8$  (80%), khi đó số lượng tham số cần nhận dạng là 01 tham số ( $pt_{11}$  - số hiệu phần tử suy giảm độ cứng tiết diện).

- Véc tơ đo đặc (giả định):

$$\Omega^0 = [\omega_1^0 \ \omega_2^0 \ \omega_3^0]^T = [12,78 \ 80,38 \ 225,76]^T \quad (a)$$

Đây thực chất không phải là các giá trị đo đặc thật mà là các tần số dao động riêng tính toán đối với kết cấu với 01 phần tử (số 1) suy giảm độ cứng, véc tơ vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện như sau:

$$SG = [pt_1]^T = [1]^T. \quad (b)$$

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$SG_{11} = [pt_{11}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 01 tham số.}$$

- Số trường hợp tính toán: Trong bài toán này, lần lượt cho từng phần tử suy giảm độ cứng tiết diện (10 phần tử, tương ứng có 10 trường hợp tính toán).

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:  $\delta_{\min}^2 = \delta_1^2 = 0,1327$ , tương ứng véc tơ tham số trạng thái

$$\Omega_3^c = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3]^T = [12,784 \ 80,383 \ 225,756]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là  $SG_{11} = [pt_1]^T = [1]^T \text{ kN.m}$ . Kết quả đúng với giá trị giả định ban đầu.

\* Trường hợp 2:

Coi kết cấu chỉ có 02 phần tử suy giảm độ cứng tiết diện (trên toàn bộ phần tử), với hệ số suy giảm  $k_{SG} = 0,8$  (80%), khi đó số lượng tham số cần nhận dạng là 02 tham số ( $pt_{11}$  - số hiệu phần tử suy giảm độ cứng tiết diện).

- Véc tơ đo đặc (giả định):

$$\Omega^0 = [\omega_1^0 \ \omega_2^0 \ \omega_3^0]^T = [12,52 \ 80,40 \ 221,46]^T \quad (c)$$

Đây thực chất không phải là các giá trị đo đặc thật mà là các tần số dao động riêng tính toán đối với kết cấu với 02 phần tử (số 3 và số 4) suy giảm độ cứng, véc tơ vị trí và hệ số suy giảm độ cứng tiết diện như sau:

$$SG = [pt_1 \ pt_2]^T = [3 \ 4]^T. \quad (d)$$

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$SG_{11} = [pt_{11} \ pt_{12}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 02 tham số.}$$

- Số trường hợp tính toán: Trong bài toán này, lần lượt cho từng cặp 02 phần tử suy giảm độ cứng tiết diện, có  $10 \times 9 = 90$  trường hợp tính toán.

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:  $\delta_{\min}^2 = \delta_{21}^2 = 0,1188$ , tương ứng véc tơ tham số trạng thái

$$\Omega_3^c = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3]^T = [12,516 \ 80,399 \ 221,463]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là  $SG_{11} = [pt_1 \ pt_2]^T = [3 \ 4]^T$ , là trường hợp các phần tử 3, 4 suy giảm độ cứng tiết diện với hệ số 80%. Kết quả đúng với giá trị giả định ban đầu.

\* Trường hợp 3:

Coi kết cấu chỉ có 02 phần tử suy giảm độ cứng tiết diện (trên toàn bộ phần tử), với hệ số suy giảm  $k_{SG}$  bằng nhau và có thể thay đổi từ 0,5 - 0,9 (50% - 90%), khi đó số lượng tham số cần nhận dạng là 03 tham số (02  $pt_{11}$  - số hiệu phần tử suy giảm độ cứng tiết diện, và 01 hệ số suy giảm  $k_{SG}$ ).

- Véc tơ đo đặc (giả định) như trường hợp 2.

- Tham số nhận dạng lúc này là:

$$SG_{11} = [pt_{11} \ pt_{12} \ k_{SG}]^T, \text{ số tham số nhận dạng là 03 tham số.}$$

- Số trường hợp tính toán: Trong bài toán này, lần lượt cho từng cặp 02 phần tử suy giảm độ cứng tiết diện, hệ số suy giảm độ cứng thay đổi từ 50% đến 90%, có  $10 \times 9 \times 5 = 450$  trường hợp tính toán.

- Kết quả tính toán:

+ Giá trị nhỏ nhất của độ lệch quân phương:  $\delta_{\min}^2 = \delta_{104}^2 = 0,1188$ , tương ứng véc tơ tham số trạng thái

$$\Omega_3^c = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3]^T = [12,516 \ 80,399 \ 221,463]^T$$

+ Véc tơ tham số nhận dạng tương ứng là  $SG_{11} = [pt_1 \ pt_2 \ k_{SG}]^T = [3 \ 4 \ 0,8]^T$ , là trường hợp các phần tử 3, 4 suy giảm độ cứng tiết diện với hệ số suy giảm  $k_{SG} = 80\%$ . Kết quả đúng với giá trị giả định ban đầu.

## 5. NHẬN XÉT

Với véc tơ tham số trạng thái đo đặc được (tần số dao động riêng), sử dụng chương trình tính đã lập (CMFP) của tác giả, xác định được sự suy giảm độ cứng tiết diện trong kết cấu đều đúng với giá trị giả định ban đầu, do đó mô hình, thuật toán và chương trình tính đã lập đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng để nhận dạng sự suy giảm độ cứng tiết diện trong kết cấu bằng phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận (tự động hóa thay đổi, xác định các bộ giá trị độ cứng tiết diện trên máy tính), trên cơ sở đó cập nhật giá trị độ cứng tiết diện để tính toán trạng thái ứng suất, biến dạng, các tham số động lực học của kết cấu, làm căn cứ đánh giá trạng thái kỹ thuật hiện tại của công trình và đề xuất các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết để duy trì sự làm việc bình thường của công trình trong thời gian tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Borowiec, L. Ziemiński (2005), Identification of stiffness reduction in beams using parameterdependent frequency changes and neural networks, Computational Fluid and Solid Mechanics.
- [2]. Bathe K.J. and Wilson E.L. (1996), Finite element method, Prentice-Hall International, Inc.
- [3]. Deobeling SW, Farrar CR, Prime MB, Sheritz DW (1996). Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in their Vibration Characteristic: A Literature Review, Los Alamos National Laboratory.
- [4]. Bùi Đức Chính (2003), Áp dụng bệnh học công trình và tin học trong đánh giá kết cấu nhịp đơn giản cầu BTCT thường trên đường ô tô, Viện KH&CN GTVT, Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Xuân Bằng (2013), Nhận dạng liên kết trên bề mặt tiếp xúc giữa móng cọc và nền đàn hồi, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Học viện KQTS.

# Tiêu chí giao thông hướng đến đô thị phát triển bền vững tại Việt Nam

Transportation criteria towards sustainable urban development in Vietnam

> TS THÂN ĐÌNH VINH<sup>1</sup>, THS NGUYỄN THỊ THANH HUỲNH<sup>2</sup>, THS NGUYỄN THỊ BÍCH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: Thandinhvinh08@gmail.com

<sup>2</sup>GV Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: huyenntt@hau.edu.vn

<sup>3</sup>GiV Trường Đại học Thành Đô, Email: Bichnguyen86@gmail.com

## TÓM TẮT

Hệ thống giao thông có vai trò quan trọng đối với sự phát triển đô thị, tại Việt Nam hiện đã có những nghiên cứu ban đầu về tiêu chí giao thông hướng đến đô thị phát triển bền vững, tuy nhiên vẫn chưa được thống nhất và đầy đủ để đưa vào văn bản pháp lý áp dụng trong đánh giá hệ thống giao thông. Nghiên cứu này tổng hợp và đề xuất bổ sung một số tiêu chí đánh giá giao thông hướng đến đô thị phát triển bền vững tại Việt Nam. Hy vọng những kết quả này sẽ giúp hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách, nhà khoa học trong công tác phát triển giao thông đô thị xanh, sinh thái, bền vững.

**Từ khóa:** Tiêu chí; giao thông xanh; hệ thống giao thông; phát triển bền vững; giao thông công cộng.

## ABSTRACT

The transportation system plays a crucial role in urban development. In Vietnam, there have been initial studies on transportation criteria towards sustainable urban development, however, they have not been standardized and comprehensive enough to be incorporated into legal documents for evaluating transportation systems. This study synthesizes and proposes additional criteria for evaluating transportation towards sustainable urban development in Vietnam. It is hoped that these results will support policymakers and scientists in the development of transportation in green, ecological, and sustainable urban areas.

**Keywords:** Criteria; green transportation; transportation system; sustainable development; public transportation.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quan niệm về phát triển bền vững (PTBV) dần được hình thành từ thực tiễn đời sống xã hội và có tính tất yếu. Tư duy về PTBV bắt ổn trong xã hội, PTBV đã và đang trở thành nhu cầu cấp bách và là xu thế tất yếu trong tiến trình phát triển của xã hội. Quá trình PTBV cần có sự điều tiết hài hòa giữa tăng trưởng kinh tế với bảo đảm an ninh xã hội và bảo vệ môi trường. Thuật ngữ "phát triển bền vững"

xuất hiện lần đầu tiên vào năm 1980 trong ấn phẩm Chiến lược bảo tồn Thế giới (công bố bởi Hiệp hội Bảo tồn Thiên nhiên và Tài nguyên Thiên nhiên Quốc tế - IUCN) với nội dung rất đơn giản: "Sự phát triển của nhân loại không thể chỉ chú trọng tới phát triển kinh tế mà còn phải tôn trọng những nhu cầu tất yếu của xã hội và sự tác động đến môi trường sinh thái học", [1]. Hiện nay, nhận thức, quan niệm về PTBV trên bình diện quốc tế và Việt Nam đã có được sự thống nhất chung. Mục tiêu để thực hiện PTBV trở thành mục tiêu thiên niên kỷ. Tại Việt Nam PTBV là yêu cầu xuyên suốt trong quá trình phát triển đất nước; kết hợp chặt chẽ, hợp lý và hài hòa giữa phát triển kinh tế với phát triển xã hội và bảo vệ tài nguyên, môi trường, chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, bảo đảm quốc phòng, an ninh, trật tự an toàn xã hội và bảo vệ vững chắc độc lập, chủ quyền quốc gia. Việc xây dựng, thực hiện các chiến lược, chính sách, kế hoạch, chương trình, dự án phát triển kinh tế - xã hội phải đảm bảo yêu cầu PTBV, [8]. Ngày 24/01/2022, Bộ Chính trị đã ra Nghị quyết số 06-NQ/TW về quy hoạch, xây dựng, quản lý và PTBV đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Vì vậy Đô thị PTBV là mục tiêu hướng tới của các đô thị Việt Nam. Đây cũng là lần đầu tiên Bộ Chính trị ban hành một Nghị quyết về phát triển đô thị, thông qua đó để thấy được sự quan tâm đặc biệt đến vấn đề phát triển bền vững đô thị ở nước ta.

Khái niệm đô thị PTBV hiện nay cũng có nhiều tổ chức, nhà khoa học định nghĩa, tựu chung lại đều dựa trên khái niệm PTBV và gắn với một thực thể khu vực dân cư sinh sống mật độ cao, nơi diễn ra các hoạt động KT-XH. Phát triển đô thị bền vững xem xét trên quan điểm cân bằng hệ sinh thái đô thị, trên cơ sở nguyên lý PTBV với đặc thù của một đô thị, khái niệm về Phát triển đô thị bền vững có thể được hiểu là phát triển hài hòa, cân bằng được các yếu tố cấu thành hệ sinh thái đô thị gồm: (1) Thành phần hữu sinh (Kinh tế, văn hóa xã hội con người và các sinh vật); (2) Thành phần vô sinh (môi trường, đất, nước, không khí, nhiệt độ...); (3) Thành phần công nghệ (cơ sở hạ tầng, quản lý xây dựng đô thị, sản xuất, dịch vụ...) [2].

Hệ thống giao thông trong đô thị được ví như bộ khung, xương sống của đô thị, muốn PTBV cần xây dựng tiêu chí thuộc nhiều lĩnh vực trong đó có giao thông nhằm kiểm soát phương tiện giao thông cá nhân, lượng phát thải từ các phương tiện hướng tới giảm thiểu những tác động tiêu cực như ùn tắc, tai nạn giao thông. Theo thống kê tính đến năm 2019, lĩnh vực giao thông vận tải chiếm khoảng 27% lượng khí thải toàn cầu [3], việc xây dựng tiêu chí giao thông đưa vào văn bản pháp quy để kiểm soát nhằm hướng tới sự phát triển bền vững của các đô thị Việt Nam cần triển khai ngay để giảm thiểu những tác động xấu gây ra. Tại Việt Nam đã có những nghiên cứu đưa ra tiêu chí giao thông hướng đến phát triển bền vững tuy

nhiên vẫn chưa được thống nhất và đầy đủ. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả muốn hệ thống hóa và đề xuất bổ sung thêm để tạo thành bộ tiêu chí giao thông hướng tới đô thị PTBV tại Việt Nam. Chúng tôi tin rằng kết quả của nghiên cứu này sẽ hữu ích trong việc phát triển đô thị bền vững tại Việt Nam.

## 2. KHÁI QUÁT VỀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

### 2.1. Mục tiêu phát triển bền vững

Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV, được tất cả các quốc gia thành viên Liên hợp quốc thông qua vào năm 2015, cung cấp một kế hoạch chung cho hòa bình và thịnh vượng của con người và hành tinh, ở hiện tại và trong tương lai. Trọng tâm của nó là 17 Mục tiêu Phát triển Bền vững (SDGs), đây là lời kêu gọi hành động khẩn cấp của tất cả các quốc gia - được xây dựng và phát triển - trong quan hệ đối tác toàn cầu. Các nước cùng thống nhất cho rằng chấm dứt nghèo đói và cải thiện điều kiện sống phải đi đôi với các chiến lược cải thiện sức khỏe và giáo dục, giảm bất bình đẳng và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế phải song hành với biện pháp ứng phó biến đổi khí hậu.



Hình 1. Mục tiêu phát triển bền vững theo chương trình nghị sự 2030, [4]

Qua hình trên có thể thấy vấn đề PTBV đã trở thành mục tiêu chung của rất nhiều quốc gia trên thế giới hướng đến. Với 17 mục tiêu bao trùm các lĩnh vực của đời sống xã hội nhân loại hy vọng sẽ đem lại những hiệu quả tích cực và sâu rộng. Trong lĩnh vực phát triển đô thị tập trung vào mục tiêu G9; G11; G13 trong đó nêu rõ cần xây dựng các thành phố an toàn, hiện đại và bền vững có cơ sở hạ tầng đi trước hiện đại và ứng phó với biến đổi khí hậu. Mục tiêu tổng quát PTBV là “Duy trì tăng trưởng kinh tế bền vững đi đôi với thực hiện tiến bộ, công bằng xã hội và bảo vệ môi trường sinh thái, quản lý và sử dụng hiệu quả tài nguyên, chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu; bảo đảm mọi người dân được phát huy mọi tiềm năng, tham gia và thụ hưởng bình đẳng thành quả của phát triển; xây dựng một xã hội Việt Nam hòa bình, thịnh vượng, bao trùm, công bằng, dân chủ, văn minh và bền vững”.

### 2.2. Tiêu chí phát triển bền vững

Trong chuyên đề nghiên cứu về “Phân tích chính sách đô thị hóa trong quá trình đô thị hóa tác động đến phát triển bền vững ở Việt Nam” thuộc Chương trình Thiên niên kỷ 21 do UNDP tài trợ, đã đề xuất mười nhóm tiêu chí bền vững trong quá trình ĐTH: (1) Phân bố và quy hoạch đô thị phù hợp với các vùng địa lý và điều kiện sinh thái tự nhiên, bảo vệ môi trường; (2) nền kinh tế đô thị phát triển ổn định và bền vững nhằm tạo nhiều việc làm đô thị ổn định, bền vững cho mọi thành phần kinh tế và mọi người dân đô thị; (3) trình độ dân trí đô thị và nguồn lực phát triển đủ mạnh; (4) trình độ quản lý phát triển đô thị đủ mạnh và bền vững; (5) dịch vụ đô thị đáp ứng yêu cầu cuộc sống đô thị ngày càng cao; (6) CSHT xã hội đô thị đầy đủ, ổn định và phát triển bền vững; (7) CSHT kỹ thuật đô thị đầy đủ, ổn

định và phát triển bền vững; (8) lồng ghép quy hoạch môi trường trong quy hoạch đô thị; (9) huy động sự tham gia của cộng đồng người dân đô thị trong công tác quy hoạch, phát triển và quản lý đô thị; (10) hợp tác, phối hợp điều hành Vùng hợp lý, hiệu quả, cùng có lợi và cùng phát triển, [5].

Các tiêu chí đánh giá ĐTBV của Ngân hàng thế giới (WB) đưa ra 4 tiêu chí của một thành phố phát triển bền vững trong cơ chế thị trường là: Cạnh tranh tốt, cuộc sống tốt, tài chính lành mạnh và quản lý tốt. trong đó cạnh tranh tốt, yếu tố rất quan trọng trong nền kinh tế thị trường; tài chính lành mạnh có ý nghĩa quyết định đến sự phát triển ổn định và bền vững; quản lý tốt là hoạt động điều hành đô thị hiệu quả với đội ngũ cán bộ phụ trách.

Việt Nam với tư cách là quốc gia thành viên đã và đang tham gia tích cực trong việc thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV. Với phương pháp tiếp cận toàn diện, cân bằng và tích hợp các khía cạnh phát triển bền vững đối với các chiến lược phát triển, Việt Nam đã ban hành Kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV [6], với 17 mục tiêu chung với 115 mục tiêu cụ thể và thiết lập hệ thống theo dõi, giám sát, đánh giá thực hiện các mục tiêu PTBV, trong đó đặc biệt cần nhấn mạnh là Bộ chỉ tiêu thống kê PTBV của Việt Nam - Đây là quy định chuẩn mực về chỉ tiêu thống kê, nội dung chỉ tiêu thống kê (gồm khái niệm, phương pháp tính, phân tổ chủ yếu, kỳ công bố, nguồn số liệu, cơ quan chịu trách nhiệm thu thập, tổng hợp) phục vụ cho theo dõi, giám sát, đánh giá thực hiện các mục tiêu PTBV.

Quyết định số 841/QĐ-TTg “Về việc ban hành lộ trình thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững Việt Nam đến năm 2030” ngày 14/7/2023 được ban hành thay thế Quyết định số 681/QĐ-TTg ngày 04/6/2019. Theo đó, Bộ tiêu chí phát triển bền vững gồm 117 chỉ tiêu, phản ánh 17 mục tiêu chung và 74 mục tiêu cụ thể của Việt Nam quy định tại Quyết định số 622/QĐ-TTg. Về lĩnh vực hạ tầng giao thông có nêu Xây dựng hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông đồng bộ, chất lượng, đáng tin cậy, có khả năng chống chịu và bền vững, bao gồm cả cơ sở hạ tầng liên vùng và biên giới để hỗ trợ phát triển kinh tế và chất lượng cuộc sống của người dân với mục tiêu tiếp cận công bằng và trong khả năng chi trả cho tất cả mọi người. [7]

Mặc dù tiêu chí phát triển ĐTBV đã được một số Nhà khoa học, chuyên gia, tổ chức trong và ngoài nước đưa ra, tuy nhiên hiện nay trong các văn bản pháp luật nhà nước chưa đầy đủ mới chỉ có kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV; đã ban hành lộ trình thực hiện các mục tiêu PTBV Việt Nam đến năm 2030 theo Quyết định số 841/QĐ-TTg mà chưa có tiêu chí cụ thể phát triển đô thị bền vững, giao thông hướng tới đô thị PTBV.

## 3. KHÁI QUÁT TIÊU CHÍ GIAO THÔNG HƯỚNG ĐẾN ĐÔ THỊ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Sinh thái học đô thị sau gần 90 năm phát triển đã trở thành một lĩnh vực khoa học liên ngành, tích hợp sinh thái - địa lý - quy hoạch và các ngành khoa học khác. Chất lượng cuộc sống con người là trọng tâm chính của các dự án PTBV đô thị, [9]. Vì vậy, nghiên cứu đô thị PTBV và đô thị sinh thái cũng như đô thị xanh có mối quan hệ mật thiết với nhau. Hiện nay có nhiều khái niệm và quan điểm về đô thị như: Đô thị Xanh, Đô thị Sinh thái, Đô thị Thông minh v.v. nhưng tất cả đều hướng tới đạt mục tiêu đô thị phát triển bền vững.

### 3.1. Tiêu chí giao thông hướng tới đô thị PTBV

a. PGS.TS Lưu Đức Hải đã xây dựng Bộ tiêu chí và chỉ tiêu Quy hoạch giao thông đô thị bền vững cho các đô thị loại đặc biệt và loại I gồm 3 nhóm tiêu chí: Kinh tế - Xã hội và Môi trường, [10].

Nhóm tiêu chí về Kinh tế có 18 chỉ tiêu được chia làm 6 nội dung; Nhóm tiêu chí về xã hội có 13 chỉ tiêu được chia làm 3 nội dung; Nhóm tiêu chí về Môi trường có 24 chỉ tiêu được chia thành các nội dung.

**Bảng 1: Khung tiêu giao thông hướng tới PTBV [10]**

TT	Nhóm tiêu chí	Tiêu chí
1.	Kinh tế (6 nội dung)	Mật độ giao thông
2.		Phương tiện giao thông
3.		Tính hiện đại và tiện nghi của hệ thống
4.		Tính hiệu quả của hệ thống
5.		Sử dụng đất
6.		Tài chính dành cho giao thông
7.	Xã hội (3 nội dung)	Ùn tắc giao thông
8.		Tiếp cận và công bằng xã hội trong giao thông
9.		Tai nạn giao thông
10.	Môi trường (3 nội dung)	Chất lượng không khí
11.		Chất lượng phương tiện giao thông cơ giới
12.		Tiếng ồn

b. Trong luận án của TS Vũ Anh đã đề xuất khung tiêu chí giao thông đô thị PTBV.

**Bảng 2: Khung tiêu chí giao thông đô thị PTBV [11]**

TT	Nhóm tiêu chí	Tiêu chí
1.	Kinh tế (6 tiêu chí)	Quy hoạch phát triển GTĐT phù hợp với quy hoạch không gian và cấu trúc đô thị
2.		Tỷ lệ đất dành cho giao thông hợp lý
3.		Xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đồng bộ
4.		Hệ thống GTĐT hiện đại, tiện nghi, đáp ứng nhu cầu hiện tại và tương lai
5.		XD chiến lược phát triển GTĐT với cơ cấu PT hợp lý
6.		Sử dụng tiến bộ KHKT hiện đại trong đầu tư xây dựng, tổ chức, quản lý và khai thác sử dụng
7.	Xã hội (5 tiêu chí)	GTĐT đáp ứng nhu cầu đi lại của mọi đối tượng trong XH
8.		GTĐT phù hợp với thu nhập của người dân đô thị.
9.		Giảm thiểu tai nạn và ùn tắc giao thông.
10.		Nâng cao trình độ dân trí và tăng khả năng tham gia cộng đồng trong quy hoạch và khai thác GTĐT
11.		Tăng cường vai trò chính quyền trong quản lý GTĐT
12.	Môi trường (4 tiêu chí)	Lồng ghép giữa QHGTĐT với Quy hoạch môi trường đô thị
13.		Quản lý phương tiện GT và khí thải từ PTGT
14.		Kết hợp xây dựng CSHT giao thông với bảo vệ môi trường
15.		Tăng cường sử dụng các loại phương tiện thân thiện với môi trường

**3.2. Tiêu chí giao thông hướng tới đô thị đô thị xanh**

Phát triển đô thị xanh là một trong những xu hướng phát triển được nhiều đô thị xác định mục tiêu hướng tới. Đã có nhiều công trình nghiên cứu, văn bản pháp luật đưa ra được các tiêu chí xây dựng đô thị xanh và tiêu chí giao thông xanh.

a. Theo thông tư 01/2018/TT-BXD

Ngày 05/01/2018 Bộ Xây dựng ban hành thông tư 01/2018/TT-BXD quy định về chỉ tiêu xây dựng đô thị tăng trưởng xanh trong đó các chỉ tiêu xây dựng đô thị tăng trưởng xanh gồm 24 chỉ tiêu được chia thành 4 nhóm: [12]

+ Nhóm chỉ tiêu kinh tế gồm 5 chỉ tiêu nhằm đánh giá hiệu quả tăng trưởng kinh tế về sử dụng năng lượng và tài nguyên thiên nhiên trong đầu tư xây dựng và phát triển đô thị.

+ Nhóm chỉ tiêu môi trường gồm 10 chỉ tiêu nhằm đánh giá về chất lượng môi trường và cảnh quan đô thị, mức độ áp dụng các giải pháp sử dụng tiết kiệm, hiệu quả năng lượng, sử dụng năng lượng tái tạo, bảo vệ môi trường và giảm thiểu ô nhiễm, xả thải, phát thải khí nhà kính trong phát triển đô thị.

+ Nhóm chỉ tiêu xã hội gồm 4 chỉ tiêu nhằm đánh giá về hiệu quả nâng cao chất lượng và điều kiện sống của người dân đô thị.

+ Nhóm chỉ tiêu thể chế gồm 5 chỉ tiêu nhằm đánh giá về công tác quản lý, chỉ đạo, điều hành của chính quyền đô thị đối với công tác xây dựng đô thị.

Trong các tiêu chí xây dựng đô thị tăng trưởng xanh có 4 tiêu chí liên quan đến giao thông đô thị đó là: (1) Tỷ lệ đường đô thị sử dụng các thiết bị và công nghệ tiết kiệm năng lượng hoặc sử dụng năng lượng tái tạo để chiếu sáng; (2) Tỷ lệ vận tải hành khách công cộng; (3) Tỷ lệ phương tiện giao thông cá nhân hạn chế phát thải; (4) Tỷ lệ đường giao thông dành riêng cho xe đạp.

b. Theo quy hoạch đô thị xanh của KOICA

Năm 2018 Dự án Hỗ trợ quy hoạch đô thị xanh do Bộ Xây dựng phối hợp Cơ quan Hợp tác quốc tế Hàn Quốc (KOICA) tại Việt Nam, theo đó sản phẩm dự án bao gồm 4 hợp phần. Trong hợp phần 1 bộ chỉ tiêu đô thị xanh bao gồm 177 chỉ tiêu thuộc 3 lĩnh vực, với 3 mục tiêu và 14 yếu tố quy hoạch, trong đó liên quan đến lĩnh vực giao thông xanh có 15 chỉ tiêu (xem bảng 3).

**Bảng 3: Chỉ tiêu giao thông xanh theo đề xuất KOICA, [13]**

STT	Tên chỉ tiêu
1.	Lượng sở hữu ô tô bình quân đầu người
2.	Chiều dài đoạn đường xe đạp bình quân đầu người
3.	Đã xây dựng quy định về giao thông xanh
4.	Tỷ lệ sử dụng giao thông công cộng
5.	Đã xây dựng quy định về giao thông công cộng
6.	Cường độ sử dụng năng lượng trong lĩnh vực giao thông vận tải
7.	Tỷ lệ đường phố được lắp đặt hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng hoặc năng lượng tái tạo
8.	Tỷ lệ phân bổ vận chuyển hành khách
9.	Tỷ lệ sử dụng xe điện
10.	Tỷ lệ vận chuyển bằng tàu điện, đường sắt
11.	Lượng xe buýt sử dụng khí gas thiên nhiên
12.	Tỷ lệ phương tiện GTCC sử dụng năng lượng sạch
13.	Tỷ lệ sử dụng xe đạp đi làm
14.	Đã xây dựng chính sách, quy định giảm tắc nghẽn
15.	Tỷ lệ vận chuyển hàng hóa

c. Tiêu chí giao thông xanh trong luận án của TS Nguyễn Thị Nga  
Trong luận án có đề xuất tiêu chí giao thông xanh cho các đô thị loại I vùng Đồng bằng sông Hồng trên 3 phương diện cơ bản đó là: (1) Cơ sở hạ tầng giao thông; (2) Phương tiện giao thông; (3) Chính sách và tổ chức quản lý giao thông.

Trong đó có 7 tiêu chí liên quan đến cơ sở hạ tầng giao thông; 4 tiêu chí thuộc lĩnh vực phương tiện giao thông; 4 tiêu chí thuộc lĩnh vực chính sách và tổ chức quản lý giao thông. Như vậy tổng cộng có 15 tiêu chí về giao thông xanh của đô thị (xem bảng 3).

**Bảng 4: Tiêu chí giao thông xanh, [14]**

STT	Phương diện	Tên tiêu chí
1.	Cơ sở hạ tầng giao thông	Có chiến lược quy hoạch giao thông trong dài hạn
2.		Tích hợp QHGT, QHSD đất trong quy hoạch đô thị
3.		Hệ thống giao thông công cộng đồng bộ có mức bao phủ cao
4.		Phát triển Mạng lưới đường xe đạp và đi bộ gắn kết tốt với các phương tiện giao thông công cộng
5.		Tăng cường trồng cây xanh trên đường phố và các khu vực công cộng
6.		Quy hoạch các bãi đỗ xe phù hợp trong mỗi khu vực của đô thị.
7.		Áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật trong quản lý giao thông.
8.	Phương tiện giao thông	Hệ thống GTCC đáp ứng cho mọi đối tượng của đô thị trong hiện tại và tương lai.
9.		Phương tiện giao thông sử dụng nhiên liệu sạch
10.		Tỷ lệ các loại phương tiện giao thông phù hợp với định hướng phát triển giao thông của nhà nước và đặc thù của đô thị
11.		Tăng cường phương tiện xe đạp và đi bộ.
12.	Chính sách và tổ chức quản lý giao thông	Có chính sách phát triển GTCC và giá vé phù hợp với mọi đối tượng.
13.		Có chính sách hạn chế PTGT cá nhân
14.		Có hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật kiểm soát khí phát thải các loại phương tiện giao thông.
15.		Tăng cường xã hội hóa trong xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông.

**3.3. Tiêu chí Đô thị sinh thái theo hướng PTBV của GS.TS.KTS Đỗ Hậu**  
Năm 2018 trong đề tài KHCN cấp TP Hà Nội GS.TS. KTS Đỗ Hậu và nhóm chuyên gia đã đề xuất bộ tiêu chí đô thị sinh thái theo

hướng PTBV dựa trên 3 trụ cột chính là môi trường xanh, xã hội xanh, kinh tế xanh. Trong các nhóm tiêu chí có một số tiêu chí liên quan tới giao thông đô thị (xem bảng 5).

**Bảng 5: Tiêu chí giao thông của đô thị sinh thái theo hướng PTBV, [15].**

Lĩnh vực	Nhóm tiêu chí	Loại tiêu chí	Đơn vị
Môi trường	Sử dụng đất	Tỉ lệ đất giao thông đô thị/Đất XD đô thị	%
	Giao thông đô thị sinh thái	Tỉ lệ đất giao thông công cộng/Đất giao thông đô thị	%
		Tỉ lệ sử dụng giao thông công cộng	%
		Lượng sử dụng phương tiện giao thông cá nhân (có phát thải)	Số lượng/người

**4. ĐỀ XUẤT TIÊU CHÍ GIAO THÔNG ĐÔ THỊ HƯỚNG ĐẾN PTBV TẠI VIỆT NAM VÀ BÀN LUẬN**

Qua nghiên cứu của các tổ chức quốc tế, nhà khoa học rà soát trong văn bản pháp luật cho thấy tiêu chí giao thông PTBV đã có những tiêu chí được đề xuất. Đô thị phát triển bền vững, đô thị xanh và đô thị sinh thái cũng có nhiều tiêu chí tương đồng. Qua nghiên

cứu nhóm tác giả tổng hợp và đề xuất áp dụng có 25 tiêu chí dựa trên 5 nhóm gồm: (1) Quy hoạch đô thị; (2) Phương tiện giao thông; (3) Môi trường đô thị; (4) Khoa học công nghệ; (5) Quản lý nhu cầu giao thông đô thị. 5 nhóm tiêu chí trên xoay quanh 3 yếu tố chính Kinh tế bền vững, xã hội bền vững, môi trường bền vững.

**Bảng 6: Tổng hợp và đề xuất tiêu chí hướng tới PTBV**

STT	Nhóm tiêu chí	Đơn vị
<b>Nhóm TC 1: Quy hoạch đô thị</b>		
QH.01	Mật độ giao thông công cộng/ diện tích đất xây dựng đô thị	Km/km <sup>2</sup>
QH.02	Mật độ đường xe đạp, đi bộ/ diện tích đất xây dựng đô thị	Km/km <sup>2</sup>
QH.03	Mật độ mạng lưới đường cơ giới/ diện tích đất xây dựng đô thị	Km/km <sup>2</sup>
QH.04	Mật độ nút giao thông	nút/1km <sup>2</sup>
QH.05	Tỷ lệ diện tích đất giao thông/ diện tích đất xây dựng đô thị	%
QH.06	Tỷ lệ diện tích đất giao thông xe đạp, đi bộ/ diện tích đất xây dựng đô thị	%
QH.07	Diện tích đất giao thông trên người	M <sup>2</sup> /người
QH.08	Diện tích đất giao thông xe đạp, đi bộ/người	M <sup>2</sup> /người
<b>Nhóm TC 2: Phương tiện giao thông</b>		
PT.01	Lượng sở hữu ô tô bình quân đầu người	Xe/1000 người
PT.02	Lượng sở hữu xe đạp bình quân đầu người	Xe/1000 người
PT.03	Tỷ lệ chuyển đi sử dụng phương tiện GTCC trong tổng các chuyến đi	%
PT.04	Tỷ lệ sử dụng giao thông xe đạp, đi bộ trong tổng các loại phương tiện giao thông	%
<b>Nhóm TC 3: Môi trường đô thị</b>		
MT.01	Dấu chân sinh thái trong giao thông	Gha
MT.02	Diện tích trồng cây xanh trên mạng lưới đường/tổng diện tích đất mạng lưới đường	%
MT.03	Tỷ lệ phương tiện giao thông sử dụng nhiên liệu sạch	%
MT.04	Tỷ lệ sử dụng công nghệ năng lượng tái tạo trong chiếu sáng	%
<b>Nhóm TC 4: Khoa học công nghệ</b>		
CN.01	Có sử dụng công nghệ trong quy hoạch mạng lưới giao thông (Sử dụng phần mềm, mô hình mô phỏng, tính toán...)	Có/không
CN.02	Có sử dụng công nghệ giao thông thông minh trong quản lý, vận hành mạng lưới đường	Có/không
CN.03	Tỷ lệ sử dụng công nghệ thân thiện môi trường, vật liệu tái chế/tổng lượng vật liệu trong xây dựng mạng lưới đường	%
<b>Nhóm TC 5: Quản lý nhu cầu giao thông đô thị</b>		
QL.01	Quản lý phương tiện GT và khí thải từ PTGT	Có/không
QL.02	Có chiến lược phát triển GTĐT với cơ cấu PTGT hợp lý	Có/không
QL.03	Sử dụng vé dùng chung cho GTCC	Có/không
QL.04	Xây dựng chính sách xác định phí tắc nghẽn	Có/không
QL.05	Xây dựng chính sách xác định phí đỗ xe	Có/không
QL.06	Có chính sách trợ cấp giá nhiên liệu sạch	Có/không

Trong tổng số 25 tiêu chí giao thông ở trên có 9 tiêu chí đã được các tổ chức, các nhà khoa học trong và ngoài nước đề xuất, có 16 tiêu chí đề xuất mới áp dụng. Trong thực tế phát triển giao thông, một số tiêu chí cần được nghiên cứu để xây dựng bộ chỉ số giao thông hướng tới PTBV dùng để đánh giá hệ thống giao thông trong các quá trình thực hiện.

Qua tổng hợp và đề xuất bộ tiêu chí hệ thống giao thông hướng tới đô thị PTBV nhóm tác giả có một số bàn luận như sau:

**Thứ nhất:** Bộ tiêu chí giao thông hướng tới đô thị PTBV được tổng hợp, đề xuất mới căn cứ trên những nghiên cứu về tiêu chí hướng tới đô thị xanh, đô thị sinh thái. Trên thực tế tại Việt Nam có rất nhiều xu hướng phát triển đô thị như đô thị xanh, đô thị sinh thái kiêm kinh tế, đô thị thông minh, đô thị đáng sống, đô thị năng lượng thấp... Tuy chung lại các mục tiêu hướng đến cuối cùng là phát triển bền vững. Nghiên cứu đã bước đầu đưa ra bộ tiêu chí đánh giá hệ thống giao thông hướng tới PTBV. Kết quả nghiên cứu có thể được tham khảo trong việc hoạch định chính sách áp dụng trong công tác xây dựng phát triển đô thị ở Việt Nam.

**Thứ hai:** Tiêu chí đánh giá giao thông PTBV tại Việt Nam đã bước đầu được nghiên cứu, tổng hợp và đã được đưa vào văn bản pháp luật tại Thông tư 01/2018/TT-BXD quy định về chỉ tiêu xây dựng đô thị tăng trưởng xanh. Tuy vậy đây mới là đô thị tăng trưởng xanh chứ chưa phải là đô thị PTBV. Vậy, cần phải ban hành văn bản pháp luật quy định tiêu chí giao thông hướng tới đô thị PTBV.

**Thứ ba:** Hệ thống văn bản pháp luật đánh giá hệ thống giao thông trong quy hoạch tại Việt Nam đã có, tuy nhiên qua từng thời kỳ các chỉ tiêu này có sự thay đổi cả về giá trị và số lượng chỉ tiêu đánh giá. Hiện nay để cụ thể một số tiêu chí giao thông thành chỉ tiêu thì cần rất nhiều nguồn lực để thực hiện và đòi hỏi có thêm nhiều nghiên cứu chuyên sâu.

**Thứ tư:** Kết quả nghiên cứu đã tiếp cận theo mục tiêu PTBV cụ thể hóa Quyết định số 841/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành lộ trình thực hiện các mục tiêu PTBV Việt Nam đến năm 2030; Quyết định số 622/QĐ-TTg Kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự PTBV. Cụ thể đã bổ sung thêm 16 tiêu chí đề xuất mới áp dụng nhằm cụ thể hóa 03 mục tiêu G9; G11; G13 trong 17 Mục tiêu Phát triển Bền vững (SDGs) theo chương trình nghị sự 2030. Đây là những đóng góp mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn đối với Việt Nam.

## 5. KẾT LUẬN

Tiêu chí, chỉ tiêu là nội dung quan trọng dùng để đánh giá khi lập quy hoạch đô thị. Cần phải xác định rõ bộ tiêu chí, cụ thể hóa tiêu chí thành chỉ tiêu để có thước đo đánh giá trong quá trình lập, thẩm định, thực hiện quy hoạch. Hệ thống Giao thông hướng tới PTBV là mục tiêu hướng đến của nhiều nước trong xây dựng và phát triển đô thị. Để đạt được giao thông bền vững thì cần nhiều yếu tố trong đó có việc xác định được các tiêu chí và chỉ tiêu giao thông hướng tới PTBV. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã tổng hợp được tiêu chí giao thông hướng tới PTBV tại Việt Nam hiện nay, đã phân tích, đánh giá và bàn luận một số tiêu chí đánh giá hệ thống giao thông. Từ đó nhận diện những vấn đề còn tồn tại cần phải có những nghiên cứu để bổ sung thêm những quy định trong văn bản pháp luật có liên quan đến phát triển hệ thống giao thông. Với kết quả trên đã đóng góp hoàn thiện bộ tiêu chí đánh giá hệ thống giao thông hướng tới đô thị PTBV, góp phần thúc đẩy sự phát triển hệ thống giao thông đô thị hướng tới đô thị xanh, sinh thái, bền vững trong tương lai.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. IUCN-International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, (1980).

*World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development (PDF).*

[2]. Than Dinh Vinh, Nguyen Thi Bich (2021). "Some lessons learned from urban sustainable development in the world". The international conference, Risk governance and sustainable urban development, ISBN 978-604-308-721-5.

[3]. UN-Habitat, Envisaging the Future of Cities, 2022.

[4]. UN-United Nations, (2023), <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>, Access 12/10/2023.

[5]. Lê Hồng Kế (2010). *Đô thị hóa và sự phát triển bền vững*. Tạp chí quy hoạch xây dựng số 97+98, năm 2010.

[6]. Thủ tướng Chính phủ (2017). *Quyết định 622/QĐ-TTg ngày 10/5/2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành Kế hoạch hành động quốc gia thực hiện Chương trình nghị sự 2030 vì sự phát triển bền vững*.

[7]. Thủ tướng Chính phủ (2023), *Quyết định số 841/QĐ-TTg ngày 14/7/2023 của Thủ tướng Chính phủ "Về việc ban hành lộ trình thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững Việt Nam đến năm 2030"*.

[8]. Thủ tướng Chính phủ (2020), *Nghị quyết số 136/NQ-CP ngày 25/9/2020 của Chính phủ "Về phát triển bền vững"*.

[9]. Nguyễn Hoàng Linh (2017), *Sinh thái học đô thị: Nhận thức vì đô thị bền vững*. NCS tại Đại học Đông Nam, Trung Quốc. Tạp chí Kiến trúc Việt Nam 1/2017.

[10]. Lưu Đức Hải, Đinh Quốc Thái (2013), *Quy hoạch giao thông đô thị phát triển bền vững*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[11]. Vũ Anh (2011), *Nghiên cứu quy hoạch phát triển hệ thống GTCC thành phố Hà Nội theo mục tiêu đô thị phát triển bền vững*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Kiến trúc Hà Nội.

[12]. Bộ Xây dựng (2018), Thông tư 01/2018/TT-BXD ngày 05/01/2018 về quy định về chỉ tiêu xây dựng đô thị tăng trưởng xanh.

[13]. Bộ Xây dựng và Cơ quan Hợp tác quốc tế Hàn Quốc (KOICA) tại Việt Nam (2018), *Dự án Hỗ trợ quy hoạch đô thị xanh tại Việt Nam*.

[14]. Nguyễn Thị Nga (2017), *Quản lý MLĐ các đô thị loại I thuộc tỉnh vùng đồng bằng sông Hồng theo hướng giao thông Xanh*, Luận án tiến sỹ quản lý đô thị, Đại học Kiến trúc Hà Nội.

[15]. Đỗ Hậu, (2018). *Nghiên cứu hình thái, cấu trúc đô thị sinh thái để xây dựng tiêu chí và nguyên tắc quản lý đô thị sinh thái theo quy hoạch chung và định hướng phát triển bền vững*, Đề tài NCKH cấp TP Hà Nội.

# Một số vấn đề trong áp dụng các tiêu chuẩn vào tính toán nền và móng

## Challenges in application of standards to foundation calculations

> PHẠM THẾ ANH\*, PHAN TRỌNG KHANH, NGUYỄN BẢO VIỆT

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; \*Email: [anhpt@huce.edu.vn](mailto:anhpt@huce.edu.vn)

### TÓM TẮT

Hệ thống tiêu chuẩn về xây dựng của Việt Nam đang được hoàn thiện nhằm đáp ứng yêu cầu quản lý nhà nước và các hoạt động trong xây dựng trong xu hướng hội nhập của nền kinh tế Việt Nam với thế giới. Việc chuyển dịch các tiêu chuẩn nước ngoài thành tiêu chuẩn quốc gia đang được tiến hành, trong đó bao gồm các tiêu chuẩn về tính toán về địa kỹ thuật (nền và móng). Các tiêu chuẩn được chuyển dịch sẽ được sử dụng song song với các tiêu chuẩn hiện hành theo lộ trình quy định. Mỗi tiêu chuẩn có đặc điểm riêng được xây dựng trên những lý luận khác nhau, như phương pháp luận tính toán, đặt ra vấn đề về sự đồng bộ và thống nhất trong hệ thống tiêu chuẩn. Vì vậy, nghiên cứu này tổng hợp, so sánh và phân tích các điểm khác nhau giữa các tiêu chuẩn về tính toán nền móng. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, có một số sự khác biệt căn bản giữa các tiêu chuẩn, và từ đó có sự khác nhau trong kết quả tính toán được. Sự khác biệt này làm cho việc áp dụng tiêu chuẩn trong thực tế gặp nhiều khó khăn. Các đề xuất sơ bộ ban đầu phục vụ cho hệ thống hóa tiêu chuẩn tính toán nền và móng cũng được đưa ra.

**Từ khóa:** hệ thống hóa tiêu chuẩn; so sánh tính toán nền móng; phương pháp luận thiết kế; hệ số an toàn riêng phần; trạng thái giới hạn; tính toán nền móng; chuyển dịch tiêu chuẩn.

### ABSTRACT

The construction standards system in Vietnam is being improved to meet the requirements of state management and activities in the construction sector amid Vietnam's economic integration with the world. The transition of foreign standards into the national standards is underway, including standards related to foundation calculations. The translated standards will be used concurrently with the existing standards according to the prescribed roadmap. Each standard has its own characteristics built upon different theoretical frameworks, such as calculation methods, posing challenges for consistency and uniformity within the standards system. Therefore, this study synthesizes, compares, and analyzes the differences among standards related to foundation calculations. The research results indicate that there are differences between the standards, leading to variations in calculation outcomes. These differences create difficulties in practical standard application. Preliminary proposals are also presented for a unified standards system in foundation calculations.

**Keywords:** Standard systematization; foundation design comparison; design philosophy; partial safety factor; limit state design; foundation calculation; standard transition.

### 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ở Việt Nam hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn về xây dựng đang được hoàn thiện nhằm đáp ứng yêu cầu quản lý nhà nước và các hoạt động trong xây dựng trong xu hướng hội nhập của nền kinh tế Việt Nam với thế giới. Theo đề án hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng (quyết định 198/QĐ-TTg của Thủ tướng năm 2018 [1]), Bộ Xây dựng đã bắt đầu tiến hành xây dựng hệ thống tiêu chuẩn tiêu chuẩn quốc gia (TCVN) dựa trên hệ thống châu Âu theo quyết định số 390/QĐ-BXD ngày 12/5/2022 [2]. Quá trình chuyển dịch nhằm làm cho Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam để từng bước có bộ tiêu chuẩn đồng bộ và phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn của nhiều quốc gia. Các tiêu chuẩn về tính toán về địa kỹ thuật (nền và móng) cũng được chuyển dịch và hoàn thiện. Các tiêu chuẩn được chuyển dịch sẽ được sử dụng song hành với các tiêu chuẩn hiện hành.

Hiện nay, hầu hết các tiêu chuẩn trên thế giới đều tính toán dựa trên phương pháp trạng thái giới hạn. Tuy nhiên việc áp dụng phương pháp vào các bài toán Địa kỹ thuật có sự khác biệt và cho các kết quả tính toán khác nhau [3]. Một lý do là vì tính chất phức tạp của nền đất, các thông số tính toán liên quan tới nền đất thường có khoảng dao động lớn, phụ thuộc vào đặc điểm tính toán và điều kiện hiện trường. Lý do khác là phương pháp luận tính toán trong các tiêu chuẩn gốc khác nhau. Việc nghiên cứu so sánh phương pháp luận tính toán đã ban đầu được làm rõ trong nghiên cứu của [3] và [4]. Trên thế giới, nghiên cứu [5,6,7,8] bàn luận các cách áp dụng tiêu chuẩn Eurocodes phù hợp cho từng trường hợp. Andrew [9] phân tích những cách áp dụng phù hợp của phương pháp trạng thái giới hạn và áp dụng vào trong phương pháp số.

Xuất phát từ đặc điểm, mục đích và yêu cầu đặt ra như trên, việc làm rõ các điểm khác nhau, so sánh các tiêu chuẩn với nhau là rất

cần thiết. Từ đó, giúp ích trong việc biên soạn tiêu chuẩn, hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam sẽ hoàn thiện hơn, và đảm bảo việc áp dụng các tiêu chuẩn thuận tiện dễ dàng, đạt được mục tiêu an toàn kỹ thuật và kinh tế. Nghiên cứu này tập trung vào tổng hợp các vấn đề và phân tích một số điểm còn chưa rõ ràng, có mâu thuẫn trong tính toán thiết kế nền và móng trong các tiêu chuẩn Việt Nam và thế giới.

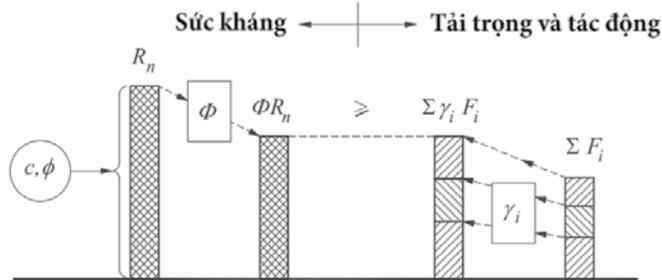
**2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN TÍNH TOÁN TRONG TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐỊA KỸ THUẬT**

Việc tính toán thiết kế địa kỹ thuật cũng như tính toán các kết cấu khác, cần đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và kinh tế. Tiêu chuẩn thiết kế là tài liệu gồm các quy tắc cho việc phân tích và tính toán. Mặt khác, tiêu chuẩn cũng đưa ra các yêu cầu về an toàn và sử dụng cho các công trình mà các thiết kế phải đạt được. Hiện tại có các phương pháp luận chính được sử dụng trong thiết kế nền và móng như sau.

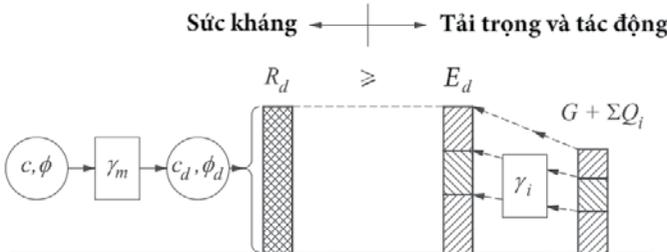
- Phương pháp hệ số an toàn tổng thể: là phương pháp tính toán sử dụng một hệ số an toàn duy nhất để kiểm tra điều kiện làm việc của kết cấu và đất nền. Ứng suất do do tải trọng (không kể tới hệ số tải trọng) gây ra cần nhỏ hơn ứng suất (hoặc sức chịu tải) cho phép.

- Phương pháp trạng thái giới hạn: phương pháp này sử dụng các hệ số an toàn riêng phần (hệ số riêng) cho các thông số tham gia vào tính toán. Trạng thái giới hạn (TTGH) được định nghĩa dưới nhiều dạng khác nhau tùy thuộc vào tiêu chuẩn của mỗi nước, mỗi tổ chức. Tuy nhiên, chúng tồn tại dưới hai dạng chính đó là "Trạng thái giới hạn về cường độ - TTGH 1" và "Trạng thái giới hạn sử dụng - TTGH 2".

Trong phương pháp hệ số an toàn tổng thể, sự thay đổi của các thông số và các điều kiện tính toán chưa được xem xét và phân tích một cách đầy đủ như trong phương pháp TTGH. Hiện nay, tính toán nền móng theo TTGH được áp dụng ở hầu hết các tiêu chuẩn trên thế giới và Việt Nam. Phương pháp TTGH được áp dụng theo một số cách khác nhau, trong nghiên cứu này chia thành 2 nhóm như thể hiện ở hình 1. Trong phương pháp TTGH, các hệ số riêng được tính toán dựa trên tính toán xác suất thống kê.



a) Cách 1 - Phương pháp thiết kế theo hệ số riêng cho tải trọng và sức kháng



b) Cách 2 - Phương pháp thiết kế theo trạng thái giới hạn thể hiện trong tiêu chuẩn châu Âu

**Hình 1.** Các cách áp dụng phương pháp trạng thái giới hạn [10] (Chú thích: R: sức kháng, E: hệ quả tác động; F, G, Q: là các tải trọng và tác động; c, φ: là thông số đất nền; γi, γm: là các hệ số an toàn riêng phần)

Cách 1: Phương pháp thiết kế theo hệ số tải trọng và sức kháng (Load and Resistance Factor Design, LRFD) thường được áp dụng ở Bắc Mỹ. Theo cách 1, các tải trọng và tác động có kể tới hệ số an toàn

riêng phần, và giá trị sức kháng được tính từ các giá trị đặc trưng c, φ (không có hệ số riêng) rồi sau đó xét tới một hệ số riêng duy nhất, Φ (hệ số sức kháng):

$$\sum \gamma_i F_i \leq \Phi R_n \tag{1}$$

Cách 2: Phương pháp trạng thái giới hạn thể hiện trong tiêu chuẩn châu Âu. Ở cách 2, các hệ số an toàn riêng phần được kể tới trong quá trình tính toán sức kháng (Rd) và hệ quả tác động (Ed):

$$E_d \leq R_d \tag{2}$$

Chi tiết tính toán theo cách 2 được nêu trong tiêu chuẩn Eurocodes về địa kỹ thuật EN 1997 [11]. Theo đó, các giá trị trong (2) được xác định theo 3 hướng tiếp cận:

- Hướng tiếp cận thiết kế 1: các hệ số an toàn riêng phần chỉ áp dụng với các tác động (tổ hợp 1) và chủ yếu với các thuộc tính của nền đất (tổ hợp 2). Khi một trong các loại tác động này chỉ phối thiết kế một cách rõ ràng, không cần thiết phải thực hiện tính toán cho trường hợp còn lại;
- Hướng tiếp cận thiết kế 2: các hệ số an toàn riêng phần được áp dụng đồng thời cho các tác động và sức kháng phản ứng chống lại các tác động;
- Hướng tiếp cận thiết kế 3: các hệ số an toàn riêng phần được áp dụng cho các tác động có yếu tố kết cấu (nhưng không áp dụng cho các tác động có yếu tố địa kỹ thuật) và các thuộc tính của nền đất.

Ba hướng tiếp cận khác nhau ở cách phân phối hệ số riêng phần giữa các tác động, ảnh hưởng của các tác động, đặc tính và thông số độ bền của nền đất (bảng 1).

Bảng 1. Mô tả các hướng tiếp cận quy định trong tiêu chuẩn EN 1997

Hướng tiếp cận 1	Tổ hợp 1	A1 "+" M1 "+" R1
	Tổ hợp 2	A2 "+" M2 "+" R1
Hướng tiếp cận 2	Tổ hợp	A1 "+" M1 "+" R2
Hướng tiếp cận 3	Tổ hợp	(A1 hoặc A2) "+" M2 "+" R3

Trong đó: A là ký hiệu cho yếu tố tải trọng tác động, M là ký hiệu cho yếu tố thuộc tính của nền đất, và R là ký hiệu cho sức kháng, dấu "+" có ý nghĩa "được tổ hợp với". Giá trị của các hệ số theo hướng tiếp cận được EN 1997 khuyến nghị như ở bảng 2, 3, và 4.

Bảng 2. Hệ số an toàn riêng phần của tải trọng tác động (A) trong EN 1997

Tải trọng	Ký hiệu	Hệ số	
		A1	A2
Lâu dài	Bất lợi	1.35	1
	Có lợi	1	1
Tạm thời	Bất lợi	1.5	1.3
	Có lợi	0	0

Bảng 3. Hệ số an toàn riêng phần của thuộc tính của đất nền (M) trong EN 1997

Thuộc tính của đất nền	Ký hiệu	Hệ số	
		M1	M2
Góc ma sát trong*	gj	1	1.25
Lực dính đơn vị	gc	1	1.25
Sức kháng cắt không thoát nước	gcu	1	1.4
Sức kháng nén đơn	gqu	1	1.4
Trọng lượng đơn vị	gg	1	1

trong đó hệ số \* áp dụng cho đại lượng tanφ' thay vì φ'.

Bảng 4. Hệ số an toàn riêng phần của sức kháng (R) trong EN 1997

Sức kháng	Ký hiệu	Tập hợp		
		R1	R2	R3
Sức chịu tải	gR,v	1	1.4	1
Trượt	gR,h	1	1.1	1

Việc lựa chọn hướng tiếp cận nào để đảm bảo điều kiện (1) trong số các hướng tiếp cận trên tùy thuộc vào từng quốc gia. Tiêu chuẩn

EN 1997 quy định rằng trong mọi trường hợp tính toán thiết kế địa kỹ thuật, tất cả các trạng thái giới hạn đều phải đảm bảo.

Như vậy, có thể thấy, cách 2 là phương pháp tỉ mỉ chi tiết hơn cách 1 vì đã sử dụng các hệ số riêng phần vào tất cả các thông số tính toán. Trong cách 1, chỉ một hệ số sức kháng được sử dụng để xét tới ảnh hưởng của tất cả các yếu tố chi phối. Cách 1 có lẽ phù hợp với hướng tiếp cận số 2 với tổ hợp A1 "+" M1 "+" R2.

**3. TIÊU CHUẨN TÍNH TOÁN NỀN MÓNG HIỆN HÀNH Ở VIỆT NAM**

Hiện nay, ở Việt Nam có nhiều tiêu chuẩn đang được áp dụng song hành. Trong thiết kế nền móng, ví dụ tiêu biểu là TCVN 9362:2012 - Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình [12], TCVN 11823-10:2017 thuộc TCVN 11823:2017 - Thiết kế cầu đường bộ, phần 10: Nền móng [13]. Các tiêu chuẩn này đều được biên dịch từ các tiêu chuẩn của nước ngoài tương ứng lần lượt là Snip II-15-74 của Liên Xô [14], và "AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications" [15]. Trong phần này, các đánh giá so sánh giữa các tiêu chuẩn TCVN về tính toán nền móng và với các hệ thống tiêu chuẩn kể ở mục 2 sẽ được trình bày.

**3.1. TCVN 9379:2012 về kết cấu xây dựng và nền - Nguyên tắc cơ bản về tính toán**

TCVN 9379:2012 về Kết cấu xây dựng và nền - Nguyên tắc cơ bản về tính toán [16] quy định:

- Kết cấu xây dựng và nền cần tính với tải trọng và tác động theo phương pháp trạng thái giới hạn.

- Trạng thái giới hạn là trạng thái mà trong đó kết cấu, nền, nhà hoặc công trình thỏa mãn các yêu cầu cần thiết khi khai thác sử dụng hoặc khi thi công. Trạng thái giới hạn được chia thành hai nhóm:

- Nhóm 1: bao gồm những trạng thái giới hạn dẫn đến việc mất khả năng chịu tải, hay dẫn đến sự bất lợi hoàn toàn về mặt sử dụng kết cấu hoặc nền.

- Nhóm 2: bao gồm những trạng thái giới hạn gây khó khăn cho việc sử dụng bình thường kết cấu và nền.

- Các thông số khi tính toán:

- Tải trọng và tác động tính được bằng cách nhân trị tiêu chuẩn với hệ số độ tin cậy tương ứng gọi là tải trọng tính toán. Tải trọng tính toán được phân ra tải trọng dùng riêng cho tính toán nhóm một và nhóm hai của trạng thái giới hạn.

- Cường độ tính toán của vật liệu hoặc đặc trưng tính toán của đất nền là cường độ hoặc đặc trưng được xác định bằng cách chia cường độ hoặc đặc trưng tiêu chuẩn cho hệ số độ tin cậy về vật liệu hoặc đất, các đặc trưng tính toán khác của vật liệu cho phép xác định bằng cách chia các trị số của chúng cho hệ số tin cậy về vật liệu.

Như vậy, TCVN 9379:2012 yêu cầu phải tính toán theo trạng thái giới hạn khi tính toán thiết kế kết cấu xây dựng và nền. Trong đó, các hệ số được kể tới khi tính giá trị của các thông số được dùng cho cả phần tải trọng, phần cường độ tính toán của vật liệu và đặc trưng tính toán của đất nền. Các yêu cầu này được thể hiện rõ ở trong các tiêu chuẩn khác trong hệ thống TCVN về tính toán nền móng như TCVN 2737:2023 [17], TCVN 9153:2012 [18], và TCVN 9362:2012 [12].

**3.2. Tính toán sức chịu tải (SCT) của nền dưới móng nông theo TCVN 9362:2012**

Theo TCVN 9362:2012, việc tính toán thiết kế nền theo các trạng thái giới hạn được phân tách riêng rẽ. Cụ thể, điều 4.1.3 đưa ra yêu cầu tính toán nền:

- Trạng thái giới hạn thứ nhất, giới hạn về ổn định và cường độ (SCT đất nền).

- Trạng thái giới hạn thứ hai, giới hạn về biến dạng.

Khi tính toán nền theo các TTGH, tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 đưa ra quy trình xử lý số liệu địa chất để tìm trị tính toán các thông

số đặc trưng của đất cho các TTGH. Trong mọi trường hợp, khi tính nền phải dùng trị tính toán các đặc trưng của đất A, xác định theo công thức:

$$A = \frac{A^{tc}}{k_d} \tag{3}$$

trong đó:

-  $A^{tc}$  là trị tiêu chuẩn của đặc trưng của đất, được tính dựa trên xác suất thống kê với quy trình quy định nêu rõ trong TCVN 9362:2012. Xác suất tin cậy  $\alpha$  của trị tính toán các đặc trưng của đất được lấy bằng 0.95 (tức 95%) khi tính nền theo TTGH 1.

-  $k_d$  là hệ số an toàn về đất. Giá trị của các thông số địa chất ở các TTGH được tính với trị số xác suất tin cậy khác nhau.

Tính nền theo sức chịu tải phải xuất phát từ điều kiện:

$$N \leq \frac{\Phi}{k_{tc}} \tag{4}$$

trong đó:

-  $N$  là tải trọng tính toán theo trạng thái giới hạn 1 tác dụng lên nền tuân theo TCVN 2737:2023 [17]. Tải trọng xét đến ở đây là thành phần thẳng đứng, không bao gồm moment, khi kiểm tra công thức sức chịu tải của nền. Phần tải trọng moment được kể đến trong khi tính giá trị của  $\Phi$ ;

-  $\Phi$  là sức chịu tải của nền;

-  $k_{tc}$  là hệ số độ tin cậy do cơ quan thiết kế quy định tùy theo tính chất quan trọng của nhà hoặc công trình, ý nghĩa của nhà hoặc công trình khi tận dụng hết sức chịu tải của nền, mức độ nghiên cứu điều kiện đất đai và lấy không nhỏ hơn 1,2.

Như vậy, có thể thấy phương pháp tính toán theo TCVN 9362:2012 trùng với cách 2 trong tiêu chuẩn EN 1997 nêu ở mục 2. Tuy nhiên, xét về các hệ số riêng phần, việc tính toán SCT của móng nông theo TCVN 9362:2012 dường như không trùng khớp với cả 3 hướng tiếp cận tính toán trong EN 1997.

**3.3. Tính toán SCT của nền dưới móng nông theo TCVN 11823-10:2017**

TCVN 11823-10:2017 phát hành năm 2017 dựa vào tiêu chuẩn thiết kế cầu theo hệ số tải trọng và sức kháng của AASHTO, Mỹ [15], tức là theo cách 1 (nêu ở mục 2). Tiêu chuẩn TCVN 11823-10:2017 quy định khi thiết kế móng nông cần theo hai trạng thái giới hạn cơ bản. Về trạng thái giới hạn 1 cho kiểm tra sức chịu tải của nền dưới móng nông, sức kháng nền có chiết giảm hệ số ở trạng thái giới hạn cường độ  $q_R$  xác định như sau:

$$q_R = \varphi_b * q_n \tag{5}$$

trong đó:

-  $q_n$ : Sức kháng nền danh định;

-  $\varphi_b$ : Hệ số chiết giảm sức kháng quy định ở Điều 5.5.2.2 của TCVN 11823-10:2017 (bảng 5).

Bảng 5. Hệ số chiết giảm sức kháng của nền đất dưới móng nông (TCVN 11823-10:2017)

Phương pháp/ loại đất/ tình trạng	Hệ số kháng, $\varphi_b$
Phương pháp lý thuyết, trong đất sét	0.50
Phương pháp lý thuyết, trong cát, sử dụng CPT	0.50
Phương pháp lý thuyết, trong cát, sử dụng SPT	0.45
Phương pháp nửa thực nghiệm, tất cả các loại đất	0.45
Móng trong đá	0.45
Thí nghiệm bàn ép	0.55

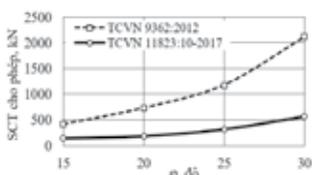
**3.4. So sánh tính toán nền móng giữa các tiêu chuẩn**

**a) So sánh việc tính móng nông theo TCVN 9362:2012 và TCVN 11823-10:2017**

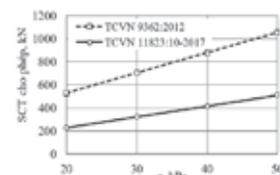
Như đã đề cập ở trên, TCVN 9362:2012 và TCVN 11823-10:2017 là hai tiêu chuẩn tính toán theo các phương pháp khác nhau. Sau đây là liệt kê các sự khác biệt đó trong trường hợp tính toán móng nông (bảng 6).

Bảng 6. Một số điểm khác nhau giữa 2 tiêu chuẩn TCVN 9362 và 11823 về việc tính móng nông

STT	Nội dung	TCVN 9362:2012		TCVN 11823-10:2017	
			Điều tham chiếu		Điều tham chiếu
1	Phương pháp luận tính toán	Tính theo TTGH, cụ thể là hệ số an toàn riêng phần sử dụng cho cả tác động và thông số đất nền		Tính theo TTGH, cụ thể là theo hệ số tải trọng và hệ số sức kháng (LRFD)	
2	Hệ số an toàn cho tải trọng và tác động	Tuân theo TCVN 2737		Theo phần 3 trong Bộ tiêu chuẩn TCVN 11823	
3	Tải trọng tính toán và Tổ hợp tải trọng	Tuân theo TCVN 2737		Theo phần 3 trong bộ tiêu chuẩn TCVN 11823.	
4	Xác định thông số địa chất c, j, g	Áp dụng phân tích thống kê để tính ra các giá trị cho TTGH1 và TTGH2. Phương pháp tính giá trị đặc trưng và tính toán được nêu rõ trong tiêu chuẩn.	4.3.1 tới 4.3.6, phụ lục A	Không áp dụng hệ số riêng phần cho thông số đất nền. Phương pháp tìm giá trị đặc trưng: tiêu chuẩn không quy định, có thể dùng nhiều cách khác nhau.	4.6.1
5	Kích thước móng và xác định áp lực do móng tác dụng vào nền	Kể đến kích thước tính đối của móng. Áp lực đất dưới móng quy thành phân bố đều, mặc dù là lực lệch tâm, để kiểm tra điều kiện sức chịu tải. Chỉ dùng lực nén để tính áp lực đất, không kể tới moment.	Mục 4.7	Kể đến kích thước có hiệu của móng. Áp lực đất dưới móng quy thành phân bố đều, mặc dù là lực lệch tâm, để kiểm tra điều kiện SCT. Chỉ dùng lực nén để tính áp lực đất, không kể tới moment.	6.1.3 6.1.4
6	Giới hạn áp lực lên nền để tính lún	Có hạn chế áp lực lên nền đất để khống chế độ lún. Có công thức tính áp lực tối đa R, trong đó kích thước móng được kể đến là kích thước nguyên thủy của móng không xét tới sự lệch tâm. Cho phép tăng lên thành 1.2R nếu giá trị độ lún thu được do R gây ra $\leq 40\% * S_{gh}$	4.6.9	Có hạn chế áp lực lên nền đất để khống chế độ lún. Áp lực này được quy định trong bảng 14, và không có công thức tính, chỉ phụ thuộc vào đất nền và không phụ thuộc vào kích thước móng	6.2.6.1
7	Sức chịu tải cực hạn	Công thức lý thuyết xác định SCT giống nhau. Tuy nhiên, quy định thông số đầu vào là khác nhau.	4.7.7	Lý thuyết tính sức chịu tải của nền đất giống như trong TCVN 9362. Ngoài công thức xác định sức chịu tải của nền dạng Terzaghi, thì công thức xác định SCT theo chỉ số N <sub>spt</sub> và q <sub>c</sub>	6.3.1.1
8	Sức chịu tải cho phép và hệ số riêng	Cách xác định về cơ bản là giống nhau, tuy nhiên hệ số riêng có thể khác nhau, tùy trường hợp. Trong mọi trường hợp, hệ số an toàn yêu cầu $\geq 1.2$	4.7.2, và 4.7.7	Hệ số sức kháng ở TCVN 11823 phụ thuộc vào phương pháp phân tích. Hệ số sức kháng ở tiêu chuẩn này nhìn chung lớn hơn giá trị trong TCVN 9362.	6.3.1.1, 5.5.2.2
9	Các hệ số trong công thức SCT	Có sự khác nhau. Việc tra các hệ số cần phải tra theo đồ thị, có thể bị sai số và gây ra các kết quả tính toán khác nhau.		Hệ số được tính toán theo công thức (mà không phải tra bảng)	
10	Thuật ngữ	"Tiêu chuẩn": tải trọng tiêu chuẩn "Tính toán": tải trọng tính toán		"Danh định": tải trọng danh định "Tính toán": tải trọng tính toán	



Hình 2. Sức chịu tải cho phép của nền trong trường hợp đất rời [3]



Hình 3. Sức chịu tải cho phép của nền trong trường hợp đất dính [3]

Phạm Thế Anh và cộng sự [3] đã tính toán so sánh sức chịu tải của nền dưới móng nông giữa tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 và TCVN 11823-10:2017 với các loại đất khác nhau (hình 2 và hình 3). Theo đó, có sự chênh lệch lớn giữa SCT của nền tính theo hai tiêu chuẩn, tính toán theo TCVN 11823 cho kết quả thiên về an toàn hơn. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa đề cập và tính toán tác động (tải trọng). Trong

một bộ tiêu chuẩn, tải trọng được tính toán với các hệ số riêng phần phù hợp với việc tính toán sức kháng. Do đó, việc so sánh sức chịu tải mới chỉ là bước đầu, để đầy đủ cần xem xét cả giá trị tải trọng tương ứng.

#### b) So sánh việc tính móng nông theo TCVN 9362:2012 và EN 1997

Về tính toán giá trị đặc trưng của thông số địa kỹ thuật, cả hai tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 và EN 1997 đều đề cập tới việc sử dụng phương pháp thống kê. Trong đó, giá trị độ tin cậy yêu cầu đều là 95%. Tuy nhiên, trong khi TCVN 9362:2012 đưa ra quy trình cụ thể cho xử lý thống kê, EN 1997 không đưa ra cụ thể (tức có thể lựa chọn các lý thuyết khác nhau).

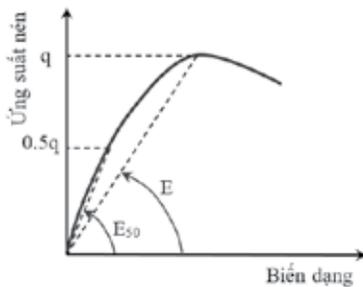
Đặng Đức Hiếu và cộng sự [4] đã so sánh tính toán một móng đơn bê tông cốt thép dưới cột theo tiêu chuẩn EN 1997 theo cả ba hướng tiếp với kết quả tính toán kiểm tra theo tiêu chuẩn TCVN

9362:2012. Kết quả chỉ ra rằng, tính toán theo hướng tiếp cận số 1 của chuẩn EN 1997 khá sát với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012. Ngoài ra, nghiên cứu [4] đề xuất sử dụng các công thức tính SCT theo EN 1997 vào tính toán SCT của nền theo TCVN 9362:2012, để tiệm cận với kết quả tính toán thiết kế theo hướng tiếp cận thiết kế 2 và 3 nêu trong EN 1997.

Tiêu chuẩn EN 1997 đưa ra 3 hướng tiếp cận thiết kế để cho việc tính toán sức kháng của nền. Ba hướng tiếp cận đều có vai trò như nhau, nhưng tùy vào từng điều kiện cụ thể là khác nhau mà có thể lựa chọn hướng tiếp cận phù hợp nhất [5,6]. Như vậy, tiêu chuẩn EN có hướng mở tổng quát cho việc áp dụng.

### 3.5. Mô đun biến dạng của đất

Mô đun biến dạng (E) của đất là thông số chính để tính toán biến dạng của nền đất. Mô đun biến dạng của đất phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại thí nghiệm, phụ thuộc vào khoảng áp lực áp dụng. Theo TCVN 9362:2012 [12], giá trị mô đun biến dạng của đất cần xử lý thống kê. Một câu hỏi đặt ra: khi áp dụng hệ số riêng cho thông số cường độ của đất (ví dụ: hệ số riêng làm giảm cường độ của đất) thì mô đun biến dạng của nền sẽ lấy giá trị như thế nào (xem minh họa ở Hình 4). Tức, liệu rằng giá trị mô đun biến dạng có nên giảm theo các hệ số riêng hay không? Hiện nay trong các tính toán, giá trị E hầu như được giữ nguyên, thường không xem xét các hệ số riêng. Một trong những lý do là số lượng thí nghiệm tìm ra giá trị E không đủ để xử lý thống kê. Ngoài ra, để với bài toán khác nhau thì mô đun biến dạng cần làm thí nghiệm tương ứng phù hợp với ứng xử của đất. Tuy nhiên, trong TCVN 9438:2012 [18] về phương pháp xác định độ bền nén một trục nở hông, có thể sử dụng kết quả xác định độ bền nén nở hông  $E_{50}$  thông qua phương pháp thí nghiệm nén một trục là mô đun biến dạng đàn hồi. Với đặc điểm như vậy, có thể việc áp dụng TCVN 11823:2017 (cách 1) sẽ thuận tiện hơn trong tính toán thiết kế.



Hình 4. Quan hệ giữa mô đun biến dạng và giá trị của cường độ của đất

## 4. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Trong hệ thống tiêu chuẩn TCVN hiện nay tồn tại song song các tiêu chuẩn về tính toán nền móng, nghiên cứu này tiến hành phân tích và so sánh các tiêu chuẩn góp phần làm rõ sự khác nhau, và có thể phục vụ việc đánh giá, quyết định lựa chọn tiêu chuẩn hay hệ thống hóa các tiêu chuẩn trong tương lai. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong hoàn cảnh nước ta đang tiến hành chuyển dịch các tiêu chuẩn nước ngoài thành tiêu chuẩn quốc gia. Nghiên cứu đã tổng hợp, phân tích làm rõ một số điểm khác nhau giữa một số tiêu chuẩn về tính toán nền móng Việt Nam và trên thế giới thông qua một số trường hợp phân tích tính toán. Sự khác nhau bao gồm: phương pháp luận tính toán, các hệ số an toàn riêng phần, các cách tiếp cận tính toán được quy định, và cách các thông số được sử dụng trong tính toán. Sự khác nhau này tạo ra sự không thống nhất trong hệ thống TCVN, những kết quả tính toán chênh lệch, và khó khăn trong lựa chọn tiêu chuẩn vào tính toán.

Để hệ thống tiêu chuẩn TCVN nói chung, tiêu chuẩn về tính toán về nền móng nói riêng được hệ thống hơn, trước hết việc tính toán

kiểm tra cần tiến hành trên nhiều bài toán khác nhau. Mỗi phương pháp tính có thể chỉ khả dụng với một số bài toán địa kỹ thuật cụ thể và phù hợp với hoàn cảnh cụ thể (như điều kiện và phương pháp xác định thông số địa chất). Từ đó, tổng hợp đánh giá để đưa ra khuyến cáo cho việc áp dụng các tiêu chuẩn phù hợp và tránh trường hợp áp dụng nhiều tiêu chuẩn lẫn lộn cho một công trình.

Việc áp dụng các tiêu chuẩn nước ngoài, cũng như việc chuyển dịch tiêu chuẩn đó thành tiêu chuẩn quốc gia cũng cần hiểu rõ sự khác biệt và cần có đánh giá kỹ lưỡng. Ngoài ra, việc biên soạn các hướng dẫn áp dụng tiêu chuẩn, và tổ chức các tập huấn, lớp đào tạo cho kỹ sư và nhà quản lý là cần thiết để hiểu đúng các đặc điểm của tiêu chuẩn. Các hội nghề nghiệp/chuyên môn (ví dụ Hội cơ học đất và địa kỹ thuật công trình Việt Nam VSSMGE) và các trường đại học chuyên môn cần thể hiện vai trò trong các công việc này. Việc cập nhật và điều chỉnh định kỳ các tiêu chuẩn cũng cần được đưa vào kế hoạch của cơ quan chức năng.

### Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài này (mã số 15-2023/KHXD).

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quyết định số 198/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng
2. Quyết định số 390/QĐ-BXD ngày 12/5/2022 về việc Phê duyệt Định hướng và Kế hoạch biên soạn, hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành xây dựng đến năm 2030
3. Phạm Thế Anh, Nguyễn Tuấn, Nguyễn Hoàng Việt, Nguyễn Bảo Việt. So sánh tính toán nền móng theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dựa vào điều kiện cường độ. Tạp chí Xây dựng, 2022.
4. Đặng Đức Hiếu, Nguyễn Hoàng Việt, Nguyễn Việt Minh, Giang Thái Lâm, Nguyễn Bảo Việt. Nghiên cứu áp dụng tiêu chuẩn châu Âu trong tính toán thiết kế móng nông tại Việt Nam. Tạp chí Xây dựng, 2022.
5. Bond, A. Implementation and evolution of Eurocode 7. in Modern Geotechnical Design Codes of Practice. 2013. Amsterdam: IOS Press.
6. Orr, T.L.L., How Eurocode 7 has affected geotechnical design: a review. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering, 2012. 165(6): p. 337-350.
7. Gustavsson, H., E. Slunga, and T. Lämsivaara. Implementation of Eurocode 1997-1 in Finland. in Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Volumes 1, 2, 3 and 4). 2009. IOS Press.
8. Vogt, N. and B. Schuppener. Implementation of Eurocode 7-1 geotechnical design in Germany. in New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice. Taipei, 2006
9. Andrew Lees. Geotechnical Finite Element Analysis: A practical guide. ICE Publishing, 2016
10. Manuel Matos Fernandes. Analysis and design of geotechnical structures. CRC Press, 2020
11. EN 1997-1:2004: Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules.
12. TCVN 9362:2012. Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam
13. TCVN 11823:2017. Thiết kế cầu đường bộ. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
14. SNiP II-15-74. Foundations of buildings and structures. Gosstroy of the USSR, Russia
15. AASHTO LRFED Bridge Construction Specifications (2017). The American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
16. TCVN 9379:2012. Kết cấu xây dựng và nền - Nguyên tắc cơ bản về tính toán. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
17. TCVN 2737-2023 Tải trọng và tác động. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam
18. TCVN 9438:2012. Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ bền nén một trục nở hông. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

# Ước tính dung tích hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2 sử dụng dữ liệu Sentinel

Estimate the storage capacity of Song Tranh 2 hydropower reservoir using Sentinel data

> NGUYỄN CÔNG GIANG<sup>1</sup>, ĐẶNG VŨ KHẮC<sup>2,\*</sup>, LÊ TUẤN CẢNH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: [giangnc@hau.edu.vn](mailto:giangnc@hau.edu.vn)

<sup>2</sup>Khoa Địa lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội; Email: [khacdv@hnue.edu.vn](mailto:khacdv@hnue.edu.vn), [letuancanh302@gmail.com](mailto:letuancanh302@gmail.com)

## TÓM TẮT

Bên cạnh vai trò cung cấp nước để phát điện cho hệ thống năng lượng quốc gia, hồ chứa thủy điện còn đảm bảo hài hòa các lợi ích về kinh tế, xã hội và môi trường. Tuy nhiên, tình trạng biến đổi khí hậu làm lượng nước trong các hồ chứa thủy điện bị phụ thuộc vào diễn biến của các hiện tượng thời tiết cực đoan - lúc bị khô cạn, lúc lại bị dâng cao. Vì vậy việc theo dõi dung tích nước hồ chứa để đảm bảo an ninh nguồn nước và an toàn đập, hồ chứa trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Với ảnh vệ tinh Sentinel 1, số liệu đo cao trình mực nước và mô hình số độ cao (DEM), nghiên cứu đã ước tính chính xác dung tích của hồ thủy điện Sông Tranh 2 (Quảng Nam). Kết quả cho thấy dung tích nước hồ đạt 692.1 km<sup>3</sup> tương ứng với cao trình mực nước đo đạc thực tế 172.45 m vào ngày 28/5/2022 khi chụp ảnh vệ tinh radar Sentinel 1. Việc kiểm chứng với dung tích nước quan trắc (691.2 km<sup>3</sup>) cho thấy sai số đạt dưới 2%. Nghiên cứu này là tiền đề cho phép sử dụng các nguồn dữ liệu viễn thám trong theo dõi, giám sát diễn biến mực nước tại các hồ chứa nói chung và hồ thủy điện nói riêng. Từ đó mang lại khả năng dự báo để đưa ra chiến lược sử dụng nguồn nước và sản xuất năng lượng điện phù hợp tại hồ thủy điện Sông Tranh 2.

**Từ khóa:** Hồ chứa; dung tích; DEM; Sentinel; Sông Tranh 2.

## ABSTRACT

Besides the role of providing water to produce electricity for the national power system, hydroelectric reservoirs also ensure the harmony of economic, social and environmental benefits. However, climate change and prolonged heat waves have caused hydroelectric reservoirs to dry up. Therefore, monitoring the storage capacity of reservoir to serve water resource management has become more urgent than ever. The use of Sentinel 1 satellite images, water level data and digital elevation model (DEM) has allowed to accurately estimate the storage capacity of Song Tranh 2 hydroelectric reservoir (Quang Nam). The results show that the water capacity reached 692.1 km<sup>3</sup> corresponding to the water level of 172.45 m on May 28, 2022 when radar image was taken. Validation with actual observed capacity (691.2 km<sup>3</sup>) shows that the error is less than 2%. This study contributes to demonstrate the ability to use remote sensing data in monitoring water level in reservoirs. From there, it allows forecasting to make appropriate strategies for using water resources and producing electrical energy at Song Tranh 2 hydroelectric reservoir.

**Keywords:** Reservoir; volume; DEM; Sentinel; Song Tranh 2.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các hồ chứa nước chiếm diện tích khá nhỏ trên lục địa (khoảng 3.7%) nhưng có vai trò hết sức to lớn trong vòng tuần hoàn nước cũng như các hoạt động kinh tế-xã hội của con người [1]. Hồ chứa thủy điện ngày càng tác động mạnh mẽ đến lưu lượng dòng chảy của sông vì chúng có thể thay đổi chế độ thủy văn của dòng chảy thông qua lưu giữ hoặc xả nước. Ngoài vai trò chính là cung cấp nguồn nước cho các nhà máy thủy điện hoạt động, hồ chứa thủy điện còn được sử dụng trong nhiều ngành kinh tế như du lịch, nông nghiệp và thủy sản.

Trước những sức ép về tài nguyên nước mặt do biến đổi khí hậu gây ra, việc giám sát hiện trạng của các hồ chứa, đặc biệt là hồ chứa thủy điện ngày càng quan trọng hơn bao giờ hết. Bên

cạnh những hồ chứa lớn có thể dễ dàng theo dõi và giám sát với nguồn dữ liệu quan trắc có sẵn thì việc đo đạc, theo dõi những hồ có diện tích nhỏ, nằm ở những khu vực địa lý khó khăn vẫn còn là thách thức lớn với nhiều quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam.

Hiện nay, tồn tại nhiều phương pháp được áp dụng để giám sát tài nguyên nước mặt. Trong đó, phương pháp đo mực nước và thể tích hồ trực tiếp đang được sử dụng phổ biến tại các quốc gia đang phát triển. Phương pháp này mặc dù có mức độ chính xác cao nhưng đòi hỏi kinh phí tương đối lớn và phải di chuyển đến khu vực nghiên cứu để thực hiện các đo đạc cần thiết. Điều này gặp nhiều trở ngại khi khu vực nghiên cứu được tiến hành tại nhiều hồ cách xa nhau hoặc bên ngoài lãnh thổ quốc gia.

Sự đóng góp của dữ liệu viễn thám và dữ liệu không gian địa lý được xem là một bước phát triển mạnh trong giám sát tài nguyên nước mặt và thu hút được nhiều sự quan tâm trong những thập kỷ vừa qua. Vào năm 2011, cơ quan Nông nghiệp Nước ngoài (FAS) của Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA) với sự hợp tác của Trung tâm Không gian Goddard (GSFC) của cơ quan Hàng không và Vũ trụ Quốc gia (NASA) và Đại học Maryland (UMD) đã ghi lại sự thay đổi độ cao mặt nước của khoảng 70 hồ và hồ chứa trên toàn thế giới bằng cách sử dụng kết hợp các bộ dữ liệu đo độ cao của radar vệ tinh [2]. Peng và cộng sự năm 2006 đã trình bày phương pháp dựa trên dữ liệu viễn thám cung cấp thông tin tốt hơn, hữu ích hơn trong việc quản hành và quản lý hồ chứa so với phương pháp truyền thống. Nghiên cứu được tiến hành tại hồ chứa Fengman (Trung Quốc) sử dụng dữ liệu Landsat. So với dữ liệu quan trắc, sai số của đường đặc tính lòng hồ (Z~V) sử dụng ảnh vệ tinh nhỏ hơn phương pháp truyền thống [3]. Tim Busker và cộng sự sử dụng bộ dữ liệu tài nguyên nước mặt toàn cầu (GSW) đã được xử lý trước của Trung tâm nghiên cứu chung (JRC) với độ phân giải lớn kết hợp với ảnh Landsat để ước tính sự biến đổi thể tích trên toàn cầu từ năm 1984 trở đi. Nghiên cứu đã cho thấy có thể áp dụng dữ liệu viễn thám để theo dõi tài nguyên nước mặt trên phạm vi rộng lớn trong một giai đoạn nhất định [4]. Tại Việt Nam, Nguyễn Quốc Hiệp và cộng sự đã giới thiệu một phương pháp để xác định đường cong Z-F-W phi tuyến của hồ chứa bằng cách sử dụng ảnh radar Sentinel-1. Với phương pháp này, việc xác định các đường cong Z-F-W của hồ chứa tại địa bàn tỉnh Hà Tĩnh đã được cải thiện đáng kể [5]. Nguyễn Lương Bằng và cộng sự cũng đã ứng dụng ảnh vệ tinh Sentinel trong giám sát mực nước và dung tích hồ chứa thuộc lưu vực sông Mê Kông. Nghiên cứu đã cho thấy đường quá trình mực nước, dung tích hồ giữa ước tính và quan trắc phù hợp với nhau. Tương quan giữa dung tích nước hồ ước tính và quan trắc đạt trên 0,98 cho thấy hiệu quả của dữ liệu viễn thám trong việc tiếp cận dữ liệu tài nguyên nước mặt nằm ngoài lãnh thổ Việt Nam [6].

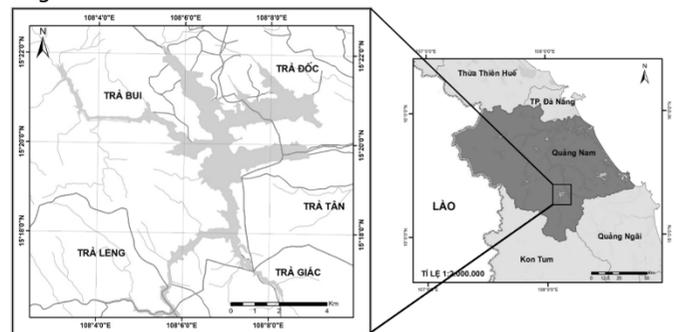
Hồ thủy điện Sông Tranh 2 là một trong những hồ chứa đóng vai trò quan trọng trong cung cấp năng lượng cho tỉnh Quảng Nam và khu vực lân cận. Tuy nhiên, ngay từ khi hồ chứa tích nước đến nay, khu vực đã xảy ra rất nhiều vụ động đất với cường độ chủ yếu dưới 5 độ richter. Chỉ tính từ năm 2011 đến năm 2015, trong bán kính gần 100 km xung quanh khu vực đập đã ghi nhận khoảng 1200 cơn địa chấn với cường độ trên dưới 1 độ richter, cá biệt có tới 6 đợt đạt cường độ từ 4,0 - 4,7 độ richter. Điều này đã gây ảnh hưởng đến đời sống của người dân trong khu vực [7]. Hồ thủy điện Sông Tranh 2 nằm trên hai hệ thống đứt gãy lớn là đới đứt gãy Trà Bồng và đới đứt gãy Hưng Nhượng-Tà Vi [8]. Một trong những nguyên nhân quan trọng gây ra hiện tượng trên là do quá trình tích nước của hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2 đã làm thay đổi cấu trúc địa chất-địa tầng trong khu vực. Cho đến nay, vẫn chưa có nghiên cứu nào đánh giá sự thay đổi của dung tích nước của hồ thủy điện Sông Tranh 2 ở các mực nước và thời gian khác nhau. Chính vì vậy việc ước tính chính xác dung tích nước của hồ thủy điện Sông Tranh 2 trở nên rất cần thiết. Một số nghiên cứu trước đây đã từng ứng dụng viễn thám và GIS để tính toán dung tích hồ chứa này thông qua diện tích mặt nước và độ cao mực nước. Tuy nhiên, kết quả đem lại có độ chính xác chưa cao so với thực tế. Xuất phát từ những lợi thế của dữ liệu viễn thám radar, nghiên cứu này mong muốn đánh giá khả năng sử dụng ảnh Sentinel 1 kết hợp với dữ liệu mô hình số địa hình và dữ liệu quan trắc để ước tính dung tích nước của hồ thủy điện Sông Tranh 2 (Quảng Nam). Nghiên cứu hy vọng góp phần chứng minh vai trò quan trọng của dữ liệu viễn thám và dữ liệu không gian địa lý trong việc cải thiện mức độ chính xác khi ước

tính dung tích hồ chứa để từ đó nâng cao hiệu quả công tác quản lý và giám sát tài nguyên nước mặt hiện nay.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1 Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là hồ thủy điện Sông Tranh 2 thuộc hệ thống sông Thu Bồn - Vu Gia, huyện Bắc Trà My, tỉnh Quảng Nam. Nơi đây có hai mùa: mùa mưa kéo dài từ tháng 10 đến tháng 12, mùa khô kéo dài từ tháng 2 đến tháng 8. Độ ẩm trung bình đạt khoảng 84%. Lượng mưa trung bình năm của vùng dao động từ 2000-2500 mm/năm. Huyện Bắc Trà My là một trong những nơi có lượng mưa trung bình năm lớn nhất Việt Nam với hơn 4000 mm/năm và lượng mưa thường tập trung trong thời gian ngắn trên một địa hình hẹp, dốc đã tạo điều kiện thuận lợi cho lũ các sông dâng lên nhanh.



Hình 1. Vị trí địa lý của khu vực nghiên cứu

Bảng 1. Thông tin khái quát về khu vực nghiên cứu (Flv - diện tích mặt nước tại cao trình thiết kế, Wtc - dung tích hữu ích thiết kế)

Tên hồ	Địa điểm	Tọa độ		Thông số cơ bản	
		Vĩ độ	Kinh độ	Flv (km <sup>2</sup> )	Wtc (Km <sup>3</sup> )
Sông Tranh 2	Bắc Trà My - Quảng Nam	15°19'	108°06'	21.52	729.2

Trước khi xây dựng công trình thủy điện Sông Tranh 2, khu vực này xảy ra khoảng 8 trận động đất có độ mạnh từ 2.1 đến 4.8 độ Richter. Sau khi hoàn thành và bắt đầu cho tích nước đến nay, Viện Vật lý Địa cầu ghi nhận hàng trăm trận động đất xảy ra ở khu vực xung quanh khu vực hồ chứa. Điều này cho thấy quá trình tích trữ nước và vận hành hồ chứa có liên quan tới các hoạt động địa chấn tại khu vực nghiên cứu. Vì vậy việc theo dõi chính xác dung tích nước của hồ chứa có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc đảm bảo sự bền vững của hồ đập và sự an toàn của cư dân phía dưới hạ lưu.

### 2.2 Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1 Dữ liệu sử dụng

##### \* Ảnh Sentinel 1

Vệ tinh Sentinel 1 cung cấp ảnh radar với độ phân giải 10 m. Do ít bị ảnh hưởng bởi thời tiết và rất nhạy cảm với bề mặt nước, ảnh vệ tinh Sentinel-1 là nguồn dữ liệu quan trọng phục vụ nghiên cứu nhờ tiết kiệm chi phí và đem lại hiệu quả. Trên lãnh thổ Việt Nam, cứ 6 ngày sẽ có một ảnh Sentinel 1 do 2 vệ tinh Sentinel 1 (A và B) bay lệch nhau 180° trên cùng quỹ đạo. Từ những ưu điểm này, ảnh Sentinel 1 được sử dụng để xác định phạm vi hồ chứa. Dữ liệu ảnh radar Sentinel 1 được chụp vào ngày 28/5/2022, tải về từ cơ sở dữ liệu mở của cơ quan Vũ trụ châu Âu (ESA). Bên cạnh cảnh ảnh Sentinel 1 nêu trên, một cảnh ảnh Sentinel 1 khác chụp vào ngày 23/8/2023 cũng được khai thác với phương pháp xử lý và tính toán tương tự nhằm kiểm chứng sự phù hợp và độ tin cậy của kết quả thu được so với dữ liệu quan trắc trên mặt đất.

##### \* Ảnh Sentinel 2

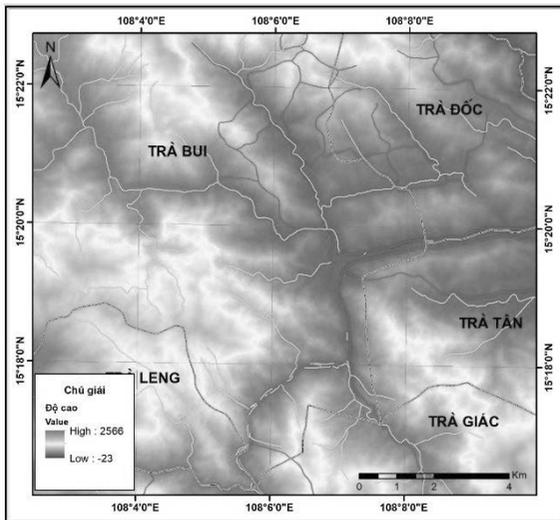
Ảnh Sentinel-2A chụp ngày 01/6/2022, lúc tỉnh Quảng Nam đang bước vào mùa khô. Mặc dù cảnh ảnh bị mây che phủ một phần, nhưng khu vực nghiên cứu không bị ảnh hưởng nên góp phần đảm bảo kết quả tính toán được chính xác. Thời gian ảnh Sentinel 2 này chụp gần với thời điểm chụp ảnh Sentinel 1 (28/5/2022) để giảm thiểu sự thay đổi về dung tích nước nhằm phục vụ việc kiểm chứng phạm vi mặt nước xác định từ dữ liệu ảnh Sentinel 1.

Bảng 2. Dữ liệu Sentinel được dùng trong nghiên cứu

STT	Tên ảnh	Loại ảnh	Độ phân giải	Thời gian thu chụp
1	Sentinel-1	Radar	~10 m	28/5/2022
2	Sentinel-1	Radar	~10 m	23/8/2023
3	Sentinel-2	Quang học	10 m	01/6/2022

\* Dữ liệu mô hình số độ cao

Số liệu mô hình số độ cao với độ phân giải 12.5 m của khu vực hồ thủy điện Sông Tranh 2 được xây dựng từ ảnh vệ tinh ALOS PALSAR thu chụp năm 2009. Đây là thời điểm hồ thủy điện Sông Tranh 2 chưa tích nước, bề mặt đáy hồ lộ ra giúp cho việc ước tính dung tích hồ chứa.



Hình 2. Mô hình số địa hình khu vực thủy điện Sông Tranh 2 trước khi tích nước năm 2009

\* Dữ liệu thủy văn hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2

Để kiểm chứng dung tích nước ước tính, nghiên cứu đã sử dụng số liệu quan trắc cao trình mặt nước hồ chứa và dung tích hồ cùng thời điểm chụp ảnh vệ tinh (23/8/2023) do Tổng cục Thủy lợi, Bộ NN&PTNT cung cấp tại trang web <http://thuyloivietnam.vn>.

**2.2.2 Phương pháp nghiên cứu**

\* Tính dung tích nước hồ chứa

Có hai cách tiếp cận chính sau đây: (a) tính dung tích hữu ích của hồ chứa dựa vào công thức hình chóp cụt [5], (b) tính dung tích hồ chứa dựa vào cao trình mực nước và mô hình số độ cao (DEM) [6].

Đối với cách tiếp cận đầu tiên, dung tích hồ chứa được giới hạn từ mực nước chết ( $Z_0$ ) tới mực nước hữu ích ( $Z_i$ ) và được xác định dựa trên chuỗi dữ liệu quan hệ giữa cao trình mực nước và diện tích bề mặt hồ. Nó được tính bằng công thức hình chóp cụt như sau [3]:

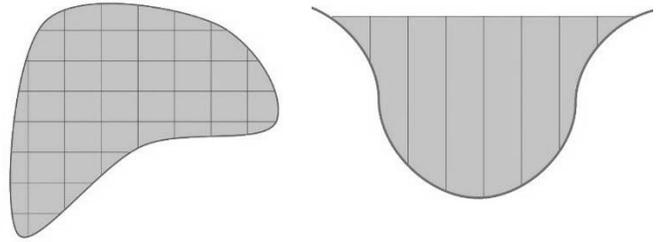
$$W_i = \sum_{i=0}^n \frac{(Z_{i+1} - Z_i)}{3} (F_i + F_{i+1} + \sqrt{F_i F_{i+1}}) \quad (1)$$

Trong đó:

- $W_i$ : Dung tích hồ chứa tại thời điểm  $i$
- $Z_i$ : Cao trình mực nước tại thời điểm  $i$
- $F_i$ : Diện tích mặt hồ tại thời điểm  $i$

Cách tiếp cận thứ nhất cần xác định diện tích hồ chứa ( $F$ ) tại các thời điểm khác nhau bằng ảnh vệ tinh và thu thập dữ liệu cao trình mực nước tại các thời điểm tương ứng với thời gian chụp ảnh. Cách tiếp cận này chỉ tính được dung tích hữu ích do bị giới hạn bởi mực nước hữu ích. Chính vì vậy, phần dung tích dưới mực nước hữu ích sẽ bị bỏ qua dẫn đến sai số.

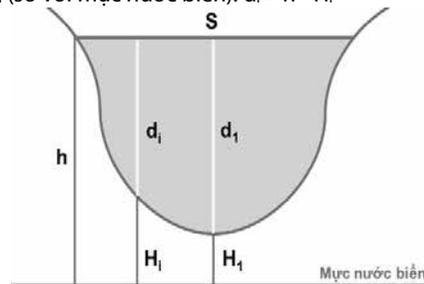
Cách tiếp cận thứ hai dựa vào cao trình mực nước và mô hình số độ cao thể hiện bề mặt địa hình trước khi diễn ra quá trình tích nước của hồ chứa. Dung tích hồ chứa tương đương với tổng dung tích của các cột nước hình trụ do các pixel của DEM tạo nên bề mặt địa hình đáy của hồ chứa (Hình 3).



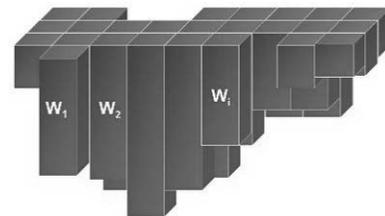
Hình 3. Minh họa cấu tạo của hồ chứa từ các pixel: (a) Mặt cắt ngang, (b) Mặt cắt dọc. Dung tích của mỗi cột nước sẽ được tính theo công thức (2):  $W_i = d_i \times R^2$  (2)

Trong đó:

- $W_i$  là dung tích của cột nước thứ  $i$
- $R$  là kích thước pixel của dữ liệu DEM (12.5 m)
- $d_i$  là cao trình mực nước hay chiều cao của từng cột nước tương ứng với độ sâu (so với đáy) tại vị trí bất kỳ và tính bằng chênh lệch giữa  $h$  và  $H_i$  (so với mực nước biển):  $d_i = h - H_i$



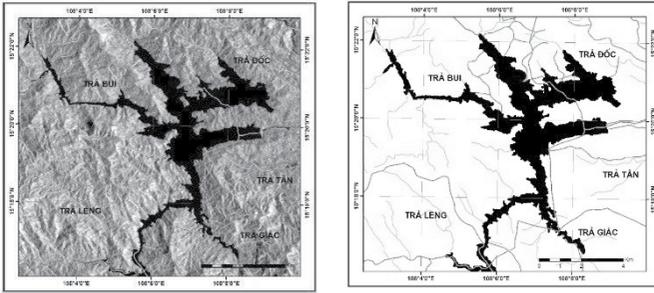
Hình 4. Minh họa các tham số tính dung tích cột nước. Dung tích hồ chứa sẽ được tính bằng tổng dung tích của các cột nước (3):  $W = \sum_{i=1}^n W_i$  (3)



Hình 5. Minh họa công thức tính tổng dung tích hồ chứa từ các cột nước thành phần. Tuy nhiên trong tiếp cận này, cao trình mực nước thay đổi theo thời gian và qua đó làm thay đổi giới hạn của bề mặt địa hình được sử dụng khi tính toán sự thay đổi của độ sâu mực nước. Chính vì vậy cần xác định mặt hồ để làm cơ sở khoanh vi giới hạn địa hình bề mặt đáy hồ tương ứng với thời điểm chụp ảnh vệ tinh.

\* Xác định phạm vi mặt nước

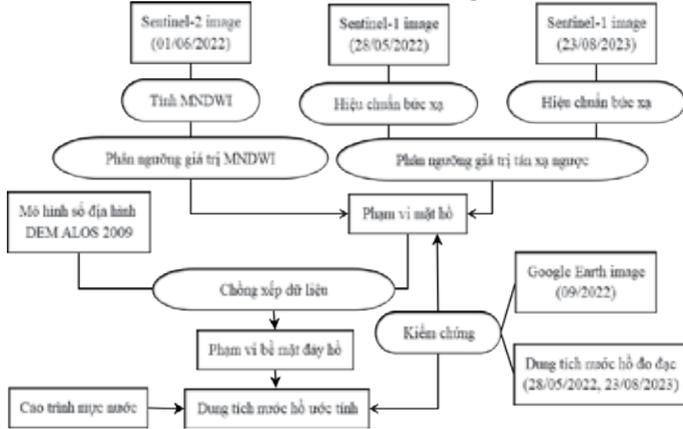
Ảnh Sentinel 1 (28/5/2022) được sử dụng để xác định phạm vi mặt hồ dựa vào giá trị tán xạ ngược của kênh ảnh phân cực VH. Giá trị tán xạ ngược của nước dao động từ -27 đến -20. Sử dụng dải giá trị này làm ngưỡng để tách nước ra khỏi các đối tượng khác.



**Hình 6.** Phân tách mặt nước dựa vào ngưỡng giá trị tán xạ ngược (Sentinel-1, 28/5/2022)

\* Các bước tiến hành

Các bước xác định phạm vi và dung tích hồ chứa thủy điện Sông Tranh 2 dựa vào dữ liệu ảnh vệ tinh kết hợp với mô hình số độ cao DEM và cao trình mặt nước được thể hiện trong Hình 7 sau:



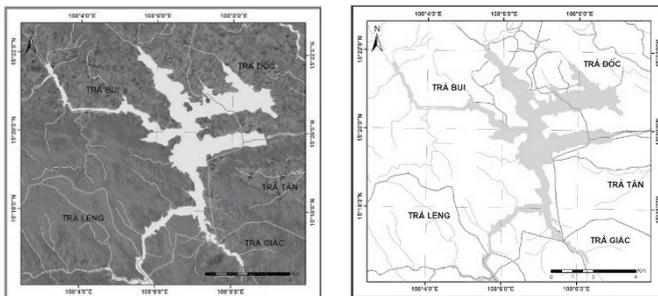
**Hình 7.** Các bước nghiên cứu ước tính dung tích hồ chứa

### 3. KẾT QUẢ

#### 3.1 Xác định phạm vi mặt hồ Sông Tranh 2

Kết quả xác định phạm vi mặt nước của hồ Sông Tranh 2 bằng dữ liệu ảnh radar Sentinel 1 (28/5/2022) được thể hiện trong Hình 6. Tuy nhiên để kiểm chứng mức độ chính xác của phạm vi mặt nước thu được từ dữ liệu Sentinel 1, chỉ số khác biệt chuẩn hoá thể nước MNDWI được tính toán trên các kênh của ảnh quang học Sentinel 2 (01/6/2022). Chỉ số MNDWI được cải thiện từ chỉ số NDWI nhưng đem lại kết quả chính xác hơn do hiển thị đặc tính nước tốt hơn và ít bị ảnh hưởng bởi công trình xây dựng, địa hình và mây [9]. Sau đó giá trị chỉ số MNDWI được phân ngưỡng để tách nước khỏi các đối tượng khác và kết quả được minh họa trong Hình 7.

$$MNDWI = \frac{Band_3 - Band_{11}}{Band_3 + Band_{11}} \quad [10] \quad (4)$$



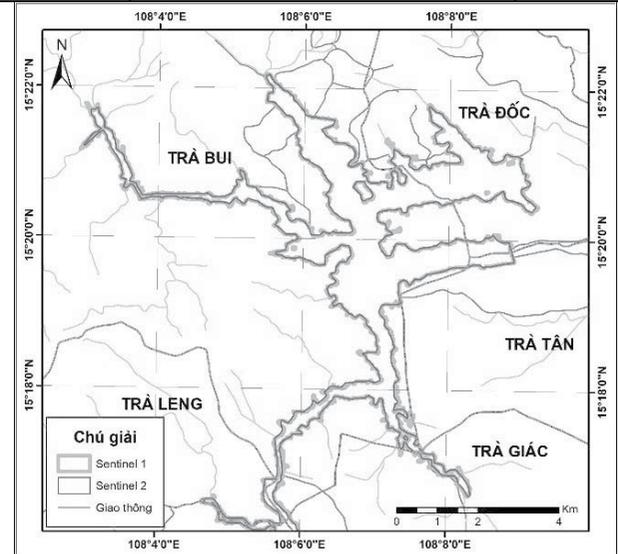
**Hình 8.** Phân tách thể nước với các đối tượng khác dựa vào chỉ số MNDWI (Sentinel-2, 01/6/2022)

Kết quả xác định phạm vi mặt nước từ 2 loại dữ liệu radar và quang học với kết quả tương đồng đã cho thấy quy trình và phương

pháp xác định phạm vi mặt nước sử dụng dữ liệu radar là hoàn toàn hợp lý, hiệu quả, đặc biệt đối với các khu vực nhiệt đới nhiều mây.

**Bảng 3.** Phạm vi mặt hồ Sông Tranh 2 xác định từ ảnh radar và ảnh quang học

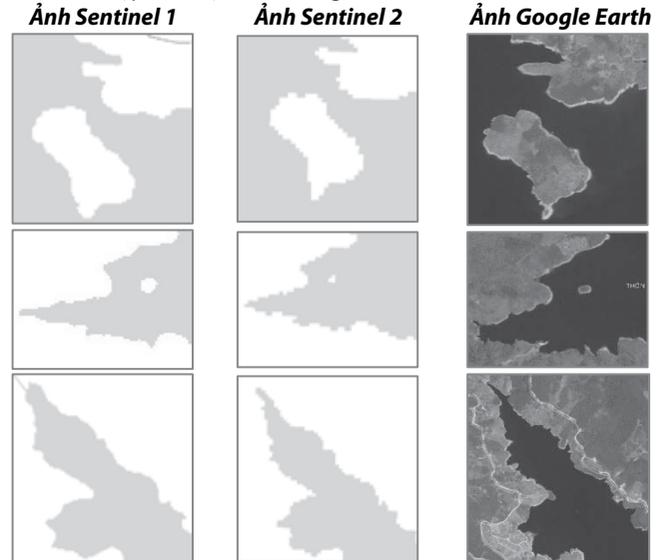
Loại dữ liệu	Phương pháp	Diện tích (km <sup>2</sup> )
Sentinel 1	Phân ngưỡng giá trị tán xạ ngược	17.1
Sentinel 2	Phân ngưỡng giá trị khác biệt chuẩn hoá MNDWI	17.7

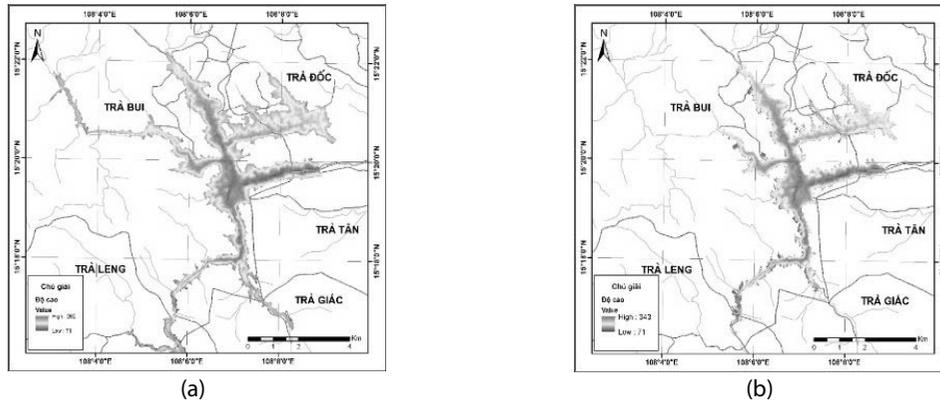


**Hình 9.** So sánh mặt nước hồ Sông Tranh 2 được tách từ dữ liệu vệ tinh Sentinel-1 (28/05/2022) với Sentinel-2 (01/6/2022)

Bên cạnh đó để xác thực kết quả thu được, đường ranh giới của thể nước được tách ra từ ảnh Sentinel 1, Sentinel 2 được chồng phủ lên ảnh Google Earth (9/2022). Ba khung ngẫu nhiên được phóng to trong Bảng 4 cho thấy sự trùng khớp về mặt hình học và về chuyên đề giữa các bộ dữ liệu trong ngữ cảnh kiểm chứng. Tuy nhiên, ảnh Sentinel 1 có mức độ chi tiết và chính xác hơn so với ảnh Sentinel 2 nhưng kém hơn so với ảnh Google Earth độ phân giải cao. Điều này chứng tỏ việc chọn ảnh Sentinel 1 làm nguồn dữ liệu là phù hợp và hiệu quả.

**Bảng 4.** So sánh thể nước tách ra từ ảnh Sentinel 1 và Sentinel 2 với ảnh tổ hợp mẫu tự nhiên Google Earth





Hình 10. Mô hình số độ cao bề mặt đáy hồ Sông Tranh 2 tương ứng ngày chụp ảnh Sentinel-1 a/ 28/5/2022; b/ 23/8/2023

### 3.2 Ước tính dung tích hồ thủy điện Sông Tranh 2

Cao trình mực nước hồ vào thời điểm chụp ảnh radar được xác định trên trang web của Tổng cục Thủy lợi, Bộ NN&PTNT cung cấp tại trang web <http://thuyloivietnam.vn>. Mỗi cao trình mực nước hồ tương ứng với một phạm vi mặt nước nhất định. Vì vậy, sau khi phân tách từ ảnh Sentinel 1, mặt nước hồ được tích hợp với mô hình số độ cao để khoanh phạm vi bề mặt đáy hồ thủy điện Sông Tranh 2. Bề mặt đáy hồ này kết hợp với cao trình mực nước tương ứng cho phép ước tính dung tích nước trong hồ chứa.

Dung tích nước ước tính trong hồ thủy điện Sông Tranh 2 tại thời điểm chụp ảnh ngày 28/5/2022 được trình bày trong Bảng 5. Bên cạnh đó, một ảnh radar Sentinel 1 khác, chụp ngày 23/8/2023 cũng được xử lý theo cùng quy trình nhằm kiểm tra dung tích nước nhận được. Nhìn chung dung tích ước tính này có sai số nhỏ và tương ứng với số liệu quan trắc tại hồ thu thập được từ trang web <http://thuyloivietnam.vn>.

Bảng 5. Dung tích ước tính của nước hồ chứa so với số liệu quan trắc

Thời gian	Mực nước đo thực tế (m)	Dung tích quan trắc (Km <sup>3</sup> )	Dung tích ước tính (Km <sup>3</sup> )	Sai số (%)
28/05/2022	172.45	691.2	692.1	0.13
23/08/2023	145.56	290.7	291.4	0.24

Với kết quả được tính toán tại hai thời điểm khác nhau và được kiểm chứng với số liệu quan trắc thực tế, nghiên cứu cho thấy hiệu quả của việc sử dụng dữ liệu viễn thám kết hợp với mô hình số độ cao để tính toán dung tích nước trong hồ chứa, đặc biệt là những hồ mới được xây dựng sau năm 2007 khi mà DEM đã được thành lập cho nhiều khu vực trên toàn thế giới và có thể truy cập miễn phí. Sai số tương quan giữa ước tính bằng mô hình số độ cao và dung tích thực tế đạt dưới 0.5%. Điều này có thể giải thích do sai số của mô hình số độ cao hay do quá trình bồi lắng trầm tích ở đáy hồ từ khi dữ liệu DEM được thành lập tới thời điểm chụp ảnh radar.

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng được quy trình xử lý để kết hợp dữ liệu viễn thám và mô hình số độ cao DEM, cùng với số liệu đo đạc mực nước thực tế để ước tính dung tích nước của hồ thủy điện Sông Tranh 2. Kết quả áp dụng cho 1 thời điểm chụp ảnh với độ chính xác trên 99% đã minh chứng sự hiệu quả của dữ liệu radar trong ước tính dung tích nước hồ. Tuy nhiên nó cũng mở ra khả năng sử dụng nhiều ảnh radar để theo dõi sự thay đổi của mực nước hồ chứa trong một giai đoạn bất kỳ. Bên cạnh đó, việc ước tính dung tích theo chuỗi số liệu đa thời gian sẽ cho phép xây dựng đường đặc tính của

lòng hồ chứa để từ đó giúp nâng cao hiệu quả trong công tác vận hành và quản lý các hồ chứa. Ngoài ra, khu vực nghiên cứu nằm ở bên trong lãnh thổ Việt Nam, nhưng kết quả này cũng mở ra tiềm năng theo dõi tình trạng của các hồ chứa nằm bên ngoài lãnh thổ Việt Nam, đặc biệt với các lưu vực sông liên quốc gia như trường hợp của sông Mê Kông, sông Hồng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Verpoorter, Charles, et al., 2014. A global inventory of lakes based on high-resolution satellite imagery, *Geophysical Research Letters*. 41(18), pp. 6396-6402.
- [2]. Birkett, C., et al., 2011. "From Research to Operations: The USDA Global Reservoir and Lake Monitor", in Vignudelli, Stefano, et al., Editors, *Coastal Altimetry*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 19-50.
- [3]. Peng, Dingzhi, et al., 2006. Reservoir Storage Curve Estimation Based on Remote Sensing Data, *Journal of Hydrologic Engineering*. 11.
- [4]. Busker, T., et al., 2019. A global lake and reservoir volume analysis using a surface water dataset and satellite altimetry, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23(2), pp. 669-690.
- [5]. Nguyễn Quốc Hiệp và Hùng, Nguyễn Anh, 2019. Cách tiếp cận mới xây dựng đường đặc tính hồ chứa bằng việc sử dụng ảnh viễn thám radar Sentinel-1., *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, pp. 10-19.
- [6]. Bằng, Nguyễn Lương, et al., 2020. Tính toán mực nước và dung tích hồ chứa từ ảnh vệ tinh, *Tạp chí Khoa học thủy lợi và môi trường*. 71, pp. 116-123.
- [7]. Phuong\*, Nguyen Hong, Truyen, Pham The, and Nam, Nguyen Ta, 2016. Probabilistic seismic hazard assessment for the Tranh river hydropower plant No2 site, Quang Nam province, *Vietnam Journal of Earth Sciences*. 38(2), pp. 188-201.
- [8]. Hoài, Lương Thị Thu, 2016. *Đặc điểm hoạt động kiến tạo các hệ thống đứt gãy khu vực thủy điện Sông Tranh 2, tỉnh Quảng Nam*, Đại học quốc gia Hà Nội.
- [9]. Xu, Hanqiu, 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal of Remote Sensing*. 27(14), pp. 3025-3033.
- [10]. Du, Yun, et al., 2016. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band, *Remote Sensing*. 354, pp. 1-19.

# Một trường hợp phân tích và chọn lựa giá trị khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi

## A case of analysis and selection of the bearing capacity value of bored pile

> PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN<sup>1</sup>, THS LÊ TIẾN NGHĨA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Bách khoa-ĐHQG TP.HCM; E-mail: [buitruongson@hcmut.edu.vn](mailto:buitruongson@hcmut.edu.vn)

<sup>2</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; E-mail: [letiennghia@mtu.edu.vn](mailto:letiennghia@mtu.edu.vn)

### TÓM TẮT

Nội dung của bài báo là kết quả phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi theo các kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường nhằm rút ra các nhận xét về mức độ tin cậy của các phương pháp tính. Kết quả tính toán được so sánh với kết quả thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg cọc khoan nhồi đường kính D1500 và chiều dài 85 m. Kết quả phân tích cho thấy khả năng chịu tải của cọc tính toán theo kết quả xuyên tiêu chuẩn của Viện kiến trúc Nhật Bản 1988 và nén ngang trong hố khoan của Bustamante Gianceselli 2006 có giá trị phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc. Quy luật thay đổi sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm nén ngang trong hố khoan phù hợp với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc. Nội dung bài báo có thể hữu ích trong lựa chọn phương pháp tin cậy để đánh giá khả năng chịu tải cọc trong thiết kế cọc có chiều dài lớn.

**Từ khóa:** Khả năng chịu tải cọc khoan nhồi; thí nghiệm nén ngang hố khoan.

### ABSTRACT

The content of the article is the results of analysing and evaluating the bearing capacity of bored pile according to laboratory and in-situ test results to draw conclusions about the reliability of the calculation methods. The calculated results are compared with the test results using Osterberg compression box of bored piles with diameter D1500 and length 85 m. The analysis results show that the bearing capacity of the pile calculated according to the standard penetration results of the Japanese Institute of Architects 1988 and the pressuremeter test of Bustamante Gianceselli 2006 has a value consistent with the pile static loading results. The law of changing the frictional resistance according to the calculated results based on the pressuremeter test is consistent with the analysis results from measuring the deformation along the pile body. The content of the article can be useful in choosing a reliable method to evaluate the bearing capacity in design of long piles.

**Keywords:** Bearing capacity of bored pile; pressuremeter test.

### 1. MỘT SỐ VẤN ĐỀ TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CỌC

Khả năng chịu tải của cọc bao gồm hai thành phần: sức kháng của mũi cọc và ma sát giữa thân cọc với đất nền xung quanh. Khả năng chịu tải của cọc được tính toán bằng các phương pháp khác nhau căn cứ kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường. Việc tính toán theo kết quả thí nghiệm trong phòng có cơ sở lý thuyết rõ ràng và được sử dụng phổ biến thông qua các tiêu chuẩn chỉ dẫn [1]. Tuy nhiên, ở điều kiện thí nghiệm trong phòng, việc mô tả phù hợp ứng xử của đất nền ở độ sâu lớn, nơi có áp lực do trọng lượng bản thân lớn tương ứng, có thể chưa tương thích.

Do thí nghiệm hiện trường thể hiện ứng xử của nền đất phù hợp với điều kiện thể nằm tự nhiên thực tế nên các giá trị thu nhận được cho phép sử dụng để tính toán thiết kế nền móng phù hợp và đáng tin cậy hơn. Theo tiêu chuẩn khảo sát Địa kỹ thuật cho nhà cao tầng, ngoài thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, thí nghiệm nén ngang cũng là thí nghiệm hiện trường cần thiết được thực hiện [2]. Tuy nhiên, các hồ sơ thiết kế thường sử dụng các đặc trưng cơ lý từ kết quả thí nghiệm trong phòng để dự tính khả năng chịu tải của cọc do nhiều trường hợp dữ liệu thí nghiệm hiện trường không đáp ứng đủ để tính toán thiết kế. Trong thực tế, thí nghiệm cắt cánh trong hố khoan chỉ phù hợp cho đất loại sét bão hòa nước, thí nghiệm xuyên tĩnh chỉ được thực hiện ở những độ sâu nhỏ nên không đảm bảo dữ liệu chi tiết để phục vụ tính toán thiết kế. Ngoài thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, thí nghiệm nén ngang trong hố khoan có thể thực hiện ở các độ sâu khác nhau và trong các loại đất khác nhau.

Việc tính toán thiết kế nền móng theo kết quả thí nghiệm hiện trường có hai khuynh hướng chính căn cứ đại lượng đặc trưng cơ lý: i) sử dụng trực tiếp đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm bằng các công thức bán kinh nghiệm [3], [4], [5]; ii) sử dụng kết quả nghiên cứu các tương quan đặc trưng cơ lý để qui đổi giá trị đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm hiện trường thành đặc trưng cơ lý trong phòng phục vụ tính toán [6]. Khuynh hướng thứ hai có thể cho nhiều kết quả khác nhau do khoảng giá trị các đặc trưng có thể khác biệt nhau đáng kể cũng như phụ thuộc các yếu tố cấu tạo địa chất hay lịch sử địa chất khác biệt theo từng khu vực.

Mặc dù còn hạn chế về dữ liệu thực tế có thể thu thập được nhưng việc phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc nhằm chọn lựa phương pháp khảo sát và tính toán thiết kế phù hợp là cần thiết và hữu ích. Kết quả phân tích có thể giúp các kỹ sư có thêm chọn lựa phương pháp thiết kế có độ tin cậy cao hơn.

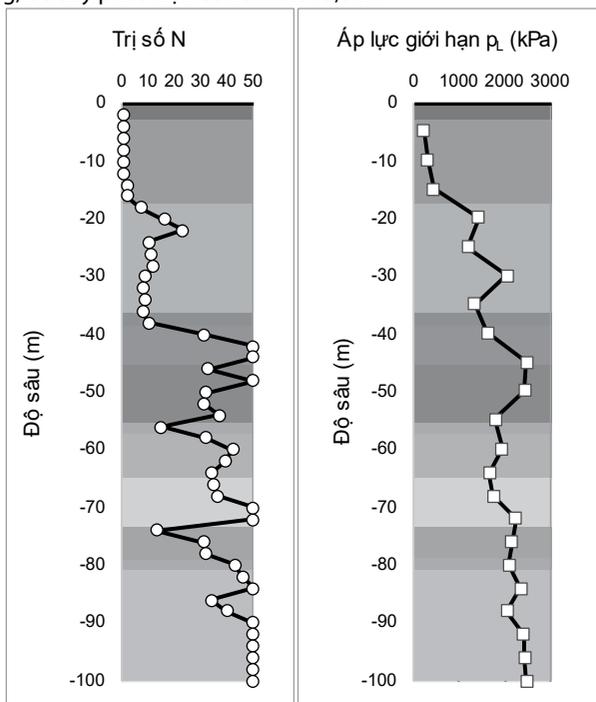
### 2. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI CÓ CHIỀU DÀI LỚN

#### 2.1. Giới thiệu dự án và các dữ liệu sử dụng

Để phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi có chiều dài lớn theo các phương pháp khác nhau, dữ liệu cọc khoan nhồi ký hiệu TP01 đường kính D1500, dài 85 m ở dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM được sử dụng. Ở đây, ngoài hồ sơ khảo sát địa chất công trình bao gồm kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường [7] còn có kết quả kiểm tra khả năng chịu tải cọc bằng hộp nén Osterberg [8]. Công tác khảo sát địa chất công trình, thí nghiệm hiện trường và trong phòng được tiến hành bao gồm: thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), thí nghiệm nén ngang trong hố khoan (PMT), thí nghiệm cắt cánh hiện trường (FVST), thí nghiệm nén ba trục theo các sơ đồ khác nhau và các thí nghiệm trong phòng khác. Chiều sâu thăm dò và thí nghiệm đạt đến 100 m.

Cấu tạo địa chất khu vực dự án được tóm tắt như sau:

- Đất san lấp (SL): Cát, đá, sạn, sỏi, gạch.
- Lớp 1 - Sét xám xanh, xám đen, trạng thái chảy - dẻo chảy, bề dày trung bình 15,0 m.
- Lớp 2 - Sét, sét bụi nâu vàng, xám xanh, xám trắng, dẻo mềm - dẻo cứng, bề dày trung bình 18,6 m.
- Lớp 3 - Cát pha xám xanh, xám trắng, dẻo, bề dày trung bình 4,1 m.
- Lớp 4 - Cát mịn - thô, lẫn bụi và ít sạn sỏi xám xanh, chặt - rất chặt, bề dày trung bình 5,5 m.
- Lớp 5 - Sét xám nâu đỏ, nâu vàng, nửa cứng - cứng, bề dày trung bình 10,1 m.
- Lớp 6 - Sét pha nâu vàng lẫn xám trắng, nửa cứng, bề dày trung bình 4,2 m.
- Lớp 7 - Cát pha xám nâu đỏ, xám vàng, trạng thái dẻo - cứng, bề dày trung bình 6,4 m.
- Lớp 8 - Cát mịn - thô, lẫn bụi xám trắng, xám vàng, chặt vừa - rất chặt, bề dày trung bình 9,2 m.
- Lớp 9 - Sét lẫn bụi, xám trắng, nâu vàng, xám xanh, dẻo cứng - nửa cứng, bề dày trung bình 4,2 m.
- Lớp 10 - Cát mịn - thô, lẫn bụi xám vàng, xám xanh, chặt, bề dày trung bình 2,3 m.
- Lớp 11 - Cát pha hạt mịn - thô xám trắng, xám vàng, trạng thái cứng, bề dày phát hiện có nơi hơn 19,0 m.



Hình 1. Biểu đồ trị số N (SPT) áp lực giới hạn  $p_L$  (PMT) trong các lớp đất theo độ sâu

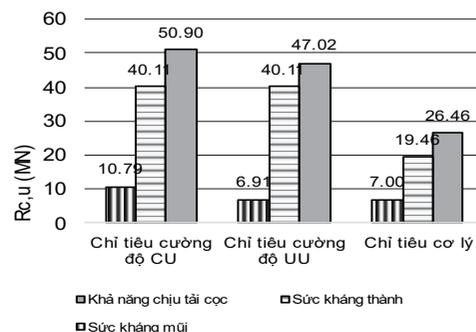
Bảng 1. Tóm tắt đặc trưng cơ lý các lớp đất

Tên Lớp đất	Độ ẩm (%)	Dung trọng $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Độ sệt	Lực dính c (kG/cm <sup>2</sup> )	Góc ma sát trong $\varphi$ (độ)
Lớp 1	75,7	14,7	1,15	0,081	03°23'
Lớp 2	32,4	18,7	0,50	0,164	13°15'
Lớp 3	20,1	20,0	0,15	0,102	22°15'
Lớp 4	17,1	20,7	-	0,039	33°31'
Lớp 5	20,2	20,5	-0,04	0,446	17°43'
Lớp 6	21,1	20,0	0,07	0,322	16°31'
Lớp 7	19,2	20,6	-0,12	0,100	25°10'
Lớp 8	15,7	21,2	-	0,035	34°56'
Lớp 9	22,9	20,0	0,06	0,341	17°16'
Lớp 10	16,2	21,2	-0,02	0,036	35°19'
Lớp 11	16,2	21,1	-0,22	0,095	28°32'

## 2.2. Đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi theo kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường

Khả năng chịu tải của cọc trước tiên được đánh giá theo kết quả thí nghiệm trong phòng theo chỉ tiêu cơ lý và cường độ [1]. Kết quả tính toán được tổng hợp như Hình 2 cho thấy khả năng chịu tải của cọc theo đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm trong phòng khác biệt nhau đáng kể. Khả năng chịu tải ( $R_{c,u}$ ) tính toán theo chỉ tiêu cơ lý có giá trị nhỏ nhất: 26,46 MN. Khả năng chịu tải theo chỉ tiêu cường độ từ thí nghiệm nén ba trục theo sơ đồ CU (cố kết - không thoát nước) đạt đến 50,90 MN và 40,02 MN theo kết quả thí nghiệm nén ba trục theo sơ đồ UU (không cố kết - không thoát nước). Sự chênh lệch các giá trị khả năng chịu tải theo các kết quả thí nghiệm trong phòng xấp xỉ 2 lần.

Việc tính toán theo kết quả thí nghiệm nén ba trục cho thấy giá trị sức kháng do ma sát thành là như nhau theo kết quả hai sơ đồ thí nghiệm UU và CU nhưng giá trị sức kháng mũi có sự khác biệt. Sức kháng mũi tính theo kết quả thí nghiệm CU cao hơn so với thí nghiệm UU 56%, nhưng tổng thể khả năng chịu tải của cọc chỉ hơn 8%. Điều này cho thấy thành phần ma sát thành chiếm tỷ lệ đáng kể do cọc có chiều dài lớn. Sức kháng mũi theo tính toán theo kết quả chỉ tiêu cơ lý xấp xỉ giá trị tính theo chỉ tiêu cường độ nhưng sức kháng ma sát thành tính toán thấp hơn đáng kể nên khả năng chịu tải cực hạn thấp hơn đến 78%.



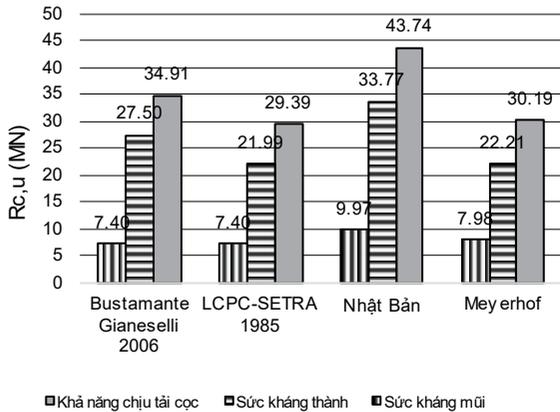
Hình 2. Khả năng chịu tải cọc TP01 tính toán theo kết quả thí nghiệm trong phòng theo TCVN 10304:2014

Hồ sơ khảo sát cho thấy dữ liệu kết quả thí nghiệm hiện trường có thể sử dụng để đánh giá khả năng chịu tải của cọc bao gồm thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) và nén ngang trong hố khoan (PMT). Việc tính toán theo kết quả SPT căn cứ phương pháp đề nghị của Meyerhof (1976) và theo công thức của viện kiến trúc Nhật Bản (1988). Ở đây, trị số N60 được sử dụng để tính toán. Khả năng chịu tải của cọc theo kết quả PMT được tính toán theo hai phương pháp: LCPC-SETRA (1985) [3] và Bustamante Gianeselli (2006) [4]. Do chỉ dẫn tính toán [3] bỏ qua ma sát giữa đất và cọc trong các lớp đất yếu (khi giá trị  $p_L < 0,3$  MPa) nên khả năng chịu tải của cọc do ma sát từ

kết quả nén hố khoan có xu hướng nhỏ hơn thực tế [9]. Tuy nhiên, biểu đồ xác định giá trị ma sát thành theo chỉ dẫn [4] được hiệu chỉnh lại. Ngoài ra, một số kết quả tính toán tương tự cũng cho thấy giá trị khả năng chịu tải của cọc sử dụng dữ liệu từ thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả kiểm tra bằng thử động biến dạng lớn (PDA) và có triển vọng áp dụng do thí nghiệm này có thể thực hiện ở các độ sâu lớn và phù hợp với các loại đất đá khác nhau [9].

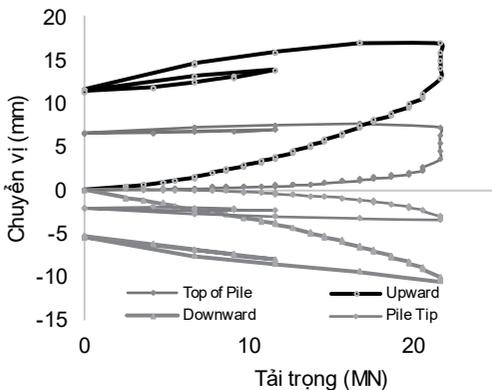
Từ biểu đồ Hình 3 có thể thấy rằng khả năng chịu tải theo kết quả SPT theo phương pháp đề nghị của Meyerhof và viện kiến trúc Nhật Bản có sự khác biệt nhau. Khả năng chịu tải theo đề nghị của Meyerhof có giá trị 30,19 MN, nhỏ hơn so với phương pháp của viện kiến trúc Nhật Bản khoảng 30% (có giá trị 43,74 MN). Khả năng chịu tải của cọc theo kết quả PMT theo hai phương pháp LCPC-SETRA (1985) và Bustamante Gianceselli (2006) chênh lệch nhau không đáng kể và dao động trong phạm vi từ 29,39 MN đến 34,91 MN.

Sức kháng mũi theo các phương pháp tính theo thí nghiệm hiện trường PMT và SPT đều cho giá trị xấp xỉ nhau. Sức kháng mũi theo hai phương pháp tính theo PMT đều có giá trị 7,40 MN. Giá trị này chỉ sai khác khoảng 8% khi sử dụng phương pháp Meyerhof và khoảng 35% theo phương pháp của viện kiến trúc Nhật Bản. Sức kháng ma sát thành tính toán theo công thức của viện kiến trúc Nhật Bản cao vượt trội so với các phương pháp còn lại. Khi so sánh với hai phương pháp tính theo PMT, độ chênh lệch lên từ 23% đến 54% và độ chênh lệch hơn 50% so với phương pháp Meyerhof.



Hình 3. Khả năng chịu tải cọc TP01 tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường (SPT và PMT)

2.3. Thí nghiệm Osterberg kiểm tra khả năng chịu tải cọc khoan nhồi



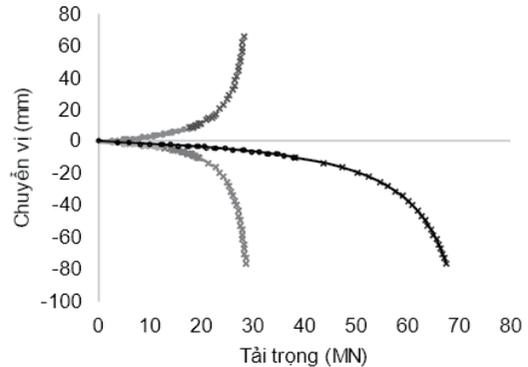
Hình 4. Biểu đồ tải trọng - chuyển vị cọc TP01 từ thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg để phân tích chọn lựa phương pháp tính toán đánh giá khả năng chịu tải hợp lý, kết quả thí nghiệm kiểm tra bằng hộp nén Osterberg được sử dụng làm căn cứ. Sau khi hoàn tất công tác thi công cọc khoan nhồi TP01 đến độ sâu 85 m (sử dụng dung dịch bentonite để giữ ổn định

thành vách), thí nghiệm nén tĩnh bằng hộp nén Osterberg được thực hiện. Thiết bị gia tải được lắp đặt vào cọc khoan nhồi bao gồm 2 kích thủy lực có đường kính 610 mm được lắp đặt trong hộp nén O-cell ở độ sâu cách đáy cọc 25 m. Ngoài ra, các đầu đo biến dạng (strain gauges) cũng được lắp đặt trước khi đổ bê tông nhằm ghi nhận tải trọng tác dụng tại các vị trí đo và phục vụ phân tích khả năng chịu tải dọc theo thân cọc theo từng đoạn giữa hai điểm đo.

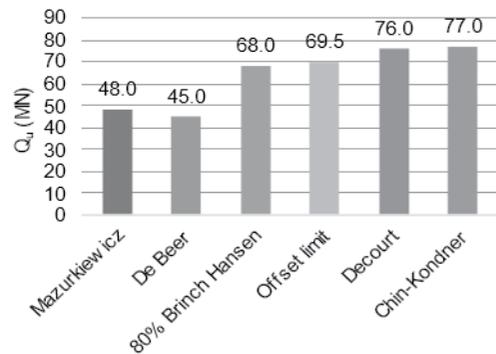
Tải trọng thí nghiệm lớn nhất đạt đến 21,6 MN theo mỗi hướng. Dưới tác dụng tải trọng lớn nhất, chuyển vị phía trên và phía dưới hộp nén tương ứng là 16,8 mm và 10,6 mm.

Để phân tích đánh giá giá trị khả năng chịu tải từ kết quả thí nghiệm hộp nén Osterberg, cần qui đổi kết quả về quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc như thí nghiệm nén tĩnh truyền thống. Sau khi qui đổi, kết quả đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị (Hình 5) cho thấy ứng xử của cọc còn trong phạm vi đàn hồi. Như vậy, tải trọng thí nghiệm lớn nhất chưa đạt đến giá trị giới hạn. Để phục vụ ước lượng khả năng chịu tải của cọc phù hợp hơn, có thể sử dụng các phương pháp ngoại suy quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc và đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo các phương pháp khác nhau [10]. Kết quả ngoại suy theo phương pháp Chin - Kondner và khả năng chịu tải theo các phương pháp khác nhau thể hiện ở Hình 5 và 6.

Việc sử dụng phương pháp ngoại suy và các phương pháp đánh giá khả năng chịu tải của cọc cho phép ước lượng giá trị tải trọng giới hạn. Kết quả tổng hợp ở Hình 6 cho thấy khả năng chịu tải theo phương pháp Chin - Kondner có giá trị lớn nhất 77,0 MN và giá trị thấp nhất là 45,0 và 48,0 MN theo phương pháp De Beer và Mazurkiewicz. Hai phương pháp 80% Brinch Hansen và Offset Limit cho giá trị khả năng chịu tải của cọc xấp xỉ nhau, dao động từ 68,0 đến 69,50 MN.



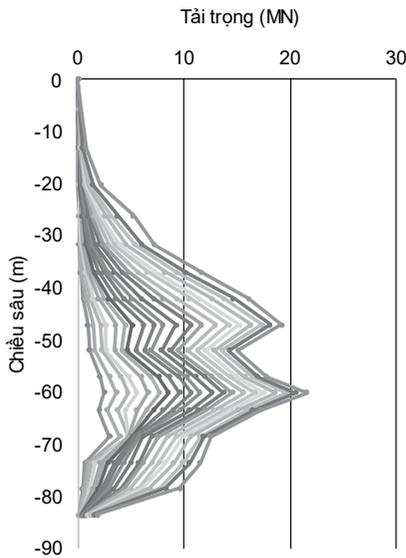
Hình 5. Biểu đồ tải trọng - chuyển vị lên, xuống và tương đương từ thí nghiệm hộp nén Osterberg



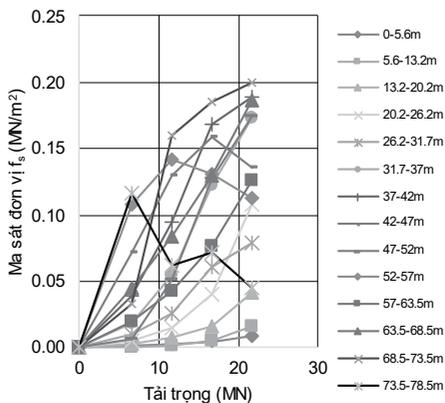
Hình 6. Khả năng chịu tải cọc TP01 theo các phương pháp từ đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc

Căn cứ độ cứng đàn hồi bản thân vật liệu cọc và kết quả chuyển vị đo được từ strain gauges gắn dọc theo thân cọc cho phép tính toán ước lượng tải trọng phân bố dọc theo thân cọc. Biểu đồ Hình 7 thể hiện sức kháng ma sát huy động dọc theo thân cọc ứng với các cấp tải trọng khác nhau. Bên cạnh phụ thuộc vào loại đất, ma sát được huy động ở khu vực lân cận hộp nén có khuynh hướng lớn hơn và giảm dần về 2 phía đầu cọc và mũi cọc.

Kết hợp tải trọng huy động phân bố dọc theo thân cọc, khoảng cách các điểm đo và kích thước cọc có thể tính toán ước lượng giá trị ma sát đơn vị dọc theo thân cọc và theo từng cấp tải trọng thí nghiệm (Hình 8). Về tổng thể, giá trị ma sát đơn vị có xu hướng tăng theo cấp tải trọng, đặc biệt là các vị trí lân cận hộp nén, nơi mà chuyển vị tương đối giữa đất và cọc lớn hơn, ma sát huy động tương ứng sẽ lớn hơn.



Hình 7. Biểu đồ phân bố tải trọng dọc theo thân cọc TP01 ứng với các cấp tải



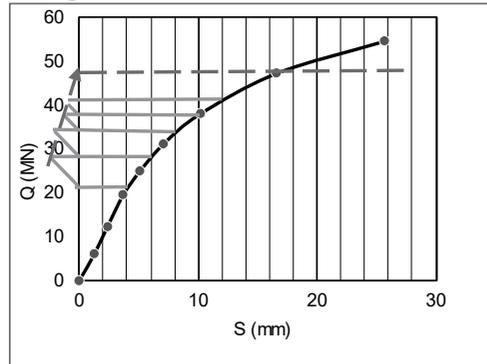
Hình 8. Ma sát đơn vị dọc theo thân cọc TP01 ứng với các cấp tải

**2.4. Phân tích, đánh giá khả năng chịu tải cọc TP01 theo các phương pháp tính toán khác nhau và thí nghiệm kiểm tra bằng hộp nén Osterberg**

So với khả năng chịu tải của cọc theo vật liệu có giá trị 37,5 MN, khả năng chịu tải theo kết quả thí nghiệm trong phòng dao động trong phạm vi lớn và có giá trị khác biệt đáng kể.

Khả năng chịu tải theo kết quả thí nghiệm hiện trường theo Bustamante và Gianeselli (2006) và Viện kiến trúc Nhật Bản (1988) khác biệt không đáng kể và khá phù hợp với tải trọng thí nghiệm có thể xem là chọn lựa phù hợp để tính toán thiết kế.

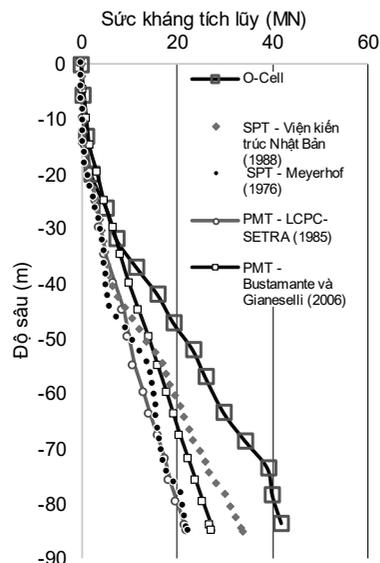
Nếu xem phương pháp Mazurkiewicz cho phép đánh giá tải trọng giới hạn phù hợp nhất khi cọc đạt độ lún tối hạn và cả trường hợp tải trọng chưa đạt trạng thái tới hạn [10] thì giá trị khả năng chịu tải của cọc TP01 theo đất nền được xem như dao động trong phạm vi 43 MN (21,6 MN từ áp lực của hộp nén về hai phía) đến 48 MN (Hình 9). Trong trường hợp này, giá trị khả năng chịu tải cọc tính theo công thức viện kiến trúc Nhật Bản sử dụng kết quả thí nghiệm SPT cho kết quả phù hợp nhất. Do đó, có thể thấy rằng phương pháp này sẽ có độ tin cậy nhất định so với các phương pháp tính khác khi chưa có kết quả từ thí nghiệm cọc.



Hình 9. Khả năng chịu tải cọc TP01 theo phương pháp Mazurkiewicz khi kết quả nén tĩnh chưa đạt tới trạng thái tới hạn

Kết quả ở Hình 10 cho thấy khả năng chịu tải tích lũy tính toán từ thí nghiệm hiện trường có xu hướng tăng dần đều theo độ sâu. Giá trị tính toán theo thí nghiệm PMT theo phương pháp Bustamante và Gianeselli (2006) tương đương với kết quả đo đạc từ đoạn đầu cọc từ đến độ sâu 30 m. Trong khi đó, từ độ sâu 50 m trở đi, kết quả tính toán theo viện kiến trúc Nhật Bản gần với kết quả đo đạc thực tế nhất. Ở đây, khả năng chịu tải tích lũy theo hai phương pháp này phù hợp với kết quả ước lượng từ đo đạc thí nghiệm hơn so với các phương pháp trước đó.

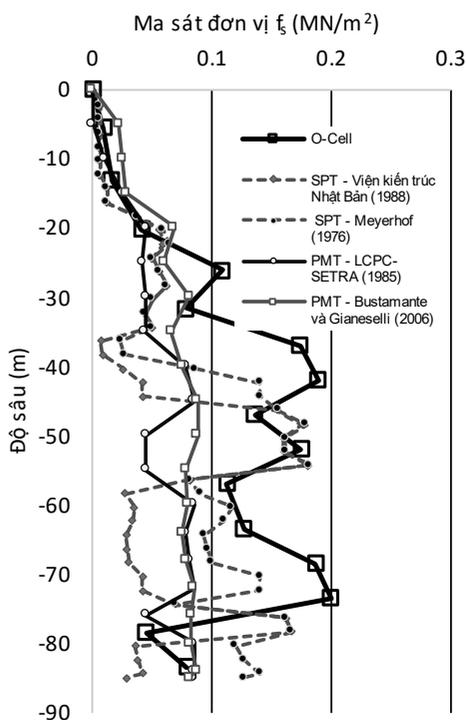
Việc ước lượng sức kháng tích lũy từ thí nghiệm đo đạc bằng hộp nén không phân chia sức kháng thành và mũi nên giá trị ma sát cuối cùng gần mũi cọc được xem là giá trị khả năng chịu tải của cọc. Sức kháng tích lũy tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường là sức kháng ma sát, chưa kể đến sức kháng mũi nên có khuynh hướng nhỏ hơn so với kết quả ước lượng từ thí nghiệm đo đạc.



Hình 10. Khả năng chịu tải do ma sát thành tích lũy theo độ sâu tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ thí nghiệm nén tĩnh cọc bằng hộp nén

Hình 11 biểu diễn ma sát đơn vị dọc theo thân cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ phân bố tải trọng tính từ số đo biến dạng dọc theo thân cọc. Kết quả cho thấy qui luật phân bố ma sát đơn vị theo kết quả thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả thí nghiệm đo đạc hơn so với kết quả thí nghiệm SPT. Ma sát đơn vị tính toán theo kết quả thí nghiệm SPT khác biệt đáng kể so với kết quả ước lượng từ số đo biến dạng thân cọc, đặc biệt ở các độ sâu từ 35 đến 45 m và từ 65 đến 73 m. Có thể thấy rằng sự khác biệt chủ yếu xảy ra ở khu vực xen kẽ các lớp đất rời hay ranh giới của lớp đất dính và lớp đất rời chứa nước (Hình 1 và Hình 11) là nơi trị số N suy giảm đột ngột. Ở đây, cũng nên lưu ý rằng ma sát đơn vị tính toán theo phương pháp sử dụng kết quả thí nghiệm SPT không những phụ thuộc trị số N mà còn phụ thuộc vào loại đất.

Quy luật phân bố ma sát đơn vị dọc theo thân cọc theo kết quả thí nghiệm PMT tương tự như kết quả thu nhận được từ số đo biến dạng dọc theo thân cọc. Có thể thấy rằng qui luật phân bố tải trọng giới hạn  $p_L$  từ kết quả thí nghiệm PMT phù hợp với sự phân bố sức kháng ma sát theo độ sâu. Khi cọc đi qua các lớp đất khác nhau, xu hướng thay đổi ma sát đơn vị theo kết quả thí nghiệm PMT và kết quả ước lượng từ số đo biến dạng thân cọc tương tự nhau. Tuy nhiên, giá trị sức kháng ma sát tính từ tải trọng giới hạn  $p_L$  theo kết quả thí nghiệm PMT nhỏ hơn so với kết quả thí nghiệm đo đạc. Như vậy, nếu hệ số qui đổi được điều chỉnh lớn hơn và phù hợp thì phương pháp đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm PMT có thể giúp nâng cao độ tin cậy và độ chính xác.



**Hình 11.** Ma sát đơn vị dọc theo thân cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ thí nghiệm bằng hộp nén

### 3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi ở dự án Lancaster quận 4, TP.HCM và so sánh kết quả thử tải bằng hộp nén Osterberg, có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- Giá trị khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi tính toán theo kết quả thí nghiệm đất trong phòng dao động trong phạm vi rộng và khác biệt đáng kể với kết quả thử tĩnh bằng hộp nén Osterberg.

- Khả năng chịu tải của cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường theo kết quả thí nghiệm SPT của Viện kiến trúc Nhật Bản (1988) và theo kết quả thí nghiệm PMT của Bustamante Gianeselli (2006) có giá trị phù hợp với kết quả phân tích từ thí nghiệm nén tĩnh cọc.

- Quy luật thay đổi sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc. Quy luật phân bố sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm SPT có sự khác biệt so với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc.

Ngoài ra, có thể thấy rằng tải trọng lớn nhất của thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg lớn hơn so với khả năng chịu tải của cọc tính theo cường độ vật liệu. Ở đây, áp lực tác dụng trực tiếp vào vật liệu cọc được phân làm 2 thành phần (lên trên và xuống dưới) nên vật liệu cọc tiếp xúc trực tiếp tải trọng không bị phá hoại. Tuy nhiên, điều này cho thấy kích thước cọc chọn lựa thiết kế dư nên khả năng chịu tải của cọc theo đất nền vượt quá khả năng chịu tải theo vật liệu.

Quy luật phân bố giá trị sức kháng ma sát tính toán theo giá trị áp lực giới hạn  $p_L$  (PMT) phù hợp với kết quả đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc nên phương pháp tính toán sử dụng kết quả thí nghiệm PMT được xem là phù hợp và có triển vọng hơn cả. Trong thực tế, do dữ liệu kết quả thí nghiệm này chưa đầy đủ nên ít được sử dụng để tính toán phân tích khả năng chịu tải của cọc, đặc biệt cho cọc có chiều dài lớn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 10304:2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
2. TCVN 9363:2012. Khảo sát cho xây dựng - Khảo sát địa kỹ thuật cho nhà cao tầng.
3. Jean-Louis Briaud (1992). The pressuremeter. Texas A&M University, College Station A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
4. Michel Bustamante, Michel (Mike) Gambin (2009). Pile Design at Failure Using the Ménard Pressuremeter: an up-date. Fellow ASCE & Luigi Gianeselli ASCE Geotechnical Special Publication N<sup>o</sup> 186, p.127-134.
5. B. M. Das (2023). Principles of foundation engineering. 10<sup>th</sup> ed. Boston: Cengage
6. Jean-Claude Verbrugge, Christian Schroeder (2018). Geotechnical Correlations for Soils and Rock. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc.
7. Công ty cổ phần địa chất - xử lý nền móng - xây dựng Đông Dương. Báo cáo khảo sát địa chất công trình - Dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM, tháng 01, năm 2016.
8. Công ty Fugro Singapore PTE Ltd. Báo cáo kết quả thí nghiệm kiểm tra khả năng chịu tải cọc theo phương pháp sử dụng hộp nén Osterberg - Dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM, tháng 9, năm 2016.
9. Bùi Trường Sơn. Đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén ngang trong hố khoan. Số 21, Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2019-2020. Trang 389-397.
10. Nguyễn Văn Mót, Bùi Trường Sơn. Ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh trên cơ sở các phương pháp hàm xấp xỉ. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, số 7, tháng 7-2021. Trang 128-132.

# Quan trắc trong quá trình thi công nền đắp trên nền đất yếu

## Monitoring during the construction process of embankment on soft ground

> THS TRẦN MINH HẢI, GS.TS TRỊNH MINH THỤ, PGS.TS ĐỖ THẮNG\*

Trường Đại học Thủy lợi; \*Email: dothang@tlu.edu.vn

### TÓM TẮT

Quan trắc có vai trò rất quan trọng trong việc đánh giá sự ổn định nền đường và dự báo độ lún còn lại khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu. Từ công tác quan trắc nền đường đầu cầu Cầu An - tỉnh Hưng Yên, bài báo kiến nghị bổ sung các yêu cầu khi phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá ổn định nền đường cũng như điều kiện dỡ tải để thi công mặt đường, góp phần nâng cao hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu.

**Từ khóa:** Quan trắc; đường đầu cầu; nền đất yếu.

### ABSTRACT

Monitoring plays a crucial role in assessing embankment stability and predicting residual settlement during construction on soft ground. Based on the monitoring activities conducted at the Cầu An approach embankment in Hưng Yên province, the paper proposes additional requirements for analyzing monitoring data and criteria for assessing embankment stability, as well as unloading conditions for pavement construction. These recommendations aim to enhance the effectiveness of solutions for treating soft ground conditions.

**Keyword:** Monitoring; approach embankment; soft ground

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

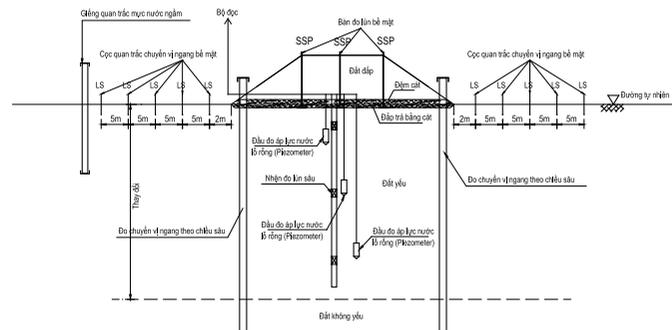
Khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu, để kiểm chứng lại mô hình tính toán, thông số đầu vào và hiệu quả của các giải pháp xử lý nền đất yếu cần phải bố trí hệ thống quan trắc. Đây cũng là cơ sở để tính toán tốc độ đắp gia tải, theo dõi mức độ ổn định công trình và là căn cứ để chuyển giai đoạn thi công tiếp theo, dự báo độ lún sau thi công. Với nền đất yếu được xử lý bằng cách tăng nhanh độ cố kết như bắc thềm, giếng cát, cọc cát ngoài việc quan trắc lún bề mặt và chuyển vị ngang trên bề mặt cần phải quan trắc lún theo chiều sâu, dịch chuyển ngang sâu, áp lực nước lỗ rỗng, mực nước ngầm.

Theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, TCCS 41:2022/TCĐBVN [1] và TCVN 9355:2013 [2], ngoại trừ quan trắc lún theo chiều sâu, các hệ thống quan trắc còn lại cũng được quy định cho từng trường hợp. Tuy nhiên, việc phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá ổn định nền đường cũng như thời điểm dỡ tải

thi công mặt đường từ dữ liệu quan trắc chưa đầy đủ. Vì vậy, thông qua kết quả quan trắc của một công trình thực tế, bài báo kiến nghị bổ sung các yêu cầu khi phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá góp phần nâng cao hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu.

### 2. HỆ THỐNG QUAN TRẮC

Sơ đồ bố trí hệ thống quan trắc hiện trường khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu phổ biến hiện nay được thể hiện ở hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ bố trí hệ thống quan trắc

- Quan trắc lún bề mặt để xác định quá trình lún thực tế của bề mặt nền đắp trên nền đất yếu theo thời gian trong và sau khi kết thúc thi công; đồng thời dự báo được các sự cố có thể xảy ra trong quá trình thi công đắp đất;

- Quan trắc lún theo chiều sâu có thể đánh giá được tỷ lệ và mức độ lún của từng lớp đất tại địa điểm quan sát giúp đánh giá chính xác hơn các tính toán ban đầu, dự báo độ cố kết của các tầng lớp đất;

- Quan trắc chuyển vị ngang trên bề mặt kết hợp số liệu độ lún của bàn đo lún tại tim, vai nền đắp ta có thể đánh giá được độ ổn định của nền đắp, kiểm soát được độ ổn định trong quá trình đắp;

- Quan trắc áp lực nước lỗ rỗng ở các cao độ nhằm đánh giá về chế độ thủy lực của đất nền đất yếu, mức độ cố kết của các lớp đất nền khác nhau trong phạm vi tác dụng của tải trọng đắp và điều chỉnh quá trình thi công tránh các sự cố có thể xảy ra;

- Quan trắc mực nước ngầm để xác định được cao độ tự nhiên của mực nước ngầm xung quanh khu vực nền đắp từ đó đánh giá được áp lực nước lỗ rỗng trạng thái tự nhiên của đất nền ngoài phạm vi ảnh hưởng của tải trọng đắp. Kết hợp với kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng nhằm đánh giá sự thay đổi của mực nước ngầm và mức độ cố kết của nền đất;

- Quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu xác định quá trình chuyển dịch ngang của đất nền ở các độ sâu khác nhau, từ đó

đánh giá độ ổn định trượt của nền đường và đưa ra biện pháp điều chỉnh trong quá trình thi công nếu cần.

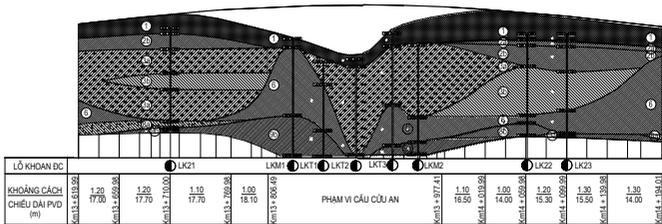
Chu kỳ quan trắc tuân theo các quy định sau:

- Trong thời gian đắp đất nền đường: chu kỳ một ngày đo một lần.
- Trong thời gian chờ cố kết: chu kỳ quan trắc hai ngày đo một lần cho tuần đầu tiên; bốn ngày đo một lần cho tuần thứ hai; một tuần một lần cho tháng tiếp theo; hai tuần một lần cho các tháng còn lại đến khi kết thúc.
- Có thể tăng tần suất và thời gian quan trắc trong quá trình thi công khi xuất hiện các sự cố như độ lún hay độ dịch chuyển ngang có giá trị tiệm cận với giá trị quy định hay khi có xuất hiện những hiện tượng bất thường đối với nền đắp trong phạm vi quan trắc.

### 3. QUAN TRẮC NỀN ĐƯỜNG ĐẦU CẦU CỬU AN, TỈNH HƯNG YÊN

#### 3.1. Giới thiệu công trình

Công tác quan trắc được thực hiện tại hai bên đường đầu cầu Cửu An, tỉnh Hưng Yên thuộc tuyến nối cao tốc Hà Nội - Hải Phòng với Cầu Giẽ - Ninh Bình (giai đoạn 2). Tuyến đường đã hoàn thành giai đoạn 1 với quy mô 2 làn xe có  $B_{nền} = 12m$  và đã mãn tải sớm. Giai đoạn 2 xây dựng hoàn chỉnh sẽ đảm bảo theo quy mô đã quy hoạch là đường cấp II đồng bằng, tốc độ thiết kế chậm chước  $V=80km/h$ . Mặt cắt ngang bao gồm 4 làn xe cơ giới, 2 làn xe thô sơ. Mặt cắt địa chất và giải pháp xử lý nền đất yếu bằng bấc thấm cho từng đoạn trong phạm vi quan trắc được thể hiện ở hình 2.



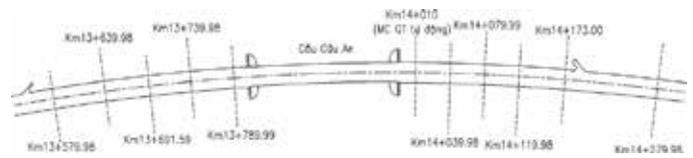
**Hình 2.** Mặt cắt địa chất và giải pháp xử lý nền đất yếu

Địa tầng từ trên xuống gồm các lớp như sau:

- Lớp 1: Đất lấp, cát san lấp, thành phần hỗn hợp;
- Lớp 2a: Đất sét ít dẻo, xám nâu, xám vàng, xám trắng, dẻo mềm - dẻo cứng;
- Lớp 2b: Đất sét ít dẻo, đôi chỗ lẫn hữu cơ, xám nâu, xám đen, dẻo mềm;
- Lớp 3a: Đất sét ít dẻo, xám nâu, xám đen, lẫn hữu cơ, dẻo chảy - chảy;
- Lớp 3b: Đất sét ít dẻo, xám nâu, nâu hồng, xám vàng, dẻo chảy - dẻo mềm;
- Lớp 6.: Đất sét ít dẻo, đôi chỗ lẫn hữu cơ, xám nâu, xám đen, xám ghi, dẻo mềm;
- Lớp 8a: Đất sét ít dẻo, đôi chỗ lẫn dăm sạn, xám nâu, xám vàng, dẻo mềm- dẻo cứng;
- Lớp 8b: Đất sét ít dẻo, xám nâu, xám vàng, nâu đỏ, xám trắng, dẻo cứng - nửa cứng;
- Lớp 9a: Đất bụi dẻo, xám ghi, xám vàng, xám trắng, nâu đỏ.

#### 3.2. Xây dựng hệ thống quan trắc và thu thập dữ liệu

Trên chiều dài đoạn đường đầu cầu khoảng 500m, căn cứ vào chiều cao nền đắp và giải pháp xử lý nền đất yếu cho từng đoạn, tiến hành xây dựng hệ thống quan trắc gồm 1 mặt cắt tự động và 10 mặt cắt thủ công (hình 3) bao gồm: quan trắc lún bề mặt, lún sâu, chuyển vị ngang trên bề mặt, chuyển vị ngang theo chiều sâu và áp lực nước lỗ rỗng.



**Hình 3.** Sơ đồ các vị trí quan trắc

Một số hình ảnh lắp đặt thiết bị quan trắc được thể hiện trên hình 4.



**Hình 4.** Hình ảnh lắp đặt thiết bị quan trắc

Việc thu thập dữ liệu được tiến hành thường xuyên theo chu kỳ với mặt cắt quan trắc bằng thủ công (hình 5). Để quan trắc liên tục theo thời gian thực, sử dụng Datalogger là thiết bị lưu trữ và truyền nhận dữ liệu từ hệ thống quan trắc tự động, có nhiệm vụ ghi đo và lưu trữ các số đọc từ các cảm biến, truyền dữ liệu bằng nhiều hình thức khác nhau như cáp quang, modem 3G/4G theo khoảng thời gian cài đặt sẵn.



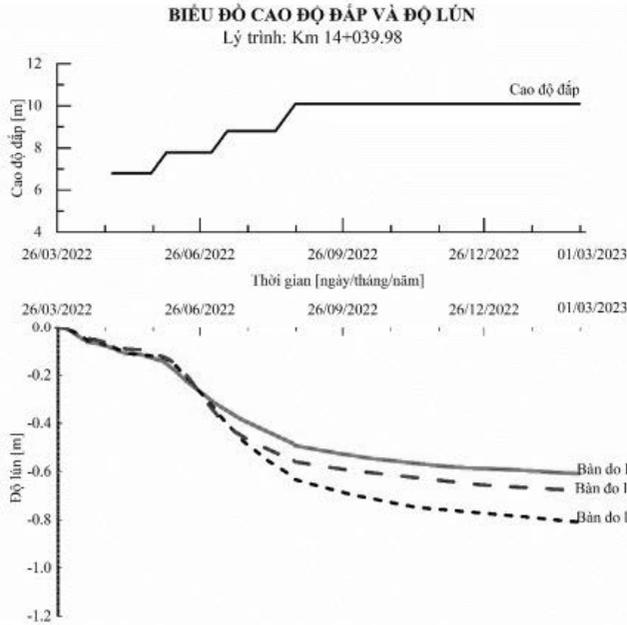
**Hình 5.** Thu thập dữ liệu quan trắc

## 4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

### 4.1. Quan trắc lún bề mặt

Kết quả đo lún bề mặt được tổng hợp và vẽ thành biểu đồ quan hệ giữa độ lún, tốc độ lún và chiều cao đắp. Các kết quả quan trắc lún cho biết độ lún thực tế của nền đắp trên nền đất yếu theo thời gian trong và sau khi kết thúc thi công; đồng thời dự báo được các sự cố có thể xảy ra trong quá trình thi công đắp đất. Tốc độ lún ở đáy nền đắp tại trục tim của nền đường theo tiêu chuẩn không vượt quá 10mm/ngày. Với 11 mặt cắt quan trắc ta vẽ được 11 biểu

đồ tương quan chiều cao đắp và độ lún theo thời gian có hình dạng như hình 6.



**Hình 6.** Biểu đồ tương quan chiều cao đắp và độ lún theo thời gian

Từ biểu đồ tương quan giữa chiều cao đắp và độ lún bề mặt có thể thấy độ lún tăng nhanh trong quá trình đắp và giảm dần trong quá trình chờ cố kết. Cuối giai đoạn chờ cố kết biểu đồ lún có xu hướng đi ngang chứng tỏ tốc độ lún nhỏ và xu thế tắt dần.

Độ lún tại các bản đồ lún trên cùng mặt cắt ngang có giá trị khác nhau do sự phân bố tải trọng và mức độ cố kết của nền đất. Độ lún lớn nhất tại vị trí giữa nền đắp mới (bản đồ lún 2) và nhỏ nhất tại vị trí tiếp giáp đường cũ và đường mới (bản đồ lún 1) do nền đất yếu trong phạm vi này đã được cố kết một phần từ giai đoạn thi công trước.

**4.2. Quan trắc lún theo chiều sâu**

Quan trắc lún theo chiều sâu cho phép ta dự báo được độ lún của các lớp đất dưới nền đắp, từ đó có cơ sở đánh giá hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thăm. Thống kê chi tiết các mặt cắt quan trắc lún sâu được thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 1.** Tổng hợp kết quả quan trắc lún sâu

STT	Mặt cắt	Tên thiết bị	Độ sâu (m)	Độ lún đạt được (cm)
1	Km13+691.59	D35-DS-1	7.654	60.9
2	Km13+691.59	D35-DS-2	12.903	43.0
3	Km13+691.59	D35-DS-3	17.194	30.9
4	Km13+789.99	D37-DS-1	9.114	54.9
5	Km13+789.99	D37-DS-2	14.415	31.8
6	Km13+789.99	D37-DS-3	18.628	27.5
7	Km14+119.98	D42-DS-1	9.133	53.0
8	Km14+119.98	D42-DS-2	14.397	33.6
9	Km14+119.98	D42-DS-3	18.639	26.4

Độ lún theo chiều sâu lần lượt thay đổi từ 26.4cm đến 60.9cm cho thấy hiệu quả xử lý nền đã đạt tới các độ sâu trên. Ngoài ra, càng xuống sâu thì hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thăm càng giảm (chênh lệch độ lún giữa các nhện đo 2-3 nhỏ hơn nhiều so với 1-2). Điều này phù hợp với biểu đồ áp suất do tải trọng đắp giảm dần theo chiều sâu.

**4.3. Quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt**

Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt tại các mặt cắt được tổng hợp trong bảng 2.

**Bảng 2.** Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang

STT	Mặt cắt	Tốc độ dịch chuyển lớn nhất theo ngày				
		Cọc 1	Cọc 2	Cọc 3	Cọc 4	Cọc 5
		Chuyển dịch theo phương X (m)	Chuyển dịch theo phương X (m)	Chuyển dịch theo phương X (m)	Chuyển dịch theo phương X (m)	Chuyển dịch theo phương X (m)
1	Km13+579.98	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
2	Km13+639.98	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
3	Km13+691.59	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
4	Km13+739.98	-0.004	-0.003	-0.004	-0.004	-0.003
5	Km13+789.99	-0.004	-0.003	-0.004	-0.004	-0.003
6	Km14+019.99	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003
7	Km14+039.98	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003
8	Km14+079.99	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003
9	Km14+119.98	-0.003	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003
10	Km14+173.00	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003
11	Km14+279.98	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.004

Kết quả quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt cho thấy, dịch chuyển ngang lớn nhất tại các mặt mặt cắt là 4mm/ngày. Xét ổn định tổng thể của khối đắp trong thời gian chất tải, không có dấu hiệu mất ổn định của khối đắp, tốc độ dịch chuyển ngang không vượt quá giá trị chuyển vị cho phép là 5mm/ngày.

**4.4. Quan trắc áp lực nước lỗ rỗng**

Tổng hợp kết quả đo áp lực nước lỗ rỗng theo kết quả quan trắc tại các mặt cắt được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3.** Tổng hợp kết quả đo áp lực nước lỗ rỗng

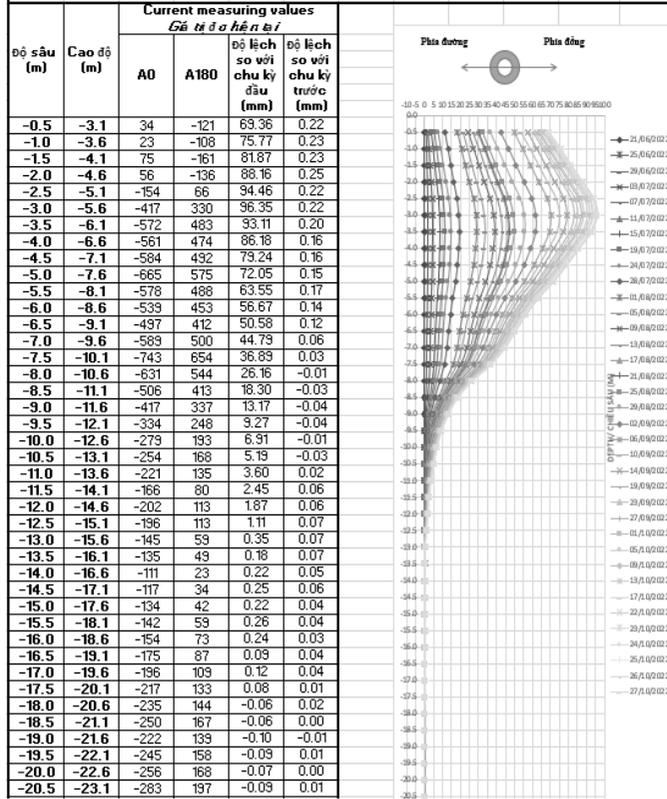
STT	Mặt cắt	Ký hiệu thiết bị	Áp lực nước lỗ rỗng ban đầu (kG/cm <sup>2</sup> )	Áp lực nước lỗ rỗng sau khi xử lý nền (kG/cm <sup>2</sup> )
1	Km13+579.98	D33-PZ2	0.834	0.618
2	Km13+639.98	D34-PZ1	0.488	0.222
		D34-PZ2	0.952	0.698
3	Km13+691.59	D35-PZ1	0.528	0.211
		D35-PZ2	0.984	0.709
4	Km13+739.98	D36-PZ1	0.486	0.247
		D36-PZ2	0.990	0.721
5	Km13+789.99	D37-PZ1	0.487	0.259
		D37-PZ2	1.043	0.782
6	Km14+019.99	D39-PZ1	0.31	0.215
		D39-PZ2	0.794	0.709
7	Km14+039.98	D40-PZ1	0.451	0.264
		D40-PZ2	0.790	0.656
8	Km14+079.99	D41-PZ1	0.401	0.269
		D41-PZ2	0.906	0.781
9	Km14+119.98	D42-PZ1	0.385	0.274
		D42-PZ2	1.025	0.744
10	Km14+173.00	D43-PZ1	0.550	0.275
		D43-PZ2	0.934	0.673
11	Km14+279.98	D46-PZ2	0.869	0.512

Áp lực nước lỗ rỗng có thể gia tăng trong quá trình gia tải và tiêu tán dần dưới áp lực của tải trọng theo thời gian. Việc suy giảm áp lực nước lỗ rỗng thể hiện sự cố kết nền đất và biện pháp xử lý nền mang lại hiệu quả.

**4.5. Quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu**

Dịch chuyển ngang theo chiều sâu thể hiện dịch chuyển các

lớp đất từ mặt đất xuống phía dưới khi chịu ảnh hưởng của tải trọng khối đắp. Hướng dịch chuyển chủ đạo là vuông góc với tim đường và hướng ra phía ruộng (hình 7). Kết quả tổng hợp dịch chuyển ngang tại các mặt cắt được trình bày trong bảng 4.



Hình 7. Biểu đồ chuyển vị ngang theo chiều sâu

Bảng 4. Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu

STT	Mặt cắt	Ký hiệu thiết bị	Biên độ dịch chuyển ngang lớn nhất (mm)	Độ sâu đạt dịch chuyển ngang lớn nhất (m)
1	Km13+691.59	D35-INC	68.32	-7.0
2	Km13+789.99	D37-INC	54.54	-6.5
3	Km14+019.99	D39-INC	44.30	-8.7
4	Km14+119.98	D42-INC	106.51	-3.5

Bảng 6. Bảng phân tích hiệu quả xử lý nền theo kết quả quan trắc lún mặt

STT	Đoạn	Chiều dài (m)	Chiều cao đắp (m)	Kết quả quan trắc				Thiết kế		
				Lún bề mặt (cm)	Độ lún cuối cùng theo Asaoka (cm)	Mức độ cố kết U (%)	Độ lún dư dự kiến (cm)	Độ cố kết trung bình (U%)	Tổng độ lún lớn nhất (cm)	Độ lún dư dự kiến (cm)
1	Đ33 Km13+539.98 - Km13+619.98	80	3.69	83.4	90.39	92.3	7	88	82.59	8.96
2	Đ34 Km13+619.98 - Km13+659.98	40	4.61	102.3	110.54	92.5	8.2	91	105.4	8.39
3	Đ35 Km13+659.98 - Km13+710.00	50.02	5.69	98.8	104.96	94.1	6.2	92.6	104.99	6.88
4	Đ36 Km13+710.00 - Km13+760.98	50.98	5.6	121.3	132.13	91.8	10.8	90.6	107.42	9.1
5	Đ37 Km13+760.98 - Km13+806.49	45.51	6.39	85.4	92.34	92.5	6.9	92	116.24	8.36
6	Đ39 Km13+977.41 - Km14+019.99	42.58	8.08	127.5	136.67	93.3	9.2	93.3	159.65	9.39
7	Đ40 Km14+019.99 - Km14+059.98	39.99	7.64	80.8	88.46	91.3	7.7	89.8	92.48	8.57
8	Đ41 Km14+059.98 - Km14+099.99	40.01	7.01	80.2	86.49	92.7	6.3	88.7	95.56	9.91
9	Đ42 Km14+099.99 - Km14+139.98	39.99	6.07	88.2	94.56	93.3	6.4	88.8	88.19	9.11
10	Đ43 Km14+139.98 - Km14+194.01	54.03	4.89	83.8	90.83	92.3	7	84.5	73.27	10.72
11	Đ46 Km14+194.01 - Km14+310.00	116	2.19	75.1	81.5	92.2	6.4	76.6	36.48	8.62

Từ biểu đồ hình 7 và bảng 4 cho thấy chuyển vị ngang của nền đất yếu dưới nền đắp lớn nhất không phải nằm trên mặt mà ở độ sâu từ vài ba mét trở lên tùy thuộc chiều cao đắp và tính chất nền đất yếu. Vì vậy, với nền đường đắp cao trên đất yếu, việc bố trí hệ thống quan trắc chuyển vị ngang theo chiều sâu là rất cần thiết.

4.6. Tổng hợp đánh giá hiệu quả xử lý nền theo kết quả quan trắc

Độ cố kết của nền tính theo áp lực nước lỗ rỗng được thống kê trong bảng 5.

Bảng 5. Độ cố kết của nền đất yếu tính theo áp lực nước lỗ rỗng

STT	Mặt cắt	Ký hiệu thiết bị	Mức độ cố kết U theo áp lực nước lỗ rỗng (%)
1	Km13+579.98	D33-PZ2	90.38
2	Km13+639.98	D34-PZ1	89.26
		D34-PZ2	86.99
3	Km13+691.59	D35-PZ1	91.72
		D35-PZ2	88.31
4	Km13+739.98	D36-PZ1	89.85
		D36-PZ2	86.76
5	Km13+789.99	D37-PZ1	90.48
		D37-PZ2	85.08
6	Km14+019.99	D39-PZ1	90.48
		D39-PZ2	85.86
7	Km14+039.98	D40-PZ1	89.47
		D40-PZ2	84.76
8	Km14+079.99	D41-PZ1	91.03
		D41-PZ2	85.79
9	Km14+119.98	D42-PZ1	90.24
		D42-PZ2	87.93
10	Km14+173.00	D43-PZ1	90.16
		D43-PZ2	87.55
11	Km14+279.98	D46-PZ2	90.61

Có thể thấy mức độ cố kết có sự chênh lệch theo chiều sâu, càng xuống sâu thì độ cố kết càng giảm (PZ1 đặt tại cao độ -1.00 còn PZ2 đặt tại cao độ từ -5.00 đến -6.10), tức là hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm càng giảm.

Từ số liệu quan trắc lún bề mặt, sử dụng phương pháp Asaoka để xác định độ lún cuối cùng và tính toán được độ cố kết cũng như độ lún còn lại. Kết quả tính toán được so sánh với giá trị tính toán theo lý thuyết và được tổng hợp ở bảng 6.

Từ bảng 6 ta thấy độ lún tính toán theo lý thuyết có sự sai khác so với phương pháp Asaoka, trong đó lớn nhất tại Đ46 là -55.2%, tiếp theo là Đ37 là +25.9%, các mặt cắt còn lại sai khác dưới 20%. Chiều đắp tại Đ46 nhỏ (2.19m) nhưng độ lún quan trắc được xấp xỉ với các đoạn liền kề có chiều cao đắp lớn hơn nhiều (Đ43-4.89m; Đ42-6.07m, Đ41-7.01m và Đ40-7.64m). Nguyên nhân của hiện tượng này có thể do việc cấm bắc thấm gây xáo động trong lớp đất yếu, phá vỡ trạng thái cân bằng ban đầu của nền đất yếu.

Với thời gian chờ lún 6 tháng, độ cố kết ( $\geq 90\%$ ) và độ lún dư từ kết quả quan trắc liên tục thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn hiện hành.

Từ bảng 5 và bảng 6 có thể thấy độ cố kết tính theo kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng nhỏ hơn độ cố kết tính theo kết quả quan trắc lún bề mặt. Tuy nhiên, mức độ chênh lệch không nhiều.

#### 4.7. Bàn luận

##### 4.7.1. Về việc phân tích dữ liệu quan trắc

Theo quy định trong tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam [1, 2] mới chỉ yêu cầu về biểu đồ quan hệ giữa độ lún theo thời gian ứng với với chiều cao đắp. Dựa vào đường cong độ lún cố kết theo thời gian trên biểu đồ này để dự báo độ lún còn lại theo các phương pháp sau: Phương pháp 3 điểm, phương pháp Hyperbolic, phương pháp Asaoka. Do đó, cần bổ sung thêm biểu đồ từ dữ liệu quan trắc để làm căn cứ đánh giá ổn định nền đường sau:

- Biểu đồ quan hệ theo thời gian giữa dịch chuyển ngang và áp lực nước lỗ rỗng với chiều cao đắp;
- Biểu đồ theo thời gian tốc độ lún, tốc độ dịch chuyển ngang với chiều cao đắp;
- Biểu đồ quan hệ giữa độ lún tức thời, độ tăng áp lực nước lỗ rỗng, dịch chuyển ngang lớn nhất với chiều cao đắp;
- Biểu đồ mối quan hệ giữa độ lún từng lớp, dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng theo độ sâu.

##### 4.7.2. Về tiêu chí đánh giá ổn định nền đường

Yêu cầu về ổn định trong quá trình thi công nền đắp trên đất yếu theo tiêu chuẩn Việt Nam [1, 2], tốc độ lún không vượt quá 10mm/ngày, tốc độ chuyển vị ngang không vượt quá 5mm/ngày. Tuy nhiên, nhiều trường hợp, tốc độ lún hoặc dịch chuyển ngang của nền đất lớn hơn giá trị quy định trên nhưng nền đường vẫn ổn định và ngược lại, tốc độ lún hoặc dịch chuyển ngang của nền đất nhỏ hơn giá trị quy định trên nhưng lại không ổn định. Vì vậy, cần có thêm các căn cứ để củng cố cho việc đánh giá ổn định nền đường như sau:

- Khi tốc độ độ lún hoặc tốc độ dịch chuyển ngang trong hai ngày liên tiếp vượt quá 60% giá trị giới hạn trên hoặc trong ba ngày liên tục vượt quá 40% giá trị giới hạn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tốc độ độ lún hoặc tốc độ dịch chuyển ngang gần bằng giá trị giới hạn, nên sử dụng phương pháp và dữ liệu quan trắc khác để phân tích tổng hợp, đánh giá tính ổn định của nền đường.
- Khi đường cong chiều cao đắp và độ lún tức thời hoặc đường cong chiều cao đắp và dịch chuyển ngang xuất hiện điểm uốn sau khi đạt đến chiều cao đắp nhất định và độ dốc sau điểm uốn lớn hơn gấp đôi độ dốc trước điểm uốn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tải trọng của nền đường và điều kiện xung quanh không thay đổi, nếu đường cong theo thời gian của độ lún, dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng v.v... có điểm uốn và độ dốc sau điểm uốn lớn hơn gấp đôi độ dốc trước điểm uốn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tải trọng của nền đường và điều kiện xung quanh không thay đổi, nếu thời gian tăng của tốc độ độ lún, tốc độ dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng v.v... vượt quá 60 ngày, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định.

##### 4.7.3. Về tiêu chí điều kiện dỡ tải để thi công mặt đường

Theo tiêu chuẩn TCCS41:2022 [1] điều kiện để dỡ tải thi công mặt đường là độ lún dư phải nhỏ hơn giá trị cho phép tùy thuộc vào vị trí

đoạn nền đắp và cấp hạng đường. Tiêu chuẩn TCVN9355:2013 [2] áp dụng cho giải pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm có quy định thêm độ cố kết phải đạt  $\geq 90\%$ . Tuy nhiên, từ kết quả tổng hợp ở bảng 6 và biểu đồ quan hệ độ lún theo thời gian, mặc dù các đoạn xử lý nền đất yếu đường đầu cầu Cửu An đã thỏa mãn cả hai yêu cầu trên nhưng tốc độ lún sau khi dỡ tải làm mặt đường còn rất lớn (xấp xỉ 10cm trong thời gian dưới một năm), nguy cơ gây hư hỏng mặt đường cấp cao.

Tiêu chuẩn thiết kế nền đường JTG D30:2015 [5] của Trung Quốc có quy định quan trắc 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng độ lún không vượt quá 5mm, thỏa mãn yêu cầu trên mới được dỡ tải đào đường và bắt đầu cho phép rải mặt đường. Vận dụng quy định trên vào đoạn đường đầu cầu Cửu An, tiến hành quan trắc thêm 3 tháng để đạt được tiêu chí độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm mới dỡ tải. Quan sát thực tế sau 9 tháng đưa đường vào khai thác chưa thấy hiện tượng lún lệch giữa đường và cầu. Cũng theo tiêu chí trên áp dụng cho đường đầu cầu Tân Vũ - Lạc Huyện đã đưa vào khai thác được gần 7 năm cũng không thấy có hiện tượng lún lệch tại phạm vi đường đầu cầu. Vì vậy, ngoài việc quy định độ lún còn lại sau khi đưa đường vào sử dụng như tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, cần bổ sung thêm tiêu chí độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm. Đây là tiêu chí rất thuận lợi cho công tác quan trắc do kết quả có thể tính toán trực tiếp và đưa vào bước tính toán thiết kế cũng rất đơn giản.

## 5. KẾT LUẬN

Từ kết quả quan trắc 1 mặt cắt tự động và 10 mặt cắt thủ công trên đoạn đường đầu cầu Cửu An, tỉnh Hưng Yên có chiều dài khoảng 500m với hệ thống quan trắc lún bề mặt, lún sâu, chuyển vị ngang trên bề mặt, chuyển vị ngang theo chiều sâu và áp lực nước lỗ rỗng, sau khi phân tích, kiểm tra, xử lý số liệu có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Từ kết quả quan trắc chuyển vị ngang theo chiều sâu và chuyển dịch ngang bề mặt cho thấy nền đường đảm bảo ổn định, hiện tượng dấy trôi không đáng kể.
- Kết quả đo độ lún theo chiều sâu và đo áp lực nước lỗ rỗng tại các độ sâu khác nhau trong nền đất yếu cho thấy càng xuống sâu thì hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm càng giảm. Điều này cũng đặt ra bài toán lựa chọn chiều sâu cấm bắc thấm tối ưu về kinh tế và kỹ thuật.
- Độ cố kết của nền đất tính theo kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng và bàn đo lún mặt xấp xỉ nhau đảm bảo độ tin cậy của kết quả quan trắc và hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm.
- Cần bổ sung các biểu đồ quan hệ theo thời gian giữa độ lún, tốc độ lún, dịch chuyển ngang, tốc độ dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng với chiều cao đắp để làm căn cứ đưa ra các tiêu chí đánh giá ổn định nền đường.
- Bổ sung tiêu chí tốc độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm làm căn cứ dỡ tải làm mặt đường. Tiêu chí này áp dụng cho cả bước tính toán thiết kế và công tác quan trắc trong quá trình thi công.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCCS 41:2022/TCBVN - Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền ô tô trên nền đất yếu, Tổng cục Đường bộ Việt Nam, 2022.
- [2]. TCVN 9355:2013 - Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước - Thiết kế, thi công và nghiệm thu, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2013.
- [3]. Báo cáo kết quả quan trắc xử lý nền đất yếu đường đầu cầu Cửu An, huyện Kim Động, tỉnh Hưng Yên.
- [4]. GB/T 51275:2017 - Standard for monitoring of subgrade on soft ground, Chinese National Standard, 2017.
- [5]. JTG D30:2015 - Specifications for Design of Highway Subgrades, The Ministry of Transport of the People's Republic of China, 2015
- [6]. TCVN 8869:2011 - Quy trình đo áp lực nước lỗ rỗng trong đất, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [7]. TCVN 9399:2012 - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [8]. ASTM D5092M-16 - Standard Practice for Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells, 2017.
- [9]. ASTM D6230-21 - Standard Practices for Monitoring Earth or Structural Movement Using Inclinedometers, 2021.

# Các yếu tố tác động đến công tác quản lý, vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức và giá xây dựng

Factors affecting the management and operation of the database system on construction norms and prices

> TS TRẦN VĂN KHÔI<sup>1</sup>, THS ĐẶNG XUÂN ĐẠT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nguyên Phó vụ trưởng Vụ Kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng

<sup>2</sup>Trung tâm tư vấn kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng

## TÓM TẮT

Hệ thống định mức và giá xây dựng có vai trò đặc biệt quan trọng, là công cụ cơ bản trong quản lý đầu tư xây dựng. Việc xây dựng, quản lý hệ thống định mức và giá xây dựng rất phức tạp có liên quan đến nhiều ngành, lĩnh vực đầu tư, liên quan đến nhiều chủ thể quản lý từ Trung ương đến địa phương, hệ thống định mức và giá xây dựng được quản lý sử dụng trong một quá trình dài và thường xuyên biến động thay đổi theo thời gian. Việc xây dựng và quản lý vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu (CSDL) về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng sẽ giúp cho việc kiểm soát chi phí đầu tư xây dựng được kịp thời phù hợp với mục tiêu quản lý, phù hợp với mục tiêu yêu cầu của chương trình chuyển đổi số Quốc gia cũng như nhiệm vụ chuyển đổi số của ngành Xây dựng. Quá trình quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng chịu tác động của nhiều yếu tố cả chủ quan và khách quan. Bài viết nhằm nhận diện và đánh giá mức độ tác động của các yếu tố này, đánh giá thực trạng việc quản lý vận hành hệ thống CSDL định mức, giá xây dựng và kiến nghị một số nội dung nhằm nâng cao chất lượng quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng.

**Từ khóa:** Cơ sở dữ liệu; định mức và giá xây dựng; các yếu tố tác động.

## ABSTRACT

The system of construction norms and prices plays a particularly important role and is a basic tool in construction investment management. The construction and management of the construction norms and prices system is very complex, involving many industries and investment fields, involving many management entities from central to local levels, norms and prices systems. Construction is managed and used over a long process and often fluctuates over time. Building and managing and operating a database system on construction norms and prices will help control construction investment costs to be updated promptly in accordance with management goals and objectives, requirements of the National digital transformation program as well as the digital transformation tasks of the Construction industry. The process of managing and operating the database system on construction norms and prices is influenced by many factors, both subjective and objective. This article aims to identify and evaluate the impact of these factors, evaluate the current status of database system management and operation, construction costs and recommend some contents to improve the quality of database management. Managing and operating the database system on construction norms and prices.

**Keywords:** Database; construction norms and prices; impact factors.

## 1. VAI TRÒ VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA HỆ THỐNG CSDL

Xây dựng hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng là một trong những nhiệm vụ thuộc Đề án 2038 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt năm 2017 với mục đích góp phần hoàn thiện hệ thống định mức và giá xây dựng từ đó nâng cao hiệu quả đầu tư, tạo thị trường xây dựng minh bạch, chống thất thoát, lãng phí trong đầu tư xây dựng. Trên cơ sở đó, hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng được Bộ Xây dựng

đưa vào kế hoạch chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020 - 2025, định hướng đến năm 2030.

Theo quy định tại khoản 1 Điều 28 của Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng: Hệ thống CSDL về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng là một bộ phận của hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng theo Luật Xây dựng. Tại khoản 1 Điều

29 của Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021, quy định: Bộ Xây dựng có trách nhiệm xây dựng, quản lý, vận hành và kiểm soát toàn diện hệ thống cơ sở dữ liệu trên phạm vi cả nước.

Hệ thống CSDL về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng là đầu mối kết nối các thông tin, dữ liệu về định mức xây dựng và giá xây dựng do các Bộ, ngành, các địa phương và các tổ chức có liên quan đến hoạt động xây dựng ban hành, công bố góp phần làm minh bạch thông tin trong hoạt động đầu tư xây dựng.

Hệ thống CSDL nhằm tập hợp và khai thác, sử dụng danh mục thông tin, dữ liệu định mức, giá xây dựng và chỉ số giá xây dựng. Khai thác, sử dụng thông tin, dữ liệu định mức, giá xây dựng và chỉ số giá xây dựng do Bộ Xây dựng, các Bộ quản lý công trình xây dựng chuyên ngành, UBND các tỉnh, thành phố và Sở Xây dựng các địa phương ban hành, công bố. Ngoài việc tìm kiếm, tra cứu, tổng hợp, so sánh số liệu, còn có thể sử dụng các phần mềm dùng chung như: Phần mềm lập dự toán, tính toán chỉ số giá xây dựng, tính suất vốn đầu tư để phục vụ công tác lập và quản lý chi phí đầu tư xây dựng. Trên hệ thống, người dùng còn có thể tra cứu các văn bản quy phạm pháp luật trong lĩnh vực quản lý chi phí đầu tư xây dựng; trao đổi thông tin, thảo luận các vấn đề chuyên môn; các đơn vị sản xuất và kinh doanh vật liệu xây dựng, máy và thiết bị xây dựng có thể quảng bá, giới thiệu thông tin về giá và sản phẩm, thiết bị phục vụ cho ngành xây dựng,...

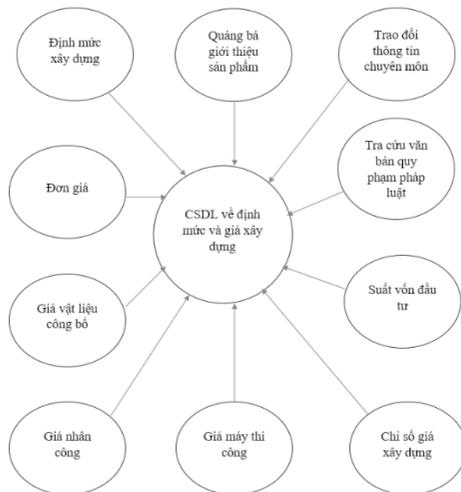
Đây cũng là một trong những hệ thống CSDL tiên phong hướng đến quá trình chuyển đổi số trong công tác quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng, là đầu mối kết nối các thông tin, dữ liệu về định mức xây dựng và giá xây dựng do các Bộ, ngành và các địa phương ban hành, công bố, góp phần làm minh bạch thông tin và phòng chống thất thoát, lãng phí ngân sách.

Hệ thống CSDL là kho dữ liệu lớn và là kho dữ liệu về định mức và giá xây dựng tập trung, dùng chung đầu tiên của ngành Xây dựng. Với thông tin dữ liệu được chuẩn hóa, đồng bộ, tập trung và cung cấp miễn phí cùng các phần mềm, tiện ích kèm theo, hệ thống CSDL sẽ là công cụ hữu hiệu góp phần nâng cao chất lượng công tác quản lý chi phí trong hoạt động đầu tư xây dựng.

## 2. CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN QUẢN LÝ VẬN HÀNH HỆ THỐNG CSDL VỀ ĐỊNH MỨC XÂY DỰNG, GIÁ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH VÀ CHỈ SỐ GIÁ XÂY DỰNG

### 2.1 Các nội dung chủ yếu của hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng

Để nâng cao hiệu quả quản lý chi phí đầu tư xây dựng, hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng được xây dựng với các nội dung chủ yếu:



Các nội dung CSDL về định mức và giá xây dựng

### 2.2 Một số khó khăn trong việc quản lý vận hành CSDL về định mức và giá xây dựng

Do tính phức tạp và khối lượng đồ sộ về CSDL liên quan đến định mức và giá xây dựng trong điều kiện nội dung này mới bắt đầu được triển khai trong thực tế, mặc dù đã đạt được một số kết quả nhất định tuy nhiên việc quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng còn bộc lộ một số tồn tại hạn chế, bất cập, dẫn đến hiệu quả chưa thật sự cao, một số Bộ, ngành và địa phương chưa nắm bắt và hiểu rõ về mục đích, ý nghĩa của hệ thống cơ sở dữ liệu dẫn đến chưa tham gia, chưa tích cực cập nhật kịp thời thông tin, dữ liệu cũng như khai thác, sử dụng thông tin dữ liệu và các phần mềm tiện ích của hệ thống để phục vụ công tác chuyên môn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

Về phía các địa phương, cụ thể là Sở Xây dựng của các tỉnh, thành phố là đơn vị đầu mối chịu trách nhiệm tổng hợp cập nhật thông tin dữ liệu vào hệ thống bước đầu còn gặp khó khăn trong việc ban hành quy định nội bộ về việc quản lý, sử dụng tài khoản của hệ thống CSDL để cập nhật dữ liệu và khai thác thông tin dữ liệu phục vụ công tác chuyên môn của đơn vị. Khó khăn do khối lượng công việc của các cơ quan chuyên môn của địa phương được phân cấp rất lớn, trong khi nguồn lực về biên chế còn nhiều hạn chế gây khó khăn trong việc bố trí nhân sự thực hiện công tác số hóa và cập nhật dữ liệu vào hệ thống.

Về việc bố trí kinh phí tổ chức thực hiện, hiện cơ quan quản lý nhà nước về lĩnh vực công nghệ thông tin chưa ban hành định mức chi phí cho công tác quản lý vận hành và công tác thu thập, tổng hợp, số hóa dữ liệu dẫn đến thiếu cơ sở để các cơ quan, tổ chức lập dự toán kinh phí hàng năm trình cấp có thẩm quyền phê duyệt, làm cơ sở để tổ chức thực hiện việc quản lý vận hành, cập nhật thông tin dữ liệu vào hệ thống.

Về phía đơn vị trực tiếp quản lý vận hành hệ thống, đây là hệ thống mới, với nguồn nhân lực và kinh phí vận hành còn hạn hẹp trong khi khối lượng dữ liệu được cập nhật từ các Bộ, ngành, địa phương trên cả nước vào hệ thống là rất lớn. Bên cạnh đó, các địa phương, đơn vị chưa có nhiều thời và nhân sự chuyên môn cho việc tổng hợp, cập nhật dữ liệu và sử dụng hệ thống dẫn đến công tác hướng dẫn, tập huấn, giải đáp thắc mắc và rà soát, phê duyệt dữ liệu còn tốn khá nhiều thời gian. Với những phát sinh trong quá trình hoạt động của hệ thống cũng cần có thời gian để xử lý.

### 2.3 Các yếu tố tác động đến quản lý vận hành CSDL về định mức và giá xây dựng

Để xác định các yếu tố tác động đến công tác quản lý vận hành hệ thống về định mức và giá xây dựng nhóm tác giả đã căn cứ vào thực tiễn triển khai hệ thống CSDL trong thời gian vừa qua, phỏng vấn các chuyên gia của Bộ Xây dựng, Cục Kinh tế xây dựng, Viện Kinh tế xây dựng, các chuyên gia của một số bộ chuyên ngành, các cán bộ tham gia cập nhật dữ liệu, sử dụng hệ thống tại các địa phương, đồng thời căn cứ báo cáo, phản hồi của Sở Xây dựng các địa phương, các bộ quản lý công trình xây dựng chuyên ngành và các đơn vị tư vấn,... Kết quả đã chỉ ra được các yếu tố tác động và được sắp xếp theo mức độ tác động đến quá trình quản lý vận hành cơ sở dữ liệu và giá xây dựng bao gồm: (xem bảng 1)

Như vậy kết quả đánh giá các yếu tố tác động đến công tác quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng cho thấy, có rất nhiều yếu tố tác động đến chất lượng quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng trong đó có một số yếu tố tác động rất mạnh là: Kinh phí xây dựng, quản lý vận hành hệ thống CSDL tại Bộ Xây dựng; Kinh phí cho công tác tổng hợp, số hóa, cập nhật dữ liệu vào hệ thống CSDL tại các địa phương và các Bộ chuyên ngành; Số lượng nguồn nhân lực thực hiện quản lý vận hành CSDL; Năng lực của cán bộ tham gia quản lý vận hành CSDL; Tính phức tạp

Bảng 1

TT	Yếu tố tác động	Mức độ tác động
1	Kinh phí xây dựng, quản lý vận hành hệ thống CSDL tại Bộ Xây dựng	Rất mạnh
2	Kinh phí cho công tác tổng hợp, số hoá, cập nhật dữ liệu vào hệ thống CSDL tại các địa phương và các Bộ chuyên ngành	Rất mạnh
3	Số lượng nguồn nhân lực thực hiện quản lý vận hành CSDL	Rất mạnh
4	Năng lực của cán bộ tham gia quản lý vận hành CSDL	Rất mạnh
5	Tính phức tạp của cấu trúc dữ liệu định mức và giá xây dựng	Rất mạnh
6	Sự thay đổi của cơ chế chính sách về quản lý chi phí đầu tư xây dựng	Mạnh
7	Trang thiết bị phục vụ quản lý vận hành CSDL	Mạnh
8	Chất lượng hệ thống phần mềm quản lý CSDL	Mạnh
9	Sự thay đổi của công nghệ xây dựng và biến động giá xây dựng	Mạnh
10	Các chế tài về xây dựng, quản lý và khai thác hệ thống CSDL	Rất mạnh
11	Sự quan tâm chỉ đạo điều hành của lãnh đạo Bộ, ngành và địa phương về hệ thống CSDL	Mạnh
12	Sự phối hợp giữa Cục Kinh tế xây dựng với Sở Xây dựng địa phương và các bộ chuyên ngành	Mạnh
13	Trách nhiệm cung cấp thông tin dữ liệu về định mức và giá xây dựng của các địa phương, bộ chuyên ngành	Rất mạnh

của cấu trúc dữ liệu định mức và giá xây dựng; Các chế tài về xây dựng, quản lý và khai thác hệ thống CSDL; Trách nhiệm cung cấp thông tin dữ liệu về định mức và giá xây dựng của các địa phương, bộ chuyên ngành. Đây chính là những nguyên nhân chủ yếu dẫn đến các khó khăn trong quá trình quản lý vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức và giá xây dựng.

### 3. MỘT SỐ KHUYẾN NGHỊ NHẪM NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG QUẢN LÝ VẬN HÀNH HỆ THỐNG CSDL VỀ ĐỊNH MỨC VÀ GIÁ XÂY DỰNG

Trên cơ sở kết quả đánh giá về mức độ tác động của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình quản lý vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng, trong thời gian tới cần phải triển khai một số nội dung sau:

Hoàn thiện cơ chế chính sách về quản lý kinh phí và bố trí đủ kinh phí phục vụ cho công tác xây dựng và quản lý và vận hành hệ thống CSDL về định mức và giá xây dựng kể cả tại Bộ Xây dựng, các bộ quản lý công trình xây dựng chuyên ngành và các địa phương. Nghiên cứu, xây dựng cơ chế thu hút nguồn lực từ xã hội cho công tác xây dựng, nâng cấp công nghệ, phần mềm và vận hành hệ thống CSDL.

Tăng cường công tác tập huấn, phổ biến, hướng dẫn việc khai thác, sử dụng hệ thống CSDL để các tổ chức, cá nhân hiểu rõ về mục đích, ý nghĩa cũng như tích cực sử dụng các tiện ích, công cụ để khai thác thông tin, dữ liệu từ hệ thống phục vụ công tác chuyên môn về quản lý chi phí, tránh lãng phí nguồn dữ liệu tập trung.

Sửa đổi, bổ sung các quy định về hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức và giá xây dựng một cách rõ ràng, cụ thể hơn về nguyên tắc xây dựng, quản lý hệ thống; trách nhiệm của Bộ Xây dựng, trách nhiệm của các Bộ quản lý công trình xây dựng chuyên ngành, UBND cấp tỉnh và các chủ thể có liên quan trong xây dựng, quản lý vận hành, cập nhật và kiểm soát thông tin, kèm theo chế tài cụ thể.

Có chính sách khuyến khích các tổ chức, cá nhân hoạt động trong lĩnh vực xây dựng tham gia, cung cấp thông tin vào hệ thống CSDL để có nguồn thông tin dữ liệu thị trường phong phú, góp phần làm minh bạch thông tin và giúp các cơ quan quản lý nhà nước nắm bắt được thông tin thị trường kịp thời, chính xác.

Bổ sung, tăng cường đào tạo, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực tại đơn vị quản lý vận hành cũng như tại các Sở Xây dựng địa phương và các bộ chuyên ngành để tham gia quản lý vận hành, cập nhật thông tin và khai thác sử dụng dữ liệu từ hệ thống từ đó

góp phần nâng cao chất lượng công tác quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

### KẾT LUẬN

Việc xác định được các yếu tố tác động và mức độ tác động của các yếu tố này đến quá trình quản lý vận hành hệ thống định mức và giá xây dựng sẽ giúp cho các chủ thể có liên quan đến quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình có cái nhìn thực tiễn và khoa học nhằm hoàn thiện hệ thống CSDL có tính chất rất phức tạp này, nhằm thuận tiện cho việc quản lý hệ thống thông tin CSDL về chi phí đầu tư xây dựng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Quyết định số 2038/QĐ-TTg ngày 18/12/2017 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án hoàn thiện hệ thống định mức và giá xây dựng.
- Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.
- Quyết định số 1004/QĐ-BXD ngày 31/7/2020 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng về việc phê duyệt "Kế hoạch chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020 - 2025, định hướng đến năm 2030".
- Quyết định số 737/QĐ-BXD ngày 05/9/2022 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng về việc ban hành Quy chế quản lý, vận hành, cung cấp thông tin, khai thác, sử dụng hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng.
- Các văn bản: số 1209/BXD-KTXD ngày 30/3/2023; số 1697/BXD-KTXD ngày 04/5/2023; số 2235/BXD-KTXD ngày 01/6/2023 của Bộ Xây dựng về việc cập nhật thông tin dữ liệu vào hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức và giá xây dựng.
- Báo cáo hoàn thành dự án tăng cường năng lực trong phát triển các công cụ quản lý nhà nước đối với dự án đầu tư xây dựng của Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản JICA.
- Báo cáo số 49/KTXD-TTTV ngày 30/01/2024 của Cục Kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng.



# XI MĂNG CẨM PHẢ

## CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN



### CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG CẨM PHẢ

-  (+84-203) 3 721995
-  (+84-203) 3 721996
-  (+84-203) 3 714605

 Km6, Quốc lộ 18A, P. Cẩm Thạch,  
TP. Cẩm Phả, Tỉnh Quảng Ninh

### CHI NHÁNH PHÍA NAM

-  (+84-254) 3899 630
-  (+84-254) 3899 629

 Khu công nghiệp Mỹ Xuân A,  
P. Mỹ Xuân, Thị xã Phú Mỹ,  
Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu



SẮP KHAI TRƯƠNG  
**TÒA NHÀ  
PARK HILLS  
PALACE**

**ĐỊA ĐIỂM  
KINH DOANH**

*lý tưởng*

NGAY TRUNG TÂM

**QUẬN GÒ VẤP**

TP. HỒ CHÍ MINH



[www.cityland.com.vn](http://www.cityland.com.vn)



**1900 56 56 33**

**CÔNG TY TNHH ĐẦU TƯ ĐỊA ỐC THÀNH PHỐ**

CityLand Tower - 168 Phan Văn Trị, P. 5, Q. Gò Vấp, TP. Hồ Chí Minh