

03-2024

NĂM THỨ 63

ISSN 2734-9888

# XÂY DỰNG

tapchixaydung.vn

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

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





**A-GROUP**  
Design & Build

## TƯ VẤN - THIẾT KẾ - XÂY DỰNG

**VĂN PHÒNG :** - TP. HCM: 524 Lý Thường Kiệt, Phường 7, Quận Tân Bình  
- TP. Rach Giá: P31-19, Tôn Đức Thắng, KĐT Phú Cường, Phường An Hoà  
- TP. Phú Quốc: Số 291A, Đường 30/04, Phường Dương Đông



**HOTLINE : 0931 2222 81 - 0946 2222 81 - 0947 2222 81**



# 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 Thu**  
**GS.TS Phan Quang Minh**  
**GS.TS.KTS Doãn 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 TRƯNG, HÀ NỘI**  
**Ban biên tập** (tiếp nhận bài): 024.39740744  
**Email:** banbientapxcd.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:** Việc áp dụng BIM làm rút ngắn thời gian và nâng cao chất lượng công tác thiết kế, thi công xây dựng và quản lý dự án đầu tư xây dựng. (Nguồn ảnh: Internet)

**Giá 55.000 đồng**

## QUẢN LÝ NGÀNH

- THANH NGA **4** Áp dụng BIM - rút ngắn thời gian và nâng chất lượng dự án  
CAO THANH **8** Triển vọng áp dụng BIM trong quản lý khối lượng và chi phí giai đoạn đấu thầu, thi công  
TẦN HƯNG **12** Sẽ có định mức chi phí áp dụng BIM cho từng công việc cụ thể

## TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

- PGS.TS.KTS HOÀNG VĨNH HƯNG **14** Tích hợp quản lý rủi ro lũ lụt với quy hoạch sử dụng đất  
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG **18** Nâng cao hiệu quả xây mới, cải tạo hệ thống vườn hoa - công viên nội đô

## TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

- KỶ ANH (THỰC HIỆN) **22** TS Trần Bá Việt: Công nghệ xanh UHPC & những thách thức từ thực tiễn

## GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

- NGUYỄN HOÀNG LINH **28** Chuyện về chung cư Xanh - Sạch - Rẻ - An!  
TS LÝ VĂN VINH **30** Đánh thuế nhà thứ 2 - góc nhìn từ Hoa Kỳ

## GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

- AN NHIÊN **32** Ứng dụng Dynamo và Revit trong mô hình thông tin xây dựng

## NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- THS BÙI HỒNG MINH **33** Các yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng  
THS PHẠM TRI THỨC, PGS. TS PHAN HUY ĐÔNG, THS LÊ THỊ HỒNG LĨNH **37** Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong TP Hà Nội - các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM  
ASSOC.PROF.DR NGUYEN THI NGOC DUNG, ASSOC. PROF.DR TRAN VIET NGA, DR PHAM VAN DOANH **42** Sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị bằng công nghệ xử lý theo mẻ SBR  
TS TRẦN QUỐC BẢO **46** Định hướng phát triển kiến trúc nhà ở dân tộc Thái vùng Tây Bắc phục vụ du lịch cộng đồng  
TS PHẠM VĂN ĐẠT **52** Phân tích độ tin cậy của kết cấu dàn dựa trên phương pháp tuyến tính hóa  
PGS.TS NGUYỄN THANH SANG, NGÔ VĂN TÌNH **56** Tổng quan về ứng dụng cốt liệu tái chế và bê tông cốt liệu tái chế trong xây dựng  
VÕ VĂN THẢO, LÊ ĐỨC HIỂN, PHAN TÔ ANH VŨ **62** Nghiên cứu tính chất kỹ thuật của vữa ba thành phần chất kết dính gồm xi măng, tro bay và tro bã mía  
NGUYỄN VĂN GIANG, BÙI ĐÌNH THẮNG **68** Tạo lập lưu trữ hồ sơ QLCL công trình tại Công ty CP TVXD công trình 979 giai đoạn 2023-2030 bằng số hóa  
TS LÊ HẢI DƯƠNG, THS TRẦN VĂN CƯỜNG, PGS.TS NGUYỄN TRÍ TÁ, THS ĐÌNH QUANG TRUNG, TS NGUYỄN XUÂN BÀNG, TRẦN HOÀNG TUẤN **72** Nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông san hồ  
**78** Các nhân tố ảnh hưởng đến khai thác hiệu quả cần trục tháp trong thi công xây dựng  
TS TRẦN VIỆT TÂM **82** Khảo sát sự thay đổi về kết cấu khung và móng cọc nhà BTCT theo hai tiêu chuẩn TCVN 2737-1995 và TCVN 2737-2023  
TS NGUYỄN NGỌC THẮNG **88** Phân tích tính toán kết cấu dầm đỡ vách (dầm chuyển) bằng mô hình giàn ảo  
THS NGUYỄN TIẾN DŨNG **94** Nghiên cứu đánh giá sức chịu tải của sông Đào, tỉnh Nam Định bằng mô hình Mike 11  
THS PHAN THU NGÂN **99** Truyền thông trong dự án xây dựng sử dụng công nghệ BIM  
TÔ THỊ HƯƠNG QUỲNH **104** Ứng dụng công nghệ số hóa các công trình kiến trúc có giá trị cần được giữ gìn, tôn tạo và bảo vệ tại TP Hải Phòng  
THS ĐỖ NGỌC BÍCH **109** Sự nguy hiểm cháy nổ khi sử dụng Hydrogen làm nguồn năng lượng thay thế nguồn năng lượng hoá thạch  
TS HOÀNG HIẾU NGHĨA **112** Phương pháp phân tích phi tuyến kết cấu khung thép  
TIEN NAM NGU-YEN, THI KHANH VAN HOANG, NGUYEN THI TUYET DUNG, QUANG LINH BUI **119** Sử dụng phương pháp SAW khi lựa chọn gạch xây tường  
TS NGUYỄN CÔNG GIANG **124** Nghiên cứu công nghệ thi công ga tàu điện ngầm lắp ghép ứng dụng cho các nhà ga ngầm ở TP Hà Nội

**INDUSTRY MANAGEMENT**

- THANH NGA **4** Apply BIM - shorten time and improve project quality  
 CAO THANH **8** Prospects for applying BIM in volume and cost management during bidding and construction stages  
 TAN HUNG **12** There will be cost norms for applying BIM for each specific job

**FROM POLICY TO LIFE**

- HOANG VINH HUNG **14** Integrate flood risk management with land use planning  
 PHAM HOANG PHUONG **18** Improve the efficiency of new construction and renovation of flower gardens and inner-city parks

**TALK WITH EXPERTS**

- KY ANH **22** Dr. Tran Ba Viet: UHPC green technology & challenges from practice

**PERSPECTIVE TO PRACTICAL**

- NGUYEN HOANG LINH **28** The story about Green - Clean - Cheap - Safe apartments!  
 LY VAN VINH **30** Taxing a second home - a perspective from the United States of America

**ABOUT NEW BOOK**

- AN NHIEU **32** Application of Dynamo and Revit in building information modeling

**SCIENTIFIC RESEARCH**

- BUI HONG MINH **33** Factors affecting the state management of Construction investment costs  
 PHAM TRI THUC, PHAN HUY DONG, LE THI HONG LINH **37** Study on the production of artificial sand from non-hazardous dredged sludge in Hanoi City- factors affecting strength of material GFM  
 NGUYEN THI NGOC DUNG, TRAN VIET NGA, PHAM VAN DOANH, TRAN QUOC BAO **42** Using aerobic granular sludge to treat urban wastewater on SBR technology  
 PHAM VAN DAT **46** Orientation for the architectural development of Thai ethnic housing in the northwest region to serve community tourism  
 NGUYEN THANH SANG, NGO VAN TINH **52** Reliability analysis of trusses structural using the first order reliability method  
 VO VAN THAO, LE DUC HIEN, PHAN TO ANH VU **56** Review on the application of recycled aggregates and recycled aggregates concrete in construction  
 NGUYEN VAN GIANG, BUI DINH THANG **62** Study on engineering properties of mortar containing a ternary binder, including cement, fly ash, and sugar cane bagasse ash  
 LE HAI DUONG, TRAN VAN CUONG, NGUYEN TRI TA, DINH QUANG TRUNG, NGUYEN XUAN BANG **68** Creating storage of construction quality management records at construction consulting joint stock company 979 - 2023:2030 by digitization  
 TRAN HOANG TUAN, TRAN VIET TAM **72** Design of coral concrete mixtures  
 NGUYEN NGOC THANG **78** Factors affecting efficient Tower crane operation in construction  
 NGUYEN TIEN DUNG **82** Investigation of changes in design of frame structures and pile foundation of reinforced concrete buildings according to two design standards TCVN 2737-1995 and TCVN 2737-2023  
 PHAN THU NGAN **88** Analysis and design of retaining wall support (transfer beam) using strut-and-tie Model  
 TO THI HUONG QUYNH **94** Research to assess the bearing capacity of Dao River, Nam Dinh province using Mike 11 model  
 DO NGOC BICH **99** Communication in Construction Projects using BIM  
 HOANG HIEU NGHIA **104** Applying technology to digitalize valuable architectural buildings that need to be preserved, employed and protected in Hai Phong City  
 TIEN NAM NGUYEN, THI KHANH VAN HOANG, NGUYEN THI TUYET DUNG, QUANG LINH BUI **109** The danger of fire and explosion when using Hydrogen as an energy source to replace fossil energy sources  
 NGUYEN CONG GIANG **112** Nonlinear analysis method of steel frame structure  
 NGUYEN THI TUYET DUNG, QUANG LINH BUI **119** The implementation of simple additive weighting method in choosing wall bricks  
 NGUYEN CONG GIANG **124** Research on assembled subway station construction technology for underground stations in Hanoi City

**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:** banbientaptxcd.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

# Áp dụng BIM - rút ngắn thời gian và nâng chất lượng dự án



**THANH NGÀ**

Việc áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trên thế giới và tại Việt Nam đã mang lại những lợi ích, hiệu quả rõ rệt. Rút ngắn thời gian và nâng cao chất lượng công tác thiết kế, thi công xây dựng và quản lý dự án đầu tư xây dựng...

## KHÁI NIỆM, CƠ SỞ PHÁP LÝ CHO LỘ TRÌNH ÁP DỤNG BIM

Theo Quyết định số 1057/QĐ-BXD ngày 11/10/2017 của Bộ Xây dựng công bố hướng dẫn tạm thời áp dụng BIM trong giai đoạn thí điểm, trên thế giới có nhiều định nghĩa khác nhau về BIM; Tuy nhiên, một cách chung nhất có thể hiểu BIM là tiến trình tạo dựng và sử dụng mô hình thông tin kỹ thuật số cho các công tác từ thiết kế, thi công, đến quản lý vận hành công trình.

Việc áp dụng quy trình BIM sẽ cho phép thông tin và dữ liệu được sản xuất dưới dạng số, tạo điều kiện thuận lợi cho sự trao đổi, hợp tác giữa các bên tham gia theo hướng có sự tương tác, tác động qua lại, trong khi chủ đầu tư/BQLDA ra quyết định; còn tư vấn thiết kế và nhà thầu xây dựng tạo lập, cập nhật và khai thác.

Theo Viện Kinh tế xây dựng (Bộ Xây dựng), từ kết quả tổng kết thực hiện “Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình trong hoạt động xây dựng (BIM)” (Đề án đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 2500/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 và kết thúc vào năm 2021) và kết quả theo dõi, đánh giá việc áp dụng BIM trong giai đoạn vừa qua cho thấy, áp dụng BIM trong quá trình lập báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế, thi công xây dựng, quản lý chất lượng, quản lý dự án, quản lý khai thác vận hành công trình đã mang lại những lợi ích, hiệu quả rõ rệt.

Trong đó, việc áp dụng BIM đã góp phần rút ngắn thời gian và nâng cao chất lượng của công tác thiết kế, thi công xây dựng và quản lý dự án đầu tư xây dựng, như: Giảm thiểu việc sửa chữa, điều chỉnh thiết kế kéo theo tiết kiệm đáng kể chi phí vật tư, vật liệu, nhân công lao động, xe máy thi công và góp phần giảm chi phí của dự án (mức tiết kiệm chi phí của dự án - chi phí quy đổi đến 12% chi phí xây dựng của dự

án); Rút ngắn thời gian lập báo cáo nghiên cứu khả thi (mức độ giảm khoảng từ 17 - 22% thời gian lập báo cáo nghiên cứu khả thi); Rút ngắn thời gian thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở (mức độ giảm từ 15 - 35% thời gian thiết kế; Giảm yêu cầu sửa đổi do sự không phù hợp của thiết kế); Rút ngắn thời gian thi công xây dựng (từ 12 - 15% so với tiến độ được duyệt).

Bên cạnh đó, quá trình trao đổi thông tin trong thực hiện dự án được thuận lợi do việc áp dụng BIM đã thiết lập được môi trường làm việc chung, làm việc trên môi trường số, đã và đang trở thành một trong những điều kiện quan trọng quyết định sự thành công của việc chuyển đổi số ngành Xây dựng.

## KINH NGHIỆM MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI

Theo nghiên cứu của Viện Kinh tế xây dựng, trên thế giới, BIM là cuộc cách mạng trong thời đại công nghệ thông tin, nhận được sự quan tâm sâu rộng của nhiều Chính phủ, nhà nghiên cứu và những người hoạt động trong ngành Xây dựng. Bắc Mỹ, Bắc Âu, Vương quốc Anh và các quốc gia phát triển khác đã bắt đầu xây dựng kế hoạch và môi trường thúc đẩy công nghệ BIM từ những năm đầu thế kỷ 21. Sau khoảng 2 thập kỷ phát triển, áp dụng công nghệ BIM đã đạt được những kết quả đáng kể.

Theo báo cáo của Công ty nghiên cứu thị trường nổi tiếng thế giới “Research and Market” công bố vào tháng 01/2023, quy mô thị trường BIM toàn cầu năm 2022 là khoảng 6,6 tỷ USD và sẽ tăng lên 22,1 tỷ USD vào năm 2030. Tốc độ tăng trưởng hàng năm được dự đoán là 17,4% trong vòng 8 năm tới.

Dựa trên việc ứng dụng rộng rãi công nghệ BIM trong các dự án xây dựng cơ sở hạ tầng và công nghiệp trọng điểm, khu vực châu Á - Thái Bình Dương có thể trở thành thị trường khu



*Dự án Trần Quốc Hoàn nối vào nhà ga T3 sân bay Tân Sơn Nhất được áp dụng BIM.*

vực BIM lớn nhất và phát triển nhanh nhất thế giới trong vài năm tới. Các ngành kinh doanh và xây dựng cơ sở hạ tầng tiếp tục là đối tượng áp dụng BIM chính trong tương lai và sẽ chiếm khoảng 60 - 70% thị trường toàn cầu vào năm 2022 - 2025.

Kinh nghiệm của một số nước và vùng lãnh thổ trên thế giới như: Singapore, Malaysia, Trung Quốc, Hongkong, Anh, Đức, Brazil... việc áp dụng BIM được ban hành dưới hình thức văn bản (Nghị định, Quyết định hoặc Thông tư) của Chính phủ; và triển khai áp dụng BIM theo một Lộ trình nhất định, trong đó gắn với các quy định bắt buộc áp dụng đối với các dự án sử dụng vốn đầu tư công, mức độ áp dụng BIM từng bước từ dự án, công trình có quy mô lớn, kỹ thuật phức tạp đến dự án, công trình có quy mô nhỏ, kỹ thuật đơn giản tương ứng với các khoảng thời gian nhất định.

Tại Singapore, lộ trình áp dụng BIM đã được ban hành vào năm 2010 với mục tiêu 80% ngành Xây dựng sẽ áp dụng BIM vào năm 2015 nhằm góp phần thúc đẩy nâng cao năng suất của ngành Xây dựng lên 25% cho đến năm 2020, để đạt được mục tiêu, Singapore đã thực hiện: Tạo nguồn tài chính và nhân lực để đào tạo chuyên môn về BIM thông qua các Viện nghiên cứu, trường đại học, học viện và các đơn vị tư vấn BIM, tổ chức đưa BIM vào các chương trình học; Xây dựng và công bố nhiều tiêu chuẩn, tài liệu hướng dẫn áp dụng BIM.

Ngoài hướng dẫn chung, còn có các hướng dẫn áp dụng BIM chi tiết cho từng đối tượng (thiết kế kiến trúc, kết cấu, MEP, phân tích năng lượng, nhà thầu thi công...) hoặc áp dụng BIM cho chế tạo sẵn, quản lý tài sản.

Thực hiện thí điểm áp dụng BIM trong các công trình xây dựng, trong đó có hỗ trợ về chi phí đào tạo, tư vấn, phần mềm và phần cứng cho các đối tượng thụ hưởng (tối đa 70.000 SGD cho mỗi công ty).

Từ năm 2013, quy định bắt buộc áp dụng BIM trong thiết kế kiến trúc công trình đối với các dự án có quy mô diện tích sàn xây dựng trên 20.000 m<sup>2</sup>. Từ năm 2014, quy định bắt buộc áp dụng BIM trong thiết kế kiến trúc, thiết kế cơ điện, cấp thoát nước công trình đối với các dự án có quy mô diện tích sàn xây dựng trên 20.000 m<sup>2</sup>. Từ năm 2015, quy định bắt buộc áp dụng BIM trong thiết kế kiến trúc, thiết kế cơ điện, cấp thoát nước công trình đối với các dự án có quy mô diện tích sàn xây dựng trên 5.000 m<sup>2</sup>.

Năm 2014, Lộ trình áp dụng BIM cập nhật được ban hành tại Singapore, áp dụng ở cấp độ cao hơn: Giai đoạn 2015 - 2017 thực hiện chương trình thiết kế và xây dựng ảo; giai đoạn từ 2017 triển khai tích hợp số trong xây dựng nhằm thúc đẩy chuyển đổi số ngành Xây dựng.

Tại Trung Quốc, để thúc đẩy ứng dụng mô hình thông tin công trình, Trung Quốc đã đưa nội dung ứng dụng BIM vào kế hoạch 5 năm lần thứ 12 (2011 - 2015) bằng việc ban hành "Đề cương phát triển thông tin hóa ngành Xây dựng 2011 - 2015". Việc ứng dụng mô hình thông tin công trình BIM trong các dự án tiếp tục được thúc đẩy trong kế hoạch "5 năm lần thứ XIII" (2016 - 2020), kế hoạch "5 năm lần thứ XIV" (2021 - 2025).

Các công việc được triển khai áp dụng BIM bao gồm: Xây dựng khung chính sách áp dụng mô hình thông tin công trình trong hoạt động xây dựng; Nghiên cứu, xây dựng các tiêu chuẩn ứng dụng mô hình thông tin công trình trong hoạt động xây dựng, bao gồm 5 tiêu chuẩn: "Tiêu chuẩn thống nhất để áp dụng mô hình thông tin kỹ thuật xây dựng" GB51212T-2016; "Tiêu chuẩn phân loại và mã hóa cho mô hình thông tin xây dựng" GB/T51269-2017; "Tiêu chuẩn ứng dụng xây dựng công trình Mô hình thông tin" GB/T51235- 2017; "Tiêu chuẩn thiết kế

và cung cấp mô hình thông tin xây dựng" GB/T51301-2018; "Tiêu chuẩn ứng dụng mô hình thông tin thiết kế kỹ thuật sản xuất công nghiệp" GB/T51362-2019; Nghiên cứu và tự chủ phát triển phần mềm BIM, hướng dẫn và đào tạo các doanh nghiệp và chuyên gia nòng cốt phát triển phần mềm BIM để đảm bảo an toàn thông tin; Xây dựng hệ thống phân loại, tiêu chuẩn hóa các bộ phận, công tác; Xây dựng cơ sở dữ liệu chung, thiết lập nền tảng dịch vụ đám mây BIM; Ứng dụng BIM trong việc xem xét và phê duyệt dự án.

Tại Hongkong (Trung Quốc), vào năm 2017, Cục Phát triển công trình đã ban hành Thông tư số 07/2017 về việc áp dụng BIM cho các công trình tại Hongkong, đưa ra các quy định đối với việc áp dụng BIM tại các dự án của Chính phủ có tổng mức đầu tư trên 30 triệu USD Hongkong (khoảng 88 tỷ đồng) với mục đích "tăng cường thiết kế, thi công, quản lý dự án, quản lý tài sản và nâng cao năng suất chung của ngành Xây dựng". Thông tư đã xác định 20 nội dung áp dụng BIM, trong đó có 8 nội dung áp dụng BIM bắt buộc trong giai đoạn thiết kế hoặc thi công.

Tại Vương quốc Anh, để đạt được mục tiêu tất cả các dự án công đều phải áp dụng mô hình thông tin công trình mức độ 2 vào năm 2016 và chi phí quy đổi thực hiện các dự án công sẽ được tiết kiệm lên tới 20%, Chính phủ Anh đã ban hành Chiến lược Xây dựng, trong đó có lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình vào năm 2011. Đến năm 2020, việc mục tiêu áp dụng mô hình thông tin công trình đối với các dự án công tại Anh đã thành công, Chính phủ Anh đang triển khai tầm nhìn tiếp theo cho việc áp dụng BIM, đó là song sinh số (digital twin), đây là cơ sở để tích hợp các giải pháp công nghệ số khác như IoT, quét laser vào BIM, qua đó khai thác tối đa hiệu quả của BIM.

Tại CHLB Đức, để thúc đẩy và đưa BIM trở thành tiêu chuẩn cho những dự án đầu tư xây dựng công trình hạ tầng kỹ thuật mới, từ năm 2020, Chính phủ Đức đã ban hành lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình bao gồm 3 giai đoạn: Giai đoạn 1 (2015 - 2017), hoàn thiện khung khổ pháp lý, thí điểm áp dụng mô hình thông tin công trình vào một số dự án đầu tư xây dựng; Giai đoạn 2 (2017 - 2020), xây dựng các tiêu chuẩn, tài liệu hướng dẫn, cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin, môi trường dữ liệu chung và tiếp tục áp dụng thí điểm áp dụng mô hình thông tin công trình vào một số dự án đầu tư xây dựng; Giai đoạn 3 (từ năm 2020 trở đi), bắt buộc áp dụng mô hình thông tin công trình đối với các dự án có giá trị hơn 100 triệu Euro và các dự án đầu tư công xây dựng các công trình cơ sở hạ tầng...

### HIỆU QUẢ ÁP DỤNG BIM TẠI MỘT SỐ DỰ ÁN THÍ ĐIỂM

Tại Việt Nam, trước khi đi đến Lộ trình áp dụng BIM bắt buộc theo Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023, đã có không ít dự án thí điểm hoặc đi đầu áp dụng BIM thành công. Có thể kể đến cầu Cửa Đại (Quảng Ngãi) là một trong số 20 dự án thí điểm áp dụng BIM theo Quyết định số 362/QĐ-BXD.

Theo đó, cầu Cửa Đại triển khai sử dụng mô hình BIM để phối hợp các bộ môn thiết kế, sử dụng Môi trường dữ liệu chung (CDE) để lưu trữ và trao đổi thông tin mang lại lợi ích

*Lộ trình BIM tại Việt Nam có thể chia làm 3 giai đoạn: Giai đoạn 1 là giai đoạn thí điểm áp dụng BIM, bắt đầu từ năm 2016 theo Quyết định 2500/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 phê duyệt "Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình"; Giai đoạn 2 là giai đoạn khuyến khích áp dụng BIM, bắt đầu năm 2021 theo Nghị định 15/2021/NĐ-CP ngày 03/3/2021 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng; Giai đoạn 3 là giai đoạn bắt buộc áp dụng BIM từ ngày ban hành và có hiệu lực thi hành Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ về phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng...*

trong quá trình thi công xây dựng. Kết quả, dự án được đánh giá là giảm thiểu sai sót trong thiết kế, tiết kiệm khoảng 20% thời gian tính, kiểm tra khối lượng, rút ngắn thời gian thi công phần cấu trúc chính khoảng 2 tháng.

Một dẫn chứng khác là tuyến đường tạo lực Mỹ Phước - Bàu Bàng (đoạn từ đường 7B đến KCN Bàu Bàng, tỉnh Bình Dương) do Tổng công ty Đầu tư và phát triển công nghiệp (Becamex IDC) triển khai thí điểm áp dụng BIM trong giai đoạn thiết kế và thi công, giúp nâng cao hiệu quả trong phối hợp, kiểm soát tốt chất lượng thiết kế, đặc biệt là vị trí và cao độ của hệ thống hố ga, cống dọc và cống ngang trên tuyến...

Sau đó, nhiều dự án giao thông trọng điểm, quy mô phức tạp của đã triển khai áp dụng BIM như: Dự án tuyến tàu điện ngầm (metro) số 2 (Bến Thành - Tham Lương); nút giao thông An Phú; đường Trần Quốc Hoàn nối vào nhà ga T2 sân bay Tân Sơn Nhất; sân bay Quốc tế Long Thành; đường Vành đai 3 TP.HCM; cao tốc QL56 - Vũng Tàu... Các dự án này đã và đang áp dụng BIM từ giai đoạn thiết kế đến triển khai thi công chủ yếu ứng dụng xây dựng mô hình hiện trạng một số vị trí đặc biệt như nút giao; triển khai, kiểm soát thiết kế trực tiếp từ mô hình BIM 3D; kiểm tra và xử lý xung đột; kiểm soát khối lượng bằng mô hình BIM...

Tại dự án tuyến tàu điện ngầm (metro) số 2 Bến Thành - Tham Lương triển khai áp dụng BIM trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công và thi công. Dự án có rất nhiều hạng mục, hệ thống hạ tầng hiện hữu dày đặc, phạm vi tái lập bị hạn chế như tuyến Metro 2.

Việc áp dụng BIM đã nâng cao được chất lượng hồ sơ thiết kế, đẩy nhanh tiến độ của dự án, phát hiện và xử lý các giao cắt, sự cố tiềm ẩn trước khi thi công mà nếu như thiết kế theo cách truyền thống rất khó để đạt được. Đồng thời, việc áp dụng BIM vào gói thầu còn là nguồn dữ liệu, cơ sở để triển khai áp dụng BIM cho các giai đoạn tiếp theo của dự án đạt được hiệu quả tốt nhất đặc biệt là giai đoạn quản lý vận hành công trình.



*Việc áp dụng BIM đã nâng cao được chất lượng hồ sơ thiết kế, đẩy nhanh tiến độ của dự án, phát hiện và xử lý các giao cắt, sự cố tiềm ẩn trước khi thi công mà nếu như thiết kế theo cách truyền thống rất khó để đạt được.*

Dự án Vành đai 3 TP.HCM triển khai áp dụng BIM trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công và thi công nhằm mục tiêu tối ưu hóa thiết kế, hạn chế sai sót, xung đột tại các vị trí có tính chất phức tạp cao đồng thời giúp đẩy nhanh tiến độ thực hiện của dự án, giảm thiểu các chi phí phát sinh do phải cập nhật, điều chỉnh thiết kế, xử lý các sự cố khi thi công.

Dự án được mô hình hóa với mức độ chi tiết cao khi thực hiện phối hợp trên nền tảng Môi trường dữ liệu chung (CDE), kiểm tra và xử lý xung đột làm cơ sở để trích xuất một số khối lượng chính trực tiếp trên mô hình thể hiện trong hồ sơ thiết kế.

Trong quá trình áp dụng BIM vào các dự án, một số thách thức và hạn chế đã được nhận diện, bao gồm: Sự không đồng đều về năng lực áp dụng BIM giữa các đơn vị tham gia, sự chênh lệch này tạo ra những rào cản đáng kể đối với việc triển khai và tích hợp BIM một cách hiệu quả trong các dự án; cơ sở vật chất và trang thiết bị kỹ thuật còn thiếu và không đáp ứng được yêu cầu, gây khó khăn trong việc phối hợp và làm việc một cách nhịp nhàng với các bên liên quan; việc nhiều đơn vị chưa xây dựng được quy trình làm việc chi tiết và cụ thể cho từng công việc trong dự án khi tích hợp BIM, làm giảm hiệu quả quản lý và triển khai dự án; sự thiếu hụt của định mức chi tiết cho việc áp dụng BIM đối với từng công việc, cũng như thiếu vắng một bộ hướng dẫn BIM chi tiết dành riêng cho công trình giao thông, cũng là những rào cản không nhỏ...

Những khó khăn này yêu cầu một nỗ lực đồng bộ từ tất cả các bên liên quan trong việc nâng cao năng lực, cập nhật cơ sở vật chất và phát triển các quy trình làm việc tiêu chuẩn hóa, cũng như thiết lập các định mức và hướng dẫn cụ thể cho việc áp dụng BIM, nhằm không chỉ giúp giải quyết các vấn đề hiện tại, mà còn đóng góp vào việc tạo ra một môi

trường làm việc hiệu quả, tối ưu và bền vững cho các dự án xây dựng trong tương lai...

Hiện nay, TP.HCM là địa phương đi đầu trong cả nước thực hiện việc áp dụng BIM vào các công trình giao thông và hạ tầng từ khâu thiết kế đến thi công như: Metro 2; nút giao thông An Phú; đường Trần Quốc Hoàn nối với nhà ga T3 sân bay Tân Sơn Nhất; cải tạo rạch Xuyên Tâm; Vành đai 3; Vành đai 2...

Trong đó, dự án Nạo vét, cải tạo môi trường, xây dựng hạ tầng rạch Xuyên Tâm là dự án cấp 1 đầu tiên tại TP.HCM thuộc diện bắt buộc áp dụng BIM theo Quyết định số 258/QĐ-TTg.

Dự án bắt đầu từ kênh Nhiều Lọc - Thị Nghè đến sông Vàm Thuật, quận Bình Thạnh và quận Gò Vấp, TP.HCM, do BQLDA Đầu tư xây dựng hạ tầng đô thị làm chủ đầu tư. Tổng đầu tư cho dự án lên tới 9.665 tỷ đồng, sử dụng ngân sách của thành phố.

Dự án có hạ tầng ngầm hiện trạng vô cùng phức tạp với rất nhiều đường ống cấp nước, thoát nước, cấp điện, thông tin liên lạc đan xen lẫn nhau và thuộc hàng nhiều đơn vị quản lý, sở hữu khác nhau mà việc di dời, làm mới cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa chủ đầu tư dự án và các đơn vị quản lý, sở hữu các công trình ngầm này cũng như với chính quyền địa phương do liên quan đến công tác tạm dừng việc cung cấp các dịch vụ thiết yếu như điện, nước, thông tin liên lạc.

Theo ông Trần Văn Tâm - Giám đốc Công ty CP Ideco Việt Nam, đơn vị tư vấn BIM cho dự án, việc áp dụng BIM cho toàn bộ quá trình thực hiện dự án giúp cho quá trình thiết kế, giám sát, quản lý dự án và thi công đạt hiệu quả về tiến độ và chất lượng công trình. Ngoài ra, ứng dụng BIM còn giúp cho việc vận hành dự án sau này được dễ dàng thuận lợi trong công tác quản lý, duy tu và bảo dưỡng.❖

# Triển vọng áp dụng BIM trong quản lý khối lượng và chi phí giai đoạn đấu thầu, thi công

> CAO THANH

BIM được thiết lập nền tảng ngay từ giai đoạn thiết kế, từ đó giúp chủ đầu tư quản lý khối lượng và chi phí từ giai đoạn đấu thầu, thi công...

## QUẢN LÝ KHỐI LƯỢNG VÀ CHI PHÍ Ở GIAI ĐOẠN ĐẤU THẦU

Theo quy định tại điểm c, điểm d và điểm đ khoản 3 Điều 1 Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023, đối với các dự án, công trình xây dựng bắt buộc áp dụng BIM, tệp tin BIM là một thành phần trong hồ sơ thiết kế xây dựng, hồ sơ hoàn thành công trình. Chủ đầu tư hoặc đơn vị chuẩn bị đấu tư có trách nhiệm cung cấp tệp tin BIM cùng với loại hồ sơ khác theo quy định khi thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi, thẩm định thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, xin cấp phép xây dựng và nghiệm thu công trình.

Đối với các công trình thuộc dự án đấu tư xây dựng mới sử dụng vốn khác, chủ đầu tư cung cấp tệp tin BIM khi thực hiện thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, xin cấp phép xây dựng, nghiệm thu đối với công trình cấp I, cấp đặc biệt từ năm 2024; và từ năm 2026 đối với công trình cấp II trở lên.

Điểm đáng chú ý, điểm đ khoản 3 Điều 1 Quyết định số 258/QĐ-TTg quy định rõ: "Nội dung áp dụng và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư dự án quyết định".

Nói cách khác, việc áp dụng BIM được thực hiện từ giai đoạn lập Báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công, triển khai thi công và hoàn công. Do đó, việc áp dụng BIM đã được thiết lập nền tảng ở giai đoạn thiết kế, từ đó mới xuất khối lượng từ mô hình BIM và lập dự toán chi phí để thực hiện công tác đấu thầu xây lắp.

Theo đó, chủ đầu tư phải lập yêu cầu thông tin trao đổi (EIR), trong đó cần xác định mục tiêu và nội dung cần áp dụng BIM, những yêu cầu về phạm vi công việc và sản phẩm giao nộp, các nội dung yêu cầu về quản lý, công nghệ và năng lực của nhà thầu, dự toán chi phí áp dụng BIM... Từ đó, giúp nhà

thầu lập Pre-BEP và đấu thầu, đưa ra tỷ lệ giảm giá tốt nhất cho chủ đầu tư.

Có thể nói, quá trình áp dụng BIM trong giai đoạn đấu thầu, là bước đầu tiên thiết lập nền tảng tổ chức BIM trong giai đoạn thi công. Có thể so sánh như việc ban hành tiêu chuẩn để xây dựng nhà.

Vấn đề đặt ra là, chủ đầu tư cần lựa chọn đơn vị tư vấn BIM có năng lực để dựng được mô hình BIM phù hợp nhất với dự án và mong muốn của chủ đầu tư ngay từ khi nộp hồ sơ thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi. Đặc biệt, mô hình BIM sẽ được sử dụng để quản lý khối lượng giúp chủ đầu tư trong công tác đấu thầu.

Mô hình BIM sẽ là sản phẩm đi kèm với bản vẽ để phê duyệt, có giá trị pháp lý để chủ đầu tư quản lý khối lượng thi công. Mô hình BIM được phê duyệt là khung pháp lý rõ ràng nhất trong quá trình thi công, nếu có phát sinh, tư vấn thiết kế sẽ bổ sung thêm mô hình, điều chỉnh khối lượng. Khi hoàn công, nhà thầu thi công sẽ đối chiếu mô hình với bản thiết kế...

Có thể thấy, BIM phục vụ đấu thầu thi công xây dựng cũng giống như cách làm truyền thống, chỉ khác ở chỗ khi áp dụng BIM thì hồ sơ thiết kế, dự toán được chính xác, giải pháp thiết kế tối ưu hơn... Cho nên, việc tiếp cận hồ sơ của nhà thầu thi công cũng dễ dàng và dễ hiểu hơn; từ đó, giúp nhà thầu thi công đưa ra quyết định về giá và giải pháp thi công được chính xác, cạnh tranh hơn. Việc áp dụng BIM cũng giảm thiểu các rủi ro cho nhà thầu thi công trong giai đoạn thi công, do đó giúp nhà thầu thi công đưa ra giá đấu thầu cạnh tranh.

Trong thực tế, có ý kiến bày tỏ lo ngại khi có dự án được chủ đầu tư giao cho nhà thầu thi công làm thiết kế BIM, dẫn tới việc nhà thầu thi công nắm hết khối lượng lẫn mô hình, từ đó có thể dẫn tới trường hợp nhà thầu thi công bảo sao thì



*Bệnh viện Đa khoa Hồng Ngọc cơ sở Mỹ Đình là một trong số ít dự án xây dựng áp dụng triệt để mô hình BIM LOD400 (LOD - mức độ chi tiết thông tin trên mô hình BIM).*

chủ đầu tư biết vậy. Nhà thầu thi công “nắm luôn đằng chuôi” là kiểm soát khối lượng, được ví như việc “vừa đá bóng, vừa thổi còi”.

Tuy nhiên, theo quy định tại Quyết định số 258/QĐ-TTg, việc áp dụng BIM được thực hiện từ giai đoạn lập Báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công, triển khai thi công và hoàn công. Đồng thời, theo Phần 1 hướng dẫn chung tại Quyết định số 348/QĐ-BXD quy định, việc áp dụng BIM trong giai đoạn thiết kế có thể do tư vấn BIM hoặc tư vấn thiết kế thực hiện (lúc này 2 tư vấn này là một), trong giai đoạn thi công thì do tư vấn BIM hoặc nhà thầu thi công thực hiện. Mỗi một giai đoạn có một chức năng và phạm vi áp dụng riêng. Hơn nữa mục tiêu quan trọng của việc áp dụng BIM là minh bạch hóa khối lượng một cách chính xác. Do đó, đơn vị nào thực hiện BIM cũng đều tốt nếu họ có đủ khả năng và phạm vi áp dụng phù hợp.

Điểm cần lưu ý, với các dự án áp dụng BIM từ các bước thiết kế, nhưng đơn vị tư vấn BIM và tư vấn thiết kế là 2 đơn vị khác nhau, sẽ dẫn đến việc hình thành 2 hồ sơ thiết kế và khối lượng không hoàn toàn đồng nhất nhau: Một hồ sơ được trích xuất từ mô hình BIM (bản vẽ và khối lượng) do tư vấn BIM thực hiện; và một hồ sơ bản vẽ thiết kế truyền thống do tư vấn thiết kế thực hiện. Do vậy, việc lựa chọn số liệu, bản vẽ nào để đưa vào hồ sơ mời thầu có nhiều nơi còn lúng túng.

Có ý kiến chuyên gia khuyến nghị, trong giai đoạn thiết kế, việc tư vấn BIM nên giao cho đơn vị tư vấn thiết kế thực hiện, tránh việc “dẫm chân nhau” giữa 2 đơn vị...

## **QUẢN LÝ KHỐI LƯỢNG VÀ CHI PHÍ Ở GIAI ĐOẠN THI CÔNG**

Theo các chuyên gia, thực chất khi áp dụng BIM, việc quản

lý khối lượng đã có từ lúc thiết kế các giai đoạn. Tuy nhiên, không hẳn 3D BIM có thể xuất tất cả các đầu mục khối lượng như mong muốn. Đồng thời, khối lượng xuất ra tùy thuộc vào mức độ chi tiết của mô hình (LOD) và thông số được đưa vào mô hình, cũng như cách dựng hình của mỗi đơn vị, dẫn đến mức độ chính xác của khối lượng là khác nhau. Về mặt pháp lý, cũng chưa có quy định cụ thể nội dung này.

Ví dụ, ván khuôn nếu không được mô hình sẽ không tính toán được, các đơn vị sẽ dùng công thức để tính toán. Hoặc một số đối tượng dựng hình chồng lên nhau dẫn đến khối lượng sẽ bị trùng khớp một số vị trí dẫn đến khối lượng không đúng.

Về phương pháp cũng như định mức bóc tách khối lượng theo cách làm truyền thống hiện nay cũng không phù hợp với phần mềm BIM. Vì trên thị trường có rất nhiều phần mềm BIM được các doanh nghiệp sử dụng và cũng tùy vào những mục đích chính của mỗi đơn vị mà doanh nghiệp sẽ lựa chọn phần mềm BIM phù hợp.

Ví dụ, những đơn vị chuyên về dự toán sẽ chọn phần mềm Cubicost. Nhưng trên thực tế, các nhà thầu đang hướng đến mục đích dựng hình nhanh để phối hợp các bộ môn sẽ dùng Revit, Tekla, Archi-cad...

Cho nên, về lý thuyết, BIM tính toán khối lượng được, nhưng thực tế khối lượng từ mô hình BIM chỉ dùng để đối chiếu nhanh các hạng mục công tác chính theo  $m^3$ ,  $m^2$  chiếm tỷ trọng lớn, để kiểm soát khối lượng về mặt tổng thể hoặc để đặt mua hàng. Và BIM quản lý khối lượng, chi phí hiệu quả nhất đối với các đơn vị gia công sản xuất thực hiện quản lý khối lượng hao hụt, như các đơn vị nhà thép tiền chế dùng Tekla để làm mô hình kiểm soát hao hụt cắt thép tấm, gia công và đặt hàng chính xác như offshore.

*Trên thế giới xuất hiện các cấp độ BIM như: BIM 3D, BIM 4D, BIM 5D, BIM 6D, BIM 7D... Có thể hiểu, BIM 3D là mô hình 3D với kích thước 3 chiều dài, rộng, cao được dựng bằng các phần mềm đồ họa 3D, giúp trích xuất ra các sản phẩm thiết kế là các bản vẽ hình chiếu 2D với thông tin dữ liệu thống nhất; BIM 4D là khai thác thông tin từ mô hình 3D chuyển qua các ứng dụng khác để lập kế hoạch thi công, báo cáo, thống kê; BIM 5D là khai thác thông tin 3D, 4D để lập dự toán, thanh quyết toán nhanh chóng theo thời gian thực.*

*BIM 6D kết nối thông tin từ nhiều đối tác, tập hợp và quản lý một cách xuyên suốt theo chiều ngang lẫn chiều dọc của dự án; BIM 7D quản trị thời gian, quản trị nhân sự, quản trị khối lượng, quản trị các kế hoạch khác cho vòng đời của dự án...*

*Điểm đáng chú ý, BIM 3D, 4D hay BIM 5D... mang tính độc lập với nhau, sắp xếp theo thứ tự nhưng không có nghĩa là phải đáp ứng được BIM 4D mới chuyển sang BIM 5D hay 7D...*

*Về bản chất, từ BIM 4D trở lên chỉ là 3D + thông tin về một khía cạnh nội dung cụ thể, không phải đại diện cho 1 chiều hình học. Nên hiện nay, những thông tin được đa số chuyên gia trên thế giới chấp nhận chỉ có: 4D = 3D + TT thời gian; 5D = 3D + TT chi phí; 6D = 3D + TT quản lý cơ sở vật chất... Từ 7D trở lên, hiện chỉ có một số bên tự đặt ra và vẫn còn tranh cãi...*

Đối với những khối lượng nhỏ, phải thực hiện hybrid theo hướng, một số xuất từ BIM ( $m^3$ ,  $m^2$ ) nhưng cấu kiện có trong mô hình thì xuất theo mô hình; có những công tác không có trong mô hình phải nội suy hoặc đo vẽ thêm trên 2D.

Ví dụ công tác đào đất, vận chuyển đất dư ra khỏi công trình, dầm đất, hoặc những công tác phục vụ cho quá trình thi công khác, thường sẽ không được tính toán từ mô hình 3D.

Riêng đối với bê tông có thể tính toán được chính xác khối lượng nhưng khối lượng phải trừ các giao cắt với nhau. Và riêng thép thanh bên trong thì phải mô hình mới có được cụ thể. Tuy nhiên, thiết kế rebar và rebar detailing để sản xuất thì khác xa nhau về khối lượng (mức độ chi tiết khác nhau thì khối lượng cũng khác nhau).

Ví dụ, bên cạnh những thép chính theo thiết kế, việc dựng hình thép ra khối lượng cần phải tính toán những đoạn neo, nối, dựng thêm các thép cấu tạo phục vụ cho thi công như thép chân chó, thép C... Nên việc dựng hình rebar để tính khối lượng khả thi nhưng khá tốn nhiều công sức với sự hỗ trợ hiện có của các phần mềm hiện hữu. Vì thế vô tình tạo trở ngại về thời gian thực hiện so với việc bóc khối lượng bằng 2D. Tuy nhiên, không thể phủ nhận lợi ích lâu dài của việc dựng hình 3D tất cả các cấu kiện.

Phần hoàn thiện, các lớp tô trát muốn chính xác và dễ dàng cho việc quản lý cũng như giải trình thì phải dựng thành từng lớp như tường xây - chống thấm - ốp lát... thay vì dựng 1 tường bao gồm nhiều lớp cùng một lúc. Tuy những vị trí này chiếm tỷ lệ không nhiều nhưng phần nào làm cản trở trong quá trình giải trình khối lượng với đơn vị tư vấn.

Các dự án thí điểm đều cố gắng ra khối lượng để báo cáo chuẩn nhưng thực tế, việc tính toán khối lượng cần thực hiện bởi đội ngũ chuyên về khối lượng (team QS) (quantity surveyor). Tuy nhiên, các đội ngũ QS đã quen với việc sử dụng 2D để tính toán, thậm chí họ đã tự phát triển những form

mẫu dành riêng cho doanh nghiệp bằng các add-in trong Cad và Excel để thực hiện nhanh.

Trong khi đó, việc làm quen lại với phần mềm 3D và để trở nên thành thạo thì tốn quá nhiều thời gian, vô tình tạo nên trở ngại trong việc thay đổi cách tính khối lượng. Còn 3D take off được tạo ra từ một đội ngũ nhỏ chuyên về BIM nên khối lượng họ cung cấp chỉ ở mức tham khảo và đặt hàng...

Từ đó, đặt ra nhiều vấn đề đối với chủ đầu tư khi lựa chọn nhà thầu BIM bảo đảm quản lý khối lượng và chi phí một cách hiệu quả nhất.

Theo ông Nguyễn Khuê Trọng Luật - Trưởng phòng BIM Công ty CP Xây dựng Coteccons, nhà thầu dùng BIM được lựa chọn theo hồ sơ thầu không hẳn là đơn vị có khả năng làm BIM mạnh vì còn nhiều yếu tố chấm thầu khác nhau như kỹ thuật thi công và giá cả. Không lo ngại việc họ nắm hết khối lượng dự án vì bên cạnh họ luôn phải giải trình với tư vấn quản lý dự án và tư vấn quản lý khối lượng. BIM chỉ hỗ trợ cho công tác thi công được rõ ràng, chuyên nghiệp hơn nhưng không thể thay thế cho năng lực về kỹ thuật cũng như tài chính của một nhà thầu.

Trên thực tế, điểm kỹ thuật của BIM ở mỗi dự án chiếm tỷ trọng không lớn, cũng như chi phí thực hiện BIM ở các dự án cũng chiếm tỷ trọng nhỏ so với giá trị thực hiện của toàn dự án.

Trên lý thuyết, nếu áp dụng BIM Toots thì thi công chỉ thực thi đúng update và recorded tình hình thực tế thì công, và thiết kế thường làm không tới do tư tưởng để đơn vị thực hiện ở giai đoạn thì công xử lý, nên BIM dùng cho thi công thường vẫn phải dựng hình lại gây lãng phí nguồn lực và khai thác dữ liệu kém.

Cụ thể, ở bộ môn MEP trong việc đi tuyến ống theo thiết kế thường rất khác với việc đi tuyến ống ngoài thực tế. Phần lớn phải có đội phối hợp BIM cho riêng phần MEP ở công trường để phối hợp và đưa ra các giải pháp hợp lý.



Sau 1 năm thực hiện Lộ trình bắt buộc áp dụng BIM theo Quyết định số 258/QĐ-TTg, Bộ Xây dựng đang tiếp tục hoàn thiện việc tính toán, xác định và ban hành đầy đủ hệ thống công cụ, chỉ tiêu liên quan đến áp dụng BIM bảo đảm thống nhất trên phạm vi cả nước.

Ngoài ra, nếu việc quản lý nhà thầu về chi phí và tiến độ vẫn chưa làm tốt khi áp dụng 2D thì việc dùng BIM 3D cũng gặp khó khăn.

Cho nên, vấn đề cốt lõi là năng lực quản lý dự án phải đáp ứng. Vì công cụ BIM 3D góp phần hỗ trợ nhưng không quyết định được quy trình thực hiện của đơn vị thầu trở nên tốt hơn.

Tuy nhiên, không thể phủ nhận, các dự án hạ tầng sẽ có ưu thế hơn so với các dự án khác, vì các tính toán khối lượng của công trình hạ tầng sẽ không có nhiều chi tiết, lắt nhắt như nhà ở. Đặc biệt, đối với công trình giao thông thực hiện theo tuyến nên có độ chính xác hơn, các hạng mục cần phải tính toán cũng ít hơn. Phần mềm 3D hiện hữu cũng hỗ trợ hầu hết các công tác cần tính toán như phần mềm Civil 3D.

Từ thực tiễn áp dụng BIM cho các công trình xây dựng, các chuyên gia cho rằng, rất nhiều tư vấn thiết kế áp dụng BIM nhưng vẫn chưa tìm được cơ sở đánh giá chất lượng mô hình thỏa mãn yêu cầu của chủ đầu tư để lấy tiền làm BIM.

Ví dụ, có nhiều đơn vị yêu cầu BIM với mức độ chi tiết của mô hình (LOD) đến 400. Trong khi mô hình thiết kế cung cấp chỉ ở LOD200 đến LOD300. Việc chỉnh sửa mô hình từ giai đoạn thiết kế lên thành LOD350 cho giai đoạn thi công và LOD400 cho giai đoạn hoàn công tốn rất nhiều thời gian thậm chí phải dựng lại hoàn toàn dự án làm lãng phí nhân lực.

Theo các chuyên gia, BIM là ứng dụng tốt, hiện đại, mang lại lợi ích lớn nhưng có nhiều khâu cần phải chuẩn chỉ, có sự đánh giá chất lượng mô hình ở các khâu chuyển giao, và

người dùng cũng như người có quyền quyết định áp dụng BIM phải nâng cấp kiến thức phù hợp.

Riêng về các nội dung liên quan đến quản lý khối lượng, định mức trong các dự án đầu tư công bảo đảm hiệu quả nhất, chính xác nhất; các chuyên gia cho rằng, cần có thời gian để đánh giá và chuyển đổi hệ thống dự toán định mức của Việt Nam cho phù hợp với BIM take off (khối lượng xuất từ máy tính/phần mềm - theo kiểu châu Âu) hoặc có đơn vị viết chương trình chuyển đổi tương ứng.

Việc áp dụng BIM sẽ được áp dụng dần dần từ khuyến khích đến ràng buộc, từ yêu cầu thấp đến yêu cầu cao để các doanh nghiệp kịp thời thay đổi cũng như thực hiện các công tác chuẩn bị về đội ngũ nhân sự, máy móc và kỹ năng phục vụ cho việc thay đổi.

Các công tác khối lượng cũng yêu cầu xuất ra từ mô hình luôn có độ chính xác cao hơn là tính toán 2D nhưng không đủ cho toàn bộ các đầu mục. Nên có một danh mục các cấu kiện cần phải lấy khối lượng từ 3D. Ví dụ, bê tông móng, dầm, sàn cho bộ môn kết cấu và khối lượng tường xây hay ốp lát... cho bộ môn kiến trúc. Đó là những đầu mục chiếm tỷ trọng lớn hơn và độ chính xác từ mô hình 3D khá cao. Việc áp dụng BIM để lấy khối lượng các đầu mục này cũng khá hiệu quả.

Nên tham khảo từ thực tế làm CAD tốt như ở Nhật Bản hay Trung Quốc, thì việc chuyển đổi sang BIM rất nhẹ nhàng vì vẫn là nền tảng quản lý chuẩn cộng thêm 3D trực quan và quản lý chi phí, khối lượng, tiến độ có sự hỗ trợ của máy tính. ❖

# Sẽ có định mức chi phí áp dụng BIM cho từng công việc cụ thể

## > TÂN HƯNG

Sau 1 năm thực hiện Lộ trình bắt buộc áp dụng BIM, Bộ Xây dựng tiếp tục hoàn thiện cơ sở pháp lý liên quan đến áp dụng BIM và sẽ có định mức chi phí áp dụng BIM cho từng công việc cụ thể...

### 10 NĂM NGHIÊN CỨU, XÂY DỰNG CHÍNH SÁCH

Có sở pháp lý cho việc áp dụng BIM được Bộ Xây dựng nghiên cứu, xây dựng và từng bước hình thành trong khoảng 10 năm. Trong đó, nền tảng được khởi nguồn từ khoản 3 Điều 4 Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 được Quốc hội khóa XIII thông qua ngày 18/6/2014, với quy định “ứng dụng khoa học và công nghệ, áp dụng hệ thống thông tin công trình trong hoạt động đầu tư xây dựng”. Khoản 1, Điều 66 Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 cũng đồng thời quy định nội dung về quản lý hệ thống thông tin công trình trong quản lý dự án đầu tư xây dựng...

Đề án tái cơ cấu ngành Xây dựng gắn với chuyển đổi mô hình tăng trưởng theo hướng nâng cao chất lượng, hiệu quả và năng lực cạnh tranh giai đoạn 2014 -2020 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 134/QĐ-TTg ngày 26/01/2015, đề ra 8 giải pháp chủ yếu, trong đó có giải pháp ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM)...

Trên cơ sở đó, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 2500/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 phê duyệt Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình.

Tại Quyết định số 79/QĐ-BXD ngày 15/02/2017 của Bộ Xây dựng công bố định mức chi phí quản lý dự án và tư vấn đầu tư xây dựng, nội dung hướng dẫn áp dụng định mức chi phí tư vấn đầu tư xây dựng quy định: “Trường hợp áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quá trình thực hiện công việc tư vấn thì bổ sung chi phí này bằng dự toán”.

Quyết định số 79/QĐ-BXD cũng đồng thời hướng dẫn chi tiết xác định dự toán chi phí tư vấn. Theo đó, chi phí cho áp dụng BIM nằm trong chi phí khác, xác định theo dự kiến nhu cầu cần thực hiện của từng loại công việc tư vấn.

Ngày 21/3/2017, Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành Quyết định số 203/QĐ-BXD về việc thành lập Ban chỉ đạo thực hiện Đề án áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình; và Quyết định số 204/QĐ-BXD Ban hành kế hoạch thực hiện Đề án “Áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình”.

Căn cứ quy định tại Quyết định số 2500/QĐ-TTg, trong cùng

ngày 11/10/2017 Bộ trưởng Bộ Xây dựng cũng đồng thời ban hành Quyết định số 1056/QĐ-BXD công bố Chương trình khung đào tạo, bồi dưỡng áp dụng BIM trong giai đoạn thí điểm và Quyết định số 1057/QĐ-BXD công bố hướng dẫn tạm thời áp dụng BIM trong giai đoạn thí điểm với những nội dung hướng dẫn chi tiết các nội dung liên quan đến BIM như: Hướng dẫn sử dụng tài liệu; Khái niệm, nguyên tắc cơ bản trong triển khai BIM; Các ứng dụng BIM; Hướng dẫn sơ bộ quy trình áp dụng BIM.

Bên cạnh đó, Quyết định số 1057/QĐ-BXD ngày 11/10/2017 cũng hướng dẫn một số nội dung liên quan đến hợp đồng mẫu cho các dự án áp dụng BIM, xác định chi phí tư vấn áp dụng BIM, quản lý thông tin trong BIM; Chỉ dẫn về mức độ phát triển thông tin; Hướng dẫn lập hồ sơ yêu cầu thông tin, xây dựng kế hoạch thực hiện BIM...

Ngày 02/4/2018, căn cứ các văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến BIM cũng như đăng ký dự án thực hiện áp dụng BIM của các Bộ, ngành, địa phương, chủ đầu tư... Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành Quyết định số 362/QĐ-BXD về danh sách các dự án/công trình thí điểm áp dụng BIM trong đầu tư xây dựng và quản lý vận hành. Danh sách gồm 20 dự án/công trình.

Đáng chú ý, tại thời điểm này, khoản 60 Điều 1 Luật Sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng (Luật Xây dựng số 62/2020/QH14) được Quốc hội thông qua ngày 17/6/2020, quy định Chính phủ thực hiện quy định “việc xây dựng, quản lý hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng”; “Xây dựng, quản lý hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng; quản lý, cung cấp thông tin phục vụ hoạt động đầu tư xây dựng”.

Theo đó, Nghị định 15/2021/NĐ-CP ngày 03/3/2021 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng, đã dành hẳn Điều 6 quy định về ứng dụng BIM, trong đó khuyến khích áp dụng BIM, giải pháp công nghệ số trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình; đồng thời cũng quy định về thẩm quyền quyết định việc áp dụng BIM, giải pháp công nghệ số, yêu cầu mô hình BIM trong hồ sơ dự án, công trình áp dụng BIM...

Theo khoản 2 Điều 6 Nghị định số 15/2021/NĐ-CP, tệp tin



**“BIM được áp dụng trong rất nhiều giai đoạn, công việc cụ thể và do đó liên quan đến nhiều chủ thể khác nhau. Qua theo dõi, đánh giá việc triển khai quy định liên quan đến xác định chi phí áp dụng BIM tại Thông tư số 12/2021/TT-BXD, các chủ thể vẫn còn lúng túng, vướng mắc trong thực hiện.**

**Để tháo gỡ vướng mắc, thống nhất trong triển khai, tại dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung Thông tư số 12/2021/TT-BXD đã có các nội dung sửa đổi, bổ sung liên quan đến việc áp dụng BIM theo hướng, quy định mức chi phí bổ sung áp dụng BIM cho từng công việc cụ thể như quản lý dự án, lập báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế, thẩm tra thiết kế, giám sát thi công...**

**Bộ Xây dựng sẽ gửi dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung Thông tư số 12/2021/TT-BXD xin ý kiến góp ý của các Bộ, ngành, địa phương và cơ quan, đơn vị, tổ chức, cá nhân có liên quan trong thời gian tới, làm cơ sở hoàn thiện trước khi ban hành”.**

**Thứ trưởng Bộ Xây dựng Bùi Hồng Minh.**

BIM là một thành phần trong hồ sơ thiết kế xây dựng, hồ sơ hoàn thành công trình đối với các dự án, công trình xây dựng áp dụng BIM. Nội dung và mức độ chi tiết của mô hình thông tin công trình thực hiện theo thỏa thuận của các bên có liên quan đến việc ứng dụng BIM trong hợp đồng xây dựng...

Ngày 02/4/2021, Bộ trưởng Bộ Xây dựng đồng thời ban hành 2 văn bản gồm: Quyết định số 347/QĐ-BXD công bố hướng dẫn chi tiết áp dụng BIM đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị; và Quyết định số 348/QĐ-BXD về công bố hướng dẫn chung áp dụng BIM.

Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 về quản lý chi phí đầu tư xây dựng quy định, chi phí áp dụng BIM được tính trong chi phí tư vấn đầu tư xây dựng theo quy định (tại điểm d khoản 1 Điều 31).

Thông tư số 12/2021/TT-BXD 31/8/2021 của Bộ Xây dựng về việc ban hành định mức xây dựng, các tập định mức dự toán xây dựng công trình, nội dung về áp dụng định mức chi phí quản lý dự án và tư vấn đầu tư xây dựng quy định: “Trường hợp dự án, công trình, gói thầu có yêu cầu áp dụng BIM trong quá trình lập dự án, thiết kế, giám sát thi công, quản lý dự án; thì chi phí áp dụng BIM xác định bằng dự toán chi phí nhưng không quá 50% chi phí thiết kế xác định theo hướng dẫn tại Thông tư này”.

### **SẼ CÓ QUY ĐỊNH MỨC CHI PHÍ CHO TỪNG CÔNG VIỆC**

Sau khoảng 10 năm nghiên cứu, xây dựng cơ sở pháp lý bắt đầu từ Luật Xây dựng 2014 và triển khai thí điểm ở các loại hình công trình xây dựng, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 258/QĐ-TTg, ngày 17/3/2023, phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng, có hiệu lực thi hành từ ngày ký ban hành Quyết định.

Điểm đáng chú ý, Quyết định số 258/QĐ-TTg quy định cụ thể về Lộ trình bắt buộc áp dụng BIM theo giai đoạn. Giai đoạn 1 thực hiện từ năm 2023, đối với các công trình cấp I, cấp đặc biệt; Giai đoạn 2 thực hiện từ năm 2025, đối với các công trình cấp II trở lên. Nội dung áp dụng và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư dự án quyết định.

Theo các chuyên gia, việc quy định bắt buộc áp dụng BIM

theo lộ trình và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư quyết định là phù hợp trong bối cảnh các quy định liên quan đến BIM, đặc biệt là chi phí cho việc áp dụng BIM mang tính tổng thể, chưa thể quy định được chi tiết.

Tại thời điểm ban hành Lộ trình bắt buộc áp dụng BIM theo Quyết định số 258/QĐ-TTg, pháp luật liên quan đến chi phí áp dụng BIM quy định tại điểm d khoản 1 Điều 31 Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 về quản lý chi phí đầu tư xây dựng và tại Phụ lục VIII Thông tư số 12/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 về ban hành định mức xây dựng. Trong đó, chi phí áp dụng BIM được tính trong chi phí tư vấn đầu tư xây dựng và chi phí áp dụng BIM xác định bằng dự toán chi phí nhưng không quá 50% chi phí thiết kế...

Lý giải về việc chưa có quy định về định mức áp dụng BIM cụ thể mà chỉ có mức trần bằng 50% tổng chi phí thiết kế dự án cho công tác tư vấn, ý kiến các chuyên gia đồng tình với phương án quy định này và cho rằng là phù hợp với quy định với Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ cũng chỉ quy định “nội dung áp dụng và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư dự án quyết định”.

Ý kiến một chuyên gia cho biết, trên thực tế, yêu cầu của mỗi chủ đầu tư là khác nhau, mỗi dự án cũng khác nhau, nên để xây dựng và ban hành được một khung giá chung bảo đảm thống nhất thực hiện trên toàn quốc, đối với toàn bộ các dự án, thật sự là một thách thức rất lớn. Cần có nhiều thời gian hơn để tiếp tục nghiên cứu, theo dõi, đánh giá các công tác trong thực tiễn, mới bảo đảm được độ tin cậy để xây dựng và ban hành định mức.

Sau 1 năm thực hiện Lộ trình bắt buộc áp dụng BIM theo Quyết định số 258/QĐ-TTg, Bộ Xây dựng đang tiếp tục hoàn thiện việc tính toán, xác định và ban hành đầy đủ hệ thống công cụ, chỉ tiêu liên quan đến áp dụng BIM bảo đảm thống nhất trên phạm vi cả nước, trên cơ sở nghiên cứu, theo dõi, đánh giá việc thực hiện trong thời gian dài, trên phạm vi đủ rộng để bảo đảm tin cậy, phù hợp của các công cụ, chỉ tiêu được ban hành... Thời gian tới, sẽ có định mức chi phí áp dụng BIM cho từng công việc cụ thể.❖

# Tích hợp quản lý rủi ro lũ lụt với quy hoạch sử dụng đất



**PGS.TS.KTS HOÀNG VĨNH HƯNG\***

Các mục tiêu phát triển thường xung đột với nỗ lực giảm thiểu rủi ro lũ lụt. Rủi ro lũ lụt không thể bị loại bỏ hoàn toàn, vì vậy, chính quyền và người dân phải xác định mức độ rủi ro lũ lụt có thể chấp nhận được. Một môi trường thể chế thuận lợi là điều cần thiết để phát triển một vùng đất có rủi ro lũ lụt.

Quy hoạch sử dụng đất là một thành phần quan trọng của cách tiếp cận tổng hợp đối với quản lý rủi ro thiên tai. Các thành phố trên thế giới đang chuyển đổi chính sách và phương pháp để tích hợp rủi ro thiên tai, nhất là lũ lụt, vào quy hoạch sử dụng đất. Nhiều thành phố đang ở trong giai đoạn đầu vận động thay đổi chính sách và nhiều thành phố khác đã có những bước tiến đáng kể trong quản lý rủi ro thiên tai nhờ vào việc áp dụng quy hoạch sử dụng đất. Tuy nhiên, tích hợp quản lý rủi ro thiên tai vào quy hoạch sử dụng đất để phát triển đô thị thích ứng vẫn còn nhiều thách thức.

## 1. MỞ ĐẦU

Trong hai thập kỷ gần đây, ở Việt Nam, việc xây dựng nhiều công trình trị thủy đã làm giảm mức độ nghiêm trọng của lũ lụt ở các vùng đồng bằng, tạo cảm giác tự tin đối với các quyết định mở rộng đô thị và các điểm dân cư. Tuy nhiên, do biến đổi khí hậu, lượng mưa cũng thay đổi bất thường, trở nên khó dự đoán hơn, làm cho các đô thị phải đối mặt thêm với hiện tượng ngập lụt (do mưa lớn). Ngập lụt đã xảy ra thường xuyên ở nhiều đô thị, kể cả những đô thị nằm dọc theo sông và bờ biển, vốn có khả năng thoát nước nhanh.

Nguy cơ ngập lụt gia tăng khi tốc độ mở rộng đô thị nhanh - thường đi cùng với việc tăng lớp phủ không thấm và giảm khả năng thấm của đất - ảnh hưởng đến

các khu vực tự nhiên vốn có tác dụng thoát nước và trữ nước. Việc khai thác nước ngầm quá mức cũng đã dẫn đến sụt lún ở một số đô thị. Trong bối cảnh đó, sự gia tăng lượng mưa cũng như tốc độ của dòng chảy đã và sẽ vượt quá năng lực quản lý hạ tầng kỹ thuật thoát nước của các thành phố. Ở một số thành phố, quy hoạch đô thị không phù hợp, sự thiếu rõ ràng của các quy định sử dụng đất và quy định quản lý đô thị đã thúc đẩy hoạt động xây dựng không chính thức và thậm chí là cả việc phát triển các dự án khu đô thị mới ở các vùng nguy hiểm dễ xảy ra lũ lụt hay các vùng vốn có vai trò thoát nước và trữ nước. Tần suất và cường độ ngập lụt ngày càng gia tăng, đã và gây ra nhiều thiệt hại về tài sản, gián đoạn các hoạt động của dân cư và kinh tế ở các thành phố lớn như Hà Nội, TP.HCM, Hải Phòng, Cần Thơ, Đà Nẵng... và cả các thành phố vừa và nhỏ như Vinh, Thủ Dầu Một, Hạ Long, Đà Lạt, Sơn La...

Ngoài thiệt hại về vật chất rất lớn, ngập lụt ở đô thị còn làm gia tăng nguy cơ lan tràn dịch bệnh, làm xói mòn hình ảnh văn minh đô thị. Để giảm thiểu thiệt hại xảy ra do lũ lụt và ngập lụt, cần có cách tiếp cận toàn diện về quản lý rủi ro lũ lụt và ngập lụt đô thị trong đó kết hợp hài hòa giữa các giải pháp công trình và các giải pháp phi công trình. Trong lịch sử, nhiều thành phố đã lựa chọn các giải pháp công trình, được xây dựng cho hai mục đích khác nhau: Bảo vệ thành phố khỏi rủi ro lũ lụt (thông qua các biện pháp phòng chống lũ lụt như đê và đập thủy điện) hoặc hướng nước lũ, nước mưa ra khỏi các khu vực

(\* Phó viện trưởng Viện Quy hoạch đô thị nông thôn quốc gia (Bộ Xây dựng)



đô thị (thông qua các biện pháp tăng khả năng thoát nước bằng các đường cống, kênh mương và lưu vực). Tuy nhiên, chỉ dùng các giải pháp công trình đã được chứng minh là không đủ, với một số lý do: (i) chúng dựa trên những dự đoán hữu hạn về rủi ro mà có thể không tính đến yếu tố bất định do biến đổi khí hậu hoặc do mở rộng đô thị thiếu kiểm soát; (ii) rủi ro có thể tăng lên nếu các công trình không có đủ không gian cho lưu lượng lũ; (iii) chi phí xây dựng cao do sự phức tạp thiết kế kỹ thuật và vật liệu xây dựng; và (iv) các giải pháp công trình thường tạo ra sự chủ quan trong nhận thức vì cộng đồng và doanh nghiệp có xu hướng tin tưởng và phụ thuộc quá mức vào chúng. Hầu hết các giải pháp công trình đều giảm thiểu nhưng không ngăn ngừa hết thiệt hại. Sẽ luôn có rủi ro tồn đọng cần được quản lý bằng cả các giải pháp phi công trình.

Quy hoạch sử dụng đất là giải pháp phi công trình tiếp cận thúc đẩy việc sử dụng thận trọng đất đai và tài nguyên thiên nhiên bằng cách hướng dẫn đầu tư để đảm bảo cộng đồng có lợi ích thực sự từ sự tăng trưởng (UNECE 2008). Quy hoạch sử dụng đất là “quá trình các cơ quan có thẩm quyền xác định, đánh giá và quyết định các cách thức sử dụng đất khác nhau, bao gồm xem xét các tác động lâu dài về kinh tế, xã hội, môi trường. Công việc tiếp theo của quy hoạch là ban hành quy định những điều được phép hoặc có thể chấp nhận được khi sử dụng đất” (UNISDR 2015). Sử dụng quy hoạch sử dụng đất trong quản lý rủi ro lũ lụt và ngập lụt đô thị có một số lợi

ích: Tạo ra các khả năng linh hoạt để giải quyết các loại lũ lụt và ngập lụt trong bối cảnh các yếu tố bất định về lượng mưa và dòng chảy, dân số tăng trưởng và thay đổi lớp phủ đất; Phối hợp quản lý rủi ro lũ lụt ở nhiều quy mô, từ các khu đô thị, khu dân cư (với quy hoạch chi tiết), cấp phường, quận (với quy hoạch phân khu), cấp thành phố (với quy hoạch chung), đến quy hoạch vùng với lưu vực liên quan đến nhiều tỉnh; Kiến tạo được môi trường đô thị an toàn, hiệu quả và đáng sống với chi phí thấp hơn so với sử dụng biện pháp công trình.

## 2. CÁC NGUYÊN TẮC ÁP DỤNG QUẢN LÝ RỦI RO THIÊN TAI VÀO QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT

Quy hoạch sử dụng đất quy định vị trí đất, chức năng sử dụng, mật độ và thời gian phát triển; hướng dẫn việc đầu tư cơ sở hạ tầng, khuyến khích thị trường đất đai và bảo tồn các nguồn tài nguyên thiên nhiên để các dự án phát triển đô thị an toàn trước thiên tai lũ lụt và hài hòa với chu trình bền vững của nước trong đô thị. Trong mức rủi ro lũ lụt có thể chấp nhận được, các giải pháp sử dụng đất phải tìm cách giảm thiểu thiệt hại về nhân mạng và tài sản đồng thời tối đa hóa lợi ích từ các hoạt động kinh tế và giải trí; sự cân bằng này đảm bảo rằng cộng đồng không chỉ tồn tại, mà còn thích nghi và phát triển bất chấp sự gián đoạn từ những trận lũ lụt. Cách tiếp cận cân bằng này có thể đạt được bằng cách tuân theo ba nguyên tắc cơ bản:

Nguyên tắc 1: Lựa chọn vị trí an toàn quy hoạch sử

dụng đất phải giảm nguy cơ rủi ro và ngăn chặn việc tạo ra rủi ro liên quan đến vị trí nguy hiểm của các công trình hạ tầng và nhà ở. Quy hoạch sử dụng đất định hướng vị trí phát triển theo một số cách: (i) bảo vệ các khu vực quan trọng bằng kết cấu cứng; (ii) "rút lui" khỏi các khu vực lũ lụt kinh niên (ví dụ: vùng trũng ven sông, ven biển) và vùng dự kiến sẽ bị nước biển dâng trong tương lai; (iii) lập quy hoạch tái phát triển đô thị và tái định cư trong các khu vực an toàn lũ lụt; và (iv) lập kế hoạch xây dựng các cơ sở hạ tầng dự phòng, chẳng hạn như các tuyến đường sơ tán, không gian mở cho các hoạt động cứu trợ, nơi trú ẩn cộng đồng và các phương tiện khẩn cấp.

Nguyên tắc 2: Giải pháp xây dựng an toàn quy hoạch sử dụng đất vừa phải giảm rủi ro hiện tại và ngăn ngừa rủi ro mới xuất phát từ thiết kế hoặc xây dựng kém của các công trình hạ tầng và nhà ở bằng cách thúc đẩy phương pháp tiếp cận "sống chung với nước". Quy chuẩn quy hoạch cũng đóng một vai trò quan trọng trong thúc đẩy cách tiếp cận này. Các quy định của quy chuẩn quy hoạch có thể giúp kiểm soát các nguồn gây ngập lụt bằng cách hỗ trợ tích hợp hạ tầng xanh để tăng khả năng chứa nước của các tuyến đường cống, không gian mở, hồ điều hoà và sông, kênh giúp vận chuyển nước và thoát nước tốt hơn. Quy chuẩn quy hoạch cũng có thể đảm bảo việc xây dựng các công trình hạ tầng và nhà ở có khả năng chống chọi với lũ lụt để giảm thiểu thiệt hại ở những khu vực không thể tránh được lũ lụt. Cuối cùng, quy chuẩn quy hoạch có thể bảo vệ hệ sinh thái khỏi ô nhiễm và ngăn chặn việc khai thác quá mức tài nguyên thiên nhiên trong quá trình phát triển đô thị.

Nguyên tắc 3: Hoạt động an toàn quy hoạch sử dụng đất phải giảm thiểu rủi ro hiện tại và ngăn ngừa những rủi ro mới được tạo ra từ việc sử dụng đất không phù hợp và từ các hoạt động kinh tế, vận tải hàng hóa và hoạt động dịch vụ trong một phạm vi lãnh thổ cụ thể. Các quy định của quy hoạch sử dụng đất phải: (i) tối đa hóa lợi ích của các hoạt động kinh tế ở khu vực ven sông và vùng dễ bị ngập lụt thông qua giải pháp sử dụng đất hỗn hợp, (ii) hỗ trợ các hoạt động bảo vệ hệ sinh thái tự nhiên khỏi ô nhiễm.

### 3. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT TRONG QUẢN LÝ RỦI RO LŨ LỤT ĐÔ THỊ

Quy hoạch sử dụng đất đưa ra nhiều giải pháp quản lý lũ lụt trong tất cả các giai đoạn của chu kỳ quản lý rủi ro thiên tai. Các giải pháp phân vùng chức năng sử dụng đất hợp lý có thể giúp giảm thiểu sự phát triển trong các vùng dễ bị lũ lụt; giảm tổng lượng nước chảy, chỉ định các tuyến đường và không gian mở cho nước di chuyển để giảm thiểu thiệt hại do lũ lụt, ngập lụt ở những khu vực không thể tránh khỏi; định hướng mở rộng đô thị ở các khu vực an toàn.

Tổng quan bài học kinh nghiệm quốc tế có thể thấy rằng, nhiều thành phố đã sử dụng một số công cụ của quy hoạch sử dụng đất để quản lý lũ lụt với các mức độ thành công khác nhau. Quy hoạch không gian/ quy hoạch

đô thị cung cấp hướng dẫn chính để định hướng sử dụng đất dựa trên các đánh giá rủi ro lũ lụt; các quy hoạch có thể được lập, phê duyệt ở các cấp hành chính khác nhau, từ các chính sách quốc gia với các định hướng chung đến các quy hoạch đô thị với giải pháp cụ thể, toàn diện. Từ những năm giữa thế kỷ 20, các thành phố đã dùng các công cụ/ quy định, chẳng hạn như phân vùng sử dụng đất, để bảo vệ các vùng ngập lụt hoặc không gian mở khỏi các hoạt động phát triển dự án và dùng quy chuẩn xây dựng cho công trình có khả năng bền vững trước lũ lụt (các thành phố tham gia mạng toàn cầu thông qua các sáng kiến như ICLEI Resilient Cities, UNISDR Making Cities Resilient, the Rockefeller Foundation's 100RC, the C40 Cities...). Nhưng cũng có không ít thành phố không thành công trong việc tuân thủ hay thực thi các quy định nói trên. Trong hai thập kỷ gần đây, các thành phố đã thử nghiệm thêm các công cụ kinh tế, tài chính và hành vi. Công cụ quy hoạch sử dụng đất phải được sử dụng một cách tích hợp mới có hiệu quả thực hiện.

Quy hoạch không gian/ quy hoạch đô thị: Quy hoạch không gian đô thị tích hợp các giải pháp quản lý rủi ro lũ lụt là định hướng cho quy hoạch sử dụng đất. Quy hoạch có tính tổng thể cân bằng các mục tiêu để sự tăng trưởng của đô thị đi cùng với giảm thiểu rủi ro và phòng tránh tai họa; định hướng cho việc đầu tư vào hạ tầng đô thị, các khu nhà ở, di sản văn hóa, các hoạt động bảo vệ môi trường và phát triển kinh tế theo các quy định, tiêu chuẩn phòng chống lũ lụt của quốc gia, địa phương (Burby 2000). Các cộng đồng dân cư có xu hướng trì hoãn hoặc chống lại việc tái định cư ra khỏi các khu vực có nguy cơ cao. Những khu vực không thể tránh khỏi lũ lụt, phải được quản lý cẩn thận bao gồm các hỗ trợ đầy đủ về kinh tế - xã hội (Correa 2011). Việc lập quy hoạch cho các dự án phát triển đô thị/ điểm dân cư an toàn là điều cần thiết để đảm bảo rằng cộng đồng có thể phát triển cả trong bối cảnh có các rủi ro lũ lụt. Việc chính quyền cung cấp các khu đất ở đã có đủ hạ tầng và an toàn tại các khu vực rủi ro thấp sẽ làm cho nhà ở chính thức có giá cả phải chăng và do đó giúp hạn chế các khu định cư không chính thức trong vùng có rủi ro lũ lụt. Các quy hoạch không gian đô thị dựa trên rủi ro lũ lụt cung cấp cho cộng đồng và doanh nghiệp một cái nhìn tổng thể về những khu vực nào cần được bảo vệ, sơ tán, phát triển hoặc tái phát triển. Các quy hoạch này cần đi kèm với các công cụ thực hiện được cộng đồng và doanh nghiệp chấp nhận và có thể được thực thi với năng lực và nguồn lực của địa phương.

### 4. TÍCH HỢP QUẢN LÝ RỦI RO LŨ LỤT VÀO QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT

Tích hợp/ lồng ghép quản lý rủi ro lũ lụt trong quá trình lập quy hoạch sử dụng đất có thể phức tạp vì nó đòi hỏi sự phối hợp giữa nhiều bên liên quan, các tổ chức, cả chính thức và không chính thức. Để có các quy hoạch mang tính khả thi, quá trình lập quy hoạch phải dựa trên

việc xác định, đánh giá rủi ro cũng như lập kế hoạch thực hiện và giám sát.

Đánh giá rủi ro xác định nguyên nhân lũ lụt, xác suất xảy ra, ảnh hưởng đến dân số và tài sản, và các khu vực dễ bị tổn thương nhất. Thông tin đánh giá rủi ro lũ lụt đặt ra các ưu tiên trong tất cả các giai đoạn của quá trình lập quy hoạch sử dụng đất, từ việc xác định tầm nhìn, lồng ghép các đánh giá rủi ro lũ lụt, xây dựng và thực hiện các kế hoạch hành động. Lồng ghép rủi ro lũ lụt trong quá trình lập quy hoạch sử dụng đất đòi hỏi một số điều kiện cho phép sự phối hợp của các bên liên quan được diễn ra thuận lợi để đảm bảo rằng các mục tiêu phát triển ở những khu vực chịu rủi ro lũ lụt được chấp nhận và thực hiện thành công.

Các mục tiêu phát triển thường xung đột với nỗ lực giảm thiểu rủi ro lũ lụt. Rủi ro lũ lụt không thể bị loại bỏ hoàn toàn, vì vậy, chính quyền và người dân phải xác định mức độ rủi ro lũ lụt có thể chấp nhận được. Điều đó đảm bảo rằng tổn thất không vượt qua tổng lợi ích từ các hoạt động ở các vùng dễ bị lũ lụt. Một môi trường thể chế thuận lợi là điều cần thiết để phát triển một vùng đất có rủi ro lũ lụt. Trong môi trường như vậy, có vai trò và trách nhiệm của tất cả các tổ chức, chính thức và không chính thức, là các bên liên quan trong lập quy hoạch. Chuyên gia quy hoạch cần hiểu năng lực tương đối của các bên liên quan, khả năng tiếp cận các nguồn lực và động cơ khuyến khích tham gia. Đề cao vai trò và trách nhiệm ở tất cả các cấp hành chính và các bên liên quan sẽ giúp giảm thiểu xung đột lợi ích. Quy trình lập và phê duyệt quy hoạch xác định các biện pháp sử dụng đất nào sẽ tạo điều kiện đạt được mục tiêu phát triển ở mức có thể chấp nhận được mức độ rủi ro lũ lụt. Quy hoạch xác định một bộ các công cụ hỗ trợ thực hiện, nguồn lực, cam kết của các bên liên quan và các cơ chế giám sát. Các biện pháp sử dụng đất có thể được đánh giá bằng cách sử dụng phân tích và quyết định chi phí - lợi ích. Các chuyên gia lập quy hoạch nên chọn các phương pháp tiếp cận sử dụng đất phù hợp đáp ứng với rủi ro lũ lụt ở từng địa phương, được cộng đồng địa phương chấp nhận, và có thể được thực hiện với năng lực kỹ thuật và các nguồn lực địa phương.

## 5. CÁC THÁCH THỨC

Mặc dù tầm quan trọng của quy hoạch sử dụng đất để giảm thiểu rủi ro lũ lụt được thừa nhận bởi các nhà hoạch định chính sách, việc áp dụng vẫn là điều gây tranh luận ở nhiều nước. Thực hiện các quyết định sử dụng đất có thể mâu thuẫn với việc kiểm soát tài nguyên đất đai có giá trị cao và do đó có thể là một quá trình phức tạp. Các chủ đầu tư dự án phát triển đô thị có thể thúc đẩy các biện pháp công trình để mọi người thấy nguy cơ lũ lụt đang được giải quyết ở những khu vực họ dự kiến phát triển dự án. Tương tự như vậy, cộng đồng có thể chống lại các quyết định tái định cư.

Ở các nước đang phát triển, áp dụng quy hoạch sử

dụng đất còn gặp khó khăn do sự phức tạp của việc giải quyết đất đai không chính thức, cũng như do thiếu năng lực và nguồn lực. Thiếu năng lực lập quy hoạch sử dụng đất, đặc biệt là ở các thành phố đang phát triển nhanh đặt ra một thách thức khác. Mặc dù đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong những thập kỷ gần đây trong việc lập bản đồ nguy cơ, chuyển dịch thông tin kỹ thuật thành các quy định sử dụng đất và quy chuẩn xây dựng. Dữ liệu mô hình thiên tai mang tính kỹ thuật cao và tác động của chúng đối với việc sử dụng đất có thể không rõ ràng đối với các chuyên gia lập quy hoạch và những người ra quyết định. Ngay cả khi quy hoạch sử dụng đất được phê duyệt, việc triển khai cũng gặp khó khăn do tình trạng tranh chấp quyền sử dụng đất, cũng như các vấn đề liên quan đến điều phối, cung cấp tài chính, quy trình cấp phép và năng lực thực thi. Sự đa dạng của các bên liên quan chính thức và không chính thức trong các dự án làm cho việc phối hợp trở nên phức tạp và làm tăng khả năng xảy ra xung đột.

Một vấn đề thường xảy ra là khi quy hoạch sử dụng đất được lập, phê duyệt mà thiếu việc tham vấn cộng đồng hiệu quả. Điều này có thể xảy ra vì các bộ phận lập quy hoạch có xu hướng hoạt động tách biệt với các cơ quan khác liên quan đến giao thông vận tải, nhà ở, hệ thống cấp thoát nước và hầu hết các thành phố đều thiếu nhân viên có kỹ năng để quản lý tổng thể và giám sát việc sử dụng đất và các quy định về xây dựng.

## 6. KẾT LUẬN

Ở Việt Nam, với sự gia tăng về tần suất và mức độ nghiêm trọng của lũ lụt, ngập lụt trong hai thập kỷ gần đây, yêu cầu lồng ghép, tích hợp quản lý rủi ro lũ lụt với quy hoạch sử dụng đất là cần thiết và cấp bách. Sử dụng đất là một nội dung quan trọng của quy hoạch đô thị. Quy hoạch đô thị nếu kết hợp thông tin rủi ro lũ lụt và tích hợp các biện pháp bảo vệ hệ sinh thái có thể tiết kiệm chi phí phát triển đô thị và quản lý rủi ro. Ngược lại, quy hoạch đô thị có thể được tích hợp trong tất cả các giai đoạn của quy trình quản lý rủi ro lũ lụt (từ phòng ngừa, ứng phó đến tái thiết) cùng với các biện pháp công trình và phi công trình. Lập, thực hiện quy hoạch đô thị dựa trên quản lý rủi ro phải đối mặt với nhiều thách thức.

Để đạt được thành công cần kết hợp ý chí chính trị của chính quyền đô thị và sự tham gia của doanh nghiệp, người dân. Một khi lãnh đạo chính quyền và cộng đồng có lập trường chủ động, họ có thể làm việc cùng nhau để giải quyết những thách thức như tài chính, năng lực kỹ thuật, quyền sở hữu đất đai, điều phối và thực thi.

Cuối cùng, để thành công trong việc tích hợp quản lý rủi ro lũ lụt vào quy hoạch đô thị đòi hỏi đầu tư vào hai lĩnh vực: (i) nâng cao nhận thức của các nhà hoạch định chính sách và cộng đồng về vai trò của sử dụng đất trong việc quản lý rủi ro lũ lụt, và (ii) nâng cao năng lực kỹ thuật và quản trị để xây dựng, thực hiện và quản lý rủi ro lũ lụt dựa trên quy trình quy hoạch đô thị. ❖

# Nâng cao hiệu quả xây mới, cải tạo hệ thống vườn hoa - công viên nội đô



**THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG\***

Một số vườn hoa - công viên được hoàn thành xây mới, cải tạo gần đây khiến cộng đồng có nhiều ý kiến tranh luận về chất lượng và hiệu quả sử dụng. Bài toán đặt ra lúc này chính là thiết lập các tiêu chí và chính sách để nâng cao hiệu quả xây mới, cải tạo hệ thống vườn hoa - công viên nội đô.

Những ngày đầu tháng 03/2024, khi người dân nội đô Hà Nội phải đối mặt trực tiếp với chất lượng không khí bị xếp hạng ở mức ô nhiễm nhất thế giới và TP.HCM là nắng nóng gay gắt bất thường, bài toán tạo dựng môi trường sống trong lành, tiện nghi, trên cơ sở gia tăng diện tích cây xanh, nâng chất vườn hoa - công viên trong nội đô lại trở thành vấn đề được luận bàn nhiều. Nội dung này càng trở nên "nóng" hơn khi một số vườn hoa - công viên được hoàn thành xây mới hoặc cải tạo gần đây nhưng cộng đồng vẫn có nhiều ý kiến tranh luận về chất lượng và hiệu quả sử dụng. Bài toán đặt ra lúc này chính là thiết lập các tiêu chí và chính sách để nâng cao hiệu quả xây mới, cải tạo hệ thống vườn hoa - công viên nội đô.

## HIỆN TƯỢNG VƯỜN HOA "ZOMBIE" TẠI NHIỀU ĐÔ THỊ

Thế giới đã dành riêng khái niệm "công viên, vườn hoa xác sống - zombie" được dùng để gán cho nhóm những không gian loại này hiện đã và đang tồn tại trên các quy hoạch, kế hoạch nhưng là những không gian thiếu vắng "linh hồn" và bản sắc, thiếu tiện nghi dẫn đến ít người sử dụng hoặc thậm chí để hoang. Khái niệm này cũng được áp dụng đối với các không gian loại này bị "tái zombie" do đã được cải tạo nhưng có hiệu quả thực tiễn

*(\*) Viện Kiến trúc quốc gia, Bộ Xây dựng*

thấp đối với đô thị và đời sống cư dân.

Theo các đánh giá hiện trạng mới nhất, số lượng của hệ thống vườn hoa, công viên tại nhiều đô thị lớn theo quy hoạch và kế hoạch chính trang đô thị là khá nhiều (Hà Nội khoảng 63 và TP.HCM khoảng 400). Tuy nhiên, các không gian vườn hoa - công viên xây mới bị chậm tiến độ theo quy hoạch cũng không ít. Một số sau nhiều năm vẫn là các bãi đất trống, một số đang xây dựng dở dang không sử dụng được. Như tại Hà Nội, cuối năm 2023 vẫn có khoảng 5 dự án chậm tiến độ xây dựng và đưa vào sử dụng, điển hình như công viên Chu Văn An khởi công từ năm 2014; Công viên hồ điều hòa Phùng Khoang (quận Nam Từ Liêm); Công viên Hữu nghị (quận Bắc Từ Liêm); Công viên văn hóa, thể thao, vui chơi Đống Đa (giai đoạn 1)... Tại TP.HCM điển hình như: công viên văn hóa Gò Vấp (quận Gò Vấp); khu công viên cây xanh tại phường Thạnh Xuân và phường Thới An (quận 12)...

Tương tự, số lượng các vườn hoa công viên trong khu vực tại nhiều đô thị cần sớm được cải tạo, chỉnh trang cũng chiếm số lượng không nhỏ. Do bị xuống cấp nên đây chỉ là những không gian "nhàn nhạt", thiếu bản sắc kiến trúc cảnh quan, thiếu tính thẩm mỹ và trang trí điểm nhấn đô thị, thiếu các tiện nghi sử dụng thiết yếu như nhà vệ sinh công cộng, bãi để xe...; một số hạng mục bị bong tróc nứt gãy mất an toàn... Đặc biệt, một số không gian dù đã được cải tạo chỉnh trang, nhưng bị tường rào vây kín, tổ chức



Hình 1: Công viên Lê Văn Tám (quận 1, TP.HCM) trở thành điểm nhấn không gian xanh quan trọng trong lòng thành phố (nguồn: Internet).

không gian và thẩm mỹ thiếu kết nối với không gian kiến trúc cảnh quan và văn hóa bản địa, việc tiếp cận sử dụng người dân khó khăn. Do đó, bị "tái zombie" khi ít người sử dụng, thậm chí để hoang. nguy cơ hiệu quả sử dụng thấp, lãng phí nguồn lực đầu tư, thiếu tính thẩm mỹ hấp dẫn, thiếu tiện nghi tác động tiêu cực đến kiến trúc cảnh quan đô thị và tâm lý người sử dụng và đặc biệt là mất an toàn cho người sử dụng với trọng tâm là các nhóm yếu thế như người già, trẻ em, người khuyết tật. Cụ thể, tại Hà Nội điển hình là trường hợp của công viên Tuổi trẻ, vườn hoa Nguyễn Trãi và vườn hoa Hà Đông... hay tại TP.HCM là công viên Tao Đàn, công viên Bách Tùng Diệp (quận 1), công viên nước Đại Thế Giới (quận 5)...

Điều này cũng lý giải tại sao hiện nay diện tích cây xanh ở nhiều đô thị lớn tính đến cuối năm 2023 đang ở mức rất thấp (như Hà Nội là 2,06 m<sup>2</sup>/người, TP.HCM là 0,55 m<sup>2</sup>/người, thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn Việt Nam quy định 15 m<sup>2</sup>/người) và môi trường sống của 2 đô thị lớn nhất cả nước cũng luôn nằm trong ngưỡng khắc nghiệt báo động tại nhiều thời điểm trong năm.

Theo những nghiên cứu trong đề tài nghiên cứu khoa học của nhóm nghiên cứu Viện Kiến trúc quốc gia thực hiện mới đây, trước thực trạng các đô thị lớn trên phạm vi cả nước, đặc biệt như Hà Nội và TP.HCM đang trong tình trạng đô thị hóa nóng, nhà cao tầng với quy mô khối tích và chiều cao lớn phát triển mạnh trong khu vực nội đô,

vai trò của các không gian công cộng đặc biệt là hệ thống vườn hoa - công viên càng được xem trọng. Bởi đây là những không gian đóng vai trò rất lớn trong việc đảm bảo sự các yếu tố kiến trúc cảnh quan, cân bằng môi trường sống của đô thị cũng như là không gian giao lưu, sinh hoạt văn hóa cộng đồng, luyện tập thể dục thể thao, nghỉ ngơi thư giãn giúp nâng cao chất lượng đời sống thể chất và tinh thần cho người dân. Nhiều quốc gia tiên tiến trên thế giới trong quá trình phát triển, xây dựng đô thị luôn chú trọng coi phát triển đồng bộ hệ thống không gian công cộng, đặc biệt trong đó bao gồm hệ thống vườn hoa - công viên cây xanh là một yếu tố kiên quyết để xây dựng bản sắc, thương hiệu đô thị, phát triển kinh tế đô thị, nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân.

### **ĐỊNH HƯỚNG NÂNG CAO HIỆU QUẢ XÂY MỚI, CẢI TẠO VƯỜN HOA, CÔNG VIÊN NỘI ĐÔ**

Tin vui là đã có nhiều vườn hoa, công viên tại nhiều đô thị lớn được xây dựng và cải tạo. Tiêu biểu như tại TP Hà Nội, thực hiện Chương trình số 03-CTr/TU của Thành ủy Hà Nội nhằm chỉnh trang diện mạo đô thị, năm 2023, các quận, huyện đã hoàn thành 6 công viên, 9 vườn hoa. Trong số này có những công viên lớn, có mức đầu tư cao như xây mới các công viên Ngọc Thụy (7,2 ha); công viên Long Biên (21,5 ha); công viên hồ điều hòa CV1 (diện tích 31,74 ha); Công viên Thiên văn học KĐT M Dương Nội (diện



Hình 2: Vườn hoa Vạn Xuân (Hà Nội) đã trở nên hoàn thiện hơn sau khi có các điều chỉnh gia tăng cây xanh mật độ cây xanh, giảm bê tông hóa và loại bỏ các góc nhọn tại nhiều hạng mục không cần thiết. (nguồn: Internet).



Hình 3: Không gian ngầm tại công viên 23/9 (quận 1, TP.HCM) được tổ chức sử dụng cho nhiều chức năng phụ trợ như sân khấu biểu diễn nhỏ có mái che, ẩm thực (nguồn: Internet).

tích 6,7 ha). Hoàn thành cải tạo vườn hoa Diên Hồng, Tao Đàn, Ngô Quyền (quận Hoàn Kiếm), 3/5 điểm quanh hồ Trúc Bạch, Phan Đình Phùng, Hoàng Diệu, Lê Trực, vườn Hoa Vạn Xuân (quận Ba Đình)... Tại TP.HCM, gần đây nhiều công viên, vườn hoa cũng đã được hoàn thành xây dựng và cải tạo chỉnh trang. Tiêu biểu như công viên Lê Văn Tám (quận 1), công viên bờ sông Sài Gòn, công viên trung tâm khu dân cư Vĩnh Lộc (quận 12)...

Để nhanh chóng tạo dựng hiệu quả sử dụng đối với việc xây dựng, cải tạo chỉnh trang các không gian vườn hoa, công viên đạt chuẩn, có nhiều đóng góp thiết thực hiệu quả cho đô thị và người dân, cần có một cách tiếp cận liên ngành dựa trên hệ thống các tiêu chí cần đạt được bao gồm:

- (1). Về kiến trúc, cảnh quan. Cần đổi mới phương pháp tiếp cận từ thiết kế quy hoạch xây mới và cải tạo chỉnh trang các vườn hoa - công viên theo các tiêu chí liên ngành bao gồm:
  - Hòa hòa với không gian tổng thể chung và có sự kết nối vững chắc với văn hóa bản địa trên cơ sở phù hợp đa dạng với nhiều hình thức hoạt động văn hóa cộng đồng,

đặc biệt như lễ hội truyền thống, sự kiện văn hóa lớn thu hút nhiều nhóm lứa tuổi đặc biệt là giới trẻ. Các không gian tổng thể và thành phần nêu bật được bản sắc và tính nhận diện riêng để tạo dựng tính điểm nhấn về kiến trúc cảnh quan trên cơ sở kế thừa và phát huy các giá trị kiến trúc/ văn hóa đặc trưng cũng như tiếp thu tinh hoa văn hóa của thế giới.

- Có tính bền vững và chi phí đầu tư xây dựng, cải tạo và vận hành hợp lý. Điều này chỉ có thể đạt được trên cơ sở một thiết kế quy hoạch tổ chức không gian tối ưu, ưu tiên sử dụng các vật liệu xanh - tái chế, vật liệu địa phương có độ bền cao, phù hợp với điều kiện tại chỗ. Nhưng cần hạn chế tình trạng lạm dụng bê tông hóa, cứng hóa nhiều hạng mục xây dựng, sử dụng.

- Đạt được tính thẩm mỹ trên cơ sở sử dụng đa dạng nhiều hình thức trang trí như tranh hoành tráng, phù điêu, tượng điêu khắc, trang trí ánh sáng ngoài trời, sử dụng các vật liệu bản địa, thân thiện môi trường. Kiên quyết hạn chế chạy theo hình thức, kịch cỡm gây tốn kém và lãng phí.

- Hướng đến các giá trị xanh, sinh thái trên cơ sở ưu tiên



Hình 4. Công viên Thiên văn học KDTM Dương Nội (nguồn: Internet).

tổ chức tối đa để gia tăng diện tích cây xanh từ tổ chức đồng bộ hệ thống cây xanh bóng mát và trang trí.

- Có công năng sử dụng đa dạng và linh hoạt, tối ưu sử dụng quỹ đất nội đô cho cùng lúc nhiều giá trị sử dụng khác nhau như: sinh hoạt văn hóa cộng đồng, vui chơi giải trí, nghỉ ngơi thư giãn, luyện tập thể thao, dịch vụ (nếu có)... Ưu tiên khuyến khích tận dụng các không gian ngầm hay tầng cao cho các chức năng phụ trợ.

- Đảm bảo sự tự do tiếp cận của người dân, bao gồm các các nhóm yếu thế (trẻ em, người khuyết tật, người già) như bố trí đủ đường dốc cho xe lăn tại các vị trí tiếp cận, không có rào chắn...

- Đảm bảo sự an toàn cho người sử dụng như: hạn chế các hố sâu/ hồ nước, các cây trồng gây dị ứng, thiết bị sử dụng gờ sắc nhọn, bố trí đủ hệ thống cảnh báo và giám sát an ninh như camera, nhà bảo vệ tại các vị trí thiết yếu...

- Đảm bảo tính tiện nghi như bố trí đầy đủ hạ tầng thiết yếu như bãi đỗ xe, nhà vệ sinh, hệ thống chiếu sáng, thiết bị đô thị...

(2) Về cơ chế chính sách. Các đô thị cần xây dựng một kế hoạch triển khai bài bản, tháo gỡ các khó khăn như nguồn vốn, giải phóng mặt bằng, lựa chọn nhà đầu tư, lựa chọn nhà thầu thi công... kèm theo các điều khoản chế tài xử lý kiên quyết các nhà đầu tư, nhà thầu triển khai chậm

tiến độ hoặc chất lượng thi công xây dựng kém. Đẩy mạnh nghiên cứu áp dụng các hình thức xã hội hóa trong đầu tư xây dựng và quản lý vận hành dự án tạo nguồn lực và động lực mới và tiết kiệm hiệu quả trong xây mới và cải tạo chỉnh trang vườn hoa, công viên.

Việc lấy ý kiến và giám sát cộng đồng dân cư trong quá trình xây mới và cải tạo công viên, vườn hoa cần được xem là một quy trình bắt buộc, triển khai trước và sau giai đoạn thiết kế. Cụ thể, cần nghiên cứu làm rõ nhu cầu của người dân tại chỗ về nhu cầu sử dụng đối với từng không gian vườn hoa, công viên. Tổ chức trưng bày phương án thiết kế lấy ý kiến cộng đồng để hoàn thiện hiệu quả và đồng thuận của người dân. Do tính chất phức tạp của các đồ án thiết kế loại này, vai trò của các hội đồng chuyên gia liên ngành về quy hoạch, kiến trúc, văn hóa lịch sử, quản lý phát triển đô thị... cũng cần được phát huy tối đa dưới nhiều hình thức để góp phần gia tăng hiệu quả chung.❖

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. ThS.KTS Phạm Hoàng Phương, 03/2024, "Cải tạo nâng cấp vườn hoa, công viên cần đồng bộ nhiều tiêu chí", Hà Nội mới
2. Đề tài cấp Bộ: Nghiên cứu KGCC trong các đô thị Việt Nam, đề xuất các giải pháp sử dụng hiệu quả KGCC trong các đô thị hiện hữu phù hợp Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia, Viện Kiến trúc quốc gia, 2023.



TS TRẦN BÁ VIỆT:

# Công nghệ xanh UHPC & những thách thức từ thực tiễn



KỲ ANH (thực hiện)

“Những người làm khoa học chỉ có sản phẩm thôi, ở đây tôi nhấn mạnh là sản phẩm đích thực, có kiểm nghiệm, kiểm chứng và được đánh giá với đầy đủ cơ sở khoa học. Còn đưa được khoa học công nghệ vào thực tiễn lại là những bước đi, mà đôi khi, chúng tôi thật khó hiểu, khó lý giải nổi” - TS Trần Bá Việt.

TS Trần Bá Việt là tác giả của một số sáng chế về “Bê tông tính năng siêu cao - UHPC” sử dụng vật liệu sẵn có và thiết kế cấp phối phù hợp, được Cục Sở hữu trí tuệ cấp bằng vào tháng 6/2023.

Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trao đổi cùng TS Trần Bá Việt về hành trình nghiên cứu, sáng tạo công nghệ UHPC cũng như những cơ hội, thách thức trong việc đẩy mạnh ứng dụng công nghệ mới vào thực tiễn đời sống xây dựng ở Việt Nam.

## UHPC - TRIỂN VỌNG XANH HÓA TRONG CÔNG NGHIỆP XÂY DỰNG

**◆ Thưa ông, thế giới đã ghi nhận bê tông siêu tính năng - UHPC, như là vật liệu cho xây dựng hạ tầng của thế kỷ 21, vậy chúng có những tính năng ưu việt gì?**

- Bê tông tính năng siêu cao (Ultra High Performance Concrete - UHPC) là một sản phẩm bê tông thế hệ mới được nghiên cứu và phát triển trên thế giới từ những năm 1990 với các đặc tính vượt trội về cả tính chất cơ học và độ bền lâu so với bê tông thường và bê tông cường độ cao. Bên cạnh đó, loại bê tông này còn có khả năng uốn và kéo cao (do có cốt sợi phân tán) như các loại vật liệu đàn hồi - dẻo, hay có thể thay thế bê tông cốt thép thông thường, với khối lượng kết cấu giảm tới 60 - 70%.

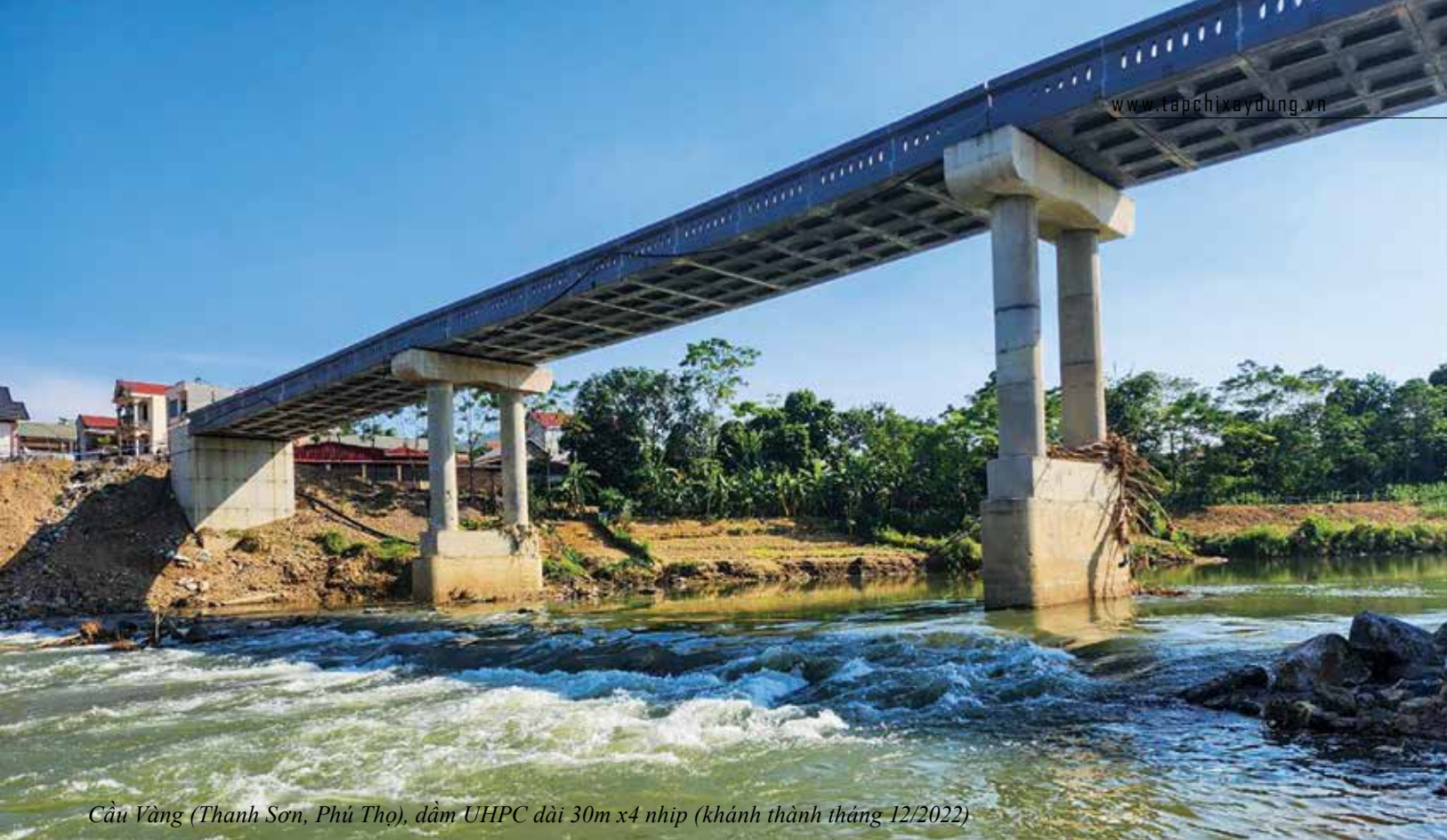
Các ứng dụng thực tế của bê tông UHPC cũng đã thực hiện đối với kết cấu cầu, kết cấu vượt nhịp lớn... ở một số nước trên thế giới như Hoa Kỳ khoảng 300 cây cầu UHPC, Canada khoảng 99 cây cầu UHPC, Malaysia khoảng 230 cây cầu UHPC, Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản...

## ◆ Theo ông, Việt Nam có những cơ hội nào thuận lợi nào để phát triển sản xuất UHPC?

- Chúng ta có những điều kiện thuận lợi trong việc tận dụng nguyên liệu tự nhiên, sẵn có. Một số nghiên cứu thăm dò của Viện Vật liệu xây dựng (Bộ Xây dựng), Công ty CP Sáng tạo công nghệ Việt Nam, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã cho thấy, có thể sử dụng cát trắng thạch anh ven biển, hàm lượng thạch anh thấp hơn yêu cầu cát cho công nghiệp thủy tinh - là cát trắng tận thu ven biển, với các thành phần hạt phù hợp làm cốt liệu nhỏ và cốt liệu mịn trong cấp phối bê tông tính năng siêu cao UHPC.

Cát thạch anh tự nhiên có hàm lượng SiO<sub>2</sub> chỉ từ 90 - 96% so với cát thủy tinh có yêu cầu SiO<sub>2</sub> từ 98 - 99,5%. Nguồn cát này hiện nay đang làm vật liệu san nền, có nhiều tại Cam Ranh, Đà Nẵng, Quảng Bình, Quảng Nam, Bình Định và một số nơi khác, nên phù hợp với việc tận dụng để chế tạo ra bê tông tính năng siêu cao UHPC, đem lại hiệu quả cao trong sử dụng tài nguyên, giá trị thặng dư lớn khi nhân rộng trong sản xuất công nghiệp. Có thể nói, đây là điều kiện thuận lợi về tài nguyên với chất lượng cao, cho phép giảm giá thành của sản phẩm UHPC. Từ đó, sẽ tạo điều kiện đưa sản phẩm UHPC có thể được sử dụng rộng rãi cho các công trình dân dụng hoặc hạ tầng với giá thành cạnh tranh với bê tông cốt thép truyền thống.

**◆ Có ý kiến cho rằng, bê tông chất lượng siêu cao có nhiều tính năng ưu việt, như độ chảy cao, cường độ cao, độ thấm thấp và độ bền cao, tuy nhiên, trong bê tông tính**



Cầu Vàng (Thanh Sơn, Phú Thọ), dầm UHPC dài 30m x4 nhịp (khánh thành tháng 12/2022)

**năng siêu cao, lượng xi măng sử dụng rất lớn, khoảng 900 - 1000 kg/m<sup>3</sup>, điều này sẽ ảnh hưởng lớn đến giá thành và tính chất của sản phẩm?**

- Chính vì thế, việc nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng thay thế một phần xi măng trong bê tông tính năng siêu cao có ý nghĩa to lớn về mặt kỹ thuật, kinh tế và môi trường, góp phần vào mục tiêu phát triển xây dựng bền vững.

Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra có thể sử dụng 10% tro bay FA, 15 - 30% xỉ hạt lò cao nghiền mịn, 7 - 10% silicafume thay thế cho xi măng để sản xuất bê tông tính năng siêu cao UHPC. Các nguyên liệu này là phụ phẩm công nghiệp luyện kim, nhiệt điện và đều phát sinh trong quá trình sản xuất công nghiệp tại Việt Nam.

Các phụ gia khoáng hoạt tính tro bay, xỉ hạt lò cao nghiền mịn, SF, tro trấu nghiền mịn khi sử dụng trong bê tông sẽ có phản ứng với sản phẩm thủy hóa của xi măng là phản ứng pozzolanic tạo ra các sản phẩm dạng CSH độ thấp bazit và làm cho UHPC đạt cường độ cao, bền lâu với môi trường ăn mòn hơn.

Với khối lượng kết cấu giảm đi rất nhiều so với bê tông truyền thống, bê tông siêu tính năng UHPC có thể được sử dụng để xây dựng các công trình tại nhiều vị trí, địa hình địa điểm khác nhau mà vẫn đảm bảo được kết cấu vững chắc, giảm chi phí nền móng, giúp công trình bền lâu, giảm chi phí bảo trì, tăng độ tin cậy trong khai thác sử dụng.

#### **SẢN PHẨM CỦA 15 NĂM KIÊN TRÌ NGHIÊN CỨU VÀ THỬ NGHIỆM**

◆ **Bê tông siêu tính năng UHPC tại Việt Nam được đánh**

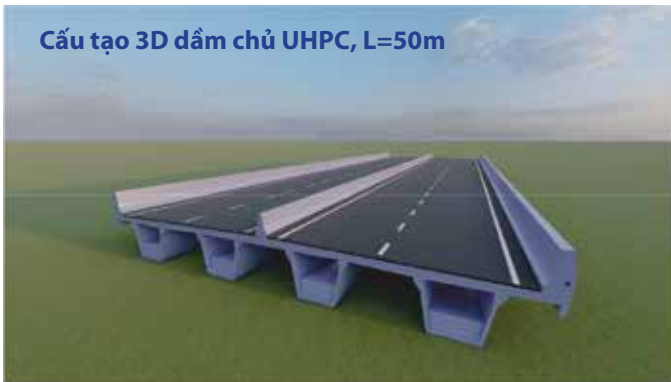
**giá nhiều triển vọng, có ý nghĩa tạo động lực mới cho ngành bê tông nước nhà. Việc đưa sản phẩm công nghệ mới ứng dụng trong điều kiện xây dựng ở Việt Nam đã được thực hiện ra sao?**

- Việt Nam bắt đầu nghiên cứu về UHPC trong khoảng 15 năm gần đây, ban đầu là nghiên cứu vật liệu kỹ thuật để chế tạo UHPC trong Phòng thí nghiệm. Sau đó là các nghiên cứu sử dụng nguyên vật liệu Việt Nam để thiết kế cấp phối và chế tạo UHPC trong Phòng thí nghiệm.

Năm 2014 - 2015, Viện Khoa học công nghệ xây dựng (Bộ Xây dựng) đã nghiên cứu bước đầu làm chủ các thông số công nghệ, thiết bị và thiết kế kết cấu và chế tạo dầm Double Tee nhịp 12 m, tải 0.45 HL93, và tiến hành thử tải dầm cho kết quả đáp ứng yêu cầu thiết kế.

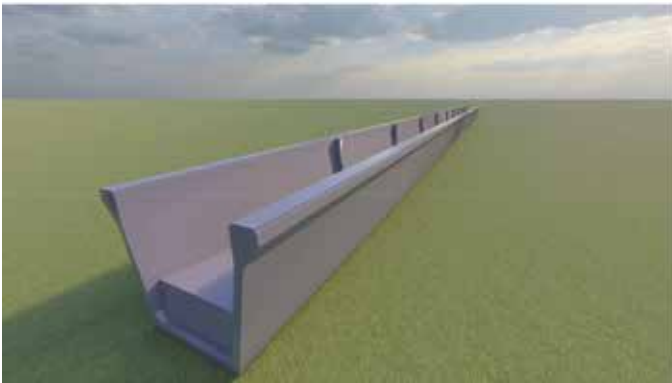
Đến năm 2016, chúng tôi đã thiết kế kết cấu và chế tạo thành công dầm UHPC mặt cắt dạng Double Tee, nhịp 18 m, tải 0.65 HL 93, rồi sử dụng dầm đó xây dựng cầu Đập Đá (TP Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang), cho kết quả tốt, đáp ứng yêu cầu thiết kế. Đây là cây cầu đầu tiên trong thực tiễn được thiết kế và xây dựng bằng dầm UHPC tại Việt Nam; là sự khích lệ lớn với các nhà nghiên cứu phát triển UHPC ở Việt Nam.

Việc ứng dụng thành công công nghệ bê tông tính năng siêu cao UHPC vào xây dựng nhịp chính công trình cầu này là một trong những kết quả kết nối cung - cầu công nghệ, dù kinh phí xây dựng không lớn, nhưng công trình mang ý nghĩa quan trọng trong việc kết nối, chuyển giao và ứng dụng thành tựu khoa học và công nghệ (KH&CN) vào thực tiễn xây dựng hạ tầng giao thông nông thôn, khẳng định hiệu quả ứng dụng của sản phẩm và mở ra tiềm năng lớn



Cấu tạo 3D dầm chủ UHPC, L=50m

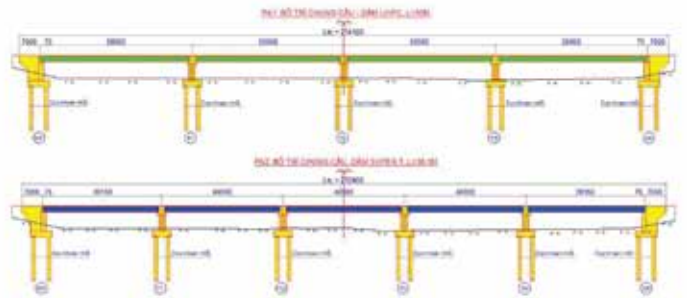
Mặt cắt ngang cầu, B=17.5m, 4 dầm chủ



Dầm UHPC, L=50m



Dầm UHPC, L=50m



Bố trí chung cầu dầm UHPC & dầm Super T

trong việc góp phần thực hiện một số nội dung của Chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới.

Từ thành công bước đầu, cuối năm 2016 - 2017, tôi cùng Công ty Tư vấn cầu Thăng Long đã thiết kế, chế tạo dầm UHPC và xây dựng 11 cây cầu, mặt cắt dầm dạng Double Tee gồm 2 phiến Double Tee ghép lại rộng 4 m, nhịp từ 8 - 16 m, tải 0.65HL93 tại Hà Nội và Đà Nẵng. Các cầu này được xây dựng rất nhanh, có cầu chỉ xây dựng trong 2 tuần. Các cầu đều được thử tải và cho kết quả đáp ứng yêu cầu thiết kế. Cho tới nay các cầu đều đang được khai thác sử dụng cho kết quả tin cậy.

Thời gian gần đây, tôi cùng với các chuyên gia của Viện Vật liệu xây dựng và Hội Bê tông Việt Nam đã tư vấn sử dụng và thí nghiệm, kiểm định chất lượng tại hiện trường cho hơn 2.000 m<sup>3</sup> bê tông UHPC với cấp mác 120/7 MPa làm lớp phủ liên hợp trong dự án sửa chữa mặt cầu Thăng Long, Hà Nội. Dự án đã được Bộ GTVT, Tổng cục Đường bộ Việt Nam quyết định lựa chọn phương án UHPC liên hợp cho sửa chữa gia cường mặt cầu Thăng Long. Giai đoạn lập dự án, thiết kế thi công Bộ GTVT đã giao cho Trường ĐH Giao thông vận tải và Công ty Cầu lớn - Hầm thực hiện.

Dầm UHPC đã sử dụng trong các dự án, hiện được thiết kế chế tạo dạng Duple Tee, Pi và I, U hỡ với cấp tải trọng thấp là 0.45 HL93 (cho xe 15 tấn) và 0.65 HL93 (cho xe 22 tấn), nhịp nhỏ dưới 30 m. Các kết quả nghiên cứu ứng dụng dầm UHPC này cho thấy khả năng nghiên cứu ứng dụng, lựa chọn vật

liệu, thiết kế cấp phối và chế tạo dầm UHPC cấp mác 130/8 MPa là khả thi và tin cậy trong điều kiện thực tiễn Việt Nam. Các dầm và cầu này đã lần lượt được đưa vào sử dụng đáp ứng tốt các yêu cầu cấp bách về xây dựng hạ tầng giao thông ở nước ta hiện nay.

**◆ Tại Việt Nam, nhiều vùng sâu, vùng xa còn bất lợi về giao thông, ông có cho rằng công nghệ cầu nông thôn bằng bê tông UHPC sẽ là giải pháp trong phát triển nông thôn mới?**

- Nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc đi lại, sinh hoạt, đảm bảo an toàn giao thông của người dân tại các vùng khó khăn, Thủ tướng Chính phủ ra quyết định số 330/QĐ-TTg ngày 01/3/2016 về phê duyệt danh mục dự án xây dựng cầu dân sinh và quản lý tài sản địa phương. Bộ GTVT cơ quan chủ quản, UBND các tỉnh thành phối hợp thực hiện, Ngân hàng Thế giới (WB) tài trợ.

Năm 2018, WB thông qua chương trình tài trợ dự án LRAMP đã xây dựng 3 cầu nông thôn ở 3 miền đất nước gồm cầu Làng Cỏ (Thái Nguyên), cầu Khe Dợn (Nghệ An) và cầu Từ Ô (Trà Vinh) sử dụng bằng bê tông siêu tính năng UHPC.

WB lựa chọn công nghệ bê tông siêu tính năng UHPC vì sản phẩm đáp ứng được các yêu cầu về địa hình, nền đất, tính ưu việt về kỹ thuật đảm bảo độ bền lâu, tuổi thọ cao, thời gian thi công nhanh, giảm phát thải CO<sub>2</sub>, giảm tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên. Đồng thời, qua chương trình dự án WB muốn lan

TS Trần Bá Việt sinh năm 1957, quê quán: Nam Định. Tốt nghiệp Đại học Bách khoa Hà Nội năm 1979; bảo vệ bằng Tiến sĩ năm 1996; nghiên cứu viên cao cấp từ 2012 đến nay. Nguyên Phó viện trưởng Viện KHCNXD (Bộ Xây dựng). Hiện là Phó chủ tịch Hội VLXD Việt Nam, Phó chủ tịch Hội Bê tông Việt Nam, Phó chủ tịch Hội Ân mồn VN; Thành viên Viện Bê tông Hoa Kỳ; Trưởng ban TCVN/ ISO 71: BT và BTCT của Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng.

Ông là chuyên gia hàng đầu Việt Nam về UHPC, nghiên cứu, chế tạo thành công bê tông cốt sợi hỗn hợp, bê tông tính năng cao phù hợp với khí hậu Việt Nam; nghiên cứu ứng dụng công nghệ UHPC cho dầm cầu, ứng dụng cho hơn 100 cầu tại 17 tỉnh, thành; nghiên cứu ứng dụng UHPC liên hợp, ứng dụng 2.000 m<sup>3</sup> cho sửa chữa mặt cầu Thăng Long; nghiên cứu, ứng dụng chế tạo bê tông bột khô trộn sẵn UHPC; nghiên cứu biên soạn tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu kết cấu UHPC. Hướng dẫn 04 NCS bảo vệ thành công luận án TS. Chuyển giao công nghệ UHPC cho 6 công ty.



tỏa hiệu quả của dự án đến các vùng nông thôn, vùng sâu.

Để hướng tới công trình xanh, theo đánh giá của WB, hệ thống cầu này tính theo mét vuông so với cầu bê tông thông thường giảm khoảng 20 - 25 % phát thải CO<sub>2</sub>, giảm khoảng 70% khối lượng của dầm cầu (tính tải dầm), điều này đồng nghĩa giảm tiêu thụ tài nguyên, mặt khác do sử dụng công nghệ vật liệu UHPC nên tuổi thọ tăng gấp đôi so với bê tông thông thường.

Việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ chế tạo UHPC và chế tạo dầm UHPC ở nước ta đã bước đầu được thiết kế, chế tạo và ứng dụng cho hơn 100 cầu nông thôn UHPC cấp 130/8 MPa tại 17 tỉnh thành trong cả nước.

Những cây cầu dân sinh sử dụng phiến dầm theo công nghệ UHPC cho phép giảm trọng lượng, giảm tiết diện, tăng độ bền, giảm chi phí bảo trì và thời gian sản xuất thi công nhanh, giảm tiêu thụ tài nguyên, giảm phát thải CO<sub>2</sub>. Dầm cầu được đúc sẵn nên việc lắp đặt nhanh, không cần giàn giáo, cây chống. Dầm cầu được chế tạo theo công nghệ UHPC được sản xuất sẵn trong nhà máy, nên chủ động trong việc vận chuyển và đặc biệt hiệu quả khi vận chuyển tại các vùng sông nước như ĐBSCL.

Theo số liệu của WB, riêng ĐBSCL đã cần xây dựng khoảng 157 nghìn cây cầu dân sinh.

#### **GIAN NAN ĐƯỜNG ĐƯA SẢN PHẨM KHOA HỌC VÀO THỰC TIỄN**

◆ **Dường như chi phí sản xuất cao là trở ngại lớn nhất của việc ứng dụng bê tông siêu tính năng UHPC trong lĩnh vực xây dựng. Ông đánh giá như thế nào về vấn đề này?**

- UHPC bắt đầu được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng và hạ tầng trên thế giới vì sản phẩm giảm tiêu hao vật liệu, giảm tính tải, tăng tốc độ thi công, tăng tuổi thọ công trình, giảm phát thải CO<sub>2</sub>. Nó chỉ có một đặc điểm là giá tính

1 m<sup>3</sup> UHPC cao hơn so với bê tông thông thường, nhưng nếu tính theo m<sup>2</sup> mặt cầu, m<sup>2</sup> xây dựng và theo tuổi thọ (chi phí vòng đời) thì giá thành chỉ bằng khoảng 70% so với kết cấu bê tông thông thường.

Kết cấu dầm thanh mảnh nên khối lượng giảm (tính tải bản thân nhỏ, giảm khoảng 70% so với tính tải của dầm bê tông thông thường) nên giảm được chi phí xây dựng móng và kết cấu móng trụ.

UHPC với các tính năng đặc biệt (chịu kéo cao, giới hạn phá hoại kéo sau khi xuất hiện vết nứt đầu tiên cao) áp dụng hiệu quả cho vùng có nguy cơ động đất. Thời gian thi công công trình nhanh hơn, chế tạo hàng loạt trong nhà máy sẽ cho phép giảm giá thành nhiều hơn nữa.

Với công nghệ đã được làm chủ, khi chế tạo hàng loạt, chúng tôi có thể thiết kế thành phần bê tông siêu tính năng UHPC, thiết kế kết cấu UHPC, cũng như chế tạo các phiến dầm cầu có nhịp từ 12 - 25 m. Nếu nối 3 nhịp dài 12 m thành cầu 36 m hoặc nối 2 nhịp 25 m thành cầu 50 m, thì giá thành sẽ giảm 20%, nếu tính cả móng và trụ cầu, thì tổng giá thành xây dựng cầu sẽ giảm chỉ còn 65 - 75% so với cầu bê tông truyền thống. Đặc biệt hiệu quả với khu vực ĐBSCL vì có thể vận chuyển bằng đường thủy. Hiện nay, các nhà máy bê tông lớn đều có thể làm chủ công nghệ vật liệu, chế tạo cấu kiện dầm UHPC (Bê tông Thủ Đức 1, Sông Đà Việt Đức, Thành Hưng, Xuân Mai).

Về chi phí vận chuyển, nguồn nguyên liệu có sẵn dọc theo bờ biển Việt Nam có thể vận chuyển theo đường thủy rất thuận lợi (khi 50% của trọng lượng dầm là cát trắng thạch anh, phí vận chuyển tương đối rẻ)

Về vận chuyển cấu kiện dầm, nếu những dầm lớn sản xuất tại nhà máy thì độ tin cậy, chất lượng cao song giá thành cũng giảm so với sản xuất tại hiện trường. Thường dầm có thiết kế chiều rộng khoảng 2,5 m có thể có thể vận chuyển



**Bê tông UHPC cũng được áp dụng vào thiết kế, sửa chữa mặt cầu Thăng Long đạt kết quả cao. Từ khi hoàn thành sửa chữa cầu tới nay (tháng 1 năm 2021), trải qua thời tiết nắng mưa, nhiệt độ từ 12 - 45°C, thậm chí có lúc đo được mặt cầu lên tới 65°C nhưng vẫn khai thác tốt, đáp ứng các yêu cầu đề ra với chi phí bảo trì thấp.**

đường bộ, còn khu vực vùng sông nước như ĐBSCL có thể thiết kế dầm rộng tới 4 m, tiết kiệm hơn nữa, và vẫn dễ dàng vận chuyển thủy.

Khu vực miền núi phía Bắc, nhiều đồi núi có thể vận chuyển theo các phân đoạn dầm, chia cắt thành các phân đoạn, theo hình thức sản xuất để dễ dàng di chuyển đến các vùng sâu, vùng xa (sau đó đến hiện trường các đoạn dầm được nối lại theo phương pháp căng sau). Ví dụ, cầu Vàng tại Thanh Sơn, Phú Thọ (30 m x 4 nhịp, rộng 6,5 m, tải 0,65HL93) được sử dụng theo phương pháp căng sau. Do đó, tùy theo điều kiện địa hình, chúng ta có thể lựa chọn phương pháp đúc căng trước hay căng sau.

Với những dự án đủ lớn (ví dụ tuyến cầu cạn dài khoảng 30 - 50 - 100 km) có thể thiết lập xưởng di động lắp đặt tại hiện trường, với dầm dài 50 - 60 m, sau khi chế tạo, dầm sẽ được vận chuyển theo đường công vụ.

Việc thiết kế dầm 50 - 60 m sẽ giảm chi phí phân cọc - trụ, giảm gối cầu, khe co giãn. Như vậy tiết kiệm vật liệu và thời gian thi công. Bù đắp cho phần giá thành vật liệu sản xuất UHPC cao hơn loại thông thường. Nếu tính tổng mức đầu tư thì chi phí xây dựng cầu cạn tại vùng đất yếu sâu (cọc khoan nhồi 50 - 60 m), đường đắp cao trên 3,5 m, có hầm chui dân sinh, thì tổng mức đầu tư không cao hơn so với phương án thông thường.

**◆ Còn ở Việt Nam, với góc nhìn của một chuyên gia về lĩnh vực này, theo ông, những thách thức của việc đưa sản phẩm công nghệ mới ứng dụng trong điều kiện xây dựng ở Việt Nam là gì?**

- Công nghệ về sản xuất UHPC hiện còn khá mới, chỉ có số ít đơn vị có thể sản xuất và cung ứng loại vật liệu này, dẫn đến giá

thành sản xuất ban đầu chưa thực sự cạnh tranh. Ngoài ra, việc thiếu các tiêu chuẩn dành riêng cho loại bê tông này cũng ảnh hưởng đến việc thiết kế, thử nghiệm và thi công kết cấu UHPC.

Những thách thức với công nghệ mới nằm ở một số đơn vị tư vấn; lợi ích của một số đơn vị sản xuất vật liệu cũ, thi công truyền thống ảnh hưởng trong ngắn hạn khi phải đổi mới sáng tạo. Đặc biệt, khả năng đào tạo, tiếp thu công nghệ mới trong thiết kế và thi công công trình của các kỹ sư tư vấn cũng khiến công nghệ mới chậm được áp dụng.

Trong năm 2022, Hội Bê tông Việt Nam cũng đã hoàn thành biên soạn bộ dự thảo gồm 03 tiêu chuẩn TCVN về bê tông tính năng siêu cao UHPC: TCVN 13735:2023 Bê tông - Bê tông siêu tính năng (UHPC) - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử, TCVN 13736:2023 Bê tông - Kết cấu bê tông siêu tính năng (UHPC) - Thi công và nghiệm thu, TCVN 13737:2023 Bê tông - Kết cấu bê tông siêu tính năng (UHPC) - Yêu cầu thiết kế kết cấu.

Từ đây, mở ra cơ sở pháp lý kỹ thuật cho nghiên cứu và ứng dụng chính thức bê tông UHPC tại Việt Nam. Nguồn nguyên vật liệu bước đầu nghiên cứu đánh giá, thiết bị công nghệ, thiết bị thử nghiệm cũng đã có và dần dần được chuẩn hóa là điều kiện đảm bảo cho nghiên cứu chế tạo cấp phối, công nghệ và có thể chế tạo thử dầm UHPC nhịp lớn.

Bên cạnh đó, khi phân tích về hệ thống cao tốc miền Tây, công nghệ UHPC là một trong những giải pháp tối ưu ứng dụng cho xây dựng cao tốc. Hồ sơ phương án công nghệ UHPC đã được gửi tới Bộ GTVT. Tôi kỳ vọng trong thời gian tới Bộ GTVT, Bộ Xây dựng và các chủ đầu tư sẽ có chủ trương để áp dụng công nghệ tiên tiến UHPC trong xây dựng hạ tầng cầu dẫn, cầu cạn.



Cầu sử dụng dầm UHPC tại Trung Quốc.

**Các kết quả nghiên cứu cho thấy, tiềm năng của cát thạch anh tự nhiên ở Việt Nam để chế tạo UHPC, giúp UHPC có cường độ chịu nén, kéo - uốn, tính dẻo dai, là rất lớn. UHPC được chế tạo tại Việt Nam đã đạt được cường độ chịu nén R28 khoảng 130 ÷ 190 MPa, cường độ chịu kéo trực tiếp trong khoảng 7 ÷ 14 MPa và chịu kéo khi uốn R28 và 20 ÷ 45 MPa. Modul đàn hồi của UHPC trung bình 40 ÷ 60 GPa.**



Xi măng



Cát Quartz



Silicafume



Sợi thép Micro Steel Fiber

**◆ Thế đâu là rào cản, thưa ông?**

- Thực tiễn về mặt khoa học đã được chứng minh, còn các thủ tục, cũng như các vấn đề hành chính khác thực sự không dễ dàng! Những người làm khoa học chỉ có sản phẩm thôi, ở đây tôi nhấn mạnh là sản phẩm đích thực, có kiểm nghiệm, kiểm chứng và được đánh giá với đầy đủ cơ sở khoa học. Còn đưa được khoa học công nghệ vào thực tiễn lại là những bước đi, mà đôi khi, chúng tôi thật khó hiểu, khó lý giải nổi?! Tiên đề cho đổi mới, sáng tạo, phát triển đất nước, có lẽ, ngoài trường kỳ nghiên cứu để ra được các sản phẩm mà các nhà khoa học đã bỏ ra, chúng ta cần tháo bỏ những lực cản vô hình về mặt chính sách, thủ tục!?

Theo tôi, một trong số các giải pháp thúc đẩy ứng dụng công nghệ bê tông UHPC trong các công trình giao thông thì Bộ GTVT, Bộ Xây dựng cần có chủ trương để sớm ban hành các văn bản quy phạm pháp luật, các tiêu chuẩn hướng dẫn, định mức kinh tế kỹ thuật quy định của mỗi hạng mục trong các công trình xây dựng, giao thông.

Với vai trò là một người làm khoa học, Phó chủ tịch Hội bê tông Việt Nam, tôi và các cộng sự của mình không

ngừng nghiên cứu và áp dụng công nghệ UHPC tại Việt Nam, từ đó, đưa ra các hướng dẫn và khuyến nghị tại Việt Nam, để mang đến đầy đủ những cơ hội cũng như thấy được những thách thức trong việc đẩy mạnh ứng dụng công nghệ này, với mong muốn hệ thống cao tốc được xây dựng tốt, nhanh, tin cậy trong khai thác, đảm bảo sự phát triển bền vững của chính hệ thống cao tốc và cho ĐBSCL.❖

**◆ Trân trọng cảm ơn ông!**

# Chuyện về chung cư Xanh - Sạch - Rẻ - An!



**NGUYỄN HOÀNG LINH**

**T**heo báo cáo mới đây của Hội Môi giới bất động sản Việt Nam (VARs), hiện nay, nhiều người dân chưa nhận thức chính xác về công trình xanh. Đây là sơ hở cho một số chủ đầu tư trục lợi, mượn danh hiệu dự án bất động sản xanh để quảng bá nhằm gia tăng khả năng thu hút, xoay vòng vốn và mở rộng diện khách hàng.

Từ đó, VARs đề nghị các cơ quan quản lý Nhà nước cần sớm xây dựng và triển khai thực hiện quy trình đánh giá, chứng nhận, cấp chứng chỉ cho vật liệu, thiết bị, công trình xanh bằng các con số, định lượng cụ thể. Trên thế giới có nhiều hệ thống đánh giá tiêu chuẩn công trình xanh đang được áp dụng như Edge (của tổ chức IFC thuộc Ngân hàng Thế giới), Green Mark (Singapore), Leed (Mỹ)...

Hẳn nhiều người đã biết, từ năm 2005, Bộ Xây dựng đã ban hành QCVN 09:2005 - Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả. Đến năm 2013, quy chuẩn này được xem xét bổ sung và chỉnh sửa, thay thế bằng QCVN 09:2013/BXD sau đó là QCVN 09:2017/BXD. Như vậy, phát triển các công trình xanh, công trình hiệu quả năng lượng trong đó có các tòa nhà chung cư cao tầng cần được xác định là một trong các giải pháp và là xu hướng tất yếu.

Tuy nhiên trong thực tiễn, những nguyên tắc cơ bản để xây dựng nên “Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả” thì lại trong tình trạng “trăm hoa đua nở” ở từng mỗi địa phương, từng doanh nghiệp và thậm chí trong từng nhận thức của mỗi người dân

Nhân sự kiện này, xin nêu bài học rút ra từ thực tiễn của một dự án chung cư được mệnh danh là Khu chung cư Xanh - Sạch - Rẻ - An, đó là một dự án đã đưa vào sử dụng và được thử thách đến nay hơn 10 năm.

Chính vì đã vượt qua thử thách của thời gian mà trong buổi lễ trao Giải thưởng quốc gia BĐS Việt Nam 2018 đã khiến nhiều người bất ngờ khi xuất hiện một cái tên rất mới, rất lạ, trong một hạng mục được rất nhiều người quan tâm “Dự án công trình xanh tốt nhất”, đó là Dự án chung cư Thái An (TP.HCM) của Công ty Địa ốc Đất Lành. Người sáng tạo ra khái niệm “Khu chung cư Xanh - Sạch - Rẻ - An” và biến nó thành hiện thực chính là chủ đầu tư - kỹ sư xây dựng Nguyễn Văn Đức.

Theo ông Đức, nhu cầu về nơi ở của người Việt Nam cũng như các nhu cầu về ẩm thực, thời trang, xe cộ, khí hậu, thổ nhưỡng, bản tính... phải phù hợp với Việt Nam chứ không nên sao chép, cóp nhặt của Pháp, Mỹ, Hàn, Nhật hay Singapore... Hoặc ngay như tại Việt Nam, nơi ở của người Sài Gòn cũng khác với người Hà Nội. Ta hãy xem cách mà ông phân tích.

Sài Gòn có 2 mùa nắng - mưa rõ rệt, nhiệt độ ngày nóng dao động từ 28 - 36°C nên phải “trốn Tây lấy Nam”, nghĩa là chung cư phải có mặt tiền đưa ra hướng Tây ít nhất để trốn nắng và đưa ra hướng Nam nhiều nhất để đón gió. Mặt hướng Tây phải hạn chế cửa kính và tăng cường diện tích tường cách nhiệt, thêm nhiều lam chắn nắng và phủ thảm cây xanh cho tường. Mặt hướng Nam phải có nhiều khe thông thoáng để



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

**HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC**

đón ánh nắng xiên và đưa làn gió mát vào chung cư.

Chung cư có thể được làm 6 khe và 3 ống để lấy nắng - gió từ 4 hướng vào hành lang sảnh tầng và căn hộ, để nói "không" với nóng bí và tối tăm.

Người Sài Gòn rất phóng khoáng trong việc ăn nhưng tiết kiệm trong việc ở. "Ăn nhiều chứ ở bao nhiêu". Vì thế, chung cư Sài Gòn không cần có diện tích lớn, chỉ chừng 50 m<sup>2</sup> mà vẫn đủ các chỗ để sống vui: 2 phòng ngủ, 2 WC, bếp ăn khách chung và lò-gia giặt phơi, tất cả đều có 2 mặt tiếp xúc với bên ngoài là quá đủ, điều này không phải kiến trúc sư nước ngoài hay sinh ngoại nào cũng biết và làm được.

Người Sài Gòn đòi hỏi chủ đầu tư phải giới thiệu mặt bằng tầng tiêu chuẩn để "mắt thấy" mà không cần phải tưởng tượng. Mặt bằng phải giới thiệu hành lang rộng hơn 1,8 m, sảnh tầng trước thang máy rộng hơn 3 m để tiện đi lại, nhất là khi có nguy biến. Mặt bằng phải cho thấy ít nhất 2 cầu thang bộ và tại sao không thể thêm cầu thang bộ thoát hiểm(!?). Mặt bằng cho thấy chung cư phải thông thoáng tràn ngập nắng - gió, không được bit bùng tối đen, ô nhiễm. Người Sài Gòn sống cởi mở và muốn cởi mở nơi sống. Mặt bằng để cho thấy vị trí căn hộ trong quan hệ hàng xóm, trong giao thông chung và hướng căn hộ.

Người Sài Gòn "ghét nóng ưa mát" nên đừng lát gỗ vừa nóng nực vừa không bền lâu, hãy lát đá cho mát lạnh. Nhà Sài Gòn phải cao để sáng, thoáng mát, đón gió đủ 4 hướng, hạn chế dùng đèn, quạt và nói "không máy lạnh".

Người Sài Gòn với 50 m<sup>2</sup> mà sống chung được "3 thế hệ" với 2 phòng ngủ và 1 phòng ngủ dự trữ, thêm nơi thư giãn đọc sách, nghe nhạc. Đơn giản vì cao 4,5 m mà không đóng trần..., đã cao lại càng cao thêm.

Còn về khái niệm về "Khu chung cư Xanh - Sạch - Rẻ - An" đã được Công ty Địa ốc Đất Lành thực hiện ở khu Thái An như thế nào, ta hãy tìm hiểu phân tích của kỹ sư Nguyễn Văn Đục.

### **Thứ nhất, về chung cư Xanh:**

Một công trình Xanh phải được hình thành từ giải pháp thiết kế kiến trúc, sử dụng các yếu tố gắn gũi và lợi dụng thiên nhiên để tiết kiệm năng lượng tối đa, bảo vệ môi trường. Thiết kế có lỗ thông thoáng nắng - gió cho tầng hầm, khe nắng - gió cho sảnh tầng và các phòng căn hộ; ban công là nơi trồng hoa, thư giãn nghỉ ngơi; sân thượng bố trí vườn cỏ hoa và rau sạch, kết hợp sắp xếp các khu vực sinh hoạt cộng đồng; công viên và vỉa hè phủ đầy mảng xanh tạo không khí mát lành.

Quan niệm của ông có 4 yêu cầu để Xanh: kiến trúc Xanh, không gian Xanh, môi trường Xanh và hiệu quả Xanh.

**Kiến trúc Xanh:** Lỗ xuyên tầng hầm, Khe sảnh tầng, ban công, sân phơi, sân thượng.

**Không gian Xanh:** Công viên Xanh, tầng hầm Xanh, sảnh tầng Xanh, căn hộ Xanh, sân thượng Xanh.

**Môi trường Xanh:** Vệ sinh sạch, xử lý nước thải để tưới cây, cấp nước sạch, không cháy không ngạt.

**Hiệu quả Xanh:** Giá bán và phí quản lý thấp, doanh nghiệp Xanh, bán hàng Xanh, cư dân Xanh, cộng đồng thân thiện, tiết kiệm năng lượng.

**Thứ hai, về chung cư Sạch** cũng có 4 yêu cầu, đó là giữ

**Mục đích cuối cùng của chiến lược xây dựng các chung cư cao tầng xanh, thông minh, ứng phó biến đổi khí hậu là nâng cao chất lượng sống của cư dân, hướng đến xây dựng một đô thị phát triển bền vững và đáng sống.**

gìn vệ sinh Sạch, doanh nghiệp Sạch, vật liệu Sạch, kiến trúc Sạch.

**Giữ gìn vệ sinh Sạch:** Môi trường sạch sẽ đem lại hiệu quả công việc và chất lượng cuộc sống cao nhất.

**Doanh nghiệp Sạch:** Không "chạy mua" các chỉ tiêu quy hoạch kiến trúc, không xây dựng quá ngộp, không trục lợi quá nhiều, không quảng cáo quá lời, không "mua chuộc" danh hiệu, không bán hàng kiểu "đa cấp" và "ảo".

**Vật liệu Sạch:** Không tàn hại môi trường khi dùng vật liệu có nguồn thiên nhiên như đất sét - gỗ, phải dùng các vật liệu nhân tạo như nhựa, nhôm, kính... có thể tái tạo.

**Kiến trúc Sạch:** Nhận tối đa nắng - gió, tạo thông thoáng và ánh sáng tự nhiên. Sân thượng trồng cây xanh và có hồ trữ nước mưa giúp giảm lượng nước mưa xuống ngập đường phố.

**Thứ ba, về chung cư Rẻ,** đầu tiên là giá bán phải Rẻ hơn giá thị trường trong khu vực.

Tiết kiệm từ thiết kế kinh tế đến thi công và quản lý, tiết kiệm trong cách bán hàng.

Tiết kiệm điện trong căn hộ khiến hạn chế dùng đèn, quạt và máy lạnh.

Tiết kiệm đến 80% điện chiếu sáng và thông thoáng cho tầng hầm, sảnh tầng và căn hộ, đưa đến hiệu quả "10 giờ tái đất mỗi ngày".

Tiết kiệm chi phí vận hành khoảng 4.000 đ/m<sup>2</sup>/tháng (con số đưa ra cách đây hơn 10 năm).

Tiết kiệm tiền chạy theo các danh xưng, danh hiệu không thiết thực trong và ngoài nước.

### **Thứ tư, về chung cư An**

**An toàn:** Không trộm cướp, không ồn ào, không khói bụi, không mùi hôi, không chó mèo.

Chữa cháy ở chung cư cao tầng hiệu quả không cao, cho nên phải đặt nặng yêu cầu phòng cháy: Làm sao công trình Không cháy (không có vật liệu dễ cháy và truyền cháy) và Không ngạt (sảnh tầng và tầng hầm thông thoáng, không tụ khói). Sân thượng là nơi thoát nạn khi cháy.

**An tâm:** Chi phí quản lý thấp, không xảy ra tranh chấp khiếu kiện giữa doanh nghiệp và cư dân về giá phí quản lý hay sở hữu chung riêng...

Vẫn biết rằng những quan niệm trên đây thuộc về mỗi doanh nhân để tạo nên văn hóa của mỗi doanh nghiệp, thấp thoáng tính khoa học xen lẫn tính đa dạng và ngôn ngữ phong phú của thực tiễn, song thiết nghĩ, những yếu tố nêu trên ở Dự án chung cư Thái An (TP.HCM) của Công ty Địa ốc Đất Lành cũng đáng để chúng ta suy ngẫm và học hỏi.❖

FOR  
RENT

# Đánh thuế nhà thứ 2 - góc nhìn từ Hoa Kỳ



TS LÝ VĂN VINH

Tại chương trình làm việc Kỳ họp bất thường lần thứ 5, sáng 18/01, Quốc hội đã tiến hành biểu quyết thông qua Luật Đất đai (sửa đổi). Tuy nhiên, một số vấn đề về chống đầu cơ nhà ở BĐS thì liên quan đến nhiều bộ, ngành.

Vấn đề đánh thuế chống đầu cơ nhà ở, BĐS, từ năm 2023 Thủ tướng Chính phủ đã có nhiều cuộc họp nhằm tháo gỡ khó khăn cho thị trường. Quan điểm của Bộ Tài chính là mỗi chính sách thuế đều có những tác động khác nhau, sắc thuế đưa ra có thể đạt được mục tiêu tránh đầu cơ nhưng lại hạn chế cầu với thị trường BĐS, nên phải xem xét, đánh giá mục tiêu trước mắt, trung hạn hay dài hạn với thị trường, bổ sung sắc thuế phải đảm bảo mục tiêu phát triển thị trường phát triển bền vững.

Bộ Tài chính đang nghiên cứu xây dựng dự án Luật Thuế BĐS, trong đó có nghiên cứu về thuế đối với nhà ở thứ 2, thuế đối với nhà, đất bỏ trống, đảm bảo phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội của Việt Nam và phù hợp với thông lệ quốc tế.

Liên quan đến vấn đề này có nhiều ý kiến, ví dụ người có 1 nhà, đất ở diện tích hoặc giá trị lớn sẽ không bị đánh thuế, trong khi người sở hữu hai nhà, đất ở diện tích, giá trị nhỏ lại chịu thuế cao. Ngoài ra, việc chưa số hóa giấy tờ giao dịch BĐS là kẻ hở để nhiều tổ chức, cá nhân lách thuế bằng cách cho người khác đứng tên, nên việc đưa ra thí điểm đánh thuế cao với BĐS thứ 2 lúc này chưa phù hợp... Tuy nhiên việc đánh thuế nhà thứ 2 vẫn là con đường phải hướng tới. Dưới đây là một số kinh nghiệm tại Hoa Kỳ về việc đánh thuế nhà thứ 2.

Hoa Kỳ là nước phát triển với hệ thống pháp lý quản lý BĐS hàng trăm năm, tuy nhiên việc đánh thuế BĐS đối với nhà thứ 2, đặc biệt đối với đầu tư mua nhà không dễ dàng. Người bán, người mua kinh doanh đều tìm cách đối phó với cơ quan thuế.

## 1. Thế nào là căn nhà thứ 2?

Rõ ràng là căn nhà thứ 2 phải khác với căn nhà thứ nhất (là nơi ở chính và đăng ký hộ khẩu). Căn nhà thứ 2 được mua từ bao lâu? được sử dụng làm kinh doanh không? (cho thuê làm văn phòng hay nhà ở...), rồi bạn là người thất nghiệp hay đi làm? Thu nhập 1 năm của bạn là bao nhiêu? Được áp vào mức nào của thuế thu nhập cá nhân? Bạn đang độc thân hay có gia đình?... Tất cả những điều này đều ảnh hưởng đến việc

thu, đánh thuế đối với căn nhà thứ 2.

## 2. Tiền lãi khi bán căn nhà thứ hai khác với căn nhà chính

Khi bán căn nhà thứ 2 để kiếm lời, Sở thuế vụ liên bang (IRS) <sup>1</sup> sẽ coi khoản lợi nhuận đó là thu nhập chịu thuế. Thuế thu nhập từ đầu tư vốn (từ dùng trong Thông tư 111/2013/TT-BTC ngày 15/08/2013 của Bộ Tài chính) <sup>2</sup> được tính vào bất kỳ khoản lãi nào bạn kiếm được sau khi tài sản được bán. Ví dụ: nếu bạn mua một căn nhà với giá 500 nghìn USD và bán nó với giá 650 nghìn USD, bạn sẽ có tổng lợi nhuận là 150 nghìn USD. 150 nghìn USD là số tiền mà IRS coi là phải chịu thuế. Tuy nhiên, có những loại trừ trong luật thuế.

## 3. Loại trừ thu nhập từ đầu tư vốn vốn áp dụng cho nơi ở chính

Nếu bán căn nhà chính với giá cao hơn số tiền đã mua, có một ngoại lệ đối với các quy tắc tiêu chuẩn của IRS về việc đánh thuế trên lợi nhuận ròng, được gọi là loại trừ tiền lãi bán nhà và cho 250 nghìn USD đối với những người đăng ký độc thân, hoặc 500 nghìn USD cho các cặp là vợ chồng được loại trừ khi tính thuế thu nhập đầu tư vốn.

Tuy nhiên, việc bán nhà trừ thuế cho ngôi nhà thứ 2 không giống nhau, vì các lợi ích đi kèm với nơi ở chính. Vì ngôi nhà thứ 2 không phải là nơi sống hầu hết thời gian, nên sẽ không có lợi ích tài chính cho việc loại trừ thuế này. IRS đã bỏ việc loại trừ thuế khi bán căn nhà thứ hai bằng cách đưa ra Đạo luật hỗ trợ nhà ở năm 2008. IRS coi nơi cư trú chính là nơi đã sống ít nhất hai trong số 5 năm trước khi bán. Nếu trường hợp này xảy ra với ngôi nhà thứ 2, sẽ được loại trừ. IRS gọi yêu cầu về nơi cư trú là "bài kiểm tra sử dụng". Các quy tắc về nơi ở chính sẽ xác định những gì phải trả tiền thuế.

## 4. IRS thu bao nhiêu tiền thu nhập từ đầu tư vốn?

IRS xem xét 3 yếu tố chính để quyết định số tiền cần trả cho thuế lãi vốn, đó là: Thời hạn sở hữu; Thuế suất; Sự gia tăng giá trị tài sản. Xem xét chi tiết về cách quyết định thuế lãi vốn.

## 5. Ngôi nhà thứ 2 được sở hữu bao lâu?

Đối với thuế lãi vốn khi bán căn nhà thứ 2, IRS phân loại quyền sở hữu và lãi vốn là ngắn hạn hoặc dài hạn, được coi là ngắn hạn nếu sở hữu ngôi nhà trong 1 năm hoặc ít hơn.

Thông thường, khoản lãi vốn được coi là dài hạn vì hầu hết các ngôi nhà thứ 2 được sở hữu trong hơn 1 năm khi bán.

Đôi khi cuộc sống xảy ra với những tình huống không lường trước nên có nhu cầu bán nhà, ví dụ thay đổi nơi làm việc chẳng hạn. Nếu rơi vào loại thu nhập ngắn hạn, nó sẽ bị đánh thuế là thu nhập bình thường trong khung thuế hoặc sử dụng thuế suất biên.

Khoản thuế phải trả có thể lên tới 37% lợi nhuận kiếm được từ việc bán nhà, tùy thuộc vào khung thuế. Thuế suất thuế lãi vốn đối với quyền sở hữu ngắn hạn được xác định dựa trên thu nhập, có thể thấy, thuế lãi vốn ngắn hạn thường cao hơn.

### 6. Thuế suất đầu tư vốn với ngôi nhà thứ 2.

Khi bán căn nhà thứ 2 đã sở hữu hơn 1 năm, sẽ phải chịu thuế suất lãi vốn dài hạn. Thuế suất này sẽ phụ thuộc vào thu nhập, có thể là 0%, 15% hoặc 20%. Cho dù rơi vào khung thuế nào, nó sẽ thấp hơn mức thuế suất biên đối với thu nhập thông thường. Dựa trên số liệu năm 2023, thu nhập từ 41.675 USD trở xuống, thuế suất là 0% cho những người đăng ký đơn lẻ. Từ 41.676 - 459.750 USD là 15% và thu nhập trên mức đó sẽ là 20%.

Nếu đã kết hôn và khai thuế chung với vợ/chồng, thu nhập trên 83.350 USD sẽ là 15% và 20% khi kiếm trên 517.200 USD Thu nhập chịu thuế sẽ ít hơn nhiều so với quyền sở hữu ngắn hạn.

### 7. Thu nhập từ việc bán nhà thứ 2

Mặc dù có vẻ là đã kiếm được nhiều tiền từ việc bán căn nhà thứ 2, nhưng điều đó không đơn giản. Khi loại bỏ các khoản phí và hoa hồng khi mua, lợi nhuận thực tế sẽ giảm đi.

Có thể khấu trừ bất kỳ khoản tiền nào chi cho tài sản để cải tạo hoặc sửa chữa. Vì vậy, nếu đã cải tạo tài sản, có thể khấu trừ số tiền đó để giảm thuế lãi vốn, miễn là vẫn giữ được hóa đơn.

### 8. Khấu hao tài sản cho thuê

Có thể sử dụng các khoản khấu trừ khấu hao nếu ngôi nhà thứ hai là nhà cho thuê, nơi có thể sử dụng khấu hao tài sản để giảm thuế thu nhập nhà cho thuê. Tài sản cho thuê có thời gian sử dụng hữu ích là 27,5 năm, nghĩa là nó khấu hao 3,636% mỗi năm so với giá gốc. Cơ sở chi phí là giá trị của tài sản cộng với phí và hoa hồng đã chi khi mua nhưng trừ đi giá trị đất.

Việc tính toán trở nên phức tạp hơn khi sử dụng phần thời gian ở nhà và cho thuê phần còn lại. Vì vậy, nếu đã sử dụng BĐS như một ngôi nhà thứ 2 trong 20% thời gian của năm, và cho thuê trong thời gian còn lại của năm, thì có thể nhận được 80% khấu hao. Tuy nhiên, IRS sẽ không cho phép khi không trả lãi vốn cho khoản khấu hao này, vì vậy họ có một quy trình được gọi là thu hồi khấu hao. Tổng số tiền khấu hao yêu cầu khi thuê nhà sẽ bị đánh thuế ở mức 25%

Ví dụ về tính thuế khi bán ngôi nhà thứ 2:

Giả sử bạn đã mua một ngôi nhà vào năm 2011 với giá 200 nghìn USD. Bạn cũng đã chi 10 nghìn USD cho việc này bằng cách trả hoa hồng và phí, sau đó bạn chi 30 nghìn USD để sửa sang lại ngôi nhà. Như vậy, bạn đã trả tới 240 nghìn USD, nhưng bạn cũng có thể thêm chi phí khi bán nhà, bao gồm hoa hồng và chi phí sang nhượng.

Giả sử những chi phí này lên tới 30 nghìn USD và nếu giá trị hiện tại tăng lên 400 nghìn USD vào năm 2023, thì bạn có khoản chênh lệch là 130 nghìn USD. Bạn khai thuế chung với vợ/chồng của mình và có thu nhập chịu thuế dự kiến là 120 nghìn USD vào năm 2023. Ngoài ra, ngôi nhà thứ 2 không đủ điều kiện để loại trừ vì đó không phải là nơi ở chính của bạn.

Trong ví dụ này, bạn sẽ trả 15% trên số tiền lãi 130 nghìn USD. Hóa đơn thuế sẽ tương đương với việc trả 19.500 USD tiền thuế lãi vốn. Nếu đã cho thuê tài sản và yêu cầu khấu hao. Yêu cầu khấu hao 50 nghìn USD, bạn sẽ phải trả 25% số tiền này cho IRS. Đây là 12.500 USD khác, tổng cộng là 32 nghìn USD để trả thuế lãi vốn. Đây không phải là chi phí thuế duy nhất phải trả, chỉ là thuế liên bang. Bạn có thể phải trả các loại thuế tiểu bang và các loại thuế khác.

### 9. Ngôi nhà thứ hai là nơi ở chính

Muốn tránh phải trả hoàn toàn thuế lãi vốn khi bán ngôi nhà thứ 2, nếu như sống ở đó 2 trong 5 năm với tư cách là ngôi nhà chính, không nhất thiết phải là 2 năm liên tiếp, vì vậy có thể tránh trả thuế hoàn toàn nếu dành thêm thời gian sống ở đó. Tuy nhiên, không thể sử dụng ngoại lệ cư trú chính này nhiều hơn một lần trong 2 năm. Điều này quan trọng nếu cần nhắc bán nơi ở chính sớm.

### 10. Nộp thuế lãi vốn khi mua một tài sản cho thuê khác

Để tránh trả thuế khi bán căn nhà thứ 2, có thể sử dụng tiền bán căn nhà thứ 2 mua một căn nhà khác cho thuê, sẽ tránh phải trả thuế khi bán căn nhà thứ 2. Đây được gọi là Điều trao đổi 1031 (Luật Thuế liên bang Hoa Kỳ) và cho phép tạm thời tránh phải trả thuế. Tuy nhiên, có một số quy tắc nghiêm ngặt phải tuân theo và nếu không tuân thủ, sẽ phải trả tiền lãi vốn. Những quy tắc này là:

Việc bán căn nhà thứ hai phải được chuyển vào tài khoản ký quỹ và không được sử dụng cho bất kỳ mục đích nào khác.

Chỉ có 45 ngày để tìm mua một BĐS khác.

Phải trả thuế trước bạ tài sản mới trong vòng 180 ngày.

### 11. BĐS phân loại là tài sản cho thuê

Yêu cầu sở hữu ngôi nhà ít nhất 2 năm.

Được thuê ít nhất 14 ngày trong 2 năm.

Ngôi nhà không được sử dụng làm BĐS nghỉ dưỡng quá 14 ngày hoặc 10% thời gian nó được thuê trong 2 năm. Ngoài các quy tắc này cho ngôi nhà bạn bán, chúng cũng áp dụng cho ngôi nhà mới. Nếu trao đổi theo Điều 1031, sự khác biệt giữa ngôi nhà thứ hai và tài sản cho thuê khá cụ thể.

### 12. Khấu trừ thuế BĐS khi bán căn nhà thứ 2

Với việc bán nơi cư trú thứ 2, mã doanh thu nội bộ cho phép khấu trừ thuế tài sản. Tuy nhiên, có những giới hạn. IRS hiện giới hạn những gì có thể làm, tuy nhiên không được khấu trừ toàn bộ số thuế BĐS.

Tổng số thuế địa phương và tiểu bang đủ điều kiện để khấu trừ được giới hạn ở mức 10 nghìn USD cho mỗi tờ khai thuế hoặc 5 nghìn USD nếu kết hôn và khai thuế riêng.❖

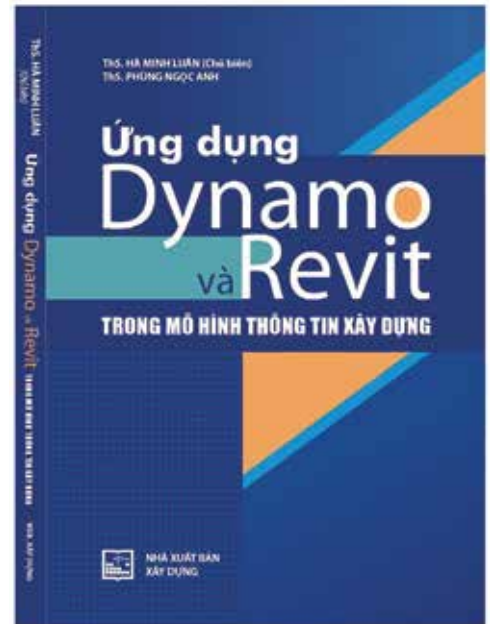
<sup>1</sup>IRS viết tắt: Internal Revenue Services - là cơ quan thuế liên bang của chính phủ Hoa Kỳ, chịu trách nhiệm thu thuế, xử lý tờ khai thuế và thực thi luật thuế.

<sup>2</sup>Bài viết sử dụng từ lãi vốn cho ngắn gọn.

# Ứng dụng Dynamo và Revit trong mô hình thông tin xây dựng

## > AN NHIÊN

Cuốn sách dẫn bạn đọc vào cuộc hành trình kỳ diệu của sự kết hợp giữa Dynamo và Revit trong lĩnh vực xây dựng.



**X**ây dựng là một nghệ thuật kỳ diệu, trong thế kỷ 21 đã được nâng lên một tầm cao mới thông qua sự kết hợp của hai công nghệ mạnh mẽ: Dynamo và Revit. Dynamo có khả năng lập trình và tự động hóa, cùng với Revit - một phần mềm mô hình thông tin xây dựng (BIM) hàng đầu, đã thay đổi cách chúng ta nghĩ về quá trình thiết kế, xây dựng và quản lý công trình.

Cuốn sách dẫn bạn đọc vào cuộc hành trình kỳ diệu của sự hợp tác giữa Dynamo và Revit trong lĩnh vực xây dựng. Khám phá cách hai công nghệ này có thể tạo ra một mô hình thông tin xây dựng hoàn hảo, từ khâu thiết kế ban đầu đến xây dựng và bảo trì sau khi công trình đã hoàn thành. Xem xét những trường hợp thực tế, những ví dụ cụ thể và những dự án thành công mà các nhà thiết kế và kỹ sư đã thực hiện bằng cách sử dụng Dynamo và Revit.

Cuốn sách không chỉ là một hướng dẫn kỹ thuật, mà còn là một nguồn cảm hứng cho những ai muốn thúc đẩy sự sáng tạo và hiệu suất trong lĩnh vực xây dựng. Cuốn sách giúp bạn đọc hiểu rõ hơn về cách Dynamo và Revit có thể làm cho công việc trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn, khơi gợi sự sáng tạo và giúp bạn đọc tạo ra những công trình xây dựng đáng tự hào.

Theo các chuyên gia, Dynamo là một ngôn ngữ lập trình trực quan mã nguồn mở, được phát triển dành riêng cho phần mềm Revit; cho phép người dùng tạo ra các dòng mã để thực hiện các tác vụ liên quan đến thiết kế đồ họa hay mô hình hóa trong Revit.

Dynamo được tích hợp sẵn trong Revit từ phiên bản 2017 trở đi và sử dụng lập trình trực quan để thực hiện các nhiệm vụ như tạo đối tượng mới, thay đổi thuộc tính đối tượng, tối ưu hóa khối lượng công việc, tạo ra các tài liệu về dữ liệu của mô hình Revit và nhiều hơn nữa.

Dynamo là một công cụ giúp tăng khả năng hiệu suất và tính linh hoạt của Revit trong các dự án thiết kế đồ họa và mô

hình hóa.

Dynamo sử dụng lập trình trực quan để hỗ trợ cho Revit trong việc thực hiện các tác vụ phức tạp như tự động hóa một số công việc lặp đi lặp lại, tạo ra các phương án thiết kế khác nhau nhanh chóng hoặc tính toán các thông số phức tạp của mô hình thiết kế.

Dynamo cho phép người dùng gõ các dòng mã bằng ngôn ngữ lập trình trực quan để tạo ra các phương án thiết kế và tính toán thông số, đồng thời tạo ra các luồng làm việc tự động để giúp tiết kiệm thời gian và nâng cao hiệu quả trong quá trình làm việc với Revit.

Dynamo là một plugin hỗ trợ cho Revit, giúp cải thiện và tối ưu hóa quá trình thiết kế và quản lý dự án bằng cách sử dụng lập trình trực quan.

Dynamo đã cải thiện các khả năng của Revit bằng cách cho phép người dùng tự động hóa các tác vụ lặp đi lặp lại, tạo ra các dòng mã script được tùy chỉnh dựa trên nhu cầu riêng của mỗi dự án, cho phép tạo ra các mô hình phức tạp hơn và phát triển các tính năng mới cho Revit.

Dynamo giúp tiết kiệm thời gian, tăng năng suất và đảm bảo tính chính xác cho các mô hình Revit được tạo ra...

Sách "Ứng dụng Dynamo và Revit trong mô hình thông tin xây dựng" của nhóm tác giả ThS Hà Minh Luân (chủ biên) và ThS Phùng Ngọc Anh, được NXB Xây dựng ấn hành dưới 2 hình thức bản in và bản điện tử (ebook) vào cuối quý IV/2023.

Trước đó, NXB Xây dựng đã ấn hành 4 cuốn sách về BIM như: Phần mềm RSAP phân tích và thiết kế kết cấu chuyên nghiệp theo công nghệ BIM - Tập 1- Phân tích kết cấu; Ứng dụng AUTODESK REVIT trong thiết kế công trình 3D theo công nghệ BIM REVIT STRUCTURE trong thiết kế kết cấu - Tập 1; Thiết kế, quản lý dự án cầu theo công nghệ BIM (INFRAWORKS + CIVIL3D+REVIT (CDYNAMO))+BIM 360); Quản lý thông tin dự án đầu tư xây dựng (áp dụng BIM theo ISO 19650).❖

# Các yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng

Factors affecting the state management of Construction investment costs

> THS BÙI HỒNG MINH

## TÓM TẮT

Đầu tư xây dựng ở Việt Nam tiếp tục được triển khai với quy mô và nguồn vốn ngày càng lớn trong những năm tới. Quản lý chi phí đầu tư xây dựng là một nội dung cốt lõi nhằm chống thất thoát, lãng phí và mang lại hiệu quả đầu tư. Quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng có vai trò hết sức quan trọng và chịu tác động của nhiều yếu tố cả khách quan và chủ quan. Mục đích của bài viết nhằm nhận diện và chỉ ra các yếu tố tác động chủ yếu, khảo sát đánh giá mức độ tác động của các yếu tố, từ đó chỉ ra các tồn tại, hạn chế và nguyên nhân dẫn đến tồn tại, hạn chế trong quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng, tập trung chủ yếu vào quản lý hệ thống định mức và giá xây dựng, đề xuất một số giải pháp và khuyến nghị nhằm nâng cao vai trò quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng ở Việt Nam hiện nay.

**Từ khóa:** Quản lý nhà nước; các yếu tố tác động; chi phí đầu tư xây dựng.

## ABSTRACT

Construction investment in Vietnam is expected to be continuously implemented with increasing scale and capital in the coming years. Construction investment costs management is one of the core contents to prevent loss, waste and ensure investment efficiency. State management of construction investment costs plays a very important role and is affected by many factors, both objective and subjective. The purpose of the article is to identify and point out the main affecting factors, survey and evaluate the level of impact of the factors, thereby identify the problems, limitations and causes leading to the problems, limitations in the State management of construction investment costs, focusing mainly on management of construction norms and prices system, thereto propose solutions and recommendations to enhance the role of State management of construction investment costs in Vietnam today.

**Keywords:** State management; affecting factors; construction investment costs.

## 1. NHẬN DIỆN CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ CHI PHÍ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG

### 1.1. Khái niệm về quản lý nhà nước

Quản lý nhà nước là sự chỉ huy, điều hành để thực thi quyền lực nhà nước; là tổng thể về thể chế, pháp luật, quy tắc về tổ chức và cán bộ của bộ máy nhà nước có trách nhiệm quản lý công việc hàng ngày của các nhà nước do tất cả các cơ quan nhà nước (lập pháp, hành pháp và tư pháp) có tư cách pháp nhân công pháp (công quyền) tiến hành bằng các văn bản quy phạm pháp luật để thực hiện các chức năng, nhiệm vụ và quyền hạn mà nhà nước đã giao cho trong việc tổ chức và điều chỉnh các quan hệ xã hội và hành vi của công dân.

### 1.2. Khái niệm quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng

Quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng là sự tác động của chủ thể quản lý (Nhà nước) có tổ chức, có hướng đích bằng pháp quyền và thông qua một hệ thống các chính sách với các công cụ quản lý vào quản lý chi phí đầu tư xây dựng (hệ thống định mức và giá xây dựng) nhằm đạt được mục tiêu đặt ra trên cơ sở sử dụng có hiệu quả nhất các nguồn lực trong điều kiện cụ thể bao gồm quá trình xây dựng cơ chế chính sách, pháp luật về quản lý chi phí, hướng dẫn thực hiện cơ chế chính sách, phân công phân cấp quản lý, xây dựng các công cụ quản lý, kiểm tra giám sát quá trình xây dựng và quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

Quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng bao gồm:

- Xây dựng chính sách nhằm thiết lập các quy định để hướng dẫn và điều chỉnh các đối tượng có liên quan trong quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

- Tổ chức và điều phối: Công tác quản lý nhà nước đảm bảo việc tổ chức và điều phối các hoạt động của đối tượng áp dụng có liên quan theo các quy định của nhà nước. Điều này bao gồm việc phân công nhiệm vụ, tài nguyên và trách nhiệm cho các đơn vị, cơ quan, tổ chức liên quan để đảm bảo sự hợp tác và hiệu quả trong thực hiện các chính sách và quyết định của nhà nước có liên quan đến chi phí đầu tư xây dựng.

- Kiểm soát và giám sát: Công tác quản lý nhà nước thực hiện việc kiểm soát và giám sát các hoạt động theo quy định của pháp luật về quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình.

### 1.3. Nhận diện các yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng

#### 1.3.1. Phương pháp nhận diện

Quản lý chi phí đầu tư xây dựng là một nội dung rất phức tạp trong quá trình đầu tư xây dựng có liên quan đến rất nhiều chủ thể, từ các cơ quan quản lý nhà nước ở Trung ương, các địa phương, các chủ đầu tư, nhà thầu, tư vấn v.v... Quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố tác động cả chủ quan và khách quan. Việc nhận diện được các yếu tố tác động chủ yếu đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng hết

sức quan trọng, giúp cho các chủ thể quản lý có cách nhìn đúng đắn và chủ động trong quá trình thực hiện chức năng quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng phù hợp với từng giai đoạn.

Để nhận diện được các yếu tố tác động chủ yếu tác giả đã sử dụng tổng hòa các phương pháp kết hợp giữa cơ sở lý luận và thực tiễn bao gồm:

Thứ nhất, dựa trên kết quả tổng kết thực tiễn quá trình quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng các giai đoạn từ trước đến nay thông qua các báo cáo đánh giá yếu tố tác động khi xây dựng và ban hành các nghị định, thông tư hướng dẫn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

Thứ hai, dựa trên tổng hợp kết quả thực hiện dự án hỗ trợ kỹ thuật tăng cường năng lực trong phát triển các công cụ quản lý Nhà nước đối với dự án đầu tư xây dựng do cơ quan hợp tác quản lý Nhật Bản (JICA) phối hợp với Bộ Xây dựng và một số cơ quan, đơn vị của Việt Nam thực hiện.

Thứ ba, phỏng vấn các chuyên gia hiểu biết sâu về quản lý chi phí đầu tư xây dựng bao gồm các chuyên gia tại các cơ quan quản lý nhà nước, các trường đại học, các tổ chức tư vấn, chủ đầu tư và nhà thầu thực hiện các dự án.

Kết quả đã nhận diện và chỉ ra rất nhiều yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng, một số các yếu tố được đồng thuận cao, bao gồm:

- Năng lực của các tổ chức thực hiện quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng ở Trung ương và địa phương.
- Sự chống chéo của các cơ chế chính sách, pháp luật về đầu tư xây dựng nói chung.
- Các cơ chế chính sách, pháp luật, hướng dẫn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

Kết quả thu được sắp xếp theo thứ tự từ cao đến thấp như sau:

TT	Yếu tố tác động	Điểm trung bình cộng	Ghi chú
1	Mô hình tổ chức và năng lực của các tổ chức thực hiện quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng ở Trung ương và địa phương	4,85	
2	Tính phức tạp của các công cụ quản lý chi phí đầu tư xây dựng	4,81	
3	Sự chống chéo của các cơ chế chính sách, pháp luật về đầu tư xây dựng nói chung	4,77	
4	Hệ thống cơ sở dữ liệu về quản lý chi phí đầu tư xây dựng	4,65	
5	Năng lực của đội ngũ cán bộ trong bộ máy quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương	4,62	
6	Các cơ chế chính sách, pháp luật, hướng dẫn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.	4,58	
7	Mô hình tổ chức quản lý của bộ máy quản lý nhà nước về quản lý chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương	4,52	
8	Sự thay đổi của công nghệ xây dựng	4,37	
9	Phân cấp quản lý các nội dung quản lý chi phí đầu tư xây dựng	4,28	
10	Quy mô, nguồn vốn, tính phức tạp của các công trình xây dựng	4,07	

Từ kết quả khảo sát cho thấy trên cơ sở nhận diện các yếu tố tác động thì 10 yếu tố tác động chủ yếu đều có điểm trung bình cộng khá cao (từ 4,07 đến 4,81), điều đó cho thấy các yếu tố này có tác động mạnh và rất mạnh đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng.

### 3. THỰC TRẠNG CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ CHI PHÍ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG HIỆN NAY

- Mô hình tổ chức quản lý của bộ máy quản lý nhà nước về quản lý chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương.

- Phân cấp quản lý các nội dung quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

- Năng lực của đội ngũ cán bộ trong bộ máy quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương

- Tính phức tạp của các công cụ quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

- Quy mô, nguồn vốn, tính phức tạp của các công trình xây dựng.

- Sự thay đổi của công nghệ xây dựng.

- Hệ thống cơ sở dữ liệu về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

### 2. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ TÁC ĐỘNG CỦA CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ CHI PHÍ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG

Để đánh giá mức độ tác động của các yếu tố được nhận diện, tác giả đã thực hiện điều tra khảo sát tới các cán bộ của các chủ thể liên quan đến quản lý chi phí đầu tư xây dựng bao gồm các cán bộ tại các cơ quan quản lý nhà nước ở Trung ương, các Sở xây dựng địa phương, chủ đầu tư, nhà thầu, tư vấn, các ban quản lý dự án, với kích thước mẫu đủ lớn để có thể đánh giá được mức độ tác động của các yếu tố được nhận diện. Sử dụng thang đo Likert theo 5 mức độ: (1): Tác động rất yếu; (2): Tác động yếu; (3): Tác động trung bình; (4): Tác động mạnh; (5): Tác động rất mạnh. Từ đó tổng hợp tính trung bình cộng để sắp xếp mức độ tác động của các yếu tố ảnh hưởng đến quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

#### 3.1. Thực trạng về mô hình tổ chức và năng lực của các tổ chức thực hiện quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng ở Trung ương và địa phương

Đây là một vấn đề có tác động rất mạnh đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng. Trong thời gian vừa qua mặc dù đã đạt được một số kết quả tích cực trong quản lý chi phí đầu tư xây dựng, tuy nhiên vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế bất cập là do sự bất hợp lý về mô hình tổ chức và năng lực của các

tổ chức Nhà nước về quản lý chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương và địa phương.

Khi đó tại Nhật Bản và một số nước bộ máy quản lý nhà nước và thực thi quản lý chi phí đầu tư xây dựng được tổ chức tập trung với số lượng cán bộ khá lớn thì tại Việt Nam hiện nay còn chưa được quan tâm. Bộ Xây dựng là cơ quan chịu trách nhiệm thống nhất quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng, lực lượng cũng rất mỏng do vướng về biên chế và mô hình tổ chức, trong khi phải thực hiện đồng bộ nhiều nhiệm vụ từ hướng dẫn về nội dung, phương pháp xác định, quản lý kiểm soát chi phí đầu tư xây dựng đến ban hành định mức xây dựng, công bố xuất vốn đầu tư xây dựng, giá xây dựng, chỉ số giá xây dựng quốc gia, chủ trì tổ chức xây dựng và hướng dẫn vận hành cơ sở dữ liệu v.v... Trong khi biên chế để thực hiện các nhiệm vụ này không đủ cả về số lượng và sự đồng bộ về năng lực của cán bộ, phải huy động cả các viên chức và hợp đồng lao động ngắn hạn để triển khai thực hiện. Điều này dẫn đến việc các cán bộ phải thực hiện kiêm nhiệm nhiều việc mặc dù rất phức tạp. Từ đó chỉ tập trung chủ yếu vào việc sửa đổi cơ chế chính sách và hướng dẫn các công cụ quản lý chi phí, còn công tác kiểm tra, giám sát quá trình thực hiện các công cụ quản lý chi phí đầu tư xây dựng chưa có điều kiện để kiểm soát và triển khai có hiệu quả.

Các Bộ chuyên ngành được giao, phối hợp với Bộ Xây dựng và chủ trì hướng dẫn quản lý chi phí đầu tư xây dựng các công trình xây dựng chuyên ngành nhưng lực lượng cũng mỏng và phụ thuộc khá nhiều vào các tổ chức tư vấn.

Đối với các địa phương là cơ quan quản lý nhà nước chịu trách nhiệm hướng dẫn lập và quản lý chi phí đầu tư xây dựng, kiểm tra việc thực hiện các quy định về quản lý đầu tư xây dựng trên địa bàn thì tổ chức và nhân lực chịu trách nhiệm thực hiện cũng còn thiếu và yếu chưa đáp ứng được yêu cầu và có sự chênh lệch giữa các địa phương. Điều này dẫn đến việc chậm trễ triển khai các dự án đầu tư xây dựng trên địa bàn, công tác quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng thiếu chủ động, phụ thuộc vào Trung ương và chủ yếu là thuê tư vấn.

### **3.2. Thực trạng về tính phức tạp của các công cụ quản lý chi phí đầu tư xây dựng**

Quản lý chi phí đầu tư xây dựng bao gồm hai nội dung chủ yếu: là quản lý xây dựng hệ thống định mức và giá xây dựng. Đây là hai nội dung rất phức tạp trong quá trình đầu tư xây dựng.

Cụ thể trong giai đoạn từ năm 2017-2022 Bộ Xây dựng và các Bộ chuyên ngành phải hoàn thành việc rà soát tổng thể toàn diện hệ thống định mức và giá xây dựng với tổng số 34.000 định mức.

Các phương pháp xây dựng định mức và giá xây dựng đang từng bước hoàn thiện theo hướng đảm bảo nguyên tắc tính đúng, tính đủ đáp ứng thực tiễn quản lý phù hợp với thị trường.

Việc quản lý định mức và giá xây dựng có liên quan trực tiếp đến tổng mức đầu tư, dự toán xây dựng các công trình trong điều kiện công nghệ xây dựng thường xuyên thay đổi. Mỗi một sự thay đổi về các yếu tố liên quan đến định mức và giá xây dựng đều trực tiếp liên quan đến chi phí đầu tư xây dựng.

Trong thực tế đây là vấn đề hết sức nhạy cảm, có nhiều vướng mắc bất cập, dẫn đến thất thoát lãng phí trong đầu tư xây dựng, dẫn đến cách nhìn khác nhau trong quá trình thanh tra, kiểm tra, ảnh hưởng đến tâm lý cán bộ và làm chậm trễ việc quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

### **3.3. Thực trạng về sự chồng chéo của các cơ chế chính sách, pháp luật về đầu tư xây dựng nói chung**

Đầu tư xây dựng có liên quan đến nhiều bộ, ngành, nhiều cơ chế chính sách pháp luật có liên quan, từ Luật đầu tư, Đầu tư công, Luật đấu thầu, Luật đất đai, Luật ngân sách v.v... Thực tế mặc dù đã có nhiều sự điều chỉnh nhằm hạn chế sự chồng chéo nhưng đến nay vẫn còn một số nội dung có tác động chủ yếu đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng nhất là một số nội dung liên quan đến Luật đầu tư, Đầu tư công và nhất là Luật đấu thầu. Đây là những vấn đề được tổng kết trong thực tiễn và đã được chỉ ra trong các nghiên cứu của một số dự án hỗ trợ kỹ thuật do WB, JICA phối hợp thực hiện với các cơ quan quản lý nhà nước tại Việt Nam trong thời gian vừa qua.

### **3.4. Thực trạng về hệ thống cơ sở dữ liệu về quản lý chi phí đầu tư xây dựng**

Hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình là một bộ phận của hệ thống thông tin cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng.

Đây là một vấn đề rất quan trọng tác động rất mạnh đến hiệu quả quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng.

Trong thời gian vừa qua thực hiện các định hướng tại Quyết định 2038/QĐ-TTg ngày 18/12/2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống định mức và giá xây dựng, đến nay hình thành hệ thống cơ sở dữ liệu về định mức giá xây dựng sử dụng chung, thống nhất quản lý, vận hành và kiểm soát toàn diện hệ thống trên phạm vi toàn quốc nhằm phục vụ quản lý, số hóa ngành Xây dựng, tạo thuận lợi cho các chủ thể trong xác định và quản lý chi phí đầu tư xây dựng, đáp ứng yêu cầu của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, giúp tiết kiệm nguồn lực, công khai minh bạch thông tin, góp phần chống thất thoát, lãng phí trong đầu tư xây dựng.

Tuy nhiên, mới dừng lại ở việc hình thành và bước đầu vận hành nhưng hệ thống cơ sở dữ liệu chưa được cập nhật một cách thường xuyên, việc hướng dẫn cập nhật cơ sở dữ liệu còn lúng túng, việc kiểm soát hệ thống cơ sở dữ liệu và thống nhất quản lý còn nhiều bất cập cần phải được hoàn thiện.

### **3.5. Thực trạng về năng lực của đội ngũ cán bộ trong bộ máy quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương**

Đây là một vấn đề có tác động được đánh giá với mức độ từ mạnh đến rất mạnh của quản lý Nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng. Trong thời gian vừa qua mặc dù đội ngũ này đã cố gắng để nâng cao chất lượng thực hiện nhiệm vụ quản lý nhà nước đối với lĩnh vực quản lý chi phí đầu tư xây dựng kể cả cấp Trung ương và địa phương. Tuy nhiên do tính phức tạp của hệ thống quản lý chi phí đầu tư xây dựng nhất là đối với hệ thống định mức và giá xây dựng, thực tế cho thấy năng lực của đội ngũ cán bộ quản lý nhà nước nhất là ở các địa phương chưa thực sự đáp ứng được yêu cầu nhiệm vụ.

### **3.6. Thực trạng về các cơ chế chính sách, pháp luật, hướng dẫn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng**

Do tính phức tạp của các công cụ quản lý chi phí đầu tư xây dựng trong thời gian vừa qua, các cơ chế chính sách pháp luật hướng dẫn về quản lý chi phí đầu tư xây dựng liên tục được sửa đổi bổ sung và hoàn thiện cho phù hợp với thực tế đầu tư xây dựng trong từng giai đoạn của đất nước, tuy nhiên thực tiễn cho thấy các cơ chế chính sách pháp luật về quản lý chi phí đầu tư xây dựng vẫn phải thường xuyên cập nhật, điều chỉnh nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng, chống thất thoát lãng phí và tăng hiệu quả đầu tư. Trong thời gian qua các cơ chế chính sách về quản lý chi phí đầu tư xây dựng và gần đây nhất Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 19/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng

và Thông tư số 14/2023/TT-BXD ngày 29/12/2023 về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 11/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng hướng dẫn một số nội dung xác định và quản lý chi phí đầu tư xây dựng. Những cơ chế chính sách này đã từng bước tiếp cận với thực tiễn hiện nay, tuy nhiên để nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng trong thời gian tới vẫn cần nghiên cứu bổ sung hoàn thiện.

### 3.7. Thực trạng về mô hình tổ chức quản lý của bộ máy quản lý nhà nước về quản lý chi phí đầu tư xây dựng từ Trung ương đến địa phương

Đây là một vấn đề có tác động không nhỏ đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng. Một mô hình quản lý hợp lý, đủ năng lực sẽ giúp cho việc triển khai hoạt động quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng có hiệu quả. Thực tế cho thấy hiện nay ngay cả Bộ Xây dựng, các bộ chuyên ngành, các địa phương thì bộ máy quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng cho thấy thiếu sự nhất quán, lực lượng mỏng, chưa đáp ứng được yêu cầu, đối với các địa phương chỉ có một số nhân sự nằm ở Sở xây dựng, một số sở chuyên ngành, đối với cấp Trung ương, Bộ Xây dựng, các bộ chuyên ngành và các bộ liên quan lực lượng làm công tác quản lý chi phí đầu tư xây dựng cũng chưa thực sự đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ được giao.

### 3.8. Một số yếu tố khác

Kết quả khảo sát cho thấy một số yếu tố khác có tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng bao gồm: Thực trạng về sự thay đổi của công nghệ xây dựng; Thực trạng về phân cấp quản lý các nội dung quản lý chi phí đầu tư xây dựng; Thực trạng về quy mô, nguồn vốn, tính phức tạp của các công trình xây dựng. Đây cũng là những yếu tố cần được quan tâm nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng trong thời gian tới.

## 4. MỘT SỐ KHUYẾN NGHỊ NHẪM NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG TRONG THỜI GIAN TỚI

Để hạn chế ảnh hưởng của các yếu tố tác động đến quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng cũng như việc nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước đối với quản lý chi phí đầu tư xây dựng trong thời gian tới cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện các nội dung.

Thứ nhất, cần hoàn thiện mô hình tổ chức và năng lực của các tổ chức thực hiện quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng ở Trung ương và địa phương theo hướng hợp lý và đủ năng lực đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ. Về dài hạn có thể nghiên cứu kinh nghiệm của Nhật Bản về mô hình quản lý chi phí đầu tư xây dựng tập trung tại Trung ương và phân vùng tại các địa phương. Tổ chức lại bộ máy quản lý Nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng tại Bộ Xây dựng, các bộ chuyên ngành và các địa phương bảo đảm đủ nhân sự và năng lực đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ.

Thứ hai, các cơ quan quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng phải xác định công tác quản lý chi phí đầu tư trong lĩnh vực đầu tư công, đầu tư theo hình thức đối tác công tư (PPP), đầu tư bằng nguồn vốn hỗ trợ chính thức (ODA) là một công việc trọng tâm, quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả đầu tư, tổ chức thường xuyên đổi mới, cập nhật để tiếp cận và chủ động đối với việc chi phối bởi tính phức tạp của quá trình quản lý định mức và giá xây dựng. Đổi mới công tác xây dựng và quản lý định mức, giá xây dựng phù hợp với nguyên tắc thị trường, sự thay đổi của công nghệ xây dựng.

Thứ ba, tiếp tục đẩy mạnh mô hình phân cấp, phân quyền, đi đôi với trách nhiệm và nghĩa vụ của các chủ thể có liên quan đến quản lý chi phí đầu tư xây dựng.

Thứ tư, tiếp tục hoàn thiện và đưa hệ thống cơ sở dữ liệu về chi phí đầu tư xây dựng trở thành một công cụ hữu hiệu trong việc quản lý chi phí đầu tư xây dựng, giúp cho việc quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng bảo đảm tính thống nhất, khách quan và toàn diện.

## 5. KẾT LUẬN

Quản lý chi phí đầu tư xây dựng là yếu tố cốt lõi trong việc chống thất thoát lãng phí và tăng hiệu quả đầu tư xây dựng. Quản lý nhà nước về chi phí đầu tư xây dựng chịu tác động của nhiều yếu tố cả khách quan và chủ quan, việc nhận diện và chỉ ra đồng thời đánh giá mức độ tác động của từng yếu tố sẽ giúp cho các cơ quan quản lý nhà nước, các chủ thể có liên quan đến quá trình quản lý chi phí đầu tư xây dựng trong việc hoàn thiện cơ chế chính sách, các công cụ quản lý chi phí và chủ động trong việc triển khai các nội dung quản lý chi phí trong giai đoạn hiện nay.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. 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.
- [2]. Báo cáo số 131/BC-BXD ngày 01/11/2022 của Bộ Xây dựng báo cáo kết quả thực hiện Đề án Hoàn thiện hệ thống định mức và giá xây dựng theo Quyết định số 2038/QĐ-TTg ngày 18/12/2017 của Thủ tướng Chính phủ
- [3]. Báo cáo hoàn thành Dự án hỗ trợ kỹ thuật về “Tăng cường năng lực trong phát triển các công cụ quản lý nhà nước đối với dự án đầu tư xây dựng” do Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA) tài trợ.
- [4]. Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.
- [5]. Nguyễn Thu Hương 2019 Giáo trình kinh tế xây dựng. NXB Xây dựng.
- [6]. Abderisak Adam, Per-Erik Bertil Josephson, Göran Lindahl 2017. “Aggregation of factors causing cost overruns and time delays in large public construction projects: Trends and implications”. Engineering, Construction and Architectural Management ISSN: 0969-9988.
- [7]. Senchang Hu, Yunhong Wang, Wenzhe Tang 2023. “Factors Influencing International Infrastructure Investment: An Empirical Study from Chinese Investors”. Special Issue Industry 4.0, Digitization and Opportunities for Sustainability.
- [8]. Tian Gao, Renjie Du, Chen Tao, Wentao He, Lixiang Zhao & Xinli Zhang 2023. “The Identification of Key Factors Affecting Cost Estimation in the Phase of Construction Investment”. Conference paper of International Conference on Management Science and Engineering Management.

# Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong TP Hà Nội - các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM

Study on the production of artificial sand from non-hazardous dredged sludge in Hanoi City-factors affecting strength of material GFM

> THS PHẠM TRI THỨC<sup>1</sup>, PGS. TS PHAN HUY ĐÔNG<sup>2</sup>, THS LÊ THỊ HỒNG LĨNH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng, Khoa Doanh trại, Học viện Hậu cần

<sup>2</sup>Bộ môn Cơ đất, nền móng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

<sup>3</sup>Tổng Công ty tư vấn xây dựng Việt Nam - CTCP

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu đắp dạng hạt tái chế từ bùn nạo vét trong TP Hà Nội (Granular Fill Material: GFM). Từ các kết thí nghiệm trong phòng, bài báo khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu sau tái chế như: phương pháp trộn; hàm lượng xi măng và polymer; loại xi măng. Trong các thí nghiệm bùn hồ Tây (*B*) là bùn không độc hại, sau khi nạo vét được tách nước đến độ ẩm trong khoảng [*W<sub>s</sub>*; *W<sub>l</sub>*], sau đó tiến hành trộn với xi măng (*X*) và polymer (*P*). Sản phẩm sau trộn có dạng hạt, tuy nhiên do bùn có độ ẩm lớn nên các hạt vẫn có tính dẻo, dễ dàng trong việc chế bị các mẫu thí nghiệm. Do vậy, để đơn giản trong thí nghiệm mà vẫn đánh giá đúng các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM, bài báo lựa chọn thí nghiệm nén một trục nở hông tự do để đánh giá sơ bộ chỉ tiêu cường độ của đất. Các kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp trộn có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM. Với cùng cấp phối trộn thì các mẫu trộn (*B+X*) trước, trộn *P* sau cho giá trị cường độ cao hơn so với các phương pháp trộn khác. Ngoài ra, giá trị cường độ các mẫu GFM tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng, với hàm lượng nghèo xi măng từ 5% đến 10% thì các mẫu GFM đạt cường độ  $q_u$  từ 170,8 (kPa) đến 262,05 (kPa) đáp ứng tốt yêu cầu của vật liệu đắp. Đồng thời hàm lượng các chất hoá học trong xi măng như: CaO, SO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cũng ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của vật liệu GFM, các kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ của đất tỷ lệ nghịch với hàm lượng CaO và tỷ lệ thuận với hàm lượng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và SO<sub>3</sub>.

**Từ khóa:** Cát nhân tạo; vật liệu đắp dạng hạt (GFM); các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ.

## ABSTRACTS

This paper presents the factors affecting the strength of recycled granular fill material (GFM) from dredged sludge in Hanoi city. Based on laboratory experiments, the paper investigates some factors affecting the strength of the recycled material such as: mixing method; cement and polymer content; cement type. In the experiments, West Lake sludge (*B*) is non-toxic sludge, after dredging, it is dewatered to a moisture content in the range [*W<sub>s</sub>*; *W<sub>l</sub>*], then mixed with cement (*X*) and polymer (*P*). The product after mixing is granular, however, due to the high moisture content of the sludge, the particles still have plasticity, which makes it easy to prepare test specimens. Therefore, to simplify the experiment while still accurately assessing the factors affecting the strength of GFM, the paper chooses a free-swelling uniaxial compression test to preliminarily evaluate the strength index of soil. The research results show that the mixing method has a significant effect on the strength development of GFM. With the same mixing ratio, the samples mixed with (*B+X*) first and *P* later gave a higher strength value than the other mixing methods. In addition, the strength values of GFM samples increase proportionally with the cement content, with a lean cement content of 5% to 10%. GFM samples achieve a strength of 170.8 (kPa) to 262.05 (kPa), well meeting the requirements of filling materials. At the same time, the content of chemical substances in cement such as CaO, SO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> also significantly affects the strength of GFM, the experimental results show that the strength of soil is inversely proportional to the content of CaO and proportional to the content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SO<sub>3</sub>.

**Keywords:** Artificial sand; granular fill material (GFM); factors affecting strength.

### 1. GIỚI THIỆU

Hà Nội là thành phố lớn nhất cả nước, tập trung nhiều sông ngòi, ao hồ lớn. Hàng năm một khối lượng lớn bùn thải từ quá trình nạo vét được đổ tại các bãi chứa với diện tích chiếm chỗ đáng kể gây ô nhiễm môi trường và tốn kém trong xử lý đổ thải. Trong khi đó quá trình phát triển cơ sở hạ tầng đòi hỏi một lượng lớn vật liệu đắp, thông thường là cát. Ví dụ, dự án tuyến đường sắt đô thị số 2A (Cát Linh - Hà Đông) cần khoảng 2 triệu m<sup>3</sup> cát san lấp, tuyến đường sắt đô thị số 3 (Nhổn - Ga Hà Nội) khoảng 3 triệu m<sup>3</sup>, tuyến đường vành đai 3 trên cao khoảng 5 triệu m<sup>3</sup>, dự án xây dựng khu đô thị Vinhomes Ocean Park khoảng 2 triệu m<sup>3</sup>. Lượng cát này thường được khai thác từ các mỏ cát trong núi hoặc lòng sông đã tác động nghiêm trọng đến điều kiện địa chất, môi trường sinh thái, sạt lở đất.

Hiện nay, việc nghiên cứu tái chế bùn nạo vét thành vật liệu đắp đang được nhiều nước trên thế giới từng bước nghiên cứu ứng dụng vào thực tiễn, đi đầu là Nhật Bản với các giải pháp tái chế như trộn trước (premixing method), tái chế bùn thành vật liệu nhẹ (super Geo-Material lightweight soil) [14], tái chế bùn thành vật liệu san lấp dạng đất cấp phối [12], các giải pháp này có thể tạo ra vật liệu có cường độ mong muốn. Các giải pháp đang được áp dụng đều có những ưu, nhược điểm và phạm vi áp dụng khác nhau, phù hợp với những điều kiện cụ thể của từng vùng, từng quốc gia.

Trong những năm gần đây đã có những nghiên cứu tái chế bùn thành vật liệu dạng hạt [12], đây là cơ sở khoa học quan trọng để nghiên cứu chế tạo vật liệu GFM. Đối tượng nghiên cứu của bài báo này là vật liệu đắp dạng hạt (GFM) tái chế từ bùn không độc hại nạo vét từ ao/hồ trong thành phố Hà Nội. Do vậy quy trình công nghệ và sản phẩm sau tái chế cũng phải phù hợp với điều kiện Việt Nam như: các ao/hồ nội đô với quy mô nạo vét không lớn, vị trí nạo vét không tập trung, không bố trí được mặt bằng sản xuất tại chỗ với lượng lớn mà phải đưa về các bãi chứa tập trung, nơi đặt sẵn các nhà xưởng sản xuất; phụ gia cho quá trình tái chế là xi măng PCB thương mại thông thường và polymer. Trong đó xi măng có chức năng phát triển cường độ, polymer hấp thụ nước, tạo thành các màng liên kết bao quanh các hạt sét nhỏ và xi măng tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thủy hóa xi măng, tạo thành hạt lớn có cường độ nhất định [9], [12]; bùn được sử dụng trong tái chế là bùn không độc hại từ hồ Tây và sông Nhuệ với nhu cầu nạo vét lớn, có thể tái sử dụng cho mục đích xây dựng [8].

Để chế tạo vật liệu GFM, cần một chương trình nghiên cứu toàn diện như: nghiên cứu nguyên lý chế tạo, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ, khảo sát các đặc tính kỹ thuật của vật liệu sau tái chế. Nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt đã được trình bày trong nghiên cứu số [5], trong bài báo này, tác giả tiến hành các thí nghiệm trong phòng khảo sát sơ bộ các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của các mẫu vật liệu GFM.

hướng đến khả năng tạo hạt, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ, khảo sát các đặc tính kỹ thuật của vật liệu sau tái chế. Nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt đã được trình bày trong nghiên cứu số [5], trong bài báo này, tác giả tiến hành các thí nghiệm trong phòng khảo sát sơ bộ các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của các mẫu vật liệu GFM.

### 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

#### 2.1. Vật liệu

##### 2.1.1. Bùn sét hồ Tây, sông Nhuệ

Trong nghiên cứu này, các mẫu bùn hồ Tây và sông Nhuệ lần lượt có ký hiệu là "W" và "N" được thu thập bằng phương pháp thủ công tại các vị trí khác nhau, độ sâu lấy mẫu từ -0,6m đến -1m tính từ cao trình đáy lòng sông, lòng hồ (Hình 1, Hình 2). Mẫu bùn sau đó được lưu trữ trong thùng kín để đảm bảo hạn chế tác động của môi trường bên ngoài.

Bảng 1 tổng hợp một số tính chất vật lý của các mẫu bùn được thí nghiệm theo các tiêu chuẩn như TCVN 4196:2012, TCVN 4197:2012, TCVN 8726-2012; thành phần hạt của các mẫu bùn được thí nghiệm theo TCVN 8726:2012 (Hình 3, Hình 4); kết quả thí nghiệm thành phần kim loại nặng bằng phương pháp phổ phát xạ Plasma theo tiêu chuẩn TCNB-ICP 01/04 cho thấy bùn không chứa hàm lượng kim loại nặng vượt ngưỡng cho phép theo qui chuẩn quốc gia QCVN 07:2009/BTNMT (Hình 5) [4], [6], [15].

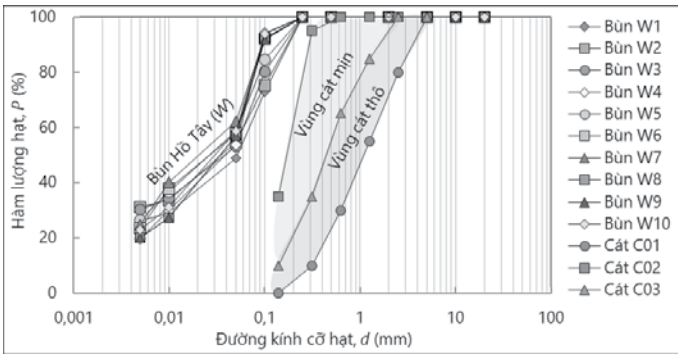


Hình 1. Công tác lấy mẫu bùn hồ Tây

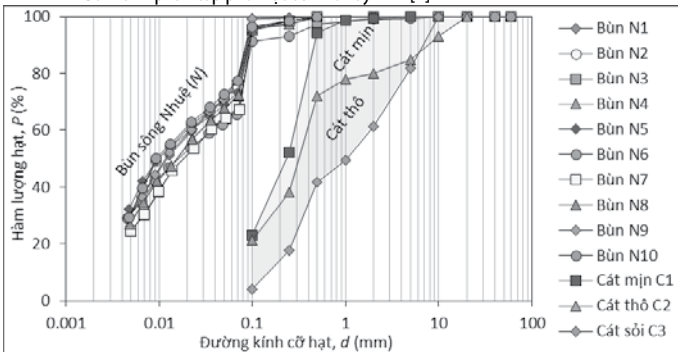


Hình 2. Lấy mẫu tại sông Nhuệ

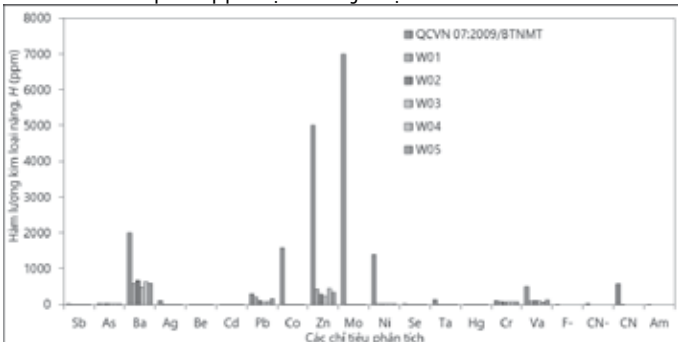
Số hiệu mẫu (H)		Mẫu bùn hồ Tây									
		W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	W <sub>6</sub>	W <sub>7</sub>	W <sub>8</sub>	W <sub>9</sub>	W <sub>10</sub>
Chỉ tiêu vật lý	Độ ẩm ban đầu, W (%)	210,9	202,5	216,3	204,1	195,4	201,5	208,7	212,3	198,6	202,7
	Giới hạn chảy, W <sub>L</sub> (%)	92,1	87,5	91	90,2	85,6	88,2	87,9	89,3	88,7	90,6
	Giới hạn dẻo, W <sub>p</sub> (%)	60,68	64,82	62,42	62,12	63,5	65,8	61,1	68,3	62,5	64,1
	Hàm lượng chất hữu cơ, (%)	7,2	6,5	7,1	5,75	6,1	4,9	5,6	7,1	6,35	6,45
	Khối lượng riêng (ρ), (g/cm <sup>3</sup> )	2,51	2,52	2,52	2,51	2,54	2,53	2,54	2,56	2,55	2,55
Số hiệu mẫu (W)		Mẫu bùn sông Nhuệ									
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>9</sub>	N <sub>10</sub>
Chỉ tiêu vật lý	Độ ẩm ban đầu, W (%)	190,5	193,7	197,2	183,5	201,9	172,8	188,7	190,6	201,3	205,6
	Giới hạn chảy, W <sub>L</sub> (%)	88,6	90,2	89,5	87,6	86,3	89,1	86,7	90,1	89,4	88,5
	Giới hạn dẻo, W <sub>p</sub> (%)	63,2	67,5	65,4	68,2	70,1	64,9	60,2	67,6	61,3	66,7
	Hàm lượng chất hữu cơ, (%)	12	12	11	13,8	14,2	11,7	11,2	11,5	11,3	12,1
	Khối lượng riêng (ρ), (g/cm <sup>3</sup> )	2,6	2,52	2,41	2,48	2,52	2,62	2,51	2,61	2,58	2,6



Hình 3. Thành phần cấp phối hạt bùn hồ Tây "W" [4]



Hình 4. Thành phần cấp phối hạt bùn sông Nhuệ "N"



Hình 5. Hàm lượng Kim loại nặng mẫu đất bùn hồ Tây [6], [15]

**2.1.2. Phụ gia xi măng và polymer**

Xi măng Portland thương mại thông thường được sử dụng làm phụ gia trong cải tạo bùn [1], [10], [12]. Hình 7 trình bày một số hợp chất hóa học chính có trong một loại xi măng PCB thương mại, được xác định theo TCVN 141:1998 [4].

Bảng 2. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của phương pháp trộn

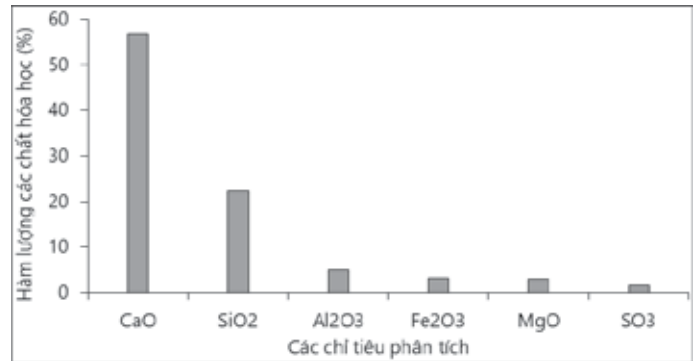
Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Hàm lượng polymer so với bùn ướt, P (%)	Phương pháp trộn	Thời gian bảo dưỡng, t (ngày)
100	15	0,3	Trộn bùn với xi măng và polymer cùng lúc	7; 14; 28
			Trộn bùn với xi măng trước, trộn polymer sau	
			Trộn bùn với polymer trước, trộn xi măng sau	

Bảng 3. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng xi măng và polymer

Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Hàm lượng polymer so với bùn ướt, P (%)	Phương pháp trộn	Thời gian bảo dưỡng kín, t (ngày)	Số lượng mẫu
100	5; 10; 15; 20	0,1; 0,2; 0,3; 0,4	Trộn bùn, xi măng trước, trộn polymer sau	7; 14; 28	16

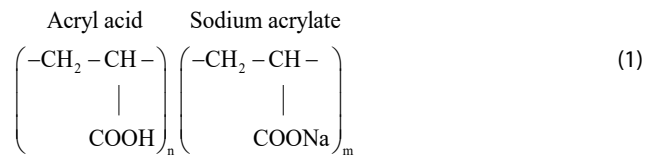
Bảng 4. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của loại xi măng

Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Thời gian bảo dưỡng kín, t (ngày)	Số lượng mẫu ứng với 9 loại PCB
100	5; 10; 15	28	27



Hình 6. Các chất hóa học chính trong mẫu xi măng [4]

Phụ gia polymer sử dụng trong nghiên cứu này là một loại polymer axit acrylic dạng bột, có tính dẻo dính và hút nước cao (Hình 7), công thức 1 trình bày gốc hóa học của một loại polymer tiêu biểu.



Hình 7. Một loại polymer phổ biến trong cải tạo đất

**2.2. Phương pháp thí nghiệm**

Phương pháp trộn mẫu tham khảo phụ lục D tiêu chuẩn TCVN 9403-2012, Phương pháp thí nghiệm nền 1 trực nở hông tự do theo tiêu chuẩn ASTM D2166, phương pháp xác định thành phần hạt theo tiêu chuẩn TCVN 8726:2012.

Vật liệu trộn gồm có: bùn ướt có độ ẩm trong khoảng giới hạn chảy, dẻo [W<sub>p</sub>; W<sub>l</sub>], xi măng và polymer. Các cấp phối mẫu vật liệu GFM như các bảng: Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4.

Các mẫu GFM sau khi trộn được bảo quản trong thùng xốp kín để tránh tác động của môi trường bên ngoài, thực hiện thí nghiệm nén 1 trục nở hông để theo dõi các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của mẫu như Hình 8

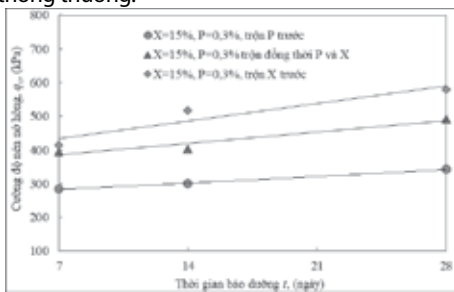


Hình 8. Thí nghiệm nén nở hông các mẫu R-GFM

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của phương pháp trộn đến cường độ của vật liệu GFM

Hình 9 trình bày ảnh hưởng của phương pháp trộn đến sự phát triển cường độ của 3 mẫu GFM có cùng cấp phối trộn (B:X:P)=(100:15:0,3)% nhưng phương pháp trộn khác nhau, theo dõi sự phát triển cường độ theo thời gian bảo dưỡng ở  $t = 7; 14; 28$  ngày. Kết quả cho thấy theo thời gian bảo dưỡng cường độ của tất cả các mẫu đều tăng, tuy nhiên cường độ tăng mạnh ở 7 ngày đầu tiên và giảm dần ở các ngày tiếp theo, điều này được lý giải do quá trình thủy hóa xi măng diễn ra mạnh mẽ nhất ở những ngày đầu, các sản phẩm thủy hóa của xi măng chiếm chỗ các lỗ rỗng, liên kết với nhau tạo ra khung kết cấu đặc chắc của vật liệu GFM [3]. Kết quả cũng cho thấy, phương pháp trộn có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM. Giá trị cường độ nén nở hông trung bình  $q_u$  ở 28 ngày tuổi có sự thay đổi theo phương pháp trộn. Trong đó các mẫu theo phương pháp trộn xi măng và polymer đồng thời cho giá trị cường độ trung bình 430,7 (kPa); các mẫu theo phương pháp trộn bùn, polymer trước, trộn xi măng sau cho giá trị cường độ trung bình thấp hơn so với phương pháp trộn đồng thời, khoảng 309,1 (kPa) giảm khoảng 39,3%; các mẫu theo pháp trộn bùn, xi măng trước, trộn polymer sau cho giá trị cường độ trung bình cao hơn so với phương pháp trộn đồng thời, khoảng 503,5 (kPa), tăng 16,9%. Như vậy khi thi công tái chế vật liệu GFM nên lựa chọn phương pháp trộn bùn và xi măng trước, trộn polymer sau thay vì phương pháp trộn đồng thời. Phương pháp này cho giá trị cường độ cao hơn đáng kể, hạn chế của phương pháp này là thời gian trộn kéo dài hơn phương pháp trộn thông thường.

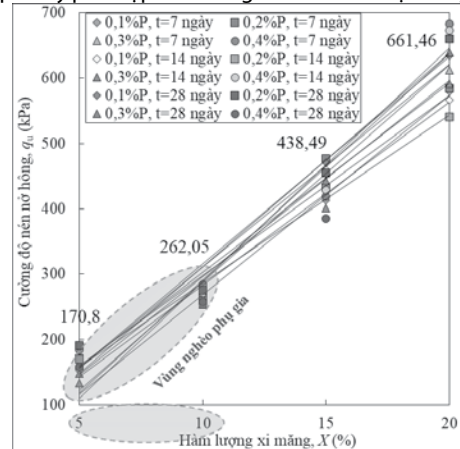


Hình 9. Ảnh hưởng của phương pháp trộn tới sự phát triển cường độ

#### 3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng xi măng, polymer đến cường độ của vật liệu GFM

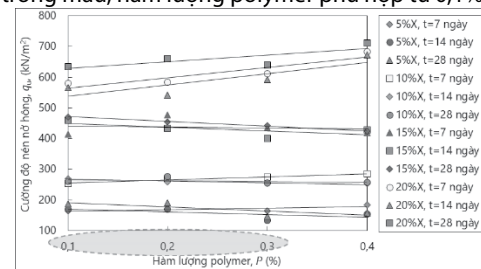
Hình 10 trình bày ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ của vật liệu GFM. Với 16 mẫu vật liệu GFM được khảo sát ở các thời gian  $t = 7; 14; 28$  ngày. Trong thí nghiệm này có 2 yếu tố chính ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM, đó là: hàm lượng xi măng và thời gian bảo dưỡng. Trong 7 ngày đầu bảo dưỡng có ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM vì đây là khoảng thời gian xi măng thủy hóa mạnh mẽ nhất. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hàm

lượng xi măng có ảnh hưởng rất lớn đến cường độ của vật liệu GFM. Giá trị cường độ trung bình của các mẫu GFM tương ứng với hàm lượng xi măng 5%, 10%, 15%, 20% lần lượt là 170,88 (kPa); 262,05 (kPa); 438,49 (kPa); 661,46 (kPa). Điều đó cho thấy với hàm lượng nghèo xi măng từ 5% đến 10%, các mẫu GFM đạt cường độ khá tốt trên 150 (kPa), có thể được sử dụng làm vật liệu đắp cho các dự án đòi hỏi cường độ thiết kế thấp, kết quả này phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố [13].



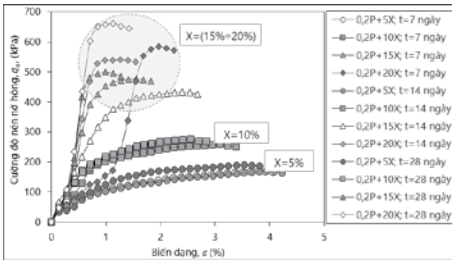
Hình 10. Ảnh hưởng của xi măng đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM

Hình 11 trình bày ảnh hưởng của polymer đến cường độ của vật liệu GFM. Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng polymer không có ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển cường độ của các mẫu GFM. Điều này được lý giải do polymer có ảnh hưởng nhiều nhất khi bùn có độ ẩm lớn, lúc này polymer có tác dụng như chất keo tụ làm giảm nước, khi trộn xảy ra quá trình hóa của polymer, tạo ra các màng keo bao bọc các hạt bùn sét nhỏ, xi măng và nước tạo thành các hạt có kích thước lớn hơn, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thủy hóa xi măng, điều này đã được báo cáo trong các nghiên cứu [12], [16]. Như vậy, ở đây polymer có chức năng chính là tạo hạt cho hỗn hợp sau khi trộn, cường độ phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng xi măng trong mẫu, hàm lượng polymer phù hợp từ 0,1% đến 0,3%.



Hình 11. Ảnh hưởng của polymer đến cường độ của vật liệu GFM

Hình 12 trình bày ảnh hưởng của xi măng đến quan hệ ứng suất - biến dạng của các mẫu GFM trong thí nghiệm nén một trục nở hông. Kết quả thí nghiệm cho thấy có hàm lượng xi măng có ảnh hưởng lớn đến quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu GFM. Biến dạng của mẫu tăng nhanh chóng ở giá trị áp lực nén thấp đối với các mẫu có hàm lượng xi măng 5%. Cường độ mẫu tăng lên và biến dạng giảm dần khi tăng hàm lượng xi măng lên 10; 15; 20%. Đặc biệt khi hàm lượng xi măng ở 15% đến 20%, mẫu có hiện tượng phá hoại đột ngột, tại thời điểm phá hoại áp lực khá lớn trong khi đó biến dạng khá nhỏ. Do vậy cần lựa chọn hàm lượng xi măng hợp lý để ứng xử cơ học của vật liệu GFM phù hợp với vật liệu đắp hoặc làm nền công trình, đảm bảo yêu cầu về kinh tế, giảm giá thành trong sản xuất. Cũng như các đặc trưng cơ học khác thì polymer không có ảnh hưởng nhiều đến quan hệ ứng suất - biến dạng của các mẫu vật liệu GFM mà chỉ có ảnh hưởng nhiều đến khả năng tạo hạt (Hình 13)



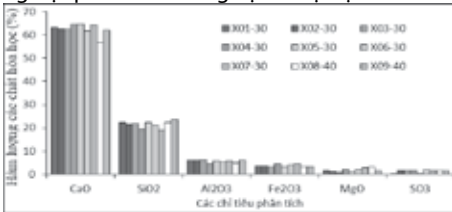
Hình 12. Ảnh hưởng của xi măng đến ứng suất - biến dạng các mẫu GFM



Hình 13. Ảnh hưởng của polymer đến ứng suất - biến dạng các mẫu GFM

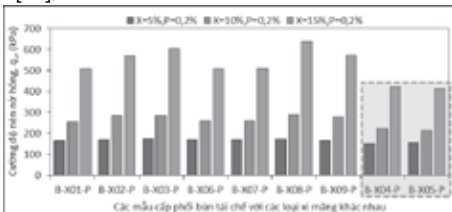
**3.3. Kết quả ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ của vật liệu GFM**

Hình 14 trình bày một số thành phần hóa học chính trong xi măng, được xác định theo TCVN 141:1998 [12]. Một số hợp chất hóa học trong xi măng như: CaO, SO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> có ảnh hưởng lớn đến cường độ của vật liệu sau tái chế, xi măng có hàm lượng CaO thấp, hàm lượng SO<sub>3</sub> và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cao thì có lợi trong việc phát triển cường độ của vật liệu sau tái chế [7].



Hình 14. Hàm lượng các chất hóa học chính trong các mẫu xi măng

Hình 15 trình bày ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ nén một trục nén của vật liệu GFM. Kết quả cho thấy, cường độ của mẫu GFM gần như không thay đổi khi hàm lượng xi măng dưới 5%, giá trị cường độ cũng không phụ thuộc vào loại xi măng, tức là không phụ thuộc vào các thành phần hóa học trong có trong xi măng. Khi hàm lượng xi măng từ 10% đến 15% thì cường độ của vật liệu GFM có sự thay đổi đáng kể tùy thuộc vào loại xi măng. Hàm lượng CaO trong xi măng càng cao thì cường độ vật liệu GFM càng giảm và ngược lại, thể hiện ở các mẫu xi măng X03, X08, X04, X05. Hàm lượng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub> trong xi măng càng lớn thì cường độ của vật liệu GFM càng cao, thể hiện ở các mẫu xi măng X02, X03, X08, X09, điều này phù hợp với các nghiên cứu tại Nhật Bản [14].



Hình 15. Ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ nén một trục của vật liệu GFM

**4. KẾT LUẬN**

Từ các kết quả trộn thử trong phòng thí nghiệm, bài báo đã đánh giá sơ bộ một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM như: phương pháp trộn, thời gian bảo dưỡng, hàm lượng xi

măng và polymer. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

Cường độ các mẫu GFM tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng. Cường độ phát triển mạnh nhất trong 7 ngày đầu tiên do đây là khoảng thời gian xi măng thủy hóa mạnh nhất.

Với cùng một tỷ lệ trộn, phương pháp trộn (bùn + xi măng) trước, trộn polymer sau thì hiệu quả về mặt cải thiện cường độ tốt hơn các phương pháp trộn khác.

Khi hàm lượng nghèo phụ gia xi măng từ 5% đến 10% cho giá trị cường độ khá cao từ 170,88 (kPa) đến 262,05 (kPa), đáp ứng tốt yêu cầu của vật liệu san lấp.

Khi hàm lượng xi măng từ 15% đến 20% thì cường độ mẫu tăng mạnh và nhanh chóng bị phá hoại trong khi biến dạng rất nhỏ. Tuy nhiên khi sử dụng hàm lượng nghèo phụ gia xi măng từ 5% đến 10% thì quan hệ giữa cường độ và biến dạng của mẫu phù hợp với sự làm việc của đất khi chịu tác dụng của tải trọng.

Polymer có chức năng chính là tạo hạt, do vậy với hàm lượng nghèo phụ gia thì polymer không có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của mẫu GFM. Hàm lượng polymer từ 0,1% đến 0,3% là phù hợp cho tái chế, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của vật liệu đắp và giảm giá thành trong sản xuất.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 141:1998. Xi măng - phương pháp phân tích hóa học. Hà Nội, 1998.

[2]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 11832:2017 gia cố nền đất yếu, phương pháp gia cố toàn khối, Hà Nội, 2017, 4-9.

[3]. Nguyễn Trọng Dũng, Mô hình tính toán mức độ thủy hóa các chất kết dính thành phần trong hồ xi măng, Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững, Hà Nội, 2018, 119-123.

[4]. Phạm Tri Thức, Huy Đông Phan, Thị Thanh Thủy Nguyễn, Nghiên cứu ảnh hưởng của loại xi măng đến sự phát triển cường độ và hình thành cấu trúc vi mô của vật liệu san lấp tái chế từ bùn nạo vét ao/hồ trong TP Hà Nội, Hội thảo quốc tế kỷ niệm 60 năm thành lập Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng Việt Nam, Hà Nội, 2023, 493-500.

[5]. Phạm Tri Thức, Phan Huy Đông, Lê Thị Hồng Linh, Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong TP Hà Nội - nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt, Tạp chí Xây dựng Việt Nam số 2 (02-2024) (ISSN 2734-9888), Hà Nội, 2024, 101-105.

[6]. Phan Huy Đông, Nghiên cứu một số đặc tính lý hóa của mẫu bùn nạo vét khu vực Hà Nội và Đề xuất giải pháp tái chế bùn thành vật liệu thi công đắp nền, Tạp chí Xây dựng Việt Nam, số 9-2017, Hà Nội, 2017, 263-266.

[7]. Phan Huy Đông, Nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm xử lý bãi chôn lấp bùn nạo vét phục vụ cho công tác tái chế bùn, Tạp chí Xây dựng Việt Nam, Hà Nội, 2017.

[8]. Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Báo cáo đánh giá tác động môi trường Dự án nạo vét bùn, bổ cấp nước và xây dựng cột phun nước cho Hồ Tây, Hà Nội, 2017.

[9]. Trần Quốc, Đạt, Minh Nguyễn Thanh, and Dương Trọng Kiến, Đánh giá vai trò của phụ gia Polymer trong việc gia cố đất bằng xi măng để nâng cao sức chịu tải nền đường sắt, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải 72(5), Hà Nội, 2021, 660-671.

[10]. Ayeldeen, Mohamed, Yuki Hara, Masaki Kitazume, and Abdelazim Negm, Unconfined Compressive Strength of Compacted Disturbed Cement-Stabilized Soft Clay, International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering 2(4). doi: 10.1007/s40891-016-0064-4, 2016, 1-10.

[11]. Dong, Phan Huy, Kimitoshi Hayano, Yoshiaki Kikuchi, Hidenori Takahashi, and Yoshiyuki Morikawa, Deformation and Crushing of Particles of Cement Treat Granulate Soil, Soils and Foundations 51(4). doi: 10.3208/sandf.51.611, 2011, 611-624.

[12]. HAYANO, Kimitoshi, Hiromoto YAMAUCHI, Kota SASAKI, and Keisuke Fujishima, fundamental study on a new granulation method with the process of crumbling partially-cemented liquid muds. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. C (Geosphere Engineering) 70(4). doi: 10.2208/jscejge.70.424, 99-103.

[13]. K. H. Head, MA (Cantab), C. Eng, FICE, FGS (1994), Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests, Manual of Soil Laboratory Testing. Vol 2. Whittles Publishing.

[14]. M.Kitazume, The Pneumatic Flow Mixing Method, Tokyo, 2018, 24-55.

[15]. Thuc, Phạm Tri, and Phan Huy Dong, Reusability of Muds Dredged from Lakes in Hanoi City from Its Geotechnical Engineering Characteristics, Lecture Notes in Civil Engineering 54. doi: 10.1007/978-981-15-0802-8\_128, Hà Nội, 2020, 805-810

[16]. Wang Yanjie, Zhongjian Yang, Fuqiang Zhu, Yue Ma, Jincheng Ren, Study on the Dewatering Effect of In-Situ Dredged Mud Under the Combined Action of Flocculant-Absorbent, Lecture Notes in Civil Engineering 230 LNCE. doi: 10.1007/978-981-16-9963-4\_19, 2022.

# Using aerobic granular sludge to treat urban wastewater on SBR technology

Sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị bằng công nghệ xử lý theo mẻ SBR

> ASSOC.PROF.DR NGUYEN THI NGOC DUNG<sup>1</sup>, ASSOC.PROF.DR TRAN VIET NGA<sup>2</sup>, DR PHAM VAN DOANH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hanoi Architectural University; <sup>2</sup>Hanoi University of Civil Engineering

## ABSTRACT

Currently, in Vietnam only 10% - 15% of urban wastewater is collected and treated [18]. Wastewater collection systems in urban areas of Vietnam are mostly public drainage systems. Therefore, the operative parameters of water quality parameters such as COD, BOD<sub>5</sub>, T-P are much lower than those of the design [18]. Therefore, most wastewater treatment plants in Vietnam do not work as efficiently as designed. In Vietnam, many wastewater treatment technologies have been applied, but in regard to capacity, SBR technology accounts for the largest amount with 43.8% [1].

Aerobic granular sludge has been applied in batch reactors SBR since the 1970s and it has been extensively studied with different substances in the following years [2][3]. Compared with activated sludge, aerobic granular sludge has a good granular structure, high biomass retention capacity, and ability to remove more toxic compounds in wastewater [4]. Therefore, it is applied to treat domestic wastewater, wastewater from food processing plants, livestock, industrial areas, leather processing factories, slaughter halls, breweries... [5]. It is a reliable guarantee for the studies on applying aerobic granular sludge on SBR technology to treat urban wastewater.

**Keywords:** Water aerobic granular sludge; treat urban wastewater; SBR technology; activated sludge; biomass.

## TÓM TẮT

Hiện nay, tại Việt Nam mới chỉ có 10% - 15% lượng nước thải đô thị được thu gom và xử lý [18]. Hệ thống thu gom nước thải tại các đô thị của Việt Nam phần lớn là hệ thống thoát nước chung. Vì vậy thông số thực tế vận hành đối với các thông số như: COD, BOD<sub>5</sub>, T-P thấp hơn nhiều so với thiết kế [18]. Điều này dẫn đến phần lớn các nhà máy xử lý nước thải tại Việt Nam làm việc không đạt hiệu quả như thiết kế. Tại Việt Nam áp dụng nhiều công nghệ xử lý nước thải (XLNT), tuy nhiên nếu tính theo công suất thì công nghệ SBR chiếm số lượng lớn nhất là 43,8% [1]. Bùn hạt hiếu khí đã được ứng dụng trong bể phản ứng theo mẻ SBR từ những năm 1970 và nó đã được nghiên cứu sâu rộng trong những năm sau đó với các chất nền khác nhau [2] [3]. So với bùn hoạt tính thông thường bùn hạt hiếu khí có kết cấu hạt tốt, có khả năng duy trì sinh khối cao, và có thể xử lý các hợp chất độc hại có trong nước thải [4]. Vì vậy mà nó được ứng dụng để xử lý nước thải sinh hoạt, nước thải của các nhà máy chế biến thực phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải lò mổ, nước thải nhà máy sản xuất rượu bia [5]... Đó là sự đảm bảo tin cậy cho những nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí bằng công nghệ xử lý theo mẻ (SBR) để xử lý nước thải đô thị.

**Từ khóa:** Bùn hạt hiếu khí; xử lý nước thải đô thị; công nghệ SBR; bùn hoạt tính; sinh khối.

## 1. INTRODUCTION

There are many types of urban wastewater treatment technologies in Vietnam, currently there are 6 main technologies applied to urban wastewater treatment plants in Vietnam. If calculated by capacity, SBR technology accounts for 43.81%; CAS technology accounts for 16.7%; Ho technology accounts for 13%; OD technology accounts for 9.5%; TF technology accounts for 4.5% of capacity; A2O technology accounts for 6.9% of capacity; MBBR technology with 1.5%; AO technology with 1.3%; other technologies account for 1.5%.

SBR wastewater treatment technology is an improvement from traditional activated sludge technology. Batch reactor (SBR) is an activated sludge technology process that operates in a "charge, aeration, rest, discharge" cycle. In the world, batch reactors have

been researched since the 1970s, even since 1914, the designs of wastewater treatment tanks by Arden and Lockett have operated on the principle of SBR tanks.

Aerobic granular sludge can be defined as the microbial biomass that utilizes the nutrients in the wastewater. Granular microbial biomass is described as a dense and compact collection of microorganisms in a spherical shape. The concept of aerobic granular sludge has been developed in recent years. Aerobic granular sludge is the self-fixing process of microorganisms into a spherical mass.

The geometry of aerobic granular sludge is spherical. The average diameter of aerobic granules varies between 0.2 ÷ 5 (mm). The specific gravity of aerobic granules is usually about 1004 ÷ 1065 (kg/m<sup>3</sup>). The settling velocity of aerobic granular sludge is closely

related to the particle size and structure, the settling velocity fluctuates  $30 \div 70$  (m/h), the settling velocity of aerobic granular sludge is at least three times as high as that of conventional activated sludge [6] [7]. The microbial population in aerobic granular sludge is more diverse than in conventional activated sludge [6] [7].

The application of SBR technology in urban wastewater treatment has been proven through many research projects such as: Research by Bernardes and Klapwijk [4] aimed at evaluating and investigating the effectiveness of SBR technology for removing nitrogen, carbon, and phosphorus from urban wastewater in the Bennekom WWTP in the Netherlands with a capacity of 22000 (m<sup>3</sup>/day); or research project by Umble and Ketchum [8], doing experiments with SBR technology in urban wastewater treatment. Basing on the ability of SBR technology to treat wastewater flexibly in removing organic matter, suspended solids, and nitrification; The project by Beccari et al [9] studied COD removal by acidogenic fermentation from organic wastes in municipal waste; The research project by De Sousa and Foresti [10], the one carried out on an experimental model of a UASB tank with a capacity of 4 (liters) and two identical cylindrical SBR models with a capacity of 3.6 (liters); The project by Steinmetz [11], demonstrated the effectiveness of SBR technology in 2 urban wastewater treatment plants with a capacity of 15000 (m<sup>3</sup>/day) and 25000 (m<sup>3</sup>/day). [12]

In recent years, the use of aerobic granular sludge for wastewater treatment tends to increase at different levels in the

world such as: Opfikon Klotten wastewater treatment plant - Switzerland, capacity 26000 (m<sup>3</sup>/day); Wemmershoek wastewater treatment plant - South Africa, capacity 5000 (m<sup>3</sup>/day); Highworth wastewater treatment plant - United Kingdom, capacity 1444 (m<sup>3</sup>/day); Clonakilty-Ireland wastewater treatment plant, capacity 5000 (m<sup>3</sup>/day); Ringsend wastewater treatment plant - Ireland, capacity 600.000 (m<sup>3</sup>/day); Kingaroy wastewater treatment plant - Australia, capacity 10.800 (m<sup>3</sup>/day); Longford wastewater treatment plant - Australia, capacity 2.838 (m<sup>3</sup>/day). Sappi Lanaken wastewater treatment plant - Belgium, capacity 14.400 (m<sup>3</sup>/day). Araguaína wastewater treatment plant, Tocantis, Brazil, with a capacity of 52.704 (m<sup>3</sup>/day) [13].

## 2. AEROBIC GRANULAR SLUDGE

Factors affecting the formation and development of aerobic granular sludge

The formation and development of aerobic granular sludge depends on many factors, the main factors include: composition of the substrate; organic loads in wastewater; aeration intensity; microbial selection time; hydraulic retention time; anoxic process; technological conditions; environmental conditions.

Advantages of aerobic granular sludge compared to conventional activated sludge

The outstanding advantages of aerobic granular sludge over conventional activated sludge are presented in Table 2.1

Table 2.1. Properties of aerobic granular sludge and conventional activated sludge [14];[5]

No	Properties	Aerobic granular sludge	Activated sludge
1	Settling ability	$30 \div 70$ (m/h)	$8 \div 10$ (m/h)
2	Biomass concentration	$> 10$ g/l	$< 5$ g/l
3	SVI <sub>30</sub> index	$< 50$ (ml/g)	$60 \div 200$ (ml/g)
4	Microbial composition	Diverse, including aerobic, anaerobic, facultative bacteria	Aerobic bacteria mostly
5	Load shock resistance	high	Poor
6	Organic load	High organic load ( $2 \div 15$ kgCOD/m <sup>3</sup> .day)	Low organic load ( $< 2,5$ kgCOD/m <sup>3</sup> .day)
7	Size	$0,2 \div 5$ (mm)	$3 \div 150$ ( $\mu$ m)
8	Mud age	About $12 \div 15$ days	About $6 \div 7$ days

### Scientific basis for treating substrates of aerobic granular sludge

To make it easier to imagine, the granular sludge structure is roughly divided into 3 layers based on the percentage of predominant microbial species.

*The first layer*, the outermost layer of the granule sludge, includes plenty of active heterotrophic bacteria, so the COD removal process mainly occurs at the surface. Microorganisms absorb nutrients and oxygen in wastewater and release CO<sub>2</sub> and water.

*The second layer*, under the outermost layer of the granular sludge, contains many highly active nitrifying bacteria, so nitrogen removal mainly occurs in this layer.

*The third layer*, which is the innermost layer of the granular sludge, includes many highly active anaerobic bacteria, and phosphorus accumulation. The process of removing phosphorus and nitrogen, and sulfur mainly occur in this layer.

*The ability of aerobic granular sludge to remove pollutants in wastewater*

Aerobic granular sludge can be used for removing organic compounds, nutrients (nitrogen, phosphorus), heavy metals and toxic substances. Studies related to this matter have shown many advantages of aerobic granular sludge such as: capability to treat organic, N, P well; stable metabolic rate; good restoration and load shock resistance, long biomass storage time [15].

### Kinetics of aerobic granular sludge formation

The kinetics of aerobic granular sludge formation and growth is described by equation of degree 1 [16].

$$D - D_0 = (D_e - D_0)[1 - e^{-\mu(t-t_0)}] \quad [16]$$

In which: +  $D_0$  - is the size of microbial aggregate at time  $t_0$

+  $t_0$  - is the stage when microorganisms begin to adapt

+  $D$  - is the size of microbial aggregate at time  $t$

+  $D_e$  - is size of microbial aggregate at equilibrium

+  $\mu$  - is the specific growth rate of aggregate by size

### 3. APPLICATION OF SBR TECHNOLOGY USING AEROBIC GRANULAR SLUDGE TO TREAT URBAN WASTEWATER IN HANOI IN THE LABORATORY

#### 3.1. Efficiency of removing organic and nutrients

a. COD removal efficiency

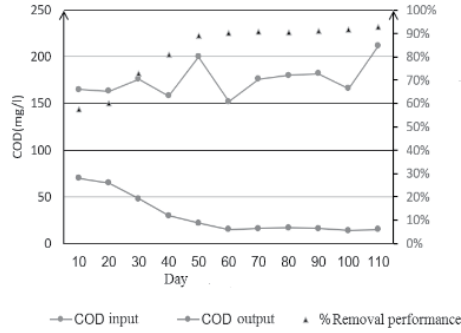


Figure 3.1. COD removal efficiency

b. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N removal efficiency

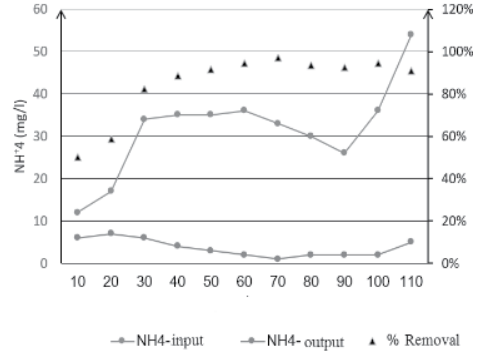


Figure 3.2. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N removal efficiency

c. T - N removal efficiency

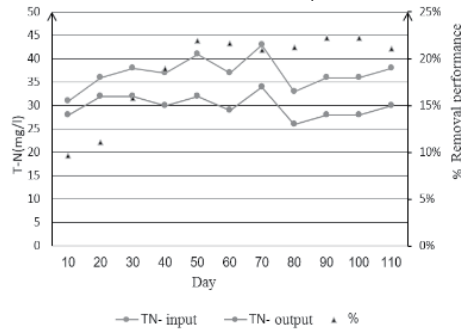


Figure 3.3. T - N removal efficiency

d. T - P removal efficiency

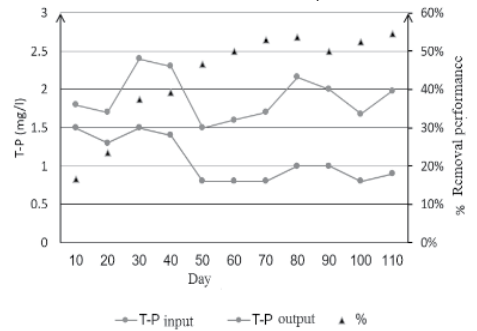


Figure 3.4. T - P removal efficiency

#### 3.2. Evaluating the stability of the aerobic granular sludge culture process

a. MLSS sludge concentration and MLVSS/MLSS ratio

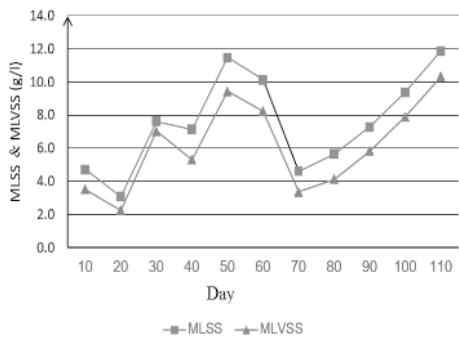


Figure 3.5. Changes in MLSS and MLVSS during the experiment

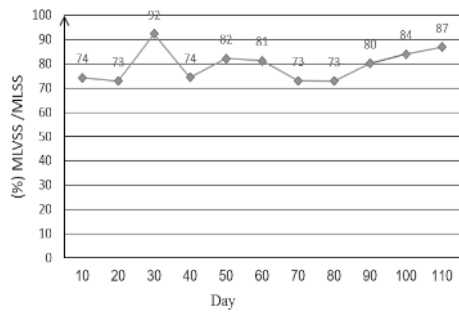


Figure 3.6. Changes in MLVSS/MLSS ratio

b. SVI<sub>30</sub> index

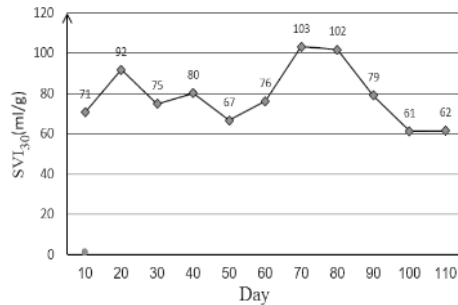


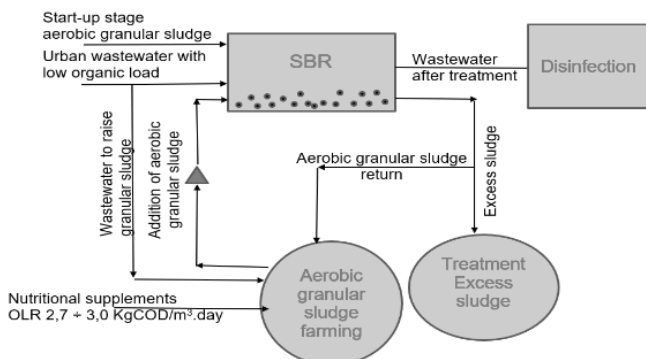
Figure 3.7. SVI<sub>30</sub> index during the experiment

### 3.3. Proposing aerobic granular sludge application technology for urban wastewater treatment in Vietnam

#### a. The case for dilute urban wastewater with $OLR < 2.0$ ( $\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ )

In this case, it is difficult to successfully grow the granular sludge and maintain the sludge concentration in the reactor. Therefore, on the technology diagram, it is necessary to have additional solutions and maintain a stable particle sludge concentration. The granular sludge will be raised in a separate tank with the appropriate addition of nutrients and COD. The amount of granular sludge that needs to be added includes dissolved and washed sludge, old sludge. The addition of granular sludge to always ensure the required F/M ratio. The diagram looks like Figure 3.8.

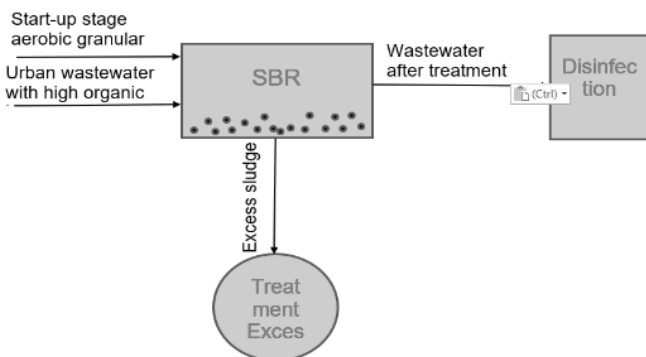
3



**Figure 3.8.** Technological line diagram for application of aerobic granular sludge on SBR technology to treat urban wastewater with low organic load

#### b. The case for solid urban wastewater with $OLR > 2.5$ ( $\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ )

For urban wastewater with high organic load, the concentration of granular sludge is always ensured due to the sludge formation process right in the reactor. On the technology diagram, there is no need to have additional solutions and maintain the particle sludge concentration to always ensure the required F/M ratio. The diagram looks like Figure 3.9.



**Figure 3.9.** Technological flow diagram for application of aerobic granular sludge on SBR technology to treat urban wastewater with high organic load

## 4. CONCLUSIONS

From the results of the actual survey at urban wastewater treatment plants in Vietnam and the analysis, comparison of the experimental results of the thesis, it can be seen that the application of aerobic granular sludge on the SBR technology model to treat dilute urban wastewater in Vietnam bases on scientific basis for the following reasons: The BOD, COD,  $\text{NH}_4^+$  - N removal efficiency is stable and high when making comparison between wastewater treatment plants applying the SBR technology and those using other technologies.

Suitable for urban wastewater with low organic load. Most urban areas in Vietnam currently use a common sewer system, so wastewater has a low organic load. Wastewater treatment plants applying SBR

technology are very popular in Vietnam, so it will be very convenient to apply aerobic granular sludge on the SBR technology model.

The research results of the thesis show that the possibility of applying SBR technology using aerobic granular sludge to treat urban wastewater has a scientific basis for the following reasons: The COD,  $\text{NH}_4^+$  - N removal efficiency is stable and high efficiency when compared to other wastewater treatment plants applying SBR technology in Vietnam and compared with current discharge standards in Vietnam (Vietnam standard 14/2008-BTNMT and 40:2011/BTNMT)

Suitable for urban wastewater with low organic load, since most urban areas in Vietnam use a common drainage system, wastewater usually has a low organic load. Wastewater treatment plants in Vietnam applying SBR technology are very popular, the application of aerobic granular sludge on the SBR technology model is very convenient.

## REFERENCES

- [1]. Boston: McGraw Hill. McSwain, BS.; Irvine, RL.; Wilderer, PA. (2003) *The effect of intermittent feeding on aerobic granule structure*. 5th International Conference on Biofilm Systems by International Water Association. South Africa: Cape Town.
- [2]. Athanasios Katsoyiannis, Constantini Samara, "Persistent organic pollutants (POPs) in the sewage treatment plant of Thessaloniki, northern Greece: Occurrence and Removal," pp. 2685-2698, 2004.
- [3]. Blackall, LL; Meyer, RL.; Saunders, AM.; Zeng, RJ.; Keller, J. (2003) *Microscale structure and function of anaerobic-aerobic granules containing*.
- [4]. Carucci, A.; Chiavola, A.; Majone, M.; Rolle, E. *Treatment of tannery wastewater in a sequencing batch reactor*. Water Sci. Technol. 1999.
- [5]. H, Xu.; Y, Liu. (2007) *Mechanisms of  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , and  $\text{Ni}^{2+}$  biosorption by aerobic granules*. Sep. Purif. Technol, in press.
- [6]. Li, Z.H.; Kuba, T.; Kusuda, T. (2006a) *Selective Force and Mature Phase Affect the Stability of Aerobic Granule: An Experimental Study by Applying Different Removal Methods of Sludge*. Enzyme and Microbial Technology, 39, 976.
- [7]. Li, Z.H.; Kuba, T.; Kusuda, T. (2006b) *The influence of starvation phase on the properties and the development of aerobic granules*. Enzyme and Microbial Technology, 38, 670
- [8]. Pringle JH, Fletcher M. (1983) *Influence of substratum wettability on attachment of fresh bacteria to solid surface*. Appl Environ Microbiol.
- [9]. Burkhardt, C. *Sequencing Batch Reactors in the Sugar Industry*. Zuckerindustrie 1999.
- [10]. Etterer, T.; Wilderer, PA. (2001) *Generation and properties of aerobic granular sludge*. Water Sci Technol, 43, 19.
- [11]. Mervyn C. Goronzy, Peter A. Wilderer, Robert L. Irvine, "Sequencing batch reactor technology," International Water Association, 2000.
- [12]. Pochana, K.; Keller, J. *Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification*. Water Sci. Technol. 1999.
- [13]. Hsin, S.; You, H.-S.; Cheng, S.; Juang, S. S.; Tzou, W. Y.;. *A successful case study of fine chemical plant wastewater treatment*. Water Sci. Technol. 1997.
- [14]. Bernardes, R. S.; Klapwijk, A. *Biological nutrient removal in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater*. Water Sci. Technol. 1996.
- [15]. Shin HS, Lim KH, Park HS. (1992) *Effect of shear stress on granulation in oxygen aerobic upflow sludge reactors*. Water Sci Technol.
- [16]. Ruiz, C.; Torrijos, M.; Sousbie, P.; Lebrato, M. J.; Moletta, R. *The anaerobic SBR process: Basic principles for design and automatation*. Water Sci. Technol. 2001.

# Định hướng phát triển kiến trúc nhà ở dân tộc Thái vùng Tây Bắc phục vụ du lịch cộng đồng

Orientation for the architectural development of Thai ethnic housing in the northwest region to serve community tourism

> TS TRẦN QUỐC BẢO

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: baotq@huce.edu.vn

## TÓM TẮT

Dân tộc Thái là một trong 53 dân tộc thiểu số có dân số đông thứ 3 tại Việt Nam, cư trú chủ yếu tại các tỉnh vùng Tây Bắc, nơi có cảnh quan thiên nhiên đẹp và độc đáo. Người Thái có nền văn hóa mang tính riêng biệt được thể hiện qua nhiều mặt trong đó có cấu trúc không gian bản làng và kiến trúc các ngôi nhà ở truyền thống mang tính đặc trưng dân tộc. Chính nền văn hóa đặc trưng của người Thái kết hợp với vẻ đẹp thiên nhiên vùng Tây Bắc đã tạo nên sức hấp dẫn khách du lịch.

Tuy nhiên sự phát triển và giao lưu về các mặt kinh tế, xã hội và văn hóa thời gian gần đây đã làm biến đổi bộ mặt kiến trúc nhà ở dân tộc Thái vùng Tây Bắc, nhiều ngôi nhà ở truyền thống đang bị thay thế bởi các ngôi nhà mới xây dựng theo kiểu người Kinh làm mai một các giá trị di sản kiến trúc truyền thống và gián tiếp làm mai một các giá trị văn hóa dân tộc Thái. Bài báo đề xuất các định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ du lịch cộng đồng làm cơ sở cho các nghiên cứu về giải pháp cụ thể ở giai đoạn tiếp theo, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế, xã hội tại các bản người Thái ở vùng Tây Bắc.

**Từ khóa:** Người Thái; kiến trúc nhà ở truyền thống; nhà sàn; bản người Thái; du lịch miền núi.

## ABSTRACT

The Thai ethnic group is one of 53 ethnic minorities with the third largest population in Vietnam. They reside mainly in the Northwest provinces, where there are beautiful and unique natural landscapes. Thai people have a unique culture that is expressed in many aspects, including the spatial structure of the village and the architecture of traditional houses with their ethnic characteristics. It is this unique culture of the Thai people, combined with the natural beauty of the Northwest, that has created an attraction for tourists.

However, recent economic, social, and cultural developments and exchanges have changed the face of Thai ethnic house architecture in the Northwest; many traditional houses are being replaced with new houses built in the Kinh style. This diminishes traditional architectural heritage values and indirectly erodes Thai ethnic cultural values. The article proposes directions for developing Thai ethnic housing to serve community tourism as a basis for research on specific solutions in the next stage, which contributes to the promotion of economic and social development in Thai villages in the Northwest region.

**Keywords:** Thai; traditional housing architecture; stilt house; Thai village; mountain tourism.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng Tây Bắc gồm 6 tỉnh Hòa Bình, Sơn La, Điện Biên, Lai Châu, Lào Cai, Yên Bái, là nơi có địa hình cao nhất, bị chia cắt và hiểm trở nhất ở Việt Nam. Các dạng địa hình phổ biến ở đây là các dãy núi cao, thung lũng sâu hay hẻm vực, các cao nguyên đá vôi có độ cao trung bình. Cấu trúc địa chất đặc biệt của vùng Tây Bắc tạo nên nhiều cảnh quan đẹp và di tích tự nhiên bao gồm các thác nước, các thung lũng và vực sâu. Tây Bắc là khu vực có tiềm năng và thế mạnh về điều kiện tự nhiên để phát triển du lịch. Sự đa dạng về điều kiện tự nhiên và đặc trưng văn hóa các dân tộc nơi đây là tiền đề cho việc phát triển du lịch cộng đồng [1]. Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 2473/QĐ-TTg ngày

30/12/2011 xác định các vùng du lịch tại Việt Nam, trong đó có vùng Tây Bắc [2]. Quyết định của Thủ tướng Chính phủ số 2050/QĐ-TTg ngày 12/11/2014 phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển Khu du lịch quốc gia Mộc Châu, tỉnh Sơn La đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030; trong đó đặc biệt chú trọng hình thức du lịch nghỉ tại nhà dân (homestay), nghiên cứu và trải nghiệm văn hóa dân tộc thiểu số và ưu tiên phát triển mô hình lưu trú tại nhà dân tại các điểm du lịch cộng đồng [3].

Dân tộc Thái là một trong 53 dân tộc thiểu số có dân số đông thứ 3 tại Việt Nam, dân số theo thống kê năm 2019 là 1.820.950 người, chiếm khoảng 1,74% dân số cả nước. Người Thái cư trú tập trung tại các tỉnh Sơn La, Lai Châu, Điện Biên, Lào Cai, Yên Bái, Hòa Bình thuộc vùng Tây Bắc, ngoài ra còn có Nghệ An và Thanh Hóa

thuộc miền Bắc Trung bộ [4]. Dân tộc Thái được phân chia thành nhiều nhóm: Thái Trắng, Thái Đen, Thái Đỏ, Thái Mường Vạt, Thái Do, Thái Thanh, Thái Lự và Thái Đà Bắc, trong đó nhóm người Thái Trắng và Thái Đen chiếm đại đa số nên thường chỉ kể đến 2 nhóm là Thái Trắng và Thái Đen. Người Thái có nền văn hóa mang tính riêng biệt được thể hiện qua nhiều mặt như lối sống, phong tục, tập quán, trang phục, ẩm thực và các sinh hoạt cộng đồng... Trong đó không thể bỏ qua cấu trúc bản và kiến trúc các ngôi nhà ở truyền thống mang tính đặc trưng dân tộc, nơi diễn ra cuộc sống hàng ngày thể hiện lối sống và các đặc trưng văn hóa khác.

Từ việc phân tích đặc điểm về điều kiện tự nhiên và văn hóa các dân tộc thiểu số vùng Tây Bắc nói chung, dân tộc Thái nói riêng và chiến lược phát triển du lịch của Chính phủ Việt Nam cho thấy việc đề xuất các cơ sở nguyên tắc và định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ phát triển du lịch cộng đồng là cần thiết.

Bài báo sử dụng các phương pháp nghiên cứu: 1) Suu tầm, tổng hợp, thống kê tài liệu có liên quan để tổng quan nghiên cứu, từ đó phân tích các kết quả nghiên cứu đã công bố để tìm ra khoảng trống cho nghiên cứu cũng như đặt ra những câu hỏi cho nghiên cứu; 2) Khảo sát thực địa: Quan sát, vẽ ghi, chụp ảnh các ngôi nhà ở truyền thống dân tộc Thái tại một số tỉnh thuộc vùng Tây Bắc; 3) Phân tích, đánh giá sử dụng trên cơ sở đánh giá, phân tích tình hình thực tiễn cũng như các kết quả nghiên cứu đã công bố để đưa ra các đề xuất cho nghiên cứu mang tính khách quan, tránh trùng lặp.

## 2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ NHÀ Ở TRUYỀN THỐNG VÀ DU LỊCH CỘNG ĐỒNG

Kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc Việt Nam, trong đó có dân tộc Thái là chủ đề nghiên cứu của nhiều tác giả trong thời gian gần đây. Nguyễn Khắc Tung trong hai cuốn sách *Nhà của các dân tộc ở trung du Bắc bộ Việt Nam* và *Nhà ở cổ truyền các dân tộc Việt Nam* đã nghiên cứu về kiến trúc nhà ở truyền thống của 52 dân tộc, trong đó có dân tộc Thái. Trong phần nghiên cứu về kiến trúc nhà ở truyền thống của dân tộc Thái, tác giả đã phân tích các đặc điểm về vật liệu xây dựng, cấu trúc bộ sườn (khung chịu lực), kết cấu bao che (tường và mái nhà), kỹ thuật xây dựng, cấu trúc mặt bằng khuôn viên và ngôi nhà truyền thống của các dân tộc [5,6]. Năm 2003, Chu Quang Trứ đã nghiên cứu, phân tích đặc điểm kiến trúc nhà ở truyền thống của các dân tộc thiểu số Thái, Mường, Tày, Nùng, H'Mông, Chăm, Ê đê. Các dân tộc mà được nghiên cứu phân bố trên địa bàn rất rộng ở Việt Nam, từ vùng núi phía Bắc Việt Nam đến cao nguyên Tây Nguyên, nên tác giả đã nhấn mạnh tới sự khác biệt của kiến trúc ngôi nhà ở truyền thống của các dân tộc, trong đó có nhà sàn của dân tộc Thái, để đáp ứng với cảnh quan, khí hậu, môi trường của mỗi vùng [7]. Đề tài *Điều tra khảo sát kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc miền núi phía Bắc và Tây Nguyên* do Viện Kiến trúc Quốc gia tiến hành năm 2009 nghiên cứu về kiến trúc nhà ở truyền thống, đề xuất các giải pháp bảo tồn và kế thừa phát huy các giá trị kiến trúc nhà ở truyền thống trong phát triển nhà ở các dân tộc miền núi phía Bắc và Tây Nguyên, trong phần nghiên cứu về kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc miền núi phía Bắc có đề cập tới nhà ở truyền thống dân tộc Thái [8]. Cuốn sách *Nhà sàn cổ người Thái Việt Nam* của tác giả Vương Trung đề cập tới ngôi nhà cổ truyền của người Thái từ trước năm 1954, thời kỳ các ngôi nhà chủ yếu vẫn còn sử dụng các vật liệu đơn giản như gỗ, nứa, tre, giang, bao gồm cấu trúc, vật liệu và cách xây dựng ngôi nhà, cùng các sinh hoạt trong nhà [9]. Năm 2015, Phạm Hùng Cường đã tiến hành nghiên cứu về tình trạng biến đổi kiến trúc nhà sàn truyền thống dân tộc Thái ở tỉnh Yên Bái, đánh giá các yếu tố tích

cực, tiêu cực của các xu hướng biến đổi và kiến nghị các giải pháp nhằm giữ gìn và kế thừa giá trị kiến trúc nhà sàn dân tộc Thái [10]. Trong cuốn sách *"Tìm hiểu văn hóa cổ truyền của người Thái, Mai Châu"*, tác giả Đặng Nghiêm Vạn đã giới thiệu về bố cục không gian và hình thức kiến trúc nhà ở cổ truyền người Thái tại huyện Mai Châu, tỉnh Hòa Bình [11]. Năm 1978, Cẩm Trọng trong cuốn sách *Người Thái Tây Bắc Việt Nam* đã giới thiệu về cấu trúc không gian nhà ở người Thái Đen và Thái Trắng, nêu rõ sự giống nhau và khác nhau giữa kiến trúc nhà ở truyền thống của người Thái Đen và Thái Trắng [12].

Vấn đề nhà ở truyền thống và du lịch cộng đồng đang được quan tâm nghiên cứu ở nhiều nước trên thế giới. Trong nghiên cứu về nhà ở truyền thống và cơ sở lưu trú tại nhà (homestay), tác giả N. D. Andiani và cộng sự đã xác định các cơ hội phát triển nhà truyền thống thành homestay và các điểm tham quan mà không phá hủy các yếu tố trí tuệ địa phương của cộng đồng. Tác giả cho rằng những ngôi nhà truyền thống có thể được phát triển thành các điểm thu hút và phát triển du lịch, homestay có thể được thực hiện bằng cách nhân bản các ngôi nhà truyền thống, như vậy du lịch có thể duy trì những ngôi nhà truyền thống và phát triển kiến trúc nhà ở theo hướng truyền thống [13]. Trong bài viết về phục hồi du lịch văn hóa ở Indonesia, tác giả A. D. Putra và cộng sự cho rằng khi đã trở thành một địa điểm du lịch, làng và nhà truyền thống không chỉ là nơi sinh hoạt văn hóa, xã hội của cộng đồng dân cư bản địa mà còn là cơ sở vật chất phục vụ khách du lịch. Để duy trì điểm đến du lịch, điều quan trọng là phải chú ý đến quy hoạch và chuyển đổi ngôi nhà truyền thống để việc phát triển du lịch tại làng có thể đáp ứng nhu cầu của du khách mà không làm hỏng các giá trị truyền thống [14]. Bài báo *Vốn văn hóa xã hội và vai trò của nó trong bảo tồn nhà ở di sản truyền thống của tác giả L. A. Rudwiarti và cộng sự* đề cập tới vai trò quan trọng của hệ thống xã hội và vốn văn hóa của cộng đồng trong cách con người sử dụng môi trường xung quanh, trong đó có ngôi nhà của mình. Bài viết đánh giá cao vai trò của lối sống văn hóa và xã hội trong đời sống cộng đồng của Làng du lịch Brayut, Yogyakarta, Indonesia; trong việc thử nghiệm các kế hoạch bảo tồn di sản văn hóa của những ngôi nhà truyền thống địa phương như tài sản du lịch [15].

Nghiên cứu về nhà ở truyền thống và du lịch cộng đồng đang rất được quan tâm ở nhiều nước trên thế giới, các nghiên cứu đều cho thấy việc bảo tồn và phát huy giá trị di sản kiến trúc nhà ở truyền thống đóng vai trò quan trọng đối với du lịch cộng đồng. Tuy nhiên, sự phát triển không kiểm soát của du lịch cũng có thể ảnh hưởng tiêu cực tới không gian bản làng và di sản kiến trúc nhà ở truyền thống. Do vậy, để phát triển du lịch cộng đồng tại các bản làng truyền thống một cách bền vững, cần có các giải pháp quy hoạch không gian bản, bảo tồn và nhân bản các ngôi nhà truyền thống đáp ứng nhu cầu của khách du lịch mà không phá hỏng các giá trị văn hóa truyền thống.

## 3. ĐẶC ĐIỂM VÀ GIÁ TRỊ KIẾN TRÚC NHÀ Ở TRUYỀN THỐNG DÂN TỘC THÁI TẠI VÙNG TÂY BẮC

### 3.1. Đặc điểm cấu trúc bản

Bản người Thái là nơi cư trú của một hay nhiều dòng họ cùng sinh sống lâu đời, các bản thường có vị trí gần nguồn nước, mỗi bản có từ vài chục đến hơn trăm nóc nhà. Hệ thống đường giao thông trong bản tổ chức mềm dẻo, bám theo địa hình tự nhiên. Các ngôi nhà trong bản đều theo hướng nhìn xuống thung lũng nơi có sông suối và cảnh quan thoáng đãng và tựa lưng vào rừng núi. Không gian sinh hoạt văn hóa cộng đồng sau vụ mùa hoặc ngày lễ, tết thường được tổ chức trong khu đất rộng ở bản hoặc

khu đất bằng phẳng nơi chăn thả gia súc hoặc ruộng nương sau khi thu hoạch vụ mùa. Không gian nương rẫy bao quanh bản là không gian kết nối giữa bản với núi và thung lũng.

Bản là không gian kết nối giữa gia đình và cộng đồng, kết nối nhà ở với không gian sản xuất, kết nối không gian khuôn viên ngôi nhà với không gian cảnh quan tự nhiên của rừng núi, sông suối để hình thành môi trường sống mang tính sinh thái đặc trưng của dân tộc Thái ở vùng miền núi phía Bắc (hình 1).



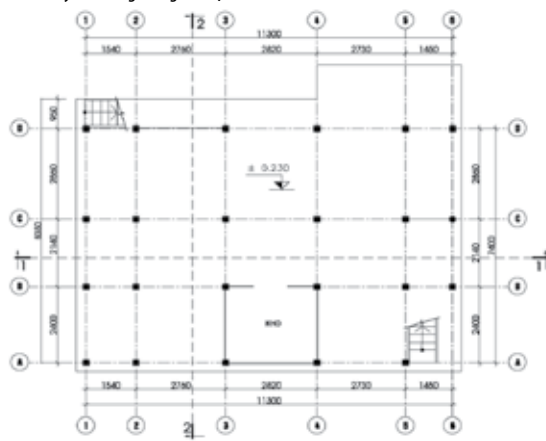
**Hình 1.** Cấu trúc không gian bản Vàng Pheo, tỉnh Lai Châu (các ngôi nhà có đánh số thứ tự là nhà ở truyền thống còn giữ được)

### 3.2. Đặc điểm kiến trúc nhà ở truyền thống

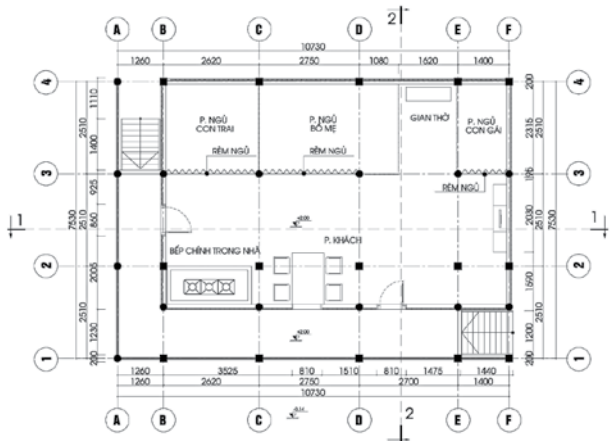
Dân tộc Thái ở Việt Nam có truyền thống ở nhà sàn. Nhà sàn dân tộc Thái ở các vùng đều giống nhau về những nét cơ bản, nhưng do hoàn cảnh địa lý khác nhau và sự tiếp thu ảnh hưởng về kiến trúc nhà ở của các dân tộc anh em sống xen kẽ nên nhà sàn của Thái ở từng vùng cũng có sự khác biệt ở một số chi tiết kiến trúc.

Nhà sàn dân tộc Thái ở vùng miền núi phía Bắc có các loại: Nhà cột chôn gọi là *Hươn Phăng Đin*, nhà cột kê được gọi là *Hươn Tó Ký*; nhà hai hàng cột gọi là *Hươn Thàng Khứ*; nhà bốn hàng cột gọi là *Hươn Khay Liên* hay *Hươn Hoa*; nhà mái hồi thẳng gọi là *Hươn Tụp Lặt*, nhà mái hồi cong gọi là *Hươn Tụp Cống*.

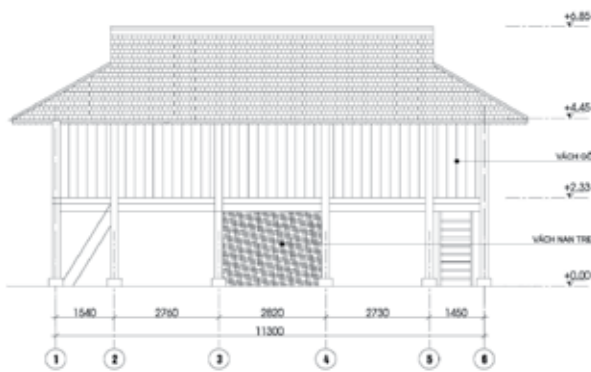
Cấu trúc ngôi nhà ở truyền thống dân tộc Thái về cơ bản giống nhau trong cách tổ chức và bố cục không gian. Tuy nhiên từ năm 1955 trở về trước, kiến trúc nhà ở truyền thống của người Thái Trắng và Thái Đen được phân biệt bởi cách thức tổ chức mặt bằng và hình thức mái: Mặt bằng nhà ở người Thái Trắng hình chữ nhật (hình 2), còn người Thái Đen hình cong; hình thức mái ngôi nhà người Thái Trắng có mái hồi thẳng, mái nhà người Thái Đen có mái hồi cong, trên hai đầu nóc mái có Khau Bê hoặc Khau Cút, vừa làm đẹp thẩm mỹ cho ngôi nhà vừa có chức năng chống gió làm tốc mái. Hiện nay, nhà ở hai nhóm dân tộc này đã gần giống nhau, người Thái Đen cũng làm mặt bằng nhà hình chữ nhật, mái tranh hầu như không còn nên hình thức mái cũng giống mái nhà người Thái Trắng (hình 3), còn một số rất ít nhà người Thái Đen có Khau Bê (Khau Cút dưới chế độ phong kiến được phân định sử dụng cho các tầng lớp xã hội, nhà của người dân thường không được dùng nên không còn tồn tại từ khi chế độ phong kiến sụp đổ). [3, 6, 9]



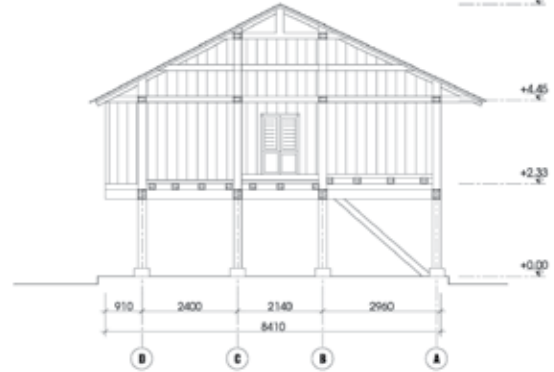
Mặt bằng tầng trệt



Mặt bằng tầng ở

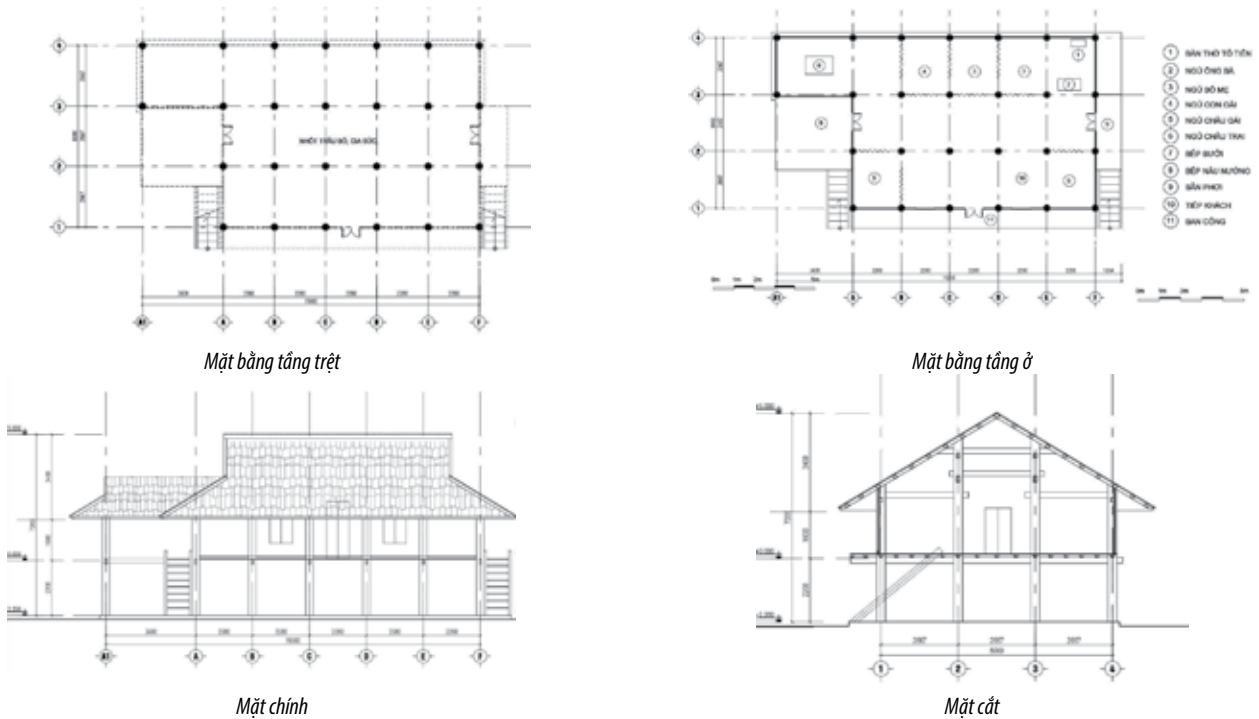


Mặt chính



Mặt cắt

**Hình 2.** Nhà ở truyền thống dân tộc Thái Trắng tại bản Vàng Pheo, tỉnh Lai Châu



**Hình 3.** Nhà ở truyền thống dân tộc Thái Đen tại bản Mến, tỉnh Điện Biên

**3.3. Giá trị kiến trúc nhà ở truyền thống**

Trên cơ sở phân tích các tài liệu viết về nhà ở truyền thống dân tộc Thái ở Việt Nam và kết quả khảo sát kiến trúc nhà ở truyền thống của người Thái tại bản Ngoang (xã Thảm Dương, huyện Văn Bàn, tỉnh Lào Cai), bản Vàng Pheo (xã Mường So, huyện Phong Thổ, tỉnh Lai Châu) bản Mến (xã Thanh Nua, huyện Điện Biên, tỉnh

Điện Biên) trong 03 đợt khảo sát vào tháng 4/2022, tháng 7/2022 và tháng 3/2023, nhóm nghiên cứu nhận thấy nhà ở truyền thống dân tộc Thái có 04 giá trị cơ bản là giá trị về tính nguyên bản kiến trúc, giá trị thẩm mỹ, giá trị về kỹ thuật và vật liệu xây dựng, giá trị đáp ứng cuộc sống hiện nay. Nội hàm của các giá trị nêu trên được thể hiện ở bảng 1.

*Bảng 1: Giá trị kiến trúc nhà ở truyền thống dân tộc Thái*

TT	Giá trị	Nội dung
1	Giá trị về tính nguyên bản kiến trúc	Ngôi nhà giữ được hình dáng kiến trúc và các bộ phận chi tiết từ khi chúng được xây dựng theo phong cách truyền thống đặc trưng của người Thái. Giá trị về tính nguyên bản nội thất thể hiện qua việc giữ nguyên các không gian sinh hoạt đặc trưng của các ngôi nhà cổ truyền.
2	Giá trị thẩm mỹ	Thể hiện qua tỷ lệ giữa các bộ phận chính của ngôi nhà (mái, thân nhà, các hàng cột) được tạo ra từ kích thước đơn vị cơ bản xuất phát từ số đo cánh tay và thân của người Thái có tầm vóc trung bình. Mái nhà cổ truyền được lợp theo kiểu mái dốc về 4 phía còn được gọi là 4 mái. Nhà có các bộ phận như cửa sổ, cửa đi, lan can, bàn thờ, rèm che trang trí cầu kỳ theo phong cách dân tộc Thái.
3	Giá trị về kỹ thuật và vật liệu xây dựng	Giá trị về kỹ thuật xây dựng ngôi nhà thể hiện qua việc lắp dựng ngôi nhà bằng phương pháp thủ công, phương pháp này đòi hỏi nhiều nhân công nên người Thái có truyền thống giúp đỡ lẫn nhau dựng nhà. Vật liệu làm nhà cổ truyền của người Thái là gỗ, các cây họ tre, lá giang.
4	Giá trị đáp ứng cuộc sống hiện nay	Do sự phát triển về kinh tế và xã hội trong những năm gần đây, cuộc sống của người Thái trong ngôi nhà đã có nhiều thay đổi. Vì vậy không gian những ngôi nhà đã có nhiều biến đổi để phù hợp với cuộc sống mới, tuy nhiên việc biến đổi này ở nhiều ngôi nhà vẫn không làm mất đi tính chất của ngôi nhà cổ truyền do sự kéo léo trong việc bố trí các trang thiết bị sinh hoạt mới phù hợp với không gian nội, ngoại thất đặc trưng của ngôi nhà.

**4. ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN NHÀ Ở DÂN TỘC THÁI PHỤC VỤ DU LỊCH CỘNG ĐỒNG**

**4.1. Xu hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái tại vùng Tây Bắc**

Trong quá trình phát triển kinh tế, xã hội ở vùng Tây Bắc trong những năm gần đây, ngôi nhà truyền thống của người Thái đang có những biến đổi rõ rệt, sự biến đổi mang tính quy luật nhằm phù hợp với cuộc sống mới trong điều kiện kinh tế và xã hội mới. Ngoài những biến đổi mang tính tích cực, kế thừa và phát huy giá trị nhà ở truyền thống còn có những biến đổi mang tính tiêu cực có nguy cơ làm mai một giá trị di sản truyền thống và gián tiếp làm mai

một các giá trị văn hóa truyền thống dân tộc Thái liên quan tới môi trường cư trú.

Thông qua khảo sát kiến trúc nhà ở truyền thống của người Thái tại bản Ngoang, bản Vàng Pheo và bản Mến thuộc vùng Tây Bắc, nhóm nghiên cứu nhận thấy đã có rất nhiều biến đổi theo cả hai hướng tích cực và tiêu cực các ngôi nhà ở người Thái hiện nay. Các xu hướng biến đổi được đánh giá dựa trên việc còn giữ được hay không giữ được các giá trị của nhà ở truyền thống dân tộc Thái nêu ở mục 2.3 và được phân thành 05 nhóm nhà được đánh giá từ tích cực tới rất tiêu cực. Các xu hướng và nội dung biến đổi chính thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: Phân nhóm theo xu hướng biến đổi nhà ở người Thái vùng Tây Bắc

Nhóm	Xu hướng biến đổi	Nội dung thay đổi	Đánh giá
1	Giữ nguyên hình dáng, tỷ lệ, không gian nội thất ngôi nhà. Sửa chữa, thanh đổi một số bộ phận ngôi nhà.	- Thay mái tranh bằng mái ngói địa phương. - Giữ nguyên vị trí khu bếp, thay bếp củi bằng bếp gas, bếp điện). - Nâng cao sàn và sử dụng gảm sàn cho các mục đích mới (nơi để xe, máy nông nghiệp...).	Tích cực
2	Giữ được hình dáng, tỷ lệ, ngôi nhà, thay đổi một phần không gian nội thất. Sửa chữa, thanh đổi một số bộ phận ngôi nhà không theo nguyên bản.	- Thay mái tranh bằng mái tôn, fibro ximăng - Đưa khu bếp ra đầu hồi nhà - Thay thế vật liệu làm tường. - Nâng cao sàn, có thể quây một phần không gian dưới sàn. - Giảm bớt số họa tiết trang trí truyền thống	Tương đối tích cực
3	Xây nhà bằng vật liệu mới theo hình dáng, tỷ lệ ngôi nhà sàn truyền thống	- Khung nhà bằng bê tông cốt thép. - Mái lợp ngói máy. - Không gian nội thất chính vẫn theo kiểu truyền thống. - Thêm khu vệ sinh. - Thay đổi vật liệu trang trí nhưng vẫn giữ họa tiết trang trí truyền thống.	Tương đối tích cực
4	Xây nhà bằng vật liệu mới không theo tỷ lệ ngôi nhà sàn truyền thống	- Khung nhà bằng bê tông cốt thép hoặc thép. - Mái lợp ngói máy. - Quây gạch toàn bộ hoặc một phần không gian dưới sàn. - Thay đổi toàn bộ chức năng không gian dưới sàn (tiếp khách, sinh hoạt gia đình, bố trí bếp, khu vệ sinh...).	Tiêu cực
5	Xây nhà bằng vật liệu mới theo kiểu nhà người Kinh	- Nhà xây gạch hoặc khung bê tông cốt thép chèn gạch có từ 1 đến 2 tầng. - Mái lợp ngói, tôn hoặc đổ mái bằng bê tông cốt thép. - Thay đổi hoàn toàn các không gian chức năng trong ngôi nhà. - Thay đổi vật liệu kiểu cách trang trí.	Rất tiêu cực

Tỷ lệ các ngôi nhà thuộc nhóm 1 và nhóm 2 chiếm dưới 1/3 số nhà trong các bản được khảo sát và đang có xu hướng giảm dần do giá gỗ để làm khung nhà (cột và vì kèo) rất cao, nguồn gỗ khai thác tại chỗ suy giảm do diện tích rừng ngày càng thu hẹp. Cũng vì lý do trên nên các ngôi nhà thuộc nhóm 4 và nhóm 5 có xu hướng tăng dần. Điều này ảnh hưởng đến không gian và môi trường ở cũng như các giá trị văn hóa của kiến trúc nhà ở truyền thống, làm biến dạng và mai một những giá trị truyền thống quý báu của đồng bào dân tộc Thái. Tuy nhiên, tại các bản đang phát triển du lịch thì các nhà nhóm 3 chiếm tỷ lệ đáng kể nhằm phục vụ khách du lịch và có xu hướng tăng lên, các nhà nhóm 5 chiếm tỷ lệ không lớn.

**4.2. Định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ du lịch cộng đồng**

Trên cơ sở các đặc điểm về đặc điểm cấu trúc bản người Thái, đặc điểm kiến trúc và các giá trị nhà ở truyền thống dân tộc Thái, thực trạng nhà ở dân tộc Thái vùng Tây Bắc, nghiên cứu đề xuất 05 định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái, bao gồm cả không gian bản, nhằm phục vụ du lịch cộng đồng:

- Bảo tồn kiến trúc truyền thống: Kiến trúc nhà ở truyền thống dân tộc Thái là một di sản văn hóa vật thể cần được bảo tồn. Việc bảo tồn được ưu tiên cho những ngôi nhà còn giữ được hình dáng, tỷ lệ, không gian nội thất, vật liệu xây dựng truyền thống thuộc nhóm 1 và 2. Những ngôi nhà đã xuống cấp cần được sửa chữa các bộ phận đã hư hỏng theo đúng nguyên bản. Các ngôi nhà truyền thống mong muốn đón du khách đến trải nghiệm cần được tôn tạo, nâng cấp tiện nghi để đáp ứng nhu cầu lưu trú của khách du lịch.

- Chính trang cấu trúc không gian bản: Cấu trúc bản thể hiện văn hóa cư trú người Thái nên cần được bảo tồn. Tuy nhiên để đáp ứng nhu cầu phát triển du lịch cộng đồng cần tiến hành các hoạt động chính trang không gian bản bao gồm việc cải tạo, nâng cấp hệ thống giao thông trong bản và liên bản, tổ chức các không gian

đón tiếp khách du lịch, nâng cấp hoặc tổ chức mới các không gian lễ hội truyền thống, tổ chức các không gian trải nghiệm dành cho du khách, xây dựng hệ thống xử lý và thoát nước thải, tổ chức phân loại và thu gom chất thải rắn.

- Chính trang cấu trúc khuôn viên: Khuôn viên nhà ở truyền thống dân tộc Thái vùng Tây Bắc thường rất rộng, theo điều tra của nhóm nghiên cứu tại 03 bản thuộc các tỉnh Lào Cai, Lai Châu và Điện Biên, đa phần khuôn viên các ngôi nhà nơi đây đều có diện tích trên 500 m<sup>2</sup>, nhiều nhà có khuôn viên diện tích tới hàng nghìn m<sup>2</sup>. Trên diện tích các khuôn viên được trồng cây, lát lại bề mặt, làm các công trình phụ, thậm chí xây thêm nhà mới theo kiểu nhà người Kinh một cách tự phát. Chính trang cấu trúc khuôn viên nhà ở nên tập trung vào quy hoạch lại diện tích trồng cây xanh, đa dạng các loại cây trong khu vườn bao gồm cây bóng mát, cây ăn quả, cây cảnh, rau xanh, tạo sự cân bằng sinh thái và tính đa dạng sinh học, góp phần tạo vẻ đẹp hài hòa với ngôi nhà và hấp dẫn khách du lịch; giảm bớt diện tích các bề mặt cứng, trong trường hợp cần xây thêm nhà phụ, nhà mới thì hình thức kiến trúc của ngôi nhà cần phù hợp với ngôi nhà truyền thống đã có.

- Phát huy giá trị truyền thống trong xây dựng nhà ở mới: Do sự phát triển về nhân khẩu, do nhu cầu đón tiếp khách du lịch trải nghiệm và lưu trú, nhu cầu xây dựng những ngôi nhà mới là chính đáng. Tuy vậy những ngôi nhà xây mới cần có hình thức kiến trúc của ngôi nhà cần phù hợp với ngôi nhà ở truyền thống, cụ thể là nên xây theo hình thức nhà sàn, mái dốc bốn phía, giữ được tỷ lệ giữa các bộ phận chính của ngôi nhà (mái, thân nhà, các hàng cột) so với tỷ lệ ngôi nhà truyền thống được xây dựng từ kích thước đơn vị cơ bản xuất phát từ số đo cánh tay và thân của người Thái tầm vóc trung bình. Các bộ phận như cửa sổ, cửa đi, lan can, bàn thờ, rèm che trang trí theo phong cách dân tộc Thái.

- Vật liệu xây dựng nhà ở mới: Hiện nay những vật liệu xây dựng truyền thống của người Thái như gỗ, đá, cỏ tranh đã trở nên khan hiếm và có giá thành cao, vì vậy việc sử dụng các vật liệu mới để xây dựng nhà ở là cần thiết. Tuy nhiên việc lựa chọn các vật liệu thích hợp cho việc xây dựng những ngôi nhà sàn kiểu mới cũng cần đặt ra. Các vật liệu nên sử dụng là bê tông cốt thép, gạch, ngói

thủ công: hàng cột tròn có thể sử dụng bê tông cốt thép, tường xây gạch, mái lợp ngói thủ công. Không nên sử dụng vật liệu thép để làm nhà, tôn hay fibro xi măng để lợp mái, vì đây là những vật liệu có thể làm biến dạng hình thức so với nhà truyền thống và không thích hợp với khí hậu, môi trường.

Các định hướng đề xuất được tóm tắt trong bảng 4.

**Bảng 4: Định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ du lịch cộng đồng**

TT	Định hướng	Nội dung
1	Bảo tồn kiến trúc truyền thống	- Bảo tồn giá trị kiến trúc các ngôi nhà sàn truyền thống thuộc nhóm 1 và nhóm 2 - Sửa chữa các bộ phận đã hư hỏng theo đúng nguyên bản - Tôn tạo, nâng cấp tiện nghi để đáp ứng nhu cầu lưu trú của khách du lịch
2	Chỉnh trang cấu trúc không gian bản	- Cải tạo, nâng cấp hệ thống giao thông trong bản và liên bản - Tổ chức không gian đón tiếp khách du lịch - Tổ chức không gian lễ hội - Tổ chức các không gian trải nghiệm - Xây dựng hệ thống xử lý và thoát nước thải sinh hoạt - Tổ chức phân loại và thu gom chất thải rắn
3	Chỉnh trang cấu trúc khuôn viên	- Quy hoạch lại diện tích trồng cây xanh - Giảm bớt diện tích các bề mặt cứng - Hình thức kiến trúc nhà phụ, nhà mới (nếu có) cần phù hợp với ngôi nhà truyền thống
4	Phát huy giá trị truyền thống trong xây dựng nhà ở mới	- Xây theo hình thức nhà sàn, mái dốc bốn phía - Tỷ lệ giữa các bộ phận chính của ngôi nhà giống với tỷ lệ ngôi nhà truyền thống - Các bộ phận của ngôi nhà trang trí theo phong cách dân tộc Thái
5	Vật liệu xây dựng nhà ở mới	- Nên sử dụng các vật liệu bê tông cốt thép, gạch, ngói thủ công - Không nên sử dụng vật liệu thép, tôn, fibro xi măng

## 5. KẾT LUẬN

Mặc dù có tiềm năng lớn về du lịch cộng đồng nhờ vẻ đẹp của thiên nhiên và đặc biệt là giá trị văn hóa gắn với dân tộc như không gian bản làng, kiến trúc nhà ở, tập quán sản xuất và các thiết chế văn hóa truyền thống, nhưng hiệu quả kinh tế từ du lịch tại các bản người Thái ở vùng miền núi phía Bắc còn chưa tương xứng với tiềm năng hiện có. Do vậy việc nghiên cứu định hướng phát triển kiến trúc nhà ở dân tộc Thái, một trong những nét hấp dẫn khách du lịch, nhằm phục vụ phát triển du lịch cộng đồng có vai trò quan trọng và góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế, xã hội tại các bản người Thái ở vùng miền núi phía Bắc.

Bài báo tập trung nghiên cứu các đặc điểm cấu trúc bản người Thái, đặc điểm kiến trúc nhà ở và nhận diện các giá trị của nhà ở truyền thống dân tộc Thái; đánh giá thực trạng nhà ở dân tộc Thái tại vùng Tây Bắc, trong đó nhấn mạnh các xu hướng biến đổi nhà ở người Thái nhằm phù hợp với lối sống mới trong điều kiện phát triển kinh tế, xã hội hiện nay. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ du lịch cộng đồng, bao gồm 05 nội dung chính là bảo tồn kiến trúc nhà ở truyền thống, chỉnh trang cấu trúc không gian bản, chỉnh trang cấu trúc khuôn viên ngôi nhà, phát huy giá trị truyền thống và sử dụng vật liệu hợp lý khi xây dựng nhà ở mới.

Các định hướng phát triển nhà ở dân tộc Thái phục vụ du lịch cộng đồng là cơ sở giúp cho các cấp chính quyền, các cơ quan chuyên ngành nghiên cứu, đưa ra các giải pháp cụ thể về phát triển nhà ở dân tộc Thái trong thời gian tới nhằm đáp ứng các hoạt động du lịch đang diễn ra mạnh mẽ ở vùng Tây Bắc.

### Lời cảm ơn

Bài báo được thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ GD&ĐT. Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ GD&ĐT, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã tạo điều kiện giúp đỡ để nghiên cứu được thực hiện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Danh Ngà, Lê Thanh Hà (2022), *Phát triển du lịch cộng đồng vùng Tây Bắc theo hướng bền vững và xanh*,
- Thủ tướng Chính phủ (2011), *Quyết định số 2473/QĐ - TTg phê duyệt Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030*.
- Thủ tướng Chính phủ (2014), *Quyết định số 2050/QĐ-TTg ngày 12/11/2014 phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển Khu du lịch quốc gia Mộc Châu, tỉnh Sơn La đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030*.
- Tổng cục Thống kê phối hợp với Ủy ban Dân tộc (2019), *Điều tra thu thập thông tin về thực trạng kinh tế - xã hội của 53 dân tộc thiểu số*. NXB Thống kê, Hà Nội.
- Nguyễn Khắc Tụng (1978), *Nhà cửa các dân tộc ở trung du Bắc Bộ Việt Nam*, NXB Khoa học Xã hội, Hà Nội.
- Nguyễn Khắc Tụng (1996), *Nhà ở cổ truyền các dân tộc Việt Nam*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- Chu Quang Trứ (2003), *Kiến trúc dân gian truyền thống Việt Nam*, NXB Mỹ thuật, Hà Nội.
- Viện Kiến trúc Quốc gia (2009), *Điều tra khảo sát kiến trúc nhà ở truyền thống các dân tộc miền núi phía Bắc và Tây Nguyên*, Hà Nội.
- Vương Trung (2018), *Nhà sàn cổ người Thái Việt Nam*, NXB Hội Nhà văn, Hà Nội.
- Phạm Hùng Cường (2015), *Giữ gìn và kế thừa kiến trúc nhà sàn dân tộc Thái*, Tạp chí Khoa học Công nghệ, số 11/2015.
- Đặng Nghiêm Vạn (1988), *Tim hiểu văn hóa cổ truyền của người Thái Mai Châu*, Ủy ban nhân dân huyện Mai Châu, Sở Văn hóa Thông tin Hà Sơn Bình.
- Cẩm Trọng (1978), *Người Thái Tây Bắc Việt Nam*, NXB Khoa học Xã hội, Hà Nội.
- N. D. Andiani et al (2020), *Homestay and Traditional House, Case Study of Thematic Tourism Development in Pedawa Village, North Bali*, Atlantis Press.
- A. D. Putra et al (2021), *Reviving Cultural Tourism in Kendran Bali Indonesia: Maintaining Traditional Architecture and Developing Community-based Tourism*, Civil Engineering and Architecture 9(2): 328-338, 2021.
- L. A. Rudwiarti et al (2019), *Sociocultural Capital and Its Roles in Traditional Heritage Housing Conservation Scheme: A Case Study of Brayut Tourism Village (Yogyakarta, Indonesia)*, Cultural Sustainable Tourism, April 2019, pp 131-137.

# Phân tích độ tin cậy của kết cấu dàn dựa trên phương pháp tuyến tính hóa

## Reliability analysis of trusses structural using the first order reliability method

> TS PHẠM VĂN ĐẠT

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: datpv@hau.edu.vn

### TÓM TẮT

Khi phân tích, thiết kế cho các kết cấu chúng ta thường xem xét các tác động của tải trọng cũng như khả năng mang tải của kết cấu là các giá trị xác định. Mặc dù, trong thực tế các giá trị của này là các biến ngẫu nhiên hay còn được gọi là giá trị không chắc chắn. Do các thông số đầu vào khi phân tích là các biến ngẫu nhiên, vì vậy khi tính toán thiết kế kết cấu chúng phải tính toán được theo xác suất hỏng của kết cấu. Trong bài báo này sẽ trình bày một phương pháp đơn giản, hiệu quả đó chính là phương pháp tuyến tính hóa để tính độ tin cậy của kết cấu dàn khi kể đến một số yếu tố ngẫu nhiên trong tính toán thiết kế. Kết quả phân tích của bài báo có thể giải thích được cho một số trường hợp kết cấu bị mất an toàn trong thực tế.

**Từ khóa:** Xác suất hỏng; biến ngẫu nhiên; kết cấu dàn; phương pháp tuyến tính hóa.

### ABSTRACT

Loading and the load-carrying capacities of structural members are considered deterministic quantities in structural design. Although, loading and the load-carrying capacities of structural members are random variables or sources of uncertainty in reality. Due to the fact that the parameters of structural analyses are variables, structures must be designed to serve their function with failural probability. The paper researches a effective simple method, the first order reliability method, to analyse reliability of trusses that take into account some of the sources of uncertainty in design. The result of paper can explaint the reasons of the unsafe real structures.

**Keywords:** Failural Probability; random Variables; truss; the first order reliability method.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân tích, tính toán độ tin cậy cho kết cấu trong quá trình thiết kế các công trình hiện nay ngày càng được các kỹ sư thiết kế quan tâm và xem xét. Trước đây khi phân tích tính toán thiết kế cho các kết cấu công

trình các thông số kích thước hình học của kết cấu, đặc trưng cơ lý của vật liệu, giá trị tải trọng... thường được xem là các giá trị bất biến. Tuy nhiên trong thực tế, các thông số này là các thông số ngẫu nhiên, (các thông số ngẫu nhiên là các thông số không được xác định một cách chính xác mà chỉ có thể xác định giá trị của thông số đó nằm trong một phạm vi nào đó), như: kích thước hình học của kết cấu cầu cột, dầm, sàn trong thực tế khi thi công không thể chính xác đúng như kích thước được thiết kế trong bản vẽ. Vấn đề này trong các tiêu chuẩn thi công nghiệm thu, quản lý chất lượng các kết cấu công trình cũng cho phép sự sai lệch của các thông số này nằm trong một phạm vi nhất định thì các kết cấu này được xem xét là thi công đảm bảo đúng thiết kế; Tương tự như vậy, các giá trị tải trọng tác dụng lên kết cấu và các đặc trưng cơ lý của vật liệu trong thực tế là các giá trị ngẫu nhiên.

Kết cấu dàn thép là một trong những dạng kết cấu được sử dụng rất nhiều trong các công trình công nghiệp và dân dụng [1]. Hiện nay việc phân tích độ tin cậy của kết cấu đã được rất nhiều các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [3,4,8,9,10]. Năm 2012 Hao Zhang và các cộng sự [11] đã công bố kết quả nghiên cứu phân tích độ tin cậy của kết cấu trên mẫu thử nhỏ dựa trên phương pháp Monte Carlo và số khoảng. Kết quả phân tích đã xác định được khoảng xác suất hỏng của kết cấu khi kể đến một số đại lượng ngẫu nhiên của bài toán là các số khoảng. Năm 2016 M. Krejsa và các cộng sự [6] đã công bố phương pháp tính toán độ tin cậy của kết cấu dựa trên phương pháp tính toán xác suất tối ưu trực tiếp. Đây là phương pháp số không cần phải mô phỏng hoặc sử dụng các phương pháp gần đúng nên kết quả phân tích sẽ chính xác hơn. Tuy nhiên, phương pháp này chưa thể áp dụng phân tích độ tin cậy cho các kết cấu phức tạp. Năm 2022 Behrooz Keshtegar và cộng sự [5] đã công bố kết quả nghiên cứu dựa trên mô hình cây M5 là một trong những phương pháp hiệu quả để mô phỏng và dự đoán các hiện tượng ngẫu nhiên. Kết quả nghiên cứu trong bài báo đã đưa ra dự đoán chính xác xác suất hỏng của kết cấu.

Năm 2021 Anastasia A.Soloveva và cộng sự [1] đã công bố kết quả nghiên cứu độ tin cậy của nút kết cấu dàn thép với mặt cắt ngang thanh hình chữ nhật rỗng dựa trên phương pháp điều kiện biên phân bố. Trong bài báo này, các tác giả đã nghiên cứu để xuất hàm phân bố biến ngẫu nhiên của diện tích mặt cắt ngang. Từ hàm phân bố này các tác giả đã dự đoán xác suất hỏng của nút dàn. Cùng năm 2021, Sergey A. Solovyev và cộng sự [2] đã nghiên cứu phân tích độ tin cậy của kết cấu dàn phẳng trong trường hợp các đại lượng tải trọng, tính chất cơ lý của vật liệu có thông tin thống kê hạn chế. Kết quả nghiên cứu cho phép xác định được khoảng xác suất an toàn của kết cấu.

Khi tính toán kết cấu theo lý thuyết độ tin cậy, các biến đầu vào của bài toán không chắc chắn (kích thước hình học, tải trọng, đặc trưng cơ lý của vật liệu) được gọi là các biến ngẫu nhiên thường được ký hiệu là  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ . Gọi Q là hiệu ứng tải trọng tác dụng lên kết cấu (ứng suất, biến dạng, chuyển vị...) có kỳ vọng  $\mu_Q$  và độ lệch chuẩn  $\sigma_Q$ . R là sức kháng hay khả năng chịu lực của vật liệu (giới hạn tỉ lệ, giới hạn chảy, giới hạn mỏi,...) có giá trị trung bình  $\mu_R$  và độ lệch chuẩn  $\sigma_R$ . Đặt  $M=R-Q$  được gọi là khoảng dự trữ an toàn, M thường được gọi là hàm trạng thái (State function) hay hàm công năng (Performance function). Lúc này hàm trạng thái M là hàm của các biến ngẫu nhiên X và được mô tả [4,8,9]:

$$M = g(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (1)$$

Mặt phá hoại hay trạng thái giới hạn (limit state) được xác định khi  $M=0$ . Đây là ranh giới giữa miền an toàn trong không gian tham số tính toán. Khi tính toán độ tin cậy của kết cấu, tức là tính xác suất an toàn của kết cấu. Xác suất an toàn của kết cấu sẽ có dạng:

$$P_S = P(M > 0) = P(R > Q) \quad (2)$$

Để xác định được xác suất an toàn của kết cấu theo (2) ta sẽ tính toán thông qua chỉ số độ tin cậy  $\beta$ , với chỉ số độ tin cậy được xác định:

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} \quad (3)$$

trong đó:  $\mu_M$  là kỳ vọng của M và  $\sigma_M$  là độ lệch chuẩn của M. Lúc này, xác suất an toàn của kết cấu sẽ được xác định [3]:

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \Big|_{x=\beta} \quad (4)$$

## 2. PHƯƠNG PHÁP TUYẾN TÍNH HÓA ĐỂ PHÂN TÍCH BÀI TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA KẾT CẤU DÀN

### Phương pháp tuyến tính hóa

Trong toán học, chuỗi Taylor của một hàm số là tổng vô hạn của các phần tử biểu diễn bằng các đạo hàm của hàm đó tại một điểm. Xét hàm thực hoặc phức  $f(x)$  khả vi vô hạn tại số thực hay số phức a, khi khai triển hàm theo chuỗi Taylor tại điểm a được mô tả như sau:

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n + \dots \quad (5)$$

trong đó:  $n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$  ký hiệu là giai thừa của n  
Công thức (5) có thể viết gọn lại:

$$f(x) = f(a) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n \quad (6)$$

trong đó:  $f^{(n)}(a)$  là đạo hàm bậc n của hàm  $f$  tại vị trí điểm a. Trường hợp đặc biệt nếu  $a=0$  thì lúc này chuỗi Taylor được gọi là chuỗi Maclaurin.

Tổng từng phần của  $n+1$  phần tử đầu tiên của chuỗi Taylor là đa thức bậc n được gọi là đa thức Taylor bậc n của hàm số. Các đa thức Taylor là các xấp xỉ của hàm số và thường cho giá xấp xỉ chính xác hơn khi n tăng. Định lý Taylor tính xấp xỉ sai số của các đa thức đó. Nếu chuỗi Taylor của hàm đó hội tụ, tổng của nó là giới hạn của dãy các đa thức Taylor. Giá trị hàm số có thể khác với tổng của chuỗi Taylor, kể cả khi chuỗi Taylor của nó hội tụ. Một hàm số là hàm giải tích tại điểm x khi nó bằng tổng chuỗi Taylor của nó trên một khoảng mở (hay hình tròn mở trong mặt phẳng phức) nào đó chứa x. Điều này cho thấy hàm số giải tích tại mọi điểm trên khoảng (hay trên hình tròn).

Khi  $|x-a| \ll 1$  thì các giá trị bậc cao hơn 1 trong mô tả chuỗi

Taylor có thể bỏ qua, lúc này hàm  $f(x)$  có thể có thể được tính toán gần đúng theo khai triển tuyến tính như sau:

$$f(x) \approx f(a) + \sum_{i=1}^n \frac{f'(x)}{1!} \Big|_{x=a} (x-a) \quad (7)$$

Trong trường hợp tổng quát hàm có "n" biến  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ , hàm được tính toán gần đúng theo khai triển tuyến tính hóa tại điểm  $X_0 = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)$  như sau:

$$f(X) \approx f(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n) + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f(X)}{\partial X_i} \Big|_{X=X_0} (X_i - \mu_i) \right) \quad (8)$$

### Phương pháp tuyến tính trong việc phân tích bài toán độ tin cậy của kết cấu dàn

a. Hàm có một biến ngẫu nhiên

Xét đại lượng ngẫu nhiên X có kỳ vọng  $\mu_X$  và độ lệch chuẩn  $\sigma_X$ . Giả sử khi đại lượng ngẫu nhiên X nằm trong khoảng  $(X_1; X_2)$  thì  $P(X_1 < X < X_2) \approx 1$ . Xét hàm Y là một hàm phi tuyến đối với X trong đoạn  $[X_1; X_2]$  khi giá trị  $X_1 - X_2$  đủ nhỏ thì ta có thể xem xét giá trị của M được tính gần đúng theo phương pháp tuyến tính hóa theo công thức (7) tại giá trị kỳ vọng của  $X = \mu_X$

$$Y(X) = Y(\mu_X) + \frac{Y'(\mu_X)}{1!} (X - \mu_X) \quad (9)$$

$$Y(X) = Y(\mu_X) + Y'(\mu_X) \cdot X - Y'(\mu_X) \cdot \mu_X \quad (10)$$

Hàm  $Y(X)$  có kỳ vọng và phương sai lần lượt:  $Y(\mu_X)$

b. Hàm nhiều biến ngẫu nhiên:

Xét một hàm có n đại lượng ngẫu nhiên  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  có kỳ vọng tương ứng là  $(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)$ . Nếu gọi f là hàm của các biến ngẫu nhiên  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ , lúc này f được viết:  $f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ .

Gọi  $\mu_f$  và  $D_f$  lần lượt là kỳ vọng và phương sai của hàm f, khi khai triển chuỗi Taylor hàm f tại điểm kỳ vọng  $(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)$  như sau:

$$Y = \Phi(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \Big|_{\mu_i} (X_i - \mu_i) \quad (11)$$

Kỳ vọng của hàm f:

$$\mu_Y = \Phi(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n) \quad (12)$$

Bình phương độ lệch chuẩn quần phương:

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \Big|_{\mu_i} \sigma_i^2 + 2 \sum_{i < j} \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \Big|_{\mu_i} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial X_j} \Big|_{\mu_j} r_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j \quad (13)$$

trong đó:  $r_{ij}$  và  $\sigma_i, \sigma_j$  lần lượt là hệ số tương quan và độ lệch chuẩn của các đại lượng  $X_i, X_j$  [9]. Trường hợp các đại lượng không tương quan, nghĩa là  $r_{ij} = 0$  nếu  $i \neq j$  ta có:

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \Big|_{\mu_i} \sigma_i^2 \quad (14)$$

Như vậy, để tính toán độ tin cậy của kết cấu theo phương pháp tuyến tính hóa trước tiên phải tính toán trong bài toán tiền định với các đại lượng ngẫu nhiên khi tính toán được coi là các tham số. Kết quả tính toán của bài toán sẽ là hàm của các biến là các đại lượng ngẫu nhiên. Để phân tích nội lực, chuyển vị của bài toán tiền định theo các đại lượng ngẫu nhiên, bài báo sẽ dựa vào phương pháp phần tử hữu hạn để xác định. Độ tin cậy của kết cấu dàn theo phương pháp tuyến tính hóa kết hợp với phương pháp phần tử hữu hạn, trong nghiên cứu này để xuất thực hiện theo các bước sau đây.

**Bước 1:** Rời rạc hóa kết cấu dàn thành các phần tử thanh chịu kéo nén đúng tâm.

**Bước 2:** Đánh số hiệu mã phần tử và mã bậc tự do cho các nút

dàn trong hệ tọa độ chung;

**Bước 3:** Xác định ma trận độ cứng của từng phần tử thanh dàn trong hệ trục tọa độ chung theo công thức :

$$[K]_e = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Trong bước này các đại lượng nào là đại lượng ngẫu nhiên, khi tính toán ma trận độ cứng của các phần tử ta phải để dưới dạng là các biến.

**Bước 4:** Xác định ma trận độ cứng tổng thể của toàn bộ kết cấu dàn trong hệ tọa độ chung. Ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu dàn lúc này cũng tính được dưới dạng là hàm của các biến ngẫu nhiên;

**Bước 5:** Xác định vectơ tải trọng tác dụng nút của toàn bộ kết cấu dàn trong hệ tọa độ chung.

**Bước 6:** Xác định các thành phần chuyển vị tại các nút của toàn hệ kết cấu dàn bằng cách giải phương trình cân bằng cho toàn hệ:

$$[K]\{\delta^*\} = \{F\} \quad (16)$$

Giải phương trình (16) ta sẽ tìm được giá trị véc tơ chuyển vị tại các nút dàn sẽ là hàm của các đại lượng ngẫu nhiên.

**Bước 7:** Xác định nội lực trong các thanh dàn. Sau khi xác định được các thành phần chuyển vị tại các nút dàn, ta sẽ xác định được nội lực của các thanh dàn dựa theo công thức sau :

$$N_{ij} = \frac{EA_{ij}}{l_{ij}} [\cos \alpha \cdot (u_j - u_i) + \sin \alpha (v_j - v_i)] \quad (17)$$

**Bước 8:** Xác định khoảng an toàn theo điều kiện bền và điều kiện.  $M=R-S$  (18)

trong đó: M - được gọi là quãng an toàn;

R - là cường độ cho phép của vật liệu nếu tính toán theo điều kiện bền; là chuyển vị cho phép nếu tính toán theo điều kiện chuyển vị;

S - là ứng suất xuất hiện ở trong thanh dàn nếu tính toán theo điều kiện bền; là chuyển vị tại các nút dàn nếu tính toán theo điều kiện chuyển vị.

Vì nội lực trong các thanh dàn và các thành phần chuyển vị tại các nút dàn đã tính được ở bước 6, bước 7 là hàm của các biến ngẫu nhiên. Nên quãng an toàn của các phần tử tính ở bước này cũng sẽ là hàm của các biến ngẫu nhiên.

**Bước 9:** Xác định kỳ vọng và độ lệch chuẩn phương của khoảng an toàn: Sau khi xác định được khoảng an toàn theo các điều kiện bền và điều kiện cứng ở bước 9 ta sẽ xác định được:

- Kỳ vọng của khoảng an toàn ( $\mu_M$ ): muốn xác định kỳ vọng của khoảng an toàn bằng cách thay giá trị kỳ vọng của các biến ngẫu nhiên vào biểu thức của khoảng an toàn.

- Độ lệch chuẩn phương của khoảng an toàn ( $\sigma_M$ ): Giả sử khoảng an toàn có n biến ngẫu nhiên là  $X_1, X_2, \dots, X_n$  theo công thức (14) như sau:

$$\sigma_M = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial M}{\partial X_i} \sigma_{X_i} \right)^2} \quad (19)$$

**Bước 10:** Tính độ tin cậy của phần tử: sau khi xác định được kỳ vọng và độ lệch chuẩn phương của khoảng an toàn ở bước 9, ta sẽ xác định được chỉ số độ tin cậy của phần tử theo công thức:

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} \quad (20)$$

Sau khi xác định được chỉ số độ tin cậy của phần tử, độ tin cậy của phần tử sẽ xác định bằng công thức [9]:

$$P_s = 1 - P_f = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \beta^2 \right] \quad (21)$$

**Bước 11:** Tính độ tin cậy của kết cấu

Khi tính toán, thiết kế thì coi kết cấu được an toàn nếu xem như bộ phận yếu nhất của kết cấu thỏa mãn thì toàn bộ hệ kết cấu thỏa mãn. Quan niệm như vậy trong các bài toán xác định độ tin cậy của các kết cấu siêu tĩnh phức tạp thì việc tính toán độ tin cậy của kết cấu được thay thế gần đúng bởi độ tin cậy của phần tử yếu nhất.

Đối với bài toán kết cấu dàn tĩnh định thì hệ kết cấu được coi hệ các phần tử nối tiếp với nhau vì vậy độ tin cậy của kết cấu tĩnh định với m thanh dàn được xác định như sau:  $P = P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_{1m}$ .

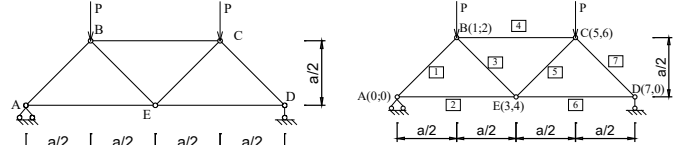
### 3. VÍ DỤ PHÂN TÍCH

Cho kết cấu dàn có các thông số hình học và chịu tác dụng như hình vẽ, biết các thanh có các thông số đặc trưng vật liệu, hình học như sau:  $E = 2.10^4 (kN/cm^2)$ ,  $A = 4 (cm^2)$ ,  $[\sigma] = 20 (kN/cm^2)$ ,  $a = 100 (cm)$ . Độ sai lệch của các đại lượng:  $X_P = 5\%P$ ,  $X_A = 10\%A$ ,  $X_a = 5\%a$  và giá trị chuyển vị cho phép theo phương y tại nút dàn  $[A_y] = 0,5 (cm)$ .

1. Xác định giá trị tải trọng cho phép [P] để kết cấu thỏa mãn điều kiện bền và điều kiện cứng?

2. Với giá trị [P] tìm được hãy xác định độ tin cậy của kết cấu theo điều kiện bền?

3. Với giá trị [P] tìm được hãy xác định độ tin cậy của kết cấu theo điều kiện cứng?



a- Kết cấu dàn khi chịu lực  
b- Rời rạc kết cấu dàn thành các phần tử

Hình 1. Hình vẽ ví dụ 1

#### Lời giải

**Xác định giá trị tải trọng cho phép [P] để kết cấu thỏa mãn điều kiện bền và điều kiện cứng**

Sau khi rời rạc hóa kết cấu dàn thành các phần tử và đánh số thứ tự phần tử và số mã bậc tự do tổng thể cho kết cấu như hình 1b. Trong bài toán này, diện tích (A) và chiều dài thanh dàn (a) là các đại lượng ngẫu nhiên, nên khi tính toán ma trận độ cứng của toàn bộ kết cấu dàn thì ta coi các đại lượng A, a là các tham số. Sau khi xác định độ cứng của toàn bộ kết cấu dàn và véc tơ tải trọng tác dụng nút của toàn hệ trong hệ trục tọa độ chung. Giải phương trình cân bằng toàn hệ (16), sẽ xác định các thành phần chuyển vị tại các nút dàn:

$$\{\delta_1 \delta_2 \dots \delta_7\} = \frac{Pa}{A} 10^{-2} \{0,0075 \quad -0,0145 \quad 0,005 \quad -0,0170 \quad 0,0025 \quad -0,0145 \quad 0,01\}^T \quad (21)$$

Kết quả nội lực trong các thanh dàn (17) như sau:

$$\{N_1 \quad N_2 \quad N_3 \quad N_4 \quad N_5 \quad N_6 \quad N_7\} = P \{-1,4142 \quad 1 \quad 0 \quad -1 \quad 0 \quad 1 \quad -1,142\}^T \quad (22)$$

Để kiểm tra độ chính xác của kết quả phân tích, bài báo đã phân tích theo phần mềm Sap 200 tương ứng với  $P = 100 \text{ kN}$ ,  $a = 100 \text{ cm}$ ,  $A=4 \text{ cm}^2$ . Kết quả sai lệch giữa hai phương pháp được thể hiện như trong trong bảng 1 và bảng 2.

Theo bảng 1 và bảng 2 thì thấy kết quả nội lực và chuyển vị khi giải bài toán tĩnh định kết cấu dàn với một số đại lượng ngẫu nhiên theo phương pháp đề xuất trong bài báo là tin cậy.

**Bảng 1. Kết quả so sánh nội lực trong các thanh**

Thanh	1	2	3	4	5	6
Nội lực (kN) theo PP đề xuất	-141,42	100	0	-100	0	100
Nội lực (kN) theo Sap 2000	-141,48	100,03	-0,013	-100,03	-0,013	100,03
Phần trăm sai lệch (%)	0,042	0,03		0,03		0,03

**Bảng 2. Kết quả so sánh các thành phần chuyển vị tại các nút dàn**

Chuyển vị	1	2	3	4	5	6	7
Chuyển vị (cm) theo PP đề xuất	0,1875	-0,3625	0,125	-0,425	0,0625	-0,3625	0,25
Chuyển vị (cm) theo Sap 2000	0,1876	-0,3645	0,1251	-0,427	0,0625	-0,3645	0,2502
Phần trăm sai lệch (%)	0,0533	0,5487	0,0799	0,4684	0,0000	0,5487	0,0799

\* **Điều kiện bền của hệ:** Để hệ thỏa mãn điều kiện bền:

$$\sigma_{max}^{(1,2,3,4,5,6,7)} = \frac{N_{max}^{(1,2,3,4,5,6,7)}}{A} = \frac{1,4142P}{A} \leq [\sigma] = 20(kN/cm^2)$$

$$P \leq 56,56kN \quad (23)$$

Giá trị tải trọng cho phép theo điều kiện bền của hệ:  $[P] = 56,56(kN)$

\* **Điều kiện cứng của kết cấu dàn:** Điều kiện chuyển vị theo phương y:  $\delta_y = \max\{\delta_2, \delta_4, \delta_6\} = \frac{0,0170.Pa}{100.A} \leq [A_y] = 0,5(cm)$

$$P \leq 117,64kN \quad (24)$$

Giá trị tải trọng cho phép theo điều kiện cứng của hệ:  $[P] = 117,64(kN)$

Từ (23) và (24), để hệ kết cấu đảm bảo điều kiện bền và điều kiện cứng ta chọn giá trị tải trọng cho phép:  $[P] = 56,56(kN)$ .

### 3.2. Xác định độ tin cậy của kết cấu theo điều kiện bền

- Xác suất an toàn thanh 1 và thanh 7: Khoảng an toàn được tính theo điều kiện bền như sau:  $M = R - S \geq 0$

$$\text{trong đó: } M = [\sigma] - \frac{N_{1,7}}{A_{1,7}} = 20 - \frac{1,4142P}{A}$$

Theo các công thức (19), (20) sẽ xác định được chỉ số độ tin cậy:

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{0,003}{2,234} = 0,001$$

Xác suất an toàn thanh 1 và 7 được xác định (theo công thức 21) là:

$$P_s^{(1,7)} = 1 - P_f^{(1,7)} = 1 - 0,3989 = 60,11\%$$

- Tương tự như vậy, ta sẽ xác định được xác suất an toàn thanh 2,4,6 và thanh 3,5 với kết quả như sau:

$$\text{Xác suất an toàn thanh 2,4,6 là: } P_s^{(2,4,6)} = 1 - P_f^{(2,4,6)} = 1 - 0,0098 = 99,02\%$$

$$\text{Xác suất an toàn thanh 3, 5: } P_s^{(3,5)} = 100\%$$

- Độ tin cậy hệ kết cấu tĩnh định có nhiều biến ngẫu nhiên theo điều kiện bền là:

$$P = P_s^{(1)} \times P_s^{(2)} \times P_s^{(3)} \times P_s^{(4)} \times P_s^{(5)} \times P_s^{(6)} \times P_s^{(7)} = 0,3508 = 35,08\%$$

### 3.3. Xác định độ tin cậy của kết cấu theo điều kiện cứng

$$\text{- Chuyển vị lớn nhất theo phương y: } \delta_y = \frac{0,0170.PA}{100.A}$$

$$\text{- Quãng an toàn: } M = R - S \geq 0$$

$$\text{trong đó: } M = [\delta_y] - \frac{0,0170.PA}{100.A} = 0,5 - \frac{0,0170.PA}{100.A}$$

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{0,259}{0,208} = 9,25$$

- Xác suất an toàn theo điều kiện cứng được xác định (21) là:

$$P_s^{(y)} = 1 - P_f^{(y)} = 1 - 0 = 100\%$$

## 4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả nghiên cứu đã được trình bày trong nội dung bài báo, có thể rút ra một số kết luận sau đây:

- Dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn có thể phân tích được nội lực và chuyển vị của bài toán kết cấu dàn khi kể đến một số thông số đầu vào của bài toán (mặt cắt ngang, chiều dài thanh, tải trọng...) là đại lượng ngẫu nhiên.

- Trên cơ sở kết hợp phương pháp tuyến tính hóa và phương pháp phần tử hữu hạn, trong nội dung bài báo đã trình bày các bước để xác định độ tin cậy của các phần tử của kết cấu dàn khi kết cấu dàn có một hoặc nhiều đại lượng ngẫu nhiên.

- Kết quả phân tích độ tin cậy của kết cấu dàn khi tính toán ban đầu kết cấu dàn đã đảm bảo đủ khả năng chịu lực theo điều kiện bền và điều kiện cứng. Tuy nhiên nếu tính theo lý thuyết độ tin cậy thì xác suất an toàn cho các kết cấu này không phải là 100%. Điều này có thể lý giải một số trường hợp gây ra sự cố mất an toàn công trình trong thực tế khi các kết cấu trong quá trình thiết kế đã được tính toán đảm bảo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. S. Anastasia, A. S. Sergey, Reliability analysis of RHS steel strusses joint based on the P-Boxes approach, International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 17 (1) 87-98 (2021).
- [2] A. S. Sergey, A. S. Anastasia, Structural Reliability analysis of a planar truss in case of limited statistical, E3S Web of Conferences 247, 01073 (2021).
- [3] E. M. Robert, T. B. Andre, Structural Reliability Analysis an Prediction, Jonh Wiley & Sons Ltd (2018).
- [4] H. L. Jun, A comparative study of Monte Carlo Simulation and M5Tree method on reliability analysis of truss structure, Highlights in science, Engineering and Technology, Volum 25 (2022).
- [5] K. Behrooz, K. Ozgur, M5 model tree and Monte Carlo simulation for efficient structural reliability analysis, Applied Mathematical Modelling 48 (2017) 899-910.
- [6] M. Krejsa, P. Janas, V. Krejsa, Structural Reliability Analysis Using DOPRO Method, Procedia Engineering (142) 34-41 (2016).
- [7] R. H. V. Seyed, M. Hashem, A. F. Mohammad, Reliability assessment of struss structures with natural frequency constraints using metaheuristic algorithms, Journal of Building Engineering 28 (2020).
- [8] S. N. Andrzej, R. C. Kevin, Reliability of structures, CRC Press, 2012 Dec 20.
- [9] S. Ranganathan, Structural Reliability Analysis and Design, Jaico Publishing House (1999).
- [10] Z. Enrico, The Monte Carlo Simulation Method for System Reliability and Risk Analysis, Doi 10.1007/978-1-4471-4588-2.
- [11] Zh. Hao, H. Zh. Dai, B. Michael, W. Wang, Structural reliability analysis on the basic of small samples: An interval quasi-Monte Carlo method, Mechanical System and signal Processing (37) 137-151 (2017).

# Tổng quan về ứng dụng cốt liệu tái chế và bê tông cốt liệu tái chế trong xây dựng

## Review on the application of recycled aggregates and recycled aggregate concrete in construction

> PGS.TS NGUYỄN THANH SANG<sup>1</sup>, NGÔ VĂN TÌNH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải

<sup>2</sup>Khoa xây dựng, Học viện hàng không Việt Nam

### TÓM TẮT

Sử dụng cốt liệu tái chế từ chất thải phá dỡ công trình xây dựng có thể bảo tồn tài nguyên cốt liệu tự nhiên, giảm nhu cầu chôn lấp và góp phần xây dựng môi trường xây dựng bền vững. Nghiên cứu này cung cấp cái nhìn tổng quan về cốt liệu tái chế (RA) và bê tông cốt liệu tái chế (RAC) với: tính chất của vật liệu (tính chất vật lý, hóa học và cơ học), và các ứng dụng trong xây dựng. Ngoài ra, các phương pháp cải thiện tính chất cơ lý của RAC cũng được đề cập, bao gồm: giảm độ xốp của cốt liệu tái chế, số lượng lớp vữa cũ trên cốt liệu tái chế và cải thiện tính chất mà không cần điều chỉnh cốt liệu tái chế (tức là phương pháp trộn bê tông và bổ sung cốt thép). Hơn nữa, một số ứng dụng RAC tiên tiến nhất, những hạn chế và thách thức của ứng dụng RAC cũng được xem xét. Cuối cùng, triển vọng nghiên cứu và ứng dụng RAC trong tương lai tại Việt Nam và trên thế giới cũng sẽ được thảo luận.

**Từ khóa:** Cốt liệu tái chế; bê tông cốt liệu tái chế; tính chất cơ học; cường độ chịu nén; ứng dụng cốt liệu tái chế.

### ABSTRACT

Using recycled aggregate from construction and demolition waste can conserve natural aggregate resources, reduce the need for landfills and contribute to a sustainable built environment. This study provides a comprehensive overview of recycled aggregate (RA) and recycled aggregate concrete (RAC) in terms of: properties of materials (physical, chemical, and mechanical properties), construction application. In addition, methods to improve the mechanical properties of RAC are also mentioned, including: reducing the porosity of recycled aggregates, the quantity of old mortar layer on recycled aggregates and improving properties without adjusting recycled aggregates (i.e. concrete mixing methods and reinforcement addition). Furthermore, some state-of-the-art RAC applications, the limitations and challenges of the RAC application are also considered. Finally, future research prospects and applications of RAC in Vietnam and around the world are discussed.

**Keywords:** Recycled aggregate; recycled aggregate concrete; mechanical Properties; compressive strength; application.

### 1. GIỚI THIỆU

Trái đất đang chứng kiến tình trạng suy thoái môi trường như hiện tượng nóng lên toàn cầu hoặc khan hiếm tài nguyên. Để đối phó với những mối đe dọa như vậy, chính phủ các nước đang hành động. Ví dụ, Thỏa thuận Paris năm 2015 tập trung vào việc cắt giảm phát thải khí nhà kính. Thỏa thuận Xanh châu Âu, được thông qua vào năm 2020, đưa ra các sáng kiến rằng sẽ không có lượng khí thải carbon (trung hòa carbon) vào năm 2050 và tăng trưởng kinh tế sẽ tách rời khỏi việc sử dụng tài nguyên. Chính sách tương tự cũng được Chính phủ Trung Quốc thực hiện nhằm đạt được mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2060. Bê tông xi măng, loại vật liệu xây dựng được sử dụng rộng rãi nhất, đã thống trị thị trường vật liệu xây dựng từ những năm 1900 [1], chiếm khoảng 8% tổng lượng khí thải carbon dioxide toàn cầu [2]. Người ta chấp nhận rộng rãi rằng bê tông là vật liệu tổng hợp bao gồm các cốt liệu (tức là cát, sỏi hoặc đá dăm) được liên kết với nhau bằng chất kết dính

xi măng (tức là hỗn hợp nước và vật liệu kết dính). Sản lượng xi măng của thế giới đã tăng gấp ba lần từ 1,10 lên 3,27 tỷ tấn trong hai thập kỷ qua. Với việc xây dựng ngày càng tăng, ước tính sản lượng xi măng có thể đạt 4,83 tỷ tấn vào năm 2030 [3]. Điều này có thể cung cấp cho việc sản xuất khối lượng bê tông lớn, đòi hỏi phải tăng dần các nguồn tài nguyên như cốt liệu tự nhiên (NA), thường chiếm 60-75% tổng khối lượng bê tông. Năm 2015, khoảng 48,3 tỷ tấn NA đã được tiêu thụ trên toàn thế giới và mức tăng trưởng cứ sau 5 năm được ước tính là hơn 5% (Bảng 1) [4]. Người ta dự đoán rằng nhu cầu NA trong hai hoặc ba thập kỷ tới sẽ tăng gấp đôi.

Số lượng chất thải phá dỡ công trình xây dựng (CDW) ngày càng tăng dẫn đến nhu cầu về một bãi chôn lấp lớn, thậm chí có thể chiếm cả đất nông nghiệp. Zheng và cộng sự. [5] báo cáo rằng khoảng 7,5 tỷ m<sup>3</sup> CDW đã được đổ tại các bãi chôn lấp ở Trung Quốc vào năm 2013, có thể chiếm một nửa tổng diện tích đất của Singapore nếu chiều cao bãi rác là 20m. Khó khăn về không gian chôn lấp cũng có thể dẫn đến những hậu quả khác như chi phí xử

lý chất thải và chi phí môi trường tăng mạnh. Ngoài ra, CDW có thể chứa các vật liệu nguy hiểm như chất bịt kín, chất kết dính, sơn gốc chì hoặc thủy ngân (ví dụ: đèn huỳnh quang) [6]. Những chất ô nhiễm này sẽ dẫn đến ô nhiễm đất và nước ngầm.

**Bảng 1. Tổng mức tiêu thụ cốt liệu xây dựng trên thế giới (Đơn vị: tỷ tấn) (Freedonia Group, Inc. (Group, 2019)) [4]**

	Năm			% tăng trưởng hàng năm	
	2005	2010	2015	2005-2010	2010-2015
Bắc Mỹ	3.3	3.0	3.7	-1.7	4.3
Tây Âu	2.9	2.6	3.1	-2.1	3.0
Châu á TBD	16.0	24.8	32.6	9.1	5.7
Khu vực khác	5.1	7.1	8.9	6.6	5.0
Toàn thế giới	27.3	37.4	48.3	6.5	5.2

Trong bối cảnh trên, các chính phủ, nhà khoa học và ngành công nghiệp đã thực hiện nhiều hành động về tái chế và tái sử dụng CDW để giảm tác động tiêu cực đến môi trường và kinh tế. Ví dụ, Liên minh châu Âu đặt mục tiêu vào năm 2008 rằng tỷ lệ CDW không độc hại sẽ giảm 70% tính theo trọng lượng vào năm 2020. Theo Pacheco-Torgal et al. [7], điều này chỉ có thể đạt được nếu mức tăng trưởng hàng năm của ngành tái chế là khoảng 2%, trong khi trên thực tế, mức tăng trưởng của nó chỉ là 1%. Thông thường,

**Bảng 2. Danh sách các đánh giá mới nhất về RA và RAC [8].**

Tài liệu tham khảo	Trọng tâm chính
• Silva et al. (Silva và cộng sự., 2018)	• Hiệu suất ở trạng thái mới của RAC như khả năng thi công, độ sụt, sự phân tách tĩnh, nhiệt độ hydrat hóa, hàm lượng không khí của bê tông tươi và mật độ tươi.
• Guo et al. (Guo và cộng sự., 2018)	• Độ bền của RAC, ví dụ: tính thấm, phản ứng kiềm-silica và khả năng chống băng giá.
❖ Tam et al. (Tam và cộng sự., 2020)	❖ Các phương pháp cải thiện đặc tính vi cấu trúc của RAC như cacbonat hóa, lắng đọng sinh học hoặc phụ gia khoáng.
❖ Tam et al. (Tam và cộng sự., 2020)	• Cơ chế cacbon hóa và công nghệ cacbonat hóa để cải thiện hiệu suất RA và RAC.
❖ Liang et al. (Liang và cộng sự., 2020)	❖ Các phương pháp tăng cường (ví dụ: nghiền, ngâm trước, nhũ tương polymer, bổ sung pozzolan, lắng đọng sinh học và cacbonat hóa) trên cốt liệu từ bê tông tái chế để áp dụng RAC
❖ Shi et al. (Shi và cộng sự., 2016)	❖ Đánh giá các phương pháp nâng cao
❖ Liang et al. (Liang và cộng sự., 2021)	❖ Vận chuyển clorua để ăn mòn thép trong RAC
❖ Verian et al. (Verian và cộng sự., 2018)	• Các đặc tính của RAC và tính chất cơ học của RAC chứa cốt liệu bê tông tái chế, chẳng hạn như cường độ chịu nén, cường độ uốn, cường độ kéo đứt, mô đun đàn hồi E
❖ Thomas et al. (Thomas và cộng sự., 2018)	❖ Hiệu suất lâu dài như tính thấm clorua, khả năng kháng axit, khả năng chống đóng băng-tan băng và co ngót.

Trong bài viết này, chúng tôi sẽ trình bày một số vấn đề điển hình về RA và RAC, quy trình tái chế và sản xuất RA, tính chất vật lý/cơ học của RAC, các biện pháp cải thiện tính chất cơ học của RAC và các ứng dụng kết cấu/phi kết cấu sử dụng RA/RAC. Cuối cùng, những khoảng trống, nghiên cứu trong tương lai và quan điểm ứng dụng cho RA và RAC cũng được trình bày.

## 2. CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN CỐT LIỆU TÁI CHẾ (RA) VÀ BÊ TÔNG CỐT LIỆU TÁI CHẾ (RAC)

### 2.1. Lịch sử của RAC

Việc sử dụng CDW làm cốt liệu để sản xuất RAC lần đầu tiên được giới thiệu và áp dụng trong và sau Thế chiến thứ hai do một lượng lớn gạch vụn và mảnh vụn được tạo ra sau các vụ bắn phá vào các thành phố, đặc biệt là ở Vương quốc Anh và Đức [9]. Vào thời điểm đó, người ta thấy rằng RAC có khả năng hấp thụ nước cao hơn, cường độ nén thấp hơn, khả năng chống đóng băng/tan băng tương đương và ít co ngót hơn NAC [10]. Từ năm 1945 đến năm 1985, nghiên cứu toàn diện tập trung vào các quy trình tái chế (ví dụ: phân tách và sản xuất), tính

CDW có thể được tái chế và tái sử dụng làm vỉa hè sân vườn, rọ đá hoặc lớp xây dựng đường phố mà không bị giới hạn. Tuy nhiên, mức tiêu thụ còn hạn chế so với lượng CDW được sản xuất. Trong khoảng thời gian khoảng 70 năm, một số nhà nghiên cứu đã chứng minh rằng việc sử dụng RA từ CDW để thay thế NA trong các ứng dụng bê tông mới, tức là RAC, có thể mang lại lợi ích cho cả môi trường và nền kinh tế. Theo ước tính, sử dụng RA thay thế NA trong thi công bê tông có thể tiết kiệm 10-20% chi phí vật liệu [5]. Ngoài ra, đánh giá tác động môi trường trong vòng đời của RAC ở Hồng Kông cho thấy tái chế cốt liệu thô từ CDW có thể giảm 65% lượng khí thải nhà kính và tiết kiệm 58% mức tiêu thụ năng lượng không tái tạo so với sản xuất NAC. Tuy nhiên, các đặc tính cơ học của RAC (ví dụ: cường độ chịu nén, kéo và uốn) thường kém hơn so với các đặc tính cơ học của NAC tương ứng, điều này hạn chế việc áp dụng RAC cho kết cấu bê tông trong thực tế.

Có nhiều tài liệu và báo cáo khoa học quan trọng đánh giá RA và RAC. Cụ thể, các đánh giá được tóm tắt trong Bảng 2. Những đánh giá này liên quan đến nhiều vấn đề như hiệu suất khả thi của RAC, các biện pháp cải thiện các chỉ tiêu vật lý/cơ học của RAC, độ bền kết cấu/ứng dụng RAC và đánh giá các phương pháp nâng cao.

chất RA (ví dụ: mật độ, hình dạng, khả năng hấp thụ nước) và nhiều hơn nữa về các tính chất cơ học (ví dụ: tính cường độ chịu nén, kéo và uốn) cũng như hiệu suất độ bền (ví dụ: tính thấm, khả năng chống băng giá hoặc cacbonat hóa) của RAC [11]. Cho đến thế kỷ 21, thiết kế hỗn hợp RAC, sử dụng RAC làm bê tông dự ứng lực và các kết cấu quy mô lớn (ví dụ: dầm RAC dài 15 mét dưới ứng suất trước khoảng 1300kN từ Dolara và cộng sự sau đó đã được xem xét lại. Gần đây, trọng tâm nghiên cứu đã được thay đổi để nâng cao chất lượng RA. Do nhận thức ngày càng cao về bảo vệ môi trường và nhu cầu phát triển bền vững nên ngày càng có nhiều nghiên cứu về RA và RAC. Đặc biệt trong những năm gần đây, số lượng ấn phẩm về RAC tăng theo cấp số nhân như minh họa trong Hình 1. Những nghiên cứu sâu rộng này có kiến thức nâng cao về RA và RAC, ví dụ: các tính chất cơ, lý/hóa của RA và RAC, các phương pháp nâng cao và mô hình độ bền để dự đoán các đặc tính RAC. Ngoài ra, số lượng ấn phẩm ngày càng tăng trong lĩnh vực RA và RAC. Một số tiêu chuẩn hoặc hướng dẫn quốc gia đã được phát triển cho RAC: ví dụ DIN 4226-100 (2002, Đức), JIS A 5021/5022/5023

(Nhật Bản), BS 8500:2 (2002, Vương quốc Anh) (BSI.BS 8500-2 2002, Vương quốc Anh).

Việt Nam là một trong những nước phê chuẩn Thỏa thuận Paris 2015 về chống biến đổi khí hậu. Chính phủ cũng đang đầu tư nhiều nguồn lực vào việc nghiên cứu các dự án liên quan đến biến đổi khí hậu. Điều này bao gồm việc sử dụng RA trong xây dựng. Đã có nhiều nghiên cứu về việc sử dụng vật liệu tái chế ở Việt Nam được báo cáo trong các ấn phẩm khoa học và hội nghị khoa học. Việt Nam cũng có tiêu chuẩn về cốt liệu lớn tái chế TCVN 11969:2018.



Hình 1. Thống kê số lượng bài viết về chủ đề “Bê tông tái chế” [12]

## 2.2. Các tính chất vật lý/cơ học điển hình và độ bền của RAC

### 2.2.1. Tính chất vật lý của RAC

+ **Tỷ trọng:** Theo thống kê nghiên cứu, nhìn chung bê tông sử dụng RA thường có tỷ trọng thấp hơn bê tông sử dụng NA (thường ở mức 5 - 6%), tùy theo mức độ thay thế và loại RA [14]. Nguyên nhân là do RA thường có lớp vữa có độ xốp cao.

+ **Độ sụt:** Độ sụt của bê tông là một trong những tính chất quan trọng của bê tông hoặc vữa mới trộn, quyết định mức độ dễ dàng trộn, đổ, cố kết và hoàn thiện bê tông ở điều kiện đồng nhất. Nghiên cứu của Verian et al. [15] đã chỉ ra rằng cần 5% đến 15% nước để trộn RAC để có độ sụt tương tự như NAC.

### 2.2.2. Tính chất cơ học và độ bền của RAC

Tính chất cơ học là một trong những đặc tính quan trọng của RAC. Bao gồm cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi và cường độ chịu kéo.

+ **Cường độ nén:** Cường độ nén của RAC nhìn chung nhỏ hơn NAC, tùy thuộc vào tỷ lệ thay thế NA bằng RA. Hình 2a thể hiện đường nối các giá trị trung bình của cường độ chịu nén với các tỷ lệ thay thế khác nhau và các số trên các cột thể hiện số lượng thí nghiệm liên quan được xem xét.

+ **Mô đun đàn hồi khi nén:** Khi tỷ lệ thay thế cốt liệu bê tông tái chế (RCA) tăng thì mô đun đàn hồi của RAC giảm đáng kể. Mức giảm trung bình của mô đun đàn hồi là 4%, 15% và 23% khi tỷ lệ thay thế lần lượt là 25%, 50% và 100%. Mối quan hệ giữa mô đun đàn hồi của RAC với các tỷ lệ thay thế khác nhau của cốt liệu bê tông tái chế đối với RAC được trình bày trên Hình 2b.

+ **Cường độ chịu uốn và cường độ kéo đứt:** Tương tự như cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi, cường độ chịu uốn tương đối và cường độ kéo đều cho thấy phản ứng giảm dần khi tỷ lệ thay thế tăng. Độ bền uốn giảm tối đa khoảng 11% tương ứng với tỷ lệ thay thế 100% RCA. Độ bền kéo giảm tới 16%. Có thể tìm thấy một ngoại lệ trong RAC với tỷ lệ thay thế 20% cho độ bền kéo. Độ bền kéo tương đối của nó (93% độ bền kéo của NAC) thấp hơn 2% so với RAC với tỷ lệ thay thế 25% và gần bằng RAC với tỷ lệ thay thế 50% (93% độ bền kéo của NAC) Hình 2c và 2d.

Tóm lại, cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi, cường độ chịu uốn và cường độ kéo của RAC thường có xu hướng giảm khi tỷ lệ thay thế RA tăng. Nếu sử dụng 100% RCA, cường độ chịu nén trung bình, mô đun đàn hồi, cường độ chịu uốn và độ bền kéo trung bình của RAC sẽ giảm lần lượt khoảng 40%, 40%, 20% và 40% so với NAC.

+ **Độ sâu cacbonat hóa:** Do RAC có mật độ thấp hơn NAC, nghĩa là độ xốp lớn hơn nên nhìn chung độ sâu cacbonat hóa của RAC cao hơn NAC tương ứng [15].

## 2.3. Cải thiện tính chất cơ học của RAC

Có nhiều phương pháp khác nhau để giảm độ xốp và lấp vữa cũ (trong trường hợp cốt liệu bê tông và gạch cũ) của RA và cải thiện các tính chất cơ học ngắn hạn/dài hạn của RAC (nén, uốn, kéo, từ biến và co ngót). Các phương pháp này có thể được phân thành ba nhóm bao gồm: (1) giảm độ xốp RA, (2) giảm lớp vữa cũ trên RA và (3) cải thiện tính chất mà không cần sửa đổi RA.

### 2.3.1. Giảm độ xốp của RA

Để giảm độ xốp của RA, chúng ta có thể áp dụng một số phương pháp và đã có nhiều bài viết phân tích, đánh giá hiệu quả/khả năng ứng dụng của từng phương pháp. Trong phạm vi báo cáo này, tác giả chỉ giới thiệu các phương pháp và một số kết quả đã công bố mà chưa phân tích cơ chế, cách thực hiện của từng phương pháp.

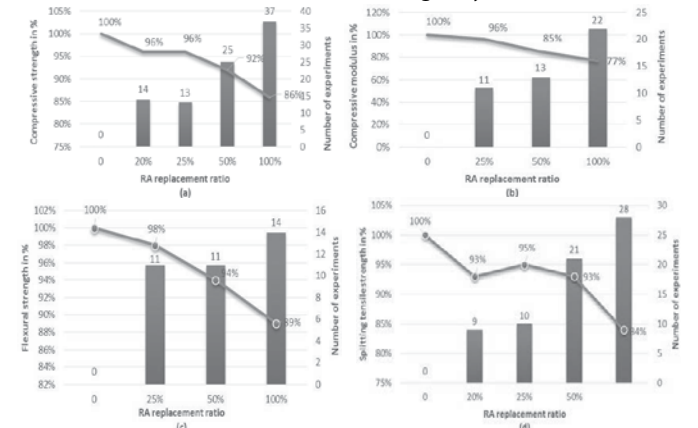
#### ❖ Tăng tốc quá trình carbonat hóa

+ **Lắng đọng sinh học:** Theo kết quả được công bố bởi (Wang và cộng sự, 2016), đã chứng minh rằng quá trình lắng đọng sinh học (*B. Sphaericus*) có thể cải thiện đáng kể về mô đun đàn hồi và cường độ chịu nén của RAC. Cụ thể, mô đun đàn hồi tăng khoảng 27% và 40% trong khi cường độ chịu nén tăng lần lượt khoảng 16% và 10% đối với RAC sử dụng RCA và cốt liệu hỗn hợp tái chế.

#### + Bổ sung pozzolan

Theo kết quả công bố của các tác giả: Gonzalez và Martinez, 2008; Kou và Poon, 2013; và Shi và cộng sự, 2018 [17], có thể thấy sau khi cốt liệu được xử lý bằng Pozzolans như Silica fume, tro bay,... thì đặc tính cơ học của RAC đều tăng lên đáng kể (khoảng 8% đến hơn 55%), tùy thuộc vào loại Pozzolan và phương pháp thực hiện). Tuy nhiên, cường độ chịu nén của RAC vẫn thấp hơn NAC.

Ngoài ra, còn một số phương pháp khác để giảm độ xốp của RA nhằm cải thiện tính chất cơ học của RAC đã được nghiên cứu và công bố là có hiệu quả như bổ sung các hạt nano, Natri Silicate ( $Na_2SiO_3$ ), Nhũ tương Polymer.



Hình 2. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi cường độ/mô đun với các tỷ lệ cốt liệu bê tông tái chế khác nhau và cỡ mẫu ở mỗi tỷ lệ thay thế [12].

**Bảng 3. Những thay đổi về các đặc tính cơ học của RAC do xử lý cacbonat hóa trên RA [16].**

Tài liệu tham khảo	Tính chất	Điều kiện carbonat hóa Áp suất CO <sub>2</sub>	Khoảng thời gian	Giá trị tăng lên do carbonat hóa
(Xuan và cộng sự., 2016)	Độ bền chịu uốn	5.0	1 ngày	Tăng đến 28.7%
(Kou và cộng sự., 2014)	Độ bền chịu kéo đứt	0.1	3 ngày	Tăng đến 6.6%
(Xuan và cộng sự., 2017)	Co ngót khô sau 112 ngày	0.1	1 ngày	-23.0%
		5.0	1 ngày	-25.2%
(Tam và cộng sự., 2016)	Độ bền kéo đứt trung bình	0.75 đến 1.5	30 đến 90 phút	4.7% đến 19.8% Tỷ lệ thay thế RA: 30%)
	Độ bền kéo đứt trung bình	0.75 đến 1.5	30 đến 90 phút	0.0% đến -7.7% (Tỷ lệ thay thế RA: 100%) -11.1% đến 2.3% (Tỷ lệ thay thế RA: 30%) 16.3% đến 50.8% (Tỷ lệ thay thế: 100%)

**2.3.2. Giảm lớp vữa cũ**

RCA là vật liệu tổng hợp được nghiên cứu và sử dụng nhiều nhất trong số các RA. Lớp vữa cũ trên cốt liệu bê tông tái chế thường là điểm yếu của cốt liệu bê tông tái chế vì nó có độ xốp cao hơn và nhiều vết nứt hơn NA. Trong báo cáo này, chúng tôi chỉ tổng hợp các phương pháp và một số kết quả đạt được bằng các phương pháp tương ứng nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của RAC.

**+ Xử lý bằng axit**

Một số loại axit có thể được sử dụng để loại bỏ vữa cũ bám vào cốt liệu như HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH hoặc H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Có nhiều ấn phẩm khoa học về việc sử dụng các axit này để xử lý cốt liệu. Kết quả là cốt liệu RAC sau khi được xử lý bằng các axit trên có cường độ chịu nén tăng lên đáng kể khoảng 4,4% đến 18,6%. Đặc biệt đối với các mẫu được xử lý bằng axit axetic 3%, cường độ nén đạt khoảng 52MPa, tương ứng cao hơn 25% so với mẫu RAC chưa qua xử lý (khoảng 42MPa) và chỉ thấp hơn một chút so với mẫu NAC (khoảng 55MPa) [18].

**+ Xử lý nhiệt**

Nguyên lý của quá trình xử lý nhiệt là làm mất nước của đá xi măng cũ, dẫn đến tách lớp vữa cũ ra khỏi các hạt cốt liệu. Sau khi RA được xử lý nhiệt, có sự giảm đáng kể, với tốc độ tùy thuộc vào nhiệt độ xử lý. Nghiên cứu của Akbarnezhad [19] cho thấy so với RAC sử dụng cốt liệu chưa qua xử lý, cường độ nén của RAC với 100% RCA được xử lý bằng vi sóng cao hơn khoảng 30% so với RAC với cốt liệu chưa được xử lý.

**2.3.3. Cải thiện các tính chất mà không cần thay đổi RA**

Bên cạnh các phương pháp xử lý nói trên, các phương pháp xử lý khác có thể nâng cao hiệu suất của RAC mà không cần sửa đổi RA, chẳng hạn như cải thiện phương pháp trộn và bổ sung chất gia cố bằng sợi.

**Bảng 4. Cường độ chịu nén của RAC theo hai phương pháp trộn NMA và TSMA [20]**

Tỷ lệ thay thế RA (%)	Cường độ chịu nén (Mpa)		Cải thiện nhờ TSMA (%)
	NMA	TSMA	
0	55.7	56.0	0.51
10	59.0	64.5	9.41
15	56.3	61.3	8.88
20	53.7	65.1	21.19
25	52.3	63.1	20.64
30	58.1	66.2	13.94

**+ Phương pháp trộn**

Ba phương pháp trộn đã được báo cáo là có ảnh hưởng tích cực đến hiệu suất của RAC, đó là phương pháp trộn hai giai đoạn

(TSMA), phương pháp trộn vữa (MMA) và phương pháp trộn trong cát (SEMA). Hiệu quả của các phương pháp trộn này được trình bày trong Bảng 4.

**+ Bổ sung cốt sợi**

Bổ sung cốt sợi là một trong những phương pháp nhằm tăng cường độ chịu kéo, uốn của kết cấu nói chung. Nó đang được nghiên cứu rất nhiều và đang dần trở nên phổ biến. Đối với các cấu trúc RAC, sợi được thêm vào để khắc phục chế độ hư hỏng giòn của RAC và tăng độ bền kéo cũng như khả năng chống uốn.

**3. CÁC ỨNG DỤNG CỦA RA VÀ RAC TRONG THỰC TIỄN**

Nhìn chung RAC thường có các tính chất cơ học như cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi, cường độ chịu kéo thường nhỏ hơn đáng kể so với NAC. Tuy nhiên, với các đặc tính cơ học đã công bố, nó hoàn toàn đáp ứng được giá trị cường độ cần thiết để khai thác nhiều loại công trình. Đặc biệt, nếu RA được xử lý bằng các phương pháp nêu trên thì các tính chất vật lý, hóa học và cơ học sẽ được cải thiện đáng kể. Do đó, RA và RAC nên được áp dụng trong nhiều trường hợp như các ứng dụng phi kết cấu, kết cấu và thậm chí cường độ cao.

**3.1. Các ứng dụng phi kết cấu**

Ứng dụng chính của RA hoặc RAC là ứng dụng phi kết cấu do khả năng chịu tải thấp và tính không ổn định trong cấu trúc chính của RA. Ví dụ, ở Đức, RA thường được sử dụng làm vật liệu san lấp, cải tạo nền đường [21], vỉa hè hoặc rọ đá [22]. Ở Úc, RA và RAC cũng được sử dụng rộng rãi cho lối đi bộ và bãi đỗ xe [23]. Ở Việt Nam, RA thường được sử dụng làm vật liệu san lấp, nền móng hoặc bê tông bề mặt trong các công trình đường không yêu cầu chất lượng cao như đường giao thông nông thôn [24].

**3.2. Sử dụng RAC cho các ứng dụng kết cấu**

Có nhiều nghiên cứu về tính chất cơ học của RAC trong đó RA có thể được sử dụng tới 100% để thay thế NA, cường độ nén của RAC từ 25-50MPa (Corinaldesi và các cộng sự., 2010), (Berredjem và cộng sự, 2020) và (Nguyễn Thanh Sang và cộng sự, 2020) [24]. Qua đó cho thấy RA hoàn toàn phù hợp cho các ứng dụng kết cấu.

Nhiều quốc gia khuyến khích sử dụng RAC cho các ứng dụng kết cấu. Thụy Sĩ đi đầu trong việc ứng dụng kết cấu RAC [25]. Một ví dụ là phòng thí nghiệm khoa học điện tử của ETH Zurich. Kết cấu sáu tầng này, được hoàn thành vào năm 2007 với tổng diện tích sàn là 11.655 m<sup>2</sup>, chủ yếu được xây dựng bằng bê tông tái chế (lên tới 90%) [26]. Một ví dụ khác là việc mở rộng kết cấu của một tòa nhà trường học ở Hirzenbach, Zurich, với bê tông hoàn toàn là bê tông tái chế [27]. Năm 2002, một công trình công cộng thí điểm, trường "Im Birch", được xây dựng ở Zurich, sử dụng 80% bê tông tái chế. Sự thành công của dự án thí điểm này dẫn đến nghĩa vụ sử dụng ít nhất 25% RCA cho tất cả các tòa nhà công cộng, theo quy định của chính phủ Thụy Sĩ (Ủy ban châu

Áu 2020) [28]. Đức có tỷ lệ tái chế cao trên CDW, ví dụ: khoảng 84% (72,2 triệu tấn) trong tổng số 86,0 triệu tấn đường sá và đá vụn xây dựng; và chất thải xây dựng được sản xuất thành vật liệu tái chế phục vụ xây dựng vào năm 2016. Tuy nhiên, trong số 72,2 triệu tấn vật liệu tái chế này, chỉ có 21,0% được sử dụng làm vật liệu xây dựng, tức là cốt liệu trong sản xuất nhựa đường và bê tông [29]. Theo Sturmer và cộng sự, năm 2017, hàng chục tòa nhà và công trình đã sử dụng RAC ở Đức xây dựng toàn bộ hoặc một phần. Trong số tất cả các ứng dụng, Tòa nhà Nghiên cứu và Phòng thí nghiệm Khoa học Đời sống tại Đại học Berlin Humboldt được coi là dự án thí điểm nổi tiếng nhất ở Đức do lượng RAC lớn 3800m<sup>3</sup> [30].

Ngoài Thụy Sĩ và Đức, còn có một số ứng dụng kết cấu RAC khác trên thế giới như ở Nhật Bản, Pháp, Trung Quốc, Mỹ. Ở Việt Nam việc ứng dụng RAC cho kết cấu chịu lực chính đang còn khá hạn chế.

### 3.3. Sử dụng RAC cho các kết cấu dự ứng lực

Đã có các nghiên cứu về bê tông cường độ cao sử dụng RA, cường độ chịu nén có thể đạt trên 55MPa [31,32] tùy theo tỷ lệ thay thế RA. Với những thể mạnh như vậy chúng ta có thể sử dụng RA cho kết cấu bê tông dự ứng lực. Vấn đề sử dụng RA cho kết cấu dự ứng lực cũng đã được Michael R. Brandes và Kurama nghiên cứu [33].

- Trong một nghiên cứu khác nhằm xác định độ tin cậy của việc sử dụng RAC, dầm đơn dự ứng lực dài 10 mét đã được chuẩn bị và thử nghiệm. Kết quả chỉ ra rằng RAC với tỷ lệ thay thế thấp có thể được sử dụng trong các cấu kiện dự ứng lực mà không ảnh hưởng đến tính năng kết cấu của cấu kiện đó. Bê tông có hàm lượng RA cao hơn cũng có thể được sử dụng bằng cách tăng nhẹ lực dự ứng lực [34].

- Ứng xử lâu dài của bê tông cốt thép thông thường và bê tông cốt thép dự ứng lực sử dụng RA cho các kết cấu như dầm và cột cũng đã được thực hiện [35]. Ngoài ra, một số nghiên cứu khác về bê tông dự ứng lực sử dụng RA cũng đã được ghi nhận như Breccolotti và cộng sự. [34], Hoffmann và cộng sự. [36], ...v.v

### 3.4. Sử dụng CDW cho kết cấu mặt đường và đường ô tô

Việc sử dụng cốt liệu tái chế CDW để thay thế NA trong ngành xây dựng đường cho đến nay là ứng dụng phổ biến nhất. Tuy nhiên, trong các ứng dụng xây dựng mặt đường, RA có xu hướng được sử dụng chủ yếu ở dạng không liên kết, thường xuyên hơn trong các lớp nền/lớp nền phụ và ít thường xuyên hơn trong các lớp có liên kết.

+ Herrador và cộng sự đã xây dựng một đoạn đường thử nghiệm dài 80m được làm bằng cốt liệu CDW tái chế và được thiết kế cho lưu lượng giao thông trung bình hàng ngày từ 100-199 xe thương mại mỗi ngày. Các tác giả cũng chỉ ra rằng việc nén cốt liệu CDW nhân tạo tại hiện trường khó khăn hơn vì cần nhiều nước hơn. Thử nghiệm Máy đo độ lệch trọng lượng rơi (FWD) cho kết quả hài lòng về khả năng chịu tải của các lớp CDW. Hơn nữa, một phân tích chi phí đơn giản đã được thực hiện bằng cách so sánh chi phí sản xuất của cả cốt liệu CDW và NA trong đó chi phí của RA cao hơn NA [37].

+ Leek và cộng sự đã nghiên cứu hiệu suất của ba đoạn đường thử nghiệm được làm bằng CDW ở Tây Úc bằng cách so sánh chúng với các đoạn đường được làm bằng NA. Nghiên cứu này đã chứng minh rằng cốt liệu nền đường tái chế thu được từ vật liệu phá dỡ tái chế có thể mang lại chất lượng tốt và độ bền cao cho đường. Nó làm tăng tuổi thọ môi của nhựa đường do giảm biến dạng. Theo các tác giả, nguồn bê tông tái chế có thể có tác động đáng kể đến quá trình bù nước của vật liệu và độ cứng lớn có thể gây ra nứt khối [38].

+ Jiménez và cộng sự đã nghiên cứu hiệu suất của các lớp nền không dính của hai đoạn đường nông thôn trải nhựa thử nghiệm được xây dựng bằng vật liệu CDW đã chọn. Các yếu tố bên ngoài như khí hậu và giao thông cũng được xem xét trong nghiên cứu và khả năng chịu lực được nghiên cứu bằng thử nghiệm tải. Người ta thấy rằng lưu lượng phương tiện giao thông có thể cải thiện khả năng chịu

lực của các lớp không liên kết CDW sau một số năm, điều này có thể là do độ ẩm tăng lên hoặc hoạt động pozzolanic trong vữa xi măng kèm theo của cốt liệu. Hạn chế duy nhất liên quan đến việc sử dụng vật liệu CDW trên mặt đường được xác định là hàm lượng muối hòa tan. Tất cả các thử nghiệm về độ nhám thể hiện các tính chất kỹ thuật tốt và các tính chất này được duy trì trong nhiều năm vận hành. Theo kết luận chung của nghiên cứu, các tác giả hài lòng với việc sử dụng CDW cho đường nông thôn không trải nhựa [39].

+ Del Rey và cộng sự đã nghiên cứu việc sử dụng CDW không liên kết trong các lớp nền của đường nông thôn không trải nhựa và đánh giá hoạt động của các tổ hợp CDW hỗn hợp liên quan đến NA. Các thử nghiệm tải tĩnh đã được thực hiện để chuẩn bị các đường cong tải trọng và các phép đo FWD ghi lại biến dạng quan sát được trên bề mặt là kết quả của tải trọng động. Ngoài ra, mặt đường được đánh giá bằng cách đo độ võng trên bề mặt. Nó chỉ ra rằng các giá trị độ võng trung bình thu được trong các đoạn thử nghiệm được thi công bằng cốt liệu CDW cao hơn 63% và 46% so với các giá trị thu được trong đoạn được làm bằng NA. Theo các tác giả, điều này có nghĩa là việc sử dụng cốt liệu CDW ở lớp nền phụ sẽ cần lớp nền cứng hơn để đạt được khả năng chịu lực nằm trong phạm vi chấp nhận được. Mặc dù CDW có biến dạng cao hơn và giá trị mô đun đàn hồi kém hơn NA, nhưng cốt liệu CDW được sử dụng trong nghiên cứu này cho thấy hiệu quả chấp nhận được. Nhìn chung, kết quả của nghiên cứu cho thấy rằng CDW có thể được sử dụng trong các lớp kết cấu đường giao thông cấp thấp [40].

## 4. CÁC XU HƯỚNG TRONG TƯƠNG LAI VÀ KẾT LUẬN

### 4.1. Các xu hướng trong tương lai

Việc mở rộng phạm vi áp dụng RAC là bắt buộc đối với mỗi quốc gia vì tính thân thiện với môi trường, đặc biệt là trong các ứng dụng kết cấu. Tuy nhiên, ứng dụng RAC bị hạn chế do tính chất cơ học kém hơn (ví dụ: cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, cường độ chịu kéo) so với NAC. Người ta nhận thấy rằng một số phương pháp nâng cao RA có thể cải thiện đáng kể hiệu suất cơ học của RAC. Có nhiều phương pháp được đề cập ở phần trước. Tuy nhiên, một số lỗ hổng nghiên cứu trong các phương pháp này cản trở ứng dụng thực tế. Vì vậy, tiếp tục nghiên cứu RA và RAC là cần thiết.

Với những tính chất lý, hóa, cơ như nêu trên, RA và RAC có thể đáp ứng yêu cầu thi công, khai thác cho hầu hết các loại công trình xây dựng hiện nay. Cùng với nhiều nghiên cứu, chính sách bảo vệ môi trường của các chính phủ và ứng dụng thực tế được đề cập trong bài viết này, có thể thấy việc sử dụng RA và RAC trong xây dựng sẽ có nhiều cơ hội phát triển hơn nữa trong tương lai.

### 4.2. Kết luận

Vấn đề tích lũy CDW tăng lên hàng năm gây ra mối lo ngại lớn, điều này càng làm tăng thêm nhu cầu tái sử dụng nó làm cốt liệu tái chế cho ngành xây dựng, vì nó có tiềm năng lớn để tái sử dụng phần lớn CDW. Bài viết này cung cấp cái nhìn tổng quan về các tính chất của RA, RAC và cập nhật tình hình nghiên cứu, ứng dụng RA/RAC trên thế giới. Dữ liệu thu được trong bài viết này chỉ ra rằng RA từ CDW có thể được sử dụng thành công để sản xuất vật liệu xây dựng có chất tương đương với vật liệu được sản xuất bằng tự nhiên, một cách tiếp cận thân thiện với môi trường cho các chiến lược quản lý chất thải phá dỡ công trình xây dựng trong tương lai. Các vấn đề chính đã được xác định cho các ứng dụng và nghiên cứu trong tương lai hướng tới việc tái chế CDW trong vật liệu xây dựng là:

+ Xây dựng các phương pháp kiểm tra, tiêu chuẩn hóa để hướng dẫn các quy định cụ thể về việc sử dụng RA và RAC từ CDW trong các vật liệu mới;

+ Nghiên cứu khả năng ứng dụng của RA và RAC trong từng

trường hợp cụ thể như đường giao thông, sân bay, bến cảng, v.v.  
 + Nghiên cứu các rủi ro môi trường liên quan đến việc sử dụng RA, RAC từ CDW và các ứng dụng tiềm năng của nó trong các lĩnh vực có giá trị gia tăng cao như gốm sứ và chất hấp phụ;  
 + Xem xét các khía cạnh liên quan đến chiến lược chính trị để tăng cường sự tin tưởng và chấp nhận các nghiên cứu có nguồn gốc từ CDW trong giới chuyên môn và xã hội.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Walberg, D., Solid and timber construction in residential buildings, *Massiv-und Holzbau bei Wohngebäuden*. Mauerwerk, 20 (1) (2016) 16-31. <https://doi.org/10.1002/dama.201600685>
- [2]. Warburton, R., Global Warming Has Concrete Problem When It Comes to CO<sub>2</sub> (2020). Available from <https://www.ecori.org/climate-change/2019/10/4/globalwarming-has-a-co2concrete-problem>
- [3]. Verein Deutscher Zementwerk., Global cement production from 1990 to 2030 (in million metric tons), (2019). Available from <https://www.statista.com/statistics/373845/global-cement-production-forecast/>
- [4]. The Freedonia Group, Global Demand for Construction Aggregates to Exceed 48 Billion Metric Tons in 2015, (2019). Available from <https://www.concreteconstruction.net/business/global-demand-for-construction-aggregates-to-exceed-48-billionmetric-tons-in-2015o>
- [5]. C. Zheng L., Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China, *Constr. Build. Mater.*, 136 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.04.061>
- [6]. Barhmaiah, B, Leela Priyanka, M, Padmakar, M, Strength analysis and validation of recycled aggregate concrete, *Materials Today*, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.730>
- [7]. Pacheco-Tergal, Construction and demolition waste recycling: management, processing and environmental assessment (2020).
- [8]. Bo Wang, Libo Yan, Quini Fu, A comprehensive review on recycled aggregate and recycled aggregate concrete, 3 (2021).
- [9]. Nixon, P.J., Recycled concrete as an aggregate for concrete-a review, *Mat. Constr.*, 11 (5) (1978) 371-378. <https://doi.org/10.1007/BF02473878>
- [10], [11]. Hansen, T.C., Recycled aggregates and recycled aggregate concrete second state of the art report developments 1945-1985, *Mat. Constr.*, 19 (3) (1986) 201–246. <https://doi.org/10.1007/BF02472036>
- [12]. Bo Wang, Libo Yan, Quini Fu, A comprehensive review on recycled aggregate and recycled aggregate concrete, 4 (2021).
- [13]. Pellegrino, C, Faleschini, F (Eds.), *Sustainability Improvements in the Concrete Industry*, Springer International Publishing, Cham, (2016).
- [14]. Cachim, P.B., Mechanical properties of brick aggregate concrete, *Construction and Building Materials*, 23 (3) (2009) 1292–1297. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.023>
- [15]. Verian, KP, Ashraf, W, Cao, Y., Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production, *Resources Conservation and Recycling*, 133 (2018) 30–49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.005>
- [16]. Tam, VVY, Butera, A, Le, KN., Carbon-conditioned recycled aggregate in concrete production, *Journal of Cleaner Production*, 133 (2016) 672–680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.007>
- [17]. Shi, C, Wu, Z, Cao, Z, Ling, TC, Zheng, J., Performance of mortar prepared with recycled concrete aggregate enhanced by CO<sub>2</sub> and pozzolan slurry, *Cement and Concrete Composites*, 86 (2018) 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.10.013>
- [18]. Kazmi, SMS, Munir, MJ, Wu, Y-F, Patnaikuni, I, Zhou, Y, Xing, F., Effect of different aggregate treatment techniques on the freeze-thaw and sulfate resistance of recycled aggregate concrete, *Cold Regions Science and Technology*, 178 (2020) 103126. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2020.103126>
- [19]. Akbarnezhad, A, Ong, KCG, Zhang, MH, Tam, CT, Foo, TWJ., Microwave-assisted beneficiation of recycled concrete aggregates, *Construction and Building Materials*, 25 (8) (2011) 3469-3479. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.038>
- [20]. Tam, VVY, Gao, XF, Tam, CM., Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach, *Cement and Concrete Research*, 35 (6) (2005) 1195-1203. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.10.025>
- [21]. Botel, RCL. RCL-Recycling Ziegel 0/45 Ohne Güte in German (Recycling Brick 0/45 Without grade, translation to English by the authors) (2019). [https://www.boetel-ba.de/epages/es652351.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/es652351/](https://www.boetel-ba.de/epages/es652351.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/es652351/)
- [22]. Broere, Peter, Use of recycled aggregate - the best road base material on earth (2017).
- [23]. Kotrayothar D., Recycled aggregate concrete for structural applications, [PhD] Sydney, Australia: Western Sydney University (2017).
- [24]. Nguyen Thanh Sang, Pham Dinh Huy Hoang, Vu Ba Duc, Effect of recycled aggregate content from burnt clay brick and waste concrete on mechanical properties of high strength concrete, (2020).
- [25]. Brugger, Veronika. Kreislauf aus Beton (Circular use of Concrete, translation to English by the authors) (2020). <https://www.dabonline.de/2015/04/29/kreislauf-aus-beton-recycling-greenbuilding-hochbau-wiederverwertung-recyclingbeton-r-beton-energieeffizienz-nachhaltigkeit/>
- [26]. Staller, Heimo, Tisch, Angelika. New technical solutions for energy-efficient buildings (2020). [https://www.motiva.f/files/4779/SOTA\\_Building\\_Materials.pdf](https://www.motiva.f/files/4779/SOTA_Building_Materials.pdf)
- [27]. ETH HIT e-science Lab Zurich, Switzerland, (2020) <https://www.baumschlager-eberle.com/en/work/projects/projekte-details/eth-hit-e-science-lab/>
- [28]. Schwebendes Gebäude aus Recyclingbeton (Floating Building from Recycled Concrete, translation to English by the authors). (2020), <https://www.beton.org/inspiration/architektur/objekt-details/erweiterung-der-schulanlage-hirzenbach-in-zuerichch/>
- [29]. Bundsverband Baustoffe-Steine und Erden. Mineralische Bauabfälle "Monitoring (Mineral Construction Waste Monitoring 2016, translation to English by the authors), (2016); <http://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Arge/Bericht-11.pdf>
- [30]. Bodamer Faber Architekten BDA PartGmbH. Forschungs- und Laborgebäude für Lebenswissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin (Research and Laboratory Building for Life Sciences of the Humboldt University of Berlin, translation to English by the authors), (2019). <https://www.heinze.de/architekturobjekt/forschungs-und-laborgebäude-fuer-lebenswissenschaften-der-humboldt-universitaet-zu-berlin/12671706/>
- [31]. L. Evangelista, J. de Brito, Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates, *Cement and concrete composites*, 29 (2007) 397-401. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.12.004>
- [32]. D.Y. Gao et al., Experimental Study of Utilizing Recycled Fine Aggregate for the Preparation of High Ductility Cementitious Composites, *Materials*, 13 (2020) 679. <https://doi.org/10.3390/ma13030679>
- [33]. M.C. Limbachiya, T. Leelawat, R.K. Dhir, Use of recycled concrete aggregate in high-strength concrete, *Materials and Structures*, 33 (2000) 574-580. <https://doi.org/10.1007/bf02480538>
- [34]. Marco Breccolotti, A. Luigi Materazzi, Use of recycled aggregate concrete in prestressed structural elements (2017).
- [35]. Ajdukiewicz, A. & Kliszczewicz, Long-term behaviour of reinforced-concrete beams and columns made of recycled aggregate concrete, *Prague, fib*, (2011) 479-482.
- [36]. Hoffmann, C., Schubert, S., Leemann, A. & Motavalli, Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: Influence of variations in composition on the concrete properties and their use as structural material, *Construction and Building Materials*, 35 (2012) 701-709.
- [37]. Herrador, R.; Pérez, P.; Garach, L.; Ordóñez, J., Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing, *J. Transp. Eng.*, 138 (2011) 182-190.
- [38]. Leek, C.; Siripun, K.; Nikraz, H.; Jitsangiam, P., An Investigation into the Performance of Recycled Concrete Aggregate as a Base Course Material in Road Pavements. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Geotechnical Engineering (ICAGE 2011)*, Perth, Australia, 7-9 (2011) 343-349.
- [39]. Jiménez, J.R.J.R.; Ayuso, J.; Agrela, F.; López, M.; Galvín, A.P.A.P., Utilisation of unbound recycled aggregates from selected CDW in unpaved rural roads, *Resour. Conserv. Recycl*, 58 (2012) 88-97.
- [40]. Del Rey, I.; Ayuso, J.; Galvín, A.; Jiménez, J.; Barbudo, A. Feasibility of Using Unbound Mixed Recycled Aggregates from CDW over Expansive Clay Subgrade in Unpaved Rural Roads, 9 (2016) 931.

# Nghiên cứu tính chất kỹ thuật của vữa ba thành phần chất kết dính gồm xi măng, tro bay và tro bã mía

Study on engineering properties of mortar containing a ternary binder, including cement, fly ash, and sugar cane bagasse ash

> **VÕ VĂN THẢO\***, **LÊ ĐỨC HIỂN**, **PHAN TÔ ANH VŨ**

Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng

\*Email: vovanthao@tdtu.edu.vn

## TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu nhằm khảo sát tính chất của vữa chứa ba thành phần chất kết dính, bao gồm: xi măng, tro bay và tro bã mía. Theo đó, mười hỗn hợp vữa được tạo ra. Hỗn hợp đối chứng chỉ sử dụng xi măng, 6 hỗn hợp khác được tạo ra bằng cách thay thế 10%, 15% và 20% khối lượng xi măng bằng tro bay và tro bã mía. Ba hỗn hợp vữa ba thành phần chất kết dính được tạo ra bằng cách kết hợp tro bay và tro bã mía để thay thế 20% khối lượng xi măng. Hỗn hợp vữa được đánh giá tính công tác, khối lượng thể tích, khối lượng riêng, cường độ nén và cường độ uốn. Kết quả nghiên cứu cho thấy tro bã mía làm giảm tính công tác, khối lượng thể tích và khối lượng riêng của vữa và phát triển cường độ vữa muộn. Tro bay có tác động tích cực đến độ dẻo và tính chất cơ lý của vữa. Vữa với ba thành phần chất kết dính có tính chất tương đương với hỗn hợp đối chứng.

**Từ khóa:** Tro bã mía; tro bay; tính chất vật lý; tính chất cơ học; hỗn hợp vữa ba thành phần chất kết dính.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to survey the properties of mortars that contain a ternary binder, which includes cement, fly ash, and sugar cane bagasse ash. Ten mortar mixtures are created: the control mixture uses only cement binder, while the other mixtures are created by replacing 10%, 15%, and 20% of cement with fly ash and sugar cane bagasse ash. Three mortar mixtures containing a ternary binder are created by combining fly ash and sugar cane bagasse ash to replace 20% of cement. The mortar mixtures are evaluated for workability, unit weight, specific gravity, compressive strength, and flexural strength. The research results indicate that sugar cane bagasse ash reduces workability, unit weight, and specific gravity of mortar, and mortar mixtures develop strength late. On the other hand, fly ash has a positive effect on the flexibility and mechanical properties of mortars. Mortars containing a ternary binder have properties that are equivalent to the control mixture.

**Keywords:** Sugar cane bagasse ash; fly ash; physical properties; mechanical properties; mortar containing ternary binder.

## 1. GIỚI THIỆU

Năm 2022, sản lượng xi măng (OPC) toàn cầu từ 1,39 tỷ tấn đến 4,1 tỷ tấn [1] và Việt Nam đứng thứ 3 với khoảng 120 triệu tấn [2]. Quá trình sản xuất xi măng phát thải khoảng 26% lượng khí CO<sub>2</sub> ra môi trường [3]. Tìm kiếm vật liệu mới để hạn chế phát thải CO<sub>2</sub>, giảm khai thác tài nguyên, phát triển bền vững là nhiệm vụ cấp thiết. Nguồn vật liệu có thể thay thế xi măng: FA, xỉ thép, tro trấu, tro bã mía... là phế thải có sản lượng lớn [4].

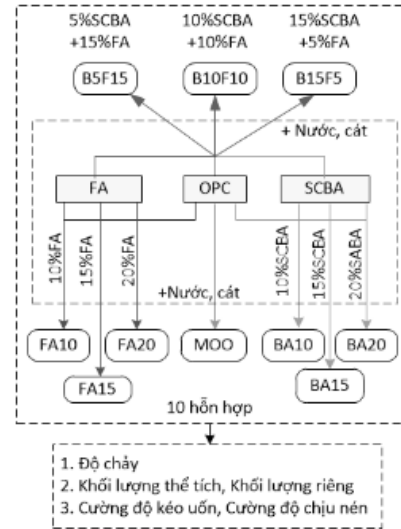
Tro bay (FA) là chất thải mịn trong quá trình đốt than đá ở nhà máy nhiệt điện. Năm 2023, sản lượng FA toàn cầu từ 400 - 500 triệu tấn [5]. Việt Nam có hơn 11 triệu tấn FA và chỉ có 44% sản lượng được tái sử dụng [6]. Thành phần chính của FA là: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO. FA là vật liệu pozzolanic có thể thay thế xi

măng [7]. Đánh giá cường độ của vữa khi thay thế từ 0% đến 50% khối lượng xi măng, Aly Makhoulouf nhận thấy cường độ của hỗn hợp chứa FA lớn hơn hỗn hợp đối chứng khi tỉ lệ thay thế không quá 40% và 10% là tỉ lệ mang lại giá trị cường độ tối ưu [8]. FA và FA sinh học (Biomass Fly Ash) thu được khi đốt vỏ cây thay thế xi măng với hàm lượng lớn, làm cho tính linh động của hợp tăng lên và khối lượng thể tích, lượng không khí, cường độ nén và kéo uốn giảm [9]. Thay thế cát trong hỗn hợp vữa bằng FA từ 0% đến 100% nhận thấy cường độ của hỗn hợp chứa FA cao hơn hỗn hợp đối chứng [10]. Ảnh hưởng của FA đến tính chất của bê tông được Nguyễn Ngọc Lâm và cộng sự thực hiện. Các tác giả nhận thấy FA làm tăng độ sụt của bê tông và khi tỉ lệ FA không quá 20% cường độ thay đổi không đáng kể [11].

Tro bã mía (SCBA) sinh ra khi đốt bã mía ở nhà máy nhiệt điện. Năm 2021, sản lượng mía toàn cầu đạt 1,86 tỷ tấn [12]. Mỗi tấn mía, sau khi ép và đốt bã thu được 25 đến 50 ký tro, có 46,50 – 93,00 nghìn tấn tro [13]. Việt Nam có sản lượng mía 9,64 triệu tấn, diện tích khoảng 153 nghìn hecta và SCBA có tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường [14]. Tùy vào nguồn nguyên liệu, quá trình đốt mà thành phần chủ yếu của SCBA gồm: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> chiếm trên 70% [15]. SCBA là phế thải công - nông nghiệp có tiềm năng để thay thế xi măng trong sản xuất vật liệu tái chế nhằm giảm phát thải khí CO<sub>2</sub> [16]. Ảnh hưởng của SCBA đến tính chất của vữa hay bê tông phụ thuộc tỉ lệ thay thế xi măng và phương pháp xử lý tro. Các phương pháp xử lý SCBA nhằm loại bỏ những thành phần chưa cháy, tăng độ mịn, thay đổi thành phần hóa học, tăng lượng silic vô định hình [17-19]. SCBA thô thay thế 10% và 20% xi măng, Arenas-Piedrahita và cộng sự nhận thấy: SCBA giảm tính linh động, cường độ vữa chứa SCBA phát triển sau 90 ngày và thâm nhập clo được cải thiện [17]. Xử lý SCBA bằng nhiệt, Nuntachai Chusilp và các tác giả cho biết SCBA từ nhà máy có lượng mất khi nung lớn (LOI = 20%), nung ở 550 độ C trong 45 phút, lượng mất khi nung dưới 5%. Sử dụng SCBA có LOI thấp thay thế một phần xi măng làm cường độ và độ bền sulfate tăng lên [18]. Với quá trình xử lý SCBA công phu, SCBA được nghiền 45 phút với 3 loại đường kính: 8mm, 18mm, 25mm. Sau khi nghiền, nung ở 400 độ C trong 4 giờ với hơn 85% khối lượng qua sàng 40µm. SCBA sau khi xử lý thay thế xi măng từ 5% đến 30% khối lượng. Với tỷ lệ thay thế xi măng không quá 20%, cường độ hỗn hợp chứa SCBA cao và 10% là tỷ lệ tối ưu [19].

Ảnh hưởng của FA đến tính chất của hỗn hợp vữa khá rõ ràng nhưng với SCBA phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Nhìn chung, SCBA làm tăng cường độ và độ bền của vữa khi được xử lý công phu. Tuy nhiên, đây là rào cản khi xem xét ở góc độ tiết kiệm năng lượng. Nghiên cứu này khảo sát đặc tính kỹ thuật của vữa 3 thành phần: xi măng, FA và SCBA với các đặc trưng vật liệu được xác định khi thu thập FA và SCBA từ các nhà máy nhiệt điện. SCBA được xử lý đơn giản, ít tiêu hao năng lượng. Nghiên cứu kỳ vọng bước đầu đánh giá khả năng kết hợp giữa FA và SCBA thông qua tính chất vữa. Kết quả là cơ sở để có những nghiên cứu tiếp theo. Nghiên cứu thực hiện tại

phòng thí nghiệm công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, TP.HCM Sơ đồ nghiên cứu thể hiện ở Hình 1.

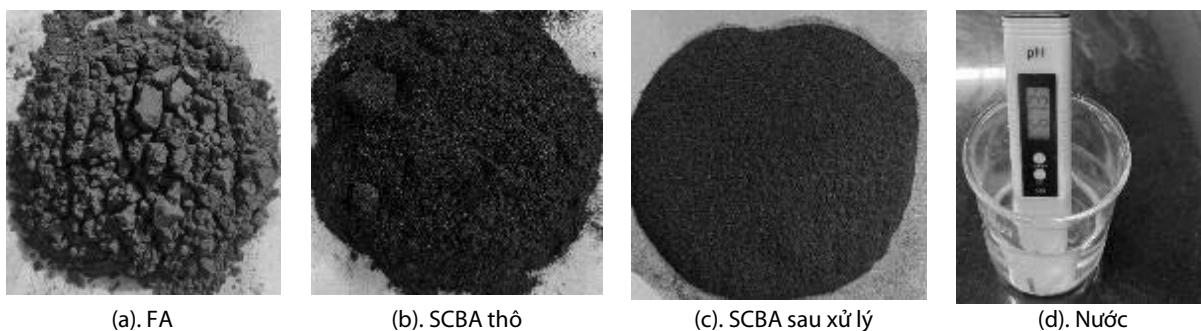


Hình 1. Sơ đồ chương trình thí nghiệm

## 2. VẬT LIỆU VÀ THÀNH PHẦN HỖN HỢP

### 2.1. Vật liệu

Xi măng loại I, ASTM C150 [20], cường độ nén tối thiểu 40 (MPa) ở 28 ngày, khối lượng riêng 3,05 (g/cm<sup>3</sup>), khối lượng thể tích 1,52 (g/cm<sup>3</sup>). FA từ nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 3, Trà Vinh. FA loại F theo ASTM C168-19 [7], khối lượng riêng 2,42 (g/cm<sup>3</sup>). SCBA thu thập từ nhà máy đường Sóc Trăng 1, nhiệt độ đốt 550- 700 độ C. SCBA ngâm trong nước 12 giờ vớt bỏ phần nổi. Sau đó, nung lại ở 700 độ trong 2 giờ và sàng qua mức 315µm. SCBA sau khi xử lý có khối lượng riêng và khối lượng thể tích lần lượt là 2,15 (g/cm<sup>3</sup>) và 1,23 (g/cm<sup>3</sup>). Cát sông có khối lượng riêng 2,53(g/cm<sup>3</sup>), môđun độ lớn 2,71 và thành phần hạt theo ASTM C33M-18 [21]. Nước máy phơi trong 2 giờ có độ PH = 7± 1 được sử dụng để đúc tất cả các hỗn hợp.



Hình 2. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

### 2.2. Thành phần và tính chất vật lý của vật liệu

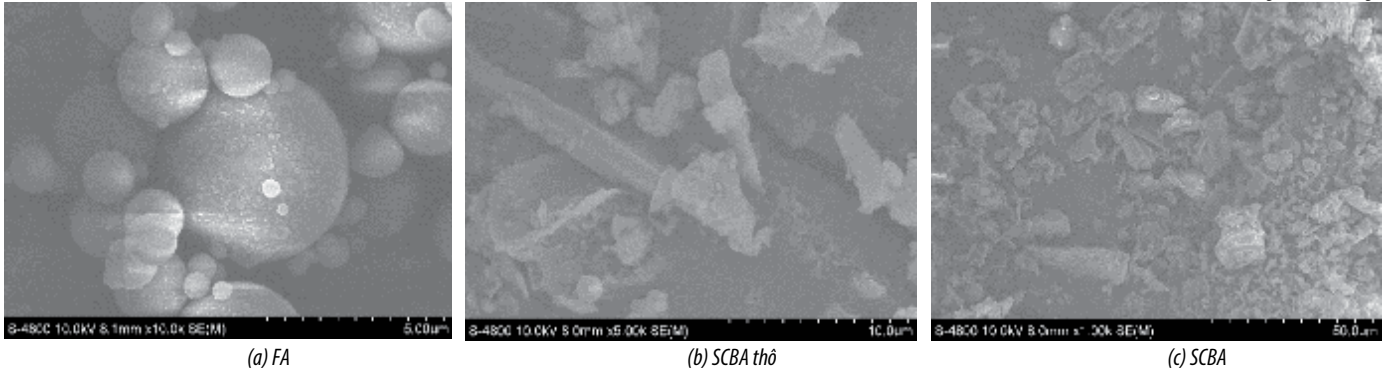
FA và SCBA được phân tích thành phần theo phương pháp huỳnh quang (tia X). Bảng 1 thể hiện thành phần ôxit chính. SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> là thành phần của FA và SCBA. Trong khi CaO, SiO<sub>2</sub> và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> là ôxit chính của xi măng. Sau khi xử lý, SCBA có lượng mất khi nung (LOI) thấp là kết quả của quá trình loại bỏ phần chưa cháy sau khi ngâm nước, nung lại và sàng.

Bảng 1. Thành phần ôxit của xi măng, FA và SCBA

Thành phần (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Xi măng	23,27	6,72	3,11	62,70	1,18	0,52	0,15	-	1,48	1,83
FA	52,03	21,56	9,63	5,17	2,62	2,53	3,92	-	2,16	1,10
SCBA	75,26	8,32	4,16	1,51	2,22	2,80	1,05	2,19	-	4,17

Hình dạng hạt FA và SCBA thu được thông qua thí nghiệm SEM (Scanning Electron Microscope) bằng kính hiển vi điện tử khi chiếu chùm điện tử hẹp quét trên bề mặt mẫu. Kết quả quan sát ở Hình 3: FA gồm hạt tròn, kích thước đa dạng. SCBA không đồng nhất, nhiều lỗ rỗng và xốp.

(LOI: lượng mất khi nung)



Hình 3. Ảnh SEM của FA và SCBA

2.3. Thành phần hỗn hợp vữa

Hỗn hợp cố định tỉ lệ cát và chất kết dính bằng 2,75. Lượng nước điều chỉnh để độ linh động của hỗn hợp tương đương. Tổng cộng 10 hỗn hợp vữa được chế tạo với thành phần vật liệu thể hiện ở Bảng 2. Hỗn hợp đối chứng ký hiệu M00 chứa xi măng, cát và nước. Thay

thế 10%, 15%, 20% khối lượng xi măng của M00 bằng FA và SCBA lần lượt được 6 hỗn hợp: FA10, FA15, FA20 và BA10, BA15, BA20. Thay thế 20% khối lượng xi măng của M00 bằng FA kết hợp với SCBA được 3 hỗn hợp 3 thành phần: B5F15 (5% SCBA + 15% FA), B10F10 (10% SCBA + 10% FA) và B15F15 (15% SCBA + 5% FA).

Bảng 2. Tỉ lệ thành phần hỗn hợp vữa (theo khối lượng)

Ký hiệu	M00	FA10	FA15	FA20	BA10	BA15	BA20	B5F15	B10F10	B15F15
Xi măng	100	90	85	80	90	85	80	80	80	80
FA	-	10	15	20	-	-	-	5	10	15
SCBA	-	-	-	-	10	15	20	15	10	5

3. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

3.1. Độ chảy

Độ chảy xác định theo ASTM C1437-20 [22]. Thiết bị gồm: bàn chảy, khuôn nón cụt và chày đầm. Hỗn hợp sau khi trộn, cho vào khuôn thành 2 lớp, mỗi lớp đầm 25 lần, làm phẳng bề mặt. Khuôn chứa vữa đưa vào bàn chảy, thả rơi 25 lần trong 15 giây và đo đường kính trung bình của vữa trải ra. Điều chỉnh lượng nước để độ chảy 110 ± 5 mm. Tỉ lệ nước và chất kết dính (W/B) tính trung bình 10 mẫu.

3.2. Khối lượng thể tích (D) và khối lượng riêng (GS)

Khối lượng thể tích được xác định ở 7, 14, 28, 56 và 112 ngày. Cân điện tử có độ chính xác 0,001 gam và thước thép có vạch 0,5 mm. Khối lượng riêng được xác định ở 7, 28 và 112 ngày. Mẫu sau thí nghiệm cường độ nén vỡ được nghiền nhỏ và sàng qua 475µm, sấy khô ở 110 độ trong 12 giờ. Dụng cụ là bình Le Chatelier dung tích 250ml. Khối lượng riêng là tỷ số khối lượng và thể tích vữa chiếm chỗ làm dầu hỏa dâng lên.

3.4. Cường độ nén, cường độ kéo uốn

Thí nghiệm cường độ theo ASTM C3480-01 [23] ở các ngày 7, 14, 28, 56 và 112 bằng máy đa năng UTest Universal Machine có giới hạn 2000kN. Mẫu vữa kích thước 40x 40x 160 (mm³) được uốn với

tốc độ 10N/s. Kết quả là giá trị trung bình của 3 mẫu. Cường độ kéo uốn được tính theo công thức (1):

$$f_r = 1,5 \frac{P_u l}{b^3} \quad (1)$$

Trong đó:

- f<sub>r</sub>: cường độ chịu kéo uốn (MPa).
- P<sub>u</sub>: tải trọng khi mẫu bị uốn gãy (N).
- l: khoảng cách 2 gối tựa (mm).
- b: cạnh tiết diện mẫu (mm).

Mẫu vữa sau khi uốn gãy được dùng để xác định cường độ nén với tốc độ gia tải 100N/s. Lực nén vỡ là P<sub>n</sub> (N), biến dạng D (mm). Cường độ nén f<sub>c</sub> (MPa) theo công thức (2):

$$f_c = \frac{P_n}{1600} \quad (2)$$

Biến dạng tương đối ε‰ theo công thức (3):

$$\epsilon = \frac{D}{b} \times 1000 \text{ (mm/mm) } (\%) \quad (3)$$

Tỉ số giữa cường độ nén và biến dạng tương đối tính theo công thức (4):

$$K = \frac{f_c}{\epsilon} \quad (4)$$



(a) Thí nghiệm uốn



(b) Thí nghiệm nén



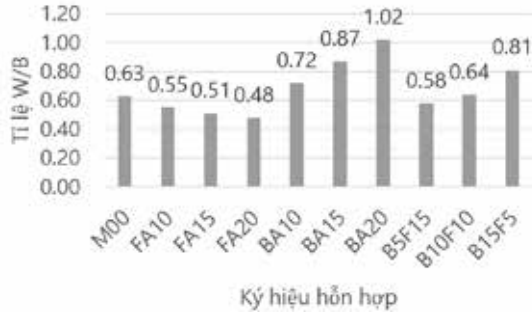
(c) Ứng suất - biến dạng nén

Hình 4. Thí nghiệm cường độ uốn và nén mẫu vữa

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

##### 4.1. Lượng nước yêu cầu

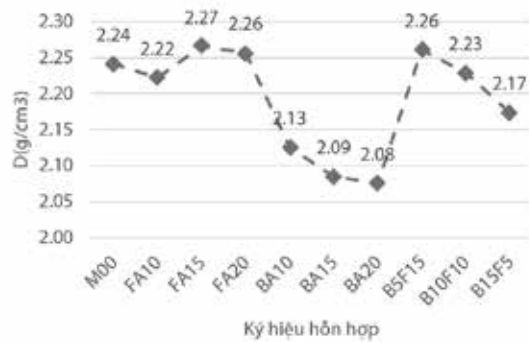
Tỷ lệ W/B của hỗn hợp vữa thể hiện ở Hình 5. Lượng nước yêu cầu giảm cho hỗn hợp chứa FA và tăng mạnh với SCBA. Tỷ lệ W/B của M00 bằng 0,63. Khi thay thế xi măng bằng 10%, 15% và 20% khối lượng FA, tỷ lệ này lần lượt là 0,55; 0,51 và 0,48. Đối với SCBA là 0,72, 0,78 và 1,02. Hỗn hợp vữa chứa ba thành phần chất kết dính có lượng nước yêu cầu trung bình 0,68 và cao hơn M00 một ít. FA dạng cầu, trơn nhẵn giảm ma sát giữa các hạt cốt liệu làm tăng tính công tác cho hỗn hợp [11]. SCBA xốp, rỗng hấp thụ nước, dẫn đến yêu cầu lượng nước cao khi trộn [19].



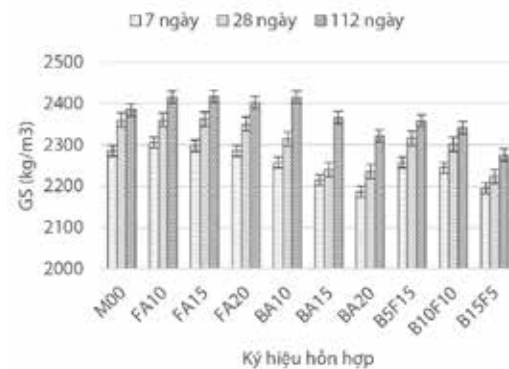
Hình 5. Tỷ lệ W/B của các hỗn hợp

##### 4.2. Khối lượng thể tích và khối lượng riêng

Khối lượng thể tích của các hỗn hợp thể hiện ở Hình 6. Hỗn hợp chứa FA có khối lượng thể tích 2,25 (g/cm<sup>3</sup>) tương đương với M00 là 2,24 (g/cm<sup>3</sup>), phù hợp với nghiên cứu [9], khối lượng thể tích giảm 1,3% khi thay thế 50% xi măng. Khối lượng thể tích của hỗn hợp chứa là SCBA 2,13 (g/cm<sup>3</sup>), 2,09 (g/cm<sup>3</sup>) và 2,08 (g/cm<sup>3</sup>) với tỷ lệ thay thế 10%, 15% và 20%, giảm 5,1%, 6,9% và 7,4%. SCBA nhẹ và xốp làm tăng lượng nước trong hỗn hợp, lượng nước dư bay hơi làm khối lượng thể tích giảm xuống [19]. Vữa ba thành phần có khối lượng thể tích 2,22 (g/cm<sup>3</sup>). Hạt FA nhỏ và tròn đã lấp đầy lỗ rỗng của SCBA, làm tăng độ đặc, khối lượng thể tích thay đổi không đáng kể.



Hình 6. Khối lượng thể tích các hỗn hợp



Hình 7. Khối lượng riêng các hỗn hợp

Ảnh hưởng của FA và SCBA đến khối lượng riêng tương tự khối lượng thể tích. Khối lượng riêng tăng theo thời gian do lấp đầy bằng chất kết dính. Khối lượng riêng của các 10 loại vữa qua 7, 28 và 112 ngày được thể hiện ở Hình 7. Từ 7 đến 28 ngày, khối lượng riêng của M00 tăng 3,28%. Đối với hỗn hợp chứa FA, SCBA và hỗn hợp vữa ba thành phần lần lượt là 2,66%, 1,99% và 2,14%. Từ 28 đến 112 ngày, khối lượng riêng của hỗn hợp chứa FA và SCBA tăng 2,29%, 4,58% so với 1,06% của M00 và 1,96% của hỗn hợp vữa ba thành phần. Sự tăng mạnh khối lượng riêng của các hỗn hợp chứa FA và SCBA sau 28 ngày tuổi liên quan đến phản ứng tạo C-S-H của FA, SCBA ở tuổi muộn [8, 19].

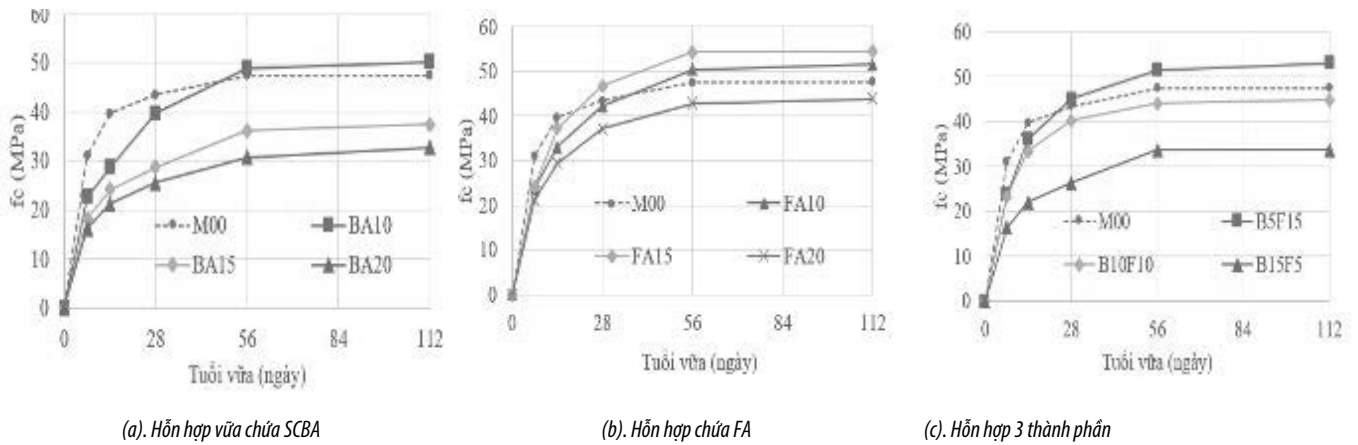
##### 4.3. Cường độ nén

Tỷ lệ cường độ nén các hỗn hợp và hỗn hợp đối chứng thể hiện ở Bảng 3. Tỷ lệ này lớn hơn 0,75 là vật liệu pozzolan ASTM C618 [7]. Theo đó, hỗn hợp chứa 10% và 15% FA là vật liệu pozzolan. Hỗn hợp chứa 20% SCBA hoặc 15% SCBA kết hợp với 5% FA không đạt được điều này. Sau 28 ngày, hỗn hợp chứa 20% FA và 10% SCBA là vật liệu pozzolan với tỉ số với cường độ nén của M00 lần lượt là 0,86 và 0,92. Khi tăng tỷ lệ thay thế xi măng bằng SCBA tăng lên 15%, hỗn hợp có tính pozzolanic ở 56 ngày.

So sánh cường độ nén của các hỗn hợp với M00 được thể hiện ở Hình 8. SCBA và FA tác dụng tích cực đến cường độ vữa ở tuổi muộn và với tỷ lệ thay thế phù hợp, cường độ vữa thu được tương đương hoặc cao hơn hỗn hợp đối chứng. Cường độ nén của hỗn hợp vữa giảm theo hàm lượng SCBA (Hình 8a.). Ở 28 ngày tuổi, cường độ hỗn hợp đối chứng 43,46MPa. Hỗn hợp chứa 10%, 15% và 20% SCBA lần lượt là 39,78 MPa, 28,73MPa và 25,60 MPa, giảm 8,47%, 33,90% và 41,09%. Ở 56 ngày tuổi, hỗn hợp chứa 10% SCBA có cường độ nén tương đương với hỗn hợp đối chứng và lớn hơn 5,66% ở 112 ngày. Trong khi đó, hỗn hợp chứa 15% và 20% SCBA có cường độ nhỏ hơn hỗn hợp đối chứng ở tất cả các ngày khảo sát. SCBA với hình dạng thoi dẹt, xốp đã hấp thụ nhiều nước. Khi lượng nước thừa bay hơi, hỗn hợp chứa nhiều lỗ rỗng làm cường độ nén giảm. Hơn thế nữa, silic trong SCBA chủ yếu tồn tại dạng tinh thể thạch anh, không phản ứng với nước để tạo chất kết dính. Tuy nhiên, với tỷ lệ thay thế cho xi măng 10%, SCBA vừa có vai trò tạo chất kết dính vừa là chất lấp đầy làm tăng độ đặc chắc cho hỗn hợp, dẫn đến cường độ tăng lên [18, 19].

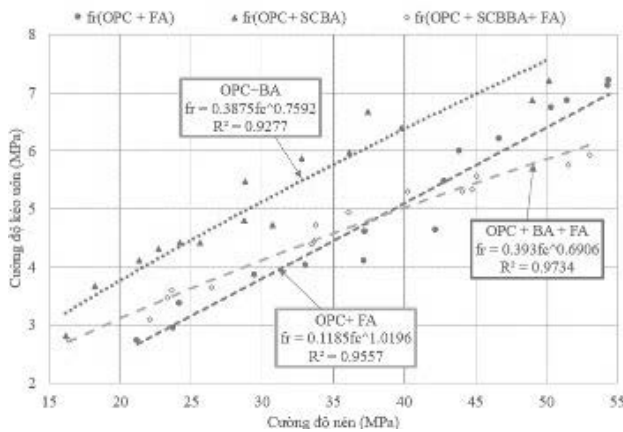
FA ảnh hưởng tích cực đến cường độ nén của hỗn hợp vữa (Hình 8b). Ở 28 ngày, hỗn hợp chứa 10% và 15% FA tương đương với hỗn hợp M00. Ở 56 ngày, cường độ hỗn hợp M00 đạt 47,46MPa, hỗn hợp chứa 10% và 15% FA là 50,40MPa và 54,35MPa, tăng 6,18% và 14,50%. Khi thay thế 20% xi măng bằng FA, cường độ nén của hỗn hợp giảm xuống. Hỗn hợp này đạt 68%, 74%, 86%, 90% và 92% cường độ hỗn hợp đối chứng tương ứng với 7, 14, 28, 56 và 112 ngày. FA với hàm lượng lớn silic ở dạng vô định hình, dễ tác dụng với nước trong phản ứng hydrat hóa tạo chất kết dính. Mặt khác, hạt FA nhỏ, tròn giảm đáng kể lượng nước yêu cầu, vữa chứa FA có tính đặc chắc cao, cường độ được cải thiện [8, 9].

Cường độ hỗn hợp vữa 3 thành phần được thể hiện ở Hình 8c. Hỗn hợp chứa 10% FA và 10% SCBA có cường độ tương đương hỗn hợp đối chứng. Trong khi đó, hỗn hợp chứa 15% FA kết hợp với 5% SCBA đạt cường độ cao. Ở 28 ngày tuổi, cường độ nén của hỗn hợp này tương đương hỗn hợp đối chứng. Ở 56 ngày, hỗn hợp này có cường độ nén 51,58MPa lớn hơn 9% và ở 112 ngày, đạt giá trị 53,05MPa lớn hơn 12% hỗn hợp đối chứng. FA với kích thước hạt nhỏ, dạng cầu dễ lấp đầy lỗ rỗng trong cấu trúc hạt SCBA làm cho độ đặc chắc hỗn hợp được cải thiện. Vị trí gồ gề của SCBA tạo điều kiện chứa đựng mầm phản ứng tạo chất kết dính thứ cấp cho vữa, làm cường độ vữa phát triển muộn [9, 19].



Hình 8. Tương quan cường độ nén các hỗn hợp với hỗn hợp tiêu chuẩn

4.4. Quan hệ cường độ kéo uốn và cường độ nén



Hình 9. Cường độ kéo uốn và cường độ nén

Cường độ kéo uốn và cường độ nén của các hỗn hợp chứa FA và SCBA được hồi quy từ thực nghiệm với hệ số tương quan  $R^2 > 0,92$  cho thấy độ phân tán nhỏ và cường độ của hỗn hợp đồng nhất cao. Khả năng chịu kéo uốn và khả năng chịu nén của hỗn hợp vữa thể hiện hai trạng thái làm việc khác nhau, phụ thuộc vào nhiều yếu tố và không có mối liên hệ giải tích. Cường độ kéo

uốn của hỗn hợp chứa SCBA cao nhất so với hỗn hợp chứa FA và vữa ba thành phần. SCBA dạng sợi với vai trò như cốt liệu đã cải thiện khả năng chịu kéo [19]. Vữa chứa FA có cường độ kéo tăng lên so với hỗn hợp đối chứng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Elisabete R. Teixeira và cộng sự [9] khi xét tỉ lệ giữa cường độ kéo uốn và cường độ nén của hỗn hợp chứa 50% FA lớn hơn 25% và hỗn hợp chứa 100% xi măng là 19% ở 28 ngày tuổi.

4.5. Biến dạng tương đối khi phá hoại nén

Tỉ lệ ứng suất và biến dạng tương đối của các hỗn hợp khi phá hoại nén được thể hiện ở Bảng 4. Hệ số K của hỗn hợp chứa SCBA nhỏ hơn hỗn hợp chứa FA và M00. Hỗn hợp chứa SCBA, có  $K = 527,79$  thấp hơn M00 là 636,64 và 600,99 đối với hỗn hợp chứa FA. Hỗn hợp vữa ba thành phần ghi nhận  $K = 555,65$  thấp hơn hỗn hợp M00 12,72%.

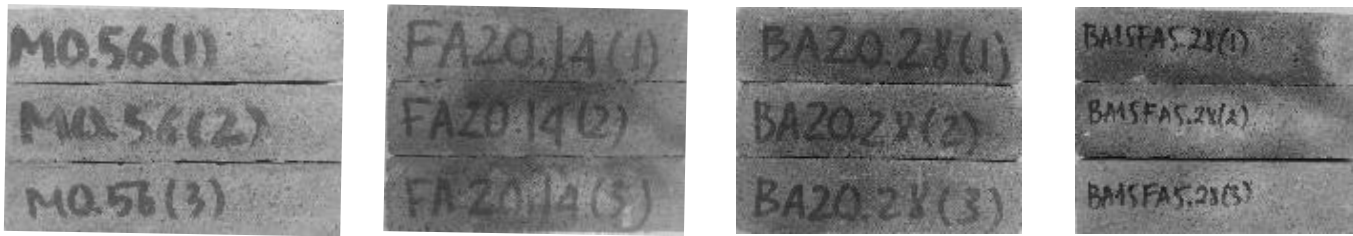
Giá trị K thấp chứng tỏ hỗn hợp chứa SCBA có biến dạng lớn. SCBA với tính xốp, chứa thành phần dạng sợi không phản ứng dẫn đến vữa chứa SCBA có tính dẻo, tăng khả năng chịu uốn và độ biến dạng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của P. Jagadesh khi cho rằng ảnh hưởng của SCBA đến quan hệ ứng suất, biến dạng và môđun đàn hồi tùy thuộc vào kết quả xử lý tro [24]. Môđun đàn hồi của bê tông giảm khi SCBA xử lý đơn giản và tăng lên khi tro được xử lý có độ mịn cao, cùng với sự tăng cường độ.

Bảng 3. Tỉ số giữa cường độ các hỗn hợp và hỗn hợp tiêu chuẩn

Ký hiệu hỗn hợp	FA10	FA15	FA20	BA10	BA15	BA20	B5F15	B10F10	B15F5
7 ngày	0,76	0,78	0,68	0,73	0,59	0,52	0,76	0,75	0,53
14 ngày	0,83	0,94	0,74	0,72	0,61	0,54	0,91	0,84	0,56
28 ngày	0,97	1,07	0,86	0,92	0,66	0,59	1,04	0,93	0,61
56 ngày	1,06	1,15	0,90	1,03	0,76	0,65	1,09	0,93	0,71
112 ngày	1,09	1,15	0,92	1,06	0,79	0,69	1,12	0,94	0,71

Bảng 4. Ứng suất và biến dạng khi mẫu phá hoại nén

Ký hiệu hỗn hợp	M00	FA10	FA15	FA20	BA10	BA15	BA20	B5F15	B10F10	B15F5
$f_c$ (MPa)	41,85	40,20	43,39	34,92	38,09	28,95	25,32	41,89	37,19	26,46
D (mm)	2,63	2,56	2,90	2,42	2,63	2,28	2,04	2,61	2,84	2,12
$\epsilon$ (%)	65,73	64,00	72,53	60,57	65,78	56,90	51,10	65,13	71,02	52,92
$K=f_c/\epsilon$	636,64	628,18	598,20	576,59	578,97	508,82	495,59	643,16	523,72	500,06



(a). Mẫu M00

(b). Mẫu FA20

(c). Mẫu BA20

(d). Mẫu B15G5

Hình 10. Mẫu vữa thí nghiệm

## 5 KẾT LUẬN

Với kết quả thu được, nghiên cứu đưa ra các kết luận sau:

(1). Ảnh hưởng của SCBA và FA đến tính chất ướt và tính chất vật lý của hỗn hợp vữa trái ngược nhau. SCBA làm giảm tính công tác, giảm khối lượng riêng và khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa. Trong khi đó FA yêu cầu lượng nước thấp hơn, khối lượng riêng và khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa chứa FA tương đương hỗn hợp đối chứng.

(2). SCBA và FA làm gia tăng khối lượng riêng và cường độ của hỗn hợp vữa trong dài hạn. 10% là tỷ lệ thay thế SCBA cho xi măng để hỗn hợp vữa có cường độ cao nhất. Đối với FA, tỷ lệ tối ưu là 15%.

(3). Khả năng chịu kéo uốn của hỗn hợp vữa chứa SCBA được cải thiện trong mối liên hệ với cường độ chịu nén. SCBA làm hỗn hợp vữa có tính dẻo và biến dạng lớn khi phá hoại nén.

(4). Kết hợp SCBA và FA trong hỗn hợp vữa ba thành phần chất kết dính mang lại hiệu quả tích cực về cường độ cho hỗn hợp và được xem là vật liệu pozzolan khi hàm lượng SCBA không quá 15%.

(5). Tính chất của vữa thu được khi kết hợp FA và SCBA mang lại triển vọng tái sử dụng hai loại vật liệu này để thay thế một phần xi măng trong hỗn hợp ba thành phần.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>. 2023.
- [2]. <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>, Major countries in worldwide cement production in 2022. 2022.
- [3]. Guo, Y., et al., A review of low-carbon technologies and projects for the global cement industry. *Journal of Environmental Sciences*, 2024. **136**: p. 682-697.
- [4]. Chen, L., et al., Green construction for low-carbon cities: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2023. **21**(3): p. 1627-1657.
- [5]. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/fly-ash-market-101087>. The global fly ash market size. 2023.
- [6]. <https://baohinhphu.vn/xu-ly-tro-xi-thai-nhiet-dien-thuc-trang-va-nhung-nut-that-can-go-102282573.htm>. Xử lý tro xỉ thải nhiệt điện: Thực trạng và những nút thắt cần gỡ. 2020.
- [7]. ASTM C618-19, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. 2019.
- [8]. Makhlof, A., Effect of Silica Fume in Combination with Fly Ash on Mortar Properties. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 2022. **50**.
- [9]. Teixeira, E.R., et al., Effect of Biomass Fly Ash on Fresh and Hardened Properties of High Volume Fly Ash Mortars. *Crystals*, 2021. **11**: p. 233.
- [10]. Zhang, D., S. Zhang, and Q. Yang, Effect of Replacing Fine Aggregate with Fly Ash on the Performance of Mortar. *Materials*, 2023. **16**: p. 4292.
- [11]. Lam, N., et al., Ảnh hưởng của FA thay thế một phần xi măng đến tính chất của bê tông thương phẩm. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KH-CN XD) - ĐHXD*, 2020. **14**: p. 96-105.
- [12]. <https://ourworldindata.org/grapher/sugar-cane-production>. Sugar cane production, 1961 to 2021. 2021.

[13]. Sohal, K.S. and R. Singh. Sustainable Use of Sugarcane Bagasse Ash in Concrete Production. in *Sustainable Development Through Engineering Innovations*. 2021. Singapore: Springer Singapore.

[14]. <https://consosukien.vn/thu-c-tra-ng-mi-a-duo-ng-vie-t-nam.htm>, Thực trạng mía đường Việt Nam. 2022.

[15]. Rodríguez-Díaz, J.M., et al., Comprehensive Characterization of Sugarcane Bagasse Ash for Its Use as an Adsorbent. *BioEnergy Research*, 2015. **8**(4): p. 1885-1895.

[16]. França, S., et al., Feasibility of Using Sugar Cane Bagasse Ash in Partial Replacement of Portland Cement Clinker. *Buildings*, 2023. **13**(4).

[17]. Arenas-Piedrahita, J.C., et al., Mechanical and durability properties of mortars prepared with untreated sugarcane bagasse ash and untreated fly ash. *Construction and Building Materials*, 2016. **105**: p. 69-81.

[18]. Chusilp, N., C. Jaturapitakkul, and K. Kiattikomol, Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars. *Construction and Building Materials*, 2009. **23**(12): p. 3523-3531.

[19]. Jagadesh, P., A. Ramachandra Murthy, and R. Murugesan, Effect of processed sugar cane bagasse ash on mechanical and fracture properties of blended mortar. *Construction and Building Materials*, 2020. **262**.

[20]. ASTM C150M-20, Standard Specification for Portland Cement. 2020.

[21]. ASTM C33M-18, Standard Specification for Concrete Aggregates. 2018.

[22]. ASTM C1437-20, Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. 2020.

[23]. ASTM C348, Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars. 2021.

[24]. Jagadesh, P., A. Ramachandramurthy, and R. Murugesan, Evaluation of mechanical properties of Sugar Cane Bagasse Ash concrete. *Construction and Building Materials*, 2018. **176**: p. 608-617.

# Tạo lập lưu trữ hồ sơ QLCL công trình tại Công ty CP TVXD công trình 979 giai đoạn 2023-2030 bằng số hóa

Creating storage of construction quality management records at construction consulting joint stock company 979 - 2023:2030 by digitization

> NGUYỄN VĂN GIANG<sup>1\*</sup>, BÙI ĐÌNH THẮNG<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Công nghệ TP.HCM

<sup>2</sup>HVCH Ngành Quản lý xây dựng, Phân hiệu Trường Đại học Thủy lợi

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày về việc ứng dụng công nghệ số hóa trong tạo lập và lưu trữ hồ sơ quản lý chất lượng công trình xây dựng tại Công ty CP Tư vấn xây dựng công trình 979 (Công ty 979) giai đoạn 2023-2030. Hiện tại, công tác quản lý và lưu trữ hồ sơ chất lượng công trình Xây dựng tại Công ty 979 đang gặp những hạn chế như tài liệu dễ hư hỏng, khó tra cứu, mất an toàn thông tin. Bài báo giới thiệu công nghệ số hóa giúp chuyển đổi tài liệu giấy thành định dạng điện tử, có thể lưu trữ và tra cứu trực tuyến. Đề xuất đề án ứng dụng công nghệ số hóa trong tạo lập và lưu trữ hồ sơ quản lý chất lượng công trình giai đoạn 2023-2030 tại Công ty. Bài báo cũng trình bày kế hoạch triển khai và dự kiến các lợi ích mang lại như tiết kiệm chi phí, dễ dàng quản lý, tra cứu thông tin. Đây là giải pháp hữu hiệu nhằm cải tiến công tác quản lý hồ sơ chất lượng công trình xây dựng tại Công ty 979.

**Từ khóa:** Số hóa; tạo lập; lưu trữ; quản lý chất lượng.

## ABSTRACT

The paper presents the application of digital technology for establishing and storing quality management records of construction projects at 979 Construction Consulting Joint Stock Company from 2023 to 2030. Currently, the work of managing and storing construction quality records at Joint Stock Company Construction Consulting Corporation 979 is facing limitations such as documents being easily damaged, difficult to retrieve and lack of information security. The technology of digitization helps convert paper documents into electronic format for online storage and retrieval. It proposes a project to apply digitalization in creating and storing quality management records for construction projects during 2023-2030 at the Company. The paper also outlines the implementation plan and expected benefits like cost savings, ease of management, and information search. This is an effective solution to improve the management of quality records for construction projects at 979 Construction Consulting Joint Stock Company. The digital approach aims to address current challenges and enhance record-keeping.

**Keywords:** Digitizing; create; storage; quality management.

## 1. GIỚI THIỆU

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu gần đây về việc ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý chất lượng xây dựng công trình và đưa ra những gợi mở cho nghiên cứu của mình. Cụ thể, bài báo nghiên cứu việc áp dụng công nghệ số hóa trong tạo lập và lưu trữ hồ sơ quản lý chất lượng công trình xây dựng tại Công ty 979 giai đoạn 2023-2030. Đồng thời đánh giá hiệu quả của việc áp dụng công nghệ thông tin vào quản lý chất lượng, góp phần cải tiến quản lý dự án. Bài báo cũng đề xuất các giải pháp kỹ thuật và phương án triển khai nhằm nâng cao hiệu quả tại Công ty 979 trong giai đoạn tới.

### 1.1. Tổng quan

Trong những năm gần đây, vấn đề ứng dụng công nghệ thông tin vào quản lý hồ sơ và chất lượng xây dựng công trình đang nhận được sự quan tâm ngày càng lớn của các nhà khoa học.

Một số nghiên cứu gần đây:

Alattas và cộng sự (2021) nghiên cứu về số hóa hồ sơ quản lý chất lượng công trình xây dựng bằng công nghệ blockchain, một công nghệ mới được cho là giải pháp hứa hẹn cho việc quản lý và lưu trữ thông tin đảm bảo tính bảo mật và truy xuất hiệu quả.

Goldschmidt và cộng sự (2021) đề xuất một khung phục vụ chuyển đổi số trong quản lý chất lượng xây dựng, giúp hỗ trợ tốt hơn cho quy trình quản lý chất lượng nhờ đổi mới số.

Tại Việt Nam, Hương và Hưng (2019) đã nghiên cứu giải pháp ứng dụng CNTT vào quản lý hồ sơ công trình tại Chi cục đất đai Đắk Lắk.

Các tiêu chuẩn ISO như ISO 10006, ISO 21500, ISO 9001 cũng cung cấp các khuôn khổ tham khảo quan trọng cho việc xây dựng mô hình quản lý chất lượng.

Những nghiên cứu trên đã tạo ra nhiều gợi mở cho việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ thông tin hiện đại vào quản lý chất lượng và hồ sơ xây dựng công trình.

**1.2 Việc ứng dụng công nghệ số hóa quản lý hồ sơ chất lượng công trình tại Công ty 979 hiện nay**

Quản lý hồ sơ chất lượng công trình là yêu cầu quan trọng trong giám sát chất lượng. Công ty 979 quản lý 30 dự án/năm. Hiện tại, hồ sơ được lưu trữ bằng giấy gặp nhiều khó khăn như mất thời gian tìm kiếm, nguy cơ mất hồ sơ.

Ứng dụng công nghệ thông tin, chuyển đổi số trở thành xu hướng quản lý. Công cụ công nghệ 4.0 như điện toán đám mây, hệ thống quản lý dự án số đã chứng minh hiệu quả trong giám sát xây dựng.

Việc nghiên cứu số hóa quá trình tạo lập, lưu trữ hồ sơ quản lý chất lượng công trình tại Công ty 979 có ý nghĩa quan trọng. Giúp nâng cao hiệu quả quản lý, đáp ứng yêu cầu công khai và minh bạch trong giám sát chất lượng xây dựng.



**Hình 1.** Minh họa cho sự phát triển hạ tầng đô thị TP.HCM. Nguồn ảnh: (Báo Tin tức, 2023)



**Hình 2.** Cao tốc Bến Lức - Long Thành đang tái khởi động, minh họa về tính phức tạp lưu trữ hồ sơ thiết kế trong nhiều năm. Nguồn ảnh: (Báo Tuổi trẻ, 2023)

**2. PHÂN TÍCH THỰC TRẠNG QUẢN LÝ HỒ SƠ THEO PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN THỐNG VÀ NHỮNG HẠN CHẾ**

**2.1 Phương pháp quản lý hồ sơ truyền thống**

• Hiện nay, Công ty 979 vẫn sử dụng phương pháp quản lý hồ sơ truyền thống dưới dạng giấy tờ. Cụ thể:

• Hồ sơ chất lượng công trình được lưu giữ dưới dạng văn bản giấy. Việc phân loại, lưu trữ được thực hiện trong kho lưu trữ giấy tập trung.

• Khi cần tra cứu, cán bộ phải trực tiếp đến kho lưu trữ để tìm kiếm, lục lọi từng hồ sơ giấy. Quá trình này tốn nhiều thời gian.

• Nguy cơ hư hỏng, mất mát hồ sơ do biến đổi thời tiết, hỏa hoạn luôn tiềm ẩn.



**Hình 3.** Hồ sơ đang lưu trữ theo cách truyền thống tại Công ty

**2.2. Những hạn chế của phương pháp truyền thống**

• Phương pháp quản lý hồ sơ dưới dạng giấy có một số hạn chế.  
 • Khó xử lý, phân loại và tìm kiếm thông tin khi lượng hồ sơ lớn.  
 • Dễ bị hư hỏng, mất mát do tác động của yếu tố môi trường như nấm mốc, ẩm mốc.

• Chi phí lưu trữ và bảo quản cao do yêu cầu kho lưu trữ rộng, đảm bảo an toàn cháy nổ.

• Khó đáp ứng yêu cầu công khai minh bạch thông tin, khó tìm kiếm hồ sơ cần thiết.

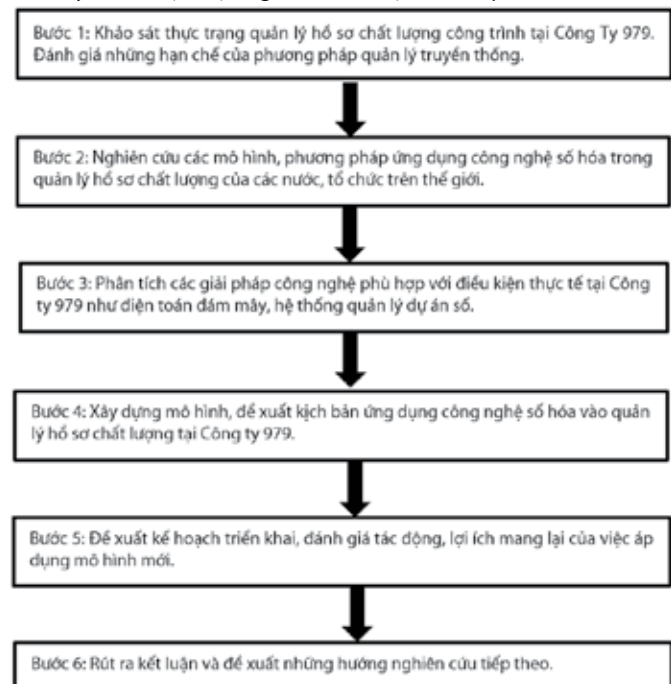
• Không đảm bảo tính toàn vẹn, xác thực của hồ sơ khi trao đổi, chuyển giao giữa các bộ phận.

• Hiệu quả quản lý chưa cao, không thể theo dõi được quá trình lưu trữ, sử dụng hồ sơ.

**3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**3.1 Quy trình nghiên cứu**

Quy trình thực hiện nghiên cứu được mô tả qua sơ đồ Hình 4.



**Hình 4.** Quy trình thực hiện nghiên cứu

### 3.2 Thiết kế bảng khảo sát

Để đánh giá thực trạng quản lý hồ sơ chất lượng công trình, Công ty thiết kế bảng khảo sát với các nội dung chính sau:

- Thông tin cơ bản của đối tượng tham gia khảo sát.
- Câu hỏi về quy trình, cách thức quản lý hồ sơ hiện nay như: lưu trữ, phân loại, tra cứu thông tin.
- Đánh giá về mặt hạn chế của phương pháp truyền thống.
- Đề xuất các giải pháp cải tiến như ứng dụng CNTT bằng phần mềm chạy trên ngôn ngữ lập trình Java, tính minh bạch thông tin.

## BẢNG KHẢO SÁT CÔNG TÁC QUẢN LÝ HỒ SƠ CHẤT LƯỢNG XÂY DỰNG

Form description

---

**Câu 1: Nơi công tác của Bạn**

Sở - Phòng - Ban

Doanh Nghiệp

Khác

---

**Câu 2: Chức vụ của Bạn**

Trưởng - Phó Phòng

Nhân viên

Khác

---

**Câu 3: Kinh nghiệm công tác của Bạn**

<= 5 năm

>= 5 năm

>= 10 năm

---

**Câu 9: Theo bạn cách tạo lập và lưu trữ hồ sơ như hiện nay**

Rất bất tiện, tốn kém.

Bình Thường

Khác

---

**Câu 10: Nếu áp dụng công nghệ thông tin việc tạo lập và lưu trữ hồ sơ QLCL, theo Bạn thì:**

Rất cần thiết và phù hợp

Không Cần Thiết

Khác

---

**Câu 11: Theo bạn việc áp dụng công nghệ thông tin để số hóa tạo lập và lưu trữ hồ sơ QLCL sẽ như thế nào?**

Đó là xu hướng tất yếu của thời đại công nghệ 4.0

Sẽ không ai áp dụng

Khác

Khảo sát ý kiến về tiềm năng ứng dụng công nghệ số hóa.  
**Hình 5.** Thiết kế bảng Khảo sát

### 3.3 Đặc điểm của đối tượng khảo sát

• Đối tượng khảo sát chính là cán bộ làm công tác quản lý chất lượng và lưu trữ hồ sơ chất lượng công trình tại các phòng thiết kế thuộc các công ty thiết kế xây dựng, cá nhân tham gia công tác quản lý, giám sát công tác xây dựng.

• Đây là đối tượng trực tiếp tham gia quá trình quản lý hồ sơ chất lượng công trình và nắm bắt đầy đủ nhất các khó khăn, hạn chế của phương pháp hiện hành.

• Số lượng đối tượng khảo sát dự kiến khoảng 30 cán bộ làm công tác quản lý chất lượng và lưu trữ hồ sơ ở các phòng chức năng.

• Đối tượng có độ tuổi, trình độ chuyên môn khác nhau nhưng đều có kinh nghiệm từ 5 năm trở lên trong lĩnh vực.

• Kết quả khảo sát từ đối tượng này sẽ phản ánh đầy đủ và chính xác nhất về thực tế quản lý hồ sơ chất lượng hiện tại.

### 3.4 Phương pháp xử lý và đánh giá dữ liệu

• Sau khi thu thập đầy đủ phản hồi từ bảng khảo sát, dữ liệu sẽ được nhập vào phần mềm thống kê như Excel, SPSS.

• Các câu trả lời sẽ được mã hóa, phân loại theo nhóm đối tượng.

• Đối với câu hỏi có thang điểm, kết quả sẽ được thống kê điểm trung bình, độ lệch chuẩn.

• Sử dụng phương pháp mô tả để tổng hợp, trình bày kết quả theo từng nhóm câu hỏi.

• Phân tích, so sánh kết quả giữa các nhóm để đánh giá sự khác biệt.

• Đối chiếu với mục tiêu đề ra để đánh giá mức độ đạt yêu cầu của phương pháp nghiên cứu.



**Hình 6.** Kết quả khảo sát đạt được so với phương pháp nghiên cứu

BẢNG THỐNG KÊ KẾT QUẢ KHẢO SÁT												
STT	Nội dung Cần Khảo Sát	In - Ký Truyền Thống (%)	Tạo ký điện tử (%)	Lưu trữ file giấy (%)	Lưu trên máy tính (%)	Mất thời gian (%)	Bình thường (%)	Rất cần thiết (%)	Không Cần Thiết (%)	Xu hướng thời đại CNTT (%)	Không ai áp dụng (%)	Khác (%)
1	Cách Tạo Hồ sơ	85,7										14,3
2	Cách lưu hồ sơ			42,9	28,6							28,6
3	Thời gian tra cứu					42,9	57,1					
4	Cách Tạo và lưu truyền thông					42,9	57,1					
5	Áp dụng CNTT cho việc tạo lập và lưu trữ							100				
6	Theo bạn việc áp dụng CNTT sẽ như thế nào									100		

**Hình 7.** Bảng thống kê số liệu khảo sát

## 4. QUY TRÌNH ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ HÓA

### 4.1 Xây dựng hạ tầng công nghệ

a. *Xây dựng Trung tâm dữ liệu và ứng dụng công nghệ số tại Công ty 979:*

- Trung tâm sẽ được xây dựng với quy mô lớn, đặt tại trụ sở chính của Công ty để dễ kết nối với các dự án trực thuộc Công ty quản lý giám sát và các phòng ban liên quan. Trung tâm sẽ được trang bị hạ tầng kỹ thuật hiện đại, tốc độ xử lý dữ liệu cao như máy tính phân tích xử lý lớn, hệ thống mạng nội bộ hiệu suất cao, hệ thống lưu trữ dữ liệu lớn dung lượng lên tới hàng trăm Petabyte.

b. *Áp dụng công nghệ điện toán đám mây cho Trung tâm:*

- Tại Trung tâm sẽ xây dựng và vận hành mô hình điện toán đám mây (cloud computing). Toàn bộ hệ thống máy chủ, phần mềm và cơ sở dữ liệu sẽ được tích hợp và đặt lên môi trường điện toán đám mây cho phép quản trị, theo dõi tập trung và cung cấp dịch vụ lưu trữ, xử lý tính toán trực tuyến cho các đơn vị sử dụng. Điều này giúp tăng cường khả năng mở rộng, an toàn và tiết kiệm chi phí hơn so với mô hình truyền thống.

### 4.2 Tạo lập và quản lý hệ thống thông tin

Xây dựng phần mềm quản lý hồ sơ chất lượng trên nền tảng web, di động:

- Phần mềm sẽ được xây dựng trên nền tảng công nghệ hiện đại, thông qua API có thể tương tác được với các hệ thống khác. Phần mềm hỗ trợ cả giao diện web để truy cập từ máy tính và ứng dụng di động để truy cập trên thiết bị di động.

Phân quyền truy cập, thiết kế giao diện thuận tiện:

- Phần mềm được thiết kế phân quyền theo từng vai trò người dùng như quản trị, lưu trữ, kiểm tra... Giao diện được thiết kế theo hướng người dùng, hỗ trợ tính năng tìm kiếm, lọc, xem trước tài liệu... để thuận tiện cho việc truy cập, tra cứu hồ sơ một cách nhanh chóng.

### 4.3 Chi phí dự kiến triển khai giải pháp

- Giai đoạn 1 (2 năm đầu): 3,7 tỷ đồng (Chi phí hạ tầng kỹ thuật, Chi phí phát triển phần mềm, Chi phí đào tạo)
- Giai đoạn 2 (hàng năm): 200 triệu/năm cho bảo trì, nâng cấp. (Chi phí vận hành bảo trì, nâng cấp hàng năm)

### 4.4 Giải pháp nhân rộng có khả năng cho các vị trí khác

- Giải pháp xây dựng hệ thống quản lý chất lượng công trình trên nền tảng CNTT có thể nhân rộng ứng dụng cho các lĩnh vực quản lý công trình tương tự tại Công ty 979 như: Quản lý dự án đầu tư xây dựng, Quản lý thi công công trình, Quản lý bảo trì công trình...

- Đối với các Sở ngành khác có chức năng quản lý xây dựng như Sở Xây dựng, Sở Kế hoạch & Đầu tư cũng có thể áp dụng giải pháp này cho các lĩnh vực tương tự.

- Đối với chính quyền địa phương, giải pháp cũng có thể ứng dụng cho công tác quản lý đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng, quản lý đô thị tại cấp huyện, xã.

- Nhân rộng giải pháp sẽ góp phần hiện đại hoá quản lý nhà nước, đưa công tác quản lý công trình vào nền tảng số, nâng cao hiệu quả hoạt động.

### 4.5 Các rủi ro và giải pháp hỗ trợ phòng ngừa trong quá trình khai thác

1. Rủi ro về an ninh, an toàn thông tin

- Giải pháp: Tăng cường bảo mật hệ thống, thiết lập cơ chế kiểm tra, phòng ngừa mã độc.

2. Rủi ro về hỏng hóc phần cứng, mất dữ liệu

- Giải pháp: Lưu trữ dữ liệu thường xuyên trên máy chủ dự phòng. Cập nhật phần mềm bảo mật, diệt virus.

3. Rủi ro phần mềm lỗi, hoạt động bất ổn

- Giải pháp: Cập nhật nâng cấp phần mềm định kỳ. Kiểm thử kỹ càng trước khai thác.

4. Rủi ro do nhân lực khai thác

- Giải pháp: Đào tạo nghiệp vụ, quản lý chặt chẽ quyền truy cập của người dùng.

## 5. KẾT LUẬN

Qua quá trình nghiên cứu, đề xuất mô hình ứng dụng công nghệ số hóa trong tạo lập, quản lý và lưu trữ hồ sơ quản lý chất lượng công trình tại Công ty 979, ta có một số kết luận sau:

- Việc số hóa hồ sơ chất lượng công trình giúp loại bỏ hạn chế của phương pháp quản lý truyền thống như thiếu thống nhất, lãng phí thời gian, chi phí. Đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc truy cập, cập nhật và quản lý thông tin chất lượng công trình hiệu quả hơn.

- Mô hình trung tâm dữ liệu và các công nghệ đám mây, phần mềm quản lý được đề xuất có tiềm năng áp dụng tại trụ sở Công ty 979 và mở rộng áp dụng rộng rãi trong các cty xây dựng trong tương lai.

- Việc cụ thể hóa quy trình, lộ trình triển khai mô hình sẽ có tác động tích cực đến quá trình ứng dụng công nghệ số trong quản lý ngành.

- Đây chỉ là kết quả nghiên cứu ban đầu, cần nghiên cứu thêm về mô hình tài chính, kinh tế kỹ thuật để hoàn thiện phương án triển khai thực tế.

- Như vậy, đề xuất mô hình này có thể ứng dụng hiệu quả hoạt động quản lý chất lượng công trình tại Công ty 979 trong thời gian tới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alattas, M., Alyamani, R., & Sargious, M. (2021). *Digitization of construction quality management records using blockchain technology*. Automation in Construction, 129. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103661>.
2. Goldschmidt, T., Seiler, A., & Hutter, C. (2021). *A framework for digital transformation in construction quality management*. Advanced Engineering Informatics, 50. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101385>.
3. Hương, N. T. T., & Hùng, T. Q. (2019). *Đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ thông tin vào quản lý hồ sơ công trình xây dựng tại Chi cục Quản lý đất đai Đắk Lắk*. Tạp chí Khoa học - Công nghệ, 2.
4. ISO 10006:2017. (2017). *Hệ thống quản lý chất lượng dịch vụ*. Tổ chức Chuẩn hóa quốc tế.
5. ISO 21500:2012. (2012). *Hướng dẫn về quản lý dự án*. Tổ chức Chuẩn hóa quốc tế.
6. ISO 9001:2015. (2015). *Hệ thống quản lý chất lượng*. Tổ chức Chuẩn hóa quốc tế.
7. Li, Y., Skitmore, M., & Zheng, R. (2022). *Use of digital technologies in infrastructure asset management: A literature review*. Journal of Infrastructure Systems, 28(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000832](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000832)
8. Sơn, L. V. (2018). *Đánh giá hiệu quả công nghệ thông tin trong quản lý hồ sơ công trình ở Việt Nam hiện nay*. Tạp chí Công nghệ thông tin và truyền thông.
9. Tùng, T. T. (2011). *Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý chất lượng xây dựng công trình*. Tạp chí Công trình và Xây dựng.
10. Tuấn, T. H. A., & Tú, D. V. (2015). *Giải pháp ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý chất lượng xây dựng công trình*. Tạp chí Xây dựng.
11. Hùng, T. Q. (2017). *Một số giải pháp số hóa và quản lý hồ sơ công trình xây dựng*. Tạp chí Khoa học công nghệ.

# Nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông san hô

## Design of coral concrete mixtures

> TS LÊ HẢI DƯƠNG, THS TRẦN VĂN CƯƠNG, PGS.TS NGUYỄN TRÍ TÁ, THS ĐÌNH QUANG TRUNG, TS NGUYỄN XUÂN BÀNG

Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; Email: [haiduongle9282@gmail.com](mailto:haiduongle9282@gmail.com); [nxb@lqdtu.edu.vn](mailto:nxb@lqdtu.edu.vn)

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế cấp phối bê tông san hô cấp độ bền B15, B20, B22.5 (sử dụng cốt liệu cát, đá san hô và nước mặn). Kết quả cho thấy, việc sử dụng vật liệu san hô, nước biển thay thế cho vật liệu truyền thống là khả thi. So với định mức xây dựng, khi xét từng cấp phối bê tông có cấp độ bền tương đương, các cấp phối thiết kế có lượng dùng xi măng cao hơn từ 17,4% đến 22,3% để bù đắp khả năng chịu lực giảm yếu do cốt liệu san hô kém hơn so với cốt liệu đá dăm thông thường.

**Từ khóa:** Cốt liệu bê tông; bê tông san hô; cát đá san hô; nước biển.

### ABSTRACT

This paper presents the results of research and design of coral concrete mixes with durability levels B15, B20, and B22.5 (using coral sand, coral stone, and seawater). The results show that using coral and seawater materials to replace sand, crushed stone, and water is feasible. Compared to construction norms, when considering each concrete mix with an equivalent durability level, the design mixes have a higher amount of cement from 17.4% to 22.3% to compensate for the bearing capacity. Weak reduction due to coral aggregate being inferior to normal crushed stone aggregate.

**Keywords:** Coral aggregates; coral concrete; coral sand stone; seawater.

### 1. MỞ ĐẦU

Cho đến nay, khi xây dựng các công trình trong môi trường biển, các loại vật liệu được sử dụng chủ yếu là vật liệu kim loại, bê tông, bê tông cốt thép, gần đây có thêm các loại vật liệu mới như composite, FRP,... Trong đó, các loại vật liệu kim loại có nhược điểm là dễ bị ăn mòn, chi phí xây dựng lớn. Các loại bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển cũng nhanh bị xuống cấp, cốt thép bên trong bê tông bị ăn mòn và sản phẩm phản ứng ăn mòn trương nở làm tăng thể tích bên trong, dẫn tới phá hoại kết cấu bê tông. Các loại bê tông chịu mặn, bê tông cường độ siêu cao, bê tông geopolimer chống sự xâm thực của nước biển đang được nghiên cứu ứng dụng trong xây dựng công trình biển. Vật liệu composite, chất dẻo cốt sợi FRP có đặc tính bền vững trong môi trường chứa muối, axit và các chất ăn mòn khác. Chúng có khả

năng chịu lực cao, dễ tạo hình, đã được nghiên cứu ứng dụng vào xây dựng công trình, phương tiện hoạt động trong môi trường biển cách đây khoảng 20 năm, nhưng chủ yếu dùng làm kết cấu dạng tấm như bể chứa, vỏ cano, vỏ tàu, hoặc dạng thanh để thay thế cốt thép trong bê tông. Sau nhiều năm nghiên cứu, ứng dụng vào việc cải tạo, sửa chữa, nâng cấp, xây mới công trình và sản xuất phương tiện kỹ thuật, các nội dung lý thuyết về tính toán thiết kế dần được hoàn thiện, theo đó tiêu chuẩn về tính toán thiết kế, tiêu chuẩn về vật liệu mới cũng được hình thành, như bộ tiêu chuẩn ACI, ASTM D3039, ASTM D5229, ASTM D7136, ...

Các công trình nghiên cứu và ứng dụng của bê tông san hô được khởi xướng từ Hoa Kỳ. Trong Thế chiến II, quân đội Hoa Kỳ bắt đầu sử dụng bê tông san hô để vận chuyển và xây dựng công trình trên một số hòn đảo ở phía tây Thái Bình Dương và một số trong số đó vẫn đang hoạt động cho đến ngày nay [0]. Kể từ đó, những ưu điểm của việc sử dụng cốt liệu san hô trong kỹ thuật đại dương thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu khác nhau. Năm 1951, Dempsey chỉ ra rằng việc sử dụng nước biển và cốt liệu san hô trong bê tông là khả thi [0], trong khi đó, cần phải phát triển một tỷ lệ hỗn hợp thích hợp dựa trên sự phân cấp của cốt liệu san hô. Narver (1964) nhận thấy rằng, so với bê tông thông thường có cùng thiết kế cấp phối, bê tông san hô có cường độ sớm cao hơn nhưng cường độ muộn lại thấp hơn một chút [0]. Ehler (1991) đã tiến hành khảo sát chất lượng bê tông san hô trên đảo san hô Bikini ở Thái Bình Dương và kết luận rằng bê tông san hô chất lượng cao vẫn có thể duy trì độ bền sau 11-16 năm sử dụng [0]. Nghiên cứu của Arumugam và Ramamurthy (1996) đã chứng minh rằng bê tông san hô thuộc loại bê tông cốt liệu nhẹ và mối tương quan giữa tỷ lệ xi măng-nước và cường độ của bê tông san hô phù hợp với bê tông thông thường [0]. Các nghiên cứu trên cho thấy bê tông san hô có cường độ thấp hơn không đáng kể hoặc tương đương với bê tông thông thường. Bên cạnh đó, việc sử dụng cốt liệu san hô đã được báo cáo là có thể ảnh hưởng đến cường độ ở tuổi muộn của bê tông. Howdyshell (1974) đã kiểm tra cường độ lâu dài của các tòa nhà được xây dựng bằng bê tông san hô trên một số đảo và rạn san hô. Kết quả cho thấy ion clorua từ cốt liệu san hô đưa vào có thể dễ dàng ăn mòn thanh thép, vì vậy cần tăng độ dày lớp bê tông bao phủ cốt thép [0]. Bullen (1990) đề xuất rằng tro bay và chất siêu dẻo được thêm vào có thể làm giảm độ sâu thâm nhập của ion clorua trong bê tông san hô [0]. Wattanachai và cộng sự (2009) báo cáo rằng hệ số khuếch tán của ion clorua đối với bê tông san hô cao hơn so với bê tông thông thường với cùng tỷ lệ xi măng - nước [0].

Việc nghiên cứu và ứng dụng bê tông san hô ở Trung Quốc hiện đang được thực hiện mạnh mẽ và có bước phát triển nhanh chóng. Liang và Lu (1993) bắt đầu khám phá việc sử dụng cốt liệu san hô trong bê tông từ năm 1986 và thấy rằng cường độ của bê tông san hô có thể đạt tới hơn 20 MPa [0]. Nhóm tác giả Bing Liu, Jingkai Zhou, Xiaoyan Wen, Jianhua Guo, Xuanyu Zhang, Zhiheng Deng, và Huailiang Wang (2019) đã công bố kết quả nghiên cứu về khả năng chống va đập của bê tông san hô cốt sợi carbon. Kết quả thu được bê tông có cấp độ bền C20, C30 và C40 (tương đương

cấp độ bền B15, B22,5 và B30 theo TCVN 5574:2018) [0]. Năm 2020, nhóm tác giả Luoxin Wang, Junshuai Mei, Jing Wu, Xingyang He, Hainan Li và Qingjun Ding đã công bố kết quả nghiên cứu về đặc tính của vữa san hô. Trong đó, chất kết dính là xi măng pooc-lăng thông thường, cát san hô được nghiền nhỏ từ cành san hô, thành phần phụ là tro bay của nhà máy nhiệt điện, phụ gia siêu dẻo polycarboxylate loại SDS - (natri dodecyl sulfat) hóa lỏng. Kết quả đạt được. Độ bền cơ học của vữa san hô thấp hơn so với vữa tiêu chuẩn, các đặc tính cơ học của vữa san hô có thể được cải thiện bằng các phụ gia khoáng, giúp cải thiện cấu trúc vi mô và vùng chuyển tiếp bề mặt, cường độ nén của vữa san hô biến tính bằng phụ gia khoáng ở 28 ngày cao hơn 2,08% so với vữa tiêu chuẩn [0].

Trong những năm gần đây, Việt Nam cũng đã tiến hành một số công trình nghiên cứu về bê tông san hô. Cố GS.TS Vũ Đình Lợi (Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn) và các cộng sự nghiên cứu ứng dụng vật liệu mới, trong đó có mẫu bê tông nước mặn (bê tông cát san hô, cốt liệu lớn gồm khoảng 30 % đá san hô + 70% đá dăm, nước biển (hoặc nước ngọt)), phụ gia SikamenNN, Silicafume, cường độ nén đạt đến 47,2 MPa, cường độ bê tông phát triển tăng theo thời gian (kết quả đến 28 ngày + 2 năm), bước đầu đánh giá có thể sử dụng nước biển, cát san hô, đá san hô thay thế cho nước ngọt, cát thông thường và một phần đá dăm [0, 20]. Năm 2013, Công ty Thạch Anh đã công bố vật liệu bê tông từ nước biển và cát san hô, có sử dụng phụ gia, là dạng mẫu gạch bê tông tự chèn, không phải phải mẫu bê tông tiêu chuẩn theo quy phạm, chưa đề cập đến tuổi thọ, khả năng chống ăn mòn của bê tông, mẫu thử chưa đủ điều kiện để khẳng định chất lượng sản phẩm.

Sử dụng san hô nói chung và sử dụng san hô ở vùng biển xa bờ nói riêng làm vật liệu xây dựng đã được đặt vấn đề từ lâu, và càng là vấn đề cấp thiết khi yêu cầu nâng cấp và xây mới công trình trên các đảo xa bờ là nhiệm vụ cấp thiết trong tình hình hiện nay. Tuy nhiên, hầu hết các kết quả nghiên cứu liên quan mới chỉ dừng lại ở việc sử dụng cát san hô hoặc san hô như là một loại cốt liệu nhỏ trong thành phần cấp phối bê tông. Cốt liệu thô và là thành phần chính quyết định cường độ bê tông vẫn là đá dăm - loại cốt liệu truyền thống của bê tông - dẫn đến chưa đem lại hiệu quả cao về khai thác, thiết kế, thi công xây dựng công trình. Tác giả đã nghiên cứu việc sử dụng vật liệu san hô, nước biển thay thế cho vật liệu truyền thống là hoàn toàn khả thi và có cơ sở khoa học [31].

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA VIỆC THIẾT KẾ CẤP PHỐI CHO BÊ TÔNG SAN HÔ

Thiết kế thành phần bê tông là yêu cầu bắt buộc trong thi công bê tông đối với các loại kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (TCVN 4453:1995 - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu) nhằm đảm bảo chất lượng của bê tông. Tuy nhiên, tùy theo tầm quan trọng của từng loại công trình hoặc từng bộ phận công trình, trên cơ sở quy định cấp độ bền của bê tông thiết kế mà thành phần bê tông được chọn như sau:

- Đối với bê tông mác 100 (cấp độ bền B7,5) có thể sử dụng bảng tính sẵn theo phụ lục C trong TCVN 4453: 1995.

- Đối với bê tông mác 150 (cấp độ bền B12,5) trở lên thì thành phần vật liệu trong bê tông phải được thiết kế cấp phối theo tỷ lệ cốt liệu thực tế và thông qua phòng thí nghiệm (tính toán và đúc mẫu thí nghiệm).

Công tác thiết kế thành phần bê tông do các cơ sở sản xuất vật liệu bê tông thí nghiệm có tư cách pháp nhân thực hiện. Khi thiết kế thành phần bê tông phải đảm bảo các nguyên tắc:

- Sử dụng đúng các chủng loại vật liệu theo thiết kế sẽ dùng để thi công.

- Độ sụt hoặc độ cứng của hỗn hợp bê tông xác định tùy thuộc tính chất của công trình, đặc điểm cấu kiện, hàm lượng cốt thép, phương pháp vận chuyển, điều kiện thời tiết. Khi chọn độ sụt của hỗn hợp bê tông để thiết kế cần tính tới sự tổn thất độ sụt, trong thời gian lưu giữ và vận chuyển.

Việc hiệu chỉnh thành phần bê tông tại hiện trường được tiến hành theo nguyên tắc không làm thay đổi tỉ lệ nước/xi măng (N/X) của thành phần bê tông đã thiết kế, trong các trường hợp sau:

- Khi cốt liệu ẩm cần giảm bớt lượng nước trộn, giữ nguyên độ sụt yêu cầu.

- Khi cần tăng độ sụt hỗn hợp bê tông cho phù hợp với điều kiện thi công thì có thể đồng thời thêm nước và xi măng để giữ nguyên tỉ lệ N/X.

- Khi cần tăng hoặc giảm thời gian đạt cường độ của bê tông cần sử dụng các loại phụ gia phù hợp, trên cơ sở đã thực hiện các thử nghiệm trước đó

Hiện nay, san hô mới được nghiên cứu để đưa một phần vào trong thành phần cốt liệu của bê tông như là một thành phần thứ yếu. Chính vì vậy, để có thể có được sản phẩm bê tông với cốt liệu hoàn toàn bằng san hô, sử dụng nước biển và xi măng pooc-lăng (hoặc pooc-lăng hỗn hợp) thông thường thì trước tiên rất cần phải nghiên cứu thiết kế cấp phối các thành phần của bê tông. Việc nghiên cứu thiết kế được tiến hành trên cơ sở các lý thuyết thiết kế thành phần bê tông đã được công nhận rộng rãi, kết hợp tham khảo thành phần cấp phối của bê tông nặng thông thường có cấp độ bền tương đương, đồng thời tiến hành phân tích hiệu chỉnh thành phần bê tông dựa trên sự khác nhau về chỉ tiêu cơ lý của các vật liệu thành phần (cốt liệu, nước biển) tương ứng. Mỗi lần nghiên cứu điều chỉnh thành phần đều được sản xuất mẫu thử và thí nghiệm trong điều kiện tiêu chuẩn. Thành phần cấp phối được chấp nhận khi kết quả nghiên cứu cho mẫu thử có kết quả thí nghiệm đạt yêu cầu đặt ra về độ bền theo cấp độ bền của bê tông.

Theo đó, việc thiết kế cấp phối bê tông phải được thực hiện dựa trên các nguyên tắc khoa học và dữ liệu thực nghiệm được thu thập thông qua các công trình nghiên cứu khoa học và các thử nghiệm rộng rãi, cũng như từ các dự án công trình đã xây dựng.

Cơ sở khoa học của việc thiết kế cấp phối bê tông liên quan đến việc xem xét các đặc tính và sự tương tác giữa các loại vật liệu thành phần khác nhau trong bê tông để đạt được tính năng và độ bền tổng thể của bê tông theo yêu cầu sử dụng. Đối với bê tông thông thường, cơ sở khoa học thiết kế cấp phối cũng như mối quan hệ và tương tác giữa các vật liệu thành phần truyền thống (xi măng, cát sông, đá dăm, nước ngọt, phụ gia) đã được làm rõ, phổ biến và được thừa nhận rộng rãi.

Vi vậy, khi xem xét cơ sở khoa học của việc thiết kế cấp phối cho bê tông san hô, vấn đề cơ bản cần xem xét chính là cơ sở khoa học của việc sử dụng cốt liệu san hô và sử dụng nước biển trong chế tạo bê tông xi măng. Từ đó tìm ra những điểm mới và khác biệt trong thiết kế thành phần bê tông sử dụng san hô làm cốt liệu. Đây là điểm mấu chốt cần được nghiên cứu, làm rõ để hình thành cơ sở lý luận phục vụ cho việc áp dụng vào thực tiễn.

## 3. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG SAN HÔ CẤP ĐỘ BỀN B15

Tác giả lựa chọn áp dụng phương pháp Bolomey-Skrantsev để thiết kế cấp phối bê tông. Nội dung của phương pháp dựa trên cơ sở lý thuyết "thể tích tuyệt đối" có nghĩa là hỗn hợp bê tông sau khi trộn đều và lèn chặt là một thể tích đặc tuyệt đối. Theo đó, tổng thể tích của các vật liệu thành phần trong hỗn hợp bê tông sẽ bằng thể tích của hỗn hợp bê tông, 1 m<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông bằng 1000 lít.

Trình tự quá trình thiết kế cấp phối được tiến hành qua các bước:

- Thiết kế cấp phối lý thuyết:

+ Tính toán sơ bộ thành phần bê tông: thực hiện các bước tính toán lựa chọn các vật liệu thành phần theo trình tự các bước thiết kế của phương pháp đã lựa chọn áp dụng.

+ Dùng thực nghiệm để kiểm tra, điều chỉnh cấp phối sơ bộ: Chế tạo các mẫu thử và kiểm tra các yêu cầu theo quy định của tiêu chuẩn kỹ thuật dự án. Từ đó điều chỉnh thiết kế sơ bộ (nếu có) hoặc kết thúc bài toán thiết kế cấp phối bê tông.

- Tính toán cấp phối thực tế:

Từ cấp phối lý thuyết và các thông số về độ ẩm cốt liệu thực tế, tiến hành tính toán hiệu chỉnh để thu được cấp phối thực tế cho bê tông.

Trong quá trình thi công, kỹ sư vật liệu tại công trường phải thường xuyên giám sát các điều kiện thực tế về vật liệu thành phần để đảm bảo sự tương thích giữa cấp phối bê tông đã thiết kế với các điều kiện thực tế tại hiện trường; xử lý các vấn đề phát sinh về vật liệu thành phần và phương pháp thi công bê tông khi có các yếu tố sai khác so với thiết kế ban đầu.

Trình tự tiến hành các bước cụ thể để thiết kế cấp phối bê tông được trình bày theo phương pháp Bolomey - Skramtaev [17, 18] như sau:

### 3.1. Phương trình tính

Từ các giả thuyết về thể tích tuyệt đối của bê tông đã nêu trên, các phương trình tính được áp dụng là các phương trình (1 đến 4):

Gọi khối lượng các vật liệu dùng để sản xuất 1 m<sup>3</sup> bê tông là Đ, C, X, N; ta có:

$$\frac{\Delta}{\rho_{\Delta}} + \frac{C}{\rho_C} + \frac{X}{\rho_X} + N = 1000 \quad (1)$$

$$\frac{C}{\rho_C} + \frac{X}{\rho_X} + N = \alpha \cdot r_{\Delta} \cdot \frac{\Delta}{\gamma_{\Delta}} \quad (2)$$

$$R_b = A \cdot R_x \cdot (X/N - 0,5), \text{ khi } R_b \leq 2 \cdot A \cdot R_x \quad (3)$$

$$R_b = A_1 \cdot R_x \cdot (X/N + 0,5), \text{ khi } R_b > 2 \cdot A \cdot R_x \quad (4)$$

Trong đó:

Đ, C, X, N - khối lượng các loại vật liệu đá, cát, xi măng và nước;

$\gamma_{\Delta}$  - khối lượng thể tích xốp của hỗn hợp cốt liệu lớn (đá) (kg/m<sup>3</sup>);

$\rho_{\Delta}, \rho_C, \rho_X$  - khối lượng riêng của đá, cát và xi măng (kg/m<sup>3</sup>);

$\alpha$  - hệ số dư vữa (bao bọc bề mặt hạt cốt liệu lớn);

$r_{\Delta}$  - độ rỗng của hỗn hợp cốt liệu lớn (đá);

$R_b$  - cường độ chịu nén của bê tông (MPa);

$A, A_1$  - các hệ số kể đến ảnh hưởng của chất lượng cốt liệu, xác định bằng thực nghiệm [17, 18];

$R_x$  - cường độ xi măng (MPa).

### 3.2. Tính toán sơ bộ các vật liệu thành phần:

- Tìm tỉ lệ N/X:

Từ các điều kiện cho trước của bài toán thiết kế, biết được  $R_b$ ;  $R_x$ ; A hoặc  $A_1$ .

Nếu  $R_b \leq 2 \cdot A \cdot R_x$  từ phương trình (3) suy ra:

$$N/X = A \cdot R_x / (R_b + 0,5 \cdot A \cdot R_x)$$

Nếu  $R_b > 2 \cdot A \cdot R_x$  từ phương trình (4) suy ra:

$$N/X = A_1 \cdot R_x / (R_b - 0,5 \cdot A_1 \cdot R_x)$$

- Xác định lượng nước trộn sơ bộ N:

Căn cứ vào đường kính lớn nhất của cốt liệu lớn, độ sụt yêu cầu, loại và lượng xi măng sử dụng để tra bảng, tìm được lượng nước sơ bộ (N) theo bảng tra [17]. Chú ý rằng, lượng nước trộn sơ bộ (N) được xác định thông qua sự kết hợp giữa tra bảng [17] với sự điều chỉnh cần thiết tùy vào loại cát và cốt liệu lớn (cát, đá san hô) sử dụng.

- Xác định sơ bộ lượng dùng xi măng (X):

Từ tỉ lệ N/X và lượng nước sơ bộ (N) đã có, ta xác định được lượng xi măng sơ bộ (X) cần dùng.

Lượng xi măng tìm được phải thỏa mãn không nhỏ hơn lượng dùng tối thiểu theo tiêu chuẩn quy định. Nếu nhỏ hơn thì cần chọn loại xi măng có mác thấp hơn, hoặc chọn lượng xi măng bằng lượng tối thiểu theo quy định và tính lại lượng nước sơ bộ (N).

- Xác định lượng dùng cốt liệu lớn (Đ) và cốt liệu nhỏ (C):

Từ kết quả N và X đã tính, sử dụng phương trình (3) và (4) để tính lượng dùng cốt liệu:

$$\Delta = 1000 / (1/\rho_{\Delta} + \alpha \cdot r_{\Delta} / \gamma_{\Delta}) \quad (\text{kg})$$

$$C = [1000 - (\Delta/\rho_{\Delta} + X/\rho_X + N)] \cdot \rho_C \quad (\text{kg}).$$

Từ đó, kết luận lượng dùng sơ bộ các vật liệu thành phần: Đ, C, X, N.

### 3.3. Dùng thực nghiệm để kiểm tra và điều chỉnh cấp phối sơ bộ:

- Tiến hành kiểm tra và điều chỉnh theo độ dẻo (tính công tác) yêu cầu của hỗn hợp bê tông:

+ Trộn mẻ trộn thí nghiệm với lượng dùng vật liệu thành phần là  $\Delta_m$ ;  $C_m$ ;  $X_m$ ;  $N_m$ .

+ Tiến hành xác định độ sụt thực tế.

Nếu độ sụt thực tế nhỏ hơn độ sụt yêu cầu: tiến hành thêm nước và xi măng nhưng phải đảm bảo tỉ lệ X/N. Ghi lại lượng xi măng và nước đã thêm.

Nếu độ sụt thực tế lớn hơn độ sụt yêu cầu: tiến hành thêm cát và đá nhưng phải đảm bảo tỉ lệ C/Đ. Ghi lại lượng cốt liệu đã thêm.

Lưu ý rằng, nếu phải điều chỉnh vật liệu thành phần thì mỗi lần điều chỉnh nên giới hạn trong khoảng 5% đến tối đa là 10% theo khối lượng vật liệu. Ghi chép sự điều chỉnh để có cấp phối sau điều chỉnh một cách chính xác. Sau hai lần điều chỉnh liên tiếp mà vẫn chưa đạt yêu cầu về tính công tác thì cần loại bỏ mẻ trộn và thực hiện lại bài toán thiết kế lại cấp phối.

- Tiến hành xác định khối lượng thể tích thực tế của hỗn hợp bê tông sau điều chỉnh ( $\gamma_{hh}^{tt}$ ).

- Đúc mẫu và bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn để kiểm tra cường độ chịu nén của bê tông ( $R_b$ ) khi đến tuổi thí nghiệm:

Nếu cường độ thực tế bằng hoặc lớn hơn cường độ yêu cầu không quá 15% thì bài toán thiết kế đạt yêu cầu.

Nếu cường độ thực tế nhỏ hơn cường độ yêu cầu thì bài toán thiết kế chưa đạt yêu cầu, bắt buộc phải tính toán lại hoặc tiến hành điều chỉnh tỉ lệ vật liệu thành phần.

Nếu cường độ thực tế vượt quá cường độ yêu cầu trên 15% thì tùy thuộc vào tình hình thực tế để xem xét điều chỉnh giảm lượng dùng xi măng để đảm bảo tính kinh tế.

Ứng với tỉ lệ vật liệu thành phần điều chỉnh, ta đúc được các tổ mẫu thí nghiệm. Từ đó lựa chọn tỉ lệ X/N phù hợp để đảm bảo được cường độ bê tông theo yêu cầu thiết kế.

### 3.4. Tính toán lại các vật liệu thành phần:

Từ giá trị N/X hợp lý vừa tìm được, tiến hành tính lại thành phần hợp lý của bê tông:

- Thể tích mẻ trộn đạt yêu cầu thiết kế:

$$V_m = (\Delta_m + \Delta_d + C_m + \Delta_c + X_m + \Delta_x + N_m + \Delta_n) / \gamma_{hh}^{tt}$$

- Khối lượng các vật liệu thành phần hợp lý:

$$\Delta_0 = (\Delta_m + \Delta_d) \cdot 1000 / V_m$$

$$C_0 = (C_m + \Delta_c) \cdot 1000 / V_m$$

$$X_0 = (X_m + \Delta_x) \cdot 1000 / V_m$$

$$N_0 = (N_m + \Delta_n) \cdot 1000 / V_m$$

Từ đó, kết luận cấp phối lý thuyết của bê tông là:  $X_0$ ;  $C_0$ ;  $\Delta_0$ ;  $N_0$ .

### 3.5. Tính toán thành phần thực tế của bê tông:

Khi đã biết cấp phối lý thuyết của bê tông ( $X_0$ ;  $C_0$ ;  $\Delta_0$ ;  $N_0$ ) và số liệu độ ẩm của cốt liệu (C, Đ) tại thời điểm sản xuất yêu cầu; sẽ tiến hành tính toán cấp phối thực tế của bê tông ( $X_t$ ;  $C_t$ ;  $\Delta_t$ ;  $N_t$ ). Trong đó:

$$X_t = X_0;$$

$$\Delta_t = \Delta_0 \cdot ((100 + w_d) / 100)$$

$$C_t = C_0 + C_0 \cdot w_c$$

$$N_t = N_0 - \Delta_0 \cdot w_d - C_0 \cdot w_c$$

Kết quả nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông san hô cấp độ bền B15, đá 1x2 và B15 đá 2x4 được thể hiện trong bảng 1, bảng 2. Cấp phối này áp dụng cho cát và đá san hô khô tuyệt đối, độ ẩm  $w = 0\%$ .

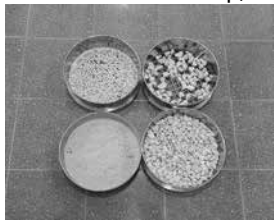
Trong đó, xi măng sử dụng cho nghiên cứu là xi măng PCB40

Hoàng Thạch. Các chỉ tiêu tính chất cơ lý được tiến hành thí nghiệm đánh giá (theo TCVN 6016:2011, TCVN 6017:2015, TCVN 4030:2003), đảm bảo đáp ứng yêu cầu của Tiêu chuẩn hiện hành (TCVN 6260:2020).

Bảng 1. Cấp phối Bê tông san hô cấp độ bền B15

Cấp phối	Loại cốt liệu lớn	Tỷ lệ N/X	Xi măng (kg)	Cát san hô	Đá san hô	Nước biến (lít)	PGSD BASF (kg)	Tỷ lệ BASF/XM (%)
				(kg)	(m <sup>3</sup> )			
B15(1x2)-1	Đá 1x2	0,7	370	850	950	259	3,70	1,00
B15(1x2)-2				860	900			
B15(1x2)-3				0,660	0,943			
B15(2x4)-1	Đá 2x4	0,69	360	915	900	250	2,88	0,80
B15(2x4)-2				0,711	0,894			
B15(2x4)-3				0,73	0,915			
B15(2x4)-3				0,67	0,920			

Phụ gia: Sử dụng phụ gia BASF MasterGlenium ACE 8588 là một loại phụ gia thế hệ mới, được tổng hợp từ các polymer cao phân tử dùng chất khởi mào là peroxy. Sản phẩm này phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 - loại F (phụ gia siêu dẻo giảm nước và nhanh ninh kết cao cấp).



Hình 1. Phân loại san hô làm cốt liệu bê tông



Hình 2. Các mẫu thí nghiệm



Hình 3. Máy nén bê tông bán tự động



Hình 4. Nén thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm bê tông san hô cấp độ bền B15

Cấp phối	Loại cốt liệu lớn	Tỷ lệ N/X	Độ sụt	R7	R14	R28
			(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
B15(1x2)-1	Đá 1x2	0,7	0	16,64	17,58	19,32
B15(1x2)-2		0,65	2	17,49	18,24	21,70
B15(1x2)-3		0,75	6	17,61	18,37	20,30
B15(2x4)-1	Đá 2x4	0,69	5	22,60	24,12	24,70
B15(2x4)-2		0,73	8	19,60	20,80	22,90
B15(2x4)-3		0,67	2	20,01	21,38	21,67

Nhận xét:

Kết hợp Bảng 1, Bảng 2, nhận thấy:

- Cấp phối B15(1x2)-1 và B15(2x4)-3 có cường độ đáp ứng yêu cầu (so với định mức) nhưng độ sụt bằng 0 - 2 cm, không đáp ứng yêu cầu cho thi công. Thực tế trộn tại phòng thí nghiệm cho thấy hàm lượng xi măng và cát thấp trong khi hàm lượng đá lớn dẫn đến cấu tạo của bê tông chưa thực sự tốt, dẫn đến cường độ thiết kế (R28) thấp hơn cấp phối còn lại.

- Cấp phối B15(1x2)-2 có cường độ cao nhất, tuy nhiên độ sụt bằng 2 cm chưa đảm bảo tốt nhất cho thi công bê tông, đặc biệt là thi công bằng thủ công. Bên cạnh đó, lượng xi măng sử dụng lớn hơn cấp phối liền kề là 23% khối lượng xi măng nhưng cường độ chỉ cao hơn 6,8%. Đây là sự khác biệt không lớn. Tương tự, cấp phối B15(2x4)-1 so với cấp phối liền kề là B15(2x4)-2 thì dùng nhiều xi măng hơn 9% nhưng cường độ không cao hơn đáng kể (dưới 8%). Trong khi đó độ sụt thấp hơn 30%. Do đó, nếu xét đến cả yếu tố kinh tế thì chưa đảm bảo tối ưu.

- Cấp phối B15(1x2)-3 và B15(2x4)-2 có lượng dùng xi măng thấp nhất nhưng vẫn đảm bảo tính công tác (độ sụt 6 và 8 cm), cường độ thiết kế (R28) đảm bảo yêu cầu đặt ra do sử dụng lượng cốt liệu với tỷ lệ phối trộn hợp lý, đáp ứng được yêu cầu kinh tế và kỹ thuật. Do đó, nhóm tác giả xác định cấp phối B15(1x2)-3 và B15(2x4)-2 là cấp phối tối ưu.

#### 4. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG SAN HỒ CẤP ĐỘ BỀN B20

Tình tự các bước tiến hành tương tự như quá trình thiết kế cấp phối bê tông san hô cấp độ bền B15, kết quả nghiên cứu thiết kế được thể hiện trong bảng 3, bảng 4.

Bảng 3. Cấp phối Bê tông san hô cấp độ bền B20

Cấp phối	Loại cốt liệu lớn	Tỷ lệ N/X	Xi măng (kg)	Cát san hô	Đá san hô	Nước biến (lít)	PGSD BASF (kg)	Tỷ lệ BASF/XM (%)
				(kg)	(m <sup>3</sup> )			
B20(1x2)-1	Đá 1x2	0,51	323	677	1154	166	3,23	1,00
B20(1x2)-2				0,526	1,146			
B20(1x2)-3				0,59	0,943			
B20(2x4)-1	Đá 2x4	0,64	400	900	880	256	4,00	1,00
B20(2x4)-2				0,699	0,874			
B20(2x4)-3				0,62	0,880			
B20(2x4)-3				0,55	0,914			

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm bê tông san hô cấp độ bền B20

Cấp phối	Loại cốt liệu lớn	Tỷ lệ N/X	Độ sụt	R7	R14	R28
			(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
B20(1x2)-1	Đá 1x2	0,51	0	20,97	24,62	26,82
B20(1x2)-2		0,59	4	21,10	24,37	25,64
B20(1x2)-3		0,6	6	19,36	23,99	26,35
B20(2x4)-1	Đá 2x4	0,64	12*	23,40	25,70	28,10
B20(2x4)-2		0,625	10	25,36	26,68	28,71
B20(2x4)-3		0,55	3	22,65	24,09	25,81

\* Cấp phối có độ đồng nhất và tính lưu biến của hỗn hợp bê tông chưa đảm bảo (bắt đầu xuất hiện hiện tượng tách nước)

Nhận xét:

Kết hợp bảng 3 và bảng 4, nhận thấy:

- Cấp phối B20(1x2)-1 và B20(2x4)-3 có tỷ lệ nước/xi măng thấp ở mức chưa hợp lý nên độ sụt hỗn hợp bê tông thấp hoặc chưa đảm bảo (bằng 0-3 cm). Dù cường độ thiết kế đảm bảo yêu cầu nhưng chưa đáp ứng yêu cầu về tính công tác. Riêng cấp phối B20(2x4)-3 có lượng dùng xi măng lớn, vượt quá 400 kg xi măng

cho 1 m<sup>3</sup> bê tông, xét về tính kinh tế thì chưa tối ưu và về mặt kỹ thuật thì đặt ra nhiều vấn đề phức tạp hơn trong việc kiểm soát chất lượng khi chế tạo và thi công. Ngược lại, cấp phối B20(2x4)-1 do tỷ lệ nước/xi măng cao (64%) ở mức chưa hợp lý nên cấu tạo hỗn hợp bê tông chưa đảm bảo, thực tế trộn mẻ trộn tại phòng thí nghiệm cho thấy bắt đầu xuất hiện hiện tượng tách nước, độ đồng nhất và tính lưu biến của hỗn hợp bê tông chưa đảm bảo.

- Cấp phối B20(1x2)-2 có cấp phối cơ bản đáp ứng yêu cầu về tính công tác (độ sụt 4 cm) và cường độ ở tuổi sớm (7 và 14 ngày), nhưng cường độ thiết kế (R28) thấp, chưa đáp ứng yêu cầu (so với định mức và các cấp phối còn lại).

- Cấp phối B20(1x2)-3 tuy có lượng dùng xi măng lớn, nhưng chưa vượt quá 400 kg/m<sup>3</sup> bê tông, so với cấp phối liên kế thì lượng dùng xi măng chỉ lớn hơn 5,4% nhưng cường độ ở các độ tuổi đều đạt yêu cầu thiết kế, đồng thời tính công tác đảm bảo tốt (độ sụt 6 cm). Tương tự, cấp phối B20(2x4)-2 cũng đảm bảo cả về tính công tác (độ sụt 10 cm), cường độ và lượng dùng xi măng tối ưu hơn so với cấp phối khác cùng nhóm (bê tông đá 2x4). Do đó, nhóm tác giả xác định cấp phối B20(1x2)-3 và B20(2x4)-2 là cấp phối tối ưu.

### 5. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG SAN HỒ CẤP ĐỘ BỀN B22,5

Trình tự các bước tiến hành tương tự như quá trình thiết kế cấp phối bê tông san hồ cấp độ bền B15 và B20, kết quả được thể hiện trong bảng 5, bảng 6.

Bảng 5. Cấp phối Bê tông san hồ cấp độ bền B22,5

Cấp phối	Loại cốt liệu lớn	Tỷ lệ N/X	Xi măng	Cát san hồ	Đá san hồ	Nước biến	PGSD BASF	Tỷ lệ BASF/XM (%)
			(kg)	(kg) (m <sup>3</sup> )	(kg) (m <sup>3</sup> )			
B22,5(1x2)-1	Đá 1x2	0,6	440	820	950	264	5,28	1,20
0,637				0,943				
B22,5(1x2)-2		0,55	420	840	900	231	4,20	1,00
0,653	0,894							
B22,5(1x2)-3	0,58	440	860	900	255	4,84	1,10	
			0,668	0,894				
B22,5(2x4)-1	Đá 2x4	0,614	440	856	880	270	4,40	1,00
0,665				0,874				
B22,5(2x4)-2		0,59	450	880	840	266	4,50	1,00
0,684	0,834							
B22,5(2x4)-3	0,58	450	880	840	262	4,50	1,00	
			0,684	0,834				

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm bê tông san hồ cấp độ bền B22,5

Cấp phối	Tỷ lệ N/X	Độ sụt	R7	R14	R28
		(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
B22,5(1x2)-1	0,6	8*	25,111	27,892	29,699
B22,5(1x2)-2	0,55	2	23,549	25,479	30,671
B22,5(1x2)-3	0,58	8	24,978	27,040	30,123
B22,5(2x4)-1	0,614	12*	24,72	27,23	29,91
B22,5(2x4)-2	0,59	11,5*	22,13	27,80	31,61
B22,5(2x4)-3	0,58	9	23,42	27,67	32,03

\* Các cấp phối có độ đồng nhất và tính lưu biến của hỗn hợp bê tông chưa đảm bảo (bắt đầu xuất hiện hiện tượng tách nước)

Nhận xét:

Kết hợp bảng 5, bảng 6 nhận thấy:

- Cấp phối B22,5(1x2)-1 có độ sụt hỗn hợp bê tông đạt yêu cầu, nhưng thực tế trộn tại phòng thí nghiệm cho thấy cấu tạo hỗn hợp bê tông kém, bắt đầu có hiện tượng tách nước trong vòng 1 phút sau khi kết thúc trộn. Do đó, dù cường độ thiết kế đảm bảo yêu cầu nhưng chưa đáp ứng yêu cầu về tính công tác và cấu tạo bê tông. Kết quả cường độ cũng cho thấy ở tuổi 28 ngày cấp phối này đạt cường độ

thấp nhất. Điều này cũng xảy ra tương tự với cấp phối B22,5(2x4)-1 và B22,5(2x4)-2. Hai cấp phối này có độ sụt cao do tỷ lệ nước/xi măng cao. Tuy nhiên khi tỷ lệ này quá cao thì vượt quá khả năng giữ nước của cốt liệu nên sẽ xuất hiện hiện tượng tách nước, làm giảm độ đồng nhất và tính lưu biến của hỗn hợp bê tông. Sự tách nước dẫn theo hồ xi măng thoát ra, làm giảm chất lượng hỗn hợp bê tông nên dù lượng xi măng lớn thì kết quả cho thấy cường độ bê tông cũng không cao bằng các cấp phối khác trong cùng nhóm cốt liệu.

- Cấp phối B22,5(1x2)-2 dù có cường độ R28 lớn nhất nhưng sự khác biệt không đáng kể so với cấp phối liên kế. Trong khi đó, cấp phối này chưa áp ứng yêu cầu về tính công tác (độ sụt 2 cm) để đảm bảo tốt nhất điều kiện thi công, đặc biệt là thi công thủ công.

- Cấp phối B22,5(1x2)-3 và B22,5(2x4)-3 có cường độ ở các độ tuổi đều đạt yêu cầu thiết kế, đồng thời tính công tác đảm bảo tốt (độ sụt 8 và 9 cm). Lượng dùng xi măng gần như tương đương với các cấp phối còn lại. Do đó, nhóm tác giả xác định cấp phối B22,5(1x2)-3 và B22,5(2x4)-3 là cấp phối tối ưu.

### 6. THẢO LUẬN CHUNG

- So với định mức xây dựng, khi xét từng cấp phối bê tông có cấp độ bền tương đương, các cấp phối thiết kế có lượng dùng xi măng cao hơn từ 17,4% đến 22,3% để bù đắp khả năng chịu lực giảm yếu do cốt liệu san hồ kém hơn so với cốt liệu đá dăm thông thường. Tuy sử dụng xi măng nhiều hơn nhưng lại tiết kiệm được lượng lớn chi phí cát sông và đá dăm nhờ sử dụng toàn bộ cốt liệu là cát và đá san hồ thay thế. Do vậy, về tổng thể chi phí sản xuất bê tông của đề tài vẫn cho thấy triển vọng tiết kiệm chi phí lớn.

- Lượng cốt liệu nhỏ (cát) cũng được sử dụng nhiều hơn và lượng cốt liệu lớn (đá) sử dụng ít hơn khi so sánh với cấp phối tham khảo ở tập định mức xây dựng vì cốt liệu đá san hồ có độ rỗng lớn, độ hút nước lớn, dẫn đến lượng cần nước nhiều. Việc giảm lượng dùng cốt liệu lớn giúp giảm mức độ cần nước của hỗn hợp bê tông. Bên cạnh đó, việc giảm lượng đá - vốn có cường độ thấp hơn đá dăm thông thường - dẫn đến giảm hệ thống lỗ rỗng trong bộ khung cốt liệu, cũng là giảm mức độ ảnh hưởng tiêu cực của bộ khung cốt liệu yếu đến cường độ chung của bê tông. Đồng thời để đảm bảo khối lượng đơn vị của bê tông cũng như thành phần hạt nhỏ đủ để điền đầy các lỗ rỗng trong bộ khung cốt liệu lớn thì cần thiết tăng hàm lượng cát và xi măng, vừa để hình thành cấu tạo đặc chắc cho bê tông, giúp tăng cường độ, cũng vừa góp phần tăng thể tích thành phần vữa xi măng để làm dày lớp bao bọc quanh các hạt cốt liệu lớn, làm chúng chuyển động linh động hơn, qua đó tạo tính công tác tốt hơn cho hỗn hợp bê tông.

- Đối với thành phần nước, như đã đề cập, lượng nước trộn lớn hơn nhiều so với định mức. Để bê tông sau chế tạo đảm bảo đáp ứng các yêu cầu đặt ra thì tỷ lệ nước/xi măng trong thí nghiệm này nhỏ nhất là 0,58 và lớn nhất là 0,75. Điều này là do cốt liệu san hồ có độ rỗng lớn, dẫn đến độ hút nước lớn. Vì vậy cần thiết phải tăng lượng dùng nước và tỷ lệ nước/xi măng. Đồng thời cần kết hợp sử dụng phụ gia giảm nước tầm cao, thế hệ mới để cải thiện tối đa tính công tác và cường độ bê tông.

### 7. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu và ý kiến thảo luận đã trình bày, một số kết luận được rút ra như sau:

- Hoàn toàn có thể sử dụng cốt liệu mới gồm cát và đá san hồ (cỡ hạt 1x2 và 2x4) thay thế toàn bộ cốt liệu truyền thống (cát sông, đá dăm), đồng thời sử dụng nước biển thay thế nước ngọt để chế tạo bê tông san hồ nước biển đạt cấp độ bền B15, B20 và B22,5.

- Bê tông san hồ nước biển có lượng dùng xi măng cao hơn 17,4% đến 22,3% so với định mức xây dựng và tỷ lệ nước/xi măng

lớn so với bê tông truyền thống do cốt liệu san hô có cấu trúc rỗng xốp, độ hút nước lớn, khả năng chịu lực hạn chế hơn so với cốt liệu truyền thống (đá dăm). Với các cấp độ bền bê tông trong nghiên cứu này, tỷ lệ nước/xi măng ghi nhận dao động từ 0,58 đến 0,75.

- Việc thiết kế cấp phối bê tông san hô nước biển cấp độ bền thông thường hoàn toàn có thể được thực hiện trên cơ sở vận dụng phương pháp thể tích tuyệt đối như bê tông xi măng truyền thống, tuy nhiên cần thực hiện các biện pháp điều chỉnh cấp phối phù hợp với những đặc điểm riêng của các vật liệu thành phần. Trong đó đặc biệt lưu ý đến các tính chất cơ lý của cốt liệu san hô sẽ ảnh hưởng đến hàm lượng nước và xi măng cần sử dụng.

- Việc sử dụng nước biển đã được khẳng định tính khả thi đối với việc chế tạo bê tông xi măng bởi nhiều nghiên cứu trước đây với dạng cấu kiện bê tông không có cốt thép. Trong nghiên cứu này, việc sử dụng nước biển để chế tạo bê tông san hô cho thấy đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật đặt ra.

- Hiện chưa có báo cáo về việc tương tác hóa học bất lợi giữa nước biển với các vật liệu thành phần khác trong bê tông san hô. Tuy nhiên, việc tiếp tục nghiên cứu tương tác giữa chúng nên được khuyến khích, bao gồm cả tương tác giữa nước biển với cốt thép (nếu có) trong bê tông.

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo được hoàn thành dưới sự bảo trợ bởi đề tài NCKH cấp Bộ mã số 2022.73.34 và sự giúp đỡ của Phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng/Viện KTCTĐB/Trường ĐHKHT Lê Quý Đôn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vũ Đình Lợi (2020), Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Nhà nước mã số ĐTĐL.CN-25/16.
- [2]. Vũ Đình Lợi (2019), *Dự án nhánh ĐTB 11.3 GĐ2*, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.
- [3]. Vũ Ngọc Anh, Trương Minh Trí, Đào Kim Thành (2016), *Bê tông từ cát biển và nước biển*, Tạp chí xây dựng, số tháng 3/2016.
- [4]. Bing Liu, Jingkai Zhou, Xiaoyan Wen, Jianhua Guo, Xuanyu Zhang, Zhiheng Deng, Huailiang Wan, (2019), *Experimental Investigation on the Impact Resistance of Carbon Fibers Reinforced Coral Concrete*, Materials, 12, (23), 4000.
- [5]. Bullen, F. (1990), *Coralline concrete in the Pacific*, Proceedings of the Third International Colloquium on Concrete in Developing Countries, 1-12.
- [6]. Hongfa Yu, Bo Da, Haiyan Ma, Xuemei Dou, Zhangyu Wu, (2020), *“ervice life prediction of coral aggregate concrete structure under island reef environment*, Construction and Building Materials.
- [7]. John G. Dempsey, (1951), *Coral and Salt Water as Concrete Materials*, Journal Proceedings, 157-166.
- [8]. Lu, Bo, and Yuanbo Liang, (1993), *Experimental study of concrete prepared with coral reef and sea water 1*, Marine science bulletin/Haiyang Tongbao, 12, (5), 69-74.
- [9]. Luoxin Wang, Junshuai Mei, Jing Wu, Xingyang He, Hainan Li, Qingjun Ding (2020), *Mechanical Properties and Microscopic Mechanism of Coral Sand-Cement Mortar*, Advances in Materials Science and Engineering.
- [10]. Narver, D. L. (1964), *Good concrete made with coral and water*, Civil Engineering, 24, 654-658.
- [11]. Nishida, Takahiro, et al, (2003), *Study on strength and permeability of concrete using low quality coarse aggregates from circum-pacific region*, Doboku Gakkai Ronbunshu, (746), 103-114.
- [12]. P.A. Howdyshell, (1974), *The use of coral as an aggregate for portland cement concrete structures*, National Technical Information Service.
- [13]. R. A. Arumugam, K. Ramamurthy (1996), *Study of compressive strength characteristics of coral aggregate concrete*, Magazine of Concrete Research, (176).
- [14]. Rick A. Ehlert (1991), *Coral Concrete at Bikini Atoll*, Concrete International, 13, 19-24.
- [15]. Wang Lei, Zhao Yanlin (2012), *The comparison of Coral concrete and other light weight aggregate concrete on mechanics performance*, Advanced Materials Research, 446-449.
- [16]. Wattanachai, Pitiwat, et al, (2009), *A study on chloride ion diffusivity of porous aggregate concretes and improvement method*, Doboku gakkai ronbunshuu E, 65, (1), 30-44.
- [17]. Lê Văn Dung (2005), *Vật liệu xây dựng*, NXB Quân đội nhân dân, Hà Nội,
- [18]. Phùng Văn Lự (2006), *Vật liệu xây dựng*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [19]. Wang, Fei, et al (2023), *Effect of superfine cement modification on properties of coral aggregate concrete*, Materials 16.3: 1103.
- [20]. Ngô Ngọc Thuỷ, Vũ Đình Lợi, Đình Quang Trung (2021), *Nghiên cứu sử dụng cốt liệu san hô thay thế một phần cốt liệu thông thường trong sản xuất bê tông xi măng*, Tạp chí Vật liệu & Xây dựng, số 3.2021, tr.5-9.
- [21]. Trần Văn Cương (2002), *Nghiên cứu chế tạo bê tông hạt nhỏ sử dụng cát nhiễm mặn ứng dụng cho các công trình quân sự ven biển và hải đảo*, Đề tài NCKH cấp cơ sở, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.
- [22]. Weiwei Su, Jianhui Liu, Leping Liu, Zheng Chen, Caijun Shi (2023), *Progresses of high-performance coral aggregate concrete (HPCAC): A review*, Cement and Concrete Composites, Volume 140, 105059, ISSN 0958-9465, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105059>.
- [23]. Kishore, Kamal, Aaysha Pandey, and Ahmed S. Abed (2023), *Coral Concrete: Overview, Composition and its Behavior in Environment*, Materials Science Forum. Vol. 1085. Trans Tech Publications Ltd.
- [24]. Dhondy, Tanaz, Alex Remennikov, and M. Neaz Shiekh (2019), *Benefits of using sea sand and seawater in concrete: a comprehensive review*, Australian Journal of Structural Engineering 20.4: 280-289.
- [25]. Wang, Junjie, Engui Liu, and Liang Li (2018). *“ultiscale investigations on hydration mechanisms in seawater OPC paste*, Construction and Building Materials 191: 891-903.
- [26]. Chen, Caiyi, et al (2015). *Workability, mechanical properties and affinity of artificial reef concrete*, Construction and Building Materials 98: 227-236.
- [27]. Xiao, Jianzhuang, et al (2017), *Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities*, Construction and Building Materials 155: 1101-1111.
- [28]. Nguyễn Viết Trung, Nguyễn Ngọc Long, Nguyễn Đức Thị Thu Định (2004), *Phụ gia và hoá chất dùng cho bê tông*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [29]. Changbiao Jiang, Jianhui Liu, Leping Liu, Zheng Chen, Caijun Shi (2023), *Interactions between coral sand and polycarboxylate superplasticizer and their effects on rheological properties of cement-based materials-A review*, Construction and Building Materials, Volume 389, 131607, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131607>.
- [30]. Ren, Jun, Yan, Shuo, Fang, Yunhui, Tian, Zhenhe, Li, Hao, Guo, Jinyi, Xing, Feng, Fan, Yiding, Wang, Xianfeng and Ren, Zengle (2023), *Performance of polycarboxylate superplasticisers in seawater-blended cement: Effect from chemical structure and nano modification*, Nanotechnology Reviews, vol. 12, no. 1, 2023, pp. 20230573. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2023-0573>.
- [31]. Nguyễn Xuân Bằng, Nguyễn Trí Tả, Trần Văn Cương, Phạm Anh Vũ, Lê Hải Dương (2023), *Xác định tính chất cơ học của vật liệu san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông*, Tạp chí Xây dựng, số tháng 9/2023, 87-81.

# Các nhân tố ảnh hưởng đến khai thác hiệu quả cần trục tháp trong thi công xây dựng

## Factors affecting efficient Tower crane operation in construction

> **TRẦN HOÀNG TUẤN**

Trường Đại học Cần Thơ

### TÓM TẮT

Cần trục tháp được xem là một trong những thiết bị chủ đạo trong thi công xây dựng, đặc biệt thi công nhà nhiều tầng. Vận hành cần trục tháp sao cho đáp ứng cả yêu cầu kỹ thuật và kinh tế là một vấn đề không đơn giản bởi vì việc chọn và sử dụng cần trục tháp chịu tác động bởi nhiều yếu tố khác nhau. Việc sử dụng tối ưu cần trục tháp với mục tiêu giảm chi phí sẽ góp phần tạo nên lợi nhuận, do đó các chuyên gia xây dựng nói chung và nhà thầu thi công nói riêng luôn quan tâm làm thế nào cần trục tháp hoạt động đạt hiệu quả nhất. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất cần trục tháp bao gồm những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp cũng như những yếu tố tiềm ẩn, từ đó người quản lý sẽ có kế hoạch chủ động hơn trong khai thác cần trục tháp tại công trường.

**Từ khóa:** Nhân tố; nhân tố tiềm ẩn; cần trục tháp; khai thác hiệu quả cần trục tháp.

### ABSTRACT

Tower cranes are considered one of the key equipment in construction, especially in multi-storey building construction. Operating a tower crane to meet both technical and economic requirements is not a simple matter because tower crane's choice and use is influenced by many different factors. Optimizing the tower cranes with the goal of reducing costs will contribute to profits. Therefore, experts and construction contractors are always interested in how tower cranes operate most effectively. This study was conducted to evaluate and identify factors affecting tower crane productivity, including direct factors as well as hidden factors. Thanks to these factors, managers will have more active plans in tower crane operations at construction sites.

**Keywords:** Factor; hidden factor; tower crane; efficient tower crane operation.

### 1 GIỚI THIỆU

Chất lượng, thời gian và chi phí là các mục tiêu chung cần đạt được của bất kỳ dự án xây dựng nào [3]. Trong đó, mục tiêu giảm chi phí trong khâu thi công xây lắp luôn được đặt ra như là một thách thức to lớn cho các nhà thầu xây dựng trong thời điểm kinh tế khó khăn. Theo đó tăng cường sử dụng hiệu quả thiết bị cơ giới nhằm đảm bảo năng suất lao động cao, chất lượng tốt và giá thành hạ là yêu cầu thiết thực trong tác tổ chức thi công xây dựng [7].

Thi công xây dựng nói chung, thi công nhà nhiều tầng nói riêng là một công việc phức tạp và nặng nhọc [2]. Khi tổ chức thực hiện cần đòi hỏi mang tính cơ giới hóa cao, phải sử dụng nhiều máy thi công từ những thiết bị đơn giản đến những thiết bị đòi hỏi yêu cầu kỹ thuật cao như cần trục tháp. Chính vì thế việc chọn và sử dụng hiệu quả thiết bị này luôn là thách thức, là mục tiêu cần đạt được trong giai đoạn thi công xây dựng. Thực tế cần trục tháp được chọn và khai thác dựa theo các chỉ tiêu cụ thể như mặt bằng công trình, điều kiện công trường thi công, nguồn nhân lực điều khiển,...[4], trong khi đó một số yếu tố tác động gián tiếp khác như cường độ hoạt động, điều kiện vận hành hoặc cách thức quản lý khai thác của nhà thầu,...gần như chưa được xem xét, đánh giá.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá một cách tổng quan hơn các yếu tố ảnh hưởng đến việc sử dụng cần trục tháp trong thi công xây dựng thông qua khảo sát ý kiến từ các chuyên gia đang làm việc tại thành phố Cần Thơ và các khu vực lân cận, kết quả từ nghiên cứu sẽ là số liệu tham khảo cho các nhà quản lý dự án, nhà quản lý xây dựng nhằm hướng tới đạt mục tiêu về kỹ thuật lẫn kinh tế.

### 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nhận dạng các nhân tố ảnh hưởng đến việc sử dụng, khai thác cần trục tháp trong thi công tại công trường thông qua việc lược khảo một số nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đã thực hiện. Ngoài ra, việc tham khảo ý kiến của chuyên gia, các kỹ sư có kinh nghiệm làm việc trong ngành xây dựng cũng được thực hiện theo cách trao đổi trực tiếp.

Tác giả nhận dạng được 23 yếu tố có khả năng ảnh hưởng đến hiệu quả của việc khai thác cần trục tháp theo các khía cạnh khác nhau từ góc độ tổ chức vận hành công trường thi công, góc độ lành nghề của thợ máy, góc độ chuyên nghiệp trong quản lý...Trong đó bao gồm những yếu tố ảnh hưởng một cách trực tiếp và những yếu tố ảnh hưởng gián tiếp đến hiệu quả khai thác sử dụng thiết bị.

Nghiên cứu được thực hiện theo phương pháp khảo sát dựa theo lý thuyết xác suất thống kê, các yếu tố ảnh hưởng đến việc sử dụng cần trục tháp trong công trình sẽ được thu thập từ ý kiến của

chuyên gia, các kỹ sư có kinh nghiệm làm việc trực tiếp tại các công trình xây dựng tại TP Cần Thơ và khu vực lân cận. Đối tượng được khảo sát đang công tác tại các vị trí như chủ đầu tư hoặc ban quản lý dự án, nhà thầu thi công và đơn vị tư vấn giám sát.

### 2.1 Phương pháp thu thập số liệu

Bảng câu hỏi khảo sát được thiết kế nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố trên, một trong những hình thức đo lường các khái niệm trừu tượng được sử dụng phổ biến nhất trong nghiên cứu kinh tế xã hội là dạng thang đo Rennis Likert [6]. Trong nghiên cứu này, bảng câu hỏi được thiết kế dưới dạng trắc nghiệm, người trả lời chỉ việc lựa chọn phương án mà họ cho là đúng nhất rồi đánh dấu vào ô lựa chọn trong bảng trả lời hoặc điền vào các chỗ chừa sẵn. Bảng câu hỏi khảo sát được gửi trực tiếp hoặc email đến các chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng.

### 2.2 Thu thập số liệu

Để hoàn chỉnh những thiếu sót và chuẩn xác các yếu tố ảnh hưởng, tác giả tiếp tục tham vấn ý kiến của một số chuyên gia đang trực tiếp quản lý thi công một số công trình tại TP Cần Thơ và tỉnh thành lân cận như Tổng công ty phát triển hạ tầng đô thị UDIC; Tổng công ty Thành An, Tổng công ty 789- Bộ Quốc Phòng và Công ty CP CK- Lâm nghiệp- Xây dựng Việt Úc . Đây là công đoạn rất quan trọng, nhằm loại ra những câu hỏi không phù hợp và những câu trả lời có thể sẽ không liên quan gì với suy nghĩ của người trả lời.

Sau đợt tham vấn các chuyên gia và sànlọc kỹ lưỡng, bảng câu hỏi khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác cần trục tháp được chuẩn hóa câu từ, nội dung và giảm từ 23 thành 21 yếu tố.

Bảng câu hỏi hoàn chỉnh được gửi đến các cá nhân đang tham gia vào các dự án xây dựng dân dụng trên địa bàn TP Cần Thơ và các tỉnh thành lân cận. Đối tượng tham gia trả lời bảng câu hỏi là các chuyên gia xây dựng đang làm việc với vai trò Chủ đầu tư hoặc Ban quản lý dự án, Nhà thầu xây dựng và giám sát thi công. Đây là những cá nhân trực tiếp trong suốt quá trình thi công hiện trường và có tiếp xúc thường xuyên với việc vận hành máy thi công.

Thông tin đối tượng được khảo sát ghi nhận tóm tắt như sau:

#### 2.2.1 Kinh nghiệm làm việc

Bảng 3. Xếp hạng theo giá trị Mean các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác cần trục

STT	Nhân tố ảnh hưởng	Mean	Xếp hạng
1	Điều kiện thời tiết trong lúc vận hành cầu tháp (gió mạnh, mưa lớn, ...).	4.158	1
2	Vận hành, khai thác vượt giờ, tăng ca gây mất an toàn.	3.996	2
3	Mức độ bao phủ tầm với của cần trục đến các khu vực tập kết vật liệu.	3.950	3
4	Thường xuyên tổ chức làm việc tăng ca.	3.921	4
5	Hạn chế nguồn lao động có sẵn.	3.846	5
6	Vật tư cấu lắp được gia công tại công trường hay chuyển từ nơi khác đến.	3.828	6
7	Ảnh hưởng của địa điểm xây dựng: giao thông thuận lợi, vật tư được tiếp nhận dễ hay khó.	3.783	7
8	Sự bao phủ lên nhau của các cầu tháp trong quá trình làm việc (khi sử dụng nhiều hơn 01 cầu tháp).	3.747	8
9	Tính phức tạp của thiết bị.	3.630	9
10	Sự chông chéo giữa các thiết bị thi công tại công trình do mặt bằng chật hẹp.	3.520	10
11	Sự phối hợp với các bộ phận quản lý thi công khác tại công trường.	3.482	11
12	Thời tiết không đủ an toàn để vận hành cầu tháp.	3.396	12
13	Tính chủ động trong quản lý, bảo trì và thay thế các bộ phận hoặc linh kiện của thiết bị.	3.326	13
14	Tuổi thọ và độ tin cậy của thiết bị.	3.221	14
15	Kinh nghiệm đã từng quản lý điều hành cần trục tháp.	3.118	15
16	Kinh nghiệm từng vận hành thiết bị đang hoạt động trong quá khứ.	3.101	16
17	Sự cản trở tầm nhìn của người điều khiển cầu tháp (các chương ngại vật làm che chắn tầm nhìn, các thiết bị thi công khác xung quanh,...).	2.966	17
18	Điều kiện cơ bản cho vận hành cần trục tháp (mặt bằng, nguồn điện, nền móng....	2.911	18
19	Làm việc ca đêm.	2.840	19
20	Sự hỗ trợ/phối hợp của Chủ đầu tư.	2.723	20
21	Trình độ chuyên môn, sự yêu nghề của người quản lý.	2.705	21

Bảng 1. Kinh nghiệm công tác của các cá nhân tham gia khảo sát

Số năm công tác trong ngành	Số lượng	Phần trăm (%)
Từ 2 - 5 năm	50	49,50
Từ 5 - 10 năm	36	35,65
Trên 10 năm	15	14,85
Tổng	101	100,00

Kinh nghiệm công tác đóng vai trò rất quan trọng trong việc cho số liệu khảo sát. Những hiểu biết và kinh nghiệm của họ trong quá trình làm việc sẽ có những nhìn nhận, đánh giá khách quan và đúng đắn về mức độ tác động của các yếu tố ảnh hưởng. Trong nghiên cứu này, kết quả thống kê cho thấy có 49,50% cá nhân tham gia khảo sát có kinh nghiệm từ 2-5 năm; 35,65% cá nhân tham gia khảo sát có kinh nghiệm từ 5 ÷ 10 năm và 14,85% cá nhân tham gia khảo sát có kinh nghiệm trên 10 năm.

#### 2.2.2 Vai trò đã tham gia

Bảng 2. Vai trò trong các dự án đã tham gia của các cá nhân tham gia khảo sát

Vai trò tham gia	Số lượng	Phần trăm (%)
Chủ đầu tư/ Ban quản lý dự án	19	18,81
Nhà thầu xây lắp	54	53,47
Tư vấn giám sát	28	27,72
Tổng	101	100,00

Nhìn chung các đối tượng khảo sát chiếm số lượng lớn là làm việc thường xuyên trên công trường, Kết quả thống kê chỉ ra nhà thầu thi công chiếm tỷ lệ 53,47%; tư vấn giám sát thi công chiếm 27,72% và Ban quản lý dự án chiếm 18,81%.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Từ kết quả thu thập số liệu, tác giả tiến hành mã hóa, nhập số liệu khảo sát và phân tích với phần mềm thống kê SPSS, kết quả được trình bày như sau:

Số liệu thu thập được từ khảo sát này được xử lý phân tích thống kê, kết quả ta có được bảng xếp hạng và đồ thị biến thiên giá trị mean các nhân tố ảnh hưởng đến việc khai thác sử dụng cầu trục tháp tại công trường.

Nhìn chung thì phân bố của tập dữ liệu thu thập được cũng phần nào phản ánh khá đầy đủ mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát. Việc đánh giá các yếu tố ảnh hưởng bằng phương pháp ý kiến chuyên gia với thang đo qua các bảng câu hỏi khảo sát, việc đánh giá này do con người thực hiện nên mang tính chủ quan rất cao. Vì vậy, việc xây dựng và kiểm định thang đo có ý nghĩa rất quan trọng trong việc đảm bảo độ tin cậy của số liệu phân tích. Trong nghiên cứu này sử dụng hệ số Cronbach's Alpha, tác giả sử dụng phần mềm SPSS để tính hệ số này, kết quả cụ thể như sau:

Bảng 4. Hệ số độ tin cậy các yếu tố ảnh hưởng

Cronbach's Alpha	N of Items
0,815	21

Theo qui ước, một tập hợp các mục hỏi dùng để đo lường được đánh giá tốt phải có hệ số  $\alpha \Rightarrow 0,80$  nhưng có giá trị nhỏ nhất chấp nhận được là 0,7 [8]. Nghiên cứu này có hệ số Cronbach's Alpha tính được là 0,815 > 0,7 nên thang đo lường là phù hợp.

**Phân tích nhân tố khám phá (EFA)**

Bảng 5. Ma trận nhân tố

Các yếu tố ảnh hưởng	Nhân tố			
	1	2	3	4
Điều kiện thời tiết trong lúc vận hành cầu tháp (gió mạnh, mưa lớn, ...).	0,829	0,071	0,009	0,117
Vận hành, khai thác vượt giờ, tăng ca gây mất an toàn.	0,786	0,129	0,198	0,183
Mức độ bao phủ tầm với của cần trục đến các khu vực tập kết vật liệu.	0,189	0,082	0,925	0,051
Thường xuyên tổ chức làm việc tăng ca.	0,095	0,235	0,058	0,792
Hạn chế nguồn lao động có sẵn.	0,121	0,838	-0,008	
Vật tư cấu lắp được gia công tại công trường hay chuyển từ nơi khác đến.	-0,207	0,866	0,175	0,215
Ảnh hưởng của địa điểm xây dựng: giao thông thuận lợi, vật tư được tiếp nhận dễ hay khó.	0,156	0,856	0,048	-0,085
Sự bao phủ lên nhau của các cầu tháp trong quá trình làm việc (khi sử dụng nhiều hơn 01 cầu tháp).	0,681	0,063	0,220	0,277
Tính phức tạp của thiết bị.	0,138	0,021	0,801	0,109
Sự chông chéo giữa các thiết bị thi công tại công trình do mặt bằng chật hẹp.	0,143	0,251	0,834	0,097
Sự phối hợp với các bộ phận quản lý thi công khác tại công trường.	0,081	-0,011	0,101	0,875
Thời tiết không đủ an toàn để vận hành cầu tháp.	-0,085	0,841	0,149	0,007
Tính chủ động trong quản lý, bảo trì và thay thế các bộ phận hoặc linh kiện của thiết bị.	0,225	0,092	0,838	0,118
Tuổi thọ và độ tin cậy của thiết bị.	0,167	0,830	0,055	0,060
Kinh nghiệm đã từng quản lý điều hành cầu trục tháp.	0,086	0,150	0,038	0,895
Kinh nghiệm từng vận hành thiết bị đang hoạt động trong quá khứ.	0,215	0,245	0,772	-0,065
Sự cản trở tầm nhìn của người điều khiển cầu tháp (các chướng ngại vật làm che chắn tầm nhìn, các thiết bị thi công khác xung quanh,...).	0,850	0,099	-0,045	0,212
Điều kiện cơ bản cho vận hành cầu trục tháp (mặt bằng, nguồn điện, nền móng,...).	0,853	0,179	0,166	0,178
Làm việc ca đêm	-0,112	0,782	0,236	0,199
Sự hỗ trợ/phối hợp của Chủ đầu tư	0,325	0,396	0,401	0,456
Trình độ chuyên môn, sự yêu nghề của người quản lý	0,178	0,289	0,405	0,344

Thông qua mô hình phân tích, kết quả ma trận xoay cho thấy 02 biến "Sự hỗ trợ/phối hợp của Chủ đầu tư và Trình độ chuyên môn, sự

Phương pháp phân tích EFA là hình thức phân tích đa biến phụ thuộc lẫn nhau, tức là không có biến phụ thuộc và biến độc lập mà nó dựa vào mối tương quan giữa các biến với nhau. Phương pháp EFA dùng để rút gọn một tập hợp k biến khảo sát thành một tập f (f<k) có ý nghĩa hơn dựa trên cơ sở mối quan hệ tuyến tính của các nhân tố với các biến khảo sát.

Từ các yếu tố ảnh hưởng được xác định, mô hình phân tích nhân tố EFA được sử dụng nhằm cô đọng các yếu tố ảnh hưởng thành từng nhóm yếu tố. Điều này được thực hiện thông qua việc sử dụng phần mềm SPSS, với phân tích nhân tố theo phương pháp Principal Component, phép quay Varimax và điều kiện chọn các nhân tố là hệ số KMO (Sampling adequacy, Kaiser-Meyer-Olkin) > 0,5; trị riêng (eigenvalue) lớn hơn 1. Đây là phép quay và điều kiện phổ biến nhất mà các nghiên cứu trước đây đã dùng.

Trước khi tiến hành phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác cầu trục tháp tại công trường, việc kiểm tra sự phù hợp của mô hình đã được thực hiện, thông qua hệ số phù hợp của việc lấy mẫu KMO bằng 0.621, cho thấy việc phân tích nhân tố là hoàn toàn thích hợp để phân tích ma trận tương quan của mô hình [6].

Có 21 biến khảo sát đạt giá trị Mean trên 2,5 (bảng 3), cho thấy thang đo khá phù hợp cho việc khảo sát. Các biến được đưa vào mô hình phân tích nhân tố, kết quả ma trận nhân tố được thể hiện trong bảng 5.

yêu nghề của người quản lý) có hệ số tải nhỏ hơn 0,5. Tức 02 biến này không đạt được giá trị hội tụ và bị loại khỏi nhóm nhân tố.

Bảng 6. Kết quả phân tích nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác cầu trục tháp trong thi công

Nhân tố	Trị riêng	Phần trăm giải thích	Các yếu tố ảnh hưởng	Trọng số
1	3,885	26,824	1.1 Điều kiện cơ bản cho vận hành cầu trục tháp (mặt bằng, nguồn điện, nền móng,...)	0,853
			1.2 Sự cản trở tầm nhìn của người điều khiển cầu tháp (các chướng ngại vật làm che chắn tầm nhìn, các thiết bị thi công khác xung quanh,...)	0,850
			1.3 Điều kiện thời tiết trong lúc vận hành cầu tháp (gió mạnh, mưa lớn, ...)	0,829

			1.4 Vận hành, khai thác vượt giờ, tăng ca gây mất an toàn.	0,786
			1.5 Sự bao phủ lên nhau của các cầu tháp trong quá trình làm việc (khi sử dụng nhiều hơn 01 cầu tháp).	0,681
2	2,961	22,148	2.1 Vật tư cầu lắp được gia công tại công trường hay chuyển từ nơi khác đến.	0,866
			2.2 Ảnh hưởng của địa điểm xây dựng: giao thông thuận lợi, vật tư được tiếp nhận dễ hay khó.	0,856
			2.3 Thời tiết không đủ an toàn để vận hành cầu tháp.	0,841
			2.4 Hạn chế nguồn lao động có sẵn.	0,838
			2.5 Tuổi thọ và độ tin cậy của thiết bị.	0,830
			2.6 Làm việc ca đêm.	0,782
3	1,869	13,350	3.1 Mức độ bao phủ tầm với của cần trục đến các khu vực tập kết vật liệu.	0,925
			3.2 Tính chủ động trong quản lý, bảo trì và thay thế các bộ phận hoặc linh kiện của thiết bị.	0,838
			3.3 Sự chống chéo giữa các thiết bị thi công tại công trình do mặt bằng chật hẹp.	0,834
			3.4 Tính phức tạp của thiết bị.	0,801
			3.5 Kinh nghiệm từng vận hành thiết bị đang hoạt động trong quá khứ.	0,772
4	1,266	9,046	4.1 Kinh nghiệm đã từng quản lý điều hành cần trục tháp.	0,895
			4.2 Sự phối hợp với các bộ phận quản lý thi công khác tại công trường.	0,875
			4.3 Thường xuyên tổ chức làm việc tăng ca.	0,792

Kết quả rút ra 4 nhân tố chính làm đại diện cho 19 yếu tố tác động đến hiệu quả sử dụng cần trục tháp trong thi công, mỗi nhân tố được đặt tên và chứa đựng một số yếu tố thành phần, được trình bày như sau: (1) **Điều kiện làm việc tại công trường**: bao gồm các yếu tố ảnh hưởng một cách rõ ràng đến năng suất làm việc của cần trục tháp như *Điều kiện cơ bản cho vận hành cần trục tháp (mặt bằng, nguồn điện, nền móng,...)*; *Sự cản trở tầm nhìn của người điều khiển cầu tháp (các chướng ngại vật làm che chắn tầm nhìn, các thiết bị thi công khác xung quanh,...)*; *Điều kiện thời tiết trong lúc vận hành cầu tháp (gió mạnh, mưa lớn, ...)*; *Vận hành, khai thác vượt giờ, tăng ca gây mất an toàn; Sự bao phủ lên nhau của các cầu tháp trong quá trình làm việc (khi sử dụng nhiều hơn 01 cầu tháp)*; (2) **Nhân tố gián tiếp**: nhóm yếu tố này có tác động không nhỏ đến năng suất khai thác của cầu tháp, tuy nhiên nó ít được thể hiện một cách rõ nét bao gồm *Vật tư cầu lắp được gia công tại công trường hay chuyển từ nơi khác đến; Ảnh hưởng của địa điểm xây dựng: giao thông thuận lợi, vật tư được tiếp nhận dễ hay khó; Thời tiết không đủ an toàn để vận hành cầu tháp; Hạn chế nguồn lao động có sẵn; Tuổi thọ và độ tin cậy của thiết bị; Làm việc ca đêm*; (3) **Tổ chức vận hành và sử dụng thiết bị**: nhân tố này thể hiện sự bố trí hợp lý vị trí đặt cần trục cũng như sự linh hoạt trong khai thác như *Mức độ bao phủ tầm với của cần trục đến các khu vực tập kết vật liệu; Tính chủ động trong quản lý, bảo trì và thay thế các bộ phận hoặc linh kiện của thiết bị; Sự chống chéo giữa các thiết bị thi công tại công trình do mặt bằng chật hẹp; Thiết bị phức tạp, công nghệ cao hay đơn giản vận hành; Kinh nghiệm từng vận hành thiết bị đang hoạt động trong quá khứ*; (4) **Hiệu quả trong quản lý và điều hành**: *Kinh nghiệm đã từng quản lý điều hành cần trục tháp; Sự phối hợp với các bộ phận quản lý thi công khác tại công trường; Thường xuyên tổ chức làm việc tăng ca.*

#### 4. KẾT LUẬN

Nâng cao hiệu quả khai thác của các thiết bị thi công góp phần không nhỏ trong việc đảm bảo tiến độ, chất lượng thi công và cấu thành nên lợi nhuận cho nhà thầu. Nghiên cứu này đã cho chúng ta một cái nhìn tổng thể hơn về các yếu tố có khả năng ảnh hưởng

đến năng suất khai thác cần trục tháp trong thi công xây dựng, từ đó các công ty xây dựng nói chung và người quản lý thi công nói riêng sẽ chủ động hơn trong khâu tổ chức, vận hành khai thác thiết bị để đạt được năng suất cao hơn.

Với phân tích nhân tố, từ 19 yếu tố ảnh hưởng được cô đọng thành 04 nhân tố tác động đến hiệu quả khai thác thiết bị. Nghiên cứu đã chỉ ra, bên cạnh việc tổ chức công trường thi công hợp lý, các nhà quản lý thiết bị cần có kế hoạch tổ chức hoạt động sao cho khoa học. Ngoài ra, kết quả của nghiên cứu cũng đã chỉ ra năng suất hoạt động của cần trục tháp bị ảnh hưởng không nhỏ bởi nhân tố xuất phát từ các yếu tố gián tiếp gây ra trì hoãn công việc, ảnh hưởng lớn đến năng suất, đã đặt tiền đề cho các doanh nghiệp xây dựng, nhà quản lý thi công là cần tìm biện pháp cải tiến cả về góc độ quản lý và cả về quy trình làm việc tại công trường nhằm mục tiêu nâng cao hiệu quả, gia tăng lợi nhuận.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. M. Tam, T. K. L. Tong, and W. K. W. Chan, "Genetic algorithm for optimizing supply locations around tower crane", Journal of construction engineering and management, 2010.
- [2] D. L. Nguyen and T. X. L. Do, "A study of project success factors in large construction projects in Vietnam", Journal of Engineering Construction and Architectural Management, Vol. 11 (6), pp. 404-413, 2004.
- [3] Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014 và Luật xây dựng số 62/2020/QH14 ngày 17/6/2020 về sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật xây dựng 2014.
- [4] M. J. Skibniewski and L. Chao, "Evaluation of Advanced Construction Technology with AHP Method", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 118, 577-593, 1992.
- [5] M. Marzouk, "Decision support for tower crane selection with building information models and genetic algorithms", Automation in Construction, Vol 61, pp. 1-15, 2016.
- [6] T. Hoang và N. M. N. Chu, *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*, Tập 1,2. NXB Hồng Đức, 2008.
- [7] Tiêu chuẩn Quốc Gia, TCVN 4055:2012 - Tổ chức thi công, 2012.
- [8] J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, *The Assessment of Reliability*, Psychometric Theory, 3, 248-292, 1994.

# Khảo sát sự thay đổi về kết cấu khung và móng cọc nhà BTCT theo hai tiêu chuẩn TCVN 2737-1995 và TCVN 2737-2023

Investigation of changes in design of frame structures and pile foundation of reinforced concrete buildings according to two design standards TCVN 2737-1995 and TCVN 2737-2023

> TS TRẦN VIỆT TÂM

Bộ môn Công trình Bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội  
Email: tamtv@huce.edu.vn

## TÓM TẮT

Tiêu chuẩn tải trọng và tác động TCVN 2737-2023 [1] tiêu chuẩn thiết kế chính thức được công bố và có hiệu lực từ ngày 29/ 6/2023 thay thế hoàn toàn TCVN 2737-1995 [2]. Tiêu chuẩn mới ra đời với phương pháp tiếp cận hiện đại mà các tiêu chuẩn châu Âu, Mỹ đang sử dụng, khắc phục được các hạn chế của tiêu chuẩn cũ, tuy nhiên do có hiệu lực ngay nên vẫn chưa có các nghiên cứu so sánh về số lượng cọc, trọng lượng thép trong kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT). Trên cơ sở phân tích thiết kế 10 công trình có chiều cao từ 14,4 m (4 tầng) đến 74 m (20 tầng) bằng phần mềm RDSuite [3] theo cả 2 tiêu chuẩn, nghiên cứu đã khảo sát được sự thay đổi của số lượng cọc bố trí và trọng lượng thép dọc, các tham số ảnh hưởng nhất đến giá thành công trình.

**Từ khóa:** Khảo sát; số lượng cọc; trọng lượng thép dọc; khung bê tông cốt thép; tải trọng, phần mềm RDSuite.

## ABSTRACT

Load and action design Standard TCVN 2737-2023 was announced and took effect from June 29, 2023, totally replacing TCVN 2737-1995. The new Standard was issued with the modern approach that European and American standards are using, correcting the limitations of the old Standard, however, because it takes effect immediately, there are no comparative studies in terms of number of piles and longitudinal reinforcement in reinforced concrete building structure. Based on the design analysis of 10 buildings from 14.4 m high (4 floors) to 74 m (20 floors) using RDSuite software [3] according to both Standards, the paper has investigated the changes of number of piles and weight of longitudinal reinforcement, which are the parameters affecting significantly on the the project budget.

**Keywords:** Investigation; piles; longitudinal reinforcement weight; reinforced concrete frame; loads; RDSuite software.

## 1. GIỚI THIỆU

Tiêu chuẩn về tải trọng và tác động [1][2] là một trong những tiêu chuẩn quan trọng trong tính toán thiết kế công trình, vì liên quan đến dữ liệu đầu vào tính toán thiết kế (tải trọng tác động), kết quả đầu ra (tổ hợp tải trọng, tổ hợp nội lực).

Tiêu chuẩn về tải trọng và tác động của Việt nam TCVN 2737-1995 [2] (tiêu chuẩn cũ) được ban hành sử dụng 28 năm đã đóng góp được nhiều trong quá trình phát triển và xây dựng đất nước những thập niên cuối thế kỷ 20 và đầu thế kỷ 21. TCVN 2737-1995 dựa trên Tiêu chuẩn của Liên Xô (cũ) SNiP II-6-74 [5], Úc AS 1170.2-1983 [6] tuy nhiên vì đã lâu không được soát xét nên còn tồn tại nhiều bất cập như thiếu nhiều loại hoạt tải (tải trọng tạm thời) trong thực tế, tải trọng tiêu chuẩn của một số loại hoạt tải còn lớn, chưa cập nhật công nghệ về vật liệu, phương pháp tính toán tải trọng gió chưa chính xác... Ngày 28/06/2023 tiêu chuẩn tải trọng và tác động TCVN 2737-2023 (tiêu chuẩn mới) đã được ban hành và có hiệu lực thay thế cho TCVN 2737-1995. Tiêu

chuẩn mới ra đời có phương pháp tiếp cận hiện đại mà các tiêu chuẩn châu Âu, Mỹ đang sử dụng, khắc phục được các hạn chế của tiêu chuẩn cũ, phù hợp với giai đoạn chuyển đổi số và sử dụng phần mềm máy tính. Tuy nhiên do có hiệu lực ngay nên vẫn còn chưa có các nghiên cứu so sánh về số lượng cọc, trọng lượng thép trong kết cấu nhà BTCT.

Trên cơ sở phân tích thiết kế 10 công trình từ cao từ 14,4 m (4 tầng) đến 74 m (20 tầng) bằng phần mềm RDSuite [3] theo cả 2 tiêu chuẩn cũ và mới, nghiên cứu đã khảo sát được sự thay đổi của số lượng cọc và trọng lượng cốt thép dọc, tham số ảnh hưởng nhất đến giá thành công trình, giúp cho chủ đầu tư và các kỹ sư có góc nhìn về kinh tế khi chuyển giữa hai tiêu chuẩn.

## 2. MỘT SỐ ĐIỂM THAY ĐỔI MỚI CỦA TCVN 2737-2023 [1]

Trong giới hạn khuôn khổ của bài báo, các thay đổi chính giữa 2 tiêu chuẩn được trình bày tóm tắt từ bảng 1 đến bảng 5 như sau:

### 2.1. Tải trọng thường xuyên và hệ số độ tin cậy

**Bảng 1.** So sánh tải trọng thường xuyên và hệ số độ tin cậy

TCVN 2737-1995[2]		TCVN 2737-2023[1]	Nhận xét																		
2.3.3. Tải trọng thường xuyên gồm có: 2.3.3.1. Khối lượng các thành phần và công trình, gồm khối lượng các kết cấu chịu lực và các kết cấu bao che; 2.3.3.2. Khối lượng và áp lực chịu đựng của đất (lấp và đắp), áp lực tạo ra do việc khai thác mỏ;		5.3. Các tải trọng sau đây được xếp vào loại tải trọng thường xuyên G: a) Trọng lượng của các phần, bộ phận của công trình, trong đó có lượng của các kết cấu chịu lực, các kết cấu bao che; b) Trọng lượng và áp lực của đất (đất, lấp); áp lực sinh ra do việc khai thác mỏ, v.v. ...;	<i>Cơ bản giống nhau, tuy nhiên sử dụng từ chính xác hơn, tiêu chuẩn cũ là Khối lượng, tiêu chuẩn mới là trọng lượng.</i>																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Các kết cấu và đất</th> <th>Hệ số độ tin cậy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Thép</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>2. Bê tông có khối lượng thể tích lớn hơn 1600kg/cm<sup>3</sup>, bê tông cốt thép, gạch đá, gạch đá có cốt thép và gỗ</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">3-5: Xem tiêu chuẩn.</td> </tr> </tbody> </table>		Các kết cấu và đất	Hệ số độ tin cậy	1. Thép	1.05	2. Bê tông có khối lượng thể tích lớn hơn 1600kg/cm <sup>3</sup> , bê tông cốt thép, gạch đá, gạch đá có cốt thép và gỗ	1.1	3-5: Xem tiêu chuẩn.		<b>Bảng 1-2023</b> Hệ số độ tin cậy về tải trọng $\gamma_i$ của trọng lượng kết cấu và đất <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kết cấu công trình và loại đất</th> <th>Giá trị <math>\gamma_i</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Kết cấu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>a) Kim loại, trừ trường hợp nêu trong 7.3</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>b) Bê tông (có khối lượng thể tích trung bình lớn hơn 1600 kg/m<sup>3</sup>), BTCT, khối xây, gỗ.</td> <td>1.10</td> </tr> <tr> <td>c) Xem tiêu chuẩn.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Kết cấu công trình và loại đất	Giá trị $\gamma_i$	1) Kết cấu		a) Kim loại, trừ trường hợp nêu trong 7.3	1.05	b) Bê tông (có khối lượng thể tích trung bình lớn hơn 1600 kg/m <sup>3</sup> ), BTCT, khối xây, gỗ.	1.10	c) Xem tiêu chuẩn.		<i>Cơ bản giống nhau, tiêu chuẩn mới bổ sung thêm cho các loại bê tông nhẹ, tường bao che, các lớp hoàn thiện sàn. ...</i>
Các kết cấu và đất	Hệ số độ tin cậy																				
1. Thép	1.05																				
2. Bê tông có khối lượng thể tích lớn hơn 1600kg/cm <sup>3</sup> , bê tông cốt thép, gạch đá, gạch đá có cốt thép và gỗ	1.1																				
3-5: Xem tiêu chuẩn.																					
Kết cấu công trình và loại đất	Giá trị $\gamma_i$																				
1) Kết cấu																					
a) Kim loại, trừ trường hợp nêu trong 7.3	1.05																				
b) Bê tông (có khối lượng thể tích trung bình lớn hơn 1600 kg/m <sup>3</sup> ), BTCT, khối xây, gỗ.	1.10																				
c) Xem tiêu chuẩn.																					

**2.1. Tải trọng tạm thời ngắn hạn và hệ số độ tin cậy**

**Bảng 2.** So sánh tải trọng tạm thời ngắn hạn và hệ số độ tin cậy

TCVN 2737-1995[2]		TCVN 2737-2023[1]	Nhận xét																														
2.3.5. Tải trọng tạm thời ngắn hạn gồm có: 2.3.5.1. Khối lượng người, vật liệu sửa chữa, phụ kiện dụng cụ và giá lắp trong phạm vi phục vụ và sửa chữa thiết bị; 2.3.5.2 đến 2.3.5.5 Xem tiêu chuẩn.		5.5 Các tải trọng sau đây được xếp vào loại tải trọng tạm thời ngắn hạn Q: a) Tải trọng do thiết bị phát sinh trong các quá trình khởi động, đóng máy, chuyển tiếp và thử máy, cũng như khi thay đổi vị trí hoặc thay thế thiết bị; b) Trọng lượng của người, vật liệu sửa chữa trong khu vực bảo dưỡng và sửa chữa thiết bị; c.. f) Xem tiêu chuẩn.	<i>Cơ bản giống nhau</i>																														
4.3.1. Tải trọng tiêu chuẩn phân bố đều trên sàn và cầu thang cho ở bảng 3-1995 <b>Bảng 3-1995</b> Tải trọng tiêu chuẩn phân bố đều trên sàn và cầu thang		8.3 Tải trọng phân bố đều 8.3.1 Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng tạm thời ngắn hạn phân bố đều lên sàn, mái, cầu thang bộ và sàn trên nền đất được nêu trong Bảng 4-2023 <b>Bảng 4-2023</b> Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng tạm thời ngắn hạn phân bố đều $q_{k,t}$	<i>Cơ bản giống nhau, một số điểm khác chính như sau: - Tiêu chuẩn mới phân chia thành các khu vực A, B, C... - Bổ sung thêm nhiều dạng tải trọng tạm thời ngắn hạn như tải xe chữa cháy, tải trọng trực thăng... - Phần dài hạn của tải trọng tạm thời tiêu chuẩn (thành phần dài hạn) trong tiêu chuẩn cũ tương đương với giá trị tiêu chuẩn giảm của tải trọng tạm thời thông qua hệ số <math>q_{k,per} = \eta \cdot q_{k,t}</math> [1].</i>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Loại phòng</th> <th rowspan="2">Loại nhà và công trình</th> <th colspan="2">Tải trọng tiêu chuẩn (daN/m<sup>2</sup>)</th> </tr> <tr> <th>Toàn phần</th> <th>Dài hạn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1. Phòng ngủ</td> <td>a) Khách sạn, bệnh viện, trại giam</td> <td>200</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>b) Nhà ở kiểu căn hộ, nhà trẻ, mẫu giáo, trường học nội trú, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng...</td> <td>150</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2. Phòng ăn, phòng khách, buồng vệ sinh, phòng tắm, phòng bida</td> <td>a) Nhà ở kiểu căn hộ</td> <td>150</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>b) Nhà trẻ, mẫu giáo, trường học, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng, khách sạn, bệnh viện, trại giam, nhà máy</td> <td>200</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>	Loại phòng	Loại nhà và công trình		Tải trọng tiêu chuẩn (daN/m <sup>2</sup> )		Toàn phần	Dài hạn	1. Phòng ngủ	a) Khách sạn, bệnh viện, trại giam	200	70	b) Nhà ở kiểu căn hộ, nhà trẻ, mẫu giáo, trường học nội trú, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng...	150	30	2. Phòng ăn, phòng khách, buồng vệ sinh, phòng tắm, phòng bida	a) Nhà ở kiểu căn hộ	150	30	b) Nhà trẻ, mẫu giáo, trường học, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng, khách sạn, bệnh viện, trại giam, nhà máy	200	70	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Khu vực</th> <th><math>q_{k,t}</math>, kN/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"><b>Khu vực A: Khu vực ở</b></td> </tr> <tr> <td><b>A1:</b> Căn hộ nhà ở; phòng ngủ của trường mầm non và trại trẻ mồ côi; phòng ngủ của nhà nghỉ, nhà dưỡng lão, ký túc xá và khách sạn; phòng ngủ và nghỉ của bệnh viện và nhà nghỉ dưỡng; bếp và vệ sinh: a) Sàn b) Ban công, lô gia</td> <td>1,5 2,0</td> </tr> <tr> <td><b>A2:</b> Sảnh, phòng chờ, hành lang, cầu thang bộ (với các đường đi lại liên quan) thông với khu vực A1</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Khu vực B: Khu vực làm việc, văn phòng, kỹ thuật</b></td> </tr> <tr> <td><b>B1:</b> Phòng làm việc của trụ sở cơ quan, phòng làm việc cho người nghiên cứu khoa học; phòng sinh hoạt (phòng vệ sinh, phòng tắm, phòng để quần áo) của cơ sở công nghiệp và của nhà và công trình công cộng: a) Sàn b) Ban công, lô gia</td> <td>2,0 2,5</td> </tr> </tbody> </table>	Khu vực	$q_{k,t}$ , kN/m <sup>2</sup>	<b>Khu vực A: Khu vực ở</b>		<b>A1:</b> Căn hộ nhà ở; phòng ngủ của trường mầm non và trại trẻ mồ côi; phòng ngủ của nhà nghỉ, nhà dưỡng lão, ký túc xá và khách sạn; phòng ngủ và nghỉ của bệnh viện và nhà nghỉ dưỡng; bếp và vệ sinh: a) Sàn b) Ban công, lô gia	1,5 2,0	<b>A2:</b> Sảnh, phòng chờ, hành lang, cầu thang bộ (với các đường đi lại liên quan) thông với khu vực A1	3,0	<b>Khu vực B: Khu vực làm việc, văn phòng, kỹ thuật</b>		<b>B1:</b> Phòng làm việc của trụ sở cơ quan, phòng làm việc cho người nghiên cứu khoa học; phòng sinh hoạt (phòng vệ sinh, phòng tắm, phòng để quần áo) của cơ sở công nghiệp và của nhà và công trình công cộng: a) Sàn b) Ban công, lô gia
Loại phòng			Loại nhà và công trình	Tải trọng tiêu chuẩn (daN/m <sup>2</sup> )																													
	Toàn phần	Dài hạn																															
1. Phòng ngủ	a) Khách sạn, bệnh viện, trại giam	200	70																														
	b) Nhà ở kiểu căn hộ, nhà trẻ, mẫu giáo, trường học nội trú, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng...	150	30																														
2. Phòng ăn, phòng khách, buồng vệ sinh, phòng tắm, phòng bida	a) Nhà ở kiểu căn hộ	150	30																														
	b) Nhà trẻ, mẫu giáo, trường học, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng, khách sạn, bệnh viện, trại giam, nhà máy	200	70																														
Khu vực	$q_{k,t}$ , kN/m <sup>2</sup>																																
<b>Khu vực A: Khu vực ở</b>																																	
<b>A1:</b> Căn hộ nhà ở; phòng ngủ của trường mầm non và trại trẻ mồ côi; phòng ngủ của nhà nghỉ, nhà dưỡng lão, ký túc xá và khách sạn; phòng ngủ và nghỉ của bệnh viện và nhà nghỉ dưỡng; bếp và vệ sinh: a) Sàn b) Ban công, lô gia	1,5 2,0																																
<b>A2:</b> Sảnh, phòng chờ, hành lang, cầu thang bộ (với các đường đi lại liên quan) thông với khu vực A1	3,0																																
<b>Khu vực B: Khu vực làm việc, văn phòng, kỹ thuật</b>																																	
<b>B1:</b> Phòng làm việc của trụ sở cơ quan, phòng làm việc cho người nghiên cứu khoa học; phòng sinh hoạt (phòng vệ sinh, phòng tắm, phòng để quần áo) của cơ sở công nghiệp và của nhà và công trình công cộng: a) Sàn b) Ban công, lô gia	2,0 2,5																																
4.3.3. Hệ số độ tin cậy đối với tải trọng phân bố đều trên sàn và cầu thang lấy bằng 1,3 khi tải trọng tiêu chuẩn nhỏ hơn 200 daN/m <sup>2</sup> , bằng 1,2 khi tải trọng tiêu chuẩn lớn hơn hoặc bằng 200 daN/m <sup>2</sup> . Hệ số độ tin cậy đối với tải trọng do khối lượng các vách ngăn tạm thời lấy theo điều 3.2		8.3.5 Hệ số độ tin cậy về tải trọng $\gamma_i$ của: a) các tải trọng phân bố đều nêu trong 8.3.1: lấy bằng 1,3; b) trọng lượng tường (vách) ngăn tạm thời nêu trong 8.3.2: lấy theo 8.2.4; c) các tải trọng nêu trong 8.3.4: lấy bằng 1,2.	Tiêu chuẩn cũ thì tùy theo độ lớn của hoạt tải sử dụng để xác định hệ số độ tin cậy, tiêu chuẩn mới lấy thì lấy bằng 1,3 cho tải phân bố đều trên sàn, 1,2 cho tải trọng tác dụng ngang trên tay vịn cầu thang và trọng lượng vách ngăn tạm thời.																														

**2.3. Tải trọng tạm thời dài hạn**

**Bảng 3.** So sánh tải trọng tạm thời dài hạn và hệ số độ tin cậy

TCVN 2737-1995[2]	TCVN 2737-2023[1]	Nhận xét
2.3.4. Tải trọng tạm thời dài hạn gồm có: 2.3.4.1. Khối lượng vách ngăn tạm thời, khối lượng phần đất và bê tông đệm dưới thiết bị; 2.3.4.2. Khối lượng của thiết bị cố định: máy cái, mô tơ, thùng chứa, ống dẫn kể cả phụ kiện, gối tựa, lớp ngăn cách, băng tải, băng truyền, các máy nâng cố định kể cả dây cáp và thiết bị điều khiển, trọng lượng các chất lỏng và chất rắn trong thiết bị suốt quá trình sử dụng. 2.3.4.3 đến 2.3.4.9: Xem tiêu chuẩn.	5.4 Các tải trọng sau đây được xếp vào loại tải trọng tạm thời dài hạn Q <sub>t</sub> : a) Trọng lượng của các tường (vách) ngăn tạm thời, bê tông lót hoặc vữa lót đệm dưới thiết bị; b) Trọng lượng của thiết bị cố định: máy cái; mô tơ; kết cấu chứa; đường ống dẫn kèm cả phụ kiện; gối tựa; lớp ngăn cách; băng tải; băng chuyển; các máy nâng cố định kể cả dây cáp và thiết bị điều khiển chúng; cũng như trọng lượng các chất lỏng và chất rắn trong thiết bị; c-h) Xem tiêu chuẩn.	- Khác nhau nhiều. - Tuy nhiên chủ yếu sử dụng để tính TTGH2. - Cần chú ý những khu vực có công năng đặc biệt.

**2.4. Tải trọng gió**

**Bảng 4.** So sánh về tải trọng gió

TCVN 2737-1995[2]	TCVN 2737-2023[1]	Nhận xét																																																																																							
6.3. Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió W ở độ cao Z so với mốc chuẩn xác định theo công thức $W = W_0 \times k \times c$ Trong đó: W <sub>0</sub> - giá trị của áp lực gió lấy theo bản đồ phân vùng phụ lục D và điều 6.4. k - hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao lấy theo bảng 5 c - hệ số khí động lấy theo bảng 6 Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió g lấy bằng 1,2.	10.2.2 Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió W <sub>k</sub> tại độ cao tương đương z <sub>e</sub> được xác định theo công thức: $W_k = W_{3s,10} \cdot k(z_e) \cdot c \cdot G_r$ Trong đó: W <sub>3s,10</sub> là áp lực gió 3 s ứng với chu kỳ lặp 10 năm: $W_{3s,10} = (\gamma_f \cdot W_0)$ với $\gamma_f$ là hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp từ 20 năm xuống 10 năm, lấy bằng 0,852; W <sub>0</sub> là áp lực gió cơ sở; k(z <sub>e</sub> ) là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương z <sub>e</sub> (xem 10.2.4) và được xác định theo 10.2.5; c là hệ số khí động, xác định theo 10.2.6; G <sub>r</sub> là hệ số hiệu ứng giạt, xác định theo 10.2.7.	+ Hệ số 0.852 chuyển từ 20 năm xuống 10 năm để hội nhập với các tiêu chuẩn thiết kế hiện đại trên thế giới. + Chu kỳ lặp lấy bằng 430 năm cho công trình thông thường và 1041 năm cho công trình quan trọng. + Do đó hệ số độ tin cậy của tải trọng gió thay đổi từ 1,2 lên 2,1.																																																																																							
Sơ đồ nhà, công trình, các cấu kiện và sơ đồ tải trọng gió 2. Nhà có mái dốc hai phía	<b>Bảng 6-1995:</b> Chỉ dẫn xác định hệ số khí động <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Hệ số</th> <th rowspan="2">α (độ)</th> <th colspan="4">h/1</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>0,5</th> <th>1</th> <th>≥ 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">c<sub>e1</sub></td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>-0,6</td> <td>-0,7</td> <td>-0,8</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,2</td> <td>-0,4</td> <td>-0,7</td> <td>-0,8</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0,4</td> <td>+0,3</td> <td>-0,2</td> <td>-0,4</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0,8</td> <td>+0,8</td> <td>+0,8</td> <td>+0,8</td> </tr> <tr> <td>c<sub>e2</sub></td> <td>≤ 60</td> <td>-0,4</td> <td>-0,4</td> <td>-0,5</td> <td>-0,8</td> </tr> </tbody> </table>	Hệ số	α (độ)	h/1				0	0,5	1	≥ 2	c <sub>e1</sub>	0	0,0	-0,6	-0,7	-0,8	20	0,2	-0,4	-0,7	-0,8	40	0,4	+0,3	-0,2	-0,4	60	0,8	+0,8	+0,8	+0,8	c <sub>e2</sub>	≤ 60	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8	<b>Bảng F.4-2023</b> – Hệ số c <sub>e</sub> cho tường thẳng đứng của nhà có mặt bằng chữ nhật <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">h/b</th> <th colspan="4">Vùng</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>-1,2</td> <td>-0,8</td> <td>-0,5</td> <td>+0,8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>-1,2</td> <td>-0,8</td> <td>-0,5</td> <td>+0,8</td> </tr> <tr> <td>≤ 0,25</td> <td>1,2</td> <td>-0,8</td> <td>-0,5</td> <td>+0,8</td> </tr> </tbody> </table>	h/b	Vùng				A	B	C	D	5	-1,2	-0,8	-0,5	+0,8	1	-1,2	-0,8	-0,5	+0,8	≤ 0,25	1,2	-0,8	-0,5	+0,8	+ Hệ số khí động C: xấp xỉ, phía hút gió tiêu chuẩn mới nhỏ hơn. + Tiêu chuẩn mới thêm thành phần tiếp tuyến theo phương vuông góc với các vùng ký hiệu A,B.																									
Hệ số	α (độ)			h/1																																																																																					
		0	0,5	1	≥ 2																																																																																				
c <sub>e1</sub>	0	0,0	-0,6	-0,7	-0,8																																																																																				
	20	0,2	-0,4	-0,7	-0,8																																																																																				
	40	0,4	+0,3	-0,2	-0,4																																																																																				
	60	0,8	+0,8	+0,8	+0,8																																																																																				
c <sub>e2</sub>	≤ 60	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8																																																																																				
h/b	Vùng																																																																																								
	A	B	C	D																																																																																					
5	-1,2	-0,8	-0,5	+0,8																																																																																					
1	-1,2	-0,8	-0,5	+0,8																																																																																					
≤ 0,25	1,2	-0,8	-0,5	+0,8																																																																																					
<b>Bảng 5-1995.</b> Hệ số k kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Độ cao Z, m</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>1,00</td><td>0,80</td><td>0,47</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,07</td><td>0,88</td><td>0,54</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,18</td><td>1,00</td><td>0,66</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,24</td><td>1,08</td><td>0,74</td></tr> <tr><td>20</td><td>1,29</td><td>1,13</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>30</td><td>1,37</td><td>1,22</td><td>0,89</td></tr> <tr><td>40</td><td>1,43</td><td>1,28</td><td>0,97</td></tr> <tr><td>50</td><td>1,47</td><td>1,34</td><td>1,03</td></tr> <tr><td>60</td><td>1,51</td><td>1,38</td><td>1,08</td></tr> <tr><td>80</td><td>1,57</td><td>1,45</td><td>1,18</td></tr> </tbody> </table>	Độ cao Z, m	A	B	C	3	1,00	0,80	0,47	5	1,07	0,88	0,54	10	1,18	1,00	0,66	15	1,24	1,08	0,74	20	1,29	1,13	0,80	30	1,37	1,22	0,89	40	1,43	1,28	0,97	50	1,47	1,34	1,03	60	1,51	1,38	1,08	80	1,57	1,45	1,18	<b>Bảng 9-2023</b> - Hệ số k(z <sub>e</sub> ) <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Độ cao z<sub>e</sub>, m</th> <th colspan="3">Giá trị k(z<sub>e</sub>) đối với các dạng địa hình</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>1,05</td><td>0,87</td><td>0,59</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,18</td><td>1,00</td><td>0,72</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,27</td><td>1,09</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>20</td><td>1,33</td><td>1,16</td><td>0,88</td></tr> <tr><td>30</td><td>1,43</td><td>1,26</td><td>0,98</td></tr> <tr><td>40</td><td>1,50</td><td>1,34</td><td>1,07</td></tr> <tr><td>50</td><td>1,56</td><td>1,40</td><td>1,14</td></tr> <tr><td>60</td><td>1,61</td><td>1,46</td><td>1,20</td></tr> <tr><td>80</td><td>1,69</td><td>1,55</td><td>1,30</td></tr> </tbody> </table>	Độ cao z <sub>e</sub> , m	Giá trị k(z <sub>e</sub> ) đối với các dạng địa hình			A	B	C	5	1,05	0,87	0,59	10	1,18	1,00	0,72	15	1,27	1,09	0,81	20	1,33	1,16	0,88	30	1,43	1,26	0,98	40	1,50	1,34	1,07	50	1,56	1,40	1,14	60	1,61	1,46	1,20	80	1,69	1,55	1,30	Với hệ số độ cao: + Tiêu chuẩn mới lấy theo cao độ tương đương z <sub>e</sub> . + Cùng một độ cao thì z tiêu chuẩn mới cho k lớn hơn. + Với loại nhà rất dài thì h<b và áp lực không đổi z <sub>e</sub> lấy ở cao trình mái.
Độ cao Z, m	A	B	C																																																																																						
3	1,00	0,80	0,47																																																																																						
5	1,07	0,88	0,54																																																																																						
10	1,18	1,00	0,66																																																																																						
15	1,24	1,08	0,74																																																																																						
20	1,29	1,13	0,80																																																																																						
30	1,37	1,22	0,89																																																																																						
40	1,43	1,28	0,97																																																																																						
50	1,47	1,34	1,03																																																																																						
60	1,51	1,38	1,08																																																																																						
80	1,57	1,45	1,18																																																																																						
Độ cao z <sub>e</sub> , m	Giá trị k(z <sub>e</sub> ) đối với các dạng địa hình																																																																																								
	A	B	C																																																																																						
5	1,05	0,87	0,59																																																																																						
10	1,18	1,00	0,72																																																																																						
15	1,27	1,09	0,81																																																																																						
20	1,33	1,16	0,88																																																																																						
30	1,43	1,26	0,98																																																																																						
40	1,50	1,34	1,07																																																																																						
50	1,56	1,40	1,14																																																																																						
60	1,61	1,46	1,20																																																																																						
80	1,69	1,55	1,30																																																																																						
- Đối với công trình có tần số dao động riêng cơ bản f <sub>1</sub> : $W_p = W \cdot \zeta \cdot v$ - Đối với nhà mặt bằng đối xứng, có f <sub>1</sub> < f <sub>L</sub> và mọi công trình có f <sub>1</sub> < f <sub>L</sub> < f <sub>2</sub> $W_p = m \cdot \xi \cdot \psi \cdot y$ - Đối với nhà nhiều tầng có độ cứng, khối lượng và bề rộng mặt đón gió không đổi theo chiều cao, cho phép xác định giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió ở độ cao z theo công thức: $W_p = 1,4 \cdot z / H \cdot \xi \cdot W_{pH}$	10.2.7 Hệ số hiệu ứng G <sub>r</sub> gồm cả thành phần phản ứng tĩnh và thành phần phản ứng động của kết cấu. 10.2.7.2 Đối với kết cấu "cứng" (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất T <sub>1</sub> ≤ 1 s) thì G <sub>r</sub> có thể lấy bằng 0,85. 10.2.7.3 Đối với kết cấu "mềm" (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất T <sub>1</sub> > 1 s) thì G <sub>r</sub> được xác định theo công thức (13)[1].	+ Theo tiêu chuẩn cũ việc tính thành phần động của gió phức tạp, chia nhiều trường hợp phụ thuộc vào chu kỳ, tần số, khối lượng, dạng dao động và áp dụng cho công trình có chiều cao lớn hơn 40 m. + Tiêu chuẩn mới thể hiện thông qua G <sub>r</sub> chỉ phụ thuộc vào chu kỳ dao động cơ bản thứ nhất.																																																																																							

2.5. Tổ hợp tải trọng

Bảng 5. So sánh về tổ hợp tải trọng.

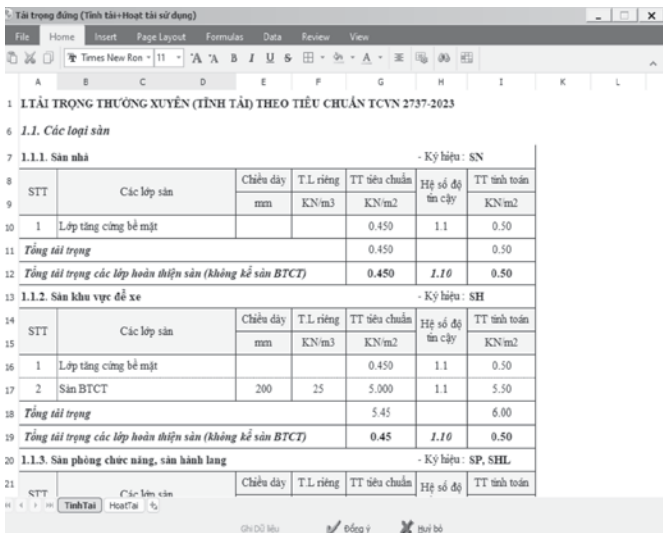
TCVN 2737-1995	TCVN 2737-2023	Nhận xét
<p>2.4. Tổ hợp tải trọng</p> <p>2.4.1. Tùy thành phần các tải trọng tính đến, tổ hợp tải trọng gồm có tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt.</p> <p>2.4.1.1. Tổ hợp tải trọng cơ bản gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn</p> <p>2.4.1.2. Tổ hợp tải trọng đặc biệt gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn, tải trọng tạm thời ngắn hạn có thể xảy ra và một trong các tải trọng đặc biệt.</p> <p>Tổ hợp tải trọng đặc biệt do tác động nổ hoặc do va chạm của các phương tiện giao thông với các bộ phận công trình cho phép không tính đến các tải trọng tạm thời ngắn hạn cho trong mục 2.3.5.</p> <p>2.4.2-2.4.3: Xem tiêu chuẩn.</p>	<p>6.2 Tùy thuộc vào các thành phần tải trọng được kể đến, cần phân biệt:</p> <p>a) Các tổ hợp cơ bản của tải trọng, bao gồm các tải trọng thường xuyên, tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn. Các tổ hợp cơ bản có thể được biểu diễn bằng công thức tổng quát:</p> $C_m = \gamma_n \left( \sum_{j=1}^n \gamma_{f,j} G_j^{"+"} + \sum_{j=1}^n \gamma_{f,j} \psi_{f,j} Q_{k,j,1}^{"+"} + \sum_{m=1}^m \gamma_{f,m} \psi_{f,m} Q_{k,j,m} \right) \quad (1)$ <p>6.3 Đối với các tổ hợp cơ bản và đặc biệt, trừ các trường hợp nêu trong TCVN 9386 và trong các tiêu chuẩn về thiết kế kết cấu và nền, giá trị hệ số tổ hợp của tải trọng tạm thời dài hạn <math>\psi_{L,i}</math> được lấy như sau:</p> <p><math>\psi_{L,1} = 1,0; \psi_{L,2} = \psi_{L,3} = \dots = 0,95</math></p> <p>trong đó:</p> <p><math>\psi_{L,i}</math> là hệ số tổ hợp của tải trọng tạm thời dài hạn chủ đạo (theo mức độ ảnh hưởng);</p> <p>6.4: Xem tiêu chuẩn.</p>	<p>Hệ số tổ hợp tăng lên:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hoạt tải chủ đạo tăng từ 0,9 lên 1.</li> <li>+ Hoạt tải thứ 2 tăng từ 0,8 lên 0,9,</li> <li>+ Hoạt tải thứ 3,4 tăng từ 0,6 lên 0,7.</li> </ul> <p>+ Bài toán không gian khi không xét đến tải động đất thì số tổ hợp tối thiểu cần xét là 28, nếu có xét động đất thì số tổ hợp là 44 nên khi thiết kế khó tinh như tiêu chuẩn cũ mà nên sử dụng các bảng tính, phần mềm tự động hóa.</p> <p>+ Bổ sung thêm hệ số tầm quan trọng <math>\gamma_n</math> phụ thuộc vào phân cấp công trình theo bảng H.3 [1]. Lưu ý ký hiệu (C1-C3) thì tầm quan trọng càng cao (<math>\gamma_n</math> tăng), khác với quy định trong thông tư 06/2021/TT-BXD, thì xếp theo độ quan trọng của kết cấu (cấp IV-cấp I). Hệ số này được nhân trực tiếp vào tổ hợp nên không chỉ tải trọng ngang mà cả tải trọng đứng và các loại tải khác cũng tăng theo cấp công trình.</p>

3. PHẦN MỀM PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ RDSUITE [3]

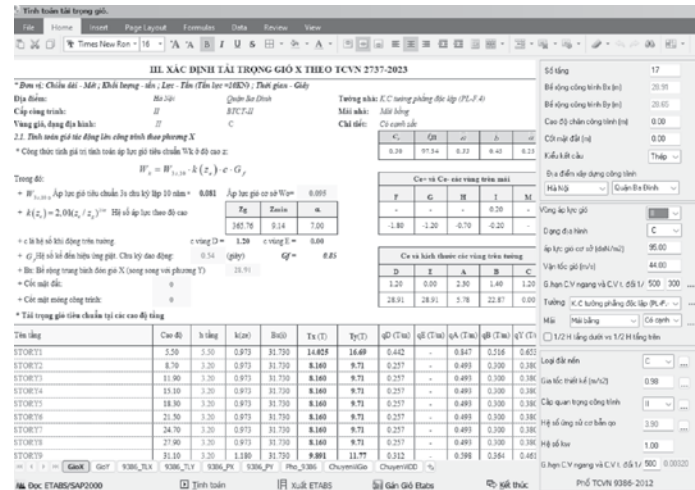
RDSuite là phần mềm thiết kế kết cấu theo Tiêu chuẩn Việt Nam và một số tiêu chuẩn nước ngoài như ACI-318-19, EC2 2004, GB 50010-2010... trên cơ sở lấy kết quả phân tích nội lực và phân tích động lực từ các phần mềm SAP2000, ETABS và STAADPRO.... Phần mềm phát triển hơn 20 năm (từ năm 1995), phiên bản hiện nay là RDSuite version 27. Phần mềm có khả năng tính toán tải trọng theo TCVN 2737-1995(2023), tính toán thiết kế móng đơn, móng cọc theo TCVN 10304, thiết kế kết cấu bê tông cốt thép theo TCVN 5574-2018, ACI-318-19 EC2-2004, kiểm tra cấu kiện thép theo TCVN 5575-2018. Ngoài ra phần mềm còn có các tính năng đặc biệt như: tính toán kè và tường chắn đất, tính toán sàn BTCT ứng lực trước...

3.1. Khả năng tính toán xác định tải trọng

Các loại tải trọng đứng: thường xuyên (tĩnh tải), tạm thời (hoạt tải) theo TCVN 2737-2023 đều có trong phần mềm từ thư viện và có thể xuất qua sang Excel (XLSX). Phần mềm tự động tính toán và gán tải trọng tương biên và tải trọng gió theo cả 2 tiêu chuẩn sang Etabs. Các loại tải trọng động đất theo phương pháp tính lực ngang hay phổ phản ứng theo TCVN 9386-2012 đều dễ dàng tìm thấy trong phần mềm.



Hình 1. Thư viện các loại tải trọng đứng tác dụng trong RDSuite

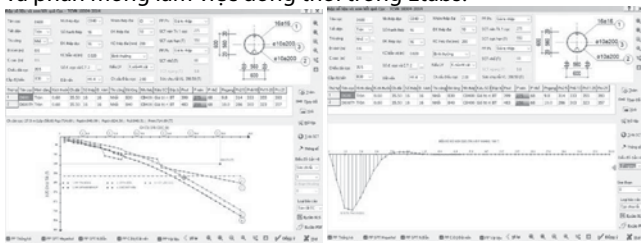


Hình 2. Xác định tải trọng gió và tính năng tự động gán tải trọng gió trong RDSuite

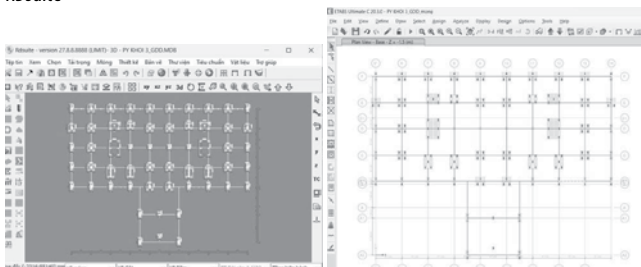
3.2. Khả năng tính toán kết cấu móng

Từ số liệu địa chất được nhập dưới dạng bảng biểu, phần mềm tính toán sức chịu tải của cọc theo TCVN 10304-2014. Trên cơ sở tải trọng và sức chịu tải của cọc phần mềm tự động bố trí cọc theo từ thư viện mẫu hay từ bản vẽ AutoCAD. Các loại móng có thể tính toán được là móng cọc, móng đơn, móng băng giao nhau. Một trong

những tính năng đặc biệt của phần mềm là tính toán móng có cột đặt lệch tâm theo phương pháp PTHH và tự tạo mô hình phần thân và phần móng làm việc đồng thời trong Etabs.



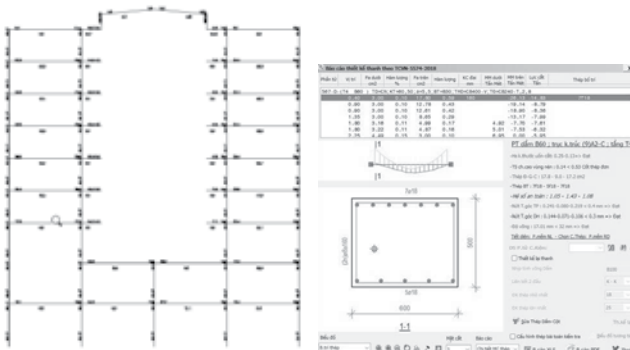
**Hình 3.** Xác định sức chịu tải đứng và ngang của cọc theo các phương pháp trong RDSuite



**Hình 4.** Tự động bố trí cọc và tạo mô hình móng đồng thời trong Etabs

**3.3. Khả năng tính toán kết cấu BTCT**

Phần mềm có thể tính toán thiết kế (tìm  $A_s$ ) và kiểm tra khả năng chịu lực ( $N_{gh}$ ,  $M_{gh}$ ) cho hầu hết các cấu kiện BTCT như dầm, cột, sàn, vách... Phần mềm kiểm tra khả năng chịu lực của cột vách theo phương pháp biểu đồ tương tác không gian, kiểm tra trạng thái giới hạn về nứt, võng cho dầm, co giãn cột dưới tác dụng dài hạn của tải trọng.



**Hình 5.** Tính toán cốt thép khung, bố trí cốt thép, kiểm tra võng nứt cho dầm BTCT



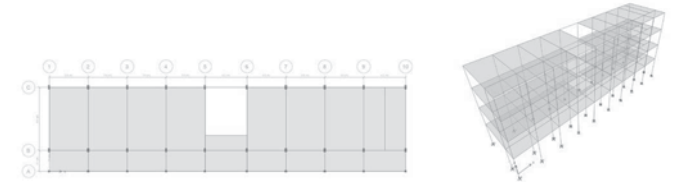
**Hình 6.** Tính toán thiết kế cột và kiểm tra theo phương pháp biểu đồ tương tác không gian

**4. KHẢO SÁT SỰ THAY ĐỔI CỦA LƯỢNG THÉP DỌC TRONG KHUNG BTCT**

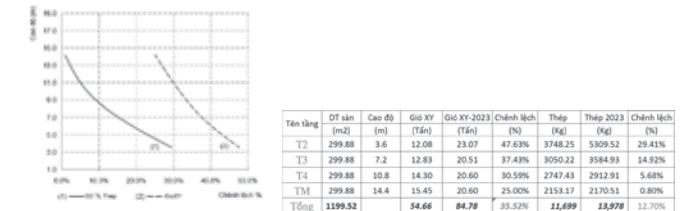
Mục đích khảo sát: thông qua các công trình thực tế đã được xây dựng, khảo sát sự thay đổi của tải trọng, kết quả thiết kế móng, thiết

kế phần khung BTCT giữa 2 tiêu chuẩn tải trọng tác động TCVN 2737-1995 và TCVN 2737-2023. Nghiên cứu khảo sát cho 4 nhóm công trình: nhóm 1 nhà thấp tầng (biệt thự, nhà phố... có chiều cao dưới 20m), nhóm 2 nhà cao tầng có chiều cao dưới 40m, nhóm 3 nhà cao tầng có chiều cao từ 40-69m, nhóm 4 nhà cao tầng cao trên 70m cụ thể như sau:

**4.1. Công trình trường học 4 tầng (nhóm 1)**

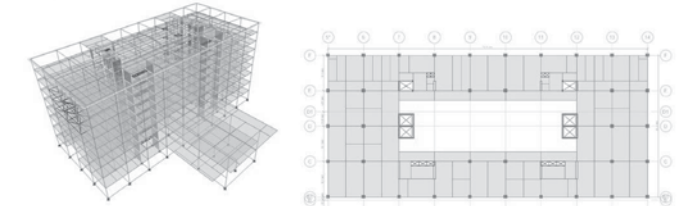


**Hình 7.** Mô hình trường học 4 tầng trong phần mềm Etabs

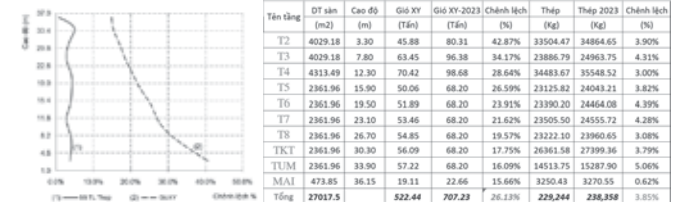


**Hình 8.** Sự chênh lệch tải trọng gió và trọng lượng thép khung theo chiều cao

**4.2. Tòa nhà 9 tầng trung tâm hành chính TP Phổ Yên - Thái Nguyên (nhóm 2)**

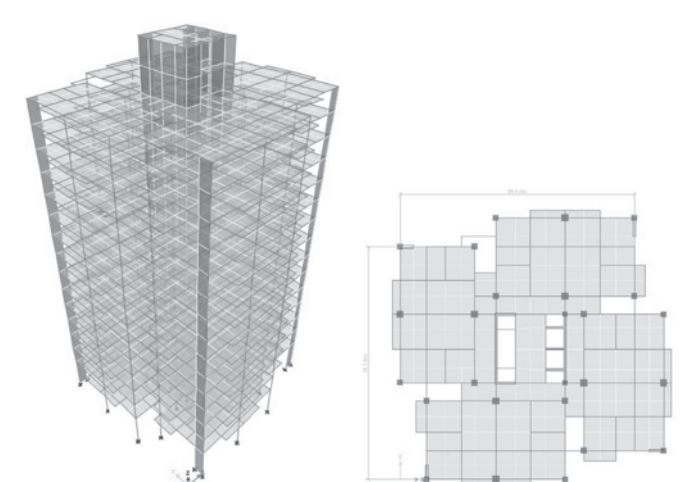


**Hình 9.** Mô hình tòa nhà 9 tầng trong phần mềm Etabs.

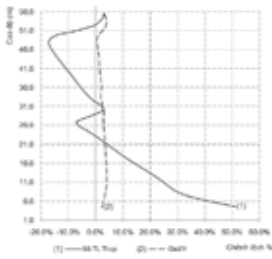


**Hình 10.** Chênh lệch tải trọng gió và trọng lượng thép khung theo chiều cao

**4.3. Tòa nhà 15 tầng CT10A - Việt Hưng - Long Biên - Hà Nội (nhóm 3)**

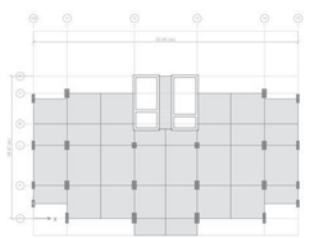
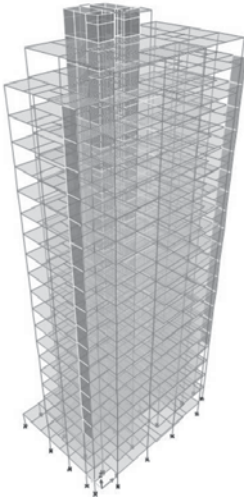


**Hình 11.** Mô hình tòa nhà 15 tầng trong phần mềm Etabs

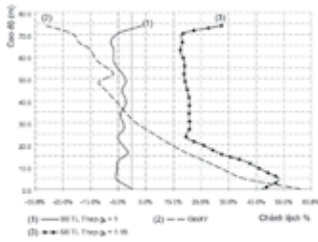


Tên tầng	01 tầng (m)	Cao-02 (m)	Giới-XY (T1a)	Chênh lệch (%)	Thép (Kg)	Thép-2023 (Kg)	Chênh lệch (%)	
T1	997,27	4,50	32,22	66,24	51,30%	14618,64	14952,08	2,25%
T2	997,27	7,70	24,00	35,62	32,48%	12692,05	13192,41	3,63%
T3	997,27	10,90	26,69	35,62	25,07%	12894,60	13429,22	3,98%
T4	997,27	14,10	29,17	35,62	18,11%	12971,84	13487,51	3,83%
T5	997,27	17,30	31,54	35,62	11,46%	12964,14	13507,00	3,80%
T6	997,27	20,50	33,78	35,62	5,23%	12954,66	13450,70	3,54%
T7	997,27	23,70	35,94	35,62	-0,90%	12987,33	13430,88	3,30%
T8	997,27	26,90	38,04	35,62	-4,79%	12976,46	13360,18	2,87%
T9	997,27	30,10	40,04	41,09	2,54%	12888,22	13270,99	2,88%
T10	997,27	33,30	41,90	41,09	-1,96%	12877,76	13184,16	2,00%
T11	997,27	36,50	43,43	41,09	-5,70%	12868,36	13092,90	2,17%
T12	997,27	39,70	44,86	41,09	-8,15%	12587,73	12800,50	1,60%
T13	997,27	42,90	46,36	41,09	-12,82%	12580,67	12764,20	1,44%
T14	997,27	46,10	47,72	41,09	-16,34%	12500,72	12663,76	0,80%
T15	997,27	49,30	47,84	41,09	-16,47%	12097,77	12135,10	0,34%
T16	40,04	52,50	50,22	50,15	-0,06%	8877,43	8922,23	0,51%
T17	40,04	55,70	50,80	50,15	-0,65%	8777,48	8906,26	0,38%
Tổng	13080,79		583,63	628,82	6,40%	236,857	205,433	-2,00%

Hình 12. Sự chênh lệch tải trọng gió và trọng lượng thép khung theo chiều cao  
**4.4. Tòa nhà 20 tầng CT2 - Hoài Đức - Hà Nội (nhóm 4)**



Hình 13. Mô hình tòa nhà 20 tầng trong phần mềm Etabs



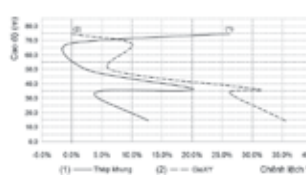
Tên tầng	01 tầng (m)	Cao-02 (m)	Giới-XY (T1a)	Chênh lệch (%)	Thép (Kg)	Thép-2023 (Kg)	Chênh lệch (%)	
T1	997,27	4,50	32,22	66,24	51,30%	14618,64	14952,08	2,25%
T2	997,27	7,70	24,00	35,62	32,48%	12692,05	13192,41	3,63%
T3	997,27	10,90	26,69	35,62	25,07%	12894,60	13429,22	3,98%
T4	997,27	14,10	29,17	35,62	18,11%	12971,84	13487,51	3,83%
T5	997,27	17,30	31,54	35,62	11,46%	12964,14	13507,00	3,80%
T6	997,27	20,50	33,78	35,62	5,23%	12954,66	13450,70	3,54%
T7	997,27	23,70	35,94	35,62	-0,90%	12987,33	13430,88	3,30%
T8	997,27	26,90	38,04	35,62	-4,79%	12976,46	13360,18	2,87%
T9	997,27	30,10	40,04	41,09	2,54%	12888,22	13270,99	2,88%
T10	997,27	33,30	41,90	41,09	-1,96%	12877,76	13184,16	2,00%
T11	997,27	36,50	43,43	41,09	-5,70%	12868,36	13092,90	2,17%
T12	997,27	39,70	44,86	41,09	-8,15%	12587,73	12800,50	1,60%
T13	997,27	42,90	46,36	41,09	-12,82%	12580,67	12764,20	1,44%
T14	997,27	46,10	47,72	41,09	-16,34%	12500,72	12663,76	0,80%
T15	997,27	49,30	47,84	41,09	-16,47%	12097,77	12135,10	0,34%
T16	40,04	52,50	50,22	50,15	-0,06%	8877,43	8922,23	0,51%
T17	40,04	55,70	50,80	50,15	-0,65%	8777,48	8906,26	0,38%
Tổng	13080,79		583,63	628,82	6,40%	236,857	205,433	-2,00%

**4.5. So sánh bố trí cọc và thép đài móng**

Nhóm	Công trình	Số tầng	Cọc 1995 (cái)	Cọc 2023 (cái)	Chênh lệch (%)	Thép 1995 (Kg)	Thép 2023 (Kg)	Chênh lệch (%)
1	Công trình trường học	4	142	131	-8.40%	740	709	-4.37%
2	Trung tâm hành chính Phố Yên - Thái Nguyên	9	134	149	10.07%	14,132	17,199	17.83%
3	Tòa CT10A - Việt Hưng - Long Biên - Hà Nội	15	60	69	13.04%	11,349	15,082	24.75%
4	Tòa CT2 - Hoài Đức - Hà Nội	20	52	58	10.34%	12,494	15,032	16.88%

**4.6. Một số nhận xét từ kết quả khảo sát**

- Nghiên cứu đã khảo sát cho thấy cả 4 nhóm công trình cho tải trọng gió theo tiêu chuẩn mới lớn hơn tiêu chuẩn cũ trung bình khoảng 18,22 %. Chiều cao nhà càng cao (trên 40m) thì chênh lệch tải trọng gió giữa 2 tiêu chuẩn càng giảm.



Thứ tự	Tổng chiều cao (m)	% Gió	%Cốt thép	%Cọc	% Thép đài
1	14,40	35,52%	12,70%	-8,40%	-4,37%
2	33,90	26,13%	3,85%	10,07%	17,83%
3	35,90	31,10%	20,16%	-13,25%	-29,89%
4	49,30	6,40%	2,60%	13,04%	24,75%
5	67,00	10,10%	-0,66%	-	-
6	74,10	0,06%	26,32%	10,34%	16,88%
Trung bình		18,22%	10,83%	2,36%	5,04%

Hình 14. Biểu đồ sự chênh lệch gió và trọng lượng thép khung theo chiều cao

- Tổng trọng lượng thép trong khung theo tiêu chuẩn mới cũng tăng trung bình khoảng 10,83%. Nghiên cứu khảo sát cũng cho thấy chênh lệch trọng lượng thép cũng giảm dần theo chiều cao công trình. Tuy nhiên với công trình cao trên 70m, theo phân cấp công trình [1] là thuộc C3, hệ số tầm quan trọng trọng  $\gamma_w=1,15$  nên trọng lượng thép tăng 26,32%.

- Theo khảo sát thì số lượng cọc bố trí chỉ tăng 2,36%, trọng lượng thép trong đài tăng 5,04%. Hai tham số trên tăng không nhiều do lượng cọc bố trí [7] phụ thuộc nhiều vào tải trọng đứng và với tổ hợp có gió, khả năng chịu tải của cọc được lấy tăng thêm 20%.

- Số tổ hợp phát sinh theo tiêu chuẩn mới khá nhiều, khi sử dụng khả năng tự động tổ hợp trong RDSuite [3] công việc này tiết kiệm được nguồn lực.

**5. KẾT LUẬN**

Tiêu chuẩn tải trọng tác động TCVN 2737-2023 đã khắc phục được nhiều hạn chế của tiêu chuẩn TCVN 2737-1995, hướng đến sự đúng đắn, hiện đại được lấy từ tiêu chuẩn ASCE, châu Âu. Nghiên cứu đã làm rõ một số điểm thay đổi chính giữa 2 tiêu chuẩn TCVN 2737-1995 và TCVN 2737-2023 trong tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng tác động lên công trình BTCT. Kết quả khảo sát số bằng phần mềm Rdsuite cho thấy về tải trọng gió, trọng lượng thép khung và đài cọc, lượng cọc bố trí đều tăng tùy theo chiều cao và mức độ quan trọng của công trình. Do vậy cần có những chỉ dẫn điều chỉnh trong các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT TCVN 5574-2018, kết cấu thép TCVN 5575-2012, móng cọc TCVN 10304-2014 để tương thích và đồng bộ với tiêu chuẩn về tải trọng tác động mới.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] TCVN 2737:2023: Tiêu chuẩn tải trọng và tác động, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [2] TCVN 2737:1995: Tiêu chuẩn về tải trọng tác động, Viện khoa học công nghệ xây dựng (IBST), Bộ Xây dựng.
- [3] Tam,T.V: RDSuite-Phần mềm phân tích thiết kế kết cấu theo Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [4] 06/2021/TT-BXD: Thông tư quy định về phân cấp công trình xây dựng và hướng dẫn áp dụng trong quản lý hoạt động đầu tư xây dựng.
- [5] СНиП 11-6-74: СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА, СССР (Liên Xô cũ).
- [6] AS 1170.2-1983: Minimum design loads on structures, Autraylia.
- [7] TCVN 10304:2014: Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [8] QCVN 02:2022: Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng, Bộ Xây dựng
- [9] Long, L.M., Trung, V.T: Những điểm mới trong tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 – Tải trọng và tác động, Tài liệu hội thảo.
- [10] Minh, P. Q., Phong, N. T., Thăng, N. T., Tùng, V. M. (2021). Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện cơ bản) TCVN 5574:2018. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [11] Bộ môn Công trình Bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây dựng (2021). Hướng dẫn tính toán cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018. NXB Khoa học và kỹ thuật.

# Phân tích tính toán kết cấu dầm đỡ vách (dầm chuyển) bằng mô hình giàn ảo

Analysis and design of retaining wall support (transfer beam) using strut- and- tie Model

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG

Bộ môn XDDD và CN, Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

Email: [thangnnn@tlu.edu.vn](mailto:thangnnn@tlu.edu.vn)

## TÓM TẮT

Trong lý thuyết tính toán kết cấu dầm bê tông cốt thép, dầm đỡ vách còn được gọi là dầm chuyển là loại cấu kiện chịu uốn có độ cứng và tiết diện hình học tương đối lớn (tỷ lệ chiều dài nhịp trên chiều cao nhỏ hơn hoặc bằng 2.5 đối với nhịp liên tục và 2 đối với nhịp đơn) và trạng thái làm việc của hệ kết cấu từ hệ dầm cột chịu lực sang hệ dầm vách chịu lực. Các kết quả phân tích đàn hồi đã cho thấy những giả thiết tiết diện phẳng cho dầm không thỏa mãn đối với dầm chuyển; tồn tại một vùng chịu ứng suất lớn tại vị trí gối tựa và đặc biệt là ở mặt gối tựa; các biến dạng dọc do lực cắt gây ra trong dầm chuyển là lớn hơn nhiều so với biến dạng uốn, do đó đóng vai trò nhiều hơn so với tổng biến dạng. Mặt khác dầm chuyển thường có vết nứt xuất hiện khá sớm theo phương của ứng suất nén chính, tức là vuông góc với phương của ứng suất kéo. Trong nhiều trường hợp, khe nứt xuất hiện thẳng đứng hoặc nghiêng khi dầm bị phá hoại do lực cắt. Trạng thái làm việc của dầm chuyển trong giai đoạn giới hạn cực hạn phải được tính theo mô hình toán cơ, là mô hình tốt nhất đối với dầm bê tông cốt thép có bố trí cốt thép sườn dầm, gọi là mô hình "chống và giàn" (Strut and tie model) hay còn gọi là mô hình giàn ảo. Trong bài báo này tác giả phân tích nội dung tính toán thiết kế dầm chuyển qua ví dụ cụ thể dựa trên tiêu chuẩn thiết kế cấu 22TCN 272-01 của Bộ Giao thông vận tải Việt Nam và tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-2002.

**Từ khóa:** Ứng suất kéo; ứng suất nén chính; dầm chuyển; mô hình "chống và giàn".

## ABSTRACT

In the theory of reinforced concrete beam structural analysis, the retaining wall support beam, also known as the transfer beam, is a type of bending member with relatively large stiffness and cross-sectional area (where the span-to-depth ratio is less than or equal to 2.5 for continuous spans and 2 for single spans). Elastic analysis results have shown that the assumption of a flat cross-section for the beam is not applicable to the transfer beam; there exists a zone with high stress concentration at the bearing location and especially at the bearing face. The vertical deformations caused by shear forces in the transfer beam are much greater than the deformations due to bending, thus playing a significant role in the total deformation. Moreover, transfer beams often exhibit early cracking along the direction of the principal compressive stress, which is perpendicular to the direction of tensile stress. In many cases, cracks appear vertically or diagonally when the beam is subjected to shear-induced damage. The working state of the transfer beam at the ultimate limit state must be calculated using a structural model, known as the "strut and tie" model or "virtual strut" model, which is the most suitable model for reinforced concrete beams with side reinforcement. In this paper, the author analyzes the design calculation content of the transfer beam through specific examples based on the design standards 22TCN 272-01 of the Ministry of Transport of Vietnam and the American standard ACI 318-2002.

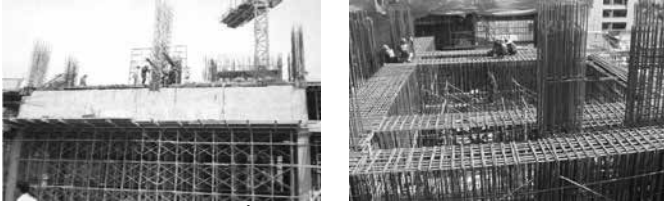
**Keywords:** Tensile stress; principal compressive stress; transfer beam; strut and tie Model.

## 1. DẦM CHUYỂN TRONG KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG

Trong kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép, dầm đỡ vách hay dầm chuyển là khái niệm xuất hiện khi cấu kiện dầm được thiết kế tại vị trí mà nó làm thay đổi trạng thái làm việc của hệ kết cấu từ hệ dầm cột chịu lực sang hệ dầm vách chịu lực hoặc hệ dầm cột nhưng với số lượng cột phải trên dầm nhiều hơn số lượng cột phía dưới dầm [1]. Công năng của dầm chuyển là gánh đỡ toàn bộ tải trọng kết cấu bên trên nó rồi phân bố xuống từng chân cột bên

dưới. Chính vì dầm chuyển phải nhận một lượng tải trọng rất lớn nên chúng thường có kích thước và độ cứng lớn hơn so với dầm truyền thống. Khi đó tỷ lệ chiều dài nhịp dầm trên chiều cao là khá nhỏ, thậm chí trong khoảng từ 2 đến 2.5 tùy vào nhịp liên tục hay nhịp đơn. Ngoài khả năng chống lại moment uốn trực tiếp do tải trọng lớn bên trên, dầm chuyển còn có khả năng chống cắt lớn hơn nhiều so với dầm truyền thống vì ảnh hưởng bởi tiết diện lớn của dầm [2]. Trong kiến trúc nhà cao tầng giải pháp dầm chuyển

được phân tích lựa chọn vì khả năng vượt nhịp lớn và thay đổi không gian kiến trúc một cách linh hoạt. Hình 1 minh họa thi công kết cấu dầm chuyển nhà cao tầng [3].



**Hình 1.** Thi công dầm chuyển nhà nhiều tầng [3]

Giải pháp kết cấu dầm chuyển tạo được không gian lớn bằng cách trốn cột tạo không gian lớn cho tầng bên dưới, kết cấu dầm chuyển có khả năng vượt nhịp lớn, nhịp có thể lên đến 16-20m, giảm kích thước cấu kiện của các tầng trên kết cấu dầm chuyển. Tuy nhiên tải trọng tập trung bên trên dầm chuyển khá lớn, khi xảy ra động đất kết cấu dầm chuyển rất dễ phá hoại. Bên cạnh đó việc tính toán thi công dầm chuyển tương đối phức tạp, khó khăn trong lắp dựng giàn giáo cũng như đổ bê tông toàn khối cấu kiện lớn. Có thể thấy rằng, trọng lượng bản thân công trình phân bố không đồng đều, tập trung khối lượng lớn ở tầng có dầm chuyển làm cho công trình rất dễ mất ổn định khi có ngoại lực tác dụng vào công trình (động đất, gió bão) và các kết cấu bên dưới của dầm chuyển dễ mất ổn định [3, 4].

Tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI-318 [5] đã đưa ra khái niệm dầm cao (deep beam) và nêu rõ tác động của dầm chuyển phải được xét đến trong trường hợp  $l/h < 2,5$  đối với các nhịp liên tục hoặc  $< 2$  đối với các nhịp đơn do có sự phụ thuộc và tác động lẫn nhau của ứng suất pháp theo phương dọc dầm và theo phương thẳng đứng cũng như ảnh hưởng của ứng suất tiếp do lực cắt gây ra. Đối với các dầm bê tông cốt thép thông thường đều dựa trên lý thuyết đàn hồi và sử dụng các giả thiết vật liệu là đồng chất và đẳng hướng. Nhưng điều đó trở nên không hợp lý đối với kết cấu dầm cao bởi nguyên nhân được chỉ ra là vì sau khi xuất hiện các vết nứt, dầm chuyển có sự phân bố lại ứng suất trên tiết diện do có sự phụ thuộc và tác động lẫn nhau của ứng suất pháp theo phương dọc dầm và theo phương thẳng đứng cũng như ảnh hưởng của ứng suất tiếp do lực cắt gây ra [6]. Do vậy phá hoại do uốn của dầm chuyển bê tông cốt thép là dạng phá hoại dẻo, sự phát triển các vết nứt theo chiều dọc xuất phát từ bụng dầm và dần lên phía trên, cùng với sự gia tăng tải trọng, sự phá hoại thông thường xảy ra do cốt thép bị kéo đứt hoặc bị chảy dẻo, rất hiếm trường hợp bê tông vùng nén bị phá hoại. Dạng phá hoại thực tế trong dầm chuyển (dầm cao) bê tông cốt thép ngoài việc phụ thuộc vào kích thước dầm, tỉ số giữa chiều dài nhịp và chiều cao dầm, cách đặt lực tác dụng mà còn phụ thuộc vào số lượng và cách bố trí cốt thép trong dầm. Theo [7] có 2 dạng phá hoại chính được xác định gồm: Phá hoại do uốn và phá hoại do lực cắt. Do đó cấu kiện dầm chuyển không thể sử dụng lý thuyết tính toán dầm chịu uốn thông thường trong tính toán.

## 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN DẦM CHUYỂN THEO MÔ HÌNH CHỐNG VÀ GIẪNG

Mô hình giàn ảo hay còn được gọi là mô hình chống và giằng (strut-and-tie modelling (STM)) là một trong những mô hình được sử dụng khá thành công để mô phỏng vùng chịu lực có đặc tính không liên tục về hình học hoặc tính học cho kết cấu bê tông cốt thép [8]. Thiết kế dầm chuyển bê tông cốt thép theo trạng thái ứng suất tới hạn bằng mô hình giàn ảo là xét đến các điều kiện làm việc của hai vùng B và D trong kết cấu. Phương pháp STM sử dụng

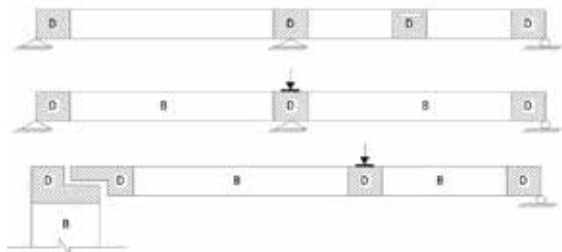
nguyên tắc của cơ học kết cấu hệ thanh, nguyên tắc này không ảnh hưởng và không tác động đến việc phân tích ảnh hưởng của mặt cắt bằng các hệ tĩnh học truyền thống. Nội dung tính toán dưới đây dựa trên tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-01 của Bộ Giao thông vận tải Việt Nam và tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-2002.

Mô hình giàn ảo, STM, là một phương pháp đơn giản nhưng lại rất hữu dụng để giải quyết các trường hợp ứng suất phức tạp như mô hình dạng tam giác. STM được dựa trên sự tương đồng với hệ giàn và có thể được áp dụng cho nhiều phần tử kết cấu bê tông, áp dụng để thiết kế các phần tử không được nêu cụ thể trong tiêu chuẩn tính toán hoặc một phần của cấu kiện kết cấu bê tông cốt thép. Quy trình thiết kế theo STM có thể được tóm tắt gồm bốn bước chính: 1) Định nghĩa và cô lập vùng B- và D- (xem Hình 2); 2) Phát triển STM - một hệ giàn để diễn tả dòng ứng suất ở vùng D- và tính toán lực của các phần tử giàn; 3) Thiết kế các phần tử của STM - kích thước và thiết kế các phần tử giàn để đảm bảo khả năng chịu lực và 4) Tiến hành tính toán lập để tối ưu hóa STM nên cần thiết theo nguyên lý năng lượng biến dạng là tối thiểu [9].

### 2.1. Phân vùng ứng suất biến dạng của các cấu kiện bê tông cốt thép

Thông thường, trong quá trình tính toán thiết kế, các cấu kiện bê tông cốt thép được phân loại thành các dạng cơ bản như cột, thanh, dầm, bản ... và hệ kết cấu khung, dàn, ... theo các đặc điểm chịu lực và hình thức kết cấu của chúng. Đối với từng cấu kiện cụ thể thì trạng thái ứng suất, biến dạng của các tiết diện cũng thay đổi tùy theo vị trí và phương thức chịu tải. Tùy theo tỷ lệ giữa chiều dài nhịp và chiều cao, dầm bê tông cốt thép chịu uốn có thể phân chia thành các vùng ứng suất B và D như sau:

Vùng B (Beam) là các vùng có trạng thái ứng suất tuân theo các giả thiết của dầm về tiết diện chịu uốn, chủ yếu phần giữa nhịp chịu tác dụng của moment uốn, lực cắt nhỏ hoặc bằng không. Tại các vùng này vẫn có thể tính toán thiết kế như với cấu kiện chịu uốn theo các tiêu chuẩn tính toán kết cấu bê tông cốt thép hiện hành. Vùng D (Discontinuity zone) là vùng có trạng thái ứng suất phức tạp, thường xuất hiện tại các vùng mối nối, thay đổi tiết diện đột ngột, có lỗ khoét, gắp khúc hoặc tại các liên kết gối tựa và điểm đặt lực tập trung trên cấu kiện. Các vai cột, các móng đỡ và công xôn ngắn cũng thuộc các dạng kết cấu có vùng D.



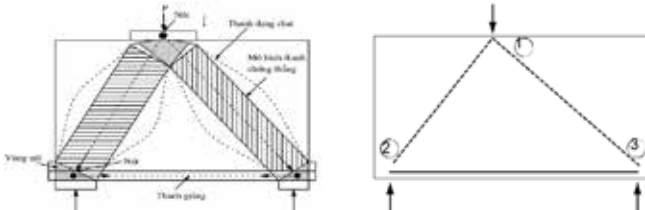
**Hình 2.** Các vùng B và D của dầm bê tông

Kết cấu có thể chia ra: Vùng B (hoặc dầm hoặc Bernoulli) là vùng mà mặt phẳng tiết diện vẫn là phẳng sau khi chịu lực và được thiết kế dựa theo lý thuyết tính toán dầm "thông thường". Mặc dù ACI 318 [5] cho phép tính toán mô hình thanh chống-giằng (STM) ở miền B-, nhưng thường thì ít khi được áp dụng như vậy. Vùng D (hoặc không liên tục hoặc xáo trộn) là vùng mà tiết diện không còn là phẳng sau khi chịu lực, do vậy không thể áp dụng được lý thuyết tính toán dầm "thông thường". Các vùng D- xuất hiện là kết quả của tải trọng tác dụng không liên tục hoặc do đặc trưng hình học của cấu kiện, có thể được thiết kế sử dụng phương pháp STM. Thông thường người ta giả thiết vùng D kéo dài khoảng một lần chiều cao cấu kiện về mỗi phía từ điểm đặc các tải trọng tập trung

của các phản lực gối hoặc các vùng có mặt cắt hay hướng thay đổi đột ngột.

**2.2. Mô hình giàn ảo (Strut and tie model)**

Mô hình giàn ảo đã được nhiều tác giả nghiên cứu từ những năm 1920. Một trong những ưu điểm của mô hình này là thể hiện được những bộ phận chịu lực nén, kéo chủ yếu của kết cấu và người thiết kế có thể hình dung ra một cách cụ thể cơ cấu chịu lực của sơ đồ dầm trong tính toán. Các bộ phận chịu nén được thể hiện bằng những thanh chống, khu vực chịu kéo được thay bằng các thanh giằng và các mối nối của thanh đó sẽ được xem là vùng nút của giàn ảo. Hình 3 cho thấy các thanh chống và giằng được sử dụng để tạo nên một hệ giàn trong cấu kiện dầm bê tông cốt thép có tỷ lệ chiều cao lớn. Tải trọng tập trung tác dụng trên dầm sẽ gây ra các biến đổi trường ứng suất tại khu vực đặt lực và gối tựa và cũng tạo ra các vùng D như đã nói trên, vùng D sẽ được tính toán riêng biệt. Với các dầm dài, ít ảnh hưởng các vùng D không liên tục, có thể sử dụng mô hình giàn ảo cho các vùng B với các thanh kéo ngang theo phương cốt thép dọc và thanh đứng cho cốt đai, các thanh chống nằm ngang ở vùng bê tông chịu nén và các thanh chống chéo góc trong các ô giàn tạo ra bởi các thanh chịu kéo. Phương của các góc nghiêng ứng suất nén chính trong thanh nén thay đổi từ 18° đến 65°. Trên cơ sở các lực xác định được từ mô hình giàn, sẽ tiến hành kiểm tra ứng suất trong bê tông và cốt thép, đặc biệt là các vùng neo thép dọc chịu lực [11].



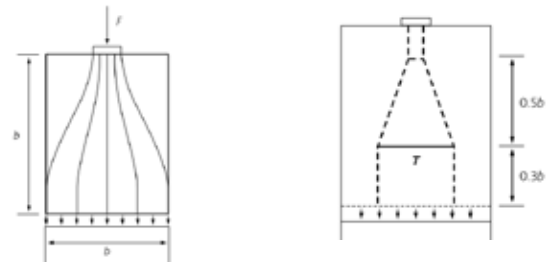
**Hình 3.** Thiết lập mô hình giàn ảo và sơ đồ nút trong dầm chuyển một nhịp đơn giản [10]

Trên cơ sở các nghiên cứu về luồng ứng suất hay quỹ đạo ứng suất chính nén và kéo trong các vùng D, giả thiết hình thành các vùng chịu nén và chịu kéo với cơ cấu hình thành các cột chống và các thanh giằng [12]. Cơ cấu hoạt động của hệ thanh này giống như hệ giàn phẳng hoặc giàn không gian hình thành bên trong các cấu kiện bê tông cốt thép. Để lựa chọn mô hình cho các vùng D, bước đầu tiên của việc tính toán là phác họa phương các quỹ đạo ứng suất chính trong cấu kiện bê tông cốt thép. Điều này cần có kinh nghiệm trong quá trình lựa chọn mô hình cho một cấu kiện cụ thể. Với một cấu kiện có thể có nhiều mô hình khác nhau được lựa chọn để tính toán và sẽ cho các kết quả khác nhau. Có thể dựa vào kết quả tính toán đàn hồi theo phương pháp phần tử hữu hạn để để xuất mô hình hợp lý nhưng cần chú ý rằng trường ứng suất sẽ thay đổi khi các nút xuất hiện trong bê tông cốt thép.

**2.3. Thiết lập các bộ phận cơ bản mô hình giàn ảo**

**a) Các thanh chống chịu nén:**

Trong mô hình thanh chống và thanh giằng, các thanh chống tương ứng với trường ứng suất nén của bê tông theo hướng của thanh chống. Các thanh chống được lý tưởng hoá có dạng như lăng trụ hoặc các cấu kiện thon đều nhưng thường thay đổi mặt cắt ngang dọc theo chiều dài của nó, vì bê tông ở đoạn giữa chiều dài thanh chống rộng hơn so với ở hai đầu. Đôi khi là thành dạng hình chài hoặc các mô hình dạng cục bộ. Việc trải rộng các lực nén làm tăng lực kéo ngang, có thể là nguyên nhân làm cho thanh chịu kéo bị nứt theo chiều dọc. Nếu thanh chống không có cốt thép ngang, nó có thể bị hư hỏng sau khi sự hình thành vết nứt này xảy ra. Trong các mô hình giàn ảo, các thanh chống được thể hiện bằng các đường đứt nét dọc theo trục của các thanh chống [13].



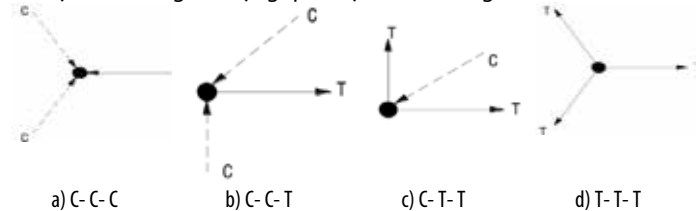
**Hình 4.** Mô hình giàn ảo thanh chống chịu nén và thanh giằng chịu kéo

**b) Các thanh giằng chịu kéo:**

Bộ phận cấu thành chính thứ hai của mô hình giàn ảo là thanh chịu kéo. Thanh chống này tương đương với một hoặc một vài cốt thép đặt cùng hướng được thiết kế với  $A_s f_y \geq T_n$  trong đó  $T_n = \phi T_u$  là lực do thanh kéo kháng lại. Các thanh giằng chịu kéo có thể bị phá hỏng do không có neo giằng ở đầu, sự neo giằng của các thanh chịu kéo trong các vùng nút là một phần quan trọng của việc tính toán thiết kế vùng D sử dụng mô hình giàn ảo. Các thanh chịu kéo được thể hiện bằng các đường liền nét trong mô hình [14].

**c) Các vùng nút:**

Các mối nối trong mô hình thanh chống còn được hiểu như là các vùng nút, ba hoặc nhiều lực gặp nhau tại một nút. Các lực gặp nhau tại một nút phải cân bằng có nghĩa là  $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$  và  $\sum M = 0$  đối với điểm nút. Điều kiện thứ ba nghĩa là các đường tác dụng lực phải đi qua một điểm chung hoặc có thể phân tích được thành các lực mà chúng tác dụng qua một điểm chung [15].

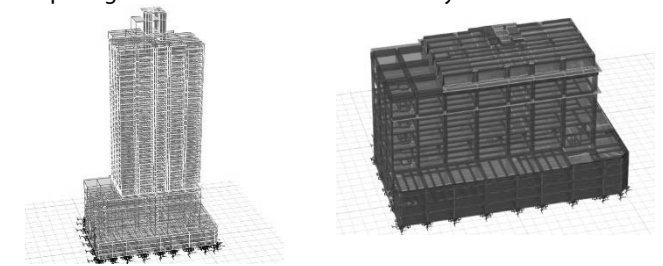


**Hình 5.** Các nút trong mô hình giàn ảo, trong đó C (compression): nút chịu nén và T (tension): nút chịu kéo

**3. TÍNH TOÁN KẾT CẤU DẦM CHUYỂN DỰ ÁN KINGPLACE 108 NGUYỄN TRÃI, THANH XUÂN, HÀ NỘI**

**3.1. Giới thiệu công trình thực tế**

Công trình thực tế được sử dụng để tính toán trong nghiên cứu này là dự án: “Tòa nhà hỗn hợp thương mại dịch vụ, văn phòng, khách sạn căn hộ và nhà ở để bán King Place”, địa chỉ 108 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội. Quy mô công trình: Công trình bao gồm 33 tầng, bao gồm 2 tầng hầm, 5 tầng trung tâm thương mại, 26 tầng bao gồm căn hộ và dịch vụ. Kết cấu công trình có sử dụng sàn không dầm và dầm chuyển. Dầm chuyển tại vị trí tầng 5 tại cao độ +32.9m, tiết diện dầm 2mx3.0m, đỡ hệ vách cứng không liên tục. Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm Etab để mô phỏng sơ đồ tính như hình vẽ 5 dưới đây.

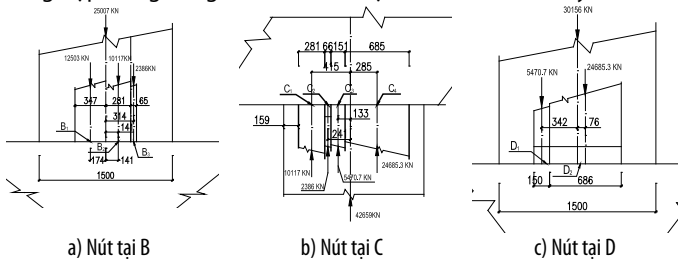


**Hình 5.** Mô phỏng mô hình tính theo phương pháp phần tử hữu hạn



**d) Xác định vị trí vùng nút và lực trong thanh chống, giằng trong mô hình thứ hai:**

Mô hình thứ hai được hình thành trong điều kiện lực trong các thanh giằng phải được cân bằng. Từ Bảng 2 lực trong thanh giằng A-C<sub>1</sub> tiến hành tăng theo phương ngang trong thanh chống B<sub>2</sub>-C<sub>1</sub> đến giá trị thanh giằng A-C<sub>1</sub>. Để lực trong thanh giằng A-C<sub>1</sub> được cân bằng và đạt được tải trọng tính toán nguy hiểm nhất. Lực trong thanh chống B<sub>2</sub>-C<sub>1</sub> theo phương ngang được tăng lên nên theo phương đứng cũng tăng theo nhưng vẫn đảm bảo phản lực tại C không đổi. Sử dụng các phản lực đó để xác định bề rộng của các nút. Làm tương tự với các nút và như bước C, ta được bảng tổng hợp trong bảng 3 và 4 và thể hiện ở hình 10 dưới đây.



**Hình 10.** Vị trí và lực của các nút trong mô hình thứ hai

**Bảng 3:** Vị trí của các nút trong mô hình thứ hai

Nút	Bên trái trọng tâm nút A (mm)	Bên trái trọng tâm nút B (mm)	Bên trái trọng tâm nút C (mm)	Bên trái trọng tâm nút D (mm)	Phía dưới đỉnh dầm (mm)	Phía trên đáy dầm (mm)
A	0	-	-	-	-	150
B <sub>1</sub>	-	174	-	-	150	-
B <sub>2</sub>	-	-141	-	-	450	-
B <sub>3</sub>	-	-341	-	-	150	-
C <sub>1</sub>	-	-	415	-	-	150
C <sub>2</sub>	-	-	241	-	-	450
C <sub>3</sub>	-	-	-285	-	-	450
C <sub>4</sub>	-	-	-383	-	-	150
D <sub>1</sub>	-	-	-	342	150	-
D <sub>2</sub>	-	-	-	-76	150	-

**Bảng 4:** Bảng tổng hợp kích thước và lực trong các thanh chống và giằng trong mô hình thứ hai

Thanh chống và giằng	Kích thước phương ngang (mm)	Kích thước phương đứng (mm)	tg φ	Góc φ (độ)	Lực theo phương đứng (KN)	Lực theo phương ngang (KN)	Lực dọc (KN)
A-B <sub>1</sub>	2851	2700	0.947	43.442	12503.000	13202.242	18183.075
B <sub>2</sub> -C <sub>1</sub>	3132	2400	0.766	37.462	10117.000	13202.685	16633.237
B <sub>3</sub> -C <sub>2</sub>	3132	2400	0.766	37.462	2386.000	3113.730	3922.794
C <sub>3</sub> -D <sub>1</sub>	1366	2400	1.757	60.353	5470.700	3113.740	6294.755
C <sub>4</sub> -D <sub>2</sub>	1327	2400	1.809	61.061	24685.300	13648.914	28207.391

A-C <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	13202.24 (A)
						13202.68 (C <sub>1</sub> )
B <sub>3</sub> -D <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	3113.73 (B <sub>3</sub> )
						3113.73 (D <sub>1</sub> )
C <sub>4</sub> -C' <sub>4</sub>						13648.91 (C <sub>4</sub> )
						13648.91 (C' <sub>4</sub> )

**e) Tính lực trong thanh giằng, chọn và bố trí cốt thép dọc:**

Tính diện tích thép cho thanh giằng A-C<sub>1</sub>:

$$A_s = F_{t, AC1} / (\sigma * f_y) = 13202.242 / (0.85 * 420 * 0.10) = 370.0 (\text{cm}^2)$$

Chọn thép số hiệu N=10, có a<sub>s</sub>=8.19 cm<sup>2</sup>, vậy số thanh thép cần bố trí là: 370/8.19=45.15 thanh. Bố trí 2 lớp thép, mỗi lớp 23 thanh N10. Khi đó A<sub>s</sub>=46\*8.19=376.7 (cm<sup>2</sup>).

Tính diện tích thép cho thanh giằng B<sub>3</sub>-D<sub>1</sub>:

$$A_s = F_{t, B3D1} / (\sigma * f_y) = 3113.730 / (0.85 * 420 * 0.10) = 87.3 (\text{cm}^2)$$

Chọn thép số hiệu N=10, có a<sub>s</sub>=8.19 cm<sup>2</sup>, vậy số thanh thép cần bố trí là: 87.3/8.19=10.6 thanh, chọn 11 thanh.

Toàn bộ cốt thép được uốn 90° và neo vào theo quy định. Chiều dài đoạn thép uốn vuông góc tương đương 12d<sub>b</sub> = 12\*36=432mm. Chiều dài neo tính từ điểm neo (là điểm giao nhau của biên vùng nút mở rộng và đường tâm của diện tích cốt thép thanh giằng) được xác định theo công thức:

$$l_{dh} = 0.7 * \frac{100 d_b}{\sqrt{f_c}} = 0.7 * \frac{100 * 36}{\sqrt{50}} = 356 \text{mm}, \text{ chọn } l_{dh} = 360 \text{mm}$$

**f) Bố trí cốt thép khống chế vết nứt cho thanh chống hình chại:**

Công thức tính toán cho cốt thép thân dầm theo phương ngang và phương đứng tối thiểu để khống chế vết nứt dọc thanh chống xiên được xác định theo công thức:

$$\frac{4}{\sqrt{f_c}} (p_{wh} * f_{wyh} * \sin\theta + p_{wv} * f_{wv} * \cos\theta) \geq 1$$

Trong đó:

p<sub>wh</sub> và p<sub>wv</sub> lần lượt là hàm lượng cốt thép thân dầm đặt theo phương ngang và theo phương đứng

f<sub>wyh</sub> và f<sub>wv</sub> lần lượt là giới hạn chảy của cốt thép thân dầm theo phương nằm ngang và phương thẳng đứng.

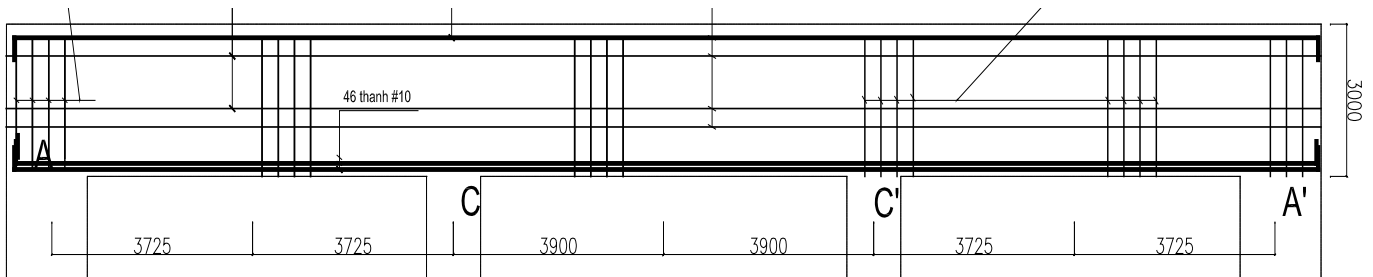
Bố trí 2 lớp cốt thép thánh số N8 ( a<sub>s</sub>= 5.1cm<sup>2</sup> ), theo phương nằm đứng và nằm ngang của 2 bên thành dầm, khoảng cách giữa 2 thanh thép là 130mm. khi đó hàm lượng cốt thép tối thiểu sẽ đảm bảo yêu cầu, cụ thể như sau:

$$\frac{4}{\sqrt{28}} \left( \frac{2 * 5.1}{20.0 * 200} * 420 * \sin 37.4 + \frac{2 * 5.1}{20.0 * 200} * 420 * \cos 37.4 \right) = 1.13 \geq 1$$

Kết quả tính toán cốt thép dầm tổng hợp trong bảng 5 dưới đây và thể hiện trong hình vẽ 11 dưới đây.

**Bảng 5:** Kết quả tính toán cốt thép

STT	Vị trí cốt thép	Diện tích cốt thép (cm <sup>2</sup> )		Chênh lệch (%)
		Phương pháp ACI318-02	Phương pháp giản ảo	
1	Thép chịu uốn lớp trên	108.18	98.28	- 9.15
2	Thép chịu uốn lớp dưới	321.13	368.55	+ 12.8
3	Thép đứng thành dầm/1md	62	51	- 17.7
4	Thép ngang thành dầm	165.2	132.6	- 19.7



Hình 11. Chọn và bố trí cốt thép dầm

Phương pháp theo ACI 318-02 và phương pháp giàn ảo cho kết quả sai lệch nhau, lớn nhất là cốt thép ngang 19,7%, sự khác biệt thép và bố trí thép này xuất phát từ quan niệm tính toán và các giả thiết áp dụng cho hai bài toán khi xây dựng ban đầu để tính thép. Về tổng quan tính toán và bố trí cốt thép theo phương pháp ACI 318-02 phù hợp với quan niệm tính thép thông thường cho một kết cấu dầm liên tục thì thép dọc âm phía trên gần bằng thép dọc dương phía dưới. Ngược lại theo phương pháp giàn ảo cốt thép chủ yếu là thép dọc phía dưới, còn thép dọc phía trên và thép ngang là khá bé so với phương pháp ACI, kết quả tính toán này là do khi xây dựng giàn ảo quy ước toàn bộ phần ứng suất kéo sẽ do thanh ngang phía dưới chịu, việc xây dựng giàn ảo ảnh hưởng khá nhiều tới việc tính và bố trí cốt thép trong dầm. Trên cơ sở việc tính toán của hai phương pháp nhận thấy phương pháp theo ACI 318-02 tính toán tường minh, kết quả tính toán phản ánh được sự làm việc của dầm so với thực tế; còn phương pháp giàn ảo kết quả tính toán phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn mô hình chống giằng. Để chọn được kết quả tính toán hợp lý phải được tính toán trên nhiều mô hình chống giằng khác nhau, từ đó lựa chọn ra mô hình chống giằng tối ưu.

## 5. KẾT LUẬN

Kết cấu dầm chuyển với những đặc điểm cấu tạo hình học và khả năng chịu lực được sử dụng trong các kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép, đáp ứng được yêu cầu về mặt công năng, giải pháp tốt trong một số trường hợp đòi hỏi cần hệ kết cấu chuyển vượt nhịp lớn giữa các tầng trên và tầng dưới của tòa nhà. Đặc điểm làm việc của kết cấu dầm chuyển cũng như nguyên lý cấu tạo của dầm khác so với kết cấu chịu uốn thông thường. Do dầm chuyển phải nhận tải trọng rất lớn từ cột hay vách cứng ở phía trên truyền xuống dầm nên dạng phá hoại do lực cắt thường hay xảy ra với dầm chuyển, nên cần phải đặc biệt quan tâm đến tính toán chịu cắt khi thiết kế loại dầm này. Sự phân bố ứng suất ở bên trong vùng nén không còn như giả thiết đã được sử dụng, giả thiết tiết diện phẳng không còn phù hợp với dầm chuyển. Các phần mềm tính toán kết cấu hiện nay chưa có ứng dụng riêng để tính toán dầm chuyển, nên phương pháp tính toán vẫn chủ yếu dựa vào các công thức thực nghiệm là chủ yếu. Bài báo đã đưa phân tích cụ thể với mô hình giàn ảo để phân tích nội lực và tính toán cốt thép chịu uốn, chịu kéo và cốt thép chịu cắt cho loại dầm đặc biệt này. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, sự phá hoại đối với dầm chuyển bê tông cốt thép không chỉ do uốn, do cắt mà còn do phá hoại gối tựa và phá hoại cục bộ (nén vỡ) ngay dưới khu vực đặt tải đối với lực tập trung.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Đức Thanh (2006), Nghiên cứu áp dụng mô hình chống giằng trong thiết kế các kết cấu cầu bê tông cốt thép, Đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ - Bộ Giao Thông Vận Tải.
- [2]. J. Schlaich, K. Schaefer (1991), Design and detailing of structural concrete using strut-and-tie models, Journal of Structural Engineering, V. 69.

- [3]. B. T. Martin, D. H. Sanders (2007). Verification and implementation of strut-and-tie model in LRFD Bridge Design Specifications, National Cooperative Highway Research Program.

- [4]. NguyễnViết Trung, Dương Tuấn Minh, Nguyễn Thị Tuyết Trinh (2005), Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo mô hình giàn ảo, NXB Xây dựng.

- [5]. M. P. Bendsoe, O. Sigmund (2003), Topology optimization – Theory, Methods and Applications, Springer.

- [6]. Q. Q. Liang (2005), Performance-based optimization of structures, Spon Press – Taylor and Francis Group.

- [7]. M. P. Bendsoe (1989), Optimal shape design as a material distribution problem, Structural Optimization, V.1, 193-202.

- [8]. O. Sigmund (1997), On the design of compliant mechanisms using topology optimization, Mech. Struct. V.25, 495-526.

- [9]. Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN272-05.

- [10]. Cao Thanh Ngọc Tran (2010) "Seismic Behavior of Non-seismically Detailed Interior Beam Column Joints" Research Report, Nanyang Technological University, Singapore.

- [11]. Paulay, T., Priestley, M. J. N., (1992). "Seismic Design of Reinforced Concrete Masonry Buildings." John Wiley & Sons, N.Y., 744 pp

- [12]. Schlaich, J., Schafer, K., (1991). "Designs and Detailing of Structural Concrete Using Strut-and-Tie Models", The Structural Engineer, V. 69, No. 6, pp. 113-125.

- [13]. Schlaich, J., Schäfer, K. and Jennewein, M., (1987) "Toward a Consistent Design of Structural Concrete", PCI Journal, V. 32, No. 3, pp.74-150.

- [14]. Bentz, E.C. (2000), "Sectional analysis of reinforced concrete members", PhD. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto.

# Nghiên cứu đánh giá sức chịu tải của sông Đào, tỉnh Nam Định bằng mô hình Mike 11

Research to assess the bearing capacity of dao River, Nam Dinh province using Mike 11 model

> THS NGUYỄN TIẾN DŨNG

Khoa KTHT&MT Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội  
Email: dungnt@hau.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong thời gian qua, quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa diễn ra ở 10 huyện và TP Nam Định đã dẫn đến nhiều tuyến sông lớn trên địa bàn tỉnh đang được sử dụng với nhiều mục đích khác nhau như: chăn nuôi, thủy sản, cung cấp nước cho trạm nước sạch, tiếp nhận nước thải,... làm cho hệ sinh thái nhiều tuyến sông bị thay đổi dẫn đến nguy cơ mất cân bằng, suy giảm khả năng tự làm sạch, tự tái tạo của nguồn nước tại các tuyến sông; làm gia tăng nguy cơ ô nhiễm cục bộ nguồn nước, dẫn đến suy giảm chất lượng nguồn nước mặt. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nguồn nước sông khi tiếp nhận thêm nguồn xả từ sông Đào là vô cùng cần thiết, có ý nghĩa quan trọng trong việc xác định vị trí khai thác nước cho nhà máy xử lý nước sạch phục vụ cho công nghiệp và dân cư.

**Từ khóa:** Quản lý nguồn nước; cấp nước đô thị sông Đào; mô hình MIKE; chất lượng nước.

## ABSTRACT

In recent times, the process of urbanization and industrialization has taken place in 10 districts and cities. Nam Dinh has led to many large river routes in the province being used for many different purposes such as: livestock farming, aquaculture, supplying water to clean water stations, receiving wastewater,... making the system The ecology of many river routes has changed, leading to the risk of imbalance and reduced self-cleaning and self-regeneration of water resources in river routes; increases the risk of local pollution of water sources, leading to deterioration of surface water quality. Therefore, research to evaluate developments in river water quality when receiving additional discharge from the Dao River is extremely necessary, and has important implications in determining the location of water exploitation for the plant. Clean water treatment for industry and residential use.

**Key words:** Water resource management; urban water supply; Dao River, MIKE model, water quality.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Đào Nam Định (gọi tắt là sông Đào) là một phần lưu của sông Hồng và chi lưu của sông Đáy, chảy trên địa phận tỉnh Nam Định, bắt đầu từ sông Hồng chảy theo hướng nam, là ranh giới giữa TP Nam Định, huyện: Mỹ Lộc, Vụ Bản, Ý Yên, với các huyện Nam Trực, Nghĩa Hưng, sau đó đổ vào sông Đáy. Sông Đào đưa một phần nước của sông Hồng đổ vào sông Đáy và chảy ra Biển Đông. Toàn bộ chiều dài của sông là 33,5 km (Hình 1) [2].

Chế độ thủy triều vùng biển Rạng Đông là chế độ nhật triều. Biên độ triều trung bình từ 1,5 - 1,7m, cao nhất là 3,31m nhỏ nhất là - 0,11m. Dòng chảy sông Ninh Cơ, sông Đáy kết hợp với chế độ nhật triều đã bồi tụ tại vùng cửa hai bên sông tạo nên các bãi bồi lớn ven biển (chủ yếu về phía Đông và phía Tây).

Trong thời kì 2010-2017, năm 2010 là năm mà nồng độ mặn xảy ra đồng bộ tại 2 vị trí Như Tân và Phú Lễ, tiếp theo là các năm 2012, 2013, 2016 và 2017. Độ mặn xảy ra cùng thời điểm nhiều nhất tại 2 vị trí trên sông Đáy và sông Ninh Cơ là vào tháng II, chủ yếu các ngày 8-10/II, 19-20/II, 25-27/II. Như vậy có thể thấy, độ mặn lớn nhất thường xuất hiện vào tháng kiệt nhất (dòng chảy nhỏ nhất) trong năm.



**Hình 1.** Sơ đồ hệ thống sông thuộc địa phận tỉnh Nam Định [2]

Nhìn chung chất lượng nước sông trên địa bàn tỉnh Nam Định tương đối tốt, các Khu công nghiệp lớn nơi có nguồn nước chảy qua đều có trạm xử lý nước thải tập trung trước khi xả nước thải ra môi trường và nồng độ các thông số vô cơ (Chì, Sắt, Crôm...) tương đối nhỏ và luôn thấp hơn ngưỡng Quy chuẩn cho phép (Quy chuẩn Việt Nam QCVN08-MT:2015); Một số vị trí nước mặt có

dấu hiệu ô nhiễm cục bộ bởi các thông số hữu cơ (Nhu cầu oxy hóa học (COD), Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD<sub>5</sub>), Tổng chất rắn lơ lửng (TSS), Nitơ, Photpho) như tại các vị trí tiếp nhận nước thải của TP Nam Định, các khu dân cư tập trung; nước thải từ các cụm công nghiệp, làng nghề, khu nuôi trồng thủy sản. Hoạt động sản xuất nông nghiệp có thể phát thải hóa chất bảo vệ thực vật. Tuy nhiên, theo kết quả quan trắc định kỳ thì nồng độ thuốc bảo vệ thực vật tương đối nhỏ và không vượt giới hạn Quy chuẩn cho phép.

Để đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải khu vực nghiên cứu, phương pháp được sử dụng là phương pháp mô hình thủy động lực kết hợp với tải - khuếch tán, lan truyền chất và mô phỏng chất lượng nước trong sông. Tác giả đã lựa chọn bộ mô hình MIKE 11 với các mô đun thủy động lực (HD), module tải - khuếch tán (AD) và module sinh thái (Ecolab) để mô phỏng diễn biến chất lượng nước trong sông, đồng thời ứng dụng mô hình để đánh giá sức chịu tải cho sông.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Mô hình MIKE11

MIKE11 là mô hình thủy động lực học một chiều cho mô phỏng dòng chảy không đều trên sông, kênh hở. MIKE11 được Viện thủy lực Đan Mạch phát triển, trong đó module thủy động lực (HD) dùng tính dòng chảy là module chính.

Đặc trưng cơ bản của hệ thống mô hình MIKE 11 là cấu trúc module tổng hợp với nhiều loại module được thêm vào mỗi mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ thống sông. Ngoài module thủy động lực (HD), MIKE bao gồm các module khác như:

- Module thủy văn (NAM) dùng nội suy số liệu;
- Module lan truyền chất (AD) dùng tính lan truyền chất (mặn, chất huyền phù hoặc phân hủy trong các lòng dẫn hồ,...) được dùng để mô phỏng quá trình tải khuếch tán của các hợp chất đó;
- Module sinh thái (Ecolab) mô phỏng các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông. Module này phải được đi kèm với module tải - khuếch tán (AD). Khuếch tán (AD) được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

#### Module thủy động lực (HD)

Để tính dòng chảy trong kênh sông, mô hình MIKE11 sử dụng hệ phương trình Saint Venant (phương trình bảo toàn động lượng và bảo toàn chất) một chiều và áp dụng sơ đồ sai phân 6 điểm xen kẽ Q,H của Abbott, and Ionescu, (1976) [5,6]:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng (m<sup>3</sup>/s); A - Diện tích mặt cắt (m<sup>2</sup>); q - Lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m<sup>3</sup>/s); C - Hệ số Chezy; α - Hệ số sửa chữa động lượng; R - Bán kính thủy lực (m).

#### Module lan truyền chất (AD)

Module AD dựa trên phương trình bảo toàn chất hòa tan [5,6]:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

Trong đó: A: Diện tích mặt cắt (m<sup>2</sup>); C: Nồng độ (kg/m<sup>3</sup>); D: Hệ số phân tán; q: Lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m<sup>3</sup>/s); K: Hệ số phân hủy sinh học (K chỉ được dựng khi các

hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hóa).

#### Module sinh thái Ecolab

Động lực học của bình lưu các biến trạng thái trong ECO Lab có thể được mô tả bằng các phương trình truyền tải của vật chất không bảo toàn, có dạng (4):

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + S_c + P_c \quad (4)$$

Trong đó: c: Nồng độ của biến trạng thái ECO Lab; u, v: Các thành phần vận tốc dòng chảy; D<sub>x</sub>, D<sub>y</sub>: Các hệ số khuếch tán theo phương x và y; S<sub>c</sub>: Nguồn sinh và nguồn mất; P<sub>c</sub>: Các quá trình trong ECOLab

Phương trình truyền tải có thể được viết lại như sau:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = AD_c + P_c \quad (5)$$

Trong đó, nhóm AD<sub>c</sub> đại diện cho tốc độ thay đổi nồng độ gây ra bởi quá trình bình lưu và khuếch tán (bao gồm các nguồn sinh và mất).

Khi tính toán các biến đổi nồng độ cho bước tiếp theo, một phương trình ECOLab số được thay thế cho các phương trình truyền tải tích phân theo thời gian. Một phương pháp xấp xỉ khác được sử dụng trong ECOLab là xem thành phần bình lưu - đối lưu AD<sub>c</sub> không thay đổi trong một bước thời gian. Việc giải cả hai thành phần trong phương trình sai phân thường của ECOLab là tổng hợp của tốc độ thay đổi gây ra do chính các quá trình nội tại và các quá trình bình lưu - khuếch tán (6).

$$c(t + \Delta t) = \int_t^{t+\Delta t} (P_c(t) + AD_c) dt \quad (6)$$

Thành phần bình lưu - khuếch tán được xấp xỉ bằng công thức sau:

$$AD_c = \frac{c^* + c^n(t + \Delta t) - c^n(t)}{\Delta t} \quad (7)$$

Trong đó, nồng độ tức thời c\* được cho bởi quá trình truyền tải biến trạng thái trong ECOLab khi vật chất được bảo toàn trong suốt chu kỳ sử dụng module AD.

### 2.2. Thiết lập mô hình

Trong nghiên cứu này, hai module trong MIKE11 được sử dụng để mô phỏng mặn (HD và AD). Trong module HD, hai nhóm số liệu đầu vào bao gồm:

(i) Số liệu theo không gian gồm hệ thống kênh sông và mặt cắt ngang của chúng;

(ii) Số liệu theo thời gian gồm số liệu mực nước và lưu lượng theo thời gian của một số trạm khí tượng thủy văn (KTTV) nằm trong mạng lưới quan trắc KTTV Quốc gia thuộc địa bàn tỉnh Nam Định và phụ cận (giai đoạn 2001 - 2017), và là điều kiện ban đầu tại các biên tính toán; số liệu đo mặn tại 4 trạm thủy văn trên địa bàn tỉnh Nam Định và phụ cận: trạm Như Tân trên sông Đáy, trạm Phú Lễ trên sông Ninh Cơ, trạm Ba Lạt trên sông Hồng và trạm Đông Quý trên sông Trà Lý từ tháng XII năm trước đến tháng V năm sau (giai đoạn 2010 - 2017). Số liệu này được thu thập từ Trung tâm Thông tin và Dữ liệu Khí tượng thủy văn - Tổng cục Khí tượng thủy văn. Số liệu quan trắc chất lượng nước thải hàng năm chảy ra sông Đào (cụ thể các thông số BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) tại 03 vị trí quan trắc do Trung tâm quan trắc và phân tích Tài nguyên Môi trường, trực thuộc Sở Tài nguyên và Môi trường Nam Định quản lý [3,4] và 02 vị trí lấy mẫu phân tích bổ sung.

#### Điều kiện biên tính toán

Điều kiện biên được chia làm hai loại:

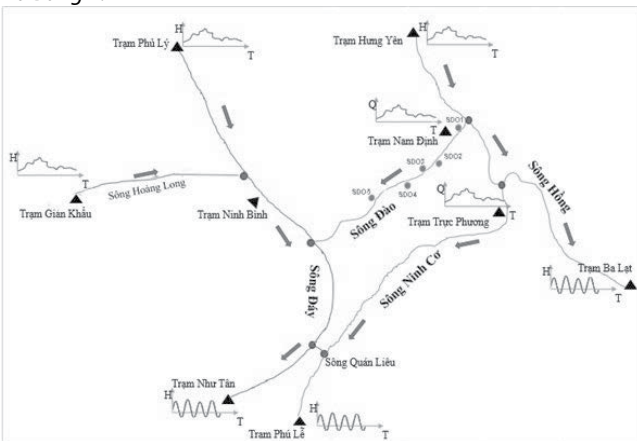
Biên trên (biên lưu lượng hoặc mực nước) là lưu lượng hoặc mực nước thực đo tại các nút trên của sơ đồ tính toán.

Biên dưới (biên mực nước) là mực nước thực đo hoặc tính toán tại các nút dưới của sơ đồ tính toán, thường là các trạm mực nước triều. Loại biên và sơ đồ tính toán, mô phỏng được thể hiện tại **Bảng 1, Hình 2.**

**Bảng 1. Điều kiện biên trong mô hình thủy lực MIKE 11**

T	Trạm, vị trí	Nhánh sông	Loại biên	Dạng biên
1	Hung Yên	Hồng	H~t	Biên trên (Thực đo)
2	Phủ Lý	Đáy	H~t	
3	Gián Khẩu	Hoàng Long	H~t	
4	Ba Lạt	Hồng	H~t	Biên dưới (Thực đo)
5	Phủ Lễ	Ninh Cơ	H~t	
6	Như Tân	Đáy	H~t	
7	Nam Định	Đào	Q~t	Hiệu chỉnh, kiểm định

Điều kiện biên chất lượng nước: Trong nghiên cứu sử dụng một số vị trí điều tra, khảo sát chất lượng nước dọc sông Đào để làm điều kiện biên cho mô hình chất lượng nước. Cụ thể các vị trí như **Bảng 2.**



**Hình 2. Sơ đồ biên tính toán sử dụng trong mô hình thủy lực MIKE 11**

**Bảng 2. Danh sách biên chất lượng nước sông Đào trong mô hình MIKE11**

STT	Vị trí quan trắc	Vị trí mặt cắt trong mô hình MIKE11	Dạng biên
1	SDO1	500	Hiệu chỉnh, kiểm định chất lượng nước
2	SDO2	7089	
3	SDO3	9913	
4	SDO4	13079	
5	SDO5	21723	

**Lựa chọn thời gian mô phỏng**

- Lựa chọn năm tính toán dòng chảy thủy lực

Để đánh giá được mức độ xâm nhập mặn vùng cửa sông ven biển, thời đoạn thường được lựa chọn để tính toán là thời kì kiệt nhất trong năm.

Đường tần suất lý luận là mô hình phân phối xác suất được sử dụng trong tính toán thủy văn, nó tương đối phù hợp với tính chất vật lý của hiện tượng thủy văn. Ở nước ta, các đặc trưng dòng chảy thiết kế thường được tính theo đường cong phân phối xác suất Pearson III (P.III).

Trên địa bàn tỉnh Nam Định có 2 trạm đo lưu lượng đang hoạt động là trạm thủy văn Nam Định và trạm Trực Phương. Căn cứ kết

quả xây dựng đường tần suất lý luận P.III cho thấy, các năm 2015, 2016 là có lượng dòng chảy nhỏ, tần suất dao động từ 70% đến 85%. Như vậy, có thể thấy, các năm này thuộc nhóm năm ít nước, đã xảy ra trên địa bàn tỉnh Nam Định. Do vậy, nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu năm 2015 để hiệu chỉnh mô hình, năm 2016 để kiểm định mô hình thủy lực.

- Lựa chọn thời kì mô phỏng chất lượng nước

Với số liệu chất lượng nước sông Đào được quan trắc hàng năm và đo đạc bổ sung tháng 10/2017 và 10/2018, nghiên cứu đã lựa chọn năm 2017 để hiệu chỉnh mô hình và năm 2018 để kiểm định mô hình.

**3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

Mô hình được hiệu chỉnh qua 2 bước với số liệu thủy văn 2015 bằng cách thay đổi các thông số trong mô hình (hệ số nhám Manning trong module HD và hệ số khuếch tán trong module AD) cho đến khi kết quả mô hình phù hợp với kết quả thực đo. Sau đó mô hình được kiểm định bằng bộ cơ sở dữ liệu năm 2016.

Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình HD thông qua việc thay đổi hệ nhám Manning trong khoảng 0.03-0.018.

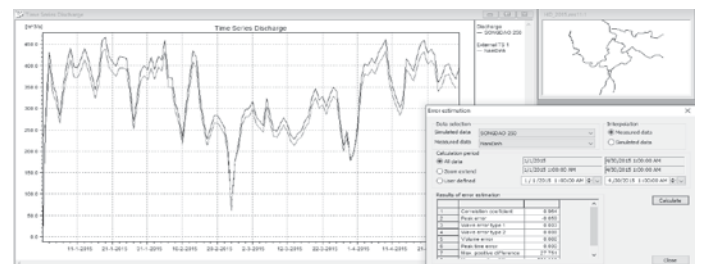
Hình 3 thể hiện kết quả hiệu chỉnh thủy lực tại trạm Nam Định.

Hình 4 - Hình 6 thể hiện kết quả hiệu chỉnh chất lượng nước tại các vị trí quan trắc. Kết quả chỉ ra rằng kết quả mô hình phù hợp với thực đo cả về trị số lẫn xu thế.

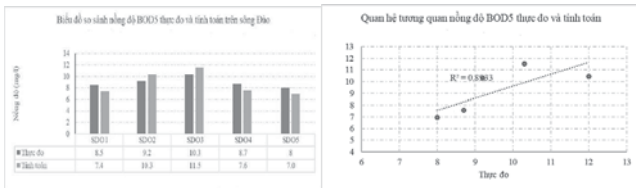
Với bộ thông số của mô hình MIKE 11 - HD, cùng với số liệu chất lượng nước, nghiên cứu tiến hành hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước MIKE11-ECOLab cho sông Đào trên địa bàn tỉnh Nam Định, kết quả như sau:

**Bảng 3. Bộ thông số cho mô hình chất lượng nước**

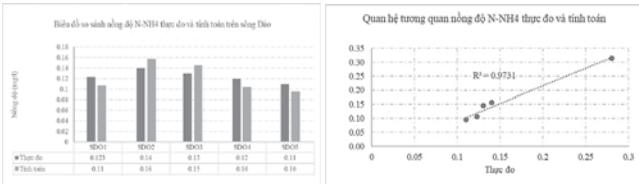
TT	Một số thông số của mô hình ECOLab	Mặc định	Hiệu chỉnh
1	Tỷ lệ tiêu thụ oxy của động, thực vật trong nước	3	3
2	Tỷ lệ lượng oxy quang hợp tối đa	3,5	40
3	Tỷ lệ phân hủy ở nhiệt độ 20°C	0,5	0,5
4	Hệ số nhiệt độ cho tỷ lệ phân rã	1,02	1,02
5	Tỷ lệ chuyển đổi N-NH <sub>4</sub> từ phân rã BOD <sub>5</sub>	0,29	0,5
6	Tỷ lệ phân rã amoniac ở 20°C	1,54	0,3
7	Tỷ lệ phân rã Coliforms	0,7	0,01
8	Tỷ lệ chuyển đổi P-PO <sub>4</sub> từ phân rã BOD <sub>5</sub>	0,009	0,6
9	Hằng số phân rã cho hạt photpho	0,1	0,05



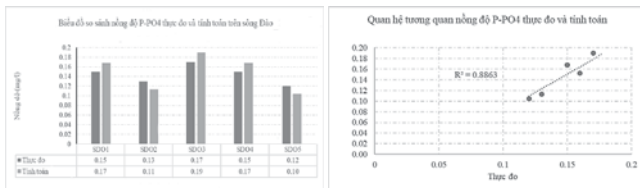
**Hình 3. So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị mực nước thực đo và tính toán từ mô hình tại trạm Nam Định năm 2015**



**Hình 4.** So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ BOD<sub>5</sub> thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017



**Hình 5.** So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017



**Hình 6.** So sánh kết quả hiệu chỉnh giá trị nồng độ P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> thực đo và tính toán từ mô hình tại các điểm quan trắc năm 2017

**4. BÀN LUẬN KẾT QUẢ**

**4.1. Đánh giá chất lượng mô phỏng**

Để đánh giá chất lượng mô phỏng dòng chảy thủy lực HD của mô hình MIKE11 đối với dòng chảy trên hệ thống sông thuộc địa phận tỉnh Nam Định, báo cáo đã sử dụng một số chỉ tiêu đánh giá sau:

a) *Đánh giá kết quả giữa tính toán và thực đo thông qua hệ số Nash - Sutcliffe:*

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_0^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \bar{Q}_0)^2} \quad (4)$$

$NSE \in (-\infty, 1)$

Trong đó:  $Q_0^t$ : giá trị thực đo ở thời điểm t;  $Q_m^t$ : giá trị tính toán ở thời điểm t;  $\bar{Q}_0$ : giá trị thực đo trung bình;

- $NSE = 1$ : mô hình mô phỏng chính xác chuỗi quan trắc thực đo;
- $NSE > 0,75$ : mô hình mô phỏng tốt;
- $0,5 < NSE < 0,75$ : mô phỏng chấp nhận được;
- $NSE < 0,5$ : mô phỏng không tin cậy.

b) *Đánh giá bằng sai số tổng lượng*

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (Q_{td}^i - Q_{tt}^i) \Delta t} \quad (5)$$

Trong đó:  $Q_{td}^i$  là lưu lượng dòng chảy thực đo ở thời đoạn i;  $Q_{tt}^i$  là lưu lượng dòng chảy tính toán ở thời đoạn i.

- $F < 5\%$ : mô phỏng tốt quá trình dòng chảy;
- $10\% < F < 5\%$ : mô phỏng quá trình dòng chảy là đạt;
- $F > 10\%$ : mô phỏng không tin cậy.

Kết quả đánh giá chất lượng mô phỏng dòng chảy thủy lực bằng mô hình MIKE 11 như sau:

**Bảng 4.** Chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng dòng chảy tại trạm Nam Định bằng mô hình MIKE 11

TT	Chỉ tiêu đánh giá	Hiệu chỉnh mô hình	Kiểm định mô hình
		2015	2016
1	Nash - Sutcliffe (NSE)	0,96	0,95
2	Sai số tổng lượng - F (%)	6,6	5,6

**Bảng 5.** Chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng dòng chảy tại trạm Trục Phương bằng mô hình MIKE 11

TT	Chỉ tiêu đánh giá	Hiệu chỉnh mô hình	Kiểm định mô hình
		2015	2016
1	Nash - Sutcliffe (NSE)	0,98	0,92
2	Sai số tổng lượng - F (%)	7,2	6,4

Để đánh giá độ tin cậy mô phỏng chất lượng nước sông Đào Nam Định, nghiên cứu sử dụng 2 chỉ tiêu đánh giá là:

- Chỉ tiêu Nash - Sutcliffe: giống với đánh giá dòng chảy thủy lực
- Chỉ tiêu sai số đỉnh: sai số giá trị lớn nhất giữa thực đo và tính toán, đơn vị %

Kết quả đánh giá như sau:

**Bảng 6.** Chỉ tiêu đánh giá mô phỏng

TT	Chỉ tiêu đánh giá	Năm 2015	Năm 2016
1	Chỉ tiêu Nash - Sutcliffe	0,99	0,99
2	Chỉ tiêu sai số đỉnh	3,3	2,7

**Bảng 7.** Tổng hợp hệ số tương quan giữa thực đo và tính toán của một số chỉ tiêu chất lượng nước sông Đào

Độ dài đoạn sông (m)	Vị trí mặt cắt thượng lưu		500
	Vị trí mặt cắt hạ lưu		21723
Hệ số tương quan nồng độ thực đo và tính toán	BOD <sub>5</sub>	Hiệu chỉnh	0,59
		Kiểm định	0,75
	N-NH <sub>4</sub>	Hiệu chỉnh	0,97
		Kiểm định	0,67
	P-PO <sub>4</sub>	Hiệu chỉnh	0,68
		Kiểm định	0,93

Thông qua kết quả từ **Bảng 4 - Bảng 7** cho thấy:

- Mô hình MIKE 11-HD mô phỏng tốt dòng chảy thủy lực trên hệ thống mạng lưới sông thuộc địa bàn tỉnh Nam Định và vùng phụ cận, chỉ tiêu Nash tại trạm Nam Định đều rất cao (từ 0,92 đến 0,98), sai số tổng lượng dao động trong khoảng 5%-10%, tức là chất lượng mô phỏng là đạt.

Mô hình MIKE 11-AD và MIKE - ECOLab cũng mô phỏng tốt diễn biến chất lượng nước sông Đào với chỉ tiêu Nash tương đối cao (từ 0,81 đến 0,97), và sai số giá trị nhỏ hơn 5%, điều này chứng tỏ mô hình Mô hình MIKE 11-AD và MIKE - ECOLab đảm bảo độ tin cậy trong việc mô phỏng chất lượng nước sông Đào.

**4.2. Đánh giá hiện trạng khả năng tiếp nhận nước thải trên sông Đào**

Nguồn thải tại Nam Định gồm các nguồn chính: Sinh hoạt, bệnh viện, chăn nuôi và công nghiệp. Tải lượng các chất ô nhiễm thực tế có trong nước thải từ các khu - cụm công nghiệp, các cơ sở sản xuất có lượng xả thải trên 10m<sup>3</sup>/ngày đêm, các cơ sở y tế, chăn nuôi và sinh hoạt trên địa bàn tỉnh.

Phần đoạn sông: Việc phân đoạn sông để đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông được thực hiện trên cơ

sở các căn cứ theo Khoản 1, Khoản 2, Điều 5 Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT của Bộ TN&MT. (Bảng 8).

Tải lượng trên sông Đào được xác định dựa trên vị trí xả thải của các nhà máy, bệnh viện, chăn nuôi và sinh hoạt trên các sông và được thể hiện trong Bảng 9.

Bảng 8. Phân vùng đoạn sông tính toán

Ký hiệu	Chiều dài	Mô tả
S DAO 1	11.5 km	Từ vị trí giao sông Đào và sông Hồng đến khu vực trạm bơm Cốc Thành
S DAO 2	11.5 km	Từ khu vực trạm bơm Cốc Thành đến khu vực thôn Đồng Lạc xã Yên Phúc huyện Ý Yên
S DAO 3	10.5 km	Từ khu vực thôn Đồng Lạc xã Yên Phúc huyện Ý Yên đến vị trí giao giữa sông Đào và sông Đáy

Bảng 9. Tải lượng ô nhiễm trên sông Đào (kg/ngày)

Đoạn sông	BOD <sub>5</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
S DAO 1	10.236,1	2.605,0	3.893,6
S DAO 2	1.774,3	263,4	674,9
S DAO 3	1.637,8	382,1	623,0

Dựa trên phương pháp đánh giá (Quyết định số 154/QĐ-TCMT ngày 15/02/2019 của Tổng Cục môi trường) và số liệu đầu vào đã trình bày ở trên, áp dụng mô hình tính toán nồng độ trên các sông tương ứng với các trường hợp xả thải theo tỷ lệ 0%, 25%, 50% và 75% giá trị xả thải theo hiện trạng ban đầu.

Nồng độ tại điểm quan sát được lấy là nồng độ lớn nhất trong quá trình tính toán (Bảng 10).

Khi so sánh với cột A2 theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT của Bộ TN&MT [1] thì:

- Các thông số BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại các đoạn sông đều vượt giá trị giới hạn cho phép, do vậy cần có giải pháp quản lý, xử lý để giảm thiểu tải lượng chất ô nhiễm xả thải xuống sông;

Khi so sánh với cột B1 theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT của Bộ TN&MT thì:

- Các thông số BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tại các đoạn sông đều nằm trong giá trị giới hạn cho phép.

Từ đó, tính được sức chịu tải/ khả năng tiếp nhận nguồn thải của sông (Bảng 11).

Bảng 10. Nồng độ lớn nhất của chỉ tiêu (mg/l)

Đoạn sông (m)	Chỉ tiêu chất lượng nước	Nồng độ lớn nhất	QCVN 08-MT:2015/BTNMT	
			Cột A2	Cột B1
500	BOD <sub>5</sub>	8,94	6	15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,48	0,3	0,9
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,24	0,2	0,3
7089	BOD <sub>5</sub>	9,91	6	15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,46	0,3	0,9
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,24	0,2	0,3
9913	BOD <sub>5</sub>	10,15	6	15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,45	0,3	0,9
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,24	0,2	0,3
13079	BOD <sub>5</sub>	9,6	6	15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,44	0,3	0,9
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,24	0,2	0,3
21723	BOD <sub>5</sub>	8,19	6	15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,54	0,3	0,9
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,25	0,2	0,3

Bảng 11. Khả năng tiếp nhận nước thải của sông Đào (kg/ngày)

Đoạn Sông	Chỉ tiêu chất lượng nước	Lượng thải hiện tại	Lượng nhận tối đa	Sức chịu tải
S DAO 1	BOD <sub>5</sub>	10.236,14	6.477,94	-3.758,19
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2.605,00	5.222,37	2.617,41
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3.893,62	5.553,54	1.659,91
S DAO 2	BOD <sub>5</sub>	1.774,26	872,94	-901,32
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	263,40	263,23	-0,16
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	674,89	232,56	-442,34
S DAO 3	BOD <sub>5</sub>	1.637,78	830,83	-806,95
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	382,10	482,58	100,52
	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	622,98	1.110,48	487,51

Tải lượng chất ô nhiễm của nước sông được tính toán ở phần trên theo Quyết định số 154/QĐ-TCMT ngày 15/02/2019 của Tổng Cục Môi trường để xác định mức tải tối đa của con sông.

Trên thực tế, tải lượng chất ô nhiễm sẽ thấp hơn bởi sông có khả năng tự làm sạch do quá trình chuyển hóa sinh học nên các yếu tố gây ô nhiễm bởi các thông số hữu cơ theo thời gian sẽ phân hủy bởi các sinh vật thủy sinh trong nước.

### 5. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, mô hình đã mô phỏng được chế độ thủy lực thủy văn một cách tương đối chính xác về chất lượng nước.

Chất lượng nước sông trên sông Đào vẫn trong tình trạng tốt, còn khả năng tiếp nhận thêm nguồn thải nếu nguồn thải được xử lý trước khi xả thải ra môi trường. Tuy nhiên, lượng nước thải sinh hoạt có tải lượng lớn nhất nhưng hiện tại lại chưa có trạm xử lý nước thải tập trung nào. Do đó, cần có kế hoạch xây dựng các trạm xử lý nước thải tập trung để giảm tải lượng ô nhiễm vào sông từ nguồn sinh hoạt và nghiên cứu để xuất giải pháp cải tạo và phục hồi đoạn sông bị ô nhiễm.

Cần nghiên cứu để xuất hành lang thoát nước thải của các khu kinh tế tập trung nhằm giảm nhẹ áp lực nước thải và giảm thiểu ô nhiễm cục bộ.

Nghiên cứu để xuất công nghệ xử lý nước thải phù hợp với điều kiện phát triển kinh tế - xã hội trên địa bàn tỉnh Nam Định đến năm 2030, tầm nhìn 2050.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2015), Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt - Quy chuẩn QCVN 08-MT:2015/BTNMT
- Quyết định số 124/QĐ-UBND ngày 15/01/2016 của UBND tỉnh Nam Định về việc *Phê duyệt quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Nam Định đến năm 2020, định hướng đến năm 2030.*
- Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nam Định, Báo cáo Kết quả Quan trắc hiện trạng môi trường tỉnh Nam Định năm 2017;
- Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nam Định, Báo cáo Kết quả Quan trắc hiện trạng môi trường tỉnh Nam Định năm 2018;
- Denmark Hydraulic Institute (DHI), MIKE 11 User Guide, DHI, 2012.
- Denmark Hydraulic Institute (DHI), Reference Manual, MIKE 11 - A modeling system for rivers and channels, DHI, 2012.
- Thông tư số 08/2012/TT-BXD ngày 21/11/2012 Hướng dẫn thực hiện bảo đảm cấp nước an toàn.

# Truyền thông trong dự án xây dựng sử dụng công nghệ BIM

## Communication in Construction Projects using BIM

> THS PHAN THU NGÂN

Học viện Thanh thiếu niên Việt Nam; Email: phantngan112@gmail.com

### TÓM TẮT

Trong ngành Xây dựng, truyền thông hiệu quả đóng vai trò cơ bản quan trọng đối với thành công của một dự án. Tuy nhiên, việc thực hiện truyền thông một cách hiệu quả luôn đối mặt với những thách thức do tính chất phân tán, năng động của ngành, cũng như sự tham gia của nhiều bên liên quan (khách hàng, nhà tư vấn, nhà thầu, chính quyền), dẫn đến các hoạt động truyền thông không đạt chuẩn. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá tác động của việc triển khai công nghệ Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với truyền thông trong dự án xây dựng. Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng BIM đóng vai trò quan trọng như một công cụ có giá trị để tăng cường sự hợp tác và truyền thông giữa các bên liên quan nhờ vào sự tham gia chặt chẽ của họ trong các giai đoạn từ thiết kế đến xây dựng. Ngoài ra, nghiên cứu cũng xác định các quy trình quan trọng để tích hợp BIM thành công vào dự án xây dựng.

**Từ khóa:** Truyền thông trong xây dựng; mô hình thông tin công trình; phân tích nhân tố; quản lý xây dựng.

### ABSTRACT

Efficient communication within the construction industry constitutes a fundamental aspect crucial to project success. However, effectively executing communication has perennially posed challenges due to the industry's fragmented, dynamic nature, involving numerous stakeholders (clients, consultants, contractors, authorities), resulting in subpar communication practices. This research delves into the potential impact of implementing Building Information Modeling (BIM) in communication in construction projects. The findings indicate that BIM serves as a valuable mechanism for enhancing collaboration and communication among stakeholders, given their close involvement throughout the design-to-construction phases. Additionally, the study identifies pivotal protocols for successful BIM integration in construction projects.

**Keywords:** Communication in construction industry; BIM; factor analysis; construction management.

## 1. GIỚI THIỆU

Trong ngành Xây dựng, lượng thông tin được tạo ra từ các bên liên quan đặt ra một thách thức đáng kể trong việc truyền thông. Quản lý dự án xây dựng liên tục phải đối mặt với yêu cầu phối hợp hiệu quả của nhiều bên (Chủ đầu tư, Ban quản lý dự án, Tư vấn giám sát, Tư vấn thiết kế, Nhà thầu...) qua các giai đoạn khác nhau của dự án để đạt được thành công. Điều này đòi hỏi một hệ thống truyền thông rõ ràng và hiệu quả, giúp mọi bên liên quan có thể truy cập và chia sẻ thông tin một cách dễ dàng, từ đó tạo điều kiện cho sự phối hợp mạnh mẽ và quản lý dự án hiệu quả [1, 2].

Trong môi trường dự án xây dựng phức tạp, quản lý thông tin đóng vai trò rất quan trọng đối với sự thành công của mỗi dự án. Để đảm bảo rằng mọi thông tin được truyền đạt một cách chính xác và kịp thời giữa tất cả các bên liên quan, từ chủ đầu tư, nhà thầu, đến nhà tư vấn và các cơ quan quản lý, là một nhiệm vụ phức tạp nhưng không thể bỏ qua. Kinh nghiệm lẫn khả năng truyền đạt thông tin của các nhà quản lý dự án đóng vai trò không thể phủ nhận trong việc định hình kết quả của mỗi dự án. Việc quản lý thay đổi thông

tin, xử lý vấn đề, và đảm bảo rằng mọi bên đều có thông tin cần thiết để hoàn thành công việc của họ đòi hỏi sự tỉ mỉ và hiệu quả [3, 4].

Mặc dù tầm quan trọng của truyền thông dự án đã được nhấn mạnh nhiều lần, thực tế là hiện nay, có rất ít nghiên cứu chuyên sâu về việc áp dụng công nghệ hiện đại để tăng cường hiệu quả trong truyền thông dự án xây dựng. Công nghệ ngày càng phát triển, và việc áp dụng các công nghệ mới trong việc quản lý thông tin và truyền thông có thể mang lại nhiều lợi ích đáng kể cho các dự án xây dựng. Công nghệ thông tin, đặc biệt là các hệ thống quản lý dự án trực tuyến và phần mềm hợp tác, có thể cung cấp một cơ sở dữ liệu trung tâm cho tất cả các bên liên quan, giúp họ dễ dàng truy cập thông tin cần thiết và tương tác với nhau một cách hiệu quả. Công nghệ BIM (Building Information Modeling) cũng đang trở thành một công cụ mạnh mẽ trong việc quản lý thông tin dự án xây dựng, cho phép các bên liên quan làm việc trên cùng một nền tảng và chia sẻ thông tin một cách thông suốt và hiệu quả [5].

Sự phức tạp của dự án và cấu trúc tổ chức tạo ra rào cản trong việc truyền thông trong ngành Xây dựng, có thể dẫn đến các vấn đề như thay đổi thiết kế, sai sót chất lượng, trễ tiến độ và vượt ngân

sách. Để khắc phục, hiệu quả truyền thông giữa các bên là cần thiết. Trong quản lý dự án truyền thống, việc tích hợp và trao đổi thông tin trong thời gian thực để đảm bảo truyền thông và cộng tác hiệu quả giữa các thành viên trong nhóm đa ngành vẫn đối mặt nhiều thách thức. Sự xuất hiện của mô hình hóa thông tin công trình (BIM) đã mang lại cơ hội giải quyết những vấn đề này một cách hiệu quả hơn trong lĩnh vực kiến trúc, kỹ thuật và xây dựng (AEC) [6].

BIM là một công nghệ tiên tiến và mang tính cách mạng để tạo trực quan hóa và phân tích các mô hình kiến trúc, do đó thay đổi cách hình thành, thiết kế, xây dựng và vận hành các tòa nhà [7]. Hơn nữa, BIM được coi là nền tảng khuyến khích sự truyền thông và sự tham gia của tất cả những người tham gia trong suốt vòng đời của dự án xây dựng, từ đó tạo điều kiện cho sự tích hợp của các tổ chức [8]. Đây cũng là điều kiện tiên quyết để xác định nhanh chóng các vấn đề quản lý dự án và cung cấp hiệu quả khả năng liên lạc và phản hồi ngay lập tức trong thể hệ quản lý dự án xây dựng mới. Do đó, BIM được coi là có thể thúc đẩy các giải pháp thay thế mới và sáng tạo cho công nghệ AEC truyền thống cũng như đổi mới tổ chức truyền thông trong các dự án xây dựng [9]. Tuy nhiên, trên thực tế, tác dụng của BIM chưa được thể hiện đầy đủ.

Để giải quyết những thách thức đã nêu, việc đánh giá tiềm năng của việc triển khai Mô hình Thông tin Xây dựng (BIM) để cải thiện mối quan hệ giữa các bên liên quan trong dự án là cần thiết. Điều này sẽ giúp đưa ra các giải pháp ứng phó tối ưu nhất cho quản lý truyền thông dự án. Đồng thời, việc thiết lập các chiến lược và giải pháp thích hợp cũng rất quan trọng để kiểm soát, cải thiện và nâng cao hiệu quả quản lý thông tin cho dự án.

## 2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Trong một dự án, truyền thông được coi là nền tảng hoạt động quan trọng nhất [10]. Truyền thông đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì các mối quan hệ của dự án. Trong lĩnh vực quản lý, truyền thông kém có thể dẫn đến những hậu quả tiêu cực, giảm hiệu suất của tổ chức, trong khi truyền thông hiệu quả được coi là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến sự thành công của dự án. Gamil and Rahman [11] đã tổng hợp các nghiên cứu liên quan để xác định 33 nguyên nhân và 21 kết quả trong truyền thông dự án. Nguyên nhân thường xuyên nhất là thiếu sự truyền thông hiệu quả giữa các bên thi công, dẫn đến kỹ năng truyền thông kém. Hơn nữa, tác động thường xuyên nhất là vượt tiến độ và chi phí. Các yếu tố này sẽ được sử dụng để thực hiện một cuộc khảo sát đối với những người thực hành trong ngành Xây dựng nhằm đánh giá tầm quan trọng và mức độ nghiêm trọng của chúng đối với việc xảy ra tình trạng truyền thông kém.

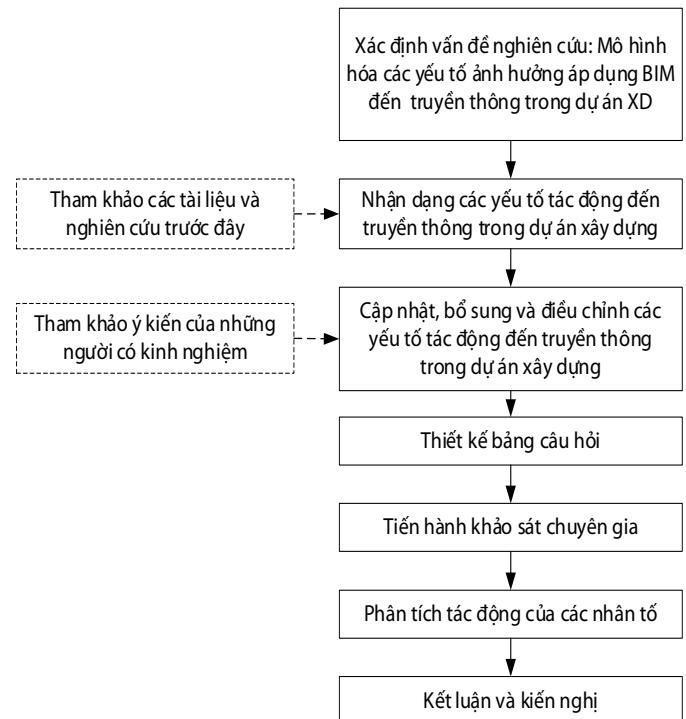
Rahman and Gamil [12] đã tiến hành đánh giá các yếu tố nguyên nhân và kết quả của việc truyền thông kém trong ngành xây dựng. Kết quả cho thấy rằng có 41 yếu tố nguyên nhân và 27 yếu tố tác động đã được xác định, dựa trên mức độ quan trọng và mức độ nghiêm trọng tương ứng. Nghiên cứu này nhấn mạnh rằng sự sợ hãi về truyền thông được xem là nguyên nhân chính gây ra tình trạng truyền thông kém trong ngành Xây dựng. Mặt khác, căng thẳng tại nơi làm việc được xác định là hậu quả nghiêm trọng nhất của việc truyền thông kém trong ngành này. Những phát hiện này đã giúp làm rõ về các yếu tố nguyên nhân và hậu quả của việc truyền thông kém trong ngành Xây dựng, từ đó đưa ra các giải pháp hiệu quả để ngăn chặn nguyên nhân và giảm thiểu tác động của tình trạng truyền thông kém. Nghiên cứu cũng nhấn mạnh rằng vấn đề truyền thông kém đòi hỏi sự quan tâm nhiều hơn từ các nhà nghiên cứu và học giả, nhằm phát triển các phương pháp và chiến lược hiệu quả để giải quyết vấn đề này, từ đó nâng cao hiệu suất và đạt được thành công trong các dự án xây dựng.

Yap, et al. [13] khẳng định truyền thông hiệu quả là một khía cạnh quan trọng của quản lý dự án và được coi là điều kiện tiên quyết cần thiết để thành công trong quản lý dự án. Với quan điểm này, việc thực hiện truyền thông hiệu quả để kiểm soát thời gian và chi phí của một dự án trở nên vô cùng quan trọng. Các yếu tố nhóm, yếu tố kỹ thuật, yếu tố tổ chức và yếu tố môi trường được xem như là bốn biến số có thể được mô tả như những chỉ số cải thiện hiệu suất của dự án thông qua các kênh liên lạc hiệu quả giữa các bên liên quan của dự án. Những yếu tố này đóng vai trò quan trọng trong việc định hình thành công của dự án và cần được quản lý và thúc đẩy một cách chặt chẽ [14].

Zerjav and Cerić [15] đề xuất một mô hình sử dụng công nghệ thông tin bổ sung để cải thiện quản lý quy trình kinh doanh trong dự án. Mô hình này tích hợp các kỹ thuật quản lý quy trình kinh doanh với giao thức quy trình, trong đó cấu trúc cộng tác dựa trên việc biểu diễn các tập hợp quy trình con của giao thức quy trình thông qua các tập hợp nhiệm vụ hợp tác giữa các người tham gia dự án. Các nhiệm vụ hợp tác này được định rõ bởi các yếu tố như vai trò, thời hạn, trạng thái và các biến cộng tác khác. Ý tưởng này phản ánh rằng truyền thông trong dự án có thể được thực hiện dưới nhiều hình thức kỹ thuật số khác nhau và dễ dàng lưu trữ và kiểm tra.

Loan and Long [16] thông qua việc khảo sát, thu thập dữ liệu sau đó phân tích trị trung bình, kết quả thu được 32 nhân tố được chia làm 5 nhóm ảnh hưởng tới quản lý truyền thông thông tin trong dự án xây dựng. Từ 32 nhân tố ban đầu, sau khi phân tích còn lại 30 nhân tố thuộc 5 nhóm. Từ đó giúp các bên liên quan (CĐT, tư vấn, nhà thầu...) chú trọng đến những yếu tố này trong quá trình triển khai thực hiện dự án, nhằm mục đích nâng cao hiệu quả quản lý truyền thông thông tin, để từ đó có các giải pháp chủ động, giảm thiểu các tác hại cũng như hạn chế tổn thất về chi phí và sự chậm trễ tiến độ mang lại sự thành công cho dự án.

## 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



**Hình 1.** Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp khảo sát chuyên gia để đánh giá sự tương tác và nhận thức giữa các bên liên quan trong dự án.

Phương pháp này được chọn vì nó cho phép thu thập thông tin sâu sắc về kinh nghiệm, quan điểm, nhận thức và mối quan hệ của một nhóm người tham gia cụ thể, theo đề xuất của Allen [17]. Phân tích theo chủ đề được áp dụng kết hợp với khảo sát ý kiến chuyên gia, trong đó các cuộc phỏng vấn được sử dụng để thu thập dữ liệu, sau đó các chủ đề và điểm chính được phân loại và phân tích. Phương pháp lấy mẫu được sử dụng là lấy mẫu quả cầu tuyết (Snowball), được xem là phù hợp để xác định những người tham gia có các đặc điểm mong muốn [18]. Nghiên cứu bao gồm việc liên hệ với các chuyên gia xây dựng, bao gồm các nhà thiết kế, kiến trúc sư, giám đốc dự án có kinh nghiệm, thông qua google sheet và các trang mạng xã hội khác nhau. Tất cả những người tham gia đều có trình độ chuyên môn, kiến thức về BIM và có kinh nghiệm làm việc trong ngành Xây dựng. Các câu hỏi phỏng vấn được thiết kế để phù hợp với mục tiêu nghiên cứu và đạo đức nghiên cứu đã được thu thập trước khi tiến hành phỏng vấn trực tuyến, sau đó là phân tích chủ đề. Hình 1 mô tả chi tiết các bước của quy trình nghiên cứu.

## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 4.1 Đặc điểm của mẫu

Trong mẫu khảo sát, có 23.4% thuộc độ tuổi từ 30 đến 35 tuổi, trong khi 64.6% nằm trong độ tuổi từ 36 đến 50 tuổi. Độ tuổi từ 26 đến 35 tuổi chiếm tỷ lệ cao nhất trong nhóm được khảo sát. Về trình

**Bảng 1.** Giá trị trung bình (mean) và xếp hạng các nhân tố (ratings)

Nhóm	Nhân tố	Giá trị trung bình	Xếp hạng
Con người	Kinh nghiệm, tự tin trong giao tiếp	3.01	28
	Động lực sử dụng BIM	4.01	8
	Năng lực cá nhân	3.26	26
	Dễ dàng nhận thức	3.21	27
	Thiếu đào tạo, hướng dẫn về BIM	4.06	5
Tổ chức	Sự sẵn sàng của tổ chức	<b>4.21</b>	<b>3</b>
	Năng lực sử dụng công nghệ thông tin	3.86	16
	Quy trình truyền thông và đào tạo	3.96	10
	Lợi ích của BIM với tổ chức	<b>4.26</b>	<b>1</b>
	Quy mô của tổ chức	4.19	4
Dự án	Nhận thức các bên liên quan	3.87	15
	Tương tác giữa các bên	3.93	13
	Độ phức tạp của dự án	4.04	7
	Yêu cầu của dự án	3.96	11
	Tỷ lệ của dự án	3.62	19
	Số lượng các bên liên quan dự án	3.54	21
Công nghệ	Kiến thức, kỹ năng về công nghệ	3.76	18
	Sự đa dạng về thông tin	3.89	14
	Tính khả thi khi sử dụng BIM	3.42	25
	Độ phức tạp của BIM	3.54	22
	Tốc độ của công cụ BIM	3.62	20
	Sự đa dạng về kênh thông tin liên lạc	4.05	6
Yếu tố khác	Phân bổ luồng thông tin trong dự án	3.97	9
	Sự hỗ trợ của các nhà quản lý	3.85	17
	Hướng dẫn về BIM	3.95	12
	Rào cản về ngôn ngữ	3.52	23
	Khoảng cách về địa lý, sự khác biệt văn hóa	3.48	24
	Các tiêu chuẩn, quy định về BIM	<b>4.22</b>	<b>2</b>

độ chuyên môn, các kỹ sư xây dựng chiếm tỷ lệ cao nhất là 49.5%, tiếp theo là lãnh đạo quản lý dự án với 20.77%, kiến trúc sư với 27.55%, và phần còn lại là các vị trí chuyên môn khác.

Về vị trí công tác, tỷ lệ giám đốc là 13.8%, trưởng/phó bộ phận là 28.8%, và nhân viên là 37.5%. Các chức vụ quan trọng chiếm đa số với tỷ lệ 42.6%. Cuộc khảo sát cũng đã thu thập dữ liệu từ một số trưởng/phó bộ phận và các lãnh đạo cấp cao trong ngành xây dựng, đồng thời cũng đảm bảo rằng những người này có độ am hiểu sâu sắc về ngành, giúp tăng độ tin cậy của nghiên cứu.

### 4.2 Các yếu tố ảnh hưởng sử dụng BIM đến truyền thông dự án

Dựa trên việc tổng hợp kiến thức từ các nghiên cứu trước đây, thông tin từ các nguồn báo cáo, và ý kiến của các chuyên gia như được mô tả trong phần 4.1, tác giả đã thực hiện việc tổ chức và rút gọn ý kiến thành một bảng câu hỏi. Tiếp theo, một cuộc khảo sát được tiến hành để thu thập ý kiến từ cộng đồng liên quan. Thông qua quá trình phân tích, phân loại và xếp hạng các câu trả lời đã xác định được một số nhân tố quan trọng ảnh hưởng của việc áp dụng BIM đến tăng cường công tác truyền thông trong dự án xây dựng. Các nhân tố này được minh họa và trình bày chi tiết trong Bảng 1, giúp rõ ràng hóa và hiểu sâu hơn tầm quan trọng của mỗi yếu tố trong quá trình triển khai BIM tác động đến truyền thông trong dự án xây dựng.

Trong một dự án xây dựng, số lượng các bên liên quan có thể rất đa dạng và phức tạp. Các bên liên quan nội bộ thường bao gồm các thành viên của nhóm dự án và các nhà quản lý dự án, trong khi các bên liên quan bên ngoài thường bao gồm khách hàng, nhà thầu, nhà tư vấn, nhà cung cấp và các cơ quan quản lý. Sự hiểu biết và quản lý các bên liên quan này là rất quan trọng để đảm bảo rằng dự án được thực hiện một cách hiệu quả và thành công.

Nhóm nhân tố liên quan đến con người bao gồm năm yếu tố chính, trong số đó, "Thiếu đào tạo, hướng dẫn về BIM" được xếp hạng 5/28 nhân tố. Kết quả này chỉ ra rằng thiếu đào tạo và hướng dẫn về BIM có ảnh hưởng lớn đến khả năng áp dụng BIM của các cá nhân tham gia vào dự án xây dựng. Điều này nhấn mạnh sự quan trọng của việc cung cấp đào tạo hiệu quả và hỗ trợ trong việc sử dụng công nghệ BIM để đảm bảo rằng nhân viên có đủ kiến thức và kỹ năng để sử dụng công nghệ này một cách hiệu quả.

Nhóm nhân tố liên quan đến tổ chức đóng vai trò quan trọng trong việc triển khai BIM để thúc đẩy truyền thông tin trong dự án xây dựng. Cụ thể, "Lợi ích của BIM với tổ chức" và "Sự sẵn sàng của tổ chức" là những nhân tố quan trọng nhất trong nhóm này. Đối với việc đánh giá quy mô tổ chức, thường dựa vào số lượng nhân viên hoặc công nhân tại các vị trí địa lý cụ thể. Điều này bao gồm cả những người làm việc tại văn phòng và những người tham gia trực tiếp vào công trình xây dựng. Quy mô tổ chức có thể biến đổi tùy thuộc vào quy mô và yêu cầu cụ thể của dự án. Việc đo lường quy mô này giúp các nhà quản lý dự án và quản lý tổ chức đưa ra các quyết định liên quan đến nguồn lực, quản lý nhân sự và kế hoạch thực hiện dự án một cách hiệu quả.

Nhóm nhân tố liên quan đến dự án đóng vai trò quan trọng. Quy mô của dự án và tính chất của nó ảnh hưởng đến nhiều khía cạnh và góc độ của việc quản lý thông tin. Khi dự án có quy mô lớn, số lượng bên liên quan tham gia cũng tăng lên, cùng với các yêu cầu kỹ thuật phức tạp và các quy định chặt chẽ. Điều này tạo ra một môi trường phức tạp và đa dạng, đặt ra thách thức lớn trong việc quản lý thông tin dự án. Tuy nhiên, hiểu biết và ứng phó hiệu quả với những yếu tố này là cần thiết để đảm bảo rằng thông tin được truyền đạt và hiểu đúng đắn trong toàn bộ quá trình dự án. Do đó, nhóm nhân tố này đóng góp vào việc xác định các phương tiện và quy trình truyền thông hiệu quả để đảm bảo rằng thông tin được truyền đạt một cách chính xác và kịp thời đến tất cả các bên liên quan, đồng thời giúp hỗ trợ quản lý dự án một cách hiệu quả.

Nhóm nhân tố liên quan đến công nghệ đề cập đến nhiều yếu tố quan trọng. Đầu tiên, yếu tố kiến thức và kỹ năng đóng vai trò quan trọng vì các bên liên quan trong ngành cần có hiểu biết và khả năng làm việc với công nghệ BIM để sử dụng nó một cách hiệu quả. Điều này bao gồm cả việc đào tạo và hướng dẫn để cải thiện khả năng sử dụng BIM của họ. Thứ hai, sự đa dạng về thông tin yêu cầu sự linh hoạt và tính đa dạng của BIM để có thể xử lý nhiều loại dữ liệu và thông tin khác nhau từ các phần tử xây dựng khác nhau. Thứ ba, tốc độ là một yếu tố quan trọng, vì việc sử dụng BIM có thể tăng tốc quá trình thiết kế, xây dựng và quản lý dự án. Cuối cùng, độ phức tạp của BIM đòi hỏi sự đầu tư về nguồn lực và khả năng quản lý dự án để có thể triển khai và sử dụng công nghệ này một cách hiệu quả. Do đó, nhận thức và hiểu biết về công nghệ BIM là yếu tố quan trọng để thúc đẩy việc sử dụng nó trong quản lý thông tin dự án xây dựng.

Sự khác biệt văn hóa thường gây hiểu lầm trong giao tiếp. Khi thông điệp được tạo ra trong một văn hóa nhất định và nhận hoặc giải mã trong văn hóa khác, có thể xảy ra hiểu lầm. Để tránh điều này, cần hiểu cách thông điệp được thể hiện, bao gồm cả phương pháp truyền thông và các yếu tố xã hội. Văn hóa cũng ảnh hưởng đến niềm tin và hành vi, như sự tin tưởng, sợ hãi, không tham gia, không cam kết và thiếu chia sẻ thông tin liên quan. Hiểu biết về

những yếu tố văn hóa này quan trọng để xây dựng một môi trường truyền thông hiệu quả và mối quan hệ tích cực.

Phân bổ nhiệm vụ, điều phối, giám sát và luồng thông tin là các yếu tố cơ bản của cơ cấu tổ chức nhằm hoàn thành mục tiêu tổ chức. Phân bổ nhiệm vụ đảm bảo sự phân phối hiệu quả của trách nhiệm và tài nguyên, đồng thời điều phối các hoạt động giữa các phòng ban để ngăn chặn xung đột và tăng cường hiệu suất làm việc. Giám sát bao gồm theo dõi công việc để bảo đảm chất lượng và tuân thủ thời gian. Luồng thông tin hiệu quả giúp tạo điều kiện thuận lợi cho quyết định, với truyền thông lên cung cấp phản hồi, truyền thông xuống truyền đạt chỉ thị và truyền thông ngang thúc đẩy sự hợp tác. Những yếu tố này kết hợp nhau để tối ưu hóa hoạt động và đóng góp vào thành công của tổ chức.

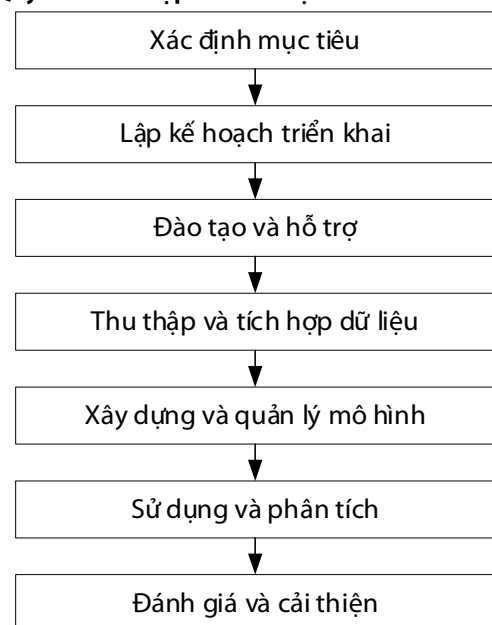
#### 4.3 Đề xuất giải pháp

Dựa trên các yếu tố, đánh giá và xếp hạng của các chuyên gia ở trên, nghiên cứu đề xuất các giải pháp đối với một số nhân tố có giá trị trung bình cao và xếp hạng từ 1 đến 3 (bảng 1). Đối với nhân tố "Lợi ích của BIM với tổ chức", sử dụng BIM mang lại nhiều lợi ích cho tổ chức. BIM tối ưu hóa quy trình làm việc, tăng cường sự phối hợp, và giảm thiểu rủi ro. Nó cung cấp khả năng dự đoán và phản ứng nhanh chóng đối với vấn đề, đồng thời tạo cơ sở dữ liệu chính xác và liên tục, giúp quản lý thông tin một cách hiệu quả hơn.

Đối với nhân tố "Sự sẵn sàng của tổ chức", cần phải có sự cam kết mạnh mẽ từ lãnh đạo, tài trợ đầy đủ, và kế hoạch đào tạo và triển khai rõ ràng. Các yếu tố này cần được đánh giá và phân tích một cách kỹ lưỡng để đảm bảo sự thành công trong việc tích hợp BIM vào quy trình truyền thông tin của tổ chức xây dựng.

Đối với nhân tố "Các tiêu chuẩn, quy định về BIM", việc cập nhật và áp dụng các tiêu chuẩn và quy định liên quan đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tính nhất quán và hiệu quả của việc sử dụng BIM trong dự án xây dựng. Các tiêu chuẩn cần phải được điều chỉnh và cập nhật thường xuyên để phản ánh sự tiến bộ của công nghệ và đáp ứng được các yêu cầu cụ thể của từng dự án. Áp dụng quy định rõ ràng giúp đảm bảo mọi bên liên quan hiểu rõ vai trò, trách nhiệm và tiêu chí về việc sử dụng BIM, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc truyền thông và hợp tác trong quá trình thực hiện dự án.

#### 4.4 Quy trình tích hợp BIM cho dự án



Hình 2. Quy trình tích hợp BIM cho truyền thông dự án

Từ kết quả phân tích, nghiên cứu đã đề xuất một quy trình cụ thể để tích hợp BIM vào dự án ở Hình 2. Quy trình này nhằm mục đích nâng cao hiệu quả truyền thông trong dự án xây dựng. Bằng cách này, các bên liên quan có thể thực hiện các bước cụ thể để áp dụng BIM một cách hiệu quả và linh hoạt trong quá trình làm việc. Quy trình này không chỉ giúp tối ưu hóa sự tương tác giữa các bên, mà còn đảm bảo tính nhất quán và chất lượng thông tin trong dự án.

Xác định mục tiêu: Đầu tiên, phải xác định rõ mục tiêu và mong muốn của dự án khi tích hợp BIM. Các mục tiêu này có thể bao gồm cải thiện hiệu suất, tăng sự hiểu biết và tính minh bạch trong dự án, hay giảm thiểu rủi ro và chi phí.

Lập kế hoạch triển khai: Tiếp theo, cần phải lập kế hoạch chi tiết về cách triển khai BIM vào dự án. Kế hoạch này bao gồm việc xác định nguồn lực, thời gian và phạm vi triển khai BIM, cũng như các công nghệ và công cụ cụ thể sẽ được sử dụng.

Đào tạo và hỗ trợ: Đội ngũ tham gia dự án cần được đào tạo về việc sử dụng BIM và các công nghệ liên quan. Hỗ trợ liên tục cũng cần được cung cấp để giúp họ vượt qua những thách thức khi triển khai BIM.

Thu thập và tích hợp dữ liệu: Dữ liệu từ các bên liên quan phải được thu thập và tích hợp vào mô hình BIM. Điều này đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa các bên và việc sử dụng các tiêu chuẩn và quy trình chung.

Xây dựng và quản lý mô hình: Mô hình BIM phải được xây dựng và quản lý một cách chặt chẽ, bao gồm việc cập nhật thường xuyên và đảm bảo tính nhất quán của dữ liệu.

Sử dụng và phân tích: Mô hình BIM được sử dụng cho các mục đích như thiết kế, lập kế hoạch, quản lý xây dựng và bảo trì. Dữ liệu từ mô hình cũng được phân tích để đưa ra quyết định thông minh hơn.

Đánh giá và cải thiện: Cuối cùng, quá trình tích hợp BIM phải được đánh giá định kỳ để xác định các điểm mạnh và yếu và đề xuất cải tiến để tối ưu hóa quá trình triển khai BIM trong dự án.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày các yếu tố quan trọng tác động đến truyền thông trong dự án xây dựng, bao gồm quy mô tổ chức, con người, tính chất dự án. Sự hiểu biết về vai trò của BIM trong tăng cường truyền thông dự án được phân tích, cùng với việc đề xuất một quy trình tích hợp BIM cho dự án. Tuy nhiên, cần nhấn mạnh rằng phạm vi nghiên cứu chỉ tập trung vào các ý kiến chuyên gia trong ngành Xây dựng, có thể không đại diện cho mọi ý kiến từ các kỹ sư trong cả nước. Do đó, để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến quản lý truyền thông trong dự án xây dựng ở quy mô lớn, cần tiến hành thêm nhiều nghiên cứu và thu thập ý kiến từ một phạm vi rộng lớn hơn các chuyên gia và nhân viên trong ngành. Điều này sẽ giúp cung cấp cái nhìn tổng thể và đáng tin cậy hơn về tác động của các yếu tố đến quản lý truyền thông trong dự án xây dựng.

Trong quá trình triển khai dự án, biến động là không thể tránh khỏi. Để đảm bảo thành công, quản lý dự án phải tập trung vào quản lý các yếu tố quan trọng như truyền thông và hợp tác giữa các bên tham gia. Nghiên cứu này có thể giúp nhà đầu tư hiểu rõ hơn về yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự thành công của dự án xây dựng tại Việt Nam, đồng thời, đề xuất một số ý kiến nhằm tăng cường khả năng thành công của dự án, tập trung vào cải thiện quản lý dự án và sự hợp tác giữa các bên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M. A. W. Affare, "An assessment of project communication management on construction project in Ghana," Institute of Distance Learning, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, 2012.

[2] E. O. Aiyewalehinmi, "Factor Analysis of Communication in the Construction Industry," *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, vol. 2, no. 10, pp. 49-57, 2013.

[3] K. Cho, T. Hong, and C. Hyun, "Effect of project characteristics on project performance in construction projects based on structural equation model," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 7, pp. 10461-10470, 2009/09/01/ 2009.

[4] N. Forcada, C. Serrat, S. Rodríguez, and R. Bortolini, "Communication Key Performance Indicators for Selecting Construction Project Bidders," *Journal of Management in Engineering*, vol. 33, no. 6, p. 04017033, 2017/11/01 2017.

[5] M. M. Bonanomi, D. M. Hall, S. Staub-French, A. Tucker, and C. M. L. Talamo, "The impact of digital transformation on formal and informal organizational structures of large architecture and engineering firms," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 27, no. 4, pp. 872-892, 2020.

[6] Y. Huang, L. Wu, J. Chen, H. Lu, and J. Xiang, "Impacts of building information modelling (BIM) on communication network of the construction project: A social capital perspective," (in eng), *PLoS One*, vol. 17, no. 10, p. e0275833, 2022.

[7] S. Azhar, M. Khalfan, and T. Maqsood, "Building Information Modeling (BIM): Now and beyond," (in English), *The Australasian Journal of Construction Economics and Building*, Journal Article vol. 12, no. 4, pp. [15]-28, 2012.

[8] V. Singh and J. Holmström, "Needs and technology adoption: observation from BIM experience," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 22, no. 2, pp. 128-150, 2015.

[9] K. A. Awwad, A. Shibani, and M. Ghostin, "Exploring the critical success factors influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs," *International Journal of Construction Management*, vol. 22, no. 10, pp. 1894-1901, 2022/07/27 2022.

[10] F. M. Dinis, L. Sanhudo, J. P. Martins, and N. M. M. Ramos, "Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning," *Journal of Building Engineering*, vol. 30, p. 101287, 2020/07/01/ 2020.

[11] Y. Gamil and I. A. Rahman, "Identification of Causes and Effects of Poor Communication in Construction Industry: A Theoretical Review," *Emerging Science Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 239-247, 2017.

[12] I. A. Rahman and Y. Gamil, "Assessment of Cause and Effect Factors of Poor Communication in Construction Industry," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 601, no. 012014, 2019.

[13] J. B. H. Yap, H. Abdul-Rahman, and W. Chen, "Collaborative model: Managing design changes with reusable project experiences through project learning and effective communication," *International Journal of Project Management*, vol. 35, no. 7, pp. 1253-1271, 2017/10/01/ 2017.

[14] S. Anantamula Vittal, "Strategies for Enhancing Project Performance," *Journal of Management in Engineering*, vol. 31, no. 6, p. 04015013, 2015/11/01 2015.

[15] V. Zerjav and A. Cerić, "Structuring communication within construction projects: a communication breakdown structure," in *25th Annual ARCOM Conference Association of Researchers in Construction Management*, Nottingham, UK, 2009, pp. 907-16.

[16] L. M. Loan and L. Đ. Long, "Phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến quản lý truyền thông thông tin dự án xây dựng," *Tap chí Người Xây dựng*, vol. 12, pp. 39-43, 2021.

[17] M. Allen, *The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods*. SAGE Publications, Inc, 2017.

[18] G. R. Sadler, H.-C. Lee, R. S.-H. Lim, and J. Fullerton, "Research Article: Recruitment of hard-to-reach population subgroups via adaptations of the snowball sampling strategy," vol. 12, no. 3, pp. 369-374, 2010.

# Ứng dụng công nghệ số hóa các công trình kiến trúc có giá trị cần được giữ gìn, tôn tạo và bảo vệ tại TP Hải Phòng

Applying technology to digitalize valuable architectural buildings that need to be preserved, employed and protected in Hai Phong City

> TÔ THỊ HƯƠNG QUỲNH

Khoa KT và QLXD, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Email: quynhth@huce.edu.vn

## TÓM TẮT

Kinh nghiệm thực tiễn thế giới cho thấy, để quản lý hiệu quả công trình di sản trong công tác vận hành, bảo trì và sửa chữa công trình theo quy định về bảo tồn di sản, cần áp dụng các công nghệ số hóa các công trình. Tại Việt Nam, đẩy mạnh chuyển đổi số phục vụ công tác lưu trữ, quản lý, nghiên cứu, bảo tồn, khai thác, quảng bá di sản, thúc đẩy phát triển du lịch bền vững cũng là mục tiêu chung được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Sử dụng phương pháp phân tích, tổng hợp tài liệu kết hợp với khảo sát và đánh giá thực trạng quản lý các công trình kiến trúc có giá trị tại TP Hải Phòng; kết hợp với nghiên cứu kinh nghiệm của các nước trên thế giới trong việc số hóa các di sản kiến trúc, bài báo đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ số hóa để quản lý các công trình kiến trúc có giá trị tại TP Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu của bài báo được kỳ vọng là căn cứ khách quan và khoa học để các chuyên gia, các cơ quan hữu quan xem xét áp dụng tại Hải Phòng nói riêng và các địa phương khác trên cả nước.

**Từ khóa:** Mô hình thông tin công trình di sản (HBIM); số hóa, công trình kiến trúc có giá trị; TP Hải Phòng.

## ABSTRACT

World practical experience shows that to effectively manage heritage structures in the operation, maintenance and repair according to regulations on heritage conservation, it is necessary to apply digital technologies. In Vietnam, promoting digital transformation to serve the activities of archiving, managing, researching, preserving, exploiting, promoting heritage, and promoting sustainable tourism development is also a common goal approved by the Prime Minister. Using methods of analyzing and synthesizing documents combined with surveying and evaluating the current status of management of valuable architectural works in Hai Phong city; combined with researching the experiences of countries around the world in digitizing architectural heritage, the article proposes solutions to apply technology to digitalize for managing valuable architectural works in Hai Phong city. The research results of the article are expected to be an objective and scientific basis for experts and relevant agencies for implementation in Hai Phong in particular and other localities across the country.

**Keywords:** Heritage Building Information Modelling (HBIM); digitalize; valuable architectural buildings; Hai Phong city.

## 1. GIỚI THIỆU

Theo tiến trình phát triển lịch sử, Việt Nam đã tích lũy được quỹ di sản kiến trúc đô thị to lớn, trong đó có những di sản được hình thành dưới thời Pháp thuộc. Tuy nhiên trong quá trình phát triển và hiện đại hoá đô thị, nhiều nơi đã ưu tiên cho các mục tiêu ngắn hạn hơn là duy trì lâu dài quỹ di sản kiến trúc đô thị nên nhiều di sản đã bị ảnh hưởng, bị xâm hại, thậm chí bị phá hủy - dù mang lại lợi ích về kinh tế nhưng lại làm mất đi những giá trị tinh thần của cộng đồng, là sự mất mát của quốc gia, và phần nào là của cả nhân loại. Những hoạt động cải tạo, hạ giải đối với các công trình được coi là di sản kiến trúc nêu trên đang đặt ra nhiều vấn đề cần luận bàn về công tác bảo tồn di sản kiến trúc tại các đô thị trong quá trình phát

triển hiện nay [1]–[4].

Kinh nghiệm thực tiễn thế giới cho thấy, để quản lý hiệu quả công trình di sản trong công tác vận hành, bảo trì và sửa chữa công trình, cần áp dụng các công nghệ để số hóa các công trình [5]–[7]. Tại Việt Nam, đẩy mạnh chuyển đổi số phục vụ công tác lưu trữ, quản lý, nghiên cứu, bảo tồn, khai thác, quảng bá di sản, thúc đẩy phát triển du lịch bền vững cũng là mục tiêu chung được đặt ra tại Quyết định số 2026/QĐ-TTg năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ [8] để phù hợp với Chương trình Chuyển đổi số quốc gia. Trong những năm gần đây, chính quyền TP Hải Phòng đã quan tâm nhiều hơn tới công tác bảo tồn và quản lý các CTKGT mà cụ thể là các đề án, dự án nghiên cứu, tọa đàm được thực hiện từ 2021 tới nay. Tuy nhiên,

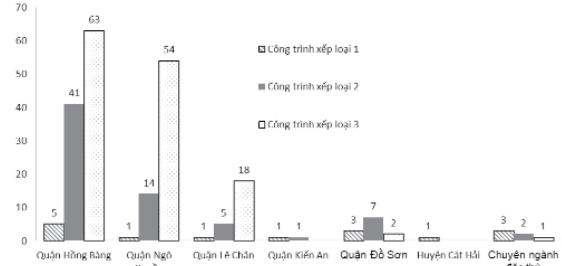
đề án này mới chỉ dừng lại ở việc khảo sát hiện trạng và đánh giá phân loại công trình theo Luật Kiến trúc, chứ chưa nghiên cứu việc số hóa các công trình. Tổng quan tài liệu liên quan cho thấy, chưa có nghiên cứu nào về số hóa di sản kiến trúc đô thị phù hợp với điều kiện thực tiễn của Hải Phòng để phục vụ công tác lưu trữ, quản lý, nghiên cứu, bảo tồn, khai thác, quảng bá di sản, thúc đẩy phát triển du lịch bền vững tại địa phương. Do đó, nghiên cứu ứng dụng công nghệ số hóa các CTKTGT cần được gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ tại thành phố Hải Phòng là hoàn toàn cấp thiết để giải quyết vấn đề thực tiễn đặt ra.

Sử dụng phương pháp phân tích, tổng hợp tài liệu kết hợp với khảo sát và đánh giá thực trạng quản lý các CTKTGT tại thành phố Hải Phòng; kết hợp với nghiên cứu kinh nghiệm của các nước trên thế giới trong việc số hóa các di sản kiến trúc, bài báo đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ số hóa để quản lý các CTKTGT tại TP Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu của bài báo được kỳ vọng là căn cứ khách quan và khoa học để các chuyên gia, các cơ quan hữu quan xem xét để áp dụng tại Hải Phòng nói riêng và các địa phương khác trên cả nước.

## 2. HIỆN TRẠNG VÀ GIẢI PHÁP QUẢN LÝ CÁC CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC CÓ GIÁ TRỊ TẠI TP HẢI PHÒNG

Thời Pháp thuộc, Hải Phòng là thành phố lớn thứ ba của Việt Nam sau Hà Nội và Sài Gòn - Chợ Lớn. Tại Hải Phòng đã hình thành một hệ thống các công trình kiến trúc đô thị khá hoàn chỉnh và đa dạng, được xây dựng với quy mô và chất lượng cao. Các quận nội thành cũ (Hồng Bàng, Ngô Quyền, Lê Chân) hiện nay còn lưu giữ nhiều tòa nhà, ngôi nhà mang di sản kiến trúc từ thời Pháp thuộc, đặc biệt là hai tuyến phố Tam Bạc và phố Lý Thường Kiệt như Nhà hát TP Hải Phòng, Bảo tàng Hải Phòng (là trụ sở của Ngân hàng Pháp-Hoa thời Pháp thuộc) và nhiều công trình khác. Ngày nay, khu phố Pháp là trung tâm lịch sử của thành phố, là hạt nhân định hướng phát triển của đô thị Hải Phòng - một trong sáu đô thị cấp trung ương của cả nước, một trong ba cực của tam giác phát triển

kinh tế Bắc Bộ. Năm 2022, Hải Phòng đã có đề án nghiên cứu xây dựng được quy hoạch bảo tồn một cách bài bản và đầy đủ, thống kê được quỹ Di sản kiến trúc đô thị trước, trong và sau thời Pháp thuộc trên địa bàn, đề xuất quy chế quản lý các công trình [9]. Theo chi tiết thuyết minh Đề án quản lý các CTKTGT cần được gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ tại TP Hải Phòng năm 2022 [10], hiện nay trên địa bàn thành phố đã lập danh mục và đưa ra danh mục các CTKTGT tại TP Hải Phòng gồm 223 công trình (hình 1), tập trung chủ yếu ở các quận trung tâm thành phố như quận Hồng Bàng (48, 88%, quận Ngô



Hình 1. Số lượng các CTKTGT cần được gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ tại TP Hải Phòng theo Đề án của Sở Xây dựng Hải Phòng (Nguồn tác giả tổng hợp từ đề án [10])

Những năm gần đây, nhiều công trình cổ theo kiến trúc Pháp trên địa bàn TP Hải Phòng đã bị chuyển đổi công năng phục vụ các mục đích khác nhau, để làm nơi làm việc hoặc kinh doanh... mà không tuân thủ quy định về quản lý, sử dụng gắn với bảo tồn. Tình trạng công trình cổ xuống cấp hay bị coi nới, xây thêm làm biến dạng cũng đang diễn ra khá phổ biến, ảnh hưởng nghiêm trọng đến giá trị kiến trúc và văn hóa lịch sử của thành phố. Trước nguy cơ các CTKTGT dần bị mai một, Sở Xây dựng thành phố Hải Phòng đã nghiên cứu và định hướng các giải pháp bảo tồn, lưu giữ những di sản kiến trúc của đô thị Hải Phòng một cách hợp lý, phù hợp với quá trình đô thị hóa nhanh chóng và lộ trình phát triển của TP Hải Phòng là trung tâm công nghiệp, du lịch của Đồng bằng Bắc Bộ.

Bảng 1 : Giải pháp quản lý các CTKTGT theo Đề án của Sở Xây dựng TP Hải Phòng

Bộ phận công trình	Giải pháp		
	Công trình xếp loại 1	Công trình xếp loại 2	Công trình xếp loại 3
Mặt đứng công trình	Giữ nguyên trạng <b>không thay đổi</b> so với ban đầu, nếu có tình trạng xuống cấp, hư hại cần duy tu bảo trì cần <b>xin ý kiến chuyên gia</b> cùng các cơ quan chức năng quản lý (YKCG&CQCN) để tiến hành	Mặt đứng tầng 1 <b>có thể can thiệp chỉnh sửa</b> để trở nên hài hòa hơn, theo tư vấn của các chuyên gia bảo tồn di sản. Tập trung bảo tồn nguyên trạng mặt đứng tầng 2 và tầng 3 (nếu có)	Những chi tiết trang trí bị nứt vỡ, bong tróc, ... cần được <b>sửa chữa hoặc thay thế đúng</b> theo hình thức và kích cỡ, chất liệu và màu sắc ban đầu, <b>có sự tư vấn</b> và giám sát của các chuyên gia
Kết cấu công trình		Giữ nguyên trạng <b>không thay đổi</b> so với ban đầu, kết cấu cốt thép lấn chiếm bên trong và phía sau, nếu có, cần được <b>phá dỡ</b>	Những chi tiết trang trí bị nứt vỡ, bong tróc, ... cần được <b>sửa chữa hoặc thay thế phù hợp</b> với hình thức và kích cỡ, chất liệu và màu sắc ban đầu, <b>có sự tư vấn</b> và giám sát của các chuyên gia
Công năng và nội thất công trình		<b>Có thể thay đổi công năng</b> cho phù hợp công năng sử dụng mới nhưng phải giữ nguyên kết cấu cũ	Kết cấu cốt thép lấn chiếm bên trong và phía sau, nếu có, cần được <b>chỉnh trang</b> lại cho phù hợp với kiến trúc

(Nguồn tác giả tổng hợp từ [10])

Từ kết quả tổng hợp đề xuất giải pháp quản lý CTKTGT tại bảng 1, có thể nhận thấy công trình xếp loại 1 có quy định quản lý chặt chẽ nhất, yêu cầu giữ nguyên hiện trạng. Bên cạnh đó, mặt đứng của công trình được quan tâm với cả 3 loại công trình, được yêu cầu giữ nguyên kiến trúc ban đầu với các cấp độ khác nhau. Đặc biệt, đối với các công trình loại 1, các chi tiết xuống cấp như mái ngói, hoa văn đắp nổi trang trí ở mặt đứng nếu bị bong tróc, hư hại cần trùng tu tôn tạo cũng cần dựa trên các ý kiến của chuyên gia cùng các cơ quan chức năng quản lý. So sánh giữa hiện trạng và hình ảnh lưu lại

của một số CTKTGT xếp loại 1 (hình 2), có thể nhận thấy hầu hết các công trình còn giữ nguyên mặt đứng so với thiết kế ban đầu, tuy công trình Nhà hát thành phố có chi tiết cây đàn ở mặt đứng đã không còn giữ như nguyên bản, nhưng vẫn không làm ảnh hưởng nhiều tới hình ảnh và giá trị của công trình. Đây là tiền đề quan trọng để thực hiện việc số hóa các CTKTGT tại Hải Phòng dựa trên ứng dụng công nghệ như công nghệ quét 3D (Scan 3D) hiện trạng của công trình, mà không cần tốn nhiều thời gian và nhân lực để tinh chỉnh và hoàn thiện mô hình cho phù hợp với thiết kế ban đầu.



Hình 2. Một số CTKTGT xếp loại 1 ở hiện trạng (ảnh trái) và thiết kế ban đầu (ảnh phải) (Nguồn tác giả tổng hợp từ [10])

### 3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ HÓA CÁC CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC CÓ GIÁ TRỊ

Nghiên cứu về hướng phát triển tiếp theo để bảo tồn và phát huy giá trị tài nguyên di sản kiến trúc đô thị, nhóm tác giả Nguyễn Quốc Tuấn và cộng sự cũng nhận định rằng trong quá trình sửa chữa cải tạo, TP Hải Phòng cần “Giám sát chặt chẽ các thay đổi, đảm bảo không làm biến dạng, hủy hoại, thay đổi cơ bản cấu trúc, hình thái, thẩm mỹ kiến trúc của công trình di sản” [11]. Tuy nhiên, thực tiễn tại Hải Phòng nói riêng và Việt Nam nói chung cho thấy, trong quá trình cải tạo sửa chữa, nhiều công trình đã không đảm bảo được yêu cầu nêu trên. Trong số các chuyên nhân dẫn tới tình trạng này, thiếu các tư liệu, hình ảnh thiết kế ban đầu cũng như các yêu cầu cụ thể cần tuân thủ về vật liệu, hình khối chi tiết kiến trúc chính là nguyên nhân chính nhất [1], [3].

#### 3.1. Kinh nghiệm thế giới

Các nhà khoa học trên thế giới đã nghiên cứu và lựa chọn mô hình hóa thông tin công trình di sản - công nghệ HBIM (Heritage Building Information Modelling) là công cụ mũi nhọn để giải quyết vấn đề nêu trên [5], [12]–[14]. HBIM với nền tảng là công nghệ mô hình hóa thông tin công trình BIM, tuy nhiên được nghiên cứu phát triển để ứng dụng riêng cho việc số hóa các công trình di sản. HBIM cung cấp mô hình thông tin công trình phục vụ quy trình chi tiết quản lý thông tin, vật liệu, kết cấu hình học, lịch sử của di sản. Mô hình này giúp tái tạo di sản trong trường hợp bị hư hỏng, biến mất hoặc quản lý di sản trong giai đoạn vận hành hoặc bảo trì [5], [12], [15]. Đối với việc tái tạo di sản trong trường hợp bị hư hỏng, nhiều công nghệ số khác như thực tế ảo AR, trí tuệ nhân tạo (AI) đã được các nhà nghiên cứu khoa học tích hợp cùng với HBIM để mô hình tái tạo công trình được chính xác hơn [14], [6]. Bên cạnh đó, mô hình HBIM còn được sử dụng để nghiên cứu các giải pháp về năng lượng của công trình [5].

#### 3.2. Kinh nghiệm tại Việt Nam

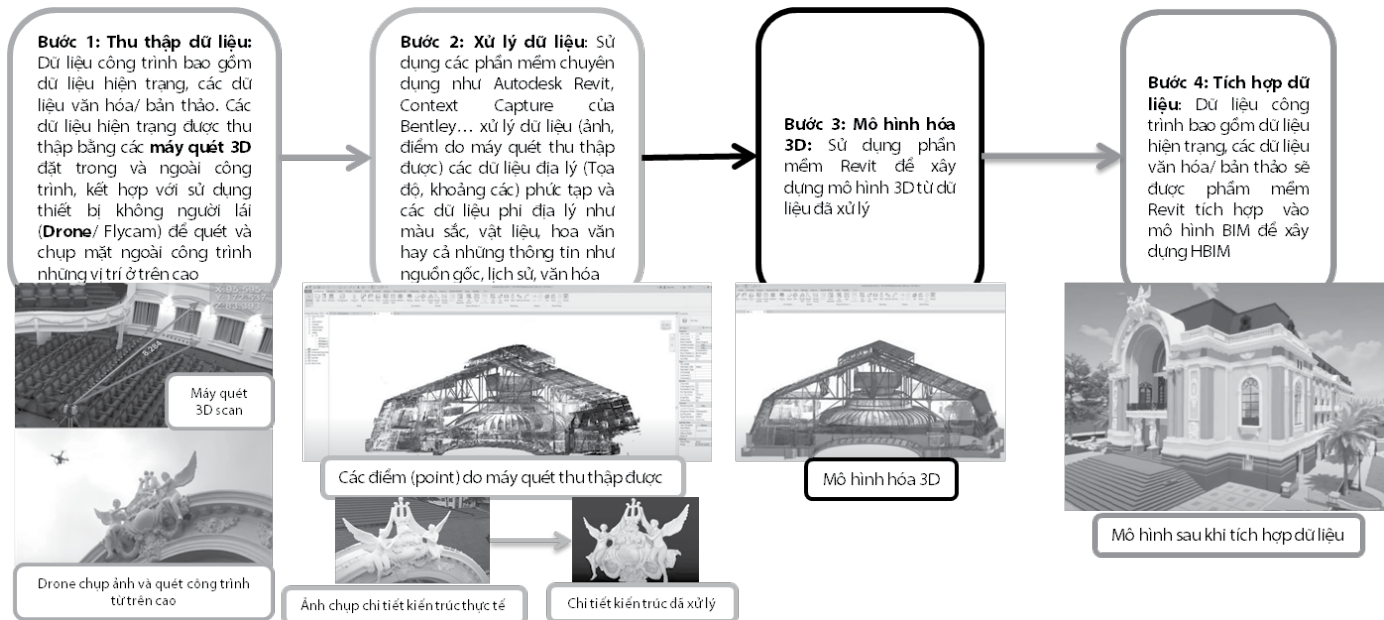
Tại Việt Nam, nhiều tỉnh thành đã nghiên cứu áp dụng HBIM như một giải pháp mũi nhọn để bổ sung công cụ quản lý cho các cơ quan chức năng cũng như chủ sở hữu các CTKTGT có căn cứ để sửa chữa, trùng tu theo đúng thiết kế ban đầu theo quy định của nhà nước cũng như UNESCO [4], [16]. Bên cạnh đó, các chuyên gia cũng có thể tận dụng mô hình số của những công trình này để tiến hành tư vấn từ xa mà không cần phải tới hiện trạng công trình, từ đó giảm chi phí tư vấn của chuyên gia cũng như có thể tận dụng được kiến thức của những chuyên gia tình nguyện từ các nước trên thế giới. Tại thành phố Hồ Chí Minh, công nghệ HBIM (Heritage Building Information Modelling) đã được áp dụng cho việc số hóa công trình Nhà hát thành phố được xây dựng vào năm 1898 và hoàn thành vào năm 1900, công trình đã được phục chế gần như nguyên bản sau nhiều lần tu bổ. Xây dựng mô hình số HBIM của Nhà hát thành phố Hồ Chí Minh được thực hiện qua 4 bước (Hình 3), hoàn toàn bởi một doanh nghiệp Việt Nam, cho thấy sự sẵn sàng về mặt công nghệ này ở nước ta [17], [18].

Từ sự thành công của quá trình số hóa Nhà hát thành phố, các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp đều kỳ vọng rằng công nghệ này sẽ được nhân rộng để quản lý các biệt thự Pháp cổ tại TP.HCM [4]. Tuy nhiên, mô hình HBIM của công trình Nhà hát lớn TP.HCM mới chỉ dừng lại ở phần kiến trúc và hình dạng kết cấu, chứ chưa bao gồm chi tiết kết cấu hay hệ thống kỹ thuật trong công trình (Hình 4).

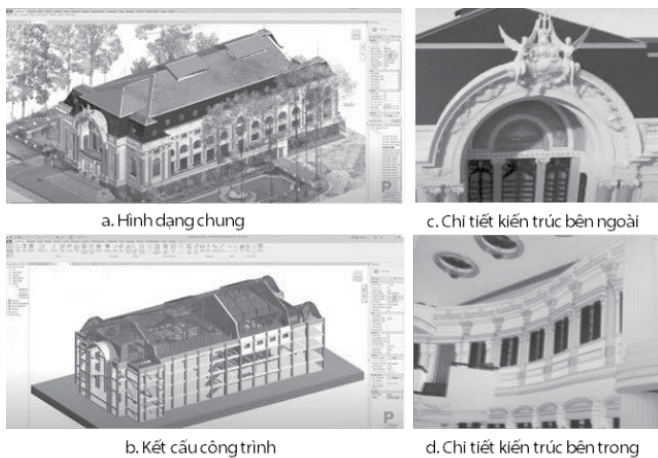
Ngoài ra, còn nhiều thông tin cần xử lý và nhập liệu thủ công, khiến cho thời gian xây dựng mô hình HBIM tiêu tốn nhiều thời gian và nhân lực, là nguyên nhân chính khiến chi phí xây dựng mô hình tăng lên. Bên cạnh nghiên cứu trên, nhóm tác giả Nguyễn Anh Thu và cộng sự cũng nhấn mạnh mức độ chi tiết thông tin LOD (Level Of Detail) và mức độ chính xác LOA (Level Of Accuracy) là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới tiến độ và chi phí xây dựng mô hình HBIM tại Việt Nam, kết luận này được minh chứng thông qua hai dự án thí điểm [2], [16]. Nghiên cứu tổng quan của nhóm tác giả này cũng cho thấy

cần có yêu cầu về mức độ chính xác LOA và mức độ chi tiết LOD trước khi thực hiện Scan to BIM, vì với công trình mức độ yêu cầu khác nhau, chi phí, thời gian và nhân lực cần huy động để số hóa sẽ

khác nhau, đây là căn cứ quan trọng để tránh lãng phí nguồn lực và thúc đẩy số hóa các công trình di sản [20].



**Hình 3:** 4 bước xây dựng mô hình số HBIM của Nhà hát TP.HCM (Nguồn tác giả tổng hợp từ tài liệu [19])



**Hình 4.** Mô hình HBIM hoàn chỉnh gồm: Hình dạng chung (a), Kết cấu công trình (b); Chi tiết kiến trúc điển hình và nổi bật trong và ngoài công trình (c,d) (Nguồn tác giả tổng hợp từ tài liệu [19])

### 3.3. Đề xuất cho TP Hải Phòng

**Bảng 2 :** Đề xuất ứng dụng công nghệ số hóa các CTKTGT tại Hải Phòng

	<b>Đề xuất</b>		
	<b>Công trình xếp loại 1</b>	<b>Công trình xếp loại 2</b>	<b>Công trình xếp loại 3</b>
<b>Công nghệ áp dụng</b>	HBIM với mức độ LOA, LOD ở mức cao cho toàn bộ công trình	HBIM với mức độ LOA, LOD ở trung bình cho mặt ngoài công trình	HBIM với mức độ LOA, LOD ở mức thấp cho mặt ngoài công trình
<b>Ưu điểm</b>	Đầy đủ các thông tin về chủng loại vật liệu, kích thước và chi tiết kiến trúc rõ ràng	Chi phí và thời gian xây dựng mô hình số trung bình, bảo trì và lưu trữ mô hình không tốn quá nhiều tài nguyên	Chi phí và thời gian xây dựng mô hình số thấp, bảo trì và lưu trữ mô hình không tốn nhiều tài nguyên
<b>Nhược điểm</b>	Chi phí và thời gian xây dựng mô hình số cao, bảo trì và lưu trữ mô hình tốn nhiều tài nguyên	Các thông tin về chủng loại vật liệu có thể không có	Các thông tin về chủng loại vật liệu có thể không có, một số chi tiết kiến trúc có thể không rõ ràng

Đánh giá thực trạng tại mục 2 cho thấy hầu hết các CTKTGT được xếp hạng 1 đều giữ nguyên mặt đứng và thiết kế tương đồng so với ban đầu. Một số công trình được thiết kế mở rộng thêm như Nhà ga Hải Phòng do yêu cầu của quá trình đô thị hóa và sự gia tăng về công suất phục vụ. Tuy nhiên, phần mở rộng của công trình này được nghiên cứu thiết kế và thi công tương đối hài hòa so với tổng thể kiến trúc công trình cũng như cảnh quan xung quanh, do đó không cần phải tháo dỡ theo quy định. Thực tiễn trên cho thấy, nếu được nghiên cứu và quản lý hợp lý, việc cải tạo công trình sẽ không làm ảnh hưởng tới công tác bảo tồn và gìn giữ giá trị các CTKTGT tại Hải Phòng. Bên cạnh đó, sẽ không cần tốn nhiều thời gian và nhân lực để tinh chỉnh và hoàn thiện mô hình cho phù hợp với thiết kế ban đầu khi ứng dụng công nghệ số hóa các CTKTGT tại Hải Phòng dựa trên quét 3D (Scan 3D) hiện trạng của công trình do công trình xếp hạng 1 hầu hết đều còn giữ nguyên so với thiết kế.

Dựa trên kết quả ứng dụng công nghệ HBIM trên thế giới và ở Việt Nam cũng như hiện trạng và yêu cầu quản lý của các công trình, bài báo đề xuất việc áp dụng công nghệ số hóa các CTKTGT tại Hải Phòng cho từng loại công trình xếp loại 1, 2, 3 tại bảng 2 như sau:

#### 4. KẾT LUẬN

Các nhà ở, CTKTGT nghệ thuật, kiến trúc, văn hóa, lịch sử góp phần tạo nên bộ mặt khu phố ở Hải Phòng, gắn liền với lịch sử phát triển, cảnh quan và kiến trúc đô thị của thành phố cảng trong gần một thế kỷ qua. Nhiều công trình trong số đó thực sự có giá trị, không chỉ về mặt nghệ thuật kiến trúc mà còn ở khía cạnh văn hóa - lịch sử, vì vậy rất cần được bảo tồn trong thời gian sớm nhất có thể để tránh nguy cơ bị biến dạng hoặc biến mất hoàn toàn. Cần phải khẳng định rằng, di sản kiến trúc là tài nguyên hữu hình rất có giá trị trong đô thị, nếu được quản lý, khai thác, phát huy giá trị một cách hiệu quả; chúng sẽ được “sống” và trở thành những địa điểm quan trọng, thu hút khách du lịch, giúp phát triển kinh tế đô thị hiệu quả và bền vững. Các CTKTGT là một lĩnh vực nhạy cảm với các thay đổi trong phát triển và đô thị hóa. Những điều chỉnh về quy hoạch và xây dựng đô thị cần được cân nhắc kỹ lưỡng, căn cứ trên các thông tin và số liệu khoa học, tham khảo ý kiến phản biện của các nhà chuyên môn và cộng đồng để xác định hướng đi phù hợp trong việc bảo tồn và phát huy giá trị di sản kiến trúc trong TP Hải Phòng.

Bài báo đã nghiên cứu kinh nghiệm thực tiễn có liên quan tới ứng dụng công nghệ số hóa công trình di sản nói chung và CTKTGT nói riêng. Kết quả nghiên cứu và đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ số hóa những công trình có giá trị để làm căn cứ cho việc quản lý, gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ các CTKTGT nói riêng và các di sản nói chung. Bên cạnh những lợi ích mà số hóa mang lại, hiện vẫn còn tồn tại các rào cản về kỹ thuật, tiêu chuẩn, nhân sự và chi phí cần được các nhà khoa học, các bên hữu quan trong lĩnh vực xây dựng quan tâm nghiên cứu và giải quyết trong thời gian tới.

Chưa nghiên cứu đánh giá cụ thể các rào cản về công nghệ, chính sách, nhân sự và chi phí của ứng dụng công nghệ số hóa cho CTKTGT tại thành phố Hải Phòng là một hạn chế của bài báo. Đây có thể là hướng nghiên cứu cần sự quan tâm của các nhà khoa học trong tương lai. Tuy nhiên, kết quả của bài báo được kỳ vọng có thể được sử dụng làm căn cứ cho việc đề xuất các giải pháp để thúc đẩy ứng dụng các công nghệ số hóa phát triển từ BIM như HBIM cho CTKTGT tại Hải Phòng nói riêng và Việt Nam nói chung.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài mã số **09-2024/KHXD**. Xin cảm ơn Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã hỗ trợ chi phí và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. T. Hường and M. N. Khương, “Phân tích chính sách bảo tồn nhà biệt thự trên địa bàn TP.HCM,” *Tạp chí Công thương*, vol. Số 12 (Thá, pp. 166–170, 2018.
- [2] T. A. Nguyen, S. T. Do, L. Le-Hoai, V. T. Nguyen, and T. A. Pham, “Practical workflow for cultural heritage digitalization and management: a case study in Vietnam,” *International Journal of Construction Management*, vol. 23, no. 13, pp. 2305–2319, 2023.
- [3] L. N. Thành, “Một số vấn đề về bảo tồn di sản kiến trúc trong phát triển tại các đô thị hiện đại ở nước ta,” Viện Văn hóa Nghệ thuật Quốc gia Việt Nam, 2020.
- [4] *Tạp chí Kiến trúc Việt Nam*, “Số hóa các công trình kiến trúc cần bảo tồn,” <https://kientrucvietnam.org.vn/>, 2020. [Online]. Available: <https://kientrucvietnam.org.vn/so-hoa-cac-cong-trinh-kien-truc-can-bao-ton/>. [Accessed: 20-Dec-2023].
- [5] A. Taieb, H. Dekkiche, and M. F. Sherzad, “HBIM: A Tool for Enhancing the Diagnosis of Historical Buildings: The Case of St. George’s Memorial Anglican Church, Oshawa,” *Heritage*, vol. 6, no. 8, pp. 5848–5866, 2023.
- [6] A. Gros *et al.*, “Faceting the post-disaster built heritage reconstruction process within the digital twin framework for Notre-Dame de Paris,” Nature Publishing Group UK, 2023.
- [7] E. Lucchi, “Digital twins for the automation of the heritage construction sector,” *Automation in Construction*, vol. 156, no. May, p. 105073, 2023.

[8] Thủ tướng Chính phủ Việt Nam, “Quyết định số 2026/QĐ-TTg ngày 02/12/2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình số hóa Di sản văn hóa Việt Nam, giai đoạn 2021 – 2030.” 2021.

[9] UBND TP Hải Phòng, “Quyết định số 3414/QĐ-UBND ngày 13/12/2017 của UBND thành phố về việc phê duyệt Đề án quản lý các công trình Kiến trúc có giá trị cần được gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ tại TP Hải Phòng.” 2017.

[10] Sở Xây dựng Hải Phòng, “Đề án quản lý các công trình Kiến trúc có giá trị cần được gìn giữ, tôn tạo, bảo vệ tại TP Hải Phòng,” 2022.

[11] N. Q. Tuấn, N. V. Thăng, and P. T. Hường, “Định hướng phát triển du lịch di sản văn hóa tại khu phố pháp Hải Phòng,” *Tạp chí Kiến trúc*, vol. 12, 2023.

[12] G. Sammartano, M. Avena, E. Fillia, and A. Spanò, “Integrated HBIM-GIS Models for Multi-Scale Seismic Vulnerability Assessment of Historical Buildings,” *Remote Sensing*, vol. 15, no. 3, 2023.

[13] F. Al-Muqdad, “Assessing the potentials of heritage building information modelling (HBIM) in damaged heritage reconstruction,” *ARCOM 2020 - Association of Researchers in Construction Management, 36th Annual Conference 2020 - Proceedings*, no. September, pp. 25–34, 2020.

[14] J. Moyano, I. Gil-Arizona, J. E. Nieto-Julian, and D. Marin-Garcia, “Analysis and management of structural deformations through parametric models and HBIM workflow in architectural heritage,” *Journal of Building Engineering*, vol. 45, no. September 2021, 2022.

[15] A. Spanò *et al.*, “Digital Twinning for 20th Century Concrete Heritage: HBIM Cognitive Model for Torino Esposizioni Halls,” *Sensors*, vol. 23, no. 10, 2023.

[16] N. A. Thu, T. Đ. Học, and V. X. Lâm, “Xây dựng quy trình thực hiện dự án Scan to BIM và ứng dụng vào case study,” *Tạp chí Vật liệu & Xây dựng*, vol. 1, no. 13, pp. 95–101, 2023.

[17] T. T. H. Quynh, L. Q. Phuong, and L. H. Nam, “Applying Bim and Related Technologies for Maintenance and Quality Management of Construction Assets in Vietnam,” *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, vol. 12, no. 5, pp. 125–135, 2021.

[18] T. T. H. Quynh, E. C. W. Lou, and L. H. Nam, “Enhancing bim diffusion through pilot projects in Vietnam,” *Engineering Journal*, vol. 25, no. 7, pp. 167–176, 2021.

[19] Công ty Cổ phần Tư vấn Thiết kế Cảng – Kỹ thuật Biển, “Saigon Opera House | Heritage Building Information Modeling (H-BIM) - Chorus of ‘Time,’” 2021, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=89ea5VPCkM8>. [Accessed: 20-Jan-2024].

[20] T. A. Nguyen, A. H. Trinh, and T.-A. Pham, “Enhancing the digitization of cultural heritage: State-of-Practice,” in *The 9th International Conference on Construction Engineering and Project Management*, 2022, pp. 1075–1084.

# Sự nguy hiểm cháy nổ khi sử dụng Hydrogen làm nguồn năng lượng thay thế nguồn năng lượng hoá thạch

The danger of fire and explosion when using Hydrogen as an energy source to replace fossil energy sources

> **THS ĐỖ NGỌC BÍCH**

Khoa KHC&NN, Trường Đại học Phòng cháy chữa cháy

## TÓM TẮT

Bài báo có nêu tính chất nguy hiểm cháy, nổ của hydrogen được liệt kê và so sánh với khí methane (thành phần chính trong khí thiên nhiên và khí biogas) - một khí đã được nhận thức rõ ràng về tính nguy hiểm cháy nổ. Kết quả cho thấy rằng, hydrogen nguy hiểm hơn so với các nhiên liệu hoá thạch truyền thống, điều này đã được chứng minh qua sự so sánh các tính chất hoá lý của hydrogen với khí methane. Dựa trên kết quả so sánh, các kết luận về sự nguy hiểm cháy nổ của hydrogen được tổng kết, trên cơ sở đó đánh giá các rủi ro cháy nổ của hydrogen và đưa ra các khuyến cáo khi sử dụng hydrogen làm nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hoá thạch.

**Từ khoá:** Hydrogen; năng lượng thay thế; năng lượng hoá thạch; methane; nguy hiểm cháy; rủi ro cháy.

## ABSTRACT

In this article, the fire and explosion hazard of Hydrogen is listed and compared with methane (the main ingredient in natural gas and biogas) - a gas is well - known as explosion and fire hazard. A comparison of the physicochemical properties of hydrogen with those of methane has performed. The results demonstrate that hydrogen is more dangerous than fossil fuels. Based on the results of the comparison, conclusions about the fire and explosion hazards of hydrogen are summed up and the explosion risks of hydrogen are evaluated. Besides, we have also made recommendations when hydrogen is used as an alternative fuel which replacing fossil fuels.

**Keywords:** Hydrogen; alternative energy; fossil energy; methane; fire hazard; fire risk.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hydrogen đã được đề xuất làm nhiên liệu thay thế xăng và khí tự nhiên như một nguồn năng lượng sạch. Động lực chính cho sự thay thế này là quá trình đốt cháy hydrogen không tạo ra carbon dioxide, một khí gây ra hiệu ứng nhà kính và được coi là tác nhân chính gây ra sự nóng lên toàn cầu. Mặt khác, con người đang trong quá trình tìm kiếm một nguồn năng lượng để thay thế các nguồn năng lượng không tái tạo và đang đối mặt với nguy cơ cạn kiệt như dầu mỏ hay khí thiên nhiên.

Tuy nhiên, tính an toàn cháy nổ của khí hydrogen đang là một vấn đề được coi là rào cản của sự thay thế các nguồn năng lượng hoá thạch bằng năng lượng hydrogen. Trong quá khứ, đã từng xảy ra các sự cố cháy nổ khí hydrogen gây thiệt hại lớn về người và tài sản, điển hình là: Đám cháy hydrogen của khí cầu Hindenburg, xảy ra vào ngày 06/ 5/ 1937 và dẫn đến cái chết của 13 hành khách, 22 thành viên phi hành đoàn và một người trên mặt đất. Hindenburg là khí cầu lớn nhất từng được chế tạo và được nâng lên bởi 200.000 m<sup>3</sup> khí hydrogen được chứa trong 16 túi hoặc ô chứa khí. Sau đó, một số câu hỏi đã được đặt ra là: hydrogen có an toàn không? Hoặc hydrogen có an toàn hơn các nguồn năng lượng hiện tại, chẳng hạn như xăng và khí đốt tự nhiên hay không? Cụm từ “ an toàn” tương đối khó định nghĩa với nhiều nhóm đối tượng khác nhau và sự cảm nhận về tính an toàn của họ theo nhiều cách khác nhau. Do vậy, cách tiếp cận tốt hơn là sử dụng các khái niệm về nguy cơ và rủi ro vì những từ này được định nghĩa rõ ràng và phù hợp hơn để phân tích.

Sau đó, câu hỏi trở thành: Những nguy cơ và rủi ro liên quan đến việc sử dụng hydrogen là gì và làm thế nào để so sánh chúng với các nguồn năng lượng xăng và khí đốt tự nhiên truyền thống? Bài viết này sẽ xem xét các tính chất vật lý và hoá học liên quan đến tính chất cháy, nổ của hydrogen, và so sánh các tính chất này của hydrogen với một chất cháy phổ biến khác. Trong nghiên cứu này, chất cháy được sử dụng để so sánh là CH<sub>4</sub> (methane), đây là một chất cháy tương đối phổ biến và là thành phần chính trong khí thiên nhiên và khí biogas. Tính chất nguy hiểm cháy nổ của nó đã được công nhận và hiểu biết rộng rãi. Việc so sánh này sẽ đưa ra cái nhìn khách quan về tính chất nguy hiểm cháy nổ của hydrogen và đánh giá về tính nguy hiểm và rủi ro khi sử dụng hydrogen.

**2. ĐỊNH NGHĨA VỀ NGUY CƠ, RỦI RO VÀ ĐÁNH GIÁ VIỆC CHẤP NHẬN CÁC NGUY CƠ, RỦI RO KHI SỬ DỤNG KHÍ HYDROGEN LÀM NHIÊN LIỆU THAY THẾ**

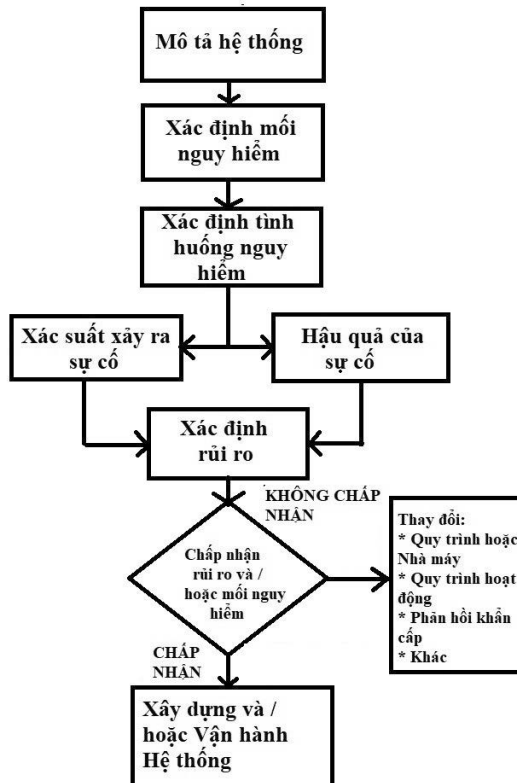
Cần có một số định nghĩa về nguy cơ và rủi ro để hoàn thành việc đánh giá chúng. Thông thường, trước đây, việc đánh giá này không được thực hiện đúng cách do sự hiểu biết chưa đầy đủ về các khái niệm này.

Nguy cơ và rủi ro là hai từ được sử dụng phổ biến, nhưng thường không được áp dụng chính xác. Nhìn chung, hai khái niệm này đều đặc trưng cho tính nguy hiểm. Nguy cơ được định nghĩa là một "tình trạng hóa học hoặc vật lý có khả năng gây thiệt hại cho người, tài sản hoặc môi trường. Đối với nhiên liệu, mối nguy hiểm là do tính chất hoá lý của nhiên liệu - trong trường hợp này là do tính chất dễ cháy và nổ của nhiên liệu [1].

Rủi ro là "một thước đo thương tích con người, thiệt hại môi trường hoặc thiệt hại kinh tế cả về khả năng xảy ra sự cố và mức độ của tổn thất hoặc thương tích"[1]. Nói cách khác, rủi ro bao gồm cả xác suất xảy ra sự cố và hậu quả của sự cố. Nếu chỉ một trong các thành phần được xem xét, thì rủi ro có thể được đánh giá không phù hợp và các phương tiện để kiểm soát rủi ro có thể không đủ hoặc thiếu chính xác.

Phân tích rủi ro được định nghĩa là "sự phát triển của một ước tính định lượng về rủi ro dựa trên đánh giá kỹ thuật và các kỹ thuật toán học để kết hợp các ước tính về hậu quả và tần suất của sự cố" [1]. Cuối cùng, đánh giá rủi ro là "quá trình sử dụng kết quả phân tích rủi ro để đưa ra quyết định" [1].

Quy trình xác định mối nguy cơ và đánh giá rủi ro được trình bày trong hình 1. Sau khi có mô tả đầy đủ về hệ thống, các mối nguy hiểm đầu tiên được xác định. Các mối nguy cơ có thể do các đặc tính vật lý và hoá học của hoá chất hoặc vật liệu, điều kiện vận hành (nhiệt độ và áp suất), hoặc các quy trình được sử dụng trong quá trình vận hành.



Hình 1. Quy trình xác định mối nguy cơ và đánh giá rủi ro [2]

Từ quy trình mỗi nguy cơ và đánh giá rủi ro khẩn cấp, các mối nguy hiểm và đánh giá rủi ro đối với việc sử dụng khí hydrogen làm nhiên liệu thay thế được đưa ra. Việc sử dụng khí hydrogen làm nhiên liệu thay thế đang được xem xét và phát triển để giảm thiểu phát thải khí nhà kính và phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu hóa thạch. Tuy nhiên, việc chấp nhận các nguy cơ và rủi ro liên quan đến việc sử dụng khí hydrogen làm nhiên liệu thay thế vẫn cần được xem xét cẩn thận. Một số điểm để đánh giá nguy cơ và rủi ro khi sử dụng khí hydrogen [4] bao gồm: nguy cơ cháy nổ và nổ, lọc và làm sạch nhiên liệu, lưu trữ và vận chuyển an toàn, tác động đến sức khỏe con người, hiệu suất nhiên liệu và hệ thống điều chỉnh, nguy cơ sự cố môi trường.

Trong phạm vi bài viết, nguy cơ, rủi ro cháy nổ hydrogen khi chúng được sử dụng làm nhiên liệu thay thế được tập trung đánh giá. Nguy cơ, rủi ro cháy nổ của hydrogen tập trung vào bốn khía cạnh sau:

**Nguy cơ phản ứng cháy nổ:** Hydrogen là một chất khí dễ cháy và có nguy cơ phản ứng cháy nổ mạnh khi tiếp xúc với không khí hoặc nguồn điện. Một ngọn lửa nhỏ hoặc tia lửa có thể gây ra một phản ứng cháy kèm theo nổ.

**Tỉ lệ hỗn hợp cháy nổ:** Hydrogen có thể cháy trong một dải tỉ lệ hỗn hợp rộng với không khí, từ 4% đến 75%. Điều này tạo ra nguy cơ cháy nổ khi khí hydrogen bị rò rỉ và tạo thành hỗn hợp nổ.

**Áp suất và dạng lưu trữ:** Hydrogen có thể được lưu trữ ở áp suất cao trong các bình chứa hoặc ở dạng lỏng ở nhiệt độ cực thấp. Các áp suất cao và nhiệt độ cực thấp này có thể tạo ra nguy cơ nổ khi không tuân thủ các quy định và biện pháp an toàn.

**Rò rỉ khí:** Hydrogen có khả năng xâm nhập qua các khe hở nhỏ và gây ra rò rỉ khí. Rò rỉ khí hydrogen trong không gian có thể dẫn đến tạo thành một vùng không gian nguy hiểm cháy nổ.

**3. TÍNH CHẤT HOÁ LÝ CỦA HYDROGEN LIÊN QUAN ĐẾN RỦI RO CHÁY NỔ**

Vi hydrogen là một chất cháy (hoặc nhiên liệu) nên, bài báo này sẽ tập trung vào các tính chất nguy hiểm về cháy nổ của hydrogen. Các nguy cơ độc hại hoặc nguy cơ ô nhiễm môi trường không được xem xét trong nghiên cứu này. Bảng 1 trình bày các thông số hoá lý của hydrogen để minh chứng cho các tính chất nguy hiểm của hydrogen, đồng thời đưa ra sự so sánh với khí methane (CH<sub>4</sub>) nhằm minh hoạ sắc nét cho đặc tính nguy hiểm cháy nổ của hydrogen.

Các mối nguy hiểm cháy nổ của một chất cháy bất kỳ đều liên quan đến tất cả các tính hoá lý của nó, tức là bất kỳ một trong số các tính chất hoá lý liên quan đến cháy nổ đều có thể là nguyên nhân gây ra sự nguy hiểm. Tuy nhiên, trong số các tính chất cháy nổ, chỉ một số tính liên quan đến xác suất xảy ra cháy nổ và một số tính chất sẽ liên quan đến hậu quả. Ví dụ, giới hạn nồng độ bắt cháy liên quan đến xác suất xảy ra cháy, trong khi đó, nhiệt cháy có liên quan đến hậu quả vì sự tỏa nhiệt gây ra các thiệt hại về con người và tài sản.

Việc so sánh tính chất nguy hiểm của hydrogen và methane được thực hiện trên 7 tính chất theo bảng 1. Đối với mỗi tính chất hoá lý, một bình luận định tính và định lượng được đưa ra. Việc so sánh định tính được thực hiện thông qua việc so sánh mức độ nguy hiểm dựa trên thông số hoá lý của nhiên liệu và được trình bày tại bảng 1. Bên cạnh đó, việc so sánh định lượng được sử dụng bằng phương pháp chấm điểm cụ thể: Đối với mỗi tính chất, việc đánh giá định lượng tuân theo quy tắc, chất có mức độ nguy hiểm cao hơn rõ rệt được cho "1 điểm", chất còn lại "0 điểm"; khi hai chất có thông số tương đối gần nhau, chất nào có thông số nguy hiểm hơn được cho "1 điểm", chất nào có thông số ít nguy hiểm hơn được cho "0,5" điểm. Kết quả đánh giá này được trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Các thông số hoá lý liên quan đến tính chất nguy hiểm cháy nổ (ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất 1 Bar) của hydrogen so sánh với khí CH<sub>4</sub> [3,4,5,6,7] và sự so sánh tính nguy hiểm của hai khí dựa trên điểm số được đánh giá

Tính chất	Giá trị của Hydrogen	Giá trị của Methane	So sánh	Điểm	
				H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Trạng thái vật lý và tỉ khối so với không khí	Khí	Khí	Cả hai đều là chất khí, nhưng hydrogen nhẹ hơn methane, do vậy, trong điều kiện không gian mở, nguy cơ cháy và nổ của hydrogen thấp hơn.	0	1
	≈ 0,07	≈ 0,55			
Giới hạn nồng độ bắt cháy	4,0–75%	5,3–15%	Giới hạn nồng độ bắt cháy của hydrogen lớn hơn nhiều so với methane	1	0
Nhiệt độ tự bốc cháy	572 °C	632 °C	Nhiệt độ tự bốc cháy của hai khí không chênh lệch nhau nhiều, tuy nhiên, hydrogen tự bốc cháy ở nhiệt độ thấp hơn methane 60 °C	1	0,5
Năng lượng bắt cháy	0,018 mJ	0,28 mJ	Năng lượng bắt cháy của hydrogen nhỏ hơn methane khoảng gần 16 lần	1	0
Nhiệt cháy	285,8 kJ/mol	890,3 kJ/mol	Nhiệt cháy của methane cao hơn Hydrogen xấp xỉ 3 lần	0	1
Áp suất cực đại trong quá trình đốt cháy	6,8 Bar	7,1 Bar	Áp suất cực đại khi cháy gần như tương đương, tuy nhiên methane cao hơn 0,3 Bar	0,5	1
Chỉ số nổ khi cháy (nổ hoá học)	550 Bar.m/s	55 Bar.m/s	Chỉ số nổ của Hydrogen cao hơn methane 10 lần	1	0
<b>Tổng điểm</b>				<b>4,5</b>	<b>3,5</b>

Kết quả so sánh tính chất nguy hiểm cháy, nổ của hydrogen và methane cho thấy: Hydrogen nguy hiểm hơn ở 3 tính chất bao gồm: giới hạn nồng độ bắt cháy, năng lượng bắt cháy, chỉ số nổ; Methane nguy hiểm hơn ở 2 chỉ số bao gồm: Trạng thái vật lý và tỉ khối so với không khí và nhiệt cháy. Hai thông số nhiệt độ tự bốc cháy và áp suất cực đại trong quá trình đốt cháy, hai chất có giá trị của mỗi thông số tương đối gần nhau. Tuy nhiên, nhiệt độ tự bốc cháy của methane cao hơn nhiệt độ tự bốc cháy của hydrogen 60°C, trong khi áp suất cực đại khi cháy của methane cao hơn hydrogen 0,3 bar. Tổng điểm nguy hiểm của hydrogen là 4,5 trong khi của methane là 3,5. Điều này cho thấy, hydrogen nguy hiểm cháy nổ hơn methane.

Khi so sánh các chỉ số liên quan đến xác suất xảy ra sự cố cháy nổ, hydrogen vượt trội hơn 3 chỉ số bao gồm: giới hạn nồng độ bắt cháy, nhiệt độ tự bốc cháy, áp suất cực đại trong quá trình đốt cháy. Nhưng methane lại áp đảo với các chỉ số liên quan đến hậu quả với hai chỉ số bao gồm: nhiệt cháy và áp suất cực đại trong quá trình đốt cháy. Từ đó có thể thấy rằng, rủi ro sự cố cháy nổ của hydrogen cao hơn methane, trong khi đó rủi ro thiệt hại tính mạng và tài sản khi sự cố đã xảy ra của methane cao hơn hydrogen. Nhưng cần chú ý thêm rằng, hydrogen có chỉ số nổ (một chỉ số liên quan đến hậu quả) cao gấp 10 lần methane. Do vậy, nếu đánh giá rủi ro về hậu quả của việc cháy nổ của methane và hydrogen và so sánh giữa chúng, cần chú ý rằng, cháy nổ của methane sẽ dễ dàng gây ra cháy lan hơn so với hydrogen do nhiệt cháy của methane cao gấp 3 lần hydrogen, nhưng khả năng gây ra hiệu ứng domino gây phá huỷ hoặc sụp đổ các đối tượng xung quanh khi xảy ra cháy nổ của hydrogen sẽ cao hơn methane do chỉ số nổ của hydrogen cao gấp 10 lần methane.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Hydrogen là một nhiên liệu sạch có nhiều tiềm năng ứng dụng. Tuy nhiên, việc sử dụng hydrogen sẽ tiềm ẩn nhiều nguy cơ và rủi ro về cháy nổ hơn so với các nhiên liệu hoá thạch truyền thống. Điều này đã được chứng minh qua việc so sánh các tính chất hoá lý của hydrogen và methane.

Sử dụng nguồn nhiên liệu khác thay thế nhiên liệu hoá thạch là tất yếu cần phải thực hiện. Do vậy, để hydrogen trở thành một nhiên liệu thay thế chính cho nhiên liệu hoá thạch, công tác đảm bảo an

toàn cháy nổ phải được thực hiện. Một số biện pháp đảm bảo an toàn cháy nổ cho hydrogen được đưa ra như sau:

- Hydrogen là chất khí, trong quá trình sử dụng, chúng thường được hoá lỏng ở áp suất cao trong các bình thép, do vậy, việc thiết kế, chế tạo các bình thép phải đảm bảo theo yêu cầu kĩ thuật, van bình phải được thường xuyên kiểm tra và bảo dưỡng để phòng rò rỉ hydrogen.

- Kho lưu trữ hydrogen phải đảm bảo thông thoáng, có hệ thống thông gió tốt, kho phải khô ráo, mát mẻ. Không lưu trữ hydrogen cùng với các khí thuộc họ halogen do chúng phản ứng mãnh liệt với nhau mà không cần nguồn nhiệt.

- Khi vận chuyển, cần đảm bảo an toàn PCCC, phải có các biển cảnh báo theo quy định, phải ngăn cách khoang chứa hàng với động cơ bằng vật liệu không cháy, ngăn cách khu vực ống xả với khoang chứa hàng bằng vật liệu không cháy.

- Khi sử dụng hydrogen, phải luôn luôn đảm bảo hệ thống truyền dẫn hydrogen phải kín, không rò rỉ, thường xuyên kiểm tra các điều kiện an toàn. Nếu sử dụng hydrogen cho động cơ đốt trong, động cơ phải được thiết kế phù hợp với sự đốt cháy hydrogen và các đặc điểm kĩ thuật của động cơ phải phù hợp cho loại nhiên liệu này. Nếu sử dụng hydrogen cho pin nhiên liệu hydrogen, cần đảm bảo hệ thống phải kín và được làm mát thích hợp.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. American Institute of Chemical Engineers. (2000). Guidelines for Process Safety in Outsourced Manufacturing Operations. Center for Chemical Process Safety - CCPS.
- [2]. Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2002). Chemical process safety, fundamentals with applications. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- [3]. Kuchta, J. M. (1985). Investigation of fire and explosion accidents in the chemical, mining and fuel-related industries. Bulletin 680. Washington, DC: US Department of the Interior, Bureau of Mines.
- [4]. Rigas, F., & Amyotte, P. (2012). Hydrogen Safety (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12267>
- [5]. Hoàng Nhâm (2004), Hóa học các nguyên tố, tập 2, NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội.
- [6]. Hoàng Nhâm (2004), Hóa học vô cơ, tập 3, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [7]. Đinh Ngọc Tuấn, Nguyễn Quốc Việt, Nguyễn Hữu Hiệu, Khuất Quang Sơn (2018). Sổ tay tra cứu thông tin cháy nổ độc hại của một số hoá chất thông dụng tại Việt Nam. NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.

# Phương pháp phân tích phi tuyến kết cấu khung thép

## Nonlinear analysis method of steel frame structure

> TS HOÀNG HIẾU NGHĨA

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng; Email: [ngghiahh@dhhp.edu.vn](mailto:ngghiahh@dhhp.edu.vn)

### TÓM TẮT

Bài báo đã trình bày các phương pháp truyền thống khi thực hiện phân tích kết cấu thép hiện nay, đánh giá ưu, nhược điểm của từng phương pháp, đặt vấn đề và giải quyết vấn đề trong phân tích kết cấu khung thép có kể đến yếu tố phi tuyến. Tổng quan về các phương pháp phân tích phi tuyến kết cấu thép. Phân tích các phương pháp phân tích phi tuyến hiện nay, các phương pháp tính toán kết cấu khung có xuất hiện khớp dẻo đang được áp dụng trong các nghiên cứu và trong các tiêu chuẩn hiện hành và đề xuất phương pháp phân tích phi tuyến tổng thể của hệ kết cấu theo phương pháp phân tích tiên tiến.

**Từ khóa:** Phi tuyến; chảy dẻo; khớp dẻo; vùng dẻo; biến dạng dẻo lan truyền; mặt chảy dẻo; thiết kế dẻo.

### ABSTRACT

The paper presented traditional methods when performing current steel structure analysis, assessing the advantages and disadvantages of each method, questioning and solving problems in steel structure nonlinear analysis. Overview of nonlinear analysis methods for steel structures. Analysis of current nonlinear analysis methods, calculation methods of frame structure with plastic hinge are being applied in the studies and in the current standards and the proposed total nonlinear analysis method of the structural system according to advanced analytical methods.

**Keywords:** Nonlinear; yield; plastic hinge; plastic zone; spread of plasticity deformation; plastic surface, plastic design.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay khi phân tích và tính toán kết cấu thép thường sử dụng các phương pháp truyền thống sau (hình 1) [1], [2], [3]:

- Thiết kế theo ứng suất cho phép (ASD): việc tính toán ứng suất dựa trên đàn hồi bậc nhất, còn ảnh hưởng về phi tuyến hình học được ngầm xét trong các phương trình tính toán cấu kiện.

- Thiết kế dẻo (PD): Dùng phân tích khớp dẻo bậc nhất để phân tích kết cấu. Thiết kế dẻo có xét đến ảnh hưởng phân phối nội lực dẻo trên toàn hệ kết cấu, còn phi tuyến hình học và ảnh hưởng của sự chảy dẻo theo thời gian không được xét đến nên chúng được đưa vào trong các phương trình tính toán cấu kiện.

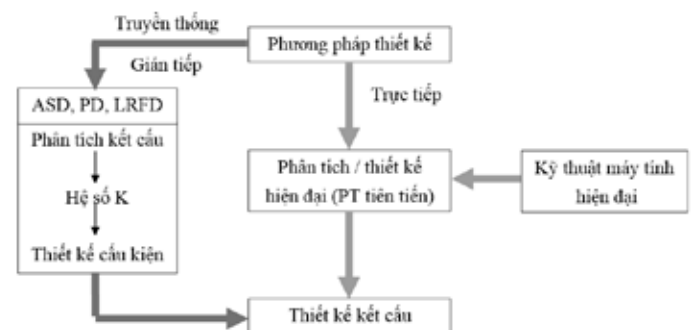
- Thiết kế theo hệ số tải trọng và sức kháng (LRFD): Dùng phân tích đàn hồi bậc nhất với các hệ số khuếch đại hay trực tiếp dùng phân tích đàn hồi bậc 2 để xét đến phi tuyến về mặt hình học, còn độ bền cục hạn của cấu kiện cột - dầm phản ánh gián tiếp qua các phương trình tương tác khi thiết kế cấu kiện.

Cả 3 phương pháp ASD, PD, LRFD đều yêu cầu phải kiểm tra riêng rẽ từng cấu kiện, nhất là phải tính đến hệ số K (hệ số chiều dài tính toán).

Theo phương pháp truyền thống (hình 1), thiết kế kết cấu bao gồm 2 bước:

Bước 1: Dùng phân tích đàn hồi tuyến tính và nguyên lý cộng tác dụng để xác định nội lực và chuyển vị của hệ kết cấu.

Bước 2: Kiểm tra khả năng chịu lực, ứng suất giới hạn, ổn định của từng cấu kiện riêng lẻ.



**Hình 1.** Phương pháp phân tích và thiết kế kết cấu

Phương pháp thiết kế truyền thống trên đã được áp dụng lâu đời và có ưu điểm là đơn giản hóa công việc thiết kế của người kỹ sư. Tuy nhiên nó không thể hiện rõ quan hệ phi tuyến giữa tải trọng và chuyển vị, không thể hiện rõ tính phi tuyến của vật liệu kết cấu, chưa xem xét đầy đủ ứng xử của toàn hệ kết cấu do đó nó dẫn đến việc lãng phí vật liệu. Nếu có xem xét thì mới chỉ dừng lại ở việc tính gián tiếp thông qua các công thức thiết kế hoặc các hệ số đơn giản nào đó được đề xuất trong các tiêu chuẩn [1], [2]. Trong thực tế khi hệ kết cấu chịu tải trọng, kết cấu có thể trải qua quá trình đàn hồi và chuyển sang giai đoạn chảy dẻo đáng kể mà chưa bị phá hủy hay mất ổn định cục bộ.

Do vậy ta cần phải nghiên cứu sâu hơn nữa trạng thái dẻo của cả hệ kết cấu hay phân tích phi tuyến vật liệu hệ kết cấu. Đó là hướng thiết kế hiện đại (phân tích tiên tiến) và chỉ thực hiện trong một bước thiết kế vì nó sẽ phản ánh chính xác sự làm việc thực tế của hệ kết cấu,

dự đoán chính xác dạng phá hủy dẻo và tải trọng giới hạn của kết cấu khung khi chịu tải trọng tĩnh và là một điều rất cần thiết để có thể đảm bảo độ tin cậy của đồ án thiết kế. Các nghiên cứu về vấn đề này điển hình như: Chan và Chui [4], White [5], Chen và Sohal [6], Chen, Kim và Choi [7], Yong cùng cộng sự [8], Orbison cùng cộng sự [9], Lieuw và Chen [12].

**2. PHÂN TÍCH PHI TUYẾN VÀ CÁC MỨC ĐỘ PHÂN TÍCH PHI TUYẾN**

**2.1. Phân tích phi tuyến**

Phân tích kết cấu là xác định chuyển vị, biến dạng và ứng suất của từng phần tử của hệ kết cấu dưới tác dụng của tải trọng nào đó. Trong phân tích đàn hồi tuyến tính vật liệu được giả thiết là không chảy dẻo và các tính chất của vật liệu không thay đổi, biến dạng tỷ lệ với lực tác dụng, đường biểu diễn quan hệ ứng suất biến dạng là đường thẳng, các phương trình cân bằng được thiết lập dựa trên trường hợp cấu hình kết cấu chưa biến dạng dẻo. Các biến dạng được xem là nhỏ và không ảnh hưởng đáng kể đến sự cân bằng của hệ kết cấu. Phân tích này chưa xét đến sự thay đổi hình học, tích chất vật liệu và sự thay đổi hình dạng của kết cấu trong quá trình chịu tải. Người thiết kế thường bỏ sung các hệ số để xét đến các tác động trên cho nên chưa phản ánh đúng bản chất làm việc thực tế của kết cấu.

Bài toán phân tích tuyến tính thường đơn giản và không tốn nhiều công sức. Bài toán phân tích phi tuyến, quan hệ lực - biến dạng là đường cong, do đó phải giải lập vi kết cấu đã bị biến dạng với tải trọng trước đó và độ cứng kết cấu bị suy yếu dần, máy tính sẽ cập nhật dữ liệu hình học, tính chất vật liệu sau mỗi lần tải trọng thay đổi.

**2.2. Phi tuyến vật liệu**

Phân tích phi tuyến vật liệu là phân tích có kể đến ứng xử ngoài miền đàn hồi của vật liệu. Khi chịu tải trọng, vật liệu làm việc từ giai đoạn đàn hồi, bắt đầu chảy dẻo, đàn dẻo và chảy dẻo hoàn toàn. Khi bắt đầu chảy dẻo, các thớ bên ngoài sẽ chảy dẻo trước và sẽ lan truyền dần vào các thớ bên trong tiết diện. Với sự lan truyền của sự chảy dẻo, độ cứng dọc trục EA và độ cứng chống uốn EI tại các tiết diện của phần tử sẽ suy giảm dọc theo chiều dài phần tử. Hai phương pháp cơ bản được các nhà nghiên cứu sử dụng khi phân tích kết cấu phi tuyến là phương pháp khớp dẻo và phương pháp vùng dẻo (hình 2). Phương pháp khớp dẻo đã được nhiều tác giả trong và ngoài nước ứng dụng để nghiên cứu phân tích kết cấu phi đàn hồi với nhiều hướng tiếp cận khác nhau, còn phương pháp vùng dẻo là phương pháp phân tích kết cấu phi đàn hồi cho kết quả sát với thực tế nhưng lại có rất ít tác giả nghiên cứu và áp dụng do tính phức tạp của nó. Một số công trình nghiên cứu về phi tuyến vật liệu như: Chan và Chui [4], White [5], Chen và Sohal [6], Chen, Kim và Choi [7], Yong cùng cộng sự [8], Orbison và Guire [9], Hoàng Hiếu Nghĩa [14].

Phương pháp khớp dẻo đơn giản	Phương pháp khớp dẻo hiệu chỉnh	Phương pháp vùng dẻo

Hình 2. Các phương pháp phân tích phi tuyến vật liệu

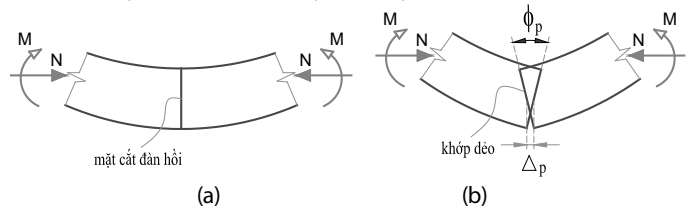
**2.3. Phương pháp khớp dẻo**

**2.3.1. Định nghĩa khớp dẻo**

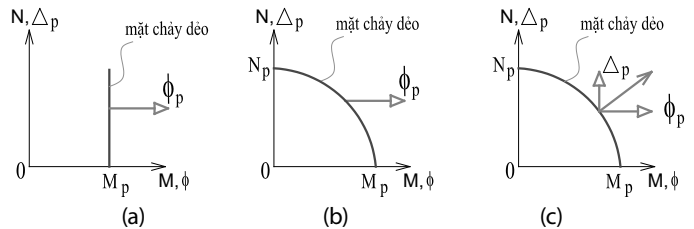
Để đơn giản trong cách phân tích mà vẫn phản ánh đúng sự làm việc thực tế của kết cấu khung đàn dẻo. Nhiều tác giả đã dùng phương pháp khớp dẻo điển hình như: Chan và Chui [4], White [5], Chen và Sohal [6], Chen, Kim và Choi [7], Yong cùng cộng sự [8], Orbison cùng cộng sự [9], Lieuw và Chen [12].

Phương pháp khớp dẻo là mô hình tính đơn giản hóa của mô hình thực với giả thiết chiều dài vùng dẻo  $l_h = 0$ , theo đó giả thiết trong quá trình chịu lực biến dạng dẻo chỉ xuất hiện và phát triển tại hai đầu phần tử, các tiết diện còn lại trong thanh vẫn biến dạng đàn hồi. Khi sự chảy dẻo ở tiết diện ngang đầu mút xảy ra, một khớp dẻo được hình thành đột ngột tại vị trí đó từ trạng thái đàn hồi. Khớp dẻo này được xem là “khớp lý tưởng” với ý nghĩa là không tiếp nhận được thêm nội lực nữa trong các bước gia tải tiếp theo. Orbison và cộng sự [9] đã thực hiện thành công phương pháp này kết hợp với mặt chảy dẻo để xác định sự hình thành khớp dẻo trong cấu kiện.

**2.3.2. Trạng thái của tiết diện khi chịu tải**



Hình 3. Ứng xử của tiết diện khi chịu tải



Hình 4. Mô hình khớp dẻo

- Khi tiết diện chỉ chịu mô men uốn thuần túy M (hình 1.4a), không xét ảnh hưởng của các yếu tố khác đến quá trình hình thành khớp dẻo của tiết diện. Các nghiên cứu sử dụng mô hình này cho phân tích khung thép phẳng như: Neal, Hodge, Steen, Võ Thanh Lương, Nguyễn Văn Tú, mô hình này chỉ phù hợp với dầm chịu uốn thuần túy, với phân tích khung thì không còn chính xác vì nó không kể đến ảnh hưởng của lực dọc. Mặt khác sự hình thành khớp dẻo đơn giản trong dầm (từ M đàn hồi tiết diện đạt ngay đến  $M_p$ ) không phản ánh được sự chảy dẻo lan truyền trên tiết diện dầm, không kể đến mô hình vật liệu phi tuyến, không kể đến góc xoay của tiết diện trong quá trình phân tích. Do đó cần đặt ra vấn đề nghiên cứu, đặc biệt là dầm liên hợp vì nó bao gồm cả vật liệu thép và bê tông cốt thép.

- Khi xem xét đến ảnh hưởng của lực dọc N thông qua mặt chảy M, N (hình 4b). Các nghiên cứu sử dụng mô hình này cho phân tích khung thép như: Chen, Yoshiaki và Lieuw, Kim, Park và Choi, Kim, Lee và Part, Nguyễn Văn Tú. Mô hình này không kể đến chuyển vị dọc trục  $\Delta$  do lực nén gây ra.

- Mô hình khớp dẻo có xét đến ảnh hưởng của lực dọc N và kể đến chuyển vị dọc trục  $\Delta$  thông qua mặt chảy M, N (hình 4c) là mô hình chính xác của khớp dẻo. Các nghiên cứu sử dụng mô hình này khi phân tích như: Milan và Ba, Orbison và cộng sự.

**2.3.3. Các dạng phân tích khớp dẻo**

**- Phương pháp khớp đàn - dẻo:**

Phương pháp này (hình 1.4) giả thiết rằng phần tử vẫn làm việc đàn hồi trên suốt chiều dài của nó, chỉ riêng ở hai đầu phần tử xuất hiện hai khớp dẻo có chiều dài bằng 0.

Phương pháp này xét đến tính dẻo của vật liệu nhưng chưa kể đến sự lan truyền vùng biến dạng dẻo:

Phương pháp khớp đàn dẻo có hai phương pháp phân tích sau:

+ *Phương pháp phân tích khớp đàn - dẻo bậc nhất*: bỏ qua các ảnh hưởng phi tuyến hình học, không xét đến khi thành lập phương trình cân bằng. Orbison và cộng sự [9], Balling và Lyon [10], Vũ Quốc Anh, Nghiêm Mạnh Hiến [11].

+ *Phương pháp phân tích khớp đàn - dẻo bậc hai*: có xét đến ảnh hưởng của phi tuyến hình học, chỉ cần dùng hàm ổn định để xét đến ảnh hưởng phi tuyến và cần dùng mô hình một phần tử cho một cấu kiện là có thể đạt được ảnh hưởng bậc hai. Các nghiên cứu sử dụng phương pháp này điển hình như: Chen và Sohal [6], Chen, Kim và Choi [7], Yong cùng cộng sự, Balling và Lyon [10], Vũ Quốc Anh, Nghiêm Mạnh Hiến [11].

**- Phương pháp hiệu chỉnh khớp dẻo:**

Để khắc phục hạn chế phương pháp khớp dẻo đơn giản do nó không kể đến sự chảy dẻo lan truyền trên tiết diện, tác giả Liew và cộng sự [12] đã phát triển và dùng mô hình mặt dẻo đồng dạng thể hiện ảnh hưởng của phân bố dẻo qua tiết diện ngang bằng các giả thiết quá trình làm giảm độ cứng khớp dẻo.

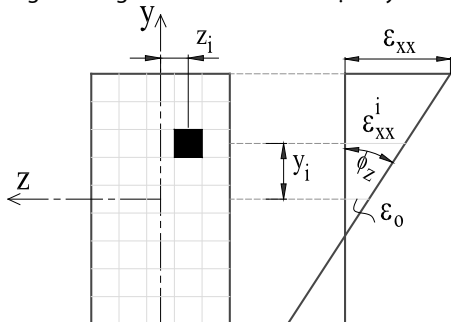
Phương pháp hiệu chỉnh khớp dẻo có 2 điều chỉnh quan trọng là dùng hàm giảm độ cứng tiết diện để phản ánh sự chảy dẻo lan truyền tại vị trí hình thành khớp dẻo (chỉ xét sự xuất hiện khớp dẻo ở 2 đầu phần tử).

Ưu điểm chính của phương pháp này là đơn giản, hiệu quả, có kết quả tương đối chính xác. Tuy nhiên phương pháp này vẫn chưa phản ánh hết các ứng xử của vật liệu và mới được nghiên cứu chủ yếu cho khung phẳng và đặc biệt là dẻo của liên kết dầm - cột, còn với khung liên hợp còn rất ít các nghiên cứu được công bố.

Chen, Kim và Choi [7], Kim và Choi [13] đã sử dụng phương pháp hiệu chỉnh khớp dẻo để phân tích nâng cao cho khung không gian có liên kết nửa cứng, sự phi tuyến về liên kết được xét đến thông qua mô hình ba thông số của Kishi và Chen. Sự phi tuyến về hình học trong đó ảnh hưởng biến dạng bậc một và bậc hai của kết cấu được xét đến bằng cách dùng hàm ổn định. Sự phi tuyến về vật liệu được xét đến bằng cách sử dụng mô đun tiếp tuyến CRC và hàm parabol thể hiện sự chảy dẻo lan truyền của liên kết.

**2.4. Phương pháp vùng dẻo**

Phương pháp vùng dẻo hay phương pháp thứ là phương pháp có kể đến sự phát triển của vùng biến dạng dẻo trên các tiết diện dọc theo chiều dài của phần tử (chiều dài vùng biến dạng dẻo  $l_h \neq 0$ ). Phương pháp này chia cấu kiện thành nhiều phần tử con dọc theo chiều dài và chia tiết diện ngang thành nhiều thứ nhỏ như hình 5 và xác định độ cứng của từng thứ để mô hình hóa sự chảy dẻo.



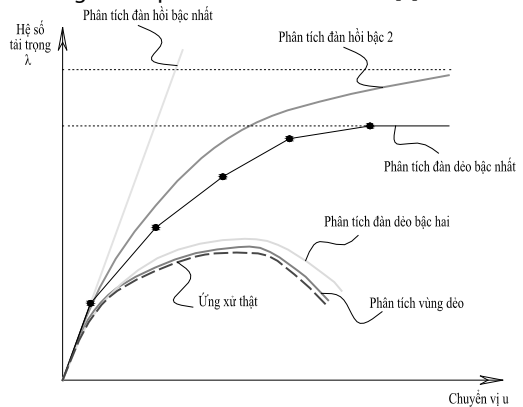
**Hình 5.** Phần tử thanh Bernoulli chia thứ tiết diện

Phương pháp này là cách tính chính xác để kiểm tra các phương pháp phân tích khác, nhưng phương pháp này phức tạp và đòi hỏi thời gian phân tích lớn (gấp hàng trăm lần tính theo phương pháp khớp dẻo – theo Ziemian 1993 [4]). Do đó nó không phù hợp với thực tế, chỉ phù hợp với các kết cấu đơn giản, nên phương pháp này được ít các tác giả áp dụng, Chan và Chui [4], Chen, Kim và Choi [7], Alvarenga, Li và Lui.

Izzuddin và Elnashai đã sử dụng mô hình vùng dẻo để nghiên cứu phản ứng tuần hoàn và phi đàn hồi của khung thép không gian. Nghiên cứu đã thực hiện rời rạc hóa kết cấu theo chiều cao các tiết diện và theo chiều dài các cấu kiện. Ứng suất tại các thứ dọc của cấu kiện được xác định bởi quan hệ ứng suất – biến dạng một trục đã cho. Khi thực hiện phân tích theo phương pháp này, thời gian phân tích là khá lâu. Filip và Fabio trình bày phương pháp thứ để phân tích phần tử dầm cột bê tông cốt thép. Phương pháp này chia tiết diện của cấu kiện thành từng thứ sao cho tọa độ, diện tích, tính chất vật liệu và cặp nhật sự thay đổi trục trung hòa trên từng tiết diện, ứng suất biến dạng trên từng thứ khi phân tích bằng thuật toán lập gia tăng từng bước. Cuong, Kim và Oh Jung đề xuất phương pháp khớp dẻo - thứ dùng hàm ổn định để triển khai ma trận độ cứng kết cấu để giải quyết bài toán khung không đàn hồi, xét đến phi tuyến hình học và phi tuyến vật liệu (vật liệu đàn dẻo lý tưởng). Phương pháp mà các tác giả này dùng phải chia tiết diện thành nhiều thứ nhỏ và phần tử thành nhiều phần tử con có chảy dẻo dần dần ở 2 đầu, do đó sẽ có khối lượng tính toán lớn nên mất nhiều thời gian để phân tích kết cấu.

**2.5. Các mức độ phân tích phi tuyến**

Trong phân tích kết cấu, rất khó để mô hình tất cả các yếu tố phi tuyến liên quan đến ứng xử của kết cấu như trong thực tế một cách chi tiết. Các mức độ thông thường nhất của phân tích phi tuyến được mô tả bởi các đường cong ứng xử của khung chịu tải trọng tĩnh như (hình 6) được các tác giả đề cập đến như: Chan và Chui [4].



**Hình 6.** Các mức độ phân tích phi tuyến

- **Phân tích đàn hồi bậc nhất**: là phương pháp cơ bản nhất trong đó vật liệu được mô phỏng đàn hồi và phương trình cân bằng được thiết lập với cấu hình chưa biến dạng của kết cấu, quan hệ giữa lực và chuyển vị là tỉ lệ qua phân tích. Phương pháp này không kể đến các yếu tố phi tuyến nào. Một số nghiên cứu sử dụng phương pháp này như: Chan và Chui [4], Orbison cùng cộng sự [9].

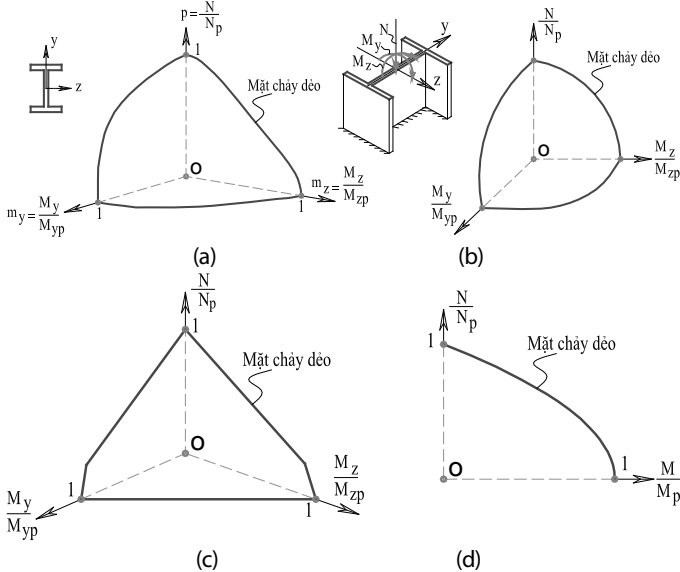
- **Phân tích đàn hồi bậc hai**: mô phỏng vật liệu là đàn hồi nhưng điều kiện cân bằng được thiết lập dựa vào cấu hình hình học đã biến dạng của kết cấu. Với hầu hết các khung, đường cong ứng xử tải trọng - chuyển vị có được từ phân tích bậc hai tiệm cận với mức tải trọng tới hạn của trạng thái ổn định đàn hồi của kết cấu.

- **Phân tích đàn dẻo bậc nhất**: mô phỏng sự chảy dẻo của cấu kiện dưới tác dụng của tải trọng tăng dần, các phương trình cân bằng được thiết lập dựa trên cấu hình chưa biến dạng hình học của kết cấu. Vùng chảy dẻo phát triển tăng dần, hoặc nếu khớp dẻo xuất hiện thì sẽ có sự thay đổi đột ngột trong ứng xử của kết cấu. Khi vật liệu được xem là đàn dẻo hoàn toàn, đường cong ứng xử tải trọng sẽ tiệm cận với tải trọng giới hạn dẻo. Tải trọng giới hạn dẻo này được tính toán từ phân tích cơ cấu phá hoại dẻo của hệ, phân tích này không kể đến các tác động phi tuyến hình học như một số tác giả đã nghiên cứu: Vũ Quốc Anh và Nghiêm Mạnh Hiến [11], Orbison cùng cộng sự [9], Balling và Lyon [10].

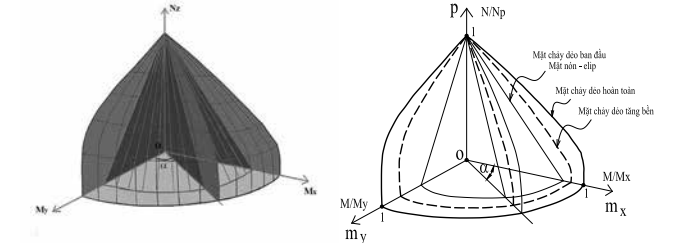
**- Phân tích đàn dẻo bậc hai:** bao gồm cả yếu tố phi tuyến hình học lẫn phi tuyến vật liệu. Phân tích này kể đến sự giảm độ cứng do sự chảy dẻo của cấu kiện và do chuyển vị lớn và nó mô phỏng đầy đủ và chính xác ứng xử thật của kết cấu và tải trọng giới hạn ổn định phi đàn hồi là sự thể hiện chính xác nhất của cường độ thực tế của khung, các nghiên cứu điển hình như: Chen, Kim và Choi [7], Balling và Lyon [10], Vũ Quốc Anh và Nghiêm Mạnh Hiến [11], Hoàng Hiếu Nghĩa [14].

**3. MẶT CHẢY DÈO CỦA TIẾT DIỆN CỘT THÉP**

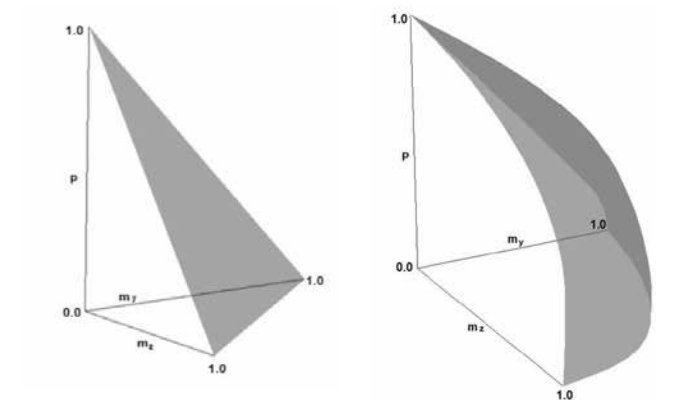
Khái niệm mặt chảy dẻo được đưa ra để kể đến ảnh hưởng đồng thời của lực dọc và mô men uốn trên cơ sở nội lực của phần tử. Khi mô men uốn và lực dọc trong phần tử đạt đến mặt chảy dẻo thì khớp dẻo được hình thành. Một số mặt chảy dẻo điển hình đã được đề xuất và áp dụng với nhiều nghiên cứu: Orbison [9], Duan và Chen [14], AISC-LRFD [15], Balling [10] (hình 7), tác giả [16,17,18] (hình 8).



Hình 7. Mặt chảy dẻo của các tác giả nghiên cứu trên thế giới



Hình 8. Biểu đồ mặt chảy dẻo tăng bền P-M<sub>x</sub>-M<sub>y</sub>, tác giả đề xuất [17]



Hình 9. Biểu đồ mặt giới hạn đàn hồi và mặt phá hoại tác giả đề xuất [16]

• Mặt chảy dẻo Orbison (hình 7a)

Orbison đã đề xuất mặt chảy giới hạn là một hàm lồi, trơn, nó thể hiện sự chảy dẻo hoàn toàn của tiết diện, mặt chảy này không phụ thuộc vào hình dạng của tiết diện và được thể hiện như phương trình sau:

$$\Phi(p, m_y, m_z) = 1.15p^2 + m_z^2 + m_y^4 + 3.67p^2m_z^2 + 3p^6m_y^2 + 4.65m_z^4m_y^2 = 1 \quad (1)$$

$$\Phi(p, m_z) = 1.15p^2 + m_z^2 + 3.67p^2m_z^2 = 1 \quad (2)$$

• Mặt chảy dẻo Duan và Chen (hình 7b)

Duan và Chen đã đề xuất mặt chảy giới hạn là một hàm lồi, trơn, nó thể hiện sự chảy dẻo hoàn toàn của tiết diện, mặt chảy này phụ thuộc vào hình dạng tiết diện thông qua các hệ số  $\alpha_z, \alpha_y, \beta_z, \beta_y$  và được thể hiện ở phương trình sau:

$$\left(\frac{M_z}{M_{pcz}}\right)^{\alpha_z} + \left(\frac{M_y}{M_{pcy}}\right)^{\alpha_y} = 1.0; M_{pcz} = M_{pc} \left[1 - \left(\frac{N}{N_p}\right)^{\beta_z}\right];$$

$$M_{pcy} = M_{py} \left[1 - \left(\frac{N}{N_p}\right)^{\beta_y}\right] \quad (3)$$

• Mặt chảy dẻo AISC-LRFD (hình 7c)

Theo tiêu chuẩn AISC-LRFD mặt chảy giới hạn là hai mặt phẳng, nó thể hiện sự chảy dẻo hoàn toàn của tiết diện, mặt chảy này không phụ thuộc vào hình dạng của tiết diện.

$$\frac{N}{N_p} + \frac{8M_y}{9M_{yp}} + \frac{8M_z}{9M_{zp}} = 1 \quad \text{khi } \frac{N}{N_p} \geq 0,2 \quad (4)$$

$$\frac{N}{2N_p} + \frac{M_y}{M_{yp}} + \frac{M_z}{M_{zp}} = 1 \quad \text{khi } \frac{N}{N_p} < 0,2 \quad (5)$$

• Mặt chảy dẻo Balling (hình 7d):  $\left(\frac{N}{N_p}\right)^2 + \frac{M}{M_{yp}} = 1 \quad (6)$

Balling đã đề xuất mặt chảy giới hạn là một hàm lồi, trơn, nó thể hiện sự chảy dẻo hoàn toàn của tiết diện và được áp dụng cho khung phẳng.

• Mặt chảy dẻo tăng bền tác giả nghiên cứu đề xuất (hình 8):

Mặt chảy dẻo tăng bền 3D của tiết diện cột thép chữ I chịu nén uốn hai phương là một hàm lồi, trơn phụ thuộc vào góc xoay dẻo  $\theta$  p và các hệ số, nó biểu diễn quá trình chảy dẻo tăng bền trên mặt cắt tiết diện cột thép từ giai đoạn đàn hồi sang giai đoạn chảy dẻo cho đến khi chảy dẻo hoàn toàn trong quá trình phân tích kết cấu 2D và 3D

Dạng của:  $N_{f(\theta)} = f_1(\theta) + f_2\left(\frac{d}{\theta}\right) + f_3\left(\frac{e}{\theta^2}\right) = a.\theta^2 + b.\theta + c + \frac{d}{\theta} + \frac{e}{\theta^2} \quad (7)$

Dạng của:  $M_{f(\theta)} = f_1(\theta) + f_2\left(\frac{d}{\theta^2}\right) + f_3\left(\frac{e}{\theta^3}\right) = a.\theta^2 + b.\theta + c + \frac{d}{\theta^2} + \frac{e}{\theta^3} \quad (8)$

• Mặt giới hạn đàn hồi và mặt phá hoại tác giả nghiên cứu đề xuất (hình 9):

Mặt giới hạn đàn hồi của tiết diện cột thép chữ I chịu nén uốn hai phương là một mặt phẳng; mặt phá hoại là một hàm lồi, trơn, nó biểu diễn thời điểm giới hạn đàn hồi và thời điểm chảy dẻo lan truyền trên mặt cắt tiết diện cột thép từ giai đoạn đàn hồi sang giai đoạn chảy dẻo cho đến khi chảy dẻo hoàn toàn trong quá trình phân tích kết cấu 2D và 3D [16].

Mặt giới hạn đàn hồi

$$p + m_{ye0} + m_{ze0} = 1 \quad (9)$$

Trong đó:  $m_{ye0} = \frac{M_{ye0}}{M_{ye}}$ ;  $m_{ze0} = \frac{M_{ze0}}{M_{ze}} \quad (10)$

Mặt phá hoại và mặt chảy dẻo xem [16]

Khi phân tích dèo kết cấu, các nghiên cứu đã xem xét mặt chảy dèo của tiết diện như sau: (1) tiết diện có điểm lực nằm bên trong mặt chảy thì tiết diện đó vẫn còn đàn hồi, (2) tiết diện có điểm lực nằm trên mặt chảy dèo thì tiết diện đó là chảy dèo hoàn toàn, các nghiên cứu về vấn đề này như: Orbison, Mc Guire và Abel [9], Vũ Quốc Anh và NghiêM Mạnh HiêN [11], Hoang HiêU Nghiã [16],[17],[19] đã sử dụng mặt chảy dèo 3 chiều của tiết diện chịu đồng thời lực dọc và mômen uốn. Khi các điểm lực phía trong mặt chảy dèo, tiết diện được giả định là đàn hồi lý tưởng, khi điểm lực nằm trên bề mặt chảy, tiết diện được giả thiết là dèo hoàn toàn, theo đó sự chảy dèo một phần vật liệu trên tiết diện đã không được xem xét.

Vũ Quốc Anh và NghiêM Mạnh HiêN [11] đã phân tích nội lực và chuyển vị của khung thép có kể đến sự hình thành khớp dèo, các tác giả đã sử dụng mặt chảy Orbison để xét sự hình thành khớp dèo và đã xây dựng phần tử thanh với hai đầu chảy dèo và bên trong phần tử vẫn đàn hồi, áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn và xây dựng chương trình KCW V1.0 để phân tích dèo kết cấu khung thép phẳng. Phương pháp này áp dụng đơn giản nhưng chưa phản ánh chính xác sự làm việc dèo của kết cấu vì chưa xét đến sự chảy dèo bên trong của thanh.

Như phân tích phương pháp vùng dèo ở trên ta thấy thực tế trên tiết diện có sự chảy dèo lan truyền từ đàn hồi đến chảy dèo hoàn toàn và lan truyền dèo dọc theo chiều dài cấu kiện.

Hoang HiêU Nghiã, Vũ Quốc Anh và NghiêM Mạnh HiêN [16],[17],[19] đã sử dụng mặt chảy dèo 3 chiều của tiết diện chịu đồng thời lực dọc và mômen uốn để phân kể đến sự chảy dèo lan truyền trên tiết diện và lan truyền vùng biến dạng dèo dọc theo chiều dài phần tử mà vẫn không phải chia nhiều thớ trên tiết diện, nhiều phần tử trên chiều dài cấu kiện, làm giảm khối lượng tính toán và không mất nhiều thời gian phân tích kết cấu.

#### 4. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KẾT CẤU KHUNG CÓ XUẤT HIỆN KHỚP DÈO

##### 4.1. Phương pháp trực tiếp

Phương pháp trực tiếp là phương pháp phân tích kết cấu chỉ bằng một bước phân tích (phương pháp đơn giản). Khi phân tích kết cấu ở trạng thái giới hạn dèo thì hệ số tải trọng được xác định trực tiếp không thông qua bất cứ trạng thái trung gian nào của hệ kết cấu như được chỉ ra trong Weichert và Pontet, Neal, do đó nó không ảnh hưởng bởi ứng xử cục bộ của kết cấu (điều này thường được xây ra trong phương pháp phân tích từng bước). Phương pháp trực tiếp bao gồm phương pháp tĩnh học và động học. Cả hai phương pháp tĩnh học và động học được nghiên cứu nhiều và hoàn thiện cách đây 50 năm.

##### 4.1.1. Phương pháp tĩnh học

Điều cơ bản của phương pháp tĩnh học là vẽ biểu đồ mô men của hệ khi chịu tải trọng tác dụng, xem xét điều kiện cân bằng (xét quan hệ cân bằng giữa tải trọng tác dụng và giá trị mô men tại một vị trí). Mô men tại bất kỳ vị trí nào dọc theo kết cấu đều có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng khả năng chịu lực của cấu kiện ( $M_p$ ) và khi đó sẽ cho ta giá trị ước lượng của tải trọng giới hạn dèo  $\lambda_i$ . Giá trị tải trọng giới hạn trên là đúng nếu biểu đồ mô men chỉ ra rằng số khớp dèo đủ để tạo nên cơ cấu sụp đổ và khi đó các giá trị  $M$  đạt đến  $M_p$  (Michel Bruneau). Theo phương pháp này thì hệ số tải trọng giới hạn của kết cấu  $\lambda_{gh}$  sẽ là giá trị lớn nhất trong các giá trị  $\lambda_i$  ( $\lambda_{gh} = \max(\lambda_i)$ ). Lý thuyết phương pháp này được đặt nền móng từ năm 1917 bởi Kist, sau đó được áp dụng trong các nghiên cứu của Gvozdev (1936), Horne (1950), Greenberg và prager (1952), Neal (1956), Michel Bruneau (2011).

##### 4.1.2. Phương pháp động học

Điều cơ bản của phương pháp động học là giả thiết hệ hình thành cơ cấu sụp đổ chuẩn xác khi đó ta sẽ có được giá trị của tải trọng giới hạn gây ra cho hệ biến thành cơ cấu. Tải trọng giới hạn này được xác

định bằng phương pháp công ảo dựa trên chuyển vị dèo (góc xoay và chuyển vị nút) của hệ cơ cấu. Khi hệ ở trạng thái hình thành cơ cấu dèo thì công của nội lực ( $W_{int}$ ) tại các vị trí xuất hiện khớp dèo sẽ cân bằng với công của ngoại lực ( $W_{ext}$ ) như được chỉ ra trong các nghiên cứu: Neal, Michel.

$$W_{int} = W_{ext} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n M_p \phi_i = \sum_{j=1}^n P_j \delta_j + \int_{x=0}^L \omega(x) \delta(x) dx \quad (7)$$

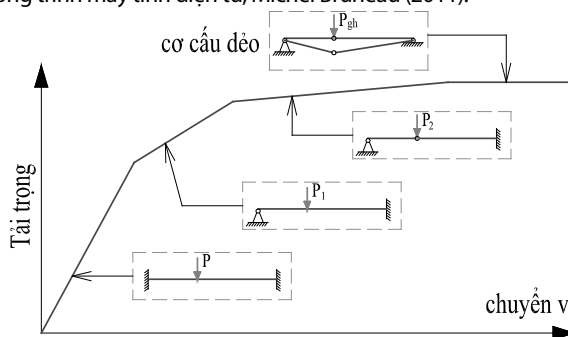
Với  $\phi_i$  là góc xoay dèo tại vị trí khớp dèo,  $M_p$  là mô men dèo của tiết diện,  $P_j$  và  $\delta_j$  là lực và chuyển vị tương ứng tại nút  $j$ ,  $\omega(x)$  và  $\delta(x)$  là tải trọng phân bố và chuyển vị dọc theo chiều dài cấu kiện.

Hệ số tải trọng giới hạn ở cơ cấu  $i$ :  $\lambda_i$  = Tải trọng giới hạn ở cơ cấu  $i$  / Tải trọng tác dụng. Theo phương pháp này thì hệ số tải trọng giới hạn của kết cấu  $\lambda_{gh}$  sẽ là giá trị nhỏ nhất trong các giá trị  $\lambda_i$  ( $\lambda_{gh} = \min(\lambda_i)$ ).

Điều khó khăn của phương pháp này là sự dự đoán không chính xác của cơ cấu sụp đổ sẽ cho ta giá trị của tải trọng giới hạn của kết cấu không chính xác.

#### 4.2. Phương pháp gia tải từng bước

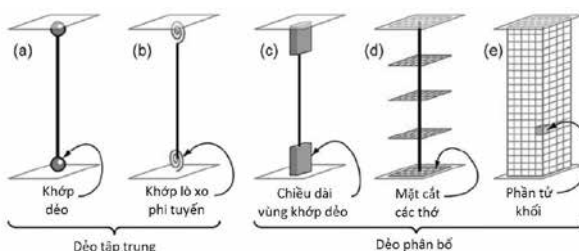
Phương pháp từng bước hay phương pháp đàn hồi - dèo gia tăng là phương pháp dựa vào phân tích đàn hồi. Quá trình chất tải được chia ra làm nhiều bước, từ bước ứng xử đàn hồi đầu tiên. Sau mỗi bước chất tải, ma trận độ cứng sẽ được cập nhật để xét đến ảnh hưởng phi tuyến vật liệu cho tới khi khớp dèo đầu tiên được hình thành và tiếp tục tăng tải cho tới khi các khớp dèo hình thành và hình thành cơ cấu phá hoại dèo (hình 8). Phương pháp này rất phù hợp khi áp dụng chương trình máy tính điện tử, Michel Bruneau (2011).



Hình 8. Các bước tải của phương pháp gia tải từng bước

#### 4.3. Phương pháp PTHH

Với những kết cấu đơn giản, khi phân tích kết cấu có thể dùng các phương pháp phân tích dèo đơn giản ở trên. Với công trình trên thực tế, số lượng phần tử rất lớn (hàng trăm, hàng nghìn phần tử), việc dùng các phương pháp đơn giản để phân tích không còn phù hợp và không thể thực hiện được. Ngày nay với sự phát triển của kỹ thuật máy tính điện tử nên với các bài toán lớn, phức tạp đã được giải quyết thông qua phương pháp PTHH. Các mô hình phần tử dầm - cột được các tác giả sử dụng trong các nghiên cứu như (hình 9).



Hình 9. Mô hình phần tử dầm - cột trong phương pháp PTHH

• **Phần tử thanh có khớp dẻo lý tưởng ở hai đầu (hình 9a)**

Vùng biến dạng dẻo được giới hạn có chiều dài bằng không có thể xuất hiện tại vị trí hai đầu phần tử (hình 1.9a), vật liệu được coi là đàn hồi dẻo lý tưởng. Tiết diện hai đầu phần tử có thể chuyển từ trạng thái đàn hồi sang trạng thái dẻo hoàn toàn. Nhiều tác giả đã dùng phần tử thanh này cho nghiên cứu của mình: Chan và Chui [4], White [5], Chen và Sohail [6], Chen, Kim và Choi [7], Yong cùng cộng sự [104], Orbison cùng cộng sự [9], Liew và Chen [12].

Phương pháp này giả thiết rằng phần tử vẫn làm việc đàn hồi trên suốt chiều dài của nó, chỉ riêng ở hai đầu phần tử xuất hiện hai khớp dẻo có chiều dài bằng 0. Phương pháp này đơn giản, có xét đến tính dẻo của vật liệu nhưng chưa kể đến sự lan truyền dẻo nên độ chính xác không cao.

• **Phần tử thanh có liên kết lò xo phi tuyến ở hai đầu (hình 9b)**

Liên kết được mô hình hóa bằng các lò xo dạng dây cốt có độ mềm cho chuyển vị xoay gắn ở hai đầu thanh tạo thành phần tử ghép lò xo-dầm-lò xo như (hình 9b). Mô hình này đã được nhiều tác giả sử dụng cho bài toán phân tích kết cấu khung thép có xét đến độ mềm của liên kết dầm - cột như: Chan và Chui [4], Kim và Choi [13]...

Phần tử thanh hai đầu là liên kết lò xo chủ yếu dùng trong phân tích kết cấu có kể đến độ cứng của liên kết, tính dẻo của vật liệu trong phần tử không được đề cập đến khi dùng loại phần tử này.

• **Phần tử thanh có chiều dài vùng khớp dẻo ở hai đầu (hình 9c)**

Phần tử thanh được chia làm ba phần, ở hai vùng đầu phần tử là chia thành các phần tử rất nhỏ với các tiết diện được chia thớt, phần giữa của phần tử vật liệu vẫn làm việc đàn hồi. Cuong và Kim đã sử dụng phương pháp khớp - thớt ở hai đầu phần tử để phân tích kết cấu khung portal. Phương pháp này mô tả được vùng chảy dẻo ở hai đầu phần tử, còn ở phần giữa vật liệu vẫn đàn hồi, do đó không giống với ứng xử thực của kết cấu.

• **Phần tử thanh có tiết diện chia thớt dọc theo chiều dài phần tử (hình 9d)**

Phương pháp này chia cấu kiện thành nhiều phần tử con dọc theo chiều dài, mỗi phần tử có 2 tiết diện ở hai đầu và chia tiết diện ngang thành nhiều thớt và xác định độ cứng của từng thớt để mô hình hóa sự chảy dẻo của tiết diện. Phương pháp này phức tạp và đòi hỏi thời gian phân tích lớn (gấp hàng trăm lần tính theo phương pháp khớp dẻo - theo Ziemian [4]). Do đó chỉ phù hợp với các kết cấu đơn giản, với kết cấu lớn thì phương pháp này ít được các tác giả áp dụng, các nghiên cứu điển hình như: Chan và Chui [4], Chen, Kim và Choi, Chen, Alvarenga, Li và Lui, Ngo Huu Cuong, Kim và Rylu.

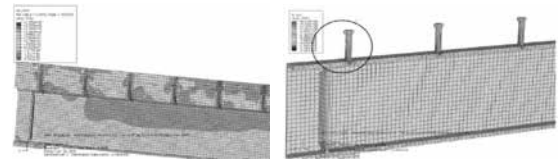
• **Phần tử khối (hình 9e)**

Phần tử khối là các phần tử hữu hạn ba chiều được sử dụng trong mô hình vật rắn và kết cấu dạng khối. Có ba phần tử khối chuẩn là: phần tử khối tứ diện, dạng nêm và khối lục diện tương ứng với 4, 6 và 8 nút (hình 10). Các phần tử này được sử dụng trong các chương trình Abaqus, Ansys, Midas, Adina, khi phân tích trạng thái ứng suất biến dạng của hệ kết cấu.



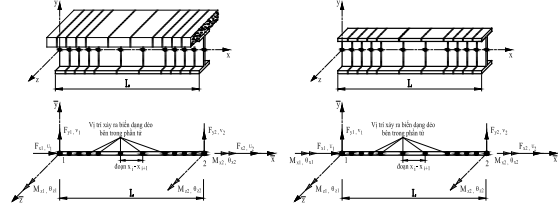
**Hình 10.** Phần tử tứ diện, phần tử dạng nêm và phần tử lục diện

Khi phân tích bằng PTHH dạng phần tử khối cho ta kết quả chính xác, nhưng khối lượng tính toán khổng lồ, nên chỉ dùng để phân tích các cấu kiện nhỏ để kiểm chứng các kết quả thí nghiệm, còn với công trình lớn thì thực hiện rất khó khăn và mất rất nhiều thời gian. Kim và Lee, Mutlu đã sử dụng phần tử C3D8R phân tích ứng xử của dầm liên hợp thép - bê tông bằng chương trình Abaqus, dầm được chia 45.514 phần tử và 58.123 điểm nút (hình 11).



**Hình 11.** Mô hình dầm liên hợp sử dụng phần tử C3D8R bằng Abaqus

• **Siêu phần tử thanh - tác giả nghiên cứu đề xuất [18] (hình 11)**



**Hình 12.** Siêu phần tử dầm - cột. (a): phần tử dầm liên hợp; (b): phần tử cột thép

Siêu phần tử thanh (Hình 12) chỉ có 2 nút 1 và 2 ở hai đầu mặc định có n điểm biến dạng dẻo liên tục bên trong phần tử, mỗi đoạn  $x_i - x_{i+1}$  gồm hai điểm biến dạng dẻo liên tiếp và đoạn này có độ cứng  $E_i$  thay đổi theo hàm bậc 3. Biến dạng dẻo tại đầu từng đoạn  $i$  ( $i=1$ ):  $\{u_{i-1}, v_{i-1}, \theta_{i-1}, u_i, v_i, \theta_i\}$

Tác giả đã xây dựng một mô hình phần tử có kể đến sự chảy dẻo lan truyền trên tiết diện và lan truyền vùng biến dạng dọc theo chiều dài phần tử mà vẫn không phải chia nhiều thớt trên tiết diện, nhiều phần tử trên chiều dài cấu kiện, làm giảm khối lượng tính toán và không mất nhiều thời gian phân tích kết cấu, thực hiện phân tích kết quả nghiên cứu xem [18], [19].

**5. VÍ DỤ PHÂN TÍCH**

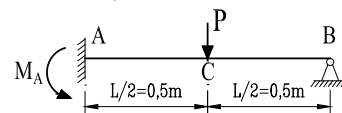
Các ví dụ để chứng minh xu hướng phân tích phi tuyến mới, hiện đại trong tương lai được trình bày cụ thể trong [16], [18], [19].

Bài báo này chỉ thực hiện một ví dụ phân tích kết cấu dầm bằng phương pháp đơn giản (phương pháp khớp dẻo trực tiếp) để thấy rõ được hiệu quả của việc áp dụng lý thuyết dẻo vào trong phân tích kết cấu công trình.

Khảo sát ứng xử của dầm (Hình 13) dưới tác dụng của tải trọng tăng dần từ giá trị  $P=40$  kN.

$L=1$ m, mặt cắt tiết diện có  $M_p=10,0$  kNm;  $EI=10$  kNm<sup>2</sup>

Sử dụng phương pháp khớp dẻo trực tiếp để xác định hệ số tải trọng giới hạn của kết cấu  $\lambda_{gh}$



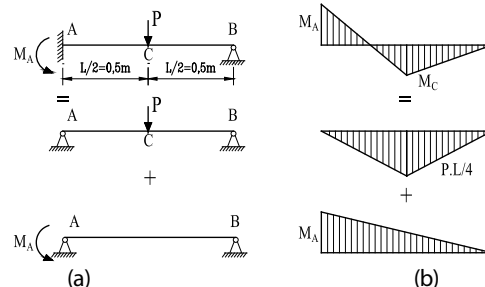
**Hình 13.** Sơ đồ tính của dầm

**5.1. Sử dụng phương pháp tĩnh học**

b1. Chuyển từ sơ đồ kết cấu siêu tĩnh về các sơ đồ tĩnh định (Hình 14a)

b2. Vẽ biểu đồ nội lực của các sơ đồ tĩnh định (Hình 14b)

b3. Thực hiện cộng biểu đồ để được biểu đồ nội lực của hệ kết cấu ban đầu (Hình 13b)



**Hình 14.** Vẽ biểu đồ mô men của hệ dầm siêu tĩnh

b4. Xác định biểu thức cân bằng từ biểu đồ nội lực của kết cấu ban đầu

$$M_c + \frac{M_A}{2} = \frac{P.L}{4} \quad (8)$$

b5. Xác định các vị trí hình thành khớp dẻo để hệ có thể biến thành cơ cấu

Khi đó giá trị mô men tại khớp dẻo đạt giá trị  $M_p$

Với ví dụ này: 2 vị trí khớp dẻo là tại A và C  $\rightarrow M_A = M_C = M_p$  thay vào (8) ta có:

$$M_p + \frac{M_p}{2} = \frac{P.L}{4} \quad (9)$$

b6. Xác định tải trọng giới hạn và hệ số tải trọng giới hạn

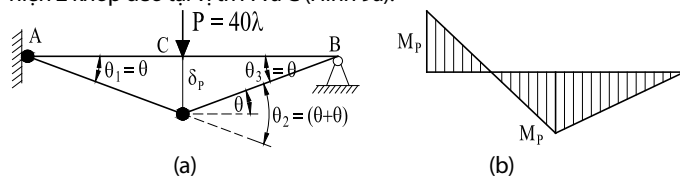
$$\text{Từ phương trình (9)} \rightarrow P_{gh} = \frac{6M_p}{L} = \frac{6 \cdot 10}{1} = 60 \text{ kN}$$

Hệ số tải trọng giới hạn:

$$P_{gh} = P \cdot \lambda_{gh} = \frac{6M_p}{L} \rightarrow \lambda_{gh} = \frac{6M_p}{P.L} = \frac{6 \cdot 10}{40 \cdot 1} = 1,5$$

### 5.2. Sử dụng phương pháp động học

Ta xét theo ví dụ trên, hệ kết cấu dầm hình thành cơ cấu khi xuất hiện 2 khớp dẻo tại vị trí A và C (Hình 9a).



**Hình 15.** Sơ đồ cơ cấu (a) và biểu đồ mô men ở trạng thái giới hạn (b) Theo phương pháp động học: Áp dụng công thức (7)

$$W_{int} = W_{ext} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n M_p \theta_i = \sum_{j=1}^n P_j \delta_j + \int_{x=0}^L \omega(x) \delta(x) dx$$

$$\Leftrightarrow M_p \cdot \theta_1 + M_p \cdot \theta_2 = 40 \lambda \cdot \delta_p \Leftrightarrow 3M_p \cdot \theta = 40 \cdot \lambda \cdot \theta \cdot \frac{L}{2} \rightarrow$$

$$\lambda_{gh} = \frac{6 \cdot M_p \cdot L}{40} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 1}{40} = 1,5$$

Kết quả hoàn toàn trùng khớp khi phân tích kết cấu dầm bằng phương pháp tĩnh học và động học.

## 6. KẾT LUẬN

Khi phân tích và tính toán kết cấu các kỹ sư thường sử dụng phương pháp thiết kế truyền thống, phương pháp này đã được áp dụng lâu đời và có ưu điểm là đơn giản hóa công việc thiết kế của người kỹ sư. Tuy nhiên nó không thể hiện rõ quan hệ phi tuyến giữa tải trọng và chuyển vị, không thể hiện rõ tính phi tuyến của vật liệu kết cấu, chưa xem xét đầy đủ ứng xử của toàn hệ kết cấu, chưa xác định được tải trọng giới hạn của kết cấu, do đó nó dẫn đến việc lãng phí vật liệu.

Việc phân tích phi tuyến đã được chấp nhận trong tiêu chuẩn của nhiều nước trên thế giới: EC-3, ASCE, AISC-LRDF, ANSI/AISC 360-10 và một số chương trình phân tích kết cấu Abaqus, Ansys, Midas, Adina và phương pháp đơn giản. Tuy nhiên khi phân tích phi tuyến kết cấu, trong các tiêu chuẩn và các nhà nghiên cứu thường sử dụng hai phương pháp cơ bản: Phương pháp vùng dẻo và phương pháp khớp dẻo, mỗi phương pháp có ưu nhược điểm khác nhau.

Bài báo này thực hiện một ví dụ phân tích kết cấu dầm bằng phương pháp đơn giản (phương pháp khớp dẻo trực tiếp) để thấy rõ được hiệu quả của việc áp dụng lý thuyết dẻo vào trong phân tích kết cấu công trình.

Qua phân tích ưu nhược điểm của các mô hình phần tử dầm - cột trong phương pháp PTHH, cho thấy cần thiết xây dựng một mặt chảy

dẻo, một mô hình phần tử có kể đến sự chảy dẻo lan truyền trên tiết diện và lan truyền vùng biến dạng dẻo dọc theo chiều dài phần tử mà vẫn không phải chia nhiều thớ trên tiết diện, nhiều phần tử trên chiều dài cấu kiện, làm giảm khối lượng tính toán và không mất nhiều thời gian phân tích kết cấu [16], [18], [19].

Bài báo đã trình bày tổng quan về các phương pháp phân tích phi tuyến kết cấu thép. Phân tích các phương pháp phân tích phi tuyến hiện nay, các phương pháp tính toán kết cấu khung có xuất hiện khớp dẻo đang được áp dụng trong các nghiên cứu và trong các tiêu chuẩn hiện hành. Từ phân tích đó có thể đánh giá được ưu nhược điểm của từng phương pháp và đề xuất các hướng phân tích phi tuyến mới trong tương lai [16], [18], [19]. Các ví dụ để chứng minh xu hướng phân tích phi tuyến mới trong tương lai được trình bày cụ thể trong [16], [18], [19].

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AISC (2010), ANSI/AISC 360-10, *Specification for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
2. Nair R. S (2007), *Stability Analysis and the 2005 AISC Specification*, Modern Steel Construction.
3. Seung - Eock Kim and W.F Chen (1999), *An Innovative Design for steel frame using advanced analysis* footnotemark structural engineering handbook, Boca Raton: CRC Press LLC.
4. Chan, S.L. and Chui, P.P.T (2000), *Non - linear Static and Cyclic Analysis of Steel Frames with Semi-rigid Connections*, Elsevier Science Ltd, Amsterdam.
5. White, D.W (1993), *Plastic - Hing Method for Advanced Analysis of Steel Frames*, J. Construct. Steel Res. 24, pp. 121-152.
6. Chen, W.F. and Sohal, I (1995), *Plastic Design and Second - order Analysis of Steel Frames*, Springer - Verlag, New York Inc.
7. Chen, W.F., Kim, S.E. and Choi, S.H (2001), *Practical Second-Order Inelastic Analysis for Three-Dimensional Steel Frames*, Steel Struct. 1, pp. 213-223.
8. Yong - Lin Pi cùng cộng sự (2006), *Second order nonlinear in elastic analysis of composit steel- concrete members*, Journal of Structural
9. Orbison JG, Mc Guire, F. Abel (1982), *Yield surface applications in nonlinear steel frame analysis*, Computer Method in applied Mechanics and Engineering (33): 557-573.
10. Richard J. Balling, P.E and Jesse W. Lyon (2010), *Second - order analysis of plane frames with one element per member*.
11. Vũ Quốc Anh, Nghiêm Mạnh Hiến (2003), *Phân tích nội lực và chuyển vị khung thép có kể đến sự hình thành khớp dẻo*, Tại hội nghị Cán bộ khoa học trẻ Viện KHCN xây dựng lần thứ 8.
12. Liew J.Y.R, Chen WF (2000), *Advanced inelastic analysis of frame structures*, Journal of Constructional Steel Research; 55:245-265.
13. Kim SE, Choi SH (2001), *Practical advanced analysis for semi-rigid space frames structures*, International Journal of Solids and Structures; 38:9111-31.
14. William M. C Guige and Ronald D. Ziemian (1998), *Matrix Structural Analysis*, 2nd Ed. John Wiley and Sons, Inc.
15. American Institute of Steel Construction (1999), *LRFD Specification for Structural Steel Buildings*, Chicago, Illinois, USA.
16. Vũ Quốc Anh, Hoàng Hiếu Nghĩa, Nghiêm Mạnh Hiến. (2020), *"An efficient method for yield and failure surfaces of the steel I - section"*, Advanced Steel Construction; Vol. 16No. 3. 246-254.
17. Hoàng Hiếu Nghĩa, Nghiêm Mạnh Hiến, Vũ Quốc Anh. (2016), *"Xây dựng mặt chảy dẻo tăng bền của tiết diện cột thép chữ I chịu nén uốn hai phương p-mx-my"*, Tạp chí xây dựng - Bộ Xây Dựng, Hà Nội 8/2016, Tr. 155-161. IS 0866-0762.
18. Hoàng Hiếu Nghĩa, Nghiêm Mạnh Hiến, Vũ Quốc Anh. (2018), *"Phân tích dẻo lan truyền khung phẳng liên hợp thép - bê tông chịu tải trọng tĩnh sử dụng siêu phần tử thanh"*, Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, Hà Nội 3/2018, Tr. 33-37. IS 0866-0762.
19. Hoàng Hiếu Nghĩa (2020), *Phân tích dẻo kết cấu khung cột thép dầm liên hợp chịu tải trọng tĩnh*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Kiến trúc Hà Nội.

# The implementation of simple additive weighting method in choosing wall bricks

## Sử dụng phương pháp SAW khi lựa chọn gạch xây tường

> TIEN NAM NGUYEN<sup>1</sup>, THI KHANH VAN HOANG<sup>1</sup>, NGUYEN THI TUYET DUNG<sup>2</sup>, QUANG LINH BUI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Le Quy Don Technical University, Email: [nguyentiennam@lqdtu.edu.vn](mailto:nguyentiennam@lqdtu.edu.vn)

<sup>2</sup> Urban Management Faculty, Hanoi Architectural University, Vietnam

<sup>3</sup> Faculty of Construction Economics and Management, Hanoi University of Civil Engineering, Vietnam

### ABSTRACT

Wall bricks are a fundamental component of wall structures that provide coverage and separation between indoor and outdoor spaces. In addition to their covering function, wall bricks also serve as waterproofing, soundproofing, and heat insulation agents. Nowadays, wall bricks come in a wide variety of types, sizes, strengths, and materials, each with its own unique production process. Bricks are typically divided into two primary categories: fired bricks, which include burnt solid bricks and fired hollow bricks, and unburnt bricks, which include autoclaved aerated concrete (AAC) blocks, silicate blocks, and lightweight concrete blocks. Wall bricks have a significant impact on various factors such as static load, soundproofing, heat insulation, cost, construction time, and structural solutions, including foundation depth. Therefore, it is essential to evaluate and select wall bricks from an economic-technical standpoint. There are many multi-objective decision-making methods available to choose an option that satisfies given criteria. The article introduces the results of calculation, evaluation, and selection of wall bricks using the Simple Additive Weighting (SAW) method with a set of criteria: static load, total thermal resistance, construction time, price, and environmental friendliness. Calculation and comparison results show that autoclaved aerated concrete (ACC) blocks are a good choice due to their outstanding advantages such as light weight, low thermal conductivity, and environmental friendliness. They are most suitable for the goal of reducing power consumption for the building's ventilation and air conditioning system and using energy effectively.

**Keywords:** Multi criteria analysis; method SAW; solid clay bricks; hollow clay bricks; concrete brick; lightweight concrete - autoclaved aerated concrete bricks (ACC); Calcium silicate bricks.

### TÓM TẮT

Gạch xây tường là một trong những vật liệu chính tạo nên kết cấu tường bao che và ngăn cách các khu vực không gian trong ngoài nhà. Ngoài chức năng bao che, gạch xây tường còn đảm nhận nhiệm vụ chống thấm, cách âm, cách nhiệt... Hiện nay, gạch xây tường rất đa dạng, phong phú về chủng loại, kích thước, cường độ, nguồn gốc vật liệu và quy trình sản xuất... Tuy nhiên, chúng thường được phân loại thành hai nhóm chính bao gồm: gạch nung và gạch không nung (một số loại gạch phổ biến trên thị trường hiện nay: gạch đặc nung, gạch rỗng nung, gạch bê tông khí chưng áp (AAC), gạch silicat và gạch bê tông nhẹ). Việc lựa chọn gạch xây tường làm kết cấu bao che cho công trình sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các yếu tố như là: tải trọng tĩnh, khả năng cách âm, cách nhiệt, giá thành, thời gian thi công, giải pháp kết cấu và chiều sâu móng... Do đó cần phải tính toán, đánh giá và lựa chọn gạch xây tường trên quan điểm kinh tế - kỹ thuật. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp ra quyết định đa mục tiêu để lựa chọn một phương án thỏa mãn các tiêu chí cho trước. Bài báo giới thiệu kết quả tính toán, đánh giá và lựa chọn gạch xây tường theo phương pháp SAW với bộ tiêu chí: tải trọng tĩnh, tổng nhiệt trở, thời gian thi công, giá thành và tính thân thiện với môi trường. Kết quả tính toán và so sánh cho thấy, gạch bê tông khí chưng áp (ACC) với các ưu điểm nổi bật như là trọng lượng nhẹ, hệ số dẫn nhiệt thấp, thân thiện với môi trường đã trở thành phương án lựa chọn tốt nhất, phù hợp nhất với mục tiêu giảm lượng tiêu thụ điện năng cho hệ thống thông gió - điều hòa của công trình và sử dụng năng lượng tiết kiệm hiệu quả.

**Từ khóa:** Phân tích đa tiêu chí; phương pháp SAW; gạch đất sét nung; gạch rỗng đất sét nung; gạch bê tông; bê tông nhẹ - gạch bê tông khí chưng áp (ACC); Gạch silicat canxi.

### 1. INTRODUCTION

Geographic location of Vietnam has a lot of potential such as: solar radiation energy, wind energy and ocean wave energy. In

which there is abundant source of radiant energy with approximately between 1,500 and 1,600 kWh/m<sup>2</sup>/year and total sunshine hours from 4,300 to 4,500 hours/year [1,2]. This is a huge

energy resource for producing solar power and natural lighting. However, large solar radiation penetrates the house structure to cause the increasing energy consumption for the air-conditioning and ventilation system. Therefore, the requirement green design in energy-saving buildings is an urgent issue in Vietnam and also a trend in the world in the context of climate change and exhausted fossil resources [3 - 5]. The application of wall bricks with low thermal conductivity in buildings and constructions is one of the solutions to reduce energy consumption for the air conditioning-ventilation system, to create a microclimate, and to improve the quality of life of people in buildings [6].

Bricks are among the primary materials used in construction, alongside sand, stone, cement, and steel. They have been widely used in the construction process from the past to the present. The history of building bricks' development and productive technologies is associated with building material production technologies. Previously, there were few kinds of bricks such as burnt clay, silicate, and concrete bricks but now bricks with new materials and production technology have been introduced: Autoclaved Aerated Cement Blocks (ACC), lightweight concrete bricks, ... with outstanding advantages such as: light weight, good insulation, and friendly environment. Research on masonry and bricks has been conducted worldwide, including in Vietnam. Some of the notable researchers in this field are F. Christy, F. Wu, G. Li, S.B. Singh, Хамдамова Ш.Ш., Адилходжаев А.И., B.D. Ewing, Hoang Minh Duc, and Dao Trieu Kim Cuong. However, recent research has focused primarily on issues such as chemical composition, aggregate gradation, brick production technology, and brick and block strength [7 - 13].

Bricks chose for wall construction affects directly the load, quality, structural durability, construction time, and insulation ability of the building's outer walls. Therefore, the process of evaluating and selecting them should be considered from an economic - technical point of view with the following criteria: static load, total thermal resistance (R0), construction time, cost and eco-friendly, etc.

Currently, there are many methods to solve this problem as follows: Simple Additive Weighting (SAW); TOPSIS method; electre I and electre II methods, etc. [14–20]. The SAW is one of the most well-known and widely used methods for multi-attribute decision making. The basic concept of the SAW method is to find the number of weighted performance ratings for each alternative on all attributes.

In this paper, the SAW method is proposed to solve the problem of selecting bricks for building walls in tropical countries (Vietnam, Myanmar, Indonesia, Thailand, etc. The next part of the paper is arranged as follows: part 2, the principles of SAW are presented briefly; part 3, presents an empirical application of the proposed approach to brick selection for building in Vietnam; and the last part, discuss the research results.

**2. RESEARCH METHOD**

Simple Additive Weighting method is a method that is widely used in making decisions that have a lot of attributes (loads, heat resistance, cost, time, etc), so that by applying the method of SAW on decision support systems the completion of various decision-making processes can be easily. The basic concept SAW method is to find the sum of the weighted performance rating for each alternative on all attributes.

The usefulness of the basic concept of the SAW method is to find the number of weighted performance ratings for each alternative on

all attributes. Some other advatages of the method are: Using the weight to take the importance of each indicator into account, quantifying indicators expressed in words (qualitative) by scoring.

However, the disadvantage of this method is the subjectivity of choosing the comparative criteria and the experts' opinion about the importance of the indicators, leading to the important indicators being easily obscured.

Using the SAW method to choose wall bricks is followed these steps [21,22]:

**Step 1** - Select criteria for comparison namely  $C_i$  (The criteria must be independent of each other).

**Step 2** - Define the objective function to compare (maximum or min value).

**Step 3** - Determine the direction of each indicator and orient the indicators that are not in the same direction as the objective function (using the inverse).

**Step 4** - Determine the dimensionless value of each criterion according to the following formula:

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^n C_{ij}} \times 100 \tag{1}$$

$P_{ij}$  - dimensionless value of the criterion  $i$  of the option  $j$ ;

$n$  - number of options,  $j=1, 2, \dots, n$ ;

$C_{ij}$  - value of the criterion  $i$  of the option  $j$ ;

**Step 5** - determine the importance of each criterion in the comparison.

The use of the Warkentin square matrix and the evaluation of criteria on a scale, the use of the  $L_{ij}$  coefficient is the importance of the  $BK_j$  criterion according to the rules:

- level is not important when  $BK_i \ll BK_j$   $L_{ij} = 1$ ;
- level of less importance when  $BK_i < BK_j$   $L_{ij} = 2$ ;
- importance levels are equal when  $BK_i = BK_j$   $L_{ij} = 3$ ;
- the level of importance when  $BK_i > BK_j$   $L_{ij} = 4$ ;
- level is very important when  $BK_i \gg BK_j$   $L_{ij} = 5$ .

With the following rules:

$L_{ij} = L_{ji} = 3$ , for which  $i = j$

$L_{ij} + L_{ji} = 5$ , for which  $i \neq j$

Determination of the weight coefficient of each criterion and control of the results by the formula (2 ÷ 4).

$$W_i = \frac{L_{ij}}{\sum L_{ij}} \tag{2}$$

$$3.m^2 = \sum L_{ij} \tag{3}$$

$$\sum W_i = 1 \tag{4}$$

$m$  - number of initial criteria for comparison

$L_{ij}$  - level of importance of the criterion  $i$  of the option  $j$

$W_i$  - weight coefficients of the criterion  $i$  in all criteria

**Step 6** - determination of the dimensionless value for each option using the formula (5):

$$V_j = \sum_{i=1}^m P_{ij}.W_i \tag{5}$$

$V_j$  - dimensionless value of the option  $j$

$P_{ij}$  - dimensionless value of the criterion  $i$  of the option  $j$ ;

$W_i$  - weight coefficients of the criterion  $i$  in all criteria.

**Step 7** - analysis and rating of options by dimensionless values with a comparative goal at the beginning (maximum or minimum).

**3. DATA ANALYSIS**

To evaluate, compare and choose bricks for building exterior walls,

it is necessary to consider and pay attention to the following quantities:

\* Technical requirements of bricks: Geometric sizes and specific gravity of bricks are determined according to the following standards: TVCN 1451-1998; TVCN 1450-2009; TVCN 6477-2011; TVCN 7959-2011.

\* **Cost and construction time:** Determined on the basis of construction norms promulgated by Ministry of Construction according to Circular 12/2021/TT-BXD dated August 31, 2021 with the calculation assumption: two workers, build straight wall with thickness  $\leq 33$  cm, height  $\leq 6$  m.

\* **Total heat resistance:** Determined according to QCVN 09:2017/BXD National technical regulation on energy efficient construction works.

- The total heat resistance ( $R_0$ ) of the outer wall structure is determined as follows:

$$R_0 = \frac{1}{h_N} + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + R_a + \frac{1}{h_T} \quad (\text{m}^2.\text{K}/\text{W})$$

+  $h_N, h_T$  - the heat exchange coefficient of the outer and inner surfaces of the enclosure structure (PL 3 - QCVN:09/2017/BXD),  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;

+  $b_i$  - thickness of material layer  $i$ , m;

+  $\lambda_i$  - the thermal conductivity coefficient of the material layer

ith in the enclosure (PL 2 - QCVN:09/2017/BXD),  $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ ;

+  $n$  - number of material layers in cover structure;

+  $R_a$  - thermal resistance of the air layer inside the enclosure structure (PL 4 - QCVN:09/2017/BXD),  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

\* Environmental friendliness: To assess the level of environmental impacts during the brick production process is based on the production process, the source of input materials and the amount of toxic waste discharged into the environment. The production process of fired solid bricks and hollow bricks 60 involves the use of clay as the primary raw material, which is fired under high temperatures to create the final products. This process has a negative impact on the environment, including increased  $\text{CO}_2$  emissions, high energy consumption, and reduced agricultural land. In contrast, the remaining types of bricks are produced using an unburned process, which results in almost no  $\text{CO}_2$  emissions (the main cause of the greenhouse effect). This production process is considered to be the most environmentally friendly. The procedure for assessing the technical and economic parameters of the alternatives is executed in the following manner: data inputs are collected, total thermal resistance is computed, unit price and construction time for  $1 \text{ m}^3$  under identical conditions are determined. The evaluation of the environmentally friendly criteria is based on the positive or negative effects on the environment (qualitative). The results of the calculations are presented in Table 1.

**Table 1.** Economic and technical criteria of the options [23-27]

No	Criterion	Unit	Burnt clay solid brick	Burnt clay hollow 60 brick	AAC block	Silicate block	Light weight concrete block
1	Specific weight	$\text{kg}/\text{m}^3$	1,800	1,350	600	1,900	1,400
2	Wall width	m	0.22	0.22	0.2	0.22	0.22
3	Area density	$\text{kg}/\text{m}^2$	450	351	174	472	362
4	Thermal conductivity coefficient ( $\lambda$ )	$\text{W}/\text{m}.\text{K}$	0.81	0.58	0.153	0.87	0.58
5	Total Heat Resistance ( $R_0$ )	$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$	0.474	0.582	1.509	0.455	0.582
6	Unit price	$\text{VND}/\text{m}^3$	2,378,247	2,229,599	2,636,724	2,006,627	2,155,275
7	Labor	Man-hour	1.63	1.63	1.13	1.63	1.63
8	Construction time	hours	6.52	6.52	4.52	6.52	6.52
9	Eco-friendly		medium	medium	good	good	good

**Step 1.**

Select criteria for comparison and evaluation.

Table 2 presents the analysis and selection of 5 indicators in the whole set of indicators (Table 1), in which the properties of the

criteria are independent of each other. The value of indicator 5th (Eco-friendly) is determined by the method of analysis and assessment of specialized experts.

**Table 2.** Economic and technical criteria chosen for comparison

No	Criterion	Unit	Burnt clay solid brick (Opt. 1)	Burnt clay hollow 60 brick (Opt. 2)	AAC block (Opt. 3)	Silicate block (Opt. 4)	Light weight concrete block (Opt. 5)
1	Specific weight	$\text{kg}/\text{m}^3$	1,800	1,350	600	1,900	1,400
2	Total Heat Resistance ( $R_0$ )	$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$	0.474	0.582	1.509	0.455	0.582
3	Unit price	$\text{VND}/\text{m}^3$	2,378,247	2,229,599	2,636,724	2,006,627	2,155,275
4	Construction time	hours	6.52	6.52	4.52	6.52	6.52
5	Eco-friendly		medium	medium	good	good	good

**Step 2. Determining functional targets for comparison.**

The choice of minimum values is a functional purpose for comparison.

**Step 3. Determination of the direction of each criterion and translation of the criteria not corresponding to the direction of the**

*functional goal.*

It can be seen that in table 2, the criterion (2<sup>nd</sup>, 5<sup>th</sup>) is in the opposite direction of the objective function so it must be in the same direction by using the inverse. The results are shown in Table 3.

**Table 3.** Results after translating criteria that are contrary to the direction of the functional goal

No	Criterion	(Opt. 1)	(Opt. 2)	(Opt. 3)	(Opt. 4)	(Opt. 5)
1	Specific weight	450	351	174	472	362
2	Total Heat Resistance (Ro)	2.11	1.72	0.66	2.20	1.72
3	Unit price	2,378,247	2,229,599	2,636,724	2,006,627	2,155,275
4	Construct-ion time	6.52	6.52	4.52	6.52	6.52
5	Eco-friendly	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

**Step 4. Determine the dimensionless value of each criterion.**

The dimensionless values of the criterion are determined

according to the formula (1), the results are shown in Table 4.

**Table 4.** Dimensionless values of indicators

No	Criterion	(Opt. 1)	(Opt. 2)	(Opt. 3)	(Opt. 4)	(Opt. 5)
1	Specific weight (P)	24.88	19.40	9.62	26.09	20.01
2	Total Heat Resistance (Ro)	25.10	20.45	7.88	26.13	20.45
3	Unit price (G)	20.85	19.55	23.12	17.59	18.90
4	Construct-ion time (T)	21.31	21.31	14.77	21.31	21.31
5	Eco-friendly (M)	28.57	28.57	14.29	14.29	14.29

**Step 5. Determine the importance of each criterion in the comparison**

The importance of the criteria sorted from most important to least important in the following order was determined from the opinions of 5 experienced experts (2 main engineers, 2 construction managers and 1 PhD in construction materials

research):

Unit price (G) >> Construction time (T) = Total Heat Resistance (Ro) >> Specific weight (P) = Eco-friendly (M)

The results of using the Warkentin square matrix to determine the weighting coefficients for each criterion are shown in Table 5.

**Table 5.** The matrix determines the importance coefficient of each criterion

No	Criterion	(P)	(Ro)	(G)	(T)	(M)	L <sub>ij</sub>	W <sub>i</sub>	
1	(P)	24.88	19.40	9.62	26.09	20.01	11	0.15	
2	(Ro)	25.10	20.45	7.88	26.13	20.45	16	0.21	
3	(G)	20.85	19.55	23.12	17.59	18.90	21	0.28	
4	(T)	21.31	21.31	14.77	21.31	21.31	16	0.21	
5	(M)	28.57	28.57	14.29	14.29	14.29	11	0.15	
Check:		$3 \times 5^2 = \sum L_{ij} = 75;$			and		$\sum W_i = 1$	75	1

**Step 6. Specify the dimensionless value for each alternative.**

The dimensionless value for each alternative is determined by formula (5) and the results are shown in table 6.

**Table 6.** Dimensionless value of each alternative

No	Criterion	W <sub>i</sub>	(Opt.1)		(Opt.2)		(Opt.3)		(Opt.4)		(Opt.5)	
			P <sub>11</sub>	P <sub>11</sub> .W <sub>i</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>12</sub> .W <sub>i</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>13</sub> .W <sub>i</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>14</sub> .W <sub>i</sub>	P <sub>15</sub>	P <sub>15</sub> .W <sub>i</sub>
1	P	0.15	24.88	3.65	19.40	2.85	9.62	1.41	26.09	3.83	20.01	2.93
2	R <sub>o</sub>	0.21	25.10	5.35	20.45	4.36	7.88	1.68	26.13	5.57	20.45	4.36
3	G	0.28	20.85	5.84	19.55	5.47	23.12	6.47	17.59	4.93	18.90	5.29
4	T	0.21	21.31	4.55	21.31	4.55	14.77	3.15	21.31	4.55	21.31	4.55
5	M	0.15	28.57	4.19	28.57	4.19	14.29	2.10	14.29	2.10	14.29	2.10
			<b>23.58</b>		<b>21.42</b>		<b>14.81</b>		<b>20.97</b>		<b>19.23</b>	

**Step 7. Evaluate, compare and rank alternatives.**

According to the set objective function: the option with the smallest dimensionless value is the best option.

Option 3 which has the smallest value is best option.

**4. CONCLUSION**

Based on the results of the problem, it has been demonstrated that the use of autoclaved aerated concrete (AAC) blocks is the most optimal option compared to other types. This option not only meets the thermal resistance requirements of the wall but is also environmentally friendly. Additionally, the use of AAC blocks can reduce the static load of the building, providing a basis for selecting a more flexible load-bearing structural solution and reducing the depth of foundation burial. This can help to reduce construction costs and shorten construction time. The SAW method used to select bricks can combine all criteria with different measurement units into a single criterion to rank the plan in a simple and consistent way. However, this method is easily subjective when consulting experts in determining the importance of indicators. Future research directions include using other methods to limit subjectivity such as the Analytic Hierarchy Process (AHP), cost and value in use method, and mathematical method, etc. to compare results when using the SAW method.

**REFERENCES**

[1] Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2004). Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. NXB Nông nghiệp. Hà Nội.

[2] Bộ tài nguyên và môi trường (9/2022). Báo cáo đánh giá tiềm năng năng lượng bức xạ, gió và sóng tại Việt Nam. Hà Nội.

[3] QCVN 09:2017/BXD "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả". Hà Nội.

[4] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal. 2003. P. 65–70.

[5] Федеральный Закон №261-ФЗ "об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009.

[6] Казарновский В. А., Нгуен Тиен Нам (2019) Повышение эффективности теплоизоляции стеновых наружных ограждающих конструкций при реализации ремонтных работ на примере Вьетнама. Недвижимость: экономика, управление. №03. С. 70-75.

[7] F. Christy, D. Tensing, R. Mercy Shanthy (2013). Experimental study on axial compressive strength and elastic modulus of the clay and fly ash brick masonry. J. Civ. Eng. Constr. Technol. 4 134–141. <https://doi.org/10.5897/JCECT12.089>

[8] F. Wu, G. Li, H.-N. Li, J.-Q. Jia (2013). Strength and stress-strain characteristics of traditional adobe block and masonry. Mater. Struct. 9 1449–1457. <https://doi.org/10.1617/S11527-012-9987-Y>.

[9] S.B. Singh, P. Munjal (2017). Bond strength and compressive stress-strain characteristics of brick masonry. J. Build. Eng. 9 10–16. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2016.11.006>.

[10] Хамдамова Ш.Ш., Адилходжаев А.И., Игамбердиев Б.Г. (2020). Оценка потенциала кирпича из композиционного гипсового вяжущего как альтернатива традиционным стеновым материалам в Узбекистане. Проблемы современной науки и образования. №11(156). С. 6-12. DOI: 10.24411/2304-2338-2020-11103.

[11] B.D. Ewing, M.J. Kowalsky (2004). Compressive behavior of unconfined and confined clay brick masonry. J. Struct. Eng. 130 650–661. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2004\)130:4\(650\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130:4(650)).

[12] Hoàng Minh Đức (2019). Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của gạch bê tông đến cường độ chịu nén của khối xây. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng - số 1/2019. trang 29-34.

[13] Đào Triệu Kim Cương (2012). Gạch xi măng cốt liệu giải pháp tiết kiệm chi phí xây dựng cho các công trình. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng - số 12/5-2012. trang 96-98.

[14] Chen C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems. Vol. 114. No. 1. P. 1–9.

[15] Rudnik K, Kacprzak D. (2017). Fuzzy TOPSIS method with ordered fuzzy numbers for flow control in a manufacturing system. Applied Soft Computing. Vol. 52. P. 1020–1041.

[16] Giner-Santonja G., Aragonés-Beltrán P., Nicolás-Ferragut J. (2012). The application of the analytic network process to the assessment of best available techniques. Journal of Cleaner Production. Vol. 25. P. 86–95.

[17] Yue Z. (2014). TOPSIS-based group decision-making methodology in intuitionistic fuzzy setting. Information Sciences. Vol. 277. P. 141–153.

[18] Иванушкин С.В., Чечеватова О.Ю. (2015). Методический подход к определению отечественных наилучших доступных технологий. Изв. Института инженерной физики. Т. 2. № 36. С. 77–79.

[19] Крюков С. В. (2011). Системный анализ: теория и практика. Издательство Южного федерального университета. 228 p.

[20] Панова С.А., Тишаева И.П. (2014). Системная модель наилучшей доступной технологии. Вестник МИТХТ. Т. 9. № 5. С. 83–85.

[21] GS. TSKH Nguyễn Văn Chơn (2003). Kinh tế đầu tư xây dựng. NXB Xây dựng. Hà Nội.

[22] Gwo-Hshiung Tzeng, Jih-Jeng Huang (2011). Multiple attribute decision making methods and applications. Taylor & Francis Group. USA.

[23] TCVN 1451:1998 Gạch đặc đất sét nung.

[24] TCVN 1450:2009 Gạch rỗng đất sét nung.

[25] TCVN 6477:2011 Gạch bê tông.

[26] TCVN 7959:2011 Bê tông nhẹ - Gạch bê tông khí chưng áp (AAC).

[27] TCVN 9029:2011 Bê tông nhẹ - Gạch bê tông bọt, khí không chưng áp - yêu cầu kỹ thuật.

# Nghiên cứu công nghệ thi công ga tàu điện ngầm lắp ghép ứng dụng cho các nhà ga ngầm ở TP Hà Nội

Research on assembled subway station construction technology for underground stations in Hanoi City

> TS NGUYỄN CÔNG GIANG

GV Khoa xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: gianglientca@gmail.com

## TÓM TẮT

Ngày nay, việc xây dựng đường sắt đô thị ở Việt Nam đang rất được chú trọng và phát triển, điều này sẽ tạo ra những cải tiến và cải tiến vượt bậc trong ngành vận tải của nước ta. Với tốc độ đô thị hóa tăng nhanh, giao thông đô thị đang chịu áp lực ngày càng lớn. Tàu điện ngầm là phương thức giao thông xanh, thuận tiện, đúng giờ, mạnh mẽ và không gây ô nhiễm môi trường, tuân theo ý tưởng thiết kế phát triển bền vững. Các phương pháp quy trình đặc biệt được áp dụng trong phương pháp xây dựng lắp ghép và tất cả các thành phần cấu kiện đều được cấu hình một cách khoa học và hợp lý, tránh được hàng loạt khó khăn tồn tại trong quá trình xây dựng trước đó và thúc đẩy hiệu quả sự phát triển đổi mới công nghệ xây dựng nhà ga tàu điện ngầm.

**Từ khóa:** Phương pháp thi công lắp ghép; ga tàu điện ngầm; công nghệ xây dựng

## ABSTRACT

Nowadays, urban railway construction in our Vietnam is receiving significant attention and development, creating significant improvements and innovations in our country's transportation industry. With the rapid increase in urbanization, urban traffic is under increasing pressure. Subway is a green, convenient, punctual, powerful, and non-polluting mode of transportation, following the design idea of sustainable development. Unique process methods are adopted in the assembly construction method, and all structure components are configured scientifically and reasonably, avoiding a series of difficulties that existed during construction previously and effectively promoting the development and innovation of subway station construction technology.

**Keywords:** Assembly construction methods; subway stations; construction technology

## 1. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển kinh tế nhanh chóng của Việt Nam, quá trình xây dựng cơ sở hạ tầng trong các đô thị đang liên tục được cải thiện. Đặc biệt, Hà Nội và TP.HCM, những trung tâm đô thị lớn của đất nước, đã hợp tác chặt chẽ để triển khai các dự án giao thông công cộng sử dụng hệ thống tàu điện ngầm. Trong bối cảnh này, việc áp dụng phương pháp xây dựng nhà ga bằng kỹ thuật lắp ghép đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong nghiên cứu và phát triển công nghệ xây dựng. Công nghệ lắp ghép không chỉ giúp tiết kiệm thời gian thi công mà còn tăng cường hiệu quả xây dựng, đặc biệt là trong lĩnh vực xây dựng nhà xưởng và nhà cao tầng ở Việt Nam. Sự chuyển đổi từ việc sử dụng các thiết bị thi công truyền thống sang kỹ thuật lắp ghép không chỉ mang lại kết quả tích cực mà còn là bước tiến quan trọng trong quá trình đổi mới phương pháp xây dựng. Nếu tiếp tục áp dụng công nghệ này vào xây dựng nhà ga ngầm, không chỉ sẽ giảm bớt sự phức tạp của quy trình, mà còn tăng cường khả năng quản lý và giảm thiểu tác động tiêu cực đối với môi

trường xung quanh. Nhìn chung, việc áp dụng công nghệ lắp ghép trong xây dựng cơ sở hạ tầng đô thị, đặc biệt là nhà ga ngầm, không chỉ là một xu hướng mà còn là sự đáp ứng linh hoạt và hiệu quả cho nhu cầu phát triển bền vững của đất nước.

## 2. NHỮNG NỘI DUNG CHÍNH

Quá trình thi công ga tàu điện ngầm đúc sẵn được chia thành ba giai đoạn chính. Đầu tiên, là giai đoạn thi công tường chắn đất hố đào sâu để xây dựng ga tàu điện ngầm. Giai đoạn này đặt nặng vào việc tạo ra một hố đào với độ sâu và chiều rộng đáp ứng các yêu cầu cụ thể. Tiếp theo, theo yêu cầu của bản vẽ thiết kế kỹ thuật, trong khi đào hố móng đến đâu thì hệ neo tường chắn được thi công đến đó để ngăn chặn bất kỳ nguy cơ sập hố đào nào. Việc này đặt ra một yếu tố quan trọng để đảm bảo an toàn và ổn định trong quá trình xây dựng. Cuối cùng, để đảm bảo độ ổn định và tích hợp của hố đào, sự chú ý đặc biệt được đặt vào quá trình vận hành cáp neo. Không chỉ giúp đảm bảo an toàn cho công trình mà còn tạo

điều kiện thuận lợi cho việc lắp ráp các cấu kiện đúc sẵn sau này. Điều này đồng nghĩa với việc đảm bảo một quá trình vận hành mạch lạc và hiệu quả cho toàn bộ dự án.

### 3. TẦM QUAN TRỌNG CỦA VIỆC KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG THI CÔNG GA TÀU ĐIỆN NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮP DỰNG

Ga tàu điện ngầm lắp ghép có phạm vi rộng và bao gồm nhiều khía cạnh trong quá trình xây dựng dự án. Để tăng tốc độ xây dựng, quy trình này yêu cầu nhân viên thực hiện việc phân loại nội dung xây dựng cho từng phần riêng biệt. Bằng cách này, quá trình xây dựng toàn bộ nhà ga mới có thể được thúc đẩy một cách nhanh chóng và ổn định. Đồng thời, việc tăng cường kiểm soát và quản lý chất lượng đồng nghĩa với việc giảm thiểu rủi ro sự cố trong quá trình xây dựng và nâng cao hiệu quả xây dựng.

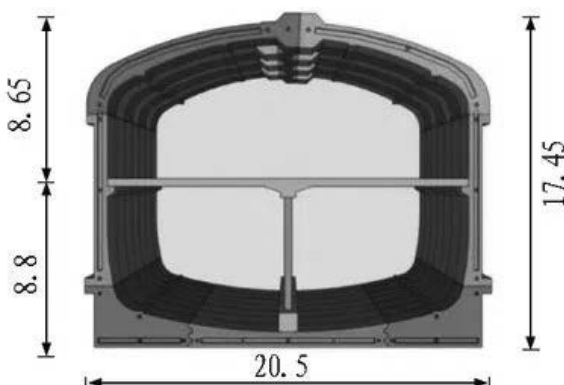
Bước thứ hai là lập kế hoạch tiến độ xây dựng một cách hợp lý. Trong quá trình xây dựng ga tàu điện ngầm đúc sẵn, mỗi tuyến đường đều mang đến những thách thức riêng về độ khó, thời gian và chi phí. Do đó, sắp xếp các công việc thi công theo điều kiện thực tế của dự án và lập kế hoạch tiến độ thi công tương ứng là quan trọng. Điều này giúp cải thiện tính hợp lý của bảng tiến độ xây dựng.

Cuối cùng, việc kéo dài tuổi thọ của các dự án ga đô thị cần được xem xét. Trong giai đoạn phát triển đô thị, sau khi hoàn thành xây dựng ga tàu điện ngầm, việc duy trì hàng ngày là quan trọng, nhưng cũng cần xem xét các chiến lược cải tạo sau thời gian dài để đảm bảo sự bền vững và hiệu quả của hệ thống.

### 4. SƠ ĐỒ QUY TRÌNH THI CÔNG GA TÀU ĐIỆN NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP

Công nghệ xây dựng ga tàu điện ngầm dạng lắp ghép khác với công nghệ xây dựng lắp ghép cấu kiện đúc sẵn thông thường. Kết cấu ga tàu điện ngầm đúc sẵn bao gồm một kết cấu hình ống khép kín. Kết cấu tổng thể chủ yếu bao gồm nhiều mô-đun được chia nhỏ theo chiều ngang và chiều dọc, và sau đó lắp ráp lại để tạo thành một cấu trúc hoàn chỉnh.

Lấy Ga Yuanjiadian của Tuyến tàu điện ngầm Trường Xuân số 2, đây là công nghệ xây dựng đúc sẵn đầu tiên của Trung Quốc, làm ví dụ. Cấu trúc tổng thể của ga tàu điện ngầm bao gồm 7 bộ phận đúc sẵn. Kết hợp theo cách xen kẽ giữa chiều ngang và chiều dọc và áp dụng phương pháp xây dựng theo hướng vòng quanh. Sử dụng móng và rãnh móng để kết nối. Trong quá trình xây dựng, kỹ thuật làm đầy bằng cách sử dụng công nghệ ép nén bằng keo epoxy để lấp đầy các rãnh cấu trúc, đồng thời, các biện pháp chống thấm như đặt gioăng kín nước được tích hợp vào cấu trúc rãnh, nhằm ngăn chặn sự xâm nhập của nước ngầm từ việc rò rỉ. Các chốt định vị được đặt giữa mỗi mô-đun đúc sẵn và phương pháp lắp ghép thuận tiện giúp đạt được các yêu cầu về tính chính xác.



Hình 1. Kết cấu của nhà ga Yuanjiadian



Hình 2. Hình ảnh thi công thực tế nhà ga Yuanjiadian

### 5. NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THÍCH ỨNG GA TÀU ĐIỆN NGẦM THI CÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP

#### 5.1. Kết cấu bảo vệ

Quá trình xây dựng ga tàu điện ngầm dưới lòng đất bằng phương pháp đào mở và sử dụng kết cấu bảo vệ được thực hiện thông qua hai phương thức chính: Tường vây kết hợp chống bằng thép hình và Tường vây kết hợp hệ cáp neo dự ứng lực. Ngoài ra, phương pháp thi công đơn giản, tốc độ lắp dựng nhanh, có thể phối hợp tốt hơn với công tác đào đất nên hệ số an toàn cũng rất cao, vì vậy nó đã được sử dụng rộng rãi trong thi công tầng hầm các tòa nhà và nhà ga đường sắt ngầm. Theo phương pháp lắp ghép, nếu khoảng cách của tường vây tăng lên và khoảng cách theo chiều rộng của các tấm tường vây khoảng 6 mét thì có thể đáp ứng yêu cầu lắp ráp các mô-đun, nhưng vẫn cần 15 mét đầu tiên sử dụng hệ cáp neo ứng lực trước để tạo không gian cho xe lắp ráp các mô-đun.

#### 5.2. Kết cấu chính

Vi sử dụng hệ thống chống bằng thép hình, quá trình lắp ráp cần phải điều chỉnh lại để đáp ứng yêu cầu xây dựng:

(1) Lắp đặt tất cả các tấm mô-đun ở đáy trước sau khi hoàn tất việc đổ và san nền, sau khi lắp ráp kết thúc, ngay lập tức thực hiện đổ bê tông vào rãnh và khi khả năng chịu lực đạt yêu cầu kỹ thuật, nhanh chóng tháo bỏ tất cả các thanh chống tầng dưới cùng.

(2) Lắp đặt các tấm mô-đun 2 bên rồi thi giá đỡ bằng thép bên trong và lấp đầy các rãnh bằng các khối bê tông đúc sẵn.

(3) Lắp ráp các khối mái, đặt các khối đúc sẵn tại các vị trí nút làm gối đỡ, đồng thời tác dụng dự ứng lực lên các gối đỡ bên trong khối mái

(4) Tháo bỏ hàng thanh chống tiếp theo và lắp lại quy trình xây dựng theo chu kỳ.

### 6. CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CHÍNH CỦA NHÀ GA TÀU ĐIỆN NGẦM THI CÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP

#### 6.1. Sử dụng phương pháp lắp ráp khoa học

Trong các dự án xây dựng ga tàu điện ngầm lắp ghép, khi lắp đặt các bộ phận đúc sẵn, cần lựa chọn phương pháp lắp ráp phù hợp dựa trên điều kiện thực tế của hiện trường. Các phương pháp lắp ráp các cấu kiện đúc sẵn chủ yếu bao gồm các mối nối so le và phương pháp lắp ráp thông qua các vết nứt. Đặc điểm và phương pháp thực hiện của hai phương pháp lắp ráp cũng khác nhau và có nhiều tình huống khác nhau sẽ xảy ra trong quá trình lắp ráp. Ví dụ, phương pháp lắp ráp thông qua các mối nối so le đòi hỏi phải lắp ghép đồng

bộ chính xác trong quá trình thi công, nếu có sai lệch trong kết quả đo sẽ dẫn đến lỗi lắp ghép. Ưu điểm của phương pháp nổi thông qua các vết nứt là dễ dàng làm chủ được sự đồng bộ hóa và giảm khối lượng công việc kiểm tra của nhân viên thi công.

**6.2. Công nghệ phun vữa nền và rãnh**

Trong quá trình thi công các ga tàu điện ngầm sử dụng phương pháp thi công lắp ráp, bước đầu tiên là công nghệ phun vữa phần đế và rãnh. Các bộ phận đúc sẵn được lắp ráp lắp đầy bằng vật liệu mật độ cao như nhựa tổng hợp và vữa xi măng không co ngót, sau đó sử dụng công nghệ phun vữa áp suất cao để cố định chúng.

**6.3. Công nghệ xử lý mặt phẳng**

Để đảm bảo các cấu kiện đúc sẵn được lắp đặt đáp ứng các tiêu chuẩn về độ nhẵn, công nghệ xử lý mặt phẳng móng có thể được sử dụng để kết nối hiệu quả các điểm nối móng và các tấm đáy cấu kiện đúc sẵn trong quá trình thi công. Các yêu cầu của việc thi công các bộ phận đúc sẵn, việc xử lý mặt phẳng cục bộ và tổng thể cần phải tăng độ phẳng của kết nối để công việc tiếp theo có thể được thực hiện một cách thuận lợi.

**6.4. Phương pháp định vị lắp ráp**

Để hoàn thành việc lắp ráp các bộ phận được đúc sẵn ở các phần khác nhau, cần áp dụng các kỹ thuật lắp ráp khác nhau. Khi lắp ráp tấm đế cần có công nghệ định vị phụ trợ của thiết bị nâng. Khi lắp đặt các tấm 2 bên, các giắc vít và giá nâng phải được thêm vào các bộ phận đúc sẵn đã lắp đặt. Thiết bị nâng có thể tự động điều chỉnh không gian ba chiều và đạt được vị trí chính xác. Khi lắp đặt trên đỉnh, kết cấu đúc sẵn cần được lắp đặt theo khối và điều chỉnh ba chiều để định vị chính xác, tấm mái đúc sẵn phải được đóng, nâng hạ cùng với kích vít của thiết bị nâng.

**6.5. Công nghệ thi công hầm bằng khiên đào**

Công nghệ thi công hầm bằng khiên đào là phương pháp thi công đào hầm dưới lòng đất, chủ yếu sử dụng máy đào hầm TBM, máy tiến lên theo hướng thiết kế. Trong quá trình đào, đất đào có thể được vận chuyển ra khỏi đường hầm thông qua hệ thống băng tải. Đồng thời, đường hầm được chống đỡ thông qua khiên đào của máy đào hầm và các tấm vỏ hầm đúc sẵn, ngăn chặn đất đá xung quanh bị lỏng và rơi xuống gây sập hầm.

**6.6. Thi công các cấu kiện đúc sẵn quy mô lớn**

**6.6.1. Tốc độ nâng và độ chính xác khi nâng**

Khi lắp ráp một số cấu kiện đúc sẵn quy mô lớn, máy nâng và cần cẩu thường được sử dụng để hoàn thành các hoạt động lắp ráp có liên quan. Trong quá trình vận hành thực tế, đầu tiên cần điều chỉnh các tính năng của cần trục để đảm bảo độ chính xác lắp đặt và tốc độ lắp đặt đáp ứng yêu cầu thi công. Thông thường, cần trục có 5 cấp độ và trong quá trình thi công thực tế, tốc độ nâng nhanh nhất không được vượt quá 5m /phút; đối với khi lắp đặt các cấu kiện đúc sẵn có kích thước lớn, tốc độ nâng cần được duy trì ở mức 1m/phút để kiểm soát hiệu quả độ chính xác của việc lắp đặt. Trong quá trình thi công cầu, sai số chung cần được kiểm soát dưới 3mm.

**6.6.2. Lắp đặt bằng cầu và cố định bằng bu-lông neo**

Đối với các nhiệm vụ thường được thực hiện với đầu còn DEHA, việc lựa chọn đường kính và cấp độ cầu còn mang lại nhiều tùy chọn khác nhau, tạo ra một phương tiện thực hiện tốt cho việc lắp ráp các cấu kiện đúc sẵn theo nhiều cách khác nhau. Đầu neo để nâng trong rãnh có thể khắc phục được hiện tượng nhô ra của các cấu kiện đúc sẵn. Dựa trên đặc điểm kết cấu của các cấu kiện đúc sẵn và nguyên lý định vị điểm treo, việc thiết lập hình dạng của dụng cụ treo là một quá trình khoa học.

**7. KHẢ NĂNG CHỊU ĐỘNG ĐẤT CỦA KẾT CẤU LẮP GHÉP**

Có rất ít nghiên cứu về phân tích phản ứng của kết cấu nhà ga đúc sẵn dưới tác động của động đất, còn hầu hết các nghiên cứu

phân tích địa chấn đều là về kết cấu trên mặt đất. Một số học giả đã phân tích và nghiên cứu chức năng địa chấn của các kết cấu xây dựng lắp ghép được kết nối bằng ống thép phun vữa áp lực và thu được mô phỏng thiệt hại do địa chấn tại các điểm kết nối. Lấy Ga Jin'anqiao Bắc Kinh làm ví dụ, các đặc điểm địa chấn ba chiều của các ga trung chuyển đường sắt đúc sẵn được kết nối bằng vật liệu vữa bê tông đã được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy chức năng kháng địa chấn theo phương ngang của nhà ga chủ yếu được đảm bảo bởi các tấm tường vữa. Trong khi kháng chấn theo phương thẳng đứng chủ yếu được đảm bảo bởi dầm và tường. Xét về cao độ, góc dịch chuyển giữa mỗi tầng ở gia tốc cực đại của kết cấu nhà lắp ghép tăng khoảng 10% đến 15% so với kết cấu bê tông toàn khối đổ tại chỗ. Tỷ lệ hư hỏng ở đỉnh kết cấu nhà ga lắp ghép lớn hơn so với kết cấu bê tông đổ tại chỗ, với lớp trên tầng khoảng 5% đến 10% và lớp dưới tầng khoảng 20% đến 30%.

**8. TẦM QUAN TRỌNG CỦA CÔNG NGHỆ CHỐNG THẨM TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG GA TÀU ĐIỆN NGẦM**

**8.1. Tầm quan trọng của công nghệ thi công chống thấm**

Sau khi ga tàu điện ngầm được đào, vấn đề thẩm ảnh hưởng lớn đến chất lượng xây dựng của ga tàu điện ngầm. Trước khi xây dựng các dự án nhà ga lắp ghép, nhân viên xây dựng tàu điện ngầm cần chú ý đến việc xây dựng các ga tàu điện ngầm chống thấm. Nước thấm vào trong ga tàu điện ngầm sẽ gây bong tróc, ăn mòn thiết bị xây dựng trong ga tàu điện ngầm, ảnh hưởng đến chất lượng xây dựng của tàu điện ngầm, thậm chí khiến kết cấu chính của tàu điện ngầm bị nứt, gãy, rò rỉ, v.v., ảnh hưởng nghiêm trọng việc xây dựng và các hoạt động tiếp theo của ga tàu điện ngầm.

**8.2. Yêu cầu chống thấm cho công trình tàu điện ngầm**

**8.2.1. Tránh hư hỏng do nước**

Hư hại do nước thường là biểu hiện của hiện tượng thấm, rò rỉ nước trong các dự án tàu điện ngầm, đồng thời cũng có thể là tác động của hiện tượng thấm nước ngầm trong đất. Vì vậy, cần kiểm soát chặt chẽ việc xảy ra hư hỏng do nước trong quá trình thi công và giải quyết nhanh chóng sự cố hư hỏng do nước để tránh những tai nạn thi công sau này.

**8.2.2. Cải tiến công nghệ xây dựng**

Đối với một số khu vực có nguồn nước ngầm và lượng mưa dồi dào, nên lắp đặt đường chống thấm trên kết cấu ga tàu điện ngầm để nâng cao hiệu quả chống thấm. Chú ý đến tác dụng chống thấm của bê tông, lắp đầy bằng các vật liệu chống thấm khác nhau và làm tốt công việc quản lý các vết nứt trong các ga tàu điện ngầm để loại bỏ các vết nứt.

**9. ỨNG DỤNG TRONG THI CÔNG TẠI CÁC ĐÔ THỊ LỚN NHƯ HÀ NỘI**

**9.1. Đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn**

Khu vực Hà Nội nằm hơi chệch về phía Tây bắc của trung sông Hồng, có địa hình thấp dần từ Sóc Sơn, Đông Anh (10-15m) đến Từ Liêm, Thanh Trì (5-8m so với mực nước biển). Địa hình đồng bằng thấp và bị phân cách bởi hệ thống sông ngòi, kênh, mương, hồ, ao và hệ thống đê điều. Trung sông Hồng nói chung, và khu vực Hà Nội nói riêng, bị lấp đầy bởi các thành tạo trẻ gắn kết yếu và bờ rời, bao gồm cát kết, bột kết, sét bột kết, sét kết, cuội kết tuổi Neogen. Chúng có bề dày đến vài ba trăm mét và nằm không chính hợp lên trên các thành tạo cổ hơn đã gắn kết hoàn toàn. Phần trên của các thành tạo Neogen là cuội kết, cát kết, bột kết, sét bột kết, sét kết với xi măng gắn kết là sét, vì thế chúng rất dễ trở nên rời rạc khi rơi vào trạng thái không tải trọng và mất nước. Phủ lên trên các thành tạo Neogen là các thành tạo Đệ tứ. Chúng bao gồm cuội, tầng, sỏi, cát hạt thô ở phần dưới và chuyển dần sang cát hạt vừa, hạt mịn ở phần

giữa và cát hạt mịn, cát pha, sét pha, sét, bùn cát, bùn sét, bùn hữu cơ và đất lấp ở phần trên. Tổng bề dày tầng đất gắn kết yếu và bờ rời lên đến 500-600 m. Riêng bề dày của tầng đất bờ rời lên đến 80-100 m theo xu hướng tăng dần từ phía bắc 60-65 m (Đông Anh) lên đến 70-75 m (Ngô Sĩ Liên, Thành Công) và đạt 80-90 m ở phía nam (Hà Đình, Pháp Vân).

Tính đa dạng và phức tạp của cột địa tầng cũng tăng dần từ phía Bắc xuống phía Nam. Tại Sóc Sơn, Đông Anh, các loại bùn và đất sét yếu vắng mặt trong cột địa tầng. Ở vùng Gia Lâm, chúng xuất hiện ở độ sâu từ 6 đến 12 m, nhưng phân bố không rộng rãi. Trong khi đó ở phía nam sông Hồng, các loại đất yếu như sét dẻo chảy, bùn

cát, bùn sét, bùn hữu cơ phân bố rộng rãi ở độ sâu từ 6 đến 22 m (Ngô Sĩ Liên, Thành Công, Hà Đình, Pháp Vân).

Theo Nguyễn (2004) địa chất Hà Nội được hình thành từ dưới lên trên gồm hệ Tam Điệp, hệ Neogen, hệ Đệ Tứ, độ sâu lớn nhất của hệ Tam Điệp khoảng 200m, còn của hệ Neogen là khoảng 100m. Địa tầng của Hệ Đệ Tứ bao phủ một cách bất quy tắc hệ Neogen, thành phần chủ yếu là cát, sỏi và có xen lẫn bụi, sét. Trong hệ Đệ Tứ, địa tầng kể từ sau kỷ băng hà gần nhất được phân chia từ dưới lên trên thành địa tầng Vĩnh Phúc, địa tầng Hải Hưng, địa tầng Thái Bình. (Hình 3).

		Tên địa tầng	Phân loại tương địa tầng							
Thống Holocene	Đất mặt		1: Đất mặt							
	Phần trên	Thái Bình	Trên	2: Bùn đáy hồ đầm		3: Đất sét lẫn cát màu nâu		4: Cát rời màu ghi		
			Dưới	5: Đất sét màu nâu	6: Đất sét màu nâu đến vàng	7: Đất sét hữu cơ màu xám	8: Đất tính cát, đất sét lẫn cát màu xám	9: Cát mịn chặt vừa màu xám	10: Đất sét lẫn cát màu ghi đen	
	Phần giữa và dưới	Hải Hưng	Trên	11: Bùn hữu cơ mềm màu đen						
Giữa			12: Đất sét màu xám xanh							
Dưới			13: Bùn hữu cơ màu đen							
Thống Pleistocene	Phần trên	Vĩnh Phúc	14: Đất sét màu xám trắng đến xám đen, trạng thái dẻo đến nửa cứng	15: Đất sét nâu đỏ	16: Đất sét hữu cơ mềm màu xám đen	17: Đất sét lẫn cát	18: Cát mịn màu nâu	19: Sỏi màu xám, cát lẫn sỏi		
	Phần trên và giữa	Hà Nội	20: Đất sét lẫn cát và hữu cơ màu xám		21: Sỏi, cát lẫn sỏi		22: Sỏi lẫn cát màu nâu			
	Phần dưới	Lệ Chi	23: Cát màu xám đến nâu lẫn sỏi			24: Sỏi màu xám lẫn cát				
Kỷ Đệ Tứ chưa phân loại			25: Đất sét màu nâu nửa cứng				26: Đất sét phong hóa			

**Hình 3.** Bảng phân loại 26 pha địa tầng ở TP Hà Nội nhìn từ góc độ địa kỹ thuật

Ngay cả tại Nhật Bản cũng đã có nhiều nghiên cứu khảo sát về địa chất địa tầng của đồng bằng sông Hồng. (Ví dụ như: Tanabe et al. 2003; Tanabe et al. 2003b; Tanabe et al. 2006; Hori et al. 2004; Li et al. 2006; Funabiki et al. 2012, v.v...).

Tanabe et al. (2006) phân chia địa tầng của đồng bằng sông Hồng từ thế Pleistocene đến thế Holocene từ trên xuống dưới thành Đơn vị 0 (trầm tích biển nửa sau thế Pleistocene), Đơn vị 1 (trầm tích lù), Đơn vị 2 (trầm tích sông), Đơn vị 3 (trầm tích đồng bằng) và thảo luận về lịch sử phát triển địa hình của đồng bằng Hà Nội. Trong đó, tác giả đã đề cập đến sự tồn tại của thung lũng ngầm chạy theo hướng Nam Bắc dọc sông Đáy. Funabiki et al. (2007) báo cáo trong khoan khảo sát địa chất được thực hiện tại 2 địa điểm ngoại ô Hà Nội cho biết lấy độ sâu 4m làm đường biên thì tại phần trên có trầm tích lù bồi tụ, phần dưới có trầm tích sông chịu tác động của thủy triều bồi tụ, còn ở độ sâu dưới 10m có trầm tích biển cũng chịu tác động của thủy triều (7,500 ~ 8,700 năm trước) bồi tụ. Nguyễn (2004) đã nghiên cứu địa tầng tới độ sâu khoảng 50m và xem xét tới đặc tính địa chất, đặc biệt là màu sắc, đặc tính đàn hồi, hàm lượng chất hữu cơ để phân chia nền đất thành 26 hạng mục với mục tiêu là lập bản đồ nền đất Hà Nội. Hình 3 thể hiện tổng hợp kết quả phân chia này. Cột phân chia lớp đất trong bảng thể hiện hàng dọc là phân bố theo độ sâu, hàng ngang là phân bố ngang.

Các tính chất địa kỹ thuật của các thành tạo bờ rời ở khu vực Hà Nội cũng thay đổi theo hướng Bắc-Nam. Ở các vùng Sóc Sơn, Đông

Anh lớp sét nằm ngay dưới lớp đất lấp. Dưới lớp sét là lớp cát chứa nước Holocen. Lớp sét có độ ẩm tự nhiên  $W = 29-30\%$ , giới hạn dẻo  $Wd = 29-30\%$ , giới hạn chảy  $Wch = 39-44\%$ , hệ số rỗng  $e < 1$ , góc ma sát trong  $j = 14-15^\circ$ , trong khi đó càng xuống phía nam, bề dày lớp sét tăng, nhưng hàm lượng hạt sét giảm và có xu hướng chuyển dần sang sét pha hoặc là một tập các lớp mỏng sét pha, cát pha chứa tàn tích thực vật. Dưới lớp sét là lớp bùn cát, bùn sét, bùn hữu cơ. Những tính chất cơ bản của lớp sét ở trung tâm và phía Nam thấp hơn so với phía bắc, độ ẩm tự nhiên  $W = 35-40\%$ , giới hạn dẻo  $Wd = 29-35\%$ , giới hạn chảy  $Wch = 45-55\%$ , hệ số rỗng  $e > 1$ , góc ma sát trong  $j = 5-10^\circ$ , lực dính kết thấp  $C = 0,13-0,25 \text{ kg/cm}^2$ . Nhìn chung, lớp sét nằm dưới lớp đất trống hoặc đất lấp ở vùng phía bắc thành phố có tính xây dựng cao hơn so với chính lớp sét đó ở phía Nam thành phố.

Với điều kiện địa chất và địa chất thủy văn của khu vực Hà Nội, mực nước ngầm cao và lớp sét nằm ngay dưới lớp đất lấp phù hợp với xây dựng đường hầm nông, do đường hầm thường nằm trong lớp đất sét, điều này thuận tiện cho việc thi công nhưng lại thường gây lún bề mặt lớn, làm hư hại đến các công trình phía trên và khiến cho tiến độ thi công bị kéo dài, ảnh hưởng tới môi trường, đời sống của người dân cũng như cảnh quan đô thị.

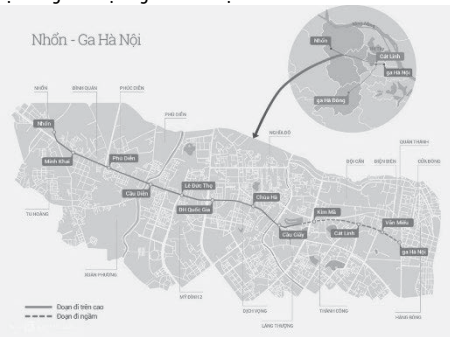
### 9.2. Hệ thống tàu điện ngầm ở Hà Nội

Theo quy hoạch của TP Hà Nội, sẽ có 8 tuyến tàu điện đô thị, và dự kiến có hơn 100 nhà ga các loại. Trong đó, trung bình độ sâu của nhà ga ngầm ở Hà Nội là 20m. Tính đến hiện nay, thành phố mới

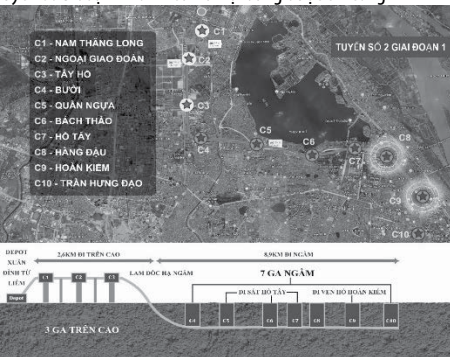
đang tiến hành thi công 1 phần tuyến số 3 đoạn từ Nhổn đến Ga Hà Nội, và sắp tới tiến hành thi công các đoạn còn lại của tuyến số 3 và thi công mới tuyến số 2 và tuyến số 5. Từ hiện trạng thi công đoạn tuyến số 3 cho thấy, thời gian xây dựng những nhà ga ngầm tốn rất nhiều thời gian và ảnh hưởng rất lớn đến không gian bên trên cũng như đời sống của người dân thủ đô. Nếu các nhà ga ngầm ở các tuyến chưa thi công có thể áp dụng phương pháp thi công lắp ghép sẽ đẩy nhanh tiến độ thi công rất nhiều, do các cấu kiện kết cấu nhà ga được chế tạo trong nhà máy trước đó, nên khi thi công, chỉ cần thi công hố đào sâu, và bãi tập kết, sau đó các cấu kiện sẽ được vận chuyển từ nhà máy đến công trường và tiến hành lắp ghép hoàn thiện. Với phương pháp này, sẽ hoàn trả mặt bằng nhanh chóng, giúp giảm chi phí đầu tư và đưa dự án sớm vào giai đoạn khai thác, cũng như giảm ô nhiễm tiếng ồn và môi trường.



Hình 4. Hệ thống tàu điện ngầm ở Hà Nội



Hình 5. Tuyến số 3 đoạn Nhổn - Ga Hà Nội đang được thi công



Hình 6. Tuyến số 5 chuẩn bị được thi công trong thời gian tới



Hình 7. Tuyến số 5 chuẩn bị được thi công trong thời gian tới

**KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Sự phát triển của công nghệ xây dựng nhà lắp ghép trên thế giới sẽ dẫn mang lại sự tiện lợi rất lớn cho việc xây dựng các ga tàu điện ngầm ở nước ta. Tuy nhiên, việc thi công cũng sẽ gặp phải những khó khăn tương ứng như vận hành cầu các bộ phận đúc sẵn dưới lòng đất và phương pháp lắp đặt chính xác. Để thúc đẩy ứng dụng công nghệ xây dựng lắp ghép trong thi công nhà ga tàu điện ngầm, cần khắc phục những vấn đề, khó khăn cụ thể phát sinh trong quá trình thực hiện, tiếp tục thúc đẩy phát triển công nghệ thi công lắp ghép và thúc đẩy phát triển vận tải đường sắt ở Việt Nam.

Với điều kiện địa chất, địa chất thủy văn của Hà Nội, chủ yếu là các đường hầm nông, các nhà ga ngầm hoàn toàn phù hợp với phương pháp thi công lắp ghép. Như có thể thấy ở những tuyến sắp thi công, nhà ga C4 - C5 - C6 - C7 - C8 - C9 - C10 (Tuyến số 2) và nhà ga Vành Đai 3 - Hoàng Đạo Thuý - Vành Đai 2 - Vành Đai 1 - Văn Cao (Tuyến số 5) là những nhà ga ngầm của mỗi tuyến, có độ sâu trung bình 20m, hoàn toàn phù hợp với phương án thi công lắp ghép. Với trình độ kỹ thuật của nước ta hiện nay, có thể thực hiện thi công hố đào sâu lên đến 32m (Nhà ga Bến Thành trong TP.HCM).

Nếu sớm áp dụng phương pháp thi công này cho các nhà ga ngầm nằm ngoài của các tuyến tàu điện ngầm ở Hà Nội, sẽ giúp giảm chi phí đầu tư, gia tăng hiệu quả xây dựng và giảm thời gian thi công.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Nguyễn Công Giang, *Một số so sánh về đặc tính địa chất công trình giữa trầm tích Holocen khu vực trung tâm thành phố Hà Nội với các thành tạo ở Nhật Bản*, Tạp chí Khoa học: Kiến trúc & Xây dựng - Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Số 19, 2015, trang 11-17.  
 [2]. Nguyễn Công Giang, Yikihiro Kohata, *Mechanical Property of Liquefied Stabilized Soil Reused Vinh Phuc-Clay in Hanoi City for Underground Construction*, Tuyển tập Hội thảo Xây dựng công trình trong điều kiện đặc biệt, 2010, trang 149-156.  
 [3]. PGS.TS Nguyễn Đức Nguồn, GS. TSKH Nguyễn Văn Quảng, *Sách Công trình ga và đường tàu điện ngầm*, Giáo trình giảng dạy, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2005.  
 [4]. Yahagi Shuichi, Nguyễn Công Giang, Lê Quang Hanh. *Tiêu chuẩn kỹ thuật đào hầm - 2006: Đào hầm sử dụng khiên đào*. Sách chuyên khảo. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2023  
 [5]. TS. Nguyễn Công Giang. *Công nghệ thi công công trình ngầm*. NXB Xây dựng, 2019.  
 [6]. Xiuren Yang, Fang Lin, 2021, *Prefabrication technology for underground metro station structure*, Tunnelling and Underground Space Technology.  
 [7]. HE Xing. 2022. *Difficulties and Countermeasures in Construction of Prefabricated Metro Station*. Architecture Engineering and Management.  
 [8]. Xiuren Yang, Meiqun Huang, Fang Lin. 2019. *Research Strategies on New Prefabricated Technology for Underground Metro Stations*. Urban Rail Transit  
 [9]. Trần Văn Hoàng, Bùi Thị Bảo Anh, *Phân vùng khu vực Hà Nội theo tính bền vững của môi trường địa chất*. Trung tâm thông tin lưu trữ địa chất, 2005.

# CÔNG TY TNHH XÂY DỰNG TRƯỜNG BẢN



TRUONG BAN CONSTRUCTION COMPANY LIMITED



# CÔNG TY TNHH QUANG CỬ

