

XÂY DỰNG

ISSN 2734-9888
NĂM THỨ 60

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG
JOURNAL OF CONSTRUCTION 60th Year

10-2021





XI MĂNG CẨM PHẢ CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

Cùng đồng hành
CÙNG PHÁT TRIỂN



**XI MĂNG MC 25
XÂY TÔ**



**XI MĂNG
PORTLAND HỒN HỢP
PCB 40**



**XI MĂNG
ĐA DỤNG PCB 40**

XI MĂNG XÁ CÔNG NGHIỆP:

- Xi măng Portland PC50/ PC40
- Xi măng Portland hỗn hợp PCB50/ PCB40
- Xi măng Portland xỉ lò cao loại I: PCB_{bfs}50/ PCB_{bfs}40
- Xi măng Portland bền sulfat PC_{mrs}50 / PC_{mrs}40
- Xi măng Portland xỉ lò cao bền sulfat trung bình PCB_{bfs}50 - MS / PCB_{bfs}40 - MS



CÔNG TY TNHH XÂY DỰNG LAM HỒNG

Địa chỉ: Số 570, quốc lộ 20, Thị Trấn Liên Nghĩa,
Huyện Đức Trọng, Lâm Đồng

NGÀNH NGHỀ KINH DOANH

- ◆ Thi công xây dựng Giao Thông-Thủy Lợi-Hạ Tầng Kỹ Thuật
- ◆ Khai thác khoáng sản làm VLXD

Chúc mừng
60 năm thành lập Tạp chí Xây dựng
1961-2021





MỤC LỤC CONTENT

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 Quốc Thông
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng
GS.TS Trịnh Minh Thu
GS.TS Phan Quang Minh
PGS.TS Lê Trung Thành
TS Nguyễn Đại Minh
TS Lê Văn Cư

TỔNG BIÊN TẬP:

Nguyễn Thái Bình

TÒA SOẠN:

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

Giấy phép xuất bản:

Số 372/GP-BTTTT ngày 05/7/2016

ISSN: 2734-9888

Tài khoản: 11300001172

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: Giao thông kết nối tạo động lực phát triển kinh tế vùng Đồng bằng sông Cửu Long

Giá 35.000 đồng

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

- AN AN 4** “Dải Ngân hà xanh Thăng Long”
- PHẠM THANH TÙNG 7** Những cây cầu Hà Nội
- THANH PHONG 10** Xu thế tất yếu của nhà cung cấp vật liệu xi măng cho công trình giao thông
- TRẦN LƯƠNG 12** Kỳ vọng giá trị kiến trúc cầu Cửa Lục 1, Cửa Lục 3
- TRẦN BÁ VIỆT, LƯƠNG TIẾN HÙNG 14** Giải pháp kỹ thuật sửa chữa mặt cầu Thăng Long
- VĨNH TIẾN 18** Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 mở rộng: Nhiều giải pháp tích cực để tiêu thụ tro, xỉ

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

- NGUYỄN HOÀNG LINH 24** Cấp nước cho khu đô thị: Chuyện tiền sạch nước bẩn!
- BÙI VĂN 26** Từ đô thị hạnh phúc đến phong tỏa, giãn cách và hậu Covid

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

- AN NHIÊN 29** Nhà ở xã hội - Kinh nghiệm phát triển nhà ở xã hội cho công nhân Việt Nam

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- TRẦN THỊ QUỲNH NHƯ 30** Nghiên cứu thực hiện công tác đánh giá nhà chung cư giai đoạn vận hành, khai thác
- HÀ VĂN THANH KHƯƠNG 34** Chuyển đổi số trong quản trị đô thị Phú Quốc, TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang
- PHẠM TUẤN ANH, NGUYỄN THANH TÂM 38** Ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo trong dự báo sức chịu tải móng nông
- DOAN VAN DUAN 42** Phân tích dao động tự do của thanh có xét đến biến dạng trượt ngang bằng phương pháp chuyển vị cưỡng bức - lời giải số

49 - 300 PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

FROM POLICY TO LIFE

- AN AN **4** Thang Long Blue Milky Way
- PHAM THANH TUNG **7** Hanoi Bridges
- THANH PHONG **10** The inevitable trend of suppliers of cement materials for traffic works
- TRAN LUONG **12** Architectural value expectation of Cua Luc 1 and Cua Luc 3 bridges
- TRAN BA VIET, LUONG TIEN HUNG **14** Technical solutions to repair Thang Long bridge surface
- VINH TIEN **18** Vinh Tan 4 & Vinh Tan 4 expansion Thermal Power Plants: Many positive solutions for ash and slag consumption

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

- NGUYEN HOANG LINH **24** Water supply for urban areas: The story of "clean money and dirty water"!
- BUI VAN **26** From the happy city to blockade, distance and post-Covid

ABOUT NEW BOOK

- AN NHIEN **29** Social housing - Experiences in developing social housing for Vietnamese workers

SCIENTIFIC RESEARCH

- TRAN THI QUYNH NHU **30** Researching the issues related to the task of implementing the assessment during the period of operation, exploit on apartment
- HA VAN THANH KHUONG **34** Digital transformation in urban management at Phu Quoc city, Kien Giang province
- PHAM TUAN ANH, NGUYEN THANH TAM **38** Application of artificial neural network in the forecast the ultimate bearing capacity of shallow foundations
- DOAN VAN DUAN **42** Analysis of bar's free vibration with considering lateral shear strain by forced displacement method - numerical solution

**49 - 300 SUSTAINABLE CONSTRUCTION DEVELOPMENT IN THE
CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN THE MEKONG DELTA
REGION**

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 Quoc Thong, Ph.D
Prof. Nguyen To Lang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
Nguyen Dai Minh, Ph.D
Le Van Cu, PhD

EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Thai Binh

OFFICE:

37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI
Editorial Board: 024.39740744
Email: banbientapctxd.bxd@gmail.com

Publication:

No: 372/GP-BTTTT date 5th, July/2016

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

“Dải Ngân hà xanh Thăng Long”

> AN AN

Bộ Xây dựng vừa công bố kết quả cuộc thi tuyển “Ý tưởng quy hoạch, kiến trúc tổng thể Khu trụ sở các Bộ ngành Trung ương tại khu vực Tây Hồ Tây, Hà Nội”. Với ý tưởng “Dải Ngân hà xanh Thăng Long” với mong muốn truyền tải thông điệp về một quy hoạch xanh, bền vững và có tính kết nối cộng đồng cao, Liên danh Công ty Nikken Sekkei Ltd (Nhật Bản) và Công ty CP Tư vấn đầu tư và Thiết kế xây dựng Việt Nam (CDC) đã vượt qua 12 tổ chức tư vấn thiết kế hàng đầu trong nước và quốc tế để giành hạng A chung cuộc của Ban tổ chức.

Cuộc thi được tổ chức nhằm lựa chọn những ý tưởng quy hoạch, kiến trúc tổng thể Khu trụ sở làm việc các Bộ ngành Trung ương tại khu vực Tây Hồ Tây tốt nhất, làm cơ sở lập, hoàn thiện đồ án Quy hoạch xây dựng hệ thống trụ sở làm việc các Bộ, cơ quan ngang Bộ, cơ quan thuộc Chính phủ, cơ quan Trung ương của các đoàn thể tại Thủ đô Hà Nội đến năm 2030. Kết quả cuộc thi là cơ sở quan trọng cho quá trình chuẩn bị dự án đầu tư xây dựng trụ sở làm việc của các Bộ ngành Trung ương tại khu vực Tây Hồ Tây, Hà Nội.

“TRỤC XANH” VÀ TRUNG TÂM HÀNH CHÍNH CẤP QUỐC GIA MỚI

Được định hướng trở thành “trục xanh” và trung tâm hành chính cấp quốc gia mới, giảm tải cho khu vực nội đô hiện tại theo Quy hoạch Hà Nội tầm nhìn 2030 - 2050, Khu trụ sở các Bộ ngành Trung ương tại khu vực Tây Hồ Tây hứa hẹn sẽ trở thành công trình tầm cỡ không chỉ có ý nghĩa biểu tượng, công trình điểm nhấn mà còn mang lại giá trị về chính trị - kinh tế.

Với vị trí đắc địa, giàu tiềm năng, nằm trên tuyến đường vành đai 2 kết nối khu vực trung tâm thẳng tới sân bay quốc tế, tiếp giáp với Hồ Tây, sông Hồng, song song là tuyến đường sắt đô thị UMRT 2A, xung quanh là chuỗi các dự án nổi bật của thành phố như khu nhà ở, thương mại với mật độ cao, nhà hát được quy hoạch ở phía Đông và công viên Bảo tàng nằm ở phía Tây khu đất, dự án sẽ là trung tâm tập trung nhiều tuyến giao thông trọng yếu cũng như nhiều cảnh quan nổi bật của Hà Nội.

Hiểu được tầm quan trọng của dự án, phương án ý tưởng Quy hoạch mang mã số GG21 đoạt giải Nhất của Liên danh Công ty Nikken Sekkei Ltd (Nhật Bản) và Công ty

CP Tư vấn đầu tư và Thiết kế Xây dựng Việt Nam (CDC) lấy ý tưởng “Dải Ngân hà xanh Thăng Long” với mong muốn truyền tải thông điệp về một quy hoạch xanh, bền vững và có tính kết nối cộng đồng cao khi đề xuất tất cả các khu vực của dự án đều được kết nối hữu cơ, cho phép người lao động, du khách và cư dân địa phương tiếp cận miễn phí và dễ dàng đến thông qua các phương tiện như tàu điện ngầm, xe buýt, ô tô...”.

Trong quá trình thiết kế, phương án luôn áp dụng ba nguyên tắc nhằm thiết lập quy hoạch tổng thể trung tâm Hà Nội mới. Đó là:

TAO RA NƠI LÀM VIỆC THOẢI MÁI - TRỤ SỞ LÀ NƠI CÁN BỘ NHÂN VIÊN ĐƯỢC KẾT NỐI GIAO HÒA, MỘT KHÔNG GIAN LÀM VIỆC NHẸ NHÀNG YÊN TĨNH

Khu vực trụ sở bộ ngành gồm 12 tòa nhà, với tổng diện tích sàn nổi 407.000 m², gồm các khối công năng hỗ trợ cho khối trụ sở cơ quan như sân khách sạn, tổ hợp giải trí, phức hợp thể thao và hội nghị hội thảo, khách sạn văn phòng. Các khối phương án được bố trí để thể hiện được bản chất thành phố, kết hợp hoàn hảo với bối cảnh đô thị xung quanh. Sự tầng bậc của các khối hình học được lấy cảm hứng từ những thung lũng xanh đồng bằng Bắc bộ, tạo ra những thung lũng xanh trong lòng phố thị, khối văn phòng sẽ được đẩy lên cao giao hòa trên những thảm xanh. Trụ sở ban ngành không còn đóng khung trong khối hộp khô cứng, đơn điệu mà giao hòa trong vẻ đẹp chung của tổng thể. Ở đó, có sóng nước Hồ Tây, có hương sắc những mùa vàng, có dải lụa xanh len lỏi, mạnh mẽ truyền cảm hứng. Đó không chỉ đơn thuần là trụ sở cơ quan bộ, mà là nơi tinh hoa, trí tuệ quần tụ, cùng dựng xây, cống hiến vì đất nước, dân tộc.



Đặc biệt, bằng cách bố trí vị trí các trụ sở có diện tích sàn lớn tới nhỏ theo một trật tự thống nhất, chiều cao các tòa nhà được xác định tương đối theo trật tự hình thành đường chân trời thấp ở trung tâm và cao dần ra hai bên thống nhất toàn bộ khu vực quy hoạch. Đường chân trời này kết hợp với các lượn sóng cảnh quan tạo thành điểm đặc biệt để nhận biết cho khu vực.

Khối tháp được bố trí dọc bên đường với khoảng lùi rộng mở 30 m, sảnh đón trả khách đặt tại 2 bên. Với giải pháp này, mặt đứng công trình dọc theo toàn tuyến phố sẽ đồng nhất, biểu trưng cho sức mạnh của quyền lực, của trật tự kỷ cương và phẩm chất lãnh đạo. Khối đế với phân dạng bậc mở rộng về phía trước và bao bọc hướng về trục cảnh quan trung tâm, kết nối liền mạch với thung lũng xanh ngát của quy hoạch tổng thể.

Về đẹp kiến trúc cùng hình học ngoạn mục, những dải sáng muôn màu từ con phố, những tòa nhà cao tầng, lối đi bộ xanh ngát ban ngày, rực rỡ ánh đèn về đêm sẽ là điểm đến tuyệt nhất để thưởng ngắm hoàng hôn và khung cảnh về đêm của Hà Nội.

LẤY TRỤC XANH ẨN TƯỢNG LÀM BIỂU TƯỢNG, KẾT HỢP VỚI NHỮNG KHÔNG GIAN ĐỘC ĐÁO DỌC THEO TRỤC GIAO THÔNG

Phương án tạo ra một dải lụa xanh bình yên bên mặt gương Tây Hồ Tây, mềm mại xuyên suốt kết nối trọn vẹn toàn bộ khu vực, từ Bảo tàng Lịch sử Quốc gia - nơi chứa đựng tinh hoa truyền thống dân tộc - Truyền thống đến Nhà hát Opera - cái nôi của nghệ thuật đương đại - Tương lai. Trên trục xanh là các khu sân ga biểu tượng, quảng trường và các không gian công năng bổ trợ, chuỗi không gian mở ẩn tượng kết nối theo trục xanh. Đây cũng sẽ là



tuyến đi bộ sẽ giúp dự án trở thành một địa điểm nổi tiếng trên toàn thế giới và góp phần vào sự nổi tiếng của TP Hà Nội.

Sân ga được thiết kế nhằm biến trục xanh trở thành điểm đến lý tưởng của cộng đồng. Với việc đứng ở điểm cao nhất trên đỉnh nhà ga, du khách sẽ có thể phóng tầm mắt ra quang cảnh hồ nước tuyệt đẹp ở phía đông và thành phố thanh lịch ở phía Tây.

Quảng trường được chia thành 3 khu vực chính bao gồm: Quảng trường Dân chủ được bao bọc trong trụ sở cơ quan các bộ ban ngành; Quảng trường Sân ga được bao bọc bởi các tổ hợp bán lẻ, khách sạn và các công trình văn hóa, công cộng; Quảng trường Gia đình; Quảng trường Văn hóa; Quảng trường Lối vào được hình thành bởi khu bán lẻ chiếm tỉ lệ chính. Trong đồ án, khu vực Quảng trường Dân chủ đại diện cho sức mạnh, quyền lực và niềm



tự hào dân tộc. Tương tự quảng trường Dân chủ, quảng trường Văn hóa đại diện cho một khu vực riêng biệt trong quy hoạch tổng thể và tương phản về mặt không gian với quảng trường Dân chủ.

LẤY SỰ ĐA DẠNG CỦA CÔNG NĂNG LÀM NƠI ĐÁNG SỐNG VÀ LÀM VIỆC - SỐNG ĐỘNG BỞI NHỮNG HOẠT ĐỘNG PHONG PHÚ, TIỆN ÍCH VÀ CON NGƯỜI.

Khu trụ sở các Bộ ngành Trung ương tại khu vực Tây Hồ Tây là nơi tập trung đông cán bộ nhân viên, khách tham quan, khách lưu trú, cư dân tại các căn hộ dịch vụ và cả những cư dân tại các khu vực lân cận, nên nhu cầu về sự đa dạng công năng và tăng cường các dịch vụ vui chơi giải trí cao. Chính vì vậy, phương án đã tổ hợp nhiều chức năng tiện ích như: Khách sạn, Trung tâm giáo dục, Trung tâm y tế, Rạp chiếu phim, Khu phức hợp thể thao, Không gian nghỉ dưỡng, tiếp xúc với thiên nhiên; Trung tâm hội nghị; Khu vực triển lãm.

Tất cả được kết nối thông qua vành đai xanh 3 chiều và 3 tuyến đường giao thông phân tách rõ ràng:

- Giao thông tầng trệt cho dân cư khu vực, sẽ có các con hẻm thông tầng dẫn cư dân và cán bộ, nhân vi từ các khu vực lân cận vào trục cây xanh trung tâm và tâm điểm của sự phát triển
- Giao thông sàn nổi cho khách di chuyển trên Metro, đảm bảo lưu thông liền mạch cho người đi bộ bằng sàn

deck, được kích hoạt bởi ki-ốt/quán cà phê và các gian hàng. Trong tương lai, tuyến sàn deck có thể được thiết kế và đầu tư xe buýt điện tự động, không người lái và xe điện đưa đón giúp kết nối xuyên suốt bảo tàng - nhà ga - nhà hát opera.

- Giao thông công cộng. Dự án được kết nối vô cùng thuận tiện qua các tuyến xe buýt, tuyến Metro và taxi.

Ngoài việc chú trọng đến 3 nguyên tắc trong quy hoạch tổng thể, phương án còn sử dụng vật liệu địa phương kết hợp công nghệ hiện đại cùng màu sắc chủ đạo là màu vàng gốm tượng trưng cho sự giàu có, thịnh vượng, hoàng gia và cao cấp, thể hiện sự lâu đời của kiến trúc Hà Nội.

Quan trọng hơn, phương án sử dụng giải pháp thân thiện môi trường từ Mạng lưới thông minh Smart Grid - tiết kiệm điện năng cho khối văn phòng nhờ sử dụng công nghệ thông tin để kiểm soát tiêu thụ điện; Tái sử dụng nước mưa; Tạo không khí mát từ Hồ Tây theo hướng gió chủ đạo nhờ tuyến sàn nổi; Sử dụng năng lượng mặt trời để làm điện và chiếu sáng cho các không gian công cộng; Sử dụng hệ thống trụ thông minh Smart Pole gồm nhiều chức năng như chiếu sáng, wifi, điểm thu phí, camera an ninh và biển báo.

Tất cả những độc đáo trong kiến trúc, đa dạng về công năng và hiện đại về công nghệ như vậy cũng giúp làm phong phú các trải nghiệm của du khách.❖



Những cây cầu Hà Nội

Cầu Long Biên.

> KTS PHẠM THANH TÙNG*

1 . Trên trái đất này, rất nhiều đô thị được hình thành bên các dòng sông. Và cũng chính các dòng sông đã mang đến cho đô thị một diện mạo văn hóa khác biệt, tạo nên bản sắc của đô thị đó. Như, Paris (Pháp) với dòng sông Seine thơ mộng, London (Anh) với sông Thames, Saint Petersburg (Nga) với dòng Neva huyền thoại, hay Thượng Hải, Quảng Châu (Trung Quốc) có sông Hoàng Phố, Châu Giang, để tài bất tận của văn học Trung Hoa... Việt Nam cũng thế, hầu hết các đô thị truyền thống ở nước ta đều nằm bên những dòng sông như ở phía Bắc, là các thành phố Lào Cai, Phú Thọ, Việt Trì, Hà Nội... gần với sông Hồng; ở miền Trung là Đồng Hới - sông Nhật Lệ, Đông Hà - sông Thạch Hãn, Huế - sông Hương, Đà Nẵng - sông Hàn...; ở miền Nam có Sài Gòn - sông Sài Gòn, Biên Hòa - sông Đồng Nai... còn các đô thị vùng Đồng bằng sông Cửu Long như Cần Thơ, Long Xuyên... thì gần liền với sông Tiền, sông Hậu. Và những cây cầu là cái gạch nối với hai bờ đô thị. Vì thế, ở khía cạnh lịch sử, cây cầu là minh chứng sống động, chân thực về sự phát triển kinh tế - xã hội của đô thị đương thời. Ở góc độ văn hóa, cây cầu có hình dáng đẹp, độc đáo sẽ tô điểm cho cảnh quan kiến trúc và góp phần làm giàu thêm văn hóa đô thị. Còn với cư

dân, cây cầu gắn liền với họ không chỉ trong hoạt động đi lại, giao thương, mà nó đã trở thành kỷ niệm, là ký ức của mỗi đời người. Chẳng thế mà, ông cha ta xưa khi yêu nhau đã "bắc cầu dải yếm". Còn thời nay, trai gái ở nhiều nước Á - Âu có trào lưu cứ đến ngày Valentin lại rủ nhau lên cầu thả thốt rồi bập vào lan can cầu hay một điểm nào đó dưới chân cầu một cái khóa tình yêu, còn chiếc chìa khóa duy nhất được vút xuống dòng sông, như một lời thể lãng mạn cho tình yêu chung thủy (?!).

Người viết bài này còn nhớ, vào cuối thập niên 50 của thế kỷ trước, khi còn ở bậc tiểu học, lũ trẻ hàng phố chúng tôi đã thuộc lòng bài thơ về cầu Long Biên và thường nghiền ngẫm đọc những câu thơ giản dị, để nhớ như đồng dao: "Hà Nội có cầu Long Biên/ Vừa dài vừa rộng bắc trên sông Hồng/ Tàu xe đi lại thông dong/ Người người tấp nập gánh gồng ngược xuôi...". Ngày đó, Hà Nội mới chỉ có mỗi cầu Long Biên bắc qua sông Hồng nối từ bến Bồ Đề (thuộc huyện Gia Lâm) với khu phố cổ Hoàn Kiếm. Đây là cây cầu bằng thép, do kỹ sư lừng danh người Pháp Gustave Eiffel, tác giả của Tháp Eiffel (Paris) nổi tiếng thế giới thiết kế và được nhà thầu Daydé & Pille xây dựng với sự tham gia của 40 kỹ sư, đốc công người Pháp cùng hơn 3.000 thợ lao động Việt Nam làm việc ròng rã cực nhọc trong suốt 4 năm trời, kể từ lúc khởi công (ngày 12/9/1898) cho đến khi khánh thành (1902). Với chiều dài 2.290 m (không kể đường dẫn), gồm 19 nhịp bằng thép cao 13,5 m (đặt trên

() Chánh Văn phòng Hội Kiến trúc sư Việt Nam*



Cầu Thăng Long.



Cầu Nhật Tân.

20 trụ cầu lớn bằng bê tông), có hình dáng một con rồng uốn lượn. Cầu Long Biên khi ấy là một trong 4 cây cầu thép lớn nhất thế giới và là cây cầu đẹp, độc đáo nhất châu Á. Có một điều đặc biệt, thời ấy, người Pháp mới đang bắt đầu quá trình xây dựng Hà Nội theo kiểu quy hoạch đô thị châu Âu, nước ta còn rất lạc hậu, chưa có điện, chưa có công nghiệp, rất ít công trình kiến trúc được xây dựng theo phong cách kiến trúc cổ điển Pháp, như Nhà hát Lớn, Phủ Toàn quyền (nay là Phủ Chủ tịch), vậy mà kiến trúc - cầu Long Biên lại rất hiện đại không hề ảnh hưởng một chi tiết nào của phong cách kiến trúc cổ điển ấy. Trải qua hơn thế kỷ, mặc dù bị chiến tranh tàn phá, mang đầy thương tích, nhưng ngày nay cầu Long Biên vẫn sừng sững đứng đó, soi mình xuống dòng sông Hồng đỏ nặng phù sa, không hề "cổ", không hề "cũ", vẫn mang tính thời đại với biểu tượng Rồng bay bắt tử của Thăng Long - Hà Nội. Sự xuất hiện cầu Long Biên vào cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20, đã mở ra một thời kỳ mới của quá trình đô thị hóa Hà Nội lần thứ nhất, cũng như giao thương với các tỉnh phía Bắc và Đông Bắc của đất nước.

83 năm sau, Hà Nội có thêm hai cây cầu, đó là cầu Thăng Long và cầu Chương Dương. Cầu Thăng Long được thiết kế và xây dựng bởi sự giúp đỡ, viện trợ của Liên Xô. Cầu dài 3.250 m, gồm 2 tầng, rộng 21 m, mặt cầu bằng bê tông, có 25 nhịp cầu chính và 46 nhịp cầu đường dẫn. Tầng 1 dành cho phương tiện thô sơ và đường sắt. Tầng 2 dành cho xe cơ giới, có hai làn đường dành cho người đi bộ. Cầu Thăng Long khởi công xây dựng vào năm 1974, khánh thành vào ngày 09/5/1985 (kéo dài đúng 11 năm?!) nối sân bay Nội Bài với Thủ đô Hà Nội trên đại lộ Nam Thăng Long. Cầu Thăng Long hiện là cây cầu lớn nhất Thủ đô, từng được mệnh danh là cây cầu thế kỷ, và là biểu tượng một thời của tình hữu nghị Xô - Việt. Cầu Thăng Long khánh thành hơn một tháng, thì ngày 30/6/1985, cầu Chương Dương cũng được thông tuyến và đưa vào sử dụng với kỳ tích chỉ sau 21 tháng thi công. Đây là cây cầu thép - bê tông đầu tiên hoàn toàn do kỹ sư và công nhân Việt Nam tự thiết kế và xây

dựng, gắn liền với tên tuổi kỹ sư Bùi Danh Lưu nổi tiếng, người sau này trở thành Bộ trưởng Bộ GTVT. Cầu dài 1.230 m, gồm 21 nhịp (11 nhịp thép và 10 nhịp bê tông) với 2 làn xe ô tô và 2 làn cho xe máy. Cầu Chương Dương cách vị trí cầu Long Biên về phía Đông hơn 1 km, bắc qua sông Hồng, nối với Gia Lâm (nay là quận Long Biên) và QL1A, QL5.

Bước vào thời kỳ đổi mới, mở cửa và hội nhập quốc tế, cùng với quá trình đô thị hóa mạnh mẽ và sau khi mở rộng địa giới hành chính, diện mạo kiến trúc đô thị Hà Nội đổi thay nhanh chóng theo hướng văn minh - hiện đại. Hà Nội có thêm cầu Vĩnh Tuy (giai đoạn I), Thanh Trì, Vĩnh Thịnh, Văn Lang và đặc biệt là cầu Nhật Tân, một cây cầu dây văng hiện đại nối cửa ngõ quốc tế sân bay Nội Bài với trung tâm Thành phố, biểu tượng của tình hữu nghị Việt Nam - Nhật Bản. Theo quy hoạch chiến lược phát triển hệ thống giao thông vận tải đến năm 2030 tầm nhìn 2050, ngoài 8 cây cầu đã xây dựng kể trên, Hà Nội sẽ xây dựng thêm 10 cây cầu nữa trong đó có cầu Trần Hưng Đạo đang được chủ đầu tư lập dự án, có hình thức kiến trúc cầu theo phong cách gọi là "xứ Đông Dương" (?) cách đây hơn thế kỷ nhưng lại được Hội đồng tuyển chọn, đã gây xôn xao dư luận và giới kiến trúc sư bởi những ý kiến phản ứng trái chiều.

2. Hà Nội là thành phố của cây xanh, mặt nước. Trải qua hơn ngàn năm hình thành và phát triển, thành phố này luôn gắn liền với sông Hồng. Hầu hết các con sông cổ và hồ đầm của Hà Nội còn sót lại đến hôm nay, như Hồ Gươm, Hồ Tây, sông Tô Lịch, Kim Ngưu... đều do sự biến đổi của sông Hồng tạo nên. Sông Hồng khởi nguồn từ phương Bắc xa xôi, ngàn vạn năm cần mẫn chở nặng phù sa bồi đắp cho vùng đồng bằng châu thổ Bắc bộ và uốn lượn như dải lụa hồng bao bọc thành phố, tạo nên một đặc trưng cho cảnh quan đô thị Hà Nội. Nếu như ở thế kỷ trước, Hà Nội là thành phố ven sông, nhưng với quy hoạch chung Thủ đô đến năm 2030 tầm nhìn 2050, thì sông Hồng đã nằm trong lòng thành phố. Vì thế, việc



Cầu Chương Dương.



Cầu Vĩnh Tuy.

xây dựng thêm 10 cây cầu hay hơn nữa nối hai bờ sông Hồng trong tương lai gần, là rất cần thiết, không chỉ đáp ứng nhu cầu giao thông cho phát triển kinh tế Thủ đô theo hướng bền vững, mà còn tạo điều kiện thuận lợi để hình thành diện mạo kiến trúc đô thị hai bờ của thành phố sông Hồng trên một đoạn dài 40 km chảy qua Hà Nội. Và đó cũng là động lực thu hút các nhà đầu tư bất động sản và thúc đẩy hình thành các dự án khu đô thị mới khu vực phía Đông và phía Bắc sông Hồng, làm cho diện mạo kiến trúc đô thị Thủ đô thêm khang trang hiện đại và giàu bản sắc trong thời kỳ phát triển mới một cách bền vững.

Bây giờ, bên kia cầu Long Biên, Vĩnh Tuy, Chương Dương, Nhật Tân không còn là những cánh đồng trồng ngô, trồng lúa hay làng xóm nghèo, mà thay vào đó là các dãy phố, khu đô thị mới của quận Long Biên sầm uất với hàng trăm tòa chung cư cao tầng, biệt thự kiến trúc hiện đại, tiện nghi dành cho người giàu cũng như người thu nhập thấp, như Vincom Village, Việt Hưng, Sài Đồng, Ecopark... các trung tâm thương mại, khách sạn, công sở, công trình thể thao - văn hóa... rồi các làng nghề truyền thống như làng gốm Bát Tràng... Ngày ngày hàng ngàn vạn người và phương tiện qua lại trên những cây cầu để vào ra thành phố. Những cây cầu không chỉ làm cho giao thông giữa hai bờ sông Hồng thuận tiện, mà nó còn làm cho giá đất và bất động sản ở Long Biên tăng chóng mặt. Và cũng nhờ thế mà cái nhìn khinh khỉnh cách biệt vốn có giữa người nội đô với kẻ ngoại thành bao đời nay giờ cũng nhẹ nhàng đi!

3 . Trong tương lai không xa, Hà Nội sẽ có nhiều cây cầu lớn được xây dựng, đó là hình ảnh lãng mạn của một Thủ đô hiện đại, văn hiến, văn minh trong thế kỷ 21. Mỗi cây cầu không chỉ có chức năng giao thông, mà còn là cổng chào trên sông, là tác phẩm kiến trúc cầu mang tính văn hóa, tính biểu tượng, phản ánh sự phát triển của một Thành phố được mệnh danh là thành phố vì Hòa bình, thành phố Sáng tạo. Vì thế, việc thiết kế



Cầu Đông Trù.

kiến trúc cầu không chỉ là công việc của các công trình sư cầu đường, mà rất cần có sự tham gia sáng tạo của kiến trúc sư và sự góp ý của cộng đồng xã hội. Để khi xây dựng lên, mỗi cây cầu sẽ là một bông hoa đẹp tô điểm cho cảnh quan kiến trúc đô thị hai bờ sông Hồng. Hình ảnh những cây cầu lớn được xây dựng bằng công nghệ mới, hiện đại, có vẻ đẹp độc đáo, mang đậm nét văn hóa soi bóng xuống dòng sông Hồng đỏ đậm phù sa, sẽ tạo ấn tượng lãng mạn biết bao cho du khách. Và khi ấy, Hà Nội sẽ đẹp dần lên bởi những cây cầu!

Nếu được như thế, thì một ngày nào đó, và ở nơi nào đó trên trái đất này, mỗi khi nhắc đến Hà Nội, người ta cũng sẽ nhớ đến cầu Long Biên hay cây cầu nào đó bắc qua sông Hồng của Hà Nội, như đã từng nhắc đến cầu Great Belt (Đan Mạch), cầu tháp qua sông Thames (của London - Anh), cầu cảng Sydney (Úc), cầu Millau (Pháp), hay cầu Cổng Vàng nối liền giữa San Fransico và California của nước Mỹ...

Và khi ấy, không biết lũ trẻ thế hệ Y... của Thành phố ngàn năm tuổi này có còn ngêu ngao hát "Hà Nội có những cây cầu..." như chúng tôi ngày trước? ❖

Xu thế tất yếu của nhà cung cấp vật liệu xi măng cho công trình giao thông

> THANH PHONG

Phát triển các dòng vật liệu xi măng cho những công trình cầu giao thông đường bộ hiện đại, phức tạp, có đặc thù riêng luôn là bài toán khó đặt ra đối với mỗi nhà sản xuất. Thực tiễn hoạt động tại công trình cầu Phú Mỹ và Cao Lãnh cho thấy Công ty Xi măng INSEE Việt Nam có thể giải quyết những vấn đề khó đặt ra trong công tác thi công và yêu cầu phức tạp của công trình.

GIẢI QUYẾT NHỮNG VẤN ĐỀ KHÓ KHĂN CỦA TỪNG DỰ ÁN

Cầu Phú Mỹ (khởi công 9/9/2005, hoàn thành 2/9/2009) là cây cầu dây văng dài nhất TP HCM và cũng là một trong những cây cầu dây văng hiện đại nhất thế giới, do Công ty BBBH Consortium - một liên danh giữa Bilfinger Berger của Đức và Bauderstone Hornibrook của Australia là tổng thầu thiết kế và thi công. Yêu cầu vật liệu xi măng cho dự án này chuyên biệt, đạt chất lượng tốt nhất cho từng hạng mục cụ thể như: bê tông cho sàn, trụ cầu, phải đạt cường độ cao sớm, sau 22 giờ, để xoay vòng ván khuôn nhanh, tăng tiến độ dự án với chu kỳ 5 ngày hoàn thành một module sàn; bê tông phải phòng ngừa nguy cơ phá hủy kết cấu do phản ứng kiềm - cốt liệu; bê tông cọc nhồi duy trì tính công tác tốt sau 3 giờ.

Đặc biệt, dự án yêu cầu bê tông ít tỏa nhiệt nhằm giảm thiểu nguy cơ nứt do nhiệt cho phần đài cọc. Đài cọc với kích thước 60x19x4m là bê tông khối lớn có tổng khối lượng 3.200 m³, chia làm 4 giai đoạn đổ bê tông, tối đa mỗi khối đổ 1.100 m³.

Hay tại dự án cầu Cao Lãnh (19/10/2013 – 27/5/2018), là dự án cầu dây văng kết nối khu vực trung tâm đồng bằng sông Mê Kông bắc qua sông Tiền, địa phận tỉnh Đồng Tháp, do liên danh Nhà thầu China Road & Bridge Corporation và Vinaconex E&C thi công dưới sự giám sát và tư vấn của Liên danh tư vấn Wilbur Smith Associated (Mỹ) - WSP Finland (Phần Lan) - Yooshin Engineering Corporation Joint Venture (Hàn Quốc) cùng vai trò quản lý dự án của Ban Quản lý dự án Mỹ Thuận.

Dự án yêu cầu vật liệu xi măng đạt chất lượng tốt, ổn định, đạt các tiêu chuẩn quốc tế như ASTM và cấp phối bê tông theo tiêu chuẩn ACI. Yêu cầu bê tông cho dự án như: cọc nhồi đường kính lớn D1500 cho móng cầu dẫn và D2500 cho móng cầu chính, cường độ C30-C35 MPa, độ sụt 20+/-2 cm. Mỗi cọc nhồi có khối lượng bê tông lớn đến 700-800m³,

móng trụ cầu C40 Mpa, trụ cầu, dầm cầu chính: C50 Mpa.

Do dự án không đủ nguồn cát tự nhiên có module FM>2.3, phải dùng thêm nguồn cát nghiền (crushed sand) để đảm bảo độ lớn của cát theo đúng tiêu chuẩn. Do đó, tính linh động của bê tông khi dùng cát nghiền cần phải được đảm bảo để phục vụ an toàn cho công tác thi công.

Ngoài ra, điều kiện thi công bắc qua sông lớn, mùa mưa kéo dài nên phải triển khai tiến độ gấp rút vào mùa khô, mỗi khối đổ bê tông có khối lượng lớn, đảm bảo cung cấp bê tông liên tục khi thi công... Trong điều kiện đặc biệt khó khăn này, dự án phải huy động 2 trạm bê tông nổi trên sà lan (90m³/hx2).

ĐÁP ỨNG YÊU CẦU ĐẶC THÙ

Để đáp ứng yêu cầu đặc thù của từng dự án, sự khắt khe của các nhà thầu chuyên nghiệp nước ngoài và trong nước, tại dự án cầu Phú Mỹ, đối với bê tông cho cọc nhồi, sàn, trụ cầu, Xi măng INSEE Việt Nam đã cung cấp sản phẩm xi măng INSEE Easy Flow (IEF), tuân theo Tiêu chuẩn ASTM C1157 loại GU (general use) và TCVN 6260:2009, có đặc tính về độ linh động, tính công tác tốt, cường độ sớm cao, đã được dùng cho hạng mục sàn trụ cầu; giúp cho nhà thầu đảm bảo tiến độ thi công, đáp ứng chu kỳ xoay vòng ván khuôn 5 ngày một module cho các nhịp sàn và di chuyển ván khuôn đến các vị trí tiếp theo.

Ngoài ra, nguy cơ xảy ra phản ứng kiềm - cốt liệu là một trong những nguyên nhân gây ra hư hỏng cấu kiện bê tông theo thời gian, việc sử dụng xi măng IEF có hàm lượng kiềm tương đương rất thấp, giúp góp phần hạn chế phản ứng này và phù hợp với nhiều loại cốt liệu (cát, đá) cho bê tông.

Đối với các đài cọc lớn, kết nối các trụ và hệ thống cọc nhồi bên dưới, Xi măng INSEE Việt Nam đã cung cấp giải pháp xi măng INSEE Mass Pour (IMP), tuân theo Tiêu chuẩn ASTM C1157 loại LH, có đặc tính đặc biệt là nhiệt thủy hóa rất thấp, góp phần làm giảm nhiệt lượng gia tăng trong các khối



Cầu Phú Mỹ.

bê tông lớn của đài cọc, giúp hạn chế rủi ro gây ra ứng suất nhiệt và kiểm soát nhiệt độ bê tông tối đa (T max) là các yếu tố gây ra nứt cho bê tông khối lớn, là nguyên nhân đe dọa kết cấu vững chắc của cầu.

Còn đối với dự án cầu Cao Lãnh, Xi măng INSEE Việt Nam đã cung cấp sản phẩm INSEE Easy Flow (IEF) tuân theo tiêu chuẩn ASTM C1157 loại GU cho những hạng mục của dự án yêu cầu tính công tác tốt, tương thích tốt với cát nghiền, cường độ sớm cao, hạn chế tách nước và hạn chế nguy cơ phản ứng kiềm - cốt liệu để phòng tránh nứt dẫn đến các phá hủy gây hại độ bền bê tông cầu.

Tại dự án cầu Cao Lãnh, Xi măng INSEE Việt Nam còn bổ sung nhiều giải pháp hậu cần ưu việt khi linh động cung cấp xi măng qua hệ thống sà lan bốn trên sông với khối lượng lưu trữ lớn, như là một silo dự phòng cho các khối đổ bê tông lớn và liên tục cho các cọc nhỏ. Vào những lúc cao điểm, Xi măng INSEE Việt Nam đã cung cấp tới 6.000 tấn xi măng mỗi tháng cho công trình này bằng sà lan bốn.

XU HƯỚNG TẤT YẾU VỀ CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG THÂN THIỆN MÔI TRƯỜNG

Việc phát triển các loại vật liệu xi măng cũng đồng thời phải đáp ứng được xu hướng công nghệ xây dựng hiện đại, đáp ứng tốt những đặc thù của các dự án cầu đường khi đi qua khu vực đất yếu, dễ lún sụt gây hư hỏng kết cấu mặt đường và đầu cầu.

Với sự gia tăng của xu hướng dùng cọc xi măng đất cho các công trình giao thông nhờ vào tiến độ thi công nhanh, đảm bảo chất lượng và chi phí phù hợp, cọc xi măng đất trở thành một giải pháp phổ biến cho gia cố nền đất yếu trong ngành giao và các công trình xây dựng khác.

Nắm bắt xu hướng này, Xi măng INSEE Việt Nam đã cho ra đời sản phẩm xi măng Xi lò cao INSEE Stable Soil (ISS) theo tiêu



Cầu Cao Lãnh.

chuẩn TCVN 4316:2013 vào năm 2010, đáp ứng xu hướng dùng cọc xi măng đất cho các công trình giao thông. ISS là sản phẩm hoàn toàn khác biệt với các sản phẩm xi măng truyền thống, có đặc tính tương thích tốt với đất sét, bùn để tăng cường độ cọc đất xi măng; tương thích nhiều loại đất, khả năng cung ứng lớn. Sản phẩm đã ứng dụng thành công trong nhiều dự án trọng điểm.

ISS là sản phẩm thân thiện môi trường vì được sản xuất từ việc tận dụng nguồn vật liệu tái chế xỉ lò cao của ngành công nghiệp thép. ISS đạt chứng nhận cao nhất của Hiệp hội Công trình xanh Singapore Green Mark, đăng kí thành công chứng nhận EPD quốc tế (Environmental Product Declaration), góp phần giảm phát thải CO₂.

Đa dạng hóa kinh doanh, không ngừng cải thiện và đổi mới hoạt động, luôn tiếp cận công nghệ sản xuất mới, hiện đại để cho ra đời những sản phẩm mới đáp ứng đầy đủ nhu cầu công nghệ xây dựng của các công trình hiện đại là xu hướng phát triển bền vững tất yếu của những nhà sản xuất vật liệu xi măng hàng đầu Việt Nam và trên thế giới. Cách hoạt động này đã giúp Xi măng INSEE Việt Nam luôn đồng hành với những công nghệ xây dựng mới, hiện đại, thân thiện với môi trường.❖

Kỳ vọng giá trị kiến trúc cầu Cửa Lục 1, Cửa Lục 3

> TRẦN LƯƠNG

Giá trị kiến trúc cầu Cửa Lục 1 và cầu Cửa Lục 3 sau khi được hoàn thiện, được kỳ vọng không chỉ kết nối giao thông giữa TP Hạ Long với huyện Hoàn Bồ (tỉnh Quảng Ninh) mà còn có giá trị là điểm du lịch, ngắm cảnh và bảo tồn hệ sinh thái biển.

Để đồng bộ hạ tầng giao thông kết nối, tạo điểm nhấn kiến trúc cảnh quan khu vực vịnh Cửa Lục, tỉnh Quảng Ninh quyết định đầu tư cầu Cửa Lục 1 và cầu Cửa Lục 3 nối TP Hạ Long với huyện Hoàn Bồ.

Cuối năm 2019, thông qua một cuộc thi tuyển phương án thiết kế kiến trúc cho công trình cầu Cửa Lục 1, Cửa Lục 3, phương án “Cánh chim biển” được lựa chọn là thiết kế kiến trúc của cầu Cửa Lục 1, phương án “Mặt trời trên vịnh Hạ Long” được lựa chọn là thiết kế kiến trúc của cầu Cửa Lục 3.

Theo một thành viên trong Hội đồng chấm giải cuộc thi tuyển, giải pháp kiến trúc của cả 2 phương án được lựa chọn đều được đặt ra là phải đáp ứng đầy đủ các tiêu chí về kỹ thuật - mỹ thuật - cảnh quan - kinh tế.

Cầu Cửa Lục 1 và đường dẫn có tổng chiều dài toàn tuyến 4.265m, điểm đầu giao với tuyến đường nối Khu công nghiệp Cái Lân – Việt Hưng đến đường cao tốc Hạ Long – Vân Đồn tại phường Giếng Đáy; điểm cuối đầu nối với QL279 tại Km24+750, xã Lê Lợi, TP Hạ Long.

Cầu Cửa Lục 1 khởi công ngày 28/4/2020, được bố trí tổng cộng 05 vòm thép liên tục, trong đó: mỗi bên 02 vòm thép được đặt đối xứng với vòm chính. Điều này tránh sự đơn điệu cho kết cấu vòm chính và tạo ra các điểm nhấn về du lịch và cảnh quan;

Bố trí bổ sung các sảnh ngắm cảnh dành cho bộ hành và

hệ thống cây xanh; Bố trí hệ thống dây văng căng ngang phía trên vòm của nhịp chính và 02 nhịp biên để tăng không gian khi dòng phương tiện di chuyển trên cầu. Đồng thời vào ban đêm hệ thống dây căng ngang với sự kết hợp của hệ thống đèn trang trí, để tạo nên điểm nhấn du lịch như một “bầu trời đầy sao”;

Điều chỉnh chiều cao của vòm thép tại nhịp chính và các nhịp biên, để tạo ra sự hài hòa uốn lượn và tính liên tục, mềm mại của kết cấu; Khoảng thông thuyền phía dưới cầu, bố trí đảm bảo chiều cao tĩnh không đứng và tĩnh không ngang theo quy định sông cấp III. Trong đó chiều cao tĩnh không được tính từ mực nước H5% có xét đến chiều cao sóng, chiều cao nước biển dâng do biến đổi khí hậu. Do đó giá trị mực nước áp dụng đối với cầu Bãi Cháy trước kia (H5% = 1,94m);

Đề xuất các điểm nhấn đặc biệt về kiến trúc và cảnh quan tại khu vực hai đầu cầu, để du khách viếng thăm vịnh Cửa Lục và thành phố Hạ Long, đồng thời thu hút các nhà đầu tư tiềm năng phát triển khu vực.

Cầu Cửa Lục 3 khởi công tháng 10/2020, có tổng chiều dài 2.847m, gồm đường dẫn và cầu, điểm đầu đầu nối tuyến đường trục chính Khu đô thị FLC tại phường Hà Khánh; điểm cuối giao với Quốc lộ 279, thuộc địa phận xã Thống Nhất, TP Hạ Long.

Cầu Cửa Lục 3 được bố trí thêm 02 vòm thép cùng dây văng tại vị trí sảnh ngắm cảnh và nằm “nghiêng cách điệu” bố trí so le hai bên của nhịp dẫn. Điều này tránh sự đơn điệu



Phối cảnh cầu Cửa Lục 1.

cho kết cấu vòm chính và tạo ra các điểm nhấn về du lịch và cảnh quan; Điều chỉnh chiều cao của vòm thép tại nhịp chính (chiều cao 40m – tính từ mặt cầu đến đỉnh của vòm thép) để tạo nên điểm nhấn với hình tượng mặt trời trên vịnh Cửa Lục.

Khoảng thông thuyền phía dưới cầu, bố trí đảm bảo chiều cao tính không đứng và tính không ngang theo quy định sông cấp III. Trong đó chiều cao tính không được tính từ mực nước H5% có xét đến chiều cao sóng, chiều cao nước biển dâng do biến đổi khí hậu. Do đó, giá trị mực nước H5% của cầu Cửa Lục 3 là 2,82m sẽ cao hơn giá trị mực nước áp dụng đối với cầu Bãi Cháy trước kia (H5% = 1,94m).

Đến thời điểm ngày 8/10/2021, cầu Cửa Lục 1 có tiến độ thi công đạt 79%, dự kiến hoàn thành kết cấu chính toàn cầu ngày 25/10/2021; hoàn thành thảm bê tông nhựa ngày 4/12/2021; hoàn thành hệ thống chiếu sáng, mỹ thuật ngày 10/12/2021 và hoàn thiện cầu bàn giao sử dụng ngày 14/12/2021, được đánh giá là đảm bảo hoàn thành theo tiến độ đã cam kết với chủ đầu tư cũng như chiến dịch 100 ngày đêm hoàn thành dự án của tỉnh Quảng Ninh.

Cầu Cửa Lục 3, tiến độ thi công đạt 26,3%, trong đó tiến độ thi công phần cấu chính, cầu dẫn phía Hạ Long đang đảm bảo yêu cầu của chủ đầu tư, dự kiến tháng 3/2022 sẽ hợp long cấu chính.

Theo Ban Quản lý dự án ĐTXD các công trình dân dụng và công nghiệp tỉnh Quảng Ninh, chủ đầu tư đã tổ chức họp,



Phối cảnh cầu Cửa Lục 3.



Tiến độ thi công cầu Cửa Lục 1 ngày 6/10/2021.

yêu cầu nhà thầu xây dựng tiến độ cụ thể, chi tiết cho từng hạng mục; trong đó bao gồm việc lập biểu đồ tiến độ thực tế tại công trường, bổ sung nhân lực, thiết bị, duy trì chế độ báo cáo theo ngày, bám sát vào kế hoạch tổng thể... Chủ đầu tư cũng tích cực tập trung tháo gỡ, giải quyết những khó khăn, tồn tại đối với từng hạng mục đảm bảo hoàn thành các mốc thời gian đã hoạch định.❖

Giải pháp kỹ thuật sửa chữa mặt cầu Thăng Long

> TS TRẦN BÁ VIỆT*, KS LƯƠNG TIẾN HÙNG**

Cầu Thăng Long là cây cầu huyết mạch nối Bắc - Nam Hà Nội qua sông Hồng được khánh thành năm 1985 do Liên Xô viện trợ không hoàn lại. Sau thời gian dài sử dụng, cầu được sửa chữa lớn vào năm 2009, tuy nhiên ngay sau đó mặt cầu lại bị nứt, bong trọt và liên tục phải sửa chữa. Lần sửa chữa năm 2020 với lớp phủ mặt cầu bằng bê tông siêu tính năng UHPC đã đáp ứng tất cả các yêu cầu thiết kế kỹ thuật.

KẾT CẤU MẶT CẦU THĂNG LONG

Cầu Thăng Long có phần cầu chính là hệ giàn dầm thép gồm 2 tầng cách nhau 14 m, phía dưới là 2 làn đường sắt cùng 2 làn xe máy, xe thô sơ chạy 2 bên, phía trên là 4 làn xe ô tô và 2 làn đi bộ. Hệ giàn dầm thép cầu gồm 5 liên, mỗi liên dài 336 m gồm có 3 nhịp, mỗi nhịp dài 112 m, tổng chiều dài 5 liên là 1.680 m. Giữa các liên là khe co giãn có tác dụng để các liên dầm thép có thể biến dạng do nhiệt độ môi trường thay đổi và do tải trọng. Vì thế hệ giàn cầu có dao động lớn theo cả 3 phương. Cầu Thăng Long được khánh thành vào năm 1985, đã qua 36 năm khai thác sử dụng và cho tới nay là cầu có tải trọng lớn nhất ở Việt Nam. Mặt cầu Thăng Long là mặt cầu thép dày 14 mm với dầm trục giao hờ, nhịp 3,3 m theo hướng dọc cầu. Vào năm 1979 - 1985 cầu được thiết kế với xe 35 tấn tương ứng tải trọng trục 10 tấn với lưu lượng xe 10.000 xe/ngđ. Đến năm 2009 lưu lượng xe cao điểm là 47.000 xe/ngđ, có xe vượt tải lên tới 70 ÷ 90 tấn, tương ứng tải trọng trục lên đến 15 ÷ 20 tấn. Vì thế với lưu lượng xe vượt 4 ÷ 5 lần dẫn đến mặt cầu chịu biên độ dao động rất lớn. Khe co giãn của cầu cần phải biến dạng 450 mm, tuy nhiên sau nhiều năm sử dụng, vật liệu xây dựng bị rơi trên mặt cầu tràn vào lấp đầy các khe, làm cho chúng mất khả năng biến dạng và dẫn tới các băng cao su bị đứt làm rơi vật liệu và chảy nước xuống tầng dưới. Để khắc phục tạm thời, người ta đã đặt tấm tôn lên trên mặt khe co giãn, tuy nhiên chức năng làm việc của nó đã không còn đảm bảo.

(*) Phó chủ tịch kiêm Tổng thư ký Hội Bê tông Việt Nam

(**) Công ty CP Sáng tạo và chuyển giao công nghệ Việt Nam

KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM VÀ KIỂM ĐỊNH MẶT CẦU VÀ NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG

Đầu năm 2020, công tác kiểm định đánh giá chất lượng hệ giàn dầm thép và bản mặt cầu được giao cho Trung tâm Khoa học công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT Hà Nội) thực hiện để làm cơ sở cho phê duyệt dự án. Các kết quả kiểm định cho thấy:

- Hệ giàn dầm thép cầu Thăng Long đảm bảo chịu lực, biến dạng và dao động.

- Mặt cầu tầng trên với lớp SMA trên bản mặt cầu thép trục hướng có hiện trạng sau: lớp SMA bị bong rộp, trôi dạt, chiều dày chỗ lớn nhất của lớp SMA có chỗ lên tới 140 mm. Tổng diện tích SMA bị gãy, bong rộp trôi dạt lên tới trên 8.000 m²/2.

- Mặt cầu thép chiều dày 14 mm và sườn hờ cao 180 mm đã làm việc tới giới hạn, bắt đầu bị võng không hồi phục, mặt cầu bị đọng nước cho nhiều nhất 25 mm. Bản mặt thép và dầm trục giao không quan sát thấy vết nứt do môi.

- Các kết quả gia tải mặt cầu cho thấy ứng suất lớn nhất tại đỉnh các dầm ngang - theo phương dọc cầu và đỉnh của thanh mã thượng - theo phương ngang mặt cầu.

Như vậy, do bản mặt thép với dầm trục giao hờ đã làm việc nhiều năm, xuất hiện biến dạng lớn, dao động lớn, góc uốn của bản mặt lớn và đổi chiều liên tục dẫn tới khả năng bám dính của lớp SMA với mặt thép không đảm bảo, làm lớp SMA bị gãy, nứt. Nước sẽ thấm xuống gây bong rộp lan rộng, khi đó với xe tải trọng lớn sẽ làm trôi trượt, đùn lớp SMA sang hai bên vệt bánh xe. Hiện tượng này sẽ lan rộng nhanh chóng làm hư hỏng mặt cầu.



Khe co của lớp UHPC liên hợp.



Bắn bi thép tuần hoàn tạo độ nhám 300µm mặt lớp UHPC liên hợp.



Quét keo Epoxy nhiệt dẻo để tăng cường bám dính cho lớp Polymer Asphalts.



Thi công lớp phủ Polymer Asphalts nhựa nóng.

Trên thế giới, dạng cầu bản mặt thép dầm trục hướng cũng đã được xây dựng nhiều và trong giai đoạn đầu, các dầm trục hướng đều là dầm hở. Tuy nhiên, sau đó các kỹ sư đã nhận thấy hệ sườn hở có độ cứng không cao và về sau chuyển sang thiết kế bản mặt thép hệ dầm trục giao kín (dầm hộp) làm cho độ cứng bản mặt cầu thép cao hơn.

Cục Quản lý đường cao tốc Liên bang Hoa Kỳ - FHWA thuộc Bộ GTVT Hoa Kỳ đã xuất bản các tài liệu: FHWA IF 12-027-2012 Manual for design, construction and maintenance of Orthotropic Steel Deck Bridges (Chỉ dẫn thiết kế, xây dựng và bảo trì bản mặt cầu thép dầm trục hướng - OSDs) vào năm 2012; FHWA HRT 17-097 Ultra-High Performance Concrete for Bridge Deck Overlays (lớp phủ mặt cầu bằng bê tông siêu tính năng - UHPC); FHWA HIF 19-053 The Use of Thin Asphalt Overlays for Pavement Preservation (Sử dụng lớp Asphalts mỏng cho bảo tồn mặt đường) vào năm 2019.

Trung Quốc đã ban hành DB43/T1173-2016: Quy phạm thiết kế thi công lớp mặt cầu liên hợp nhẹ (bê tông dẻo dai siêu cao) cho bản mặt cầu thép trục hướng và GDJTG/T A01-2015: Chỉ dẫn thiết kế thi công mặt cầu nhẹ UHPC. Gần đây là tiêu chuẩn quốc gia T/CHTS 10036-2021: Chỉ dẫn lớp bê tông siêu dẻo dai (STC) kết cấu liên hợp bản mặt thép.

Các tiêu chuẩn và chỉ dẫn cho thấy việc sửa chữa mặt cầu thép hay xây mới với giải pháp cơ bản hiện nay là thiết kế chế tạo lớp bê tông siêu tính năng - UHPC có tính dẻo dai cao, mỏng và nhẹ. Vì vậy, UHPC sẽ làm việc liên hợp với bản mặt thép hệ dầm trục hướng nhằm tăng độ cứng mặt cầu, giảm biến dạng, giảm độ võng, giảm góc uốn và giảm dao động dẫn tới làm giảm ứng suất kéo mặt trên của bản thép. Đồng

thời, nó cũng là một lớp trung gian tăng bám dính cho lớp phủ mỏng như là SMA hay Polymer Asphalts.

Các giải pháp này cho tới gần đây là giải pháp duy nhất đúng cho sửa chữa bản mặt cầu thép hệ dầm trục hướng vì không làm gia tăng tĩnh tải trên mặt cầu với các công nghệ, tính chất của UHPC đã được hiểu rõ và quản lý chất lượng trong thi công, đồng thời giá thành ngày càng cạnh tranh.

Tài liệu FHWA HRT 17-097 đã nhận xét rằng lớp phủ bê tông siêu tính năng - UHPC là một vật liệu phủ có thể cung cấp cả về việc tăng cường cấu trúc lẫn khả năng bảo vệ khỏi sự xâm nhập của các chất gây ăn mòn bằng cách sử dụng lớp vật liệu dày từ 25 mm đến 51 mm. Điều này giảm thiểu khối lượng vật liệu cần thiết và có thể giảm thiểu tĩnh tải bổ sung lên kết cấu cầu so với một số giải pháp lớp phủ truyền thống.

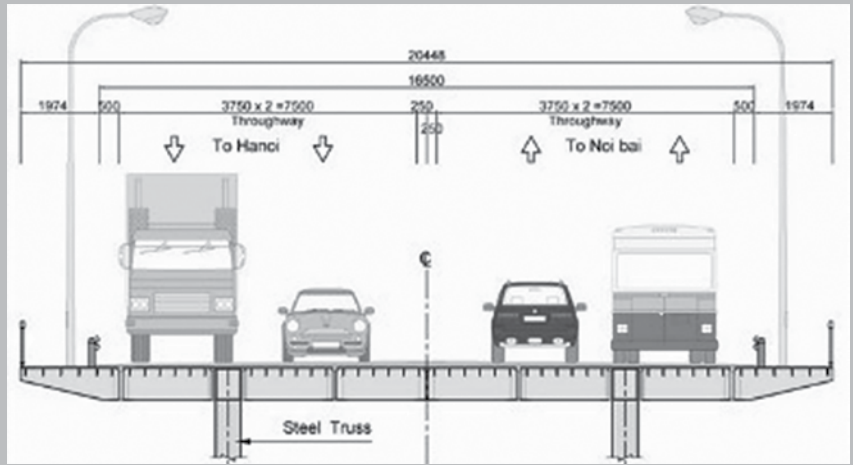
Kể từ năm 2005, đã có hơn 140 cây cầu đường cao tốc được xây dựng bằng UHPC ở Hoa Kỳ và Canada kết hợp. Trung Quốc đã sửa chữa 10 cầu và xây dựng mới trên 100 cầu. Những triển khai đó sử dụng UHPC trong nhiều ứng dụng xây dựng và phục hồi cầu, bao gồm: các phần tử cầu là kết cấu đúc sẵn được làm hoàn toàn bằng UHPC; trang bị và sửa chữa mặt cầu, dầm, kết cấu phụ; và kết nối đúc tại hiện trường giữa các phần tử cầu đúc sẵn.

PHƯƠNG ÁN LỰA CHỌN UHPC

UHPC có độ thấm thấu rất thấp và khả năng chống hư hại băng giá rất tốt. Do đó, khả năng xâm nhập của các chất ăn mòn và hư hỏng do đông lạnh - tan băng giảm đáng kể so với các vật liệu phủ thông thường, giúp tăng cường độ bền.

UHPC có khả năng chống mài mòn tốt, điều này có nghĩa

Mặt cắt mặt cầu tầng 2 cầu Thăng Long gồm 4 làn xe ô tô và 2 làn đi bộ hai bên, trong đó hai làn xe tải đi bên ngoài (phần bản consol)



là giảm nguy cơ hần lún. So với bê tông thông thường, hỗn hợp UHPC được thiết kế tốt sẽ có độ co ngót tương đối thấp, vì vậy giảm được nguy cơ nứt do co ngót. Giả sử, nếu UHPC bị nứt, bề rộng vết nứt thường nhỏ hơn đáng kể so với những vết nứt hình thành trong bê tông thông thường do đã được gia cố bằng các cốt sợi thép rất nhỏ phân tán trong UHPC.

Do UHPC có độ bền, độ chịu kéo, độ dẻo dai và độ cứng rất cao, vì vậy một lớp mỏng có thể đáp ứng cả cường độ lẫn độ cứng với tính tải trọng tăng thêm ít nhất.

QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU LÀM RÕ CÁC THÔNG SỐ THIẾT KẾ VÀ CÔNG NGHỆ THI CÔNG

Từ đầu năm 2019, Tổng cục Đường bộ Việt Nam đã giao Hội Bê tông Việt Nam chủ trì phối hợp cùng với Trung tâm Khoa học công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT Hà Nội) thực hiện, nghiên cứu lớp liên hợp UHPC với bản mặt cầu thép dầm hở trực hướng trên mô hình kích thước 3,3 m x 1,35 m (bản mặt thép dày 14 mm, sườn thép cao 180 mm, khoảng cách sườn 330 mm). Kết quả nghiên cứu thử nghiệm cho thấy lớp UHPC liên hợp với hệ đỉnh neo chống cắt ($d = 13 \text{ mm}$, $l = 50 \text{ mm}$) và lưới thép ($a 50 \times 50 \text{ mm}$, d_{10} cường độ 400 MPa) đã chịu tính tải và vượt tải trọng tập trung của bánh xe (tải HL93) gấp 3 ÷ 3,3 lần lớp liên kết, đỉnh neo chống cắt vẫn làm việc tốt. Khi tải vượt lên tới 3,3 lần thì sườn thép hở trực hướng bắt đầu tới ngưỡng chảy dẻo. Còn bản mặt liên hợp UHPC không bị nứt, bong, trượt, đỉnh neo không bị đứt.

Sau đó, mô hình được thử mỗi tại tải trọng thiết kế HL93 trong 1 triệu chu kỳ (thử tải liên tục trong 7 ngày đêm) cho kết quả: không ghi nhận chuyển vị giữa lớp UHPC và bản mặt thép, lớp UHPC không bị nứt, tách.

Kết quả đã được báo cáo Tổng cục Đường bộ Việt Nam và Thứ trưởng Bộ GTVT Lê Đình Thọ vào tháng 9/2019.

Đây là kết quả quan trọng, thuyết phục để Bộ GTVT và Tổng cục Đường bộ Việt Nam định hướng lựa chọn giải pháp UHPC liên hợp bản mặt thép. Sau đó Bộ GTVT và Tổng cục Đường bộ Việt Nam đã chỉ đạo thực hiện nghiên cứu tiếp tục trên mô hình lớn từ tháng 02/2020 đến tháng 6/2020.

Các kết quả nghiên cứu trên mô hình lớn so sánh về khả năng làm việc của bản mặt cầu thép hệ dầm trực giao khi

chưa có lớp phủ liên hợp UHPC và sau khi phủ lớp UHPC liên hợp dày 60 mm, đỉnh neo lưới ô vuông 150 x 150 mm, cùng cốt thép d_{12} , $a 50 \times 50 \text{ mm}$ cho thấy khả năng làm việc với tính tải của lớp liên hợp UHPC làm tăng độ cứng của bản mặt thép lên 2,6 lần. Thử mỗi với tải trọng tập trung qua 1 triệu chu kỳ, không quan sát thấy bất cứ thay đổi nào của lớp liên hợp UHPC cũng như bản mặt thép.

Như vậy cấu tạo và các thông số thiết kế của lớp liên hợp đã được xác định sau khi có kết quả kiểm định cũng như thử mô hình lớn.

Để tạo êm thuận cho mặt cầu, bảo vệ lớp UHPC nhóm dự án đã nghiên cứu các loại lớp phủ như: SMA, Polymer Asphalts so với bê tông nhựa thông thường và các lớp keo bám dính như: nhũ tương, gắn đá mặt, keo epoxy, keo epoxy nhiệt dẻo với bề mặt lớp UHPC không tạo nhám, có tạo nhám ở các mức độ khác nhau. Sau đó, mẫu thử mô phỏng vết bánh xe tại 25°C, 50°C, 60°C và bão hoà ẩm với 15.000 chu kỳ. Kết quả cho thấy mẫu với lớp phủ Polymer Asphalts dày 40 mm (đá $d = 12,5 \text{ mm}$) với keo Epoxy nhiệt dẻo tăng bám dính và tạo nhám bề mặt UHPC 300 μm cho kết quả tốt nhất về khả năng bám dính và chống trượt không chỉ ở nhiệt độ 25°C mà còn ở cả nhiệt độ 60°C và bão hoà ẩm.

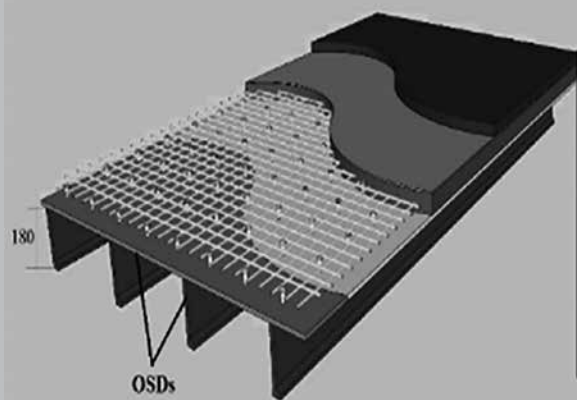
Như vậy cấu tạo các lớp phủ mặt cầu đã được xác định và các thông số thiết kế, kỹ thuật với cấu tạo các lớp mặt cầu, quy trình cơ bản đã được xác định.

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ

Đây là một bước dài tùy thuộc vào hệ thống máy, kết cấu giàn dầm thép, điều kiện thời tiết, điều kiện môi trường, điều kiện xe thi công chạy và điều kiện phải đảm bảo tàu hoả chạy ở tầng dưới, đồng thời tiến độ chỉ cho phép thi công trong 120 ngày.

Thứ nhất về công nghệ, phải đảm bảo độ dốc ngang mặt cầu là 2%. Để đáp ứng một loạt cấp phối với các chất ổn định khác nhau giúp hỗn hợp bê tông UHPC có tính chất lưu biến. Sau đó một loại chất ổn định không xung đột với phụ gia siêu dẻo đã được lựa chọn.

Để đảm bảo phân đoạn đổ dài hết 1 nhịp là 112 m, cần tính toán công suất máy trộn, thời gian thi công. Từ đó, đã thử nghiệm các cấp phối và xác định phụ gia điều chỉnh thời gian



- Polymer Asphalts: 40 mm
- Epoxy: 0,4 kg/m²
- UHPC overlay (120/7): 60 - 67 mm
- Zinc-rich paint for resistance to alkali: 0,1 mm
- Deck plate: 14 mm
- Stud: d=13 mm, L=50 mm and steel bars d=10 mm
- Note: Stud 150x150 mm; steel bars 50x50 mm

Cấu tạo lớp UHPC liên hợp OSDs và các lớp phủ khác áp dụng cho cầu Thăng Long

ninh kết của hỗn hợp UHPC và duy trì trong khoảng 8 ÷ 10 tiếng.

Đồng thời phải phân chia giai đoạn trộn khô UHPC (trộn trước tại nhà máy) và trộn ướt UHPC (tại hiện trường), điều đó cho phép ổn định chất lượng UHPC với mức cao và rút ngắn thời gian thi công tại hiện trường xuống dưới 10 tiếng cho mỗi phân đoạn, với khối lượng 90 m³ UHPC.

Để giảm co, hạn chế nứt bê tông và tăng nhanh tốc độ thi công, cấp phối tối ưu của UHPC đã được thiết kế, cùng với việc lựa chọn chế độ bảo dưỡng nhiệt ẩm lớp phủ UHPC liên hợp tại 80°C với thời gian 72 giờ sau khi được bảo dưỡng ẩm tự nhiên 24 giờ đầu tiên.

Các mô hình thử nghiệm thi công với độ dốc 2%, mô hình thử cán rải với chiều dày 60 mm, mô hình gắn rải đá, mô hình tạo nhám bằng phương pháp bắn bi thép tuần hoàn, thử kiểm tra rung chấn động khi tàu hoả chạy sẽ ảnh hưởng đến quá trình đóng rắn lớp UHPC liên hợp cũng đã được thử nghiệm ngay trên mặt cầu.

Ngày 23/9/2020 đã tiến hành thử liên động toàn bộ dây chuyền thiết bị trên một tấm mô hình bản mặt thép (có đinh neo, lưới cốt thép với chiều rộng 8,2 m và chiều dài 5,5 m) để đúc rút kinh nghiệm về công tác tổ chức thi công, nhân lực, tư vấn giám sát, kiểm định thử nghiệm.

Ngày 25/9/2020 đã thử nghiệm các phương pháp làm lạnh để hỗn hợp UHPC sau trộn đảm bảo được nhiệt độ không vượt quá 35°C. Các phương pháp đã áp dụng là làm lạnh cốt trộn bằng đá CO₂ kết hợp cùng làm lạnh nước trộn bằng hệ thống Chiller và đá cây công nghiệp. Mỗi đợt đổ sử dụng khoảng 12 tấn đá cây công nghiệp và khoảng 60 kg đá khô CO₂, tùy vào nhiệt độ môi trường khi thi công.

Ngày 27/9/2020 đã thực hiện thi công hoàn chỉnh phân đoạn đầu tiên với chiều dài 112 m trong 10 giờ, khối lượng là 60 m³ UHPC, cho kết quả mỹ mãn cả về chất lượng, hình thức và đáp ứng tiến độ thi công.

Sau đó cứ 3 ngày thực hiện một lần đổ, đến ngày 29/12/2020 đã hoàn thành toàn bộ 32 phân đoạn UHPC liên hợp với khối lượng 2.000 m³ UHPC tương ứng 28.000 m² mặt cầu, đáp ứng và vượt các yêu cầu kỹ thuật của dự án.

Giữa các đợt đổ UHPC liên kết là các khe co, với chiều dài tổng cộng là 1.850 m dài, đã được lắp đặt thi công với kết quả

đảm bảo chất lượng tuyệt đối.

Cùng với quá trình thi công UHPC lớp liên hợp, đã tiến hành thay 6 khe co giãn được nhập khẩu từ châu Âu và có khả năng cho phép biến dạng dài tới 900 mm, các khe này phải được liên kết, đồng bộ về cao trình, độ kín khí với lớp UHPC liên hợp.

Sau đó đã thi công cuốn chiếu, bắn bi tạo nhám mặt lớp UHPC bằng 4 máy bắn bi công nghệ Đức, tạo độ nhám 300 μm. Đã thi công thử nghiệm thảm Polymer Asphalts dày 40 mm (200 m x 8,2 m) và lớp keo Epoxy nhiệt dẻo 0,4 kg/m², để đánh giá cấp phối, công nghệ và tiến độ. Sau đó, đã kiểm tra độ rỗng, thử nghiệm nhỏ giạt và trượt của lớp Polymer Asphalts thi công trong thực tế. Các kết quả được dùng để điều chỉnh cấp phối và công nghệ thi công. Song song với đó, đơn vị thi công đã thử mô phỏng vết bánh xe với 20.000 chu kỳ tại 60°C và bảo hoà ẩm thực hiện trong LAS, cho kết quả tốt.

Trên cơ sở đó, khi thời tiết hanh khô, tiến hành lu quét keo Epoxy nhiệt dẻo hai thành phần, ngay sau đó thi công lớp Polymer Asphalts nhựa nóng, phải đảm bảo lu lèn xong từ khi nhiệt độ lu cán Polymer Asphalts từ 180°C và giảm xuống thấp nhất là 100°C. Khi nhiệt độ lớp Polymer hạ xuống dưới 100°C, lớp keo bám dính Epoxy dần cứng lại. Lớp keo này vừa bám dính chặt với mặt UHPC tạo nhám vừa liên kết chặt với đá có trong Polymer. Bên cạnh đó, nó còn cho phép Asphalts trong Polymer tan một phần vào Epoxy tạo ra liên kết hoá học. Như thế, lớp keo Epoxy nhiệt dẻo đã có vai trò quan trọng tạo ra sự làm việc đồng thời của lớp phủ Polymer với lớp UHPC liên hợp bản mặt cầu thép, ngay cả khi nhiệt độ trên 60°C và bão hoà ẩm.

Cùng với sửa chữa mặt cầu chính, hệ thống lề bộ hành, hệ thống thoát nước, hộ lan 2 bên cầu và tín hiệu sơn kẻ vạch cùng đỉnh phản quang cũng được sửa chữa, thay mới.

Ngày 07/01/2021, lúc 9h sáng Lễ thông xe mặt cầu Thăng Long đã được tiến hành để kết nối với hệ thống đường vành đai 3 trên cao đoạn Cầu Giấy - Thăng Long kết nối hoàn chỉnh. Đến nay đã qua 9 tháng khai thác sử dụng, trải qua nhiều điều kiện thời tiết thay đổi liên tục (nhiệt độ mặt cầu từ khoảng 12°C đến 65°C, độ ẩm từ 28% đến bão hoà), xe chạy đạt tốc 80 km/h, cho kết quả mặt cầu êm thuận, đáp ứng tất cả các yêu cầu thiết kế kỹ thuật. ❖



NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN VĨNH TÂN 4 & VĨNH TÂN 4 MỞ RỘNG:

Nhiều giải pháp tích cực để tiêu thụ tro, xỉ

> VĨNH TIẾN

Trung tâm điện lực (TTĐL) Vĩnh Tân là một trong những TTĐL lớn nhất cả nước với tổng công suất các nhà máy là 4.284 MW, chiếm 6,88% tổng công suất đặt toàn Hệ thống điện, trong đó Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) quản lý vận hành 02 nhà máy trong TTĐL là nhà máy nhiệt điện (NMNĐ) Vĩnh Tân 2 và Vĩnh Tân 4. Từ khi đưa vào vận hành, các nhà máy đã đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo cung cấp điện cho phát triển kinh tế - xã hội và phục vụ đời sống sinh hoạt của nhân dân trong địa phương và trên cả nước.

Đánh giá được tầm quan trọng của TTĐL Vĩnh Tân, EVN luôn chỉ đạo các đơn vị tập trung quản lý vận hành các NMNĐ của EVN tại TTĐL Vĩnh Tân an toàn, ổn định. Tuy nhiên trong thời gian qua, các NMNĐ của EVN gặp nhiều khó khăn trong việc tiêu thụ tro xỉ phát sinh trong quá trình vận hành các NMNĐ.

1. CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA TRO XỈ ĐỀU NẴM TRONG GIỚI HẠN CHO PHÉP

NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng sử dụng nhiên liệu chính là than Bitum và Sub-Bitum nhập khẩu từ Úc và Indonesia, có hàm lượng tro, xỉ thấp (chỉ chiếm khoảng $\leq 9,8\%$ lượng than tiêu thụ). Nhu cầu sử dụng than trong quá trình vận hành của nhà máy khoảng 5.048.083 tấn/năm.

Mẫu tro, xỉ phát sinh trong giai đoạn vận hành của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng đã được phân tích bởi các

đơn vị có đủ chức năng theo quy định như Công ty SGS Việt Nam, Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3, Trung tâm phân tích và đo đạc môi trường Phương Nam.

Để kiểm soát chất lượng tro, xỉ thì cần thiết phải đảm bảo được chất lượng than cấp đầu vào đáp ứng yêu cầu vận hành và ổn định. Theo đó, ngoài việc yêu cầu đơn vị cung cấp than phải đảm bảo chất lượng than theo đúng Hợp đồng, Nhà máy đã trang bị các thiết bị phân tích đối chứng để kiểm soát chặt chẽ các thông số nêu trên để đảm bảo chất lượng than nhập về phù hợp với thiết kế của nhà máy và đảm bảo chất lượng tro xỉ phát sinh.

Đồng thời, để tối ưu hóa vận hành và ổn định chất lượng tro, xỉ, nhà máy thường xuyên kiểm soát chặt chẽ chế độ vận hành các tổ máy, tối ưu hoá chế độ cháy của lò hơi theo đúng thiết kế và quy trình vận hành, nhằm đảm bảo chất lượng tro xỉ đáp ứng nhu cầu của thị trường.

Để kiểm soát chất lượng tro, xỉ được lưu trữ tại bãi, nhà máy đã lập các quy trình vận hành hệ thống thải tro, xỉ và quy trình vận hành bãi thải xỉ.

Về đặc tính tro, xỉ của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng, so sánh kết quả phân tích các thông số tro bay và xỉ đáy lò của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng với quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNMT về ngưỡng chất thải nguy hại thì các thông số đều nằm trong giới hạn cho phép của quy chuẩn hiện hành và so sánh kết quả phân tích các thông số tro bay theo tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng, các thông số phân tích đều nằm trong giới hạn cho phép, tro bay của nhà

máy đáp ứng đủ điều kiện dùng cho phụ gia hoạt tính bê tông, vữa xây và xi măng. Tro xỉ của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 đặc biệt có lợi thế so với tro xỉ của các NMNĐ sử dụng than trong nước khi có hàm lượng cacbon không cháy hết thấp, phù hợp cho sản xuất xi măng, bê tông và các vật liệu xây dựng khác (xem bảng chứng nhận hợp chuẩn hình dưới).

Mẫu tro, xỉ phát sinh trong giai đoạn vận hành của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng đã được phân tích bởi các đơn vị có đủ chức năng theo quy định như Công ty SGS Việt Nam, Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3, Trung tâm phân tích và đo đạc môi trường Phương Nam. Cụ thể như sau:

- Kết quả phân tích đặc tính tro bay NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng do Công ty SGS Việt Nam trách nhiệm hữu hạn phân tích như sau (Bảng 1):

- Kết quả phân tích đặc tính xỉ đáy lò NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng do Công ty SGS Việt Nam phân tích như sau (Bảng 2):

- Trung tâm phân tích và đo đạc môi trường Phương Nam được Bộ Tài nguyên và Môi trường chứng nhận đủ điều kiện hoạt động dịch vụ quan trắc môi trường theo các Quyết định số 828/QĐ-BTNMT ngày 10/4/2015, số 1071/QĐ-BTNMT ngày 12/5/2016, số 1896/QĐ-BTNMT ngày 07/8/2017 và số 1565/QĐ-BTNMT ngày 16/5/2018 của Bộ Tài nguyên và Môi trường với mã số VIMCERTS 075. Kết quả phân tích đặc tính tro bay và xỉ đáy lò NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng do Trung tâm phân tích và đo đạc môi trường Phương Nam phân tích như sau (Bảng 3):

So sánh kết quả phân tích các thông số tro bay và xỉ đáy lò của NMNĐ Vĩnh Tân 4 ở trên với quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNMT về ngưỡng chất thải nguy hại thì các thông số đều nằm trong giới hạn cho phép.

Bên cạnh đó, Công ty Cổ phần Hoàng Sơn Fly Ash and Cement - Chi nhánh phía Nam (đối tác tiêu thụ tro, xỉ của NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng) đã thuê đơn vị tư vấn (Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3) lấy mẫu

Bảng 1: Thông số đặc tính tro bay

STT	Chỉ tiêu phân tích	Phương pháp thử nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	SiO ₂	ASTM D3682 - 13	%	45,68
2	CaO	ASTM D3682 - 13	%	4,78
3	MgO	ASTM D3682 - 13	%	1,60
4	Fe ₂ O ₃	ASTM D3682 - 13	%	13,88
5	Al ₂ O ₃	ASTM D3682 - 13	%	29,45
6	MnO	ASTM D3683 - 11	%	0,17
7	P ₂ O ₅	ISO 622 : 2016	%	0,21
8	TiO ₂	ASTM D2795 : 2001	%	1,89
9	K ₂ O	ASTM D3682 - 13	%	1,00
10	Na ₂ O	ASTM D3682 - 13	%	0,36
11	C	ASTM D6316 - 09	%	0,96
12	SO ₃ in ash	ASTM D5016:08e1	%	0,84

tro bay của Nhà máy để đánh giá chất lượng tro bay theo tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng. Kết quả phân tích như sau (Bảng 4,5):

Theo bảng 1 ở trên, tro bay có hàm lượng CaO = 4,78%, theo TCVN 10302:2014 tro bay của NMNĐ Vĩnh Tân 4 thuộc loại tro axit (F).

So sánh kết quả phân tích các thông số tro bay của NMNĐ Vĩnh Tân 4 theo tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng, các thông số phân tích đều nằm trong giới hạn cho phép, tro bay của nhà máy đáp ứng đủ điều kiện dùng cho phụ gia hoạt tính bê tông, vữa xây và xi măng.

Việc thu gom, vận chuyển, lưu trữ tro, xỉ NMNĐ Vĩnh Tân 4 & Vĩnh Tân 4 Mở rộng tại bãi thải xỉ Vĩnh Tân 2 đang được thực hiện đúng theo quy trình do UBND tỉnh Bình Thuận phê duyệt tại văn bản số 1767/UBND-KTN ngày 26/5/2016, tuân thủ các báo cáo đánh giá tác động môi trường NMNĐ Vĩnh Tân 2, Vĩnh Tân 4 và Vĩnh Tân 4 Mở rộng đã được phê duyệt, đảm bảo an toàn, ổn định và đảm bảo môi trường;

Như vậy, với thành phần, tính chất của tro bay phát sinh của Nhà máy đáp ứng quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về phụ gia hoạt tính dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng.

2. TÌNH HÌNH THỊ TRƯỜNG TRO XỈ Ở VIỆT NAM

Tính đến cuối năm 2020, tổng lượng tro xỉ lưu tại bãi chứa của các NMNĐ than còn khoảng 47,65 triệu tấn; tổng lượng tro xỉ nhiệt điện đã tiêu thụ trên cả nước khoảng 44,5 triệu tấn, tương đương với 42% tổng lượng phát thải qua các năm. Thực tế cho thấy, tro xỉ được sử dụng nhiều nhất là lĩnh vực làm phụ gia khoáng cho xi măng, ước khoảng 24 triệu tấn, chiếm 70%; sản xuất gạch đất sét nung và gạch không nung ước khoảng 4 triệu tấn, chiếm 12%; phụ gia cho sản xuất bê tông tươi, bê tông cho các công trình thủy lợi, công trình giao thông và công trình xây dựng dân dụng ước khoảng 3 triệu tấn, chiếm 8%; và làm vật liệu san lấp, đắp đường giao thông các loại khoảng 3,5 triệu tấn, chiếm 9%.

Bảng 2: Thông số đặc tính xỉ đáy lò

STT	Chỉ tiêu phân tích	Phương pháp thử nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	SiO ₂	ASTM D3682 - 13	%	66,07
2	CaO	ASTM D3682 - 13	%	4,76
3	MgO	ASTM D3682 - 13	%	1,88
4	Fe ₂ O ₃	ASTM D3682 - 13	%	11,12
5	Al ₂ O ₃	ASTM D3682 - 13	%	13,72
6	MnO	ASTM D3683 - 11	%	0,13
7	P ₂ O ₅	ISO 622 : 2016	%	0,11
8	TiO ₂	ASTM D2795 : 2001	%	0,87
9	K ₂ O	ASTM D3682 - 13	%	0,86
10	Na ₂ O	ASTM D3682 - 13	%	0,43
11	C	ASTM D6316 - 09	%	0,86
12	SO ₃ in ash	ASTM D5016:08e1	%	0,06

Bảng 3: Kết quả phân tích tro bay và xỉ đáy lò

STT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả (mẫu tro bay)	Kết quả (mẫu xỉ than)	QCVN 07:2009/BTNMT (Ngưỡng nguy hại)
1	pH	-	US EPA Method 9045D6,6	6,6	9,0	pH ≥ 12,5 hoặc pH ≤ 2,0
STT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả (mẫu tro bay)	Kết quả (mẫu xỉ than)	QCVN 07:2009/BTNMT (Hàm lượng tuyệt đối - Htc) T = 0,99
2	Tổng Xyanua (CN-)	mg/kg	US EPA Method 9013A + US EPA Method 9010C + US EPA Method 9014	KPH LOD = 5	KPH LOD = 5	584,40
STT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả (mẫu tro bay)	Kết quả (mẫu xỉ than)	QCVN 07:2009/BTNMT (Nồng độ ngâm chiết - Ctc)
3	Antimon (Sb)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	KPH LOD = 0,002	KPH LOD = 0,002	1
4	Asen (As)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	0,035	0,017	2
5	Bari (Ba)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3111D:2012	1,335	0,689	100
6	Bạc (Ag)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3111B:2012	KPH LOD = 0,03	KPH LOD = 0,03	5
7	Beryn (Be)	ppm	ASTM D5198 - 09 + SMEWW 3111B:2012	KPH LOD = 0,012	KPH LOD = 0,012	0,1
8	Cadimi (Cd)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	KPH LOD = 0,0005	KPH LOD = 0,0005	0,5
9	Chì (Pb)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	KPH LOD = 0,05	KPH LOD = 0,05	15
10	Coban (Co)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	0,283	0,137	80
11	Kẽm (Zn)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	1,452	KPH LOD = 0,05	250
12	Molipden (Mo)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	0,452	0,369	350
13	Niken (Ni)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	0,191	0,181	70
14	Selen (Se)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	KPH LOD = 0,002	KPH LOD = 0,002	1
15	Tali (Tl)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	KPH LOD = 0,02	KPH LOD = 0,02	7
16	Thủy ngân (Hg)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3112B:2012	KPH LOD = 0,0005	KPH LOD = 0,0005	0,2
17	Crom (VI)	mg/L	US EPA Method 1311 + US EPA Method 7196A	KPH LOD = 0,01	KPH LOD = 0,01	5
18	Vanadi (V)	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 3113B:2012	0,006	KPH LOD = 0,003	25
19	Muối florua	mg/L	US EPA Method 1311 + SMEWW 4500B&F:2012	0,64	0,31	180
20	Phenol	mg/L	US EPA Method 1311 + US EPA Method 3510C + US EPA Method 8015D	KPH LOD = 0,15	KPH LOD = 0,15	1.000

Hiện nay, EVN đang quản lý vận hành 14 NMNĐ than. Trung bình hàng năm, các nhà máy này tiêu thụ khoảng 40 triệu tấn than, đồng thời phát sinh khoảng 8 - 10 triệu tấn tro xỉ. Trong các năm qua, với nhiều nỗ lực từ phía Tập đoàn Điện lực và các NMNĐ, tỷ lệ tiêu thụ tro, xỉ các năm sau liên tiếp cao hơn năm trước. Năm 2020, dù ảnh hưởng của dịch COVID-19, tỷ lệ tiêu thụ tro, xỉ của EVN vẫn đạt tới hơn 83,4% khối lượng phát sinh, cao hơn nhiều so với tỷ lệ tiêu thụ trong năm 2019 (68,85%).

Cùng với đó, EVN và các đơn vị cũng đã nỗ lực tìm kiếm

nhiều giải pháp nhằm xử lý, tiêu thụ tro xỉ tại các Nhà máy nhiệt điện (NMNĐ). Tỷ lệ tiêu thụ, tái sử dụng tro xỉ tại NMNĐ thuộc EVN đã tăng dần qua các năm. EVN đặt mục tiêu, tới năm 2022, tiêu thụ 100% toàn bộ lượng tro xỉ nhiệt điện phát sinh và đến năm 2025 tiêu thụ toàn bộ lượng tro xỉ tồn trữ tại các bãi chứa tro xỉ.

Báo cáo 8 tháng năm 2021 của EVN cho thấy khối lượng tro xỉ phát sinh của các nhà máy nhiệt điện thuộc EVN khoảng 4,8 triệu tấn; khối lượng tiêu thụ đạt 4,6 triệu tấn (tỷ lệ tiêu thụ đạt

Bảng 4: Chỉ tiêu chất lượng tro bay dùng cho bê tông và vữa xây

STT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Kết quả	TCVN 10302:2014			
				a	b	c	d
1	Tổng hàm lượng ôxit SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	%	85,4	≥70			
2	Hàm lượng lưu huỳnh, hợp chất lưu huỳnh tính quy đổi ra SO ₃	%	0,4	≤3	≤5	≤3	≤3
3	Hàm lượng canxi ôxit tự do CaO _{td}	%	0,5	-	-	-	-
4	Hàm lượng mất khi nung MKN	%	0,3	≤12	≤15	≤8	≤5
5	Hàm lượng kiềm có hại (kiềm hòa tan)	%	0,36	≤1,5			
6	Độ ẩm	%	0,01	≤3			
7	Lượng sót sàng 45µm	%	19,4	≤25	≤34	≤40	≤20
8	Lượng nước yêu cầu so với mẫu đối chứng	%	98,8	≤105	≤105	≤100	≤105
9	Hàm lượng ion Cl ⁻	%	<0,01	≤0,1	-	-	≤0,1

Bảng 5: Các chỉ tiêu kỹ thuật của tro bay dùng cho xi măng

STT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Kết quả	Kết quả	TCVN 10302:2014
1	Hàm lượng mất khi nung MKN	%	0,3	0,3	≤8
2	Hàm lượng lưu huỳnh, hợp chất lưu huỳnh tính quy đổi ra SO ₃	%	0,4	0,4	≤3,5
3	Hàm lượng canxi ôxit tự do CaO _{td}	%	0,5	0,5	≤1
4	Hàm lượng kiềm có hại (kiềm hòa tan)	%	0,36	0,36	≤1,5
5	Độ ẩm	%	0,01	0,01	≤1

quyền đánh giá đạt tiêu chuẩn để tái sử dụng, do đó việc tiêu thụ khá thuận lợi.

Trước đây, Công ty nhiệt điện Mông Dương luôn có lượng xỉ thải tồn với khối lượng lớn. Từ khi triển khai Đề án đến nay, Công ty đã cơ bản giải quyết được vấn đề này, đối với lượng xỉ đáy, đơn vị đã bán được cho một số đơn vị thu mua, còn với xỉ tro bay được vận chuyển đi san lấp tại một số dự án tại TP.Cẩm Phả và một số tỉnh lân cận.

Công ty Nhiệt điện Hải Phòng cho biết, cũng đã tiến hành lập đề án để xử lý lượng tro xỉ còn tồn đọng tại bãi thải xỉ, dự kiến sau năm 2021 cơ bản lượng tro xỉ tại hồ sẽ được khai thác hết bảo đảm an toàn cho việc vận hành Nhà máy.

Đặc biệt, tại Công ty Nhiệt điện Nghi Sơn 1 cùng với việc áp dụng các giải pháp cải thiện chất lượng tro, xỉ đầu ra trong quá trình sản xuất điện, Nhà máy luôn tích cực phối hợp với các đơn vị tiêu thụ để xử lý hết lượng tro, xỉ, thạch cao phát sinh hàng ngày. Mặc dù, tình hình dịch bệnh Covid-19 ảnh hưởng lớn đến sản xuất kinh doanh nhưng hoạt động tiêu thụ tro, xỉ, thạch cao vẫn duy trì 100%.

Ngược lại, tại Công ty Nhiệt điện Duyên Hải (tỉnh Trà Vinh), tỷ lệ tiêu thụ tro xỉ khoảng 85% lượng phát sinh trong 7 tháng đầu năm 2021. Nguyên nhân là do vị trí các nhà máy này cách xa các thị trường tiêu thụ, gây khó khăn trong việc vận chuyển, chi phí đội lên cao. Cùng đó, thói quen sử dụng vật liệu xây dựng làm từ tro, xỉ nhiệt điện chưa được người dân địa phương và khu vực phía Nam đón nhận, ảnh hưởng đến khả năng tiêu thụ sản phẩm làm từ tro xỉ.

Đây cũng là những khó khăn mà các nhà nhiệt điện trong TTĐL Vĩnh Tân phải đối mặt. Hàng năm, các nhà máy tại đây thải ra khoảng 3,76 triệu tấn tro bay nên cần một bãi chứa tro xỉ có diện tích lớn để



Toàn cảnh Bãi thải xỉ.



Ô số 12.

Ô số 14.

Ô số 15.

95%). Hiện tại, 100% nhà máy, công ty nhiệt điện thuộc EVN đã xây dựng và triển khai Đề án tiêu thụ tro xỉ, thạch cao; đồng thời thực hiện đăng ký hợp chuẩn, hợp quy, Giấy chứng nhận tro xỉ đủ điều kiện để tái sử dụng vào các mục đích cụ thể như làm phụ gia xi măng, bê tông, vật liệu san lấp, nền đường ô tô...

Tuy nhiên, tình hình tiêu thụ tương quan giữa hai khu vực có sự chênh lệch. Tại khu vực phía Bắc, công tác tiêu thụ tro xỉ tại các NMNĐ của EVN rất khả quan, nhưng tình hình tại các tỉnh phía Nam khó khăn hơn.

Nguyên nhân là do vị trí các nhà máy này cách xa các thị trường tiêu thụ, gây khó khăn trong việc vận chuyển, chi phí đội lên cao. Cùng đó, thói quen sử dụng vật liệu xây dựng làm từ tro, xỉ nhiệt điện chưa được người dân địa phương và khu vực phía Nam đón nhận, ảnh hưởng đến khả năng tiêu thụ sản phẩm làm từ tro xỉ.

Tại khu vực phía Bắc, công tác tiêu thụ tro xỉ tại các nhà máy nhiệt điện của EVN có nhiều thuận lợi hơn. Đơn cử như tại Công ty Nhiệt điện Thái Bình không chỉ với tro bay, mà tỷ lệ tiêu thụ xỉ, thạch cao trong các năm qua luôn đạt mức tối đa 100%. Tro, xỉ của nhà máy được các cơ quan có thẩm

chứa được hết lượng tro xỉ này.

Theo báo cáo của Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Thuận, bãi xỉ Vĩnh Tân 1 có diện tích khoảng 59,5 ha, hiện tại, khối lượng tro, xỉ đã lưu chứa tại bãi xỉ VT1 khoảng 3,2 triệu tấn (chiếm khoảng 43% dung tích lưu chứa của bãi xỉ).

Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 2 và Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 hiện sử dụng chung bãi thải tro, xỉ, diện tích hơn 38 ha, sức chứa khoảng 9,3 triệu m³, tương đương với 5 năm vận hành của 2 nhà máy. Khối lượng tro xỉ chưa tiêu thụ được phải đưa ra lưu trữ tại bãi xỉ dùng chung của hai nhà máy còn chiếm tỉ trọng lớn (tới 70%). Hiện lượng tro xỉ tại bãi xỉ của các nhà máy đã đạt 90% dung lượng thiết kế và dự kiến sẽ đầy trong khoảng tháng 6/2022. Trong trường hợp đó, các NMNĐ Vĩnh Tân 2 và Vĩnh Tân 4 sẽ phải ngừng vận hành do không có chỗ chứa tro xỉ phát sinh.

Tình hình này đang là bài toán khó với lãnh đạo các nhà máy. Bởi lẽ, mỗi năm chỉ riêng Nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 2 thải ra khoảng 1,2 triệu m³. Ngay như nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 4 và 4 mở rộng, với công nghệ hiện đại bậc nhất hiện nay, sử dụng than betum và supbetum có hàm lượng tro thấp (bằng 1/3 lượng tro của than antrasite của 2 nhà máy Vĩnh Tân 1 và Vĩnh Tân 2) xong lượng tro xỉ thải ra vẫn là một bài toán lớn đối với lãnh đạo nhà máy do thị trường tiêu thụ hạn chế.

Theo Quyết định số 452/QĐ-TTg ngày 12/4/2017 của Thủ tướng Chính phủ quy định: đến năm 2020, chỉ cấp diện tích bãi thải xỉ cho các Nhà máy Nhiệt điện với dung lượng chứa tối đa trong 2 năm sản xuất. Vì vậy, việc xin thêm mặt bằng để xây dựng bãi thải xỉ mới sẽ không thể thực hiện được.

Để giải quyết khó khăn này, trước đây, NMNĐ Vĩnh Tân 2 cũng đã xin UBND tỉnh Bình Thuận cho phép sử dụng 300.000 tấn tro xỉ để san lấp mặt bằng khu vực mỏ đá Hang Cò để giảm tải bãi chứa. Bộ Xây dựng đã có công văn hướng dẫn một số nội dung liên quan đến phương án trên, riêng Bộ TN-MT thì chưa có văn bản hướng dẫn.

Năm 2019, sau khi Bộ GTVT có văn bản về việc sử dụng tro xỉ than làm vật liệu đắp nền các dự án xây dựng giao thông ở tỉnh Bình Thuận, trong đó có việc xây dựng đường cao tốc, đã khiến các NMNĐ vui mừng vì có thể giải quyết lượng tro xỉ tồn ứ. Tuy nhiên, dù đã có đầy đủ các chứng nhận hợp quy, hợp chuẩn, nhưng Ban Quản lý dự án Thăng Long sau khi chỉ đạo đơn vị tư vấn nghiên cứu, áp dụng thì có văn bản đề nghị chưa sử dụng tro xỉ làm vật liệu đắp nền đường cao tốc.

Trước đây, UBND tỉnh Bình Thuận cũng đã cấp phép, giao mặt bằng cho một đơn vị làm nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng từ tro xỉ than, nhưng sau đó, đơn vị này mới chỉ xây dựng nhà xưởng rồi bỏ đi luôn.

Câu hỏi đặt ra, tro xỉ than sau khi được các cơ quan của trung ương đánh giá và chứng nhận hợp quy, hợp chuẩn để làm vật liệu san lấp, làm nền đường ô tô, phụ gia khoáng cho bê tông..., nhưng đến nay tại sao nhiều đơn vị vẫn chưa mặn mà với nguồn nguyên liệu được cho không này?

Mới đây, tại buổi làm việc với đoàn công tác của Quốc hội, ông Huỳnh Thanh Cảnh, Trưởng đoàn Đại biểu Quốc hội tỉnh



Bình Thuận, cho rằng, tro xỉ than khó tiêu thụ một phần là do người dân còn có tâm lý e dè, chưa tin tưởng vào sự an toàn khi sử dụng.

Cùng với đó, UBND tỉnh Bình Thuận cũng kiến nghị Thủ tướng Chính phủ và các bộ, ngành liên quan chỉ đạo các tỉnh lân cận tỉnh Bình Thuận hỗ trợ, khuyến khích việc sử dụng tro xỉ tại Trung tâm Điện lực Vĩnh Tân đã được hợp chuẩn, hợp quy làm vật liệu xây dựng. Có như vậy mới có thể góp phần giảm tải lượng tro xỉ đang tồn ngày càng nhiều tại các bãi chứa.

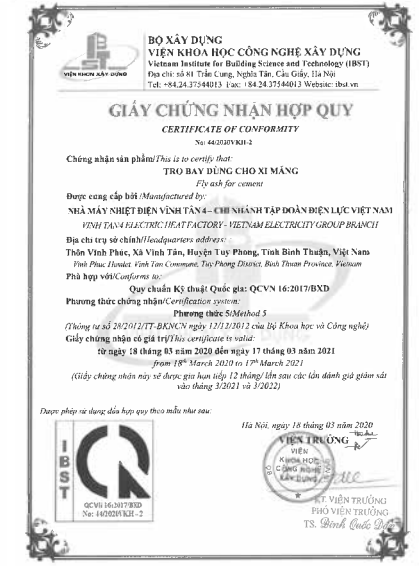
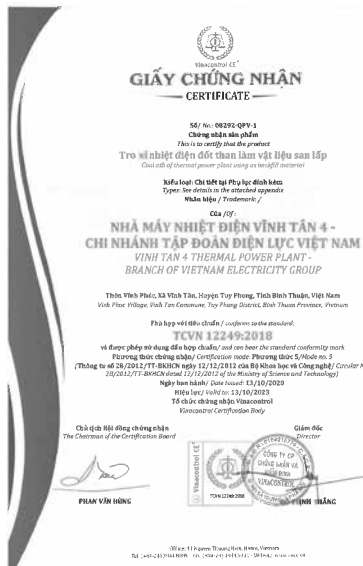
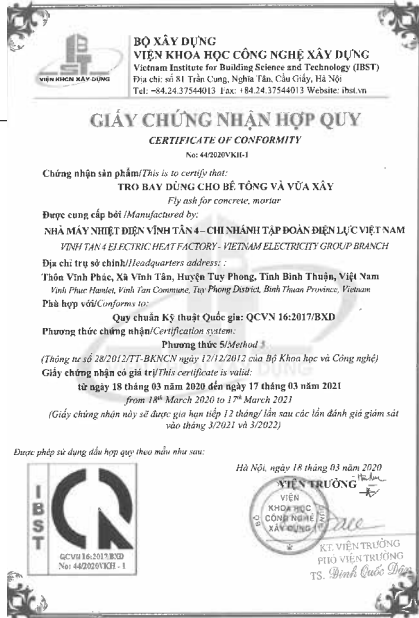
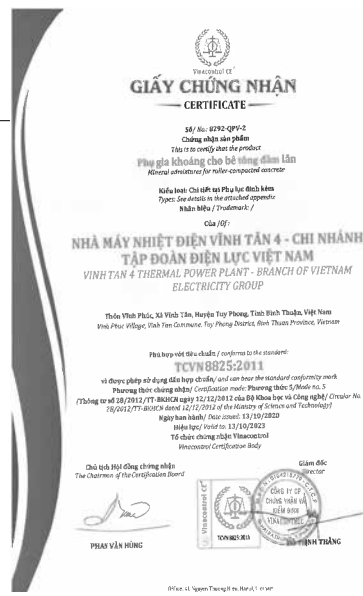
3. HƯỚNG XỬ LÝ, TIÊU THỤ TRO, XỈ TRONG GIAI ĐOẠN TỚI

Bằng nhiều nghiên cứu và kết quả thực tế, hiện nay đã có thể khẳng định tro, xỉ của các nhà máy nhiệt điện than không những không phải là nguồn chất thải nguy hại, mà còn là nguồn nguyên liệu có giá trị đối với những sản xuất vật liệu xây dựng. Nhưng để đạt được các mục tiêu về xử lý, sử dụng tro, xỉ đặt ra, cần sự tham gia của tất cả các chủ thể như cơ quan quản lý nhà nước, chủ các nhà máy nhiệt điện than, các đơn vị tiếp nhận, sử dụng tro xỉ... nhằm triển khai đồng bộ và có tính hệ thống các công việc liên quan.

Theo thống kê của Bộ Xây dựng, trong năm 2019, Việt Nam sử dụng khoảng 140 triệu tấn m³ bê tông, trong đó 50% được sản xuất tại các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm và 50% được sản xuất thủ công. Dự báo sản lượng bê tông theo chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thì đến năm 2030 sản lượng bê tông ở mức 250 - 270 triệu m³. Với công nghệ trong nước hiện nay đã cho phép sử dụng tro, xỉ như một thành phần trong cấp phối của bê tông. Ở nhiều nước trên thế giới, việc sử dụng tro, xỉ trong bê tông thương phẩm đã trở thành bắt buộc, ví dụ như ở Canada hầu như tất cả bê tông đều chứa từ 10 đến 25% tro bay. Do đó, cần phải có quy định cụ thể về sử dụng tro, xỉ trong bê tông thương phẩm phù hợp với từng địa phương, khu vực có đặt NMNĐT.

Ở Việt Nam, các NMNĐ thuộc EVN đã phối hợp với các đơn vị kiểm định độc lập như VinaControl, Trung tâm Năng lượng than Nhật Bản (JCOAL) để tổ chức lấy mẫu tro xỉ và phân tích, đồng thời qua kết quả nghiên cứu của Viện Vật liệu xây dựng - Bộ Xây dựng, tro xỉ NMNĐ có các đặc điểm phù hợp để sử dụng làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và dùng trong các công trình xây dựng.

Trong những năm qua, tro xỉ của các NMNĐ than của EVN đã được sử dụng trong các lĩnh vực sản xuất vật liệu xây dựng như bê tông, xi măng, gạch không nung, cấu kiện xây dựng... Điển hình như tại 2 công trình thủy điện lớn là Sơn La và Lai



30% lượng tro xỉ thải ra trong quá trình sản xuất. Hiện nay, thị trường tiêu thụ tro xỉ các NMNĐ tại khu vực Vĩnh Tân tập trung vào các lĩnh vực phụ gia xi măng, phụ gia bê tông, vật liệu không nung, một phần nhỏ vận chuyển đi các địa phương khác và xuất khẩu. Khả năng tiêu thụ tối đa của thị trường là khoảng 50% khối lượng tro xỉ phát sinh tại TTĐL Vĩnh Tân và hiện nay đã bão hòa do giới hạn nhu cầu của thị trường.

Một số kiến nghị:
Rõ ràng, tro, xỉ nhiệt điện được đánh giá là phù hợp cho việc sử dụng làm nguyên vật liệu cho sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng cho xây dựng. Quyết định số 1696/QĐ-TTg và 452/QĐ-TTg là cơ sở cho việc thúc đẩy việc xử lý, sử dụng tro xỉ nhiệt điện ở Việt Nam. Để đạt được các mục tiêu về xử lý, sử dụng tro, xỉ đặt ra, cần sự tham gia của tất cả các chủ thể như cơ quan quản lý nhà nước, chủ các NMNĐ, các đơn vị tiếp nhận, sử dụng tro xỉ... nhằm triển khai đồng bộ và có tính hệ thống các công việc liên quan. Theo đó, các chuyên gia, nhà khoa học và EVN kiến nghị:

Thứ nhất: Kiến nghị các cấp có thẩm quyền tăng cường công tác tuyên truyền khuyến khích các cơ sở sản xuất vật liệu xây dựng sử dụng tro, xỉ, thạch cao làm nguyên liệu sản xuất, đồng thời tuyên truyền nâng cao nhận thức của người dân, doanh nghiệp về sử dụng các sản phẩm từ ứng dụng tro xỉ thay thế vật liệu xây dựng.

Thứ hai: Ban hành các quy định pháp lý yêu cầu bắt buộc thị trường vật liệu xây dựng sử dụng các sản phẩm sản xuất từ tro, xỉ, thạch cao, bê tông, gạch không nung...

Thứ ba: Nghiên cứu các cơ chế hỗ trợ, tạo điều kiện cho các nhà đầu tư nghiên cứu ứng dụng, tham gia hợp tác kinh doanh với các nhà máy nhiệt điện trong việc xử lý và tiêu thụ tro, xỉ, thạch cao.

Thứ tư: Sửa đổi Nghị định 38/2015/NĐ-CP theo hướng xem tro, xỉ nhiệt điện khi đáp ứng các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng thì được coi là sản phẩm hàng hóa và không bị điều chỉnh theo quy định về chất thải công nghiệp thông thường.

Thứ năm: Kiến nghị sớm ban hành các văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật, định mức kinh tế - kỹ thuật quy định việc xử lý, sử dụng tro, xỉ làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng trong các công trình xây dựng, giao thông, san lấp mặt bằng...

Ngoài ra, với các đối tác vận chuyển, sử dụng tro xỉ, cần nghiên cứu kỹ và chấp hành nghiêm các quy định của nhà nước về bảo vệ môi trường. Có phương án và kế hoạch tiếp nhận, tiêu thụ tro, xỉ dài hạn. Đặc biệt, các đơn vị cùng hợp tác để nghiên cứu sử dụng và khai thác nguồn tro, xỉ của các NMNĐ than để đạt được hiệu quả cao nhất.❖

Châu đã sử dụng công nghệ bê tông đầm lăn, trong đó thành phần khối lượng tro bay tương đối lớn được tuyển chọn từ tro bay của NMNĐ Phả Lại.

Đối với các NMNĐ than khu vực phía Nam là Duyên Hải và Vĩnh Tân, các NMNĐ mới đưa vào vận hành tại Duyên Hải và Vĩnh Tân trong thời gian vừa qua đã làm việc với các đơn vị có khả năng tiêu thụ tro xỉ, tạo điều kiện để các đơn vị này tiến hành lấy mẫu thí nghiệm nhằm đưa ra phương án tiêu thụ. Cụ thể như tại Nhiệt điện Duyên Hải đã ký hợp đồng tiêu thụ tro xỉ với tổng khối lượng 2,9 triệu tấn/năm bằng 210% tổng khối lượng tro xỉ trung bình hàng năm của hai nhà máy. Nhiệt điện Vĩnh Tân đã làm việc với 9 công ty để nghiên cứu xử lý tro xỉ. Riêng Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4, năm 2020, Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 4 đã tiến hành ký kết hợp đồng thu mua tro bay NMNĐ Vĩnh Tân 4 với các đối tác là: Công ty Cổ phần Thương mại và Phát triển đầu tư THT, Công ty TNHH Hoàng Sơn, Công ty TNHH ĐT&XNK An Sinh, Công ty TNHH Oient Wealth. Tuy nhiên do thị trường tiêu thụ tại các tỉnh miền trung rất hạn chế trong khi việc vận chuyển tro xỉ ra tiêu thụ ở miền bắc và miền nam rất khó khăn do chi phí vận chuyển rất cao nên việc tiêu thụ tro xỉ của các đối tác nêu trên chỉ đạt trung bình khoảng

CẤP NƯỚC CHO KHU ĐÔ THỊ:

Chuyện tiền sạch nước bẩn!

> NGUYỄN HOÀNG LINH

Những ngày gần đây, người dân sinh sống ở khu đô thị mới Pháp Vân - Tứ Hiệp (Hà Nội) bị rơi vào thảm cảnh bởi tình trạng nguồn nước sạch của gia đình họ bỗng dưng bị nhiễm bẩn, có nhiều giun sán. Họ không thể sử dụng trong ăn uống, chỉ dám xả nước ra xô cho cạn bẩn đọng lại bên dưới rồi dùng nước này để tắm rửa. Còn nước để ăn uống, các gia đình thường phải mua nước bình để dùng.

Nguồn cung cấp “tiền sạch nước bẩn” ấy là của Xí nghiệp Nước sạch Pháp Vân thuộc Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Nội. Nhà máy được xây dựng năm 1989 với công suất thiết kế khai thác từ 28.000 - 30.000 m³/ngđ. Đến năm 2004, nhà máy khoan bổ sung và thay thế một số giếng suy thoái, công suất đạt 26.000 - 27.000 m³/ngđ.

Thật ra, câu chuyện “tiền sạch nước bẩn” diễn ra không chỉ là lần đầu ở Hà Nội mà còn xuất hiện ở nhiều đô thị khác trong cả nước. Và sự kiện này không chỉ diễn ra ở những doanh nghiệp yếu kém mà cả ở những doanh nghiệp có nhiều nỗ lực vươn lên trong phục vụ khách hàng.

Chẳng hạn như sự kiện cũng gần đây ở Công ty CP Cấp nước Thừa Thiên-Huế (HueWaco). Họ đã cung cấp nước bẩn thay nước sạch cho khoảng 8.500 hộ khách hàng với gần 50 ngàn người trong Khu kinh tế Chân Mây - Lăng Cô khiến nhiều người quan tâm, và đáng quan tâm hơn, đó là cách hành xử theo lối “cửa trên” khi xảy ra sự việc khiến cho những lo ngại về sự độc quyền đang có cơ hội trở dậy tại doanh nghiệp này.

Nói là “có cơ hội trở dậy” là bởi lẽ HueWaco vốn là doanh

nh nghiệp có tiếng cầu tiến và đạt được không ít thành tích đáng khích lệ trong mấy năm gần đây, đặc biệt là từ khi được cổ phần hóa vào đầu năm 2017.

Theo những người trong cuộc kể lại, khi đó, HueWaco đã tái cơ cấu tinh gọn bộ máy, giảm 49 CBCNV, trong đó, sáp nhập 8 phòng ban, giảm 27 cán bộ gián tiếp, 22 CBCNV nghỉ việc theo chế độ khi cổ phần hóa. Đồng thời, áp dụng chế độ giao việc và báo cáo công việc theo ngày, tuần và trả lương theo hiệu quả công việc. Với phương châm CBCNV kiêm nhiệm nhiều vị trí “giỏi một việc, biết nhiều việc” thông qua việc đẩy mạnh công tác đào tạo, vì vậy, tuy số lao động giảm nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả công việc, năng suất lao động nâng cao, chỉ tiêu số nhân viên/1.000 đầu nổi hiện nay của HueWaco là 1,73 (bình quân cả nước là 7,6). Nhờ vậy, tiết kiệm chi phí tiền lương 7,05 tỷ đồng/năm.

Sau cổ phần hóa tại HueWaco, sản lượng tăng 8,69 triệu m³ (19,02%); tổng doanh thu tăng 141,71 tỷ đồng (31,9%), đặc biệt nộp ngân sách tương ứng với cổ tức của phần vốn Nhà nước tại công ty cổ phần tăng 115 tỷ đồng, gấp 4,1 lần so với năm 2016; lợi nhuận tăng từ 20,71 tỷ đồng lên 95,38 tỷ đồng/năm (tăng 4,6 lần).

HueWaco đã có hàng trăm sáng kiến cải tiến kỹ thuật, đặc biệt, đã nghiên cứu, tham dự thi và nhận được nhiều giải thưởng danh giá trong các cuộc thi sáng tạo kỹ thuật, giải thưởng sáng tạo khoa học công nghệ, trong đó đạt 13 giải thưởng Trung ương và 25 giải cao của tỉnh. Riêng trong 4 năm (2017-2020), HueWaco đã nghiên cứu thành công 10 đề tài có giá trị thực tiễn cao, làm lợi hàng trăm tỷ đồng.

Mới đây, HueWaco đã được vinh danh tại Chương trình



XI MẶNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC



“Thương hiệu tiêu biểu châu Á - Thái Bình Dương” và được Thủ tướng Chính phủ trao tặng Giải Vàng - Giải thưởng chất lượng quốc gia năm 2020...

Lướt qua những con số và sự kiện trên đây để có cái nhìn công bằng và trân trọng những gì mà HueWaco đã làm được, đồng thời cũng cảnh báo một căn bệnh khá phổ biến của nhiều doanh nghiệp có lợi thế “độc quyền tự nhiên” ở nước ta hiện nay, trong đó có các công ty cấp nước tại những thành phố và các khu đô thị lớn, mà sự việc xảy ra tại Khu kinh tế Chân Mây - Lăng Cô đang khiến nhiều người lo ngại.

Ta hãy thử phân tích những diễn biến của sự kiện này.

Đầu tiên, đó là việc biết hệ thống kỹ thuật và nguồn nước có vấn đề về chất lượng nhưng không kiên quyết xử lý. Tại cuộc gặp gỡ đại diện người dân và các cơ quan chức năng, người lãnh đạo cao nhất của Công ty cho biết, nhiều hạng mục kỹ thuật của nhà máy bị xuống cấp từ lâu, mà một trong đó là bể lọc số 2. Cụ thể là bể lọc đã mục rửa phía đáy bể lọc ở độ sâu 2 m, gây mất liên kết với phần đan lọc inox. Phần bông cặn chưa được lọc đã đi xuyên qua chỗ hỏng vào bể chứa và nhân viên không phát hiện được dẫn đến xảy ra “sự cố nước đục”.

Cùng với đó, liên quan đến việc lấy nước sông Thừa Lưu tại vị trí hạ nguồn, Công ty thừa nhận đây là dòng sông chảy qua ruộng đồng, tù đọng và thấy cả việc người dân vứt rác thải sinh hoạt xuống sông rất phản cảm, nhưng trước tình trạng thiếu hụt nguồn nước Công ty “bị buộc” phải lấy nguồn nước tại hạ lưu dòng sông này.

Rõ ràng HueWaco biết là hệ thống kỹ thuật của nhà máy nước cũ nát, thậm chí là mục rửa từ lâu nhưng không xử lý; cùng với đó là nguồn nước không bảo đảm để dẫn đến hậu quả bất “thượng đế” của mình phải gánh chịu. Đó vốn không phải cách tư duy của một doanh nghiệp làm ăn đàng hoàng.

Tiếp theo, khi xảy ra sự cố nước sạch thành nước bẩn, bị khách hàng khiếu kiện thì tại HueWaco xuất hiện cách hành xử theo lối “cửa trên”, thiếu tôn trọng với những đối tượng rất đáng được tôn trọng. Theo người dân cho hay, đó là gọi điện thoại để mời họp. Cách mời họp này chỉ nên dùng trong nội bộ của một

tổ chức, mà trong một tổ chức cũng chỉ có thể dùng cho cấp trên đối với cấp dưới. Nếu như trước cổ phần hóa, vốn là một DNNN cấp tỉnh, có sự độc quyền tuyệt đối về cả hệ thống hành chính và kinh doanh thì còn có thể hiểu được. Nay đã cổ phần hóa, nếu như HueWaco vẫn tồn tại cách ứng xử với khách hàng như vậy, thật khó chấp nhận.

Tiếp nữa, sự việc đã chứng minh rằng, HueWaco đang tồn tại hành vi “kinh doanh ban ơn”. Sau khi nhận thấy sự thiệt hại rõ ràng về phía khách hàng, Công ty có xin lỗi và có mong muốn bù đắp những thiệt hại đó, nhưng lại không đủ dũng cảm và đủ thật lòng để thực hiện những điều chính mình đã cam kết trong hợp đồng cũng như theo quy định của pháp luật. Đáng lẽ nên dùng từ “tự phạt” thì lại dùng từ “hỗ trợ” trong cuộc họp mà Công ty đã tổ chức để xử lý sự cố nên không được mọi người chấp nhận. Thật khó khăn để chối bỏ một câu hỏi của người dân như thế này: “Người dân chúng tôi nộp tiền nước trễ 2 - 3 ngày, các anh đã cắt nước và phạt tiền chúng tôi. Bây giờ các anh cung cấp cho chúng tôi nước bẩn thì các anh cũng phải bị xử phạt. Đây là luật chơi do các anh đặt ra kia mà?”.

Khi xảy ra câu chuyện trên đây, HueWaco hoàn toàn có thể đàm phán với người dân một cách thiện chí để tìm phương cách tháo gỡ và khắc phục hậu quả với trách nhiệm cao. Tuy nhiên, không phải là với cách hành xử của những hành vi kinh doanh độc quyền.

Trở lại vụ việc tại khu đô thị mới Pháp Vân - Tứ Hiệp, theo báo cáo của Xí nghiệp Nước sạch Pháp Vân, nguyên nhân của sự việc là do hệ thống đường ống cấp nước của đơn vị ngày càng xuống cấp, nhiều đoạn bị bục vỡ dẫn đến đất ngấm vào nước (khi hệ thống ngừng bơm, đất chui vào ống dẫn chỗ bị vỡ) làm cho nước vàng, đặc biệt là tình trạng giun sán chui vào đường ống.

Nghe nói sự cố những đoạn ống nước bục vỡ đã được xử lý nhưng người dân vẫn không yên tâm, vì vấn đề cốt lõi ở đây là sự già cỗi của cả hệ thống ống dẫn nước chứ không phải chỉ một đôi chỗ. Và để tình trạng như vậy kéo dài, chần hẫn không tránh khỏi tư duy theo thể độc quyền tựa như bài học của Công ty CP Cấp nước Thừa Thiên-Huế như đã nêu trên.❖

Từ đô thị hạnh phúc đến phong tỏa, giãn cách và hậu Covid

> BÙI VĂN

Xu hướng “Đô thị hạnh phúc”, “Đô thị vị nhân sinh” lấy con người làm trung tâm đang có nguy cơ đứt gãy bởi ảnh hưởng của đại dịch Covid-19 với các biện pháp phong tỏa, giãn cách và hội chứng sợ đám đông của cư dân hậu đại dịch. Cần làm gì để giải bài toán này?

TỪ ĐÔ THỊ THÔNG MINH...

Kỹ thuật số, công nghệ số xuất hiện, phát triển rất nhanh là tiền đề cho con người hướng đến việc xây dựng đô thị thông minh. Có rất nhiều điều để nói về đô thị thông minh nhưng về đại thể, có thể hiểu đó là đô thị dựa trên hạ tầng số mà ở đó, con người được công nghệ phục vụ đến tận răng. Hầu như tất cả đều được lập trình sẵn và do máy tính xử lý. Có một thời, đô thị thông minh đã trở thành trào lưu, và ngày nay vẫn là xu hướng nóng, nhất là với các nước đang phát triển.

Thực ra, sáng tạo ra máy móc, sử dụng kỹ thuật, công nghệ phục vụ con người đã là ước mơ từ rất lâu của con người. Lịch sử phát triển của loài người cũng gắn liền với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, từ cơ giới hóa, điện khí hóa đến tự động hóa và giờ là tin học hóa, trí tuệ nhân tạo.

Trang thiết bị, tiện nghi hiện đại. Tốt thôi! Máy móc công nghệ số làm thay con người. Tốt thôi! Bởi con người cũng cần thời gian, công sức để hưởng thụ thành quả lao động của mình. Tất cả đều tự động hóa. Thậm chí điều khiển bằng giọng nói, bằng ánh mắt...

Nhưng người ta bỗng hoảng sợ. Vậy thì con người ở đâu và làm gì trong “xã hội số” ấy? Ô tô tự lái. Điều hòa, bình nóng lạnh tự bật. Cửa tự mở bằng nhận diện khuôn mặt. Đèn chiếu sáng tự tắt... vân vân và vân vân. Chỉ cần ngôi nhà là kết nối đến mọi nơi, làm được mọi thủ tục. Vậy thì con người liệu có còn cần đến nhau, có còn giao tiếp với nhau???

Mới chỉ là xã hội hiện đại, mà sự tương tác của con người đã giảm đi rất nhiều. Người người tắt bật, vội vã. Khuôn mặt luôn đăm chiêu, tính toán với trăm công nghìn việc. Cuộc sống đô thị thu gọn lại trong những “chiếc hộp”. Từ “chiếc hộp” ngôi nhà, căn hộ, con người lên “chiếc hộp” xe hơi, để đến ngồi trong những “chiếc hộp” văn phòng, trụ sở... Sống trong cùng thành phố, trong cùng khu phố, thậm chí trong cùng tòa nhà, trong cùng cầu thang mà không hề quen biết nhau, chỉ “lướt qua nhau như những bóng hình”.

Và có người đặt câu hỏi, vậy thực chất nhu cầu của con người là gì?

...ĐẾN ĐÔ THỊ HẠNH PHÚC

Nhà tâm lý học Maslow đã nghiên cứu, đúc rút ra 5 loại nhu cầu cơ bản của con người xếp theo thứ tự từ thấp tới cao là: Nhu cầu sinh lý; nhu cầu về an toàn; nhu cầu về giao tiếp; nhu cầu được tôn trọng; nhu cầu về thành tích. Nhu cầu sinh lý bao gồm nhu cầu về các mặt như sinh lý, vật chất cần thiết để duy trì sự tồn tại của con người; ví dụ như ăn, ở, mặc, đi lại...

Nhưng thông thường thì khi được thỏa mãn nhu cầu ở cấp thấp sẽ phát sinh tiếp nhu cầu ở bậc cao hơn, như nhu cầu về sự an toàn. Đó là an toàn về sinh mệnh, an toàn lao động, an toàn môi trường, an toàn kinh tế, an toàn nghề nghiệp, an toàn sức khỏe và an toàn tâm lý. Tuy nhiên, điều đó về thực chất vẫn thuộc về nhu cầu sinh lý và tâm lý khá cơ



bản, khá sơ cấp và cũng là phổ biến của con người. Nhu cầu sinh lý. Đã đành. Nhu cầu an toàn. Đó là tất yếu. Nhưng lên một cấp cao hơn, con người sẽ đòi hỏi ngày càng cao về nhu cầu giao tiếp. Có thể coi, nhu cầu về giao tiếp vừa thuộc lĩnh vực tâm lý, vừa thuộc lĩnh vực tình cảm; còn cao hơn nữa là nhu cầu được tôn trọng và nhu cầu về thành tích thuộc về giá trị tinh thần.

Chính vì thế, khi mà xã hội công nghiệp phát triển, con người trở nên ngày càng xa cách nhau thì người ta mới chợt nhận ra, kinh tế không phải là tất cả, sự hưởng thụ, được phục vụ cũng không phải tất cả mà chính là một cuộc sống hài hòa mới mang lại hạnh phúc cho con người. Chính vì thế, người ta cho rằng, đô thị thông minh là cần thiết, nhưng đó mới là điều kiện cần, còn điều kiện đủ là đô thị ấy phải làm cho con người hạnh phúc. Đó phải là một thành phố mà con người ta thích sống. Và thành phố ấy phải lấy con người làm trung tâm.

Từ đó, ông Jan Gehl, tác giả của cuốn sách “Đô thị vị nhân sinh” viết rằng: Một khu đô thị tốt phải là một nơi khiến con người ham thích vận động (đi bộ, đạp xe), khát khao trải nghiệm nhiều hoạt động và hình thức nghệ thuật tỷ lệ thích hợp để mọi thứ thu gọn trong tầm mắt và tác động trực tiếp đến các giác quan, đem lại những cảm nhận đầy đủ. Và: “Một thành phố tốt cần giống như một bữa tiệc vui. Khách khứa nán lại bởi họ cảm thấy thích thú. Và thành phố tốt ấy phải là nơi sống động, an toàn, bền vững và lành mạnh, nơi mà con

người trở thành chủ thể, được quan tâm, yêu thương và trân trọng”.

“Đô thị hạnh phúc” hay “Đô thị vị nhân sinh” mà ông Jan Gehl hướng tới như chính cái tên đã nói lên tất cả, đó là một đô thị vì con người, hướng đến hạnh phúc của con người. Mặc dù còn những điều chưa thật thống nhất và còn phải bàn thảo, làm rõ, nhưng nhìn chung nhiều người cho rằng, đô thị hạnh phúc, đô thị vị nhân sinh mới là mục tiêu con người cần hướng tới và sẽ trở thành xu hướng trong tương lai.

VÀ ĐÔ THỊ THỜI ĐẠI DỊCH

Trong khi con người đang bắt đầu hướng đến sự thân thiện, hướng đến một cuộc sống vì con người trong đô thị, vì một cuộc sống hạnh phúc cho con người, thì đại dịch Covid-19 ập đến. Tất cả bị đảo lộn. Những điều bình thường nhất từ trước đến nay bỗng trở thành xa xỉ. Phong tỏa, giãn cách, cách ly. Ít nhất cũng là khẩu trang.

Hai năm nếm mùi đại dịch, người ta có xu hướng thu mình lại, trở nên sống cách biệt. Sau những chuỗi ngày dài phong tỏa, giãn cách, hàng loạt hội chứng xuất hiện, con người khát khao được gặp gỡ, được giao lưu; nhưng khi từng vùng dỡ bỏ phong tỏa, con người lại mắc hội chứng sợ đám đông, ngại tiếp xúc. Nhà hàng phố từ trước đến nay đã ít vào nhà nhau, nay thêm con virus, người ta lại càng xa cách thêm. Lại thêm cái khẩu trang kín mít, nhiều lúc người quen mà còn chẳng



Đại dịch Covid đặt ra vấn đề cần phải tổ chức lại không gian sống trong đô thị.

nhận ra nhau, hưởng hồ người mới.

Ngay ở nông thôn, Tết Tân Sửu vừa rồi dịch còn yên yên tôi về quê ăn Tết, cô em phải dặn ngay: “Trên nhà chú Liên em đã đưa lễ ban thờ trước rồi, mừng một anh chỉ đi lễ hai bên nội ngoại chứ đừng vào nhà ai, vì mọi người cũng sợ người ở Hà Nội về”. Thế là, trong mấy ngày Tết ở quê, ngay cả đứa bạn học rất thân ở xóm bên tôi cũng không dám đến nhà. Nói thế để thấy, hội chúng sợ đám đông, xu hướng sống cách biệt, ít nhất là trong bộ phận lớn dân cư ở Việt Nam lúc này là có thật.

Đại dịch toàn cầu Covid-19 được cho là không thể loại trừ hoàn toàn. Vì vậy, phương châm thiết lập cuộc sống bình thường mới để sống chung với dịch là điều con người bắt buộc phải theo, cho dù người ta có muốn hay không.

Như vậy, thực tế đang tồn tại mâu thuẫn giữa hai dòng chảy: Một chiều là xu hướng đô thị thân thiện, đô thị hạnh phúc mà điểm cốt lõi là tăng sự tương tác, giao tiếp giữa con người với con người; chiều ngược lại là yêu cầu giãn cách, hạn chế tiếp xúc để chống dịch cộng thêm hội chúng sợ đám đông của chính cư dân. Điều đó đặt ra cho giới chuyên môn, trong đó có giới kiến trúc bài toán cần phải giải, ít nhất trong việc quy hoạch đô thị, tổ chức không gian công cộng đến thiết kế, tổ chức không gian sống trong từng tòa nhà, căn nhà, căn hộ trong giai đoạn mới.

GIẢI BÀI TOÁN THẾ NÀO?

Thực ra, để giải bài toán trên có lẽ cần phải tiến hành các giải pháp tổng thể, từ tổ chức xã hội, cộng đồng đến vận hành đô thị; cần cả giải pháp về hành chính, kinh tế và công nghệ, kỹ thuật; kết hợp cả lĩnh vực kiến trúc, tâm lý, văn hóa và y học...

Trong kiến trúc và xây dựng, có lẽ vấn đề được đặt lên hàng đầu là tổ chức không gian sống, đặc biệt là không

gian công cộng. Đây vốn là điểm yếu của các đô thị Việt Nam khi người ta thường tận dụng mọi quỹ đất để cấp cho các dự án xây dựng nhà ở, văn phòng, trung tâm thương mại..., mà rất dè sẻn đất đối với công viên, quảng trường và ngay cả đường phố tỷ lệ bình quân trên đầu cư dân cũng rất thấp.

Các đô thị cũ hầu như không thể mở rộng được, vấn đề chỉ còn có thể trông chờ vào quỹ đất sau khi di dời các nhà máy, xí nghiệp và các trụ sở nhà nước... ra khỏi nội đô. Nhưng đây cũng là vấn đề cực nan giải. Vì vậy, giải pháp khả thi có lẽ vẫn là trong việc quy hoạch các đô thị mới và tổ chức không gian trong từng dự án, thậm chí kể cả tổ chức không gian trong nội bộ dự án và nội bộ tòa nhà, nội bộ căn hộ... Trọng trách này có lẽ lại được đặt lên vai các kiến trúc sư.

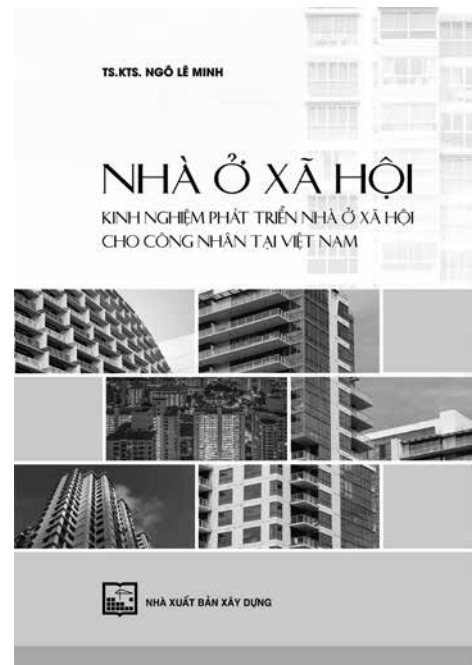
Thực ra đây cũng lại là một vấn đề khó, bởi nó ảnh hưởng đến lợi nhuận của chủ đầu tư, của nhà phát triển dự án bất động sản. Nhưng nếu nhìn về lâu dài, chính việc vừa tăng được sự tương tác, giao tiếp của cư dân, vừa bảo đảm phòng chống dịch an toàn có lẽ lại là điểm mấu chốt để thu hút sự lựa chọn của khách hàng. Và đó mới là cơ sở tạo sự phát triển bền vững của nhà phát triển bất động sản.

Vấn biết, việc xây dựng một đô thị vừa đáp ứng nhu cầu giao tiếp, hài hòa với thiên nhiên, chan hòa giữa cộng đồng, lại vừa đáp ứng yêu cầu giãn cách trong phòng chống dịch cả trong trước mắt và tương lai, cũng như giải được hội chúng sợ đám đông hậu dịch Covid-19, là một bài toán khó đối với cả nhà quản lý và các nhà chuyên môn. Tuy nhiên, đó là một thực tế phải chấp nhận, như loài người đã, đang và sẽ phải tiếp tục chấp nhận Covid-19 và cả những dịch bệnh khác nữa trong tương lai. Và cao hơn nữa, các nhà chuyên môn cần phải hợp sức để giải bài toán này, nếu không muốn đứt gãy tiến trình phát triển của đô thị hạnh phúc, đô thị vị nhân sinh mà loài người hướng tới. ❖

“Nhà ở xã hội - kinh nghiệm phát triển nhà ở xã hội cho công nhân tại Việt Nam”

> AN NHIÊN

Cuốn sách "Nhà ở xã hội - kinh nghiệm phát triển nhà ở xã hội cho công nhân tại Việt Nam" của TS.KTS Ngô Lê Minh là tài liệu hữu ích dành cho độc giả tìm hiểu sâu các vấn đề liên quan đến nhà ở xã hội cho công nhân, trong bối cảnh chính sách về nhà ở cho công nhân được Chính phủ cũng như lãnh đạo TP.HCM quan tâm hơn bao giờ hết.



Chương trình nhà ở đô thị 2020-2030 của TP.HCM xác định nhu cầu nhà ở cho 2 triệu người dân mới, với 149,4 triệu m² sàn; trong đó, nhu cầu về nhà ở xã hội giai đoạn 2020 - 2025 là 20,13 triệu m² sàn, đáp ứng chỗ ở cho 1,05 triệu người.

Tuy nhiên, vấn đề không chỉ nằm ở khía cạnh đáp ứng đủ chỗ ở cho người lao động tại các khu nhà ở theo quy hoạch, mà còn đặt ra vấn đề thiết kế nhà ở có chất lượng, môi trường sống quanh các khu nhà ở được quan tâm đúng mực. Do vậy, việc hiểu được đặc điểm và nhu cầu của công nhân là cơ sở khoa học để tổ chức nhà ở cho công nhân.

Nội dung của cuốn sách “Nhà ở xã hội - kinh nghiệm phát triển nhà ở xã hội cho công nhân tại Việt Nam” không chỉ phục vụ hữu ích cho kiến trúc sư, nhà quy hoạch và thiết kế đô thị, mà còn là tài liệu quý cho các sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh ngành kiến trúc - quy hoạch đô thị cũng như các nhà quản lý đô thị và các bạn đọc quan tâm đến lĩnh vực nhà ở xã hội tại các khu công nghiệp - khu chế xuất ở Việt Nam.

Cuốn sách gồm 05 chương, trong đó chương 1 trình bày ý nghĩa và những đặc điểm chung, sơ lược bối cảnh lịch sử và các giai đoạn phát triển của nhà ở xã hội, thông qua tổng quan nghiên cứu và xu hướng phát triển mới cho nhà ở xã hội, đánh giá tình hình chính sách và xây dựng nhà ở xã hội tại Việt Nam;

Chương 2, tìm hiểu về kinh nghiệm xây dựng nhà ở xã hội của các nước trên thế giới, từ châu Mỹ, tới châu Âu, châu Á, và đặc biệt tại Trung Quốc một nước có kiến trúc phong phú, đa dạng, gần gũi với Việt Nam và cũng là nơi tác giả nghiên cứu học tập trong nhiều năm. Những bài học kinh nghiệm về xây dựng nhà ở xã hội tại Việt Nam với sự tham gia của cộng đồng và sự hỗ trợ của các nhà đầu tư, từ đó tác giả chỉ

ra những vấn đề còn tồn tại trong xây dựng mô hình nhà ở xã hội tại Việt Nam.

Chương 3, giới thiệu với bạn đọc các tiêu chí xác định, tiêu chuẩn thiết kế, quy phạm liên quan đến nhà ở xã hội tại Việt Nam, cụ thể gồm có văn bản pháp lý, các tiêu chuẩn và các yếu tố văn hóa, phong tục, tập quán, nguyện vọng,... của người lao động tác động đến việc xây dựng quỹ đất và xây dựng mô hình nhà ở xã hội.

Chương 4, giới thiệu tình hình xây dựng Nhà ở xã hội cho công nhân tại TP.HCM, từ đó đưa ra các mô hình nhà ở xã hội cho công nhân các khu công nghiệp - khu chế xuất tại Việt Nam nói chung và TP.HCM nói riêng, cụ thể về các vấn đề về quy hoạch, kiến trúc, quản lý và cơ chế vận hành. Đồng thời, sách cũng giới thiệu các mô hình đầu tư quản lý và vận hành nhà ở xã hội, phân tích đánh giá sự khác biệt giữa các mô hình để bạn đọc có cái nhìn tổng quan về các mô hình mà tác giả đề xuất.

Chương 5, đưa ra những hướng dẫn thiết kế quy hoạch và kiến trúc nhà ở trong các khu ở công nhân các khu công nghiệp - khu chế xuất đảm bảo thích ứng khí hậu môi trường tại Việt Nam. Sản phẩm thiết kế mẫu ở phần cuối chương là những thiết kế điển hình nhà ở xã hội cho công nhân, giúp các đồng nghiệp và sinh viên kiến trúc có thể tham khảo khi thiết kế loại hình nhà ở đặc thù này.

Có thể nói, cuốn sách là công trình nghiên cứu công phu của tác giả về lĩnh vực nhà ở xã hội tại Việt Nam, cung cấp nhiều thông tin hữu ích cho độc giả, sẽ là nền tảng cơ sở khoa học giúp cho việc tổ chức nhà ở cho công nhân sát với thực tiễn hơn.

NXB Xây dựng phát hành cuốn “Nhà ở xã hội - kinh nghiệm phát triển nhà ở xã hội cho công nhân tại Việt Nam” qua 2 hình thức: sách in và sách điện tử.❖

Nghiên cứu thực hiện công tác đánh giá nhà chung cư giai đoạn vận hành, khai thác

Researching the issues related to the task of implementing the assessment during the period of operation, exploit on apartment

> TS TRẦN THỊ QUỲNH NHƯ

Trường Đại học Xây dựng Miền Trung

TÓM TẮT:

Hiện nay, đánh giá dự án đầu tư xây dựng nói chung hay các dự án nhà chung cư nói riêng hầu như chỉ quan tâm đến đánh giá tính hiệu quả trong quá trình hình thành dự án đó là: các giai đoạn của quá trình đầu tư, chưa thật sự chú trọng đến công tác đánh giá ở thời điểm khai thác vận hành công trình xây dựng, cụ thể bài báo này đề cập đến khai thác nhà chung cư mục đích để ở và nhà chung cư hỗn hợp. Thực tế cho thấy chi phí sử dụng để vận hành khai thác các công trình xây dựng lớn gấp nhiều lần so với chi phí bỏ ra để có sản phẩm xây dựng. Do đó, nếu không có sự đánh giá trong giai đoạn vận hành khai thác công trình xây dựng thì sẽ gây nhiều tổn thất, lãng phí đến nguồn lực xã hội và người sử dụng. Chính vì thế, trong bài báo này tác giả nghiên cứu những vấn đề liên quan đến công tác thực hiện đánh giá trong thời gian vận hành khai thác nhà chung cư sẽ góp phần hoàn thiện và nâng cao chất lượng, hiệu quả đầu tư đối với xã hội.

Từ khóa: nhà chung cư; đánh giá; khai thác; vận hành

ABSTRACT:

Currently, when it comes to assessing construction investment projects in general or the project of apartment in particular, the only factor that matters is assessing the efficiency during the process of project formation, these include the stages investment duration, considerable attention has not been paid to the assessment task at the time of exploiting the operation of the construction work, in concrete, this article mentions exploiting apartment exploiting to serve the purpose of accommodating and complex apartment. Reality show that the use expensive to operate and exploit the construction works are far larger than those of the financial figure spent on the sites. Without the assessment during the operation process, lot of undesirable loss wastefulness would be caused, which in turn negatively impacted social sources and users. Therefore, the author of this article researches into the issues related to the task of implementing the assessment during the period of operation on apartment, which contributes to completing and enhancing the quality, efficiency of investment to the entire society.

Keywords: apartment; assessment; exploit; operate

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Thông tư số 21/2019/TT - BXD ban hành ngày 31/12/2019 về Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Nhà chung cư thì “Nhà chung cư là nhà có từ 2 tầng trở lên, có nhiều căn hộ, có lối đi, cầu thang chung, có phần sở hữu riêng, phần sở hữu chung và hệ thống công trình hạ tầng sử dụng chung cho các hộ gia đình, cá nhân, tổ chức, bao gồm nhà chung cư được xây dựng với mục đích để ở và nhà chung cư được xây dựng có mục đích sử dụng hỗn hợp”. Như vậy nhà chung cư phải được sử dụng đúng công năng, mục đích thiết kế và nội dung dự án được phê duyệt khi đưa vào sử dụng vận hành, khai thác.

Hiện nay, có rất nhiều quy định về việc quản lý, sử dụng nhà chung cư như phải tuân thủ nội quy quản lý, sử dụng của từng nhà chung cư, quy định của pháp luật về nhà ở, và pháp luật có liên quan. Theo quy định hiện hành Chủ sở hữu, người sử dụng nhà chung cư phải đồng kinh phí bảo trì, kinh phí quản lý vận hành, kinh

phí hoạt động của Ban quản trị nhà chung cư và các khoản phí, lệ phí khác trong quá trình sử dụng nhà chung cư, quy định hoạt động bảo trì nhà chung cư phải được tiến hành theo Quy trình bảo trì được phê duyệt...Tuy nhiên chưa có thực hiện quản lý trong công tác đánh giá khai thác, vận hành nhà chung cư, kể cả khi đã xây dựng 4 tiêu chí căn cứ để phân hạng nhà chung cư: (1) Nhóm tiêu chí về quy hoạch - kiến trúc; (2) Nhóm tiêu chí về hệ thống, thiết bị kỹ thuật; (3) Nhóm tiêu chí về dịch vụ, hạ tầng xã hội; (4) Nhóm tiêu chí về chất lượng, quản lý, vận hành.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Trong thời gian qua, vì nhiều lý do khác nhau có sự tách biệt giữa đầu tư xây dựng và quản lý khai thác, vận hành các công trình xây dựng. Chính vì thế mà thiếu sự gắn kết giữa quản lý dự án giai đoạn chuẩn bị, thực hiện và giai đoạn vận hành khai thác dự án. Hầu hết

các dự án đầu tư xây dựng chỉ quan tâm đến các giai đoạn đầu tư, chưa thực hiện đánh giá hiệu quả của dự án sau đầu tư, tức giai đoạn vận hành khai thác. Đây là tồn tại trong quản lý dự án đầu tư xây dựng ở nước ta hiện nay.

Do đó, nghiên cứu thực hiện đánh giá dự án nhà chung cư trong giai đoạn vận hành khai thác là cần thiết và tiến hành độc lập, định kỳ theo giai đoạn sử dụng nhà chung cư nằm trong việc quản lý vòng đời dự án đầu tư xây dựng. Qua đó các bên thụ hưởng sẽ đạt đến những mong muốn:

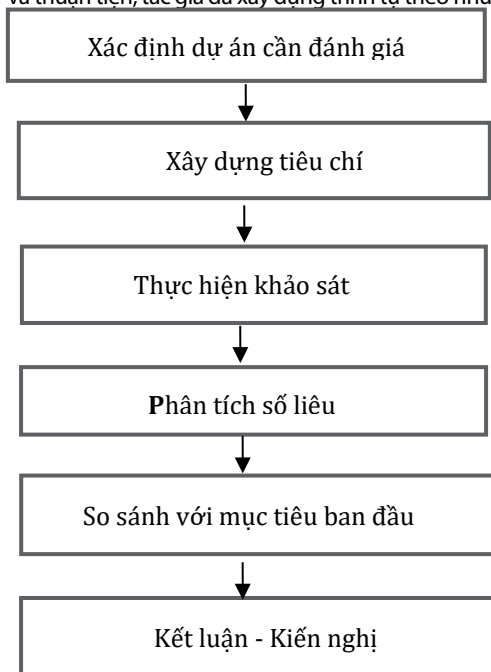
- Đối với người sở hữu hay sử dụng phải được duy trì các tiện ích trong suốt quá trình khai thác, sự thuận lợi trong mọi hoạt động hàng ngày tương xứng với các chi phí mà họ đã bỏ ra, tạo sự yên tâm sinh sống, nâng cao dân trí, có như thế giá trị của nhà chung cư sẽ được tốt hơn trong việc định giá các sản phẩm về sau;

- Còn đối với chủ đầu tư, hay các Ban quản lý, Ban quản trị nhà chung cư, thông qua việc đánh giá xếp hạng nhà chung cư là một trong những yếu tố góp phần nâng cao thương hiệu và uy tín của các bên có liên quan, từ đó có những lợi thế khi thực hiện các dự án mới.

Khi tổ chức đánh giá giai đoạn vận hành, khai thác nhà chung cư thì sẽ kiểm chứng được chất lượng và hiệu quả dự án được phân tích và xây dựng ở các giai đoạn trước. Từ đó sẽ phát hiện những tồn tại, bất cập và chưa phù hợp trong quá trình triển khai thực hiện dự án khi vận hành khai thác. Việc đánh giá được thực hiện định kỳ trong giai đoạn khai thác công trình xây dựng dựa trên các tiêu chí được xác định phù hợp với tính chất và mục tiêu của dự án đầu tư xây dựng nhằm đảm bảo mục tiêu ban đầu đề ra, giảm thiểu những tổn thất đồng thời cũng là bài học đáng giá cho việc đầu tư các dự án khác trong tương lai.

2.1 Xây dựng trình tự đánh giá

Để đảm bảo thực hiện công tác đánh giá sau dự án được khoa học và thuận tiện, tác giả đã xây dựng trình tự theo như sơ đồ Hình 2.1



Hình 2.1 Trình tự đánh giá giai đoạn vận hành khai thác

Phương pháp đánh giá

Mục tiêu của dự án đầu tư xây dựng nhà chung cư là xây dựng một hệ thống mạng lưới khu dân cư sinh sống hoàn thiện và đồng bộ đáp ứng tốt nhất nhu cầu ở của nhiều cư dân và liên quan đến

đô thị hóa. Các dự án nhà chung cư là nền tảng, là tiền đề để sắp xếp lại một phần không gian sống trong khu vực, ở mỗi vùng và trên toàn lãnh thổ của một quốc gia, góp phần hoàn thiện và chỉnh trang đô thị. Hiệu quả của nó chính là sự thúc đẩy và tạo tiềm năng phát triển các đô thị mới.

Đối với các dự án nhà chung cư mục đích của dự án hầu hết các chủ đầu tư là phải là tối đa hóa lợi nhuận, còn đối với quản lý Nhà nước là góp phần đô thị hóa, sử dụng quỹ đất cho nhà ở hợp lý là điều kiện để ổn định và phát triển toàn bộ nền kinh tế quốc dân trong hiện tại cũng như trong tương lai, còn đối với người có nhu cầu ở hay mục đích kinh doanh thì họ mong muốn những tiện ích nhiều nhất có thể với chi phí thấp nhất. Do đó, mục đích của dự án cần phải lấy lợi ích kinh tế - xã hội là cái đích phải đạt được, mà cụ thể là việc thúc đẩy phát triển kinh tế trong khu vực, nâng cao mức sống của người dân khu vực dự án và các khu vực lân cận.

Sau khi dự án đầu tư xây dựng đi vào khai thác, vận hành cần lập kế hoạch đánh giá dự án, thời điểm đánh giá lần đầu thường vào năm thứ 2 sau khi đi vào khai thác. Việc đánh giá sẽ do các chuyên gia tư vấn độc lập tiến hành theo nội dung và tiêu chí được xác định cụ thể tùy thuộc tính chất dự án. Đối với các dự án đầu tư xây dựng nói chung và dự án nhà chung cư, một khung mẫu về nội dung và tiêu chí được đề xuất như sau:

- ✓ Lợi ích của dự án nhà chung cư (kết quả đầu ra của dự án)

- Lợi ích trong ngành Xây dựng: Giảm chi phí khai thác, tiết kiệm quỹ đất, tạo lập môi trường không gian sống an toàn, văn minh,..

- Lợi ích ngoài ngành Xây dựng: tạo không gian sống với nhiều tiện ích, giảm thời gian đi lại trong một số hoạt động của cư dân trong quá trình sinh hoạt, thúc đẩy phát triển các ngành sản xuất khác.

- Lợi ích không (hoặc khó) lượng hoá được: an ninh, hạn chế tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái và môi trường xã hội, thúc đẩy văn hóa và một số lĩnh vực khác phát triển...

- ✓ Chi phí của dự án (nguồn lực đầu vào của dự án)

Các chi phí của dự án bao gồm phần vốn đầu tư cần thiết cho việc thực hiện dự án và phần chi phí vận hành khai thác trong cả vòng đời của dự án. Tùy theo tính chất của dự án các chi phí này rất khác nhau.

Các khoản mục chi phí của dự án thường gồm 2 thành phần chính

- Chi phí cho việc đầu tư xây dựng mới;

- Chi phí cho quá trình vận hành khai thác dự án gồm các chi phí quản lý và bảo trì sửa chữa các công trình chung nhằm duy trì năng lực thông qua của công trình, điện, nước, cây xanh...

2.2 Xây dựng tiêu chí đánh giá

- ✓ **Đánh giá tính phù hợp**

- ✧ Phù hợp với chính sách phát triển kinh tế xã hội của vùng, khu vực và địa phương nơi ảnh hưởng bởi dự án.

- ✧ Phù hợp với quy hoạch phát triển kinh tế, xã hội của vùng, khu vực; phù hợp với quy hoạch phát triển cơ sở hạ tầng, mạng lưới giao thông khu vực.

- ✧ Phù hợp với nhu cầu của địa phương nơi có dự án

- ✓ **Đánh giá tính hiệu suất**

- ✧ Năng lực sử dụng.

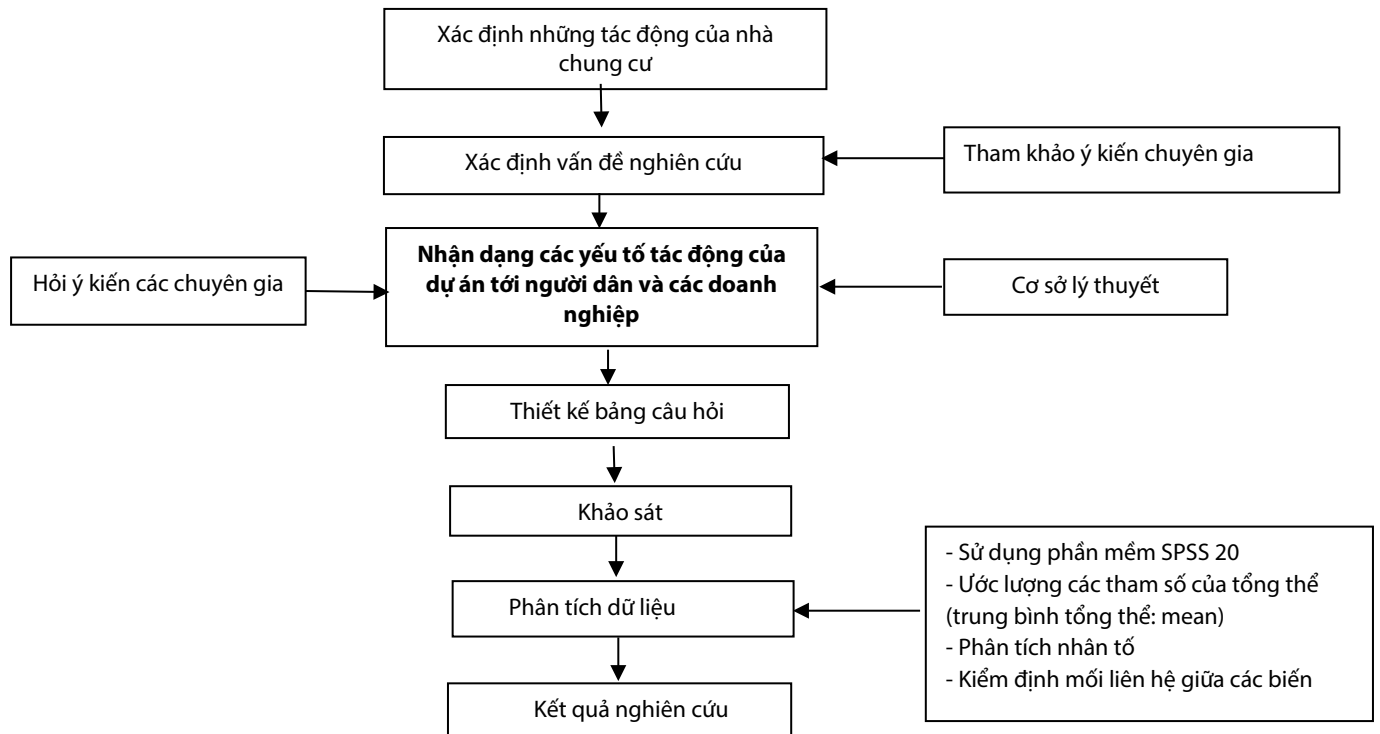
- ✧ Hao phí nguồn lực đầu vào (tiền, thời gian, sức lao động...) với năng lực thông qua và năng lực thực tế.

- ✧ Diện tích chiếm dụng đất so với lưu lượng thiết kế và năng lực thực tế khai thác.

- ✓ **Đánh giá tính hiệu quả:**

- ✧ Chỉ tiêu về lợi ích kinh tế, tài chính của dự án.

- ✧ Chỉ tiêu khai thác của dự án.



Hình 2.2. Quy trình nghiên cứu

✓ **Đánh giá tính tác động:** Đánh giá những tác động tích cực, tác động tiêu cực của dự án đối với nền kinh tế, đối với đơn vị khai thác và đối với người dân khu vực chịu ảnh hưởng của dự án.

✓ **Đánh giá tính bền vững:**

✧ Tiêu chí về kinh tế (không bao gồm nội dung trùng lặp với đánh giá tính hiệu quả) gồm các chỉ tiêu: cách thức vận hành của dự án; công tác bảo trì, duy tu, sửa chữa; giá trị gia tăng của đất.

✧ Tiêu chí về xã hội gồm 2 chỉ tiêu: an toàn; khả năng tiếp cận.

✧ Tiêu chí về môi trường gồm chỉ tiêu về: môi trường không khí và tiếng ồn; liên quan đến hệ sinh thái.

Trong đó phương pháp thực hiện: đối với các tiêu chí cụ thể về tính hiệu quả, tính tác động và tính bền vững thông qua các nội dung:

✓ **Tính hiệu quả:** Tiêu chí này được đánh giá, xem xét dựa trên mối quan hệ giữa lợi ích dự kiến của dự án và kết quả đầu ra của dự án, tập trung các tiêu chí về tài chính - kinh tế:

✧ Các chỉ tiêu tổng quát:

- Chỉ tiêu giá trị hiện tại ròng tài chính F-NPV và kinh tế E-NPV;

- Chỉ tiêu suất thu lợi nội tại tài chính F-IRR và kinh tế E-IRR;

- Chỉ tiêu tỷ số thu chi tài chính F-B/C và lợi ích chi phí E-B/C;

- Chỉ tiêu thời gian thu hồi vốn.

✧ Các chỉ tiêu lợi ích:

- Chi phí khai thác, vận hành;

- Tiết kiệm thời gian đi lại khi sinh sống;

- Tiết kiệm quỹ đất dành cho xây dựng.

- Các lợi ích xã hội khác

✓ **Tính tác động:** Dự án được xem xét trên những thay đổi của khu vực dự án với mục đích và mục tiêu ban đầu của dự án:

- Kết quả đạt được so với mục tiêu và mục đích của dự án;

- Những ảnh hưởng tích cực và tiêu cực của dự án;

- Những thay đổi trong cuộc sống của dân trong vùng dự án.

✓ **Tính bền vững:**

- Mục đích của dự án có tiếp tục được thực hiện sau khi đưa vào vận hành và khai thác?

- Mục tiêu tổng thể của dự án có đạt được trong tương lai?
- Việc duy trì chất lượng dự án để đảm bảo thực hiện mục tiêu? Công tác bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên có đảm bảo công suất khai thác hay không?

- Chênh lệch giá trị đất bên cạnh và xung quanh của khu vực;

- Tăng khả năng tiếp cận mọi hoạt động?

- Mức độ ô nhiễm môi trường không khí và tiếng ồn?

2.3 Xây dựng quy trình nghiên cứu và thu thập số liệu

Quy trình nghiên cứu nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của dự án theo nhóm các tiêu chí đến đời sống kinh tế xã hội của khu vực dự án được thực hiện như Hình 2.1

Xây dựng bảng câu hỏi khảo sát

✧ **Xây dựng thang đo**

Thang đo dùng trong khảo sát các dự án nhà chung cư trong giai đoạn khai thác, vận hành sẽ sử dụng thang đo Likert 5, mỗi yếu tố được hỏi sẽ được đánh giá với 5 mức từ 1 → 5 (rất đồng ý → rất không đồng ý).

Thu thập dữ liệu

Đối tượng khảo sát

Vi những mối quan hệ và lợi ích giữa các bên khai thác vận hành của nhà chung cư là khác nhau nên các đối tượng khảo sát phục vụ nghiên cứu cũng sẽ khác nhau bao gồm:

- Nhóm 1: cư dân sinh sống tại nhà chung cư;

- Nhóm 2: các doanh nghiệp (các đơn vị kinh doanh), các ban quản lý, chủ đầu tư, cơ quan quản lý Nhà nước khu vực nhà chung cư.

Phương pháp thu thập dữ liệu: nghiên cứu sử dụng 2 phương pháp để thu thập dữ liệu:

- **Phỏng vấn bán cấu trúc (Semi-structured interviews):** Áp dụng để thu thập dữ liệu trong giai đoạn đầu của nghiên cứu, được tiến hành bằng việc phỏng vấn trực tiếp một số hộ dân và doanh nghiệp tại các tòa nhà chung cư. Phương pháp này giúp nhận dạng các yếu tố ảnh hưởng của dự án để đưa vào bảng câu hỏi khảo sát đại trà.

- **Gửi bảng câu hỏi trực tiếp:** sau khi hoàn chỉnh các yếu tố trong bảng câu hỏi, phương pháp gửi bảng câu hỏi trực tiếp tới các đối tượng khảo sát được thực hiện trong các bước khảo sát thử nghiệm

và khảo sát chính thức. Bên cạnh đó, do trình độ dân trí của người dân không đồng đều nên trong một số trường hợp, các khảo sát viên phải giải thích cặn kẽ các yếu tố trong bảng câu hỏi và thực hiện các kỹ thuật phỏng vấn, sau đó giúp đáp viên hoàn thành bảng câu hỏi để thu thập dữ liệu cho nghiên cứu.

Bảng 2.1: Mô tả thang đo

Đánh giá	Thang đo tỷ lệ	Mô tả
1	Rất đồng ý	Hoàn toàn đồng ý với ý kiến nêu ra trong mục hỏi
2	Đồng ý	Đồng ý với ý kiến nêu ra trong mục hỏi
3	Không có ý kiến	Không đồng ý cũng không phản bác ý kiến nêu ra trong mục hỏi
4	Không đồng ý	Không đồng ý với ý kiến nêu ra trong mục hỏi
5	Rất không đồng ý	Rất nhiều lý do để không đồng ý với ý kiến được hỏi

Thiết kế bảng câu hỏi khảo sát

Như đã nói ở trên, đối tượng của nghiên cứu gồm hai nhóm là các hộ dân và các doanh nghiệp hoạt động trong khu vực nhà chung cư (nếu có). Do vậy, bảng câu hỏi khảo sát cũng được thiết kế thành 2 bảng: bảng câu hỏi khảo sát nhóm 1 và bảng câu hỏi khảo sát nhóm 2. Đề xuất một số nội dung cơ bản liên quan đến câu hỏi khảo sát:

✓ Đối với bảng câu hỏi nhóm 1:

- Yếu tố kinh tế: tiết kiệm chi phí đi lại, giá trị tăng theo thời gian, các loại phí quản lý, giảm các loại phí sinh hoạt, tăng thu nhập từ các hoạt động trong khu vực...;

- Việc làm, dân trí: tạo cơ hội việc làm, cải thiện đời sống, dân trí nâng cao, chia cắt không gian sống, hoạt động sửa chữa đơn lẻ gây mất trật tự...;

- Môi trường: tạo cảnh quan xung quanh, vệ sinh chung, giải quyết nhà ở, sử dụng hợp lý tài nguyên đất, sử dụng nhiều không gian chung, ô nhiễm tiếng ồn, các tiện ích trong và lân cận khu vực sinh sống, cây xanh xung quanh, sự hỗ trợ của ban quản lý tòa nhà...;

- An ninh: điều kiện an toàn sống được đảm bảo, tăng cường công tác bảo vệ; các hệ thống phòng chống cháy nổ đảm bảo, kiểm soát ra vào khu vực, hệ thống camera kiểm soát hành lang, bãi đỗ xe...giờ cao điểm đi lại khó khăn...;

- Các vấn đề khác như mối quan hệ giữa ban quản lý với cư dân sinh sống, bảo vệ tòa nhà, hệ thống giao thông, kết nối thuận lợi, diện tích công cộng, hành lang, hệ thống gas, xử lý rác thải, nước, điện sinh hoạt, đèn chiếu sáng hành lang, nơi sinh hoạt chung, hoạt động thang máy, thang bộ...

✓ Đối với bảng câu hỏi nhóm 2:

- Bảo trì và chi phí: thực hiện bảo trì/ năm; tăng phí bảo trì, phí quản lý, phí cho thuê (nếu có)...;

- An ninh: quản lý ra vào trong khu vực tòa nhà, cổng an ninh hệ thống camera, thang máy, khu vực để xe...;

- Các tiện ích: khu thể thao, các thiết bị thể thao, bể bơi công cộng, khu vui chơi cho thiếu nhi, công viên, phòng đợi, khu lễ tân, sân vườn, chiếu sáng an ninh...;

- An toàn: bình chữa cháy, báo khói, báo động, phun nước, lối thoát hiểm...;

- Năng lượng, nước và vệ sinh: quản lý điện, gas, máy biến áp, hệ thống cung cấp nước, ánh sáng tự nhiên, hệ thống thông gió, vệ sinh chung

- Dịch vụ: hướng dẫn, tiếp nhận các thông tin của cư dân sinh sống, thu gom xử lý rác sinh hoạt...;

- Những vấn đề của đơn vị khai thác: thái độ của Ban quản lý tòa nhà, thái độ phục vụ và xử lý tình huống...

Vấn đề nghiên cứu được xác định là mức độ ảnh hưởng của dự án theo nhóm các tiêu chí đến đời sống kinh tế xã hội của người dân và doanh nghiệp trong khu vực dự án.

Tiếp tục nghiên cứu cơ sở lý thuyết và tham khảo ý kiến các chuyên gia để nhận dạng được những tác động của dự án trong hoạt động khai thác đối với địa phương. Thiết kế bảng khảo sát thử nghiệm, tiến hành khảo sát thử nghiệm (nếu có) và phân tích kết quả bằng phần mềm SPSS 20.0. Căn cứ vào kết quả kiểm định thang đo, loại bỏ các yếu tố lợi ích không phù hợp, hoàn thiện bảng câu hỏi và tiến hành khảo sát chính thức.

Thu thập số liệu khảo sát, phân tích số liệu bằng phần mềm SPSS 20.0 Phân tích số liệu bắt đầu từ kết quả các giá trị thống kê mô tả của mẫu nghiên cứu, sử dụng bài toán ước lượng để xác định các giá trị trung bình của tổng thể. Tiếp theo phân tích nhân tố để rút gọn dữ liệu, xác định những tác động chính của dự án. Sau đó, tiến hành các phép kiểm định để xác định mối liên hệ giữa các biến. Cuối cùng tổng kết đánh giá kết quả nghiên cứu.

3. KẾT LUẬN

Tất cả mọi dự án đầu tư xây dựng nói chung và dự án nhà chung cư nói riêng cần phải được đánh giá một cách khách quan, và toàn diện, nhằm xác định được các tác động ngắn hạn hay dài hạn đối với các bên tham gia, bền thụ hưởng, và làm tăng giá trị cũng như những ảnh hưởng tích cực mà dự án mang cho môi trường xung quanh. Có như thế mới đảm bảo phát triển bền vững vì đây là một yêu cầu cần thiết trong bối cảnh hiện nay để phát triển kinh tế và đô thị một cách có hệ thống và duy trì lâu dài.

Chính vì việc thực hiện đánh giá trong giai đoạn vận hành khai thác được xem là một công cụ hữu ích để đảm bảo tính bền vững và hiệu quả đầu tư một đánh giá tính tổng thể về mặt kinh tế - xã hội - an ninh - môi trường của một khu vực, một hệ thống hoặc một tòa nhà, từ đó xem xét tất cả các chi phí liên quan góp phần sử dụng nguồn lực của xã hội một cách hợp lý và hình thành các khu đô thị hiện đại tiện ích góp phần cải thiện không gian sống, chất lượng sống. Để đạt mục đích đánh giá dự án nhà chung cư trong giai đoạn vận hành khai thác, đề xuất 3 giải pháp: (1) Xây dựng các tiêu chí đánh giá các nhà chung cư; (2) Dự án nhà chung cư đưa vào khai thác vận hành tiến hành thực hiện đánh giá xếp hạng nhà chung cư thông qua 5 tiêu chí về: tính phù hợp, tính hiệu suất, tính hiệu quả, tính tác động, tính bền vững; (3)Thực hiện đánh giá các dự án nhà chung sau mỗi chu kỳ 5 năm sau khai thác vận hành.

Qua kết quả đánh giá sẽ xác định được năng lực, uy tín, thương hiệu của chủ đầu tư, cũng như Ban quản trị tòa nhà và có xếp hạng để làm cơ sở cho sự đồng thuận ở những dự án tiếp theo. Cũng như qua đó giúp các cơ quan quản lý Nhà nước kiểm soát được việc thực hiện khai thác vận hành theo mục tiêu ban đầu của dự án, kiểm soát việc định giá sản phẩm xây dựng, an toàn sử dụng...nhà chung cư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 21/2019/TT-BXD* ngày 31/12/2016 về Tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia về nhà chung cư;
 [2]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 06/2019TT-BXD* bổ sung thay thế một số điều về quản lý sử dụng nhà chung cư của thông tư số 02/2016/TT - BXD.
 [3]. Hoàng Trọng, Chu Nguyễn Mộng Ngọc (2008), *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*, Nhà xuất bản Hồng Đức - TP.HCM.
 [4]. Trần Thị Quỳnh Như (2020), *Quản lý dự án đầu tư xây dựng*, TLGD.

Chuyển đổi số trong quản trị đô thị Phú Quốc, TP Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang

Digital transformation in urban management at Phu Quoc city, Kien Giang province

> **THS.KTS HÀ VĂN THANH KHƯƠNG**

Sở Xây dựng Kiên Giang

TÓM TẮT

Trong thời gian qua, được sự quan tâm chỉ đạo của Chính phủ, các Bộ, ban, ngành, sự quyết tâm thực hiện của tỉnh Kiên Giang, TP Phú Quốc có những phát triển vượt bậc, điểm sáng về thu hút đầu tư và phát triển đô thị, làm tiền đề cho phát triển mạnh và bền vững trong thời gian tới.

Hiện nay, TP Phú Quốc chưa áp dụng nhiều công nghệ thông tin vào công tác quản lý quy hoạch xây dựng và quy hoạch đô thị. Việc xây dựng hệ thống thông tin quy hoạch sẽ làm cơ sở đánh giá và dự báo chính xác về khả năng phát triển của đô thị, hoạch định chính sách phù hợp, quản lý phát triển đô thị hiệu quả, tránh rủi ro trong đầu tư và góp phần xây dựng hệ thống thông tin quy hoạch, hỗ trợ tích cực trong công tác công khai quy hoạch để người dân và các đơn vị tham gia phát triển đô thị và, giám sát thực hiện. Do đó, việc chuyển đổi số để quản trị đô thị theo hướng thông minh tại TP Phú Quốc là cần thiết và được thực hiện ngay từ khâu quy hoạch.

Từ khóa: chuyển đổi số, quản trị đô thị, quản lý đô thị.

ABSTRACT

In recent years, Phu Quoc city has received the attention and guidance of the central government, ministries, and departments; the determination in implementing of Kien Giang province, Phu Quoc city and the companion of investors. Phu Quoc has made outstanding developments, becoming a prime focus in terms of investment attraction and urban development, as a premise for strong and sustainable development in the coming time. Currently, Phu Quoc city has not applied much information technology (IT) to the management of construction planning and urban planning. The establishment of planning database system will serve as a basis for accurate assessment and projection of the city's development ability, appropriate policy making, effective urban development management. It allows investment risks mitigation, contributes to building an urban planning information database and actively supports in publicizing the planning for people and groups to participate in urban development and monitoring the implementation. Therefore, the digital transformation for smart urban management in Phu Quoc city is necessary and needs to be implemented since the planning stage.

Keywords: Digital transformation, Urban administration, Urban management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Kiên Giang là một trong 13 tỉnh, thành phố thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long, vị trí phía Tây Nam của Tổ quốc, diện tích 6.348,8 km², dân số khoảng 1.723.067 người (*thành thị 514.639 người chiếm 30% và nông thôn 1.208.428 người chiếm 70%*). Tỉnh Kiên Giang có 15 đơn vị hành chính, gồm 03 thành phố và 12 huyện. Địa giới hành chính: Đông và Đông Nam giáp tỉnh An Giang, TP Cần Thơ, tỉnh Hậu Giang, Tây giáp vịnh Thái Lan, Nam giáp tỉnh Cà Mau, Bạc Liêu và Bắc giáp Vương quốc Campuchia.

TP Phú Quốc là đô thị loại II, thành phố biển đảo đầu tiên của Việt Nam, nằm trên vùng biển Tây Nam Bộ, cực Nam của Tổ quốc. Diện tích tự nhiên là 589,923 ha, dân số khoảng 179.480 người, gồm 09 đơn vị hành chính (*02 phường: Dương Đông, An Thới và 07 xã: Hàm Ninh, Dương Tơ, Gành Dầu, Bãi Thơm, Cửa Dương, Cửa Cạn và xã đảo Thổ Châu*).

Năm 2004, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt "Đề án phát triển tổng thể đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang đến năm 2010 và tầm nhìn đến năm 2020" tại Quyết định số 178/QĐ-TTg ngày 5/10/2004. Đây là điểm mốc quan trọng trong tiến trình phát triển của TP Phú Quốc. Phú Quốc đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch chung năm 2005, điều chỉnh Quy hoạch 2010, điều chỉnh cục bộ (*lần 1*) năm 2015 và điều chỉnh cục bộ (*lần 2*) năm 2021. Phú Quốc hướng đến mục tiêu: Phát triển bền vững, hài hoà giữa phát triển kinh tế với bảo tồn di tích lịch sử, văn hoá và bảo vệ môi trường; đảm bảo an ninh quốc phòng vùng và quốc gia; từng bước trở thành một thành phố biển đảo, trung tâm du lịch và du lịch cao cấp, trung tâm khoa học và công nghệ của quốc gia và khu vực Đông Nam Á. Đến nay, TP Phú Quốc là điểm sáng, điểm nhấn ấn tượng rất đáng tự hào của tỉnh Kiên Giang, cả nước và thế giới, với 3 trụ cột chính: Nghi

dưỡng - Công nghiệp giải trí - Kinh tế biển và đang trên đà phát triển mạnh mẽ theo đúng định hướng của quy hoạch chung.

Bên cạnh các kết quả đạt được rất đáng khích lệ, Phú Quốc hiện nay cũng như trong tương lai đang phải đối diện với nhiều thách thức như: Chưa có các công trình xử lý rác thải, nước thải; ô nhiễm môi trường tại các bãi biển, sông Dương Đông; thiếu các công trình về y tế, giáo dục cấp đô thị; đặc biệt là thiếu các công trình công cộng, không gian mở để phục vụ cộng đồng; hạn chế việc tiếp cận không gian biển của nhân dân và du khách; chất lượng cuộc sống của người dân chưa tương xứng với sự phát triển về kinh tế và xã hội của thành phố; khoảng cách giàu nghèo ngày càng lớn; thiếu nguồn lực thực hiện.

Thực hiện chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ tại công văn số 739/TTg-CN ngày 08/6/2018. Ủy ban nhân dân tỉnh Kiên Giang đang thực hiện rà soát và đánh giá quá trình thực hiện quy hoạch chung để làm cơ sở nghiên cứu và đề xuất một số định hướng đi mới và tạo đột phá cho TP Phú Quốc, trong đó đặt biệt là định hướng phát triển theo hướng thành lập đơn vị Hành chính - Kinh tế đặc biệt.

Công tác quy hoạch xây dựng, quy hoạch đô thị là một lĩnh vực chuyên ngành vừa mang tính chất chuyên môn kỹ thuật (*Quy chuẩn xây dựng và tiêu chuẩn kỹ thuật*) và vừa mang tính chất quản lý nhà nước (*Pháp luật về xây dựng*), được cụ thể hóa bằng các đồ án và quyết định phê duyệt. Việc xây dựng hệ thống thông tin quy hoạch sẽ làm cơ sở đánh giá và dự báo chính xác về khả năng phát triển của đô thị, hoạch định chính sách phù hợp, quản lý phát triển đô thị hiệu quả, tránh rủi ro trong đầu tư và góp phần xây dựng hệ thống thông tin quy hoạch, hỗ trợ tích cực trong công tác công khai quy hoạch để người dân và các đơn vị tham gia phát triển đô thị và giám sát thực hiện. Do đó, việc chuyển đổi số để quản trị đô thị theo hướng thông minh tại TP Phú Quốc là cần thiết, phù hợp theo Quyết định số 1004/QĐ-BXD ngày 31/7/2020 của Bộ Xây dựng về việc phê duyệt “kế hoạch chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng 2030”.

2. VỀ CÔNG TÁC QUẢN LÝ VÀ THỰC HIỆN THEO ĐIỀU CHỈNH QUY HOẠCH CHUNG

Căn cứ Pháp luật về xây dựng, UBND tỉnh là cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng trên địa bàn toàn tỉnh. Sở Xây dựng Kiên Giang, Ban quản lý khu kinh tế Phú Quốc, Phòng quản lý đô thị Phú Quốc là cơ quan chuyên môn về xây dựng.

Căn cứ điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng đảo Phú Quốc tỉnh Kiên Giang đến năm 2030 tại Quyết định số 633/QĐ-TTg ngày 11/5/2010, UBND tỉnh đã phê duyệt quy chế quản lý quy hoạch, kiến trúc đô thị đảo Phú Quốc tỉnh Kiên Giang; phê duyệt 352 đồ án quy hoạch, trong đó 17 đồ án quy hoạch phân khu (*đô thị Dương Đông, đô thị An Thới, khu du lịch hỗn hợp Bãi Trường và các khu du lịch sinh thái, khu chức năng*) và 335 đồ án quy hoạch chi tiết. Trong 335 đồ án quy hoạch chi tiết, tỷ trọng của các nhóm đồ án gồm: 244 du lịch (*chiếm 72,8%*), 9 hạ tầng kỹ thuật (*chiếm 2,6%*), 25 khu dân cư (*chiếm 7,5%*), 12 vui chơi giải trí (*chiếm 3,5%*), 8 khu công cộng (*chiếm 2,3%*) và 37 đồ án khác (*chiếm 11,3%*).

3. ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG

Theo Quyết định 633/QĐ-TTg ngày 11/5/2010 của Thủ tướng Chính phủ, định hướng phát triển các khu đô thị; khu du lịch; khu ở nông thôn; khu sản xuất nông nghiệp công nghệ cao; hệ thống rừng, cây xanh công viên, mặt nước và không gian mở; khu tiểu thủ công nghiệp, khu phi thuế quan, các công trình đầu mối hạ tầng kỹ thuật. Theo Quyết định số 31/3013/QĐ-TTg ngày 22/5/2013 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập khu kinh tế Phú Quốc tỉnh Kiên Giang, các khu chức năng được tổ chức thành khu phi thuế quan và khu thuế quan (*Khu phi thuế quan là khu vực*

được xác định gắn với cảng An Thới và sân bay Phú Quốc. Khu thuế quan gồm khu du lịch, dịch vụ, cảng và dịch vụ hậu cần cảng, khu công nghiệp, khu đô thị, khu dân cư, khu hành chính và các khu chức năng khác). Các khu chức năng của TP Phú Quốc và của Khu kinh tế Phú Quốc cơ bản giống nhau và cùng nằm trên 1 địa bàn, do đó việc áp dụng Luật Quy hoạch xây dựng hay Luật Quy hoạch đô thị trong công tác lập, thẩm định và phê duyệt các quy hoạch cũng chưa rõ ràng.

Phạm vi địa giới hành chính của TP Phú Quốc rộng 589,923 ha và trùng với diện tích tự nhiên của khu kinh tế Phú Quốc. Các khu chức năng của TP Phú Quốc cũng trùng với các khu chức năng của Khu kinh tế Phú Quốc. Do đó, trên cùng 1 địa bàn hành chính là thành phố thì đồng thời có 3 cơ quan chuyên môn về xây dựng (*Sở Xây dựng, Ban quản lý khu kinh tế Phú Quốc và UBND TP Phú Quốc*) thực hiện quản lý nhà nước về xây dựng. Nội dung này gây chồng chéo trong công tác quản lý của thành phố.

UBND tỉnh đang triển khai lập quy định quản lý theo điều chỉnh Quy hoạch chung xây dựng đảo Phú Quốc được duyệt, chương trình phát triển đô thị, lập kế hoạch đầu tư xây dựng các công trình hạ tầng kỹ thuật khung và quản lý đất phát triển theo điều chỉnh quy hoạch xây dựng được duyệt, xây dựng các phương án phòng chống thiên tai, dịch bệnh, bảo vệ môi trường trên đảo Phú Quốc, tổ chức cắm mốc giới ngoài thực địa. Tuy nhiên, các nội dung này thực hiện còn chậm theo quy định dẫn đến khó khăn trong việc kêu gọi đầu tư theo lộ trình và kế hoạch, ảnh hưởng đến việc quản lý xây dựng và trật tự đô thị.

Hiện nay, TP Phú Quốc chưa áp dụng nhiều công nghệ thông tin vào công tác quản trị thành phố ở lĩnh vực quy hoạch đô thị, phát triển đô thị và hạ tầng kỹ thuật đô thị. Cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin, nhân lực và trang thiết bị còn thiếu; sự phối hợp giữa các ngành, cấp chưa chặt chẽ; kinh phí thực hiện còn hạn chế. Sự tiếp cận thông tin về quy hoạch của người dân và doanh nghiệp còn khó khăn; hiệu quả quản lý nhà nước và chất lượng dịch vụ công trực tuyến chưa cao; cơ sở dữ liệu số còn thiếu và chưa thống nhất giữa các ngành và các cấp quản lý.

4. CHUYỂN ĐỔI SỐ VÀ KINH NGHIỆM TRÊN THẾ GIỚI.

Chuyển đổi số đối với quản lý đô thị là quá trình áp dụng hệ thống kỹ thuật số lên các dữ liệu quản trị quy hoạch xây dựng và bất động sản. Chuyển đổi số có thể coi là một tiến trình phát triển tất yếu của xã hội. Chuyển đổi số trong quản lý đô thị yêu cầu năm quá trình: Khởi tạo (*Establishing*), Xử lý (*Processing*); Hệ thống hóa (*Systemizing*); Phổ cập (*Publishing*); Tự động hóa (*Automating*). Tùy thuộc vào nền tảng dữ liệu sẵn có và tiến bộ về khoa học công nghệ, các đô thị có thể xúc tiến tuần tự qua các bước trên hoặc nhảy thẳng tới các bước sau.

Việc **khởi tạo** hệ thống dữ liệu và phương thức quản lý là yếu tố tiên quyết để hình thành cơ sở cho chuyển đổi số. Các dữ liệu cần thiết cho quản lý đô thị bao gồm khảo sát địa hình, thông tin dự án đầu tư xây dựng, danh sách sở hữu bất động sản,... được khởi tạo thông tin đầu vào đồng bộ cho từng đơn vị hành chính. Những dữ liệu trên sẽ được **xử lý** tùy theo yêu cầu và tiêu chuẩn của từng địa phương, tuy nhiên thường đều tuân thủ các quy chuẩn nhất định được đặt ra bởi các quốc gia có lịch sử lâu đời trong quản trị dữ liệu đô thị. Hầu hết các quốc gia đã và đang phát triển đều đã trải qua các quá trình khởi tạo và xử lý dữ liệu.

Mức độ phát triển chuyển đổi số thực sự phân hóa bắt đầu từ bước thứ ba: **hệ thống hóa**. Quá trình hệ thống hóa đã tồn tại ở các nước như châu Âu và Mỹ từ hàng trăm năm trước, và tại các quốc gia này chuyển đổi số được phát triển tự nhiên từ quy trình hệ thống hóa đã bão hòa. Các hệ thống tiêu biểu bao gồm: Hệ thống dữ liệu bản đồ GIS; trang quản lý sở hữu/kiểm toán bất

BẢNG TỔNG HỢP TRẠNG THÁI CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ CỦA CÁC ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

Các địa điểm nghiên cứu	Các trạng thái chuyển đổi số				
	Khởi tạo	Xử lý/ processing	Hệ thống hóa	Phổ cập (publishing)	Tự động hóa
Sydney (AUS)	●	●	●	●	
Sete Lagoas (BRA)	●	●			
Toronto (CAN)	●	●	●	●	
Thượng Hải (CHI)	●	●	●	●	
Copenhagen (DEN)	●	●	●	●	●
London (ENG)	●	●	●	●	●
Helsinki (FIN)	●	●	●	●	●
Issy-les-Moulineaux (FRA)	●	●	●	●	
Munich (GER)	●	●	●		
Berlin (GER)	●	●	●	●	●
Hong Kong (HKG)	●	●	●	●	
Bangalore (IND)	●	●	●		
Tokyo (JAP)	●	●	●	●	●
Kyoto (JAP)	●	●	●	●	
Osaka (JAP)	●	●	●	●	●
Seoul (KOR)	●	●	●	●	
Kuala Lumpur (MYS)	●	●	●		
Amsterdam (NED)	●	●	●	●	●
Auckland (NZL)	●	●	●	●	●
Wellington (NZL)	●	●	●	●	
Singapore (SGP)	●	●	●	●	●
Abu Dhabi (UAE)	●	●	●		
Dubai (UAE)	●	●	●		
New York (USA)	●	●	●	●	
Chicago (USA)	●	●	●	●	
San Francisco (USA)	●	●	●	●	●
Harrisburg (USA)	●	●	●		
Boston (USA)	●	●	●	●	
Columbus (USA)	●	●	●	●	
Cincinnati (USA)	●	●	●	●	
TP. Hồ Chí Minh (VIE)	●	●	●		

- Trạng thái toàn phần
- Trạng thái bán phần/ đang phát triển

động sản; hệ thống quản lý hạ tầng đô thị thông minh (có thể kể đến tại Los Angeles, Singapore)... Đối với những quốc gia phát triển, việc **phổ cập** thông tin tới đại chúng là điều cần thiết để quảng bá và minh bạch, cũng như khảo sát ý kiến cộng đồng để định hướng và cải thiện phát triển đô thị. Tiêu biểu có thể kể tới những đô thị dân trí cao và có sự truy cập internet rộng rãi như Barcelona hay Seoul, nơi có những phần mềm Chính phủ đăng tải thông tin về các dự án bất động sản và đầu tư xây dựng cũng như các bài khảo sát bỏ phiếu công khai.

Quá trình tất yếu cuối cùng của việc chuyển đổi số là **tự động hóa**, cho phép quản lý và cập nhật dữ liệu đô thị thường trực mà không cần tác động thủ công. Tự động hóa toàn diện hiện nay vẫn chưa thực sự phổ biến và chỉ mới được thử nghiệm tại một số thành phố thông minh đi đầu tại Bắc Âu, Singapore và Hoa Kỳ.

5. ĐỀ XUẤT

Trên địa bàn TP Phú Quốc cùng phát triển song hành 3 nhiệm vụ: (1) phát triển đô thị Phú Quốc đạt loại I trong năm 2025 theo Quyết định số 241/QĐ-TTg ngày 21/2/2021 của Thủ tướng Chính phủ, (2) quản lý phát triển Khu kinh tế Phú Quốc theo Quyết định số

1558/QĐ-TTg ngày 14/9/2015 của Thủ tướng Chính phủ và (3) phát triển theo hướng thành lập đơn vị Hành chính - Kinh tế đặc biệt. Công tác quản lý theo quy hoạch được duyệt, lập kế hoạch đầu tư hạ tầng khung như giao thông, cấp điện, cấp nước, xử lý rác thải, nghĩa trang, xử lý ô nhiễm môi trường..., quản lý trật tự đô thị sẽ do chính quyền thành phố triển khai thực hiện. Thống nhất đề xuất thực hiện quy hoạch chung TP Phú Quốc theo quy định của Luật thực hiện quy hoạch đô thị, trong đó sẽ lồng ghép 3 nhiệm vụ nêu trên vào trong đồ án để thống nhất và quản lý.

Trong quá trình thực hiện, UBND tỉnh sẽ trình Bộ Xây dựng thẩm định, trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đồ án quy hoạch chung TP Phú Quốc sẽ tách rõ phạm vi ranh giới hành chính của thành phố Phú Quốc và ranh giới của Khu kinh tế Phú Quốc để làm cơ sở phân công và thực hiện nhiệm vụ của Sở Xây dựng, Ban quản lý Khu kinh tế Phú Quốc và UBND TP Phú Quốc và các ngành có liên quan, đảm bảo thống nhất trong chỉ đạo và thực hiện nhiệm vụ.

Trên cơ sở Đồ án Quy hoạch chung TP Phú Quốc được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, UBND tỉnh chỉ đạo Sở Xây dựng và các ngành có liên quan nhanh chóng hoàn thiện các nội dung Quy chế quản lý kiến trúc, chương trình phát triển đô thị, lập kế hoạch thực hiện theo

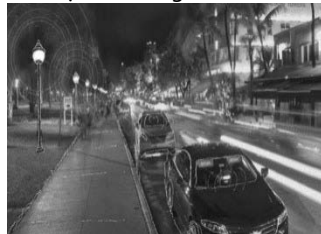
quy hoạch, triển khai các quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết. Đặc biệt là nội dung tổ chức cắm mốc giới theo quy hoạch được phê duyệt, đây là một nội dung quan trọng trong việc đảm bảo các đồ án quy hoạch đô thị đi vào cuộc sống, phát huy cao nhất giá trị thực tiễn của đồ án.

Nhanh chóng thực hiện Chương trình phát triển đô thị và kế hoạch thực hiện quy hoạch để đảm bảo việc kêu gọi đầu tư, đầu tư xây dựng hệ thống hạ tầng kỹ thuật khung nhằm đảm bảo phát triển cân bằng và đồng bộ các dự án phát triển kinh tế, dự án công cộng phục vụ cộng đồng và các dự án hạ tầng kỹ thuật. Phát triển bền vững cho TP Phú Quốc.

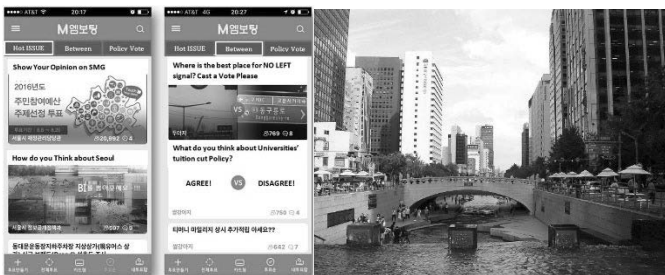


Đô thị kiểu mẫu Bern (Thụy Sĩ)

Trên cơ sở luật pháp hiện hành, cần áp dụng các biện pháp quản lý đô thị tương tự với các nước phát triển trên thế giới, trong đó có thể kể tới hệ thống luật, quy chuẩn, tiêu chuẩn và văn bản pháp lý, các cơ chế điều chỉnh thị trường thông qua các chính sách về thuế, phí. Ngoài các biện pháp kể trên, để Phú Quốc phát triển hiệu quả, bất động sản cần được kiểm soát đăng ký và lưu trữ hồ sơ chủ sở hữu, các quá trình mua bán, xây dựng và sửa chữa thông qua các bản đồ địa chính và hệ thống GIS rành mạch và công khai.



Hệ thống dữ liệu bản đồ (GIS) tại Miami – Florida, Hoa Kỳ



Ứng dụng khảo sát của Chính phủ giúp người dân Seoul có thể tiếp cận và đóng góp ý kiến với các dự án trong chủ trương của thành phố.

Trong đó, vấn đề chuyển đổi số trong quản trị đô thị TP Phú Quốc sẽ đóng vai trò quyết định. Việc quản lý đô thị theo hướng tích hợp các chương trình, công cụ trong quản trị đô thị thông minh đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi tại nhiều nước trên thế giới. Thực hành Chính phủ điện tử thu thập ý kiến của người dân cũng như doanh nghiệp trong các quyết định về dự án đầu tư xây dựng và phát triển đô thị qua những khảo sát trên web và phần mềm ứng dụng, tiêu biểu như tại các thành phố như Seoul, Barcelona, Helsinki. Quá trình kiểm soát và cấp

phép dự án cần được hỗ trợ trực tuyến, cập nhật dữ liệu số thường xuyên lên trang thông tin điện tử chính thức để đảm bảo tốc độ nhanh chóng và tính minh bạch. Thiết lập hệ thống kiểm soát cung - ứng trong đầu tư phát triển nhằm xác định rõ đối tượng ưu tiên xây dựng, cũng như cân đối nhu cầu phát triển của doanh nghiệp và nhu cầu an sinh của người dân. Giám sát và bảo trì các vấn đề hạ tầng kỹ thuật từ những công nghệ hạ tầng thông minh có thể áp dụng từ những kinh nghiệm tại Miami, Osaka, Bern.

6. KẾT LUẬN

Đến nay, TP Phú Quốc đã phát triển vượt bậc theo chỉ đạo của Chính phủ, các Bộ, Ban ngành cùng sự quyết tâm thực hiện của Tỉnh uỷ, UBND tỉnh và TP Phú Quốc. Với sự tham gia của các nhà đầu tư chiến lược, những dự án, công trình kiến trúc tầm vóc quốc tế mang dấu ấn thời đại đã khẳng định vị trí và thế đứng của Phú Quốc trên trường quốc tế, thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội và cải thiện đời sống của nhân dân. Song song với đó, cũng còn nhiều vấn đề cần giải quyết như áp dụng các văn bản quy phạm pháp luật vào công tác quy hoạch đô thị, xác định không gian cụ thể gắn với phân công nhiệm vụ, đẩy nhanh các công việc phải hoàn thành sau khi quy hoạch được phê duyệt và có kế hoạch triển khai thực hiện, quản lý đô thị theo hướng thông minh. Thiết lập và thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong quản trị đô thị sẽ là cơ sở phát triển thành phố Phú Quốc đúng theo định hướng của Chính phủ trong thời gian sớm nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Quyết định số 178/2004/QĐ-TTg ngày 5/10/2014 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt đề án phát triển tổng thể đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang đến năm 2010 và tầm nhìn đến năm 2020.

Thuyết minh quy hoạch hệ thống đô thị và dân cư nông thôn tỉnh Kiên Giang.

Đề án điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng đảo Phú Quốc đến năm 2030.

Quyết định số 31/2013/QĐ-TTg ngày 22/5/2013 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập khu kinh tế Phú Quốc tỉnh Kiên Giang.

Quyết định số 633/QĐ-TTg ngày 11/5/2010 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang đến năm 2030.

Quyết định số 241/QĐ-TTg ngày 24/2/2021 của Thủ tướng Chính phủ về phê duyệt kế hoạch phân loại đô thị toàn quốc giai đoạn 2021-2030.

<https://vi.wikipedia.org/wiki/Kien-Giang>

<https://vi.wikipedia.org/wiki/Phu-Quoc>

Kỷ yếu hội thảo “Giải pháp nào cho công tác quy hoạch và quản lý quy hoạch nhằm xây dựng đô thị Phú Quốc thành đảo du lịch - nghỉ dưỡng sinh thái biển đặc sắc theo quy hoạch chung đã được thủ tướng chính phủ phê duyệt”. Hội quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam và UBND tỉnh Kiên Giang tổ chức ngày 18/3/2017 tại Phú Quốc.

Kỷ yếu “Đô thị Châu Á trong thế kỷ 21: Xu hướng và thách thức”. Hội Kiến trúc sư Việt Nam tổ chức.

<https://seoulsolution.kr/en/content/%E2%80%98mobile-voting-app%E2%80%99-m-voting>

<https://gis.miamigov.com/gisapps/>

<https://www.geo.apps.be.ch/de>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Bern>

<http://www.helsinki.fi/finland/finland-news/domestic/15676-helsinki-ranked-fifth-worldwide-in-terms-of-smart-city-governance.html>

<http://www.barcinno.com/barcelona-smart-city-technologies/>

<https://www.smartcitiesworld.net/news/news/smart-cities-accelerator-to-be-launched-in-osaka-5553>

Ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo trong dự báo sức chịu tải móng nông

Application of artificial neural network in the forecast the ultimate bearing capacity of shallow foundations

> TS PHẠM TUẤN ANH^[1], TH.S NGUYỄN THANH TÂM^[2]

^[1]Trường Đại học Công nghệ GTVT, Email: Anhpt@utt.edu.vn

^[2]Trường Đại học Thủ đô Hà Nội, Email: nttam@hnmu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả ứng dụng mô hình mạng thần kinh nhân tạo trong việc xác định sức chịu tải móng nông. Một mô hình mạng thần kinh nhân tạo đã được xây dựng và tối ưu kiến trúc bằng thuật toán di truyền để xác định sức chịu tải móng nông. Một bộ số liệu gồm 112 kết quả thí nghiệm sức chịu tải móng nông với các kích thước khác nhau, được sử dụng để đào tạo và kiểm tra mô hình. Kết quả của nghiên cứu được so sánh với mô hình hồi quy tuyến tính, cho thấy mạng thần kinh nhân tạo được tối ưu tốt, cho phép dự đoán sức chịu tải móng nông sát với kết quả thí nghiệm hơn. Kết quả của nghiên cứu là một tiền đề cho việc ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo trong việc giải quyết các bài toán khác trong lĩnh vực xây dựng.

Từ khóa: sức chịu tải móng nông; thuật toán di truyền; mạng thần kinh nhân tạo.

ABSTRACT

This paper presents the results of applying an artificial neural network model in determining the load-bearing capacity of shallow foundations. An artificial neural network model has been built and optimized architecture, using genetic algorithms to determine shallow foundation resistance. A dataset consisting of 112 results of shallow foundation load tests with different dimensions is used to train and test the model. The results of the study were compared with the linear regression model, showing that the artificial neural network is well optimized, allowing to predict the shallow foundation load more closely with the experimental results. The results of the study are a premise for the application of artificial neural networks in solving other problems in the field of construction.

Keywords: shallow foundation bearing capacity; genetic algorithm; artificial neural network.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp có quy mô vừa và nhỏ hiện nay thông thường đều chọn giải pháp móng nông để tiết kiệm chi phí. Giải pháp móng này tương đối đơn giản về mặt thiết kế, thi công, đồng thời giúp giảm thiểu chi phí về kết cấu móng cho các công trình xây dựng. Khi thiết kế móng nông, có hai tiêu chí mà các kỹ sư quan tâm là sức chịu tải cực hạn và độ lún cuối cùng của móng. Trong đó, thông số sức chịu tải cực hạn của móng đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu. Sức chịu tải này thường được ước lượng dựa vào khả năng chống cắt của đất dựa trên mặt trượt phá hoại. Có thể kể đến các nghiên cứu như của Terzaghi [9], Vesic [15], Hansen [11] hay Meyerhof [13]. Các nghiên cứu này đều có chung nguyên lý là xem mặt phá hoại là các cung tròn, tùy theo hình dáng các mặt phá hoại mà xác định được các công thức xác định sức chịu tải của móng nông thông qua khả năng chống cắt của đất dọc theo các mặt phá hoại đó. Tuy vậy, do dựa trên nhiều giả thiết gần đúng như giả thiết mặt trượt, giả thiết bỏ qua trọng lượng bản thân đất v.v. dẫn đến việc kết quả thực nghiệm và lý thuyết chưa hoàn toàn phù hợp. Ngoài ra, việc xác định sức chịu tải của móng có thể dựa vào kết quả thực nghiệm.

Để tránh chi phí tốn kém, những thí nghiệm trong phòng được tiến hành với móng có kích thước thu nhỏ (kích thước móng khoảng vài cm), sau đó ngoại suy cho móng có kích thước thật. Tuy vậy, nhiều nghiên cứu cho thấy rằng sẽ có những sai lệch khi ngoại suy sức chịu tải từ những móng nhỏ cho móng kích thước lớn. Lý do là bởi tỷ lệ kích thước hạt so với bề rộng móng là không giống nhau trong các trường hợp [2].

Khoảng 2 thập kỷ vừa qua, các tiến bộ về trí tuệ nhân tạo đã tạo ra các bước tiến mạnh mẽ trong mọi lĩnh vực nghiên cứu nói chung và trong địa kỹ thuật nói riêng. Có thể kể đến Phạm và các cộng sự (2020) [7], Lee (1996) [5], Momeni và cộng sự [14] đã sử dụng mô hình ANN và RF để nghiên cứu tính toán sức chịu tải của cọc. Al-hamed và cộng sự (2014) [10] sử dụng mô hình ANN để dự đoán góc ma sát trong của đất. Habib Shahnazari và Mohammad A. Tutunchian (2012) [8] sử dụng thuật toán di truyền để xây dựng công thức hồi quy để xác định sức chịu tải cực hạn của móng nông. Baginska (2019) [3] tìm cách tối ưu các tham số của mô hình ANN bằng cách khảo sát nhiều trường hợp khác nhau nhằm dự báo sức chịu tải của móng nông.

Các nghiên cứu kể trên cho thấy tính khả thi khi áp dụng các mô hình máy học vào giải quyết các bài toán địa kỹ thuật. Các phân tích

trên đã cho thấy được các điểm hạn chế của các phương pháp truyền thống cũng như các ưu điểm của phương pháp máy học, ứng dụng trí tuệ nhân tạo. Tuy vậy, việc tối ưu và chính xác hóa mô hình trong địa kỹ thuật vẫn còn nhiều hạn chế. Ngoài ra, với kiến trúc mô hình phức tạp với rất nhiều tham số, việc tìm kiếm một kiến trúc tối ưu cho mạng thần kinh học sâu để đạt được hiệu suất cao trong việc dự đoán sức chịu tải của móng nông là một thách thức chưa được giải quyết triệt để. Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giải quyết các vấn đề phức tạp nói chung và các bài toán địa kỹ thuật nói riêng đang là một xu thế tất yếu tại Việt Nam và trên thế giới.

2. CÁC THUẬT TOÁN SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU.

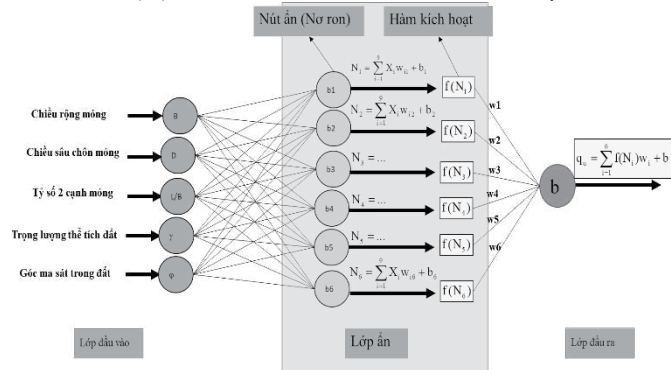
2.1. Mô hình mạng thần kinh nhân tạo

Mô hình mạng thần kinh nhân tạo là một trong những thuật toán phổ biến nhất và mạnh mẽ nhất trong họ các thuật toán máy học. Mô hình này được đề xuất bởi McCulloch và Pitts (1943) [6]. Trải qua quá trình phát triển và hoàn thiện, ngày nay, mạng thần kinh nhân tạo đã phát triển vượt bậc và được ứng dụng trong mọi lĩnh vực của khoa học kỹ thuật. Mô hình điển hình của mạng thần kinh nhân tạo điển hình được thể hiện trên Hình 1.

Có thể thấy, mô hình mạng thần kinh nhân tạo là một mạng lưới mô phỏng hoạt động của não bộ con người. Mô hình này bao gồm các nút được liên kết với nhau bằng các trọng số. Một mạng thần kinh nhân tạo điển hình gồm ít nhất 3 lớp: lớp đầu vào, lớp ẩn và lớp đầu ra. Tín hiệu đầu ra của một nút ẩn thứ j bất kỳ trong mạng được tính như sau:

$$N_j = f\left(\sum_{i=1}^n X_i w_{ij} + b_j\right) \quad (1)$$

Trong đó, N_j là đầu ra của một nút; X_i là biến đầu vào thứ i; w_{ij} là trọng số kết nối giữa biến đầu vào i và nút j; b_j là độ lệch của nút j và f) là hàm kích hoạt của nút ẩn; w_j là trọng số kết nối nút ẩn j và đầu ra; b là độ lệch của nút đầu ra; n là số nút ẩn của lớp.



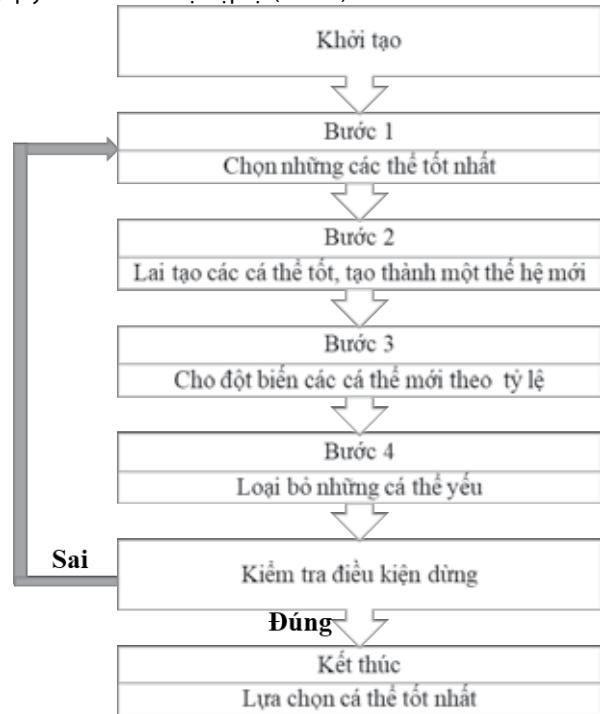
Hình 1. Sơ đồ thuật toán mạng thần kinh nhân tạo 1 lớp ẩn, 6 nút ẩn và 1 nút đầu ra

Mạng thần kinh nhân tạo có khả năng biểu diễn mối quan hệ phi tuyến giữa lớp đầu vào và đầu ra, thông qua các hàm kích hoạt phi tuyến của nút ẩn, các hàm kích hoạt thông dụng cho mạng thần kinh nhân tạo là relu, tanh và sigmoid. Thông thường, mạng thần kinh nhân tạo cần phải được đào tạo trước khi có thể sử dụng, việc đào tạo là quá trình khá phức tạp tối ưu các trọng số và độ lệch của mô hình, giúp mô hình khái quát quá được quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra. Trong nghiên cứu này, giải thuật đào tạo được sử dụng là thuật toán lan truyền ngược. Trong đó, sai số được truyền ngược từ lớp đầu ra đến lớp đầu vào và được giảm dần thông qua các bước lặp.

2.2. Thuật toán di truyền

Thuật toán di truyền là một thuật toán nằm trong họ thuật toán tiến hóa được giới thiệu lần đầu bởi Holland (1992) [4]. Thuật toán này sử dụng học thuyết tiến hóa của Darwin làm nền tảng. Thuật toán cho

phép tối ưu các hàm đa biến bằng cách xem xét các biến số của hàm như là các nhiễm sắc thể của một quần thể. Quần thể này liên tục tiến hóa qua các thế hệ, bằng cách lựa chọn những gen tốt nhất và truyền lại cho thế hệ sau. Những cá thể yếu sẽ bị đào thải ra khỏi quần thể để các gen của nó không thể tiếp tục được di truyền. Về tổng quan, thuật toán di truyền trải qua các vòng lặp (gọi là các thế hệ), và trong mỗi thế hệ, quy trình sau sẽ được lặp lại (Hình 2):



Hình 2. Sơ đồ thuật toán di truyền

Trong nghiên cứu này, các tham số liên quan đến kiến trúc mô hình mạng thần kinh nhân tạo, được coi là các gen của quần thể. Cá thể có gen tốt nhất ở thế hệ cuối cùng sẽ được sử dụng như mô hình tốt nhất, được sử dụng để đào tạo và kiểm chứng.

2.3. Dữ liệu đầu vào cho bài toán

Trong nghiên cứu này, dữ liệu được sử dụng để đào tạo và thử nghiệm mô hình mạng thần kinh nhân tạo được thu thập từ các tài liệu có độ tin cậy cao, bao gồm dữ liệu thử tải trên nền móng thực, cũng như các thông tin tương ứng liên quan đến móng và đất. Cơ sở dữ liệu chứa 112 bộ dữ liệu, bao gồm các móng có kích thước và hình dạng khác nhau được thử nghiệm thử tải trong các lớp cát có tính chất khác nhau do Kohenstani (2017) [12] tổng hợp. Các tham số đầu vào được chọn theo các khuyến cáo của các công trình nghiên cứu đã có như: TCVN 9386:2012 [1], và các nghiên cứu đã khuyến nghị [9], [15], [11]. Cụ thể hơn, các thông số đầu vào bao gồm chiều rộng móng (B, m), chiều sâu chôn móng (D, m), tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng móng (L/B), trọng lượng đơn vị của đất (γ , kN/m³) và góc nội ma sát của đất (ϕ , °). Khả năng chịu lực cực hạn của móng (q_u , kPa) là giá trị dự đoán đầu ra duy nhất. Tập dữ liệu được minh họa qua các thông số thống kê được thể hiện trong Bảng 1. Có thể thấy rằng chiều rộng móng thay đổi trong phạm vi rộng móng có kích thước thu nhỏ đến móng có kích thước lớn, cụ thể B thay đổi từ 0,03m đến 3 m. Chiều sâu chôn móng cũng thay đổi từ 0 đến 0,89m. Tỷ lệ L / B dao động từ 1 đến 6. Trọng lượng đơn vị thay đổi từ 9,85 kN/m³ đến 17,2 kN/m³ và góc ma sát thay đổi trong phạm vi nhỏ, từ 32 đến 44,8 (°). Trong khi đó, khả năng chịu lực cực hạn của móng thay đổi từ 14 đến 2847 kPa.

Bảng 1. Thống kê các thông số về móng và đất sử dụng trong nghiên cứu

Thông số	B	D	L/B	γ	φ	qu
Đơn vị	(m)	(m)	-	(kN/m ³)	(°)	(kPa)
Số mẫu	112	112	112	112	112	112
Nhỏ nhất	0.03	0.00	1.00	9.85	32.00	14.00
Trung bình	0.36	0.14	2.82	14.47	38.99	402.33
Lớn nhất	3	0.89	6.00	17.20	44.80	2847
Độ lệch chuẩn	0.49	0.19	2.12	2.58	3.39	504.31

Với các kỹ thuật máy học và trí tuệ nhân tạo, bộ dữ liệu cần được phân chia ngẫu nhiên thành 2 phần với tỷ lệ được lựa chọn là 75/25%. Trong đó, phần 75% được sử dụng để đào tạo mô hình và phần 25% dùng để kiểm tra độ chính xác của mô hình. Phần kiểm tra 25% được ẩn đi khỏi quá trình đào tạo, hiệu chỉnh mô hình và chỉ được sử dụng ở bước đánh giá cuối cùng.

2.4. Các chỉ tiêu hiệu suất Trong nghiên cứu này, các chỉ tiêu hiệu suất gồm hệ số tương quan bình phương (R²), lỗi bình phương trung bình gốc (RMSE) được sử dụng để đánh giá và so sánh các mô hình, cụ thể như sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Với, k là số lượng mẫu dữ liệu, y_i và \bar{y}_i là kết quả dự báo theo thí nghiệm và theo mô hình, \bar{y} là giá trị trung bình của y_i.

Cụ thể, R² đặc trưng cho tương quan giữa 2 kết quả tính. R² càng gần đến 1, hai kết quả tính càng sát nhau. RMSE đặc trưng cho sai số trung bình giữa 2 kết quả, RMSE càng nhỏ, độ chính xác dự đoán càng cao. Một mô hình được coi là tốt hơn khi đồng thời đảm bảo tốt cả hai tiêu chí này.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

3.1. Kết quả tối ưu mạng thần kinh nhân tạo bằng thuật toán di truyền

Trong phần này, thuật toán di truyền được sử dụng để tối ưu kiến trúc của mạng thần kinh nhân tạo. Hình 2 thể hiện cấu tạo của một nhiệm sắc thể điển hình trong quần thể. Có thể thấy rằng, nhiệm sắc thể này có độ dài 5 gen, mỗi gen ứng với một tham số kiến trúc của mạng thần kinh nhân tạo.



Hình 3. Cấu tạo nhiệm sắc thể và gen trong thuật toán di truyền

Nghiên cứu này lựa chọn 5 tham số quan trọng nhất của kiến trúc mạng là: số nơ ron ẩn, thuật toán đào tạo, hàm kích hoạt, tốc độ học tập và số chu kì đào tạo. Tất cả ý nghĩa tham số cũng như khoảng giá trị được đề cập trong Bảng 2. Có thể thấy rằng, nếu lựa chọn thủ công các tham số, số lượng mô hình cần kiểm tra có thể lên đến hàng nghìn trường hợp. Điều này gây tốn kém về mặt thời gian và tài nguyên để thực hiện. Trong trường hợp này, thuật toán di truyền cho phép tìm kiếm được mô hình tốt với thời gian và tài nguyên ít hơn nhiều.

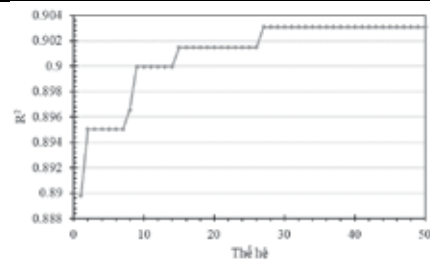
Bảng 2. Bảng giá trị các tham số mô hình

Tham số	Giải thích	Khoảng giá trị
Số nơ ron ẩn	Số lượng nút ẩn trong mạng	2÷100
Thuật toán đào tạo	Thuật toán sử dụng để tối ưu	Quasi-Newton, SGD, Adam
Hàm kích hoạt	Kiểu hàm kích hoạt của nút ẩn	'sigmoid', 'tanh', 'relu'
Tốc độ học tập	Hệ số khởi tạo tốc độ đào tạo của lan truyền ngược	0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3
Số chu kì	Số chu kì đào tạo mạng	1000, 2000, 3000, 4000

Trong quá trình tối ưu tham số mô hình bằng thuật toán di truyền, số lượng cá thể tối đa trong quần thể được lựa chọn từ đầu là 100 cá thể. Số lượng thế hệ đào tạo được khống chế sao cho sau 15 thế hệ, hiệu suất không được cải thiện thì coi như kết quả đã hội tụ và tiến hành dừng vòng lặp. Thống kê các thông số khởi tạo của thuật toán di truyền thể hiện trên Bảng 3. Thuật toán này sử dụng kỹ thuật xác thực chéo 5 lần trên tập đào tạo để đánh giá hiệu suất thay vì tập kiểm nghiệm. Điều này nhằm giúp ẩn đi tập kiểm nghiệm trong quá trình tối ưu, coi nó như một tập dữ liệu mới, chưa từng được tiếp cận với mô hình nhằm tránh hiện tượng quá khớp (overfitting). Tập kiểm nghiệm chỉ được sử dụng để đánh giá hiệu suất của mô hình cuối cùng được chọn. Kết quả tối ưu bằng thuật toán di truyền thể hiện trên Hình 3 và tổng hợp các tham số trong Bảng 4.

Bảng 3. Tham số của thuật toán di truyền

Tham số	Giá trị
Số cá thể	100
Tỷ lệ giao phối	50%
Tỷ lệ đột biến	20%
Số thế hệ	Dừng sau 15 thế hệ không cải thiện hiệu suất
Tập dữ liệu	5 Fold CV/Tập đào tạo.
Tiêu chí đánh giá	R ²



Hình 4. Kết quả chạy tối ưu kiến trúc mạng thần kinh nhân tạo bằng thuật toán di truyền.

Bảng 4. Các tham số tối ưu của mô hình

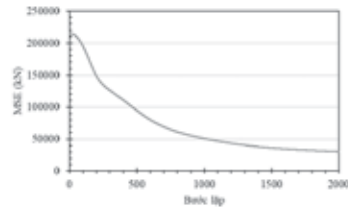
Tham số	Giá trị
Số nơ ron ẩn	23
Thuật toán đào tạo	Quasi-Newton
Hàm kích hoạt	Relu
Tốc độ học tập	0.01
Số chu kì	2000

Nhận xét: Có thể thấy rằng, quá trình tối ưu hội tụ ở khoảng thế hệ 27, với tiêu chí R² đạt 0.903 trên tập xác thực chéo 5 lần. Giá trị này không đổi cho đến thế hệ 50, thỏa mãn điều kiện dừng của thuật toán. Thuật toán đào tạo phù hợp nhất cho dữ liệu này là thuật toán Quasi-Newton, số nơ ron ẩn không cần quá nhiều để mô hình đạt được độ chính xác tốt. Mô hình này sẽ được sử dụng để đánh giá hiệu suất ở phần tiếp theo.

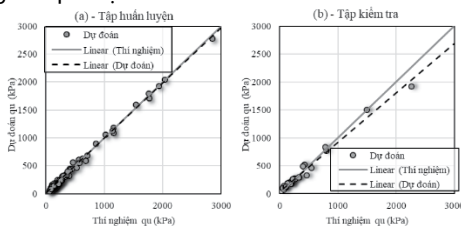
3.2. Khả năng dự báo của mô hình

Mô hình mạng thần kinh nhân tạo, với các tham số kiến trúc mô hình tối ưu tìm được ở phần trước, được đào tạo trên tập huấn luyện, và sau đó được đánh giá hiệu quả trên tập kiểm nghiệm. Kết quả của quá trình đào tạo, sử dụng hàm mất mát là hàm sai số bình

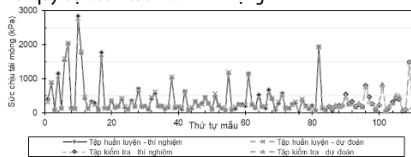
phương trung bình (MSE), được thể hiện trên Hình 4. Có thể thấy sau khoảng 2000 chu kỳ đào tạo, kết quả đã khá hội tụ tại giá trị MSE = 30568 (kPa)



Hình 5. Đường cong lỗi trung bình của mô hình trong quá trình đào tạo
 Kết quả hồi quy dự đoán sức chịu tải cực của mạng thần kinh nhân tạo trên tập huấn luyện và tập kiểm tra thể hiện trên Hình 3 và mô phỏng kết quả dự đoán trên hình Hình 3.



Hình 6. Kết quả hồi quy dự đoán của mô hình mạng TKNT



Hình 7. Mô phỏng kết quả dự đoán của mạng thần kinh nhân tạo
 Nhận xét: Kết quả phân tích cho thấy, mô hình mạng thần kinh nhân tạo dự đoán chính xác sức chịu tải cọc. Cụ thể, với tập huấn luyện, chỉ tiêu R² = 0,868 và RMSE = 640.672 kN. Với tập kiểm tra, chỉ tiêu R² = 0,911 và RMSE = 912.64 kN.

3.3. So sánh kết quả tính với mô hình hồi quy tuyến tính. Trong phần này, kết quả tính của mô hình mạng thần kinh nhân tạo được so sánh với kết quả tính theo hồi quy tuyến tính. Hồi quy tuyến tính là một trong những mô hình phổ biến nhất của xác suất thống kê và đã thể hiện được hiệu quả tốt trong rất nhiều nghiên cứu trước đó. Công thức tổng quát của hồi quy tuyến tính có thể được thể hiện qua công thức sau:

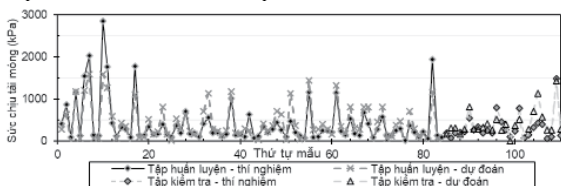
$$y_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{6i}) = \sum_{j=1}^6 \beta_j \cdot x_{ji} + \beta_0 \quad (4)$$

Trong đó, β_j là hệ số của biến đầu vào j và β_0 là hệ số tự do.

Tiêu chí lỗi bình phương cực tiểu thường được sử dụng để tìm ra các hệ số tối ưu cho mô hình hồi quy tuyến tính, tiêu chí đó được thể hiện qua công thức sau:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

Trong đó, S là tổng bình phương sai số; n là số lượng dữ liệu đào tạo; y_i là giá trị dự đoán và \hat{y}_i là giá trị thực.



Hình 8. Mô phỏng kết quả dự đoán theo mô hình hồi quy tuyến tính
 Trong nghiên cứu này, thuật toán di truyền là thuật toán được sử dụng để tối ưu các hệ số của mô hình hồi quy tuyến tính. Kết quả

của quá trình tối ưu được thể hiện trong Bảng 5. Kết quả hồi quy của mô hình được thể hiện trên Hình 8.

Bảng 5. Các hệ số tối ưu của mô hình hồi quy tuyến tính

Số hạng tự do	B	D	L/B	γ	ϕ
-205.81	-50.48	1909.98	-15.34	-255.65	878.78

Bảng 6. So sánh kết quả giữa hai phương pháp

Tập dữ liệu	Tiêu chí	Mạng thần kinh nhân tạo	Hồi quy tuyến tính	Chênh lệch
Đào tạo	R ²	0,996	0,772	29,02%
	RMSE (kPa)	31,018	270,713	88,54%
Kiểm tra	R ²	0,981	0,594	65,15%
	RMSE (kPa)	49,31	228,907	78,46%

Nhận xét: Kết quả so sánh giữa hai phương pháp được thể hiện trên Bảng 6. Có thể thấy rằng, mô hình hồi quy tuyến tính dự đoán sức chịu tải của móng nông khá tốt, cụ thể R² = 0,772; RMSE = 270,713 (kPa) trên tập huấn luyện và R² = 0,594; RMSE = 228,907 (kPa) trên tập kiểm tra. Tuy vậy, khả năng dự đoán của mô hình mạng thần kinh nhân tạo lại cho thấy độ chính xác vượt trội khi đạt trên 0.98 với tiêu chí R² ở cả 2 tập dữ liệu. Ngoài ra, nếu dựa trên tiêu chí RMSE, độ chính xác mô hình mạng thần kinh nhân tạo cũng cho thấy lỗi thấp khi đều đạt dưới 50 (kPa).

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã trình bày việc ứng dụng mô hình mạng thần kinh nhân tạo để xác định sức chịu tải cực hạn của móng nông. Kiến trúc mô hình được tối ưu bằng thuật toán di truyền, điều này cho phép tiết kiệm thời gian và tài nguyên để tìm được mô hình tốt so với giải pháp tìm kiếm thủ công. Kết quả tối ưu cho thấy, mạng thần kinh nhân tạo với 23 nút ẩn và sử dụng hàm kích hoạt relu sẽ có tiềm năng tốt cho việc dự đoán sức chịu tải cực hạn của móng nông. Ngoài ra, mô hình mạng thần kinh nhân tạo cho kết quả vượt trội so với kết quả tính theo hồi quy tuyến tính. Trên cơ sở kết quả tính toán, kiến nghị nên nghiên cứu đưa mô hình mạng thần kinh nhân tạo đã được tối ưu vào các tiêu chuẩn nền móng để đạt độ chính xác cao hơn trong thiết kế thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- TCVN 9362-2012 (2012), *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*.
- Tatsuoka F., Okahara M., Tanaka T. và cộng sự. (1991). Progressive Failure and Particle Size Effect in Bearing Capacity of a Footing on Sand. *ASCE*, 788-802.
- Bagiriska M. và Srokoz P.E. (2019). The Optimal ANN Model for Predicting Bearing Capacity of Shallow Foundations trained on Scarce Data. *KSCE J Civ Eng*, 23(1), 130-137.
- Holland J.H., Holland P. of P. and of E.E. and C.S.J.H., và Holland S.L. in H.R.M. (1992), *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*, MIT Press.
- Lee I.-M. và Lee J.-H. (1996). Prediction of pile bearing capacity using artificial neural networks. *Computers and Geotechnics*, 18(3), 189-200.
- McCulloch W.S. và Pitts W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115-133.
- Pham T.A., Ly H.-B., Tran V.Q. và cộng sự. (2020). Prediction of Pile Axial Bearing Capacity Using Artificial Neural Network and Random Forest. 21.
- Shahnazari H. và Tutunchian M.A. (2012). Prediction of ultimate bearing capacity of shallow foundations on cohesionless soils: An evolutionary approach. *KSCE J Civ Eng*, 16(6), 950-957.
- Terzaghi, K (2007). Bearing Capacity. *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, Ltd, 118-143.
- Al-Hamed S.A., Wahby M.F., và Aboukarima A.M. (2014). Artificial neural network for soil cohesion and soil internal friction angle prediction from soil physical properties data.
- HANSEN J. Brinch (1961). A general formula for bearing capacity. *Danish Geotechnical Institute, Bulletin*, 11, 38-46.
- Kohestani V.R., Vosoghi M., Hassanlourad M. và cộng sự. (2017). Bearing capacity of shallow foundations on cohesionless soils: A random forest based approach. *Civil Engineering Infrastructures Journal*, 50(1), 35-49.
- Meyerhof G.G. (1963). Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations. *Can Geotech J*, 1(1), 16-26.
- Momeni E., Nazir R., Armaghani D.J. và cộng sự. (2015). Application of Artificial Neural Network for Predicting Shaft and Tip Resistances of Concrete Piles. *Earth Sciences Research Journal*, 19(1), 85-93.
- VESIC A.S. (1975). Bearing Capacity of Shallow Foundations. *Foundation Engineering Handbook*.

Phân tích dao động tự do của thanh có xét đến biến dạng trượt ngang bằng phương pháp chuyển vị cưỡng bức - lời giải số

Analysis of bar's free vibration with considering lateral shear strain by forced displacement method - numerical solution

> **A.PROF.PHD DOAN VAN DUAN**

Faculty of Engineering - Vietnam Maritime University

Email: duandv.ct@vmaru.edu.vn - Tel: [0945 092348](tel:0945092348)

TÓM TẮT:

Phương trình dao động tự do của thanh là phương trình trị riêng, có vế phải bằng không, để giải phương trình này các tác giả trong và ngoài nước đã sử dụng các phương pháp truyền thống là đưa ma trận hệ số của phương trình dao động tự do của thanh về dạng đường chéo hoặc dạng ma trận băng, dải dọc theo đường chéo chính bằng các thuật toán khác nhau, như thuật toán Jacobi [4], LR [4], [5], QR[5], không gian con [5]...rất phức tạp, để lấy tích của số hạng đó cho ta phương trình đa thức đặc trưng để xác định các trị riêng. Vì vậy, để đơn giản hóa việc giải các bài toán, trong bài báo này tác giả sử dụng một phương pháp mới trong [2], [3] "Phương pháp chuyển vị cưỡng bức" để tìm trị riêng và véc tơ riêng của các bài toán theo lời giải số.

Từ khóa: chuyển vị cưỡng bức; dao động; trị riêng, véc tơ riêng.

ABSTRACT

The equation of free vibration of the bar is an eigenvalue equation, with the right side equals zero, to solve this equation domestic and foreign authors have used the traditional methods to bring the coefficient matrix of the equation of free vibration of the bar to diagonal or band matrix form, strip along the main diagonal by different algorithms, such as Jacobi algorithm [4], LR [4], [5], QR[5], subspace [5]... is very complicated, to get the product of that term gives us the characteristic polynomial equation to determine the eigenvalues. Therefore, to simplify in solving the problems in this paper, the author uses a new method in [2], [3] "Forced displacement method" to find eigenvalues and eigenvectors of problems according to numerical solutions.

Keywords: forced displacement; oscillate; eigenvalues, eigenvectors.

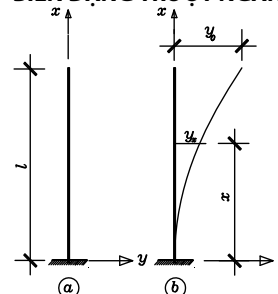
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các phương pháp [4], [5] mặc dù phải biến đổi ma trận phức tạp nhưng đôi khi cho lời giải không đủ tin cậy vì độ hội tụ của bài toán còn phụ thuộc vào tính chất của ma trận, đối xứng hay không đối xứng, xác định dương hay không xác định dương... Khác với các phương pháp truyền thống, phương pháp chuyển vị cưỡng bức có cách nhìn đơn giản, dễ hiểu, bằng cách kích chuyển vị tại một điểm bất kỳ trên thanh cho phép ta đưa phương trình trị riêng của thanh dao động tự do về phương trình vi phân có vế phải, giải phương trình này ta nhận được ngay các tần số dao động của thanh mà không cần thông qua các phép biến đổi ma trận phức tạp. Trong [2], [3] tác giả đã sử dụng phương pháp chuyển vị cưỡng bức để giải các bài toán trị riêng nói trên, theo lời giải bán giải tích.

Trong bài báo này, tác giả cũng dùng phương pháp chuyển vị cưỡng bức nêu trên, kết hợp với phương pháp phần tử hữu hạn để

xây dựng và giải bài toán dao động tự do của thanh có xét đến ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang theo lời giải số.

2. BÀI TOÁN DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA THANH CÓ XÉT ĐẾN BIẾN DẠNG TRƯỢT NGANG



Hình 1. Thanh ngang - Tự do

Xét thanh thẳng, có tiết diện không đổi, có khối lượng m phân bố đều trên thanh. Khi có chuyển vị ngang, thì ngoài nội lực M và Q , còn phải xét đến lực quán tính f_m . Lực quán tính f_m bằng tích của khối lượng với gia tốc của chuyển động và có phương tác dụng là phương của chuyển động (phương của độ võng) của thanh.

Như vậy, lực quán tính có tác dụng giống như lực ngang, trong trường hợp này là lực ngang phân bố, đặt tại trục thanh. Nếu khối lượng m phân bố trên chiều cao của tiết diện thanh thì do tiết diện thanh bị xoay, còn có lực quán tính xoay của tiết diện thanh. Để đơn giản nghiên cứu, ta không xét lực quán tính xoay này.

Với nguyên lý D'Alambert, xem lực quán tính f_m như là ngoại lực cản tác dụng lên thanh, và vì lực quán tính là hàm của thời gian nên hàm độ võng và các hàm nội lực trong thanh đều là hàm của tọa độ và thời gian: $W = W(x, t)$ là hàm độ võng, $M = M(x, t)$ là hàm momen uốn, $V = V(x, t)$ là hàm lực cắt.

Lực quán tính của thanh được tính như sau

$$f_m = m \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \quad (1)$$

Xem lực quán tính f_m như là ngoại lực cản phân bố tác dụng lên thanh, viết ngay được hai phương trình vi phân cân bằng

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + f_m &= 0 \quad (a) \\ -\frac{\partial M}{\partial x} + V &= 0 \quad (b) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Khi xét biến dạng trượt trong thanh, biến dạng trượt γ , góc xoay do momen uốn θ , biến dạng uốn χ và nội lực momen xác định theo các biểu thức sau:

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{\alpha}{GF} V; \theta = \frac{\partial W}{\partial x} - \gamma \\ \chi &= -\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\alpha}{GF} \frac{\partial V}{\partial x} \\ M &= -EJ\chi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Đưa các biểu thức (1) và (3) vào (2) nhận được

$$\left. \begin{aligned} EJ \left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{\partial^3 V}{\partial x^3} \right) + m \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} &= 0 \quad (a) \\ EJ \left(\frac{\partial^3 W}{\partial x^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \right) + V &= 0 \quad (b) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Nghiệm của hệ (4) có thể viết dưới dạng

$$\left. \begin{aligned} W(x, t) &= y(x) \cos(\omega t) = y \cos(\omega t) \\ V(x, t) &= Q(x) \cos(\omega t) = Q \cos(\omega t) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Khi đó hệ (3.4) có dạng

$$\left. \begin{aligned} \left(EJ \left(\frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^3 Q}{dx^3} \right) - m\omega^2 y \right) \cos(\omega t) &= 0 \\ \left(EJ \left(\frac{d^3 y}{dx^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^2 Q}{dx^2} \right) + Q \right) \cos(\omega t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Vì thành phần trong ngoặc không phụ thuộc t nên hệ (6) được giản hóa như sau

$$\left. \begin{aligned} EJ \left(\frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^3 Q}{dx^3} \right) - m\omega^2 y &= 0 \\ EJ \left(\frac{d^3 y}{dx^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^2 Q}{dx^2} \right) + Q &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Hay

$$\left. \begin{aligned} EJ \frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{\alpha h^2}{6} \frac{d^3 Q}{dx^3} - m\omega^2 y &= 0 \\ EJ \frac{d^3 y}{dx^3} - \frac{\alpha h^2}{6} \frac{d^2 Q}{dx^2} + Q &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7a)$$

Hai hàm $y = y(x)$ và $Q = Q(x)$ đều là hàm của tọa độ x . Hệ (7) không phụ thuộc vào biến t , là hệ hai phương trình vi phân tuyến tính có hệ số không đổi. Khi không xét biến dạng trượt, cho $G \rightarrow \infty$ hoặc cho $h = 0$ thì hai phương trình đầu của hệ (7) và của hệ (3.7a) trở thành phương trình dao động của thanh theo lý thuyết dầm Euler-Bernoulli, giải phương trình này tìm được độ võng y rồi dùng phương trình thứ hai để tính Q .

Phương pháp chung để giải hệ (7) là giải hai phương trình đặc trưng của chúng và xây dựng nghiệm y và Q trên cơ sở các nghiệm (trị riêng) của các phương trình đặc trưng. Tuy nhiên, ta sẽ dùng phương pháp chuyển vị cưỡng bức để giải.

3. PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN VỊ CƯỜNG BỨC

Khi xây dựng bài toán theo phương pháp nguyên lý cực trị Gauss, có thể dùng các đại lượng biến phân (chuyển vị ảo và biến dạng ảo) không phụ thuộc thời gian

$$\left. \begin{aligned} \gamma_x &= \frac{\alpha}{GF} Q; \theta_x = \frac{\partial y}{\partial x} - \gamma_x \\ \chi_x &= -\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\alpha}{GF} \frac{\partial Q}{\partial x} \\ M_x &= EJ\chi_x \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Kí tự x ở chân các đại lượng để chỉ rằng đại lượng chỉ phụ thuộc x .

Bài toán dao động tự do của thanh được dẫn về bài toán tìm cực tiểu của lượng cưỡng bức chuyển động tại một thời điểm t bất kì:

$$Z = \int_0^l M_x [\chi_x] dx + \int_0^l V [\gamma_x] dx + \int_0^l f_m [y] dx \rightarrow \min \quad (9)$$

Đại lượng trong ngoặc vuông của phiếm hàm (9) là đại lượng biến phân.

Từ điều kiện cực tiểu

$$\delta Z = \int_0^l M_x \delta [\chi_x] dx + \int_0^l V \delta [\gamma_x] dx + \int_0^l f_m \delta [y] dx = 0 \quad (10)$$

và dùng phép tính biến phân sẽ nhận được lại hai phương trình (6) và vì bài toán tuyến tính theo t nên lại có hệ (7).

Như vậy, bài toán dao động tự do của thanh bằng cách dùng biến đổi (5) dẫn về giải hệ (7) là hệ không chứa biến t . Nghiệm $y \neq 0$ (nghiệm không tầm thường) của hệ (7) tùy thuộc vào các thông số m, EJ, ω và chiều dài thanh. Thông thường, các thông số m, EJ và chiều dài thanh đã biết nên tần số là hàm của các đại lượng này.

Sử dụng các đại lượng không chứa biến thời gian t , bài toán (9) có dạng

$$Z = \int_0^l M_x [\chi_x] dx + \int_0^l V [\gamma_x] dx + \int_0^l f_m [y] dx \rightarrow \min \quad (11)$$

$$\text{Ở đây} \quad M_x = EJ\chi_x, \quad f_x = -m\omega^2 y \quad (12)$$

Để giải bài toán (3.11) ta dùng phương pháp chuyển vị cưỡng bức bằng cách cho một điểm nào đó của thanh, ví dụ điểm x_1 , chuyển vị cưỡng bức y_0 .

$$g_1 = y(x_1) - y_0 = 0 \quad (13)$$

Bài toán cực tiểu (11) với ràng buộc (13) là bài toán tính thanh chịu chuyển vị cưỡng bức tại điểm x_1 , có ẩn là tần số ω cho nên có thể được gọi là bài toán dao động tự do của thanh. Viết phiếm hàm Lagrange mở rộng F của (11) và (13), ta có điều kiện cực trị

$$\delta F = \int_0^l M_x \delta \left[-\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{\alpha}{GF} \frac{dQ}{dx} \right] dx + \int_0^l Q \delta \left[\frac{\alpha}{GF} Q \right] dx + \int_0^l f_x \delta [y] dx + \delta [\lambda g_1] = 0 \quad (14)$$

λ trong (3.14) là thừa số Lagrange và là ẩn mới của bài toán. Từ (3.14) nhận được hai phương trình cân bằng (hai phương trình Euler):

$$\left. \begin{aligned} EJ \left(\frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^3 Q}{dx^3} \right) - m\omega^2 y &= \begin{cases} -\lambda, & x = x_1 \\ 0, & x \neq x_1 \end{cases} \\ EJ \left(\frac{d^3 y}{dx^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^2 Q}{dx^2} \right) + Q &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

cùng với phương trình (13). Hệ phương trình (15) có vẻ phải là λ .

Xét về cơ học, λ có thứ nguyên là lực và đó là lực giữ để chuyển vị tại điểm $x=x_1$ của thanh bằng chuyển vị cưỡng bức y_0 (phương trình (13)). Lực giữ do ta đưa vào nên phải bằng không. Về toán học thì phương trình dao động là phương trình không có vẻ phải (hệ (3.7)) cho nên λ cũng phải bằng không. Vì vậy ta có

$$\lambda = 0 \quad (16)$$

Nghiệm của phương trình (3.16) cũng là nghiệm của vế trái (3.15) hoặc của hệ (7). Như vậy, phương trình (16) là phương trình đa thức xác định trị riêng, khi các hàm $y(x)$ và $Q(x)$ thỏa mãn các điều kiện biên thì nó là phương trình đa thức xác định tần số riêng của dao động tự do của thanh. Trong trường hợp này λ là hàm của ω , $\lambda = \lambda(\omega)$.

Bài toán dao động tự do của thanh được đưa về bài toán (11) với ràng buộc (13) và sẽ được giải trực tiếp trên phiếm hàm Lagrange mở rộng để tìm được hàm $\lambda(\omega)$, giải phương trình (16) sẽ nhận được các tần số riêng, tương tự như bài toán xác định lực tới hạn của thanh [4]. Chú ý, λ là thừa số Lagrange của ràng buộc (13).

Ta đang xét trường hợp khối lượng phân bố đều trên thanh. Bài toán có vô số bậc tự do nên có vô số tần số riêng. Chúng tạo thành *dải tần số riêng dao động* của thanh có biên dưới là tần số cơ bản và biên trên là vô cùng lớn, $\omega \rightarrow \infty$. Các thanh có liên kết khác nhau sẽ dao động với tần số riêng khác nhau. Tần số riêng dao động tự do của thanh có các điều kiện liên kết khác nhau được tính theo phương pháp chuyển vị cưỡng bức được trình bày dưới đây.

4. BÀI TOÁN DAO ĐỘNG TỰ DO CỦA THANH - LỜI GIẢI SỐ

4.1. Phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp phần tử hữu hạn chia công trình thành những phần nhỏ được gọi là các phần tử, tính toán công trình được dẫn về tính toán những phần tử nhỏ sau đó kết nối các phần tử đó lại với nhau ta lại được lời giải của một công trình hoàn chỉnh.

Thông thường đối với phần tử dầm chịu uốn thì dùng đa thức bậc 3 để mô tả chuyển vị.

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad (17)$$

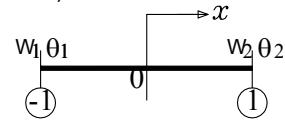
Ta thấy có 4 thông số cần xác định. Tuy nhiên để tiện dùng ta thay 4 thông số a_0, a_1, a_2, a_3 bằng chuyển vị, góc xoay của phần tử hai nút như, hình 2.

Do dùng hàm bậc 3 cho nên các lực tác dụng lên phần tử đều phải quy về nút kể cả lực quán tính trong bài toán động.

a. Hàm nội suy phần tử chịu uốn

Đối với phần tử chịu uốn như thanh thường dùng đa thức bậc ba để tính chuyển vị của nó, do đó có bốn thông số cần xác định.

Có thể chọn phần tử hai nút, mỗi nút có hai thông số là chuyển vị W và góc xoay θ tại nút đó, hình 2.



Hình 2. Phần tử chuyển vị hai nút

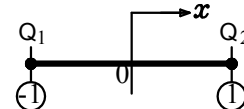
Để tính toán được tổng quát, chiều dài phần tử lấy bằng hai đơn vị, gốc tọa độ đặt ở giữa. Như vậy, nếu biết được các thông số $W_1, W_2, \theta_1, \theta_2$ thì chuyển vị mỗi điểm nằm trong phần tử xác định theo đa thức bậc ba sau đây.

$$W(x) = f_1 W_1 + f_2 W_2 + f_3 \theta_1 + f_4 \theta_2 \quad (18)$$

trong đó:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \frac{1}{4}(x-1)^2(x+2); & f_2 &= \frac{1}{4}(x+1)^2(-x+2) \\ f_3 &= \frac{1}{4}(x-1)^2(x+1); & f_4 &= \frac{1}{4}(x+1)^2(x-1) \end{aligned} \right\}$$

Ta dùng đa thức bậc nhất để xấp xỉ hàm lực cắt của phần tử, phần tử lực cắt chứa hai nút, hình 3, mỗi nút có một thông số chưa biết Q_i là lực cắt phần tử tại vị trí đó.



Hình 3. Phần tử lực cắt hai nút

Chiều dài phần tử lấy bằng hai đơn vị, gốc tọa độ đặt ở giữa phần tử. Nếu biết các lực cắt Q_1, Q_2 , tại hai nút thì lực cắt V tại điểm bất kỳ của phần tử tính theo công thức.

$$V(x) = f_5 Q_1 + f_6 Q_2 \quad (19)$$

trong đó:

$$f_5 = \frac{1}{2}(1-x); \quad f_6 = \frac{1}{2}(1+x)$$

Như vậy, mỗi phần tử có hai chuyển vị nút W_1, W_2 hai góc xoay θ_1, θ_2 và hai lực cắt nút Q_1, Q_2 , tổng cộng có sáu thông số (6 ẩn) cần xác định.

Gọi $\{X\}$ là véc tơ cột chứa sáu ẩn của phần tử theo thứ tự sau.

$$\{X\} = [W_1 \ W_2 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Q_1 \ Q_2]^T \quad (20)$$

thì có thể viết lại các biểu thức (10) và (11) dưới dạng ma trận như sau.

$$\begin{aligned} W(x) &= [f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4 \ 0 \ 0] \{X\} \\ V(x) &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ f_5 \ f_6] \{X\} \end{aligned} \quad (21)$$

Sau khi đã biết các hàm chuyển vị và hàm lực cắt thì dễ dàng tính được biến dạng uốn χ_x , nội lực mômen M_x , biến dạng trượt γ_x , góc xoay φ (do mômen gây ra) của phần tử như sau.

$$\chi_x = \left[-\frac{d^2 W}{dx^2} \beta^2 + \frac{\alpha}{GF} \frac{dV}{dx} \beta \right] \quad (22)$$

$$M_x = EJ \chi_x \quad (23)$$

$$\gamma_x = \frac{\alpha}{GF} [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ f_5 \ f_6] X \quad (24)$$

$$\varphi = \left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right] \quad (25)$$

Trong các công thức trên $\beta = \frac{2}{\Delta x}$ là hệ số đưa chiều dài hai đơn vị của phần tử về chiều dài thật Δx của nó.

b. Ma trận độ cứng phần tử

Biết được hàm độ võng, hàm lực cắt của phần tử thì dễ dàng tính được ma trận độ cứng phần tử. Theo phương pháp nguyên lý cực trị Gauss ta viết lượng cưỡng bức đối với bài toán tĩnh như sau.

$$Z = \int_{-1}^1 M_x [\chi_x] dx + \int_{-1}^1 V [\gamma_x] dx \rightarrow \text{Min} \quad (26)$$

χ_x và γ_x là các biểu thức chứa các ẩn $X(i)$ cho nên điều kiện dừng của (26) được viết lại như sau.

$$\delta Z = \int_{-1}^1 M_x \delta[\chi_x] dx + \int_{-1}^1 V \delta[\gamma_x] dx = 0 \quad \text{hay}$$

$$[A_e] = \delta Z = \frac{\Delta x}{2} \begin{pmatrix} \int_{-1}^1 M_x \left[\frac{\partial \chi_x}{\partial X(i)} \right] dx \\ + \int_{-1}^1 V \left[\frac{\partial \gamma_x}{\partial X(i)} \right] dx \end{pmatrix} = 0 \quad (27)$$

$X(i)$ với $(i=1 \div 6)$ lần lượt là các ẩn chuyển vị, góc xoay và lực cắt ($W_1, W_2, \theta_1, \theta_2, Q_1, Q_2$) tại hai đầu phần tử, theo (20) được viết lại như sau:

$$\{X_e\} = [W_1 \ W_2 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Q_1 \ Q_2]^T$$

Hệ số $\Delta x/2$ để đưa tích phân từ (-1) đến (1) về tích phân theo chiều dài phần tử. Ứng với mỗi (i) ta được một hàng 6 cột, lần lượt cho i chạy từ 1 đến 6 và tính (27) ta nhận được ma trận độ cứng phần tử $[ae]$ có kích thước (6x6), như sau:

$$[ae] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{L^3} & \frac{12EJ}{L^3} & \frac{6EJ}{L^2} & \frac{6EJ}{L^2} & 0 & 0 \\ \frac{12EJ}{L^3} & \frac{12EJ}{L^3} & \frac{6EJ}{L^2} & \frac{6EJ}{L^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EJ}{L^2} & \frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} & \frac{2EJ}{L} & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ \frac{6EJ}{L^2} & \frac{6EJ}{L^2} & \frac{2EJ}{L} & \frac{4EJ}{L} & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ 0 & 0 & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.667}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} & \left(\frac{0.333}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} \\ 0 & 0 & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.333}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} & \left(\frac{0.667}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (28)$$

Các tích phân trong (19) có thể tính chính xác hoặc tính theo các tích phân gần đúng (tích phân số) của Gauss. Sau khi tính, nhận được ma trận $[ae](6 \times 6)$ theo (28).

Ma trận $[ae]$ gọi là ma trận độ cứng phần tử, L là độ dài một phần tử. Bởi vì hàm độ võng của phần tử là đa thức bậc ba nên các lực tác dụng, lực quán tính của các phần tử đều phải phân bố về nút của nó.

Có sáu ẩn ta có được sáu phương trình và có dạng sau.

$$[A_e] \{X_e\} = \{B_e\} \quad (29)$$

Trong đó:

- $\{B_e\}$ là véc tơ lực nút phần tử (đối với bài toán tĩnh), nếu như tại nút (1) có lực tác dụng P thì véc tơ $B(1)=P...$

- $\{B_e\} = \{0\}$ là véc tơ "0" (đối với bài toán dao động tự do), nếu khối lượng m đặt tại nút (1) (phần tử chuyển vị) và lực quán tính $f_m = m\omega^2 W_1$ thì thành phần này được đưa vào ma trận ae tại vị trí sau: $ae(1,1) = m\omega^2$.

Thông thường, ta sẽ đưa các lực quán tính vào ma trận tổng thể của thanh.

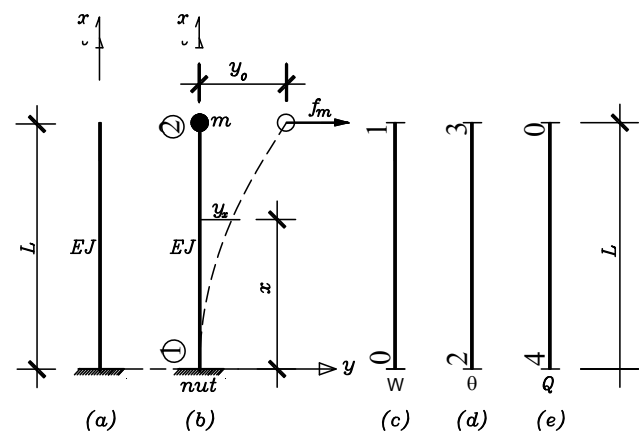
Biết được ma trận độ cứng phần tử thì dễ dàng xây dựng được ma trận độ cứng tổng thể của thanh. Giả sử thanh chỉ có một phần tử thì ma trận $[ae]$ chính là ma trận độ cứng tổng thể của thanh. Giả sử chuyển vị tại nút (1) bằng không thì ta bỏ dòng 1 cột 1 của ma trận $[ae]$, giả sử lực cắt $Q_2=0$ thì ta bỏ dòng 6 cột 6 của $[Ae]$ bởi vì chúng ta không có hai ẩn này.

4.2. Ví dụ tính toán

Để ngắn gọn, dễ hiểu trong trình bày mà không làm mất đi tính tổng quát của bài toán, tác giả trình bày lời giải số của bài toán dao động tự do của thanh bằng cách kết hợp phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp chuyển vị cưỡng bức thông qua các ví dụ cụ thể sau:

Thanh đầu ngàm - đầu tự do

Cho thanh thẳng đầu ngàm - đầu tự do, chiều dài thanh L, có khối lượng phân bố đều trên suốt chiều dài thanh, thanh có độ cứng uốn $EJ = \text{const}$, hình 4a. Xác định tần số dao động riêng và dạng dao động riêng của thanh.



Hình 4. Thanh đầu ngàm - đầu tự do

a. Ẩn số của bài toán và cách đánh số ẩn

Đánh số ẩn theo thứ tự từ trái sang phải đối với dầm, từ dưới lên trên đối với cột, theo các ẩn như sau:

$$\{X\} = [W_1 \ W_2 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Q_1 \ Q_2]^T \quad (a)$$

Nguyên tắc đánh số ẩn là: tại nút nào của phần tử có chuyển vị thẳng W bằng không (nút tại ngàm, tại gối tựa...) thì đánh số ẩn là "0", tại nút nào có lực cắt Q bằng không (nút tại đầu tự do) thì cũng đánh số ẩn là "0", các nút còn lại đánh số ẩn từ 1 ÷ n (với n là tổng số ẩn của bài toán).

Với bài toán trên hình 4, nếu xem cả thanh là một phần tử thì số ẩn được đánh như hình 4c, d, e.

Theo hình 4b, tại nút (1) chân ngàm có chuyển vị thẳng bằng không, ta đánh $W(1)=0$, tại nút (2) đầu tự do của phần tử có lực cắt bằng không, ta đánh $Q(2)=0$, các ẩn khác không ta đánh theo thứ tự từ 1 ÷ 4, cụ thể là $W(2)=1$, $\theta(1)=2$, $\theta(2)=3$ và $Q(1)=4$. Như vậy, bài toán có tổng số ẩn là 4, được sắp đặt từ trái sang phải như sau:

$$\{X\} = [W_2 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Q_1]^T = [1 \ 2 \ 3 \ 4]^T \quad (b)$$

b. Ma trận độ cứng phần tử

Từ ma trận độ cứng phần tử chung $[ae]$ theo (28), ta bỏ hàng 1 cột 1 và hàng 6 cột 6 (vì $W(1)=0$, $Q(2)=0$), cuối cùng ta nhận được ma trận độ cứng phần tử $ae1$ như sau:

$$[ae] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ \frac{12EJ}{\Delta x^3} & -\frac{6EJ}{\Delta x^2} & -\frac{6EJ}{\Delta x^2} & 0 \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} & \frac{2EJ}{L} & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{2EJ}{L} & \frac{4EJ}{L} & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ 0 & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.667}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} \end{bmatrix} \quad (c)$$

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ \frac{12EJ}{\Delta x^3} & -\frac{6EJ}{\Delta x^2} & -\frac{6EJ}{\Delta x^2} & 0 \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} & \frac{2EJ}{L} & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{2EJ}{L} & \frac{4EJ}{L} & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L \\ 0 & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.667}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} \end{bmatrix} \quad (d)$$

c. Ma trận độ cứng tổng thể

Thuật toán lắp ghép ma trận độ cứng tổng thể như sau:

Bước 1: Từ ma trận độ cứng phần tử [ae(6x6)] chung, đánh số mã theo số ẩn của từng phần tử thứ i (i=1÷n) theo nguyên tắc từ trái sang phải, từ trên xuống dưới, từ bé đến lớn.

Bước 2: Trong [ae] chung (28), ta tiến hành xóa hàng, cột liên quan đến ẩn có số mã bằng "0" (nếu có) của phần tử (1), phần còn lại (không bị xóa) chính là ma trận độ cứng của phần tử (1).

Bước 3: Coi như chưa xóa hàng cột theo Bước 2, từ [ae] chung ban đầu ta xóa hàng, cột liên quan đến ẩn có số mã bằng "0" (nếu có) của phần tử (2), phần còn lại chính là ma trận độ cứng của phần tử (2). Các phần tử tiếp theo làm tương tự. Cuối cùng ta nhận được các ma trận độ cứng phần tử [ae]_(i) (i=1÷n).

Bước 4: Tạo ma trận [0] tổng thể [A(0)] có kích thước là tổng số ẩn của bài toán.

Bước 5: Lần lượt lấy các số hạng trong từng ma trận độ cứng phần tử đã tìm ở bước 3 đặt vào vị trí có số mã hàng (i), cột (j) tương ứng trong ma trận độ cứng tổng thể [A(0)]. Nếu tại cùng một vị trí có nhiều số hạng xếp chồng lên nhau (cùng i, j) thì được cộng dồn lại với nhau. Cuối cùng ta thu được ma trận độ cứng tổng thể của toàn hệ [A].

Xem toàn bộ thanh là một phần tử, gồm hai nút, nút 1 tại chân ngàm của thanh, nút hai tại đầu tự do của thanh, các ẩn chuyển vị W, góc xoay θ, và lực cắt Q tại hai đầu thanh, như hình 4c, d, e.

Tổng số ẩn của bài toán là 4 nên kích thước ma trận độ cứng tổng thể là [A(4x4)] (chưa kể đến điều kiện biên và điều kiện chuyển vị cưỡng bức tại đầu thanh).

Biết được ma trận độ cứng phần tử [ae] đã tính được theo (28) và biết được kích thước của ma trận tổng thể [A(4x4)] thì ta dễ dàng xây dựng được ma trận độ cứng tổng thể của toàn thanh.

Giả sử ma trận tổng thể là ma trận "0" có kích thước (4x4) như sau:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (e)$$

Vì W(1)=0 nên trong [ae] ta xóa hàng 1 cột 1, Q(2)=0 nên ta xóa hàng 6 cột 6, thu được [ae(4x4)]. Ta cộng từng số hạng ae(j,j) trong [ae] với phần tử a(i,j) tương ứng về vị trí trong [A], cuối cùng ta dành được ma trận tổng thể như sau:

Chú ý ngoài các ẩn chuyển vị, góc xoay, lực cắt của thanh còn phải xét thêm các ẩn là các thừa số Lagrange λ của các điều kiện liên kết ở hai đầu thanh.

Trong bài này, ta còn thêm hai ẩn λ₁, λ₂ là hai thừa số Lagrange ứng với hai điều kiện ràng buộc là góc xoay tại ngàm chân thanh bằng không và chuyển vị cưỡng bức tại đầu tự do của thanh bằng y0. Cụ thể như sau:

$$g_1 = \varphi = \lambda_1 \left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{[phantu(1) \text{ tại } x=-1]} = 0$$

$$g_2 = \lambda_2 [y(npt,2) - y_0] = 0 \quad (e)$$

Như vậy, ma trận độ cứng tổng thể [A] sẽ được mở rộng thêm hai hàng, hai cột như sau:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \left(\frac{12EJ}{L^2} - \frac{1}{2}EJk_1^2\right) & -\frac{6EJ}{L^2} & -\frac{6EJ}{L^2} & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{4EJ}{L} & \frac{2EJ}{L} & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & 1 & 0 \\ -\frac{6EJ}{L^2} & \frac{2EJ}{L} & \frac{4EJ}{L} & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & 0 & 0 \\ 0 & \left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & -\left(\frac{0.2^*}{10^{-4}}\right)L & \left(\frac{0.667}{*10^{-5}}\right)\frac{L^3}{EJ} & \left(\frac{-1}{50000}\right)\frac{L^2}{EJ} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{1}{50000}\frac{L^2}{EJ} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (f)$$

Trong ma trận độ cứng tổng thể ta thấy trong số hạng a(1,1) xuất hiện lực

$$f_m = -m\omega^2 y(x) = -EJ \frac{m\omega^2}{EJ} y(x) = -EJk_1 y(x) \quad (g)$$

$$k_1 = \frac{m\omega^2}{EJ}; \quad \omega = k_1 \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (h)$$

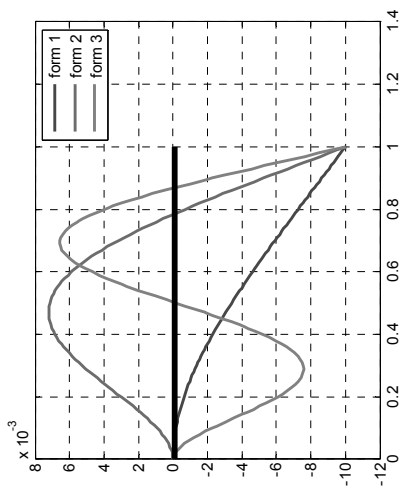
f_m: là lực quán tính, m là khối lượng trên một đơn vị chiều dài, tại các nút có khối lượng tập trung (mL), tại đầu tự do là (mL/2). Lực quán tính tác dụng tại các nút sẽ là:

$$f_{m=} = -m\omega^2 W/L \text{ (i là các nút giữa)}$$

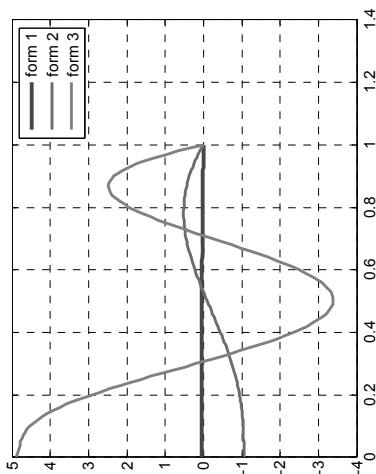
$$f_{m=} = -m\omega^2 W/L/2 \text{ (i là các nút tại đầu tự do)}$$

Vì ở đây coi thanh là một phần tử có chiều dài L, nên lực quán tính tại đầu thanh bằng:

$$f_m = -\frac{1}{2}EJk_1^2 L$$



Hình 5. Ba dạng dao động ứng với ba tần số đầu tiên



Hình 6. Ba dạng đường lực cắt ứng với ba tần số đầu tiên

Nhận xét:

Theo hình 5, ta thấy rằng đồ thị biểu diễn ba dạng dao động tương ứng với ba tần dao động đầu tiên giao nhau tại đầu thanh (đây là vị trí kích chuyển vị cưỡng bức bằng y0; hình 6 là đồ thị biểu diễn ba dạng đường lực cắt tương ứng với ba tần dao động đầu tiên giao nhau tại đầu thanh (đây là vị trí có lực cắt bằng không), dạng đường lực cắt trùng với trục thanh (lực cắt bằng không).

4. KẾT LUẬN

Với việc kết hợp phương pháp chuyển vị cưỡng bức và phương pháp phần tử hữu hạn, tác giả đã xây dựng thành công bài toán dao động tự do của thanh có xét đến ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang, tìm được lời giải số của các bài toán hoàn toàn phù hợp với kết quả giải bằng các phương pháp hiện có. Khi chia thanh thành nhiều phần tử, ta sẽ nhận được nhiều nghiệm chính xác.

Các tần số dao động nhận được theo phương pháp PTHH gần như trùng khớp với kết quả nhận được theo phương pháp giải tích trong trường hợp không xét đến ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang ($h/L=1/100$), sai số không đáng kể, chẳng hạn thanh đầu ngàm - đầu tự do kết quả nhận được so với kết quả chính xác có sai số 0,14%, 0,47% và 0,79% tương ứng với ba tần số dao động đầu tiên (bảng 3), điều này chứng tỏ độ tin cậy và hiệu quả của phương pháp phần tử hữu hạn đối với với bài toán dao động của thanh.

Kết quả nhận được trong hai trường hợp có xét và không xét đến ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang thay đổi lớn (tần số dao động riêng giảm lần lượt 4.807%, 23.654% và 38.199% ứng với ba tần số dao động đầu tiên - bảng 2) đối với thanh đầu ngàm - đầu tự do. Điều này cho thấy cần phải xét đến ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang khi ($h/L \geq 1/10$).

Khi không xét đến biến dạng trượt ngang ($G \rightarrow \infty$) hoặc ($h \rightarrow 0$) các biểu thức, ma trận độ cứng và kết quả nhận được trùng với bài toán xây dựng theo lý thuyết Euler - Bernoulli truyền thống.

Khi dùng phương pháp chuyển vị cưỡng bức để giải bài toán dao động tự do của thanh cho ta ngay phương trình đa thức xác định tần số dao động riêng của thanh mà không phải thông qua các phép biến đổi phức tạp để đưa ma trận về ma trận đường chéo và không cần phải tra bảng. Phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phương pháp chuyển vị cưỡng bức được trình bày ở đây cho ta một thuật toán rất hiệu quả, một cách tiếp cận mới để đánh giá tần số dao động của bài toán trị riêng của thanh và hệ thanh. Đó có thể là ưu điểm nổi bật nhất của bài báo này.

Kiến nghị: Dùng cách tiếp cận mới đã xây dựng ở trên để tìm trị riêng và véc tơ riêng của các bài toán cơ học nói riêng và tìm nghiệm của bài toán có vẻ phải bằng không nói chung.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT21-22.80

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ha Huy Cuong (2005), Gaussian extreme principle method, Scientific and technical journal, IV Page 112 to 114.
2. Doan Van Duan (2014), Forced displacement method to solve eigenvalues and eigenvectors, Construction Journal, no. 11. Pages 82 to 84.
3. Doan Van Duan (2016), Study on elastic stability of bar system structure with consideration of lateral shear strain, Contraction publisher, 156 pages.
4. Alan Jennings. Matrix Computation for Engineers and Scientists, John Wiley & Sons - Chichester - New York - Brisbane - Toronto. PP. 65-69.
5. Lin T. Y. and Yong B. W. (1965), Two large shells of posttensioned precast concrete, Civil Engineering. ASCE, pp. 56-59.
6. Cornelius Lanczos (1949), The variational principles of Mechanics, University of Toronto Press,
7. Ferdinand P. Beer - E. Russell Johnston, Jr. - John T. DeWolf (2006), Mechanics of Materials (fourth edition), McGraw-Hill Companies, INC, New york, 787 pages.
8. G. Korn - T. Korn (1961), Mathematical Handbook for scientists and Engineers, McGraw-Hill, New york (Russian translation, edited by I. Bramovich, Nauka - Moscow Publisher, 1964).
9. O.C. Zienkiewicz - R.L. Taylor (1991), The finite element method (fourth editon) Volume 2, McGraw-Hill Book Company, INC, 807 pages.
10. Stephen P. Timoshenko - J. Goodier (1970), Theory of elasticity, McGraw-Hill, New york (Russian translation, edited by G. Shapiro, Nauka - Moscow Publisher, 1979), 560 pages.
11. Stephen P. Timoshenko - Jame M. Gere (1961), Theory of elastic stability, McGraw-Hill Book Company, INC, New york - Toronto - London, 541 Tr.
- William T. Thomson, First Edition (2014), Pearson New International Edition, 523 pages.

ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

Phát triển xây dựng bền vững trong điều kiện biến đổi khí hậu khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

Tập hợp các chuyên đề nghiên cứu khoa học do Trường Đại học Xây dựng Miền Tây tổ chức, nhằm phổ biến kết quả nghiên cứu để áp dụng trong thực tiễn với chủ đề “Phát triển xây dựng bền vững trong điều kiện biến đổi khí hậu khu vực Đồng bằng sông Cửu Long”, nhân Kỷ niệm 45 năm thành lập Trường và 10 năm mang tên Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

LÊ HỒ TUYẾT NGÂN, HUỖNH TRỌNG NHÂN	52	Đánh giá hiệu quả giải pháp cách nhiệt phản mái công trình nhà ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long
NGÔ LÊ MINH, HOÀNG THỊ THANH HÀ	55	Đô thị ven biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long và tác động từ hiện tượng biến đổi khí hậu
VO VAN NAM, TRAN THE TRUYEN	62	Phân tích ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông đến ứng xử của dầm bê tông
VŨ HOÀNG HÙNG, TRẦN ĐÌNH HÒA,	66	Thảo luận một số vấn đề về kết cấu thép cửa van khẩu độ lớn ở Đồng bằng sông Cửu Long
ĐỖ XUÂN CƯỜNG, VÂN THẾ DŨNG, TRẦN XUÂN HẢI		
NGUYỄN TRỌNG CHỨC, MARIUSZ ZYCH,	72	Nghiên cứu, đánh giá sự hình thành các vết nứt nhiệt cục bộ trong kết cấu bê tông khối lớn ở tuổi sớm ngày
ĐỖ THỊ MỸ DUNG, NGUYỄN THỊ MINH HẰNG		
PHAN QUANG MINH, NGUYỄN VIỆT PHƯƠNG,	77	Giải pháp khối phá sóng Tetrapod bê tông lắp ghép thân thiện môi trường
PHẠM THÁI HOÀN		
LE THANH TRUNG, BACH VU HOANG LAN,	82	Mô hình số thí nghiệm cọc khoan nhồi phụ trợ vữa thân cọc
NGUYEN NGHIA HUNG, TRAN HUU BANG		
ĐÀO THỊ NHƯ	86	Phát huy giá trị di sản kiến trúc đô thị theo hướng kiến tạo thương hiệu đô thị để thúc đẩy nguồn lực phát triển đô thị
	94	Quản lý chất lượng thi công cọc khoan nhồi
ĐỖ THỊ MỸ DUNG, LÂM THANH QUANG KHẢI,		
NGUYỄN TRỌNG CHỨC, ĐOÀN VĂN DUẤN	101	Quy trình lập tiến độ dự án bằng lý thuyết tập mờ
TRƯƠNG CÔNG BẰNG		
NGUYỄN QUỐC TOẢN, NGUYỄN THỊ MỸ HẠNH	108	Lựa chọn phương án sử dụng ván khuôn trong thi công nhà cao tầng bằng phương pháp AHP
NGUYỄN DUY LIÊM, ĐỖ XUÂN SƠN,	114	Ứng dụng rọ đá vỏ lưới nhựa chống xói bờ kè trong môi trường xâm thực
LÂM NGỌC TRÀ MY		
VÕ VĂN ĐẤU, VÕ PHÁN, TRẦN VĂN TUẤN	119	Thiết lập mô hình vật lý xác định sự phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong hệ móng bè cọc
TẠ ĐỨC THỊNH, NGUYỄN THÀNH DƯƠNG,	124	Nghiên cứu đề xuất công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu phục vụ xây dựng vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long
NGUYỄN TRỌNG DŨNG, ĐẶNG QUANG HUY,		
HỒ ANH CƯƠNG, NGUYỄN TẤN SƠN	130	Phân tích sự làm việc của móng bè cọc theo mô hình hệ số nền
VÕ VĂN ĐẤU, TRẦN VĂN TỶ, ĐỖ ANH HẢO,		
LÂM TẤN PHÁT	135	Giải pháp chống sạt lở bờ sông, biển bằng kè mềm sử dụng bao sinh thái
NGUYỄN XUÂN MÃN, NGUYỄN DUYÊN PHONG,		
NGUYỄN DUY BẮC VIỆT	140	Nghiên cứu quan hệ tải trọng và chuyển vị của cọc trong hệ móng bè cọc bằng mô hình tỉ lệ nhỏ
VÕ VĂN ĐẤU, VÕ PHÁN, TRẦN VĂN TUẤN, TRƯƠNG		
TRUNG HIẾU, TRẦN NHẬT LÂM, NGUYỄN NGỌC EM	145	Khả năng cải tạo đất than bùn hóa abQ_2^3 phân bố tại khu vực Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia thủy tinh lỏng
NGUYỄN THỊ NỤ, TẠ THỊ TOẢN, VŨ NGỌC BÌNH	148	Nghiên cứu ứng dụng bê tông Geopolymer cho kết cấu dầm dự ứng lực công trình cầu hướng tới phát triển bền vững
LÊ BÁ DANH, PHẠM DUY HÒA, NGUYỄN BÌNH HÀ,		
CAO BẮC ĐĂNG	153	Nghiên cứu ứng dụng bê tông tro bay cát mặn cho công trình hạ tầng ven biển hướng tới phát triển bền vững
PHẠM DUY HÒA, NGUYỄN VIỆT PHƯƠNG,		
LÊ BÁ DANH	159	Nghiên cứu ứng dụng bê tông siêu tính năng trong xây dựng dầm cầu cho giao thông nông thôn tại Đồng bằng sông Cửu Long
TRẦN BÁ VIỆT, NGÔ VĂN THỨC, LƯƠNG THẾ HÙNG		
HUỖNH VĂN HIỆP, LÂM VĂN CHỨC, HUỖNH HỒNG,	163	Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp đất và xỉ than để làm nền đường giao thông
BÙI PHƯỚC HẢO		
LÊ HOÀI BẢO, BÙI QUỐC BẢO	171	Nghiên cứu một số đặc tính cơ học của bê tông Geopolymer cốt liệu tái chế
LÊ VĂN TUẤN, NGUYỄN QUỐC TOẢN	176	Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam
TẶNG VĂN LÂM, VŨ KIM ĐIỂN, BULGAKOV BORIS	183	Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện với xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất lượng cao hạt mịn không xi măng
IGOREVICH		

TRẦN PHÚ LỘC	191	Sử dụng mô hình thông tin công trình cho các dự án xây dựng khu vực Đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện biến đổi khí hậu
NGUYỄN HẢI LỘC; NGUYỄN THẾ QUÂN	197	Xây dựng khung lý thuyết để triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam
NGUYỄN MẠNH HÙNG, NGUYỄN THẾ QUÂN, VŨ NAM NGỌC, NGUYỄN MINH ĐỨC	203	Tổng quan về các công nghệ số trong xây dựng 4.0 Và ứng dụng tại Việt Nam
DO DUY THINH, NGUYEN THANH XUAN YEN, NGUYEN THI THUY TRANG, LE TUNG DIEM THI, NGUYEN THI MINH DIEU, NGUYEN VAN LONG	214	Urban development adapting to water rise based on ecological resilience theory: a case study of Can Tho city.
NGUYEN THI MINH DIEU, DO DUY THINH, NGUYEN NGOC PHUONG THAO	221	Pocket park design in the Mekong delta for climate change adaptation. The case study in Can Tho city
NGUYEN VAN THO, NGUYEN NGOC LONG GIANG, NGUYEN VAN XUAN, TRUONG CONG BANG, DINH HOAI LUAN, NGUYEN VAN TRUNG, HUYNH PHAN KHANH BINH, TRAN VAN TY	228	Strategies for planning infrastructure to mitigate the impacts of sea level rise and salinity intrusion in the Mekong delta
VO HONG LAM, TRAN HUU BANG	233	Application study on precast prestressed concrete pavement with high load resistance
ĐOAN VAN DUAN, VU THI KHANH CHI, ĐO THI MY DUNG	237	New method in mechanics to determine euler critical force in bar structures
TRAN HUU BANG, LE VAN BACH, LE THANH TRUNG, VO HONG LAM, PHAN TO ANH VU	243	Cold in - place recycling solutions are used to ensure quality design and construction of urban roads
TOAN M. NGUYEN, NGHIEP M. NGUYEN, TAN NGUYEN, LOC V. TRAN	247	The soil arching behind passive retaining walls based on geometrically nonlinear isogeometric analysis
PHAM MINH TUAN, VO DAI NHAT, NGUYEN DINH TU	251	Numerical analysis of arching effect within embankment reinforced by geosynthetic beneath localized sinkhole
NGUYEN MINH DUC, TRAN QUANG PHU, NGUYEN BA HOANG	256	Risk analysis of bridge construction projects in the mekong delta region under the impact of climate change
TRAN DINH HIEU, TRAN HUU BANG, NGUYEN HONG GIANG	259	Anti-slip talus for roads, in the case of the keelung - bitou expressway in Taiwan
THANH QUOC TRUONG, TIN TRUNG NGUYEN, THO TRUONG NGUYEN, PHUOC HOAI LE, KHANG LE DINH TRAN, HUNG TAN PHAM, MARC DESCLOITRES	263	Synthetic modeling of EM34 in detecting the shallow clayey layer in aquifer system
PHAM MINH TUAN, VO DAI NHAT, PHAM VAN HUNG	269	Three-dimensional numerical analysis of geosynthetic-reinforced pile supported embankments
PHAM MINH TUAN, VO DAI NHAT, VO THANH LONG, VO DINH UY	274	Numerical study of eps geofoam embankment
NGUYEN THANH DUONG, NGUYEN VAN HAI	279	Brittleness index of lightly cemented soil in ring shear tests
NGUYEN TAN HUNG, NGUYEN TRUONG PHU, DANG CONG DANH, PHAM ANH DU, PHAM MINH TRIET	283	Assessment of moisture distribution in a Pre-cracked asphalt concrete pavement based on finite element method
HUYNH KY PHUONG HA, MAI THANH PHONG, BUI TRONG VINH, MAI PHUONG UYEN, DAO HONG HAI, NGUYEN HUU SON, DAU VAN NGO	287	Study on production of unfired bricks from fly ash of thermal power plants
TRUNG TRAN LE HOANG, HIROSHI MASUYA	291	Dynamo scripts for correcting architectural walls in 3D BIM model
TRUNG TRAN LE HOANG, HIROSHI MASUYA, YUSUKE KURIHASHI, HIROSHI YOKOYAMA	297	A static and dynamic performance of RC beams strengthened with FRP bar

Đánh giá hiệu quả giải pháp cách nhiệt phân mái công trình nhà ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long

Evaluation of construction roof thermal insulation solutions in Mekong Delta

> LÊ HỒ TUYẾT NGÂN¹; HUỖNH TRỌNG NHÂN²

¹ Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Email: lehotuyetngan@mtu.edu.vn

² Khoa Quản lý Đô thị, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Email: huynhnhan@mtu.edu.vn

TÓM TẮT:

Với đặc điểm khí hậu nhiệt đới và tác động của biến đổi khí hậu, nhiều công trình nhà ở trong vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) không đảm bảo điều kiện tiện nghi nhiệt độ, đặc biệt là các không gian bên dưới của mái công trình mà không sử dụng điều hòa. Cách nhiệt kết cấu mái công trình là một chiến lược áp dụng phù hợp trong bối cảnh này, tuy nhiên các kết quả tính toán chỉ số truyền nhiệt OTTV chủ yếu dựa trên lý thuyết giả định. Trong bài viết này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp kiểm nghiệm kết quả tính toán lý thuyết về khả năng cách nhiệt với các thiết bị ghi lại nhiệt độ thực tế nhằm đánh giá chính xác hơn về hiệu quả cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của giải pháp cách nhiệt phân mái công trình nhà ở vùng ĐBSCL.

Từ khóa: cách nhiệt kết cấu mái, OTTV, IoT

ABSTRACT:

Due to the tropical climate and the impact of climate change, many housing projects in the Mekong Delta do not guarantee comfortable temperature conditions, especially the space below the roof without using use air conditioner. Roof insulation is a suitable application strategy in this context. However, the calculation of overall thermal transfer value (OTTV) results are mainly based on hypothetical theory. In this article, the authors use the method of testing the theoretical calculation results of thermal insulation with actual temperature logging devices in order to more accurately assess the efficiency as well as the influencing factors affect the effectiveness of the roof insulation solution in the Mekong Delta.

Keywords: roof insulation, OTTV, IoT

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia có khí hậu nhiệt đới nóng ẩm gió mùa. Theo phân vùng khí hậu Việt Nam, ĐBSCL thuộc vùng B6, là khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình và có nét tương đồng với khí hậu xích đạo với nền nhiệt trung bình cao, biên độ dao động nhiệt độ thấp. Bên cạnh đó, theo Hướng dẫn áp dụng Quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD (Bộ Xây dựng 2018), Việt Nam có lượng bức xạ nhiệt lớn từ mặt trời lên mái công trình. Vì vậy, những giải pháp cách nhiệt cho lớp vỏ công trình, đặc biệt là phần mái đóng vai trò quan trọng để đảm bảo tiện nghi vì khí hậu và sử dụng năng lượng hiệu quả.

Về lý thuyết, giá trị đặc trưng cho khả năng cách nhiệt là tổng nhiệt trở (R0, đơn vị m².K/W) và chỉ số truyền nhiệt tổng (OTTV, đơn vị W/m²). Theo PGS.TS Phạm Đức Nguyên, việc xác định theo OTTV là cách làm phổ biến trong kiểm toán năng lượng các công trình trên thế giới, so với cách quy định trị số trở nhiệt R của kết cấu thường dùng trước đây, bởi vì giá trị OTTV cho biết trực tiếp lượng nhiệt đơn vị qua kết cấu theo W/m² (Phạm Đức Nguyên, Giang Ngọc Huấn, 2008). Nội dung này cũng được pháp lý hóa thông qua QCVN 09:2017/BXD với quy định "Nếu không áp dụng các quy định chi tiết về R0 và SHGC, cho phép xác định chỉ số truyền nhiệt tổng OTTV của kết cấu vỏ bao che không xuyên sáng và xuyên sáng" và giá trị OTTV_M của mái không vượt quá 25 W/m² (Bộ Xây dựng, 2017).

Tuy nhiên, việc xác định OTTV theo công thức chưa được QCVN 09:2017/BXD hướng dẫn triển khai cụ thể và chưa có áp dụng cho công trình nhà ở riêng biệt với diện tích sàn nhỏ hơn 2500m². Trên thế giới, giải pháp đo đạc giá trị OTTV đã được nhóm tác giả A.L.S. Chan và T.T. Chow thực hiện với phần mái công trình xanh thông qua thiết bị đo đặc Heat Flux để kiểm nghiệm giá trị tính toán OTTV (A.L.S.Chan, T.T.Chow, 2013). Phương pháp này đòi hỏi thiết bị quan trắc phức tạp.

Vì vậy, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả dựa trên lý thuyết tính toán OTTV và phát triển công cụ đo OTTV đối với kết cấu đồng nhất dựa trên công nghệ IoT nhằm đề xuất giải pháp kiểm nghiệm, đo OTTV đối với kết cấu mái công trình nhằm đáp ứng các yêu cầu của quy chuẩn trong tương lai. Do điều kiện hạn chế, phạm vi nghiên cứu tập trung loại hình nhà ở tại ĐBSCL và kết cấu mái ngói với hệ trần bên dưới tại một công trình ở TP. Vĩnh Long, thuộc ĐBSCL.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Theo Hình 1, phương pháp nghiên cứu tập trung xác định giá trị OTTV đối với kết cấu mái theo hai hướng: (1) tính toán theo Hướng dẫn kỹ thuật LOTUS (Hội đồng Công trình xanh Việt Nam, 2011) và (2) sử dụng thiết bị IoT quan trắc giá trị OTTV thực tế của kết cấu mái ngói. Bên cạnh đó, giá trị OTTV được kiểm tra so với yêu cầu tổng nhiệt trở của QCVN 09:2017/BXD để đánh giá mức độ yêu cầu cách nhiệt theo phương pháp tổng nhiệt trở và OTTV.



Hình 1. Phương pháp đánh giá hiệu quả cách nhiệt của kết cấu mái công trình được nghiên cứu thực hiện

2.1. Tham số kết cấu mái

Hệ kết cấu mái được nghiên cứu trong bài viết là hệ mái ngói đất sét nung. Hệ kết cấu bao gồm phần trần nổi với tấm xi măng sợi bên dưới. Theo mô hình thực nghiệm, các tham số của kết cấu mái được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Các tham số của kết cấu mái trong hai mô hình thực nghiệm

Tham số	Kết cấu mái ngói
Độ dốc	27°
Bề mặt vật liệu	Ngói màu đỏ (đất nung)
Các lớp kết cấu từ trên xuống	1. Đất sét nung 2000kg/m ³ dày 12.5mm 2. Lớp không khí dày 300mm 3. Tấm xi măng sợi 3.5mm với hệ số dẫn nhiệt 0.166W/mK*

* Theo công bố của nhà sản xuất

2.2. Tính toán OTTV_M

Theo Hướng dẫn kỹ thuật LOTUS Công trình Nhà ở (Hội đồng Công trình xanh Việt Nam, 2011), giá trị OTTV của kết cấu mái đồng nhất vật liệu được rút gọn như công thức (1):

$$OTTV_M = U \times \alpha \times (TD_{eqr} - \Delta T) + U \times \Delta T \quad (1)$$

Trong đó:

- U: Hệ số truyền nhiệt của mái, W/m².K, (U = 1/R₀)
 - α: Hệ số hấp thụ bức xạ
 - TD_{eqr}: Chênh lệch nhiệt độ tương đương, có kể đến tác dụng của cường độ bức xạ mặt trời chiếu lên mặt tường, K
 - ΔT: chênh lệch nhiệt độ không khí trong và ngoài nhà, K
- Căn cứ theo QCVN 09:2017/BXD và Hướng dẫn kỹ thuật LOTUS, các giá trị tính toán của hệ kết cấu được xác định như Bảng 2.

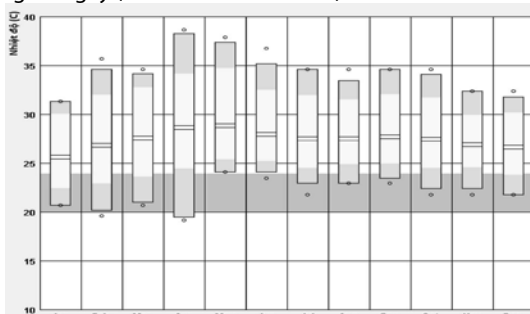
Bảng 2. Giá trị tính toán OTTV của hai hệ kết cấu mái

Giá trị	Kết cấu mái ngói
R ₀ (m ² .K/W)	0,265
U (W/m ² .K)	3,78
α	0,65
TD _{eqr} (K) *	31,39
ΔT (K) *	2,67
OTTV _M (W/m ²)	80,66

* các giá trị tham khảo tại TP. HCM

2.3. Quan trắc giá trị thực tế OTTV_M

Để kiểm tra giá trị OTTV thực tế, nghiên cứu đề xuất mô hình thử nghiệm để quan trắc phù hợp với giới hạn phạm vi nghiên cứu. Mô hình có vị trí tại TP. Vĩnh Long, dựa trên công trình nhà ở hiện hữu sử dụng kết cấu mái ngói, có đóng trần tấm sợi xi măng. Dựa trên các cảm biến nhiệt độ AM2301 và mạch phát triển NodeMCU, nghiên cứu tiến hành ghi lại nhiệt độ không khí trong và ngoài nhà. Dữ liệu khí hậu của TP Vĩnh Long được trích xuất từ Climate Consultant cho thấy nhiệt độ trung bình tháng nóng nhất trong năm là tháng 4 (Hình 2). Vì vậy, thời gian quan trắc được xác định trong 30 ngày (01/4/2021-30/4/2021).

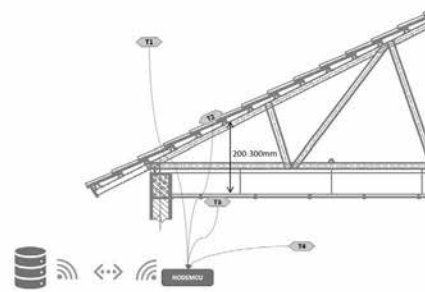


Hình 2. Nhiệt độ trung bình tháng tại Vĩnh Long theo kết quả phân tích từ Climate Consultant

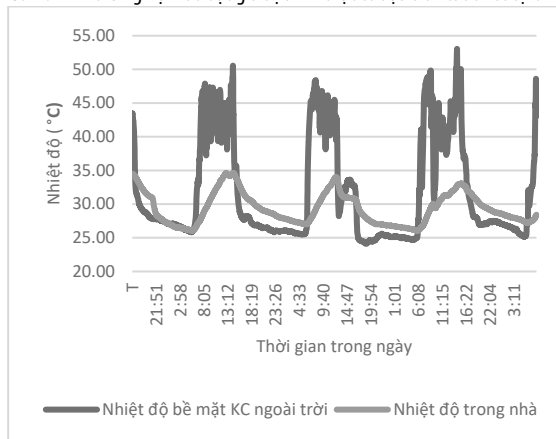
Hệ kết cấu mái được lắp đặt 4 cảm biến nhiệt độ bao gồm:

- T1: cảm biến nhiệt độ không khí ngoài trời
- T2: cảm biến nhiệt độ bề mặt bên ngoài mái
- T3: cảm biến nhiệt độ bề mặt trần bên trong nhà
- T4: cảm biến nhiệt độ không khí trong nhà

Các cảm biến gửi nhiệt độ quan trắc với tần suất 1 phút về mạch phát triển NodeMCU, và sau đó gửi về trung tâm dữ liệu lưu trữ như Hình 3.



Hình 3. Mô hình thử nghiệm đo đạc giá trị OTTV thực tế dựa trên các thiết bị IoT



Hình 4. Một phần kết quả thu thập nhiệt độ không khí trong nhà và ngoài trời của mô hình thực nghiệm

Đối với mô hình thực nghiệm, giá trị OTTV được xác định theo công thức (2):

$$OTTV_M = U \times DT \quad (2)$$

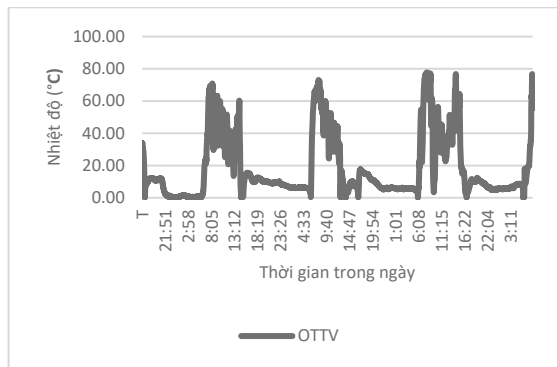
Trong đó:

- U: Hệ số truyền nhiệt của mái, $W/m^2.K$, ($U = 1/R_0$)
- DT: chênh lệch nhiệt độ thực tế giữa không khí trong và ngoài nhà, K

Dựa trên kết quả thu được từ hệ thống quan trắc, nghiên cứu xác định giá trị OTTV của hệ kết cấu và phân tích sự thay đổi, sự khác nhau trong truyền nhiệt giữa hệ kết cấu và khả năng đáp ứng thực tế theo QCVN 09:2017/BXD.

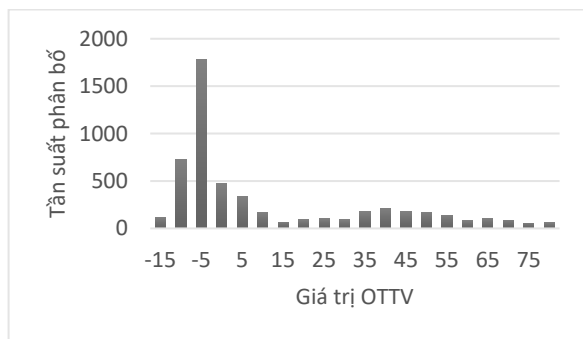
3. KẾT QUẢ VÀ THAM LUẬN

Kết quả quan trắc giá trị OTTV của hệ kết cấu mái với thiết bị IoT được trình bày trong Hình 5. Do sự chênh lệch nhiệt độ, giá trị OTTV thay đổi theo thời gian trong ngày như Hình 4. Trong đó, dòng nhiệt đi xuống (khi nhiệt độ ngoài trời cao hơn nhiệt độ trong nhà) có giá trị $OTTV_{max}$ là $77,8 W/m^2$ trong khoảng thời gian từ 6h đến 17h. Dòng nhiệt đi lên (khi nhiệt độ ngoài trời thấp hơn nhiệt độ trong nhà) có giá trị $OTTV_{max}$ là $17,7 W/m^2$ trong khoảng thời gian từ 17h đến 6h ngày hôm sau. Giá trị $OTTV_{max}$ gần tương đương với giá trị OTTV tính toán bên trên ($80,66 W/m^2$).



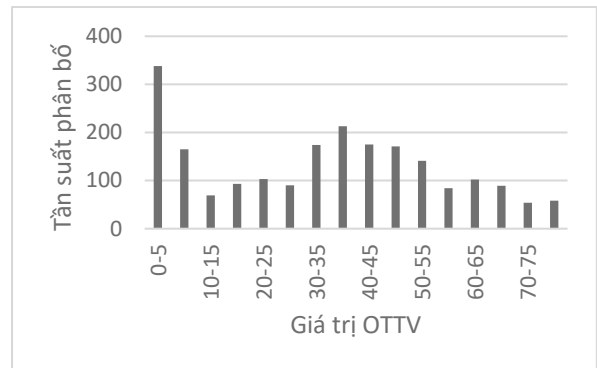
Hình 5. Giá trị OTTV của kết cấu mái trong mô hình thực nghiệm theo thời gian trong ngày

Thống kê phân bố tần suất dữ liệu ở Hình 6 cho thấy phần lớn thời gian trong ngày dòng nhiệt có xu hướng đi lên với giá trị OTTV dưới $10 W/m^2$. Tuy nhiên, Hình 7 cho thấy OTTV của kết cấu mái trong trường hợp dòng nhiệt đi xuống có khoảng phân bố rộng và giá trị trung vị là $35,5 W/m^2$. Bên cạnh đó, giá trị bách phân vị 90% của OTTV khi dòng nhiệt đi xuống là $64,5 W/m^2$. Đây có thể xem là giá trị tham chiếu để kiểm tra so với yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD về cách nhiệt cho kết cấu mái.



Hình 6. Thống kê phân bố tần suất dữ liệu OTTV của kết cấu mái trong mô hình thực nghiệm

Kết quả tính toán $OTTV_M$ ($80,66 W/m^2$) và xác định theo mô hình kiểm nghiệm thực tế ($64,5 W/m^2$) cho thấy mô hình kết cấu mái ngói kết hợp hệ trần tấm xi măng chưa đảm bảo yêu cầu cách nhiệt so với QCVN 09:2017/BXD ($\leq 25 W/m^2$). So sánh cho thấy giá trị OTTV thực nghiệm thấp hơn giá trị tính toán do giá trị DT đo thực tế thấp hơn so với ΔT của Hướng dẫn kỹ thuật LOTUS Công trình Nhà ở. Nhưng giá trị OTTV thực tế vẫn vượt 2,58 lần so với yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD.



Hình 7. Thống kê phân bố tần suất dữ liệu OTTV của kết cấu mái trong mô hình thực nghiệm với trường hợp dòng nhiệt đi xuống

Dựa trên công thức (2), giá trị OTTV tỷ lệ thuận với hệ số truyền nhiệt U và chênh lệch nhiệt độ thực tế. Do điều kiện khí hậu của Việt Nam nói chung và ĐBSCL nói riêng, giá trị nhiệt độ chênh lệch giữa không khí trong và ngoài nhà còn cao. Vì vậy, việc giảm hệ số truyền nhiệt, hay tăng trở của cấu trúc mái công trình là cần thiết. Trong các giải pháp cách nhiệt cần lưu ý giảm nhiệt độ ở bề mặt cấu trúc mái bằng cách đảm bảo vật liệu cấu trúc mái có hệ số hấp thụ bức xạ mặt trời thấp.

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán về khả năng cách nhiệt của kết cấu mái và quan trắc thực nghiệm trong nghiên cứu cho thấy những giải pháp mái thông thường chưa đáp ứng so với quy chuẩn, cũng như chưa đảm bảo tiện nghi nhiệt cho không gian người sử dụng. Vì vậy, việc nghiên cứu, quan trắc và đánh giá hiệu quả cách nhiệt của kết cấu mái rất quan trọng đối với công trình vùng ĐBSCL nhằm đảm bảo tiện nghi nhiệt, sử dụng năng lượng tiết kiệm hiệu quả. Nghiên cứu cũng cho thấy tiềm năng ứng dụng các thiết bị IoT trong vật lý kiến trúc nhằm kiểm nghiệm, đánh giá khả năng cách nhiệt hoặc điều kiện tiện nghi trong các không gian chức năng, đặc biệt là các giá trị về nhiệt độ, độ ẩm, chất lượng không khí. Vì điều kiện hạn chế, nên nghiên cứu chưa đánh giá so sánh giá trị OTTV của các công trình tương tự. Do đó, cần nghiên cứu với đa dạng hình thức kết cấu và thời gian quan trắc dài hơn để đánh giá toàn diện về việc áp dụng chỉ số OTTV trong đảm bảo cách nhiệt, sử dụng năng lượng hiệu quả của công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- A.L.S.Chan, T.T.Chow, Evaluation of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) for commercial buildings constructed with green roof, Applied Energy, 10-24, 2013.
- Hội đồng Công trình xanh Việt Nam - VGBC, Hướng dẫn kỹ thuật LOTUS Nhà ở, 2011.
- Hướng dẫn áp dụng Quy chuẩn QCVN 09:2017/BXD, Bộ Xây dựng & IFC, 2018.
- Phạm Đức Nguyên, Giang Ngọc Huân, Lốp vỏ công trình trong quy chuẩn xây dựng các công trình có hiệu quả năng lượng – QCXDVN 09:2005, Tạp chí Người Xây dựng, 2008.
- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 09:2017/BXD về Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả, 2017.

Đô thị ven biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long và tác động từ hiện tượng biến đổi khí hậu

Coastal cities in the Mekong Delta area and impacts from climate

> TS.KTS NGÔ LÊ MINH¹; THS. KTS HOÀNG THỊ THANH HÀ²

¹ Trường Đại học Tôn Đức Thắng

Email: ngoleminh@tdtu.edu.vn

² Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam (Bộ Xây dựng)

TÓM TẮT:

Các đô thị ven biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) kéo dài từ phía Đông Nam Bộ đến Tây Nam Bộ, nơi cuộc sống người dân gắn liền với bờ biển và hệ thống sông rạch, họ đã thích nghi với lũ lụt từ hàng trăm năm qua. Tuy nhiên, vùng ĐBSCL tập trung đông dân cư, dễ bị tổn thương vì những tác động từ hiện tượng biến đổi khí hậu (BĐKH). Ngập lụt và xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL kéo theo những tác động tiêu cực như sụt lún, sạt lở bờ biển hay thiếu nước ngọt cho tưới tiêu và sinh hoạt hàng ngày của người dân, nhất là những đô thị gần sát biển như Rạch Giá, Bạc Liêu, và Cà Mau. Nghiên cứu đưa ra đề xuất mô hình phát triển cho TP Cà Mau - đô thị ven biển chịu độ nhiễm mặn nặng nhất trong vùng. Nội dung bao gồm tổng thể cấu trúc đô thị, định hướng phát triển không gian đô thị, đề xuất cơ cấu sử dụng đất đô thị, cũng như đề xuất một số mũi nhọn phát triển kinh tế-xã hội của TP Cà Mau. Kết quả của bài báo đóng góp một phần vào chiến lược ứng phó với hiện tượng BĐKH & Nước biển dâng (NBD) cho các đô thị ven biển vùng ĐBSCL trong những năm tới.

Từ khóa: Đô thị ven biển; biến đổi khí hậu; Đồng bằng sông Cửu Long; Cà Mau

ABSTRACT:

The coastal cities in the Mekong Delta extend from the Southeast to the Southwest, where people's lives are closely related to the coast and the river system, they have adapted to floods for hundreds of years. However, the Mekong Delta is densely populated and vulnerable to impacts from climate change. Flooding and saltwater intrusion in the Mekong Delta leads to negative impacts such as subsidence, coastal landslide, or lack of fresh water for irrigation and daily life of people, especially in urban areas near the sea, such as Rach Gia, Bac Lieu, and Ca Mau province. The study proposes a development model for Ca Mau city - a coastal city with the heaviest salinity in the region. The content includes the overall urban structure, urban spatial development orientation, proposed urban land use structure, as well as some spearheads for the socio-economic development of Ca Mau city. The result of this research contributes to strategies to respond to cope with climate change and sea level rise for coastal cities in the Mekong Delta in the coming years.

Keywords: Coastal city; climate Change; Mekong Delta; Ca Mau

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

ĐBSCL của Việt Nam cung cấp trên 50% sản lượng gạo cho quốc gia, 90% sản lượng gạo xuất khẩu, 70% lượng trái cây, 40% lượng thủy sản đánh bắt và 74% lượng thủy sản nuôi trồng của cả nước. [Báo ĐCSVN, 2017]. Tuy nhiên, hiện vùng ĐBSCL đang đứng trước thách thức của hai gọng kìm là BĐKH&NBD và tác hại của việc các quốc gia đầu nguồn sông Mê Kông xây dựng các đập thủy điện làm thay đổi dòng chảy của con sông này. Những năm gần đây, các tỉnh ven biển vùng ĐBSCL liên tục đối mặt với tình trạng nước mặn xâm nhập sâu vào nội đồng trong mùa khô và nước ngập do triều cường vào mùa mưa, trong đó nguyên nhân chính là do tác động của BĐKH [Nhân Dân, 2021]. Mùa lũ những năm gần đây biến động thất

thường, tình trạng ngập lụt ở các đô thị với diện tích rộng hơn và lâu hơn, cùng với hiện tượng sụt lở đất, lốc xoáy xuất hiện ngày càng nhiều, những tác động này sẽ làm ảnh hưởng rất lớn đến an ninh lương thực [Arlene Christy, 2007]. Đây là những thách thức lớn mà ĐBSCL phải đối mặt, cần phải có tầm nhìn dài hạn cùng với kế hoạch hành động cụ thể để chủ động ứng phó, thích nghi. BĐKH là sự biến đổi của trạng thái khí hậu diễn ra trong thời gian dài, do các quá trình tự nhiên bên trong hoặc bên ngoài, hoặc do tác động của con người tạo nên. BĐKH làm cho nhiệt độ các đại dương tăng lên, băng tan hai đầu cực dẫn đến hạn hán, bão lụt ngày một tăng, mực nước biển cũng dần dần tăng cao, các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày một nhiều [Birkmann Jorn, 2006].

Các đô thị của vùng ĐBSCL gắn liền với hệ thống sông, kênh rạch dày đặc trong vùng và cả bờ biển dài từ Đông sang Tây, đó là sản phẩm của quá trình thích nghi với lũ lụt của con người khi phải “sống chung với lũ” hàng trăm năm qua [SISP, 2013]. Xuất phát từ việc con người định cư trên các dải đất đắp cao và sau đó trên các bờ đất được bồi đắp của dòng sông, nơi có phù sa màu mỡ lại thuận lợi cho giao thương hàng hóa. Đến khi kênh đào được xây dựng, con người sống dọc theo bờ kênh và hình thành lối định cư mới dạng dải, dọc theo tuyến kênh đào. Tại nơi giao cắt của các dòng sông và con kênh, các đô thị được hình thành và ngày càng phát triển theo một đặc trưng sông nước [SISP, 2016]. Chính đặc điểm các đô thị gắn liền với hệ thống sông ngòi, kênh rạch, hệ thống giao thông đường bộ - đường thủy dẫn đến các đô thị chịu tác động trực tiếp và trên diện rộng từ hiện tượng BĐKH&NBD [Nhân Dân, 2021].

Do đó, việc nghiên cứu phân tích về đặc trưng đô thị ven biển vùng ĐBSCL nhằm hiểu rõ lịch sử hình thành đô thị, đặc điểm phân bố các đô thị, và những tác động của BĐKH&NBD đối với các đô thị ven biển,... sẽ góp phần dự đoán và phòng tránh những tác động từ hiện tượng BĐKH đối với đô thị ven biển trong vùng. Đây cũng là một bước cần thiết và quan trọng trong quá trình nghiên cứu để xuất các giải pháp ứng phó với hiện tượng BĐKH cho các đô thị ven biển trong vùng ĐBSCL.

2. ĐÔ THỊ VEN BIỂN VÙNG ĐBSCL

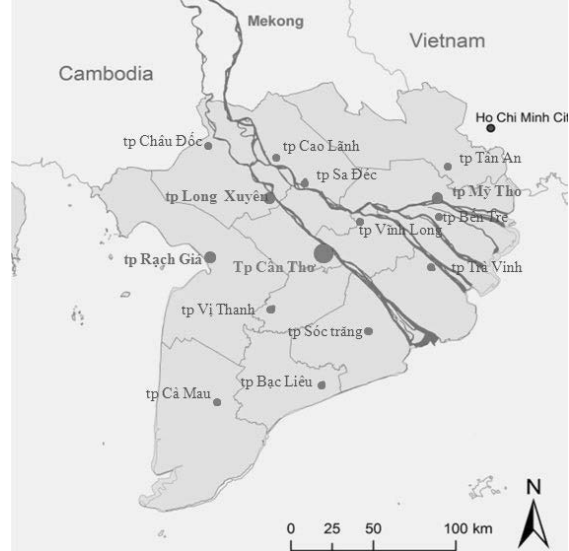
ĐBSCL được hình thành từ quá trình bồi đắp phù sa của sông Mêkong và sự thay đổi mực nước biển suốt hàng nghìn năm. Tuy nhiên, người dân Việt Nam mới chỉ bắt đầu định cư tại ĐBSCL cách đây hơn 300 năm, họ từng bước khám phá những đặc tính của sông Mêkong, tận dụng các nguồn tài nguyên và dẫn thích ứng với các trận lũ lụt [SISP, 2013]. Các đô thị của vùng ĐBSCL chính là sản phẩm của quá trình thích nghi với lũ lụt, hay nói cách khác là con người phải “sống chung với lũ” (shaking hand with flood). Trong giai đoạn sơ khai, con người định cư trên các dải đất được đắp cao và sau đó trên các bờ đất được bồi đắp của dòng sông, nơi có phù sa màu mỡ lại thuận lợi cho giao thương hàng hóa [Mathur, A., 2014]. Khi các kênh đào được xây dựng, con người bắt đầu sống dọc theo bờ kênh, chính lối định cư đó tạo nên một hình thái cư trú mới dạng dải, tuyến. Ngay tại nơi giao cắt của các dòng sông, các con kênh, các đô thị được hình thành và ngày càng phát triển gắn liền với mặt nước [Arlene Christy, 2007]. Quá trình hình thành các đô thị ĐBSCL diễn ra khá nhanh chóng nên nhiều năm qua hàng loạt đô thị tại các tỉnh vùng ĐBSCL đã được nâng cấp lên đô thị loại 3, loại 2 với vai trò là TP tỉnh lỵ hoặc thị xã trực thuộc tỉnh (Hình 1). Tuy nhiên, sự phát triển nóng đô thị không đồng bộ với hệ thống hạ tầng giao thông, thoát nước, xử lý rác thải dẫn đến tình trạng kẹt xe, ngập lụt cục bộ, ô nhiễm môi trường... Mặt khác, tốc độ đô thị hóa nhanh trong khi năng lực quản lý, trình độ quy hoạch, quản lý đô thị chưa theo kịp nên ảnh hưởng ít nhiều đến đời sống, sinh hoạt của một bộ phận không nhỏ người dân tại các đô thị này [SREX, 2015].

Các đô thị ven biển của vùng ĐBSCL kéo dài từ phía Đông Nam Bộ đến Tây Nam Bộ, đều là vùng biển có tài nguyên lớn về thủy hải sản và dầu khí. Việc xây dựng và phát triển các đô thị vùng ven biển đồng nghĩa với duy trì và phát triển cộng đồng dân cư, lực lượng lao động để tham gia đánh bắt thủy hải sản, thăm dò khai thác dầu khí, vừa góp phần đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, vừa tăng cường bảo vệ chủ quyền của quốc gia trên vùng biển [Viện QHTLMN, 2012].

Trường hợp điển hình TP Cà Mau thuộc tỉnh Cà Mau, vùng kinh tế biển và ven biển bao gồm vùng biển, các cụm đảo Hòn Khoai, Hòn Chuối, Đá Bạc và các huyện có bờ biển (U Minh, Trần Văn Thời,

Phú Tân, Năm Căn, Ngọc Hiển, Đầm Dơi). Công nghiệp, dịch vụ dầu khí, thủy hải sản là những ngành kinh tế quan trọng giải quyết việc làm, tạo ra sản lượng xuất khẩu lớn. Ngoài ra, vùng còn phát triển du lịch ven biển và cụm du lịch đảo như khu du lịch Mũi Cà Mau, khu du lịch Khai Long; các cụm du lịch tại đảo Hòn Khoai, Hòn Đá Bạc; các khu du lịch rừng ngập mặn ven biển, rừng tràm.

Qua nghiên cứu này nhóm tác giả sẽ đưa ra đề xuất mô hình định hướng phát triển cho TP Cà Mau trong phần sau của bài báo.



Hình 1. Sơ đồ phân bố các đô thị cấp tỉnh trong vùng ĐBSCL (SISP, 2016)

3. TÁC ĐỘNG CỦA HIỆN TƯỢNG BĐKH TỚI CÁC ĐÔ THỊ VEN BIỂN VÙNG ĐBSCL

BĐKH là sự thay đổi trạng thái của các nhân tố khí hậu diễn biến trong một thời gian dài hàng chục năm hoặc lâu hơn, được phỏng đoán là sẽ biến động nhanh hơn trong tương lai. Nguyên nhân của BĐKH chủ yếu được cho là do các hoạt động của con người gây nên thông qua nạn chặt phá rừng và phát thải quá nhiều lượng khí CO2 vào bầu khí quyển, gây nên hiệu ứng nhà kính [Dastagir, 2015]. Hệ quả nghiêm trọng nhất là hiện tượng nóng lên toàn cầu, băng tan nhanh, khiến mực nước biển dâng cao, gây mất cân bằng sinh thái và đe dọa trực tiếp cuộc sống của hàng trăm triệu người trên toàn thế giới. Tác động của BĐKH cùng với các tác động khác của con người đối với môi trường tự nhiên càng làm cho hệ quả của BĐKH trở nên nghiêm trọng hơn [Bộ TN&MT, 2016].

Riêng đối với các đô thị ven biển vùng ĐBSCL, những tác động chính đến từ việc quản lý sử dụng nguồn nước sông Mêkong - con sông lớn chạy qua nhiều nước, và hiện tượng nước biển dâng cao gây nhiễm mặn. Do vậy, việc tìm hiểu các tác động của BĐKH cần được xem xét đầy đủ các mặt do BĐKH&NBD và các tác động kép nếu có làm gia tăng hệ quả của BĐKH, đó là các vấn đề: Ngập lụt, xâm nhập mặn, thay đổi nhiệt độ và thời tiết, sạt lở gây mất đất canh tác và đất ở. Về cơ bản, vùng ĐBSCL chịu tác động hai yếu tố BĐKH chính là **ngập lụt và xâm nhập mặn**. Nếu như trước đây, ĐBSCL chỉ phải chịu thiệt hại do ngập lụt từ đợt lũ định kỳ hàng năm từ thượng nguồn sông Mêkong, thì dưới sự cộng hưởng của NBD, diện tích ngập mặn sẽ mở rộng, kéo theo quá trình nhiễm mặn đất, cùng với đó là sự lấn sâu của nước biển vào đất liền [Gotte, E., 2017].

Vào đầu năm 2021, do mùa mưa kết thúc sớm, mực nước đầu nguồn ở mức thấp nên mặn xâm nhập càng lấn sâu vào các kênh rạch khu vực Nam Bộ¹. Chính hai tác động song song này dẫn đến hàng loạt các tác động tiêu cực khác như sạt lở, sụt lún bờ sông, bờ

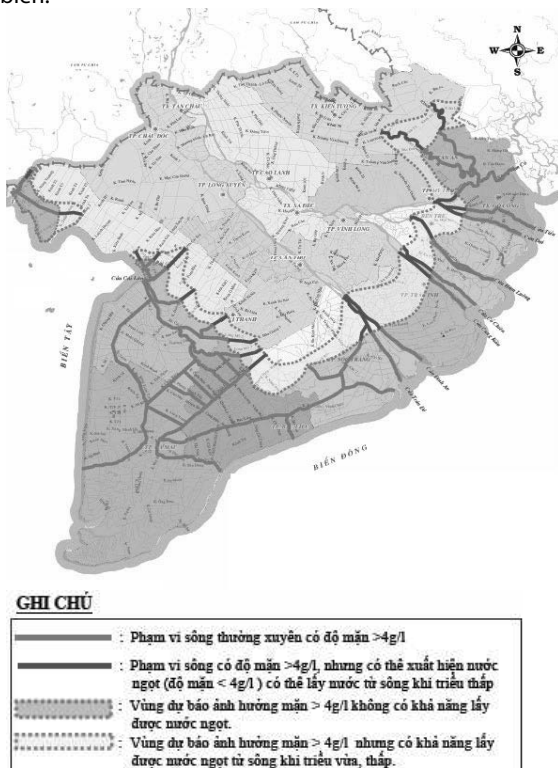
biển hay thiếu nước ngọt cho tưới tiêu và sinh hoạt hàng ngày của người dân các tỉnh ĐBSCL [Kiều Thị Lê, 2017].

a) Ngập lụt do nguyên nhân lũ mùa, thủy triều và hiện tượng NBD. Vùng ngập do mưa - triều là các vùng đất thấp, nằm giáp ranh giữa vùng ngập do lũ và vùng bị tác động của thủy triều, ví dụ như trung tâm bán đảo Cà Mau, U Minh Thượng, U Minh Hạ, hạ lưu ven Vàm Cỏ Tây và ven Vàm Cỏ Đông. Vùng ngập do triều nằm rải rác ven bờ biển Đông, là các vùng trũng thấp xen kẽ các giống cát cao ven biển, như các vùng cửa sông Vàm Cỏ, ven biển Trà Vinh, vùng cửa sông Mỹ Thanh, Gành Hào, và vùng mũi Cà Mau.

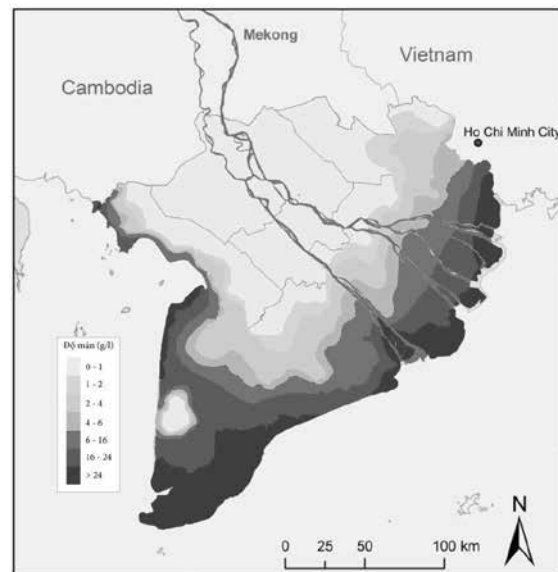
b) Xâm nhập mặn: Hiện nay, đất bị xâm nhập mặn ngày càng sâu vào đất liền, độ mặn tăng cao và thời gian ngập mặn kéo dài (Hình 2&3). Đó là hậu quả của hiện tượng nhiệt độ tăng làm nước biển dâng cao, lưu lượng nước sông trong mùa khô ít đi do rừng thượng nguồn ở các nước đầu nguồn thuộc lưu vực sông bị tàn phá nặng nề. Vùng Cà Mau những năm gần đây có dấu hiệu nước mặn xâm nhập nghiêm trọng vào vùng ngọt của huyện U Minh. Đồng thời, do nhu cầu làm kinh tế nên nhiều nơi đã cho người dân phá các đập ngăn mặn để đưa nước mặn vào nuôi thủy hải sản khiến cho tình hình nhiễm mặn càng trở nên nghiêm trọng.

c) Thay đổi nhiệt độ và thời tiết: Tại các đô thị vùng ĐBSCL, sự thay đổi trong chế độ mưa, độ ẩm có liên hệ khá chặt chẽ với công trình xây dựng, nhất là vấn đề thoát nước trong các đô thị [SISP, 2013]. BĐKH dẫn đến tăng cường độ mưa, tăng mực nước biển,... sẽ làm thay đổi lớn trong các tiêu chuẩn và giải pháp quy hoạch, thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mưa. Năm 2020 vùng ĐBSCL đã phải hứng chịu đợt khô hạn nặng nhất trong lịch sử gần 100 năm qua của vùng đất này [Nhân Dân, 2020]. Hiện tượng khô hạn có ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động của các công trình thủy nông, làm giảm khả năng cấp nước cho các khu đô thị có tập trung đông dân cư.

d) Sạt lở gây mất đất canh tác và đất ở: Hiện tượng sạt lở đất diễn ra theo hai loại hình phổ biến là sạt lở đất ven sông, và xói lở bờ biển.



Hình 2. Bản đồ mặn xâm nhập lớn nhất vùng ĐBSCL, tháng 12/2019 (Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia, 2019)



Hình 3. Sơ đồ tách lớp về mức độ xâm nhập mặn vùng ĐBSCL (SISP, 2016)



Hình 4. Sạt lở bờ sông ở An Giang (VOV, 2017)



Hình 5. Sạt lở tại kè đê biển Gành Hào, Bạc Liêu (Bảo Thanh Niên, 2017)

Diễn biến trong thời gian qua cho thấy, tình trạng sạt lở diễn ra ngày càng nhanh chóng và dữ dội, cuốn trôi nhiều đất canh tác và đất ở của người dân. Không những thế, chính con người đang góp phần vào sự sạt lở bằng các hoạt động khai thác cát, sử dụng tài nguyên thiên nhiên không kiểm soát. Xói lở bờ biển xảy ra tại hầu hết các khu vực bờ biển, với cường độ vài mét chục mét mỗi năm (Hình 4&5). Mực nước biển dâng lên, dòng chảy sông tăng lên là những nguyên nhân sạt lở bờ biển. Hiện trạng sạt lở đường bờ biển khu vực ĐBSCL nằm trong dải bờ biển từ Vũng Tàu đến Hà Tiên [Nhân Dân, 2020]. Ảnh hưởng trực tiếp và dễ thấy nhất của BĐKH đến vùng ĐBSCL là việc suy giảm nguồn tài nguyên đất (đất ở, nông nghiệp và ngư nghiệp), tác động trực tiếp đến đời sống của người dân đô thị và các vùng kinh tế. Hệ quả tất yếu là gia tăng

đời nghèo, không còn cơ hội làm nông nghiệp, và buộc phải di cư về các đô thị, gây thêm áp lực vốn đã rất lớn đến các đô thị [Frank Schwarte, 2013].

Tóm lại, tác động của hiện tượng BĐKH tới các đô thị ven biển trong vùng ĐBSCL là tác động tất yếu và không thể tránh khỏi. Do vậy, nếu không có những tính toán mang tính chiến lược và đồng bộ mà chỉ phụ thuộc vào những giải pháp mang tính cục bộ và tự phát của từng địa phương, sẽ không có sự phát triển cân bằng, hợp lý và hiệu quả của toàn vùng cũng như của các khu vực. Những tác động này của BĐKH sẽ có tác hại không nhỏ đến đời sống và kinh tế của các đô thị ven biển vùng ĐBSCL, nhất là những đô thị gần sát biển chịu độ nhiễm mặn nặng nhất như Rạch Giá (Kiên Giang), Bạc Liêu và Cà Mau.

Bảng 1. Thống kê số liệu tác động của BĐKH đến các đô thị vùng ĐBSCL

Tỉnh	Đô thị	Ngập lụt dưới tác động BĐKH (m)	Nhiễm mặn (g/l)
AN GIANG	Châu Đốc	trên 3	0 đến 1
	Long Xuyên	2.5 đến 3	0 đến 1
ĐỒNG THÁP	Cao Lãnh	2.5 đến 3	0 đến 1
	Sa Đéc	2 đến 2.5	0 đến 1
VĨNH LONG	Vĩnh Long	2 đến 2.5	0 đến 1
CẦN THƠ	Cần Thơ	2 đến 2.5	0 đến 1
HẬU GIANG	Vị Thanh	1 đến 1.5	0 đến 1
KIÊN GIANG	Rạch Giá	1 đến 1.5	16 đến 24
CÀ MAU	Cà Mau	1 đến 1.5	16 đến 24
BẠC LIÊU	Bạc Liêu	1 đến 1.5	16 đến 24
SÓC TRĂNG	Sóc Trăng	1.5 đến 2	6 đến 16
TRÀ VINH	Trà Vinh	2 đến 2.5	6 đến 16
BẾN TRE	Bến Tre	1.5 đến 2	6 đến 16
TIỀN GIANG	Mỹ Tho	1.5 đến 2	4 đến 6
LONG AN	Tân An	2 đến 2.5	4 đến 6

(Nguồn: Nhóm tác giả, 2015)

4. MÔ HÌNH ĐÔ THỊ VEN BIỂN CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH - TRƯỜNG HỢP TP CÀ MAU

Những đề xuất sau đây được trích lược từ kết quả nghiên cứu của Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam năm 2016, trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ (Bộ Xây Dựng) về *Xây dựng giải pháp thích ứng biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho các đô thị thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long* [SISP, 2016]. Tác giả là thành viên chính trong nhóm nghiên cứu.

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp mô hình-mô phỏng để đề xuất mô hình phát triển đô thị chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn vùng ĐBSCL. Mô hình, theo nghĩa hẹp, là một khuôn, mẫu, tiêu chuẩn theo đó để xây dựng, chế tạo ra sản phẩm hàng loạt. Theo nghĩa rộng, mô hình là tập hợp hình ảnh, hình tượng, sơ đồ, sự mô tả ước lệ một đối tượng, một khách thể. Mô hình-mô phỏng là phương pháp để mô phỏng một hệ thống tổng

thể các khách thể, các quá trình hiện tượng của đối tượng đang được nghiên cứu. Trong phạm vi nghiên cứu này, hệ thống tổng thể các khách thể liên quan đến các đô thị chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn vùng ĐBSCL.

Mục đích của việc đề xuất là tìm kiếm những mô hình phát triển cho các khu đô thị vùng ĐBSCL trong tương lai, đảm bảo gắn kết hài hòa với các khu vực lân cận hiện có, hướng tới mục tiêu hình thành diện mạo kiến trúc riêng cho mỗi đô thị, thể hiện nét đặc trưng lịch sử - văn hoá và bản địa của từng địa phương trong khu vực, đồng thời có khả năng chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn từ hiện tượng BĐKH&NBD.

Trên qui mô toàn vùng ĐBSCL, bằng phương pháp sơ đồ hóa các tác động của hai yếu tố tác động trên, lồng ghép các lớp tách với nhau, có thể khoanh vùng các tác động của BĐKH. Theo đó, phân tích của nhóm nghiên cứu phân loại được 5 vùng tác động chính như sau (Hình 6):

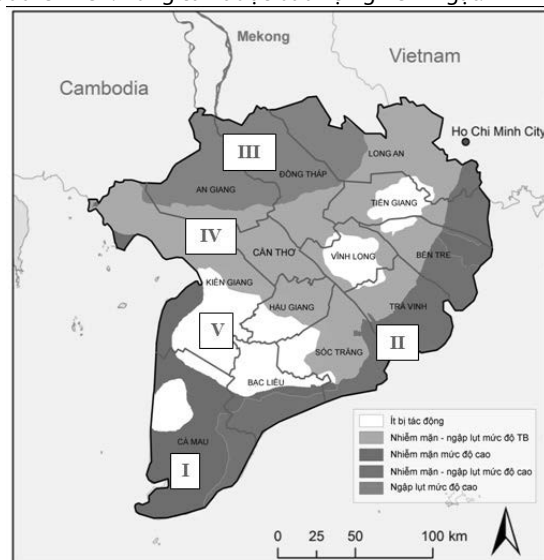
- Vùng I (Z1): Vùng duyên hải phía Tây Nam Bộ, chịu xâm nhập mặn khá nặng (chỉ thua vùng duyên hải phía Đông), và đồng thời chịu ngập lụt ở mức độ thấp. Do vậy giải pháp thích ứng với BĐKH cho vùng này phần lớn tập trung vào các giải pháp công trình và phi công trình ứng phó và thích ứng với môi trường ngập mặn.

- Vùng II (Z2): Vùng duyên hải phía Đông Nam Bộ, chịu xâm nhập mặn nặng và ngập lụt khá nặng (Mức ngập lụt chỉ đứng sau vùng trung Z3). Giải pháp thích ứng tập trung cả hai vấn đề ngập và mặn. Vùng này sẽ là vùng bảo vệ vùng IV (Z4) khỏi hoặc giảm tác động xâm mặn.

- Vùng III (Z3): Vùng ngập nặng, nhưng không bị mặn. Giải pháp chủ yếu thích ứng với ngập lụt.

- Vùng IV (Z4): Vùng nước ngọt, ngập lụt trung bình, ít nhiễm mặn. Giải pháp thích ứng hướng tới vấn đề thích ứng ngập lụt mức nhẹ và giảm thiểu xâm nhập mặn bằng giải pháp thủy lợi từ vùng II.

- Vùng V (Z5): Vùng lý tưởng, chịu ít tác động của ngập lụt nhất (1-1.5m), và không có hiện tượng xâm nhập mặn. Đây là vùng lý tưởng cho phát triển đô thị, tập trung dân cư đô thị cao, mô hình phát triển nén. Vùng cần được bảo vệ nghiêm ngặt.



Hình 6. Sơ đồ phân vùng tác động của BĐKH tại vùng ĐBSCL (SISP, 2016)

Về lý thuyết, vùng chịu ảnh hưởng nặng nhất là những vùng có cuộc sống, lối sinh hoạt, canh tác và sản xuất lệ thuộc vào môi trường tự nhiên. Do đó, thiệt hại ở vùng nông thôn thường nghiêm trọng hơn ở các vùng đô thị. Tuy nhiên, với tốc độ đô thị hóa hiện nay, gần 17 triệu dân vùng ĐBSCL đang dần dịch chuyển

sang tập trung tại các khu đô thị, thì tác động của BĐKH đối với người dân tại các đô thị ngày càng gia tăng và không hề nhỏ. Đặc biệt là những đô thị gần sát biển chịu độ nhiễm mặn nặng nhất như Rạch Giá, Bạc Liêu, và Cà Mau (Theo Bảng 1. Thống kê số liệu tác động của BĐKH đến các đô thị vùng ĐBSCL).

Từ 5 tiểu vùng được xác định như trên, nhóm nghiên cứu đã đề xuất mô hình định hướng phát triển cho các đô thị cùng thuộc tính trong từng Vùng. Trong đó, đề xuất mô hình phát triển đô thị chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn cho thành phố Cà Mau thuộc Vùng I.

Thành phố Cà Mau là tỉnh lỵ của tỉnh Cà Mau, trước năm 1975, thị xã có tên là Quận Long. Năm 1999, thị xã Cà Mau được Thủ tướng Chính phủ Việt Nam công nhận là đô thị loại 3. Năm 2010, Cà Mau được công nhận là đô thị loại 2, diện tích là 250,3 km². Dân số năm 2019 là 226.372 người, mật độ dân số đạt 908 người/km² [Tổng cục thống kê, 2019].

a) Về tổng thể cấu trúc đô thị

Tỉnh Cà Mau là tỉnh cực Nam Việt Nam, nằm trong khu vực ven biển Tây Nam Bộ, tiếp giáp với Vịnh Thái Lan (Hình 7), chịu ảnh hưởng trực tiếp từ biển Đông, thiếu nước ngọt quanh năm và là nơi được dự báo sẽ chịu ảnh hưởng lớn từ BĐKH&NBD. Tuy nhiên, nơi đây hình thành và phát triển các hệ sinh thái tự nhiên độc đáo: rừng, rừng ngập mặn ven biển, khu bảo tồn thiên nhiên, phòng hộ gió bão,... và cũng là nguồn tài nguyên thủy sản giá trị cao.

Cấu trúc đô thị bao gồm:

- **Vùng kinh tế nội địa** nằm trên vùng đất tương đối cao trong khu vực, được bảo vệ bởi hệ thống giao thông, đê bao và rừng phòng hộ, được ưu tiên phát triển KCN, các cụm công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp; Xây dựng trung tâm kinh tế dịch vụ, bao gồm các trung tâm thương mại, trung tâm dịch vụ tài chính ngân hàng, phát triển các cơ sở dịch vụ du lịch, kết nối với hạ tầng các khu đô thị lân cận; Phát triển vùng nguyên liệu, vùng thực phẩm; Phát triển nuôi thủy sản, chăn nuôi gia súc gia cầm qua mô trang trại tập trung; Xây dựng các công trình nước ngọt phục vụ nhu cầu dùng nước sinh hoạt xen kẽ trong khu đô thị (hồ chứa nước mưa, công trình lọc nước ngọt, ...);

- **Vùng kinh tế biển và ven biển** (Hình 8): khu vực tiếp giáp với vịnh Thái Lan, hạn chế việc xây dựng khu dân cư tập trung. Các công trình xây dựng chủ yếu là công trình thủy lợi, khai thác thủy sản, dầu khí, công nghiệp đóng tàu. Trong thời gian tới, thủy hải sản là ngành kinh tế quan trọng nhằm giải quyết việc làm, tạo ra sản lượng hàng thủy sản xuất khẩu; Đẩy mạnh phát triển các ngành công nghiệp ven biển, bao gồm công nghiệp chế biến thủy hải sản tại các KCN tập trung, gắn với xử lý chất thải, nước thải, bảo vệ môi trường. Phát triển công nghiệp tàu thủy; Phát triển du lịch, quy hoạch phát triển một số khu, cụm du lịch ven biển và cụm du lịch đảo, các khu du lịch rừng ngập mặn ven biển, rừng tràm; Phát triển vận tải và công nghiệp vận tải biển: tập trung đầu tư hoàn thành đưa vào khai thác sử dụng các cảng; Phát triển dịch vụ thương mại ở các vùng ven biển và vùng biển như thương mại, tài chính, ngân hàng; Quy hoạch xây dựng các làng cá ven biển để sắp xếp tái định cư cho các hộ dân ở ngoài đê biển và các cửa sông vào phía trong.

b) Định hướng phát triển không gian

Vùng kinh tế nội địa, bao gồm TP Cà Mau và 2 huyện Thới Bình, Cái Nước, có diện tích tự nhiên 130.75 ha, chiếm 24,52% diện tích tự nhiên toàn tỉnh.

- Phát triển đô thị TP Cà Mau, nhất là kết cấu hạ tầng; phát triển các đô thị khác trong vùng như thị trấn Cái Nước, thị trấn Thới Bình;

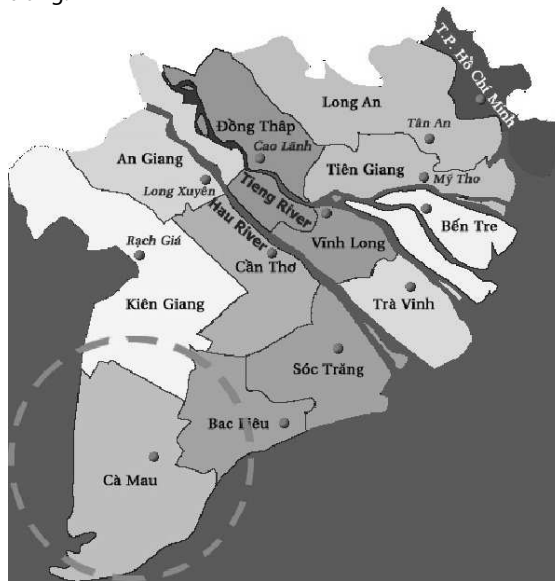
- Phát triển KCN Hòa Trung, các cụm công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp ở An Xuyên, Phường 8, Phường 1, Trí Phải, Đầm Cùn;

- Xây dựng TP Cà Mau thành trung tâm kinh tế dịch vụ, bao gồm các trung tâm thương mại, trung tâm dịch vụ tài chính ngân hàng; phát triển các cơ sở dịch vụ du lịch;

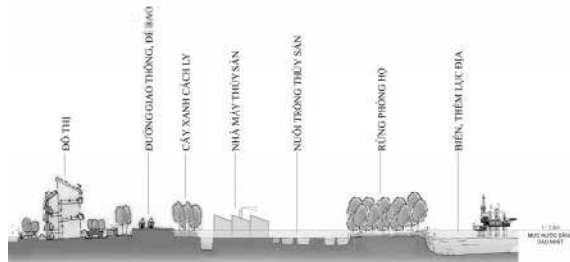
- Xây dựng TP Cà Mau thành trung tâm đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao cho tỉnh;

- Phát triển vùng mía nguyên liệu, vùng thực phẩm phục vụ cho TP Cà Mau;

- Phát triển nuôi thủy sản ở huyện Cái Nước, Thới Bình và TP Cà Mau; phát triển chăn nuôi gia súc gia cầm theo mô hình trang trại tập trung.



Hình 7. Bản đồ vị trí tỉnh Cà Mau (SISP, 2016)



Hình 8. Sơ đồ mặt cắt không gian ven biển Vùng I (SISP, 2016)

Vùng kinh tế biển và ven biển, bao gồm vùng biển, các cụm đảo Hòn Khoai, Hòn Chuối, Đá Bạc và các huyện có bờ biển (U Minh, Trần Văn Thời, Phú Tân, Năm Căn, Ngọc Hiển, Đầm Dơi), có diện tích đất liền 402.195 ha, chiếm 75,48% diện tích tự nhiên toàn tỉnh.

- Thủy hải sản: ngành kinh tế quan trọng nhằm giải quyết việc làm, tạo ra sản lượng hàng thủy sản xuất khẩu lớn;

- Phát triển các ngành công nghiệp ven biển, bao gồm công nghiệp chế biến thủy hải sản tại các KCN tập trung (Sông Đốc, Năm Căn) gắn với xử lý chất thải, nước thải, bảo vệ môi trường;

- Phát triển du lịch: Quy hoạch phát triển một số khu, cụm du lịch ven biển và cụm du lịch đảo, bao gồm khu du lịch Mũi Cà Mau, khu du lịch Khai Long; các cụm du lịch tại đảo Hòn Khoai, Hòn Đá Bạc; các khu du lịch rừng ngập mặn ven biển, rừng tràm;

- Công nghiệp và dịch vụ dầu khí: vùng biển Tây Nam Bộ là vùng biển có tài nguyên lớn về dầu khí, việc thăm dò khai thác dầu khí vừa góp phần đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, vừa tăng cường bảo vệ chủ quyền của quốc gia trên vùng biển. Tỉnh Cà Mau cần phối hợp chặt chẽ trong quá trình thực hiện các dự án tìm kiếm thăm dò, khai thác và chế biến dầu khí, nhất là các ngành

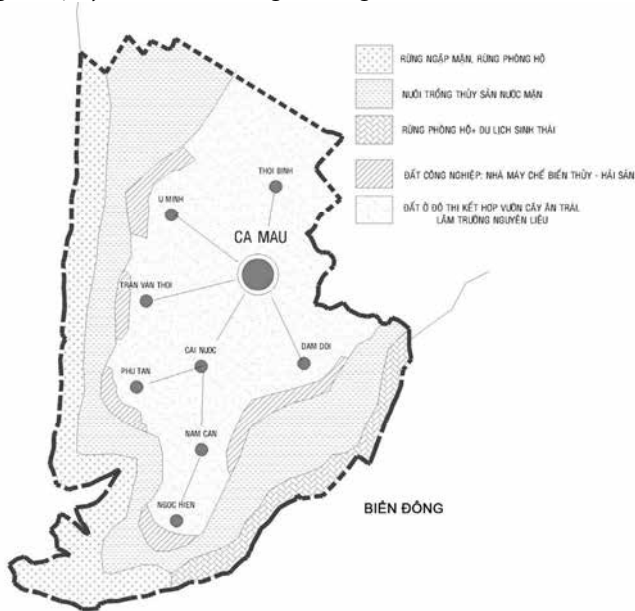
công nghiệp sử dụng nguồn khí khai thác từ vùng biển, phát triển thị trường khí tự nhiên, xây dựng hệ thống dự trữ, vận chuyển và phân phối sản phẩm dầu khí. Nghiên cứu xây dựng một số kho dự trữ dầu, khí hóa lỏng ở Năm Căn;

- Phát triển vận tải và công nghiệp vận tải biển: tập trung đầu tư hoàn thành đưa vào khai thác sử dụng các cảng Năm Căn, cảng cá và bến ở đảo Hòn Khoai, cảng cá Sông Đốc, các bến ở đảo Hòn Chuối;

- Phát triển nông, lâm nghiệp ven biển;

- Phát triển dịch vụ thương mại ở các vùng ven biển và vùng biển như thương mại, tài chính, ngân hàng. Từng bước hình thành một số trung tâm kinh tế dịch vụ ven biển như Sông Đốc, Năm Căn, Khánh Hội, Cái Đồi Vàm, Rạch Gốc. Nghiên cứu đầu tư xây dựng một trung tâm dịch vụ kinh tế biển tại cụm đảo Hòn Khoai (chủ yếu là dịch vụ hậu cần nghề cá, du lịch, các dịch vụ cứu hộ cứu nạn);

- Phát triển xã hội gắn với biển: kết hợp chặt chẽ giữa phát triển kinh tế với phát triển các lĩnh vực văn hóa xã hội phục vụ nhân dân ven biển và ngư dân trên biển. Quy hoạch xây dựng các làng cá ven biển để sắp xếp tái định cư cho các hộ dân ở ngoài đê biển và các cửa sông vào phía trong, hỗ trợ cho các hộ nghèo vùng bãi ngang ven biển, xây dựng hạ tầng, chú trọng đến phát triển giáo dục, y tế, văn hóa thông tin vùng ven biển.



Hình 9. Sơ đồ sử dụng đất thích ứng BĐKH&NBD toàn tỉnh Cà Mau (SISP, 2016)

c) Đề xuất sử dụng đất

Đất sản xuất nông nghiệp:

- Do đặc điểm đất nhiễm phèn, độ mặn cao nên hiệu quả trồng lúa không cao. Đề xuất chỉ nên dành một quỹ đất nhỏ, sâu vào bên trong đất liền, gần bờ sông (để tận dụng nguồn nước mưa rửa mặn) cho sản xuất trồng lúa, cung cấp một phần lương thực cho dân đô thị Cà Mau;

- Đất trồng cây lâu năm: Cải tạo vườn tạp để trồng cây ăn trái, cây công nghiệp tăng hiệu quả kinh tế trên cùng một đơn vị diện tích, đồng thời đáp ứng nhu cầu đất đai phục vụ cho việc xây dựng cơ sở hạ tầng phát triển KTXH;

- Lựa chọn những vùng đất có cốt nền cao, có hệ thống đê điều bảo vệ, gần khu dân cư và KCN (cung cấp nguyên liệu chế biến). Một số loại cây ăn trái chịu được đất mặn, đất nhiễm phèn như dưa, măng cầu xiêm, chuối, mía, thơm.

Đất trồng lâm nghiệp

- Khu vực đất rừng phòng hộ, rừng cách ly, rừng chống sạt lở,... nằm ở vị trí ven bờ biển;

- Giữ ổn định diện tích rừng hiện có, đồng thời trồng mới rừng trên vùng loang lổ da beo của rừng hiện tại, trên đất ngập mặn, bãi bồi và khu vực rừng tràm. Đưa diện tích đất lâm nghiệp này vào khai thác hiệu quả kinh tế phát triển các khu du lịch sinh thái - nghỉ dưỡng, bảo vệ các loài động thực vật quý hiếm trong rừng như cá sấu, ong mật, ... giúp phát triển khu vực kinh tế dịch vụ.

Đất nuôi trồng thủy sản

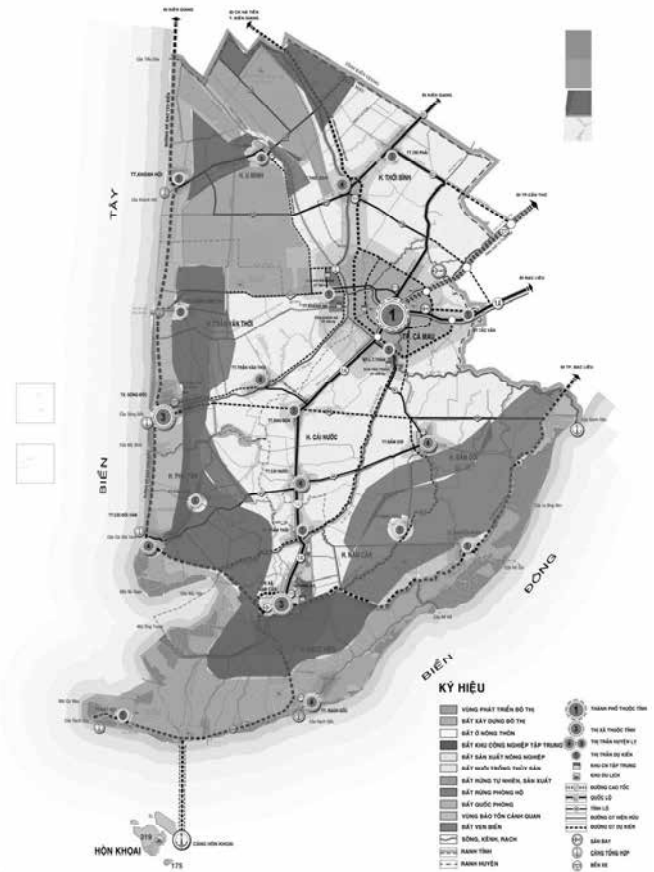
- Đất nuôi thủy sản sẽ chiếm một tỷ lệ rất lớn do chuyển từ đất sản xuất nông nghiệp sang. Vị trí nằm bên trong khu bãi bồi, ven biển, tận dụng những khu vực nhiễm mặn nặng, đất đai ít giá trị khai thác về nông nghiệp, được bảo vệ bởi hệ thống rào chắn, đê điều, nằm gần các nhà máy chế biến thủy sản;

- Một số thủy sản đặc trưng của khu vực mang giá trị cao về dinh dưỡng và giá trị xuất khẩu như tôm, cua, cá,...

Đất phi nông nghiệp

- Ưu tiên quy hoạch đất phát triển các KDC ở những vùng đất cao, không chịu ảnh hưởng lớn của gió bão, xâm mặn, có nguồn nước ngọt dự trữ và hệ thống giao thông liên kết vùng hoàn chỉnh;

- Đối với đất ở KDC nông thôn, bố trí đất ở cho các gia đình mới tách hộ, đầu tư một số dự án tái định cư, sắp xếp bố trí dân cư vùng ven biển; từng bước quy hoạch sắp xếp các hộ dân cư phân tán vào các khu, cụm dân cư để thuận tiện cho đầu tư xây dựng hạ tầng.



Hình 10. Bản đồ định hướng sử dụng đất tỉnh Cà Mau chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn từ hiện tượng BĐKH (Nguồn: nhóm tác giả trên nền Sơ đồ định hướng phát triển không gian vùng tỉnh Cà Mau 2020-2030 của SISP năm 2010)

5. KẾT LUẬN

Các đô thị ven biển của vùng ĐBSCL kéo dài từ phía Đông Nam Bộ đến Tây Nam Bộ, là vùng biển có tài nguyên lớn về thủy hải sản và dầu khí, cuộc sống người dân gắn liền với hệ thống sông, kênh rạch và bờ biển. Chính đặc trưng không giống với các vùng lãnh thổ khác, khiến cho vùng ĐBSCL phải chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn từ hiện tượng BĐKH&NBD và một số hệ lụy khác. Ngập lụt và xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL dẫn đến các tác động tiêu cực khác như sụt lún, sạt lở bờ sông, bờ biển hay thiếu nước ngọt cho tưới tiêu và sinh hoạt hàng ngày của người dân các đô thị ven biển, nhất là những đô thị gần sát biển chịu độ nhiễm mặn nặng.

Việc nghiên cứu phân tích về đặc trưng đô thị ven biển vùng ĐBSCL để hiểu rõ lịch sử hình thành đô thị, đặc điểm phân bố các đô thị, và những tác động của BĐKH&NBD đối với các đô thị ven biển,... sẽ góp phần dự đoán và phòng tránh những tác động từ hiện tượng biến đổi khí hậu đối với đô thị ven biển trong vùng. Nhiều minh chứng cho thấy người dân tại các đô thị ven biển trong vùng ĐBSCL từ hàng trăm năm qua đã và đang có những chọn lựa khôn ngoan trong tổ chức môi trường sống và môi trường sản xuất để sống chung với lũ.

Thông qua phương pháp sơ đồ hóa các tác động của hai yếu tố ngập lụt và xâm nhập mặn, nhóm nghiên cứu lồng ghép các lớp tách về quy mô và hình thái của các đô thị để phân loại được 5 vùng tác động của BĐKH. Từ đó đề xuất những mô hình phát triển cho các khu đô thị vùng ĐBSCL nói chung, và các đô thị ven biển nói riêng, đảm bảo gắn kết hài hòa với các khu vực lân cận hiện có, hướng tới mục tiêu hình thành diện mạo kiến trúc riêng cho mỗi đô thị này, đồng thời có khả năng chịu tác động ngập lụt và nhiễm mặn từ hiện tượng BĐKH&NBD.

Nghiên cứu cũng đưa ra đề xuất mô hình phát triển cho trường hợp TP Cà Mau - đô thị ven biển chịu độ nhiễm mặn nặng nhất trong vùng. Nội dung đề xuất bao gồm các vấn đề về tổng thể cấu trúc đô thị, định hướng phát triển không gian đô thị, đề xuất cơ cấu sử dụng đất đô thị, cũng như đề xuất một số mũi nhọn phát triển kinh tế - xã hội của thành phố. Đây là một bước cần thiết và quan trọng trong chiến lược ứng phó với hiện tượng BĐKH&NBD cho các đô thị ven biển vùng ĐBSCL trong thời gian tới.

Lời cảm ơn

Các tác giả cảm ơn Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam (SISP) đã giúp hoàn thiện nghiên cứu với những số liệu từ đề tài nghiên cứu khoa học *Xây dựng giải pháp thích ứng biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho các đô thị thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long*, 2016.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arlene Christy Lusterio. *Living With Floods: The Settlements of the Vietnam Mekong Delta*. 2007

Báo điện tử Đảng Cộng sản Việt Nam. Đồng bằng sông Cửu Long cung cấp 90% lượng gạo xuất khẩu. Link: <https://dangcongson.vn/kinh-te/dong-bang-song-cuu-long-cung-cap-90-luong-gao-xuat-khau-444408.html>. 2017, truy cập 20/2/2021

Báo Nhân Dân. Ứng phó biến đổi khí hậu tại đồng bằng sông Cửu Long Link: <https://nhandan.vn/xahoi/ung-pho-bien-doi-khi-hau-tai-dong-bang-song-cuu-long-640053>. 2021, truy cập 31/3/2021

Báo Nhân Dân. Đợt hạn, mặn nghiêm trọng nhất trong lịch sử ĐBSCL. Link: <https://nhandan.vn/chuyen-lam-an/dot-han-man-nghiem-trong-nhat-trong-lich-su-dbscl-475180>, 2020. truy cập 7/2021.

Báo Nhân Dân. Khắc phục tình trạng sạt lở ở đồng bằng sông Cửu Long. Link: <https://nhandan.vn/tin-tuc-xa-hoi/khac-phuc-tinh-trang-sat-lo-o-dong-bang-song-cuu-long-613974>, 2020. truy cập 7/2021.

Birkmann Jorn. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. New York: United Nations University Press, 2006

Birkmann. J and Pardoe. J., *Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction: Fundamentals, Synergies and Mismatches*. Springer journal, 2011 (www.springer.com/978-94-017-8630-0)

Bộ Tài nguyên và Môi trường. *Kịch bản BĐKH Việt Nam*, 2016

Dastagir, M. R.. *Modeling recent climate change induced extreme events in Bangladesh: A review*. *Weather and Climate Extremes*, 2015(7), 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.10.003>

Frank Schwarte. *Adapt-HCMC. Handbook on Climate Change Adapted Urban Planning and Design for Ho Chi Minh City/ Vietnam*. Brandenburg University of Technology Cottbus, 2013

Gotte, E. *Comparison of Local Government's Response to Flood Risk in St Jean de Luz, France and Ho Chi Minh City, Vietnam*. Technical University of Darmstadt, 2017

Kiều Thị Lê, Võ Dao Chi, và Lê Thị Thu Hương. *Giảm nhẹ tác động của ngập lụt dựa vào cộng đồng – điểm qua kinh nghiệm của các TP châu Á và vùng Nam Bộ*. Đô thị hóa và phát triển Đô thị bền vững vùng Nam Bộ: Lý luận, Thực tiễn và Đối thoại chính sách, 535–551. Nhà Xuất bản Khoa học xã hội, 2017

Mathur, A., dan Cunha, D. *Design in the terrain of water*, Applied Research + Design, 2014

SREX Việt Nam. *Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về Quản lý rủi ro thiên tai và các hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với BĐKH*. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và BĐKH, kết hợp với Chương trình Phát triển Liên Hợp quốc, 2015

Tổng cục thống kê. *Tổng điều tra dân số và nhà ở*, 2019

Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam (SISP). *Các chuyên đề về tác động của BĐKH & NBD đối với vùng Đồng bằng sông Cửu Long*, 2013

Viện Quy hoạch Xây dựng miền Nam (SISP). *Xây dựng giải pháp thích ứng biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho các đô thị thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ. Bộ Xây dựng, 2016

Viện Quy hoạch thủy lợi miền Nam. Quy hoạch thủy lợi Đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện biến đổi khí hậu - nước biển dâng. Link: https://siwrp.org.vn/tin-tuc/cong-bo-quy-hoach-tong-the-thuy-loi-dong-bang-song-cuu-long-trong-dieu-kien-bien-doi-khi-hau-nuoc-bien-dang_149.html. 2012, truy cập 5/2021

Watson, D., Adams, M. *Design for Flooding: Architecture, Landscape and Urban Design for Resilience to Climate Change*, John Wiley và Sons, 2010.

¹ Theo Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam Bộ, tháng 02/2021, trên hệ thống sông Vàm Cỏ, độ mặn 4g/l vào sâu 50km trên sông Vàm Cỏ Tây và độ mặn 1g/l vào sâu 70km trên sông Vàm Cỏ Đông. Tương tự, trên hệ thống sông Cửu Long, sông Tiền độ mặn 4g/l cũng vào sâu 50km, độ mặn 2g/l vào đến TP Mỹ Tho. Trên sông Cửa Đại, Hàm Luông, Cổ Chiên, Ba Lai độ mặn 4g/l vào sâu hơn 50km.

Phân tích ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông đến ứng xử của dầm bê tông cốt thép

Analysis of the effect of steel bar corrosion on behavior of RC beams

> VO VAN NAM¹; TRAN THE TRUYEN²

¹ Faculty of Traffic Engineering, Ho Chi Minh City University of Transport.

Email: nam.vo@ut.edu.vn

² Faculty of Engineering, University of transport and communications.

Email: truyenestc@gmail.com

TÓM TẮT:

Đồng bằng sông Cửu Long với đặc trưng địa hình sông ngòi, kênh rạch dày đặc; được đánh giá là bị ảnh hưởng nặng nề bởi hiện tượng nước biển dâng do biến đổi khí hậu. Nước biển dâng gây tác động đáng kể đến sự ăn mòn các kết cấu công trình bằng bê tông cốt thép (BTCT) khi thay đổi các vùng ăn mòn và gia tăng nồng độ các chất ăn mòn trong các bộ phận kết cấu. Khi cốt thép bị ăn mòn, sức kháng của các kết cấu sẽ bị suy giảm, ảnh hưởng đến khả năng khai thác của công trình.

Nghiên cứu này tiến hành đánh giá ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép đến sức kháng của kết cấu dầm BTCT. Các mẫu dầm được tạo ứng suất và ngâm trong môi trường nước biển. Kết quả nghiên cứu sẽ làm rõ ảnh hưởng của việc cốt thép bị ăn mòn đến khả năng kháng uốn của dầm BTCT, đến ứng xử của kết cấu dầm BTCT có xét đồng thời ảnh hưởng của tải trọng và điều kiện môi trường.

Từ khóa: "ăn mòn"; "ăn mòn cốt thép"; "dầm BTCT"; "sức kháng"

ABSTRACT:

The Mekong Delta is characterized by dense topography of rivers and canals; is considered to be heavily affected by sea level rise due to climate change. Sea level rise has a significant impact on the corrosion of reinforced concrete structures by changing the corrosion zones and increasing the concentration of corrosive substances in structural parts. When the reinforcement is corroded, the resistance of the structure will be reduced, affecting the exploitability of the building.

This study evaluates the influence of reinforcement corrosion on the resistance of RC beam structures. The beam samples are stressed and immersed in seawater. The research results will clarify the influence of the corroded reinforcement on the flexural resistance of the RC beams, on the behavior of the RC beam structure, taking into account the influence of loads and environmental conditions at the same time.

Keywords: "corrosion"; "bar steel corrosion"; "RC beams"; "resistance"

Ăn mòn cốt thép trong cấu kiện dầm BTCT là một quá trình lâu dài và phụ thuộc vào nhiều yếu tố: điều kiện môi trường, tải trọng tác dụng, vật liệu chế tạo cấu kiện...[7, 8] Đồng bằng sông Cửu Long với mạng lưới sông ngòi và kênh rạch dày đặc là một thuận lợi cho phát triển giao thông đường thủy; bên cạnh đó nhằm kết nối các tuyến đường bộ được thông suốt và liên tục, đảm bảo vận tải hàng hóa và hành khách, các công trình cầu BTCT đang trở phổ biến trên các tuyến đường bộ và là đối tượng bị ăn mòn dưới tác dụng của môi trường xâm thực. Các con sông, kênh rạch nơi đây với chế độ thủy triều lên xuống ảnh hưởng đến độ nhiễm mặn của môi trường nước; đặc biệt vào mùa khô, khi hạn hán kéo dài, nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền, độ mặn của nước tăng lên. Đây là

một trong các yếu tố gây nên hiện tượng ăn mòn trong kết cấu cầu BTCT và là vấn đề cần được nghiêm túc nghiên cứu và phân tích nhằm đánh giá mức độ nguy hại và tác động đến tuổi thọ của các công trình cầu BTCT trong quá trình khai thác.

Để có thể đánh giá một cách nghiêm túc và chính xác ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép đến sức kháng của dầm BTCT cần thực nghiệm trong môi trường diễn tiến nhanh; với các điều kiện tự nhiên được thiết kế và giả lập trong môi trường thực nghiệm một cách gần đúng nhất so với điều kiện làm việc thực tế của cấu kiện dầm. Qua đó, quan trắc, thu thập, phân tích và đánh giá ứng xử của dầm trong suốt quá trình làm việc với các kịch bản được tạo ra trong phòng thí nghiệm.

Vấn đề trên được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước; trong nước tác giả Nguyễn Công Luyến, Trường Đại học Đà Nẵng, đã công bố kết quả, *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng ăn mòn cốt thép đến kết cấu bê tông cốt thép bằng mô hình 3D-RBSM*, trên Tạp chí Khoa học kỹ thuật và môi trường, 2018 [9]; tác giả Vũ Ngọc Anh, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, công bố kết quả nghiên cứu, *Ăn mòn cốt thép và ảnh hưởng của nó tới ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép*, 2014, [8]. Trên thế giới nhóm tác giả thuộc Trường Đại học Cairo University, Ai Cập đã công bố kết quả nghiên cứu về sự ăn mòn cốt thép trên dầm BTCT dự ứng lực và BTCT truyền thống, Mohamed Moawad, Hossam El-Karmoty, Ashraf El Zanaty, Behavior of corroded bonded fully prestressed and conventional concrete beams, 2015 [10].

Tuy nhiên hầu hết các tác giả thời gian qua đang dừng lại ở cấu kiện BTCT chịu nén hoặc nén uốn đồng thời (sơ đồ uốn 3 điểm) [8, 9]; trong phạm vi bài báo nhằm bổ sung thêm góc nhìn từ việc phân tích ứng xử của cấu kiện dầm BTCT chịu uốn thuần túy (sơ đồ uốn 4 điểm) với cốt thép bị ăn mòn dưới tác dụng của tải trọng [10, 11], tác giả đề xuất thực nghiệm trên các mẫu dầm BTCT, các điều kiện môi trường được mô phỏng và giả định. Nhóm tác giả sẽ tiến hành thống kê, phân tích số liệu, đồng thời đưa ra một số kết luận và kiến nghị liên quan đến ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép đến khả năng kháng uốn của dầm BTCT.

2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ CHẾ TẠO MẪU, THỰC NGHIỆM

2.1 Vật liệu chế tạo mẫu, thiết bị phục vụ chế tạo mẫu, quá trình thực nghiệm

- Bê tông C30 có cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày dự kiến là $f_c' = 30$ MPa Thành phần cấp phối của bê tông được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI211.1-91, [4]

- Thép được sử dụng chế tạo dầm: D10, tròn trơn, $f_y = 240$ Mpa.

Bảng 1. Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông

Xi măng	XM	395 (kg)
Cát	C	848 (kg)
Đá	Đ	1060 (kg)
Nước	N	170 (lit)

Thiết bị phục vụ chế tạo mẫu:

- Máy nén San 3000 là loại máy nén điện tử, điều khiển bằng máy tính có thể giữ được lực theo thời gian.
- Load cell loại 1000kN dùng để đo lực
- Strain gages loại KC60 hãng KYOWA dùng để đo biến dạng
- Máy SDA-830C dùng để nối các đầu đo lực và biến dạng ghi dữ liệu cùng 1 đơn vị thời gian theo tín hiệu điện.
- Máy đầm bê tông
- Một số thiết bị khác...



Hình 1. Máy trộn vữa bê tông



Hình 2. Máy nén San 3000

2.2. Kích thước, hình dạng và cấu tạo mẫu

Mẫu dầm chế tạo phục vụ thực nghiệm có kích thước 500x100x100 (mm) [1, 2, 4, 5, 6]. Số lượng 10 dầm.



Hình 3. Kích thước và cấu tạo dầm thực nghiệm

2.3. Quá trình thực hiện thực nghiệm

Với mục tiêu của nhóm nghiên cứu là phân tích ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép đến ứng xử - cụ thể là khả năng kháng uốn của dầm BTCT dưới tác dụng của tải trọng.

Nghiên cứu được tiến hành trên 10 mẫu dầm BTCT có kích thước 500x150x100(mm), trong đó 02 mẫu sử dụng để uốn xác định P_{max} , 04 mẫu không gia tải và 04 mẫu dầm gông gia tải mức $0,8.P_{max}$.

Bảng 2. Số lượng mẫu đối sánh và xác định P_{max}

Thí nghiệm	SL dầm	Lực tác dụng
Thí nghiệm uốn 4 điểm	02	P_{max}
Nhóm dầm 1	04	Không gia tải

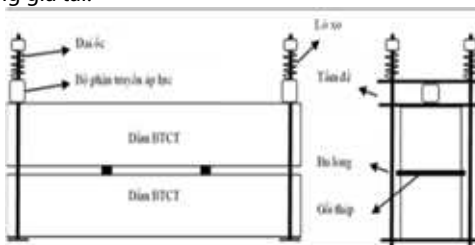
Bảng 3. Số lượng mẫu dầm ứng các cấp gia tải

Thí nghiệm	SL dầm	Lực tác dụng
Nhóm dầm 2	04	$0,8.P_{max}$

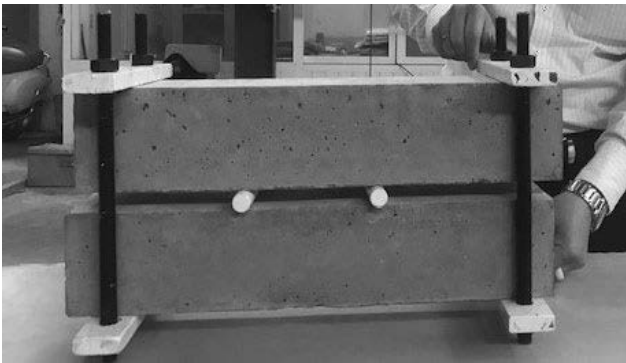
Điều kiện diễn tiến ăn mòn nhanh thực hiện trong phòng thí nghiệm với dung dịch NaCl nồng độ (3-5%) kết hợp tạo điện cực kích hoạt môi trường ăn mòn điện ly.

Các mẫu dầm được gông thành từng cặp, đảm bảo dầm chịu uốn thuần túy; 02 gối đầu dầm cách đầu dầm 25 cm, 2 gối phía trong dầm cách gối đầu dầm và cách nhau 150 cm, chia dầm ra làm 3 đoạn mỗi đoạn 150 cm, lực gông $0,8.P_{max}$, bằng cách siết bu lông bộ gá gia lực.

Nhóm nghiên cứu xác định lực gông thông qua loadcell, đồng thời kiểm soát thông qua biến dạng và ứng suất, bằng cách dán sensor, các lá điện trở trên thiết bị gông và dầm. Nghĩa là các cấp gia tải sẽ được xác định thông qua ứng suất uốn trên cốt thép, tức là khi ứng suất bê tông bằng mô đun nứt của bê tông. Quá trình kiểm soát này được triển khai trong suốt quá trình các mẫu dầm được gông gia tải.



Hình 4. Thiết bị mô tả gông dầm



Hình 5. Hình ảnh gia tải dầm

Quá trình uốn dầm xác định P_{max} , xác định thông qua load cell, đồng thời kiểm soát qua việc xác định ứng suất của thép bằng cách gắn các sensor trên tấm thép cấu tạo trong dầm [1, 2].

Giá trị lực uốn phá hoại xác định được: $P_{max} = 28 \text{ KN}$

Ứng với ứng suất thép tại vết nứt xấp xỉ: $\sigma = 150 \text{ Mpa}$.

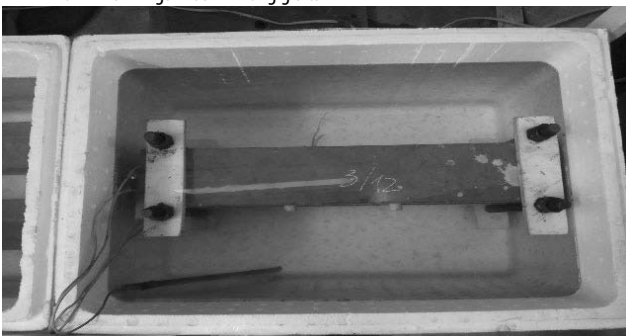


Hình 6. Hình ảnh uốn dầm xác định P_{max}

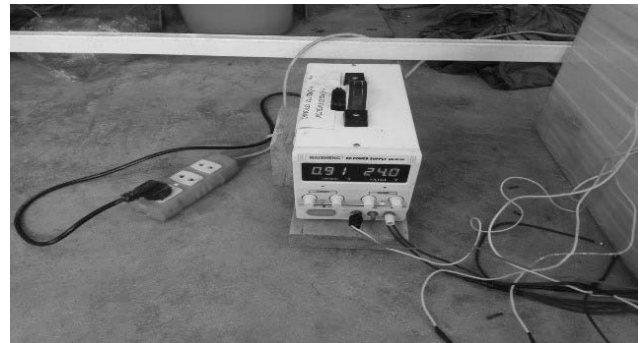
Các cặp mẫu dầm được ngâm trong môi trường dung dịch NaCl nồng độ (3-5%) kết hợp tạo điện cực kích hoạt môi trường ăn mòn điện ly. Thời gian ngâm là 30 ngày liên tục.



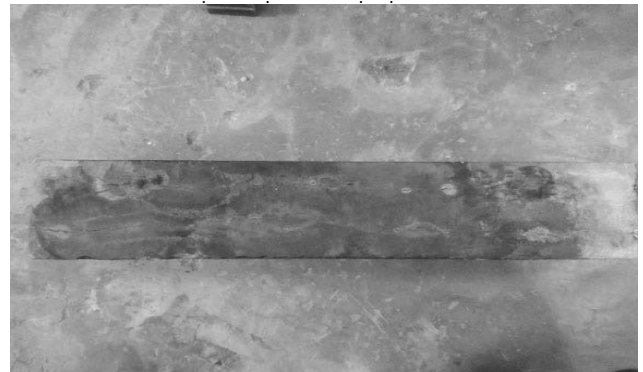
Hình 7. Hình ảnh ngâm dầm không gia tải



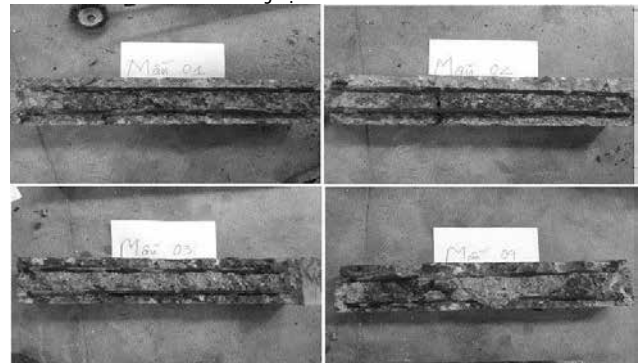
Hình 8. Hình ảnh dầm ngâm có gia tải



Hình 9. Hình ảnh thiết bị kích hoạt ăn mòn điện cực



Hình 10. Hình ảnh dầm sau thí nghiệm ăn mòn điện tiến nhanh



Hình 11. Hình ảnh cốt thép bị ăn mòn

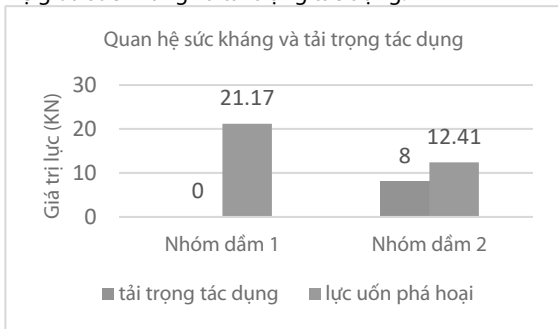
3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH THỰC NGHIỆM

3.1. Kết quả uốn dầm sau khi thí nghiệm ăn mòn điện tiến nhanh.

Bảng 4. Thống kê kết quả uốn các mẫu dầm (KN)

STT	Tên mẫu	Lực gia tải ban đầu (KN)	Lực uốn phá hoại sau ngâm (KN)	Giá trị lực trung bình (KN)
1	Mẫu 1	0	22.10	21.17
2	Mẫu 2	0	19.96	
3	Mẫu 3	0	20.68	
4	Mẫu 4	0	21.95	
5	Mẫu 5	0,8 . P_{max}	14.40	12.41
6	Mẫu 6	0,8 . P_{max}	12.20	
7	Mẫu 7	0,8 . P_{max}	10.10	
8	Mẫu 8	0,8 . P_{max}	12.95	

Dựa trên kết quả thống kê tại Bảng 3 tiến hành vẽ biểu đồ quan hệ giữa sức kháng và tải trọng tác dụng.



Hình 12. Quan hệ sức kháng uốn và tải tác dụng

3.2. Mức độ ăn mòn cốt thép

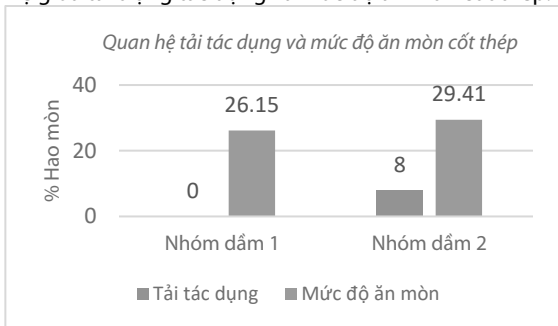
Các mẫu dầm sau khi uốn đến phá hoại, sẽ tiến hành đập bỏ lớp bê tông bảo vệ, các thanh thép được lấy ra và làm sạch phần gỉ thép bao quanh, bê tông bám vào thanh rồi tiến hành cân xác định khối lượng. Khối lượng thép hao mòn được tính bằng chênh lệch khối lượng giữa các thanh thép trước và sau khi ngâm.

Kiểm soát khối lượng thép bị ăn mòn trong quá trình thí nghiệm đối với các tổ hợp dầm. Khối lượng thép ban đầu: là khối lượng 02 thanh thép D10 tròn trơn được cân sau khi cắt theo kích thước bản vẽ và trước khi chế tạo dầm.

Bảng 5. Độ hao mòn cốt thép các nhóm mẫu dầm (%)

STT	Tên mẫu	Lực gia tải ban đầu (KN)	KL thép ban đầu (g)	KL thép sau ngâm (g)	KL thép hao mòn (g)	Hao mòn (%)	Hao mòn TB (%)
1	Mẫu 1	0	562.0	412.2	149.8	26.7	26.15
2	Mẫu 2	0	560.0	418.5	141.5	25.2	
5	Mẫu 3	0	551.0	407.5	143.5	26.1	
6	Mẫu 4	0	553.5	406.5	147.0	26,6	
7	Mẫu 5	0,8.P _{max}	556.5	390.7	165.8	29.8	29.41
8	Mẫu 6	0,8.P _{max}	550.5	395.5	155.0	28.2	
9	Mẫu 7	0,8.P _{max}	554.5	386.5	168	30.2	
10	Mẫu 8	0,8.P _{max}	552.5	389,8	162.7	29.5	

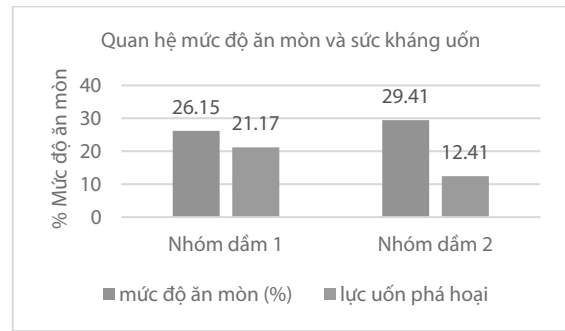
Dựa trên kết quả thống kê tại Bảng 4 tiến hành vẽ biểu đồ quan hệ giữa tải trọng tác dụng và mức độ ăn mòn cốt thép.



Hình 13. Quan hệ lực tác dụng và mức độ ăn mòn

3.3. Ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép đến sức kháng uốn của dầm BTCT

Trên cơ sở kết quả thống kê tại Bảng 3 và 4 tiến hành vẽ biểu đồ thể hiện quan hệ giữa mức độ ăn mòn và khả năng kháng uốn của dầm.



Hình 14. Quan hệ mức độ ăn mòn và sức kháng uốn

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua kết quả phân tích thực nghiệm trên các mẫu dầm, nhóm nghiên cứu đưa ra một số kết luận như sau:

- Khối lượng cốt thép hao mòn ở các mẫu dầm được gia tải lớn hơn ở các mẫu dầm không gia tải. Như vậy có thể thấy mức độ ăn mòn cốt thép tỉ lệ thuận với tải trọng tác dụng lên dầm. Cốt thép bị ăn mòn thường trương nở thể tích làm nứt kết cấu bê tông bảo vệ, qua các vết nứt khả năng xâm nhập của tác nhân ăn mòn càng diễn tiến nhanh và phức tạp.

- Giá trị lực kháng uốn tại thời điểm phá hoại của các mẫu dầm có gia tải nhỏ hơn so với các mẫu dầm không gia tải; như vậy có thể thấy khi cốt thép trong dầm BTCT bị ăn mòn sẽ làm giảm sức kháng uốn của dầm BTCT; nguyên nhân có thể nêu ở đây là do tiết diện làm việc của cốt thép bị suy giảm, khả năng dính bám giữa cốt thép và bê tông giảm dẫn đến khả năng làm việc chung suy giảm.

- Kiến nghị nghiên cứu thêm ảnh hưởng của hiện tượng ăn mòn cốt thép đến khả năng dính bám giữa bê tông và cốt thép trong kết cấu dầm BTCT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Viết Trung, Nguyễn Ngọc Long, *Cấu bê tông cốt thép*, NXB GTVT, (2012).
- [2] Nguyễn Viết Trung, Trần Thế Truyền, Hồ Xuân Tú, *Thấm và ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép*, NXB Xây dựng, (2014).
- [3] *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05*, NXB GTVT, 2005.
- [4] Thiết kế cấp phối bê tông - Tiêu chuẩn ACI211.1-91
- [5] TCXDVN 327: 2004, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*.
- [6] TCVN 9346:2012, *Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*, 2012.
- [7] TCVN 3993:1985, *Chống ăn mòn trong xây dựng - Kết cấu bê tông và BTCT- Nguyên tắc cơ bản để thiết kế*, 1985.
- [8] Vũ Ngọc Anh, *Ăn mòn cốt thép và ảnh hưởng của nó tới ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép*, Khoa học công nghệ - Hội đập lớn và phát triển nguồn nước Việt Nam, 2014.
- [9] Nguyễn Công Luyện, *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng ăn mòn cốt thép đến kết cấu bê tông cốt thép bằng mô hình 3D-RBSM*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật và Môi trường, 62, 2018.
- [10] Mohamed Moawad, Hossam El-Karmoty, Ashraf El Zanaty. Behavior of corroded bonded fully prestressed and conventional concrete beams, *HBRC Journal*, 14, 2016, pp.137-149.
- [11] A.El-Hefnawy. *A New Statistical Approach for Predicting the Residual Capacity of Reinforced Concrete Beams Having Corroded Main Steel*. PhD Thesis, Cairo University, 2000.

Thảo luận một số vấn đề về kết cấu thép cửa van khẩu độ lớn ở Đồng bằng sông Cửu Long

Practical issues in design large-span steel gates in Mekong delta river

> VŨ HOÀNG HƯNG¹; TRẦN ĐÌNH HÒA²; ĐỖ XUÂN CƯỜNG²; VĂN THẾ DŨNG³; TRẦN XUÂN HẢI⁴

¹ Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

Email: hung.kcct@tlu.edu.vn

² Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

³ CTCP Tư vấn Xây dựng Thủy Lợi II (HECII), TP.HCM

⁴ NCS, Trường Đại học Thủy lợi

ABSTRACT:

Due to the influence of tidal motivation; adapt working both condition of prevent saltwater intrusion and keep freshwater; water transportation, the system of hydraulic structure in Mekong delta river require large span gate from 30m to 60m even larger. Therefore, the vertical large span gate and mitre gate can meet these above requirements. However, without experience in designing and manufacturing large span gate, almost of project in Vietnam is followed the standard design of European countries. In recent year, application of Cai Lon – Cai be; Ninh Quoi and Xeo Ro sluices; Project of control water in Ben Tre; The system control water of Hochiminh city...first step are mastering the technology of large span gate, however, practical issues in structural, material, design, manufacturing, operation and maintenance need further discussion.

Keywords: Mekong Delta, Lift gates, Miter gates, Material, Design, Manufacturing

TÓM TẮT:

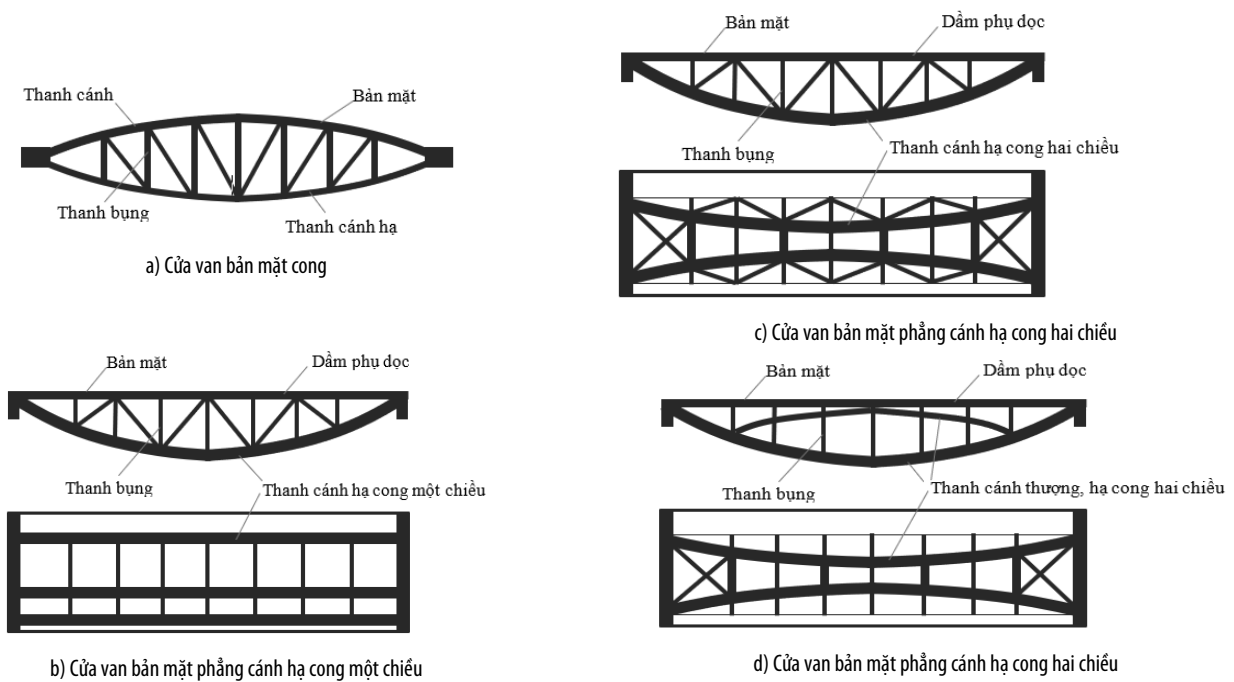
Các công trình kiểm soát nước ở Đồng bằng sông Cửu Long thường có quy mô lớn, chế độ làm việc bán nhật triều và nhật triều, yêu cầu cả ngăn mặn và giữ ngọt đồng thời phải đảm bảo yêu cầu giao thông thủy một cách thuận lợi nên đòi hỏi công trình kiểm soát nước có cửa van khẩu độ lớn từ 30 m đến 60 m. Cửa van phẳng kéo đứng và cửa van phao chữ nhân có thể đáp ứng tốt các yêu cầu trên. Tuy nhiên do kinh nghiệm thiết kế và chế tạo cửa van khẩu độ lớn ở Việt Nam còn nhiều hạn chế, nên trong quá trình thiết kế và chế tạo đã được các cơ quan quản lý và đơn vị tư vấn đầu tư nghiên cứu. Các vấn đề như hình thức kết cấu, vật liệu chế tạo, tính toán thiết kế, chế tạo lắp đặt... trình bày trong bài báo này được rút ra từ thực tiễn thiết kế và chế tạo cửa van cổng Cái Lớn, cổng Cái Bé, cổng âu thuyền Ninh Quới, cổng Xẻo Rô, cổng kiểm soát triều khu vực thành phố Hồ Chí Minh, các cổng thuộc dự án quản lý nước Bến Tre để cùng trao đổi và tiếp tục hoàn thiện.

Từ khóa: Đồng bằng sông Cửu Long; cửa van kéo đứng; cửa van chữ nhân; vật liệu; thiết kế; chế tạo

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay vấn đề ngập lụt, hạn hán, xâm nhập mặn ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) ngày càng nghiêm trọng do ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn và tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Vì vậy cần thiết phải nghiên cứu đầu tư xây dựng các công trình kiểm soát nước để phấn đấu đến năm 2030 vấn đề ngập lụt, hạn mặn cơ bản được giải quyết ở khu vực ĐBSCL [1]. Năm qua Nhà nước đã đầu tư nhiều hệ thống công trình thủy lợi lớn được huy động từ nhiều nguồn vốn khác nhau như hệ thống cống ngăn triều khu vực TP.HCM, hệ thống quản lý nước Bến Tre, hệ thống công trình thủy lợi Cái Lớn – Cái Bé và nhiều công trình đơn lẻ đang dần đi vào hoạt động có hiệu quả. Các công trình kiểm soát nước ở ĐBSCL thường có quy mô lớn do bề rộng sông và kênh lớn, chế độ làm việc bán nhật triều và nhật triều, yêu cầu cả

ngăn mặn và giữ ngọt đồng thời phải đảm bảo yêu cầu giao thông thủy một cách thuận lợi nên đòi hỏi công trình kiểm soát nước có cửa van khẩu độ lớn từ 30 m đến 60 m. Để đáp ứng được các khẩu độ này hoặc lớn hơn nữa, các nước có nền khoa học kỹ thuật phát triển đã sử dụng nhiều hình thức cửa van khác nhau như cửa van kéo đứng (vertical-lift gate), cửa van chữ nhân (miter gate), cửa van cổng (visor gate), cửa van viên phân xoay (rotary segment gate), cửa van cung (segment gate). Tuy nhiên đối với Việt Nam kinh nghiệm thiết kế và chế tạo các loại hình cửa van này còn khá mới đòi hỏi phải đầu tư nghiên cứu để làm chủ công nghệ. Chính vì vậy, trong quá trình thiết kế và chế tạo cửa van cổng Cái Lớn, cổng Cái Bé, cổng âu thuyền Ninh Quới, cổng Xẻo Rô, cổng kiểm soát triều khu vực TP.HCM, các cổng thuộc dự án quản lý nước Bến Tre [2] đã gặp phải nhiều vấn đề như lựa chọn hình thức kết cấu, cải tiến kết



Hình 1. Các hình thức kết cấu giàn cửa van kéo đứng nhịp lớn



Hình 2. Hình ảnh cửa van kéo đứng ở Việt Nam

cấu, lựa chọn vật liệu thép, tính toán thiết kế, chế tạo lắp đặt... và đã được giải quyết hoặc cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện để ứng dụng cho các công trình tiếp theo. Dưới đây trình bày một vài vấn đề chính để cùng trao đổi và thảo luận.

2. LỰA CHỌN HÌNH THỨC KẾT CẤU CỦA VAN

Như đã trình bày ở trên, cửa van trong công trình kiểm soát nước ở ĐBSCL cần có khẩu độ lớn. Cửa van kéo đứng và cửa van chữ nhân được ưu tiên lựa chọn cho các công trình kiểm soát nước ở ĐBSCL do phù hợp với đặc điểm và khả năng thiết kế, chế tạo ở Việt Nam hiện nay.

2.1. Cửa van phẳng kéo đứng

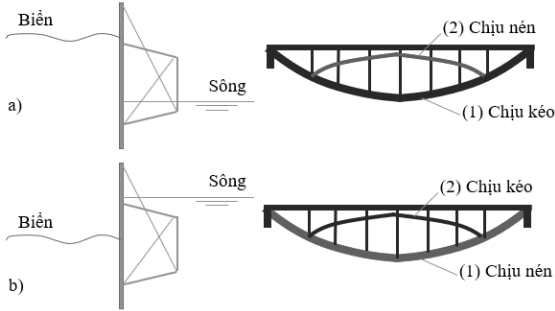
Do yêu cầu các công trình ngăn sông hoặc cống ngăn triều ở ĐBSCL có khẩu độ lớn đến 60 m nên cửa van kéo đứng dạng dầm bụng đặc khó đáp ứng được các yêu cầu về biến dạng, cửa van dạng giàn ống thép đang có xu hướng phát triển và dần hoàn thiện. Do cửa van có chiều dài nhịp B gấp nhiều lần chiều cao H nên thường dùng loại cửa van hai giàn chính, tùy theo bản mặt là mặt phẳng hay mặt cong mà cánh thượng giàn chính có thể là thanh thẳng hay thanh cong, còn thanh cánh hạ có thể chọn là

thanh cong một chiều hay hai chiều (Hình 1a, 1b, 1c) [3]. Các hình thức cửa van này đã được ứng dụng ở đập hạ lưu sông Dinh, cống Bàu Chầu, cống Mường Chuối, cống Cái Lớn, cống Cái Bé... và nhiều cống lớn khác với kích thước nhịp lớn nhất lên đến 40 m (Hình 2).

Đối với cửa van cống vùng ĐBSCL thường làm việc hai chiều và có chênh lệch mực nước không lớn nên sử dụng bản mặt phẳng (cửa van phẳng kéo đứng). Để phát huy tối đa hiệu quả của hệ giàn theo cả hai chiều, tác giả ở Trường Đại học Thủy lợi đã đề xuất nghiên cứu cải tiến hình thức giàn Hình 1c sử dụng kết hợp thanh cong ngược đỡ bản mặt như Hình 1d để tăng độ cứng của giàn theo cả hai chiều. Nguyên tắc chịu lực của hệ giàn này được cho ở Hình 3. Khi có sự chênh lệch mực nước biển lớn hơn phía sông (Hình 3a), thanh cánh hạ (1) chịu kéo, thanh cánh thượng (2) chịu nén và ngược lại khi có sự chênh lệch mực nước sông lớn hơn phía biển (Hình 3b), thanh cánh hạ (1) chịu nén, thanh cánh thượng (2) chịu kéo sẽ phát huy được tác dụng của vòm [4].

Hướng của bản mặt cửa van phẳng kéo đứng được quay về phía biển hay phía sông được lựa chọn theo điều kiện có lợi về mặt chịu lực, điều kiện bảo trì, bảo dưỡng hệ giàn và điều kiện bố trí tổng thể của

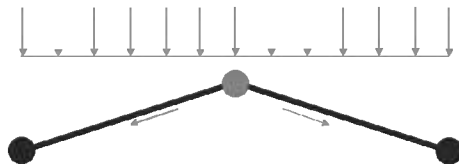
công trình. Đối với khu vực ĐBSCL có chênh lệch mực nước phía biển lớn hơn phía sông nên bản mặt quay về phía biển sẽ phát huy được tối đa cường độ vật liệu khi thanh cánh hạ chịu kéo, ngoài ra khung giàn nằm phía sông sẽ ít bị ăn mòn hơn và dễ bảo trì bảo dưỡng. Tuy nhiên cũng cần phải nói thêm rằng khi hệ giàn quay ra phía biển, hệ giàn cũng có tác dụng giảm một phần tác động của sóng vào bề mặt cửa van và ít bị động bèo rác phủ sa trên các thanh giàn ống thép.



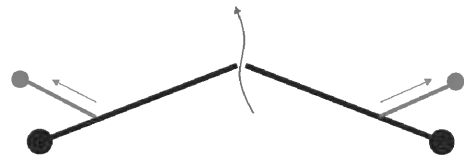
Hình 3. Nguyên tắc chịu lực chính của thanh giàn khi bản mặt quay về phía biển

2.2. Cửa van chữ nhân khẩu độ lớn

Cửa van chữ nhân thường được sử dụng trong các âu thuyền do chỉ chịu được chênh lệch áp lực nước từ một phía và không có khả năng điều tiết nước. Khi cửa van chịu chênh lệch áp lực nước theo hướng vòm lõm (Hình 4a) đã tạo hiệu ứng vòm 3 khớp vững chắc, áp lực nước tác dụng lên cửa được dẫn về hai gối. Khi cửa van làm việc theo hướng ngược lại (Hình 4b), không tạo được hiệu ứng vòm 3 khớp, hai cánh cửa làm việc độc lập, áp lực nước tác dụng lên cửa được dẫn về điểm đặt xy lanh trên đỉnh cửa, cửa van bị biến dạng gây ra rò rỉ nước tại mép cửa. Chênh lệch áp lực nước càng lớn, rò rỉ nước càng lớn. Tuy nhiên với công trình điều tiết nước có yêu cầu khẩu độ lớn mà chênh lệch cột nước không lớn, nếu sử dụng công trình âu thuyền riêng biệt sẽ có vốn đầu tư lớn, việc tích hợp cống và âu thuyền với cửa van chữ nhân khẩu độ lớn làm việc hai chiều ở ĐBSCL là một bước đi đột phá trong ngành thủy lợi Việt Nam. Cống âu thuyền Ninh Quới tỉnh Bạc Liêu là một ví dụ điển hình với cửa van chữ nhân 2x18,14x5,2 m. Tuy nhiên khi cửa van

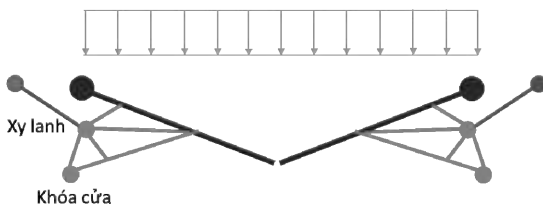


a) Sơ đồ cửa van làm việc theo hướng vòm lõm

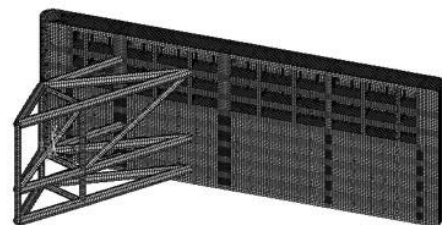


b) Sơ đồ cửa van làm việc theo hướng vòm lồi

Hình 4. Hình thức chịu lực của cửa van chữ nhân



a) Sơ đồ cửa van chữ nhân cải tiến



b) Mô hình không gian một cánh cửa

Hình 5. Cửa van chữ nhân khẩu độ tăng cường thêm hệ giàn chống

chữ nhân có khẩu độ lớn, do hạn chế về chiều dài xy lanh nên độ dài công xôn từ điểm đặt xy lanh đến mép cửa khá lớn và điểm đặt xy lanh ở phía trên đỉnh cửa van, khi chịu chênh lệch áp lực nước lớn dễ gây uốn xoắn cửa van.

Với mong muốn cửa van làm việc được hai chiều để giảm chi phí đầu tư xây dựng cống Xẻo Rô thuộc hệ thống thủy lợi Cái Lớn – Cái Bé, các tác giả ở Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam đã đề xuất tăng độ cứng của cánh cửa khi cửa van làm việc độc lập bằng cách thêm hệ giàn chống ở phía sau cửa (Hình 5). Đây là hình thức kết cấu mới lần đầu được thiết kế và chế tạo tại Việt Nam cũng như trên thế giới [5]. Các vấn đề đã được đặt ra đối với cửa van này như lệch trọng tâm cánh cửa khi thêm hệ giàn chống, sẽ cửa tại mép ngoài và đầu giàn, khóa cửa khi cửa van làm việc ngược chiều, cao su chắn nước đầu cửa... đã cơ bản được giải quyết và cần có thời gian để kiểm chứng.

3. LỰA CHỌN VẬT LIỆU

3.1. Vật liệu thép

1) Yêu cầu về vật liệu thép

Đối với kết cấu chịu lực lớn, làm việc môi trường xâm thực mạnh đòi hỏi độ bền và yêu cầu chống rỉ cao. Để đáp ứng yêu cầu này và dễ dàng gia công chế tạo tại hiện trường, thành phần hóa học của thép cần đảm bảo có hàm lượng C(%) thấp, Mn(%) cao, Cr(%) cao, P(%) thấp, Ni(%) cao.

2) Lựa chọn vật liệu thép cho kết cấu cửa van

Để lựa chọn vật liệu thép phù hợp, cần thỏa mãn các tiêu chí:

- Đảm bảo cường độ
- Đảm bảo khả năng chống ăn mòn, chống rỉ trong môi trường làm việc (thường xuyên ngâm chìm)
- Đảm bảo khả năng dễ dàng gia công chế tạo (cắt, uốn, đập, hàn...)
- Đảm bảo tuổi thọ
- Đảm bảo khả năng cạnh tranh giá thành vật liệu phù hợp với yêu cầu công trình
- Đảm bảo tính phổ biến trên thị trường trong nước & thế giới
- Điều kiện kinh tế của Việt Nam hiện nay.

Tuy nhiên trên thị trường Việt Nam có rất nhiều loại vật liệu

thép khác nhau nhưng khó có thể đáp ứng đầy đủ các tiêu chí ở trên:

- Vật liệu thép hợp kim thấp SM490, S355JR, Gr50 A572, Q345B . . . : Đây là loại thép kết cấu thông dụng (tính hàn được và uốn được) đang được dùng rất nhiều trong các công trình cầu cống, giàn khoan . . . ở trong nước cũng như trên thế giới, tuy nhiên loại vật liệu này đều bị rỉ trong môi trường nước mặn, có giá thành vừa phải;

- Vật liệu thép không rỉ SUS 304 . . . : Loại thép này có tuổi thọ cao hơn loại thép trên, cơ tính kém hơn thép cac bon hợp kim thấp, không bị rỉ, giảm chi phí sơn sửa bảo dưỡng hàng năm, giá thành đắt;

- Vật liệu thép không rỉ SUS 323L . . . : loại thép này có tuổi thọ cao hơn các loại thép trên, cơ tính cao hơn S355JR, không bị rỉ, giảm chi phí sơn sửa bảo dưỡng hàng năm, giá thành rất đắt.

Vì vậy việc lựa chọn mác thép cho cửa van khẩu độ lớn cần được cân nhắc trong bài toán tổng thể và có thể sử dụng nhiều mác thép cho một công trình tùy thuộc vào yêu cầu làm việc của từng bộ phận.

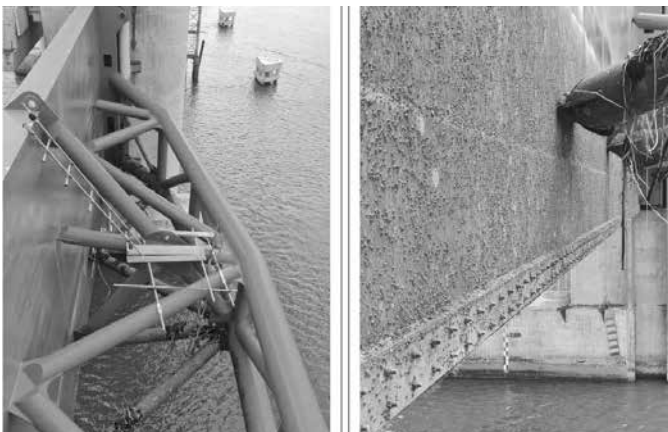
3.2. Vật liệu bảo vệ bề mặt

Bảo vệ bề mặt kết cấu thép cửa van được lựa chọn dựa vào vật liệu thép nền, môi trường làm việc và chu trình sơn phủ.

Hiện nay bảo vệ bề mặt kết cấu thép cửa van khẩu độ lớn ở ĐBSCL thường sử dụng sơn Epoxy giàu kẽm, chống ăn mòn điện hoá, điện ly trong môi trường nước biển mặn thay thế cho kẽm nhúng nóng vì lý do:

- Yêu cầu chuẩn bị bề mặt thấp hơn
- Chiều dày nhỏ hơn
- Dễ thi công ở hiện trường và có yêu cầu thấp hơn
- Bảo trì dễ dàng
- Chi phí thấp hơn nhất là về nhân công, vật tư, máy móc, thiết bị
- Tuổi thọ của lớp sơn bảo vệ đến 15 năm
- Nhiều nhà cung cấp trên thị trường

Tuy nhiên sau một thời gian ngắn sử dụng, cửa van thép bị hà bám rất nhiều. Hà bám vào bề mặt kim loại tiết ra chất kết dính cực kỳ bền chặt làm hỏng lớp sơn bảo vệ bề mặt kim loại gây ra ăn mòn và rỉ sét như ví dụ ở Hình 6 của cửa van trong HTTL Cái Lớn - Cái Bé. Vì vậy cần thiết phải nghiên cứu giải pháp bảo vệ bề mặt có khả năng chống hà bám nhưng không ảnh hưởng đến môi trường nước xung quanh.



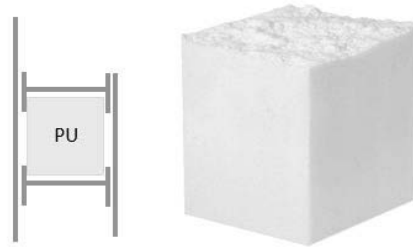
Hình 6. Hà bám cửa van sau một thời gian ngắn sử dụng

3.3. Vật liệu lấp đầy

Do cửa van có nhịp lớn, trọng lượng cửa van cũng lớn, để tạo lực đẩy nổi cân bằng với trọng lượng cửa van khi làm việc

trong nước cần làm kết cấu rỗng. Đối với cánh cửa van chữ nhân sử dụng tôn bưng hai mặt để tạo các hộp rỗng; đối với cửa van phẳng kéo đứng, các dầm phụ dọc và hệ giàn ống thép cũng là các kết cấu rỗng có thể tạo ra lực đẩy nổi cửa van khi làm việc trong nước.

Nhằm đối phó với việc khả năng mối hàn có khuyết tật, nước thấm vào các hộp rỗng gây mất hiệu quả đẩy nổi, cần nghiên cứu sử dụng vật liệu nhẹ lấp đầy hộp rỗng, chiếm chỗ của nước nếu có hiện tượng thấm xảy ra. Để lấp đầy hộp rỗng, các tác giả đề xuất sử dụng keo bọt nở điển đây Polyurethane Foam (PU) có khả năng chống thấm nước, chống cháy khi hàn (Hình 7).

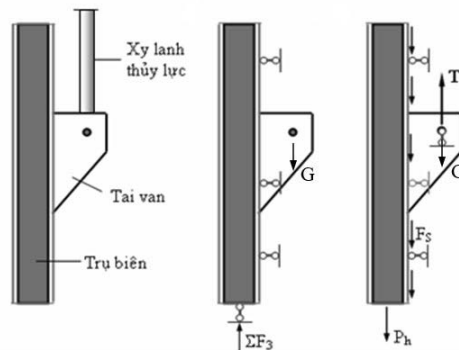


Hình 7. Sử dụng vật liệu PU lấp đầy hộp rỗng

4. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

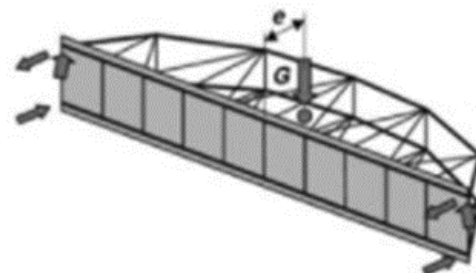
4.1. Xác định trọng tâm cửa van

Cửa van kéo đứng được vận hành nhờ xy lanh thủy lực đặt tại hai đầu cửa. Để cửa van được chuyển động thẳng đứng trong mặt phẳng khe van thì phương của xy lanh cần đi qua trọng tâm của cửa van (Hình 8) [3].



Hình 8. Phương của đặt xy lanh thủy lực đi qua trọng tâm cửa van

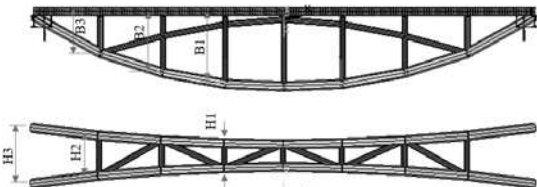
Khi phương của xy lanh không đi qua trọng tâm cửa van với độ lệch e sẽ gây ra áp lực ngang tác dụng lên khe van làm tăng ma sát khi kéo cửa (Hình 9). Vì vậy trong tính toán thiết kế cần thiết phải xác định trọng tâm cửa van để bố trí điểm đặt xy lanh trên cửa cho phù hợp. Việc xác định trọng tâm cửa van phẳng kéo đứng khá dễ dàng khi sử dụng các phần mềm mô phỏng không gian kết cấu của van như SAP2000, ANSYS... [6][7].



Hình 9. Áp lực ngang khi cửa van bị kéo lệch tâm

4.2. Tối ưu kết cấu giàn

Khi thiết kế hệ giàn trong cửa van kéo đúng khẩu độ lớn thường có hệ số dự trữ độ bền khá lớn và chênh nhau khá nhiều giữa các bộ phận do tính toán theo hệ phẳng, bố trí hệ dầm và kích thước giàn chính không hợp lý làm cho trọng lượng cửa van lớn so với yêu cầu chịu lực. Để giảm trọng lượng cửa van cần tính toán theo sơ đồ kết cấu không gian và tính toán tối ưu kích thước hình học và tiết diện các thanh giàn. Hình 11 và Hình 12 thể hiện một ví dụ về mô hình cửa van cống Cái Lớn kích thước 40x9 m và phổ chuyển vị ứng với hai tổ hợp ngăn mặn và giữ ngọt trước và sau khi tính toán tối ưu. Kết quả tính toán kích thước tối ưu được cho ở Bảng 1. Trong đó biến thiết kế (DVs) là các biến liên tục như kích thước bao ngoài của giàn (B1, B2, B3, H1, H2, H3) và đường kính ngoài của các loại thanh giàn (DK01, DK02, DK03, DK04) được khống chế trong phạm vi nhất định, xem Hình 10. Biến trạng thái (SVs) là ứng suất không vượt quá ứng suất cho phép. Hàm mục tiêu là trọng lượng (WT) là nhỏ nhất. Kích thước sau khi tối ưu vẫn đảm bảo điều kiện về biến dạng cho ở Bảng 2 [4].



Hình 10. Các biến thiết kế

5. CHẾ TẠO LẮP ĐẶT

5.1. Chia khối cửa và tổ hợp

Để đảm bảo chất lượng, công tác gia công cơ khí cửa van được chế tạo trong xưởng sau đó vận chuyển và lắp đặt tại công trình. Do cửa van có kích thước lớn rất khó khăn trong công tác vận chuyển nên cửa van nhịp lớn thường được chia thành các khối để vận chuyển. Việc chia khối cửa đảm bảo vị trí chia không phải là vị trí bất lợi nhất về mặt chịu lực do khó kiểm soát chất lượng tổ hợp hàn tại hiện trường. Các khối chia có thể không đều và chia số lượng lẻ để đảm bảo không có vị trí nối tại giữa nhịp cửa van. Các

mối nối cần được kiểm tra để có phương án gia cường khi cần thiết. Hình 13 thể hiện hình ảnh khối giữa cửa van cống Cái Bé đang trong quá trình vận chuyển.

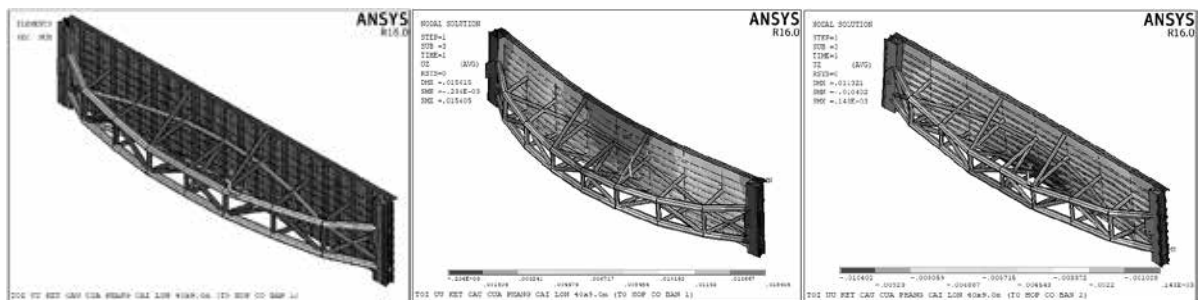
Tùy thuộc năng lực của nhà thầu thi công, việc tổ hợp cửa van có thể thực hiện tại bãi hoặc tại vị trí làm việc, tuy nhiên cần phải kiểm soát chặt chẽ chất lượng đường hàn tại hiện trường. Hình 14 thể hiện hình ảnh cửa van cống Cái Lớn đang được tổ hợp trên bãi và chuẩn bị cấu lắp vào vị trí làm việc.

Bảng 1. Biến thiết kế và giá trị tính toán tối ưu

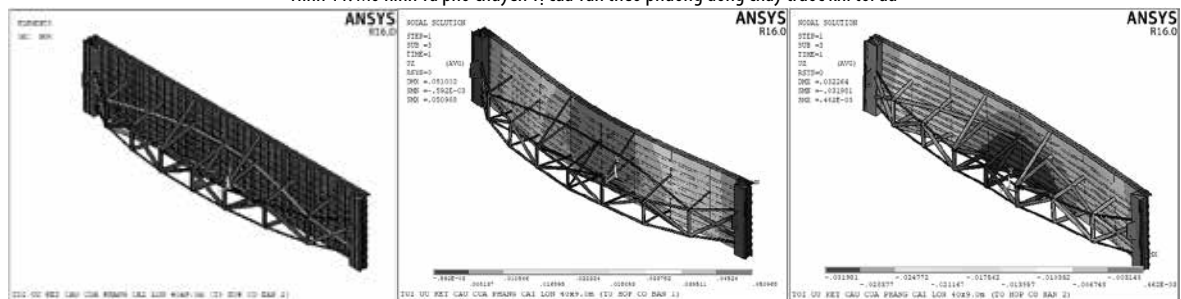
TT	Biến thiết kế	Giá trị thiết kế (mm)	Giá trị tính toán tối ưu (mm)	
			Cơ bản 1	Cơ bản 2
1	B1	5200	5055	5155
2	B2	4300	4222	4359
3	B3	3100	3388	3044
4	H1	2600	2600	2600
5	H2	3000	3000	3000
6	H3	3367	3367	3367
7	DK01	762x20,0	252x20,0	200x20,0
8	DK02	457x12,7	312x12,7	439x12,7
9	DK03	457x12,7	203x12,7	447x12,7
10	DK04	457x12,7	380x12,7	453x12,7
11	DK05	457x12,7	200x12,7	423x12,7
	WT	66,085	28,232 T	40,653 T

Bảng 2. Kiểm tra điều kiện biến dạng sau tối ưu

Tổ hợp	Chuyển vị UZ (m)	Chuyển vị tương đối	Nhận xét
Cơ bản 1	0,050968	1/784	Đạt
Cơ bản 2	-0,031981	1/1250	Đạt



Hình 11. Mô hình và phổ chuyển vị của van theo phương dòng chảy trước khi tối ưu



Hình 12. Mô hình và phổ chuyển vị của van theo phương dòng chảy sau khi tối ưu



Hình 12. Khối giữa cửa van cống Cái Bé



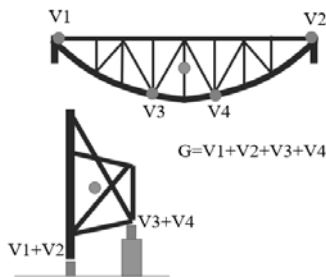
Hình 14. Cửa van cống Cái Lớn được tổ hợp trên bãi sau đó cấu lắp đặt vào vị trí công trình

5.2. Cân tìm trọng tâm tại hiện trường

Do cửa van thực thể có thể có sự sai khác so với mô hình tính toán thiết kế hoặc trong quá trình thiết kế chưa xem xét đến trọng tâm cửa van vì vậy cần thiết phải xác định chính xác tọa độ trọng tâm cửa van thực thể để có biện pháp xử lý thích hợp trước khi lắp đặt vào công trình.

Dựa trên nguyên lý cân bằng ngẫu lực có thể xác định vị trí trọng tâm cửa van. Sử dụng 4 kích thủy lực (100T hoặc 150T) và các Loadcel đặt tại đầu kích tại các vị trí như Hình 15 và Hình 16. Nâng toàn bộ cửa van và đọc giá trị phản lực tại các kích và từ đó tính toán xác định trọng tâm cửa van trên mặt bằng theo sơ đồ Hình 17 và công thức dưới đây. Phương pháp này khá đơn giản và phù hợp với điều kiện kỹ thuật hiện có của các nhà thầu Việt Nam.

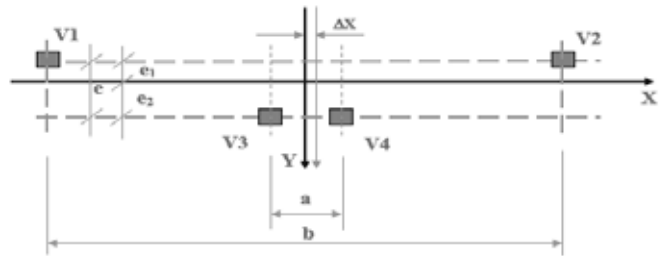
$$\begin{cases} e_1 + e_2 = e \\ (V_1 + V_2).e_1 = (V_3 + V_4).e_2 \\ (V_1 \left(\frac{b}{2} + \Delta X\right) + V_3 \left(\frac{a}{2} + \Delta X\right) = V_4 \left(\frac{a}{2} - \Delta X\right) + V_2 \left(\frac{b}{2} - \Delta X\right) \end{cases}$$



Hình 15. Điểm nâng của van



Hình 16. Kích thủy lực gắn Loadcell



Hình 17. Xác định tọa độ trọng tâm của van

5.3. Điều chỉnh trọng tâm

Sau khi xác định vị trí trọng tâm cửa van trên thực tế nếu không đáp ứng yêu cầu thiết kế thì cần thiết phải điều chỉnh trọng tâm. Biện pháp có thể sử dụng là hàn thêm các thanh thép phụ để đối trọng hoặc bơm bê tông vào các ống thép để điều chỉnh trọng tâm. Đây chỉ được coi là biện pháp tình thế không phải là biện pháp thiết kế cửa van.

6. KẾT LUẬN

Thông qua thực tiễn thiết kế và chế tạo các cửa van khẩu độ lớn ở ĐBSCL vừa qua, các tác giả mong muốn được trao đổi thảo luận các vấn đề còn tồn tại để tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện trong thời gian tới:

- Cải tiến hình thức kết cấu cửa van và tối ưu hóa hình dạng và kích thước
- Nghiên cứu và lựa chọn vật liệu thép cho cửa van thép vùng biển
- Giải pháp bảo vệ bề mặt chống hà bám cửa van vùng biển
- Tính toán độ bền mỏi kết cấu cửa van khẩu độ lớn
- Tự động hóa trong thiết kế, quản lý vận hành và cảnh báo an toàn
- Xây dựng tiêu chuẩn thiết kế, chế tạo, lắp đặt và nghiệm thu cửa van thép khẩu độ lớn
- Xây dựng định mức chế tạo và biện pháp lắp đặt cho phần cửa van thép khẩu độ lớn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://nongnghiep.vn/giai-doan-2021-2025-can-30000-ty-dong-de-giai-quyet-toan-bo-han-man-vung-dbscl-d264457.html#3a>
- [2] Hồ sơ thiết kế hạng mục cơ khí thủy công cống âu thuyền Ninh Quới, cống Xẻo Rô, cống Cái Lớn, cống Cái Bé, 8 cống thuộc hệ thống Quản lý nước Bến Tre.
- [3] Đỗ Văn Hứa, Vũ Hoàng Hưng, Cửa van và Thiết bị đóng mở trong công trình thủy lợi thủy điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2014.
- [4] Trần Xuân Hải, Vũ Hoàng Hưng, Nghiên cứu tối ưu hệ giàn ống thép cửa van phẳng kéo đúng làm việc hai chiều, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 70 (9/2020), 103-110.
- [5] Trần Đình Hòa, Công trình cống Xẻo Rô - một loại kết cấu công trình mới ở đồng bằng sông Cửu Long, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 63 (12/2020), 2-7.
- [6] Vũ Hoàng Hưng, Nguyễn Quang Hùng, SAP2000 - Phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện (Phần nâng cao), Nhà xuất bản Xây dựng, 2016.
- [7] Vũ Hoàng Hưng, ANSYS - Ví dụ thực tế phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện, Nhà xuất bản Xây dựng, 2018.
- [8] QCVN 02:2021/BXD, Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.
- [9] TCVN 75574:2012, Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [10] TCVN 8299:2009, Công trình thủy lợi - Yêu cầu kỹ thuật trong thiết kế cửa van, khe van bằng thép.

Nghiên cứu, đánh giá sự hình thành các vết nứt nhiệt cục bộ trong kết cấu bê tông khối lớn ở tuổi sớm ngày

Research and evaluate the formation of local thermal cracks in mass concrete structures at an early age

> TS NGUYỄN TRỌNG CHỨC¹; PGS.TS MARIUSZ ZYCH²; TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG³; TH.S NGUYỄN THỊ MINH HẰNG⁴

¹ Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: ntchuc.mta198@mail.com

² Viện Vật liệu và kết cấu xây dựng, Đại học Cracow, Ba Lan
Email: mzych@pk.edu.pl

³ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Email: dothimydung1983@gmail.com

⁴ Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: minhhangnd80@gmail.com

TÓM TẮT:

Trong quá trình xây dựng kết cấu khối lớn như đập, bộ móng mố, trụ cầu, móng điện gió, móng nhà...thường xảy ra hiện tượng rạn nứt ở tuổi sớm ngày. Một trong những nguyên nhân chính ảnh hưởng đến vấn đề trên là do lượng nhiệt tỏa ra trong quá trình thủy hóa xi măng. Để đánh giá ứng suất, biến dạng nhiệt hình thành trong kết cấu bê tông khối lớn thì cần thiết phải xác định sự phân bố nhiệt độ trong kết cấu đó. Vì vậy, nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp số để xác định sự phân bố nhiệt độ bên trong kết cấu bê tông khối lớn. Đồng thời, đánh giá sự hình thành vết nứt nhiệt cục bộ trong kết cấu ở tuổi sớm ngày. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo trong quá trình thiết kế, thi công các cấu kiện bê tông khối lớn trong điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: vết nứt nhiệt; nhiệt độ; chênh lệch nhiệt độ; bê tông khối lớn.

ABSTRACT:

During the construction of mass concrete such as dams, bridge abutments, and piers, wind power foundations, house foundations, etc., cracks often occur at an early age. One of the main causes affecting the above problem is the amount of heat released during the cement hydration process. In order to evaluate the stress, thermal deformation formed in the mass concrete structure, it is necessary to determine the temperature distribution in mass concrete structure. Therefore, in this study, the author uses a numerical method in order to determine the temperature distribution inside the massive concrete structure. At the same time, evaluate local thermal crack formation in the structure at early age. The research results are references to the design and construction process of mass concrete blocks in Vietnamese conditions.

Keywords: thermal cracks; temperature; temperature difference; mass concrete.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xây dựng các công trình như đập thủy điện, móng cột điện gió, mố cầu, trụ cầu... thường có kích thước rất lớn và chúng được gọi chung là cấu kiện bê tông khối lớn (BTKL) [1-3]. Một trong những tác động đáng kể và ảnh hưởng đến sự thay đổi thể tích của kết cấu đó là hiệu ứng nhiệt độ, hậu quả chúng gây ra sự thay đổi trạng thái ứng suất-biến dạng của kết cấu trong thời gian xây dựng và vận hành [4, 5].

Sự phát triển trường nhiệt độ, ứng suất trong cấu kiện BTKL dưới tác động bởi nhiều yếu tố. Các yếu tố bên ngoài có thể được kể đến như: nhiệt độ không khí, nhiệt độ nền, ván khuôn, sự hiện diện của gió và hướng của gió. Yếu tố chính bên trong tác động trong thời gian thi công là sự tỏa nhiệt của xi măng. Lượng nhiệt tỏa nhiệt ra phụ thuộc vào thành phần của hỗn hợp bê tông như: hàm lượng xi măng và loại xi măng sử dụng [6].

Ngoài ra, sự hình thành trường nhiệt độ còn chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố công nghệ thi công như: sơ đồ đổ bê tông, nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông, chiều dày lớp đổ, tốc độ thi công, sử dụng hệ thống ống làm lạnh, thể tích khoảng trống... Trong quá trình thi công BTKL, sự tăng nhiệt đáng kể bên trong của khối bê tông do quá trình thủy hóa xi măng. Kết quả là, xuất hiện sự chênh lệch nhiệt độ đáng kể có thể xảy ra giữa tâm và bề mặt của khối bê tông. Hệ quả hình thành ứng suất kéo đáng kể và hình thành vết nứt nhiệt [7, 8].

Vấn đề nứt nhiệt trong kết cấu BTKL luôn được đông đảo các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu không chỉ yếu tố vật liệu mà còn yếu tố công nghệ xây dựng. Từ đó, cần đưa ra các biện pháp để ngăn ngừa sự hình thành vết nứt nhiệt trên cả hai phương diện vật liệu sử dụng và biện pháp thi công.

Hiện nay, tiêu chí đánh giá sự hình thành vết nứt nhiệt luôn được các Quốc gia, hiệp hội đưa ra có sự khác nhau để phù hợp với đặc điểm thi công cũng như khí hậu vùng, miền của mình. Ở Việt Nam, theo tiêu chuẩn TCXD Việt Nam 305.2004 "Bê tông khối lớn – quy phạm thi công và nghiệm thu", hai yếu tố được kiểm soát để ngăn ngừa sự xuất hiện của các vết nứt trong cấu kiện BTKL. Yếu tố đầu tiên là sự chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và bề mặt của nó ΔT . Để tránh xuất hiện các vết nứt, điều kiện cần: $\Delta T < 20^\circ\text{C}$. Yếu tố thứ hai là gradient nhiệt độ, giá trị của nó phải không vượt quá $M_T \leq 50^\circ\text{C/m}$ [15]. Có thể thấy rằng, tiêu chuẩn TCXD Việt Nam 305.2004 đã không chỉ quan tâm đến chênh lệch nhiệt độ giữa 2 điểm bất kỳ không được vượt quá 20°C mà còn quan tâm đến gradient giữa 2 điểm đó.

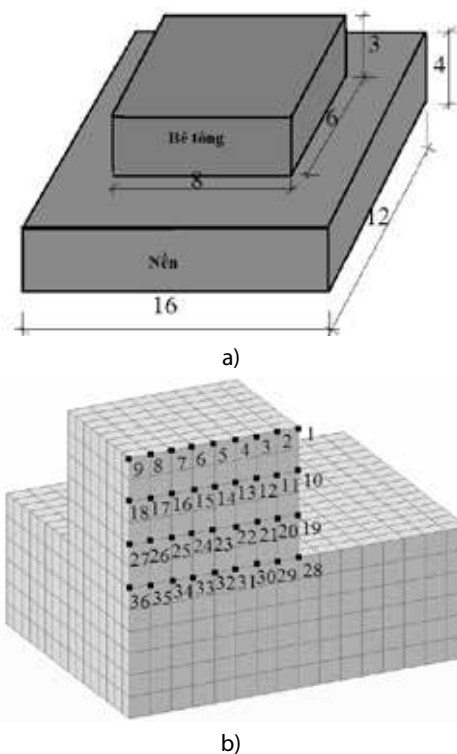
Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu chỉ đánh giá sơ bộ sự hình thành vết nứt nhiệt thông qua chênh lệch nhiệt độ cho phép giữa tâm và bề mặt khối bê tông và ứng suất kéo cực đại trong kết cấu mà chưa có nghiên cứu chi tiết về chênh lệch nhiệt cục bộ bên trong kết cấu. Đứng về phương diện lý thuyết biến dạng nhiệt, thì ứng suất nhiệt hình thành do biến dạng nhiệt cục bộ gây ra. Đặc biệt, khi bê tông ở tuổi sớm ngày (bê tông bắt đầu hình thành cường độ, chưa chịu tải trọng khai thác) thì chênh lệch nhiệt độ cục bộ sẽ quyết định đến biến dạng nhiệt của kết cấu.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) để phân tích trường nhiệt độ trong kết cấu BTKL. Đồng thời, sử dụng lý thuyết biến dạng nhiệt để xác định chênh lệch nhiệt độ cục bộ bên trong kết cấu. Từ đó, đưa ra đánh giá sự hình thành vết nứt chung và vết nứt cục bộ trong kết cấu BTKL ở tuổi sớm ngày. Kết quả thu được là tài liệu tham khảo cũng như đưa ra khuyến cáo trong quá trình thiết kế, thi công cấu kiện BTKL ở Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Xem xét đánh giá sự hình thành các vết nứt (vết nứt cục bộ và vết nứt chung) trong cấu kiện BTKL ở tuổi sớm ngày. Với khối bê tông có kích thước $8,0\text{m} \times 6,0\text{m} \times 3,0\text{m}$ và trên nền có kích thước $16,0\text{m} \times 12,0\text{m} \times 4,0\text{m}$. Do mô hình tính có tính đối xứng nên 1/4 mô hình được thiết lập để chia lưới PTHH. Sơ đồ cấu trúc và mô hình tính toán theo phương pháp PTHH được thể hiện trong Hình 1. Các đặc trưng về nhiệt độ của bê tông và nền được đưa vào mô hình tính toán được trình bày trong Bảng 1.



Hình 1. Kích thước mô hình (a) và lưới FEM (b)
Bảng 1. Các tham số đầu vào trong mô hình của vật liệu

№	Tính chất, đơn vị	Giá trị	
		Bê tông	Nền
1	Hệ số dẫn nhiệt, W/(m.°C)	2.60	2.00
2	Nhiệt dung riêng, kJ/(kg.°C)	0.95	0.84
3	Khối lượng riêng, kg/m ³	2400	2650
4	Hệ số truyền nhiệt đối lưu, W/(m ² .°C)	12.00	14.00
5	Mô đun đàn hồi, N/m ²	2.7×10^{10}	1.8×10^{10}
6	Hệ số giãn nở	1×10^{-6}	1×10^{-5}
7	Hệ số Poat-xong	0.18	0.20
8	Hàm lượng xi măng trong 1 m ³ bê tông, kg/m ³	350	-
9	Lượng nhiệt tỏa ra tối đa của 1 kg xi măng, kJ/kg	300	-
10	Nhiệt độ ban đầu, °C	25	25

2.2. Phương trình cơ bản của lý thuyết truyền nhiệt

Phương trình vi phân của truyền nhiệt trong kết cấu bê tông được thể hiện theo phương trình (1) [11-13]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) + q_v = \rho c \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

trong đó: k_x, k_y, k_z - hệ số khuếch tán nhiệt theo 3 phương ox, oy, oz ($k_x = k_y = k_z = \lambda/c.p$), m^2/s ; q_v - lượng nhiệt được tạo ra bởi các nguồn bên trong tại một thời điểm nhất định, ví dụ, trong quá trình thủy hóa xi măng, W/m^3 ; c - nhiệt dung riêng, $\text{kJ}/\text{kg}.\text{°C}$; ρ - khối lượng riêng, kg/m^3 ; $\nabla^2 t$ - toán tử Laplat; τ - thời gian, ngày.

Khi giải phương trình (1), người ta cần biết điều kiện ban đầu và điều kiện biên [14, 17, 18]:

Điều kiện ban đầu cho biết quy luật phân bố nhiệt độ trong vật thể ở thời điểm ban đầu. Điều kiện ban đầu chỉ có mặt trong quá trình không ổn định, quá trình ổn định thì không cần điều kiện ban đầu.

Điều kiện biên của loại 1 (còn gọi là điều kiện biên Dirichlet): cho biết quy luật phân bố nhiệt độ trên bề mặt của vật thể.

Điều kiện biên của loại 2 (còn gọi là điều kiện Neuman): cho biết mật độ dòng nhiệt tại bề mặt.

Điều kiện biên của loại 3: cho biết quy luật toả nhiệt giữa bề mặt vật và môi trường bao quanh vật tuân theo phương trình Newton – Richman.

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = h(t_w - t_a), \quad (2)$$

trong đó: n – phương pháp tuyến; h – hệ số đối lưu, W/(m².°C); t_w - nhiệt độ bề mặt, °C; t_a- nhiệt độ trung bình, °C.

Điều kiện biên của loại 4: có sự tiếp xúc nhiệt chặt chẽ ở ranh giới của hai vật thể.

$$t_{1k} = t_{2k}, \lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial n} = \lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial n}, \quad (3)$$

trong đó: t_{1k}, t_{2k} - nhiệt độ của vật thể thứ nhất và vật thể thứ hai ở ranh giới tiếp xúc của chúng, °C; λ₁, λ₂ - hệ số dẫn nhiệt của vật thể thứ nhất và vật thể thứ hai, W/m.°C.

Để giải các bài toán xác định trường nhiệt độ trong kết cấu BTKL, ngày nay người ta thường sử dụng phương pháp số (thường dùng nhất là phương pháp phần tử hữu hạn - PTHH). Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng phần mềm Midas civil dựa trên nguyên lý của phương pháp PTHH để xác định nhiệt độ trong cấu kiện BTKL [9, 10, 19, 20]. Từ đó, đánh giá sự hình thành vết nứt nhiệt của chúng ở tuổi sớm ngày.

2.3. Đánh giá biến dạng nhiệt của khối bê tông

Tiêu chuẩn đánh giá sự hình thành vết nứt chung của cấu kiện BTKL.

Để ngăn ngừa các vết nứt do nhiệt, chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và bề mặt (ΔT_{max}) khối bê tông cần được khống chế, ΔT_{max} được xác định bởi CIRIA C660, như trong công thức (4) [14]:

$$\Delta T_{max} = \frac{3,7\varepsilon}{\alpha}, \quad (4)$$

trong đó: ε - khả năng chịu kéo lớn nhất của bê tông; α – hệ số giãn nở nhiệt của bê tông.

Dựa vào tiêu chuẩn CIRIA C600, ΔT_{max} = 19,9°C ≈ 20°C, khi α = 13×10⁻⁶ và ε = 70×10⁻⁶.

Chỉ tiêu đánh giá sự hình thành vết nứt nhiệt cục bộ trong kết cấu BTKL.

Nứt trong khối bê tông liên quan đến biến dạng thể tích không đồng đều trong quá trình đông cứng bê tông. Biến dạng bê tông bao gồm hai thành phần:

Thành phần đầu tiên là do bê tông bị co ngót, tỷ lệ co ngót thay đổi liên tục và khó xác định. Vì vậy, để đơn giản, người ta thường quy đổi thành nhiệt độ tương đương ΔT₁ = 3 ÷ 5 °C [16].

Thành phần thứ hai là do sự thay đổi nhiệt độ của các điểm trong khối bê tông, chúng gây ra sự thay đổi nhiệt độ ΔT₂.

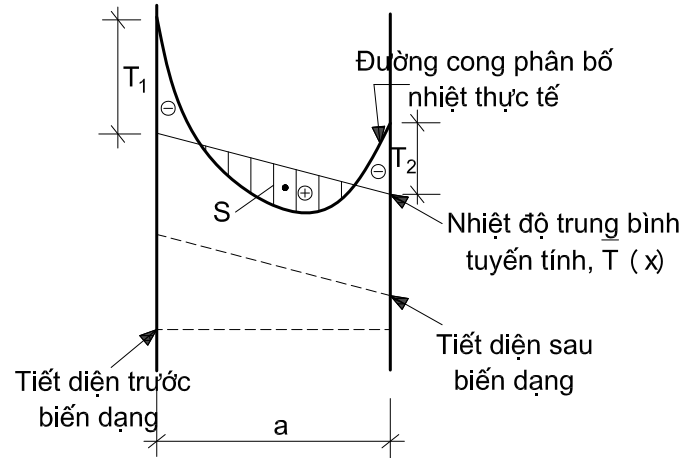
Do đó, biến dạng nhiệt do nguyên nhân chênh lệch nhiệt độ ΔT₁ và ΔT₂ gây ra và được tổng hợp theo công thức (5) [16]:

$$\varepsilon = K\alpha\Delta T, \quad (5)$$

Trong đó: ε - biến dạng nhiệt; K – hệ số hình dạng; α - hệ số giãn nở nhiệt; ΔT – chênh lệch nhiệt độ gây biến dạng và được xác định theo (6):

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = 5 + \Delta T_2 \quad (6)$$

Vì vậy, để đánh giá sự hình thành các vết nứt trên khối bê tông cần xác định sự chênh lệch nhiệt độ ΔT₂.



Hình 2. Sự xuất hiện của miền giãn ra và co lại khi phân bố nhiệt độ cong

Theo lý thuyết về biến dạng nhiệt, sự phân bố của trường nhiệt độ trong bê tông là dạng cong. Do sự liên kết giữa các phần tử trong khối bê tông nên chúng chỉ nở ra và co lại phù hợp với đường nhiệt độ trung bình tuyến tính. Đường nhiệt độ trung bình tuyến tính được xác định theo công thức (7) [16]:

$$\bar{T}(x) = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{a} x, \quad (7)$$

trong đó: T₁, T₂ – xác định theo biểu thức (8):

$$T_1 = \frac{2S}{a} \left(2 - 3 \frac{e}{a} \right); T_2 = \frac{2S}{a} \left(3 \frac{e}{a} - 1 \right), \quad (8)$$

S – khu vực dưới đường cong nhiệt độ thực tế được xác định theo công thức (9):

$$S = \int_0^a T(x) dx \approx \sum_{i=1}^n T_i(x) \cdot \Delta x_i \quad (9)$$

e – tọa độ trọng tâm của diện tích S được xác định theo công thức (10):

$$e = \frac{\int_0^a T(x) x dx}{\int_0^a T(x) dx} \approx \frac{\sum_{i=1}^n T_i(x) \cdot x_i \cdot \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n T_i(x) \cdot \Delta x_i} \quad (10)$$

Đánh giá sự hình thành các vết nứt trên bề mặt ΔT₂:

$$\Delta T_2 = \bar{T}(x) - T(x) \quad (11)$$

Từ công thức (11) ta thấy: khi ΔT₂>0 một vùng kéo xuất hiện; khi ΔT₂<0 một vùng bê tông nén xuất hiện.

Biến dạng kéo tới hạn của bê tông tuổi 28 ngày thường được lấy ε = (1.5-2)×10⁻⁴; hệ số giãn nở vì nhiệt α = 1×10⁻⁵ (1/°C); hệ số hình dạng K = 1; chênh lệch nhiệt độ tương đương gây ra do co ngót ΔT₁ = 5°C.

Từ phương trình (5) và (6) ta thu được:

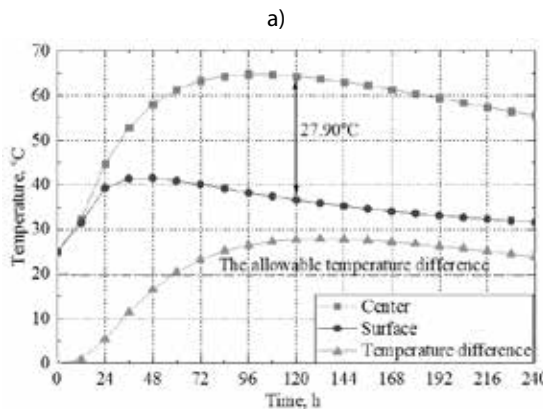
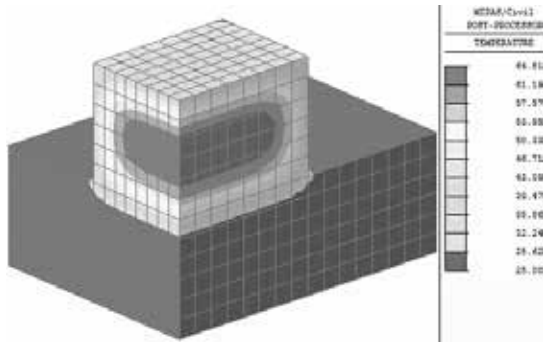
$$\Delta T_2 = \Delta T - \Delta T_1 = \frac{\varepsilon}{K\alpha} - 5 = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-5}} - 5 = 10^\circ\text{C} \quad (12)$$

Do đó, những vị trí trong khối bê tông có $\Delta T_2 < 10^\circ\text{C}$, vết nứt nhiệt không xuất hiện. Ngược lại, những vị trí có $\Delta T_2 > 10^\circ\text{C}$ vết nứt nhiệt cục bộ sẽ hình thành trong khối bê tông.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá khả năng nứt chung của khối bê tông

Một số kết quả tính toán trường nhiệt độ trong khối bê tông được thể hiện trong Hình 3.



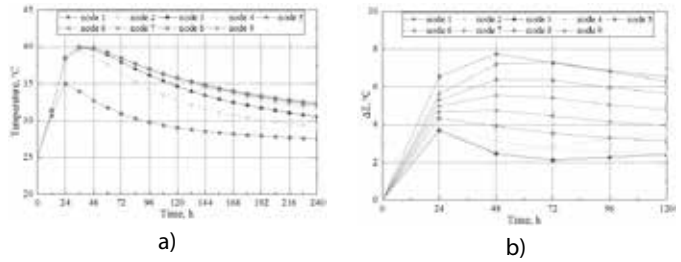
Hình 3. (a) - Trường nhiệt độ trong khối bê tông sau 96 giờ đổ; (b) - Phát triển nhiệt độ tại tâm và bề mặt khối bê tông

Sự phân bố nhiệt độ trong khối bê tông sau 96 giờ được thể hiện trong Hình 3a. Hình 3b thể hiện đồ thị sự thay đổi nhiệt độ ở tâm và bề mặt của khối bê tông, cũng như chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và bề mặt khối bê tông theo thời gian. Tại thời điểm sau 60 giờ, chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và bề mặt khối bê tông vượt quá 20°C . Tức là tại thời điểm đó vết nứt trên bề mặt khối bê tông bắt đầu hình thành. Tuy nhiên, sự thay đổi giá trị chênh lệch nhiệt độ dần ổn định và giảm dần theo thời gian. Điều đó được lý giải như sau: theo thời gian, lượng nhiệt bên trong lõi khối bê tông dần được thoát ra bên ngoài, dẫn đến chênh lệch nhiệt độ tâm- bề mặt giảm dần theo thời gian.

3.2. Đánh giá sự hình thành vết nứt cục bộ của kết cấu BTKL

Xem xét sự phát triển nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh các nút ở hàng 1 (các nút 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Các điểm này nằm trên hàng đầu khối bê tông và tiếp xúc trực tiếp với không khí. Do đó, độ tăng nhiệt độ của chúng không đáng kể so với các điểm bên trong khối bê tông. Nút 1 có nhiệt độ thấp nhất so với các nút khác. Nút 8 và 9 có nhiệt độ cao nhất và đạt 40°C sau 36 giờ bê được đổ. Từ hình 4b ta thấy, tất cả các điểm đều nở ($\Delta T_2 > 0$), nút 1 có nhiệt độ chênh lệch lớn nhất và bằng $7,8^\circ\text{C}$.

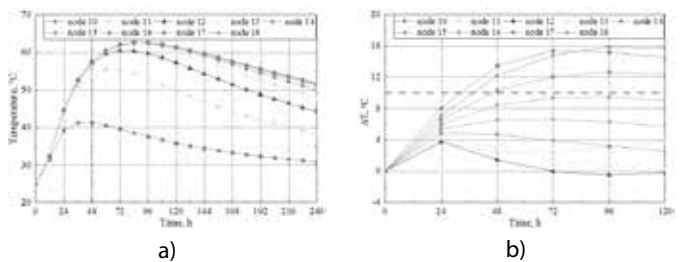


Hình 4. (a) - Phát triển nhiệt độ ở các nút của hàng 1; (b) - chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh chúng

Trong khi đó ở hình 4b, chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh nút 1 và nút 9 là $7,8^\circ\text{C}$ ($\approx 10^\circ\text{C}$). Theo tiêu chí nứt cục bộ thì vết nứt sẽ xuất hiện ở vị trí nút 1 và 9.

Xem xét sự phát triển nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh các nút ở hàng 2 (các nút 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18).

Hình 5a cho thấy các nút 10 và 11 nằm ngoài của cấu kiện bê tông nên nhiệt độ của chúng nhỏ hơn các nút 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18. Các nút nằm gần tâm của khối bê tông, chúng có sự biến thiên nhiệt độ gần giống nhau. Nhiệt độ tối đa nhận được là 62°C sau 84 giờ đổ bê tông. Sau đó, nhiệt độ các nút có xu hướng giảm dần theo thời gian.

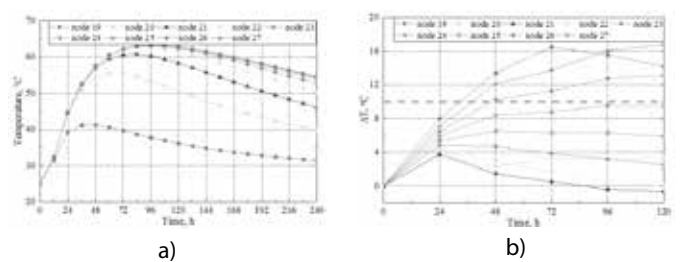


Hình 5. (a) - Phát triển nhiệt độ ở các nút của hàng 2; (b) - chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh chúng

Hình 5b cho thấy sự chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh các nút của hàng 2. Phần lớn chênh lệch nhiệt độ dương ($\Delta T_2 > 0$) - các phần tử bê tông có xu hướng chịu kéo. Tuy nhiên, với nút 12, sau 72 giờ đổ bê tông thì chênh lệch nhiệt độ $\Delta T_2 < 0$ - bê tông xu hướng chịu nén. Đặc biệt, ở các nút 10, 17, 18 có nhiệt độ chênh lệch $\Delta T_2 > 10^\circ\text{C}$ nên xuất hiện vết nứt nhiệt sau 36 giờ đổ bê tông.

Xem xét sự phát triển nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh các nút ở hàng 3 (các nút 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27)

Sự phát triển nhiệt độ và hình thành chênh lệch nhiệt độ cục bộ của các nút hàng 3 tương tự như các nút ở hàng 2. Nhiệt độ bề mặt (nút - 19) của khối bê tông luôn thấp hơn nhiệt độ của các nút bên trong (Hình 6a).

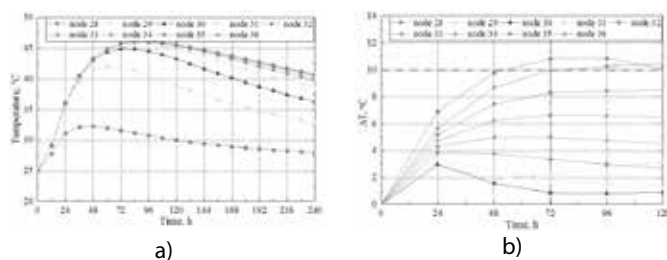


Hình 6. (a) - Phát triển nhiệt độ ở các nút của hàng 3; (b) - chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh chúng

Nhiệt độ các nút tăng dần vào phía trong của khối bê tông. Nút 27 có nhiệt độ lớn nhất và đạt giá trị khoảng 64°C sau 96 giờ đổ bê tông. Nhìn vào sự phát triển của chênh lệch cục bộ xung quanh các nút của hàng 3 (Hình 6b) cho thấy, các nút 19, 26 và 27 sẽ hình thành các vết nứt nhiệt do chênh lệch nhiệt độ xung quanh chúng vượt quá 10°C.

Xem xét sự phát triển nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh các nút ở hàng 4 (các nút 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36).

Diễn biến nhiệt độ của các nút ở hàng 4 được thể hiện trên hình 7. Từ hình 7 ta thấy nút 28 đã hình thành vết nứt (nút này tiếp xúc với không khí) do chênh lệch nhiệt độ cục bộ vượt quá giá trị cho phép.



Hình 7. (a) - Phát triển nhiệt độ ở các nút của hàng 3; (b) - chênh lệch nhiệt độ cục bộ xung quanh chúng

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả thu được, có thể rút ra kết luận sau:

1. Các vết nứt nhiệt có thể được kiểm soát bằng cách xem xét tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ, trường ứng suất trong quá trình xây dựng và khai thác.

2. Đánh giá vết nứt cục bộ trong khối bê tông có ý nghĩa rất quan trọng để dự đoán chính xác sự hình thành vết nứt nhiệt để từ đó đưa ra các biện pháp phù hợp. Trong nghiên cứu này, hầu hết các nút trên gần bề mặt của khối bê tông thường bị nứt. Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu các biện pháp ngăn ngừa sự hình thành vết nứt nhiệt như giảm hàm lượng xi măng, sử dụng hệ thống ống làm lạnh cũng như sử dụng ván khuôn cách nhiệt.

3. **Hướng nghiên cứu tương lai:** tiếp tục nghiên cứu, xác định chiều rộng vết nứt và mật độ vết nứt xuất hiện trên cấu kiện BTKL.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự hỗ trợ từ nguồn kinh phí NCKH cho đề tài (Mã số: 21.1.64) của Học viện Kỹ thuật quân sự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

ACI 207. 1R-05 Guide to Mass concrete
 ACI 207.1R-96 Mass concrete
 ACI Committee 207–Mass and thermally controlled concrete.
 Guadalupe Leon, Hung-Liang (Roger) Chen. Thermal analysis of mass concrete containing ground granulated blast furnace slag. *CivilEng.* 2021. Vol. 2(1). Pp. 254-270.
 Hoon Moon, Sivakumar Ramanathan, Prannoy Suraneni, Chang-Seon Shon, Chang-Joon Lee, Chul-Woo Chung. Revisiting the effect of slag in reducing heat of hydration in concrete in comparison to other supplementary cementitious materials. *Materials.* 2018. Vol.11. 17p.
 Japan Concrete Institute. Guidelines for Control of Cracking of Mass Concrete. 2016. 302p.

Kim J.K., Kim K.H., Yang J.K. Thermal analysis of hydration heat in concrete structures with pipe-cooling system. *Computers & Structures*, 2011. Vol. 79(2). Pp. 163–171.

Lee M.H., Chae Y.S., Khil B.S., Yun H.D. Influence of casting temperature on the heat of hydration in mass concrete foundation with ternary cements. *Applied Mechanics and Materials.* 2014. Vol.525: 478–481.

MIDAS Information Technology, Heat of Hydration - Analysis Analysis Manual, Version – 2011, 48p.

Nguyen Trong Chuc, Ho Ngoc Khoa, Tran Hong Hai. The mathematical prediction model for temperature regime in the mass concrete block using the cooling pipe system. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering, NUCE.* 2020. Vol. 14 (5V). Pp. 27-38.

Nikolay Aniskin, Trong Chuc Nguyen. Evaluation of thermal cracks in mass concrete structures during construction. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.* 2020. Vol. 869 (072028).

Nikolay Aniskin, Chuc Nguyen Trong, Long Hoang Quoc. Influence of size and construction schedule of massive concrete structures on its temperature regime. *MATEC Web of Conferences.* 2018. Vol. 251(02014).

Nikolay Aniskin, Trong Chuc Nguyen. Prediction of thermal stress in a concrete gravity dam. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. Vol. 1030 (012144).

P.B. Bamforth. Early-age thermal crack control in concrete. CIRIA C660, London 2007, 268p.

Tiêu chuẩn XĐVN TCXDVN305:2004: bê tông khối lớn - quy phạm thi công và nghiệm. *Bộ Xây dựng ban hành.* 2004.

Trịnh Văn Quang. Phương pháp phần tử hữu hạn khảo sát trạng thái nhiệt bê tông khối lớn trong thời kỳ xây dựng, Hà Nội, 2010, 29tr.

Yubin Zhao, Gaosheng Li, Caixia Fan, Wentai Pang, and Yongtao Wang. Effect of thermal parameters on hydration heat temperature and thermal stress of mass concrete. *Advances in Materials Science and Engineering.* 2021. 16p.

Yuxiang Zhang, Jianwen Pan, Xinjian Sun, Jijun Feng, Dengqiang Sheng, Haiyun Wang, Xinjie Zhou, Yinpeng He, Mushuang Diao, Qibing Zhan. Simulation of thermal stress and control measures for rock-filled concrete dam in high-altitude and cold regions. *Engineering Structures.* 2021. Vol.230.

Zhu Bofang, Wang Tongshen, Ding Baoying, Guo Zhizhang. Thermal Stresses and Temperature Control of Hydraulic Concrete Structures (in Chinese). Beijing, China Water Power Press (1976).

Zhu Bofang. Thermal stresses and temperature control of mass concrete. Published by Elsevier Inc. All rights reserved. 2014. 487p.

Giải pháp khối phá sóng tetrapod bê tông lắp ghép thân thiện môi trường

Novel solution for environmental friendliness semi-precast concrete tetrapod breakwater

> **GS.TS PHAN QUANG MINH¹; PGS.TS NGUYỄN VIỆT PHƯƠNG²; TS PHẠM THÁI HOÀN³**

¹ Khoa Xây dựng dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: minhpq@nuce.edu.vn

² Khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: phuongnv2@nuce.edu.vn

³ Khoa Xây dựng dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: hoanpt@nuce.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày ý tưởng thiết kế và thực nghiệm chế tạo của giải pháp khối phá sóng tetrapod bằng bê tông lắp ghép thân thiện môi trường. Khối phá sóng được thiết kế thành 2 phần đế và đỉnh có lõi rỗng ở trong nhằm làm giảm kích thước và trọng lượng của cấu kiện trong quá trình vận chuyển và lắp đặt. Giải pháp thiết kế này chỉ sử dụng vật liệu bê tông cho 1 phần của khối phá sóng như là kết cấu vỏ, phần rỗng phía trong lớp vỏ sẽ được bơm dần bằng vật liệu tại chỗ rẻ hơn như cát biển, đá học tại vị trí lắp đặt để đảm bảo trọng lượng thiết kế yêu cầu. Ngoài ra giải pháp thiết kế còn cho phép kết hợp chức năng trồng cây. Với chức năng trồng cây, khối phá sóng sẽ hoạt động theo nguyên tắc như rừng ngập mặn tự nhiên với hệ thống rễ cây phức tạp và đan xen giúp chống xói mòn, đồng thời liên kết các khối tetrapod với nhau thành một mạng kết cấu có tính ổn định cao, là sự kết hợp hài hòa giữa giải pháp nhân tạo và tự nhiên, thân thiện môi trường.

Từ khóa: Khối phá sóng; tetrapod; thân thiện môi trường; bê tông lắp ghép.

ABSTRACT:

This paper presents a design idea and experimental fabrication of a novel solution for environmental friendliness semi-precast concrete tetrapod breakwater. The tetrapod breakwater is designed into 2 parts, so called the base and the top parts with a hollow core inside in order to reduce the size and weight of the structure during transportation and installation. This design solution only uses concrete material for one part of the breakwater as the shell structure, the hollow parts inside the shell will be filled by cheaper in-situ materials such as sea sand or rock at the construction site to meet the required design weight. In addition, the design solution also allows to combine the function of planting trees. With the function of planting trees, the breakwater will work on the same principle as a natural mangrove forest with a complex and intertwined root system to help prevent erosion as well as to link the tetrapods together into a structural network with higher stability. This design is a harmonious and environmental friendliness combination of artificial and natural solutions.

Key words: breakwater; environmental friendliness; tetrapod; semi-precast concrete.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

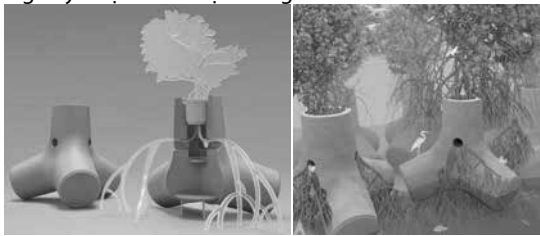
Các kết cấu nhân tạo đang được sử dụng để phá sóng cũng như bảo vệ bờ biển hiện nay có xu hướng bị bào mòn, phá hủy theo thời gian bởi tác động liên tục của môi trường xâm thực cũng như lực tác dụng của sóng biển [1]. Ngoài ra, giải pháp dùng các khối phá sóng bằng bê tông loại lớn tuy có hiệu quả lớn trong bảo vệ bờ biển, tuy nhiên lại phá hủy nghiêm trọng khung cảnh thiên nhiên dọc theo các bờ biển. Đối với các tuyến bảo vệ bờ tự nhiên, hơn 35% diện tích rừng ngập mặn trên thế giới đã biến mất vì hiệu

ứng nhà kính [2]. Điều này là thách thức lớn mà con người cần đối mặt, đặt ra những yêu cầu về các giải pháp bảo vệ bờ mới ngoài thực hiện chức năng chính là bảo vệ bờ đồng thời có thể duy trì tuyến bảo vệ bờ tự nhiên như là sự kết hợp hài hòa giữa giải pháp nhân tạo và tự nhiên.

Khối phá sóng tetrapod là kết cấu bằng bê tông được sử dụng để phá sóng, chống xói mòn bờ biển. Kết cấu này được coi là tuyến áo giáp trên đê chắn sóng [3]. Hình dạng 4 chân của khối tetrapod được thiết kế để tiêu tán năng lượng của sóng tới bằng cách cho

phép nước chảy xung quanh thay vì chống lại áp lực của sóng và nước. Các khối này thường được lồng vào nhau một cách ngẫu nhiên, tạo thành một khối lớn để ngăn cản sự dịch chuyển của bản thân dưới tác dụng của sóng biển. Mặc dù hiệu quả trong phá sóng bảo vệ bờ, sử dụng khối phá sóng tetrapod cũng đặt ra các vấn đề liên quan đến môi trường cần được giải quyết. Các nghiên cứu khoa học chỉ ra rằng sử dụng khối phá sóng tetrapod làm tăng tốc độ xói mòn bãi biển bằng cách làm xáo trộn quá trình hình thành môi trường biển theo cách tự nhiên. Hoạt động của các khối tetrapod kéo cát ra khỏi bờ nhanh hơn so với những gì xảy ra trong quá trình tự nhiên, làm hồng cảnh quan tự nhiên, do đó không phù hợp trong bối cảnh hiện nay [4,5], từ đó đặt ra vấn đề cấp bách về các giải pháp sử dụng khối phá sóng tetrapod theo hướng bền vững, thân thiện môi trường.

Giải pháp khối phá sóng tetrapod kết hợp trồng cây (Tetrapod Green Sea Defence) đã được đề xuất bởi Sheung-Hung Lee và Wan Kee Lee thuộc Công ty Tetrapod Shanghai, Trung Quốc vào năm 2016 [6] với mục tiêu áp dụng giải pháp này vào các vùng triều nhiệt đới và cận nhiệt đới có rừng ngập mặn. Về mặt ý tưởng, một lỗ rỗng có kích thước lớn được tạo ra trong 1 chân của khối tetrapod 4 chân nhằm tạo không gian để trồng cây, 3 lỗ rỗng khác nhỏ hơn sẽ được chế tạo nằm trên thân của chân này và giữa 3 chân còn lại để nước biển có thể vào, lưu trữ, ra và đồng thời là nơi để rễ cây phát triển, thoát ra ngoài bám sâu vào đất theo thời gian. Ý tưởng này được minh họa trong Hình 1.



Hình 1. Ý tưởng khối phá sóng kết hợp trồng cây [6]

Giải pháp thiết kế này kỳ vọng sẽ tạo nên hệ rào chắn sóng đan xen giữa các khối phá sóng và hệ rễ cây phát triển qua các lỗ rỗng. Vỏ ngoài bằng bê tông của khối tetrapod sẽ bảo vệ cây khi chúng trong quá trình phát triển, khi rễ cây phát triển đầy đủ sẽ giúp cố định từng khối đúng vị trí và ổn định hơn trong quá trình làm việc. Hệ thống chung này sẽ hoạt động theo nguyên tắc như rừng ngập mặn tự nhiên với hệ thống rễ cây phức tạp và đan xen giúp chống xói mòn, đồng thời liên kết các khối tetrapod với nhau thành một mạng kết cấu có tính ổn định cao. Giải pháp này không chỉ được coi là 1 tuyến chắn sóng bảo vệ bờ đơn thuần mà còn tạo nên một hệ sinh thái, ngôi nhà cho sinh vật sống. Giải pháp trên đã bắt đầu được thương mại hóa, tuy nhiên việc chế tạo khối tetrapod loại này tương đối phức tạp.

Ngoài ra, thực tế thi công và sử dụng khối phá sóng hiện nay đang vướng nhiều khó khăn cho cả chủ đầu tư và nhà thầu do: (i) khối lượng bê tông sử dụng cho công tác chế tạo lớn, không tận dụng được vật liệu tại chỗ dẫn đến chi phí vật liệu lớn và (ii) thường phải huy động thiết bị vận chuyển, cầu lắp siêu trường siêu trọng. Do đó yêu cầu về tận dụng vật liệu tại chỗ, giảm kích thước, khối lượng vận chuyển, cầu lắp nhưng vẫn đảm bảo kích thước và trọng lượng trong theo yêu cầu thiết kế trong quá trình sử dụng là rất cần thiết.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất giải pháp thiết kế và chế tạo thử nghiệm khối phá sóng lắp ghép bê tông tetrapod có chức năng trồng cây nhằm mục đích giải quyết các vấn đề đặt ra ở trên. Với chức năng trồng cây, giải pháp khối phá sóng sẽ hoạt động theo nguyên tắc như rừng ngập mặn tự nhiên với hệ thống rễ cây

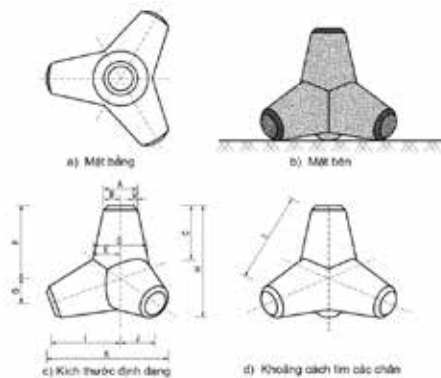
phức tạp và đan xen giúp chống xói mòn, đồng thời liên kết các khối tetrapod với nhau thành một mạng kết cấu có tính ổn định cao. Chế tạo thi công lắp ghép cho phép chia khối phá sóng thành các mảnh nhỏ hơn, thuận tiện hơn trong khâu vận chuyển, cầu lắp. Ngoài ra giải pháp thiết kế chỉ sử dụng vật liệu bê tông cho 1 phần của khối phá sóng như là kết cấu vỏ, phần rỗng phía trong lớp vỏ sẽ được bơm dần bằng vật liệu tại chỗ như cát biển, đá học, ... để đảm bảo trọng lượng thiết kế của cấu kiện.

2. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ

2.1. Cấu tạo khối tetrapod nguyên mẫu

Khối phá sóng tetrapod loại 4 chân có hình dạng và kích thước như thể hiện trong Hình 2, trong đó kích các kích thước định dạng ở Hình 2c,d có tỷ lệ cố định với chiều cao H . Thể tích khối tetrapod được xác định theo chiều cao H như sau:

$$V = 0.28H^3 \quad (1)$$



Hình 2. Hình dạng và kích thước khối tetrapod

Trong thực tế sử dụng, tùy thuộc vào khối lượng ổn định tối thiểu của một cấu kiện mà lựa chọn chiều cao H của khối tetrapod phù hợp. Với khối phá sóng tetrapod sử dụng bê tông nặng thông thường với khối lượng riêng 2.5 T/m^3 , kích thước các khối tetrapod có trọng lượng đến 25 T được thể hiện trong Bảng 1.

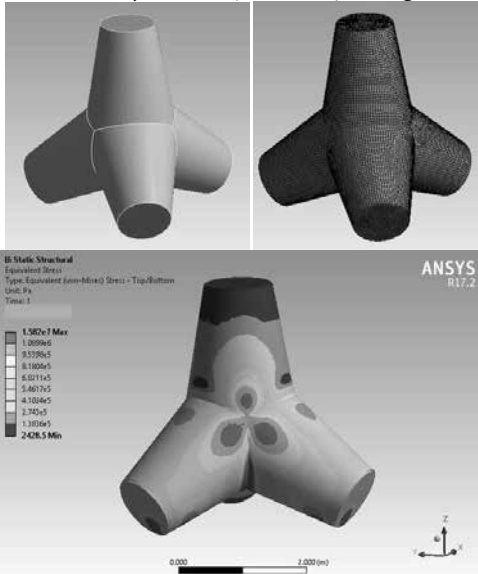
Bảng 1. Kích thước một số khối tetrapod

Trọng lượng 1 khối tetrapod (T)	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
A	0.27	0.34	0.43	0.58	0.74	0.84	0.93	1.00
B	0.14	0.17	0.21	0.29	0.37	0.42	0.46	0.50
C	0.43	0.54	0.68	0.92	1.16	1.33	1.46	1.58
D	0.42	0.53	0.67	0.91	1.14	1.31	1.44	1.55
E	0.21	0.27	0.33	0.45	0.57	0.65	0.72	0.78
F	0.58	0.73	0.91	1.24	1.57	1.79	1.97	2.12
G	0.19	0.24	0.31	0.42	0.52	0.60	0.66	0.71
H	0.90	1.13	1.42	1.93	2.44	2.79	3.07	3.30
I	0.54	0.69	0.86	1.17	1.48	1.69	1.86	2.00
J	0.27	0.34	0.43	0.59	0.74	0.84	0.93	1.00
K	0.98	1.23	1.55	2.11	2.65	3.04	3.34	3.60
L	1.08	1.36	1.71	2.32	2.92	3.35	3.69	3.97

2.2. Thiết kế khối phá sóng lắp ghép

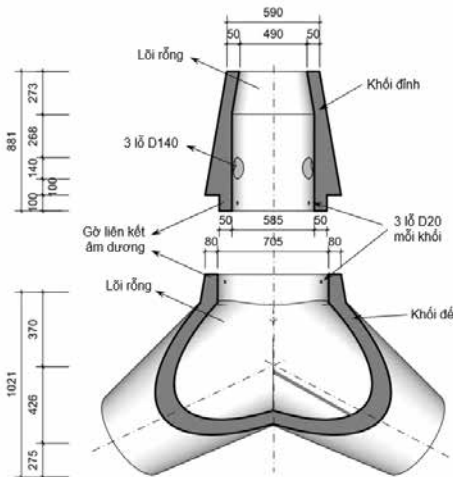
Khối phá sóng lắp ghép được thiết kế dựa trên cơ sở kích thước các khối phá sóng nguyên bản tương ứng. Với mỗi loại khối phá

sóng kích thước khác nhau, mức độ rỗng dành chỗ cho vật liệu dẫn đổ tại chỗ phía trong khối phá sóng sẽ khác nhau, được xác định thông qua chiều dày lớp vỏ bê tông đúc sẵn. Chiều dày lớp vỏ bê tông đúc sẵn với mỗi loại khối phá sóng được thiết kế trên cơ sở độ bền của nó trong quá trình cấu lắp, khi lắp đặt chưa có vật liệu dẫn và khi bơm/đổ vật liệu dẫn. Quá trình thiết kế được thực hiện thông qua phân tích các giai đoạn làm việc của lớp vỏ bê tông bằng phần mềm Ansys như được minh họa trong Hình 3.



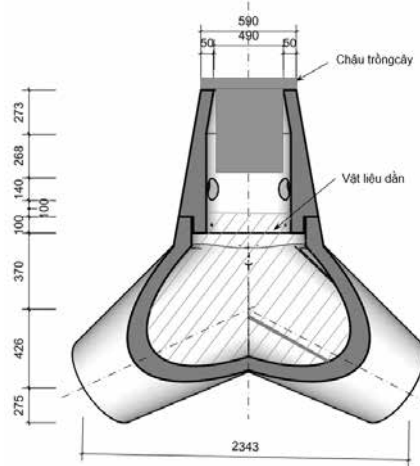
Hình 3. Mô hình và kiểm tra ứng suất của lớp vỏ bê tông khi bơm dẫn vật liệu

Trọng tâm của bài báo này nhằm giới thiệu về ý tưởng thiết kế và triển khai chế tạo thực nghiệm, việc phân tích tính toán và thiết kế chi tiết sẽ được trình bày trong một báo cáo khác. Với mục đích đó, khối tetrapod loại 5 T được lựa chọn làm nguyên mẫu để triển khai ý tưởng thiết kế và thực nghiệm. Các kích thước cơ bản của khối tetrapod loại 5 T được thể hiện trong Bảng 1, trong đó chiều cao của khối $H = 1.93$ m. Thiết kế khối tetrapod bằng bê tông lắp ghép bao gồm hai phần chính gồm khối đế và khối đỉnh như được thể hiện trong Hình 4. Khối đế có chiều cao 1,021m, gồm toàn bộ 3 chân dưới của khối phá sóng và 0,1m của phần chân trên. Phần khối đỉnh là 1 chân của khối phá sóng, hai phần này đều được thiết kế có dạng rỗng trong đó lớp vỏ bê tông của khối đỉnh có chiều dày tối thiểu 50 mm tùy thuộc vị trí, của khối đế có chiều dày tối thiểu 80 mm tùy thuộc vị trí.



Hình 4. Mặt cắt dọc khối tetrapod trước khi lắp ghép

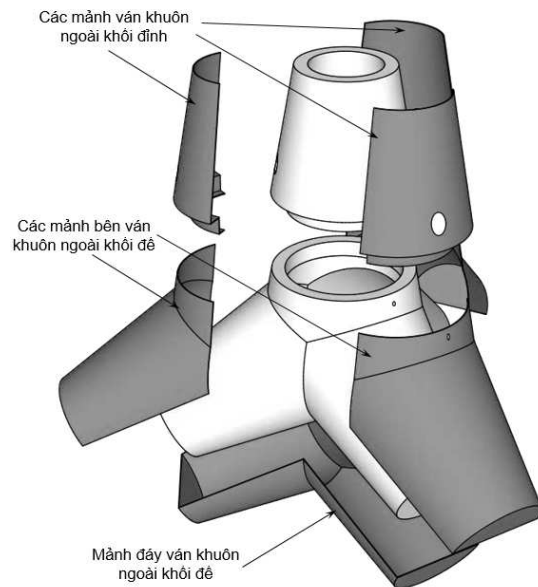
Hai bộ phận chính sau khi chế tạo, vận chuyển đến vị trí cần lắp dựng sẽ được ghép và liên kết với nhau thông qua khớp nối âm dương. Khối đỉnh được giữ ổn định dựa vào trọng lượng bản thân và thông qua khớp nối âm dương sâu 0.1 m lồng vào khối đế, ngoài ra còn được cố định chống xoay bằng 3 thanh thép D20 đặt xuyên qua các lỗ chờ sẵn ở khu vực khớp nối âm dương của mỗi khối. Vật liệu dẫn sẽ được bơm vào trong khối tetrapod từ trên đỉnh xuống cho đến khi đạt yêu cầu về trọng lượng thiết kế. Ngoài thu gọn kích thước, giảm bớt trọng lượng cấu kiện khi cấu lắp và vận chuyển, tận dụng vật liệu bơm dẫn là vật liệu tại chỗ có giá thành rẻ thay vì bê tông toàn bộ, thiết kế này còn cho phép kết hợp chức năng trồng cây. Chậu cây được đặt lọt vào phần rỗng còn lại của khối đỉnh như minh họa trong Hình 5. Trong quá trình phát triển, rễ cây thoát ra ngoài qua 3 lỗ D140 ở trên thành khối đỉnh và theo thời gian sẽ bám sâu vào đất.



Hình 5. Giải pháp vật liệu dẫn và trồng cây

2.3. Thiết kế ván khuôn

Ván khuôn cho khối phá sóng tetrapod lắp ghép bao gồm hai bộ phận chính là ván khuôn ngoài để tạo hình và ván khuôn trong để tạo lõi rỗng.

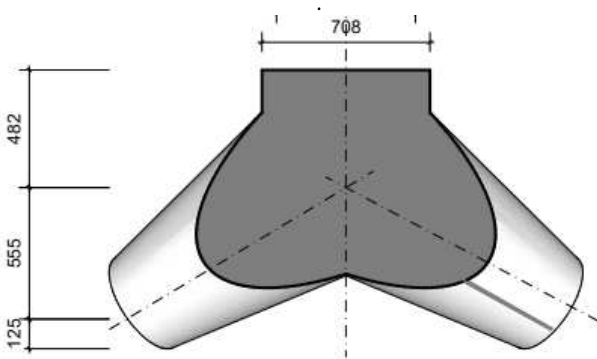


Hình 6. Minh họa ván khuôn ngoài khối phá sóng

Ván khuôn ngoài của khối đế được tạo thành từ 4 mảnh chính làm bằng thép tấm dày 3m, bao gồm 1 mảnh đáy và 3 mảnh bên có kích thước và hình dạng giống nhau. Ván khuôn ngoài và trong

của khối đỉnh được tạo thành từ 3 mảnh chính làm bằng thép tấm dày 3mm có kích thước và hình dạng giống nhau. Để giữ ổn định cục bộ cho các tấm thép ván khuôn, quanh thân ván khuôn được gia cường các sườn thép 50x5 mm với khoảng cách phù hợp. Các mảnh ván khuôn sau khi lắp ghép được liên kết với nhau thông qua các khóa bằng thép, sườn thép gia cường tại vị trí liên kết có kích thước 50x7mm. Hình 6 minh họa giải pháp ván khuôn ngoài, chi tiết cấu tạo của ván khuôn được thể hiện qua hình ảnh chế tạo thực tế trong phần sau.

Về mặt ý tưởng của giải pháp, để tạo lõi rỗng phía trong khối đế, một mô hình bằng xốp có hình dạng tương tự với khối đế nhưng có kích thước nhỏ hơn sẽ được sử dụng trong quá trình đổ bê tông, như thể hiện ở Hình 7. Khối xốp này sẽ được định vị để tạo khoảng cách giữa bề mặt của nó và mặt trong của hệ ván khuôn ngoài khối đế đúng bằng chiều dày thiết kế của lớp vỏ bê tông khối đế. Sau khi bê tông đông cứng và đạt cường độ, khối xốp sẽ được tháo bỏ ra. Ngoài ra cũng có thể chế tạo các bộ ván khuôn trong bằng thép cho khối đế tương tự như ván khuôn trong của khối đỉnh.



Hình 7. Mặt cắt dọc khối xốp tạo lõi rỗng cho khối đế

3. THỰC NGHIỆM CHẾ TẠO KHỐI PHÁ SÓNG LẮP GHÉP

3.1. Chế tạo ván khuôn

Theo bản vẽ thiết kế chi tiết, ván khuôn khối đế và đỉnh được chế tạo như thể hiện trong Hình 8 và 9.



Hình 8. Ván khuôn ngoài khối đế trước và sau khi ghép



Hình 9. Ván khuôn ngoài và trong của khối đỉnh trước và sau khi lắp ghép

3.2. Chế tạo khối phá sóng tetrapod lắp ghép

Thực nghiệm tiến hành với vật liệu bê tông Mác 400, sử dụng đá kích cỡ 10x20 mm tại địa phương (Phủ Lý, Hà Nam), xi măng Bút Sơn PCB 40, cát vàng sông Lô, phụ gia GPS-1500 và nước máy sóng Đáy. Các thí nghiệm vật liệu được tiến hành tại nhà máy bê tông để đảm bảo các vật liệu đáp ứng các yêu cầu sử dụng theo tiêu chuẩn hiện hành, trong đó thí nghiệm cường độ chịu nén của mẫu bê tông được tiến hành theo TCVN 3118:1993 [7] cho kết quả bê tông đạt mác theo yêu cầu như thể hiện trong Hình 10.

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG			
Concrete mix design			
Vật liệu sử dụng	- Xi măng Bút Sơn PCB 40	- Đá 10-20mm	Phủ Lý Hà Nam
Materials	- Cát vàng Sông Lô	- Phụ gia: GPS-1500	
Mác bê tông thiết kế:	M 400	Độ sụt (cm)	14 ± 2
Specific grade	Mẫu 15 x 15 x 15 cm	Slump	
Ngày đặc mẫu:	11/03/2021	Ngày thí nghiệm:	18/03/2021
Được:		Tuyệt đối:	R7
II. THÔNG TIN SỐ LIỆU - Material parameter			
Xi măng/Cement	Độ bền nén-Cum. Strength: $R_f =$	235	(daN/cm ²)
	Khối lượng riêng-Specific gravity:	3.10	(g/cm ³)
Cát/Sand	Khối lượng riêng-Apparent particle density:	2.68	(g/cm ³)
	Khối lượng thể tích xốp-Bulk density:	1.348	(kg/m ³)
	Độ xốp của cát-Porosity of sand:	49.7	(%)
	Mô đun độ lớn-Finesness:	2.66	
Đá-Crushed stone	Khối lượng riêng-Apparent particle density:	2.72	(g/cm ³)
	Khối lượng thể tích xốp-Bulk density:	1.420	(kg/m ³)
	Độ rỗng của đá-Hollowness of aggregate:	47.6	(%)
III. THÀNH PHẦN VẬT LIỆU CHO 1M ³ BÊ TÔNG - Mix proportion 1m ³ of concrete			
Xi măng/Cement	455	Tỷ lệ nước/xi măng-Water/cement ratio	0.30
Cát (Sand)	765	Độ sụt sau khi trộn	13.5 cm
Đá 5x10Crushed stone	0	Cường độ nén 3 ngày/3-days compressive strength	320 daN/cm ²
Đá 10x20Crushed stone	1070	Cường độ nén 7 ngày/7-days compressive strength	376 daN/cm ²
Nước/Water	148 lit	Cường độ nén 28 ngày/28-days compressive strength	450 daN/cm ²
Phụ gia/Additive	4.00 lit		
Kết luận: Cường độ nén R7 của tổ mẫu bê tông đạt yêu cầu			

Hình 10. Kết quả thí nghiệm nén mẫu bê tông Mác 400

Quá trình đổ bê tông, bảo dưỡng và tháo ván khuôn được tiến hành riêng với hai khối đỉnh và khối đế. Hình 11 và 12 ghi lại quá trình thi công đổ bê tông và tháo ván khuôn khối đỉnh, Hình 13 là hình ảnh đổ bê tông khối đế.



Hình 11. Đổ bê tông khối đỉnh



Hình 12. Tháo ván khuôn khối đỉnh



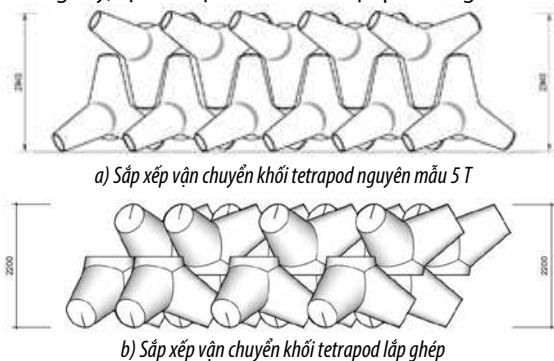
Hình 13. Khối đá trong quá trình đổ bê tông và sau khi tháo ván khuôn

Sau khi bê tông đạt cường độ thiết kế và tháo ván khuôn, phần đỉnh được ghép lên phần đế để tạo nên khối đá hình tứ giác lắp ghép hoàn chỉnh như thể hiện trong Hình 14.



Hình 14. Khối đá hình tứ giác sau khi lắp ghép, bảo dưỡng và hoàn thiện

Từ Hình 14 có thể thấy rằng khối đá hình tứ giác lắp ghép được cấu thành từ hai khối rỗng có kích thước và trọng lượng nhẹ hơn rất nhiều so với khối tứ giác nguyên mẫu 5 T. Việc vận chuyển và cấu lắp cấu kiện nguyên mẫu có chiều cao 1.93 m và trọng lượng 5 T khó khăn hơn rất nhiều so với vận chuyển khối đá có chiều cao 1.02 m, trọng lượng khoảng 1.60 T và khối đỉnh chỉ 0.26 T. Thông thường các khối tứ giác được sắp xếp thành hai lớp chồng ngược lên nhau để vận chuyển đến vị trí lắp dựng như minh họa ở Hình 15. Có thể nhận thấy với cách sắp xếp để vận chuyển này, giải pháp khối tứ giác lắp ghép giúp tiết kiệm về mặt không gian hơn rất nhiều so với khối đá hình tứ giác nguyên mẫu. Từ Hình 14 cũng có thể thấy rằng vật liệu dằn sẽ dễ dàng được bơm/thả vào trong khối tứ giác lắp ghép từ mặt trên khối đỉnh. Cây cũng có thể được trồng từ đây bằng cách đặt chậu cây lọt vào phần rỗng còn lại của khối đỉnh như đã được minh họa trong Hình 5. Các lỗ rỗng D140 ở bên sườn của khối đỉnh dự kiến là nơi để rễ cây thoát ra ngoài khi phần đỉnh của khối tứ giác được sử dụng với mục đích trồng cây, tạo bãi tự nhiên ở khu vực phá sóng.



Hình 15. Minh họa cách sắp xếp vận chuyển các khối tứ giác

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, ý tưởng thiết kế và thực nghiệm chế tạo của giải pháp khối đá hình tứ giác bằng bê tông lắp ghép thân thiện môi trường đã được trình bày. Kết quả thực hiện cho phép rút ra một số kết luận sau:

Ý tưởng về giải pháp khối đá hình tứ giác bằng bê tông lắp ghép kết hợp chức năng trồng cây thân thiện môi trường là hoàn toàn khả thi.

Giải pháp giúp thu gọn kích thước và khối lượng cần vận chuyển và cấu lắp trong quá trình thi công lắp đặt khối đá hình tứ giác. Với thực nghiệm chế tạo trong nghiên cứu này, thay vì vận chuyển và cấu lắp cấu kiện nguyên mẫu có chiều cao 1.93 m và trọng lượng 5 T, chỉ cần vận chuyển khối đá có chiều cao 1.02 m, trọng lượng khoảng 1.60 T và khối đỉnh khoảng 0.26 T. Ngoài ra chiều cao xếp chồng hai hàng khối tứ giác cũng giảm từ 2.94 m xuống còn 2.2 m.

Khối đá hình tứ giác lắp ghép cho phép tận dụng vật liệu tại chỗ rẻ hơn như cát biển, đá học thay vì sử dụng toàn bộ khối đá hình tứ giác bằng bê tông, điều đó cho phép giảm giá thành, chi phí xây dựng.

Với chức năng trồng cây, khối đá hình tứ giác sẽ hoạt động theo nguyên tắc như rừng ngập mặn tự nhiên với hệ thống rễ cây phức tạp và đan xen giúp chống xói mòn, đồng thời liên kết các khối tứ giác với nhau thành một mạng kết cấu có tính ổn định cao, là sự kết hợp hài hòa giữa giải pháp nhân tạo và tự nhiên, thân thiện môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Masria, M. Iskander, A. Negm, Coastal protection measures, case study (Mediterranean zone, Egypt), J. Coast. Conserv. 19 (2015) 281–294. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0389-5>.
- [2] O.H. Pilkey, J.A.G. Cooper, The Last Beach, Duke University Press, 2014. <https://doi.org/doi:10.1515/9780822375944>.
- [3] E. Pranzini, L. Wetzel, A.T. Williams, Aspects of coastal erosion and protection in Europe, J. Coast. Conserv. 19 (2015) 445–459. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0399-3>.
- [4] A.T. Williams, N. Rangel-Buitrago, E. Pranzini, G. Anfusio, The management of coastal erosion, Ocean Coast. Manag. 156 (2018) 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>.
- [5] E. Pranzini, Shore protection in Italy: From hard to soft engineering ... and back, Ocean Coast. Manag. 156 (2018) 43–57. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.018>.
- [6] <https://ifworlddesignguide.com/entry/200674-tetrapot>, (n.d.).
- [7] TCVN 3118:1993. Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén, (1993).

Mô hình số thí nghiệm cọc khoan nhồi phụt vữa thân cọc

Numerical model of static load tests on shaft grouted bored piles

> LE THANH TRUNG¹; BACH VU HOANG LAN²; NGUYEN NGHIA HUNG³; TRAN HUU BANG⁴

¹ Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University, Binh Dương Province.

Email: lttrung@tdmu.edu.vn

² University of Architecture Ho Chi Minh City,

Email: lan.bachvuhoang@uah.edu.vn

³ Southern institute of water resources research, Ho Chi Minh City.

Email: hungsiwrr@gmail.com

⁴ Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University, Binh Dương Province

Email: bangth@tdmu.edu.vn

TÓM TẮT:

Những năm gần đây, nhiều công trình nhà cao tầng được xây dựng tại TP.HCM, một thành phố lớn nhất và năng động nhất của Việt Nam. Phần lớn diện tích của thành phố nằm dọc theo ven sông Sài Gòn và sông Đồng Nai, đặc biệt là các quận trung tâm. Cọc khoan nhồi của móng nhà cao tầng cần có kích thước và chiều sâu lớn để xuyên qua lớp đất sét yếu trầm tích bão hòa nước, có chiều dày lớn và đảm bảo độ mảnh của cọc. Kỹ thuật phụt vữa thân cọc được áp dụng để tăng sức kháng thành của cọc khoan nhồi. Bài báo trình bày mô hình số theo phương pháp phần tử hữu hạn, thông số của mô hình được xác định từ phương pháp phân tích ngược kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) của đất nền và sức kháng thành của cọc khoan nhồi phụt vữa thân cọc. Mô hình này xác định thông qua thí nghiệm nén tĩnh cọc nhằm xác định sức chịu tải của cọc thí nghiệm của công trình tại Quận 1. Kết quả dự báo của mô hình được so sánh với số liệu quan trắc ngoài hiện trường cho thấy là đáng tin cậy. Kết quả tính toán từ mô hình cho phép dự báo được sức chịu tải của cọc và cung cấp một tài liệu tham khảo cho công tác thiết kế cọc.

Từ khóa: Cọc khoan nhồi; phụt vữa thân cọc; sức kháng thành, mô phỏng cọc

ABSTRACT:

In recent years, many high-rise buildings have been built in Ho Chi Minh city, the largest and most dynamic city in Vietnam. Most of its area is located along the the Saigon and Dong Nai rivers, especially the central districts. The bored pile foundation of high-rise buildings need to have a large size and depth to penetrate the large thickness soft soil layer which is a water-saturated deposit clay, and response slenderness of pile. The technique of shaft grouting pile is applied to increase the shaft resistance of bored piles. This paper presents a numerical model according to the finite element method, the parameters of the model are determined by the back analysis method of Standard Penetration Test (SPT) and mobilized shaft resistance along pile. This model is determined by test to calculate the bearing capacity of a bored pile at the construction in District 1. The simulation results of the model are compared with the observed data in the field that are reliable. Calculation results from the model allow to predict the bearing capacity of piles and provide a reference for pile design.

Keywords: Bored piles; shaft grouting pile; shaft resistance; simulation piles

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, việc dự báo sức chịu tải cọc khoan nhồi phụt vữa thân cọc dựa vào lý thuyết tính toán cọc khoan nhồi truyền thống [2], [3]. Kết quả dự báo sức chịu tải của cọc có sai lệch lớn so với thực tế [6], [7], [8], [9], [10]. Dẫn đến công tác dự toán kinh phí đầu phải điều chỉnh tại nhiều dự án. Do đó, công tác thử tải hiện trường trở nên hết sức quan trọng. Thí nghiệm thử tải cọc là một

cách hiệu quả để đánh giá phương pháp thiết kế cọc. Các loại thí nghiệm thử tải cọc bao gồm thí nghiệm nén tĩnh, thí nghiệm O-cell, thí nghiệm thử động biến dạng lớn (PDA)... Kết quả thí nghiệm thử tải cọc nhằm xác định tải trọng cọc, bao gồm quan hệ giữa tải trọng – chuyển vị, khả năng chịu tải cực hạn, đặc tính truyền tải và độ bền của cọc. Thí nghiệm nén tĩnh cọc được xem là thí nghiệm truyền thống, phổ biến tại các dự án. Tuy nhiên, quá

trình thử tải tĩnh tiêu tốn nhiều thời gian để hoàn thiện hồ sơ thiết kế. Do đó, tác giả đề ra giải pháp sử dụng phương pháp số để mô phỏng ứng xử cọc dựa trên các thông số địa chất, mô hình đất và đặc tính cọc. Kết quả nghiên cứu giúp cho việc triển khai dự án được tiến hành nhanh hơn, dự toán công trình được xác định chính xác hơn ở giai đoạn xác định và phê duyệt kinh phí đầu tư xây dựng công trình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Plaxis 3D) kết hợp với kết quả quan trắc từ thí nghiệm nén tĩnh cọc tại hiện trường.

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Cọc khoan nhồi được sử dụng để mô phỏng trong nghiên cứu thuộc dự án Friendship Tower, số 31 đường Lê Duẩn, Quận 1, TP.HCM. Cọc khoan nhồi phụt vữa TP2 có kích thước đường kính D là 1200 mm, chiều dài cọc L là 65 m, phun vữa từ -42m đến -64m so với mặt đất tự nhiên. Cọc thí nghiệm TP2 được thử tải tối đa đến 300% tải thiết kế, tương ứng là 3150 tấn và cọc sẽ không được dùng lại sau khi thí nghiệm. Nhằm thu thập được đầy đủ các thông tin để đánh giá ứng xử của cọc trong quá trình làm việc, sự huy động các thành phần sức kháng tại các lớp đất, cọc thí nghiệm được bố trí các thiết bị cảm biến (strain gauge) dọc thân cọc tại các điểm ranh giới của lớp đất nhằm xác định ma sát thành cọc, loại đầu đo Geokon 4200. Vật liệu vữa phụt thân cọc cho cọc TP2 thiết kế theo cấp phối và các thành phần pha trộn bao gồm Xi măng: 100 kg; Nước: 66.6 lít; Bentonite: 1.5 kg; Bentoryl 186: 150 ml và Daracem 100 (phụ gia siêu hoá dẻo, giảm lượng nước): 400 ml.

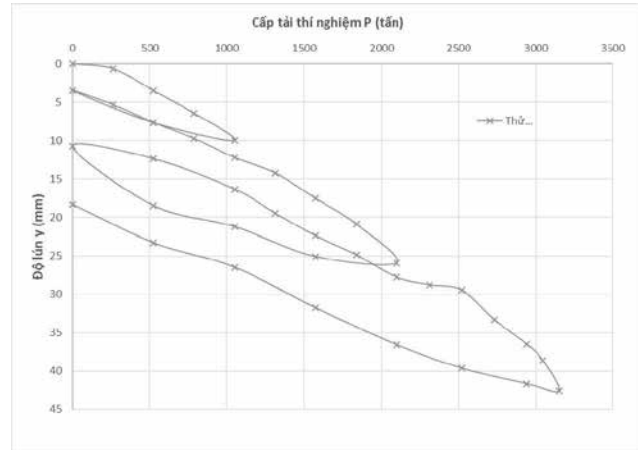
2.2. Điều kiện địa chất

Địa tầng công trình gồm 9 lớp đất. Đặc điểm địa chất các lớp cụ thể, Lớp 1: Sét gầy pha cát, xám nâu, nâu đỏ, xám xanh. Bề dày lớp H=10m, chỉ số SPT trung bình là 15. Lớp 2: Cát sét, nâu đỏ, xám xanh, xám vàng, bề dày lớp H=10m chỉ số SPT trung bình là 12. Lớp 3: Cát cấp phối tốt lẫn bụi và sỏi, xám vàng, lớp này có bề dày H=5m, chỉ số SPT trung bình là 14. Lớp 4: Cát sét, bụi, xám vàng, lớp này có mặt hầu hết ở tất cả các hố khoan, nằm bên dưới lớp 3, lớp này có bề dày H=15 m, chỉ số SPT trung bình là 17. Lớp 5: Sét béo lẫn cát, nâu vàng, xám xanh. Bề dày trung bình lớp H=14 m, chỉ số SPT trung bình là 19. Lớp 6: Sét gầy pha cát, xám vàng, lớp này có bề dày tương đối mỏng nằm bên dưới lớp 5, có chiều dày trung bình 2 m, chỉ số SPT trung bình là 40. Lớp 7: Cát sét, bụi, xám xanh, xám trắng, chiều dày trung bình lớp là 12 m, chỉ số SPT trung bình là 35. Lớp 8: Cát sét, xám xanh, lớp này tương đối mỏng nằm bên dưới lớp 7, chiều dày trung bình lớp là 3m, chỉ số SPT trung bình là 45. Lớp 9: Cát cấp phối tốt lẫn bụi, xám vàng, xám xanh, chiều dày trung bình lớp là 12m, chỉ số SPT trung bình lớp 50. Mục nước ngầm khảo sát từ các hố khoan nằm ở độ sâu -7.5m so với mặt đất tự nhiên.

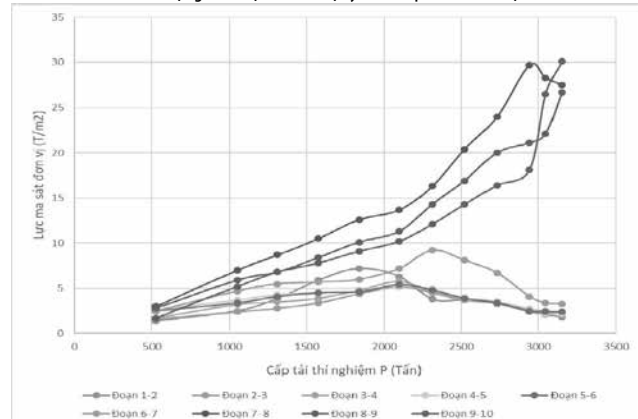
2.3. Quy trình thí nghiệm cọc

Thí nghiệm nén tĩnh với 3 chu kỳ liên tục gia tải và dỡ tải tuân thủ theo tiêu chuẩn hiện hành [1]. Chu kỳ 1: Tại cấp tải trọng 100% tải trọng thiết kế (tương đương 1050 tấn), tổng độ lún đầu cọc là 10.02 mm. Sau khi giảm tải hoàn toàn, độ lún dư còn 3.48 mm. Chu kỳ 2: Tại cấp tải trọng 200% tải trọng thiết kế (tương đương 2100 tấn), tổng độ lún đầu cọc là 25.87 mm. Sau khi giảm tải hoàn toàn, độ lún dư còn 10.73 mm. Chu kỳ 3: Tại cấp tải trọng 300% tải trọng thiết kế (tương đương 3150 tấn), tổng độ lún đầu cọc là 42.59 mm. Sau khi giảm tải hoàn toàn, độ lún dư còn 18.35mm. Kết quả độ lún đầu cọc ứng với tải trọng tác dụng, ma sát đơn vị đo được tại vị trí các lớp đất, tải trọng phân bố dọc thân cọc tại các chu kỳ gia tải được thể hiện Hình 2.1, Hình 2.2. Kết quả tính toán lực kháng ma sát thành cọc được huy động lớn nhất so với chỉ số N_{SPT} (f_s/N_{SPT}) theo

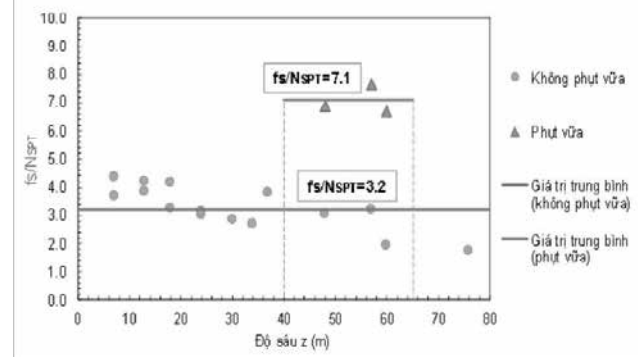
độ sâu z thể hiện Hình 2.3, tổng hợp từ dữ liệu đo đạc các strain gauge dọc thân cọc thể hiện tại Hình 2.3, tương tự theo các nghiên cứu [6], [7], [8], [9], [10].



Hình 2.1. Biểu đồ tải trọng P và độ lún đầu cọc y từ kết quả thử tĩnh cọc TP2 [4]



Hình 2.2. Biểu đồ lực ma sát đơn vị đo được tại các đoạn cọc TP2 chu kỳ 3 [4]



Hình 2.3. Giá trị ma sát f_s/N_{SPT} theo độ sâu z từ kết quả thí nghiệm

2.4. Mô hình trong tính toán mô phỏng cọc phụt vữa thân cọc

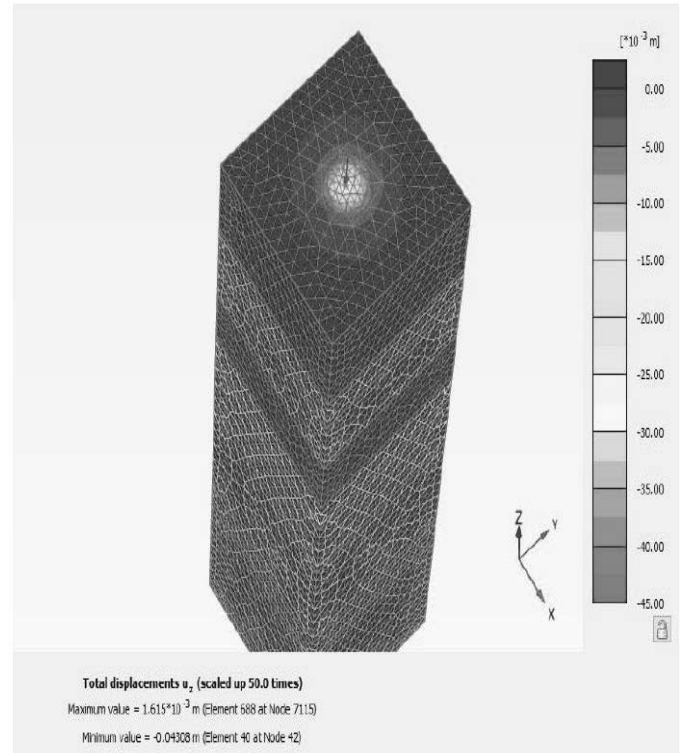
Mô hình đất nền được sử dụng là mô hình Hardening Soil được lựa chọn để phân tích kết quả thử tĩnh cọc. Đây là mô hình nâng cao, sử dụng độ cứng dỡ tải E_{ur} phù hợp với ứng xử dỡ tải khi thử tĩnh cọc. Ngoài ra, mô hình có xét đến thành phần biến dạng dẻo của đất. Trong mô hình đất, 2 thông số quan trọng nhất là thông số độ bền (lực dính c, góc ma sát ϕ) và thông số về độ cứng E, các thông số này ảnh hưởng trực tiếp và đáng kể đến kết quả chuyển vị và nội lực cọc. Ma sát đơn vị f_s (kN/m^2) đo được tại các đoạn cọc khác nhau, chính là thông số kháng cắt hoặc lực dính giữa cọc và

đất c (kN.m²). Thành phần góc ma sát φ đã chuyển toàn bộ sang ma sát đơn vị f_s phụ thuộc vào áp lực ngang, có thể xem $\varphi=0$ và $c=f_s$ trong trường hợp này. Giá trị f_s đối với đoạn cọc không phun vữa nằm trong phạm vi $f_s=(2.8-4.3)N_{SPT}$, trung bình là $f_s= 3.2N_{SPT}$. Giá trị f_s đối với đoạn cọc phun vữa nằm trong phạm vi $f_s=(6.7-7.3)N_{SPT}$, trung bình là $f_s=7.1N_{SPT}$. Dựa vào chỉ số N_{SPT} trung bình của đoạn cọc theo độ sâu, ta có thể ước lượng được giá trị lực dính c thông qua ma sát đơn vị f_s tính từ N_{SPT} . Điều này xác định thông số độ bền cho mô hình đất nền. Về thông số độ cứng E của các lớp đất được lấy theo tương quan với giá trị f_s , $E=500f_s$. Các giá trị độ cứng E_{oed} và E_{ur} lấy theo khuyến cáo của Plaxis. Cọc được mô hình bằng phần tử Embedded pile với mô đun đàn hồi cọc tương ứng với lát liệu làm cọc và ma sát đơn vị phụ thuộc vào lớp đất. Đường kính cọc được khai báo là 1200 mm. Khai báo vật liệu cọc trong mô hình Plaxis được thể hiện *Hình 2.4*. Trong Axial skin resistance của vật liệu cọc chọn layer dependent tức là ma sát đơn vị f_s của cọc sẽ phụ thuộc trực tiếp vào thông số độ bền c của các lớp đất. Giá trị T_{max} (kN/m) là sức kháng ma sát thành lớn nhất theo độ sâu của cọc. Trong tính toán ma sát huy động thì giá trị ma sát huy động của cọc không vượt quá T_{max} . Giá trị này được lấy từ kết quả đo ma sát f_s lớn nhất nhân với chu vi cọc. Về sức kháng mũi F_{max} (kN) là giá trị lực lớn nhất huy động ở mũi cọc. Giá trị này được lấy theo giá trị lớn nhất sức kháng mũi f_b (kN/m²) đo được tại mũi cọc nhân với diện tích cọc A (m²). Điều kiện biên của mô hình 3D được lựa chọn sao cho biên của mô hình lớn hơn vùng ảnh hưởng của cọc, vùng ảnh hưởng của cọc được lấy bằng 3 lần đường kính cọc. Tác giả lựa chọn kích thước mô phỏng của biên là 25mx25mx75m cho cọc đường kính 1200mm và chiều dài 65m. Trong mô hình Plaxis 3D sử dụng lưới phần tử tam giác. Tác giả lựa chọn chế độ chia lưới mịn (fine) để xem xét kết quả một cách chính xác nhất. Các giai đoạn mô phỏng, tính toán kết quả thử tĩnh cọc bao gồm 3 giai đoạn chính. Giai đoạn 1: Tính toán thiết lập điều kiện ban đầu, bao gồm áp lực đất và áp lực nước tại thời điểm trước khi tiến hành xây dựng (Initial Phase). Giai đoạn 2: Thi công cọc (kích hoạt phần tử cọc Embedded pile). Giai đoạn 3: Gia tải và dỡ tải theo trình tự thí nghiệm đã thực hiện.

Embedded beam - D1200			
Property	Unit	Value	
Material set			
Identification		D1200	
Comments			
Colour		RGB 199, 82, 143	
Material type		Elastic	
Properties			
E	kN/m ²		30.00E6
γ	kN/m ³		25.00
Beam type		Predefined	
Predefined beam type		Massive circular beam	
Diameter	m		1.200
A	m ²		1.131
I ₂	m ⁴		0.1018
I ₃	m ⁴		0.1018
Rayleigh α			0.000
Rayleigh β			0.000
Axial skin resistance			
Axial skin resistance		Layer dependent	
T _{max}	kN/m		1134
Base resistance			
F _{max}	kN		4070

Hình 2.4. Khai báo vật liệu cọc TP2

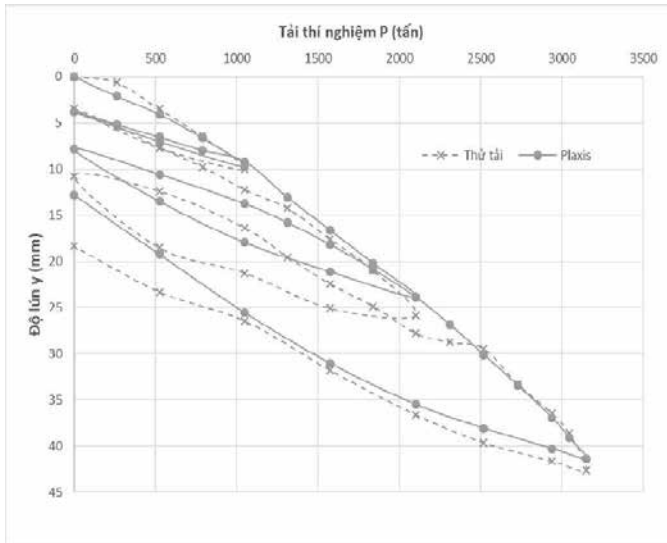
3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG 3D VÀ SO SÁNH VỚI KẾT QUẢ THỬ TÍNH



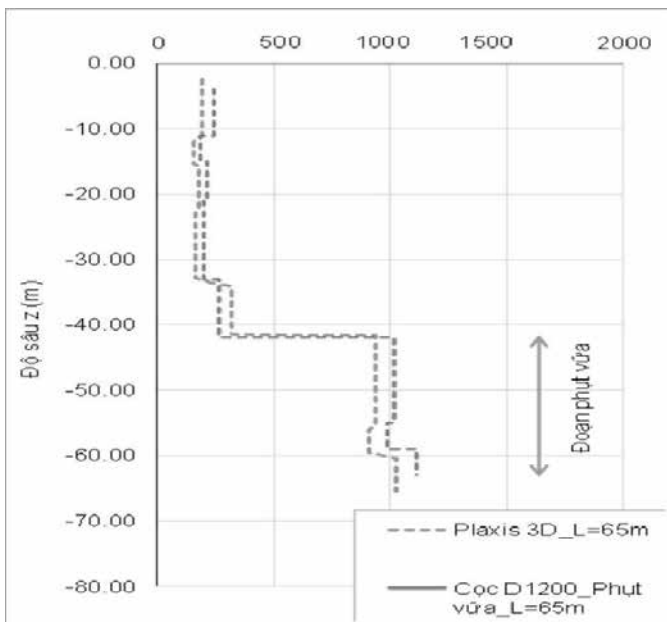
Hình 3.1. Kết quả tính toán cọc ở cấp tải lớn nhất cọc TP2

Hình 3.1 thể hiện kết quả tính toán biến dạng cọc và vùng ảnh hưởng của cọc ra xung quanh tại cấp tải lớn nhất. Hình này cho thấy điều kiện biên đã chọn là đảm bảo. Tại các vị trí biên không phát sinh ứng suất và biến dạng dư do việc gia tải đầu cọc gây ra. Kết quả mô phỏng 3D và kết quả thử tải tĩnh được vẽ trên cùng 1 biểu đồ để so sánh, *Hình 3.2* cho thấy rằng kết quả mô phỏng bằng Plaxis 3D hoàn toàn trùng khớp với kết quả thử tĩnh, sai số không đáng kể. Kết quả này cho thấy phương pháp mô phỏng bằng các thông số, tác giả lựa chọn là hợp lý, có cơ sở và căn cứ để áp dụng cho các mô phỏng cọc bằng phần tử Embedded pile. Cụ thể, tại cấp tải lớn nhất ở chu kỳ 3, độ lún đầu cọc đo được từ kết quả thử tĩnh là 42.59 mm trong khi đó giá trị từ mô phỏng là 43.1mm, sự khác biệt là nhỏ hơn 5%. Hình dạng biểu đồ và xu hướng biến dạng của đầu cọc khi gia tải và dỡ tải của mô phỏng khá phù hợp với thử tĩnh. Sự khác biệt giữa mô phỏng đoạn cọc phun vữa và không phun vữa trong cọc TP2 là giá trị độ bền c và độ cứng E của các lớp đất. Tại các đoạn cọc không phun vữa giá trị $c=f_s$, trong đó giá trị f_s trung bình $f_s=3.2N_{SPT}$ và $E=500f_s$. Tại các đoạn cọc được phun vữa giá trị f_s trung bình được lấy là $f_s=7.1N_{SPT}$ và $E=500f_s$. Sự khác biệt chỉ là sự tăng độ bền và độ cứng của đất tại các đoạn cọc phun vữa, đường kính cọc giữ nguyên không tăng. Điều này hoàn toàn phù hợp vì việc xác định chính xác độ dày đoạn cọc vữa ở độ sâu lớn dưới nền đất là rất khó khăn và không biết chính xác độ dày lớp phun vữa. Ngoài ra, việc phun vữa trong đất sét và đất cát có độ dày lớp vữa sẽ khác nhau không đồng nhất nên việc quy đổi hiệu quả của phun vữa về sự tăng độ bền của đất f_s và độ cứng E tại lớp phun là một cách tiếp cận hợp lý và đủ độ tin cậy so với xem xét tăng đường kính cọc do lớp vữa phun. *Hình 3.3* so sánh ma sát thành theo độ sâu của cọc từ kết quả

đo thực tế và mô hình, có thể thấy rằng kết quả mô phỏng bằng Plaxis 3D trùng khớp 90% so với thực tế. Kết quả này cho thấy độ tin cậy của phương pháp mô phỏng mà tác giả đã đề xuất trên.



Hình 3.2. So sánh kết quả thử tĩnh và mô phỏng quan hệ P-y cọc TP2



Hình 3.3. So sánh ma sát thành f_s giữa mô phỏng và thí nghiệm cọc TP2

4. KẾT LUẬN

Kết quả phân tích so sánh, cho thấy phương pháp tác giả sử dụng để mô phỏng cho đoạn cọc phun vữa và đoạn cọc không phun vữa là đủ độ tin cậy. Kết quả đã được kiểm chứng qua cọc thử tĩnh TP2 đường kính 1200 mm, chiều dài 65m phun vữa từ độ sâu -42m đến -64m. Sự khác biệt giữa mô phỏng đoạn cọc phun vữa và không phun vữa trong cọc TP2, L=65m này là giá trị độ bền c và độ cứng E của các lớp đất. Tại các đoạn cọc không phun vữa giá trị $c=f_s$ đưa vào mô hình, trong đó giá trị f_s trung bình là $f_s=3.2N_{SPT}$ và $E=500f_s$. Tại các đoạn cọc được phun vữa giá trị f_s trung bình được lấy là $f_s=7.1N_{SPT}$ và $E=500f_s$. Sự khác biệt chỉ là sự tăng độ bền và độ

cứng của đất tại các đoạn cọc phun vữa, đường kính cọc giữ nguyên không tăng.

Phương pháp tiếp cận này, có thể áp dụng mô phỏng, so sánh sức chịu tải cực hạn của cọc không phun vữa và cọc phun vữa cùng chiều dài dựa trên biểu đồ quan hệ tải trọng P và độ lún đầu cọc y từ kết quả mô phỏng.

Phương pháp này được xem là phương pháp thử tĩnh trên mô hình, tương tự như thử tĩnh hiện trường, kết quả là biểu đồ P-y được xác định, dựa vào biểu đồ này có thể xác định sức chịu tải cực hạn theo các phương pháp khác nhau về độ lún giới hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Xây dựng (2012), TCVN 9393:2012, Cọc - Phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [2]. Bộ Xây dựng (2014), TCVN 10304:2014, Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [3]. TCXD 11823-2017. Design of road bridge, Ha Noi, 2017
- [4]. Báo cáo nền tĩnh cọc khoan nhồi công trình "Tòa nhà hữu nghị Việt Nam - Slovakia tại 31 Lê Duẩn, Quận 1, TP.HCM".
- [5]. PLAXIS 3D Foundation. Plaxis Computer Program, Version 1.5 tutorial manual.
- [6]. Littlechild, B. D., Plumbridge, G. D., & Free, M. W. (1998). Shaft grouted piles in sand and clay in Bangkok. In Proc. 7th International Conference and Exhibition on Piling and Deep Foundations (pp. 171-178).
- [7]. Phan, V.K. and Pham, Q.D. (2013). Analysis of load bearing capacity of shaft grouted barrettes based on experiential coefficients and its effects on piling design in Vietnam. In Proceedings of the 18th Southeast Asian Geotechnical & Inaugural AGSSEA Conference, 29-31 May 2013, Singapore.
- [8]. T.D. Nguyen and nnk (2018), Shaft resistance of shaft-grouted bored piles and barrettes recently constructed, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA Vol. 50 No. 3 September 2019, ISSN 0046-5828 in Ho Chi Minh City
- [9]. Lan V. H. Bach, Trung T. Le (2020), Shaft grouting efficiency investigated by bidirectional loading test of barrette pile at vinhomes golden river project in ho chi minh city Viet nam, Vietnam Journal of Construction, No. 7 July 2020, ISSN 0866-8762
- [10]. Tran V.T, Nghiên cứu tính toán sức chịu tải của cọc barrette trên cơ sở so sánh với thí nghiệm O-cell. Vietnam Journal of Construction, No. 6 June 2020, ISSN 0866-8762.

Phát huy giá trị di sản kiến trúc đô thị theo hướng kiến tạo thương hiệu đô thị để thúc đẩy nguồn lực phát triển đô thị

Building city brands to create resources for urban development through promoting the value of urban architectural heritages

> TS.KTS ĐÀO THỊ NHƯ

Cục Phát triển Đô thị, Bộ Xây dựng

Email: nhuxd@yahoo.com

TÓM TẮT

Đô thị - một trong những phát minh vĩ đại nhất của lịch sử loại người - không chỉ là nơi sinh sống có chất lượng cao mà còn là nơi có thể giải quyết phần lớn những vấn đề của phát triển kinh tế, việc làm, đổi mới sáng tạo và phát triển con người. Đô thị cũng ngày càng được quan niệm không chỉ là nơi cư trú hay cái nôi văn hóa, mà còn là nơi sản sinh ra những nguồn lực để phát triển kinh tế đất nước. Bài toán tìm kiếm khơi thông nguồn lực cho đô thị ngày càng trở thành ưu tiên đối với các chính quyền đô thị trước thực tế hạn chế trong phụ thuộc vào nguồn lực phát triển đô thị từ thâm dụng đất đai và các nguồn lực bên ngoài. Làm sao để khai thác được nguồn lực từ chính đô thị và tăng trưởng vượt bậc hơn nữa là bài toán của tất cả các đô thị trong quá trình đô thị hóa mạnh mẽ hiện nay. Bài báo tập trung đi tìm nguồn lực để phát triển đô thị thông qua phân tích về cơ hội, cách thức khai thác giá trị của di sản kiến trúc đô thị nhằm kiến tạo thương hiệu cho đô thị để sản sinh nguồn lực phát triển, áp dụng cho các đô thị Việt Nam.

Từ khóa: Thương hiệu đô thị; di sản kiến trúc đô thị; nguồn lực phát triển đô thị; bảo tồn và phát triển.

ABSTRACT

The city - one of the greatest inventions in human history - is not only a place to provide a high quality of life, but also a place that can solve most of the problems of economic development, employment, innovation and human development. City is also increasingly perceived as not only a place of residence or cultural cradle, but also a place to generate resources for the economic development of the country. The question of finding economic resources for urban areas is increasingly becoming a priority for urban governments in the face of limited reality in over depending on intensive land use and external resources. How to exploit resources right from the city itself and to grow more are the concerns of all cities in the current strong urbanization process. The article focuses on finding resources for urban economic development through analysing opportunities and ways to exploit the value of urban architectural heritages in order to create city brand, applied to urban areas in Vietnam.

Keywords: City brand; urban architectural heritage; urban development resources' conservation and development.

1. MỞ ĐẦU

Quảng bá thương hiệu của thành phố và địa điểm lịch sử đang ngày càng được phát huy tại nhiều đô thị, quốc gia trên thế giới để tạo nguồn lực phát triển đô thị. Nhiều thành phố, khu vực và quốc gia đã và đang tích cực tiếp thị bản thân bằng cách sử dụng các "thương hiệu" mới, trong đó có việc quảng bá thương hiệu thông qua các công trình di sản kiến trúc đô thị.

Trong khi các công trình di sản kiến trúc cổ đại đã đóng góp không nhỏ vào tên tuổi và sự phát triển kinh tế của nhiều

quốc gia như Trung Quốc nổi tiếng với Vạn Lý Trường Thành - công trình di sản có thể nhìn từ mặt trăng, Ai Cập với hệ thống các Kim Tự Tháp - nơi còn ẩn dấu những bí ẩn chưa được khám phá, thì các công trình di sản hiện đại và đương đại đang tạo ra những dấu ấn văn hóa, đóng góp vào sự phát triển kinh tế cho các đô thị đương đại, như Paris nổi tiếng với tháp Eiffel; Nhà hát Opera, Cầu Cảng Sydney là biểu tượng của Úc; Tokyo với skytree - biểu tượng của tinh thần và sức mạnh mới của Nhật Bản; Đà Nẵng với Cầu Vàng - biểu tượng mới của du lịch thế giới.... Có thể nói nhiều thành phố đã và đang

phục hồi sức sống của mình thông qua việc xây dựng thương hiệu gắn với công tác bảo tồn, phục hồi, tái thiết và làm sống lại các công trình di sản kiến trúc đô thị.

2. DI SẢN KIẾN TRÚC ĐÔ THỊ - TỪ GIÁ TRỊ VĂN HÓA CỘNG ĐỒNG ĐẾN GIÁ TRỊ KINH TẾ TRONG BỐI CẢNH MỚI, TỪ THƯƠNG HIỆU VĂN HÓA ĐẾN THƯƠNG HIỆU KINH TẾ

Trên thực tế, những công trình kiến trúc được gọi là di sản là những công trình được công nhận và được tôn vinh bởi cộng đồng, phần lớn đó là những công trình mang ý nghĩa văn hóa, lịch sử to lớn đối với cộng đồng, đặc biệt là với một cộng đồng nhất định - cộng đồng sáng tạo, sản sinh, gắn bó, tương tác và kế thừa với nó [Đào Thị Như, 2017]. Các di sản được công nhận bởi chính quyền như di sản cấp quốc gia, tỉnh/thành phố là những di sản được công nhận chính thức, được biết đến và có ý nghĩa đối với cộng đồng ở các quy mô khác nhau.

Theo lịch sử hình thành, di sản là công trình được tạo ra bởi cộng đồng, đại diện cho văn hóa, ý thức hệ của cộng đồng hay lối sống mà cộng đồng đó tôn thờ, muốn gìn giữ và lưu truyền cho thế hệ sau. Do vậy, có thể nói giá trị của di sản không chỉ được biết đến và công nhận ở giá trị quá khứ mà còn là nơi kết tinh các đặc điểm hay biểu trưng văn hóa cộng đồng và định hướng sự phát triển văn hóa cho thế hệ tương lai. Có thể gọi di sản là “thương hiệu văn hóa” của cộng đồng để cộng đồng này có thể tự hào, so sánh, thậm chí “cạnh tranh ngầm” với cộng đồng khác. Di sản đã trở thành một “đền thiêng” của cộng đồng, được bảo vệ, nâng niu bởi cộng đồng. Việc bảo vệ di sản cũng được coi là hành động để bảo vệ những giá trị chung nhất đại diện cho công đồng, những giá trị mà cộng đồng muốn gìn giữ, tôn thờ và mong muốn những thế hệ sau tiếp tục lưu giữ và phát triển để tiếp nối mạch chảy văn hóa hay tiếng nói của cộng đồng đó. Có thể nói ở trong một xã hội coi trọng những giá trị tập thể, tất cả mọi người đều làm việc hành động vì tập thể, tìm thấy sự tự tôn của bản thân trong hình ảnh tập thể, tìm thấy sự tự hào và giá trị trong “thương hiệu văn hóa” tập thể như phương Đông thì di sản kiến trúc đô thị là một giá trị mà đô thị nào cũng cần gìn giữ và phát triển.

Khi quá trình đô thị hóa diễn ra, các cộng đồng dân cư bị xáo trộn nhiều hơn, công đồng địa phương được mở rộng cùng với sự xuất hiện thêm các thành viên mới và những văn hóa mới. Di sản địa phương cũng vì vậy mà được nhiều người biết đến hơn và giá trị của nó đã vượt qua ranh giới địa lý của cộng đồng, vượt qua những làng, những xóm, những phố phường hay thành phố, quốc gia để trở thành tài sản chung. Cộng đồng cũng không còn bó buộc ở những con người sống chung trong một ranh giới địa lý mà trở nên mở rộng để tiếp nhận thêm những cư dân mới bên cạnh việc xuất cư các cư dân bản địa ra ngoài làm ăn nhưng vẫn giữ sợi dây gắn kết với cộng đồng gốc. Giá trị của di sản vì vậy đã thay đổi trong mối quan hệ với cộng đồng mới, và thay đổi những ranh giới mới. Những góc nhìn mới của thời đại đã tạo ra những cách đánh giá mới và cách khai thác mới đối với di sản. Nhiều di sản có giá trị lớn đã bắt đầu được khai thác, trở thành điểm đến du lịch của cả vùng, cả nước, thậm chí nằm trong bản đồ du lịch thế giới. Cuộc sống mới, thời đại mới đã mở ra cơ hội phát triển mới cho di sản. Những tỉnh, địa phương có di sản được khai thác du lịch trở nên năng động hơn, giàu có hơn. Nhờ việc thu hút du lịch đến với di sản, rất nhiều việc làm đã được tạo ra ở địa phương, nâng cao thu nhập người dân, kinh tế địa

phương phát triển nhanh chóng. Kết quả là, càng ngày di sản càng được tâm nhiều hơn, khai thác đầu tư mạnh mẽ hơn. Làn sóng đầu tư khai thác giá trị văn hóa từ di sản đã đem đến cơ hội kinh tế, mang lại nguồn lực mới cho địa phương. Tuy nhiên tại nhiều nơi, di sản được khai thác một cách bừa bãi, chạy theo phong trào, sao chép cách thức phát triển ở nơi khác, áp đặt cảnh quan kiến trúc xa lạ lên không gian di sản một cách thô thiển không phù hợp đã làm mai một các giá trị cốt lõi của di sản, không những không tạo thêm sức hút mà còn phá hủy giá trị của di sản và đánh mất dần cơ hội khai thác nguồn lực tài chính qua phát triển di sản của địa phương.

3. THƯƠNG HIỆU ĐÔ THỊ VÀ CON ĐƯỜNG HÌNH THÀNH THƯƠNG HIỆU ĐÔ THỊ THÔNG QUA CÁC GIÁ TRỊ DI SẢN KIẾN TRÚC ĐÔ THỊ

3.1. Giá trị của đô thị, thương hiệu của đô thị và giá trị của di sản kiến trúc đô thị

Mỗi đô thị đều có một giá trị riêng (value), giá trị này thông thường gắn với những giá trị đã được bồi đắp qua thời gian, như giá trị đến từ lịch sử văn hóa địa phương, từ những sự kiện đặc trưng hoặc công trình di sản kiến trúc đô thị nổi bật nhất hoặc những cảm nhận của người dân địa phương về đô thị. Tuy nhiên, đô thị cũng có thể lựa chọn cho mình giá trị mới gắn với định hướng tương lai và mục tiêu phát triển. Ngày nay, giá trị của đô thị đang được xây dựng để tạo thành “thương hiệu” của đô thị, không chỉ gắn với mục tiêu xây dựng hình ảnh đô thị trong mắt bạn bè quốc tế mà còn thu hút sự chú ý và cơ hội tạo ra các giá trị kinh tế nhờ vào việc củng cố một “nhãn hiệu tiêu dùng” của địa phương.

Thương hiệu là một nhận thức của một nhóm cộng đồng cụ thể về giá trị của một đối tượng cụ thể nào đó, và nhận thức này có thể bị ảnh hưởng hoặc không bị ảnh hưởng bởi các khía cạnh vật chất và thói quen giao tiếp của một đô thị nhất định (Sevin, H.E. 2014). Tuy nhiên, thương hiệu thường được khai thác dựa trên đặc điểm tâm lý và nhận thức của nhóm cộng đồng (cộng đồng mục tiêu), nó thường phản ánh một tập hợp những thuộc tính độc đáo về chức năng và các giá trị biểu tượng (Kavaratzis, M., Ashworth, J.G. 2005). Thương hiệu của đô thị thường liên quan đến hình ảnh tích cực về đô thị giữa các nhóm cộng đồng khác nhau thông qua các giá trị văn hóa gắn với đô thị, các hiệu ứng hình ảnh (kiến trúc), các sự kiện địa phương và quốc tế, qua đó đô thị sẽ có được lợi thế cạnh tranh với các đô thị khác. Mọi người cảm nhận về thành phố hay đô thị thường bằng các câu chuyện hoặc bằng các hình ảnh gắn với các trải nghiệm thân thuộc của mình, do vậy việc dựa vào các công trình di sản kiến trúc đô thị thường có tác động tốt nhất đến nhận thức của người dân về nơi mình sinh sống và hình ảnh của thành phố/đô thị nói chung (Ashworth, J.G., Kavaratzis, M. 2009.p.521). Đối với việc xây dựng thương hiệu đô thị, các đô thị thường sử dụng 3 nhân tố: không gian văn hóa - thông qua các công trình di sản kiến trúc đô thị (cả mới và cũ), những nhân vật nổi tiếng và các sự kiện văn hóa quan trọng, nổi bật.

Mặc dù có sự tương đồng nhất định, mục tiêu khi xây dựng thương hiệu của đô thị không hoàn toàn trùng khớp với mục tiêu bảo tồn phát huy giá trị của các công trình di sản kiến trúc đô thị. Trong khi các công trình di sản kiến trúc đô thị thường thể hiện chiều sâu văn hóa và những tư tưởng văn hóa bắt nguồn từ quá khứ, tồn tại và quen thuộc lâu đời với cộng đồng. Giá trị hay thương hiệu mà mỗi đô thị đặt ra cho



Hình 1. Mặt nước Miroir d'Eau ở Bordeaux

minh trong thời điểm hiện nay lại thường để định hướng đến sự phát triển của đô thị trong tương lai. Nếu công tác bảo tồn và phát triển di sản kiến trúc đô thị tập trung vào việc lưu giữ, bảo vệ và khơi gợi những giá trị thiên về văn hóa và thiên về cội nguồn, công tác quảng bá thương hiệu của đô thị tập trung vào củng cố và quảng bá những giá trị đang được “thịnh hành”, “yêu thích”, đang là “nhu cầu” và có cơ hội được giao dịch hay tiêu dùng trên thị trường làm tăng tính cạnh tranh của đô thị. Nói cách khác, giá trị của di sản hướng đến cội nguồn và chiều sâu văn hóa thì thương hiệu của đô thị lại mang tính “đương đại” “hiện tại” và hướng đến “thương mại” “cạnh tranh” nhiều hơn. Do vậy, khi một đô thị lựa chọn một công trình di sản kiến trúc để củng cố cho “thương hiệu đô thị” (như “đô thị di sản”, “đô thị văn hóa” “đô thị của những điều kỳ bí” ...) thì công trình đó không chỉ cần được bảo vệ để giữ gìn giá trị văn hóa vốn có của nó, mà còn cần được “khai thác” để tạo ra những giá trị mang tính tiêu dùng nhiều hơn, tất nhiên là giá trị tiêu dùng này không nên làm chệch đi giá trị văn hóa gốc của di sản hay làm phá hủy những giá trị văn hóa đã được cộng đồng địa phương công nhận và gìn giữ để hướng đến sự xây dựng thương hiệu đô thị được bền vững.

Do vậy, việc xây dựng thương hiệu đô thị trên cơ sở các công trình di sản kiến trúc đô thị luôn cần đảm bảo hai yêu cầu, một là bảo vệ được những giá trị văn hóa gốc (hay là thông điệp gốc) của di sản, và hai là trên cơ sở những giá trị văn hóa gốc đó, cần khơi gợi và khai thác được những giá trị tiêu dùng phù hợp với cộng đồng đương đại, cuộc sống đương đại. Đưa hình ảnh của di sản trở nên quen thuộc trong các hoạt động và phong cách sống, phong cách tiêu dùng của cộng đồng địa phương, cũng như thỏa mãn nhu cầu trải nghiệm khám phá những giá trị mới, từ đó giúp xây dựng củng cố “tình cảm” “sự gắn kết” và “cảm nhận đặc biệt” của cộng đồng về thương hiệu đô thị, nâng cao tính cạnh tranh của đô thị, mở ra nhu cầu mong muốn trải nghiệm khám phá, gắn kết với di sản nhiều hơn - từ đó cơ hội phát triển kinh tế đô thị được thiết lập.

3.2. Lộ diện các lớp giá trị của di sản và thúc đẩy trải nghiệm tiêu dùng của cộng đồng - cách thức để quảng bá thương hiệu đô thị và khơi thông nguồn lực kinh tế đô thị

a. Lộ diện các lớp giá trị của di sản

Về bản chất, giá trị văn hóa gốc hay thông điệp cốt lõi của di sản là nhất quán, tuy nhiên giá trị cốt lõi này lại thường được ẩn dấu trong các lớp “vỏ bọc” bên ngoài, hay qua nhiều lớp, nhiều tầng giá trị khác nhau ở các lớp biểu hiện vật chất và phi vật chất. Con người muốn đi đến tầng sâu nhất của giá trị di sản phải thông qua việc trải nghiệm và bóc tách các lớp,

các tầng giá trị “vỏ” ở bên ngoài đó. Trên thực tế, mạch chảy văn hóa trong mỗi con người đều thôi thúc họ có mong ước muốn tìm hiểu, khám phá ra giá trị cốt lõi nhất của các công trình di sản - như một cách để họ có thể chạm sâu vào các tầng văn hóa và nhận biết giá trị cốt tủy chân chính của văn hóa, của cuộc sống và sự sống và qua đó tìm về bản chất của chính mình. Tuy nhiên, do sự khác nhau về thời gian, không gian, sự trải nghiệm, kinh nghiệm và khác biệt về các thể hệ, việc thấu hiểu được các lớp giá trị và giá trị cốt lõi của di sản được xây dựng và phát triển từ trong quá khứ là một điều khó khăn với tất cả mọi người, ngay cả đối với các chuyên gia di sản hay văn hóa. Nhu cầu được chạm vào tầng sâu giá trị cốt lõi của di sản được thể hiện bằng nhu cầu, mong muốn trải nghiệm thông qua các hoạt động du lịch, khám phá. Việc giúp con người nhận ra từng lớp giá trị và đặc biệt là chạm được vào lớp giá trị cốt lõi hay thông điệp của công trình di sản kiến trúc đô thị - biểu tượng của địa phương là cơ hội cho các địa phương phát triển du lịch và từ đó mở ra cơ hội phát triển kinh tế.

Như trên đã đề cập, di sản vốn không được tạo ra để có giá trị kinh tế, nhưng chúng ta hoàn toàn có thể tạo ra giá trị kinh tế thông qua cách cung cấp các trải nghiệm về di sản một cách mới mẻ và độc đáo, để đáp ứng nhu cầu khám phá, thường thức và phong cách sống của cộng đồng nói riêng và của con người nói chung. Do vậy, việc làm hiển lộ giá trị cốt tủy của di sản hay bóc tách dần các lớp giá trị của di sản là rất quan trọng trong việc quảng bá thương hiệu văn hóa này.

Có thể nói, nếu trước đây những giá trị “đóng băng” hay còn gọi là giá trị “chết”, những giá trị của “thời gian” được để cao trong công tác bảo tồn di sản thì ngày nay, chính sự khám phá ra những lớp giá trị “sống” - giá trị có thể áp dụng, trải nghiệm ngay trong hiện tại hay tìm ra những chức năng “hiện tại” phù hợp với di sản trở thành một yếu tố thu hút sự quan tâm chú ý của cộng đồng trong cuộc sống đương đại. Càng ngày chúng ta càng nhận ra rằng, mặc dù quá khứ là cần thiết để nói với chúng ta về lịch sử, về văn hóa đã qua, nhưng chỉ có hiện tại mới cho chúng ta sự trải nghiệm rõ ràng nhất và chỉ có hiện tại mới là thứ ta có thể nắm giữ. Chúng ta khó có thể thấu hiểu được những “thông điệp” hay những giá trị cốt lõi của di sản chỉ thông qua những “trải nghiệm” gián tiếp từ lời kể, câu chuyện, những mong ước, nhắn gửi của thế hệ trước hay từ người khác (giá trị “chết”). Nhưng chúng ta hoàn toàn có thể “cảm nhận ngay”, “thấm thấu ngay”, có thể đánh giá ngay những giá trị của di sản thông qua những tương tác trực tiếp với di sản ngay trong cuộc sống ở thời điểm hiện tại (giá trị “sống”).

Quan điểm bảo tồn di sản cũng đã thay đổi trong thời gian gần đây, những giá trị “sống” (hay còn gọi là giá trị “nóng” giá trị “hồi sinh”, lớp lõi, thông điệp) liên tục được nhắc đến bên cạnh những giá trị vật thể, giá trị “đóng băng” (hay còn gọi là giá trị “chết”, giá trị “lạnh”, giá trị “quá khứ”, lớp vỏ [Riegl Alois, 1903; Choay Françoise, 1992; Tricaud Pierre-Marie, 2010]). Tuy nhiên làm sao để gọi ra được giá trị “sống” của di sản, và liệu giá trị “sống” của di sản có làm ảnh hưởng, thiệt hại đến những giá trị mà chúng ta muốn “đóng băng” không? Trước đây, đây chính là mâu thuẫn trong bài toán bảo tồn di sản. Nhiều người cho rằng, giá trị “đóng băng” phải được bảo vệ một cách nguyên vẹn, mọi sự can thiệp có thể làm hỏng nó. Và vì vậy, nhiều di sản cần được bảo vệ thông qua cách “để nguyên”, “không can thiệp”. Tuy nhiên, càng ngày những người làm công tác bảo tồn càng nhận thấy, nếu cứ để nguyên, không can thiệp, giá trị cần “đóng băng” cũng không thể “đóng băng” được. Bản thân “đóng băng” là một mục tiêu mâu thuẫn với thực tế luôn chuyển động và thay đổi của đời sống. Chúng ta không thể “đóng băng” bất cứ một đối tượng nào, dù là đó là đối tượng vật chất. Cũng như không thể có một “giá - trị - có thể - đóng băng”, mà bất cứ giá trị nào cũng phải “biến động” và chịu sự “thay đổi” (giá trị khả biến). Sự thay đổi của đối tượng hay giá trị là một thực tế, cũng là một quy luật của sự sống, giống như vạn vật đều thay đổi, thậm chí thay đổi trong mọi phút giây [Nguyễn Hiến Lê, 2006]. Sự không thay đổi chỉ có thể tìm thấy tại ngay phút giây hiện tại, tại thời khắc của sự tương tác hòa làm một giữa đối tượng quan sát và vật được quan sát.

Hiểu rõ thực tế này có thể giúp ta có những nhìn nhận toàn diện hơn về giá trị của di sản, giá trị vĩnh cửu (giá trị gốc, thông điệp gốc) và giá trị tạm thời (giá trị lớp vỏ), giá trị xứng đáng được bảo vệ và giá trị cần phải thay đổi để hòa vào thực tiễn của cuộc sống. Có thể nói, giá trị xứng đáng được bảo vệ hay giá trị vĩnh cửu của di sản, đặc biệt trong các di sản phương Đông nói chung và Việt Nam nói riêng là giá trị của sự “hòa hợp”, “gắn kết” được cảm nhận giữa đối tượng và người thưởng thức, sử dụng hay chiêm nghiệm nó. Ngoài ra những giá trị khác đều là những giá trị có thể thay đổi và cần phải thay đổi để tạo ra sự phù hợp riêng của các thời kỳ lịch sử khác nhau và sự phù hợp chung của cả quá trình lịch sử và phát triển. Khái niệm “hòa hợp”/“gắn kết” là một khái niệm quan trọng và có tính bất biến, lâu dài, cốt lõi và cũng sẽ mở đường cho công tác quảng bá thương hiệu của đô thị.

Có thể nói, di sản dù có thể được thể hiện và biểu hiện qua nhiều lớp giá trị, nhưng có thể quy về 2 lớp giá trị: i) lớp giá trị cốt lõi (thông điệp), bất biến, không thay đổi, đó là giá trị có được từ “sự hòa hợp” “sự cân bằng” Hay ở một chiều cạnh khác, có thể gọi đó là giá trị phản ánh được “đạo”, quy luật của cuộc sống, của sự sống và giúp con người tìm về với bản chất của chính mình - một đối tượng không tách rời mà luôn hòa hợp với các đối tượng khác; ii) giá trị có thể “thay đổi”. Giá trị này thể hiện ở các dạng thức biểu hiện khác nhau, thông qua những hình thái vật chất như kiến trúc, bố cục, cách sử dụng, vận dụng, chống lớp hài hòa lên di sản qua các chiều không gian, thời gian khác nhau. Giá trị này là giá trị “thay đổi” và có “bản chất thay đổi”. Giá trị này vốn đang được dịch/hiểu ra là “giá trị chết” - thể hiện cho những biểu hiện giữ lại từ quá khứ và trái ngược lại với giá trị “sống” - thể hiện cho giá trị gắn kết với cuộc sống của cộng đồng đương đại ở trên. Tuy nhiên cách dịch hiểu này đều chưa làm rõ bản chất thực tế của đối tượng và sự liên tục mà đối tượng di sản cần

tiếp tục phát triển. Tuy nhiên, khi hiểu về giá trị “thay đổi”, chúng ta sẽ có thể tìm được con đường đi cho công tác bảo tồn di sản đang bế tắc hiện nay, bảo tồn sẽ không còn trở thành rào cản của sự phát triển mà là cách thức để thúc đẩy sự phát triển, tìm kiếm nguồn lực phát triển cho đô thị thông qua di sản. Tuy vậy, cách sử dụng từ ngữ “thay đổi” ở đây dù sao cũng mang một ý nghĩa tương đối (hay nói cách khác từ “thay đổi” không nói lên sự “thay đổi” hoàn toàn theo ý nghĩa của ngôn ngữ - hay nói cách khác không nên quá câu nệ vào câu chữ, ngôn ngữ để hiểu được ý nghĩa của sự thay đổi đang được đề cập ở đây). “Thay đổi” không có nghĩa là chấp nhận sự khác biệt hoàn toàn và trái ngược với những gì đang có, làm mai một đi các giá trị đã được đúc kết qua thời gian, mà là một thái độ chấp nhận sự “thay đổi” để tạo ra sự hòa nhập với cuộc sống và sự sống đang chảy, đối ngược hoàn toàn với quan điểm về sự “chết cứng”. Mọi cộng đồng đều có văn hóa và văn hóa này là văn hóa liên tục được bồi đắp, liên tục được cô đọng, gạn đục khơi trong để phù hợp hơn với cuộc sống đương đại. Đương nhiên, trong quá trình phát triển, mọi cộng đồng sẽ có những thời điểm văn hóa phát triển thịnh vượng (có thể đạt đến những giá trị cô đọng nhất của cộng đồng), và cũng có những thời điểm văn hóa cộng đồng bị chệch lệch và biến thiên, không rõ được con đường cũng như mai một dần giá trị bản sắc. Đó là điều hiển nhiên. Tuy nhiên, khi xét giá trị của cộng đồng cũng như giá trị của di sản, ta phải xét ở một chiều dài lịch sử và trong sự toàn diện với xung quanh với đời sống với con người và thậm chí cả sự thay đổi thể chế để có thể xác định được những giá trị bản chất thật sự của di sản mà không phải chỉ là máy móc giữ lại những thứ, những hình ảnh ta có thể nhìn thấy và được thừa hưởng từ quá khứ. Đó là ý nghĩa của giá trị “thay đổi” - vẫn đảm bảo sự phù hợp thống nhất trong thời gian, không gian nhất định và sự liên tục phát triển. Đây là hai giá trị cốt lõi mà qua đó định hướng công tác bảo tồn có thể trở thành bạn, là cứu cánh cho công tác phát triển và khơi thông nguồn lực để kiến tạo xây dựng thương hiệu đô thị.

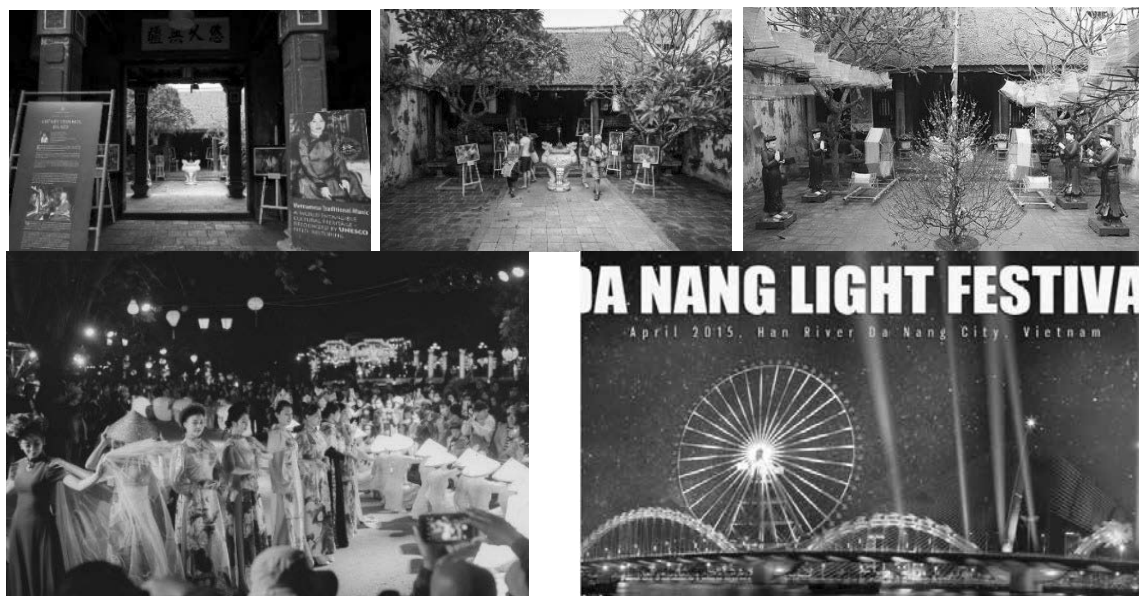
b. Thúc đẩy trải nghiệm tiêu dùng của cộng đồng đối với các công trình di sản kiến trúc đô thị - thúc đẩy thương hiệu

Tại Pháp, chính quyền thành phố Bordeaux đã bảo tồn, khai thác không gian di sản kiến trúc đô thị tại Quays of Bordeaux theo một cách thức hiện đại với một chức năng cộng đồng mới để góp phần xây dựng và quảng bá thương hiệu đô thị di sản. Thông qua việc thiết kế và xây dựng một mặt gương nước khổng lồ trước các công trình di sản đã cũ đã biến không gian di sản tại Quays of Bordeaux trở nên đặc biệt hơn bao giờ hết. Không chỉ giúp thu hút sự chú ý của cộng đồng địa phương, không gian này cũng thu hút hàng triệu du khách đến để tìm hiểu và hòa nhập vào một thói quen sinh hoạt thân thiện của người dân địa phương ở bất cứ thời điểm nào trong ngày. Người đi bộ và trẻ em đều có thể đặt chân xuống nước và chiêm ngưỡng hình ảnh phản chiếu của các mặt tiền của Port de la Lune, có thể thưởng thức hiệu ứng mờ ảo ngoạn mục của màn sương mù bốc lên từ mặt gương đặc biệt vào mùa hè. Boocdeau mirror nhanh chóng trở thành thương hiệu của Boocdeau, và cũng được cho là tấm gương nổi tiếng nhất ở Pháp. Cùng với tấm gương này, dự án các công trình di sản tại Quays of Bordeaux, được Unesco ghi vào Danh sách Di sản Thế giới vào năm 2007. Trang web Landscape Architects Network đã xếp gương nước Bordeaux ở vị trí thứ 4 trong bảng xếp hạng các thành tựu về địa điểm đô thị trên thế giới [Hình 1]. Tại Paris, các công trình di sản kiến



Hình 2. Quảng bá thương hiệu tiêu dùng nổi tiếng gắn với thương hiệu di sản kiến trúc đô thị

(Từ trên xuống dưới: Quảng cáo nước hoa Eau de Toilette nhân hiệu Scandal à Paris; Quảng cáo nước hoa “Her” của nhân hiệu thời trang Burberry gắn với biểu tượng London; Show diễn thời trang cao cấp xuân hè 2020-2021 của thương hiệu Chanel tại Grand Palais ở Paris; Một thiết kế thời trang mô phỏng những đặc điểm gắn với công trình kiến trúc của kiến trúc sư người Ý Carlo Scarpa gần Treviso, Ý) (<https://www.architecturaldigest.com/gallery/fashion-designers-architecture-inspiration>)

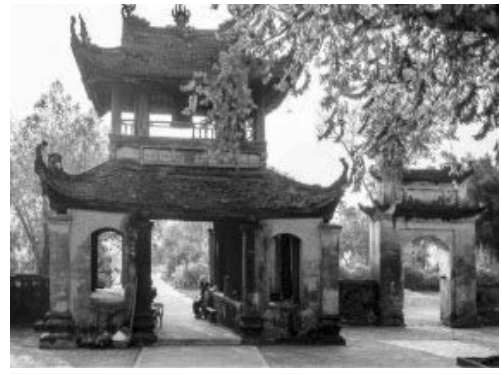


Hình 3. Các hoạt động xúc tiến thương hiệu của đô thị gắn với các công trình di sản kiến trúc đô thị tiêu biểu tại VN

(Bên trên: Những hoạt động góp phần quảng bá Di sản Đình Kim Ngân - 42 Hàng Bạc (Hà Nội) (Biểu diễn ca trù, triển lãm ảnh, triển lãm tư liệu truyền thống...)). Bên dưới: Biểu diễn áo dài tại không gian di sản phố cổ Hội An, lễ hội pháo hoa quốc tế tại Cầu rồng Đà Nẵng)

trúc đô thị điểm nhấn cũng thường được thiết kế để hòa nhập và thúc đẩy sử dụng các không gian công cộng. Từ đó không gian di sản không chỉ trở thành một không gian chung mà đã trở thành một phần của phong cách sống, lối sống của người dân Paris đương đại (Parisiens). Thậm chí trong các quảng cáo

thương hiệu tiêu dùng vốn đã nổi tiếng của Paris thì hình ảnh của các công trình di sản gắn với cuộc sống của cư dân đương đại luôn được khai thác. Thậm chí nhiều công trình di sản được sử dụng cho những buổi trình diễn thời trang của những thương hiệu thời trang lớn đã tạo ra sự cộng hưởng giữa các



Hình 4. Sự gắn gũi giữa thông điệp của không gian di sản truyền thống VN và không gian cảnh quan cầu Vàng Bà Nà - thương hiệu mới của đô thị Đà Nẵng, du lịch VN và nhu cầu sâu thẳm của con người

(Nguồn: Ảnh Nicolas cornet² và internet) (<https://phatgiaio.org.vn/an-chua-sau-nhung-ngoi-chua-viet-la-su-giau-co-ve-van-hoa-va-ban-sac-d33793.html>)

thương hiệu tạo sức hấp dẫn và sức sống của các thương hiệu, giúp tăng ảnh hưởng và cạnh tranh mạnh mẽ cho đô thị, góp phần thúc đẩy kinh tế đô thị [Hình 2].

4. MỘT SỐ CÁCH THỨC THƯỜNG ĐƯỢC SỬ DỤNG ĐỂ QUẢNG BÁ THƯƠNG HIỆU ĐÔ THỊ THÔNG QUA DI SẢN KIẾN TRÚC ĐÔ THỊ

+ Thúc đẩy sự phổ biến của hình ảnh và tên gọi của di sản thông qua các sự kiện văn hóa đô thị: Di sản được nhắc đến nhiều, thường xuyên và liên tục gắn với tên của thành phố, gắn với tên của một nền văn hóa đặc sắc của nhân loại, hoặc tên của danh nhân, thương hiệu đã được biết đến. Đây là hiện tượng giá trị chống giá trị, thương hiệu chống thương hiệu. Thương hiệu đã được biết đến nâng đỡ thương hiệu mới, và thương hiệu mới làm mới hình ảnh giá trị của thương hiệu cũ. Thủ đô Paris gắn với nhiều thương hiệu, trong đó có thương hiệu về sự lãng mạn và có nhiều công trình di sản kiến trúc đô thị đặc sắc. Để tranh thủ thương hiệu này, những hình ảnh quảng cáo của các nhãn hiệu nước hoa nổi tiếng thường có hình ảnh của các di sản như Tháp Eiffel, nhà thờ Đức bà để tôn vinh và làm tăng giá trị của thương hiệu tiêu dùng. Nhiều show diễn thời trang của các nhãn hiệu nổi tiếng cũng được tổ chức ở các công trình di sản kiến trúc đặc biệt của thành phố để tận dụng lợi thế ảnh hưởng thông qua thương hiệu của các di sản kiến trúc đô thị (Hình 2). Những năm qua ở VN, cách làm này cũng đã được áp dụng để quảng bá các thương hiệu tiêu dùng của đô thị nhờ vào thúc đẩy thương hiệu của các công trình di sản kiến trúc đô thị gắn với tên của thành phố đã được biết đến trên thế giới (Hình 2).

+ Hoàn thiện không gian di sản gắn với cảnh quan tự nhiên và phong cách sống của cộng đồng địa phương.

Một di sản có không gian cảnh quan đặc sắc luôn dễ dàng thu hút sự quan tâm của cộng đồng, vì nó không chỉ có giá trị văn hóa, lịch sử mà còn có giá trị khi gắn với tự nhiên và thiên nhiên. Giá trị hòa hợp với tự nhiên luôn chạm đến tầng sâu gắn kết của con người, vì bản chất con người cũng là một phần của tự nhiên, và không thể tách khỏi tự nhiên (Đạo). Những không gian cảnh quan được thiết kế khéo léo, tự nhiên và hấp dẫn không chỉ giúp con người hiểu rõ hơn về bối cảnh không gian gắn với di sản mà còn giúp con người khám phá được những chiều cạnh khác nhau của bản thân trong sự hòa hợp với tự nhiên. Do vậy, những không gian tự nhiên, cảnh quan bên cạnh di sản luôn cần được gìn giữ, hoàn thiện, bảo vệ, bảo tồn để nâng cao tầm giá trị của di sản cũng như đáp ứng nhu cầu sâu thẳm của con người, tạo sức cạnh tranh cho thương hiệu của di sản.

Một công trình bên cạnh dòng sông, một công trình gắn với những ngọn núi, hang động kỳ vĩ không chỉ tạo cảnh quan đẹp cho công trình, thể hiện một ý niệm gắn kết giữa công trình - tự nhiên mà còn giúp gắn kết con người - tự nhiên một cách tự nhiên nhất. Trong các công trình di sản phương Đông, giá trị của công trình không tách biệt khỏi tự nhiên thông qua nguyên lý phong thủy, định khí, định tâm. Bởi một công trình di sản không chỉ là di sản của văn hóa cộng đồng, mà còn là kết tinh của những tư tưởng gắn kết Thiên-Địa-Nhân thể hiện trong việc lựa chọn địa điểm có khí tốt, nguồn năng lượng mang lại thịnh vượng cho cộng đồng và gắn với những niềm tin mạnh mẽ về tương lai thịnh vượng, tốt đẹp.



Hình 5. Chùa Dơi (chùa Mã Tộc-Sóc Trăng)

Nhiều công trình hiện tại khi bị mất dần không gian cảnh quan vốn có gắn liền với nó trước đây cần nghiên cứu nguyên lý phong thủy gắn kết tự nhiên để xây dựng, bảo vệ hay tái tạo lại không gian này nhằm hoàn thiện giá trị tổng thể từ đó tăng giá trị của di sản. Trong nguyên lý “đạo” của phương Đông, một đối tượng tách biệt vốn không có giá trị mà giá trị của nó là nằm trong sự gắn kết với những đối tượng xung quanh. Do vậy, giá trị của di sản không chỉ ở bản thân công trình đó, mà nó cần phải tìm về với sự hòa hợp trong một tổng thể cảnh quan.

Trong việc gắn kết di sản với không gian, đặc biệt di sản của phương Đông nói chung và Việt Nam nói riêng cần phải chú ý sự hài hòa, phù hợp về mặt tỷ lệ và nguyên lý bố cục để tạo ra một không gian mang tính *thân thiện, chuyển hóa* (khác hẳn với không gian mang tính chiếm hữu, tỷ lệ lớn trong các khuôn viên di sản ở phương Tây). Bởi các di sản phương Đông bắt nguồn từ những giá trị hòa hợp, gắn kết và mang nhiều ý niệm triết học về sự chuyển hóa, thay đổi. Công trình di sản truyền thống của Việt Nam luôn phản ánh tinh thần này qua bố cục có sự luân chuyển không gian liên tục, các nhịp đặc - rộng được kết nối vào nhau kết hợp với cảnh quan, các trang trí, màu sắc giàu biểu cảm về suy tưởng về cuộc sống, thời gian, “đạo trời đất” Cầu Vàng (Đà Nẵng) - một công trình kiến trúc văn hóa mới của Việt Nam đang chứng minh cho giá trị của một công trình mới nhưng phản ánh được những giá trị gắn kết giữa tự nhiên - công trình - con người, truyền đạt được thông điệp của giá trị cốt lõi của văn hóa di sản, là sự hài hòa, gắn kết, hòa nhập giữa con người với cuộc sống, sự sống. Với ý tưởng gợi hình ảnh một sợi chỉ kết nối (hay được nhà đầu tư quảng cáo như dải lụa vàng óng ánh trên mây, bàn tay thần núi nâng đỡ dải lụa vàng) đang khơi gợi giá trị của sự “hòa nhập” “kết nối” giữa công trình, con người, tự nhiên. Trong ánh sáng của mặt trời cuối ngày hay mù sương của buổi sáng, cảnh Cầu Vàng mang vẻ vừa vượt thoát, lay động cảm giác hòa nhập tuyệt đối của công trình và con người.

+ Cùng cố giá trị biểu hiện (giá trị vật thể) đi kèm với ý nghĩa văn hóa, lịch sử đặc biệt

Công trình di sản đương nhiên luôn gắn với giá trị quá khứ, thể hiện cho những giá trị văn hóa cộng đồng và những thời kỳ lịch sử đặc biệt. Tuy nhiên, phần lớn những công trình di sản hiện nay tại Việt Nam chỉ là những gì còn đọng lại của quá khứ, nghĩa là chúng đã bị mai một rất nhiều, những lớp giá trị của di sản không chỉ bị bào mòn bởi thời gian, bị xâm hại bởi chiến tranh, bởi các hành vi sử dụng của cộng đồng (lấn chiếm, chiếm dụng...) mà còn bị thu hẹp về không gian, bị mất đi những thành phần gắn kết quan trọng với nó như cảnh quan, cuộc đất. Trong khi đó di sản lại tiếp tục tiếp nhận những ảnh hưởng mới

từ cuộc sống hiện đại. Nhiều di sản bị ảnh hưởng của phong cách kiến trúc đương đại, kiến trúc chấp vá cóp nhặt từ nơi khác cũng như những hành động sử dụng thiên về mê tín mà giảm dần hoạt động gắn kết cộng đồng, làm mất đi sự thống nhất hài hòa giữa công trình và con người. Trong khi tạo dựng thương hiệu, cần bóc tách những lớp vỏ chấp vá làm xa dần ý nghĩa và giá trị nguyên gốc về sự kết nối và hòa nhập giữa di sản với cộng đồng. Việc gìn giữ và bảo tồn các lớp vỏ (vật chất và tinh thần) đảm bảo tính xác thực của di sản giúp di sản giữ được giá trị lâu dài với thời gian.

+ Bóc tách hiển lộ những lớp giá trị của di sản, cung cấp trải nghiệm mới phù hợp, khuyến khích trải nghiệm thúc đẩy sự tìm về với những giá trị cốt lõi của di sản là sự phù hợp, gắn kết con người - tự nhiên, hài hòa phù hợp với phong cách sống hiện đại, trở thành một phần của lối sống đương đại.

Tạo ra những trải nghiệm mới trong những không gian di sản cũ là một vấn đề phức tạp nhất và đầu tư nhất trong công tác bảo tồn di sản cũng như tạo dựng thương hiệu và giá trị phù hợp với xã hội đương đại. Rõ ràng đây không phải là một phép cộng những giá trị, những cách thức của cuộc sống mới vào di sản, mà đây là một sự nghiên cứu những giá trị phù hợp, những chức năng những trải nghiệm phù hợp có thể được thực hiện tại di sản.

Như đã nói ở trên, giá trị của sự “phù hợp” “hài hòa” là giá trị cốt lõi quan trọng nhất của di sản phương Đông. Dựa trên giá trị này mà những giá trị biểu hiện có thể “thay đổi” được tạo ra để minh họa, hỗ trợ cho việc đọc, dịch, hiểu được những giá trị cốt lõi, những thông điệp ẩn sâu trong di sản qua thời gian, không gian. Cái cần giữ là những *giá trị cốt lõi hay giá trị gốc (lớp lõi)*, cái có thể thay đổi là lớp vỏ (để tạo sự đa dạng và phù hợp trong cảm nhận và trải nghiệm). Mọi di sản luôn dung hòa hai nội dung : 1- *giá trị lõi (là giá trị chung nhất, bất biến và sẽ cần bảo vệ qua thời gian, 2- giá trị hỗ trợ (là giá trị biểu hiện, có thể thay đổi)* có thể là những biểu đạt bên ngoài, là lớp vỏ của di sản, là cách thức biểu đạt của di sản để tạo nên thông điệp. Trở lại với câu chuyện của Cầu Vàng, một công trình kiến trúc mới của VN nhanh chóng đã nhanh chóng trở thành thương hiệu của Đà Nẵng và du lịch VN nói chung được Tạp chí Time của Mỹ xếp vào top 100 địa điểm tuyệt vời nhất thế giới năm 2018. Cầu Vàng mặc dù là một công trình kiến trúc mới, tuy nhiên công trình này đã không chỉ cung cấp một trải nghiệm mới về du lịch mà về bản chất, trải nghiệm mới này đã làm bộc lộ giá trị cốt lõi mà mọi di sản kiến trúc đô thị cần truyền đạt là sự hòa hợp và hòa nhập giữa con người - tự nhiên. Trong một cuộc khảo sát của tờ báo Daily Mail (Vương Quốc Anh) đối với những người thuộc thế hệ sinh từ

năm 1982-2000 được cho là thế hệ sử dụng và áp dụng các công nghệ hiện đại vào cuộc sống, những người thuộc thế hệ sử dụng smart phone đối với các ghi nhận của họ về ấn tượng du lịch thế giới, cho thấy sự hấp dẫn của Cầu Vàng đã vượt qua các kỳ quan cũ có niên đại hàng nghìn năm, những địa điểm có giá trị văn hóa, tôn giáo nghệ thuật đã được khẳng định (Hình 4).

5. CƠ HỘI THÚC ĐẨY THƯƠNG HIỆU ĐÔ THỊ THÔNG QUA BẢO TỒN VÀ PHÁT TRIỂN DI SẢN KIẾN TRÚC ĐÔ THỊ TẠI ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG (ĐBSCL)

Vùng ĐBSCL vốn được biết đến là một vùng sông nước với văn hóa đặc sắc. Với sự hội tụ của tinh hoa văn hóa đặc sắc của cộng đồng 4 dân tộc anh em Kinh, Hoa, Khmer, Chăm, Vùng này cũng nổi tiếng với rất nhiều các công trình di sản kiến trúc có giá trị. Tuy nhiên các đô thị của Vùng ĐBSCL vẫn chưa khai thác hiệu quả thương hiệu đô thị thông qua các công trình di sản kiến trúc đô thị, mà chủ yếu vẫn quảng bá thương hiệu trên phương diện đô thị sông nước, miệt vườn thông qua du lịch sinh thái miệt vườn sông nước, du lịch văn hóa - tâm linh, du lịch biển đảo, du lịch nông nghiệp cộng đồng. Nói cách khác Vùng này chưa được phát triển thúc đẩy hoạt động du lịch và thúc đẩy tiêu dùng thương mại dựa trên thương hiệu di sản kiến trúc tương xứng với giá trị của nó. Do vậy, dù có tiềm năng lớn, song vùng du lịch này vẫn chưa có được sức tăng trưởng vượt bậc. Các chính quyền đô thị của các đô thị trong vùng cần khai thác thế mạnh này hơn nữa, trong đó chú trọng quảng bá thương hiệu vùng trên cơ sở chuỗi/hệ thống các công trình di sản kiến trúc đô thị đặc trưng của 4 nền văn hóa mà điển hình là văn hóa Chăm lâu đời và độc đáo (ĐBSCL có khoảng 1,3 triệu người Khmer, tập trung chủ yếu tại các tỉnh Sóc Trăng, Trà Vinh, An Giang... nơi có ba lễ hội chính của đồng bào Khmer. Văn hóa Khmer vẫn đang được lưu giữ và phát huy trong hệ thống các di tích và danh thắng nổi tiếng, các lễ hội văn hoá truyền thống của đồng bào thường diễn ra quanh năm, góp phần phát triển kinh tế - xã hội của địa phương.) Việc thúc đẩy thương hiệu đô thị của vùng thông qua các di sản kiến trúc đô thị không tách rời với hoạt động bảo tồn di sản và thúc đẩy trải nghiệm tiêu dùng thông qua khai thác giá trị của di sản. Bằng cách thúc đẩy các hoạt động, lối sống, thói quen sinh hoạt của cộng đồng đương đại gắn kết và hòa nhập với di sản nhiều hơn để các công trình di sản trở thành một phần của thói quen, của lối sống đương đại, của sự hòa nhập với sự sống, các công trình này sẽ tạo nên một thương hiệu du lịch và dịch vụ thu hút nhu cầu trải nghiệm, khám phá của khách du lịch bốn phương. Đặc biệt khi hình ảnh của các công trình di sản này được quảng bá gắn kết với các thương hiệu đã làm nên tên tuổi của Vùng như văn hóa sông nước, đờn ca tài tử, Sẽ cùng củng cố thương hiệu chung của vùng nói chung và thương hiệu của các công trình di sản kiến trúc đô thị trong vùng nói riêng. Chùa Dơi (chùa Mã Tộc-Sóc Trăng), một ngôi chùa điểm lệ cổ kính của người Khmer còn lưu giữ được những vẻ đẹp độc đáo, cùng các huyền thoại tâm linh thú vị, huyền bí. Kiến trúc mang tính nhân sinh, gắn kết hài hòa giữa công trình với tự nhiên và con người có thể trở thành thương hiệu cho Sóc Trăng nói riêng và văn hóa Khmer nói chung (Hình 5).

6. KẾT LUẬN

Di sản/Công trình kiến trúc đô thị vốn không được sinh ra để có chức năng tạo giá trị kinh tế cho đô thị, nhưng nó lại hoàn toàn có thể được khai thác để tạo hiệu quả nâng cấp hình ảnh văn hóa của đô thị, xây dựng bản sắc, niềm tự hào của đô thị và từ đó thu hút đầu tư và tạo nên sự tăng trưởng cho đô thị. Nói

cách khác giá trị của di sản cao hơn những giá trị của một sản phẩm hàng hóa hay dịch vụ kinh tế thông thường để trao đổi, mua bán trong cuộc sống do vậy mà nó không chỉ giúp củng cố văn hóa đô thị mà còn có thể là nền tảng để thúc đẩy kinh tế đô thị trong tương lai. Muốn phát huy giá trị đóng góp vào sự tăng trưởng kinh tế đô thị của di sản, cần phải song song với công tác bảo tồn phát triển giá trị cốt lõi của nó và các hoạt động trải nghiệm du lịch cộng đồng. Giá trị của di sản không chỉ ở những biểu hiện vật chất mà ta dễ thấy bằng mắt thường, mà giá trị của nó thể hiện ở chiều sâu bồi đắp, tạo dựng, kết nối những mối quan hệ con người - tự nhiên. Thông điệp ẩn dấu trong di sản không chỉ là những thông điệp về nghệ thuật đơn thuần có thể nhìn bằng mắt mà ẩn dấu những nguyên lý của cuộc sống, nguyên lý về sự hòa hợp và hòa nhập của mọi đối tượng, sự vật hiện tượng trong cuộc sống này để hòa vào sự sống chung, nguyên lý của mối quan hệ giữa thiên- địa - nhân, và nhắc con người về bản chất của chính mình và giá trị sâu thẳm nhất của con người trong kiếp nhân sinh. Mọi hành động khai thác di sản đều cần hướng đến mục tiêu bảo vệ được giá trị cốt lõi này mới có thể tiếp tục gìn giữ được giá trị của nó cũng như giúp tạo dựng và củng cố thương hiệu của di sản, từ đó giúp xây dựng thương hiệu của đô thị, và thu hút kinh tế cho đô thị từ việc đáp ứng nhu cầu cốt lõi nhất của cộng đồng thông qua cánh cửa di sản và các công trình kiến trúc đương đại có giá trị tương tự. Coco chanel - huyền thoại theo đuổi nghệ thuật thời trang thế giới đã nói "thời trang là tạm thời, phong cách mới là vĩnh cửu", câu nói này cũng rất phù hợp với công tác bảo tồn và phát triển thương hiệu của đô thị thông qua các công trình di sản kiến trúc đô thị. Mọi hành động can thiệp hoặc sáng tạo ra các công trình văn hóa, di sản kiến trúc của đô thị đều có thể chấp nhận được nếu nó dựa trên việc làm sáng tỏ và tôn vinh giá trị cốt lõi của di sản. Ngược lại, nếu chỉ dựa trên trào lưu tiêu dùng thời thượng, cóp nhặt xu hướng, nếu có thu hút được du lịch phát triển kinh tế cũng chỉ là tạm thời và sẽ nhanh chóng thất bại. Bởi sự vĩnh cửu hay bền vững phải đến từ việc gìn giữ giá trị cốt lõi, cuối cùng đích đến của mỗi đô thị và mỗi cộng đồng phải là sự chạm đến những giá trị sâu thẳm nhất, chạm đến nhu cầu nhân sinh quan sâu sắc nhất trên con đường phát triển con người nói chung và cộng đồng nói riêng. Do vậy, phát triển thương hiệu đô thị thông qua di sản và công trình kiến trúc tương tự phải dựa trên phát triển, hiển lộ ngày càng rõ hơn giá trị và vai trò sứ mệnh của di sản đối với cộng đồng, con người, và sự sống nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ashworth, G., & Kavaratzis, M. (2009). Beyond the logo: Brand management for cities. *Journal of Brand management*, 16(8), 520-531.
2. Dao, T. N. (2017). *Urbanisation and urban architectural heritage preservation in Hanoi: the community's participation?* (Doctoral dissertation, Paris 1).
3. Dinie, K. (2011). *City Branding: Theory and Cases*. New York: Palgrave Macmillan.
4. Françoise, C. H. O. A. Y. (1992). *L'allégorie du patrimoine. Paris, Seuil*.
5. Kavaratzis, M., & Ashworth, G. J. (2005). City branding: an effective assertion of identity or a transitory marketing trick?. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 96(5), 506-514.
6. Nguyễn Hiến Lê. (2006). *Kinh Dịch - Đạo của người quân tử*.
7. Prilenska, V. (2012). City branding as a tool for urban regeneration: Towards a theoretical framework. *Architecture and urban planning*, 6, 12-16.
8. Riegl, A. (1903). *Der moderne Denkmalkultus: sein Wesen und seine Entstehung*. W. Braumüller.
9. Sevin, H. E. (2014). Understanding cities through city brands: City branding as a social and semantic network. *Cities*, 38, 47-56.
10. Tricaud, P. M. (2010). *Conservation et Transformation du Patrimoine Vivant* (Doctoral dissertation, PhD thesis).

Quản lý chất lượng thi công cọc khoan nhồi

Construction quality management of bored piles

> TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG¹; TS LÂM THANH QUANG KHẢI¹; TS NGUYỄN TRỌNG CHỨC²; PGS.TS ĐOÀN VĂN DUẤN³

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: dothimydung1983@gmail.com; lamthanhquangkhai@gmail.com

²Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: ntchuc.mta198@gmail.com

³Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: duandv.ct@vimar.edu.vn

TÓM TẮT:

Trong vài thập niên gần đây, cọc khoan nhồi đã trở thành một giải pháp móng quen thuộc trong các công trình xây dựng ở VN. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp thi công cọc khoan nhồi khác nhau, tùy thuộc vào năng lực của đơn vị thi công, điều kiện địa chất thủy văn, mặt bằng công trình, cũng như hình dáng, cấu tạo và độ sâu đặt móng... mà ta có các phương án lựa chọn thi công khác nhau. Tuy nhiên do cọc nhồi được thi công bằng cách khoan tạo lỗ trong đất sau đó lấp đầy bằng bê tông cốt thép, nên việc đảm bảo chất lượng cọc khoan nhồi là một vấn đề mà các đơn vị liên quan đặc biệt quan tâm. Nghiên cứu này các tác giả trình bày quản lý chất lượng thi công cọc khoan nhồi nhằm hỗ trợ các kỹ sư tư vấn nắm vững các kiến thức liên quan đến chất lượng thi công cọc khoan nhồi.

Từ khóa: Cọc khoan nhồi; giải pháp móng, mặt bằng thi công, quản lý chất lượng, nền móng.

ABSTRACT:

In recent decades, bored piles have become a familiar foundation solution in construction works in Vietnam. Currently, there are many different methods of construction of bored piles, depending on the capacity of the construction unit, hydrogeological conditions, construction site, as well as the shape, structure and depth of the foundation, etc. that we have different construction options. However, because bored piles are constructed by drilling holes in the soil and then filling them with reinforced concrete, ensuring the quality of bored piles is an issue that the concerned units are particularly interested in. In this study, the authors presented the quality management of bored pile construction to support consulting engineers to master the knowledge related to the quality of bored pile construction.

Key words: bored piles, foundation solution, construction site, quality management, foundation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở nước ta cọc khoan nhồi được sử dụng từ những năm 1980 từ hình thức tạo lỗ bằng thủ công cho đến nay đã có những thiết bị hiện đại để tạo lỗ và đổ bê tông bằng các quy trình khác nhau. Đặc điểm chung của công nghệ thi công cọc khoan nhồi là khoan tạo lỗ trong nền đất, giữ ổn định vách hố khoan bằng ống vách, dung dịch bentonit, sau đó tiến hành đúc cọc theo phương pháp đổ bê tông trong nước [1]. Do đổ bê tông trong nước nên việc đảm bảo chất lượng cọc khoan nhồi là một vấn đề mà các đơn vị liên quan rất quan tâm. Trong quá trình thi công xảy ra sự cố là điều khó tránh, các sự cố xảy ra do mức độ và tính chất phức tạp khác nhau, nên trong thực tế cả nhà thầu và tư vấn giám sát thường lúng túng, khắc phục sự cố khá vất vả, gây tổn kém chi phí thực hiện [2]. Bên cạnh đó việc lựa chọn quy trình công nghệ và thiết bị thi công không phù hợp, cộng với quá trình kiểm soát kỹ thuật thiếu chặt chẽ là một trong những nguyên nhân xảy ra nhiều sự cố thi công cọc, ảnh hưởng tới chất lượng và tiến độ dự án [3]. Bài báo này các tác giả trình bày tóm tắt những nội dung chính mà người kỹ sư giám sát phải nắm vững để nâng cao hơn nữa trách nhiệm giám sát cũng như quản lý chất lượng thi công cọc khoan nhồi.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU.

2.1. Những yêu cầu chung:

Cọc khoan nhồi trong những năm gần đây đã được áp dụng nhiều trong xây dựng nhà cao tầng, cầu lớn và nhà công nghiệp có tải trọng lớn. So với cọc chế tạo sẵn, việc thi công cọc nhồi có nhiều phức tạp hơn, do đó phương pháp và cách giám sát, kiểm tra chất lượng phải làm hết sức chu đáo, tỷ mỉ với những thiết bị kiểm tra hiện đại...

a. Việc giám sát phải dựa vào công nghệ thi công và chương trình đảm bảo chất lượng đã duyệt. Trong chương trình đảm bảo chất lượng thi công của nhà thầu cần thể hiện chi tiết ở 3 khâu quan trọng sau: Công nghệ tạo lỗ (đào, đóng, khoan, ép), cách giữ thành lỗ cọc (ống chống suốt chiều dài cọc hoặc dùng dung dịch) và chất lượng lỗ (đúng vị trí, không nghiêng quá trị số cho phép, cặn lắng ở đáy lỗ được thổi rửa sạch đúng yêu cầu); Chế tạo lồng thép, lắp lồng cốt thép và giữ lồng thép ổn định trong quá trình đổ bê tông; Khối lượng bê tông, chất lượng và công nghệ đổ bê tông.

b. Về mặt quản lý và kiểm tra chất lượng cọc thì chia làm 2 giai đoạn: trước khi thành hình cọc và sau khi đã thi công xong

cọc. Chỉ tiêu cần phải kiểm tra và đánh giá gồm có: Chất lượng lỗ cọc trước khi đổ bê tông; Chất lượng và khối lượng bê tông đổ vào cọc; Lồng cốt thép trong lỗ cọc (sự liên tục, nghiêng lệch, trôi...); Chất lượng sản phẩm (tình trạng, kích thước thân cọc và sức chịu tải của cọc).

Nếu dùng dung dịch sét (hoặc hoá phẩm khác) để ổn định thành lỗ cọc thì cần phải quản lý chất lượng dung dịch này về các mặt: Chế tạo dung dịch đạt tiêu chuẩn đã đề ra; Điều chỉnh dung dịch (mật độ và độ nhớt...) theo điều kiện địa chất công trình - địa chất thủy văn và công nghệ khoan cụ thể; Thu hồi, làm giàu và sử dụng lại dung dịch; Hệ thống thiết bị để kiểm tra chất lượng dung dịch tại hiện trường.

2.2. Khối lượng kiểm tra và cách xử lý

Về nguyên tắc, công trình càng quan trọng (có giá trị kinh tế cao, hoặc có ý nghĩa lịch sử, có mức ảnh hưởng đến xã hội...), công trình chịu tải trọng lớn, thi công trong điều kiện địa chất phức tạp, công nghệ thi công có độ tin cậy thấp, đơn vị thi công và đơn vị thiết kế có trình độ và kinh nghiệm ít thì cần phải quản lý và kiểm tra chất lượng có mật độ (tỷ lệ %) cao hơn, tức là nếu độ rủi ro càng nhiều thì mức độ yêu cầu về quản lý và đánh giá chất lượng cần phải nghiêm ngặt với mật độ dày hơn.

Về khối lượng kiểm tra trong tiêu chuẩn TCXD 206: 1998 “Cọc khoan nhồi - yêu cầu về chất lượng thi công” đã đưa ra khối lượng kiểm tra tối thiểu (bảng 1).[5]

Bảng 1. Khối lượng kiểm tra chất lượng bê tông thân cọc (theo TCXD 206: 1998) [5]

Thông số kiểm tra	Phương pháp kiểm tra	Tỷ lệ kiểm tra tối thiểu, %
Sự nguyên vẹn của thân cọc	- So sánh thể tích bê tông đổ vào lỗ cọc với thể tích hình học của cọc - Khoan lấy lõi - Siêu âm, tán xạ gama có đặt ống trước - Phương pháp biến dạng nhỏ (PIT, MIM), quan sát khuyết tật qua ống lấy lõi bằng camera vô tuyến - Phương pháp biến dạng lớn PDA	100 1-2% + phương pháp khác 10-25% + phương pháp khác ≥ 50
Độ mở rộng hoặc độ ngàm của mũi cọc vào đá	Khoan đường kính nhỏ (36mm) ở vùng mở rộng đáy hoặc xuyên qua mũi cọc	2-3 cọc lúc làm thử hoặc theo phụ lục E của tiêu chuẩn này
Cường độ bê tông thân cọc	- Thí nghiệm mẫu lúc đổ bê tông - Thí nghiệm trên lõi bê tông lúc khoan - Theo tốc độ khoan (khoan thổi không lấy lõi) - Súng bật nảy hoặc siêu âm đối với bê tông ở đầu cọc	Theo yêu cầu của giám sát

Kiểm tra bằng phương pháp không phá huỷ (NDT), ống thăm dò NDT đặt suốt chiều dài cọc còn ống khoan lấy lõi phải đặt cách đáy cọc từ 3 ÷ 4m. Không nhất thiết phải kiểm tra tất cả các cọc có đặt sẵn ống. Thông thường chỉ tiến hành kiểm tra theo một tỷ lệ nào đó so với các cọc đã đặt ống, nếu thấy chất lượng tốt và đạt kết quả ổn định thì có thể dừng. Nếu có nghi vấn thì phải tiếp tục kiểm tra cho hết số cọc đã đặt ống. Ngoài ra cũng có thể dựa vào sơ đồ trình bày trên hình 1 [7] để thực hiện trình tự kiểm tra từ đơn giản đến phức tạp theo mức độ khai thác ứng suất cho phép và độ rủi ro có thể xảy ra trong quá trình thi công cọc.



Hình 1. Sơ đồ dùng để đánh giá và xử lý cọc khoan nhồi [7]

2.3. Kiểm tra chất lượng lỗ cọc

Yêu cầu về chất lượng: Chất lượng lỗ cọc là một trong các yếu tố có ý nghĩa quyết định chất lượng cọc. Công việc khoan và làm sạch lỗ cọc, sau đó là cách giữ thành vách lỗ cọc là những công đoạn quan trọng, ảnh hưởng đến chất lượng lỗ cọc tốt hay xấu. Các chỉ tiêu về chất lượng lỗ cọc gồm vị trí, kích thước hình học, độ nghiêng lệch, tình trạng thành vách và lớp cặn lắng ở đáy lỗ. Trong bảng 2 TCVN 9395:2012 Cọc khoan nhồi – thi công và nghiệm thu [7] trình bày các thông số để đánh giá chất lượng và phương pháp kiểm tra chúng.

Bảng 2. Các thông số cần kiểm tra về lỗ cọc [7]

Thông số kiểm tra	Phương pháp kiểm tra
Tình trạng lỗ cọc	- Kiểm tra bằng mắt có đèn rọi - Dùng siêu âm hoặc camera ghi chụp hình lỗ cọc
Độ thẳng đứng và độ sâu	- Theo chiều dài cần khoan và mũi khoan - Thước dây - Quả dọi - Máy đo độ nghiêng
Kích thước lỗ	- Calip, thước xếp mở và tự ghi đường kính - Thiết bị đo đường kính lỗ khoan (dạng cơ, siêu âm...) - Theo độ mở của cánh mũi khoan khi mở rộng đáy
Độ lắng đáy lỗ	- Thả chùy (hình chóp nặng 1 kg) - Tỷ lệ điện trở - Điện dung - So sánh độ sâu đo bằng thước dây trước và sau khi vét, thổi rửa

Lưu ý: Kích thước lỗ khoan khuyến khích Nhà thầu tự kiểm tra để hoàn thiện công nghệ, hiện tại trong thực tế chưa bắt buộc phải đo đường kính lỗ (chỉ khống chế chiều sâu, độ lắng đáy và khối lượng bê tông).

Vị trí của lỗ cọc trên mặt bằng, độ nghiêng cũng như kích thước hình học của nó thường không đúng với thiết kế quy định, nhưng không được sai lệch quá giới hạn nào đó. Các phạm vi sai số

này do thiết kế quy định theo tiêu chuẩn thiết kế và thi công cọc nhồi. Ở Việt Nam, TCVN 9395:2012 Cọc khoan nhồi – thi công và nghiệm thu [7] quy định sai số cho phép về lỗ cọc nhồi được quy định trong bảng 3 của tiêu chuẩn này.

Ngoài kích thước và vị trí hình học như đã nói ở trên còn phải đảm bảo lượng cặn lắng ở đáy lỗ không được dày quá các giá trị sau: Cọc chống ≤ 50mm; Cọc ma sát + chống ≤ 100mm [7].

Phương pháp kiểm tra:

(1). Kiểm tra kích thước và tình trạng thành vách lỗ cọc hiện nay ở Việt Nam thường sử dụng máy siêu âm, ưu điểm của thiết bị này là đo được đường kính, hình dạng thực tế, độ nghiêng, độ lệch tâm của lỗ khoan theo 4 hướng nhờ vào cảm biến siêu âm. Do đó giúp cho đơn vị thi công, giám sát sẽ có cái nhìn trực quan hơn về hố khoan, phát hiện các vị trí bất thường trên thành hố khoan. Hệ thống cảm biến siêu âm, thiết bị cho kết quả nhanh (20m/phút) và chính xác đến 98% do đó không làm ảnh hưởng nhiều đến thời gian thi công công trình. Kết quả đo đạc của thiết bị sẽ được ghi ra trên giấy kèm theo các thông tin về ngày tháng, chiều sâu, mã số hố khoan để làm biên bản đo kiểm tra. Nhờ đó đơn vị thi công, giám sát có cơ sở để dễ dàng đưa ra đánh giá, kết luận, và phương án xử lý và khắc phục kịp thời. Thiết bị có thể tự động phát hiện và đo kiểm tra được hình dạng đáy lỗ giúp đánh giá mức độ bùn bả còn lại trong hố, độ mở của cánh mũi khoan khi mở rộng đáy. Thiết bị cài đặt vị trí cảm biến (lên hoặc xuống) ở một độ sâu bất kỳ giúp cho đơn vị thi công, giám sát có thể quan sát rõ hơn vị trí cần kiểm tra kỹ. Hệ thống có thể đo được đường kính lỗ khoan tối đa lên đến 8m và ở độ sâu tối đa 100m do đó đáp ứng hầu hết các công trình hiện tại ở Việt Nam. Thiết bị hoạt động đơn giản, sử dụng điện lưới 220VAC nên rất thuận tiện cho quá trình sử dụng, thi công.

(2). Đo bề dày lớp cặn lắng ở đáy lỗ cọc

Phương pháp chùy rơi: Dùng chùy hình côn bằng đồng nặng khoảng 1kg, có tai để buộc dây và thả chùy chạm vào lỗ khoan. Phán đoán mặt lớp cặn lắng bằng cảm giác tay cầm dây, độ dày lớp cặn là hiệu số giữa độ sâu đo được lúc khoan xong với độ sâu đo được bằng chùy.

Phương pháp điện trở: Dựa vào tính chất dẫn điện khác nhau của môi trường không đồng nhất (gôm nước + dung dịch giữ thành và các hạt cặn lắng) mà phán đoán chiều dày lớp cặn lắng này bằng trị số biến đổi của điện trở.

Phương pháp điện dung: Dựa vào nguyên lý khoảng cách giữa hai cực bản kim loại và kích thước giữa chúng không thay đổi thì điện dung và suất điện giải của môi trường tỷ lệ thuận với nhau, suất điện giải của môi trường nước + dung dịch giữ thành + cặn lắng, có sự khác biệt, do đó từ sự thay đổi của suất điện giải ta suy ra được chiều dày lớp cặn lắng.

Phương pháp sóng âm (sonic): Dựa vào nguyên lý phản xạ của sóng âm khi gặp các giao diện khác nhau trên đường truyền sóng. Đầu đo làm hai chức năng phát và thu. Khi sóng gặp mặt lớp cặn lắng phản xạ lại, ghi được thời gian này là t_1 , khi gặp đáy lớp cặn (đất đá nguyên dạng) phản xạ lại, ghi được t_2 , chiều dày lớp cặn lắng sẽ là:

$$h = \left(\frac{t_1 - t_2}{2} \right) C \quad (1)$$

Trong đó: h - độ dày lớp cặn lắng; t_1 và t_2 - thời gian phát và thu khi sóng gặp mặt và đáy lớp cặn lắng (giấy); C - tốc độ sóng âm trong cặn lắng (m/giây).

Lớp cặn lắng hình thành trong thời gian từ lúc tạo lỗ đến lúc đổ bê tông, trạng thái của lớp này từ trên xuống ở thể lỏng rồi đến đặc và cuối cùng là hạt. Do vậy, thể nào là cặn lắng cũng không có

định nghĩa rõ ràng và cũng không có một bề mặt cặn lắng xác định cụ thể mà chủ yếu xác định dựa và kinh nghiệm.

(3). Điều chế và quản lý dung dịch giữ thành

Trừ trường hợp lớp đất ở hiện trường thi công cọc khoan nhồi có thể tự tạo thành dung dịch sét hoặc tạo lỗ và giữ thành bằng phương pháp có ống vách, còn lại đều phải dùng dung dịch chế tạo sẵn để giữ thành lỗ cọc. Chế tạo dung dịch phải được thiết kế cấp phối tùy theo thiết bị, công nghệ thi công, phương pháp khoan lỗ, điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn của địa điểm xây dựng để quyết định.

Trong bảng 3 trình bày các yêu cầu về chất lượng của dung dịch sét lúc chế tạo ban đầu

Bảng 3. Chỉ tiêu tính năng ban đầu của dung dịch sét [7]

Hạng mục	Chỉ tiêu tính năng	Phương pháp kiểm tra
1. Khối lượng riêng	Từ 1,05g/cm ³ – 1,15 g/cm ³	Tỷ trọng kế hoặc Bomê kế
2. Độ nhớt	18 – 45 s	Phễu 500/700cm ³
3. Hàm lượng cát	< 6%	
4. Tỷ lệ lệ chất keo	> 95%	Đong cốc
5. Lượng mất nước	<30ml/30 min	Dụng cụ đo lượng mất nước
6. Độ dày áo sét	1mm-3mm sau 30 min	Dụng cụ đo lượng mất nước
7. Lực cắt tĩnh	1min: 20mg/cm ² -30 mg/cm ² 10min: từ 50 mg/cm ² - 100 mg/cm ²	Lực kế cắt tĩnh
8. Tính ổn định	< 0,03 g/cm ²	
9. Độ pH	7 - 9	Giấy thử pH

2.4. Kiểm tra lồng thép và lắp đặt ống đo

Lồng cốt thép ngoài việc phải phù hợp với yêu cầu của thiết kế như quy cách, chủng loại, chất lượng que hàn, quy cách mối hàn, độ dài đường hàn, ngoại quan và chất lượng đường hàn.. còn phải phù hợp yêu cầu trong bảng 4 dưới đây [7]

Bảng 4. Sai số cho phép chế tạo lồng thép [7]

Hạng mục	Sai số cho phép, mm
1. Khoảng cách giữa các cốt chủ	± 10
2. Khoảng cách cốt đai hoặc cốt lò xo	± 20
3. Đường kính lồng thép	± 10
4. Độ dài lồng thép	± 50

Sai số cho phép của lớp bảo vệ cốt thép chủ của lồng thép: Cọc đổ bê tông dưới nước ± 20mm; Cọc không đổ bê tông dưới nước ± 10mm.

Các ống đo được làm bằng thép hoặc nhựa PVC có đường kính phù hợp với kích thước của đầu đo. Đường kính trong của mỗi ống thí nghiệm được chọn nằm trong phạm vi từ 50 mm đến 60 mm, chiều dày của thành ống chọn từ 2 mm đến 6 mm và phải tính toán đảm bảo khả năng chịu áp lực (cả áp lực thẳng đứng và áp lực ngang). Đầu dưới của ống được bịt kín, đầu trên có nắp đậy. Các đoạn ống đo siêu âm có thể hàn hoặc buộc chặt vào phía trong của lồng cốt thép, khoảng cách giữa các mối hàn hoặc buộc phải đảm bảo sự ổn định của ống không bị xô dịch trong quá trình đổ bê tông. Các ống này được đặt song song với nhau dọc theo suốt chiều dài thân cọc, đáy của các ống đo được đặt ở cùng một cao độ và sát đáy hố khoan. Việc liên kết giữa các đoạn ống phải đảm bảo kín khít không cho nước bắn hoặc các tạp chất lọt vào trong ống. Phía trong các ống đo siêu âm phải được kiểm tra thông suốt và đổ đầy nước sạch trước khi tiến hành đổ bê tông. Số lượng các ống đo được quy định tùy thuộc vào kích thước cấu kiện móng cần thí nghiệm. Đối với mọi cấu kiện móng khoảng cách giữa tâm hai

ống kế tiếp nhau để thả đầu đo nên bố trí trong khoảng từ 0,3 m đến 1,5 m. [8]

Đối với cọc khoan nhồi có đường kính cọc là (Φ) thì số lượng ống đo dự tính cho một cọc như sau:

- a) Hai ống khi $\Phi \leq 60$ cm (góc giữa các ống là 180°);
- b) Ba ống khi $60 \text{ cm} < \Phi \leq 100$ cm (góc giữa các ống là 120°);
- c) Lớn hơn hoặc bằng bốn ống khi $\Phi > 100$ cm (góc giữa các ống là $\leq 90^\circ$).

2.5. Kiểm tra chất lượng bê tông và công nghệ đổ bê tông

Thi công bê tông cho cọc khoan nhồi trong đất có nước ngầm phải tuân theo quy định về đổ bê tông dưới nước và phải có sự quản lý chất lượng bê tông khi đổ bằng các thông số sau đây: Độ sụt (cho từng xe đổ); Cốt liệu thô trong bê tông không lớn hơn cỡ hạt theo yêu cầu của công nghệ; Chất lượng xi măng; Mức hỗn hợp bê tông trong hố khoan; Độ sâu ngập ống dẫn bê tông trong hỗn hợp bê tông; Khối lượng bê tông đã đổ trong lỗ cọc; Cường độ bê tông sau 7 và 28 ngày.

Cần thiết lập cho từng cọc một đường cong đổ bê tông quan hệ giữa lượng thực tế của bê tông vào cọc và thể tích hình học (lý thuyết) của cọc qua từng độ sâu khác nhau. Đường cong nói trên phải có ít nhất 5 điểm phân bố trên toàn bộ chiều dài cọc. Trường hợp bê tông sai lệch không bình thường so với tính toán (ít quá hoặc nhiều quá 20%) [7] thì phải xem lại dung dịch giữ thành và dùng các biện pháp đặc biệt để thẩm định tìm nguyên nhân và phương pháp đổ thích hợp.

Ngoài điều kiện về cường độ, bê tông cho cọc khoan nhồi phải có độ sụt lớn để đảm bảo sự liên tục của cọc (bảng 5) [4] và phải kiểm tra chặt chẽ trước khi đổ, lượng xi măng thường không nhỏ hơn 350 kg/m^3 bê tông.

Bảng 5. Độ sụt của bê tông cọc nhồi [4]

Điều kiện sử dụng	Độ sụt (mm)
Đổ tự do trong nước, cốt thép có khoảng cách lớn cho phép bê tông dịch chuyển dễ dàng	7,5 – 12,5
Khoảng cách cốt thép không đủ lớn để cho phép bê tông dịch chuyển dễ dàng, khi cốt đầu cọc nằm trong vùng vách tạm. Khi đường kính cọc nhỏ hơn 600 mm	10 – 17,5
Khi bê tông được đổ dưới nước hoặc trong môi trường dung dịch đất bentonite qua ống đổ (tremie)	> 15

Việc thi công đổ bê tông cho cọc thường tiến hành cùng lúc với việc khoan tạo lỗ cho các cọc khác. Những chấn động rung sẽ có ảnh hưởng không tốt đến quá trình đông cứng của bê tông tươi. Do vậy cần phải hạn chế tác hại chấn động trong môi trường đất bằng thông số vận tốc chuyển động cực đại của chất điểm như trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Mức vận tốc chấn động cho phép đối với bê tông

Tuổi của bê tông	Vận tốc cực đại của chất điểm (mm/s)
0-4 giờ	Không hạn chế
4-24 giờ	5, tốt nhất là không có chấn động
1-7 ngày	50

2.6. Kiểm tra chất lượng thân cọc

Chất lượng của cọc sau khi đổ xong bê tông thường thể hiện bằng các chỉ tiêu sau:

- Độ nguyên vẹn (sự toàn khối của cọc);
- Sự tiếp xúc giữa mũi cọc và đất nền;
- Sức chịu tải của cọc.

Một số phương pháp kiểm tra thường dùng gồm có:

(1) Phương pháp siêu âm truyền qua

Việc thăm dò bằng siêu âm một cấu kiện móng bằng bê tông có đặt trước ít nhất hai ống đo, song song, bao gồm các bước như sau:

Cho một đầu dò (đầu phát) vào trong một ống đo đã đầy nước sạch và phát sóng siêu âm truyền qua bê tông của cấu kiện móng;

Cho một đầu dò thứ hai (đầu thu) vào một ống khác cũng đầy nước và thu sóng siêu âm này ở cùng mức độ sâu của đầu phát sóng; khi cần (ví dụ lúc dò độ lớn lỗ hổng) có thể hai đầu thu phát không cùng ở một mức độ sâu nhưng khoảng cách chéo này phải được xác định.

Trên suốt dọc chiều cao các ống, đo thời gian truyền sóng siêu âm giữa hai đầu dò; Ghi lại sự thay đổi biên độ của tín hiệu nhận được.

Phân tích và đánh giá kết quả kiểm tra do chuyên gia tư vấn có trình độ chuyên môn cao thực hiện và chịu trách nhiệm trước người đặt yêu cầu.

Để đánh giá chất lượng bê tông của cấu kiện móng thường phải dựa vào các đặc trưng âm đo được (như vận tốc, biên độ, năng lượng, thời gian truyền...) hoặc dựa vào hình dáng của sóng âm được ghi lại trên màn hình. Trong bảng 7 trình bày cách đánh giá chất lượng bê tông theo một số đặc trưng sóng siêu âm.

Bảng 7. Đánh giá chất lượng bê tông thân cọc khoan nhồi theo đặc trưng sóng âm

Chất lượng	Thời gian truyền	Biên độ	Hình dạng sóng
Tốt	Đều đặn không đột biến	Không bị suy giảm lớn	Bình thường
Phân tầng	Tăng lớn	Có suy giảm	Biến đổi lạ
Nứt gãy	Tăng đột biến	Suy giảm rõ rệt	Biến đổi lạ

Phương pháp kiểm tra chất lượng bê tông bằng siêu âm không cho thông tin về cường độ (hoặc các đặc trưng cơ học khác như mô đun đàn hồi, hệ số Poisson). Muốn có được các thông tin này, ở các công trường lớn (với khối lượng bê tông nhiều) phải tiến hành xây dựng các tương quan giữa đặc trưng cơ học nào đó (cần dùng nó trong kiểm soát chất lượng) với đặc trưng âm. Trong trường hợp muốn có những số liệu sơ bộ về chất lượng hoặc cường độ bê tông thông qua các đặc trưng sóng âm có thể tham khảo bảng 8

Bảng 8. Đánh giá chất lượng bê tông thân cọc bằng vận tốc xung

Tốc độ xung		Đánh giá chất lượng
ft/s	m/s	
Trên 15.000	Trên 4570	Rất tốt
12.000 - 15.000	3660 - 4570	Tốt
10.000 - 12.000	3050 - 3660	Nghi ngờ
7.000 - 10.000	2135 - 3050	Kém
Dưới 7.000	Dưới 2135	Rất kém

(2) Phương pháp đồng vị phóng xạ (tia gamma)

Để kiểm tra chất lượng và phát hiện khuyết tật trong bê tông móng, người ta sử dụng nguồn đồng vị Cs-137 (hoặc Cr-60) để khảo sát đặc trưng cơ bản của vật liệu.

Khi truyền qua bê tông, cường độ bức xạ bị giảm yếu do sự hấp thụ của bê tông. Về lý thuyết đã chứng minh được: mật độ bê tông thay đổi phụ thuộc tuyến tính với logarit của cường độ bức xạ I thu nhận theo phương trình:

$$\rho = A + B \ln I \quad (2)$$

Trong đó: A, B được xác định trên mẫu chuẩn trong phòng thí nghiệm phụ thuộc vào cường độ bức xạ ban đầu I_0 , chiều dày của móng d, hệ số suy giảm μ và một số tham số khác.

Khi chiều dày d không đổi thì việc xác định ρ chỉ hoàn toàn phụ thuộc vào số lượng tia phóng xạ phát và thu.

Từ mật độ ρ và sự phân bố của nó sẽ xác định được các khuyết tật và độ đồng nhất của bê tông cọc móng.

(3) Phương pháp biến dạng nhỏ (PIT)

Phương pháp thử bằng biến dạng nhỏ dựa trên nguyên lý phân xạ khi trở kháng thay đổi, của sóng ứng suất truyền dọc theo thân cọc, gây ra bởi tác động của lực xung tại đầu cọc.

Trình tự thực hiện chủ yếu như sau: Dùng búa tay có lắp bộ cảm biến lực, đóng lên đầu cọc; Ghi lại hình sóng lực xung làm điều kiện biên; Lực cản ở mặt bên của cọc mô phỏng theo luật tắt dần tuyến tính, lực cản ở mũi cọc mô phỏng theo lò xo và bộ phận tắt dần. Dùng các tham số giả định của đất để tính bằng phương pháp lặp và điều chỉnh trở kháng để sao cho hình sóng tính toán tương đối khớp với hình sóng đo được từ thực tế, từ đó phán đoán vị trí và độ lớn khuyết tật.

Ngoài phương pháp biến dạng nhỏ PIT theo trường phái của Mỹ, ở Viện cơ học Việt Nam có hệ thống thiết bị MIMP-15 kiểm tra chất lượng cọc theo nguyên lý trở kháng cơ học (MIM) của người Pháp theo tiêu chuẩn Pháp NF 160-94.

(4). Phương pháp biến dạng lớn (PDA)

Phương pháp thử bằng biến dạng lớn (theo mô hình E.A. Smith hoặc theo Case) là phương pháp đo sóng của lực ở đầu cọc và sóng vận tốc (tích phân gia tốc) rồi tiến hành phân tích thời gian thực đối với hình sóng (bằng các tính lập) dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất trong thanh cứng và liên tục do lực va chạm dọc trục tại đầu cọc gây ra.

Các đầu đo gia tốc và ứng suất được gắn chặt vào cọc, các tín hiệu từ đầu đo được truyền từ cọc như năng lượng lớn nhất của búa, ứng suất kéo nén lớn nhất của cọc, sức chịu tải Case-Goble, hệ số độ nguyên vẹn.. được quan sát trong quá trình thí nghiệm trên hệ thống máy phân tích và hiển thị.

Các số liệu hiện trường được phân tích bằng chương trình CAPWAP (hoặc Case) nhằm xác định sức chịu tải tổng cộng của cọc, sức chống ma sát của đất ở mặt bên và ở mũi cọc cùng một số thông tin khác về công nghệ đóng và chất lượng cọc.

Có thể phán đoán mức độ khuyết tật (có tính chất định tính) của cọc theo hệ số hoàn chỉnh β (theo bảng 9).

Bảng 9. Phán đoán mức độ khuyết tật của thân cọc

Hệ số β	1,0	0,8-1,0	0,6-0,8	< 0,6
Mức độ khuyết tật	Hoàn chỉnh	Tổn thất ít	Phá hỏng	Nứt gãy

Như đã lưu ý trên đây, các phương pháp kiểm tra không phá hỏng vừa nêu có những hạn chế của nó. Do đó để có độ tin cậy cao hơn trong việc xác định các khuyết tật của cọc thường phải dùng không ít hơn hai phương pháp khác nhau để cùng kiểm tra và xác nhận, không nên tin vào một phương pháp nào khi có nhiều nghi ngờ về kết quả. Có thể để khẳng định, phải dùng các phương pháp trực giác tuy tốn kém và công kênh như khoan lấy mẫu hoặc đào khi điều kiện cho phép.

Trong bảng 10 và 1 tóm tắt nêu một số ưu và nhược điểm cũng như phạm vi áp dụng của các phương pháp kiểm tra nói trên.

Bảng 10. Các phương pháp truyền qua trực tiếp (tia gamma hoặc siêu âm)

Phương pháp / Ưu khuyết điểm	Phương pháp kiểm tra bằng siêu âm truyền qua	Phương pháp kiểm tra bằng gamma truyền qua
Nguyên tắc và điều kiện áp dụng	- Đo sóng siêu âm truyền qua các ống đặt sẵn hoặc các lỗ khoan lấy mẫu. - Các dao động được truyền từ một ống khác cùng cao độ để đo thời gian đến và biên độ dao động	- Đo số phóng xạ giữa các ống đặt sẵn hoặc các lỗ khoan lấy mẫu. - Nguồn phóng xạ và đầu thu để trong các ống gần nhau hoặc đối diện nhau có đồ đẩy nước. Vùng mật độ thấp sẽ làm tăng photon (quang tử) trên đầu đo.
Ưu điểm	-Tương đối nhanh	-Tương đối nhanh

	-Xác định được khuyết tật giữa các ống khá chuẩn -Không bị hạn chế độ sâu -Xem kết quả ngay trên màn hình	-Xác định được khuyết tật giữa các ống khá chuẩn -Không bị hạn chế độ sâu -Xem kết quả ngay trên màn hình
Nhược điểm	-Phải đặt trước các ống hoặc phải khoan lỗ -Khó xác định được khuyết tật ở gần mặt bên của cọc	-Phải đặt trước các ống hoặc phải khoan lỗ -Có thể gây nhiễm phóng xạ -Khoảng cách lớn nhất giữa các ống là 80cm.
ứng dụng	-Kiểm tra đồng chất của bê tông hoặc xác định bất kỳ khuyết tật nào trong cọc	-Kiểm tra đồng chất của bê tông hoặc xác định bất kỳ khuyết tật nào trong thân cọc

Bảng 11. Các phương pháp thử động bề mặt (PIT, MIM, PDA)

Phương pháp / Ưu khuyết	Phương pháp thử động biến dạng nhỏ (gõ - PIT, MIM)	Phương pháp thử động biến dạng lớn (PDA)
Nguyên tắc và điều kiện áp dụng	-Đo thời gian truyền sóng dọc trong bê tông. -Dùng búa gõ vào đầu cọc truyền sóng nén đi xuống gặp mũi cọc hoặc bất kỳ khuyết tật nào sẽ phản xạ lại bề mặt. -Việc phân tích sẽ tiến hành sau	-Đo vận tốc và biến dạng đầu cọc. -Dùng búa rơi tự do trên đầu cọc để gây ra chuyển dịch cọc vào trong đất -Dùng lý thuyết phương trình truyền sóng để phân tích
Ưu điểm	-Không cần chôn ống trướ -Thiết bị gọn nhẹ xách tay -Nhanh	-Không cần chôn ống trước -Thiết bị gọn nhẹ xách tay -Nhanh
Nhược điểm	-Không xác định được đường kính cọc -Không xác định được các khuyết tật trong phạm vi 30cm ở đầu cọc hoặc chiều dài lớn hơn 30 lần đường kính	-Phải có quả búa rơi đủ nặng và gây va đập trên đầu cọc khoan nhồi -Việc chuẩn bị thử rất phức tạp và đòi hỏi sự cẩn thận cao.
ứng dụng	-Kiểm tra sơ bộ tính đồng nhất của bê tông và xác định sơ bộ khuyết tật trong thân cọc	-Xác định khá chính xác vị trí và mức độ khuyết tật trên thân cọc. -Xác định sức chịu tải của cọc (phần bố ma sát thành bên + sức chống ở mũi) -Xây dựng được biểu đồ quan hệ tải trọng chuyển vị.

2.7. Kiểm tra sức chịu tải của cọc

Sức chịu tải của cọc là thông số quan trọng và có ý nghĩa nhất phản ánh chất lượng của cọc đã thi công. Việc thử cọc để xác định sức chịu tải của nó thường là công việc tốn kém và không phải lúc nào cũng có thể thực hiện được cho tất cả các cọc tại công trường. Trong mỗi công trình, việc kiểm tra sức chịu tải cọc khoan nhồi là một quy trình không thể thiếu. Công tác kiểm tra chất lượng cọc giúp cho đơn vị thi công cũng như chủ đầu tư biết được khả năng chịu tải trọng của cọc khoan nhồi có tốt hay không và đưa ra những giải pháp xử lý nếu cần thiết.

(1). Phương pháp thử tĩnh động

Phương pháp này dựa trên nguyên lý phản lực của động cơ tên lửa, đặt một thiết bị trên đầu cọc có đối trọng vừa đủ, sau đó cho

Bảng 12. Các hư hỏng có thể gặp ở cọc khoan nhồi. Phương pháp xác định

Mục	Loại hư hỏng	Nguyên nhân có thể	Hư hỏng một chỗ	Hư hỏng nhiều chỗ
1	Sai vị trí lệch tâm	Định vị sai và thân cọc không thẳng	Quan sát và đo đạc	Quan sát và đo đạc
2	Đứt gãy ở chân	Thiết bị thi công va phải đỉnh cọc	Thử bằng siêu âm hoặc gõ bằng phương pháp PIT...	Kiểm tra bằng siêu âm hoặc gamma trong các ống chôn sẵn hoặc các lỗ khoan nằm ngoài lồng thép
3	Thân phình ra hoặc thắt lại	Đi qua vùng đất xốp	Phối hợp kiểm tra chất lượng bằng quan sát với một hoặc tổ hợp các phương pháp NDT thường dùng	Như mục 2
4	Có hang hốc	Do khoan qua cát trong nước không có ống vách hoặc dùng dung dịch	Như mục 3	Như mục 2
5	Mũi cọc xốp	Do vách lỗ hoặc không làm sạch hoàn toàn đáy	Phối hợp kiểm tra chất lượng bằng quan sát với kiểm tra siêu âm hoặc gamma trong các ống qua đáy cọc	
6	Thấu kính cát nằm ngang	Do ống bê tông bị rời khỏi bê tông	Như mục 3	Như mục 2
7	Hư hỏng ngoài lồng thép	Do độ sụt của bê tông thấp hoặc cốt thép quá dày	Như mục 3	Kiểm tra chất lượng bằng quan sát kết hợp bằng siêu âm hoặc gamma trong các ống hoặc các lỗ khoan nằm ngoài lồng thép
8	Rỗ tổ ong hoặc mất vữa hoặc tạo thành hang trong bê tông	Do lượng nước không cân bằng hoặc đổ bê tông trực tiếp vào nước	Như mục 3	Như mục 2
9	Lấn các mảnh vụn	Do không làm sạch mùn khoan	Đo cẩn thận khối lượng bê tông cộng với như mục 3	Đo cẩn thận khối lượng bê tông cộng với như mục 2

nổ. Dùng phương pháp phương trình sóng hay độ cứng động để tính sức chịu tải của cọc nhồi. Phương pháp này áp dụng cho tất cả các loại cọc đứng và nghiêng. Ưu điểm có độ lớn tải trọng thử rất cao, có thể lên đến 3000 tấn

(2). Phương pháp thử tải tĩnh truyền thống

Thường chỉ áp dụng ở những nơi có mặt bằng rộng và cọc thử phải có tải trọng nhỏ hơn 5000 tấn. Nguyên lý hoạt động là dùng cọc neo hoặc các vật nặng chất trên đỉnh cọc để làm đối trọng giúp gia tải nén cọc. Phương pháp này chủ yếu áp dụng cho các loại cọc nhỏ hơn 5000 tấn, kết quả thử là chung chung, không xác định được sức chịu tải của mũi và thân cọc.

(3). Phương pháp thí nghiệm PDA

Phương pháp này áp dụng nguyên lý thuyết truyền sóng ứng suất và va chạm của cọc, đầu vào là những số liệu đo gia tốc và biến dạng cọc dưới tác dụng của búa. Cơ sở của phương pháp này dựa trên: Phương pháp case; Phần mềm CAWAPC; Phương trình truyền sóng cọc; Hệ thống phân tích đóng cọc PDA. Phương pháp PDA thử được nhiều cọc trong ngày. Kết quả đo được: Sức chịu tải của cọc khoan nhồi tại từng nhát búa đập, tại từng độ cao ngập đất của cọc; Ứng suất nén, ứng suất kéo và ứng suất nén phải lớn nhất. Thí nghiệm PDA chỉ chính xác khi lực va chạm đầu cọc đủ lớn để tạo được biến dạng dư từ 3- 5cm. Phương pháp này tiến hành nhanh hơn, ít gây ảnh hưởng đến các hoạt động ở công trường nhưng gây tiếng ồn. Dễ dàng giám sát được độ phục hồi hoặc giãn ra của đất sau khi đóng cọc

(4). Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg:

Người ta dùng hộp tải trọng Osterberg đặt ở mũi cọc nhồi hoặc ở mũi và thân cọc trước khi đổ bê tông thân cọc. Sau khi cọc đã đủ cường độ tiến hành tạo tải bằng cách bơm dầu vào trong kích đã chôn trong cọc, các bước chất tải và đo các chuyển vị mũi cọc, đỉnh

cọc, thông qua các ống đo chôn sẵn, được tiến hành như trong thử tĩnh truyền thống.

Phương pháp này thường áp dụng cho cọc khoan nhồi chịu tải trọng lớn và những nơi có mặt bằng khó thi công. Phương pháp kiểm tra sức chịu tải cọc khoan nhồi này mang lại độ chính xác cao và có thể kiểm tra được khả năng chịu lực của từng lớp đất mà cọc đi qua. Thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg có thể khắc phục các khuyết điểm của phương pháp thử tải tĩnh truyền thống và mang lại độ chính xác rất cao.

2.8. Một số hư hỏng thường gặp trong thi công cọc khoan nhồi

Các hư hỏng thường gặp trong thi công cọc khoan nhồi rất đa dạng do nhiều nguyên nhân khác nhau. Trong bảng 12 trình bày những dạng hư hỏng chính. Ở đây cần lưu ý đến một số nguyên nhân chung gây ra cọc kém chất lượng thường xảy ra ở khâu khoan rồi dọn lỗ và khâu đổ bê tông.

Các nguyên nhân bao quát thường là:

- Do kém am hiểu một phần hay toàn bộ bản chất của đất nền và điều kiện địa chất thủy văn của địa điểm xây dựng;
- Do kiểm tra không đầy đủ trên công trường của chủ đầu tư hay nhà thầu vì không có hoặc thiếu tư vấn giám sát có trình độ chuyên môn, kinh nghiệm và tư chất cần thiết;
- Do hợp đồng quy định quá eo hẹp hoặc kế hoạch thi công với tiến độ không thích hợp cho những công việc cần phải cẩn thận;
- Do thiếu khả năng hoặc tính cẩn thận của nhà thầu khi thi công những công việc quá phức tạp;
- Do việc hoàn thành một cọc bao gồm một số thao tác đơn giản hợp thành nhưng những người thực hiện thiếu tinh tế và không có những kỹ xảo cần thiết (vì ít kinh nghiệm) mặc dù họ đã được lựa chọn khá kỹ nhưng vẫn không làm chủ tốt.

* Ở công đoạn tạo lỗ, những hư hỏng có thể là do hậu quả của:

- Kỹ thuật thiết bị khoan hoặc loại cọc đã lựa chọn không thích hợp với đất nền;

- Mất dung dịch khoan đột ngột (khi gặp hang các-tơ hoặc thạch cao) hoặc sự trôi lên nhanh chóng của đất bị sụt lở vào thành lỗ khoan, 2 sự cố này dễ tạo thành “ngoài dự kiến thiết kế”;

- Sự quản lý kém khi khoan tạo lỗ do sử dụng loại dung dịch có thành phần không tương ứng với điều kiện đất nền và công nghệ khoan hoặc kiểm tra không tốt sự biến đổi thành phần dung dịch (nhất là mật độ và độ nhớt);

- Sự nghiêng lệch, bấp bênh của hệ thống máy khoan lỗ khi gặp đá mở côi hoặc lớp đá nghiêng. Những sai lệch vị trí này phụ thuộc vào hiệu quả và sự kiểm soát của thiết bị dẫn hướng, điều đó ảnh hưởng đến độ thẳng đứng của cọc và có thể vượt quá độ nghiêng dự kiến (cho phép) của thiết kế;

- Làm sạch mùn khoan trong lỗ cọc không tốt, đáy lỗ khoan có lớp cặn dày, làm giảm sự tiếp xúc giữa lớp đất chịu lực với mũi cọc, làm nhiễm bẩn và giảm chất lượng bê tông;

* Ở công đoạn đổ bê tông vào cọc thường gặp những sai sót do một số nguyên nhân sau:

- Thiết bị đổ bê tông không thích hợp hoặc tình trạng làm việc không tốt;

- Chỉ đạo công nghệ đổ bê tông kém: sai sót trong việc cung cấp bê tông không liên tục, gián đoạn trong khi đổ, rút ống đổ quá nhanh;

- Cấp liệu không đều sẽ dẫn đến lượng bê tông chiếm chỗ ban đầu không đủ do đổ quá nhanh;

- Sử dụng bê tông có thành phần không thích hợp, độ sụt hoặc tính dẻo không đủ và dễ bị phân tầng.

Một số nguyên nhân khác làm hỏng cọc hoặc làm giảm sức chịu tải của cọc có thể là:

- Sự lưu thông mạch nước ngầm làm trôi cục bộ bê tông t-ươi;

- Sự sắp xếp lại đất nền do chấn động sẽ dẫn đến sự suy giảm ma sát của mặt bên hoặc sức chống ở mũi cọc;

- Khoảng thời gian gián đoạn giữa khâu khoan tạo lỗ và đổ bê tông vào cọc kéo dài quá quy định gây ra sự sụt lở ở vách lỗ khoan và lắng đọng cặn quá dày ở đáy;

Như vậy, 3 nhóm nguyên nhân nói trên (quản lý và trình độ, trong lúc tạo lỗ và giai đoạn đổ bê tông) thường chiếm tỷ trọng đáng kể gây ra ảnh hưởng đến chất lượng cho cọc khoan nhồi. Thường người thi công đã dự kiến trước các tình huống, chuẩn bị sẵn biện pháp xử lý hoặc khắc phục, nhưng điều đó không phải lúc nào cũng tiên liệu hết, nên kinh nghiệm trong và ngoài nước đều chỉ ra rằng phải lấy việc giám sát chặt chẽ và ghi chép đầy đủ là cách bảo đảm chất lượng cọc tin cậy nhất.

2.9. Nghiệm thu cọc khoan nhồi

Theo TCXD 206:1998 trong đó cần chú ý các nội dung chính sau đây [5]:

Phần tạo lỗ: Mục nước ngầm hoặc mực nước sông biển; Tốc độ và quá trình thi công tạo lỗ; Kích thước và vị trí thực của lỗ cọc (mức lệch tâm và độ thẳng đứng); Đường kính và độ sâu làm lỗ, đường kính và độ dài của ống chống hoặc ống định vị ở tầng mặt; độ dài thực tế của cọc, độ thẳng đứng của cọc; Biên bản kiểm tra chất lượng, sự cố và cách xử lý (nếu có).

Phần giữ thành và cốt thép: Loại dung dịch giữ thành và biện pháp quản lý dung dịch; Thời gian thi công cho mỗi công đoạn; Bố trí cốt thép, phương pháp nối đầu và độ cao đoạn đầu phần đổ bê tông; Biên bản kiểm tra chất lượng cọc;

Những trục trặc và sự cố (nếu có) và cách xử lý; Loại thợ và số người tham gia thi công.

Phần kiểm tra chất lượng cọc: Báo cáo kiểm tra chất lượng cọc và sức chịu tải của cọc đơn; Bản vẽ hoàn công móng cọc khi đào hố móng đến cốt thiết kế và bản vẽ cốt cao độ đầu cọc.

3. KẾT LUẬN

Công nghệ thi công cọc khoan nhồi thích hợp với các công trình lớn, tải trọng nặng, địa chất nền móng là đất hoặc có địa tầng thay đổi phức tạp. Thích hợp xây nhà cao tầng tại các khu dân cư đông đúc, nhà xây chen, nhà xây liền kề mặt phố, nhà biệt thự vì khắc phục được các sự cố lún nứt các nhà liền kề, gia cố móng nhà bị yếu, có thể thi công tại các địa điểm chật hẹp hoặc trong ngõ ngách nhỏ... Công nghệ thi công cọc khoan nhồi cũng tạo thế chủ động cho ngành Xây dựng công trình giao thông, thi công các công trình cầu, cảng, hầm... Khâu quan trọng nhất để quyết định chất lượng cọc là khâu thi công, bao gồm cả kỹ thuật, thiết bị, năng lực lao động của đơn vị thi công, sự nghiêm túc thực hiện quy trình thi công chặt chẽ, kinh nghiệm xử lý trong các trường hợp cụ thể. Do đó cán bộ giám sát phải nắm vững công nghệ thi công cũng như các phương pháp kiểm tra để nhắc nhở đơn vị thi công điều chỉnh nếu có sai sót, nhằm nâng cao chất lượng cọc khoan nhồi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Bá Kế (2013), *Thi công cọc khoan nhồi*, NXB Xây dựng.
- [2]. Lê Đức Thắng (2010), *Tính toán móng cọc*, NXB Giao thông vận tải.
- [3]. Nguyễn Viết Trung, Lê Thanh Liêm (2012), *Cọc khoan nhồi trong công trình giao thông*, NXB Xây dựng.
- [4]. Bộ Khoa học và Công nghệ (1998), TCXD 205:1998 - *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*
- [5]. Bộ Khoa học và Công nghệ (1998), TCXD 206:1998 *Yêu cầu về chất lượng thi công cọc khoan nhồi*
- [6]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 9393:2012 - *Cọc - Phương pháp thử nghiệm tại hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*
- [7]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 9395:2012 - *Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu Cọc khoan nhồi*
- [8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 9396:2012 - *Cọc khoan nhồi - Xác định tính đồng nhất của bê tông - Phương pháp xung siêu âm*

Quy trình lập tiến độ dự án bằng lý thuyết tập mờ

Project schedule process using fuzzy theory

> TRƯƠNG CÔNG BẰNG

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: bangmtvl@gmail.com

TÓM TẮT:

Lập tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng trong nước nói chung và khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nói riêng chủ yếu được lập theo các phương pháp sơ đồ ngang, sơ đồ xiên, hay sơ đồ mạng, việc lập tiến độ, việc quản lý tiến độ thi công cho từng việc hay toàn bộ công trình và xác định nhân công thực hiện, xác định thời gian hoàn thành một công việc thông thường được tính theo định mức thời gian cho trong các bản định mức được quy định tại Định mức dự toán xây dựng công trình của Bộ Xây dựng, mặc dù định mức đã được nhiều cơ quan nghiên cứu, thống kê bằng những phương pháp khoa học và được coi là chuẩn mực cho việc thực hiện các công việc nhưng định mức lại chưa dự trù được mọi tình huống mà thực tế sẽ diễn ra như điều kiện thời tiết, thay đổi chế độ chính sách, khan hiếm vật liệu, giải phóng mặt bằng và đền bù giải tỏa, xử lý kỹ thuật, phát sinh bổ sung các biện pháp thi công, điều chỉnh thiết kế, điều chỉnh quy hoạch, nguồn vốn cho công trình bị cắt giảm so với kế hoạch đã bố trí, khan hiếm vật liệu... khiến thực tế thực hiện dự án khác xa so với kế hoạch đề ra làm cho người quản lý bị động, không kịp thời điều chỉnh tiến độ thực hiện dự án gây chậm chạp tiến độ thi công và như vậy gây đội vốn cho dự án đầu tư. Tập mờ với khả năng xử lý các bài toán thiếu thông tin và dữ liệu không chắc chắn như các yếu tố rủi ro khách quan lẫn chủ quan xảy ra trong quá trình thi công với cơ sở đó việc sử dụng các lý thuyết, các thuật toán của lý thuyết tập mờ để thiết kế kế hoạch thực hiện dự án sẽ có sở khoa học vững chắc đưa ra được kết quả tính toán dự báo với độ tin cậy cao từ đó làm cơ sở dự báo tình hình thực hiện dự án. Bài báo này tác giả trình bày quy trình lập tiến độ dự án đầu tư xây dựng khu vực ĐBSCL bằng lý thuyết tập mờ.

Từ khoá: Tập mờ; tiến độ dự án; ĐBSCL; sơ đồ ngang; sơ đồ mạng.

ABSTRACT:

Making the progress of construction investment projects in the country in general and the Mekong Delta in particular, it is mainly made according to the methods of horizontal diagrams, oblique diagrams, or network diagrams, the making of schedule, the management of construction progress for each job or the whole work and determining the labor to perform, determining the time to complete a normal job is calculated according to the time norm given in the norms specified in the Construction Estimating Norms of the Ministry of Construction, Although the norm has been researched and statisticed by many agencies using scientific methods and is considered a standard for the performance of jobs, the norm does not anticipate all situations that will actually take place such as weather conditions, changes in policy regimes, scarcity of materials, site clearance and compensation for clearance, technical handling, additional construction measures, design adjustment, planning adjustment, capital for the work is reduced compared to the arranged plan, scarcity of materials, ... making the actual implementation of the project far different from the plan, making the manager passive, unable to promptly adjust the project implementation schedule, causing delays in the construction progress. and thus raise capital for investment projects. Fuzzy set with the ability to handle problems with lack of information and uncertain data such as objective and subjective risk factors that occur during construction with that basis, the use of theories, algorithms The calculation of fuzzy theory to design the project implementation plan will have a solid scientific basis to give high reliability predictive calculation results, thereby serving as a basis for forecasting the project implementation situation. In this article, the author presents: project schedule process using fuzzy theory in the Mekong Delta.

Key words: fuzzy; progress of construction investment projects; Mekong Delta; horizontal diagrams; network diagrams

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tại các nghiên cứu về lập tiến độ thực hiện dự án cũng có kể đến các yếu tố thực tế tác động vào quá trình thực hiện nhưng độ chính xác còn chưa cao, việc áp dụng chúng vào các công trình thực tế thường sử dụng các thuật toán còn đơn giản, vì dữ liệu đầu vào là các rủi ro nên các dữ liệu này chưa đầy đủ và không chắc chắn vì vậy kết quả tính toán chưa phản ánh đúng dự báo kết quả thực hiện của dự án, do đó cần thiết phải có một phương pháp, một thuật toán phù hợp để có thể tính toán với các dữ liệu không chắc chắn đó và đưa ra kết quả với độ tin cậy cao, phục vụ tốt và thiết thực cho việc QLDA. Tập mờ có ưu điểm về dự báo với những dữ liệu không chắc chắn như các yếu tố rủi ro khách quan lẫn chủ quan xảy ra trong quá trình thi công ảnh hưởng đến tiến độ thi công công trình điều này các phương pháp lập tiến độ khác chưa có kể đến.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở pháp lý

2.1.1. Các quy định về quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng

Lĩnh vực quản lý dự án đầu tư xây dựng luôn là một lĩnh vực quan trọng, nhận được sự quan tâm của các chủ thể có liên quan. Trong nhiều năm qua, qua nhiều giai đoạn điều chỉnh và sửa đổi, đến nay Nhà nước đã ban hành hệ thống văn bản quy phạm pháp luật tương đối đầy đủ nhằm hoàn thiện công tác quản lý dự án nói chung, quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng nói riêng. Tại Việt Nam, các nội dung liên quan tới quản lý tiến độ thực hiện dự án xây dựng được quy định trong một số văn bản quy phạm pháp luật hiện hành như sau:

- Luật xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014 [9] quy định về quyền, nghĩa vụ, trách nhiệm của cơ quan, tổ chức, cá nhân và quản lý nhà nước trong hoạt động đầu tư xây dựng. Luật này áp dụng đối với cơ quan, tổ chức, cá nhân trong nước; tổ chức, cá nhân nước ngoài hoạt động đầu tư xây dựng trên lãnh thổ Việt Nam. Luật Xây dựng với 10 chương, 168 điều quy định về các hoạt động xây dựng bao gồm các công tác quy hoạch xây dựng, dự án đầu tư xây dựng công trình, khảo sát xây dựng và thiết kế xây dựng, cấp phép xây dựng, quá trình xây dựng, chi phí xây dựng, tiến độ xây dựng và các hoạt động khác có liên quan đến xây dựng công trình.

Một số Điều trong Luật Xây dựng 2014 quy định về quản lý tiến độ thực hiện dự án xây dựng như: Điều 51: Yêu cầu đối với dự án đầu tư xây dựng; Điều 59: Thời gian thẩm định dự án đầu tư xây dựng; Điều 61: Điều chỉnh dự án đầu tư xây dựng; Điều 66: Quản lý dự án đầu tư xây dựng; Điều 67: Quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng; Điều 68: Quyền và nghĩa vụ của chủ đầu tư trong việc lập và quản lý thực hiện dự án đầu tư xây dựng.

- Luật số 62/2020/QH14 ngày 17/6/2020 về sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng năm 2014 [10] (viết tắt là Luật Xây dựng sửa đổi, bổ sung năm 2020). Luật có hiệu lực thi hành từ ngày 01/01/2021, với nhiều nội dung mới, khắc phục những hạn chế còn tồn đọng của bộ luật cũ, tháo gỡ các vấn đề khó khăn, vướng mắc, bắt cập hiện nay trong lĩnh vực xây dựng, đặc biệt là đã rà soát lại quy định của các luật có liên quan để không chồng chéo.

- Luật Đấu thầu số 43/2013/QH13 ngày 26/11/2013 [11] quy định quản lý nhà nước về đấu thầu, thiết lập môi trường minh bạch, cạnh tranh cho các hoạt động đấu thầu phù hợp với thông lệ quốc tế, tạo cơ sở để chủ đầu tư lựa chọn nhà thầu có đủ năng lực thực hiện. Luật Đấu thầu gồm 13 chương, 96 Điều, quy định về các hoạt động đấu thầu: hình thức, phương thức lựa chọn nhà thầu;

hướng dẫn lập kế hoạch và quy trình lựa chọn nhà thầu; trách nhiệm của cá bên liên quan trong hoạt động đấu thầu.

- Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14 ngày 13/6/2019 [12] quy định việc quản lý nhà nước về đầu tư công; quản lý và sử dụng vốn đầu tư công; quyền, nghĩa vụ và trách nhiệm của các cơ quan trong đầu tư công. Luật Đầu tư công với 6 chương, 88 Điều, với các nội dung được thể chế hóa quy trình quyết định chủ trương đầu tư. Nội dung quản lý tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng thể hiện một phần ở Chương 2: Chủ trương đầu tư và quyết định đầu tư chương trình, dự án đầu tư công; Chương 3: Lập, thẩm định, phê duyệt và giao kế hoạch đầu tư công.

Ngoài các luật và nghị định thì Bộ xây dựng, cơ quan của Chính phủ thực hiện chức năng quản lý nhà nước về xây dựng, cũng ban hành các văn bản quy phạm pháp luật có liên quan tới công tác quản lý tiến độ thực hiện dự án xây dựng. Một số các văn bản quy phạm pháp luật được liệt kê ra dưới đây về công quản lý tiến độ thực hiện dự án xây dựng:

- Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 [6] quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng. Nội dung quản lý tiến độ thực hiện dự án xây dựng được quy định tại Chương II: Quản lý thi công xây dựng công trình. Trong chương này quy định trình tự quản lý thi công xây dựng công trình; trách nhiệm của nhà thầu thi công, chủ đầu tư và người lao động; các quy định công tác giám sát, nghiệm thu và sau nghiệm thu; Điều 18 quy định về quản lý tiến độ thi công xây dựng;

- Nghị định số 15/2021/NĐ-CP ngày 3/3/2021 [5] của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng. Quy định về lập, thẩm định, phê duyệt dự án và hình thức tổ chức quản lý thực hiện dự án; Tổ chức quản lý dự án đầu tư xây dựng; Thực hiện dự án đầu tư xây dựng... Nghị định số 15/2021/NĐ-CP [5] quy định chi tiết thi hành một số nội dung của Luật Xây dựng năm 2014 [9] và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng năm 2020 (sau đây gọi tắt là Luật số 62/2020/QH14 [41]) về quản lý dự án đầu tư xây dựng, gồm: lập, thẩm định, phê duyệt dự án, thiết kế xây dựng; khảo sát xây dựng; cấp giấy phép xây dựng và quản lý trật tự xây dựng; xây dựng công trình đặc thù và thực hiện dự án đầu tư xây dựng tại nước ngoài; quản lý năng lực hoạt động xây dựng; hình thức quản lý dự án đầu tư xây dựng.

Nghị định số 15/2021/NĐ-CP [5] có hiệu lực từ ngày ký và thay thế Nghị định số 59/2015/NĐ-CP ngày 18 tháng 6 năm 2015 của Chính phủ về quản lý dự án đầu tư xây dựng [3]; Nghị định số 42/2017/NĐ-CP ngày 05 tháng 4 năm 2017 [4] của Chính phủ về sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 59/2015/NĐ-CP ngày 18 tháng 6 năm 2015 của Chính phủ về quản lý dự án đầu tư xây dựng; Nghị định số 100/2018/NĐ-CP ngày 16 tháng 7 năm 2018 của Chính phủ về sửa đổi, bổ sung, bãi bỏ một số quy định về điều kiện đầu tư kinh doanh thuộc các lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng [7]. Các quy định trước đây của Chính phủ, các bộ, cơ quan ngang bộ và địa phương trái với Nghị định này đều bãi bỏ.

- Thông tư số 26/2016/TT-BXD ngày 26/10/2016 của Bộ Xây dựng [1], được sửa đổi, bổ sung một số nội dung tại Thông tư số 04/2019/TT-BXD ngày 16/8/2019 [2] đã đưa ra quy định một số nội dung chi tiết về quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng. Trong đó quy định về nội dung giám sát thực hiện tiến độ thi công xây dựng tại Điều 7.

2.1.2. Các văn bản liên quan khác

- Báo cáo kết quả thực hiện kế hoạch đầu tư công trung hạn giai đoạn 2016-2020 của các tỉnh ĐBSCL.

- Báo cáo của Sở Kế hoạch và Đầu tư các tỉnh về kết quả thực hiện kế hoạch đầu tư công trung hạn giai đoạn 2016 – 2020 và công tác chuẩn bị kế hoạch đầu tư công trung hạn giai đoạn 2021 – 2025.

- Báo cáo giám sát, đánh giá kết thúc đầu tư của một số dự án tại các tỉnh Vĩnh Long, Cần Thơ, Bến Tre.

- Các tài liệu liên quan của dự án như:

+ Bản vẽ thiết kế kiến trúc và kết cấu, bản vẽ thiết kế thi công công trình đã được phê duyệt;

+ Các quy định về thời hạn khởi công và hoàn thành công trình, thời hạn đưa công trình vào sử dụng từng phần (nếu có);

+ Các số liệu về điều kiện tự nhiên và điều kiện kinh tế xã hội của địa điểm xây dựng công trình;

+ Các số liệu về khảo sát xây dựng;

+ Dự toán thi công công trình và giá thành hợp đồng;

+ Định mức lao động (định mức sản xuất hoặc định mức chung);

+ Các tiêu chuẩn, quy trình quy phạm có liên quan;

+ Phương án thi công, phương án công nghệ của các công tác chủ yếu;

+ Điều kiện tài nguyên sử dụng cho thi công công trình;

+ Hợp đồng giữa các bên liên quan;

+ Năng lực của nhà thầu và của chủ đầu tư;

+ Ngoài ra còn phải dựa vào điều kiện thời tiết khí hậu vùng miền của các năm trước năm thi công và dự báo cho năm thi công...

2.2. Cơ sở thực tiễn

2.2.1. Kinh nghiệm quốc tế

Tại các dự án xây dựng ở Ai Cập, kinh nghiệm cho thấy những nguyên nhân quan trọng nhất làm chậm tiến độ dự án xây dựng là: tài chính của nhà thầu trong quá trình xây dựng, sự chậm trễ trong thanh toán của nhà thầu của chủ sở hữu, thay đổi thiết kế của chủ sở hữu hoặc đại diện của chủ sở hữu trong quá trình xây dựng, vấn đề thanh toán trong quá trình xây dựng, việc quản lý xây dựng và hợp đồng thiếu chuyên nghiệp. Các chuyên gia tư vấn cho rằng, để làm giảm đáng kể sự chậm trễ thì cần đẩy mạnh nỗ lực làm việc nhóm.

Tại Jordan, qua nghiên cứu các dự án nhà ở, văn phòng, nhà công vụ, trường học, y tế và phương tiện truyền thông, có rất nhiều dự án được đẩy nhanh tiến độ nhờ vào công cụ dự báo rủi ro. Cụ thể, các công cụ này đã dự báo được các rủi ro quan trọng liên quan đến thiết kế, thay đổi chủ sở hữu, thời tiết, điều kiện thi công ở công trường, điều kiện kinh tế, khối lượng công việc... Do đó, để đẩy nhanh tiến độ thực hiện các dự án xây dựng, cần chuẩn bị ngân sách xây dựng đầy đủ, tổ chức thông tin kịp thời, hoàn thiện thiết kế và kỹ năng quản lý dự án của các bên liên quan trong quá trình thực hiện dự án.

Một số nước có hệ thống quản lý đầu tư tương đối hiệu quả như Chi-lê, Ai-len, Hàn Quốc và Vương quốc Anh đều áp dụng cơ chế cụ thể để xúc tiến và soát thực hiện dự án nếu có sự thay đổi cơ bản về chi phí, tiến độ, và lợi nhuận ước tính của dự án. Ví dụ ở Hàn Quốc, các dự án tự động được thẩm định lại nếu chi phí thực tế tăng thêm trên 20%; ở Chile, nếu giá bỏ thầu thấp nhất cao hơn giá dự toán từ 10% trở lên, dự án đó sẽ bị thẩm định lại. Tại các quốc gia này, việc kiểm tra, đánh giá hoàn thành dự án được thực hiện thông qua chính sách hậu kiểm, các dự án đầu tư đều phải được kiểm toán. Ở Chi-lê và Hàn Quốc, cơ quan chức năng giữ vai trò lớn trong việc kiểm tra tài sản hoàn thành so với kế hoạch dự án. Tại Ai-len và Vương quốc Anh, đánh giá hoàn thành dự án là đánh giá tác động của dự án đầu tư dựa trên kết quả đầu ra. Riêng Ai-len và Vương quốc Anh, cơ chế rà soát đặc biệt được thực hiện

nhằm phát hiện những nhân tố mang tính hệ thống ảnh hưởng tới chi phí, tiến độ và chất lượng của dự án.

Như vậy, trong quá trình phát triển, các nước đều không ngừng nghiên cứu hoàn thiện cơ sở luật pháp, chính sách về sử dụng vốn nhà nước đáp ứng yêu cầu quản lý sử dụng có hiệu quả nguồn vốn này. Để đẩy nhanh tiến độ dự án, ngoài sự chuẩn bị về ngân sách, pháp luật, cần áp dụng có hiệu quả các công cụ quản lý tiến độ trong xây dựng. Kinh nghiệm từ nước ngoài cho thấy, đối với các nước đang phát triển như Việt Nam, cần thiết phải có một văn bản pháp lý đủ mạnh để quản lý quá trình đầu tư xây dựng một cách toàn diện và hiệu quả.

2.2.2. Kinh nghiệm trong nước

Tại dự án Keangnam (Hà Nội), đây là dự án có nhiều nhà thầu quốc tế thi công, nên có nhiều phương pháp lập kế hoạch và tiến độ thi công có chất lượng. Mặc dù phần lớn bản tiến độ của họ sử dụng phần mềm Microsoft Project để lập nhưng đều có sự kết hợp sáng tạo riêng mang đặc thù của các nước khác như: Hàn Quốc, Trung Quốc, Philipin... Mỗi nhà thầu lập ra bản tiến độ để phục vụ cho công tác giám sát theo đặc thù của chính họ và trình chủ đầu tư, tư vấn phê duyệt để quản lý và theo dõi. Nhìn vào bản kế hoạch về tiến độ thi công tư vấn có thể thấy được năng lực của từng nhà thầu, trong đó, kế hoạch về tiến độ thi công của Trung Quốc đã làm rất tốt, điều này được kiểm chứng trên thực tế họ chính là gói thầu thi công đảm bảo nhất dự án tính đến thời điểm này.

Tại các dự án khác, vấn đề quản lý và giám sát tiến độ được thực hiện bởi không chỉ đơn vị tư vấn quản lý và giám sát tiến độ mà còn nhà thầu chính, nhà thầu phụ. Các nhà thầu chính dùng cách riêng của mình để quản lý và giám sát tiến độ của từng nhà thầu phụ theo phong cách của từng đơn vị thi công khác nhau. Các nhà thầu chính tư vấn giám sát nhận thấy công tác kiểm soát tiến độ trong văn phòng tương đối tốt tuy nhiên vấn đề thực hiện ngoài hiện trường không đơn giản vì phải chịu tác động rất đa chiều. Không thể phủ nhận rằng mặc dù về lợi nhuận có thể không đáp ứng với một số nhà thầu nhưng họ đã khác rất nhiều theo hướng chuyên nghiệp hơn so với trước khi tham gia vào dự án. Đây thực sự là điều rất cần thiết vì thực tế các nhà thầu của Việt Nam hầu như chưa có tính chuyên nghiệp cao.

Đối với các dự án đầu tư công, việc tổ chức giám sát được thực hiện thông qua nhiều cấp, nhiều vòng giám sát khác nhau. Mục đích giám sát đầu tư của cơ quan Chính phủ là đảm bảo đầu tư đúng mục đích, đúng dự án, đúng quy định và có hiệu quả. Chủ đầu tư có dự án phải bố trí người thực hiện giám sát dự án thường xuyên theo quy định pháp luật. Ủy ban Phát triển và cải cách từng cấp chịu trách nhiệm tổ chức giám sát các dự án đầu tư thuộc phạm vi quản lý của cấp mình, có bộ phận giám sát đầu tư riêng. Ủy ban Phát triển và Cải cách thành lập và chủ trì các tổ giám sát đầu tư liên ngành với sự tham gia của các cơ quan tài chính, chống tham nhũng, quản lý chuyên ngành và các địa phương có liên quan.

Bài học về việc áp dụng và thực hiện mô hình quản lý và giám sát tiến độ tại các dự án ở Việt Nam là ở mỗi dự án khác nhau có các đặc thù khác nhau trên các lĩnh vực và quản lý tiến độ dự án cũng vậy, không thể rập khuôn áp dụng bất kỳ một mô hình nào cho dù có hiệu quả đối với dự án kia nhưng chưa chắc đã có hiệu quả với dự án này. Thành công của dự án phụ thuộc rất nhiều vào công tác quản lý và giám sát tiến độ. Việc áp dụng các mô hình quản lý giám sát một cách máy móc là không hiệu quả, mỗi sự sai lầm và điều chỉnh về tiến độ và quản lý tiến độ trong giai đoạn dự án đang triển khai đều mang lại các tác động tiêu cực và rủi ro rất cao, do vậy việc thống nhất mô hình quản lý tiến độ và phương pháp giám sát tiến độ

thi công mang đặc thù riêng của từng loại dự án là điều hết sức cần thiết và cần thực hiện ngay từ đầu. Bên cạnh đó, các địa phương cần nghiên cứu hoàn thiện cơ sở pháp luật, chính sách về xây dựng phù hợp với từng giai đoạn phát triển nhằm nâng cao chất lượng, hiệu quả của dự án đầu tư xây dựng.

2.3. Lý thuyết tập mờ áp dụng trong xây dựng

Từ những năm đầu thập niên 70 của thế kỷ trước, các kỹ sư xây dựng đã dùng lý thuyết mờ để giải quyết nhiều vấn đề trong xây dựng, cụ thể như:

(1) Kinh tế kỹ thuật mờ

+ Tính toán tỉ số B/C lợi ích trên chi phí dựa trên áp dụng của lý thuyết mờ.

+ Áp dụng lý thuyết mờ để dự đoán sự thay đổi của dòng ngân lưu theo các số liệu thu thập được.

+ Đo lường độ lệch khi phân tích giá trị hiện tại, so sánh độ lệch của giá trị hiện tại mờ và giá trị trung bình hàng năm mờ của dòng tiền.

(2) Quản lý tồn kho mờ

+ Lý thuyết mờ được dùng để quyết định lượng tồn kho tốt nhất và mức sản lượng tối ưu. Nội dung "lượng tồn kho phải đạt mức tốt nhất ở cuối chu trình sản xuất", và "sản lượng phải giảm bớt để sản xuất hoạt động càng liên tục càng tốt" được sử dụng để miêu tả cho việc tồn kho mờ.

+ Kiểm chứng mô hình sản lượng đặt hàng dựa trên các cơ sở của lý thuyết mờ. Số mờ hình thang được sử dụng để mô hình chi phí đặt hàng và chi phí tồn kho.

+ Áp dụng lý thuyết mờ để xác định khối lượng đặt hàng khi hoạch định số lượng nguyên vật tư yêu cầu. Sự không chắc chắn của nhu cầu được mô hình bằng số mờ tam giác.

(3) Hoạch định vị trí và bố trí mặt bằng mờ

+ Hoạch định vị trí như là một mô hình phân chia mờ sử dụng quy tuyến tính. Mô hình này được áp dụng khi những vị trí được xem xét là không rõ ràng và được hoạch bằng lý thuyết mờ.

+ Bố trí mặt bằng xây dựng dựa trên lý thuyết mờ để giải quyết bài toán thiết kế vị trí của từng hạng mục. Đầu vào để thiết kế mặt bằng bao gồm khoảng cách và mức quan trọng được mô hình bằng những biến ngôn ngữ.

+ Sử dụng mô hình quy hoạch mục tiêu mờ để xác định vị trí trong một vùng lõi cho trước phụ thuộc hai tiêu chuẩn đồng thời sau: i cực tiểu tổng chi phí vận chuyển, và ii cực tiểu khoảng cách tối đa từ kho đến các điểm tiêu thụ.

+ Đánh giá các phương án bố trí mặt bằng theo mô hình quyết định đa tiêu chuẩn mờ MCDM.

+ Giới thiệu một hệ thống bố trí mặt bằng mờ FDMS bao gồm bốn dữ kiện chính: i mờ hoá những biến vào và ra, ii phân tích và mờ hoá kiến thức của các chuyên gia, iii ra quyết định mờ, iv chuyển các giá trị mờ đầu ra thành các giá trị xác định.

(4) Ra quyết định mờ

+ Xây dựng mô hình quyết định mờ đơn với mục tiêu và ràng buộc được mô hình bởi các tập mờ. Mô hình giả sử các mục tiêu và ràng buộc không phụ thuộc hay tương tác với nhau, quyết định được xác định bằng cách tổng hợp các tập mờ mục tiêu và ràng buộc. Phương án chọn lựa là phương án có mức thành viên cao nhất trong tập mờ quyết định. Khi tập phương án mờ là tập liên tục, phương án chọn lựa được xác định qua phép giải mờ.

+ Mô hình mờ đa tiêu chuẩn giúp ra quyết định chọn lựa các phương án dựa vào nhiều tiêu chuẩn có trọng số khác nhau cùng với các khoảng cách Hamming.

(5) Một số ứng dụng khác trong xây dựng

+ Ứng dụng lý thuyết mờ để mô hình các thông số và các hư hỏng do động đất gây ra.

+ Ứng dụng lý thuyết mờ trong việc tính toán sự vận hành tối ưu máy đào đất nhằm mục đích ước tính chính xác thời gian thi công.

+ Ứng dụng mô hình tối ưu mờ trong việc tính toán cân bằng khối lượng đào đắp các công trình đường giao thông. Trong đó, các hệ số chi phí đơn vị và những vị trí hố đất gửi tạm được mô hình bằng những số mờ. Hàm mục tiêu là cực tiểu hoá tổng chi phí vận chuyển đất.

+ Ứng dụng lý thuyết mờ trong việc đánh giá an toàn lao động trên công trường.

+ Tốc độ phát triển của cường độ bê tông được dự đoán bằng một mô hình hệ thống suy luận mờ hai giai đoạn. Giai đoạn một, tỷ lệ nước trên xi măng được xem là thông số chính. Giai đoạn hai, cả hai thông số tỷ lệ nước trên xi măng và tỷ lệ cốt liệu trên xi măng được xem xét. Kết quả được tính toán bằng phương pháp trọng số theo tâm.

+ Sử dụng lý thuyết mờ thay thế lý thuyết đàn hồi và phân tử hữu hạn để dự đoán độ biến dạng của mặt đường mềm khi chịu tải động.

2.4. Ứng dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại Đồng Bằng Sông Cửu Long

Với các thông tin trên đây có thể thấy lý thuyết tập mờ rất hữu ích trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng. Có nhiều cách vận dụng khác nhau để ứng dụng lý thuyết tập mờ giải quyết các bài toán về tiến độ. Trong phạm vi nghiên cứu tác giả sẽ vận dụng lý thuyết tập mờ để đo lường các nhân tố ảnh hưởng tới tiến độ dự án xây dựng tại ĐBSCL.

2.4.1. Lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng

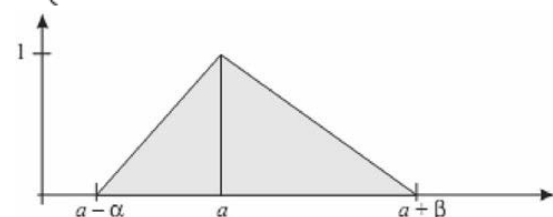
Lý thuyết tập mờ với đặc điểm quan trọng là đề xuất sử dụng hàm thuộc và tiếp đó là các phép toán mờ để xử lý những thông tin "không chắc chắn" hay không đầy đủ, những thông tin mà sự chính xác của nó chỉ nhận thấy được giữa các quan hệ của chúng với nhau, trong nhiều trường hợp cũng chỉ có thể mô tả được bằng các cụm từ ngôn ngữ học để cho ra những quyết định chính xác.

Tập mờ là tập hợp có đường biên không rõ ràng hay mơ hồ. Trong một tập mờ, hàm thành viên được sử dụng để biểu thị mức độ thành viên của một phần tử. Hàm thành viên của một tập mờ F trên tập tổng X được ký hiệu là μ_F xác định bởi:

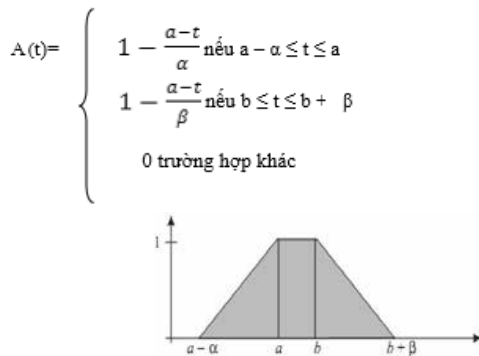
$\mu_F: X \rightarrow [0,1]$, với $\mu_F(x)$ là mức độ thành viên của phần tử x của tập X lên tập mờ F. Số mờ là một tập mờ với hàm thành viên phải thỏa mãn điều kiện là liên tục, lồi và chuẩn. Một tập mờ được gọi là chuẩn nếu tồn tại một giá trị x sao cho $A(x)=1$. Hai số mờ hay được sử dụng là số mờ hình tam giác và số mờ hình thang.

Các số mờ hình tam giác được sử dụng để tính toán trọng số của các nhân tố rủi ro kỹ thuật trong nghiên cứu này. Bảng phía dưới trình bày các phép tính toán cơ bản của 2 số mờ tam giác với nhau.

$$A(t) = \begin{cases} 1 - \frac{a-t}{\alpha} & \text{nếu } a - \alpha \leq t \leq a \\ 1 - \frac{a-t}{\beta} & \text{nếu } a \leq t \leq a + \beta \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$



Hình 1: Số mờ hình tam giác



Hình 2: Số mờ hình thang

Bảng 1: Các phép tính cơ bản của số mờ

Phép tính	ab Công thức	Kết quả
Cộng	A + B	(a ₁ +b ₁ , a ₂ +b ₂ , a ₃ +b ₃)
Trừ	A - B	(a ₁ -b ₁ , a ₂ -b ₂ , a ₃ -b ₃)
Nhân	A×B	(a ₁ ×b ₁ , a ₂ ×b ₂ , a ₃ ×b ₃)
Chia	A/B	(a ₁ /b ₁ , a ₂ /b ₂ , a ₃ /b ₃)
Nhân với hằng số Q	Q×B	(Q×b ₁ , Q×b ₂ , Q×b ₃)

Ghi chú: ^aA = (a₁, a₂, a₃); B = (b₁, b₂, b₃)

^bGiá trị của A và B là số dương, nếu là số âm thì phải dựa vào giá trị nhỏ nhất và lớn nhất

a₁ < a₂ < a₃; b₁ < b₂ < b₃ và b_i > 0 (i = 1 ÷ 3); Q > 0

2.4.2. Phương pháp F-AHP

Phương pháp F-AHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) được phát triển từ phương pháp AHP truyền thống với sự tích hợp của các số mờ để giải quyết một cách hiệu quả tính mờ của dữ liệu liên quan đến việc ra quyết định. Phương pháp F-AHP đã khắc phục được một số hạn chế của phương pháp AHP truyền thống, do đó phương pháp này ngày càng được nhiều nhà nghiên cứu sử dụng phổ biến trong thực tế.[8]

Trong phương pháp F-AHP, hai số mờ thường được sử dụng là số mờ hình tam giác và số mờ hình thang để diễn tả sự đánh giá các phương án theo từng tiêu chí. Để đánh giá trọng số các phương án, cần phải có một quá trình so sánh và xếp hạng các tiêu chí. Ngày nay các nhà nghiên cứu sử dụng phương pháp đa tiêu chí để giải quyết một cách hiệu quả những vấn đề liên quan đến dữ liệu định tính. Những số mờ tam giác đã được sử dụng cho quá trình so sánh cặp để diễn tả đánh giá chủ quan của người ra quyết định. Khái niệm “α-cut” đã được sử dụng để quá trình so sánh trở nên dễ dàng và tin cậy hơn. Giá trị “α-cut” trong khoảng từ 0 đến 1. Giá trị “α-cut” càng gần về 1 thì thể hiện người quyết định càng tự tin. Bên cạnh đó giá trị “λ” cho biết thái độ của người ra quyết định đối với các yếu tố ảnh hưởng tới lập tiến độ trong dự án xây dựng.[8]

2.4.3. Phương pháp AHP

Phương pháp AHP (Analytical Hierarchy Process) hay còn được gọi là phương pháp phân tích thứ bậc được nghiên cứu và phát triển bởi Giáo sư Thomas L. Saaty (1977) [13]. Phương pháp AHP được sử dụng nhằm mục đích giải quyết những vấn đề không có cấu trúc trong hoạt động kinh tế, xã hội và khoa học quản lý. Phương pháp AHP giúp xử lý các vấn đề ra quyết định đa tiêu chuẩn phức tạp. AHP cho phép người ra quyết định tập hợp được những kiến thức của các chuyên gia về vấn đề nghiên cứu, kết hợp được các dữ liệu khách quan và chủ quan trong một khuôn khổ thứ bậc logic. AHP giúp phân loại mức độ ưu tiên tương đối cho các phương án được đưa ra dựa trên một mức tỷ lệ. Mức tỷ lệ này dựa trên phán đoán của người ra quyết định và mức độ quan trọng của các phán đoán đó, cũng như tính nhất quán trong việc so sánh

các phương án trong quá trình ra quyết định. AHP kết hợp được cả hai mặt tư duy của con người cả về định tính lẫn định lượng. Định tính qua sự sắp xếp thứ bậc và định lượng qua kết quả bộ trọng số cho từng nhân tố thứ bậc. Phương pháp AHP được tìm thấy sử dụng nhiều trong kỹ thuật và quản lý xây dựng như: Lựa chọn công nghệ, tìm hiểu năng lực và chọn lựa nhà thầu, đánh giá an toàn thi công, lựa chọn nhà quản lý trong quá trình thực hiện dự án, lập kế hoạch, phân tích lợi ích/ chi phí và phân bổ nhân lực.... Trong nghiên cứu AHP giúp so sánh cặp phân cấp thứ bậc các yếu tố ảnh hưởng tới lập tiến độ dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL.

Ba nguyên tắc khi thực hiện phương pháp AHP: (1) Phân tích vấn đề ra quyết định (xây dựng cấu trúc thứ bậc); (2) Đánh giá so sánh các thành phần (so sánh cặp giữa các nhân tố); và (3) Tổng hợp các mức độ ưu tiên (xác định các ma trận trọng số). [8]

Để quá trình so sánh cặp được thuận lợi, kích thước các ma trận so sánh không nên vượt quá 9. Các bước tiến hành áp dụng phương pháp AHP:

- Bước 1: Xác định, phân tích vấn đề và mục tiêu nghiên cứu.
- Bước 2: Xây dựng hệ thống phân cấp thứ bậc.
- Bước 3: Điều tra thu thập ý kiến đánh giá của các chuyên gia về mức độ ưu tiên.
- Bước 4: Xây dựng các ma trận so sánh cặp sử dụng thang đo từ 1 đến 9. Thang đo so sánh cặp này được thể hiện trong Bảng 2.
- Bước 5: Chuyển các thông số so sánh thành các trọng số.
- Bước 6: Kiểm tra hệ số CR từ các đánh giá của các chuyên gia. Hệ số CR 10% thì đạt yêu cầu, nếu CR > 10% cần phải thực hiện lại các bước 3, 4, 5.
- Bước 7: Thực hiện các bước 3, 4, 5, 6 cho tất cả các mức và các nhóm yếu tố trong cấu trúc thứ bậc.
- Bước 8: Tính toán trọng số tổng hợp, dùng trọng số tổng hợp tính được cho các phương án để ra quyết định.

Bảng 2. Thang đo đánh giá mức độ so sánh cặp

Mức độ ưu tiên	Định nghĩa	Giải thích
1	Ưu tiên bằng nhau	Hai nhân tố có mức độ ưu tiên như nhau.
3	Ưu tiên vừa phải	Kinh nghiệm và nhận định hơi nghiêng về nhân tố này hơn nhân tố kia.
5	Hơi ưu tiên	Kinh nghiệm và nhận định nghiêng mạnh về nhân tố này hơn nhân tố kia.
7	Rất ưu tiên	Một yếu tố được ưu tiên rất nhiều hơn yếu tố kia và được biểu lộ trong thực hành.
9	Vô cùng ưu tiên	Sự ưu tiên hơn hẳn của một yếu tố ở trên mức có thể.
2, 4, 6, 8	Mức trung gian giữa các mức nêu trên	Cần sự thỏa hiệp giữa hai mức độ nhận định

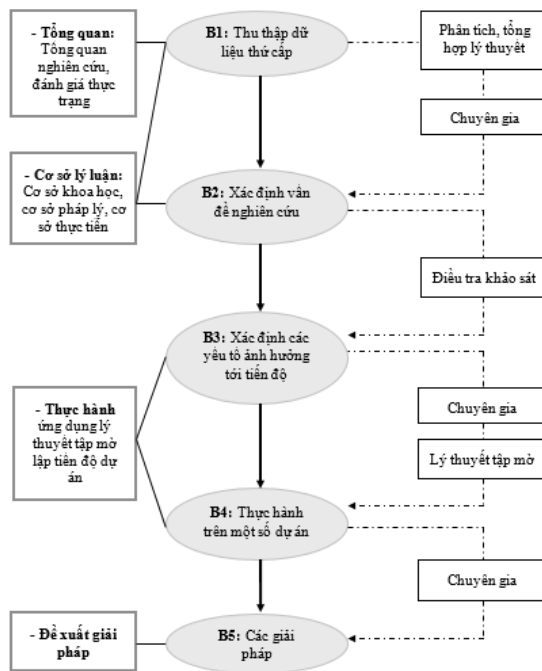
2.5. Cách áp dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ dự án đầu tư xây dựng khu vực ĐBSCL.

2.5.1. Quy trình áp dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ dự án đầu tư xây dựng khu vực ĐBSCL.

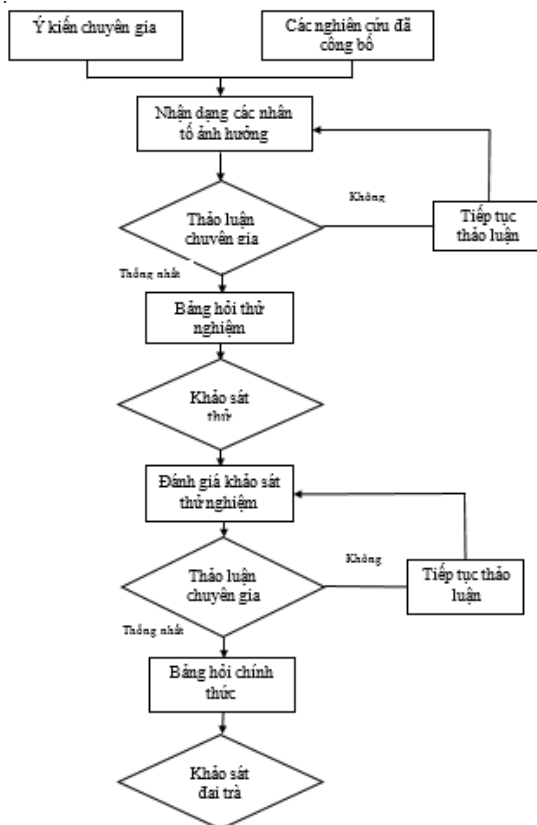
Nghiên cứu được thực hiện qua 5 bước theo sơ đồ hình dưới. Tương ứng với từng bước sẽ sử dụng các phương pháp nghiên cứu khác nhau.

- Bước 1: Thu thập dữ liệu thứ cấp: Các tài liệu về lý thuyết tập mờ, lập tiến độ dự án xây dựng, các dự án xây dựng khu vực ĐBSCL, các văn bản quy phạm pháp luật và các tài liệu liên quan được thu thập từ các nguồn tài liệu mở, thư viện quốc gia, thư viện Đại học Kiến trúc Hà Nội, Bộ Xây dựng, Sở Xây dựng các tỉnh khu vực ĐBSCL,.... Từ các nguồn tài liệu thứ cấp này, tác giả thực hiện

phân loại tài liệu theo các nội dung nghiên cứu. Bên cạnh đó tác giả phỏng vấn chuyên gia để làm rõ từng nội dung nghiên cứu. Kết quả thu được là:



Hình 3. Quy trình áp dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ dự án đầu tư xây dựng khu vực ĐBSCL.



Hình 4. Quy trình điều tra khảo sát thực tế

+ Tổng quan về các nghiên cứu có liên quan.

+ Khái quát thực trạng lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL.

+ Tổng hợp, bổ sung cơ sở lý luận, cơ sở pháp lý, kinh nghiệm trong và ngoài nước trong ứng dụng tập mờ lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng.

- Bước 2: Xác định vấn đề nghiên cứu: Vấn đề nghiên cứu được xây dựng trên cơ sở đánh giá các nghiên cứu đã hoàn thành và các vấn đề thực trạng. Từ đó tác giả tập trung vào khoảng trống nghiên cứu chưa được giải quyết trong các vấn đề nghiên cứu liên quan đã thực hiện.

- Bước 3: Xác định các yếu tố ảnh hưởng tới tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL thông qua điều tra khảo sát thực tế. Các yếu tố này sẽ được ghi nhận trong lập tiến độ dự án xây dựng. Quá trình điều tra khảo sát được chi tiết tại Mục 2.5.2.

- Bước 4: Thực hành trên một số dự án để đánh giá khả năng ứng dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL. Đánh giá phát hiện những thuận lợi, khó khăn, hạn chế trong quá trình áp dụng.

- Bước 5: Đề xuất giải pháp xây dựng trên cơ sở kết quả các các Bước 3, Bước 4. Các giải pháp này là khả thi áp dụng trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL.

2.5.2. Điều tra khảo sát xác định các yếu tố ảnh hưởng tới tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL

(1) Quy trình điều tra khảo sát

Quá trình điều tra khảo sát thực tế được thực hiện theo sơ đồ trên.

- Bước 1: Thông qua các nghiên cứu đã công bố và ý kiến của chuyên gia, tác giả nhận dạng các nhân tố ảnh hưởng tới tiến độ thực hiện dự án xây dựng nói chung. Các nhân tố này có thể ảnh hưởng hoặc không ảnh hưởng đối với dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL.

- Bước 2: Tham vấn ý kiến của chuyên gia để lựa chọn lại từ Bước 1 các nhân tố ảnh hưởng tới lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực ĐBSCL. Nếu các ý kiến của chuyên gia thống nhất, bảng hỏi khảo sát thử nghiệm sẽ được xây dựng. Trong trường hợp ý kiến của các chuyên gia chưa thống nhất các nhân tố ảnh hưởng tới tiến độ sẽ được xem xét và lựa chọn lại.

- Bước 3: Bảng hỏi thử nghiệm được xây dựng dựa trên các nhân tố thống nhất tại Bước 2.

- Bước 4: Khảo sát thử nghiệm được tiến hành trên 10 mẫu để đánh giá tính hợp lý của bảng hỏi.

- Bước 5: Đánh giá khảo sát thử nghiệm tập trung vào các nội dung

+ Hợp lý về độ dài của bảng hỏi.

+ Thời gian trả lời bảng hỏi.

+ Các thuận lợi, khó khăn trong quá trình điều tra.

+ Xác định công tác chuẩn bị để thực hiện điều tra, khảo sát đại trà.

- Bước 6; Bảng hỏi chính thức được xây dựng dựa trên các đánh giá tại Bước 5. Bảng hỏi chính thức được kiểm tra logic thông qua kiểm định Cronbach's Alpha. Kiểm định này nhằm phân tích, đánh giá độ tin cậy của thang đo, hệ số Cronbach's Alpha được tính theo công thức.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

Trong đó:

K là số biến số- item- thường chính là số câu hỏi chẳng hạn

Xích ma bình phương là Phương sai.

Y là biến thành phần

X là biến tổng

Đọc kết quả hệ số Cronbach's Alpha:

Từ 0.8 đến gần bằng 1: thang đo lường rất tốt.

Từ 0.7 đến gần bằng 0.8: thang đo lường sử dụng tốt.

Từ 0.6 trở lên: thang đo lường đủ điều kiện.

- Bước 7: Điều tra khảo sát đại trà được tiến hành trên các tỉnh khu vực ĐBSCL.

(2) Xác định kích thước mẫu điều tra

Trước khi triển khai khảo sát cần ước lượng số mẫu cần thiết làm cơ sở cho công tác thu thập số liệu. Theo Fellows và Liu số lượng mẫu được tính theo công thức toán học:

$$n = \frac{z^2 \cdot s^2}{(\mu - \bar{x})^2}$$

Trong đó: s là độ lệch chuẩn của mẫu; z là giá trị đại diện cho độ tin cậy yêu cầu, với độ tin cậy 95% hay 99% thì giá trị tương ứng của z là 1.96 hay 2.58; $(\mu - \bar{x})$ là một nửa bề rộng của độ tin cậy yêu cầu.

Bên cạnh đó Gorsuch chỉ ra phân tích nhân tố cần có ít nhất 200 quan sát. Hay Hachter đã chứng minh kích cỡ mẫu bằng ít nhất 5 lần biến quan sát. Bollen tổng kết tỷ lệ số mẫu tối thiểu cho một tham số cần ước lượng là 5 mẫu (tỷ lệ 5:1).

Trong phạm vi nghiên cứu tác giả căn cứ vào khả năng và thời gian thực hiện để xác định kích thước mẫu phù hợp là 200 mẫu (kế thừa kết quả nghiên cứu của Gorsuch).

(3) Tiêu chí lựa chọn người trả lời bảng hỏi

- Những cán bộ, quản lý đang làm việc trong các dự án tại các tỉnh khu vực ĐBSCL.

- Kinh nghiệm làm việc từ 3 năm trở lên.

- Trình độ chuyên môn xây dựng từ Đại học trở lên.

- Chọn lọc dữ liệu:

+ Loại bỏ các bảng hỏi dưới 3 năm kinh nghiệm.

+ Loại bỏ các bảng hỏi mà người trả lời ngay từ các câu hỏi đầu đã trả lời không nhận thấy các nhân tố ảnh hưởng tới tiến độ thực hiện dự án đầu tư xây dựng.

+ Loại bỏ các bảng hỏi mà người trả lời không thuộc chủ thể được tác giả điều tra.



Hình 5. Các tỉnh khu vực ĐBSCL

(4) Kế hoạch điều tra khảo sát

ĐBSCL có 13 đơn vị hành chính bao gồm: 1 thành phố trực thuộc Trung ương (Thành phố Cần Thơ) và 12 tỉnh (Long An, Đồng Tháp, An Giang, Tiền Giang, Bến Tre, Vĩnh Long, Trà Vinh, Hậu Giang, Kiên Giang, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau). Với 200 phiếu điều tra nếu chia đều cho 13 đơn vị hành chính thì điều tra 1 tỉnh, thành phố khoảng 15-16 phiếu. Việc trải dài điều tra như vậy sẽ gây nhiều khó khăn về di chuyển, sắp xếp ăn ở và kéo dài thời gian thực hiện. Vì vậy tác giả lựa chọn phương pháp điều tra chọn mẫu, lựa chọn 3 tỉnh khu vực ĐBSCL để điều tra. 3 tỉnh lựa chọn đảm bảo tiêu chí:

- Mang đặc điểm điển hình của ĐBSCL về tự nhiên, khí hậu, văn hóa.

- Có tốc độ xây dựng nhanh chóng trong 5 năm gần đây (từ năm 2015-2020). Trong 5 năm tới kế hoạch đầu tư xây dựng của tỉnh với số lượng đồng đẳng các dự án.

- Tác giả có thể dễ dàng liên hệ, có mối quan hệ quen biết hoặc được giới thiệu từ các chuyên gia uy tín với các dự án xây dựng tại 3 tỉnh điều tra, khảo sát.

- 3 tỉnh lựa chọn điều tra khảo sát gồm: Cần Thơ, Vĩnh Long, Bến Tre.

Quá trình điều tra khảo sát diễn ra trong 7 tháng tại 3 tỉnh Cần Thơ, Vĩnh Long, Bến Tre. Thông qua bạn bè, đối tác công việc, tác giả đã lên danh sách những người cần điều tra khảo sát cùng thông tin liên lạc. Tiếp đó tác giả tiến hành điều tra trực tiếp và gửi phiếu qua email với các cán bộ không có điều kiện gặp trực tiếp. Trên đây là cơ sở để phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo ứng dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ dự án đầu tư xây dựng các công trình cụ thể khu vực ĐBSCL.

3. KẾT LUẬN

Tiến độ là một nội dung quan trọng trong QLDA. Cùng với chất lượng và chi phí thì tiến độ là một trong ba chủ điểm chính đánh giá dự án thành công hay không. Căn cứ trên tiến độ các công việc diễn ra, các nguồn lực được huy động, các bên phối hợp với nhau tạo nên sự phát triển của dự án. Tập mờ có ưu điểm về dự báo với những dữ liệu không chắc chắn như các yếu tố rủi ro khách quan lẫn chủ quan xảy ra trong quá trình thi công ảnh hưởng đến tiến độ thi công công trình điều này các phương pháp lập tiến độ khác chưa có kể đến và việc sử dụng lý thuyết tập mờ để tính toán dự báo tiến độ thi công của dự án thì chưa được nghiên cứu đến đặc biệt là ở khu vực ĐBSCL. Vì vậy cần có những nghiên cứu chuyên sâu để công tác quản lý dự án đầu tư xây dựng nói chung, công tác lập tiến độ thi công nói riêng đạt chất lượng nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Xây dựng (2016), Thông tư số 26/2016/TT-BXD quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng, ngày 26/10/2016.
- [2]. Bộ Xây dựng (2019), Thông tư số 04/2019/TT-BXD sửa đổi, bổ sung một số nội dung của Thông tư số 26/2016/TT-BXD quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng, ngày 16/8/2019
- [3]. Chính phủ (2015), Nghị định 59/2015/NĐ-CP, về quản lý dự án đầu tư xây dựng, ngày 18/6/2015.
- [4]. Chính phủ (2017), Nghị định 42/2017/NĐ-CP, Sửa đổi, bổ sung một số điều Nghị định số 59/2015/NĐ-CP ngày 18 tháng 6 năm 2015 của Chính phủ về quản lý dự án đầu tư xây dựng, ngày 5/4/2017.
- [5]. Chính phủ (2021), Nghị định số 15/2021 quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng, ngày 3/3/2021.
- [6]. Chính phủ (2021), Nghị định số 06/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng, ngày 26/01/2021.
- [7]. Chính phủ (2018), Nghị định số 100/2018/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung, bãi bỏ một số quy định về điều kiện đầu tư kinh doanh thuộc các lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng, ngày 16/7/2018.
- [8]. Nguyễn Văn Châu, Bùi Ngọc Toàn & Nguyễn Quang Phúc (2015), Đo lường mức độ rủi ro kỹ thuật trong xây dựng công trình giao thông đường bộ ở Việt Nam bằng phương pháp F-AHP, Tạp chí giao thông vận tải số tháng 9/2015
- [9]. Quốc hội (2014), Luật Xây dựng 50/2014/QH13, ngày 18/6/2014.
- [10]. Quốc hội (2020), Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng, ngày 17/6/2020.
- [11]. Quốc hội (2013), Luật Đầu tư số 43/2013/QH13, ngày 26/11/2013.
- [12]. Quốc hội (2019), Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14, ngày 13/6/2019
- [13]. Thomas L.Saaty (1980), The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, ISBN 0-07-054371-2, McGraw-Hill.

Lựa chọn phương án sử dụng ván khuôn trong thi công nhà cao tầng bằng phương pháp AHP

Application of AHP method to select formwork options in high-rise building construction

> **NGUYỄN QUỐC TOẢN***, **NGUYỄN THỊ MỸ HẠNH**

Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

* Email: toannq@nuce.edu.vn

TÓM TẮT

Lựa chọn phương án sử dụng ván khuôn hợp lý, phù hợp với đặc điểm của công trình và năng lực của nhà thầu thi công đóng vai trò quan trọng trong việc phân đẩy nhanh tiến độ thi công, tăng chất lượng và giảm chi phí xây dựng. Do vậy, đây luôn là mong muốn của các nhà thầu thi công. Bài báo này sử dụng phương pháp AHP để so sánh các giải pháp sử dụng ván khuôn trong thi công nhà cao tầng hiện nay tại Việt Nam nhằm lựa chọn được phương án tốt nhất. Thông qua các tổ chuyên gia bảy người, tiêu chí lựa chọn được xác định là sự tối ưu về kinh tế; Tính cơ giới hóa trong sử dụng công cụ thiết bị kỹ thuật cao; Tổ chức lao động hợp lý và hiệu quả; Tiêu chuẩn hóa và định hình hóa thi công. Phân tích cho thấy phương án sử dụng ván khuôn nhôm trong thi công các dự án nhà cao tầng có ưu thế vượt trội so với các phương án còn lại. Kết quả nghiên cứu đóng góp quan trọng cả về phương diện khoa học và thực tiễn trong việc lựa chọn phương án sử dụng ván khuôn, góp phần nâng cao hiệu quả hoạt động sản xuất kinh doanh của nhà thầu xây dựng nói chung.

Từ khóa: Ván khuôn thép định hình; ván khuôn gỗ công nghiệp; ván khuôn nhôm AHP; tiêu chí, nhà thầu thi công

ABSTRACT

Choosing a construction formwork used option suitable to the project's characteristics and the construction contractor's capacity is vital to speeding up the construction schedule, boosting quality, and reducing construction costs. Therefore, it is always the desire of building contractors. Based on the comparison of using formwork alternatives in constructing high-rise buildings, this study suggests applying the AHP method to be able to select the best one. A group of seven experts determines the selection criteria that are (i) economic optimization, (ii) high level of mechanization in using tools and equipment, (iii) organizing the usage of labor reasonable and effective, and (iv) the standardization of construction processes. The analysis shows that using aluminum construction formwork for constructing high-rise projects has outstanding advantages compared to others. Thus, the research outcomes significantly contribute to science and practice in selecting construction formwork in high-rise building projects. They also contribute to improving the efficiency of production and business activities of construction contractors.

Keywords: Steel formwork; industrial wood formwork; aluminum formwork; AHP; criteria; construction contractor

1. MỞ ĐẦU

Tại Việt Nam, theo Báo cáo chiến lược phát triển kinh tế xã hội 2011 - 2020, ngành Xây dựng là ngành kinh tế có vị trí, vai trò chiến lược quan trọng trong công cuộc xây dựng và phát triển đất nước. Cùng với sự hồi phục của thị trường bất động sản trong giai đoạn 2014 - 2018, lĩnh vực xây dựng, xây lắp và phát triển hạ tầng đã phát triển mạnh với tăng trưởng trung bình 9.15%/năm so với mức 4.75% giai đoạn trước 2013 [6]. Trong những năm gần đây, những tiến bộ trong công nghệ thi công xây dựng đã dẫn đến nhiều đổi mới và xu hướng mới nổi do tốc độ xây dựng và độ bền vững công trình. Trong số các dây chuyền thi công chính quyết định đến tiến độ, chất lượng, an toàn và

hiệu quả kinh tế thì dây chuyền thi công ván khuôn đóng vai trò quan trọng bởi nó đẩy nhanh tiến độ thi công làm giảm giá thành công trình và tạo ra chất lượng sản phẩm cao, đồng thời nó thể hiện trình độ xây lắp của nhà thầu. Ván khuôn cần phải đảm bảo chịu lực, ổn định và dễ tháo lắp, vận chuyển để mang tới thuận tiện cho các công việc về sau. Ván khuôn phải được ghép kín, khí để không làm mất nước xi măng khi đổ và đầm bê tông. Công nghệ ván khuôn hiện nay trên thế giới rất phong phú cả về chủng loại và vật liệu chế tạo, đặc biệt là công nghệ ván khuôn sử dụng vật liệu nhẹ. Các loại ván khuôn điển hình như: ván khuôn trượt, ván khuôn tấm mỏng lớn, ván khuôn bay, ván khuôn nhôm định hình là những ván khuôn được sử dụng cùng

với sự phát triển cũng như cơ giới hóa kỹ thuật thao tác mang những đặc thù riêng trong thi công công trình.

Vật liệu chiếm tỷ trọng lớn trong giá thành xây dựng, là một trong các chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá lựa chọn phương án thi công xây dựng công trình [12]. Do đó, trước tình hình cạnh tranh hết sức khốc liệt trong thị trường xây dựng, việc nghiên cứu, tìm kiếm giải pháp ván khuôn phù hợp là hết sức cần thiết đối với mỗi nhà thầu xây dựng. Vấn đề đặt ra của mỗi nhà thầu liên quan đến bài toán ra quyết định đa tiêu chí (MCDM). Trong đó, phương pháp AHP là một trong các phương pháp định lượng có cấu trúc và phân tích các quyết định phức tạp, giúp cho nhà thầu xây dựng đưa ra quyết định tốt hơn [10]. Bài báo đưa ra phân tích lựa chọn giải pháp ván khuôn cho thi công xây dựng nhà cao tầng ở Việt Nam trên cơ sở đánh giá bằng phương pháp AHP.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Đã có một số nghiên cứu áp dụng AHP để giải quyết vấn đề ở các khía cạnh khác nhau trong ngành Xây dựng tại VN như: Vũ Quyết Thắng, Nguyễn Thế Quân (2015) đã vận dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn loại hợp đồng dự án sử dụng trong dự án thực hiện theo hình thức đối tác công tư [8]. Nguyễn Thế Quân (2015) áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn phương án công nghệ thi công xây dựng [9]. Phạm Quang Thanh (2019) áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn phương thức thực hiện dự án đầu tư xây dựng [11]. Phạm Hồng Luận và Nguyễn Đình Đạo (2013) ứng dụng phương pháp AHP (Analytic hierarchy process) xác định các yêu cầu đối với chất lượng thiết kế thuộc gói thầu thiết kế - thi công [7]. Nguyễn Văn Châu và cộng sự (2015) đã đánh giá và đo lường mức độ rủi ro kỹ thuật trong xây dựng công trình giao thông đường bộ ở Việt Nam thông qua phương pháp Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) [2]. Nguyễn Quốc Toàn (2020) sử dụng phương pháp AHP để đánh giá lựa chọn nhà cung ứng vật liệu xây dựng [13]. Tuy nhiên trong áp dụng phương pháp AHP để đánh giá lựa chọn giải pháp ván khuôn thi công nhà cao tầng cho các nhà thầu xây dựng tại Việt Nam thì chưa có nghiên cứu nào.

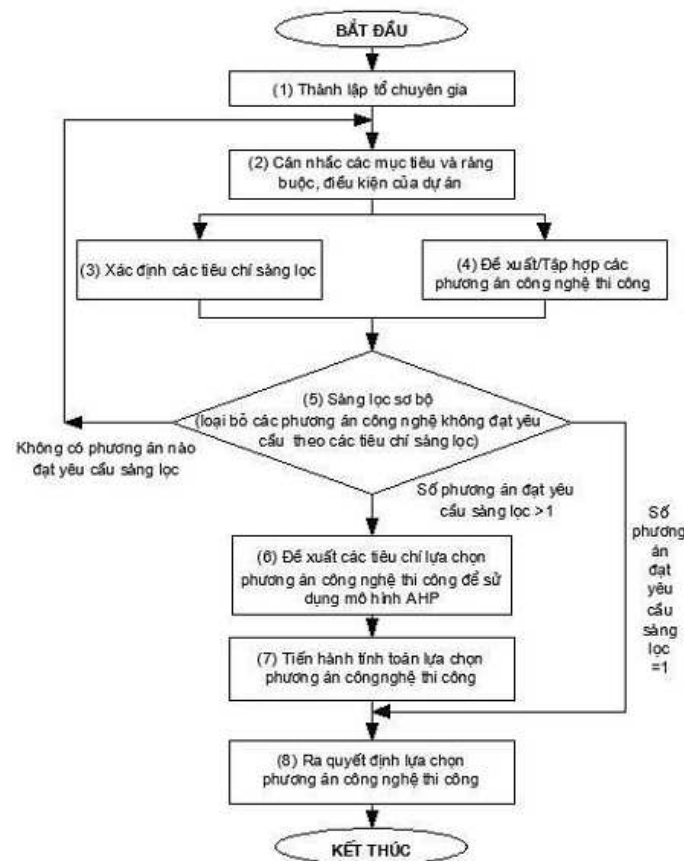
3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trên cơ sở nội dung phương pháp AHP, người ta cần phải có được tập hợp các phương án đề xuất và các tiêu chí lựa chọn phương án trước khi tiến hành các tính toán cần thiết. Bài báo nghiên cứu sử dụng quy trình áp dụng phương pháp AHP để lựa chọn phương án ván khuôn như Hình 1.

Để có được các đánh giá chính xác về các phương án được đề xuất, rất cần sự tham gia của các chuyên gia. Vì thế, việc thành lập tổ chuyên gia của nhà thầu là cực kỳ quan trọng. Tổ chuyên gia là những cán bộ của nhà thầu và các chuyên gia tư vấn được nhà thầu mời. Họ được đào tạo theo hướng chuyên sâu, có kinh nghiệm thực hành công việc và có kỹ năng thực tiễn, lý luận chuyên sâu về một lĩnh vực cụ thể trong phạm vi nghiên cứu hoặc có hiểu biết vượt trội so với mặt bằng kiến thức chung. Trong công việc họ luôn là người cho kết quả chính xác, tinh thông nghiệp vụ, am tường về công việc đang làm.

Các chuyên gia sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc đưa ra các tiêu chí sàng lọc, các tiêu chí lựa chọn phương án và quyết định mức độ ưu tiên tương đối của các tiêu chí trên cơ sở so sánh cặp. Họ cũng có thể góp phần vào việc đề xuất các phương án công nghệ và tổ chức thi công mới cho công việc đang xét. Các mục tiêu, ràng buộc và điều kiện của dự án cũng sẽ là các căn cứ quan trọng để các chuyên gia ra quyết định liên quan đến các vấn đề trên.

Cần tiến hành sàng lọc các phương án để loại bỏ ngay các phương án không đạt yêu cầu theo tiêu chí sàng lọc. Ví dụ, nếu một phương án công nghệ hoặc phương án tổ chức thi công sử dụng công nghệ gây ra tiếng ồn lớn trong một dự án thi công ở ngay khu vực có trường học thì tiêu chí hạn chế tiếng ồn có thể là tiêu chí sàng lọc để loại bỏ phương án này.



Hình 1. Quy trình áp dụng phương pháp AHP để lựa chọn phương án tổ chức thi công (Nguồn [5])

Ngoài ra, các phương án đưa vào so sánh cũng cần được xem xét trên cơ sở chi phí và thời gian, so sánh với các ràng buộc đã được thiết lập. Sau khi sàng lọc, nếu số lượng phương án còn lại nhiều hơn 1, khi ấy phương pháp AHP được sử dụng. Các chuyên gia lại tham gia vào việc đề xuất các tiêu chí lựa chọn phương án, đánh giá mức độ ưu tiên theo cặp của các tiêu chí cũng như độ ưu tiên của các phương án theo từng tiêu chí, tính toán các thông số theo phương pháp AHP và từ đó chọn ra được phương án công nghệ ván khuôn phù hợp nhất.

4. SO SÁNH, LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN SỬ DỤNG VÁN KHUÔN PHÙ HỢP

4.3.1. Thành lập tổ chuyên gia

Để lựa chọn phương án công nghệ ván khuôn cho nhà cao tầng, tác giả đã tiến hành phỏng vấn chuyên gia, là những cán bộ, kỹ sư có kinh nghiệm lâu năm trong hoạt động xây lắp công trình. Tổ chuyên gia 07 người gồm 03 cán bộ trình độ kỹ sư xây dựng, có kinh nghiệm trên 15 năm công tác thi công các công trình dân dụng, đã và đang giữ vị trí chỉ huy trưởng công trường thi công công trình nhà cao tầng. Các thành phần còn lại bao gồm 02 chuyên gia đến từ Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 02 chuyên gia đến từ Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, các chuyên gia này đều

đang giảng dạy và nghiên cứu về kỹ thuật và tổ chức thi công xây dựng, kinh tế xây dựng.

Trên cơ sở các mục tiêu, ràng buộc và điều kiện của dự án nhà cao tầng cần thực hiện, các chuyên gia sẽ đưa ra các tiêu chí sàng lọc, các tiêu chí lựa chọn phương án và quyết định mức độ ưu tiên tương đối của các tiêu chí trên cơ sở so sánh cặp. Ngoài ra, họ cũng có thể góp phần vào việc đề xuất các phương án công nghệ thi công mới cho công việc đang xét.

4.3.2. Lựa chọn phương án công nghệ

Để xây dựng các dự án nhà cao tầng bê tông cốt thép, hiện nay ở nước ta đã có nhiều giải pháp công nghệ ván khuôn. Trên cơ sở những công nghệ ván khuôn đang được sử dụng ở VN: Ván khuôn thép định hình, Ván khuôn gỗ tự nhiên, Ván khuôn gỗ công nghiệp, Ván khuôn Composite (Nhựa tổng hợp), Ván khuôn nhôm. Các chuyên gia đề xuất các phương án ván khuôn phù hợp với công trình nhà cao tầng bê tông cốt thép như sau:

- PA1: Sử dụng ván khuôn thép định hình
- PA2: Sử dụng ván khuôn gỗ công nghiệp (ván ép)
- PA3: Sử dụng ván khuôn nhôm

Giải pháp công nghệ sử dụng ván khuôn gỗ tự nhiên và nhựa tổng hợp (Composite) cũng được đề xuất nhưng sau khi phân tích đã bị loại bỏ do không phù hợp.

Trên cơ sở phân tích điều kiện năng lực, kinh nghiệm thi công của nhà thầu cũng như thực trạng công trình, các chuyên gia đã đưa ra 4 tiêu chí lựa chọn phương án là:

- Tiêu chí (C1): *Hiệu quả kinh tế tối ưu*

Tiêu chí này liên quan đến vốn đầu tư ban đầu, số lần luân chuyển ván khuôn khi sử dụng; thời gian lắp-tháo-vận chuyển

- Tiêu chí (C2): *Tính cơ giới hóa, công cụ thiết bị kỹ thuật cao*

Tiêu chí này liên quan đến máy móc thiết bị trong nâng hạ vận chuyển, tháo lắp, bảo dưỡng khi sử dụng giải pháp ván khuôn

- Tiêu chí (C3): *Tổ chức lao động khoa học*

Tiêu chí này liên quan đến việc xây dựng phương án thi công hợp lý, khoa học khi sử dụng giải pháp ván khuôn (phối hợp giữa người lao động-vật liệu xây dựng-máy móc thiết bị thi công) giúp tăng năng suất lao động.

- Tiêu chí (C4): *Tiêu chuẩn hóa và định hình hóa thi công*

Tiêu chí này liên quan đến việc chuẩn hóa quy trình thi công lắp dựng, tháo dỡ ván khuôn được quy định chi tiết, rõ ràng.

Tiêu chí về an toàn chịu lực của giải pháp ván khuôn được bỏ qua. Theo tổ chuyên gia, đây là tiêu chí tiên quyết bắt buộc phải đảm bảo thỏa mãn khi lựa chọn bất kỳ giải pháp ván khuôn nào.

Tiêu chí về chất lượng cũng được bỏ qua, theo các chuyên gia, chất lượng ván khuôn sẽ thể hiện thông qua chất lượng của cấu kiện mà ván khuôn đúc ra (độ phẳng bề mặt, đúng hình dáng, kích thước, kín khít của bề mặt; không bị cong vênh, phình), đây là tiêu chí bắt buộc khi sử dụng bất kỳ loại ván khuôn nào.

1. Tiến hành lấy ý kiến của 07 chuyên gia bằng phiếu phỏng vấn về xếp hạng mức độ ưu tiên của các tiêu chí ta thu được kết quả tại Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp ý kiến chuyên gia về mức độ ưu tiên của các tiêu chí

Yếu tố so sánh cặp	Phòng vấn chuyên gia							Tổng hợp
	1	2	3	4	5	6	7	
C1 và C2	4	5	4	4	3	4	5	4
C1 và C3	3	3	2	2	2	2	2	2
C1 và C4	7	8	8	6	6	7	8	7
C2 và C3	1/2	1/2	1/3	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2
C2 và C4	2	3	3	2	3	3	3	3
C3 và C4	4	5	5	6	5	5	6	5

Từ các ý kiến tổng hợp của chuyên gia về mức độ ưu tiên của các tiêu chí, ta lập ma trận so sánh cặp tại Bảng 2.

Bảng 2. So sánh cặp các tiêu chí

Tiêu chí	C1	C2	C3	C4
C1	1	4	2	7
C2	1/4	1	1/2	3
C3	1/2	2	1	5
C4	1/7	1/3	1/5	1
Tổng	1,89	7,33	3,70	16,00

Tiến hành tính toán các dữ liệu theo phương pháp AHP. Trọng số cho các tiêu chí được thể hiện trong Bảng 3

Bảng 3. Trọng số các tiêu chí khi so sánh cặp

Tiêu chí	C1	C2	C3	C4	Trọng số tiêu chí
C1	0,528	0,545	0,541	0,438	0,513
C2	0,132	0,136	0,135	0,188	0,148
C3	0,264	0,273	0,270	0,313	0,280
C4	0,075	0,045	0,054	0,063	0,059

Với số tiêu chí n = 4 thì RI = 0,9. Ta tính toán được các chỉ số sau:
 $\lambda_{max} = (0,498*1,88 + 0,120*9,33 + 0,330*3,42 + 0,052*18) = 4,113$
 $CI = (4,113 - 4)/(4 - 1) = 0,038$
 $CR = 0,038/0,9 = 4,19\% < 9\%$ đạt yêu cầu.

2. Tiếp tục tính toán độ ưu tiên của các phương án theo từng tiêu chí, ta thiết lập các ma trận tương ứng có kích thước bằng số phương án để xuất nêu ra.

Do có 4 tiêu chí so sánh, vì thế cần tính toán 4 ma trận với các số liệu thu được từ việc phỏng vấn tham khảo ý kiến chuyên gia. Thiết lập ma trận tính toán cho tiêu chí C1 (Hiệu quả kinh tế tối ưu):

Bảng 4. Ma trận mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C1

Phương án	PA1	PA2	PA3
PA1	1	1/4	1/7
PA2	4	1	1/3
PA3	7	3	1
Tổng	12,00	4,25	1,48

Tính toán trọng số cho các phương án theo tiêu chí C1 và thể hiện trong Bảng 5:

Bảng 5. Trọng số các phương án theo tiêu chí C1

Phương án	PA1	PA2	PA3	Trọng số phương án
PA1	0,083	0,059	0,097	0,080
PA2	0,333	0,235	0,226	0,265
PA3	0,583	0,706	0,677	0,656

Với số tiêu chí n = 3 thì RI = 0,58. Ta tính toán được các chỉ số sau:
 $\lambda_{max} = (0,074*1,3 + 0,257*4,25 + 0,669*1,458) = 3,028$
 $CI = (3,028 - 3)/(3 - 1) = 0,0142$
 $CR = 0,0142/0,58 = 2,44\% < 5\%$ đạt yêu cầu.

- Tương tự, tổng hợp các ý kiến tham khảo chuyên gia và lập Bảng 6 tính toán cho tiêu chí C2:

Bảng 6. Ma trận mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C2

Phương án	PA1	PA2	PA3
PA1	1	1/4	1/6
PA2	4	1	1/2
PA3	6	2	1
Tổng	11,00	3,25	1,67

Tính toán trọng số cho các phương án theo tiêu chí C2 được kết quả sau:

Bảng 7. Trọng số các phương án theo tiêu chí C2

Phương án	PA1	PA2	PA3	Trọng số phương án
PA1	0,091	0,077	0,100	0,089
PA2	0,364	0,308	0,300	0,324
PA3	0,545	0,615	0,600	0,587

Tương tự, ta tính toán được các chỉ số:

$$\lambda_{\max} = (0,080 \cdot 12 + 0,265 \cdot 4,25 + 0,656 \cdot 1,476) = 3,049$$

$$CI = (3,049 - 3) / (3 - 1) = 0,024$$

$$CR = 0,024 / 0,58 = 4,21 \% < 5\% \text{ đạt yêu cầu.}$$

- Tiếp tục lấy ý kiến chuyên gia để tính toán và lập bảng mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C3 như sau:

Bảng 8. Ma trận mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C3

Phương án	PA1	PA2	PA3
PA1	1	1/3	1/5
PA2	3	1	1/2
PA3	5	2	1
Tổng	9,00	3,33	1,70

Tính toán trọng số cho các phương án theo tiêu chí C3:

Bảng 9. Trọng số các phương án theo tiêu chí C3

Phương án	PA1	PA2	PA3	Trọng số phương án
PA1	0,111	0,100	0,118	0,110
PA2	0,333	0,300	0,294	0,309
PA3	0,556	0,600	0,588	0,581

$$\lambda_{\max} = (0,089 \cdot 11,0 + 0,324 \cdot 3,25 + 0,587 \cdot 1,667) = 3,013$$

$$CI = (3,013 - 3) / (3 - 1) = 0,006$$

$$CR = 0,006 / 0,58 = 1,08\% < 5\% \text{ đạt yêu cầu.}$$

- Cuối cùng, ta lấy ý kiến phỏng vấn chuyên gia và lập bảng mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C4 (Tiêu chuẩn hóa và định hình hóa thi công):

Bảng 10. Ma trận mức độ ưu tiên của các phương án đối với tiêu chí C4

Phương án	PA1	PA2	PA3
PA1	1	1/3	1/4
PA2	3	1	1/2
PA3	4	2	1
Tổng	8,00	3,33	1,75

Tính toán trọng số cho các phương án theo tiêu chí C4 và thể hiện trong Bảng 11:

Bảng 11. Trọng số các phương án theo tiêu chí C4

Phương án	PA1	PA2	PA3	Trọng số phương án
PA1	0,125	0,100	0,143	0,123
PA2	0,375	0,300	0,286	0,320
PA3	0,500	0,600	0,571	0,557

$$\lambda_{\max} = (0,098 \cdot 10 + 0,334 \cdot 3,25 + 0,568 \cdot 1,7) = 3,033$$

$$CI = (3,033 - 3) / (3 - 1) = 0,016$$

$$CR = 0,016 / 0,58 = 2,81 \% < 5\% \text{ đạt yêu cầu.}$$

3. Sau khi tính toán được các số liệu trọng số nêu trên, ta thiết lập Bảng 12 tổng hợp kết quả tính toán sau đây:

Bảng 12. Tổng hợp kết quả tính toán

	C1	C2	C3	C4
PA1	0,080	0,089	0,110	0,123
PA2	0,265	0,324	0,309	0,320
PA3	0,656	0,587	0,581	0,557

C1	0,513
C2	0,148
C3	0,280
C4	0,059

Nhân hai ma trận thể hiện trong Bảng 12 với nhau, ta có kết quả đánh giá phương án lựa chọn tối ưu là phương án có giá trị lớn nhất như sau: PA1 = 0,0809

$$PA2 = 0,2841$$

$$PA3 = 0,6351$$

Theo kết quả nghiên cứu và tính toán nêu trên, phương án có kết quả lớn nhất là phương án PA3 (Phương án công nghệ dùng ván khuôn nhôm) là phương án tối ưu nhất trong số các đề xuất công nghệ tương ứng với các tiêu chí đánh giá mà tổ chuyên gia đã đề ra.

Vậy ta lựa chọn công nghệ dùng ván khuôn nhôm để tiến hành thi công các dự án nhà cao tầng.

5. LÝ GIẢI VỀ KẾT QUẢ

5.1. Xu hướng sử dụng ván khuôn nhôm

Tại một số nước như Hàn Quốc, Nhật Bản, Singapore, thép nhôm sử dụng chủ yếu trong việc thi công nhà cao tầng. Kết hợp với các loại ván khuôn cho tường bao che hay hệ sàn thao tác. Đã tạo ra những hệ thống thép nhôm thay thế hiệu quả cho thép và Euro form truyền thống. Trong khi đó ở Ấn Độ, Malaysia và một số nước Châu Phi, thép nhôm được áp dụng cho nhà ở biệt thự và nhà liên kế có tính trùng lặp, tương đồng lớn.

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều công ty nổi tiếng chuyên về sản xuất ván khuôn tấm lớn như OURINORD, ALUMA, DOKA... Hãng OURINORD là nhà sản xuất chuyên về ván khuôn tấm lớn với hơn 50 năm kinh nghiệm phát triển, theo nghiên cứu khi sử dụng các sản phẩm ván khuôn tấm lớn của họ sẽ giảm được khoảng 15% giá thành sản phẩm, 25% về thời gian thi công. Với một năng lực sản xuất từ 2.000.000ft²/ năm (tương đương với 1.000 nhà ở/ngày), hãng ALUMA trải qua hơn 4 thập kỷ kinh nghiệm và phát triển với hơn 50 quốc gia. Sản phẩm của hãng tăng độ luân chuyển lên 40% và chất lượng sản phẩm cải thiện lên con số 35%. Sản phẩm của hãng này nhẹ hơn bất kỳ sản phẩm so sánh trong ngành công nghiệp, thời gian lắp ghép nhanh, giảm chi phí lao động trực tiếp rất nhiều. Công ty DOKA có một thương hiệu sản xuất ván khuôn nổi tiếng trên thế giới, với hơn 10 năm kinh nghiệm xong họ đã làm hàng ngàn dự án nổi tiếng trên thế giới và thương hiệu của họ đã được khẳng định qua các công trình như tòa nhà cao nhất thế giới Buri Khalifa tại Ả Rập, nhà máy điện Bauma tại Trung Quốc,... thế mạnh của hãng chính là ván khuôn leo [4].

Xu hướng thiết kế các công trình cao tầng đã được tối ưu hơn rất nhiều. Tối ưu hóa phong cách kiến trúc, kết cấu để phù hợp với giải pháp thép nhôm. Kết quả rằng trong những năm gần đây xu hướng kiến trúc đã có nhiều thay đổi. Nhờ đó, kết cấu cũng được tối ưu hóa, điển hình:

- Thiết kế sàn phẳng nhịp lớn, sàn PT ứng lực trước thay thế sàn dầm cổ điển với số lượng lớn ô sàn, dầm phụ.

- Thay vì thiết kế cột vách có kích thước lớn, với số lượng ít, thay đổi chiều dày nhiều lần khi lên cao. Thì nâng số lượng cột vách, tăng chiều dài giảm tiết diện. Hạn chế lượng vách thi công sau.

- Mô hình chung mật độ dầm sàn không còn dày đặc như trước kia nữa.

Những thay đổi như vậy đã đơn giản hóa công tác thiết kế, thi công ván khuôn. Đặc biệt là thép nhôm.

Bảng 13. Thông tin sử dụng ván khuôn nhôm tại một số dự án

Dự án	Kết cấu áp dụng	Thời gian thi công	Số đợt thi công bê tông	Hư hỏng
Huynhai Hill State Hà Đông	Cột, vách, dầm sàn	5 ngày/1 sàn 1500m ²	1 lần đổ bê tông -cột-dầm sàn	Ván khuôn hầu như không bị biến dạng
Khu nhà ở hộ gia đình Formosa Hà Tĩnh	Cột, vách, dầm sàn		304 căn nhà liền kề hai tầng, mỗi block khoảng 10 căn liền kề. Cả block sẽ được đổ nguyên khối 1 lần -cột-dầm sàn	Ván khuôn hầu như không bị biến dạng, sau khi tháo cốppha công tác hoàn thiện còn lại chỉ là sơn trang trí

(Nguồn [4, 5])

5.2. Đánh giá hiệu quả chất lượng xây dựng khi sử dụng ván khuôn nhôm so với việc sử dụng ván khuôn truyền thống

Với ván khuôn truyền thống chất lượng bề mặt và kích thước bề tông phụ thuộc phần lớn vào tay nghề của công nhân.

Ván khuôn nhôm nhẹ hơn 30% so với ván khuôn thông thường. Công nghệ sản xuất ván khuôn nhôm hiện đại bắt đầu từ việc chế tạo các thanh nhôm thông qua quá trình nung chảy phiôi nhôm tạo ra sản phẩm đảm bảo tiêu chuẩn nhẹ, cường độ và hiệu quả. Giữa các tấm sản phẩm nhôm nhẹ là tấm dầm nhôm, cường độ và trọng lượng nhẹ, tạo thành khối kết cấu hoàn hảo. Với kết cấu thiết kế hệ giằng trên giàn nhôm nhẹ khung nhôm, khung tường và ván khuôn trụ,...) dầm ván khuôn nhôm có kết cấu khỏe, bền vững, dễ tháo dỡ, mang lại hiệu quả kinh tế cao cho toàn kết cấu hệ giằng [5].

Khi sử dụng ván khuôn nhôm thì với bề mặt ván khuôn phẳng, láng giúp tạo ra bề mặt bê tông nhẵn mịn.

Bên cạnh đó, với công nghệ sản xuất hiện đại, tấm nhôm giảm tối đa trọng lượng nhưng vẫn đảm bảo khả năng chịu tải cho phép. Các cấu kiện được liên kết với nhau tạo nên hệ toàn khối chịu lực tốt, vững vàng và trọng lượng nhẹ.

Tất cả các bộ phận của khuôn mẫu hợp kim nhôm được lắp ráp bằng tấm nhôm hợp kim. Một khi hệ thống được lắp ráp, nó sẽ được tạo thành một khuôn khổ hoàn chỉnh với độ ổn định rất tốt và khả năng chịu lực đến 60kN mỗi mét vuông [5].

Việc ghép ván khuôn bê tông toàn khối bằng ván khuôn nhôm đáp ứng được độ kín khít tiêu chuẩn, hạn chế mất nước xi măng làm giảm mác bê tông.

Sử dụng ván khuôn nhôm ghép cấu kiện dầm sàn đổ liền khối hạn chế được mạch ngừng trong xây dựng, chất lượng kết cấu cao hơn.

5.3. Đánh giá về giá thành khi sử dụng ván khuôn nhôm so với việc sử dụng ván khuôn truyền thống

Ván khuôn truyền thống hiện nay đa phần là sử dụng tài nguyên gỗ (gỗ nguyên tấm hoặc gỗ ép). Việc sử dụng đại trà như hiện nay dẫn đến tài nguyên thiên nhiên ngày càng cạn kiệt do số vòng luân chuyển trong công trình thấp. Bên cạnh đó, trong quá trình gia công ván khuôn hay bị cắt bỏ nhiều lãng phí không tái sử dụng được [5]. Một loại ván khuôn truyền thống nữa là ván khuôn thép định hình, đây là loại ván khuôn cũng được sử dụng phổ biến trong xây dựng hiện nay, tuy nhiên khá nặng không tiện cho việc vận chuyển, và khả năng tạo thành ván khuôn tấm lớn khó khả thi. Điều này làm chi phí lắp đặt, tháo dỡ khá lớn.

Trong khi đó, giá thành ván khuôn nhôm cao hơn hẳn các loại hình khác nên chi phí đầu tư ban đầu không hề nhỏ. Đồng thời, kỹ thuật quản lý yêu cầu khắt khe dẫn đến nhiều Công ty xây dựng trong nước chưa có khả năng đầu tư. Nhưng đổi ngược lại xét tổng thể một dự án thì khi sử dụng ván khuôn nhôm chi phí hoàn thành của toàn bộ dự án sẽ giảm đáng kể so với sử dụng ván khuôn truyền thống. Ván khuôn nhôm có thể tái sử dụng đến **100 lần** (tức là sản phẩm có thể sử dụng cho 4-5 công trình). Thông

thường, dự án sử dụng lần đầu tiên sẽ hỏng khoảng 20%, 80% sản phẩm còn lại sẽ được tái sử dụng cho dự án sau. Ván khuôn nhôm rất dễ xử lý trong công tác làm sạch công nghiệp với quy trình khép kín, góp phần bảo quản sản phẩm tốt và vệ sinh môi trường (không bắn bụi, an toàn) [5].

Tất cả các bộ phận của tấm lợp hợp kim nhôm đều có thể tái sử dụng và không có rác thải tại chỗ sau khi gỡ bỏ ván khuôn để đảm bảo môi trường xây dựng an toàn, sạch sẽ và gọn gàng.

Khi sử dụng ván khuôn nhôm khả năng sai lệch kết cấu khá thấp, bề mặt bê tông sau thi công thẩm mỹ. Mặt bê tông sử dụng ván khuôn nhôm không cần tô trát như đối với ván khuôn truyền thống. Chỉ cần mài nhám và phun sơn để hoàn thiện do đó giảm đáng kể chi phí hoàn thiện công trình.

Ví dụ thực tế về phân tích chi phí cho tòa nhà Mỹ Đình Plaza 2. Tòa nhà này là tòa nhà 28 tầng nổi, diện tích xây dựng 2.340 m² [5].

Bảng 14. Tóm tắt phân tích so sánh sử dụng giải pháp ván khuôn (Tòa Mỹ Đình Plaza 2)

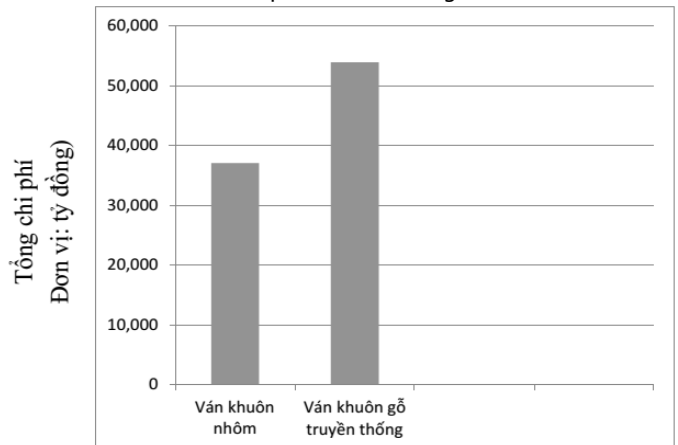
Đơn vị: tỷ đồng

	Hệ ván khuôn nhôm định hình	Hệ ván khuôn thép định hình
Thời gian	6 tháng	12 tháng
Chi phí khuôn	7,284	5,463
Chi phí hoàn thiện	21,397	29,346
Chi phí sơ bộ	6,374	10,243
Chi phí xử lý chất thải	0	2,959
Chi phí máy móc	2,049	5,918
Tổng	37,104 + X	53,929 + X

(Nguồn [5])

Trong đó X là chi phí chung cho tòa nhà (không ảnh hưởng bởi loại ván khuôn)

Để dễ so sánh các kết quả biểu diễn bằng biểu đồ như sau:



Hình 2. So sánh tổng chi phí của toàn bộ dự án khi sử dụng hai loại ván khuôn (Nguồn [5])

Bảng 15. So sánh đặc điểm của một số loại ván khuôn thông dụng

Đặc điểm chính	Gỗ ván ép	Thép	Nhôm
Đầu tư ban đầu (VND/m ²)	153.000	450.000	2.000.000-2.700.000
Luân chuyển (lần)	5-10	200	100
Chất lượng bề mặt	Tốt nhưng giảm nhanh theo số lần sử dụng	Tốt nhưng giảm do gỉ và biến dạng	Tốt
Trọng lượng (kg/m ²)	5-10	+/-31	+/- 20
An toàn	Bình thường	Nguy hiểm	Tốt
Tốc độ quay vòng	Chậm	Chậm	Nhanh
Chi phí bảo dưỡng	Phụ thuộc thời tiết, gia công	Cao	Trung bình
Khả năng thu hồi	Không có khả năng tái chế	Ít	Thu hồi ít nhất 80% giá trị
Bảo quản, bảo dưỡng	Kho kín có mái che tránh mưa, nắng	Kho có mái che tránh mưa, nắng	Kho có mái che tránh mưa, nắng

(Nguồn [1, 3, 14])

Có thể thấy khi sử dụng hệ ván khuôn nhôm định hình thì thời gian xây dựng ít hơn một nửa so với sử dụng ván khuôn truyền thống. Tuy chi phí dành cho ván khuôn nhôm là khá cao nhưng khi sử dụng ván khuôn nhôm định hình thì các chi phí về hoàn thiện, máy móc giảm rõ rệt và nhất là chi phí chất thải xây dựng gần như không mất ở khoản này vì ván khuôn nhôm ít tạo ra chất thải xây dựng khi thi công dự án. Chính những điều này dẫn đến toàn bộ chi phí cho thi công dự án giảm.

6. KẾT LUẬN

Việc lựa chọn giải pháp ván khuôn phù hợp là bài toán liên quan đến nhiều tiêu chí có mức độ ưu tiên khác nhau. Rất khó để đưa ra giải pháp ván khuôn duy nhất cho tất cả các công trình nhà cao tầng. Với mỗi công trình, có một giải pháp thiết kế khác nhau, một kế hoạch tiến độ cũng như các giải pháp kỹ thuật công nghệ xây dựng khác nhau. Tuy nhiên AHP là phương pháp lựa chọn đa tiêu chí, phù hợp với các trường hợp ra quyết định phức tạp (hiệu quả kinh tế, tính cơ giới hóa, định hình hóa, tiến độ và chất lượng,...). Bằng việc so sánh cặp các tiêu chí dựa trên mức độ quan trọng của chúng đối với việc lựa chọn giải pháp ván khuôn sau đó so sánh đánh giá từng cặp chỉ tiêu dựa trên mức độ ưu tiên lựa chọn nếu xem xét riêng từng tiêu chí và kết hợp các góc độ đánh giá này lại cho kết quả so sánh tổng hợp có độ tin cậy cao. Các tác giả đã sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP để giải bài toán ra quyết định đa thuộc tính giúp nhà thầu xây dựng lựa chọn được giải pháp ván khuôn phù hợp với điều kiện riêng của từng công trình. Trong trường hợp có nhiều tiêu chí so sánh hơn, có thể sử dụng phần mềm chuyên dụng, hoặc nhóm các tiêu chí thành nhiều nhóm hơn và giải quyết bài toán kết hợp AHP với một số phương pháp khác như tích hợp AHP với ANP (Analytic Network Process), hoặc AHP với TOPSIS,... để tận dụng được lợi thế của mỗi phương pháp trong giải quyết vấn đề cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Blog Coppha Nhôm. *Aluminum Formwork*. 2021 Truy cập ngày 21/02/2021: <https://coffanhom.com/>.
2. Nguyễn Văn Châu, Bùi Ngọc Toàn, Nguyễn Quang Phúc, *Đo lường mức độ rủi ro kỹ thuật trong xây dựng công trình giao thông đường bộ ở Việt Nam bằng phương pháp F-AHP*. *Giao thông Vận tải*, 2015. 9: p. 49-52.

3. Công ty cổ phần tổng kho cốp pha. 2021. Truy cập ngày 21/02/2021: <http://www.tongkhocoppha.com/>.

4. Đặng Hoàng Giang, *Đánh giá hiệu quả sử dụng cốp pha nhôm định hình trong thi công nhà cao tầng hiện nay*, *Luận văn thạc sĩ*. 2018, Trường Đại học Thủy lợi.

5. Nguyễn Trường Huy, *Nghiên cứu sử dụng ván khuôn nhôm trong thi công xây dựng tại Việt Nam*, Đề tài NCKH cấp bộ, Bộ Xây dựng. 2020.

6. Tổng cục Thống kê, *Các báo cáo phân tích và dự báo thống kê năm 2020*. Truy cập ngày 26/8/2021: <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2021/08/cac-bao-cao-phan-tich-va-du-bao-thong-ke-nam-2021/>, 2021.

7. Phạm Hồng Luận, Nguyễn Đình Đạo, *Ứng dụng phương pháp AHP (Analytic hierarchy process) xác định các yêu cầu đối với chất lượng thiết kế thuộc gói thầu thiết kế - thi công*. *Tạp chí Xây dựng*, 2013. 1-2013: p. 59-62.

8. Nguyễn Thế Quân, Vũ Quyết Thắng, *Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn loại hợp đồng dự án sử dụng trong dự án thực hiện theo hình thức đối tác công tư*. *Tạp chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (KHCNXD) - ĐHXD*, 2015. 9(1): p. 104-109.

9. Nguyễn Thế Quân, *Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn phương án công nghệ thi công xây dựng*. *Tạp chí Kết cấu và công nghệ xây dựng*, 2015. 17(2/2015): p. 21-26.

10. Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*. 1980, New York: McGraw-Hill.

11. Phạm Quang Thanh, *Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn phương thức thực hiện dự án đầu tư xây dựng*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng -ĐHXD*, 2019. 13(3V): p. 125-135.

12. Nguyễn Quốc Toàn, Hoàng Thị Khánh Vân, *Cơ sở khoa học ứng dụng phương pháp chỉ tiêu tổng hợp không đơn vị đo trong đánh giá phương án tổ chức thi công của nhà thầu*. *Tạp chí Xây dựng*, 2013. 1(10): p. 108-110.

13. Nguyễn Quốc Toàn, Nguyễn Thị Mỹ Hạnh, *Lựa chọn nhà cung cấp vật liệu cho nhà thầu xây dựng bằng phương pháp AHP*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng -ĐHXD*, 2020. 14(3V): p. 149-162. DOI: [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(3V\)-14](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(3V)-14)

14. Nguyễn Bá Vy, Bùi Văn Yêm, *Giá trình Lập định mức kỹ thuật xây dựng*. 2007. Nhà xuất bản Xây dựng.

Ứng dụng rọ đá vỏ lưới nhựa chống xói bờ kè trong môi trường xâm thực

Application of Gabion With Hdpe Grid Cover for Slop Protection in Corrosive Environment

> **NGUYỄN DUY LIÊM¹; ĐỖ XUÂN SƠN¹; LÂM NGỌC TRÀ MY²**

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
Email: liemnd@hcmute.edu.vn; sondx@hcmute.edu.vn

²Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở TP.HCM
Email: my.lnt@ou.edu.vn

TÓM TẮT:

Khu vực ven biển thuộc Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đang đối mặt với biến đổi khí hậu ngày một lớn, trong đó vấn đề sạt lở bờ kè cũng được quan tâm. Hiện tượng sạt lở thường xảy ra tại khu vực có địa chất yếu, địa tầng cấu tạo bởi lớp bùn sét bề mặt dày, sức kháng cơ học thấp, tính nén-lún cao lại thêm tác động của thiên tai như lũ lụt, mưa bão.... Bài báo trình bày giải pháp dùng rọ đá có vỏ lưới được chế tạo từ vật liệu nhựa HDPE (High-density polyethylene). Tính hiệu quả của giải pháp được minh họa cụ thể qua 2 công trình: kè sông Mỏ Nhát, khu Công nghiệp chuyên sâu Phú Mỹ 3, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu và kè rạch khu đô thị Mizuki Park - Bình Chánh - TP.HCM được thực hiện trong năm 2019. Đây là thông tin hữu ích cung cấp cho các nhà tư vấn thiết kế và cơ quan quản lý chuyên ngành thủy lợi, cầu đường có thể áp dụng ở những công trình tương tự, góp phần đáp ứng sự phát triển bền vững dưới các tác động tiêu cực của môi trường.

Từ khóa: Rọ đá; xói lở; gia cố mái taluy; phát triển bền vững; biến đổi khí hậu

ABSTRACT:

Coastal Mekong Delta areas are facing increasingly climate change, specially, the problem of embankment landslides has been greatly concerned. The phenomenon of landslide often occurs in areas with deep soft soil revealing its high compression index and low mechanical resistances properties, besides, natural disasters such as flood, storm, climate change also have affected the landslide. This paper performs the solution for slope protection using gabion with its HDPE cover (High-density polyethylene). The efficiency of the solution is drawn from 2 projects built in 2019 as follows: slope protection for Mo Nhat river embankment, Phu My 3 specialized industrial zone, Ba Ria - Vung Tau Province, and, slope protection for canal in Mizuki Park - Binh Chanh District - Ho Chi Minh city. This successful application provides useful information for civil engineers and/or administrators, who are able to widen the such solution in similar transportation projects, or, irrigation and drainage projects, in the purpose of sustainable development under negative environmental impacts

Keywords: gabion; erosion, reinforcement of slopes; sustainable development; climate

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, hiện tượng sạt lở bờ sông thường xảy ra thường xuyên và ngày càng nghiêm trọng ở nhiều khu vực có địa chất yếu với địa tầng cấu tạo bởi lớp bùn sét bề mặt dày, sức kháng cơ học thấp, tính nén-lún cao lại thêm tác động của thiên tai như lũ lụt, mưa bão. Ngoài nguyên do lớp bùn bề mặt dày và quá yếu không kháng nổi tải trọng đắp gây ra, các tàu thuyền đi lại trên hệ thống sông, kênh rạch gây ra hiện tượng dềnh nước, nước dâng cao và chảy xiết mùa lũ làm chân mái taluy bị xói nghiêm trọng. Hình 1 minh họa một vị trí sạt lở nặng ở ĐBSCL [Web Năng lượng sạch Việt Nam (2019)]. Khắc phục sạt lở khu vực ĐBSCL tiêu tốn hàng ngàn tỉ đồng mỗi năm [Web Báo đầu tư (2018)], chi phí dự kiến sẽ còn tiếp tục tăng trong những năm tới với những biến

động bất thường của thiên tai, bão lũ gây ra. Do vậy, tìm giải pháp hợp lý về kinh tế - kỹ thuật để chống xói bờ kè là rất cần thiết.



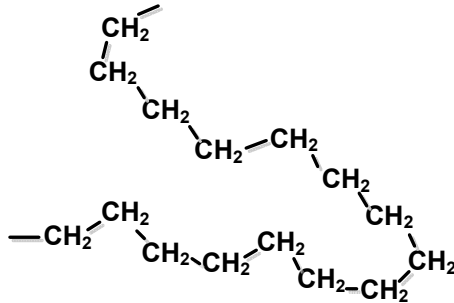
Hình 1. Sạt lở bờ sông ở ĐBSCL

Bài báo trình bày giải pháp dùng rọ đá vỏ lưới nhựa gia cố mái taluy cho khu vực đất yếu sát kênh rạch và ngập nước. Giải pháp được áp dụng thành công qua công trình kè sông Mỏ Nhát thuộc khu Công nghiệp chuyên sâu Phú Mỹ 3, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Một công trình khác là bờ kè rạch trong khu đô thị Mizuki Park - Bình Chánh - TP.HCM cũng áp dụng hữu hiệu rọ đá vỏ nhựa. Từ thành công bước đầu ở 2 dự án này, khả năng ứng dụng rọ đá vỏ lưới nhựa gia cố mái kênh hay làm tường chắn trong ngành thủy lợi và giao thông là rất khả quan.

2. GIẢI PHÁP DÙNG RỌ ĐÁ VỎ LƯỚI NHỰA CHỐNG XÓI BỜ KÈ TRONG MÔI TRƯỜNG XÂM THỰC

2.1. Đặc tính của vỏ lưới nhựa

Nhựa HDPE (High-density polyethylene) là loại nhựa có mật độ polyethylene cao, cấu trúc phân tử của nhựa HDPE thể hiện ở Hình 2 [Web Libretxts (2021)]. HDPE có độ bền cơ học cao, hầu như tro hoàn toàn về mặt hóa học, có thể chịu được nhiệt độ cao (120 độ C trong thời gian ngắn, hoặc 110 độ C trong thời gian dài).



High Density Polyethylene (HDPE)

Hình 2. Cấu trúc phân tử của nhựa HDPE

Việc ứng dụng lưới nhựa HDPE làm vỏ rọ đá để gia cố chống xói mòn trong môi trường xâm thực mạnh là do những đặc tính sau:

- Tính bền cơ học cao (bền xé và bền kéo đứt), khá cứng vững, không mềm dẻo như vỏ lưới nhựa PE.
- Có sức chịu va đập tốt và tính đàn hồi cao, nhưng nhựa HDPE sẽ bị biến dạng dẻo sớm trong quá trình biến dạng, do đó, vỏ lưới nhựa thường được coi là vật liệu "cứng".
- Ít bị ăn mòn bởi các chất hóa học như dung dịch axit, kiềm và các hợp chất hữu cơ: rượu béo, aceton, ete etylic, glicerol.
- Chống biến dạng: vỏ lưới nhựa HDPE vẫn giữ được hình dạng sau nhiều lần xoắn, uốn.
- Vỏ lưới nhựa HDPE sở hữu khả năng chống mối, chống ẩm rất cao, rất có lợi trong môi trường xâm thực.
- Về giá thành sản xuất, vỏ lưới nhựa HDPE không đắt hơn nhiều vỏ lưới thép truyền thống. Tại thời điểm hiện tại nếu xét chi phí vỏ lưới thì cao hơn khoảng 1.7 lần, nhưng xét cho toàn kết cấu tường thì cao hơn khoảng 1.2 lần.



Hình 3. Vỏ lưới nhựa được chế tạo từ nhựa HDPE

2.2. Ưu điểm của rọ đá dùng trong gia cố mái lòng sông so với dùng kết cấu bê tông

Các giải pháp gia cố tầng ổn định mái dốc có thể xem xét như sau:

- Giảm độ cao bờ đắp: giải pháp này mang tính thụ động vì cao độ bờ đắp đã được quy hoạch đáp ứng mức nước tần suất lũ.
- Giảm độ nghiêng mái dốc bằng cách làm thoải mái dốc hoặc chia nhiều tầng.
- Tăng cường độ bền vững bề mặt mái dốc: trồng cây-cỏ, xây kè đá, kè bê tông cốt thép, neo đất, gia cường mái dốc bằng cọc nhồi, cọc đóng, cọc tre tại các vị trí xung yếu.
- Tăng cường khả năng thoát nước: nước ứ đọng sẽ làm gia tăng sức nặng lên đống trượt.

Với nền đất yếu và độ lún chưa ổn định thì việc dùng tường chắn BTCT phải sử dụng cọc dài làm tăng kinh phí xây dựng, bởi sự sụt lún nền móng có thể gây nứt công trình. Kết cấu rọ đá có tính "xộc xệch" sẽ giảm thiểu ảnh hưởng tiêu cực do sụt lún nền móng. Như vậy, rọ đá có thể làm tường chắn thẳng đứng hoặc lát mái taluy chống xói lở.

3. SỬ DỤNG RỌ ĐÁ VỎ LƯỚI NHỰA CHỐNG XÓI KÈ SÔNG MỎ NHÁT, BÀ RIJA - VŨNG TÀU

3.1. Đặc điểm công trình

Kè sông Mỏ Nhát và san nền là hạng mục của dự án "Khu công nghiệp chuyên sâu Phú Mỹ 3" do Công ty Cổ phần Thanh Bình Phú Mỹ làm Chủ đầu tư có diện tích 999 ha. Đây là một dự án phát triển hạ tầng khu công nghiệp nhằm đẩy mạnh phát triển các ngành công nghiệp cho Vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, trong đó có tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, mà trực tiếp là phát triển kinh tế của khu vực đô thị cảng công nghiệp Phú Mỹ. Khu vực công trình bị ảnh hưởng xâm thực do gần biển, đặc biệt là các tháng mùa khô độ xâm nhập mặn khá sâu tác động lớn đến ăn mòn kim loại sử dụng trong công trình.

LỚP K	Lớp đất bề mặt: Sét, sét pha, cát sạn hỗn hợp lẫn rễ thực vật màu xám xanh, xám đen, nâu vàng. Bề dày lớp thay đổi từ 0.5m đến 1.0m.
LỚP 1	Lớp 1: Bùn sét màu xám đen, nâu đen, xám lẫn vật liệu hữu cơ: Lớp đất này xuất hiện ở hầu hết các lỗ khoan khảo sát. Bề dày lớp thay đổi từ 0.7m đến 8.3m; tầng dẫn theo hướng từ Quốc Lộ 51 về phía sông Mỏ Nhát
LỚP 2 đến LỚP 10	Các lớp 2 đến lớp 10 (khoan sâu tới 50 m) gồm sét pha, á cát, cát hạt mịn đến hạt trung thô chịu lực trung bình đến tốt.

Hình 4. Địa chất vị trí dự án kè sông Mỏ Nhát

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của lớp đất 1

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Dung trọng ướt γ_w	g / cm^3	1.53
Hệ số rỗng e_0	-	2.01
Giới hạn chảy W_L	%	61.8
Giới hạn dẻo W_p	%	37.3
Chỉ số dẻo I_p	-	24.6
Độ sệt B	-	1.49
Góc ma sát trong φ	độ	1°34'
Lực dính C	kG / cm^2	0.076

Cao độ thiết kế đỉnh kè và san nền của dự án lần lượt là +2.50 và +1.50. Chiều cao san lấp phần tiếp giáp sông Mỏ Nhát thay đổi từ 3-12 m tùy vị trí kè. Về địa chất, khu vực này có các lớp đất tính từ trên xuống như mô tả ở Hình 4 [Công ty TNHH dịch vụ, xây dựng Hoàng Hưng (2017)]. Lớp đất 1 là lớp đất rất yếu, có độ nén-lún cao ảnh hưởng nhiều đến các giải pháp thiết kế san nền và các công trình hạ tầng kỹ thuật. Bảng 1 cung cấp các chỉ tiêu cơ lý của lớp đất yếu này.

3.2. Giải pháp kỹ thuật

Giải pháp kỹ thuật chính của bờ bê như sau:

- Tính ổn định của mái ta luy bờ kè lòng sông (phần dốc nghiêng tạo lòng sông) được đảm bảo bằng giải pháp túi địa kỹ thuật xếp chồng theo từng lớp [Công ty Orbitec (2015)]. Hình 5 mô tả bố trí túi địa kỹ thuật cho mái ta luy bờ kè nhằm đảm bảo ổn định cho bờ kè. Hệ số ổn định tính toán theo Bishop đạt trên 1.4 (Tiêu chuẩn ngành, 22TCN 262- 2000). Kết quả tính toán thể hiện ở Hình 6.

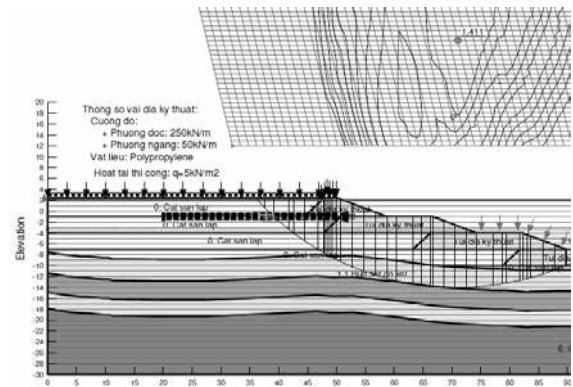
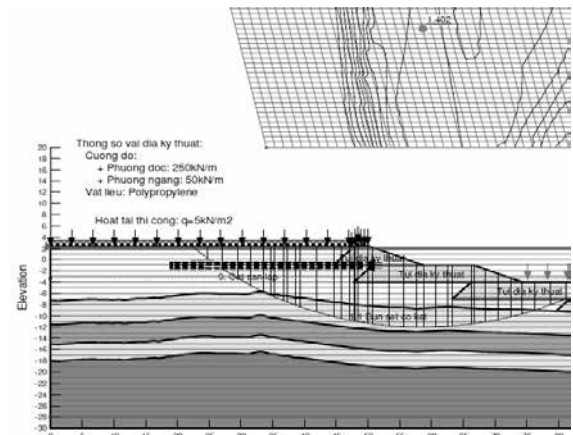
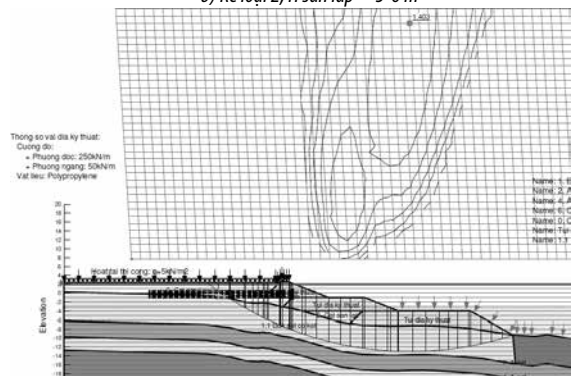
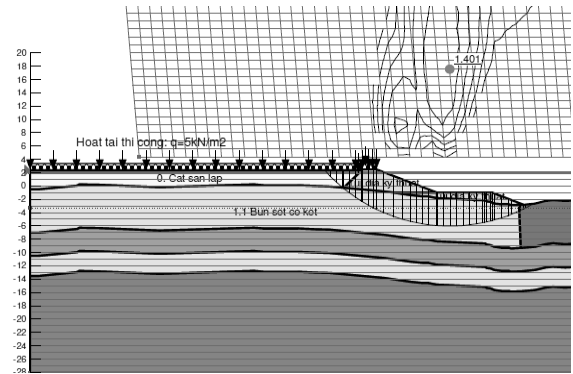
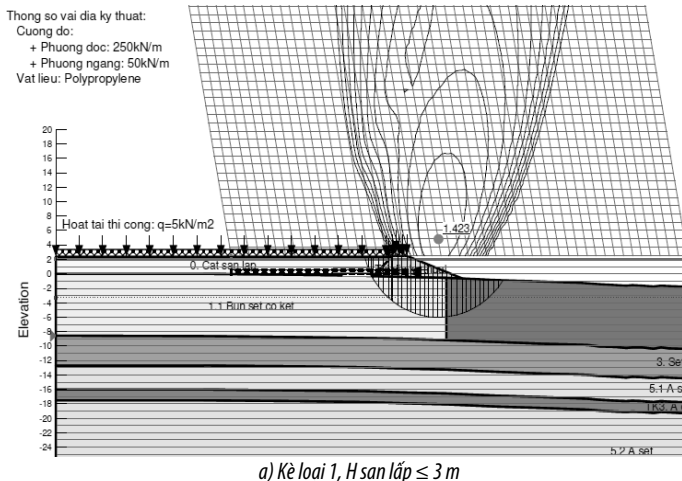
- Đảm bảo chống xói mái dốc bằng lát rọ đá lưới nhựa bao phủ bên ngoài, mô tả ở Hình 7. Do lớp rọ đá này mỏng so với chiều cao san lấp nên tác dụng của rọ đá được bỏ qua trong tính toán ổn định để thiên về an toàn.

- Chấp nhận lún của nền đắp.

Giải pháp kết cấu mái ta luy bờ kè như vậy sẽ không bị ảnh hưởng nhiều do lún. Kết cấu có khả năng thoát nước nhanh, làm giảm áp lực nước phía trong mái ta luy.



Hình 5. Túi địa kỹ thuật đảm bảo tính ổn định mái taluy bờ kè sông Mỏ Nhát



Hình 6. Tính toán ổn định trượt mái dốc bằng phương pháp Bishop



Hình 7. Thi công rọ đá vỏ lưới nhựa bề mặt ta luy

3.3. Biện pháp thi công

Công tác thi công kè sông Mỏ Nhát được chia thành 2 giai đoạn: giai đoạn 1 phục vụ bơm cát san nền, sử dụng túi địa kỹ thuật để làm kè, giai đoạn 2 thực hiện khi kè thi công ở giai đoạn 1 đã ổn định (khoảng 6 tháng) sẽ tiến hành bù lún, tạo phẳng mái dốc kè bằng bao cát, sau đó trải vải kỹ thuật ngăn cách và gia cố mái kè bằng thảm rọ đá vỏ lưới nhựa HDPE.

- Trình tự thi công kè sông giai đoạn 1 - phục vụ san nền: Thả phao báo hiệu khu vực thi công → Định vị chân kè các bậc bằng cọc dũa → Lắp đặt túi địa kỹ thuật theo đường đã định vị → Lắp đặt ống bơm cát vào các ống gắn trên túi địa kỹ thuật, sau đó bơm cát vào túi cho đến khi đầy túi → Tiếp tục đặt các túi địa kỹ thuật kế tiếp cho đến khi xong kè bậc 1 → thi công bậc kè kế tiếp bê trên tương tự như thi công bậc kè thứ 1.

- Trình tự thi công kè sông giai đoạn 2 - hoàn thiện: Đắp bao cát bù vênh tạo phẳng mái kè → Trải vải địa kỹ thuật trên mặt kè và trải lớp đá dăm lót → Xếp vỏ lưới nhựa (hãng Tensor) vào vị trí cần thảm → Xếp đá vào rọ → Thi công rọ đá kế tiếp → Công tác hoàn thiện.

Nhận xét: Công nghệ thi công đơn giản, chỉ cần xếp đá vào vỏ lưới nhựa may sẵn là thực hiện được nhanh gọn. Để có thể xếp đá được nhanh và chặt chẽ, cần sử dụng các loại đá có kích thước tương đối đều nhau.

4. SỬ DỤNG RỌ ĐÁ VỎ LƯỚI NHỰA TRONG KẾT CẤU TƯỜNG CHẮN Ở KHU ĐÔ THỊ MIZUKI PARK - TP. HCM

4.1. Đặc điểm công trình

Khu đô thị Mizuki Park có quy mô khoảng 26 ha nằm trên Đại lộ Nguyễn Văn Linh thuộc huyện Bình Chánh, TP.HCM. Hạ tầng khu đô thị bao gồm nhiều tuyến đường nội bộ cùng các cầu trên các tuyến. Nước sông khu vực công trình theo khảo sát có tính ăn mòn bi - carbonat, hàm lượng các ion đo được như sau:

- Độ PH : 6.88 - 6.92
- K⁺ và N⁺ : 352 mg/lít - 363 mg/lít
- Ca⁺ : 16 - 20 mg/lít
- Fe₂⁺ và Fe₃⁺ : 0

- Cl⁻ : 609 mg/ lít
- HCO₃⁻ : 61 - 73 mg/lít
- Tính SO₄²⁻ : 0

Địa chất khu vực này khá yếu, các lớp đất tính từ trên xuống như sau [Phân viện khoa học công nghệ miền Nam (2019)]:

- **Lớp đất bề mặt:** Sét, sét pha, cát sạn hỗn hợp lẫn rễ thực vật màu xám xanh, xám đen, nâu vàng. Bề dày lớp thay đổi từ 0.5-1.0 m.

- **Lớp 1:** Bùn sét màu xám xanh, xám đen đôi chỗ lẫn hữu cơ, vô sò, trạng thái chảy, gặp ở tất cả các lỗ khoan, chiều dày lớp này thay đổi từ 16.5m đến 22.4m, trị số SPT từ 0÷5.. Chỉ tiêu cơ lý của lớp này: dung trọng ướt $\gamma_w = 1.54 \text{ g/cm}^3$, hệ số rỗng $e_0 = 1.85$, giới hạn chảy $W_L = 64.3 \%$, giới hạn dẻo $W_p = 29.6 \%$, chỉ số dẻo $I_p = 34.7$, độ sệt $B = 1.11$, góc ma sát trong $\phi = 5^\circ 72'$, lực dính $c = 0.057 \text{ kG/cm}^2$.

Nhận xét: Đây là lớp đất rất yếu, có độ nén-lún cao ảnh hưởng nhiều đến các giải pháp thiết kế san nền và các công trình hạ tầng kỹ thuật.

Các lớp 2 đến lớp 6 (khoan sâu tới 50 m) là các lớp chịu lực từ trung bình đến tốt gồm sét pha, cát pha, sét nửa cứng đến cứng.

4.2. Giải pháp kỹ thuật tường chắn rọ đá



Hình 8. Rọ đá vỏ lưới nhựa được xếp nhiều lớp làm tường chắn đất

Hình 8, thể hiện đoạn tường chắn dùng rọ đá vỏ nhựa với cấu tạo tường như sau [Công ty Orbitec (2020)]:

- Đất nền dưới tường kè được gia cố bằng cọc tràm đường kính ngọn $\geq 4.0 \text{ cm}$, đường kính gốc 8-10 cm, L=4.0m, mật độ đóng 16 cọc/m², bên trên phủ cát dày 15cm kể đến là lớp cấp phối đá dăm dày 10cm.

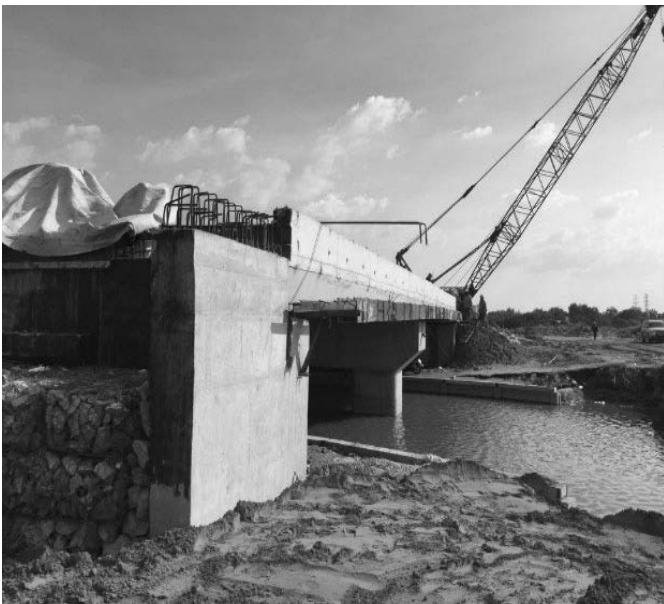
- Rọ đá gồm nhiều modul có kích thước khác nhau được xếp theo nguyên tắc không trùng mạch, rọ đá có khung xương bằng thép D8 và được sơn chống gỉ, Vỏ bằng lưới địa kỹ thuật SS30 (hãng Tensor), bố trí vách ngăn theo nguyên tắc các ô trống không quá 1m, rọ được buộc bằng dây nhựa HDPE chuyên dùng.

• Để chống mất cát (trôi) mặt sau rọ tiếp xúc với nền cát được trải vải địa kỹ thuật ngăn cách.

Hình 9, thể hiện đoạn tường chắn đã hoàn thiện với bề mặt đã được trồng cỏ tăng hiệu quả kiến trúc. Ngoài ra, tường chắn rọ đá cũng có thể bố trí sau móng cầu (xem mô tả ở Hình 10) như một tường trọng lực có tác dụng làm giảm áp lực đất lên kết cấu móng cầu.



Hình 9. Trồng cỏ trên mặt tường chắn rọ đá



Hình 10. Rọ đá vỏ lưới nhựa được xếp sau móng cầu

4.3. Trình tự thi công

Kè rọ đá được tiến hành thi công theo trình tự sau:

- Định vị tim cọc dũa phục vụ san lấp lấn;
- Đóng cọc dũa, liên kết các cọc với nhau;
- Trải vải địa kỹ thuật ngăn mất cát;
- San lấp cát đến cao độ +1.60 ($K \geq 0.85$);
- Thi công xử lý nền đất yếu;
- Định vị phạm vi móng kè và phạm vi trải lưới địa kỹ thuật neo;
- Đào hố móng đến cao độ thiết kế;

• Cắt đầu cọc dũa hiện hữu đến cao độ đáy hố móng (tận dụng lại cọc dũa nếu không bị mục);

- Thi công cọc tràm gia cố nền (nếu có) và lớp cát phủ đầu cọc;
- Trải lớp đá dầm lót móng;
- Lắp đặt rọ đá theo phương pháp thủ công theo từng lớp kết hợp trải vải địa kỹ thuật ngăn mất cát và trải lưới địa kỹ thuật neo. Lưu ý: trong quá trình lắp các tầng rọ đá tường kè cần hiệu chỉnh vị trí rọ đá để khử các chuyển vị ngang (nhằm đảm bảo sau khi hoàn thành mặt ngoài tường kè tương đối phẳng theo thiết kế); Để khử được chuyển vị ngang của tường rọ đá thì khi lắp đặt phải đặt rọ đá lệch khỏi vị trí thiết kế (lệch về phía nền đắp phía trong) một khoảng bằng với chuyển vị ngang của tường.

5. KẾT LUẬN

Một số kết luận về giải pháp dùng rọ đá vỏ lưới nhựa để gia cố mái ta luy hay làm tường chắn:

- Giải pháp khá hợp lý trong điều kiện công trình ở khu vực đất yếu, nền móng công trình lún chưa ổn định, công trình ở khu vực xâm thực mạnh.
- Giá thành rọ đá vỏ lưới nhựa phải chăng, thi công đơn giản và nhanh.

Lời cảm ơn

Bài báo được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Công ty Orbitec, Hồ sơ tổ chức thi công hạng mục Kè Sông Mỏ Nhất và San Nền. Dự án Khu Công Nghiệp Chuyên Sâu Phú Mỹ 3 - Giai Đoạn 1C, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, 2015.
- Công ty Orbitec, Hồ sơ thiết kế Kè ranh đất phía Đông và phía Tây dự án khu đô thị, dự án Khu Dân Cư Nguyễn Sơn (Mizuki Park), giai đoạn 2-3, 2020.
- Công ty TNHH dịch vụ, xây dựng Hoàng Hưng, Hồ sơ khảo sát địa hình khu vực kè sông Mỏ Nhất, 2017.
- Phân viện khoa học công nghệ miền Nam, Hồ sơ Báo cáo địa chất công trình Mizuki CCS, 2019.
- Tiêu chuẩn ngành, 22TCN 262- 2000: Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu
- Web Báo đầu tư, <https://baodautu.vn/2500-ty-dong-ho-tro-khac-phuc-sat-lo-dong-bang-song-cuu-long-d81866.html>, 2018.
- Web Libretxts, [https://eng.libretxts.org/Bookshelves/Materials_Science/Supplemental_Modules_\(Materials_Science\)/Polymer_Chemistry/Polymer_Chemistry%3A_Topology](https://eng.libretxts.org/Bookshelves/Materials_Science/Supplemental_Modules_(Materials_Science)/Polymer_Chemistry/Polymer_Chemistry%3A_Topology), 2021.
- Web Năng lượng sạch Việt nam, <https://nangluongsachvietnam.vn/d6/vi-VN/news/Khac-phuc-sat-lo-bo-song-bo-bien-Dong-bang-song-Cuu-Long-6-178-4869>, 2019.

Thiết lập mô hình vật lý xác định sự phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong hệ móng bè cọc

Physical model establishment for determining the axial load distribution on piles in pile raft foundation

> **VÕ VĂN ĐẤU¹, VÕ PHÁN², TRẦN VĂN TUẤN¹**

¹College of Engineering Technology - Can Tho University (CTU),
Email: vvdau@ctu.edu.vn; tvantuan@ctu.edu.vn

²Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT),
Email: vphan54@yahoo.com

TÓM TẮT:

Bài báo tập trung xác định sự phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong hệ móng bè cọc dựa trên số lượng cọc, khoảng cách cọc và kích thước bè thay đổi trong móng bè cọc bằng thí nghiệm trên mô hình tỉ lệ nhỏ. Cọc có tiết diện tròn có đường kính 38mm, dài 1200mm, và khoảng cách giữa các tâm cọc lần lượt 2,5 và 5 lần đường kính. Số lượng cọc được bố trí trong móng bè với các trường hợp khảo sát lần lượt là 1, 4, và 9 cọc. Kích thước bè hình vuông lần lượt là 300 và 490mm. Phương pháp thí nghiệm xác định phân bố tải trọng dọc trục của cọc đơn và nhóm cọc dựa trên các thông số của đất trong phòng thí nghiệm. Kết quả cho thấy sự phân bố tải trọng dọc trục thay đổi khi tải trọng tác dụng lên hệ móng bè cọc thay đổi. Đồng thời khi số lượng và khoảng cách cọc tăng thì tỉ lệ phân bố tải trọng dọc trục của cọc tăng theo.

Từ khóa: bè cọc; tải trọng dọc trục; mô hình tỉ lệ nhỏ; phân bố tải trọng.

ABSTRACT:

The paper focuses on determining the axial load distribution of a raft and piles in the pile raft system based on the number of piles, pile spacing, and different dimensions of the raft in the pile raft foundation by a small-scale model. The cylindrical model pile was 38mm in diameter, 1200mm long, and pile spacing was 2.5 and 5 times of pile diameter. The number of piles arranged in the raft foundation were 1, 4 and 9 piles. The square raft size was 300 and 490mm, respectively. Experiment methods were used to determine the axial load distribution of single pile and pile group with consideration of soil parameters in the laboratory. The results show that, the axial load distribution of the pile changes when the applied loads on pile raft foundation system change. In Addition, the number and pile spacing increase, the ratio of axial load distribution of the pile increases.

Keywords: pile raft; axial load; small-scale model; load distribution

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Móng bè cọc đã được sử dụng nhiều cho các công trình xây dựng bởi vì cả hai khả năng chịu tải và giảm độ lún cũng như hạn chế khả năng lún lệch của các móng được cải thiện đáng kể, so với móng cọc thông thường. Katzenbach (2000) cho thấy nhiều ưu điểm của bè cọc và đưa ra một số ví dụ về các ứng dụng của bè cọc trên đất sét cứng. Hemsley (2000) chỉ ra việc sử dụng bè cọc cho các công trình trên các loại đất khác nhau. Nói chung, thiết kế kinh tế nhất của bè cọc được trình bày bởi Randolph (1994), Poulos (2001). Có nhiều phương pháp được đề xuất để phân tích móng bè cọc như nghiên cứu của Burland (1995) cho thấy một quy trình thiết kế đơn giản của bè cọc, trong đó các cọc được thiết kế để hoạt động như gia giảm độ lún; Horikoshi et al. (1999) phát triển một phương pháp để tính toán giải quyết tổng thể của bè cọc. Poulos (2000) và Poulos (2001a, 2001b) đã tổng hợp nhiều

phương pháp tính toán đơn giản và phương pháp số để xuất cho thiết kế của bè cọc.

Trong các phương pháp thiết kế, móng bè đóng cọc trở nên kinh tế vì sức chịu tải của bè và cọc được sử dụng đồng thời và hỗ trợ cho nhau. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn thiết kế đối với móng bè đóng cọc chưa được hình thành. Bởi lẽ, trong quá trình làm việc với các tải trọng khác nhau tác dụng lên hệ móng bè cọc cho ta sự phân bố tải trọng dọc trục trong cọc đơn cũng như của nhóm cọc sẽ khác nhau. Vì vậy nghiên cứu thiết kế mô hình vật lý trong điều kiện đất cát để nghiên cứu sự phân bố tải trọng dọc trục trong cọc đơn và nhóm cọc của hệ móng bè cọc được thực hiện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở thiết lập mô hình

Nghiên cứu về ứng xử của bê không có cọc và có cọc trong phòng thí nghiệm bằng mô hình vật lý với các trường hợp bố trí cọc ở các khoảng cách từ tâm cọc này đến tâm cọc kia khác nhau (Sharafkhan và Shooshpasha 2017). Vật liệu trong mô hình của Sharafkhan và Shooshpasha là cát, cát được đưa và thùng chứa theo từng lớp với chiều cao tổng là 80 cm và chiều dày mỗi lớp là 10 cm. Thùng chứa cát được làm bằng kết cấu thép với kích thước 1.3x1.3x1.0 (m) được đặt trên sàn bê tông cốt thép 2.2x2.2x3.0 (m). Độ lún của cọc được xác định bằng đồng hồ đo biến dạng đặt ở vị trí đầu cọc trên bề. Vật liệu trong nghiên cứu của Sharafkhan và Shoosh Pasha với các thông số về chỉ tiêu cơ lý được thí nghiệm như dung trọng, tỷ trọng, chỉ số thành phần hạt, cỡ hạt trung bình, sức chống cắt đơn vị. Thí nghiệm xác định chỉ tiêu cường độ cọc và bê như sức chịu nén và khối lượng riêng.

Một số nghiên cứu như sau: Goto và các cộng sự (2013) đã nghiên cứu sự phân bố ứng suất xung quanh nhóm cọc, so sánh sự làm việc của nhóm cọc với cọc đơn có tiết diện tương đương. Vật liệu đất cát, cọc ống tròn bằng nhôm có đường kính $d=40$ mm và $d=32$ mm, chiều dài cọc $L = 1000$; 1300 mm. Các nhóm 3x3 cọc. Khoảng cách cọc $S=2.5d$ và $5d$. Thùng hình hộp bằng thép: $B=L=1600$ mm; chiều cao $H=1650$ mm. Jaymin và cộng sự (2014) đã nghiên cứu ứng xử khi chịu lực thẳng đứng của móng bê cọc với các chiều dài đài khác nhau. Vật liệu đất dùng để thí nghiệm là đất sét mềm, cọc thép hình tròn đường kính $d=10$ mm, chiều dài cọc $L= 100$; 200 mm. Các nhóm 2x2; 3x3 và 4x4 cọc, thùng tròn chứa đất có $D=570$ mm; $H=500$ mm.

Nghiên cứu mô hình vật lý nhằm xác định độ lún dự đoán của bê cọc trong thiết kế sơ bộ (Bhartiya và cộng sự, 2020) với các trường hợp hình dạng, kích thước bê, số lượng cọc cũng như chiều dày của bê khác nhau được thiết lập trong mô hình vật lý. Nghiên cứu thực hiện trên mô hình bê – cọc và bê không cọc nhằm xác định sự phân bố sức chịu tải của thành phần bê và thành phần cọc.

2.2. Thiết lập mô hình và thí nghiệm xác định phân bố tải trọng dọc trục

Kích thước bê và cọc: Trong nghiên cứu này cọc nhôm có đường kính $d = 38$ mm, chiều dài cọc $l_c = 1200$ mm được sử dụng. Kích thước bê vuông được chọn là 300×300 (mm) và 490×490 (mm) cho các trường hợp bố trí cọc trong với số lượng cọc và khoảng cách các cọc khác nhau. Mô hình cọc và liên kết cọc - bê với các kích thước cọc và bê được thể hiện trong Hình 1.

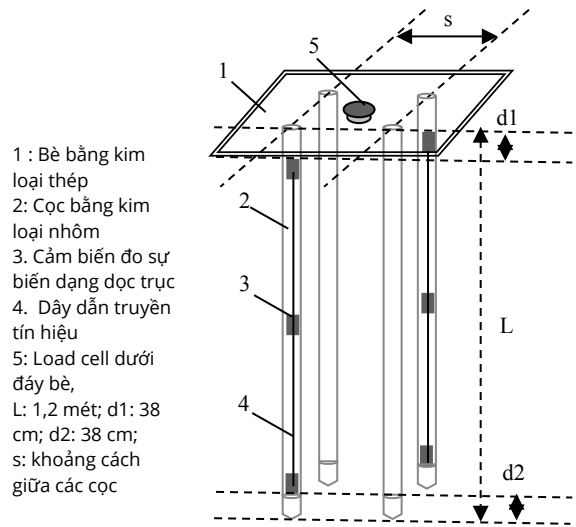
Cọc được chế tạo bằng ống nhôm có đường kính $d= 38$ mm; chiều dày ống 1.36 mm; chiều dài của cọc là 1.200 mm.

Chi tiết Hình 1:

- 1: Đế bê bằng kim loại kích thước dài x rộng x dày lần lượt là $300 \times 300 \times 0.25$ mm; và $490 \times 490 \times 0.25$ mm, đảm bảo không biến dạng
 - 2: Cọc bằng kim loại nhôm có đầu đóng xuống đất vát nhọn, đầu còn lại tạo ren liên kết cọc vào đài, cố định với đế bê cọc
 - 3: Cảm biến đo sự biến dạng dọc trục (strain gauge), đặt ở mặt ngoài của mỗi cọc và có hướng hướng ra ngoài của nhóm 04 cọc của móng bê cọc
 - 4: Dây dẫn truyền tín hiệu
 - 5: Load cell, đặt ở tâm, mặt dưới đế bê; đo tải trọng áp lên bê cọc
- Đài cọc làm bằng thép tấm có chiều dày 25 mm, được ren sẵn các lỗ để liên kết cọc vào với đài.

Mũi cọc và đầu cọc được thiết kế liên kết vào bê bằng liên kết với thép, ba vị trí dọc theo thân cọc được dán cảm biến đo biến

dạng, cảm biến được đặt bên ngoài cọc nhôm. Sau khi các cảm biến đo biến dạng được thiết lập, các chốt xung quanh vị trí liên kết mũi và đỉnh cọc được lắp nhằm liên kết chặt cọc và đài cọc.



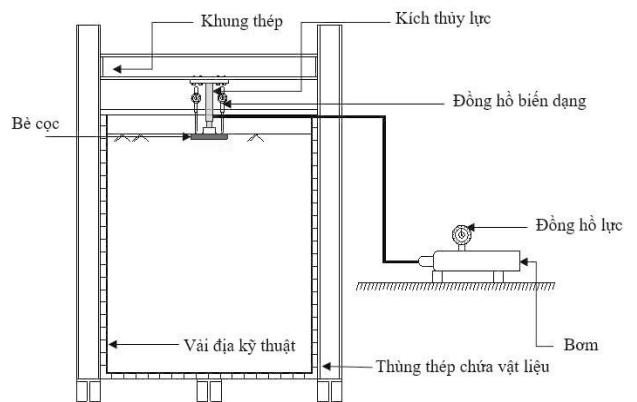
Hình 1. Sơ đồ mô tả hệ thống đo biến dạng dọc trục cho móng bê cọc

Bố trí bê và cọc: Bố trí số lượng cọc và khoảng cách cọc trong bê trong nghiên cứu này được thực hiện với 10 trường hợp, với $s = 2.5d$ và $s = 5d$.

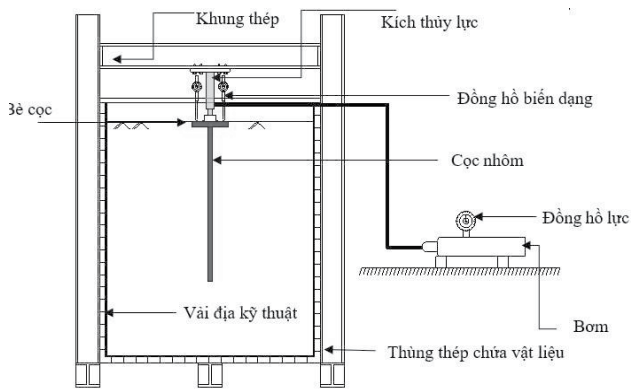
Đối với các mô hình nén cọc với các trường hợp bố trí cọc trong bê khác nhau, phương pháp xác định phân bố tải của bê và cọc dưới tác động của tải trọng. Mô hình được thực hiện trên vật liệu cát, khung thép chữ I được áp dụng để lắp đặt thùng chứa vật liệu và kích thủy lực. Thùng chứa vật liệu được làm bằng thép với về dày tấm thép là 2.5 mm, kích thước lập phương $1.8 \times 1.8 \times 1.8$ (m) với các sườn gia cố và các thanh thép hộp bao quanh thùng chứa vật liệu. Vải địa kỹ thuật được sử dụng bao quanh lòng của thùng chứa vật liệu tránh thoát cát và nước ra ngoài trong quá trình thí nghiệm mô hình vật lý.

Mô hình bố trí thí nghiệm xác định phân bố tải trường hợp có cọc và không có cọc được thể hiện từ Hình 2 đến Hình 5.

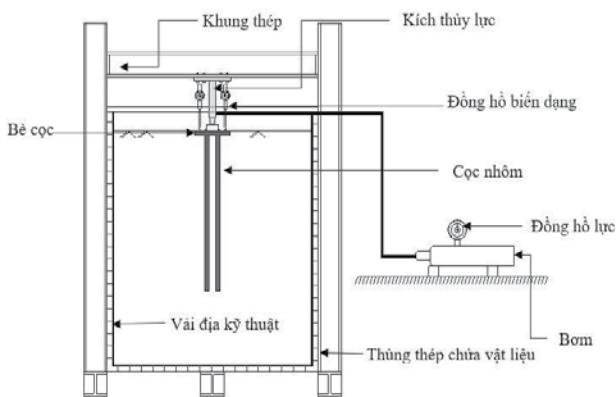
Mô hình bố trí thí nghiệm với tấm nền có bề dày 2 cm và đường kính 35 cm đặt lên nền cát và dưới tấm nền nhỏ hơn có bề dày 5 cm và đường kính 10 cm. Kích thủy lực với khả năng tác dụng lực dọc trục là $P_{max} = 100$ kN. Đối với xác định chuyển vị của hệ móng bê cọc, hai đồng hồ đo chuyển vị được lắp đối xứng hai bên bê, vị trí đặt đồng hồ đo chuyển vị nền được lắp ngoài gần sát biên nhằm xác định chuyển vị lớn nhất.



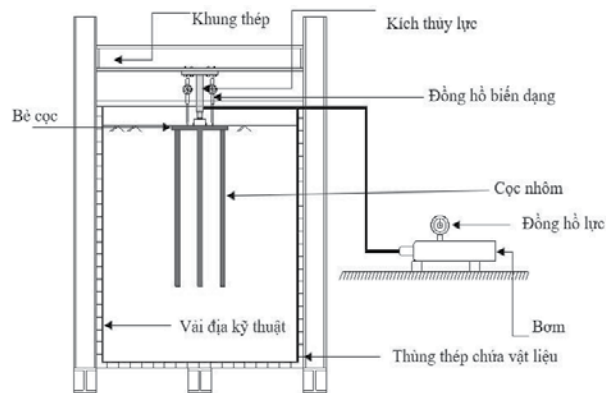
Hình 2. Mặt cắt dọc mô hình thí nghiệm nén bê không có cọc



Hình 3. Mặt cắt dọc mô hình thí nghiệm nén bê 1 cọc



Hình 4. Mặt cắt dọc mô hình thí nghiệm nén bê 4 cọc



Hình 5. Mặt cắt dọc mô hình thí nghiệm nén bê 9 cọc

2.3. Quy trình gia tải nén tĩnh cọc

Trong phạm vi của nghiên cứu này, các thí nghiệm nén tĩnh cọc kết hợp với đo biến dạng dọc trục cọc, được sử dụng quy trình thử tải nhằm rút ngắn thời gian thí nghiệm; Quy trình thử tải nhanh thực hiện trên nguyên tắc:

Tải trọng thí nghiệm được gia tải từng cấp, mỗi cấp tải tăng tương đương với khoảng 10% đến 15% tải trọng thiết kế. Thời gian giữ tải ở mỗi cấp là 10 phút; Thời gian đọc số liệu là 0 - 2.5 - 5 phút;

Khi thí nghiệm nén tĩnh các loại cọc ép hoặc đóng, sức chịu tải cực hạn quy ước của cọc thường được xác định ứng với khi độ lún tại đầu cọc bằng 10% đường kính cọc (10%*d*). Tại cấp tải lớn nhất, tiến hành giữ tải trong 10 phút, ghi kết quả sau mỗi 2.5 phút (TCVN 9393: 2012)

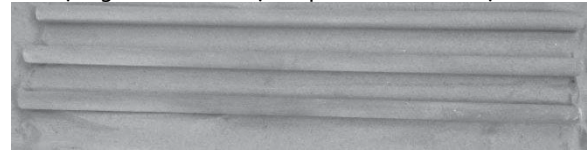
2.4. Các thông số vật liệu

Vật liệu làm cọc

Các thí nghiệm nén tĩnh cọc có kết hợp với đo biến dạng, vì thế cọc cần có các biến dạng đủ lớn, do vậy vật liệu và tiết diện cọc là yếu tố quan trọng:

- Sử dụng cọc ống giúp giảm được diện tích tiết diện cọc, giảm vật liệu và trọng lượng cọc nhưng không làm thay đổi khả năng chịu lực theo đất nền của cọc, khi so với cọc đặc có đường kính tương đương.

Cọc được phủ một lớp sika để quét 1 lớp cát mỏng, hình thành cọc có mặt ngoài nhám để cọc tiếp xúc với đất có độ ma sát cao.



Hình 6. Gia công phủ lớp cát mặt ngoài của cọc

- Mô đun đàn hồi của ống nhôm là E nhôm = 24 GPa, chọn vật liệu nhôm cho cọc mẫu, giúp ta có các trị số biến dạng dọc trục trong cọc lớn hơn.

- Xác định mô đun đàn hồi của cọc bằng các thí nghiệm nén các ống nhôm có đường kính *d*=38 mm.

2.5 Kích thước của thùng chứa đất thí nghiệm

Để mô phỏng nền đất trong mô hình vật lý tỷ lệ nhỏ cần có một thùng chứa đất. Các nhóm cọc thí nghiệm đều có mặt bằng đối xứng, nên ta chọn thùng có tiết diện vuông. Thùng làm bằng thép để đảm bảo độ cứng, không bị biến dạng trong quá trình thí nghiệm. Tổng hợp các nghiên cứu mô hình thí nghiệm của một số tác giả trên thế giới, với mục tiêu sử dụng cho các thí nghiệm nén tĩnh các nhóm cọc với tỷ lệ nhỏ, ta chọn kích thước thùng chứa đất trong thí nghiệm có hình hộp vuông có cạnh *B*=1.800 mm và chiều cao thùng là *H*=1.800 mm.

2.6 Thí nghiệm xác định các thông số đất

Đất sử dụng trong thí nghiệm là loại cát sạch được chế bị đất theo phương pháp đầm nén tại độ ẩm tự nhiên (TCVN 4201: 2012) dựa trên nguyên tắc: Tại một độ ẩm xác định, mẫu đất khi đầm nén sẽ đạt được độ chặt nhất định. Ứng với mỗi độ chặt đó được đem xác định lực dính *c* và góc ma sát ϕ (TCVN 4199:2012) khối lượng thể tích tương ứng với độ ẩm của mẫu đất.

Bảng 1 Các chỉ tiêu của vật liệu đất

Ký hiệu mẫu	Độ ẩm (ω), %	Dung trọng		Lực dính (<i>C</i>) kN/m ²	Góc ma sát (ϕ) Độ
		Ướt (γ_w), kN/m ³	Khô (γ_d), kN/m ³		
1	2	3	4	5	6
M1	5.51	16.21	15.36	2.2	30.92
M2	8.66	17.08	15.72	4.8	30.99
M3	12.01	18.12	16.18	5.1	31.49
M4	14.49	18.62	16.26	5.5	32

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Phân tích thí nghiệm từ kết quả đo biến dạng cọc trên, từ giá trị biến dạng dọc trục thu được của các "strain gauge", giá trị tải trọng phân bố của cọc tại các cao trình tương ứng, bằng công thức: $P_i = \Delta\mu\epsilon_i \times E_p A_p$

Với: *E_p* - Mô đun đàn hồi của vật liệu cọc; *A_p* - Diện tích tiết diện ngang của cọc; $\Delta\mu\epsilon_i$ - giá trị biến dạng dọc trục của cọc đo tại cao trình thứ *i*, xác định theo công thức:

$$\Delta\mu\epsilon_i = R_0 - R_i^j$$

Trong đó: *R₀* ($\mu\epsilon$) - Trị số biến dạng ban đầu tại cao trình thứ *i*;

R_i^j ($\mu\epsilon$) - Trị số biến dạng tại cao trình thứ *i* ứng với cấp tải thứ *j*;

Đối với thí nghiệm mô hình, giá trị mô đun của cọc nhôm là $E_p = 24000 \text{ MPa}$, cọc có đường kính $d = 38$, $A_p = 0.00113 \text{ m}^2$



Hình 7. Mô hình thùng chứa đất thí nghiệm nén hệ móng bè - cọc

Mô hình thí nghiệm theo tỉ lệ nhỏ với kích thước thùng chứa vật liệu cát thỏa mãn điều kiện biên, đối với bè lớn $490 \times 490 \text{ mm}$, khoảng cách từ cọc biên đến mép thùng là 691 mm (lớn hơn $11d = 418 \text{ mm}$), khoảng cách từ mũi cọc đến đáy thùng là 500 mm (lớn hơn $10d = 380 \text{ mm}$). Kích thước thùng đủ lớn để tránh sai số do ảnh hưởng của hiệu ứng biên và sự phân phối ứng suất trong nền đất xung quanh nhóm cọc.



Hình 8. Thí nghiệm xác định mô đun của đất nền

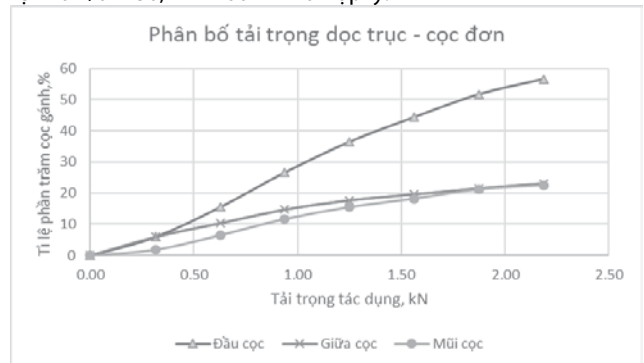
Mô hình bố trí thí nghiệm với tấm nén có bề dày 2 cm và đường kính 35 cm đặt lên nền cát và dưới tấm nén nhỏ hơn có bề dày 5 cm và đường kính 10 cm . Kích thủy lực với khả năng tác dụng lực dọc trục là $P_{\max} = 100 \text{ kN}$. Đối với xác định chuyển vị của hệ móng bè cọc, hai đồng hồ đo chuyển vị được lắp đối xứng hai bên bè, vị trí đặt đồng hồ đo chuyển vị nền được lắp ngoài gần sát biên nhằm xác định chuyển vị lớn nhất.



Hình 9. Lắp đặt thiết bị quan trắc, đo biến dạng dọc thân cọc

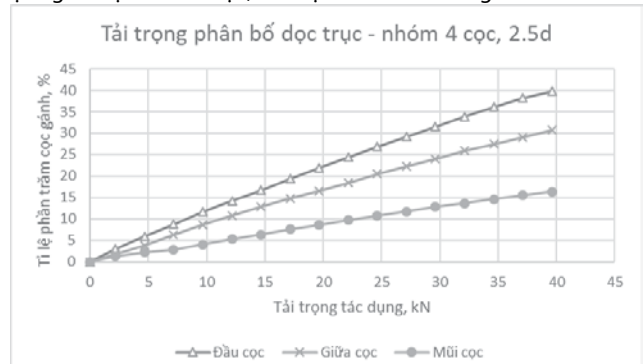
Các thí nghiệm nén tĩnh móng bè cọc trong phòng được thực hiện trên hai nhóm cọc là 2×2 và 3×3 cọc; Từ đường kính cọc với tỷ lệ giữa khoảng cách và đường kính cọc trong nhóm là $S/d = 2.5$ và $5d$, ta được kích thước bè là $300 \times 300 \text{ mm}$ và $490 \times 490 \text{ mm}$. Từ nghiên cứu của Jaymin D Patil, Horikoshi và Randolph (1997), chiều dày bè được chọn cho thí nghiệm là 25 mm .

Tỷ số giữa chiều dài và đường kính cọc của các nghiên cứu về nhóm cọc là $L/d = 12-40$. Trong nghiên cứu này, cọc dùng trong thí nghiệm là $L/d = 30$, $L = 1200 \text{ mm}$ là hợp lý.



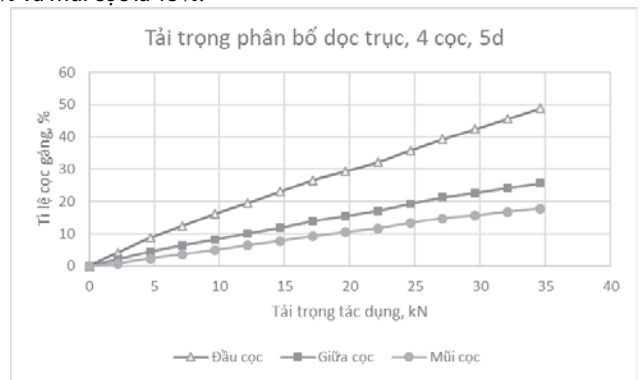
Hình 10. Phân bố tải trọng dọc trục của cọc đơn

Đối với tải trọng phân bố dọc trục dọc theo thân cọc (hình 10), tải trọng phân bố tại đầu cọc chiếm 58% , còn lại tải trọng phân bố tại vị trí giữa cọc và mũi cọc, mỗi vị trí chiếm khoảng 20% .



Hình 11. Phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong móng bè 4 cọc, khoảng cách cọc $2.5d$

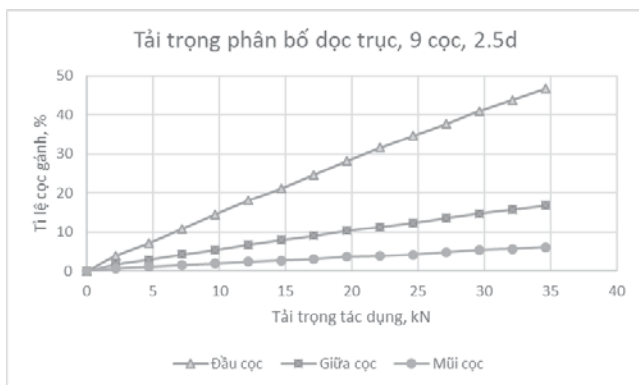
Đối với hệ móng bè cọc bè có kích thước $300 \times 300 \text{ mm}$, có số lượng cọc là 4 cọc, khoảng cách cọc là $2.5d$ (hình 11), xét tại cấp tải trọng là 35 kN , tỉ lệ phân bố dọc trục tại vị trí đầu cọc 35% , giữa cọc 28% và mũi cọc là 15% .



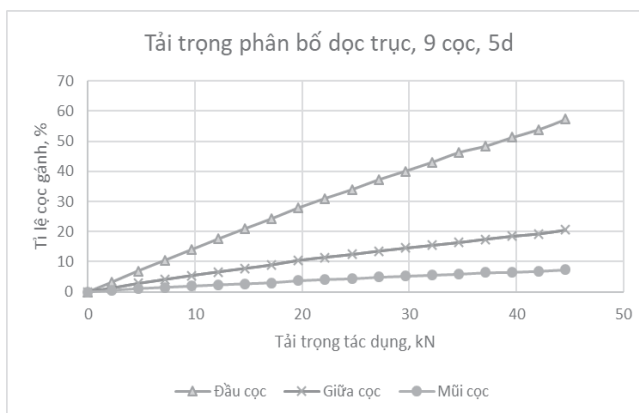
Hình 12. Phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong móng bè 4 cọc, khoảng cách cọc $5d$

Khi khoảng cách cọc được tăng lên gấp đôi ($5d$), Tải trọng phân bố lên cọc tăng lên rõ rệt, cụ thể ở vị trí đầu cọc là 50% , giữa cọc là 25% và mũi cọc là 18% .

Trong khi đó, đối với hệ móng bè cọc có kích thước 490x490mm, có số lượng cọc là 4 cọc, khoảng cách cọc là 2.5d (hình 13), tỷ lệ phân bố dọc trục tại vị trí mũi cọc 48%, giữa cọc 18% và đầu cọc là 8%. Tương tự khi khoảng cách cọc tăng lên 5d (hình 14), tỷ lệ phân bố dọc trục tại các vị trí gần như không thay đổi lớn, cụ thể vị trí mũi cọc 46%, giữa cọc 17% và đầu cọc là 7%.



Hình 13. Phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong móng bè 9 cọc, khoảng cách cọc 2.5d



Hình 14. Phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong móng bè 4 cọc, khoảng cách cọc 5d

4. KẾT LUẬN

Mô hình thí nghiệm theo tỷ lệ nhỏ với kích thước thùng chứa vật liệu cát thỏa mãn điều kiện biên, kích thước thùng đủ lớn để tránh sai số do ảnh hưởng của hiệu ứng biên và sự phân phối ứng suất trong nền đất xung quanh nhóm cọc.

Cọc ống nhôm được sử dụng nhằm giảm được diện tích tiết diện cọc, giảm vật liệu và trọng lượng cọc nhưng không làm thay đổi khả năng chịu lực theo đất nền của cọc, khi so với cọc thép hay cọc đặc có đường kính tương đương.

Khi tải trọng tác dụng lên hệ móng bè cọc tăng thì tải trọng phân bố dọc theo thân cọc tăng theo và phân bố giảm dần từ đầu cọc đến mũi cọc.

Tỷ lệ tải trọng phân bố dọc trục đối với cọc đơn lớn hơn các cọc trong móng bè cọc có số cọc tương ứng 4 cọc và 9 cọc có khoảng cách cọc là 2.5d (35% - 50%).

Khi số lượng cọc tăng, tỷ lệ tải trọng phân bố dọc trục của cọc cũng tăng. Đối với khoảng cách cọc là 2.5d, nhóm 4 cọc, 9 cọc tương ứng là 36% và 45%; khoảng cách cọc 5d là 48% và 56%.

Đối với bè có kích thước 490x490 mm, khi khoảng cách cọc thay đổi, tải trọng phân bố dọc trục lên cọc gần như không thay đổi. Tuy nhiên tải trọng tại đầu cọc tiếp thu khoảng 50% tải trọng tác dụng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ trong đề tài mã số T2021-27. Tác giả xin chân thành cảm ơn quý Thầy cô Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ trong quá trình nghiên cứu thực nghiệm này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Adejumo T.W. et al (2013). "Modeling of axially loaded pile group settlement in soft compressive clay"; International Journal Of Remote Sensing & Geoscience

Barden L. và Monkton M. F. (1970). "Test on model pile group in soft and stiff clay"; Geotechnique, Vol. 20, issue 1; page 94 - 96

Bajad S.P., Sahu R.B.; (2008) "An Experiment Study on the Behaviour of Vertically Loaded Piled Raft on Soft Clay". International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), India; page 84 - 91

Bowles. J. E (1997). Foundation analysis and Design; Mc. Raw. Hill

Bộ tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 9393: 2012 (2012). Cọc - Phương pháp thử nghiệm trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục. NXB Xây dựng, Hà nội.

Bộ tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 4201: 2012 (2012). Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ chặt tiêu chuẩn trong phòng thí nghiệm. NXB Xây dựng, Hà nội.

Bộ tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 4199:2012 (2012). Phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng. NXB Xây dựng, Hà Nội.

Fleming K.; Weltman A.; Randolph M.; Elson K. (2009). Piling Engineering. 3rd edition; Taylor & Francis. 397p.

Fellenius B.H. (2016). Basis of Foundation and design. Electronic editor, 453P

Goto S.; Aoyama S.; Liu B.; Towhata I.; Takita A.; Renzo A.A.; (2013) "Model loading test in large soil tank on group behaviour of piles"; Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris.

Horikoshi K., Randolph M. F. (1997). "On the definition of raft - soil stiffness ratio for rectangular rafts"; Geotechnique, Vol.47; No 5; page 1055 - 1061;

Jaymin D. Patil *, Sandeep A. Vasanwala., Chandresh H. Solanki. "Behaviour of Vertically Loaded Piled Raft", International Journal of Geological and Geotechnical Engineering, Vol. 1: Issue 1

Jaymin D. Patil (2014). "An experiment investigation on behaviour of piled raft foundation"; International Journal of Geomatics and Geosciences; Volume 5.

Kishida H. (1963). Stress distribution of model piles in sand; Japanese Society of soil Mechanics and Foundation. Vol. 4;

Poulos H.G.; Davis E.H. (1980). Pile Foundation Analysis and Design; New York, John Wiley;

Randolph M.F & Wroth C.P (1979). An analysis of the vertical deformation of pile groups. Geotechnique 29, No. 4 (p. 423 - 439).

Sharafkhan, Mehdi, và Issa Shooshpasha. 2017. "Physical modeling of behaviors of cast-in-place concrete piled raft compared to free-standing pile group in sand".

Nghiên cứu đề xuất công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu phục vụ xây dựng vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long

Research and propose technology of sea sand-cement-fly ash column for soft soil improvement in the coastal area of the Mekong Delta

> TẠ ĐỨC THỊNH¹, NGUYỄN THÀNH DƯƠNG¹, NGUYỄN TRỌNG DŨNG¹, ĐẶNG QUANG HUY¹, HỒ ANH CƯƠNG², NGUYỄN TẤN SƠN³

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

Email:taducthinh@humg.edu.vn;nguyenthanhduong@humg.edu.vn;
nguyentrongdung@humg.edu.vn;dangquanghuy@humg.edu.vn

²Trường Đại học Giao thông Vận tải Hà Nội

³Công ty TNHH Nam Miền Trung, Ninh Thuận

TÓM TẮT:

Đất yếu phân bố khá phổ biến ở vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), có chiều dày lớn, tính năng xây dựng rất thấp. Để đảm bảo ổn định cho công trình, trước khi xây dựng nhất thiết phải xử lý nền đất yếu. Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu được đề xuất là công nghệ mới, được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu về cơ sở lý thuyết công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay, phương pháp tính toán sức chịu tải, độ lún của nền sau xử lý và khả năng sử dụng cát biển làm vật liệu cọc. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra, cọc cát biển-xi măng-tro bay có tác dụng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền là nhờ các quá trình: nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất nền xung quanh cọc, cố kết thoát nước nước của đất nền, đồng thời đã làm sáng tỏ khả năng sử dụng cát biển tại chỗ làm vật liệu cọc xử lý nền đất yếu.

Từ khóa: Đất yếu, cát biển, xử lý đất yếu, cọc cát biển-xi măng-tro bay, cơ sở lý thuyết.

ABSTRACT:

Soft soil is widely distributed in the coastal area of the Mekong Delta, has a large thickness, and low bearing capacity. To ensure the stability, before construction, it is necessary to improve the strength of soft ground. The proposed technology of sea sand-cement-fly ash column for soft ground improvement is a new technology, developed on the basis of sand column and soil-cement column. This paper presents the initial research results on the theoretical basis of sea sand-cement-fly ash column technology, methods of calculating the load capacity, settlement of the treated ground and the ability to use sea sand as a building material. Research results have shown that sea-sand-cement-fly ash columns can improve the bearing capacity and reduce the settlement of the foundation according to following processes: mechanical compaction, increased strength of mixtured columns and soil around the columns, consolidation and drainage of the ground soil. The research also clarified the possibility of using sea sand as a column material for soft soil improvement.

Keywords: Soft soil; sea sand; soft soil improvement; sea sand-cement-fly ash column; theoretical basis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng công trình trên nền đất yếu chưa bao giờ là bài toán đơn giản do sự nhạy cảm của đất yếu dưới tác động của tải trọng ngoài. Dù công trình có quy mô, tải trọng nhỏ thì trước khi xây dựng nhất thiết phải tiến hành gia cố, xử lý nền đất yếu.

Vùng ven biển ĐBSCL phân bố rộng rãi các loại đất yếu nguồn gốc khác nhau, có chiều dày lớn, tính năng xây dựng thấp (Nguyễn Thị Nụ, 2014). Để xử lý nền đất yếu tại đây có thể sử dụng các công nghệ xử lý sâu như bắc thẳm, giếng cát, cọc cát, cọc đất-xi măng là những công nghệ “nhập ngoại” từ những năm 1980. Mặc dù các công nghệ này đã

được sử dụng khá phổ biến nhưng chúng đều có những hạn chế cả về kỹ thuật, kinh tế và nguồn vật liệu xử lý. Công nghệ bắc thẳm trong quá trình thi công thường xảy ra hiện tượng xáo trộn đất xung quanh bắc (hiệu ứng xáo trộn), bị đứt bắc hoặc các hạt đất chui vào lỗ rỗng bắc làm giảm khả năng thoát nước cổ kết của nền; bắc thẳm phải nhập khẩu từ nước ngoài nên giá thành xử lý cao. Công nghệ cọc cát có hạn chế gây tiếng ồn lớn và nếu thi công trong nền đất yếu có mực nước ngầm dao động mạnh thì cọc dễ bị biến dạng ngang, có thể bị cắt, gãy, thậm chí bị phá hủy làm giảm sức chịu tải của hệ nền-cọc. Công nghệ cọc đất-xi măng không có tác dụng nén chặt vùng đất yếu xung quanh cọc; tải trọng công trình truyền xuống nền chủ yếu do cọc tiếp nhận, vai trò của vùng đất yếu xung quanh cọc là không có; khối lượng xi măng đưa vào cọc thường lớn (từ 240 kg đến 400 kg cho 1 m³ đất) nên giá thành xử lý cao.

Một vấn đề quan trọng cần được xem xét khi xây dựng công trình vùng ven biển là sự khan hiếm nguồn vật liệu xây dựng truyền thống. Cát sông đang càng ngày càng cạn kiệt, khan hiếm và việc khai thác chúng đã và đang xảy ra phức tạp, làm phá vỡ quy hoạch và tác động xấu tới môi trường sinh thái. Nghị định số 23/2020/NĐ-CP ngày 24/02/2020 của Chính phủ Quy định về quản lý cát, sỏi lòng sông và bảo vệ lòng, bờ, bãi sông là cơ sở pháp lý nhằm hạn chế, thậm chí cấm khai thác cát sông, thúc đẩy tìm nguồn vật liệu khác thay thế. Vì vậy, nghiên cứu, sử dụng nguồn cát biển tại chỗ làm vật liệu thay thế cát sông phục vụ xây dựng công trình ven biển có ý nghĩa vô cùng quan trọng. Cùng với việc sử dụng cát biển thay cho cát sông, việc sử dụng các phụ gia khoáng có nguồn gốc từ phế thải công nghiệp như tro bay thay thế một phần xi măng trong lĩnh vực xây dựng không chỉ có hiệu quả đơn thuần về mặt kinh tế, kỹ thuật mà còn là vấn đề bảo vệ môi trường và tài nguyên thiên nhiên.

Từ các phân tích nêu trên, đặt ra vấn đề cần nghiên cứu phát triển công nghệ mới xử lý nền đất yếu phù hợp với điều kiện Việt Nam. Công nghệ cọc vật liệu hỗn hợp cát biển-xi măng-tro bay với đầy đủ cơ sở lý thuyết và sử dụng nguồn cát biển, tro bay tại chỗ làm vật liệu cọc sẽ là một công nghệ phù hợp để gia cố nền đất yếu phục vụ xây dựng công trình vùng ven biển Việt Nam nói chung, khu vực ven biển ĐBSCL nói riêng.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÔNG NGHỆ CỌC CÁT BIỂN-XI MĂNG-TRO BAY

2.1. Cơ sở lý thuyết nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền

Các công nghệ xử lý nền đất yếu nói chung, công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay nói riêng, về mặt kỹ thuật đều có mục đích duy nhất là nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền. Vì vậy, cần làm sáng tỏ cơ sở khoa học nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún nền nói chung và công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay có khả năng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền hay không?

Sức chịu tải của nền là khả năng chống đỡ của đất nền đối với tải trọng ngoài tác dụng xuống nền. Nếu tải trọng ngoài lớn hơn sức chịu tải của nền thì đất nền sẽ bị mất ổn định về cường độ, công trình bị hư hỏng và phá hủy. Do đó, khi thiết kế xây dựng, tải trọng công trình tác dụng xuống nền nhất thiết phải nhỏ hơn sức chịu tải của đất nền.

Hiện nay, có hàng chục phương pháp tính toán sức chịu tải của nền. Tuy nhiên, dù tính bằng phương pháp nào thì sức chịu tải của nền cũng phụ thuộc vào sức kháng cắt (đặc trưng bởi lực dính c và góc ma sát trong φ) của đất. Nếu sức kháng cắt của đất lớn thì sức chịu tải của đất lớn và ngược lại, nếu sức kháng cắt của đất nhỏ thì sức chịu tải của đất nhỏ. Vì vậy, để nâng cao sức chịu tải của nền thì cần phải cải tạo đất nền để gia tăng sức kháng cắt của đất nền.

Độ lún của nền là biến dạng theo phương thẳng đứng của nền đất. Vì đất được cấu tạo bởi hạt rắn, nước và khí nên độ lún của nền phụ

thuộc vào biến dạng của hạt rắn và biến dạng của nước có trong đất. Hạt rắn của đất xem như không biến dạng (trên thực tế hạt rắn có biến dạng nhưng rất nhỏ - biến dạng từ biến), nước cũng được xem là không biến dạng nên độ lún của nền thực tế chỉ phụ thuộc vào biến dạng của đất do giảm độ rỗng của đất. Trị số độ lún của nền có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$S = S_{tt} + S_{ck} + S_{hr}$$

trong đó, S - tổng độ lún của nền

S_{tt} - độ lún tức thời của nền

S_{ck} - độ lún cổ kết của nền

S_{hr} - độ lún của hạt rắn.

Độ lún tức thời (độ lún đàn hồi) của nền có giá trị nhỏ, độ lún của hạt rắn (độ lún từ biến) cũng nhỏ nên độ lún của nền chủ yếu phụ thuộc vào độ lún cổ kết, nghĩa là độ lún do thể tích lỗ rỗng trong đất giảm đi nhờ nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài.

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp tính toán độ lún cổ kết của nền. Tuy nhiên, dù tính theo phương pháp nào thì độ lún cổ kết của nền cũng phụ thuộc vào tải trọng công trình tác dụng xuống nền (áp lực gây lún P_g), chiều dày và đặc trưng biến dạng của lớp đất chịu lún (vùng ảnh hưởng của công trình). Áp lực gây lún và chiều dày lớp đất chịu lún phụ thuộc quy mô, tải trọng công trình, đặc trưng biến dạng của đất phụ thuộc loại đất tồn tại khách quan trong vùng ảnh hưởng của công trình. Vì vậy, đặc trưng biến dạng của đất sẽ quyết định đến độ lún của nền. Nếu đất nền có tính biến dạng lớn thì độ lún của nền sẽ lớn và ngược lại, đất nền có tính biến dạng nhỏ thì độ lún của nền sẽ nhỏ. Do đó, để giảm độ lún của nền cần phải có phương pháp xử lý nền để cải tạo đặc trưng biến dạng của đất nền, nghĩa là, làm giảm thể tích lỗ rỗng của đất, làm cho đất nền được nén chặt. Muốn vậy, cần phải thúc đẩy quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng ở trong đất.

Đất yếu vùng ven biển ĐBSCL chủ yếu là đất loại sét (sét, sét pha, cát pha, bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha) (Nguyễn Thị Nụ, 2014) có pha lẫn gồm các hạt khoáng vật sét có kích thước nhỏ nhưng tổng diện tích bề mặt giữa các hạt lớn nên tổng thể tích lỗ rỗng trong đất lớn dẫn đến lượng nước và khí trong lỗ rỗng lớn. Hơn nữa, các hạt sét có liên kết kiến trúc phát sinh do kết quả tác dụng qua lại giữa các ion và nguyên tử của mạng tinh thể khoáng vật cấu tạo nên hạt sét cũng như giữa chúng và các ion, nguyên tử và phân tử của chất gắn kết đất, do đó bao quanh các hạt sét và trong mạng tinh thể cấu tạo nên hạt sét luôn tồn tại các dạng nước liên kết rất khó thoát ra ngoài. Do đó, đối với đất yếu loại sét, quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng, nếu không có các giải pháp thúc đẩy cưỡng bức, sẽ rất lâu mới kết thúc.

Từ những phân tích trên, nhận thấy, cơ sở khoa học nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền đất yếu nói chung, vùng ven biển ĐBSCL nói riêng chính là tác động làm giảm hệ số rỗng và tăng sức kháng cắt của đất yếu nhờ các giải pháp xử lý phù hợp, khả thi.

2.2. Tác dụng của cọc cát biển-xi măng-tro bay làm giảm hệ số rỗng và tăng sức kháng cắt của đất yếu

Bản chất của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay là dùng thiết bị chuyên dụng đưa vật liệu hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay trộn khô vào nền dưới dạng cọc tiết diện tròn, không lấy đất ở trong nền ra. Thiết bị thi công cọc có nhiệm vụ ép đất nền xuống sâu và ra xung quanh tạo thành khoảng trống để đưa vật liệu vào. Hỗn hợp vật liệu cát biển, xi măng, tro bay khô sau khi lấp đầy khoảng trống sẽ hút nước trong đất yếu tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay và dần dần rắn chắc thành cọc cứng. Như vậy, sau khi xử lý, nền đất yếu sẽ trở thành hệ nền-cọc mới và hệ nền-cọc này phải có hệ số rỗng giảm và sức kháng cắt tăng so với nền đất yếu trước khi xử lý.

Nghiên cứu lý thuyết đã chỉ ra, khi đưa hỗn hợp vật liệu vào nền đất yếu, công nền sẽ xảy ra các quá trình: nén chặt cơ học, gia tăng cường độ kháng nén của cọc, gia tăng sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc, cổ kết thoát nước của đất nền. Các quá trình này có tác

dụng làm giảm thể tích lỗ rỗng và gia tăng sức kháng cắt của hệ nền cọc (Tạ Đức Thịnh, 2002).

2.2.1. Quá trình nén chặt cơ học:

Khi thi công cọc, lượng vật liệu hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay đưa vào nền sẽ chiếm chỗ lỗ rỗng của đất, nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài, tổng thể tích lỗ rỗng sẽ giảm đi, các hạt đất được sắp xếp lại, nền đất được nén chặt.

Có thể đánh giá định lượng quá trình nén chặt cơ học của đất nền như sau:

Xét một khối đất nền ở trạng thái tự nhiên gồm 3 pha rắn, lỏng và khí. Nếu lần lượt gọi thể tích chung, thể tích hạt rắn, thể tích lỗ rỗng ban đầu của khối đất là V_0 , V_h , V_{r0} , ta có:

$$V_0 = V_h + V_{r0} \quad (1)$$

Sau khi xử lý bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay, thể tích chung của khối đất sẽ là V , thể tích hạt rắn sẽ là V_h , thể tích lỗ rỗng sẽ là V_r , tương tự (1) ta có:

$$V = V_h + V_r \quad (2)$$

Sự thay đổi thể tích của khối đất trước và sau khi gia cố là:

$$\Delta V = V_0 - V \quad (3)$$

Hay: $\Delta V = (V_h + V_{r0}) - (V_h + V_r) = V_{r0} - V_r$

Vì thể tích hạt rắn của đất trước và sau khi xử lý là không đổi, cho nên ta có:

$$\Delta V = V_{r0} - V_r$$

$$\Delta V = \Delta V_r \quad (4)$$

Biểu thức (4) cho thấy, sự thay đổi thể tích khối đất trước và sau khi xử lý bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay chính là sự thay đổi thể tích lỗ rỗng trong khối đất.

Như vậy, khi xử lý nền đất yếu bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay quá trình nén chặt cơ học đất nền sẽ xảy ra ngay sau khi bắt đầu thi công cọc. Hiệu quả nén chặt đất sẽ phụ thuộc vào khối lượng vật liệu cát biển, xi măng, tro bay đưa vào nền, kích thước lỗ rỗng trong đất cũng như lượng nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài. Tuy nhiên, đối với đất loại sét, do quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng cần nhiều thời gian nên quá trình nén chặt đất cũng không thể kết thúc ngay sau khi thi công cọc. Việc dự báo chính xác thời điểm quá trình nén chặt đất kết thúc phụ thuộc vào thời gian thoát nước của đất nền. Đây là vấn đề hết sức phức tạp, đòi hỏi phải có các nghiên cứu chuyên sâu, tốn nhiều thời gian và công sức.

2.2.2. Quá trình gia tăng cường độ của cọc cát biển-xi măng-tro bay

Vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay gồm cát biển, xi măng, tro bay trộn với nhau ở trạng thái khô. Sau khi thi công tạo cọc, hỗn hợp vật liệu khô sẽ hút nước ở trong nền tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay, sau đó đông cứng thành cọc. Quá trình đông cứng của vữa cát biển-xi măng-tro bay sẽ làm gia tăng cường độ của cọc. Đây là quá trình biến đổi hóa lý phức tạp, chia làm hai thời kỳ: thời kỳ ninh kết và thời kỳ rắn chắc. Trong thời kỳ ninh kết, vữa xi măng-tro bay mất dần tính dẻo và đặc dần lại nhưng chưa có cường độ. Trong thời kỳ rắn chắc, chủ yếu xảy ra quá trình thủy hóa clinke và quá trình đông cứng vữa cát biển-xi măng-tro bay.

Quá trình thủy hóa các thành phần khoáng vật của clinke, bao gồm: silicat tricanxit 3CaO.SiO_2 chiếm 37-60%; silicat bicanxit 2CaO.SiO_2 chiếm 15-37%, aluminat tricanxit $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$ chiếm 10-18%; fero aluminat tetraclanxit $4\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ chiếm 7-15%, và một số thành phần phụ như $5\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO.Fe}_2\text{O}_3$; $\text{MgO} < 4\%$; $\text{CaO} < 0,5\%$; $\text{SO}_3 < 3,5\%$. Quá trình này tạo ra silicat tricanxit (3CaO.SiO_2) là thành phần quan trọng nhất vì chiếm tỷ lệ lớn, có cường độ cao, rắn chắc nhanh, tỏa nhiều nhiệt và aluminat tricanxit ($3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$) rắn chắc nhanh trong thời kỳ đầu nhưng cường độ thấp, nhiệt lượng tỏa ra nhiều nhất, dễ gây nứt nẻ.

Quá trình rắn chắc của vữa cát biển-xi măng-tro bay chia làm 3 giai đoạn: hòa tan, hóa keo và kết tinh. Giai đoạn hòa tan tạo ra chất mới

Ca(OH)_2 , $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ trong nước, tạo thành thể dịch bao quanh hạt xi măng, tro bay. Trong giai đoạn hóa keo, các chất Ca(OH)_2 , $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ mới không hòa tan được nữa mà tồn tại ở thể keo. Chất silicat bicanxit (2CaO.SiO_2) vốn không hòa tan sẽ tách ra ở dạng phân tán nhỏ trong dung dịch tạo thành keo phân tán. Lượng keo này ngày càng sinh ra nhiều, làm cho các hạt keo phân tán tương đối nhỏ tụ lại thành những hạt keo lớn hơn ở dạng sệt khiến cho xi măng, tro bay mất dần tính dẻo và ninh kết lại dần dần nhưng chưa hình thành cường độ. Trong giai đoạn kết tinh, các chất Ca(OH)_2 , $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ từ thể ngưng keo chuyển sang dạng kết tinh, các tinh thể nhỏ đan chéo nhau làm cho xi măng, tro bay bắt đầu có cường độ, chất $2\text{CaO.SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$ tồn tại ở thể keo rất lâu, sau đó có một phần chuyển thành tinh thể. Do lượng nước ngày càng mất đi, keo dần dần bị khô, kết chặt lại và trở nên cứng chắc.

Như vậy, sau khi kết thúc quá trình rắn chắc, vữa cát biển-xi măng-tro bay đông cứng tạo thành cọc, có độ bền tăng lên đáng kể nhờ hình thành liên kết cát biển-xi măng-tro bay. Có thể lượng hóa độ bền của cọc như sau:

Khi chưa có xi măng và tro bay, sức kháng cắt của cát biển rời không xác định theo biểu thức $\tau = \sigma \tan \varphi$, với φ là góc ma sát trong của cát biển. Khi trộn xi măng và tro bay vào cát biển, trong hỗn hợp hình thành liên kết cát biển-xi măng-tro bay, có thêm thành phần lực dính tương tự trong đất sét dính, sức kháng cắt của hỗn hợp được xác định theo biểu thức $\tau = \sigma \tan \varphi + c_{xmtb}$, với c_{xmtb} là lực dính được tạo nên bởi các chất kết dính xi măng và tro bay. Lực dính này chính là đại lượng làm gia tăng độ bền (cường độ) của cọc và giá trị của nó hoàn toàn có thể xác định được bằng cách thí nghiệm cắt các mẫu chế bị cát biển-xi măng-tro bay ở trong phòng.

2.2.3. Quá trình gia tăng sức kháng cắt của đất nền xung quanh cọc

Quá trình đông cứng cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng làm gia tăng sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc do quá trình trao đổi ion và phản ứng puzoland xảy ra ở mặt tiếp xúc giữa cọc và đất yếu. Bản chất của quá trình này có thể diễn tả như sau:

Bao quanh mỗi hạt khoáng vật sét của đất yếu là lớp điện kép mà trong đó các ion canxi hóa trị hai thay thế các ion natri và hydro hóa trị một. Vì cần ít hơn canxi hóa trị hai để trung hòa lưới điện âm trên mặt của mỗi khoáng vật sét nên giảm được kích thước của lớp điện kép và do đó làm tăng lực hút của các hạt sét, dẫn đến lực dính của đất tăng lên. Hơn nữa, silic và nhôm trong khoáng vật sét sẽ phản ứng với silicat canxi và hydrat nhôm canxi trong phản ứng puzoland, tạo ra các hợp chất có độ bền cao và rất bền trong môi trường nước. Các quá trình này làm tăng lực ma sát và lực dính của đất yếu xung quanh cọc, dẫn đến tăng sức kháng cắt của đất nền.

Ngoài ra, trong quá trình nén chặt, cùng với việc hệ số rỗng của đất yếu giảm cũng sẽ làm cho độ ẩm và hệ số nén lún của đất giảm, lực dính và góc ma sát trong của đất tăng lên dẫn đến sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc tăng lên.

2.2.4. Quá trình cố kết thoát nước của đất nền

Ngoài tác dụng nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất yếu xung quanh cọc, cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng làm tăng nhanh quá trình cố kết thoát nước của đất nền.

Do cọc cát biển-xi măng-tro bay được đưa vào nền dưới dạng khô nên hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay sẽ hút nước trong đất yếu để tạo ra vữa cát biển-xi măng-tro bay, làm tổn thất một lượng nước lớn chứa trong đất, nghĩa là làm tăng nhanh quá trình thoát nước của nền đất. Quá trình này xảy ra ngay sau khi bắt đầu thi công cọc và kéo dài cho đến khi nền đất được xử lý xong, toàn bộ hỗn hợp cát biển-xi măng-tro bay trở thành cọc cứng cát biển-xi măng-tro bay.

Tóm lại, các tác dụng nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất nền xung quanh cọc và cố kết thoát nước của đất nền là cơ sở lý thuyết quan trọng của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý

nền đất yếu. Để đánh giá định lượng các tác dụng này có thể tiến hành thí nghiệm trong phòng và hiện trường bằng cách so sánh giá trị các chỉ tiêu như hệ số rỗng, độ ẩm, áp lực nước lỗ rỗng, hệ số nén lún, góc ma sát trong, lực dính của đất trước và sau khi xử lý cũng như trong thời gian sử dụng công trình. Các thí nghiệm có thể tiến hành sau khi cọc cát biển-xi măng-tro bay được triển khai thi công ở hiện trường.

3. TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI VÀ ĐỘ LÚN CỦA HỆ NỀN - CỌC CÁT BIỂN-XI MĂNG-TRO BAY

Sau khi xử lý, nền đất yếu trở thành nền mới (hệ nền-cọc). Việc tính toán sức chịu tải và độ lún của hệ nền-cọc là vấn đề quan trọng cần được xem xét.

3.1. Mô hình tính toán

Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu là công nghệ mới, chưa được ứng dụng vào thực tiễn nên hiện nay chưa có phương pháp tính toán nào được đề xuất. Tuy nhiên, công nghệ này được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng nên có thể áp dụng các phương pháp tính toán như đối với cọc cát hoặc cọc đất-xi măng. Công nghệ cọc cát, về bản chất là công nghệ cải tạo nền, còn công nghệ cọc đất-xi măng là công nghệ gia cố nền. Vì vậy, cần phân biệt trường hợp cải tạo nền và trường hợp gia cố nền để đề xuất mô hình tính toán.

Trường hợp cải tạo nền là khi hàm lượng xi măng, tro bay trong hỗn hợp vật liệu cọc nhỏ, xi măng và tro bay chỉ đóng vai trò chất kết dính các hạt cát, cường độ của cọc không đáng kể. Khi đó, cọc cát biển-xi măng-tro bay giống cọc cát có tác dụng nén chặt và cố kết thoát nước đất nền. Sau xử lý, nền cọc được coi như nền mới, có tính chất cơ lý mới. Sức chịu tải và độ lún của nền cọc tính như đối với nền tự nhiên với các đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt là giá trị bình quân gia quyền của cọc và đất yếu xung quanh cọc. Vấn đề là hàm lượng xi măng, tro bay là bao nhiêu thì tạo ra cường độ của cọc nhỏ, phù hợp để coi hệ nền-cọc là môi trường đồng nhất. Theo các nhà khoa học Thụy điển thì hàm lượng xi măng, tro bay tạo ra cường độ cọc nhỏ hơn 150Kpa thì có thể coi hệ nền-cọc là đồng nhất và có thể tính sức chịu tải và độ lún của nền theo lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính.

Trường hợp gia cố nền là khi hàm lượng xi măng, tro bay trong hỗn hợp vật liệu cọc lớn, tạo ra cường độ cọc lớn. Khi đó, cọc cát biển-xi măng-tro bay giống cọc đất-xi măng giữ vai trò quyết định trong sức chịu tải chung của hệ nền-cọc. Tải trọng công trình tác dụng xuống hệ nền-cọc chủ yếu do cọc tiếp nhận. Các nghiên cứu đã chỉ ra, khi hàm lượng xi măng, tro bay tạo ra cường độ cọc > 10Mpa thì sức chịu tải và độ lún của nền có thể tính theo các phương pháp như đối với trường hợp gia cố nền bằng cọc đất-xi măng.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, với cùng cường độ, cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu ưu việt hơn cọc đất-xi măng. Sở dĩ như vậy là vì, cùng tham gia như nhau vào sức chịu tải chung của hệ nền-cọc nhưng cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng gia tăng sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc trong khi cọc đất-xi măng không có tác dụng này dẫn đến sức chịu tải chung của hệ nền - cọc cát biển-xi măng-tro bay lớn hơn sức chịu tải chung của hệ nền - cọc đất-xi măng

3.2. Tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền - cọc khi cải tạo nền

3.2.1. Tính độ lún:

Độ lún của hệ nền - cọc có thể tính theo các phương pháp của lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính, cụ thể là:

Theo phương pháp "lớp tương đương":

$$S = a_{om} p h_s \quad (5)$$

trong đó: a_{om} - hệ số nén lún rút đối bình quân gia quyền của lớp đất chịu lún và cọc (hệ nền - cọc)

p - áp lực gây lún,

h_s - chiều dày lớp tương đương.

Theo phương pháp cộng lún từng lớp:

$$S = \sum_{i=1}^n \sigma_i h_i \frac{\beta}{E_{0i}} \quad (6)$$

trong đó: n - số lớp đất phân chia trong vùng chịu lún của hệ nền-cọc

σ_i - ứng suất trung bình phụ thêm giữa các lớp phân tố thứ i của hệ nền-cọc

h_i - chiều dày lớp phân tố thứ i của hệ nền-cọc,

β - hệ số không thứ nguyên, phụ thuộc vào hệ số nở hông của đất hệ nền-cọc,

E_{0i} - môđun tổng biến dạng bình quân gia quyền của lớp thứ i hệ nền-cọc.

3.2.2. Tính sức chịu tải:

Sức chịu tải của hệ nền-cọc có thể tính theo các phương pháp dựa vào vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng công trình như sau:

Theo Puzurevskiy (chiều sâu lớn nhất của vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng $Z_{max} = 0$):

$$p_0 = \gamma h \frac{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} + \frac{\pi c \cot \varphi}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} \quad (7)$$

Theo Maxlov (chiều sâu lớn nhất của vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng $Z_{max} = btg \varphi$):

$$p_{gh} = \frac{\pi \gamma (btg \varphi + h + \frac{c}{\gamma tg \varphi})}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} + \gamma h \quad (8)$$

trong đó: φ - góc ma sát trong bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

c - lực dính bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

γ - khối lượng thể tích bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

h - chiều sâu chôn móng,

b - chiều rộng của móng.

3.2.3. Thảo luận:

Các phương pháp tính độ lún và sức chịu tải nêu trên áp dụng cho trường hợp cải tạo nền, nghĩa là như đối với nền tự nhiên. Vì vậy, cần phân biệt hai trường hợp: thi công chậm và thi công nhanh.

- *Trường hợp thi công chậm* là trường hợp sau khi xử lý nền thì phải đợi một thời gian nhất định mới bắt đầu xây dựng công trình. Trong trường hợp này, khối lượng cát biển-xi măng-tro bay đưa vào nền được xem như tải trọng ngoài. Dưới tác dụng của tải trọng này, nền sẽ xuất hiện ứng suất phụ thêm σ_z gây biến dạng nền (cả theo phương dọc và phương ngang). Trị số của ứng suất phụ thêm bằng:

$$\sigma_z = \sigma + u \quad (9)$$

trong đó, σ - ứng suất hữu hiệu do hạt đất tiếp thu,

u - ứng suất trung tính do nước tiếp thu.

Theo thời gian, ứng suất hữu hiệu tăng lên, ứng suất trung tính giảm đi, nhưng ở bất kỳ thời điểm nào trong nền vẫn tồn tại mối tương quan trên. Trong trường hợp thi công chậm, các quá trình nén chặt cơ học, cố kết và phản ứng hóa lý giữa xi măng, tro bay với môi trường đã kết thúc, toàn bộ tải trọng ngoài (khối lượng cát biển - xi măng) do hạt đất tiếp thu ($\sigma_z = \sigma$), ứng suất trung tính bị triệt tiêu ($u = 0$), các biến dạng nền đạt trị số ổn định, nền được nén chặt hoàn toàn, trở thành nền mới giống như nền tự nhiên. Các phương pháp tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền-cọc theo lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính là phù hợp.

- *Trường hợp thi công nhanh* là ngay sau khi quá trình xử lý nền kết thúc thì tiến hành xây dựng công trình ngay. Lúc này, các quá trình nén chặt cơ học, cố kết của đất nền và các phản ứng hóa lý của xi măng, tro bay với đất yếu chưa kết thúc. Các chỉ tiêu cơ lý của đất nền dùng để tính độ lún và sức chịu tải vẫn đang trong quá trình biến đổi, chưa đạt tới giá trị ổn định (hằng số) nên hiển nhiên kết quả tính toán chưa chính xác. Độ

lún của nền tính được sẽ lớn hơn thực tế, sức chịu tải của nền tính được sẽ nhỏ hơn thực tế. Vì vậy, trong trường hợp thi công nhanh, không thể xem nền đã xử lý như một nền tự nhiên. Tuy nhiên, nếu thiên về an toàn, vẫn có thể sử dụng kết quả tính độ lún và sức chịu tải của nền như đối với nền tự nhiên nhưng giá thành công trình sẽ cao hơn.

3.3. Tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền - cọc khi gia cố nền

3.3.1. Tính độ lún

Việc tính lún trong trường hợp gia cố nền như đối với cọc đất-xi măng hiện có những quan điểm khác nhau. Có quan điểm coi nền cọc gia cố như một móng khối quy ước không biến dạng và chỉ tính độ lún của nền đất dưới đáy móng khối quy ước. Quan điểm khác tính theo phương pháp cùng biến dạng với giả thiết xem cọc và đất xung quanh cọc là một khối quy ước và biến dạng dọc trục của cọc gia cố tương ứng với độ lún của đất xung quanh cọc thì sự phân bố tải trọng sẽ phụ thuộc vào độ cứng tương đối của vật liệu cọc. Chùng nào ứng suất dọc trục còn nhỏ hơn độ bền giới hạn rã của cọc thì ứng suất dọc trục của cọc phụ thuộc vào môđun nén của vật liệu cọc và của đất xung quanh cọc và được tính theo công thức:

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A_c} = \frac{\sigma}{a_c + \frac{M_d}{M_c}(1-a_c)} \quad (10)$$

trong đó, σ_c - ứng suất dọc trục của cọc

P_c - tổng tải trọng tác dụng lên cọc

A_c - diện tích tiết diện cọc

σ - ứng suất trung bình dưới đáy móng

a_c - tỷ diện tích thay thế

M_d - môđun nén của đất xung quanh cọc, thường lấy bằng $150c_u$ với c_u là sức kháng cắt của đất xung quanh cọc, được xác định bằng thí nghiệm cắt cánh đất hoặc xuyên tĩnh.

M_c - môđun nén của cọc, lấy bằng (50-100) $C_{cọc}$ với $C_{cọc}$ là lực dính của vật liệu.

Độ lún của nền được xác định bằng tổng độ lún của khối đất gia cố chiều sâu H và độ lún của nền dưới khối gia cố. Độ lún của khối đất gia cố xác định theo biểu thức:

$$S = \frac{\sigma}{M} H = \frac{\sigma H}{a_c M_c + M_d(1-a_c)} \quad (11)$$

Độ lún của nền dưới khối gia cố được xác định theo các phương pháp thông thường nhưng có kể đến hệ số giảm thiểu độ lún là tỷ số giữa độ lún của khối đất đã gia cố và độ lún của đất chưa gia cố.

**Nhận xét:*

Trong công thức (11), mẫu số có thể coi là giá trị trung bình của môđun tổng biến dạng của cọc và đất nền xung quanh cọc. Tuy nhiên, quan niệm nền đất yếu sau gia cố như thế nào để có thể áp dụng phương pháp tính lún thích hợp là vấn đề cần xem xét. Nếu quan niệm nền đất sau gia cố là một móng khối quy ước như móng cọc thì việc tính lún chỉ tính cho nền đất bên dưới mũi cọc và như vậy, độ lún thường rất lớn (nhất là khi dưới mũi cọc phân bố các lớp đất yếu). Nếu quan niệm độ co ngấn dọc trục của cọc như đối với nền đất xung quanh cọc thì chưa thỏa đáng, bởi vì, cọc cát biển-xi măng-tro bay có cường độ khá lớn, tính toàn khối cao, dưới tác dụng của tải trọng công trình, sự co ngấn dọc trục không đáng kể so với đất nền xung quanh, cọc sẽ lún toàn bộ. Vì vậy, nếu khi dưới mũi cọc phân bố các lớp đất yếu thì nên tính độ lún như đối với nền tự nhiên. Lúc này độ lún tính được chắc chắn sẽ lớn hơn nhưng thiên về an toàn cho thiết kế (Tạ Đức Thịnh, 2017).

3.3.2. Tính sức chịu tải

Sức chịu tải của cọc cát biển-xi măng-tro bay có thể tính như đối với cọc đất-xi măng như sau:

Sức chịu tải của cọc được tính theo công thức:

$$Q = Q_s + Q_p \quad (12)$$

với: Q_s và Q_p - sức chịu tải do ma sát xung quanh cọc và sức kháng đầu mũi cọc.

trong đó, $Q_s = \alpha c_u A_b$, với:

c_u - sức kháng không thoát nước của đất nền, xác định bằng thí nghiệm cắt cánh hoặc xuyên tĩnh, $c_u = q_c/15 \div q_c/20$ với q_c là sức kháng xuyên đầu mũi.

α - hệ số phụ thuộc vào sức kháng cắt không thoát nước của đất xung quanh cọc, với $c_u \geq 50kPa$ thì $\alpha = 0,8-1,0$, $c_u < 50kPa$ thì $\alpha = 0,7$.

A_b - diện tích mặt bên cọc.

$Q_p = c_u N_c A_m$, với:

N_c - hệ số sức chịu tải đầu mũi cọc, phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc. Khi khoảng cách giữa các cọc trong khoảng 4-5 lần đường kính cọc d thì với $d \leq 30cm$; $N_c = 9$; $30cm < d \leq 60cm$ $N_c = 7$ và $d > 60cm$ $N_c = 6$.

A_m - diện tích đầu mũi cọc.

Sức chịu tải của nhóm cọc được tính trên cơ sở coi nhóm cọc và đất xung quanh cọc là một khối quy ước, theo công thức:

$$Q_{khối} = Q_s^{khối} + Q_p^{khối} \quad (13)$$

trong đó: $Q_s^{khối}$ - sức chịu tải do ma sát khối gia cố với đất xung quanh

$Q_p^{khối}$ - sức chịu tải của đất ở mặt dưới khối gia cố:

với: $Q_s^{khối} = c_u A_b^{khối} = 2(B+L) H c_u$

$Q_p^{khối} = c_u N_c A_m^{khối} = (6-9) c_u B L$

và: B, L, H là chiều rộng, chiều dài và chiều cao khối gia cố.

**Nhận xét:*

1) Công thức (12), tính sức chịu tải của cọc đơn gia cố như đối với cọc cứng, nghĩa là dựa vào sức kháng ma sát xung quanh cọc và sức kháng đầu mũi cọc. Nếu trong cấu trúc nền đất yếu, dưới mũi cọc gia cố có lớp đất tốt thì cách tính như vậy có thể chấp nhận được. Nhưng trong thực tế xây dựng, nhiều trường hợp phía dưới mũi cọc vẫn là đất yếu thì cách tính như trên không hoàn toàn hợp lý, bởi vì, đã coi cọc gia cố là cọc cứng thì toàn bộ tải trọng công trình sẽ do cọc tiếp nhận và nền đất xung quanh cọc hoàn toàn không tham gia vào sức chịu tải chung. Như vậy, cọc gia cố sẽ dễ dàng bị phá hủy bởi cọc tựa vào lớp đất yếu dưới mũi cọc không có khả năng mang tải. Trong tính toán sức chịu tải của nhóm cọc gia cố cũng chỉ tính đến sức kháng cắt không thoát nước của đất nền ở chu vi mặt dưới khối gia cố mà không kể đến bản thân khối đất gia cố giữa các cọc.

2) Các công thức (12), (13) chỉ tính sức chịu tải của cọc và nhóm cọc, bỏ qua sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc. Rõ ràng là, sau khi gia cố, sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc tăng lên đáng kể nhờ sức kháng cắt bờ biển và cát xa bờ cũng gây phản ứng vào sức chịu tải chung của hệ nền - cọc, ngoài sức chịu tải của cọc, còn có sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc. Điều này làm giảm hiệu quả kinh tế của cọc cát biển-xi măng-tro bay.

4. KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁT BIỂN LÀM VẬT LIỆU CỌC

4.1. Đánh giá tổng quan

Cát biển hiểu theo nghĩa thông thường là cát nhiễm mặn, gồm cát bờ biển, cát xa bờ và cát đụn. Cát bờ biển và cát xa bờ nằm ngập hoàn toàn trong nước nên có độ mặn cao và ít được sử dụng trong xây dựng vì các ion clorua trong cát gây ra hiện tượng ăn mòn cốt thép. Hàm lượng sunphat trong cát bờ biển và cát xa bờ cũng gây phản ứng với một số thành phần của xi măng làm giãn nở thể tích gây phá hủy kết cấu bê tông. Cát đụn nằm sâu phía bên trong bờ biển, không chịu tác động trực tiếp của nước biển nên độ mặn thấp. Tuy nhiên, cát đụn có môđun độ lớn $M_k < 2$ cũng không được ứng dụng nhiều do kích thước hạt nhỏ, khi sử dụng cần tăng lượng nước trộn và tăng hàm lượng xi măng để đạt cùng cường độ. Tuy nhiên, với sự phát triển của khoa học vật liệu, cát biển ngày càng được sử dụng rộng rãi làm vật liệu xây dựng chế tạo bê tông, san lấp mặt bằng, đường giao thông. Các nghiên cứu đã chỉ ra một số đặc tính kỹ thuật và đặc tính sử dụng của cát biển khá thuận lợi cho xây dựng như: độ bám dính và liên kết

với dung dịch xi măng khá tốt, có độ sạch, tinh khiết khá cao, dễ xử lý độ mặn với chi phí thấp.

Một số nhà khoa học Việt Nam đã sử dụng cát nhiễm mặn chế tạo bê tông dùng trong đường ô tô và công trình phòng hộ ven biển ĐBSCL đạt cường độ 35MPa (Trần Tuấn Hiệp, 2002) và xác định được bê tông cát biển ở miền Trung (Cửa Lò, Lăng Cô) có cường độ xấp xỉ với cường độ bê tông cát sông. Cát đụn mịn dùng để chế tạo bê tông hạt nhỏ làm mặt đường bê tông đầm lăn sử dụng tro bay thay thế xi măng với 35% có cường độ nén 28 ngày đạt 32,21MPa. Cát đụn Phú Quốc có thể dùng để chế tạo bê tông cường độ tới 40 Mpa phù hợp cho thi công đường bê tông xi măng trên đảo đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và có giá thành giảm từ 11% đến 16% so với phương án sử dụng cát sông (Hoàng Minh Đức và Nguyễn Kim Thịnh, 2017)

Như vậy, về mặt kỹ thuật, cát biển có nhiều ưu thế để thay thế cát sông. Về mặt kinh tế, nếu sử dụng cát biển tại chỗ phục vụ xây dựng công trình ven biển thì rẻ hơn nhiều so với cát sông. Trong bối cảnh cát sông cần được hạn chế khai thác thì cát biển là phương án thay thế phù hợp, theo các hướng:

- Tận dụng cát biển thu được trong quá trình nạo vét đáy biển, đưa lên bờ khử mặn bằng nước mưa và để khô tự nhiên, sau đó chỉ cần sàng phân loại đến cỡ hạt cần thiết.

- Tận dụng lượng cát khổng lồ thải ra từ quá trình khai thác/chế biến titan.

- Tổ chức thu hồi thành phần SiO₂ (cát) thường chiếm tỷ trọng rất cao trong tro xỉ thải ra từ các nhà máy nhiệt điện chạy than.

Từ nghiên cứu tổng quan trên cho thấy, cát biển có thể sử dụng làm vật liệu xây dựng thì cũng có thể làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay.

4.2. Đánh giá bằng thực nghiệm

Để làm rõ khả năng sử dụng cát biển làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm xác định cường độ kháng nén của cọc sau khi đông cứng ở phòng thí nghiệm.

Mẫu thử được chế tạo từ cát biển hút ở vùng ngập nước tại Hải Phòng; xi măng PCB40 Nghi Sơn có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6260-2009; nước thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4056:2012 đối với nước trộn vữa và bê tông.

Cát biển và xi măng được trộn với nhau theo các cấp phối như trong bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối trộn cát biển với xi măng

Thành phần	Hỗn hợp cát biển-xi măng				
	5%XM	7%XM	10%XM	13%XM	15%XM
Xi măng (kg)	74	102	142	181	206
Cát biển (kg)	1478	1456	1424	1393	1373
Nước (kg)	360	360	360	360	360
Tỷ lệ X/C	0,05	0,07	0,1	0,13	0,15
Tỷ lệ N/X	4,86	3,53	2,53	1,99	1,75

Kết quả xác định cường độ kháng nén của mẫu cát biển-xi măng được cho trong bảng 2.

Bảng 2. Cường độ kháng nén của các mẫu cát biển-xi măng theo thời gian

Ngày tuổi	Cường độ kháng nén các mẫu cát biển-xi măng (R, MPa)				
	5%XM	7%XM	10%XM	13%XM	15%XM
3	0,44	0,49	0,67	0,94	1,27
7	0,57	0,71	0,82	1,19	1,66
14	0,65	0,91	1,13	1,67	2,23
28	0,65	1,05	1,30	1,78	2,45
56	0,70	1,15	1,39	1,97	2,62
90	0,74	1,19	1,46	2,02	2,74

Từ bảng 2 cho thấy, cường độ của cọc cát biển-xi măng tăng dần theo hàm lượng xi măng trong hỗn hợp vật liệu và theo thời gian bảo dưỡng. Việc xác định hàm lượng xi măng thích hợp làm vật liệu cọc phụ thuộc vào việc thiết kế cọc để cải tạo hay gia cố nền đất yếu.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu tổng quan và thực nghiệm đã chỉ ra, hoàn toàn có thể sử dụng cát biển làm vật liệu hỗn hợp cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận sau đây:

- Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng với việc sử dụng cát biển tại chỗ làm vật liệu cọc rất phù hợp để xử lý nền đất yếu phục vụ xây dựng công trình vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long.

- Cơ sở lý thuyết của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay là tác dụng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền nhờ các quá trình nén chặt cơ học; gia tăng cường độ cọc, sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc và cố kết thoát nước của đất nền.

- Có thể tính sức chịu tải và độ lún của hệ nền-cọc sau xử lý theo các phương pháp của lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính (trường hợp cải tạo nền) và các phương pháp như đối với cọc đất-xi măng (trường hợp gia cố nền). Tuy nhiên, cần chú ý trường hợp thi công nhanh và trường hợp thi công chậm cũng như đặc điểm cấu trúc nền đất yếu nơi xây dựng công trình.

- Cát biển ở Việt Nam có đặc tính kỹ thuật và đặc tính sử dụng tốt để làm vật liệu xây dựng chế tạo bê tông. Khi trộn cát biển Hải Phòng với xi măng Nghi Sơn theo hàm lượng xi măng lần lượt là 5%, 7%, 10%, 13%, 15% tạo ra cường độ cọc ở thời gian 28 ngày tuổi là 0,65MPa, 1,05MPa, 1,30MPa, 1,78MPa, 2,45MPa, chứng tỏ hoàn toàn có thể sử dụng cát biển làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay thay thế cát sông, phù hợp với công trình xây dựng vùng ven biển. Tuy nhiên, cần nghiên cứu làm sáng tỏ trữ lượng và điều kiện khai thác cát biển.

- Để công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay có thể ứng dụng vào thực tế xử lý nền đất yếu cần tiếp tục nghiên cứu thực nghiệm ở trong phòng và ngoài trời để làm sáng tỏ thêm tác dụng nén chặt cơ học, cố kết thoát nước của nền đất yếu cũng như hiệu quả xử lý nền cả về kỹ thuật và kinh tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tiến hành và hoàn thiện dưới sự tài trợ của Bộ Xây dựng thông qua đề tài NCKH mã số RD 40-20

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh. Nghiên cứu sử dụng cát đụn tại chỗ làm đường bê tông xi măng trên đảo Phú Quốc. Tạp chí KHCN Xây dựng số 3, 2017.

Nguyễn Thị Ну. Nghiên cứu đặc tính địa chất công trình của đất loai sét yếu amQ₂₋₃ phân bố ở các tỉnh ven biển ĐBSCL phục vụ xử lý nền đường. Luận án Tiến sĩ Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2014.

Trần Tuấn Hiệp. Nghiên cứu sử dụng cát biển và nước nhiễm mặn làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô và công trình phòng hộ ven biển vùng đồng bằng Nam bộ. Cầu đường Việt Nam, số 08, 2002

Tạ Đức Thịnh. Nghiên cứu đề xuất phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát-xi măng-vôi. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2002.

Tạ Đức Thịnh. Bàn về phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún của nền đất yếu gia cố bằng cọc đất-xi măng. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ-Địa chất, số 58 - Kỳ 5, tháng 10-2017, ISSN 1859 - 1469, trang 386-390.

Phân tích sự làm việc của móng bè cọc theo mô hình hệ số nền

Analysis of piled-raft foundation by winkler model method

> **VÕ VĂN ĐẤU¹, TRẦN VĂN TỶ¹, ĐỖ ANH HÀO², LÂM TẤN PHÁT³**

¹Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Email: vvdau@ctu.edu.vn; tvty@ctu.edu.vn

²SV Bộ môn Kỹ thuật Thủy lợi, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Email: haob1606127@student.ctu.edu.vn

³HVCH, Bộ môn Kỹ thuật Thủy lợi, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Email: phatm4220016@gstudent.ctu.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài báo nghiên cứu mô hình hệ số nền Winkler được áp dụng để phân tích sự làm việc của bè và cọc trong móng bè cọc làm việc đồng thời dưới tác động của tải trọng của công trình Cổng thứ Sáu tại tỉnh Kiên Giang. Trong phương pháp tính toán móng bè cọc chịu uốn có xét đến ứng xử của đất nền, đất nền được xem xét tương đồng với một hệ vô số các lò xo đàn hồi tuyến tính. Kết quả cho thấy phần bè chịu 16% và phần cọc chịu 84% tổng tải trọng công trình truyền xuống móng. Từ kết quả này cho thấy khi tính toán theo móng bè cọc, số lượng cọc có thể giảm so với phương pháp thông thường.

Từ khóa: Mô hình Winkler; móng bè cọc; tải trọng

ABSTRACT:

In this study, Winkler model was applied to analyze the simultaneous working of raft and piles in the piled-raft foundations under the impact of structural loads of Thu Sau sluice-gate in Kien Giang province. In calculating the flexural pile-raft foundation where the behavior of the soil was taken into account, the soil was considered as an infinite system of linear elastic springs. The results show that the total structural loads were carried by raft and piled system, respectively, of 16% and 84%. From this result, it can be indicated that when the piled-raft foundation method is analyzed, the number of piles would be reduced compared to common methods.

Keywords: Winkler model; piled-raft foundations; loads.

1. GIỚI THIỆU

Móng bè - cọc là một phương án móng cọc hay còn gọi là móng bè trên nền cọc, cho phép bè và cọc phát huy được khả năng chịu lực và tận dụng được một phần sức chịu tải của nền đất dưới đáy bè. Hiện nay ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn thiết kế móng bè - cọc. Phương pháp thiết kế móng hiện nay đơn giản là do cọc chịu hoặc do bè chịu. Các phương pháp này chưa đúng với điều kiện làm việc thực tế của công trình, chưa tận dụng được hết khả năng chịu lực của kết cấu cũng như của đất nền.

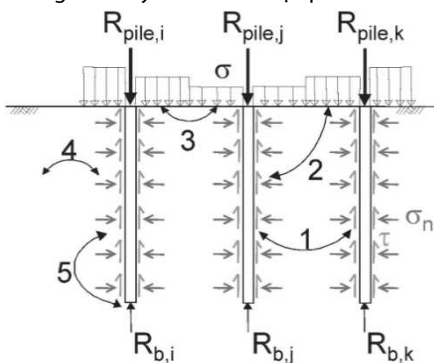
Để thay đổi các quan điểm chưa chính xác về móng bè - cọc, các chuyên gia cơ đất tìm cách đưa lý thuyết tính toán hệ thống móng này, trong đó nổi bật là Poulos & Davis (1980), Fleming và các cộng sự (1992), Randolph (1994), Burland (1995), Katzenbach (1998) và những nghiên cứu gần đây của Poulos (1994, 2001a, 2001b). Áp dụng phương trình Midlin của bán không gian đàn hồi vào trong bài toán móng bè - cọc và những thử nghiệm thực tế để phân tích bài toán, Poulos đã đưa ra một mô hình gần với thực tế. Mô hình này được sử dụng rộng rãi để xây dựng nhiều công trình và tiếp tục được phát triển trên thế giới. Ví dụ tính toán đầu tiên về móng bè cọc dùng phương pháp phần tử hữu hạn được trình bày bởi Hooper (1973), với mô hình đối xứng trục dùng phần tử tám nút. Trong phương pháp này, độ cứng của nhóm cọc được ước lượng một cách gần đúng. Nền đất được mô phỏng như một vật liệu đồng nhất đàn hồi tuyến tính với module tăng tuyến tính theo độ sâu. Hooper dùng phương pháp này để phân tích móng bè cọc để phân tích công trình Hyde Park Barracks. Năm 1975, Ottaviani ứng dụng phương pháp này để phân tích bè tuyệt đối cứng đặt trên nhóm cọc trong một không gian đồng nhất.

Chow và The (1991) dùng phương pháp số phân tích ứng xử của móng bè cọc tuyệt đối cứng trên nền không đồng nhất. Bè được rời rạc hóa thành các phần tử con hình vuông. Tác giả xem bè tiếp xúc hoàn toàn với đất nền và mặt tiếp xúc giữa bè và nền được tính toán chính xác thông qua các vùng được chia nhỏ hình vuông đó (Chow, 1987a). Đất nền được mô phỏng là vật liệu tuyến tính đàn hồi đẳng hướng và module Young tăng tuyến tính theo độ sâu. Cọc tiết diện hình tròn và được rời rạc thành hai phần tử nút tại mặt tiếp xúc giữa đất và cọc (Chow, 1987b). Tương tác giữa bè, cọc và đất nền được kể đến vào quá trình tính toán.

Katzenbach và Reul (1997) dùng phương pháp phần tử hữu hạn để mô tả ứng xử của đất thành vật liệu đàn dẻo. Cọc được mô hình bằng phần tử khối, còn bè được mô phỏng bằng phần tử tấm. Quan hệ ứng suất biến dạng của đất được mô phỏng bằng mô hình nền bao gồm hai phần mặt dẻo chính: mặt áp lực phụ thuộc hoàn toàn vào phá hoại cắt dẻo và mặt dẻo nấp chịu nén. Katzenbach và các cộng sự (2000) dùng mô hình tương tự thực hiện các nghiên cứu phân tích ứng xử của các móng bè cọc tại đất sét Frankfurt. Reul (1998) tinh chỉnh lại mô hình bằng cách dùng phần tử vô cùng tại biên để mô hình nền đất thành bán không gian đàn hồi.

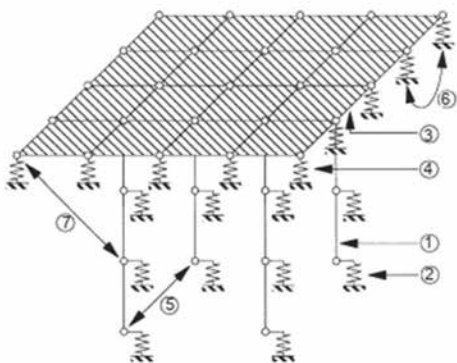
Prakoso and Kulhawy (2001) phân tích móng bè cọc bằng phần tử hữu hạn biến dạng phẳng phi tuyến và đàn hồi tuyến tính thông qua mô phỏng móng bè cọc ba chiều thành móng bè hai chiều. Phân tích này dựa trên phần mềm plaxis version 6.1 và phần tử tam giác sáu nút được dùng để mô phỏng móng bè cọc và đất nền.

Theo quan điểm tính toán móng cọc trong TCVN 10304:2014 thì tải trọng của công trình bên trên được bè tiếp nhận rồi truyền xuống các cọc. Các nhà nghiên cứu trên thế giới quan niệm rằng tải trọng công trình vừa phân phối lên đất xung quanh bè, vừa phân phối lên các cọc. Quan điểm này đã được nghiên cứu và áp dụng từ lâu nhưng đến nay vẫn chưa được phổ biến ở nước ta.



Hình 1: Hiệu ứng tương tác giữa đất và các cấu trúc trong móng bè-cọc theo Katzenbach và các cộng sự, 2005

1. Tương tác giữa cọc và cọc;
2. Tương tác giữa cọc và móng bè;
3. Tương tác giữa đất và móng bè;
- 4,5. Tương tác giữa đất và cọc.



Hình 2: Mô hình phân tích móng bè cọc theo Randolph, 1994

1. Phần tử cọc 1 chiều;
2. Liên kết lò xo tại các nút của cọc;
3. Phần tử bè 2 chiều;
4. Liên kết lò xo tại các nút của bè;
5. Tương tác giữa cọc-đất-cọc;

6. Tương tác giữa bè-đất-bè;

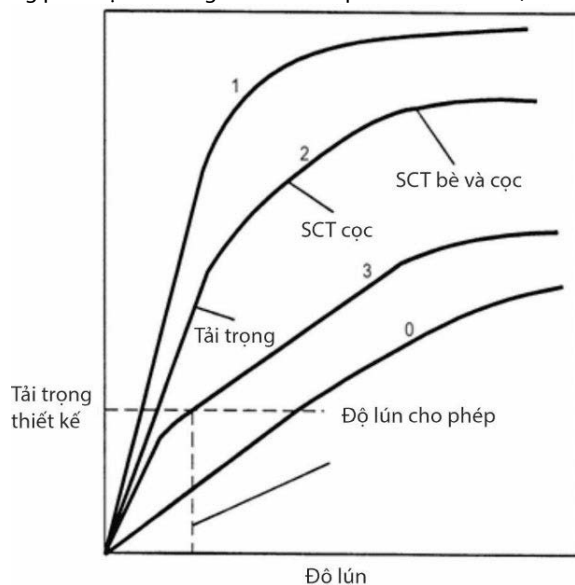
7. Tương tác giữa bè-đất-cọc.

Các quan điểm thiết kế móng bè cọc

Quan điểm thứ nhất: Ở tải trọng làm việc cọc chỉ chịu tải trọng từ 35 đến 50% sức chịu tải cực hạn (hệ số an toàn sức chịu tải bằng 2 đến 3), quan hệ tải trọng-độ lún của cọc vẫn là tuyến tính. Gần như toàn bộ tải trọng tác dụng lên móng do cọc tiếp nhận. Bè chỉ tiếp nhận phần tải trọng rất nhỏ, phân phối lên nền đất ở đáy bè.

Quan điểm thứ hai: Bè được thiết kế tiếp nhận một phần đáng kể tải trọng lên móng, phần còn lại do các cọc chịu. Ở tải trọng làm việc sức chịu tải của cọc được huy động từ 70 đến 100% (hệ số an toàn sức chịu tải bằng 1 đến 1,5), quan hệ tải trọng-độ lún của của cọc là quan hệ phi tuyến do cọc có chuyển dịch tương đối so với đất nền. Số lượng cọc được bố trí đủ nhằm giảm áp lực tiếp xúc thực giữa bè và đất nền xuống nhỏ hơn áp lực tiền cố kết của đất. Cọc được sử dụng với mục đích làm giảm độ lún trung bình của bè.

Quan điểm thứ ba: Bè được thiết kế để chịu phần lớn tải trọng lên móng. Các cọc chỉ tiếp nhận một phần nhỏ của tổng tải trọng, được bố trí hợp lý với mục đích chính là giảm độ lún lệch (chứ không phải độ lún trung bình như ở quan điểm thứ hai).



Hình 3. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ lún của móng bè ở nguyên lý thiết kế khác nhau theo Poulos, 2000

SCT: Sức chịu tải

Đường cong 0: Bè chịu tải hoàn toàn (độ lún vượt quá độ lún cho phép).

Đường cong 1: Nhóm cọc thiết kế chịu tải hoàn toàn.

Đường cong 2: Bè và nhóm cọc được thiết kế với bè chịu tải một phần.

Đường cong 3: Bè và nhóm cọc được thiết kế với cọc chịu tải trọng tối đa

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các phương pháp sau được sử dụng trong nghiên cứu: (i) Thu thập tài liệu, số liệu và tổng hợp các số liệu; (ii) Xử lý số liệu và lập mô hình tính toán;

2.1 Thu thập tài liệu, số liệu

Trong phạm vi nghiên cứu này tác giả đã áp dụng tính toán nền móng cho công trình Cổng thứ Sáu thuộc Tiểu dự án số 09: Đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng phòng chống xói lở bờ biển và hỗ trợ nuôi trồng thủy sản ở huyện An Minh, An Biên tỉnh Kiên Giang thuộc dự án "Chống chịu khí hậu tổng hợp và sinh kế bền vững

Đồng bằng sông Cửu Long (MD-ICRSL)". Địa điểm xây dựng: xã Nam Thái, huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang.



Hình 4: Vị trí công trình



Hình 5: Phối cảnh công trình cống thứ Sáu - Kiên Giang

Bảng 1 - Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất nền

STT	Các thông số	Lớp 1	Lớp 2c	Lớp 2
1	Phân tích thành phần hạt			
	Sét %	47	6	44
	Bụi %	24	8	23
	Cát %	29	26	33
	Sỏi, sạn%		60	
	Cuội, dăm%			
2	Các chỉ tiêu cơ lý			
	Giới hạn chảy W_L %	60,4		50,9
	Giới hạn lùn %	32,8		26,7
	Chỉ số dẻo I_p %	27,6		24,2
3	Độ sệt B	1,27		-0,05
4	Độ ẩm tự nhiên W %	67,8	25,5	25,6
5	Dung trọng ướt γ_w kN/m ³	1,58	1,97	1,99
6	Dung trọng khô γ_d kN/m ³	0,94	1,57	1,58
7	Tỷ trọng G_s	2,67	2,74	2,7
8	Độ kẻ hở n %	64,8	42,7	41,4
9	Tỷ lệ kẻ hở e_o	1,842	0,746	0,706
10	Độ bão hòa S_r %	98,4	93,7	97,7
11	Lực dính kết c kG/cm ²	0,03		0,31
12	Góc nội ma sát φ°	2°07		13°27
13	Hệ số nén nún a cm ² /kG	0,441		0,039
14	Môđun TBD E kG/cm ²	25,8		176,0
15	Hệ số thấm K cm/s	3,7x10 ⁻⁶		8,3x10 ⁻⁶

- Diện tích đáy móng : 37,7 m²

- Tổng tải trọng chuyển xuống đáy móng: 4880 T

- Cốt đáy móng ở độ sâu -4 m so với mặt đất tự nhiên. Mặt bằng công trình khá rộng, tải trọng lại tương đối lớn nên sơ bộ chọn phương án cọc ép với $d = 0,3 \times 0,3$ m, chiều dài cọc dự kiến 11 m, cắm sâu vào lớp cát pha số 2 một đoạn 4 m.

2.2 Xử lý số liệu và lập mô hình tính toán

a) Sức chịu tải của cọc theo vật liệu

- Sức chịu tải cọc theo vật liệu.

$$P_{v1} = \phi [R_s \times A_s + (A_b - A_s) \times R_b] \\ = 2800 \times 10,16 + (900 - 10,16 \times 145) \\ = 157475 \text{ kg} = 157,5 \text{ T}$$

Trong đó: $\phi = 1$: hệ số ảnh hưởng đến độ mảnh của cọc; R_s : cường độ chịu nén của thép (kG/cm²); R_b : cường độ chịu nén của bê tông (kG/cm²); A_s : diện tích cốt thép chịu lực của cọc (cm²); A_b : diện tích cọc (cm²).

- Số cọc được chọn sơ bộ theo công thức:

$$n = \beta \times \frac{\Sigma P}{P} = 1,5 \times \frac{4880}{157,5} = 46 \text{ cọc}$$

Trong đó: $\beta = 1-1,5$: hệ số xét đến ảnh hưởng lực ngang và momen; ΣP : tổng lực đứng tác dụng lên công trình (T); P: sức chịu tải của cọc (T).

b) Sức chịu tải của cọc theo chỉ tiêu cơ lý đất nền (theo độ sệt B)

$$P_n^{tt} = 0,7 \times m \times (\alpha_1 \times \alpha_2 \times \Sigma u_i \tau_i l_i + \alpha_3 \times R_i \times F_i)$$

$$P_k^{tt} = 0,4 \times m \times (\alpha_1 \times \alpha_2 \times \Sigma u_i \tau_i l_i)$$

Trong đó: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$: hệ số xét đến ảnh hưởng phương pháp hạ cọc, ma sát cọc và đất, sự mở rộng mũi cọc; $m = 1$: hệ số điều kiện làm việc; u : chu vi tiết diện cọc (m); l_i : chiều dài ma sát cọc nằm trong lớp thứ i (m); R : cường độ kháng mũi của nền tại mũi cọc (T/m²); F : diện tích tiết diện ngang tại mũi cọc (m²); τ_i : áp lực ma sát trung bình chung quanh thân cọc lớp thứ i (T/m²).

c) Sức chịu tải của cọc theo chỉ tiêu cường độ đất nền (theo c, φ)

Sức chịu tải của cọc cho phép:

$$Q_a = \frac{Q_s}{FS_s} + \frac{Q_p}{FS_p}$$

Trong đó: $Q_s = u \cdot \Sigma f_{si} \cdot l_i$: thành phần ma sát bên (T); $Q_p = q_p \cdot A_p$: thành phần chịu mũi (T); u : chu vi tiết diện cọc (m); f_{si} : áp lực ma sát quanh thân cọc (T/m²); l_i : chiều dài ma sát cọc trong lớp đất thứ i (m); $FS_s=1,6$; $FS_p=2$: hệ số an toàn; q_p : cường độ của đất dưới mũi cọc (T/m²);

Lực ma sát xung quanh thân cọc:

$$f_{si} = K_o \cdot \sigma'_{vi} \cdot \tan \varphi + c_i$$

Trong đó: $K_o = 1 - \sin \varphi$: hệ số áp lực ngang; φ : góc ma sát trong lớp đất thứ i ; σ'_{vi} : áp lực hữu hiệu của đất theo phương thẳng đứng (T/m²).

Cường độ của đất dưới mũi cọc.

$$q_p = \gamma \cdot d_p \cdot N_\gamma + \sigma'_{vp} \cdot N_q + cN_c$$

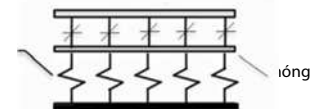
Trong đó: γ là trọng lượng riêng của đất dưới mũi cọc (T/m³); d_p : cạnh hoặc đường kính cạnh (m); c : áp lực dính của đất dưới mũi cọc (T/m²); σ'_{vp} : áp lực đất tại cao trình mũi cọc (T/m²);

N_γ, N_q, N_c : hệ số sức kháng tải, theo góc ma sát của đất dưới mũi cọc;

d) Mô hình hệ số nền Winkler

Trong mô hình hệ số nền Winkler, các cọc được mô phỏng là các gối lò xo có độ cứng hữu hạn. Khi sử dụng móng cọc đài thấp, cọc chỉ chịu tải trọng dọc trục nên có thể giả thiết độ cứng lò xo theo phương ngang là vô cùng lớn hoặc gán gối theo hai phương.

Phần tử lò xo
(độ cứng K)



Hình 6: Mô hình nền Winkler

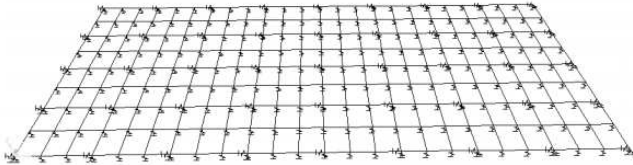
Tính toán sức chịu tải của cọc theo thí nghiệm nén tĩnh là một phương pháp cho kết quả có độ tin cậy cao. Tuy nhiên, đòi hỏi chi phí thực hiện lớn và thường dùng hiệu chỉnh phương án móng sau khi thi công các cọc thí nghiệm. Vì vậy, nhóm tác giả sử dụng giá trị

độ bảo sức chịu tải cho phép cho việc tính toán độ cứng lò xo cọc khi mô hình theo công thức:

$$K_c = \frac{[P]}{S^*}$$

Trong đó: [P] là Sức chịu tải của cọc; S* độ lún trung bình của móng, lấy theo Tiêu chuẩn TCVN 10304:2014.

Phương pháp giải bằng mô hình hệ số nền tuy có nhiều nhược điểm nhưng trong bài toán phân tích nội lực móng bè - cọc, nó vẫn cho kết quả có độ chính xác cao. Bên cạnh đó, ta có thể sử dụng được các phần mềm phân tử hữu hạn thông dụng hiện nay như SAP hoặc SAFE để giải.



Hình 7: Mô hình tính trong phần mềm SAP2000

Bảng 2 - Bảng tính toán hệ số nền

Độ sâu (m)	Diện tích (m ²)	Lớp đất	k (kN/m ⁴)	α	γ _c	C _z	
						(kN/m ³)	T/m ²
1	0,25	1	3000	0,56	1	1669	42
2						3338	83
3						5007	125
4						6676	167
5						8344	209
6						10013	250
7	2	12000				46729	1168
8						53405	1335
9						60080	1502
10						66756	1669
11						73432	1836
Phản lực nền						23961	599

Bè được mô hình bằng phần tử tấm, liên kết với các lò xo đặc trưng cho cọc và đất.

Cọc được thay thế bằng một liên kết lò xo có độ cứng phụ thuộc vào chuyển vị cọc dưới tác dụng của tải trọng làm việc.

Thay đất nền bằng các liên kết lò xo tại các điểm sao cho phù hợp với sự thay đổi của đất nền và tính chất làm việc của cọc.

Mô hình máy tính mô tả tác dụng cơ học tương hỗ trợ giữa cọc và nền đất bao quanh cọc xem như môi trường đàn hồi biến dạng tuyến tính đặc trưng bởi hệ số nền C_z tăng dần theo chiều sâu.

$$C_z = \frac{k \cdot \alpha \cdot Z}{\gamma_c}$$

Trong đó: k là hệ số tỷ lệ, phụ thuộc loại đất bao quanh cọc theo bảng A.1 của tiêu chuẩn TCVN 10304:2014. Z: là độ sâu tiết diện tính toán của hệ số nền. α: Hệ số chiết giảm của nhóm cọc.

$$\alpha = \gamma_c \cdot \prod_{i \neq j} \left\{ 1 - \frac{d}{r_{ij}} \left[1,17 + 0,36 \frac{x_i - x_j}{r_{ij}} - 0,15 \left(\frac{x_j - x_i}{r_{ij}} \right)^2 \right] \right\}$$

γ_c: là hệ số xét đến sự làm chặt đất khi hạ cọc và lấy như sau:

γ_c=1 đối với cọc đóng tiết diện đặc;

γ_c=1 đối với những loại cọc còn lại;

d: là đường kính hay cạnh của tiết diện ngang cọc.

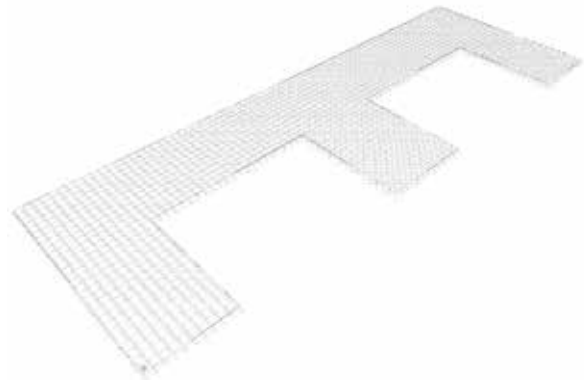
$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

x_i, y_i: là tọa độ tim cọc thứ "i" trên mặt bằng, lực ngang đặt theo hướng trục x;

x_j, y_j: là tọa độ tim cọc thứ "j" trên mặt bằng, lực ngang đặt theo hướng trục x.

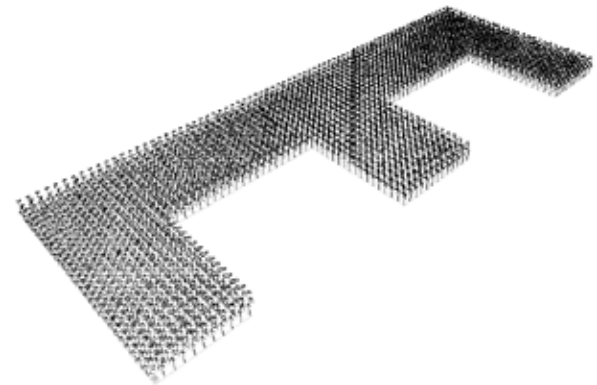
F là diện tích ô lưới được chia ra. Ở biên, F'=F/2, ở góc đài, F'' = F/4.

Sơ đồ bố trí cọc trong đài



Hình 8: Sơ đồ bố trí đài móng

Kết quả tính toán trong phần mềm SAP2000:



Hình 9: Phân lực gối tựa lò xo

Kết quả phân lực gối tựa lò xo cọc:

+ Phản lực đầu cọc lớn nhất: Tại nút 567,

P_{max} = 39,81 Tấn.

+ Phản lực đầu cọc nhỏ nhất: Tại nút 135,

P_{min} = 20,89 Tấn.

- Kết quả phân lực gối tựa lò xo đất: Giá trị phản lực lớn nhất: Tại nút 439, R_{max}=1,226 T trên diện tích lưới 0,25 m². Hay ứng suất nền đất dưới đáy bè: σ_m = 1,226/0,25 = 4,9 T/m²

- Tải trọng phân chia cho bè và cọc:

+ Tổng tải trọng móng phải chịu: Q = 4880 T

+ Tổng tải trọng bè chịu: Q_b = 739 T, chiếm 16% tổng tải trọng.

+ Tổng tải trọng cọc chịu: Q_c = 4141 T, chiếm 84% tổng tải trọng.

Số cọc được chọn sơ bộ theo công thức: n = β × $\frac{\sum PQ_c}{P}$ =

$$1,5 \times \frac{4141}{64,44} = 96 \text{ cọc}$$

Trong đó: $\beta = 1-1,5$: hệ số xét đến ảnh hưởng lực ngang và momen;

ΣQ_c : tổng tải trọng cọc phải chịu;

P: sức chịu tải của 1 cọc (T).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bảng 3 - So sánh sức chịu tải của cọc

Phương pháp	Vật liệu	Cơ lý đất nền	Cường độ đất nền	Winkler theo hệ số nền C_z
Sức chịu tải của cọc	157,5	30,43	36,44	43,13
Số lượng cọc	64	241	114	96

Kiểm tra sức kháng trượt của cọc.

Bảng 4 - Kết quả tính toán lực kháng trượt của cọc

Hàng cọc	h_i (m)	t_n (m)	t'_z (m)	P_a (T/m ²)	P_p (T/m ²)	M_{c1} (T.m)	M_{c2} (T.m)	t_z (m)	Q (T)
1	4.89	6.11	4.89	15.30	18.89	9.66	3.79	3.06	5.50
2	4.78	6.22	4.98	15.24	18.82	9.99	3.79	3.07	5.49
3	4.45	6.55	5.24	15.06	18.61	10.98	3.79	3.08	5.47
4	3.84	7.16	5.73	14.73	18.23	12.94	3.79	3.10	5.43
5	2.84	8.16	6.53	14.18	17.60	16.41	3.79	3.14	5.37
6	1.36	9.64	7.71	13.36	16.66	22.06	3.79	3.20	5.27
Tổng									32.54

Tổng sức kháng trượt của hệ thống cọc

$$Q = n \cdot \Sigma Q = 12 \cdot 32,91 = 390,43 \text{ T}$$

Hệ số an toàn cung trượt tròn sau khi gia cố nền bằng cọc BTCT

$$K_{at} = \frac{\Sigma P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + \Sigma S_i \cdot c_i + Q}{\Sigma P_i \cdot \sin \alpha_i + \frac{N \cdot a}{R}} = \frac{6,16 + 6,86 + 390,43}{51,73 + 3,51} = 7,3$$

$$\Rightarrow K = 7,3 > [K] = 1,2 \text{ (thỏa)}$$

\Rightarrow Công trình ổn định trên nền đã gia cố cọc BTCT

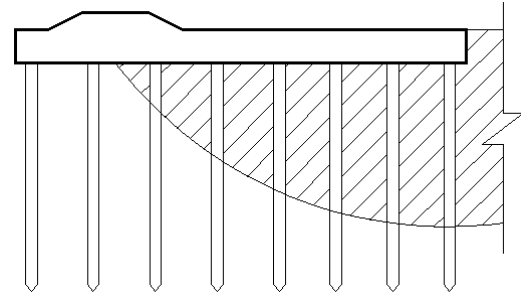
4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán theo mô hình hệ số nền Winkler cho kết quả cần bố trí 96 cọc d30x30 cm dài 11 m, tiết kiệm hơn so với cách tính truyền thống 18 cọc (96 cọc so với 114 cọc) tương đương với 17,8 m³ bê tông.

Khi tính toán theo phương pháp chỉ tiêu cường độ đất nền và các phương pháp truyền thống khác với mô hình nền Winkler đều thỏa mãn sức chịu tải cọc và nền đất dưới bề. Trong phương pháp theo chỉ tiêu cường độ đất nền và các phương pháp truyền thống khác, mô hình tính được xây dựng tương đối đơn giản, kết quả phân tích cho thấy tải trọng cọc đại tác dụng lên cọc lớn hơn mô hình hệ số nền Winkler. Trong khi đó, mô hình hệ số nền mô tả chi tiết tương tác cọc và đất nền, cho kết quả là tải trọng tác dụng lên cọc nhỏ hơn.

Tuy nhiên chênh lệch kết quả trong hai trường hợp là nhỏ. Cả hai phương pháp đều cho phép tiết kiệm vật liệu hơn so với trường hợp không kể đến sự làm việc của bề. Trong mô hình hệ số nền Winkler, tỷ lệ tải trọng công trình truyền lên bề lớn hơn chứng tỏ độ cứng của cọc trong mô hình hệ số nền tăng lên so với phương pháp truyền thống. Khi kể đến sự làm việc của bề, tải trọng công trình được phân chia cho bề với tỷ lệ từ 10-20%,

Cung trượt nhất có $K_{at} = 0,226$ ứng với bán kính cung trượt $R = 12,49$ m đi qua 6 hàng cọc như dưới hình vẽ. Ta tính toán sức lại chịu tải của cọc.



Hình 10: Sơ đồ cung trượt cắt hệ thống cọc

tỷ lệ này có thể thay đổi tùy thuộc vào nền đất dưới bề, chiều dày bề và cách bố trí các cọc.

Khi không xét đến sự làm việc của bề, tải trọng cọc đại tác dụng lên cọc P_{max} tăng 16% so với mô hình cũ. Nếu huy động thêm sức chịu tải của đất dưới bề bằng cách giảm số lượng cọc, mức độ tiết kiệm còn tăng thêm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Xây Dựng. Tiêu chuẩn Quốc gia: Móng cọc và tiêu chuẩn thiết kế, TCVN 10304:2014, 2014.
 H.G. Poulos. Piled raft foundations: Design and applications, 2001.
 Horikoshi, K. & Randolph, M. F. (1997). On the definition of raft-soil stiffness ratio for rectangular rafts. Geotechnique 47 (5): 1055-1061.
 Horikoshi, K. & Randolph, M. F. (1998). A contribution to the optimum design of piled rafts. Geotechnique 48, No. 3, 301-317.
 M.F. Randolph. Design method for piled group and piled rafts, 1994.
 Nancy Aguirre, Abbasali TaghaviGhalesari and Cesar Carrasco. A comparison of concrete pavement responses using finite element method with foundation springs and 3-D solid elements, 2019.
 Katzenbach, G. Bachmann, G. Boled-mekasha, H. Ramm. Combined pile raft foundations (CPRF): An appropriate solution for the foundations of high-rise buildings, 2005.
 Katzenbach, R., Arslan, U., and Moormann, C. (2000). Piled raft foundations projects in Germany. Design applications of raft foundations. Hemsley J. A., editor, Thomas Telford, London, 323–392.
 Katzenbach R., Schmitt A., Turek J. (2005). Assessing Settlement of High-Rise Structures by 3D Simulations. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 20, 221–229.
 Reul O. (2004). Numerical study of the bearing behavior of piled rafts. Int J. Geomech (ASCE) 4(2): 59–68. Reul O., Randolph M. F. (2004). Design strategies for piled rafts subjected to nonuniform vertical loading. J. Geotech Geoenviron Eng. (ASCE) 130(1): 1–13.
 Võ Phan, Hoàng Thế Thao. Phân tích và tính toán móng cọc, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM, 2010

Giải pháp chống sạt lở bờ sông, biển bằng kè mềm sử dụng bao sinh thái

Solutions to prevent river and sea erosion by using soft embankment with the ecological bag

> PGS.TS NGUYỄN XUÂN MÃN¹, TS NGUYỄN DUYÊN PHONG¹, NGUYỄN DUY BẮC VIỆT²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở - Địa chất

Email: mannxdoky@gmail.com; nguyenduyenphong@humg.edu.vn

²Công ty TNHH Phát triển kỹ thuật và VLXD Đại Viễn, TP.HCM.

Email: nguyenduybacviet@gmail.com

TÓM TẮT:

Sạt lở bờ sông, bờ hồ và bờ biển xảy ra thường xuyên, nhất là trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có hệ thống sông rạch chằng chịt, dày đặc; nhiều địa phương có hồ lớn và có đường bờ biển dài. Hàng năm các địa phương này mất nhiều đất đai ven sông biển do sạt lở gây nên. Đã có nhiều giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông, biển, tuy nhiên các giải pháp còn chưa bền vững, nhiều giải pháp không khả thi. Báo cáo trình bày những nghiên cứu ứng dụng kè mềm từ bao sinh thái để phòng chống sạt lở bờ sông, biển; đề cập các dự án đã ứng dụng giải pháp này thành công, mang lại hiệu quả kinh tế-xã hội.

Từ khóa: Sạt lở bờ sông - biển, kè mềm; bao sinh thái; địa kỹ thuật.

ABSTRACT:

River, lake, and coast erosion occur frequently, continuously with increasing and complicated nature and scale, especially in the context of climate change and sea-level rise. The Mekong River Delta has a dense and intricate system of rivers and canals; Many localities have large lakes and long coastlines. Every year, these localities lose a lot of land along the riverside due to landslides; causing many difficulties in transportation, aquaculture, causing many losses in houses and works. There have been many measures to prevent river and sea erosion. However, the solutions are not sustainable; many solutions are not feasible. This report presents researches on the application of soft embankments from ecological bags to prevent river and sea erosion prevention; mentioned projects that have applied this solution successfully, bringing about socio-economic efficiency.

Keywords: River and sea erosion; soft embankment; ecological bag; Geotechnical.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình trạng sạt lở bờ sông, bờ biển ở vùng ĐBSCL đang diễn biến ngày càng phức tạp dọc theo các tuyến sông Tiền, sông Hậu, sông Vàm Cỏ Đông, Vàm Cỏ Tây, các nhánh sông chính và cả bờ biển, gây nhiều thiệt hại (Hoàng Văn Huân và cộng sự, 2013; Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020; <https://dangcongsan.vn/xa-hoi/sat-lo-bo-song-bo-bien-tai-dong-bang>). Các địa phương trong vùng ĐBSCL đã phải ban bố tình trạng khẩn cấp sạt lở bờ biển, bờ sông trên địa bàn. Mỗi năm các địa phương ở ĐBSCL mất từ 300÷500 ha đất và hàng chục nghìn hộ dân phải di dời khỏi vùng nguy hiểm do sạt lở. Thống kê đến 2018 ở ĐBSCL có 526 điểm sạt lở với tổng chiều dài gần 800 km. Năm 2010, toàn vùng xuất hiện 99 điểm sạt lở thì đến năm 2019 số điểm sạt lở tăng lên gấp 7 lần với 681 điểm. Hàng chục ngàn km đê biển ở một số tỉnh vùng ven biển ĐBSCL đang bị ảnh hưởng do xói lở bờ biển gây ra, rừng phòng hộ ven biển bị cuốn

trôi. Tình hình sạt lở cụ thể ở các địa phương theo các tác giả (Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020) đến năm 2020 như sau:

- Tại TP. Cần Thơ đã xảy ra 17 vụ sạt lở (tăng gấp đôi so với cùng kỳ năm 2019) với tổng chiều dài hơn 1.000 m, ảnh hưởng đến 37 căn nhà; trong đó có 4 căn bị sạt hoàn toàn, thiệt hại tài sản hơn 12 tỉ đồng.

- Thống kê đến 2019 Bến Tre có 112 điểm sạt lở bờ sông, bờ biển với tổng chiều dài 138 km.

- Tại An Giang, từ năm 1970 đến năm 2000, khu vực thị xã Tân Châu sạt lở đã cướp đi gần 60 ha đất, trên 30 người chết và mất tích; trong đó, từ cuối năm 2018 đến đầu năm 2019, tỉnh An Giang xuất hiện 78 điểm sạt lở với trên 91,2 km bờ sông.

- Tại Đồng Tháp xuất hiện 52 điểm sạt lở dọc sông Tiền, sông Hậu, với tổng chiều dài và diện tích sạt lở là 28,5 km và 17,98 ha.

- Tại Cà Mau tình hình khẩn cấp sạt lở đê biển bờ Tây nằm ở 2 huyện U Minh và Trần Văn Thời. Huyện Trần Văn Thời có 3 đoạn

cần khắc phục sạt lở ngay, gồm: Kênh Mới - Đá Bạc, Đá Bạc - Sào Lưới, Bắc Sào Lưới hướng về Ba Tĩnh; huyện U Minh có 2 đoạn là Dòng Cát - Tiểu Dừa và Bắc - Nam vàm Khánh Hội.

- Tại Sóc Trăng các huyện bị sạt lở mạnh gồm huyện Mỹ Xuyên, Long Phú, Mỹ Tú, Kế Sách. Trong các khu vực được công bố, có khu vực đặc biệt nguy hiểm ở đoạn bờ sông Rạch Vọp khu vực chợ Cầu Lộ thuộc xã Thới An Hội, huyện Kế Sách và đoạn sạt lở bờ sông Hậu, sông Saintard, rạch Vọp khu vực thị trấn Đại Ngãi, xã Long Đức và xã Song Phụng, huyện Long Phú.

2. NHỮNG NGUYÊN NHÂN CƠ BẢN GÂY SẠT LỞ

Có rất nhiều nguyên nhân sạt lở bờ sông (Lương Phương Hậu và cộng sự, 2001; Nguyễn Xuân Mãn, 2013). Các nguyên nhân cơ bản gồm:

- Nguyên nhân do khai thác cát, nắn dòng, đào ao, đắp đập; tầu bè đi lại; gia tải bờ;
- Nguyên nhân về đặc điểm địa hình-địa mạo, địa kỹ thuật công trình của đất bờ;
- Nguyên nhân liên quan đến khí tượng-thủy văn và đến động lực dòng chảy;
- Nguyên nhân liên quan đến lòng dẫn: đặc điểm hình học, đặc điểm bùn cát đáy,...

Các nguyên nhân trên có tác động tương hỗ nhau đã làm cho đặc tính và quy mô sạt lở rất đa dạng và phức tạp. Phân tích các nguyên nhân chỉ ra rằng:

- + Bờ bị xói lở thường không có thảm thực vật hoặc có nhưng rất mỏng, không đều.
- + Bờ có độ dốc lớn, các đoạn cong, gấp khúc, nơi có mực nước sâu sẽ gây xói lở mạnh, sâu, tạo các hàm ếch, xói lở ngầm, xảy ra nhanh với khối lượng lớn. Tại các đoạn sông cong hình thành các hố xói lở cục bộ sâu để sụp đổ, nguy hiểm cho người và công trình trên bờ. Trên các đoạn cong gấp có bán kính cong tại đỉnh nhỏ hơn 3 lần chiều rộng của sông hình thành các ngưỡng cạn có lạch sâu so le nguy hiểm, tạo ra các kết cấu dòng chảy phức tạp. Tồn tại các đoạn sông cong với dòng chủ lưu áp sát bờ lõm với sự chia cắt dòng tạo nên các xoáy cục bộ, gia tăng lưu tốc làm sạt lở mạnh.
- + Tại khu vực thượng nguồn các nguyên nhân sẽ là: Dòng chảy thượng nguồn vận tốc lớn, duy trì lâu dài, nhất là dòng chảy lũ có vận tốc rất lớn sẽ làm cho dòng bùn cát cuốn đi, tạo xói bờ, xói sâu lòng sông,... và sinh ra sạt lở.
- Thay đổi thường xuyên mực nước sông làm thay đổi trọng lượng đất bờ, tạo dòng thấm; làm giảm sức chịu tải cắt đất bờ. Mưa lớn làm gia tăng trọng lượng đất bờ, gây trương nở đất bờ dễ mất ổn định, tạo dòng thấm bất lợi, giảm sức chịu cắt đất bờ, nước chảy vào khe đất bờ tạo áp lực thấm.

3. TỔNG QUAN VỀ CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG SẠT LỞ BỜ SÔNG

Kinh nghiệm phòng chống sạt lở bờ sông, bờ biển của các nước trên thế giới và nước ta (Hoàng Văn Huân và cộng sự, 2013; Lương Phương Hậu và cộng sự, 2001; Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Wisse and Birkenfeld, 1982) đã chỉ ra rằng: chống sạt lở bờ sông, bờ biển là công việc rất khó khăn, phức tạp đòi hỏi phải được tiến hành đồng bộ và toàn diện từ tầm vĩ mô đến vi mô; sử dụng các giải pháp trực tiếp và gián tiếp; áp dụng cả giải pháp công trình và giải pháp phi công trình. Không có giải pháp chung cho mọi điều kiện, mọi địa hình.

Hiện nay thường sử dụng hai nhóm giải pháp chính phòng chống sạt lở bờ sông biển:

- Các giải pháp phi công trình: Tuyên truyền, giáo dục cộng đồng; ban hành quy chuẩn khai thác lòng sông; quy định hành

lang an toàn đối bờ sông; xây dựng chiến lược quốc gia nhằm ngăn ngừa và phòng chống tai biến sạt lở bờ trong tổng thể chiến lược quốc gia chung về phòng chống thiên tai và tai biến địa chất.

- Các giải pháp công trình: Theo các tác giả (Hoàng Văn Huân và cộng sự, 2013; Lương Phương Hậu và cộng sự, 2001) có thể liệt kê một số giải pháp sau:

- + Giải pháp tạm thời: Trồng cây ven sông; đóng cọc cừ tràm, cọc tre,...; nuôi bèo chống sóng và đập; giảm tác động của sóng bằng kết cấu nặng xếp ven bờ để tiêu hao và giải phóng năng lượng sóng và đập;...
- + Dùng thảm FS bê tông: túi vải dệt từ sợi bền xếp ven bờ cố định; bơm vữa bê tông vào túi; bê tông loại đóng rắn nhanh, chịu môi trường nước tại vùng gia cố.
- + Thảm cát: dùng túi nhựa - vải tổng hợp; cho cát vào túi; xếp thành mái bảo vệ.
- + Khoan phụt vữa chất kết dính bảo vệ như vữa xi-cát; xi-cát-vôi; vữa polimer.
- + Công nghệ tường chắn; cọc chèn các tấm chắn.

Cho đến nay các công trình kè chống xói lở với kỹ thuật truyền thống bằng các kết cấu cứng thường tỏ ra kém thích hợp với điều kiện địa chất công trình của các địa phương ĐBSCL nên thường kém hiệu quả. Việc nghiên cứu xác định rõ nguyên nhân và đề xuất được giải pháp phòng chống giảm nhẹ thiệt hại do sạt lở bờ sông, biển đáp ứng được những yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật là hết sức cấp thiết.

Trên cơ sở phân tích tính khả thi của các kết cấu trong các công nghệ kè bờ, lát mái, đóng cọc, xây tường,... bảo vệ bờ sông trên đây cho thấy:

- Các giải pháp chỉ thỏa mãn cho một số điều kiện địa kỹ thuật nhất định;
- Các phương pháp thi công có chi phí lớn, giá thành cao; một số công nghệ còn phải dùng thiết bị, vật liệu của nước ngoài. Công trình có tuổi thọ không cao.

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP PHÒNG CHỐNG SẠT LỞ BỜ SÔNG, BIỂN BẰNG KÈ MỀM

Từ những trình bày trên đây, chúng tôi đã nghiên cứu đề xuất công nghệ chống sạt lở bờ sông bằng công nghệ kè mềm bằng việc sử dụng bao sinh thái.

4.1. Đặc điểm bao sinh thái

Bao sinh thái (BST) được dệt từ sợi Polypropylene (PP) phối trộn với một loạt chất phụ gia, được sản xuất bằng vải kỹ thuật không dệt hữu cơ, phân tử cao theo công nghệ của Cộng hòa Liên bang Đức (Nguyễn Xuân Mãn, 2020). BST có tính lọc đất và thấm nước; ngăn chặn khả năng rò rỉ của những hạt đất trong bao, cho nước thấm qua bao thoát ra ngoài một cách thuận lợi và cho mầm cỏ mọc từ trong bao ra. Bao sinh thái sản xuất không phải bằng kỹ thuật dệt từ các sợi PP thông thường cho nên không bị rách bung do các sợi nối tiếp nhau bị tuột như túi dệt khi có va đập; không bị biến tính dưới tác động của môi trường nước mặn, kiềm cũng như acid được (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2014). Bao không bị thay đổi cấu trúc khi bị kéo dọc cũng như kéo ngang; không bị phá hủy bởi tia tử ngoại (UV); không bị biến tính ở nhiệt độ cao và cả vùng nhiệt độ âm (Hình 1). Các thông số của bao sinh thái cho trong Bảng 1

Thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của BST trong điều kiện bình thường: cường độ chịu kéo theo dọc/ngang bao: 8,9/9,3 kN/m; cường độ chịu kéo giập theo dọc/ngang bao: 236,7/233,3 N; độ giãn dài khi đứt theo chiều dọc/ngang: 62,55/51,85 %; cường độ xuyên thủng CBR: 1000,6 N; hệ số thấm: 0,18 cm/s; kích thước lỗ:

0,16 mm; độ ổn định tia cực tím theo chiều dọc/ngang sau 500 h: 73,09/83,00%. Như vậy:

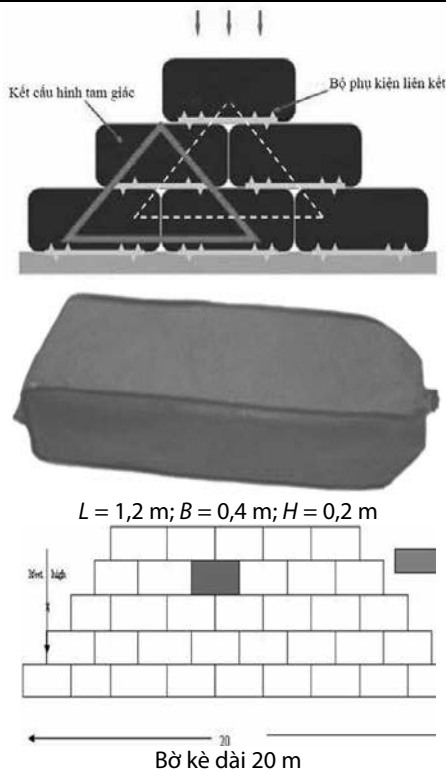
- BST có thể tồn tại ổn định trong các môi trường xâm thực với thời gian dài hàng trăm năm. Căn cứ vào kết quả thí nghiệm với điều kiện $t = 25^{\circ}\text{C}$, áp lực 260 kPa, tuổi thọ của BST vượt 120 năm (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2014).

- Nhờ tính mềm, linh hoạt nên các BST có thể chống khít lên nhau và cùng với khớp nối tạo nên một khối mềm mại, bền vững không có khe hở để nước không thể tạo thành dòng chảy xuyên qua bờ kè; trong trường hợp bị lún thì quá trình sẽ diễn ra mà không kéo theo sự nứt vỡ cấu trúc như bờ kè cứng.

- BST cho nước thấm qua nhưng không cho đất cát lọt qua nhờ các cấu trúc siêu lỗ. Chính nhờ các cấu trúc siêu lỗ này mà các mầm cỏ có trong đất có thể mọc xuyên qua túi tạo thảm xanh và khi tầng thể tích nó sẽ làm dẫn các lỗ chứ không xé rách túi. Tính chất này đã được ứng dụng rộng rãi để tạo thành các bức taluy hoa. Đơn vị kè mềm bằng BST chỉ trên Hình 1.

Bảng 1. Các thông số của bao sinh thái (Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2014)

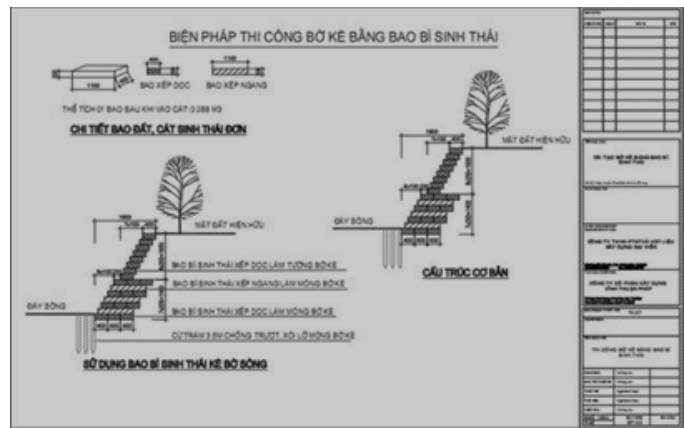
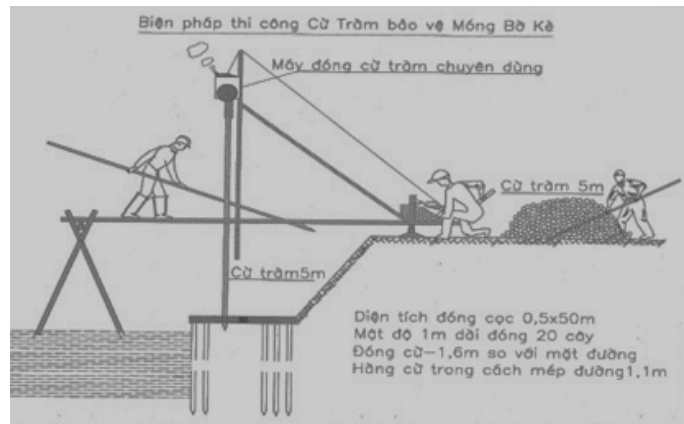
Các thông số	Ở nhiệt độ $\pm 40^{\circ}\text{C}$	Kháng $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 2,5 mol/lít	Kháng H_2SO_4 , 0,025 mol/lít	Chịu tia UV sau 500 h
Cường độ chịu kéo đứt sợi theo chiều dọc/ ngang	8,2/ 8,6 kN/m	7,7/8,1 kN/m	7,7/8,1 kN/m	7,0/7,7 kN/m
Độ giãn dài theo chiều dọc/ ngang	53,22/ 42,97 %	50,72/ 40,87 %	50,72/ 42,87 %	45,70/ 40,95 %



Hình 1. Kết cấu đơn vị kè từ BST (Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020)

4.2. Quy trình thi công

Hình 2 là quy trình thi công bờ kè từ BST.



Hình 2. Biện pháp thi công bờ kè (Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020)

Quy trình thi công bờ kè từ BST gồm 6 bước:

Bước 1: Định vị móng bờ kè bằng thiết bị trắc đạc.

Bước 2: Chuẩn bị mặt bằng, phát cây, làm biển báo và các mốc đánh dấu các vị trí đặc biệt như cống thoát nước, đường điện, chỗ giao nhau của đường,...

Bước 3: Đóng cừ tràm đúng mật độ số cây/m²; đúng kích thước và độ sâu; đúng loại cây tràm theo thiết kế.

Bước 4: Công việc vận chuyển và cho cát vào BST tiến hành song song với các công việc ở các bước từ 1 đến 3. BST phải chứa đầy cát được ghim chặt để cát không trào ra.

Bước 5: Xếp các BST đầy cát vào móng theo thiết kế. Các bao xếp theo phương vuông góc cần cho đầu buộc quay vào phía trong bờ sông; xếp so le nhau. Các bao liên kết với nhau bằng phụ kiện liên kết.

Bước 6: Xếp kè theo độ cao và mái dốc. Khoảng hở giữa bao và bờ sông cần chèn đất, cát ngay sau khi xếp bao.

4.3. Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của bờ kè bằng bao sinh thái

Các chỉ tiêu kỹ thuật của bờ kè thí điểm như sau:

- Bao có kích thước: 120x40x20 cm; thể tích bao đầy cát là $V = 0,088 \text{ m}^3$;

- Bờ kè cao 200 cm, bề rộng đáy dưới 160 cm, bề rộng đáy trên 50 cm.

- Cát cho vào BST là loại cát có $M_{d1} = 2,4$, $\gamma_v = 1320 \text{ kg/m}^3$; $d_{tb} = 1,15 \text{ mm}$; $W_{tb} = 7\%$.

- Cừ tràm có $d_{g\text{óc}} = 5,5 \div 7,0 \text{ cm}$; $d_{ng\text{on}} = 4,5 \div 5,5 \text{ cm}$; $L = 4,0 \div 4,5 \text{ m}$; mật độ đóng: 20 cây/m²;

- Đất bờ có: $R_c \geq 40 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_a \leq 0,5 \text{ kg/cm}^2$; $C = 1,0 \text{ T/m}^2$.

So sánh các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của giải pháp kè thông thường và kè mềm từ BST cho trong các Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. So sánh tổng hợp các giải pháp (Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020)

Các chỉ tiêu so sánh	Giải pháp kè truyền thống				Kè mềm từ BST	
	Bơm bùn	Rọ đá	Rọ đá đất	Tường	Sau thi công	Xanh hóa
Hình ảnh bờ kè						
Đặc điểm của bờ kè	Tường RC bơm bùn sử dụng bê tông cho phép sụt lún với mức độ nhỏ, khi động đất dễ bị rạn nứt dẫn đến sạt lở; Rọ đá, đất đá tạt dụng đá và đất thiên nhiên, rọ bằng sợi thép dễ bị ăn mòn, bị đứt làm mất ổn định bờ kè.				Vật liệu ST mềm; chịu xâm thực, tia UV, không độc hại. Tạo kè mềm thân thiện môi trường.	
Môi trường sinh thái	Làm mất cảnh quan; không thể trồng thảm thực vật				Tạo thảm thực vật do mầm cỏ mọc được	
Giá thành	Giá thành tăng nhanh khi chiều cao kè, bề dày, diện tích kè lớn. Giá thành cao, cần thiết bị và vật liệu làm tăng giá thành.				Đáp ứng độ cao bất kỳ; giá thành không cao; thiết bị thi công đơn giản; tuổi thọ cao; giá sử dụng thấp.	

Bảng 3. So sánh tính năng kè sinh thái với kè truyền thống (Nguyễn Xuân Mãn, 2013; Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020)

Thi công, vận chuyển		Kè mềm BST	Kè cứng BTCT	Ô đất CT	Tường đá	Rọ đá
Thi công thuận tiện	Không cần kỹ thuật cao	X			X	X
	Mặt bằng chuẩn bị ít	X				
	Xây lắp nhanh gọn	X				
Dự trữ	Không cần thiết bị đặc chủng	X				
	Không tự hủy	X		X	X	X
	Chiếm ít không gian	X				
Bảo dưỡng vận hành	Không cần bảo dưỡng	X			X	X
	Vận chuyển thuận lợi	X				

Như vậy, giải pháp bờ kè mềm làm từ BST có các ưu điểm như sau:

- Bờ kè mềm bằng BST có giá thành hợp lý, dễ thi công, sử dụng được các vật liệu địa phương, thân thiện môi trường sinh thái của vùng ven sông, ven biển.

- Bờ kè bằng BST là dạng kết cấu mềm, linh hoạt, thích ứng cho vùng có triều lên xuống, có mưa nhiều; đất bờ biến dạng lớn, không đều vì đất yếu, thiếu cố kết.

5. NHỮNG DỰ ÁN KÈ MỀM BẰNG BAO SINH THÁI ĐÃ THỰC HIỆN THÀNH CÔNG

Một số dự án kè mềm từ BST được cho trên Bảng 4 và các ảnh tương ứng từ Hình 3 đến Hình 6.

Bảng 4. Một số dự án kè mềm BST đã triển khai thành công (Nguyễn Duy Bắc Việt, 2020)

Tên dự án	Chủ đầu tư	Địa điểm
Hạc Cảnh Viên (H.3)	Công ty CP Trung Khuê	Phước Vĩnh Đông, Cần Giuộc, Long An
Kè sông Cái Tàu (H.4)	Sở KHCN tỉnh Cà Mau	Thị trấn U Minh, tỉnh Cà Mau
Kè chống sạt lở kênh Mỹ Hạnh Bắc (H.5)	Phòng nông nghiệp huyện Cái Bè	Mỹ Hạnh Bắc, Cái Bè, tỉnh Tiền Giang
Gia cố đê vùng III xã Vĩnh Tường (H.6)	Sở NN và PTNT tỉnh An Giang	Xã Vĩnh Tường, huyện An Phú, tỉnh An Giang
Kè biển Cửa Đại (H.7)	UBND TP. Hội An	Hội An, tỉnh Quảng Nam
Kè đê biển Tây (H.8)	Hạt đê điều Cà Mau	Huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau



Hình 3. Bờ kè mềm BST Hạc Cảnh Viên Phước Vĩnh Đông, Cần Giuộc, tỉnh Long An



Hình 4. Bờ kè mềm BST sông Cái Tàu U Minh, Cà Mau



Hình 5. Bờ kè mềm BST Kè chống sạt lở kênh Mỹ Hạnh Bắc, Cái Bè, tỉnh Tiền Giang



Hình 6. Bờ kè mềm BST đê vùng III xã Vĩnh Trường, huyện An Phú, tỉnh An Giang



Hình 7. Bờ kè mềm BST Hội An, tỉnh Quảng Nam



Hình 8. Bờ kè mềm BST Kê đê biển Tây, Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau

4. KẾT LUẬN

- Sạt lở bờ sông, biển là hiện tượng thường xuyên xảy ra trên địa bàn các tỉnh ĐBSCL. Quy mô và tính chất các vụ sạt lở rất đa dạng; gây thiệt hại lớn về tài sản, mất quý đất canh tác, mất rừng phòng hộ ven biển, cản trở giao thông, mất nhà,...

- Các nguyên nhân gây sạt lở khá nhiều, các nguyên nhân cơ bản bao gồm:

+ Điều kiện địa kỹ thuật của vùng; đặc điểm đất ven bờ và thảm thực vật.

+ Thời tiết, khí hậu theo mùa và sóng do gió, bão, triều.

+ Các hoạt động do con người gây nên: nắn dòng, ngăn dòng, phá thảm thực vật, vận chuyển trên sông, chất thải trên bờ, khai thác cát,...

- Giải pháp kè cứng không hiệu quả, có nhiều nhược điểm.

- Giải pháp kè mềm từ BST được sử dụng để phòng chống sạt lở bờ sông biển có hàng loạt ưu điểm, thích hợp với điều kiện đất bờ sông biển vùng ĐBSCL có nền đất yếu, đất thiếu cố kết.

Kiến nghị

- Cần nghiên cứu, điều tra các điều kiện địa chất, khí tượng, thủy văn sông biển của vùng để có cơ sở lựa chọn loại kè thích hợp.

- Cần tiến hành đồng thời các giải pháp công trình kết hợp với phi công trình.

- Thi công đại trà sau thử nghiệm.

- Thi công thử nghiệm, đánh giá và hoàn thiện giải pháp để chọn giải pháp kè mềm phù hợp với điều kiện tự nhiên và tác động của con người vùng ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Hoàng Văn Huân và cộng sự, Tình hình sạt lở bờ biển tại bán đảo Cà Mau, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP.HCM, 2013.

Lương Phương Hậu và cộng sự, Công trình bảo vệ bờ biển và hải đảo, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP.HCM, 2001.

Nguyễn Duy Bắc Việt, Các dự án kè bờ sông biển bằng bao sinh thái ở ĐBSCL, 2020.

Nguyễn Xuân Mãn, Điều tra, đánh giá và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông Tây Nam bộ, Đề tài cấp Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, 2013.

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Kết quả kiểm định bao sinh thái. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, TP.HCM, 2014.

Wisse and Birkenfeld, Ecological Engineering Structure, 1982.

<https://dangcongsan.vn/xa-hoi/sat-lo-bo-song-bo-bien-tai-dong-bang>

Nghiên cứu quan hệ tải trọng và chuyển vị của cọc trong hệ móng bè cọc bằng mô hình tỉ lệ nhỏ

Research relationship load and displacement of pile on pile foundation by small-scale model

> **VÕ VĂN ĐẤU¹, VÕ PHÁN², TRẦN VĂN TUẤN³, TRƯƠNG TRUNG HIẾU¹, TRẦN NHẬT LÂM¹, NGUYỄN NGỌC EM³**

¹ Bộ môn Kỹ thuật Công trình Giao thông, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Email: vvdau@ctu.edu.vn

² Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT)

Email: vphan54@yahoo.com

³ Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Email: tvtu@ctu.edu.vn; Điện thoại: 0944164175

TÓM TẮT:

Bài báo tập trung nghiên cứu mối quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị của cọc trong móng bè cọc quy mô nhỏ. Nhóm cọc chịu nén đúng tâm và làm việc trên nền đất cát đồng nhất. Cọc có tiết diện tròn được thiết kế bằng nhôm, thẳng đứng; bè được thiết kế bằng thép có dạng hình chữ nhật có kích thước 300x300 mm và 490x490mm. Móng bè cọc trong thí nghiệm mô hình có số lượng cọc là 1, 4 và 9 cọc, có khoảng cách cọc giữa các cọc trong nhóm biến thiên từ 2.5D – 5D. Kết quả chỉ ra mối quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị của cọc trong móng bè cọc nhằm đưa ra những phân tích, đánh giá và đề xuất những ứng dụng của kết quả thí nghiệm. Từ đó đưa ra những lựa chọn tải trọng hợp lý trong quá trình thiết kế nền móng cho công trình.

Từ khóa: Chuyển vị, móng bè cọc, mô hình tỉ lệ nhỏ.

ABSTRACT:

The paper focuses on relationship load and displacement of pile on pile foundation by small-scale model based on the number of piles, pile spacing, and different dimensions of the raft in the pile raft foundation by a small-scale model. The cylindrical model pile was 38mm in diameter, 1200mm long, and pile spacing was 2.5 and 5 times of pile diameter. The number of piles arranged in the raft foundation were 1, 4 and 9 piles. The square raft size was 300 and 490mm, respectively. The results show the relationship between the load and the displacement of the piles in the pile raft foundation in order to provide analysis, evaluation and suggestions for the applications of the experimental results. Thereby making reasonable load choices in the process of designing the foundation for the project.

Keywords: displacement, pile raft, small-scale model.

1. GIỚI THIỆU

Móng cọc là một trong những giải pháp móng sâu được áp dụng nhiều và rộng rãi trong công trình xây dựng như: chung cư cao tầng, cao ốc, văn phòng, cầu vượt sông ... Móng bè cọc có những khả năng chịu tải trọng lớn. Tuy nhiên khi thiết kế móng cọc người kỹ sư thường tính toán theo các công thức theo lý thuyết nên cho kết quả chưa đúng với thực tế. Phương pháp thí nghiệm tải trọng tĩnh cọc trong phòng thí nghiệm để tìm ra mối quan hệ tải trọng – chuyển vị của cọc làm cơ sở cho thiết kế. Nghiên cứu sức chịu tải của cọc đơn và nhóm cọc trong hệ móng bè cọc bằng mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm nhằm mục đích tổng hợp, so sánh nguyên tắc thiết kế theo các tiêu chuẩn nhằm đưa ra những kiến nghị về lựa chọn

hợp lý sức chịu tải của cọc đối với những công trình có điều kiện địa chất tương tự.

Một số nghiên cứu về ứng xử của cọc không bè và có bè trong phòng thí nghiệm bằng mô hình vật lý với các trường hợp bố trí cọc ở các khoảng cách từ tâm cọc này đến tâm cọc kia khác nhau (Sharafkhan và Shooshpasha 2017). Vật liệu trong mô hình của Sharafkhan và Shooshpasha là cát, cát được đưa và thùng chứa theo từng lớp với chiều cao tổng là 80 cm và chiều dày mỗi lớp là 10 cm. Thùng chứa cát được làm bằng kết cấu thép với kích thước 1.3x1.3x1.0 (m) được đặt trên sàn bê tông cốt thép 2.2x2.2x3.0 (m). Độ lún của cọc được xác định bằng đồng hồ đo biến dạng đặt ở vị trí đầu cọc trên bè. Vật liệu trong nghiên cứu của Sharafkhan và Shooshpasha với các thông số về chỉ tiêu cơ lý được thí nghiệm

như dung trọng, tỷ trọng, chỉ số thành phần hạt, cỡ hạt trung bình, sức chống cắt đơn vị.

Nghiên cứu mô hình vật lý nhằm dự đoán độ lún của bệ cọc trong thiết kế sơ bộ (Bhartiya và c.s. 2020) với các trường hợp hình dạng, kích thước bệ, số lượng cọc cũng như chiều dày của bệ khác nhau được thiết lập trong mô hình vật lý. Nghiên cứu thực hiện trên mô hình bệ – cọc và bệ không cọc nhằm xác định sự phân bố sức chịu tải của thành phần bệ và thành phần cọc.

Đề tài nghiên cứu trên cơ sở lý thuyết, tìm hiểu tổng quan về mối quan hệ giữa độ lún và tải trọng nhằm đưa ra những phân tích, đánh giá và đề xuất những ứng dụng của kết quả thí nghiệm. Đề tài còn thực hiện những thí nghiệm trong phòng nhằm xác định những chỉ tiêu cơ lý của đất và thí nghiệm xác định sức chịu tải và độ lún của cọc, nhóm cọc trong hệ móng bệ cọc bằng mô hình vật lý thí nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thu thập tài liệu

Một số nghiên cứu về mô hình

Jaymin D. Patil và cộng sự (2015) (Mô hình 1G)

Kích thước bệ: 850x850mm, sâu 500mm

Bệ: Thép nhẹ, hình vuông có kích thước 160x160mm, dày 10mm. Cọc: Thép nhẹ, có đường kính 10mm, được gắn thiết bị đo biến dạng ở đầu cọc, ngay dưới bệ để đo tải trọng truyền từ bệ xuống cọc. Đất nền: Cát sạch

Javad Shamsi Sosahab và cộng sự (2018)

Bệ: tấm thép hình vuông có kích thước 40 x 40 x 2 (cm). Cọc: làm bằng thép, có chiều cao 40 cm, có tỷ lệ độ mảnh không đổi $L/D = 20$.

Khoảng cách giữa các cọc được giữ không đổi ở mức 10 cm trong tất cả các thí nghiệm.

Tại đầu cọc sẽ được gắn 1 bu lông có đường kính là 15mm và dài 20mm để kết nối cọc với bệ thông qua hai đai ốc để đảm bảo sự cố định giữa cọc và bệ. 4 LVDT có độ chính xác 0.01 mm được đặt ở các góc của bệ được sử dụng để đo độ lún thẳng đứng trung bình của cọc.

Kumar (2018) Thùng thép và khung chính: Kích thước của bể được xác định là 1,50 m (chiều dài), 1,50 m (chiều rộng) và 1,0 m (chiều sâu). Các thành bên và đáy của bể được làm bằng thép tấm dày 9 mm, được hàn vào khung cơ sở của các góc và tấm thép. Tải trọng thẳng đứng được tác dụng lên chân mô hình với sự trợ giúp của kích thủy lực công suất 250 kN. Cọc mẫu được sử dụng trong thí nghiệm là loại cọc thép nhẹ có chiều dài 200 đến 600 mm và đường kính cọc dao động từ 10 đến 20 mm. Các độ dài này đại diện cho tỷ lệ L / D lần lượt là 10, 20, 30 và 60. Mô đun đàn hồi và hệ số Poisson của cọc thép được giữ nguyên lần lượt là $2,1 \times 10^8$ kPa và 0,20. Bệ được thiết kế với hai tấm thép vuông kích thước $300 \times 300 \times 25$ mm được bắt vít với chân cột có đường kính 16 mm được dùng làm mô hình bệ. Mô hình cọc và bệ được làm với các lỗ luồn bên trong để các cọc có thể được vận ở vị trí thẳng đứng với khoảng cách cần thiết. Trong nghiên cứu này, cát được sử dụng là cát sông có sẵn tại địa phương lấy từ Nasrala, nằm ở Punjab, Ấn Độ. Cát được làm sạch để không bị dính thực vật như rễ cỏ và các vật liệu hữu cơ khác, sau đó được đưa vào lò sấy trước khi thử nghiệm.

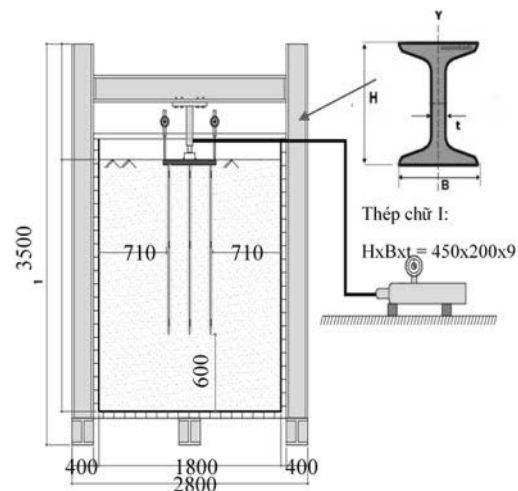
Anh Tuan Vu (2017,2020) thiết kế mô hình với cọc được làm bằng các ống nhôm kín có tổng chiều dài là 285 mm, đường kính ngoài 20 mm và độ dày thành 1.1 mm. 30 mm phía trên của cọc được gắn vào bệ, chiều dài hiệu dụng là 255 mm. Khoảng cách giữa các cọc, s , là 80 mm gấp 4 lần đường kính cọc. Bệ được làm

bằng duralumin với kích thước lần lượt theo 2 trường hợp là 80×240 mm và 160×240 mm. Các bệ có độ dày chung là 30 mm và được coi là cứng. Đất được sử dụng làm nền mô hình trong nghiên cứu này là cát silica khô có các đặc tính như độ chặt tương đối D_r , khoảng 82% ($\rho_d = 1,533 \text{ t / m}^3$) được chuẩn bị trong một hộp đất có kích thước chiều dài 800 mm, chiều rộng 500 mm và chiều sâu 530 mm. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm về sự làm việc của móng bệ cọc trong nền cát chịu tải trọng nén thẳng đứng chỉ ra rằng: Móng bệ cọc có sức kháng lớn hơn nhiều so với móng nhóm cọc tương ứng; Sức kháng của móng cọc có cọc xiên lớn hơn sức kháng của móng cọc không có cọc xiên tương ứng; Bệ cọc không chỉ tham gia đáng kể vào chịu lực mà còn là đóng một vai trò quan trọng trong tương tác bệ-đất-cọc, sự truyền tải trọng từ bệ xuống nền đất giúp tăng sức kháng của cọc trong móng bệ cọc so với móng nhóm cọc; Sức kháng của cọc, bao gồm sức kháng mũi và sức kháng ma sát, thay đổi theo chuyển vị lún của móng và phụ thuộc vào loại móng cũng như vị trí của cọc trong móng.

2.2 Phương pháp xác định sức chịu tải bệ cọc

Đối với các mô hình nền cọc với các trường hợp bố trí cọc trong bệ khác nhau, phương pháp xác định sức chịu tải của bệ cọc dưới tác động của tải trọng. Mô hình được thực hiện trên vật liệu cát, khung thép chữ I được áp dụng để lắp đặt thùng chứa vật liệu và kích thủy lực. Thùng chứa vật liệu được làm bằng thép với bề dày tấm thép là 2.5 mm, kích thước lập phương $1.8 \times 1.8 \times 1.8$ (m) với các sườn gia cố và các thanh thép hộp bao quanh thùng chứa vật liệu. Vải địa kỹ thuật được sử dụng bao quanh lòng của thùng chứa vật liệu tránh thoát cát và nước ra ngoài trong quá trình thí nghiệm mô hình vật lý.

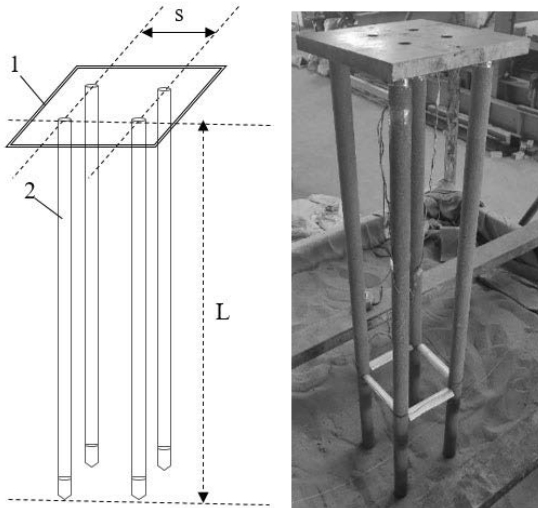
Bắt đầu mỗi thí nghiệm là đổ cát vào bể thép thành từng lớp. Chiều dày lớp tối đa là 10 cm. Tổng chiều cao của bể được chia thành các khoảng từ phía bên trong bằng cách làm các ký hiệu mỗi chiều cao 10 cm để giúp đưa một trọng lượng cụ thể vào một thể tích cụ thể để có được mật độ cát cần thiết bằng cách nén chặt. Một lượng cát đã được gia trọng trước được đầm bằng dụng cụ đầm chuyên dụng trong thùng thép, tiếp tục đầm cho đến khi đất được nén chặt đến lớp 10 cm đầu tiên. Một đầm bằng thép có hình tròn đường kính 15 cm và dày 0,8 cm được sử dụng để đầm. Quá trình này được lặp lại cho đến khi đạt đến chiều cao của bể thép.



Hình 1 Mô hình khung thép

Mô hình bố trí thí nghiệm với tấm nền có bề dày 2 cm và đường kính 35 cm đặt lên nền cát và dưới tấm nền nhỏ hơn có bề dày 5 cm và đường kính 10 cm. Kích thủy lực với khả năng tác

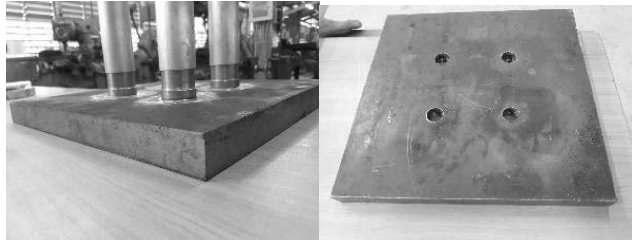
dụng lực dọc trục là $P_{max} = 300$ kN, kích thủy lực được lắp theo sơ đồ (hình 1). Đối với xác định biến dạng tuyệt đối của mô hình, hai đồng hồ đo biến dạng được lắp đối xứng hai bên tấm nén, vị trí đặt đồng hồ đo biến dạng nên được lắp ngoài gần sát biên nhằm xác định biến dạng lớn nhất.



Hình 2. Mô hình thiết kế móng bê cọc

Các thí nghiệm nén tĩnh móng bê cọc trong phòng được thực hiện trên hai nhóm cọc là 2x2 và 3x3 cọc; Từ đường kính cọc với tỷ lệ giữa khoảng cách và đường kính cọc trong nhóm là: $S/d=2.5$ và $5d$, ta được kích thước bê là 300x300 mm và 490x490 mm. Từ nghiên cứu của Jaymin D Patil, Sandeep A Vasawala, Chandresh H Solanki [17] và Theo Horikoshi và Randolph (1997) [15], chiều dày bê được chọn cho thí nghiệm là 25 mm.

Cọc được thiết kế bằng hợp kim nhôm, hình trụ, có đường kính $D=38$ mm, dài 1.2 m, $E=24$ Gpa, $\gamma=27$ kN/m³. Cọc được gia công ở đầu và mũi cọc bằng thép.



Hình 3. Mô hình thiết kế kích thước bê



Hình 4. Mô hình gia công cọc thí nghiệm

Vật liệu sử dụng là cát có dung trọng $\gamma = 18.62$ kN/m³, độ chặt tương đối $Dr = 82.7\%$. Đất sử dụng trong thí nghiệm là loại cát sạch được chế bị đất theo phương pháp đầm nén tại độ ẩm tự

nhiên, dựa trên nguyên tắc: Tại một độ ẩm xác định, mẫu đất khi đầm nén sẽ đạt được độ chặt nhất định. Ứng với mỗi độ chặt đó được đem xác định lực dính c và góc ma sát ϕ . Mẫu đất được xem như chế bị xong khi đầm nén đạt tới trọng lượng thể tích tương ứng với độ ẩm tối thuận của mẫu đất.

2.3 Quy trình gia tải nén tĩnh cọc

Trước khi thí nghiệm chính thức, tiến hành gia tải trước nhằm kiểm tra hoạt động của thiết bị thí nghiệm và tạo tiếp xúc tốt giữa thiết bị và đầu cọc. Gia tải trước được tiến hành bằng cách tác dụng lên đầu cọc khoảng 5 % tải trọng thiết kế sau đó giảm tải về 0, theo dõi hoạt động của thiết bị thí nghiệm. Thời gian gia tải và thời gian giữ tải ở cấp 0 khoảng 10 min (TCVN 9393:2012).

Tải trọng thí nghiệm được gia tải từng cấp, mỗi cấp tải tăng, giảm tải tương đương với khoảng 10% đến 15% tải trọng thiết kế. Thời gian giữ tải ở mỗi cấp là 10 phút; Thời gian đọc số liệu là 0 - 2.5 - 5 phút;

Điều kiện dừng gia tải: tải trọng tăng từng cấp, đến khi chuyển vị đầu cọc (đối với cọc đơn) và của đài cọc (đối với nhóm cọc) tăng nhanh và đột ngột trong khi tải trọng tác dụng không tăng, thì dừng và giữ tải.

Tại cấp tải lớn nhất, tiến hành giữ tải trong 10 phút, ghi kết quả sau mỗi 2.5 phút. Tiếp theo, thực hiện quá trình giảm tải, ở cấp tải bằng không, quan sát chuyển vị trong 10 phút, ghi kết quả sau mỗi 2.5 phút.

2.4 Thiết bị cho thí nghiệm nén tĩnh cọc trong phòng

Cấu tạo thiết bị thí nghiệm nén tĩnh cho mô hình nhóm cọc tỷ lệ nhỏ trong phòng thí nghiệm, bao gồm các bộ phận chính: Khung đỡ thiết bị; thùng chứa đất; nhóm cọc và đài, hệ thống gia tải và hệ thống đo lường biến dạng, tải trọng và chuyển vị;

Các thí nghiệm nén tĩnh cọc có kết hợp với đo biến dạng, vì thế cọc cần có các biến dạng đủ lớn, do vậy vật liệu và tiết diện cọc là yếu tố quan trọng.

2.5 Kích thước của thùng chứa đất thí nghiệm

Để mô phỏng nền đất trong mô hình vật lý tỷ lệ nhỏ cần có một thùng chứa đất. Các nhóm cọc thí nghiệm đều có mặt bằng đối xứng, nên ta chọn thùng có tiết diện vuông.

Bộ phận chính của thiết bị nén tĩnh cọc là hệ khung thép được chế tạo để lắp đặt các cấu kiện cần thiết của thí nghiệm, như: thùng chứa đất, hệ thống kích thủy lực để gia tải, hệ thống các đồng hồ đo chuyển vị và tải trọng.



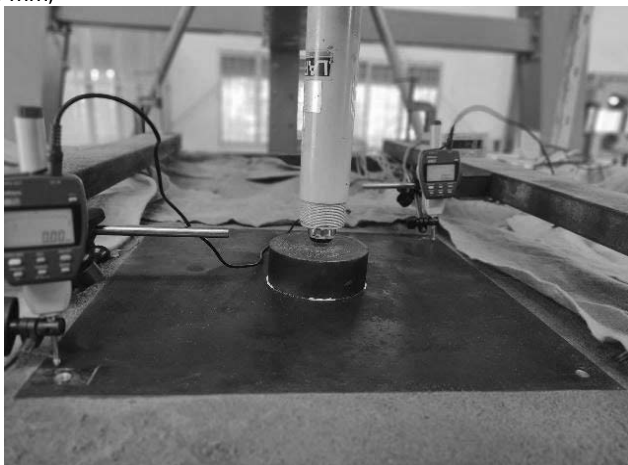
Hình 5. Mô hình cọc đưa vào thùng chứa đất

Hệ khung được tính toán thiết kế bằng thép định hình và thép tấm dày 1.2 mm để đảm bảo độ cứng khi lắp đặt thùng chứa đất và cũng chính là hệ phân lực khi gia tải nén tĩnh cọc (hình 5).



Hình 6. Hệ gia tải

Các thông số kỹ thuật của kích, máy bơm thủy lực như sau: sản xuất bởi LARZEP, S.A. Sức nâng lớn nhất: 10 tấn; Hành trình tối đa: 205 mm;

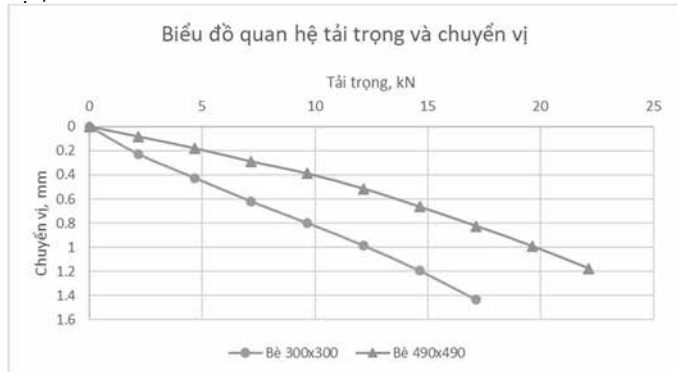


Hình 7. Mô hình thiết bị nén tĩnh cọc và thiết bị đo đặc

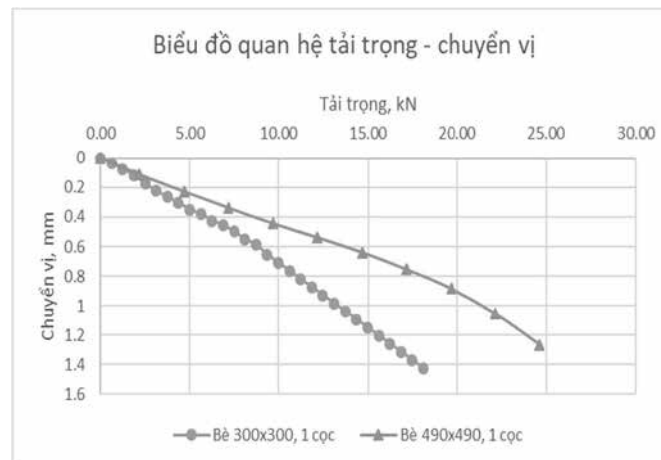
Tấm đệm đầu cọc và đầu kích bằng thép bản có đủ cường độ và độ cứng đảm bảo phân bố tải trọng đồng đều của kích bê có thông số đường kính $D=125.4$ mm; bề dày $h=50$ mm. Hệ đo đặc quan trắc: đồng hồ đo chuyển vị được sản xuất tại Nhật với độ chính xác 0.01mm, hành trình tối đa là 50 mm (hình 7).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 3 là biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bê không cọc, có kích thước 300x300 mm và bê có kích thước 490x490 mm

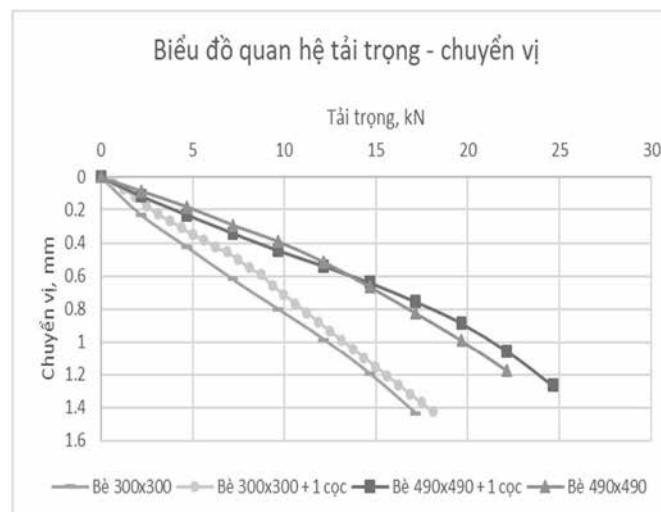


Hình 8. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bê

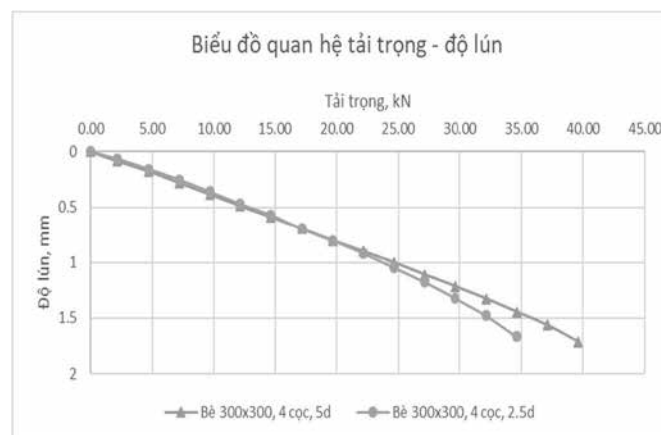


Hình 9. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bê 300x300 mm và bê có kích thước 490x490 mm với 1 cọc ở tâm bê.

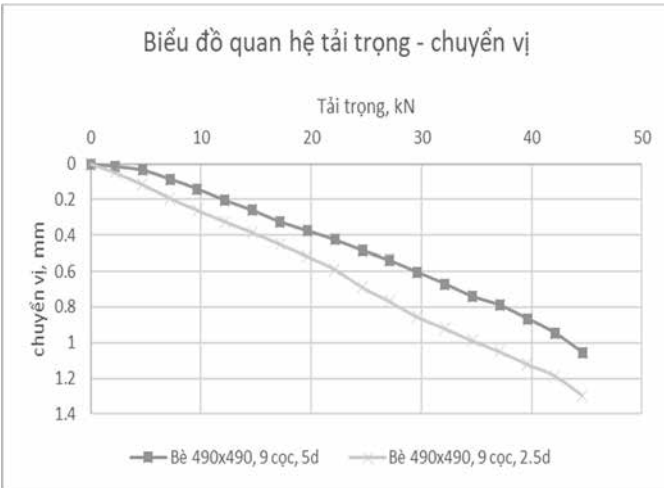
Ở tương ứng ở các cấp tải trọng, bê có kích thước lớn hơn thì chuyển vị ít hơn. Cùng cấp tải trọng, bê 300x300 mm chuyển vị gấp đôi bê 490x490 mm (hình 8). Tương tự, bê 300x300-1 cọc chuyển vị lớn gấp đôi bê 490x490-1 cọc (hình 9),



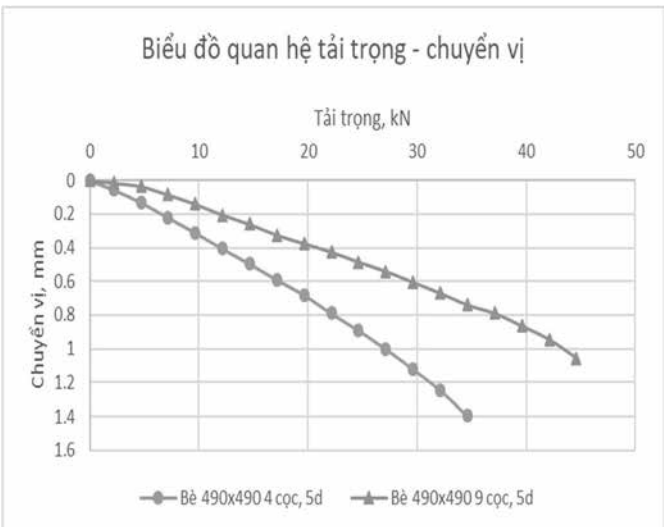
Hình 10. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bê 300x300 mm và bê 490x490 mm không cọc và 1 cọc.



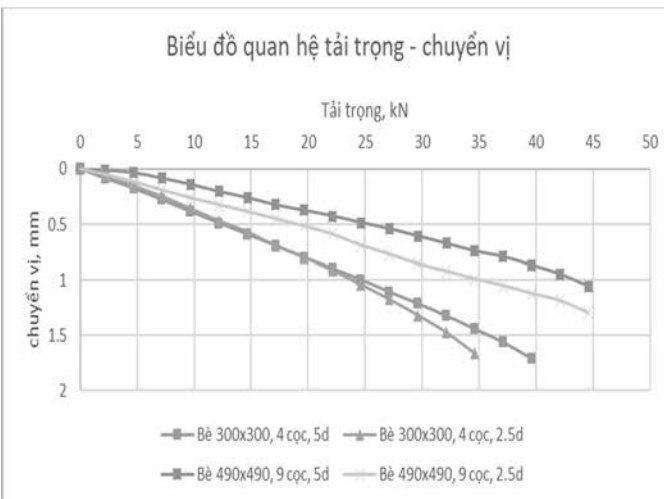
Hình 11. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bê 300x300 mm, 4 cọc có khoảng cách cọc 2.5d và 5d



Hình 12. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bè 490x490 mm, 9 cọc có khoảng cách 2.5d và 5d



Hình 13. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của bè 490x490 mm, 4 cọc và 9 cọc có khoảng cách 5d



Hình 14. Quan hệ tải trọng – chuyển vị của bè 300x300 mm và bè 490x490 mm khi số lượng và khoảng cách cọc thay đổi.

Đối với bè 300x300 mm, 4 cọc, khi khoảng cách cọc thay đổi 2.5d đến 5d, chuyển vị ứng với từng cấp tải trọng không thay đổi, khi tải trọng lớn hơn 25 kN, bè cọc 300x300 mm, 4 cọc, 2.5d có xu hướng chuyển vị nhiều hơn. Tuy nhiên, đối với bè 490x490 mm- 9 cọc, 2.5d, hệ móng bè cọc có sự thay đổi chuyển vị từ ban đầu khi tăng từng cấp tải trọng và chuyển vị nhiều hơn khoảng 30% đối với chuyển vị của móng bè 490x490 mm, 9 cọc, 5d (hình 14)

4. KẾT LUẬN

- Mô hình thí nghiệm vật lý xác định được ảnh hưởng của tương tác giữa các cọc và tương tác giữa bè-cọc và cọc với đất nền. Ảnh hưởng của khoảng cách cọc, số lượng cọc đến các đặc tính tương tác. Kết quả thu được từ nghiên cứu này là xác định cơ chế phân bố tải trọng giữa cọc và bè với độ lún của móng bè – cọc.

- Khi móng bè cọc có cùng kích thước bè, số lượng cọc tăng thì chuyển vị giảm và ngược lại.

- Đối với móng bè cọc có kích thước nhỏ (300x300 mm), khi khoảng cách cọc thay đổi từ 2.5d đến 5d thì chuyển vị không thay đổi lớn. Tuy nhiên đối với móng bè cọc có bè lớn hơn, thì chuyển vị thay đổi từ cấp tải đầu tiên, bè có khoảng cách cọc càng nhỏ thì chuyển vị càng lớn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ trong đề tài mã số TSV2021-36. Tác giả xin chân thành cảm ơn quý Thầy cô Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ trang thiết bị cho quá trình nghiên cứu thực nghiệm này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Anh Tuan Vu (2017). " Behaviours of Pile Group and Piled Raft Foundation Models Having Batter Piles ", Journal of Earth Engineering (JEE), Vol. 2, No.1, (2017), 27-40.

Bộ tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9393: 2012 (2012). Cọc – Phương pháp thử nghiệm trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục. NXB Xây dựng, Hà nội.

Jaymin D. Patil *, Sandeep A. Vasanwala., Chandresh H. Solanki. "Behaviour of Vertically Loaded Piled Raft", International Journal of Geological and Geotechnical Engineering, Vol. 1: Issue 1.

Javad Shamsi Sosahab, Masoud Jamshidi Chenari, Reza Jamshidi Chenari , Mehran Karimpour Fard (2018) " Physical and Numerical Modeling of Piled Raft Foundation in Chamkhaleh Sand " International Journal of Civil Engineering

Kumar V, Kumar A (2018) An experimental study to analyse the behaviour of piled-raft foundation model under the application of vertical load. Innov Infrastruct Solut 3:1–17 H.G. Poulos. Piled raft foundations: Design and applications, 2001.

M.F. Randolph. Design method for piled group and piled rafts, 1994.

Sharafkhan, Mehdi, và Issa Shooshpasha. 2017. "Physical modeling of behaviors of cast-in-place concrete piled raft compared to free-standing pile group in sand".

Vũ Anh Tuấn (2020). "Nghiên cứu thực nghiệm về sự làm việc của móng bè cọc trong nền cát chịu tải trọng nén thẳng đứng"

Khả năng cải tạo đất than bùn hóa abQ_2^3 phân bố tại khu vực Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia thủy tinh lỏng

Research on improving soft clay soil distributed in Kien Giang province by cement with sodium silicate additive

> NGUYỄN THỊ NỤ¹, TẠ THỊ TOÁN¹, *VŨ NGỌC BÌNH²

¹Khoa Khoa học và Kỹ thuật địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Email: nguyenthinu@humg.edu.vn; toantasc@gmail.com

²Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Email: Binhdkt@gmail.com

TÓM TẮT:

Môi trường địa chất khu vực Kiên Giang được hình thành từ các trầm tích trẻ gồm nhiều loại đất yếu khác nhau, trong đó có đất than bùn hóa abQ_2^3 . Đất than bùn hóa với hàm lượng hữu cơ cao, khả năng cải tạo bằng xi măng thường không hiệu quả. Do đó, để nâng cao hiệu quả của giải pháp, cần thêm các loại phụ gia khác nhau. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với hàm lượng 350kg/m^3 kết hợp với phụ gia thủy tinh lỏng có hàm lượng khác nhau (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0% so với xi măng). Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ kháng nén nở hông của đất gia cố kết hợp với thủy tinh lỏng có giá trị lớn hơn so với đất gia cố bằng xi măng, đồng thời, tính bền của hỗn hợp gia cố được cải thiện. Hàm lượng thủy tinh lỏng thích hợp nhất để cải tạo đất than bùn hóa là 0.5%. Đây là tiền đề để cải tạo đất than bùn hóa tại Kiên Giang bằng xi măng kết hợp phụ gia thủy tinh lỏng.

Từ khóa: Đất than bùn hóa; xi măng; thủy tinh lỏng

ABSTRACT:

Geological environment of Kien Giang province distributed many young sediments consisting of different types of soft soil, including abQ_2^3 organic soil. Organic soil with high organic content which improves with cement is often ineffective. Therefore, it is necessary to add additives. This paper presents the improvement organic soil by cement of 350kg/m^3 with sodium silicate additives (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0% compared to cement). The research results show that the reinforced soil with cement and sodium silicate has a higher unconfined compressive strength than that of reinforced soil with cement. The suitable of sodium silicate to improve organic soil with cement is 0.5%. This is the premise to improve the organic soil in Kien Giang by cement with sodium silicate additives.

Keywords: *Organic soil, cement, sodium silicate*

1. GIỚI THIỆU

Kiên Giang là vùng đất với nhiều trầm tích trẻ, đa phần là đất yếu có tuổi và nguồn gốc khác nhau. Một trong những loại đất gây bất lợi nhất đến việc xây dựng là đất than bùn hóa. Đất than bùn hóa là loại đất có hàm lượng hữu cơ lớn từ 10 đến 60%. Việc cải tạo chúng là hết sức khó khăn. Khi cải tạo đất bằng xi măng, các chất hữu cơ trong môi trường pH thấp sẽ ngăn cản quá trình thủy hóa của xi măng. Từ đó, sẽ làm giảm hiệu quả cải tạo. Chính vì vậy, phải tiến hành cho vào các phụ gia khác nhau. Một trong những phụ gia có thể kết hợp để cải tạo là thủy tinh lỏng. Khi cho vào trong đất, có tác dụng làm tăng độ pH của môi trường, thúc đẩy phản ứng thủy hóa của xi măng, đồng thời tác dụng với các sản phẩm

của đất gia cố. Từ đó, tăng độ bền và độ ổn định của mẫu gia cố. Chính vì vậy, việc đưa các phụ gia này sẽ làm tăng cường độ và khả năng chống biến dạng của đất gia cố. Từ đó, làm hỗn hợp đất gia cố bền vững với môi trường xung quanh.

Trên thế giới, một số tác giả đã nghiên cứu cơ sở của phương pháp cải tạo bằng thủy tinh lỏng như Rjanhisuwn và nnk (Trần Thanh Giám, 2008), Stamachi (1933), Hossein Moayedi (2012), Huie Chen và Qing Wang (2006). Các kết quả nghiên cứu cho thấy, việc đưa thủy tinh lỏng làm cường độ kháng nén của đất tăng lên rất cao so với đất ban đầu. Điều này cho thấy, tính ưu việt của phụ gia thủy tinh lỏng trong việc cải tạo đất yếu bằng phương pháp trộn xi măng.

Tại Việt Nam, việc sử dụng thủy tinh lỏng làm chất phụ gia để cải tạo đất yếu hầu như chưa được nghiên cứu. Chính vì vậy, nội dung bài báo này đề cập đến việc sử dụng thủy tinh lỏng với các hàm lượng khác nhau, để cải tạo đất than bùn hóa bằng xi măng và xác định cường độ kháng nén của hỗn hợp gia cố từ 7 ngày tuổi đến 180 ngày tuổi. Từ đó, đánh giá bàn luận về khả năng sử dụng phụ gia này.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Để nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia thủy tinh lỏng đến khả năng cải tạo đất than bùn hóa bằng xi măng, tiến hành lựa chọn mẫu đất than bùn hóa abQ₂³ tại khu vực huyện Gò Quao, tỉnh Kiên Giang. Mẫu đất được lấy về và xác định thành phần và các đặc trưng cơ lý của đất, được trình bày ở Bảng 1. Trong đất có hàm lượng hạt sét nhỏ (khoảng 18%), khoáng vật sét phổ biến nhất trong đất là 14%. Qua kết quả nghiên cứu, đất than bùn hóa có độ ẩm, hệ số rỗng, độ rỗng, hệ số nén lún rất lớn. Khối lượng thể tích, sức kháng cắt rất nhỏ. Đây là các loại đất yếu cần phải xử lý và cải tạo.

Bảng 1. Thành phần và các tính chất cơ lý của đất than bùn hóa abQ₂³

TT	Chỉ tiêu cơ lý		Giá trị
1	Thành phần hạt, %	2-0.05mm	35.5
		0.05-0.005mm	46.3
		<0.005mm	18.2
2	Thành phần khoáng vật	Montmorillonit	4
		Illit	14
		Kaolinit	6
		Clorit	4
		Thạch anh	23-25
		Felspat	3-5
		Gơrit	14-16
		Amphibol	ít
		Pyrit	4-6
		Pyrophyllit	5
Thạch cao	14		
	Khoáng vật khác	Gipxit	
3	Độ ẩm tự nhiên, w, %		270
4	Khối lượng thể tích tự nhiên, γ , T/m ³		1.12
5	Khối lượng thể tích khô, γ_c , T/m ³		0.29
6	Khối lượng riêng, Δ , T/m ³		2.30
7	Độ bão hòa, G (%)		94.9
8	Độ rỗng, n (%)		87.3
9	Hệ số rỗng, e ₀		6.906
10	Giới hạn chảy, W _L (%)		220
11	Giới hạn dẻo, W _P (%)		162
12	Chỉ số dẻo, I _p (%)		58
13	Độ sệt, B		2.12
14	Sức kháng cắt không thoát nước, S _u , kPa		10.2
15	Hệ số nén lún, cm ² /kG		0.165
16	Hàm lượng hữu cơ, %		25-50
17	Độ pH		2.1

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng PCB 40 Kiên Lương do nhà máy xi măng Hà Tiên, Kiên Giang sản xuất.

Thủy tinh lỏng có thành phần là Na₂SiO₃ có độ pH bằng 11, hàm lượng Na₂SiO₃ bằng 40.9%, mô đun M=2.5, tỷ trọng là 1.45.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Đất than bùn hóa được lấy tại các hố khoan và lấy 100% lõi khoan, được bảo quản đảm bảo tính nguyên trạng và vận chuyển về phòng thí nghiệm. Sau đó, tiến hành lựa chọn hàm lượng xi măng để trộn là 350kg/m³ và hàm lượng thủy tinh lỏng là 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% để tạo các hỗn hợp đất gia cố khác nhau, lần lượt được các tổ hợp mẫu là TTL0; TTL0.5; TTL1.0; TTL1.5; TTL2.0 – hỗn hợp gia cố trộn 0%; 0.5%; 1.0%; 1.5%; và 2% thủy tinh lỏng. Hàm lượng thủy tinh lỏng được tính theo trọng lượng của xi măng.

Đất được trộn đều trong máy trộn và chia thành các phần đều nhau. Các phần đất này được trộn với hàm lượng xi măng và thủy tinh lỏng khác nhau. Lựa chọn tỷ lệ Nước/xi măng là 0.8. Để tiến hành trộn hỗn hợp đất + xi măng + thủy tinh lỏng, sử dụng máy trộn để trộn đều trong vòng 5 phút. Sau đó, cho hỗn hợp vào khuôn có đường kính 5cm, chiều cao 10cm. Việc cho vào khuôn theo phương pháp đầm rung đảm bảo mẫu đồng nhất, không bị rỗng giữa, không có túi khí trong mẫu.

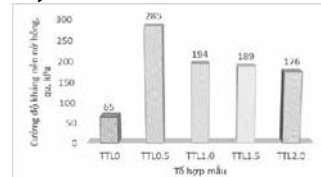
Mẫu đất sau khi đúc xong, được bảo dưỡng theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9403:2012, ở ngay trong khuôn và cho vào tủ dưỡng hộ trong vòng 3 ngày ở điều kiện nhiệt độ 25°C và độ ẩm 95%. Sau đó, mẫu được bỏ ra khỏi khuôn và bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn đến các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91 và 180 ngày tuổi. Ở mỗi tỷ lệ trộn tiến hành đúc 3 mẫu để thí nghiệm xác định các giá trị trung bình, tổng số lượng mẫu nghiên cứu là 90 mẫu. Tổng hợp số lượng mẫu được trình bày ở bảng 2. Tại mỗi ngày tuổi tiến hành thí nghiệm nén một trục nờ hông theo tiêu chuẩn ASTM D2166, nén trên máy nén với tốc độ 1.0mm/phút cho đến khi mẫu bị phá hủy. Kết quả xác định được cường độ kháng nén nờ hông q_u của hỗn hợp gia cố.

Bảng 2. Bảng tổng hợp hỗn hợp mẫu gia cố xi măng + thủy tinh lỏng (TBH+350 XM+TTL)

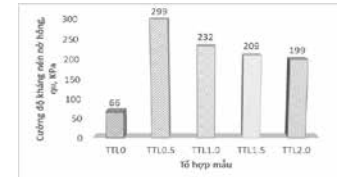
TT	Kí hiệu tổ mẫu	Tỷ lệ gia cố	Tỷ lệ nước/xi măng	Số lượng mẫu
1	TTL0	TBH + 350 XM	0.8	18
2	TTL0.5	TBH + 350 XM+0.5% TTL	0.8	18
3	TTL1.0	TBH + 350 XM+1.0% TTL	0.8	18
4	TTL1.5	TBH + 350 XM+1.5% TTL	0.8	18
5	TTL2.0	TBH + 350 XM+2% TTL	0.8	18

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

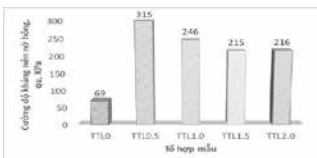
Sau khi thí nghiệm xác định cường độ kháng nén nờ hông q_u ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91, 180, tiến hành tính toán kết quả và lấy giá trị trung bình của ba mẫu. Kết quả nghiên cứu được trình bày ở các hình 1 đến hình 7.



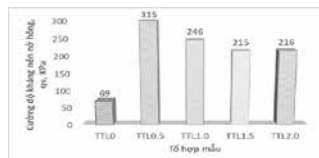
Hình 1. Kết quả cường độ kháng nén nờ hông của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+TTL) ở 7 ngày tuổi



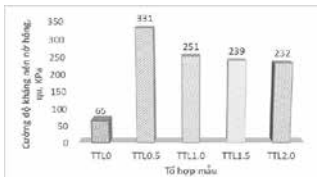
Hình 2. Kết quả cường độ kháng nén nờ hông của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+TTL) ở 14 ngày tuổi



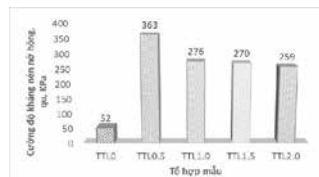
Hình 3. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 28 ngày tuổi



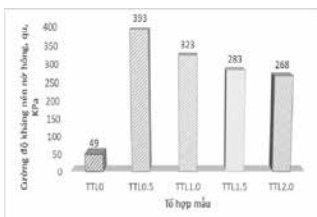
Hình 3. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 28 ngày tuổi



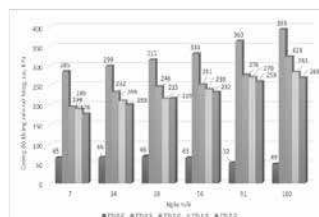
Hình 4. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 56 ngày tuổi



Hình 5. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 91 ngày tuổi



Hình 6. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 180 ngày tuổi



Hình 7. Kết quả cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố (TBH + XM+ TTL) ở 180 ngày tuổi

Từ kết quả nghiên cứu ở các hình 1 đến hình 7 cho thấy, khi chỉ cải tạo đất thanh bùn hóa bằng xi măng thì cường độ của hỗn hợp gia cố tăng. Theo ngày tuổi, từ 7 đến 28 ngày, q_u tăng từ 66 đến 69kPa (tăng 6%), sau đó là giảm xuống khi bảo dưỡng ở 56, 91 và 180 ngày tuổi. Ở 180 ngày tuổi thì cường độ chỉ còn 49kPa (giảm 28,9%) so với q_u ở 28 ngày tuổi. Kết quả nghiên cứu này cho thấy, hiệu quả cải tạo đất thanh bùn hóa bằng xi măng kém.

Khi cải tạo bằng xi măng kết hợp với 0.5; 1.0; 1.5; 2.0% thủy tinh lỏng cho thấy, q_u của hỗn hợp TBH+XM+TTL đều tăng so với của hỗn hợp TBH+XM ở tất cả các ngày tuổi, và q_u của các hỗn hợp này cũng tăng theo thời gian bảo dưỡng.

Khi thêm 0.5% thủy tinh lỏng vào thì q_u ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91,180 tăng lần lượt là 338.5; 353; 356.5; 409.2; 598.1; 702.0% so với q_u của hỗn hợp TBH+XM.

Khi thêm 1.0% thủy tinh lỏng vào thì q_u ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91,180 tăng lần lượt là 198.5; 251.5; 256.5; 286.2; 430.8; 559.2% so với q_u của hỗn hợp TBH+XM.

Khi thêm 1.5% thủy tinh lỏng vào thì q_u ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91,180 tăng lần lượt là 190.8; 216.7; 211.6; 267.7; 419.2; 477.6% so với q_u của hỗn hợp TBH+XM.

Khi thêm 2.0% thủy tinh lỏng vào thì q_u ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91,180 tăng lần lượt là 170.8; 201.5; 213; 256.9; 398.1; 446.9 % so với q_u của hỗn hợp TBH+XM.

Các kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới. Hossei Moayedi và nnk (2012) đã sử dụng thủy tinh lỏng (Na_2SO_3) nồng độ 3mol/l trong ổn định hữu cơ và cho kết quả cường độ kháng nén của đất cải tạo tăng 220% so với cường độ kháng nén của đất. Huie Che và Qing Wang (2006) cũng nghiên cứu khi cho thêm phụ gia thì cường độ nén cũng đều tăng so với khi chưa có phụ gia.

Sự tăng cường độ của hỗn hợp gia cố đất thanh bùn hóa với xi măng khi thêm phụ gia thủy tinh lỏng vào có thể là khi đưa phụ gia thủy tinh lỏng, độ pH của nước đã thay đổi, độ pH trở thành môi trường kiềm và sẽ thúc đẩy phản ứng hóa lý với xi măng và các thành phần của đất. Kết quả này thể hiện rõ khi thêm thủy tinh lỏng (0.5; 1.0; 1.5;2.0%) vào nước có độ pH=7 thì độ pH tăng lên lần lượt là 10.3; 10.5; 10.6 à 10.6.

Các kết quả ở các hình từ 1 đến 7 cũng thể hiện ảnh hưởng của hàm lượng thủy tinh lỏng tới cường độ kháng nén nơ hõng của các hỗn hợp gia cố. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, khi hàm lượng thủy tinh lỏng tăng đến 0.5% thì q_u ở các ngày tuổi là lớn nhất. Sau đó, hàm lượng thủy tinh lỏng tăng lên 1%; 1.5% và 2% thì q_u của hỗn hợp giảm dần. Tuy nhiên, q_u của các hỗn hợp gia cố này vẫn lớn hơn nhiều so với q_u của hỗn hợp gia cố xi măng không có thủy tinh lỏng. Sự suy giảm của cường độ theo thời gian khi gia cố đất thanh bùn hóa bằng xi măng cũng được cải thiện. Hỗn hợp gia cố có q_u tăng theo thời gian. Lý giải cho sự giảm cường độ của hỗn hợp gia cố khi thêm vào 1.0; 1.5; 2.0% thủy tinh lỏng là do, trong môi trường độ pH thích hợp cho cải tạo đất bằng xi măng là 12.4 (Nguyen Duy Quang và nnk, 2012). Nếu cứ tiếp tục tăng thủy tinh lỏng, thì độ pH lại tiếp tục tăng, có thể đạt mức 13, 14, không thuận lợi cho quá trình thủy phân của xi măng, do đó cường độ của mẫu gia cố giảm.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm rút ra một số nhận xét sau:

Đất thanh bùn hóa là loại đất có hàm lượng hữu cơ lớn, có sức chống cắt nhỏ và khả năng biến dạng kém. Khi cải tạo bằng chất kết dính xi măng thì hiệu quả cải tạo thấp, cường độ kháng nén nơ hõng tăng đến 28 ngày tuổi, sau đó lại có xu hướng giảm khi bảo dưỡng đến các ngày tuổi 56, 91 và 180.

Khi gia cố đất thanh bùn hóa bằng xi măng kết hợp với 0.5; 1; 1.5; 2.0% thủy tinh lỏng thì cường độ nén nơ hõng của hỗn hợp gia cố tăng từ 170.8 đến 702%.

Hàm lượng thủy tinh lỏng tối ưu để gia cố đất thanh bùn hóa là 0.5%, q_u của hỗn hợp gia cố tăng từ 338.5 đến 702.0% so với q_u của hỗn hợp TBH+XM.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tính ưu việt của phụ gia thủy tinh lỏng khi cải tạo đất thanh bùn hóa, làm tăng cường độ của hỗn hợp gia cố và cải thiện được tình giảm cường độ theo thời gian của đất thanh bùn hóa khi cải tạo đất bằng xi măng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hossein Moayedi, Bujang B K Huat, Sina Kazemian and Saman Daneshmand (2012), "Stabilization of organic soil using sodium silicate system grout", International Journal of Physical Sciences Vol. 7(9), pp. 1395-1402, 23 February, 2012.
- Huie Chen, Qing Wang (2006). "The behaviour of organic matter in the process of soft soil stabilization using cement", Bull Eng Geol Env (2006) 65: 445-448.
- Nguyen Duy Quang, Jin Chun Chai, Takenori Hino, Takehito Negami (2012), "Mechanical Properties of soft clays lightly treated by ciment/lime", International Symposium on Sustainable Geosynthetics and Green Technology for Climate Change(SGCC). (Retirement Symposium for Prof. Dennes T. Bergado) 20 to 21 June 2012 | Bangkok, Thailand.
- Trần Thanh Giám (2008), Đất xây dựng và Phương pháp gia cố nền đất yếu, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

Nghiên cứu ứng dụng bê tông Geopolymer cho kết cấu dầm dự ứng lực công trình cầu hướng tới phát triển bền vững

Research on the application of geopolymer concrete for prestressed girder structures of bridges in coastal areas

> LÊ BÁ DANH¹; PHẠM DUY HÒA²; NGUYỄN BÌNH HÀ²; CAO BẮC ĐĂNG³

¹ Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: danhb@nuce.edu.vn

² Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

³ Công ty Cổ phần Xây dựng số 1 Hà Nội

TÓM TẮT:

Nghiên cứu này giới thiệu về ứng dụng bê tông Geopolymer thiết kế dầm dự ứng lực căng sau cho công trình cầu. Bê tông Geopolymer (Geopolymer Concrete - GPC) là loại bê tông không sử dụng chất kết dính xi măng pooc lăng thông thường mà là sản phẩm của phản ứng giữa dung dịch kiềm và các loại vật liệu có chứa hàm lượng lớn hợp chất silic và nhôm. Việc sử dụng bê tông Geopolymer cho công trình cầu sẽ mang lại rất nhiều ý nghĩa thiết thực cho ngành cầu đường nói riêng, ngành xây dựng nói chung ở Việt Nam, góp phần làm giảm một lượng rất lớn khí thải CO₂ và các ô nhiễm môi trường, từ đó hướng tới sự phát triển bền vững. Nghiên cứu này sử dụng bê tông Geopolymer chế tạo tại chỗ để thiết kế dầm I dự ứng lực căng sau. Tỷ lệ sử dụng tro bay chiếm 15% khối lượng cốt liệu. Kết quả cường độ chịu nén 28 ngày tuổi đạt từ 45,8 MPa, cường độ chịu kéo khi ép chế đạt từ 4,12 MPa, mô đun đàn hồi 35500 GPa.

Từ khóa: "Bê tông geopolymer"; "Dầm dự ứng lực"; "Kết cấu công trình cầu"; "Khu vực ven biển"

ABSTRACT:

This study introduces the application of Geopolymer concrete to design post-tensioned girder for bridge construction. Geopolymer concrete (GPC) is a type of concrete that does not use conventional Portl and cement binders. It is the product of the reaction between an alkaline solution and materials containing large amounts of silic and aluminum compounds, called alkaline activated binders. The use of Geopolymer concrete for bridge construction will bring a lot of practical meanings to the bridge industry in particular, the construction industry in general in Vietnam, contributing to reducing a huge amount of CO₂ emissions and environmental pollution, thereby towards sustainable development. This study uses Geopolymer fabricated in lab to design the post-tensioned I-girder. The fly ash uses for 15% of the material volume. The compressive strength at 28 days is 45.8 MPa, the tensile strength is 4.12 MPa, the elastic modulus 35.5 GPa.

Keywords: "Geopolymer concrete"; "Prestressed girder"; "Bridges structure"; "Coastal areas"

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các công trình xây dựng nói chung và công trình giao thông nói riêng được xây dựng và phát triển ngày càng nhiều nhằm đáp ứng yêu cầu công nghiệp hoá và hiện đại hoá đất nước. Liên đoàn bê tông châu Á (ACF) ước tính hàng năm có khoảng 35 tỷ tấn bê tông được sản xuất trên toàn cầu, điều này có nghĩa có khoảng 4,2 tỷ tấn xi măng cần được sử dụng. Sản lượng xi măng toàn cầu tiếp tục tăng trưởng khoảng trên 5% mỗi năm và tập trung chủ yếu vào các nước phát triển như Trung Quốc,

Ấn Độ,...[1]. Theo số liệu của tạp chí Global Cement, Việt Nam hiện đang xếp thứ 5 trên thế giới về năng lực sản xuất xi măng chỉ sau Trung Quốc, Ấn Độ, Mỹ và Nga. Trong vòng mười năm kể từ 2009, năng lực sản xuất xi măng của Việt Nam tăng gần 3 lần từ 45 triệu tấn lên 120 triệu tấn [2]. Tuy nhiên ngành công nghiệp sản xuất xi măng được cho là gây ô nhiễm nghiêm trọng do mức độ phát thải khí CO₂ và bụi nhiều, tiêu tốn nhiều năng lượng và các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Sản xuất một tấn xi măng phát thải khoảng 1-1,2 tấn CO₂ và ngành sản xuất xi măng đóng góp 5-7% lượng khí

thải CO₂ toàn cầu cùng với một lượng khói bụi rất lớn và con số đó hiện nay thậm chí còn cao hơn [3].

Trong quá trình hiện đại hóa hiện nay, nhu cầu tiêu thụ điện năng tăng một cách rõ rệt, điều đó dẫn tới sự phát triển của các nhà máy nhiệt điện. Tro bay là một trong những thải phẩm của các nhà máy này. Hầu hết tro bay không được sử dụng một cách hiệu quả, phần lớn của nó được xử lý trong các bãi chôn lấp. Tại Việt Nam tỷ lệ tận dụng lại chưa cao và tốn hàng trăm hecta để làm bãi chứa tro bay và ảnh hưởng rất lớn đến môi trường. Để từng bước hạn chế sử dụng xi măng pooc lăng đồng thời tận dụng có hiệu quả chất thải công nghiệp tro bay nhiệt điện thì một loại chất kết dính mới đang được nghiên cứu và từng bước ứng dụng vào thực tế xây dựng. Chất kết dính đó sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp một số hợp chất hóa học thông thường. Chất kết dính này gọi là Geopolymer. Việc sử dụng GPC cho các công trình xây dựng nói chung và công trình cầu nói riêng sẽ có một ý nghĩa rất lớn trong việc hạn chế ô nhiễm môi trường, hướng tới phát triển bền vững.

Ở Mỹ ứng dụng chủ yếu của chất kết dính geopolymer là sản xuất xi măng geopolymer đóng rắn nhanh được ứng dụng trong các sân bay quân sự từ năm 1985, đường băng, sân nhà công nghiệp, đường cao tốc. Ở Úc GPC đã và đang được ứng dụng trong thực tiễn như thanh tà vẹt đúc sẵn, đường ống cống và các loại cấu kiện bê tông đúc sẵn với yêu cầu là phải cho cường độ cao ở tuổi sớm sau khi bảo dưỡng bằng hơi nước hoặc nhiệt. Sân bay Brisbane West Wellcamp là sân bay công cộng đầu tiên của Úc được xây dựng sử dụng GPC với khối lượng khoảng 40.000m³ (100.000 tấn) [4] (Hình 1).



Hình 1. Sân bay Wellcamp xây dựng bằng bê tông GPC [4]

Trong ngành xây dựng cầu, hiện tại đã có những áp dụng cụ thể đưa vào thực tế. Một trong những ứng dụng sớm nhất của GPC trong lĩnh vực này là cầu Murrarie Plant. Đây là cây cầu composit được chế tạo từ dầm cốt sợi thủy tinh đúc sẵn. Cầu đã được đúc sẵn tại nhà máy WAGNER Toowoomba CFT với sự kết hợp của GPC cường độ 40 MPa và sợi thủy tinh và được đưa tới địa điểm lắp đặt trong năm 2009 (Hình 2).



Hình 2. Ứng dụng bê tông GPC làm sàn cầu tại Brisbane, Úc [4].

Ở Việt Nam, bê tông GPC cũng đã bắt đầu được nghiên cứu trong thời gian gần đây. Các nghiên cứu này hiện nay đang tập trung chủ yếu về xác định cấp phối, thành vật liệu chế tạo GPC [5-

6]. Nghiên cứu ứng xử nứt của dầm bê tông GPC [7], dính bám giữa bê tông GPC và cốt thép [8].

Dựa trên các nghiên cứu trong và ngoài nước về bê tông GPC, nghiên cứu này sẽ trình bày các nội dung nghiên cứu ứng dụng GPC cho dầm dự ứng lực của công trình cầu. Việc sử dụng GPC cho công trình cầu sẽ mang lại rất nhiều ý nghĩa thiết thực cho ngành xây dựng cầu ở Việt Nam: tránh được hiện tượng nứt do nhiệt của bê tông khối lớn khi thủy hóa, bảo vệ môi trường hướng tới phát triển bền vững.

Nội dung đầu tiên của nghiên cứu sẽ giới thiệu về cấp phối vật liệu GPC và các thí nghiệm xác định các tính chất cơ lý cơ bản của GPC do nhóm nghiên cứu thực hiện. Phần tiếp theo sẽ giới thiệu về ứng dụng bê tông GPC của nhóm nghiên cứu thiết kế dầm I dự ứng lực căng sau có chiều dài điển hình 33m. Nghiên cứu kết thúc bằng phần kết luận và kiến nghị.

2. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA GPC

2.1 Thành phần bê tông geopolymer

Vật liệu được sử dụng để chế tạo GPC bao gồm chất kết dính (Tro bay), nước, cốt liệu thô, cốt liệu mịn và dung dịch kiềm hoạt hóa. Trong nghiên cứu này, tro bay được sử dụng là tro bay loại F được lấy từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại có khối lượng riêng 2,45 g/cm³. Tro bay có đường kính hạt trung bình khoảng 28,47 μm, khối lượng diện tích khoảng 950 kg/m³. Chỉ số hoạt tính cường độ ở mức cao, đạt các chỉ tiêu chất lượng và phù hợp theo quy định của ASTM C618 [9].

Cốt liệu lớn sử dụng là loại đá dăm loại D10 được lấy từ mỏ đá Phú Lý - Hà Nam. Kết quả thí nghiệm khối lượng riêng của hai loại đá tương ứng là 2,710 kg/cm³, khối lượng thể tích đầm chặt tương ứng là 1560 kg/m³. Cốt liệu nhỏ là cát vàng Sông Lô. Cát có khối lượng riêng 2630 kg/m³ và mô đun độ lớn Mk = 3,00. Phụ gia siêu dẻo là phụ gia GPS-1000 phù hợp loại D của tiêu chuẩn ASTM C494 [10].

Thành phần của GPC được tính toán theo ACI211.1 [11] của bê tông xi măng thông thường có xét đến cấp phối cốt liệu để đảm bảo tính dễ đầm bê tông theo ACI 325.10R [12]. Phương pháp thiết kế thành phần tính toán chất kết dính như bê tông thông thường.

Phương pháp tính toán thành phần hỗn hợp cốt liệu giống như phương pháp thông thường. Tỷ lệ thành phần các loại cốt liệu lớn đá D10, cát vàng là 0,54 và 0,23. Tỷ lệ cốt liệu được lựa chọn được so sánh đường cấp phối theo ACI 325.10R. Kết quả thiết kế hỗn hợp cốt liệu cho thấy hỗn hợp cốt liệu phù hợp để có thể trộn ở trạm trộn hiện đại ngày nay.

Tổng hàm lượng chất kết dính sử dụng là 377,15kg/m³. Tro bay được sử dụng để thay thế xi măng. GPC được thiết kế thành phần trên nguyên tắc đảm bảo độ sụt thông thường và kể đến giảm độ sụt vẫn có thể thi công đầm được bình thường. Độ sụt mục tiêu được thiết kế cho hỗn hợp bê tông này là 12±2 cm, độ sụt được theo dõi theo thời gian. Để thi công đường bằng công nghệ đầm rung thông thường với độ sụt trên là phù hợp. Tro bay kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa trong thành phần của bê tông GPC vừa có vai trò chất kết dính đồng thời có thêm vai trò vi cốt liệu cho bê tông GPC.

2.2. Thí nghiệm xác định tính chất cơ lý bê tông GPC

Các tính chất cơ lý của bê tông GPC được xác định trong nghiên cứu sử dụng trên mẫu hình trụ tiêu chuẩn 150x300mm ở 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi bao gồm: cường độ chịu nén của bê tông được xác định theo TCVN 3118-1993 [13]; cường độ chịu kéo khi ép chế được xác định theo TCVN 3119-1993 [14], mô đun đàn hồi xác định theo ASTM C496 [15]. Thành phần của các hỗn hợp bê tông GPC với cường độ mục tiêu là 45MPa.

Hình ảnh về quá trình trộn GPC được giới thiệu trong Hình 3.



Hình 3. Trộn hỗn hợp bê tông GPC

Sau khi trộn xong hỗn hợp GPC, tiến hành cho vào khuôn (Hình 4) để phục vụ cho công tác thí nghiệm.



Hình 4. Khuôn mẫu sau khi đổ bê tông GPC

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông GPC được thể hiện trong Hình 5, thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo thể hiện trong Hình 6. Các thí nghiệm này được nhóm nghiên cứu thực hiện tại các thời điểm 7 ngày và 28 ngày.



Hình 5. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông GPC



Hình 6. Thí nghiệm ép chẻ bê tông GPC

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông GPC ở 7 ngày và 28 ngày được thể hiện trong Bảng 1. Giá trị tính toán được lấy trung bình của 3 mẫu M1, M2, M3. Giá trị cường độ chịu nén trung bình thu được ở 7 ngày là 35,7 MPa, và tăng rất nhanh ở 28 ngày là 45,8 MPa. Cường độ chịu kéo trung bình khi ép chẻ của GPC ở 7 ngày là 3,5 MPa và 28 ngày là 4,12 MPa (Bảng 2).

Bảng 1. Kết quả xác định cường độ chịu nén của bê tông GPC ở 7 ngày và 28 ngày

Mẫu	Tuổi thí nghiệm (ngày)	Cường độ chịu nén (MPa)	Cường độ chịu nén trung bình (MPa)
M1	7	34,6	35,7
M2		36,5	
M3		35,9	
M4	28	46	45,8
M5		45,3	
M6		46,2	

Bảng 2. Kết quả xác định cường độ chịu kéo khi ép chẻ của bê tông GPC ở 7 ngày và 28 ngày

Mẫu	Tuổi thí nghiệm (ngày)	Cường độ chịu kéo khi ép chẻ (MPa)	Cường độ chịu kéo khi ép chẻ trung bình (MPa)
M1	7	3,47	3,5
M2		3,68	
M3		3,35	
M4	28	4,03	4,12
M5		4,25	
M6		4,07	

Môđun đàn hồi trung bình xác định từ tổ hợp mẫu thí nghiệm ở 7 ngày và 28 ngày lần lượt là 32,4 GPa và 35,5 GPa (Bảng 3).

Bảng 3. Kết quả xác định môđun đàn hồi của bê tông GPC ở 7 ngày và 28 ngày

Mẫu	Tuổi thí nghiệm (ngày)	Môđun đàn hồi (GPa)	Môđun đàn hồi trung bình (GPa)
M1	7	32	32,4
M2		33	
M3		32,1	
M4	28	35,6	35,5
M5		34,8	
M6		36,1	

3. ỨNG DỤNG GPC THIẾT KẾ DẦM I DỰ ỨNG LỰC CĂNG SAU

Từ các giá trị tính chất cơ lý của bê tông GPC xác định bằng thực nghiệm, nghiên cứu sẽ sử dụng các giá trị này để thiết kế dầm I dự ứng lực căng sau có chiều dài 33m. Các thông số đầu vào của cầu được giả thiết phù hợp với công trình cầu thực tế ở Việt Nam.

3.1. Thông số đầu vào

Thiết kế dầm I dự ứng lực căng sau sử dụng bê tông GPC. Tiêu chuẩn thiết kế sử dụng: Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11823-10:2017 [16] với hoạt tải thiết kế là HL-93. Các thông số cơ bản của cầu thiết kế được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Các thông số cơ bản của cầu

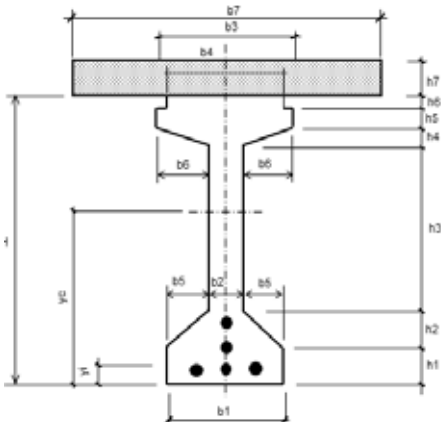
STT	Thông số tính toán	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều dài dầm	m	33
2	Chiều dài nhịp tính toán	m	32.2
3	Bề rộng cầu	m	17.5
4	Bề rộng lan can	m	0.5
5	Chiều rộng phần xe chạy	m	16.5
6	Số dầm chủ	dầm	7
7	Khoảng cách giữa các dầm	m	2.45
8	Số làn xe	làn	4

Bê tông GPC được sử dụng cho dầm dự ứng lực, trong khi đó bê tông cốt thép thường sử dụng cho bản mặt cầu. Cáp dự ứng lực sử dụng loại có độ chùng thấp tạo 12,7mm gồm 7 sợi, theo tiêu chuẩn ASTM A416-96a cấp 270 [17]. Các thông số đầu vào của vật liệu thiết kế gồm: GPC, bê tông cốt thép thường, cáp dự ứng lực được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Thông số vật liệu thiết kế

Vật liệu	Thông số tính toán	Đơn vị	Giá trị
Bê tông GPC cho dầm	Cường độ nén quy định của bê tông (28 ngày), f'_c	MPa	45.8
	Cường độ nén của bê tông lúc căng cáp, f'_{ci}	MPa	41.2
	Cường độ chịu kéo khi uốn, f_r	MPa	4.26
	Khối lượng riêng, γ_c	kN/m ³	24.5
	Môđun đàn hồi, E_c	GPa	35.5
Bê tông bản mặt cầu	Cường độ nén quy định của bê tông (28 ngày), f'_{cb}	MPa	30
	Cường độ chịu kéo khi uốn, f_{rb}	MPa	3.45
	Môđun đàn hồi, E_{cb}	GPa	28.11
Cáp dự ứng lực	Đường kính danh định 1 tao, D_p	mm	12.7
	Diện tích danh định 1 tao, A_p	mm ²	98.7
	Cường độ chịu kéo, f_u	MPa	1860
	Giới hạn chảy, f_{py}	MPa	1674
	Môđun đàn hồi, E_p	GPa	197

Mặt cắt ngang dầm I được thể hiện trong Hình 7. Các kích thước cơ bản của dầm tại mặt cắt đầu dầm và giữa nhịp được thể hiện trong Bảng 5.

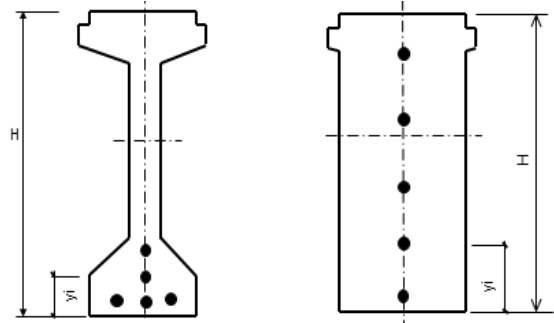


Hình 7. Cấu tạo mặt cắt ngang dầm

Bảng 6. Kích thước cơ bản của dầm tại vị trí đầu dầm và giữa nhịp

Ký hiệu	Tên kích thước	Đầu dầm (m)	Giữa nhịp (m)
Chiều rộng			
b1	Chiều rộng đáy dầm	0,650	0,650
b2	Chiều dày sườn dầm	0,650	0,200
b3	Chiều rộng cánh trên	0,850	0,850
b4	Chiều rộng phần trên của cánh	0,650	0,650
b5	Chiều rộng phần dốc của đáy dầm	0,000	0,225
b6	Chiều rộng phần dốc của cánh trên	0,100	0,325
b7	Chiều rộng bản cánh hữu hiệu	2,450	2,450
Chiều cao			
h1	Chiều cao cánh dưới	0,250	0,250
h2	Chiều cao nách dưới	0,000	0,200
h3	Chiều cao sườn dầm	1,166	0,890
h4	Chiều cao nách trên	0,034	0,110
h5	Chiều cao cánh trên	0,120	0,120
h6	Chiều cao phần trên cánh	0,080	0,080
h7	Chiều cao bản mặt cầu	0,200	0,200
H	Chiều cao dầm	1,650	1,650
Cáp dự ứng lực			
y1	Cáp số 1	1,340	0,450
y2	Cáp số 2	1,065	0,260
y3	Cáp số 3	0,790	0,110
y4	Cáp số 4	0,515	0,110
y5	Cáp số 5	0,240	0,110

Dầm sử dụng 5 bó cáp dự ứng lực, mỗi bó có gồm 12 tao 12,7mm. Sơ đồ bố trí các bó cáp dự ứng lực tại mặt cắt đầu dầm và giữa nhịp được thể hiện trong Hình 8. Tọa độ các bó cáp dự ứng lực theo phương thẳng đứng được thể hiện trong Bảng 5.



Hình 8. Bố trí cáp dự ứng lực tại mặt cắt giữa nhịp và mặt cắt đầu dầm

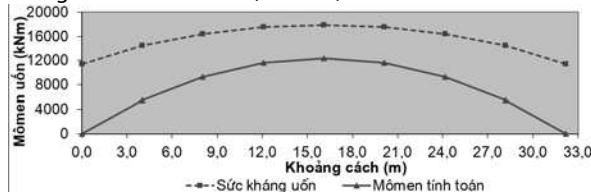
3.2. Kiểm toán dầm theo các trạng thái giới hạn

Dầm I thiết kế được chia thành 3 giai đoạn làm việc. Giai đoạn 1: chế tạo dầm, giai đoạn này chỉ có tải trọng là trọng lượng bản thân dầm chủ và 1 phần dầm ngang. Giai đoạn 2: lắp ghép dầm, tải trọng gồm trọng lượng bê tông ướt bản mặt cầu, trọng lượng dầm ngang, trọng lượng của tấm đan. Giai đoạn 3: giai đoạn khai thác, tải trọng gồm trọng lượng lan can, lớp phủ và hoạt tải xe HL-93.

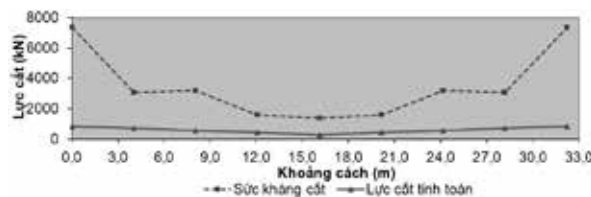
Các nội dung kiểm toán gồm: Kiểm toán theo trạng thái giới hạn cường độ I (TTGHCD), kiểm toán theo trạng thái giới hạn sử dụng I (TTGGSĐ).

Biểu đồ so sánh giữa mômen tính toán M_u và sức kháng uốn của dầm M_r ở TTGHCD được thể hiện trong Hình 9. Kết quả cho thấy dầm thỏa mãn điều kiện về sức kháng uốn theo TTGHCD.

Tương tự, dầm GPC thiết kế cũng thỏa mãn điều kiện về sức kháng cắt theo TTGHCD (Hình 10).



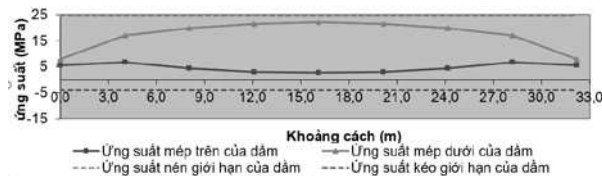
Hình 9. Biểu đồ sức kháng uốn của dầm theo TTGHCD I



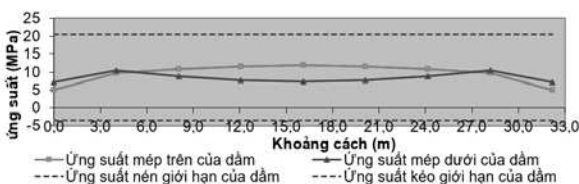
Hình 10. Biểu đồ sức kháng cắt của dầm theo TTGHCD I

Ở TTGHSĐ, nghiên cứu đã tiến hành kiểm toán nội dung về ứng suất trong dầm trong quá trình thi công và khai thác. Các ứng suất ở mép dưới, mép trên của dầm, mép trên của bản được tính toán theo 3 giai đoạn làm việc. Các giá trị ứng suất này được so sánh với ứng suất kéo, nén cho phép của dầm được tính toán theo Bảng 8, Điều 9.4.2.1, Phần 5 của TCVN 11823-10:2017.

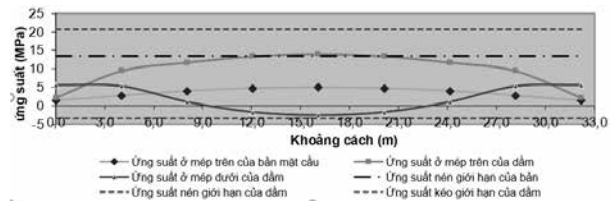
Kết quả kiểm toán ứng suất tính toán theo TTGHSĐ tại các giai đoạn được thể hiện trong Hình 11, Hình 12 và Hình 13. Kết quả kiểm toán cho thấy, ứng suất ở mép trên, mép dưới của dầm đều nhỏ hơn giá trị cho phép ở các giai đoạn.



Hình 11. Kiểm toán ứng suất ở giai đoạn 1 - TTGHSĐ



Hình 12. Kiểm toán ứng suất ở giai đoạn 2 - TTGHSĐ



Hình 13. Kiểm toán ứng suất ở giai đoạn 3 - TTGHSĐ

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã giới thiệu về quá trình chế tạo bê tông GPC và ứng dụng bê tông này thiết kế dầm I có chiều dài 33m dự ứng lực căng sau. Tỷ lệ sử dụng tro bay chiếm 15% khối lượng cốt liệu GPC. Kết quả cường độ chịu nén 28 ngày tuổi GPC đạt 45,8 MPa, cường độ chịu kéo khi ép chế đạt từ 4,12 MPa, mô đun đàn hồi 35500 GPa. Kết quả thiết kế và kiểm toán ở TTGHCD và TTGHSĐ dầm I căng sau sử dụng bê tông GPC cho thấy, các giá trị kiểm toán đều thỏa mãn yêu cầu thiết kế đề ra. Cho thấy rằng việc sử dụng bê tông GPC cho dầm dự ứng lực trong công trình cầu là rất khả thi và đảm bảo các điều kiện về mặt kỹ thuật.

Việc nghiên cứu chế tạo bê tông GPC và ứng dụng thiết kế dầm I dự ứng lực trong nghiên cứu này là một bước đi mới làm tiền đề cho việc sử dụng bê tông GPC cho công trình cầu, nhằm giảm tối đa việc sử dụng xi măng portland trong công trình, từ đó giảm được ô nhiễm môi trường và hướng tới phát triển bền vững trong ngành xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baoxydung.com.vn (2016) "Phát triển bê tông bền vững cho hiện tại và tương lai".
- [2] Baodautu.vn (2019) "Ngành xi măng những khoảng "sáng – tối".
- [3] Mehta, P. K. 2001 "Reducing the Environmental Impact of Concrete", ACI Concrete International 23(10):pp. 61-66.
- [4] Geopolymer.org
- [5] Vũ Huyền, Trần. "Nghiên cứu chế tạo gạch không nung bằng công nghệ geopolymer sử dụng tro bay và phế thải bùn đỏ để xây dựng nhà ở." (2010).
- [6] Phan, Đức Hùng. "Tính chất cơ học của GPCs sử dụng tro bay gia cường sợi polypropylene." (2016).
- [7] Đạo, Phạm Quang, and Phạm Thanh Tùng. "Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về mô men kháng nứt của dầm geopolymer cốt thép." Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXD 14.2V (2020): 14-25.
- [8] Trần Việt Hưng, Nguyễn Ngọc Long, Đào Văn Đông, Nghiên cứu xác định khả năng dính bám với cốt thép của bê tông geopolymer tro bay. Tạp chí Giao thông Vận tải (2017).
- [9] ASTM C618-19, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, www.astm.org
- [10] ASTM-C494-05, American Society for Testing and Material (2005) Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
- [11] ACI 211.1, Guide for selecting Proportion for No-Slump Concrete, ACI commutec 211.
- [12] ACI 325.10R. 95 (2001), Report on Roller Compacted Concrete Pavement, Reapproved 2001, pp.31-51.
- [13] TCVN 3118:1993 - Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.
- [14] TCVN 3119:1993 bê tông nặng - phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn
- [15] ASTM C496-96, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1996, www.astm.org
- [16] TCVN 11823-10:2017 Thiết kế cầu đường bộ.
- [17] ASTM A416/A416M-12a Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete

Nghiên cứu ứng dụng bê tông tro bay cát mặn cho công trình hạ tầng ven biển hướng tới phát triển bền vững

Research and application of sea sand concrete with fly ash for coastal infrastructure works towards sustainable development

> PHẠM DUY HÒA, NGUYỄN VIỆT PHƯƠNG, LÊ BÁ DANH

Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: danhlb@nuce.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài báo nghiên cứu giải pháp ứng dụng bê tông tro bay cát mặn cho công trình hạ tầng ven biển hướng tới phát triển bền vững. Trong bối cảnh ngày càng khan hiếm nguồn vật liệu truyền thống như cát nước ngọt cũng như nhu cầu tiêu thụ lượng tro bay phát thải từ nhà máy nhiệt điện dọc dải ven biển, việc nghiên cứu sử dụng cát mặn và tro bay vào công trình hạ tầng là rất cần thiết. Bài báo đã tổng quan được vấn đề ứng dụng cát mặn và tro bay dưới dạng vật liệu đắp và các loại bê tông khác nhau như bê tông geopolimer, bê tông đầm lăn, bê tông cường độ siêu cao,... cho thấy kinh nghiệm kết hợp 2 loại vật liệu này là còn khá mới mẻ. Tiếp đó, nhóm tác giả trình bày ứng dụng theo hướng kết hợp với cát mặn được lấy từ vùng biển Hà Tĩnh, tro bay được lấy từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn. Hàm lượng tro bay sử dụng thay thế chất kết dính xi măng trong nghiên cứu là 20%. Kết quả của nghiên cứu đã được ứng dụng để sửa chữa hư hỏng kết cấu của một công trình nhà ven biển ở Hà Tĩnh. Kết quả sửa chữa được đánh giá rất tốt và đáp ứng các yêu cầu về mặt kỹ thuật cho thấy triển vọng áp dụng loại bê tông tro bay cát mặn trong công trình xây dựng.

TỪ KHÓA: "Bê tông tro bay cát mặn"; "Hạ tầng ven biển"; "Phát triển bền vững".

ABSTRACT:

This paper presents solutions for application of sea sand concrete with fly ash for coastal infrastructure works towards sustainable development. In the context of increasingly scarce sources of traditional materials such as freshwater river sand as well as the need to consume the amount of fly ash emitted from thermal power plants along the coastal strip of Vietnam, the study of using sea sand and fly ash in the infrastructure works is essential. The article has reviewed the application of salt sand and fly ash as fill material and different types of concrete such as geopolimer concrete, roller compacted concrete, ultra high strength concrete, etc. The combination of these two materials in Vietnamese conditions is still quite new. Next, the authors present the research and experiment process in the direction of combining with sea sand taken from Ha Tinh sea, fly ash taken from Nghi Son thermal power plant. The content of fly ash used to replace the cement binder in the study was 20%. The results of the study were applied to repair structural damage of a coastal works in Ha Tinh. The repair results are evaluated very well and satisfy the technical requirements, showing the prospect of applying sea sand concrete with fly ash in construction works.

KEYWORDS: "Sea sand concrete with fly ash"; "Coastal infrastructure"; "Sustainable development".

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một quốc gia nằm trong số 10 nước trên thế giới có chỉ số cao nhất về chiều dài bờ biển, mở ra 3 hướng Đông, Nam và Tây; có vùng biển và thềm lục địa rộng lớn, diện tích vượt quá một triệu km², lớn gấp 3 lần diện tích đất liền; có hơn 3000 hòn đảo lớn, nhỏ, gần bờ và xa bờ, chạy suốt từ vịnh Bắc Bộ tới vịnh Thái Lan. Do đặc thù đó, các công trình hạ tầng ven biển ở nước ta chịu tác động rất nhiều bởi các yếu tố từ môi trường biển như: ăn

mòn cốt thép, xâm thực mặn, biến đổi khí hậu nước biển dâng, sạt lở,... Trong khi đó, nguồn vật liệu truyền thống cho bê tông ngày càng khan hiếm như cát tự nhiên, xi măng,.. đang là một trở ngại lớn cho việc xây dựng, sửa chữa các công trình này. Một trong những hướng nghiên cứu hướng tới phát triển bền vững cho công trình hạ tầng ven biển là sử dụng các loại vật liệu mới như tro bay nhiệt điện nhằm giảm tối đa tỉ lệ chất kết dính xi măng cho bê tông, kết hợp với việc thay thế cát nước ngọt truyền thống bằng

các loại cát khác như cát mặn, cát nhân tạo để giải quyết vấn đề khan hiếm của nguồn vật liệu này.

Một trong các hướng nghiên cứu nổi bật trong thời gian gần đây là sử dụng phế thải tro bay nhiệt điện để thay một phần chất kết dính xi măng trong hỗn hợp bê tông. Việc sử dụng phế thải tro bay nhiệt điện trong công nghiệp xây dựng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm các khó khăn về kinh tế, kỹ thuật cho các nhà máy nhiệt điện cũng như làm giảm lượng phế thải rắn sinh ra, giảm lượng khí nhà kính, góp phần bảo vệ nguồn nguyên vật liệu tự nhiên. Theo nghiên cứu của tác giả Nguyễn Công Thắng và các cộng sự [1], xét về mặt kỹ thuật, tro bay có thành phần hoá học với tổng hàm lượng các ôxyt ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) lớn hơn 70%. Các ôxyt hoạt tính này có khả năng phản ứng với sản phẩm thủy hoá của xi măng (phản ứng pozzolanic) tạo ra các sản phẩm dạng CSH có cường độ cao, bền với môi trường hơn, đặc biệt tăng khả năng chống ăn mòn cho bê tông. Bên cạnh đó, với hình dạng đặc trưng là các hạt hình cầu, mịn (đường kính hạt trung bình khoảng 9-15 μm) nên việc sử dụng tro bay sẽ cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông, làm tăng tính dẻo cho hỗn hợp bê tông, giảm lượng nước nhào trộn, tăng độ đặc cho bê tông, sẽ làm tăng cường độ cũng như khả năng chống thấm của bê tông. Ngoài ra, xét về mặt kinh tế - môi trường, theo thống kê ở Việt Nam, lượng tro xỉ thải hàng năm của các nhà máy điện cũng tăng lên nhanh chóng, năm 2020 ước đạt trên 25 triệu tấn và đến năm 2030 đạt trên 38 triệu tấn. Đây là một lượng phế thải công nghiệp khổng lồ, nếu chúng ta không có giải pháp tái sử dụng nó thì sẽ gây ra ảnh hưởng vô cùng nghiêm trọng tới môi trường, đặc biệt là môi trường đất, nước và không khí. Việc nghiên cứu sử dụng tro bay làm phụ gia khoáng sử dụng trong BTCLSC vừa góp phần làm giảm giá thành cho sản phẩm.

Đưa vào các ưu điểm đó, tro bay đã được đưa vào trong nhiều công trình nghiên cứu của các tác giả trong nước và trên thế giới. Tro bay đã được đưa vào bê tông chất lượng cao (HPC) và bê tông chất lượng siêu cao (UHPC) ở nhiều nghiên cứu trên thế giới [2]-[4] và ở Việt Nam [5]-[9]. Một số nghiên cứu khác trên thế giới, tro bay đưa vào trong bê tông geopolimer [10]-[13]. Ở Việt Nam, bê tông geopolimer sử dụng tro bay đã được nghiên cứu bởi nhiều nhóm tác giả [14]-[16] [17], [18]. Các nghiên cứu hiện nay đang theo hướng sử dụng được tối đa hàm lượng tro bay thay thế chất kết dính xi măng mà bê tông vẫn đạt được chất lượng yêu cầu. Các nghiên cứu [19]-[21] đã sử dụng tro bay trong bê tông đầm lăn làm lớp áo đường ô tô. Nghiên cứu [20] đã chứng minh rằng hàm lượng tro bay sử dụng hợp lý cho bê tông đầm lăn dùng làm lớp áo đường là 30%. Với hàm lượng này, cường độ chịu nén của bê tông đạt tới 35,7 MPa ở 28 ngày tuổi và lên tới 43,7 MPa ở 56 ngày. Nghiên cứu của các tác giả Trường Đại học Xây dựng Hà Nội [1] sử dụng tro bay cho bê tông UHPC thì kết luận: lượng tro bay tối ưu để tạo ra cường độ nén lớn nhất là 20%. Khi đó cường độ chịu nén của UHPC ở 28 ngày tuổi trong điều kiện dưỡng hộ nhiệt ẩm (90 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$, RH>95%) là 153 MPa. Từ đó có thể thấy rằng tùy vào mục đích sử dụng của bê tông mà có thể lựa chọn hàm lượng tro bay tối ưu để tạo ra cường độ bê tông mong muốn.

Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng vật liệu trong việc xây dựng công trình hạ tầng ven biển ngày càng lớn trong khi các nguồn vật liệu truyền thống ngày càng cạn kiệt, khan hiếm, đắt đỏ. Việc nghiên cứu đẩy mạnh ứng dụng các nguồn vật liệu có trữ lượng lớn tại chỗ như cát biển trong xây dựng các công trình hạ tầng kỹ thuật là một việc làm cần thiết. Ở nước ta, việc nghiên cứu sử dụng cát mặn, nước biển trong bê tông là một vấn đề tương đối mới và rất tiềm năng. Việt Nam có bờ biển dài khoảng hơn 3200 km, nguồn cát nhiễm mặn phân bố trải dài rất phong phú với trữ lượng

rất lớn. Đặc biệt là ở các tỉnh duyên hải Miền Trung, chỉ riêng Quảng Bình có trữ lượng cát nhiễm mặn vào khoảng 61 tỷ m³. Theo kết quả nghiên cứu của tác giả Lê Việt Hùng [22] thì nguồn cát biển tại nước ta, ngoại trừ các mẫu cát biển khu vực gần cửa sông (như Thái Bình, Nam Định, Hải Phòng), các mẫu cát biển khảo sát khác có các tính chất vật lý như thành phần hạt, mô đun độ lớn, khối lượng riêng, khối lượng thể tích cơ bản đáp ứng các yêu cầu trong tiêu chuẩn TCVN7570:2006 cốt liệu cho bê tông và vữa.

Các nghiên cứu về sử dụng cát nhiễm mặn cho bê tông đã được nhiều tác giả trong nước nghiên cứu. THS. Lê Văn Bách trong đề tài nghiên cứu sinh "Nghiên cứu sử dụng cát biển khu vực Bình Thuận và Vũng Tàu làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô" [23] đã thực hiện nghiên cứu sử dụng cát biển Vũng Tàu và Bình Thuận để chế tạo bê tông không cốt thép dùng trong xây dựng đường ô tô. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra hai loại cát biển nghiên cứu có mô đun độ nhỏ thấp hơn so với cát sông, độ muối nhỏ (<0,01%). Cường độ bê tông cát biển giảm còn 90-92% so với bê tông cát thông thường. Năm 2003, TS Nguyễn Hồng Bình đã chủ trì Dự án sản xuất thử nghiệm "Công nghệ cải tạo đất, cát mặn, nước mặn tạo thành cốt liệu cho vữa và bê tông". Một trong các kết quả của Dự án là "xây dựng đoạn kè dài 15 m, cao 1 m, bề mặt 2 m, đáy 3 m được làm hoàn toàn bằng cát, nước biển tại Căn Giò phối trộn xi măng và phụ gia" [24]. Các nghiên cứu [25], [26] đã sử dụng cát mặn để chế tạo bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cũng đang chủ trì nhiều nhiệm vụ nghiên cứu liên quan đến việc ứng dụng bê tông cát mặn cho công trình hạ tầng ven biển [27], [28]. Các nghiên cứu cũng chỉ ra một ảnh hưởng của cát mặn đến bê tông như giảm thời gian đông kết của xi măng, làm tăng tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông, tính chống thấm giảm.

Việc nghiên cứu kết hợp giữa cát mặn và tro bay cho bê tông phục vụ thi công hạ tầng ven biển là một hướng nghiên cứu tiềm năng. Nghiên cứu sẽ đáp ứng được các tiêu chí: sử dụng nguồn vật liệu tại chỗ trong điều kiện vật liệu cát tự nhiên truyền thống ngày càng khan hiếm, vừa đảm bảo được tiêu chí sử dụng tro bay là phế thải công nghiệp để giải quyết bài toán môi trường ở nước ta. Nội dung của bài báo này sẽ giới thiệu về quá trình nghiên cứu chế tạo cấp phối bê tông kết hợp tro bay cát mặn cho công trình hạ tầng ven biển hướng tới phát triển bền vững. Kết quả nghiên cứu được áp dụng sửa chữa một công trình ven biển thuộc tỉnh Hà Tĩnh.

2. NHU CẦU SỬ DỤNG BÊ TÔNG TRO BAY CÁT MẶN CHO CÔNG TRÌNH HẠ TẦNG VEN BIỂN HÀ TĨNH

2.1 Tính cấp thiết

Hà Tĩnh là một tỉnh thuộc vùng Bắc Trung Bộ của nước ta, có tọa độ trải dài từ 17 $^{\circ}$ 54' đến 18 $^{\circ}$ 37' vĩ Bắc và từ 106 $^{\circ}$ 30' đến 105 $^{\circ}$ 07' kinh Đông, phía Bắc giáp tỉnh Nghệ An, phía Nam giáp tỉnh Quảng Bình, phía Tây giáp hai tỉnh Borikhamxay và Khammuane của Lào, phía Đông giáp Biển Đông (Vịnh Bắc Bộ) [29]. Do có chiều ngang hẹp, diện tích vùng ven biển lớn, nên các công trình xây dựng ở Hà Tĩnh chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi yếu tố xâm thực mặn, dẫn đến ăn mòn cốt thép, hư hỏng kết cấu và cần được sửa chữa (Hình 1, Hình 2). Tuy nhiên, trong vài năm trở lại đây, tình hình vật liệu xây dựng ở Hà Tĩnh rất khan hiếm, giá cả đắt đỏ, đặc biệt là cát xây dựng. Tình trạng cát xây dựng khan hiếm, giá cát tăng cao, tiến độ xây dựng, sửa chữa công trình bị ảnh hưởng, nhiều công trình đắp chiều chờ vật liệu đã và đang thành nỗi lo của nhiều nhà thầu và người dân trên địa bàn Hà Tĩnh [30]. Cát ở Hà Tĩnh chủ yếu được cung cấp từ các mỏ cát ở dọc các sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố và Sông La. Tuy nhiên nhiều mỏ ở đây không được khai thác do phương án khai thác không đảm bảo, mặt khác lượng cát ở các mỏ

cũng ngày càng giảm đi trong khi nhu cầu xây dựng thì ngày một tăng, cầu vượt quá cung. Năm 2019, Sở Xây dựng Hà Tĩnh cũng đã ban hành văn bản số 527/SXD-KT&VLXD hướng dẫn điều chỉnh hợp đồng do biến động giá cát xây dựng nhằm bảo đảm lợi ích, quyền lợi chính đáng cho các doanh nghiệp. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng cát mặn cho xây dựng công trình ở Hà Tĩnh có ý nghĩa rất thiết thực và cấp thiết.



Hình 1. Một số hình ảnh hư hỏng công trình ven biển Nghệ An - Hà Tĩnh do nhóm nghiên cứu khảo sát



Hình 2. Một số hình ảnh hư hỏng và xuống cấp công trình ven biển Hà Tĩnh do nhóm nghiên cứu khảo sát

2.2. Nguồn cát mặn ở Hà Tĩnh

Địa hình Hà Tĩnh chia làm 4 loại: vùng núi cao, vùng trung du và bán sơn địa, vùng đồng bằng và vùng ven biển. Trong đó vùng ven biển có chiều dài 137 km trải dài từ huyện Nghi Xuân đến huyện Kỳ Anh có địa hình được tạo bởi những đụn cát và các bãi cát dài vào sâu trong đất liền hàng km (Hình 3). Nhóm nghiên cứu đã khảo sát dọc theo bờ biển Hà Tĩnh (Hình 4) và thấy rằng hiện nay ở tỉnh này nguồn cát mặn tự nhiên là rất phong phú, diện tích cát mặn này hầu như hoang hóa không được sử dụng đến, đây có thể được xem là nguồn vật liệu thay thế cho cát xây dựng hiện nay. Trong nghiên cứu này, nhóm đã sử dụng cát mặn Hà Tĩnh để nghiên cứu thiết kế và chế tạo cấp phối cho bê tông. Quá trình thiết kế và thí nghiệm trong phòng là cơ sở khoa học để ứng dụng loại bê tông này cho các công trình ngoài thực tế ở địa phương.



Hình 3. Địa hình ven biển Hà Tĩnh chủ yếu là cát mặn trải dài từ Nghi Xuân đến Kỳ Anh



Hình 4. Khảo sát hiện trường nguồn cát mặn Hà Tĩnh của nhóm nghiên cứu

3. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG TRO BAY CÁT MẶN

3.1 Vật liệu sử dụng

Vật liệu được dùng trong nghiên cứu gồm:

- Cốt liệu nhỏ: cát biển được lấy từ vùng biển Hà Tĩnh có cấp phối được thể hiện trong Bảng 1.
- Cốt liệu lớn (đá dăm): đá dăm Hà Tĩnh $D_{max} = 10\text{mm}$
- Xi măng: PCB Nghi Sơn
- Tro bay: lấy từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn đạt các chỉ tiêu chất lượng và phù hợp theo quy định của ASTM C618 [31]. Các tính chất cơ lý và thành phần hóa học của tro bay sử dụng được thể hiện lần lượt trong Bảng 2 và Bảng 3.

- Phụ gia hóa học: Phụ gia siêu dẻo (PGSD) SK3000 phù hợp tiêu chuẩn ASTM C494 [32]

- Nước: sử dụng nước nhiễm mặn Hà Tĩnh.

Bảng 1. Cấp phối tự nhiên cát biển Hà Tĩnh

Cỡ sàng	Trọng lượng trên sàng	Trên sàng	Tích lũy trên sàng	Lọt sàng
mm	g	%	%	%
9,5	0	0	0	100
4,75	0	0	0	100
2	42,5	1,94	1,94	98,06
0,425	215	9,82	11,77	88,23
0,075	1905,5	87,09	98,86	1,14
<0,075	25	1,14	100	0

Bảng 2. Các tính chất cơ lý của tro bay sử dụng

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,40
2	Khối lượng thể tích xốp	Kg/m ³	1320
3	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	65,9
4	Kích thước trung bình	µm	19,5
5	Hàm lượng trên sàng 45 µm	%	26,1

Bảng 3. Thành phần hóa học của tro bay sử dụng

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị đo	Kết quả
1	SiO ₂	%	45,42
2	Fe ₂ O ₃	%	6,38
3	Al ₂ O ₃	%	20,71
4	CaO	%	1,96
5	MgO	%	1,85
6	Na ₂ O	%	0,03
7	K ₂ O	%	2,75

3.2 Thiết kế cấp phối

Dựa vào các nghiên cứu tham khảo, đồng thời để đáp ứng được điều kiện cường độ sử dụng cho các công trình hạ tầng ven biển, nghiên cứu này sử dụng hàm lượng tro bay thay thế chất kết dính là 20%, cường độ thiết kế là 30 MPa. Các vật liệu sử dụng thiết kế được căn xác định khối lượng chính xác theo tính toán lý thuyết (Hình 5).

Sau khi xác định xong thành phần cấp phối lý thuyết, các vật liệu được cho vào máy để trộn. Quá trình trộn bê tông, kiểm tra độ sụt, chế tạo mẫu thí nghiệm nén được thể hiện ở Hình 6 và Hình 7. Mẫu tiêu chuẩn được sử dụng có kích thước 150x150x150 mm.



Hình 5. Xác định khối lượng vật liệu thiết kế cấp phối



Hình 6. Trộn bê tông và đo độ sụt



Hình 7. Chế tạo mẫu thí nghiệm

Kết quả nghiên cứu xác định cấp phối bê tông tro bay cát mặn được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Cấp phối bê tông tro bay cát mặn nghiên cứu

Xi măng	Tro bay	Cát mặn Hà Tĩnh	Đá 5-10	Nước	Phụ gia SK3000
Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
468	83	603	943	215	3,3

3.3. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

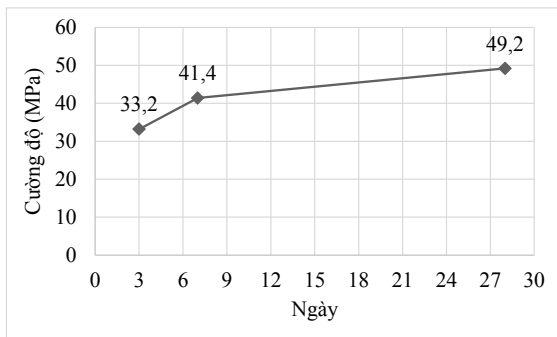
Cường độ chịu nén được thí nghiệm trên mẫu tiêu chuẩn 150x150x150 mm ở 3 ngày, 7 ngày và 28 ngày tuổi. Thí nghiệm này được thực hiện tuân theo TCVN 3118-1993 [33]. Ở mỗi ngày tuổi sẽ nén tổ hợp 3 mẫu để xác định cường độ chịu nén trung bình. Cường độ mẫu tiêu chuẩn trung bình ở 3 ngày, 7 ngày và 28 ngày lần lượt là 33,2 MPa, 41,4 MPa và 49,2 MPa (Bảng 5). Có thể thấy rằng với cấp phối nghiên cứu, hàm lượng tro bay thay thế cường độ khá nhanh ở 3 ngày (33,2 MPa) và có thể đạt lên tới 49,2 MPa ở 28 ngày (Hình 9). Với cường độ thu được, bê tông này hoàn toàn có tiềm năng để áp dụng cho công trình hạ tầng ven biển.



Hình 8. Thí nghiệm nén mẫu tiêu chuẩn 150x150x150mm

Bảng 5. Kết quả xác định cường độ chịu nén trung bình của bê tông ở 3, 7 và 28 ngày

Mẫu	Tuổi thí nghiệm (ngày)	Cường độ chịu nén (MPa)	Cường độ chịu nén trung bình (MPa)
M1	3	33,8	33,2
M2		33,2	
M3		32,6	
M4	7	41,3	41,4
M5		41,4	
M6		41,6	
M7	28	48,9	49,2
M8		49,1	
M9		49,6	



Hình 9. Biểu đồ phát triển cường độ nén theo thời gian

4. ỨNG DỤNG BÊ TÔNG TRO BAY CÁT MẶN NGHIÊN CỨU CHO CÔNG TRÌNH HẠ TẦNG VEN BIỂN HÀ TĨNH

Với cường độ thực tế đạt được là 49,2 MPa sau 28 ngày, bê tông tro bay cát mịn nghiên cứu hoàn toàn có thể được ứng dụng ở rất nhiều lĩnh vực cho công trình hạ tầng ven biển, các công trình cầu đường, dân dụng. Ngoài ra, đây cũng là loại bê tông rất tốt để gia cố, sửa chữa các vết nứt kết cấu cho các công trình ven biển, nơi có nguồn cát mịn phong phú.

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng bê tông này để sửa chữa, tăng cường kết cấu để tăng khả năng chịu lực cho một công trình nhà ở ven biển Hà Tĩnh. Quá trình trộn bê tông được thực hiện thủ công tại hiện trường. Lượng bê tông này được sử dụng để tăng cường chiều dày chịu lực cho kết cấu.

Một số hình ảnh về công tác bê tông và sửa chữa kết cấu được giới thiệu ở Hình 10 và Hình 11. Qua quá trình thi công và theo dõi sau khi hoàn thành, nhóm nghiên cứu đã thấy rằng hỗn hợp bê tông sau khi thi công đóng rắn khá nhanh, không xuất hiện các vết nứt trên bề mặt. Kết cấu sau khi gia cường đảm bảo được yêu cầu về mặt chịu lực, mỹ quan.

Cường độ của bê tông tro bay cát mịn sau khi thi công 28 ngày được xác định bằng phương pháp không phá hủy sử dụng súng bật nảy SCHMIDT loại N của hãng Proceq, Thụy Sĩ. Thí nghiệm được tiến hành tại 2 vị trí trên bề mặt sàn. Tại mỗi vị trí thí nghiệm, tiến hành bắn tại 16 điểm trong vùng có kích thước 20 cm x 20 cm. Lưới chia tọa độ thí nghiệm được thể hiện trong Hình 12. Tiêu chuẩn TCVN 9334:2012 [34] được sử dụng để xác định cường độ hiện trường của bê tông bằng phương pháp súng bật nảy.

Kết quả xác định cường độ bê tông cát mịn hiện trường ở 28 ngày bằng phương pháp không phá hủy sử dụng súng bật nảy được thể hiện trong Bảng 6. Cường độ bê tông hiện trường trung

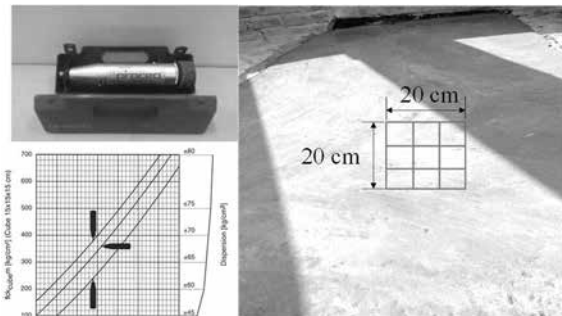
bình thu được tại các vị trí bắn 1 và 2 lần lượt là 34,5 MPa và 33,2 MPa. Các giá trị này đảm bảo yêu cầu về cường độ bê tông thiết kế (30 MPa).



Hình 10. Quá trình thi công bê tông tro bay cát mịn



Hình 11. Bề mặt kết cấu sau khi thi công gia cường bê tông tro bay cát mịn



Hình 12. Vị trí kiểm tra cường độ bê tông bằng súng bật nảy

Bảng 6. Kết quả xác định cường độ bê tông hiện trường 28 ngày bằng súng bật nảy

Trị số súng bật nảy					Vị trí bắn 1
Cột 1	Cột 2	Cột 3	Cột 4	Trung bình	
32	30	32	34	32	
32	32	34	31		
31	33	32	31		
32	33	34	33		
Cường độ bê tông (MPa)					
Cột 1	Cột 2	Cột 3	Cột 4	Trung bình	
34,0	30,7	34,0	37,5	34,5	
34,0	34,0	37,5	32,3		
32,3	35,7	34,0	32,3		
34,0	35,7	37,5	35,7		

Trị số súng bật nảy				
Cột 1	Cột 2	Cột 3	Cột 4	Trung bình
30	30	33	33	32
33	31	32	32	
30	32	31	31	
33	32	31	30	
Cường độ bê tông (MPa)				
Cột 1	Cột 2	Cột 3	Cột 4	Trung bình
30,7	30,7	35,7	35,7	33,2
35,7	32,3	34,0	34,0	
30,7	34,0	32,3	32,3	
35,7	34,0	32,3	30,7	

Vị trí
bàn 2

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này giới thiệu về việc sử dụng bê tông tro bay cát mặn phục vụ thi công công trình hạ tầng ven biển. Việc sử dụng loại bê tông này sẽ đáp ứng được các tiêu chí: tận dụng nguồn vật liệu tại chỗ trong điều kiện vật liệu cát tự nhiên truyền thống ngày càng khan hiếm, vừa đảm bảo được tiêu chí sử dụng tro bay là phế thải công nghiệp để giải quyết bài toán môi trường hướng tới phát triển bền vững.

Nghiên cứu đã thiết kế cấp phối và chế tạo bê tông tro bay cát mặn sử dụng cát mặn ở Hà Tĩnh. Kết quả thí nghiệm nén mẫu bê tông ở 28 ngày là 49,2 MPa. Với cường độ đạt được, bê tông này hoàn toàn có thể được ứng dụng ở rất nhiều lĩnh vực cho công trình hạ tầng ven biển, như công trình cầu đường, công trình hạ tầng, dân dụng trong việc xây dựng mới cũng như gia cố, sửa chữa các vết nứt kết cấu. Kết quả nghiên cứu đã được ứng dụng vào công việc sửa chữa các hư hỏng ở công trình ven biển tỉnh Hà Tĩnh. Kết quả của công việc sửa chữa được đánh giá rất tốt và đáp ứng các yêu cầu về mặt kết cấu và mỹ quan. Nghiên cứu này là cơ sở để có các nghiên cứu chuyên sâu hơn trong việc ứng dụng bê tông tro bay cát mặn cho các công trình hạ tầng ven biển, từ đó sẽ góp phần vào sự phát triển bền vững của ngành xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N. T. L. Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, "Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng silica fume và tro bay sẵn có ở Việt nam," *Trường Đại học Xây dựng, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 2*, vol. 29, 2013.

[2] T. Ahmed, M. Elchalakani, A. Karrech, M. Dong, M. S. Mohamed Ali, and H. Yang, "ECO-UHPC with High-Volume Class-F Fly Ash: New Insight into Mechanical and Durability Properties," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 33, no. 7, p. 4021174, 2021.

[3] I. Ferdosian, A. Camões, and M. Ribeiro, "High-volume fly ash paste for developing ultra-high performance concrete (UHPC)," *Ciência Tecnol. dos Mater.*, vol. 29, no. 1, pp. e157–e161, 2017.

[4] A. Alsalmán, C. N. Dang, J. R. Martí-Vargas, and W. M. Hale, "Mixture-proportioning of economical UHPC mixtures," *J. Build. Eng.*, vol. 27, p. 100970, 2020.

[5] V. T. A. Van, C. Röbber, D. D. Bui, and H. M. Ludwig, "Rice husk ash as both pozzolanic admixture and internal curing agent in ultra-high performance concrete," *Cem. Concr. Compos.*, 2014, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2014.07.015.

[6] N. C. Thang, N. V. TUAN, L. T. Thanh, P. H. Hanh, and Y. GUANG, "Ultra high performance concrete using a combination of Silica Fume and ground granulated blast-furnace slag in Vietnam," in *The international Conference on Sustainable Built Environment for Now and the Future*, 2013, pp. 26–27.

[7] P. H. H. Nguyễn Văn Tuấn, Nguyễn Công Thắng, "Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ siêu cao với cường độ nén 200MPa sử dụng vật liệu sẵn có ở Việt Nam," *Tạp chí xây dựng, Bộ xây dựng*, no. ISSN 0866-0762, 2014.

[8] N. T. S. Phạm Duy Hữu, Nguyễn Ngọc Long, Phạm Hoàng Kiên, "Nghiên cứu công nghệ chế tạo bê tông có cường độ siêu cao ứng dụng trong kết cấu cầu và nhà cao tầng," 2011.

[9] N. C. Thang, P. H. Hanh, and N. V. Tuấn, "ẢNH HƯỞNG CỦA SỢI THÉP PHÂN TÁN ĐẾN KHẢ NĂNG CHỐNG NỨT DO CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG SIÊU CAO," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng*, no. 24, pp. 19–25.

[10] B. V. Rangan, "Fly ash-based geopolymer concrete," 2008.

[11] D. Hardjito, "Studies of fly ash-based geopolymer concrete." Curtin University, 2005.

[12] D. Hardjito, S. E. Wallah, D. M. J. Sumajouw, and B. V. Rangan, "On the development of fly ash-based geopolymer concrete," *Mater. J.*, vol. 101, no. 6, pp. 467–472, 2004.

[13] E. I. Diaz-Loya, E. N. Allouche, and S. Vaidya, "Mechanical properties of fly-ash-based geopolymer concrete," *ACI Mater. J.*, vol. 108, no. 3, p. 300, 2011.

[14] N. N. L. Trần Việt Hưng, Đào Văn Đông, "Phân tích một số yếu tố ảnh hưởng đến tính chất cơ học của vữa Geopolymer tro bay," *Tạp chí Giao thông Vận tải, số đặc biệt*, vol. 10, pp. 91–94, 2015.

[15] N. N. L. Trần Việt Hưng, Đào Văn Đông, "Nghiên cứu các tính chất cơ học của bê tông Geopolymer tro bay," *Tạp chí Giao thông Vận Tải*, vol. 1, 2017.

[16] Trần Việt Hưng, "Nghiên cứu thành phần, đặc tính cơ lý của bê tông geopolymer tro bay và ứng dụng cho kết cấu Cầu hầm," 2017.

[17] P. Q. Đạo and P. T. Tùng, "Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về mô men kháng nứt của dầm geopolymer cốt thép," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXD*, vol. 14, no. 2V, pp. 14–25, 2020.

[18] Phạm Quang Đạo, "Nghiên cứu sự làm việc của dầm bê tông cốt thép sử dụng tro bay và xỉ lò cao làm chất kết dính geopolymer," 2021.

[19] T. Q. V. Trọng, Nguyễn Đức, Trương Văn Đoàn, "Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến một số tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn sử dụng xỉ thép trong xây dựng đường ô tô ở Bà Rịa - Vũng Tàu," *Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, vol. 59, 2017.

[20] Hoàng Tùng, "Ứng dụng bê tông đầm lăn trong xây dựng mặt đường cấp thấp," *Tạp chí khoa học công nghệ XD*, vol. 11, no. 2, pp. 70–76, 2012.

[21] Đ. V. V. Nguyễn Việt Phương, "Một số định hướng sử dụng tro xỉ nhiệt điện trong xây dựng đường ô tô ở điều kiện Việt Nam," *Tạp chí khoa học công nghệ xây dựng*, vol. 2, no. 11, pp. 22–25, 2017.

[22] P. V. Q. Lê Việt Hùng, "Nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng cát biển làm cốt liệu cho bê tông," *Tạp chí vật liệu xây dựng*, pp. 18–24, 2020.

[23] Lê Văn Bách, "Nghiên cứu sử dụng cát biển Bình Thuận và Vũng Tàu làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô," *Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT*, 2006.

[24] Báo Người lao động online, "Người biển cát và nước biển thành bê tông," <https://nld.com.vn/nguoi-cua-cong-chung/nguoi-bien-cat-va-nuoc-bien-thanh-be-tong-93143.htm>.

[25] V.-P. NGUYEN, D.-H. PHAM, and B. U. I. Phu-Doanh, "RESEARCH THE POSSIBILITY OF USING SEA SAND IN ROADBED CONSTRUCTION IN VIETNAM," *Int. J.*, vol. 20, no. 77, pp. 123–131, 2021.

[26] PGS. TS. Trần Tuấn Hiệp và TS. Tô Nam Toàn, "Nghiên cứu sử dụng cát biển Quảng Ninh chế tạo bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô," <http://tailieu.vn/doc/bao-cao-khoa-hoc-nghien-cuu-su-dung-cat-bien-quang-ninh-che-tao-be-tong-xi-mang-trong-xay-dung-duo-822336.html>.

[27] Phạm Duy Hòa, "Nghiên cứu sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp với cát mặn và cốt sợi thủy tinh FRP trong công trình hạ tầng ven biển và hải đảo," *Đề tài KHCN cấp Quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-19/17*.

[28] Lê Bá Danh, "Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn để phát triển và ứng dụng vật liệu thân thiện môi trường và công nghệ phù hợp trong xây dựng công trình hạ tầng vùng ven biển phục vụ yêu cầu phát triển bền vững," *Đề tài cấp Bộ, mã số CT-2020-04-XDA-01*.

[29] Wikipedia, "https://vi.wikipedia.org/wiki/Hà_Tĩnh."

[30] Vattieuxaydung.org.vn, "https://vattieuxaydung.org.vn/vlxd-co-ban/cat-da-soi/ha-tinh-cat-xay-dung-khan-hiem-cong-trinh-dap-chieu-cho-vat-lieu-12092.htm."

[31] ASTM C618-19, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete."

[32] ASTM C494 / C494M-19, "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete."

[33] TCVN3118:1993, "bê tông nặng - phương pháp xác định cường độ nén."

[34] TCVN 9334:2012, "Bê tông nặng - phương pháp xác định cường độ nén bằng súng bật nảy," 2012.

Nghiên cứu ứng dụng bê tông siêu tính năng trong xây dựng dầm cầu cho giao thông nông thôn tại Đồng bằng sông Cửu Long

Research on the application of Ultra High Performance Concrete in the construction of rural traffic bridges in Mekong Delta

> **TRẦN BÁ VIỆT¹, NGÔ VĂN THỨC², LƯƠNG THẾ HÙNG³**

¹ Hội Bê tông Việt Nam

Email: vietbach57@yahoo.com; Tel: 0903406501

² Phòng Khoa học và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: ngovanthuc@mtu.edu.vn; Tel: 0939423461

³ Công ty CP Sáng tạo và CGCN Việt Nam

TÓM TẮT:

Nghiên cứu bê tông siêu tính năng (Ultra High Performance Concrete- UHPC) ứng dụng cho kết cấu xây dựng là lĩnh vực nghiên cứu được nhiều sự quan tâm trên thế giới cũng như ở Việt Nam. UHPC là công nghệ mới, cho phép chế tạo dầm cầu với kích thước mỏng, nhẹ, kháng ăn mòn, tuổi thọ cao, hạn chế mức tối đa bảo trì và cho phép đẩy nhanh tiến độ thi công. Bài viết trình bày những nghiên cứu về UHPC và đề xuất dạng mặt cắt dầm Double Tee nhịp tải trọng 0,45 HL93 ứng dụng cho cầu giao thông nông thôn tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL).

Từ khóa: UHPC; độ dẻo dai; đường cong ứng suất biến dạng; dầm UHPC; dầm Double Tee

ABSTRACT:

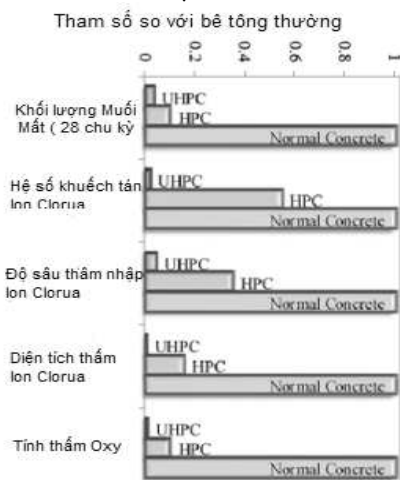
Research on Ultra High Performance Concrete (UHPC) applied to building structures is a research field of great interest in the world and Vietnam. UHPC is a new technology that allows the manufacturing of bridge girders with thin, light dimensions, corrosion resistance, long life, minimum maintenance, and accelerates the construction progress. This paper presents the researches on UHPC and proposes a cross-section of the Double Tee girder loaded of 0.45 HL93 to be applied to rural traffic bridges in the Mekong Delta region.

Keywords: UHPC; toughness; stress and deformation relationship curve; UHPC beam; Double Tee beam

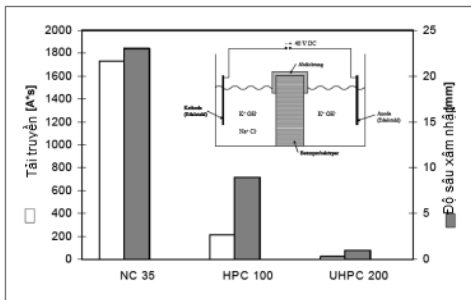
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong khoảng 30 năm gần đây, các nước tiên tiến cũng như Việt nam đã nghiên cứu bê tông cường độ siêu cao có cường độ lên đến 150 MPa. Trên nền bê tông này sẽ bổ sung sợi thép, sợi tổng hợp, hay sợi lai Hybrid để tạo ra bê tông siêu tính năng (UHPC). UHPC không chỉ có cường độ chịu nén siêu cao mà còn có các tính năng vượt trội khác như cường độ chịu kéo, môđul đàn hồi, độ dẻo dai và khả năng chống ăn mòn. Theo nghiên cứu của Kim Jee-sang và cộng sự (2014), chất lượng cũng như cấu trúc của UHPC là vô cùng đặc chắc. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng nếu một loại bê tông có cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày trên 120 MPa thì sự ăn mòn sợi thép sẽ được giới hạn ở bề mặt bên ngoài của bê tông. Kể cả khi những sợi thép trên bề mặt kết cấu bị ăn mòn, không có sự lan truyền ăn mòn sâu tới 5 mm phía dưới bề mặt.

Các thí nghiệm về mức độ thấm Clo đã được thực hiện trong các loại bê tông thường (NC), bê tông chất lượng cao (HPC) và bê tông tính năng siêu cao bởi các nhà nghiên cứu trên thế giới (Shah 2005, Voort 2008), kết quả có thể nhận thấy UHPC có mức độ thẩm ion Clo rất nhỏ so với bê tông thường. Hệ số thẩm Clo nhỏ hơn 45 lần so với bê tông thường. Hay nói cách khác là khả năng bảo vệ cốt thép trong bê tông UHPC cao hơn rất nhiều so với bê tông thường. Điều đó có nghĩa là nếu so với bê tông thường tuổi thọ của bê tông UHPC tăng lên nhiều lần. Và với cường độ trên 150 MPa tuổi thọ của kết cấu UHPC trong môi trường biển, với chiều dày lớp bảo vệ > 20mm có thể đạt trên 150 năm.



Hình 1. Khả năng chống ăn mòn Clo của UHPC so với NC và HPC (Voort 2008)



Hình 2. So sánh mức độ thấm Clo của UHPC so với NC và HPC (Shah 2005)

ĐBSCL, với vùng ảnh hưởng của triều, là vùng có nguy cơ môi trường nước **nhễm mặn** và **nhễm phèn**. Cùng với đó là nhu cầu xây dựng hạ tầng giao thông nông thôn rất lớn, vì vậy Ngân hàng Thế giới - với viện trợ ODA 3 bên qua WB của chính phủ Nhật Bản, thông qua chương trình tài trợ LRAMP- hệ thống cầu Nông thôn cho các tỉnh của Việt Nam, đã chọn Cầu Từ Ô tỉnh Trà Vinh để hỗ trợ xây cầu theo công nghệ UHPC, thông qua đó đánh giá khả năng thiết kế, chế tạo, xây dựng, sử dụng, bảo trì cầu sử dụng UHPC.

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng UHPC trong xây dựng cầu giao thông nông thôn tại ĐBSCL. Kết quả nghiên cứu là cơ sở nhân rộng mô hình có hiệu quả kinh tế kỹ thuật, cho các dự án tài trợ tiếp theo của WB, không chỉ cho Việt Nam, mà còn cho các nước trong khu vực.

2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO UHPC

Xi măng: 40 MPa/50MPa phù hợp với TCVN 2682: 2009.

Silica fume: nghiên cứu sử dụng Silica Fume phù hợp tiêu chuẩn ASTM C1240.

Quartz: SiO₂ > 92%



Hình 3. Cát quazt Cam Ranh

Quartz nghiên: SiO₂ > 92%

Sợi thép: Có độ bền kéo > 2400MPa. Tỷ lệ hướng sợi là 65-125.



Hình 4. Sợi thép (2400-2850MPa)

Phụ gia siêu dẻo: theo ASTM C494 loại F, hàm lượng chất rắn > 45%. Khả năng giảm nước 40%.

Nước: phù hợp TCVN: 4506: 2012

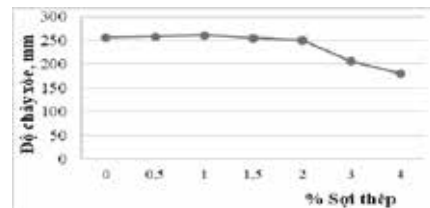
3. CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Các kết quả nghiên cứu về bê tông UHPC: 56 03

3.1.1 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến tính công tác của hỗn hợp UHPC

Bảng 1. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ chảy xòe

Cấp Phối (% Sợi thép)	Độ chảy xòe (mm)
CP 0	256
CP 0.5	258
CP 1.0	261
CP 1.5	255
CP 2.0	250
CP 3.0	206
CP 4.0-4,0%	180



Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ chảy xòe của hỗn hợp UHPC

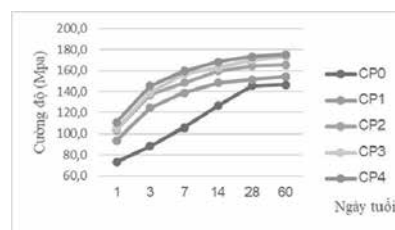


Hình 6. Thử nghiệm độ chảy xòe

3.1.2 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ nén theo thời gian.

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ nén theo thời gian, mẫu D10xH20cm

Cấp phối	Sợi thép, %	1 ngày	3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	60 ngày
CP0	0	73,3	88,6	105,7	126,5	145,4	146,6
CP1	1	93,6	124,3	138,7	148,3	151,4	154,3
CP2	2	103,5	136,9	148,3	159,6	164,7	165,7
CP3	3	104,6	138,9	156,7	162,6	170,0	173,5
CP4	4	110,6	145,6	159,5	168,5	173,5	175,4

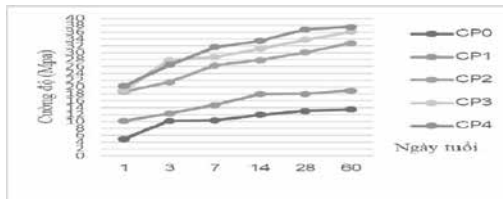


Hình 7. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến cường độ nén theo thời gian - mẫu D10xH20cm

3.1.3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ uốn theo thời gian

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ uốn, mẫu 10x10x 40 cm theo thời gian

Cấp phối	Sợi thép, %	1 ngày	3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	60 ngày
CP0	0	4,9	10,2	10,3	11,9	13,1	13,5
CP1	1	10,2	12,3	14,8	17,9	18	18,9
CP2	2	18,6	21,4	26,3	27,9	30,1	32,8
CP3	3	19,1	27,9	28,7	31,2	33,8	36,1
CP4	4	20,3	26,4	31,6	33,5	36,8	37,6



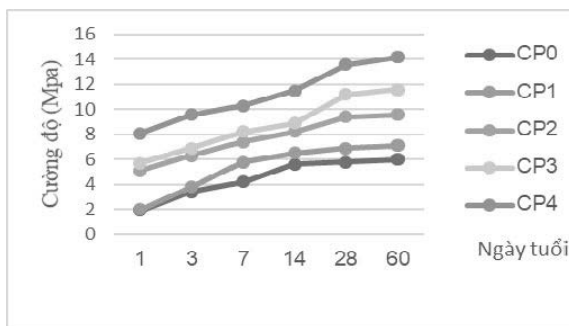
Hình 8. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ uốn, mẫu 10x10x40cm tại 28 ngày.

3.1.4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ chịu kéo trực tiếp của UHPC theo thời gian.

Sử dụng khuôn có kích thước kéo 5x10x50 cm, kết quả được thể hiện qua bảng và biểu đồ sau.

Bảng 4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến cường độ kéo tại theo thời gian

Cấp phối	Sợi thép, %	1 ngày	3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	60 ngày
CP0	0	1,9	3,4	3,7	4,2	4,4	4,5
CP1	1	2,0	3,8	5,8	5,5	6,9	7,1
CP2	2	5,1	6,3	7,4	8,2	9,4	9,6
CP3	3	5,7	6,9	8,2	8,9	11,2	11,6
CP4	4	8,1	9,6	10,3	11,5	13,6	14,2



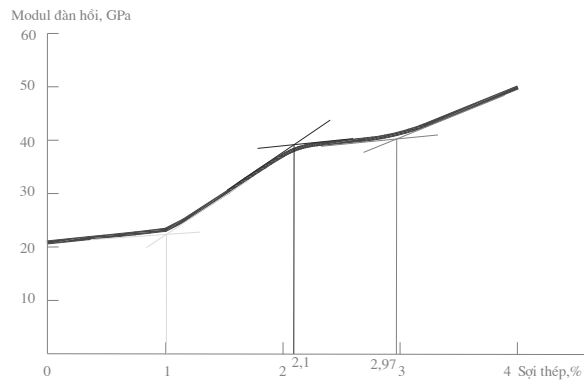
Hình 9. Ảnh hưởng hàm lượng sợi thép đến phát triển cường độ chịu kéo

3.1.5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến modul đàn hồi

Bê tông sợi có mô đun đàn hồi thể hiện khả năng biến dạng dưới tải trọng khác biệt lớn so với bê tông thường.

Bảng 5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến mô đun đàn hồi

Modul đàn hồi (K-UHPC)					
Tên mẫu thử	CP0	CP1	CP2	CP3	CP4
Cường độ nén (MPa)	108	110	130	136	136
ϵ_1 (mm/mm)	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
ϵ_2 (mm/mm)	0.00103	0.00104	0.00104	0.001041	0.001041
S1(MPa)	1.98	2.41	2.55	2.55	2.61
S2 (MPa)	43.16	44.32	52.28	54.52	59.08
Modul GPa	42.02	42.33	50.13	52.44	56.98



Hình 10. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến modul đàn hồi

3.1.7 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến khả năng chống mài mòn của bê tông

Các kết quả thử nghiệm cấu độ mài mòn của bê tông UHPC với các hàm lượng sợi thép khác nhau được trình bày trong bảng 6 (mỗi cấp phối thử 3 mẫu, kết quả cho trong Bảng 6 là kết quả trung bình).

Bảng 6. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến độ mài mòn

Số TT	Tên mẫu	Hàm lượng sợi thép, (%)	Độ mài mòn (g/cm ²)
1	UHPC-0	0	0.17
2	UHPC-2	2	0.13
3	UHPC-3	3	0.11

UHPC khi cho thêm sợi thép từ 2 đến 3%, khả năng chống mài mòn tăng lên từ 18% đến 23%. Còn nếu so với bê tông thường độ mài mòn khoảng 0.4 g/cm², thì khả năng chống mài mòn tăng khoảng 300% đến 350%.

3.1.8 Khả năng chống thấm của UHPC

Bảng 7. Kết quả xác định khả năng chống thấm của UHPC

Áp lực thí nghiệm MPa	Kết quả quan sát hiện tượng thấm trên từng mẫu					
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5	Mẫu 6
14	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm
18	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm
20	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm	Không thấm

Kết quả trong Bảng 7 thể hiện UHPC có thể chịu được trên 20MPa. Cấp chống thấm đạt được >20 MPa, cho thấy bê tông UHPC có thể chống xâm nhập Clo rất tốt, có nghĩa là khả năng chống ăn mòn clo rất cao.

3.2 Đề xuất mặt cắt dạng Double Tee UHPC áp dụng cho cầu nông thôn tại ĐBSCL

3.2.1 Tiêu chuẩn áp dụng

NF P 18- 470: 2017 Concrete-Ultra-high performance fibre-reinforced concrete - Specifications, performance, production and conformity.

NF P 18- 710: 2016 National addition to Eurocode 2-Design of concrete structures: specific rules for Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPRFC).

NF P18-451: 2018 Concrete - Execution of concrete structures - Specific rules for UHPRFC

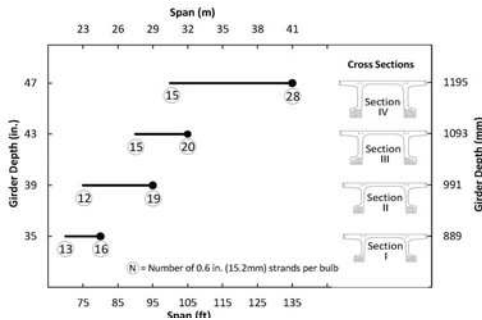
TCVN 11823-3:2017: Thiết kế cầu đường bộ.

3.2.2 Phương pháp thiết kế

Theo Cơ quan Quản lý Đường cao tốc Liên bang (FHWA), tại báo cáo FHWA-HRT-14-028, đã nghiên cứu phát triển một họ dầm Pi bằng UHPC (tương tự Double Tee), nhưng cho phép bố trí cáp

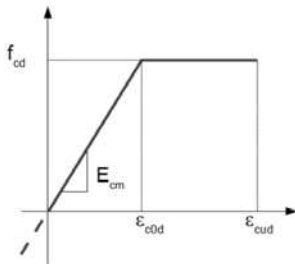
tập trung và tiết kiệm vật liệu hơn, dùng cho tải trọng lớn HL 93, nhịp từ 20-41m.

Trên cơ sở này, để thuận tiện cho chế tạo khuôn, dự án LRAM chọn thiết kế mặt cắt dầm Tee/Double Tee cho các cầu có tải trọng nhỏ hơn hoặc bằng 0,65HL93 và nhịp <24m. Cụ thể là 2 cầu thiết kế 2x 16m, và 1 cầu 3x20m đã được thiết kế và xây dựng trong năm 2018 tại 3 tỉnh là Thái Nguyên, Nghệ An và Trà Vinh (ĐBSCL).

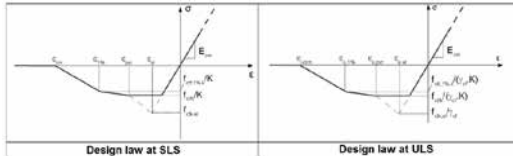


Hình 11. Họ dầm UHPC mặt cắt chữ Pi, nhịp từ 20-41, tải HL93 (FHWA-Cục quản lý đường cao tốc liên bang Hoa Kỳ).

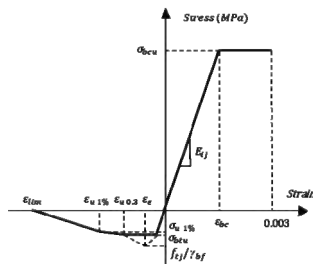
Để thiết kế ở trạng thái giới hạn SLS và ULS, NF P18-710 cho phép sử dụng mối quan hệ ứng suất-biến dạng của UHPC khi nén như trong Hình 12.



Hình 12. Quan hệ ứng suất-biến dạng của UHPC khi nén UHPC, NF P 18-710

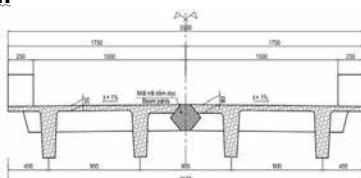


Hình 13. Đường cong ứng suất-biến dạng khi kéo theo Tiêu chuẩn NF P18-710

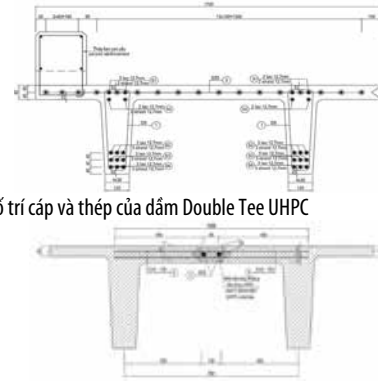


Hình 14. Biểu đồ ứng suất biến dạng khi nén-kéo đối với UHPC (soft strain) NF P18-710

3.2.3. Mặt cắt điển hình dầm UHPC cho cầu giao thông nông thôn



Hình 15. Mặt cắt của dầm cầu UHPC của dự án LRAM



Hình 16. Bố trí cáp và thép của dầm Double Tee UHPC

Hình 17. Mỗi nối dọc giữa hai dầm Double Tee tại hiện trường bằng UHPC đáp ứng FHWA- Hoa Kỳ.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu chế tạo một họ UHPC với cường độ chịu nén 120÷150 MPa và cường độ chịu kéo từ 7 MPa đến 11 MPa.

Đã đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng sợi thép đến các tính năng của UHPC. Kết quả thể hiện UHPC có thể sử dụng hàm lượng sợi thép lên đến 4% và cho kết quả cao nhất so với các hàm lượng khác.

Khả năng chống thấm của UHPC được xác định với kết quả trên 20MPa. Qua đó có thể khẳng định, UHPC đáp ứng các yêu cầu thiết kế kết cấu và độ bền lâu, chống chịu ăn mòn trong môi trường nước phèn, nước biển ở khu vực ĐBSCL.

Nghiên cứu đã đề xuất dạng mặt cắt dầm Double Tee sử dụng UHPC nhịp 16m và nhịp 20m ứng suất trước, đơn giản trong chế tạo, vận chuyển, rút ngắn thời gian trong cầu lắp và thi công mối nối UHPC tại hiện trường.

Lời cảm ơn: Tác giả Ngô Văn Thức được tài trợ bởi Nhà tài trợ thuộc Tập đoàn Vingroup và hỗ trợ bởi chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata), mã số VINIF.2020.TS.86.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. US. Department of Transportation Federal highway administration (FHWA), Material property characterization of Ultra-high performance Concrete, August, 2018.
2. Kim Jee-sang; Kim Byung-suk, Design Guidelines for K-UHPC, Korea Institute of construction technology, Feb., 2014.
3. Voort .V, Design and field testing of tapered H-shaped Ultra High Performance Concrete piles, Iowa State University 2008.
4. Shah .S.P, Ultra High performance concrete, properties and applications.
5. Francoi TOUTLEMONDE and Jacques RESPLENDINO, Proceedings of the RILEM-fib-
6. Iowa State University, Design, construction, and field testing of an Ultra-high performance Concrete Pi-Girder bridge, Final report January, 2011.
7. Plank J, New developments in admixtures for precast and ready-mix concrete. ICCX Middle East 2018 (International Concrete Conference & Exhibition), Sharjah (U.A.E.), November 25 – 26, 2018, Conference proceedings, p. 24-32.
8. NF P 18- 470: 2017 Concrete - Ultra-high performance fibre-reinforced concrete - Specifications, performance, production and conformity
9. NF P 18- 710: 2016 National addition to Eurocode 2 - Design of concrete structures: specific rules for Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPRFC).
10. NF P18-451:2018 Concrete - Execution of concrete structures - Specific rules for UHPRFC
11. TCVN 11823-3:2017: Thiết kế cầu đường bộ
12. FHWA-HRT-09-069: October 2009: Structural Behavior of a 2nd Generation UHPC Pi-Girder.
13. FHWA-HRT-10-079: November 2010: Finite Element Analysis of UHPC: Structural Performance of an AASHTO Type II Girder and a 2nd-Generation Pi-Girder.
14. ACI PRC-239-18: Ultra-High Performance Concrete: An Emerging Technology Report.
15. Benjamin Graybeal and Myint Lwin: UHPC: A Bridge of the Future – A Solution Today. ASPIRE Magazine, Spring 2010, pp. 47–48. 2010.
- WB- DRVN. Report piloting and scaling up building climate resilient bridges in poor rural areas, 2019. Hanoi. Vietnam

Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp đất và xỉ than để làm nền đường giao thông

Research on the use of soil-coal slag mixture for road-bed transport construction

> HUỖNH VĂN HIỆP¹; LÂM VĂN CHÚC²; HUỖNH HỒNG³; BÙI PHƯỚC HẢO⁴

¹ Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh.

E-mail: hvhiep@tvu.edu.vn,

² Ban quản lý dự án Đầu tư xây dựng khu vực Thị xã Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh

E-mail: lamchuc79@gmail.com,

³ Công ty CP Tư vấn xây dựng và Môi trường Duy Thành tỉnh Trà Vinh.

E-mail: huynhhong286@gmail.com, ĐT: 0913980245

⁴ Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh.

E-mail: phuochao@tvu.edu.vn, ĐT: 0345501368.

ABSTRACT:

In recent years, coal slag are effectively used in construction in many countries around the world. The objective of the paper is to use coal slag, through experiment, to study the relationship between the material content in the soil-coal slag mixture with the mechanical and physical properties of the material mixture such as: grain composition, compression resistance strength, shear strength (C, ϕ, S_u), permeability coefficient, CBR, standard compaction. Then, the grain composition are compared with group A1-A3 in AASHTO M145 standard to determine the mixing ratio of soil-coal slag that meets the standard in making road-bed and leveling. In addition, Plaxis software are also used to simulate and evaluate the stability of road-bed with soil-coal slag material for high and coastal embankment.

Keywords: soil-coal slag mixture; road-bed; mechanical and physical properties; AASHTO standard.

TÓM TẮT:

Hiện nay, nhiều nước trên thế giới thì xỉ than được sử dụng rất hiệu quả trong ngành xây dựng. Mục tiêu của bài báo là sử dụng xỉ than để nghiên cứu mối quan hệ giữa các hàm lượng vật liệu trong hỗn hợp đất-xỉ than thông qua thực nghiệm với các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp vật liệu như: thành phần hạt, cường độ kháng nén, sức chống cắt (C, ϕ, S_u), hệ số thấm, CBR, đầm nén tiêu chuẩn. Sau đó, các thành phần hạt được so sánh với nhóm A1- A3 theo tiêu chuẩn AASHTO M145 để xác định tỷ lệ phối trộn của hỗn hợp đất-xỉ than đạt yêu cầu để làm nền đường và san lấp mặt bằng. Đồng thời, bài viết cũng sử dụng phần mềm Plaxis để mô phỏng và đánh giá độ ổn định của nền đường đắp bằng vật liệu đất-xỉ than cho trường hợp nền đắp cao và nền đắp ven bờ.

Từ khóa: hỗn hợp đất-xỉ than; nền đường; chỉ tiêu cơ lý; tiêu chuẩn AASHTO.

1. GIỚI THIỆU

Tro bay và xỉ than là một phế phẩm công nghiệp, có nguồn gốc từ quá trình đốt than trong các nhà máy nhiệt điện. Nó là một trong những vật liệu phức tạp nhất do con người gây ra, và việc xử lý không đúng cách đã trở thành mối quan tâm về môi trường và dẫn đến lãng phí các nguồn tài nguyên có thể phục hồi được. Do đó nhu cầu cấp bách và liên tục là phát triển các phương pháp tái chế tro bay và xỉ than mới. Chính vì vậy, đánh giá hiện tại trước tiên để mô tả quá trình tạo ra, đặc tính hóa lý và mối nguy hiểm của tro bay và xỉ than ở cấp độ toàn cầu. Sau đó tập trung vào các ứng dụng hiện tại và tiềm năng của nó, bao gồm sử dụng trong công nghiệp cải tạo đất, công nghiệp xây dựng, công nghiệp gốm sứ... Cuối cùng, những ưu điểm và nhược điểm của các ứng dụng này, phương thức sử dụng tro

bay trên toàn thế giới và hướng nghiên cứu trong tương lai được xem xét.

Ở một số quốc gia có nền kinh tế phát triển hay có mức độ phát thải tro xỉ nhiệt điện lớn thì tro xỉ nhiệt điện được tái sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực để tận thu tài nguyên như làm phụ gia cho xi măng, bê tông, làm vật liệu cho gạch, vữa xây không nung, cải tạo đất nông nghiệp và phần lớn phục vụ làm vật liệu xử lý nền, san lấp công trình hoặc hoàn nguyên mỏ... Theo số liệu từ hội thảo tro than thế giới năm 2013 cho rằng đối với lĩnh vực san lấp mức độ sử dụng ở mức khá như ở châu Âu với 18,98 %, ở Ấn Độ với 6,4 % cho đắp đường giao thông và 12,6 % cho san nền. Ở Hoa Kỳ chỉ hơn 11% được sử dụng để san lấp và thấp nhất là Nhật Bản với 5,6 % (World of Coal Ash, 2013). Thêm vào đó, ở Nga đã nghiên

cứ sự phức hợp của các đặc tính kỹ thuật để đánh giá việc sử dụng nó như một vật liệu đất để xây dựng kè, nền đường ô tô và hoạt động san lấp mặt bằng (Sirotyuk et al., 2017). Ngoài ra, đối với Mỹ thì khoảng 21 triệu tấn xỉ công nghiệp thép được sản xuất mỗi năm ở Hoa Kỳ, và nhiều công dụng thương mại hiệu quả của xỉ đã được phát triển làm đường, vật liệu đắp (Proctor et al., 2000).

Tại Việt Nam hiện nay, nghiên cứu ứng dụng xỉ than còn chưa nhiều do nhiều nghiên cứu tập trung chủ yếu vào sử dụng tro làm phụ gia xi măng, vật liệu gia cố nền, vật liệu san lấp, làm gạch ngói không nung, gạch bê tông nhẹ, gạch bê tông chưng áp... Lượng chất thải xỉ đầy lò từ các nhà máy nhiệt điện và lò hơi công nghiệp mới chỉ được bắt đầu quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Chẳng hạn Châu Trường Linh, 2018 đã sử dụng hỗn hợp xỉ than - tro bay chưa qua xử lý từ Nhà máy Nhiệt điện gia cố xi măng để làm vật liệu đắp nền và móng kết cấu áo đường trong xây dựng công trình giao thông hoặc làm thân đê, đập công trình thủy lợi tại tỉnh Trà Vinh. Kết quả đo mô-đun đàn hồi khi thi công thử nghiệm hiện trường cho kết quả khá tương đồng với thử nghiệm trong phòng. Song song đó việc thúc đẩy tiêu thụ và xử lý tro xỉ đã được đặt ra Đỉnh Quốc Dân và cộng sự, 2019 đã nghiên cứu sử dụng tro xỉ nhiệt điện trong san lấp trên cơ sở nghiên cứu xác định các đặc trưng cơ lý của tro xỉ để đánh giá khả năng sử dụng loại tro xỉ nhiệt điện trong san lấp, đánh giá độ bền của hỗn hợp tro xỉ và xi măng với các tỷ lệ xi măng khác nhau trên các mẫu tro xỉ, mẫu tro, mẫu xỉ được lấy tại nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam.

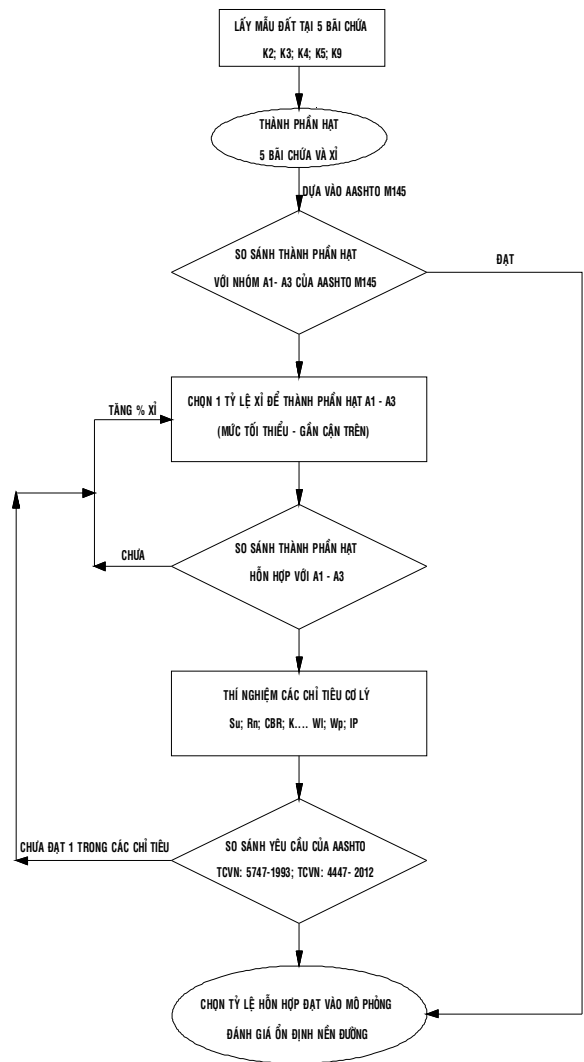
Việc xử lý tận dụng các nguồn vật liệu tại địa phương để xây dựng nền móng công trình nói chung và xây dựng nền móng đường ô tô nói riêng đã đặt cho các nhà khoa học. Ở thời điểm hiện nay, do tình trạng xâm thực xói mòn ven sông nên cần khai thác các loại vật liệu để xây dựng do vậy việc nghiên cứu để tận dụng phế phẩm xỉ than vào làm vật liệu nền đường và san lấp mặt bằng là vấn đề đúng đắn và cấp thiết.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Sơ đồ qui hoạch và kế hoạch thực nghiệm

Để tiến hành thực nghiệm thì nghiên cứu đưa ra sơ đồ thực nghiệm hình 1 và kế hoạch thực nghiệm bảng 1 để chọn ra giải pháp tối ưu theo tiêu chuẩn AASHTO.

Bảng 1. Kế hoạch thực nghiệm



Hình 1. Sơ đồ thực nghiệm

TT	Thí nghiệm		Tiêu chuẩn	Số lượng mẫu				Diễn giải	Khối lượng cốt liệu 1 mẫu (g)			Tổng khối lượng (g)	
				Thí nghiệm ở ngày tuổi									
				7	14	28	56	Khối lượng 1 mẫu (g)	Đất	Đất khô	Xỉ than	Đất	Xỉ than
1	Đảm chặt tiêu chuẩn	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	22 TCN 333:2006 (Phương pháp II-D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dung trọng tốt nhất	Đất K3 gia cố 5% xỉ than		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Độ ẩm tốt nhất	Đất K4 gia cố 45% xỉ than		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Đất K5 gia cố 40% xỉ than		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Cường độ chịu nén (D=152 mm, H=117 mm)	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	TCVN 9403:2012	3	3	3	3	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
		Đất K3 gia cố 5% xỉ than		3	3	3	3	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
		Đất K4 gia cố 45% xỉ than		3	3	3	3	3.820	4.202	2.101	1.719	50.424	20.628

		Đất K5 gia cố 40% xỉ than		3	3	3	3	3.820	4.584	2.292	1.528	55.008	18.336
		Đất K9 gia cố 5% xỉ than		3	3	3	3	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
3	Cắt trực tiếp (D=64mm; H=2cm)	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	TCVN 4199-2012	-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K3 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K4 gia cố 45% xỉ than		-	-	3	-	116	128	64	52	383	157
		Đất K5 gia cố 60% xỉ than		-	-	3	-	116	139	70	46	418	139
		Đất K9 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
4	Đo hệ số thấm (D=64mm; H=2cm)	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	TCVN 4199-2012	-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K3 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K4 gia cố 45% xỉ than		-	-	3	-	116	128	64	52	383	157
		Đất K5 gia cố 60% xỉ than		-	-	3	-	116	139	70	46	418	139
		Đất K9 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
5	Nén Nhanh (D=64mm; H=2cm)	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	TCVN 4199-2012	-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K3 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
		Đất K4 gia cố 45% xỉ than		-	-	3	-	116	128	64	52	383	157
		Đất K5 gia cố 60% xỉ than		-	-	3	-	116	139	70	46	418	139
		Đất K9 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	116	220	110	6	661	17
6	CBR (D=152 mm, H=117 mm)	Đất K2 gia cố 5% xỉ than	22 TCVN 333-06	-	-	3	-	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
		Đất K3 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
		Đất K4 gia cố 45% xỉ than		-	-	3	-	3.820	4.202	2.101	1.719	50.424	20.628
		Đất K5 gia cố 60% xỉ than		-	-	3	-	3.820	4.584	2.292	1.528	55.008	18.336
		Đất K9 gia cố 5% xỉ than		-	-	3	-	3.820	7.258	3.629	191	87.096	2.292
	Tổng Cộng			-	-	-	-	-	-	-	-	741.792	92.724

2.2 Khảo sát địa chất và phân tích thành phần vật liệu

Mẫu hỗn hợp vật liệu nghiên cứu được chia thành 5 loại đất tương ứng với kí hiệu là K2, K3, K4, K5, K9. Sau đó tiến

hành phân tích thành phần vật liệu ta có kết quả bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Tỷ lệ (%) trung bình thành phần các loại vật liệu theo cỡ hạt chứa trong đất K2, K3, K4, K5, K9

TT	Thành phần	Tỷ lệ (%) trung bình				
		K2	K3	K3	K4	K5
1	Sạn sỏi	0,031	0,031	0	0	0
2	Hạt cát	40,867	40,867	40,4	33,9	24,23
3	Hạt bụi	29,136	29,136	27,6	31,1	36,12
4	Hạt sét	29,966	29,966	32,0	35,0	39,65
	TỔNG	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Bảng 3. Tổng hợp bề dày các lớp đất K2, K3, K4, K5, K9

TT	Loại đất	Tổng chiều dày khoan qua (m)		Tỷ lệ (%)		Tổng chiều dày khoan qua (m)		Tỷ lệ (%)		Tổng chiều dày khoan qua (m)		Tỷ lệ (%)	
		K2	K3	K4	K5	K9							
1	Đất loại cát	4,7	5,0	4,7	5,0	5,2	12,7	6,6	5,81	1,3	2,1		
2	Đất cát pha	5,2	5,6	5,2	5,6	7,1	17,3	8,8	7,75	0,9	1,5		
3	Đất sét pha	36,5	39,0	36,5	39,0	4,3	10,5	23,9	21,06	14,6	23,5		
4	Đất sét	47,1	50,4	47,1	50,4	24,4	59,5	74,2	65,37	45,2	72,9		
Tổng cộng		93,5	100	93,5	100	41,0	100	113,5	100	62,0	100		

2.3. Đánh giá chỉ tiêu cơ lý đất

2.3.1 Thí nghiệm phân tích thành phần cỡ hạt

Đất chủ yếu là đất sét pha có màu vàng nâu, xám nâu trạng thái nửa cứng. Thí nghiệm thành phần hạt của đất theo TCVN 4198:2014, đất có thành phần hạt bụi và sét chiếm đa số.

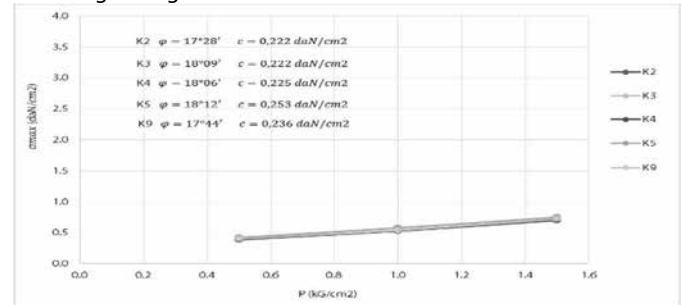
Bảng 4. Thành phần hạt nguyên trạng (K2, K3, K4, K5, K9)

D(mm)	Cát					Bụi		Sét
	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,01	0,01 - 0,005	< 0,005
K2	0	0	0	26,3	12,8	24,8	25,9	10,2
K3	0	0	0	11,5	44	15,7	16,2	12,5
K4	0	0	0	9,8	16	15,4	43,5	15,3
K5	0	0	0	15,8	16,1	12,7	32	23,5
K9	0	0	0	29,5	21,3	14,5	21,8	12,9

Theo kết quả thí nghiệm thành phần hạt đất K2 có giới hạn chảy $W_L=44,69$ và chỉ số dẻo $I_p=22,14$. Theo TCVN 5747:1993 và bảng 3-6 phân chia hạt và nhóm hạt theo hệ thống AASHTO. Nên đất K2 đất thuộc nhóm A-2-7 là loại đất sét ít dẻo (CL), trạng thái nửa cứng có tính nén từ thấp đến trung bình. Theo kết quả thí nghiệm thành phần hạt đất K3 có giới hạn chảy $W_L=45,03$ và chỉ số dẻo $I_p=21$. Theo TCVN 5747:1993 và bảng 3-6 phân chia hạt và nhóm hạt theo hệ thống AASHTO. Nên đất K3 đất thuộc nhóm A-2-7 là loại đất sét ít dẻo (CL), trạng thái nửa cứng có tính nén từ thấp đến trung bình. Theo kết quả thí nghiệm thành phần hạt đất K4 có giới hạn chảy $W_L=45,53$ và chỉ số dẻo $I_p=19,18$. Theo TCVN 5747:1993 và bảng 3-6 phân chia hạt và nhóm hạt theo hệ thống AASHTO. Nên đất K4 đất thuộc nhóm A-2-7 là loại đất sét ít dẻo (CL), trạng thái nửa cứng có tính nén từ thấp đến trung bình. Theo kết quả thí nghiệm thành phần hạt đất K5 có giới hạn chảy $W_L=47$ và chỉ số dẻo $I_p=21$. Theo TCVN 5747:1993 và bảng 3-6 phân chia hạt và nhóm hạt theo hệ thống AASHTO. Nên đất K5 đất thuộc nhóm A-2-7 là loại đất sét ít dẻo (CL), trạng thái nửa cứng có tính nén từ thấp đến trung bình. Theo kết quả thí nghiệm thành phần hạt đất K9 có giới hạn chảy $W_L=44,36$ và chỉ số dẻo $I_p=20,70$. Theo TCVN 5747:1993 và bảng 3-6 phân chia hạt và nhóm hạt theo hệ thống AASHTO. Nên đất K9 đất thuộc nhóm A-2-7 là loại đất sét ít dẻo (CL), trạng thái nửa cứng có tính nén từ thấp đến trung bình.

2.3.2 Sức kháng cắt

Thí nghiệm cắt trực tiếp mẫu đất theo tiêu chuẩn TCVN 4199:2012 của 5 loại đất K2, K3, K4, K5, K9 có kết quả độ bền kháng cắt tương đương nhau như hình 2.



Hình 2. Biểu đồ sức kháng cắt của đất

Từ hình 2 cho thấy giá trị nhỏ nhất $\varphi=17^{\circ}28'$; giá trị lớn nhất $\varphi=18^{\circ}12'$ và giá trị nhỏ nhất $C=0,222 daN/cm^2$; giá trị lớn nhất $C=0,253 daN/cm^2$. Nhìn chung sức chống cắt của 5 hỗn hợp có thay đổi mà không đáng kể và gần như tương đồng nhau.

2.3.3 Sức kháng nén không nở hông

Kết quả của thí nghiệm nén cố kết được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Sức kháng nén không nở hông

Loại mẫu	K2	K3	K4	K5	K9
Dung trọng trước thí nghiệm γ_0	1,7	1,72	1,71	1,75	1,74
Độ ẩm trước thí nghiệm W_0	26,96	26,22	29,74	28,03	27,52
Tỷ trọng	2,68	2,7	2,56	2,7	2,6
Hệ số rỗng trước thí nghiệm e_0	1,001	0,981	0,942	0,975	0,964
Độ bão hòa nước trước thí nghiệm G_0	0,7	0,72	0,81	0,78	0,76
Dung trọng sau thí nghiệm γ_1	1,34	1,36	1,32	1,37	1,36
Hệ số rỗng ở cấp áp lực cuối cùng	0,801	0,673	0,841	0,804	0,809
Hệ số nén lún a (cm^2/daN)	0,037	0,021	0,021	0,012	0,024
Mô đun đàn hồi E (daN/cm^2)	52,7	83,6	91,7	154,3	79,3



Hình 3. Đất, xỉ than và mẫu phối trộn

Bảng 6. Thành phần hóa học của xỉ than

Thành phần hóa học	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	MgO	Loss on Ignition (LOI)	Tổng
Hàm lượng (%)	40,4	18,8	6,42	0,91	0,49	3,49	1,48	1,33	26,6	100

2.4 Đánh giá chỉ tiêu cơ lý xỉ than

Mẫu than xỉ trong nghiên cứu này là tro đáy được lấy từ Nhà máy Nhiệt điện để làm cốt liệu rời thay thế cát do đó chỉ quan tâm đối với việc xác định các đặc tính cơ học của nó, bao gồm cả nền chặt, thấm, độ bền, độ cứng và độ kháng nén,... Thành phần hoá học trên cơ sở kết quả thử nghiệm của Công ty CP tư vấn Xây dựng và Môi trường Duy Thành (LAS 817); thành phần hóa học của xỉ than như bảng 6 và 7.

Bảng 7. Thành phần hạt của xỉ than

Cỡ sàng (mm)	25	19	12,5	9,5	4,75	2	0,425	0,075
Xỉ than (%)	0	0	100	98,075	77,825	27,05	4,075	0

2.5 Xác định tỷ lệ phối trộn

Để tái tạo đất với mục đích sử dụng làm đất đắp nền đường thì một trong những chỉ tiêu quan trọng cần phải quan tâm tới là thành phần hạt của hỗn hợp. Ta áp dụng theo tiêu chuẩn AASHTO M145, và TCVN 9436:2012 thì ta chọn ngưỡng thành phần hạt từ A1-A3 theo phân loại của AASHTO. Mục tiêu của nghiên cứu là tận dụng tối đa đất sẵn có tại địa phương nên ta sẽ chọn tỷ lệ phối trộn của hỗn hợp để tỷ lệ đất là lớn nhất nhưng thành hạt vẫn thỏa theo phân loại đất của AASHTO. Từ đó, tác giả đề xuất một tỉ lệ xỉ than thêm vào đất để hỗn hợp có thành phần hạt vừa đủ thỏa mãn yêu cầu về thành phần hạt theo AASHTO. Sau đó tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý khác. Nếu có trường hợp nào không đạt quay về thay đổi tỉ lệ xỉ than phối trộn bảng 7 (thường theo xu hướng tăng thêm xỉ than).

Bảng 8. Tỷ lệ phối trộn đất và xỉ than

Tên hỗn hợp	Tỉ lệ phối trộn (%)				
	K2	K3	K4	K5	K9
Xỉ than	5	5	45	40	5
Đất	95	95	55	60	95
Hỗn hợp	100	100	100	100	100

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đánh giá các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp.

- Thí nghiệm đầm chặt tiêu chuẩn TCVN 4201:2012

Sau khi chế tạo 5 mẫu theo tỉ lệ phối trộn như bảng 8, tiến hành thí nghiệm của hỗn hợp ta có kết quả thí nghiệm như bảng 9.

Bảng 9. Các chỉ tiêu dung trọng, độ ẩm mẫu phối trộn

Loại mẫu	K2	K3	K4	K5	K9
Dung trọng tự nhiên (g/cm ³)	1,68	1,72	1,53	1,67	1,68
Độ ẩm (%)	17,53	15,06	18,40	16,41	17,71

Từ bảng 9 cho thấy giá trị dung trọng khô lớn nhất và độ ẩm tối ưu trong đầm chặt tiêu chuẩn có giá trị gần như xấp xỉ nhau, đặc biệt là độ ẩm. Dung trọng khô lớn nhất biến đổi từ 1,53 g/cm³ đến 1,72 g/cm³.

- Thí nghiệm nén đơn trục (q_u) TCVN 9403:2012

Do cường độ của mẫu dự kiến khá nhỏ, nên các thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm. Xác định sức kháng nén đơn trục của vật liệu phối trộn trên máy nén nở hông tự do, áp lực tăng dần tương đương 8mm/phút đến khi mẫu phá hoại. Mẫu vật liệu hỗn hợp thí nghiệm là loại mẫu 152x117 qua thời gian dưỡng hộ.

Bảng 10. Kết quả nén đơn trục mẫu phối trộn

TT	Ký hiệu mẫu	Cường độ chịu nén (MPa)			
		7 ngày	14 ngày	28 ngày	56 ngày
1	K2	0,191	0,203	0,221	0,219
2	K3	0,087	0,092	0,092	0,088
3	K4	0,127	0,128	0,142	0,141
4	K5	0,237	0,283	0,293	0,338
5	K9	0,206	0,231	0,246	0,259

Bảng 10 cho thấy tỉ lệ xỉ than càng tăng thì cường độ nén càng tăng nhưng có 1 số trường hợp đặt biệt thì tỉ lệ phối trộn cao nhưng có cường độ thấp hơn so với tỉ lệ phối trộn, cường độ chịu nén của vật liệu dạng hạt không có chất liên kết vô cơ nên rất nhỏ nên không xét đến.

- Thí nghiệm cắt trực tiếp và nén nhanh TCVN 4199:2012

Sức chống cắt của đất là lực chống trượt lớn nhất trên một đơn vị diện tích tại mặt trượt, khi khối đất này trượt lên khối đất kia dưới tác dụng của tải trọng ngoài, nó là yếu tố chủ yếu quyết định đối với sự ổn định của nền và an toàn của công trình. Dựa theo tiêu chuẩn TCVN 4199:2012 xác định sức chống cắt của hỗn hợp vật liệu từ đó suy ra được lực dính c và góc ma sát trong φ với số lượng mẫu chế tạo gồm 5 tổ mẫu xác định ở tuổi 28 ngày thí nghiệm ta có kết quả thể hiện hình 4.

Hình 4 cho thấy có sự tăng rõ rệt các chỉ tiêu sức chống cắt của hỗn hợp đất và xỉ than so với đất K2, φ tăng từ $17^{\circ}28'$ lên $27^{\circ}42'$ tăng 58,68%, lực dính C tăng từ $0,222 \text{ KG/cm}^2$ lên $2,521 \text{ KG/cm}^2$ tăng 1035,59% tương tự với các hỗn hợp phối trộn so với đất tương ứng được tổng hợp ở bảng 11.

- Thí nghiệm hệ số thấm TCVN 8723:2012

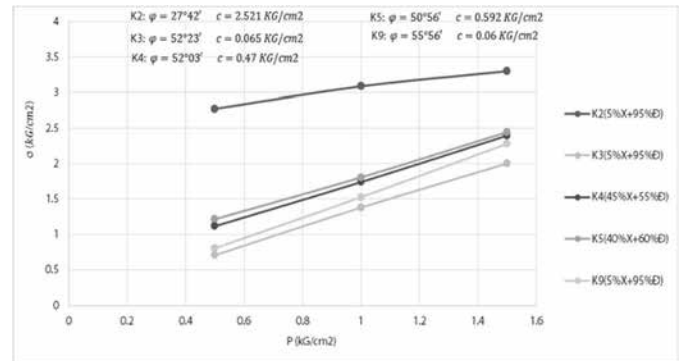
Để thí nghiệm hệ số thấm (k) của vật liệu hỗn hợp theo phương pháp cột nước không đổi cho 3 cấp áp lực là 100 kPa; 200 kPa và 300 kPa. Mẫu đo thấm có kích thước $\Phi 55 \times 60$ lượng mẫu chế tạo là 5 tổ mẫu (xác định ở tuổi 28 ngày). Hệ số thấm dao động không lớn khi so sánh trong cùng áp lực và thời gian dưỡng hộ, ở cấp áp lực nén 100 kPa từ $2,15 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ (K2); $5,63 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ (K3); $2,31 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ (K4); $2,06 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ (K5); $1,49 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ (K9); Kết quả thí nghiệm được dùng mô phỏng khi lớp vật liệu đang làm lớp đắp nền, đặc biệt trên nền đất yếu; có ảnh hưởng của nước ngầm.

Với tất cả các mẫu, hệ số thấm nhỏ nhất ở 28 ngày là $1,49 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$. Tính thấm của các hỗn hợp sau khi đạt cường độ rất nhỏ, nhỏ hơn nhiều so với hệ số thấm của đất sét. Điều này cho thấy hiệu quả của khả năng chống thấm của hỗn hợp vật liệu bất kể tỉ lệ phối trộn nào.

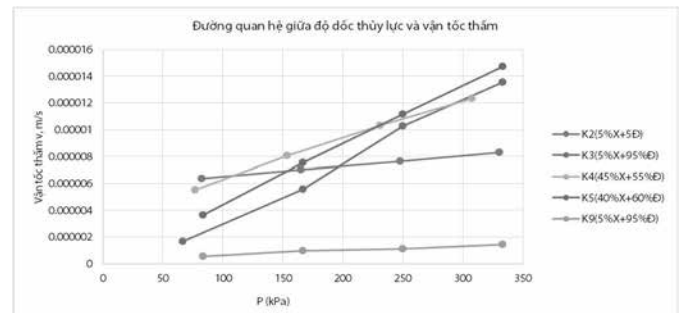
- Thí nghiệm CBR (Dựa theo tiêu chuẩn 22TCN332:06)

CBR là tỷ số (%) giữa áp lực nén (do đầu nén gây ra trên mẫu thí nghiệm và áp lực nén trên mẫu tiêu chuẩn, ứng với cùng một độ ép lún là 2,54cm hoặc 5,08cm. CBR của vật liệu là một chỉ tiêu để đánh giá chất lượng vật liệu sử dụng làm nền, móng đường và dùng để thiết kế kết cấu mặt đường theo tiêu chuẩn AASHTO. Với số lượng mẫu các thành phần là 5 tổ mẫu tuổi 28 ngày và ngâm trong nước 4 ngày đêm.

Bảng 12 cho thấy kết quả của 5 mẫu phối trộn, mẫu có CBR nhỏ nhất K4=20,35 và lớn nhất mẫu K2= 24,63. Qua kết quả thí nghiệm trên tất cả các mẫu có CBR>8 nên đủ điều kiện áp dụng cho đất đắp nền đường.



Hình 4. Biểu đồ quan hệ ứng suất cắt và pháp khi cắt trực tiếp mẫu phối trộn



Hình 5. Biểu đồ thấm theo cấp áp lực nén

3.2 Đề xuất tỉ lệ phối trộn hợp lí của hỗn hợp

Qua đánh giá trữ lượng đất, phân tích các chỉ tiêu cơ lí của đất, xỉ than và kết quả thực nghiệm tỷ lệ phối trộn. Sau khi so sánh với TCVN 5747:1993; TCVN 4447:2012 và AASHTO nhóm tác giả đề xuất tỷ lệ phối trộn như bảng 8 làm vật liệu đắp nền đường giao thông khi đó ta có bảng tổng hợp các kết quả thực nghiệm như bảng 13.

Bảng 11. Bảng tổng hợp giá trị tăng giảm c và φ sau của hỗn hợp so với các đất tương ứng

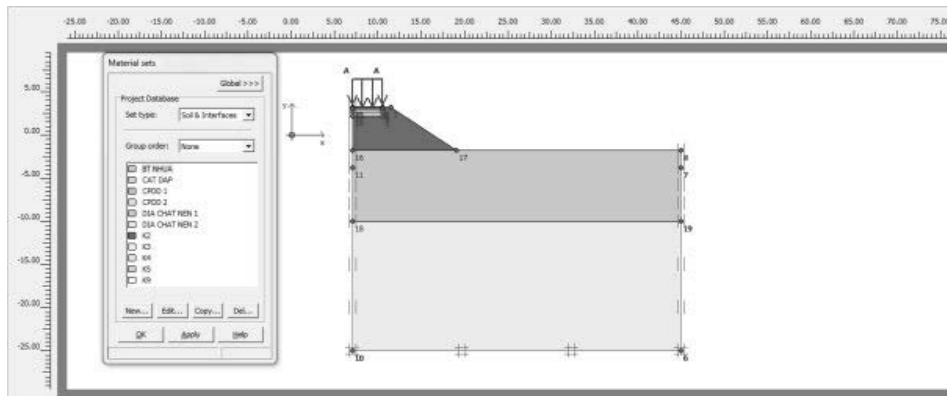
Chỉ tiêu thí nghiệm	K2	K3	K4	K5	K9
Góc nội ma sát φ	Tăng 58,68%	Tăng 188,72%	Tăng 188,10%	Tăng 179,03%	Tăng 217,58%
Lực dính c	Tăng 1035,59%	Giảm 70,72%	Tăng 108,89%	Tăng 133,99%	Giảm 74,58%

Bảng 12. Kết quả sức chịu tải CBR mẫu hỗn hợp vật liệu

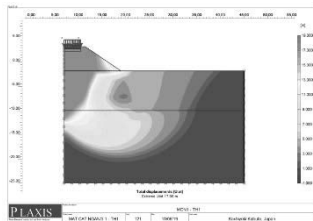
TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Tuổi mẫu (ngày)	Ký hiệu mẫu				
			K2	K3	K4	K5	K9
1	Dung trọng khô (g/cm^3)	28	2,190	2,115	2,041	2,008	1,933
2	CBR (%)	28	24,63	22,49	20,35	21,96	24,10

Bảng 13. Bảng tổng hợp các quả thực nghiệm tỷ lệ phối trộn của mẫu

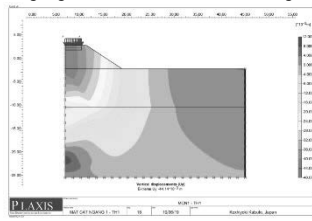
Thông số thực nghiệm	K2	K3	K4	K5	K9
Dung trọng tự nhiên (g/cm^3)	1,68	1,72	1,53	1,67	1,68
Độ dốc thủy lực	330,579	333,333	307,692	333,333	333,333
Vận tốc thấm (m/s)	$8,27911 \times 10^{-6}$	$1,354 \times 10^{-5}$	$1,23 \times 10^{-5}$	$1,473 \times 10^{-5}$	$1,442 \times 10^{-6}$
% CBR	24,63	22,49	20,35	21,96	24,1
Lực dính C (KG/cm^2)	2,521	0,065	0,47	0,592	0,06
Góc nội ma sát (φ)	$27^{\circ}42'$	$52^{\circ}23'$	$52^{\circ}03'$	$50^{\circ}56'$	$55^{\circ}56'$
Độ trương nở (%)	0,15	0,13	0,11	0,12	0,12



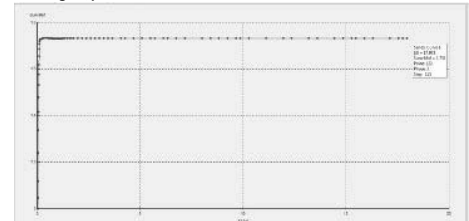
Hình 6. Mặt cắt ngang đoạn đầu cầu tính toán trường hợp nền đắp cao 5m (trường hợp 1)



(a)



(b)



(c)

Hình 7. Kết quả tính toán đoạn đầu cầu tính toán trường hợp nền đắp cao 5m theo trường hợp 1 (vật liệu K2)

a. Kết quả tính toán chuyển vị tổng thể; b. Kết quả tính độ lún nền đường $S=44,14\text{mm}$; c. Kết quả tính hệ số ổn định ($K_{\min} = 1,731$)

Qua thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lí của xỉ than và đất, ta thấy CBR lớn dao động từ khoảng 20,43÷24,63, góc ma sát trong lớn từ 27° đến 55°, độ trương nở từ 0,11%÷0,15% và dung trọng tự nhiên từ 1,53÷1,72g/cm³ tương ứng từng trường hợp K2, K3, K4, K5 và K9. Kết quả này ta có thể thấy là hỗn hợp xỉ than và đất có thể dùng thay thế cát hiện nay để làm nền đường và san lấp mặt bằng.

3.3 Đánh giá ổn định nền đường khi sử dụng hỗn hợp đất-xỉ than

Dựa vào các đặc trưng vật liệu hỗn hợp đất và xỉ than, tác giả sẽ mô phỏng bằng phần mềm Plaxis (Brinkgreve et al., 2007) đánh giá ổn định nền đường và đề xuất giải pháp hợp lí. Trường hợp tính toán được chia ra 5 trường hợp cụ thể như sau: TH1 (thay thế vật liệu đắp bằng hỗn hợp đất K2 phối trộn xỉ than), TH2 (thay thế vật liệu đắp bằng hỗn hợp đất K3 phối trộn xỉ than), TH3 (thay thế vật liệu đắp bằng hỗn hợp đất K4 phối trộn xỉ than), TH4 (thay thế vật liệu đắp bằng hỗn hợp đất K5 phối trộn xỉ than), TH5 (thay thế vật liệu đắp bằng hỗn hợp đất K9 phối trộn xỉ than).

3.3.1 Đường đầu cầu

Mục tiêu thay thế vật liệu đắp tồn cao nền bằng hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K2, K3, K4, K5 và K9). Kết quả tính toán bằng phần mềm Plaxis là cơ sở để lựa chọn vật liệu thay thế phù hợp (hình 6, 7), khi đó ta có kết quả tính toán thể hiện trong bảng 14 và 15.

Bảng 14. Kết quả tính hệ số ổn định cho bài toán đường đầu cầu

Mặt cắt ngang	Hệ số ổn định SF					[K]
	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	
Nền đắp cao 5m	1,731	1,721	1,808	1,829	1,824	1,4
Nền đắp cao 6m	1,542	1,530	1,612	1,630	1,624	1,4
Nền đắp cao 7m	1,369	1,363	1,431	1,448	1,451	1,4

Bảng 15. Kết quả tính độ lún nền đường cho bài toán đường đầu cầu

Mặt cắt ngang	Độ lún nền đường (mm)					[S]
	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	
Nền đắp cao 5m	44,14	43,20	40,32	38,87	36,47	400
Nền đắp cao 6m	59,47	57,98	54,39	42,24	49,18	400
Nền đắp cao 7m	78,01	76,12	71,67	68,68	64,07	400

Từ bảng 14 và 15 trên ta thấy kết quả tính lún nền đường đối với các trường hợp tính khác nhau đều đảm bảo độ lún cho phép. Ngược lại, kết quả tính ổn định cho bài toán đường đầu cầu như sau:

- Đối với mặt cắt đoạn đầu cầu cao 5m: hệ số ổn định khá cao $K=1,711\div 1,829$, do vậy có thể sử dụng tất cả các hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K2, K3, K4, K5 và K9) khi nền đắp đường đầu cầu cao 5m.

- Đối với mặt cắt đoạn đầu cầu cao 6m: hệ số ổn định $K=1,530\div 1,630$ đều lớn hơn hệ số ổn định cho phép $[K]=1,4$, do vậy có thể sử dụng tất cả các hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K2, K3, K4, K5 và K9) khi nền đắp đường đầu cầu cao 6m.

- Đối với mặt cắt đoạn đầu cầu cao 7m: hệ số ổn định $K=1,363\div 1,451$. Do vậy, đối với mặt cắt đoạn đầu cầu cao 7m chỉ nên sử dụng hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K4, K5 và K9) khi nền đắp đường đầu cầu cao 7m.

3.3.2 Đường – đê – kè kết hợp

Tổng hợp kết quả tính cho các trường hợp khác nhau được trình bày ở bảng 16 và bảng 17.

Bảng 16. Kết quả tính hệ số ổn định cho bài toán đường - đê - kè kết hợp

Hệ số ổn định SF					[K]
TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	
1,239	1,242	1,247	1,249	1,252	1,20

Bảng 17. Kết quả tính độ lún nền đường cho bài toán đường - đê - kè kết hợp

Độ lún nền đường (mm)					[S]
TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	
40,40	39,94	39,36	39,13	38,60	300

Kết quả tính ổn định cho bài toán đường - đê - kè kết hợp với các trường hợp tính khác nhau đều đảm bảo độ lún cho phép. Do vậy, có thể sử dụng tất cả các hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K2, K3, K4, K5 và K9) khi thay thế vật liệu đắp nền đường - đê - kè kết hợp.

3.3.3 Đường đô thị quy hoạch

Kết quả tính lún tương ứng là $S_1 = 30,68$ mm; $S_2 = 30,59$ mm; $S_3 = 24,28$ mm; $S_4 = 21,63$ mm; $S_5 = 16,23$ mm. Kết quả tính lún nền đường đối với các trường hợp tính khác nhau độ lún tính toán $[S]=16,23 \div 30,68$ mm đều nhỏ hơn và tương đương với độ lún cho phép $[S] = 300$ mm. Do đó ta có thể sử dụng tất cả các hỗn hợp đất phối trộn xỉ than (K2, K3, K4, K5 và K9) thay thế kết cấu nền đường (lớp cát đắp).

Qua kết quả tính toán hỗn hợp xỉ than - đất (K2; K3; K4; K5; K9) thì độ lún tính toán nhỏ hơn nhiều so với độ lún cho phép. Hệ số ổn định luôn hệ số ổn định cho phép nên đủ điều kiện dùng vật liệu hỗn hợp đắp nền đường tại vị trí đầu cầu, đường đô thị, đường - đê - kè kết hợp (trừ trường hợp khi đắp tại vị trí đầu cầu > 6m thì có K2, K3 không đạt hệ số ổn định). Thay thế đất nền đường cho thấy tính thấm cao, CBR lớn hơn cho phép, độ bền vững công trình hiệu quả sử dụng xỉ than, gia cố đất nền đường trong nước và thế giới, đặt biệt cho thấy triển vọng của việc sử dụng xử lý xỉ than phối trộn đất để làm vật liệu xây dựng giao thông.

4. KẾT LUẬN

- Đã đánh giá trữ lượng đất, phân tích các chỉ tiêu cơ lý của đất, xỉ than. Tiến hành phối trộn sau đó kết quả thực nghiệm tỷ lệ phối trộn ta có dung trọng tự nhiên lớn từ 1,53 đến 1,72 g/cm³, góc ma sát trong lớn từ 27^o đến 55^o và xỉ than có kích cỡ đa dạng, cỡ hạt lớn nhất là 12,5mm và nhỏ nhất là 0,425mm. Các đặc trưng cơ lý của hỗn hợp đất và xỉ than chưa qua xử lý có thể sử dụng để thay thế cát.

- Hỗn hợp đề xuất gồm vật liệu xỉ than-đất có CBR>8 đảm bảo có thể sử dụng để đắp nền đường thay cho các lớp cấp phối thiên nhiên để làm vật liệu đắp nền trên nền đất yếu nhưng tính thấm rất nhỏ, khả năng cách nước rất cao.

- Dựa vào các đặc trưng vật liệu hỗn hợp đất-xỉ than được thí nghiệm, nghiên cứu đã mô phỏng và đánh giá ổn định các dạng nền đường, sử dụng vật liệu nghiên cứu để đề xuất sử dụng loại hỗn hợp, tỉ lệ phối trộn phù hợp với từng chiều cao đắp, từng loại mặt cắt ngang (nền đắp cao đầu cầu, đường có nguy cơ ngập nước, nền đường đắp thông thường và san lấp mặt bằng).

- Kết quả nghiên cứu này giúp cho nhà quản lý, nhà thiết kế để có kế hoạch sử dụng trong tương lai cho đắp nền đường và san lấp mặt bằng trong điều kiện khan hiếm cát hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

AASHTO, M145-91, The classification of soils and soil-aggregate Mixtures for highway construction purpose, 2004.

Brinkgreve. RBJ, WM. Swolfs, E. Engin, D. Waterman, A. Chesaru, P. Bonnier, V. Galavi. Plaxis user's manual, version 2.0. Rotterdam: Balkema; 2007.

Châu Trường Linh, Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp vật liệu xỉ than - tro bay chưa xử lý - xỉ măng để đắp nền và làm lớp móng kết cấu áo đường tại tỉnh Trà Vinh, Tạp chí Giao thông vận tải, 2018, (<http://www.tapchigiaothong.vn/ngnien-cuu-su-dung-hon-hop-vat-lieu-xi-than-tro-bay-chua-xu-ly-xi-mang-de-dap-nen-va-lam-lop-mong-ket-cau-ao-duong-tai-tinh-tra-vinh>).

D. M. Proctor, K. A. Fehling, E. C. Shay, J. L. Wittenborn, J. J. Green, C. Avent, R. D. Bigham, M. Connolly, B. Lee, T. O. Shepker, and M. A. Zak, Physical and Chemical Characteristics of Blast Furnace, Basic Oxygen Furnace, and Electric Arc Furnace Steel Industry Slags, Journal of Environmental science and technology, Vol 34, No 8, 2000, page 1576÷1582.

Đoàn Thế Tường, Đình Quốc Dân, Đỗ Ngọc Sơn, Sử dụng tro xỉ nhiệt điện làm vật liệu san lấp, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng - số 1/2019 trang 35÷43

Sirotyuk, V. V.; Lunev, A. A, Strength and deformation characteristics of Ash and Slag mixture, Magazine of Civil Engineering, 2017, Vol. 74 Issue 6, page1÷14.

22 TCN 332:06, Xác định chỉ số CBR của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm, Bộ Giao thông vận tải, 2006.

22 TCN 333:06, Đám nén đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm, Bộ Giao thông vận tải, 2006.

Tiêu chuẩn Việt Nam - TCVN 5747:1993 về Đất xây dựng - Phân loại, xuất bản lần 1, Hà Nội, 1993.

Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 4199:2012, Đất xây dựng-Phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng, xuất bản lần 1, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Quốc Gia, TCVN 9436:2012, Nền đường ô tô - thi công và nghiệm thu, xuất bản lần 1, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 4201:2012, Đất xây dựng-Phương pháp xác định độ chặt tiêu chuẩn trong phòng thí nghiệm, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 9403:2012, Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 8723:2012, Đất xây dựng công trình thủy lợi- Phương pháp xác định hệ số thấm trong phòng thí nghiệm, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Quốc gia, TCVN 4447:2012, Công tác đất- thi công và nghiệm thu, xuất bản lần 1, Hà Nội, 2012.

Tiêu chuẩn Quốc gia-TCVN 4198:2014 về Đất xây dựng – Phương pháp phân tích thành phần hạt trong phòng thí nghiệm, xuất bản lần thứ 1, Hà Nội, 2014.

World of Coal Ash, World of Coal Ash Conference in Kentucky, 2013.

Nghiên cứu một số đặc tính cơ học của bê tông geopolimer cốt liệu tái chế

Investigation on mechanical characteristics of geopolimer recycled aggregate concrete

> LÊ HOÀI BẢO¹; BUI QUỐC BẢO²

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: lehoibaobao@mtu.edu.vn

² Nhóm nghiên cứu phát triển bền vững trong xây dựng, Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, TP.HCM

Email: buiquocbao@tdtu.edu.vn; Tel: 0909358935

TÓM TẮT:

Bê tông xi măng là vật liệu xây dựng phổ biến hiện nay do có nhiều ưu điểm. Tuy nhiên, vật liệu này có nhiều tác động đến môi trường: thải CO₂ đáng kể trong quá trình sản xuất xi măng, tiêu thụ nhiều tài nguyên thiên nhiên. Để giảm tiêu thụ tài nguyên, việc tái chế cốt liệu từ những công trình cũ là một lựa chọn đã được sử dụng ở một số quốc gia trong vài thập kỷ qua. Về vấn đề khí thải carbon của bê tông, nghiên cứu chất kết dính ít tác động đến môi trường hơn xi măng đã được thực hiện và geopolimer được coi là một giải pháp tiềm năng. Trong nghiên cứu trình bày ở đây, bê tông sử dụng cốt liệu tái chế và chất kết dính là geopolimer đã được thử nghiệm và đánh giá. Chất kết dính được tổng hợp từ tro bay (FA, một sản phẩm phụ công nghiệp), dung dịch natri silicat, dung dịch natri hydroxit, cát sông và cốt liệu thô tái chế được gọi là bê tông geopolimer cốt liệu tái chế (GRAC). Các đặc tính khác nhau của vật liệu này đã được nghiên cứu: cường độ chịu nén, cường độ bám dính và khả năng chịu nhiệt.

Từ khóa: bê tông geopolimer cốt liệu tái chế; tro bay; cường độ chịu nén; cường độ bám dính; khả năng chịu nhiệt.

ABSTRACT:

Ordinary cement concrete is a popular material having numerous advantages; however, this material is also criticized due to its environmental impacts: significant CO₂ emission during the cement manufacture, high consumption of natural resources. To reduce the resource consumption, the recycling of the aggregates from the destruction sites is an option which have been used in several countries since several decades. To reduce the carbon footprint of concrete, alternative binders having less environmental impacts than cement have been investigate, and geopolimer has been considered as a promising solution. In the present study, a non-conventional concrete using recycled aggregates and geopolimer was developed and investigated. The material was made from low calcium fly ash (FA, an industrial by-product), sodium silicate solution, sodium hydroxide solution, river sand and recycled coarse aggregate, called geopolimer recycled aggregate concrete (GRAC). Different aspects on this material were investigated: compressive strength, bonding strength and high temperature resistance.

Keywords: geopolimer recycled aggregate concrete; fly ash; compressive strength; bond strength; high temperature resistance.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc tiêu thụ bê tông trong lĩnh vực xây dựng ngày càng tăng dẫn đến sự gia tăng sản xuất xi măng và khai thác tài nguyên thiên nhiên. Sự cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên và phát thải CO₂ trong sản xuất xi măng là những vấn đề cần được xử lý nhằm phát triển bền vững. Ngành công nghiệp xi măng là một trong các ngành chính thải ra CO₂, việc sản xuất một tấn xi măng Portland phát thải khoảng một tấn CO₂ vào khí quyển; chiếm 7% lượng phát thải CO₂ toàn cầu (Braymand et al., 2018). Do đó, điều quan trọng là phải tìm chất kết dính thay thế có lượng khí thải CO₂ thấp hơn xi măng. Việc thay thế toàn bộ xi măng bằng cách sử dụng

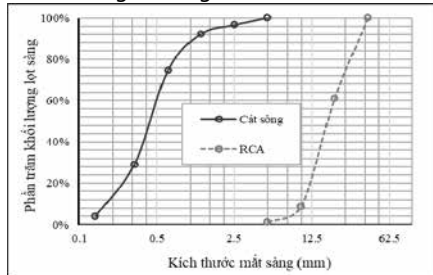
geopolimer như một chất kết dính đã được đề xuất sử dụng (Pacheco, 2013). Thuật ngữ "geopolimer" nói đến hệ cấu trúc vô cơ ba chiều vô định hình được tạo ra bằng phản ứng của tiền chất aluminosilicat với dung dịch kiềm hoạt hóa. Nguồn aluminum và silica có thể là metakaolin hoặc các phế phẩm công nghiệp (ví dụ tro bay, xỉ). Các chất hoạt hóa thường là NaOH và Na₂SiO₃, nhưng cũng có thể sử dụng các dung dịch kiềm khác. Sử dụng nhiệt độ cao trong quá trình bảo dưỡng có thể thúc đẩy quá trình geopolimer hóa (Hardjito, 2005) nhưng việc gia nhiệt làm tăng mức tiêu thụ năng lượng và phát thải CO₂. Để giảm khai thác tài nguyên thiên nhiên, tái chế là một chiến lược được khuyến

khích nhằm phát triển nền kinh tế tuần hoàn. Việc tái chế trong xây dựng công trình đã được bắt đầu từ vài thập kỷ trước nhưng vẫn chưa phổ biến, vì khi cốt liệu tự nhiên vẫn còn đủ để cung ứng, việc sử dụng bê tông cốt liệu tái chế (RAC) vẫn chưa có lợi thế kinh tế đáng kể (De Larrard và Colina, 2018). Do đó, đến nay, bê tông phá dỡ thường được sử dụng để xây dựng đường giao thông. Tuy nhiên, ở các nước phát triển và đang phát triển, việc xây dựng mới đường giao thông có xu hướng giảm, do đó việc sử dụng cốt liệu tái chế cho đường cũng sẽ giảm, đồng thời chất thải bê tông từ việc phá dỡ các công trình cũ sẽ tăng lên theo thời gian (De Larrard và Colina, 2018). Các vật liệu hoặc chất thải khác có chất lượng tốt như cốt liệu bê tông tái chế nên được sử dụng cho kết cấu bê tông. Do đó, việc tái chế bê tông cũ có thể làm giảm việc khai thác cốt liệu thô tự nhiên (NCA) và giảm diện tích các bãi chứa chất thải vốn trở thành vấn đề về môi trường, kinh tế và xã hội (Braymand et al., 2018). Một nhược điểm của RAC khi so sánh với bê tông xi măng là các đặc tính cơ lý giảm khi tỷ lệ cốt liệu tái chế tăng lên. Trên thực tế, cốt liệu tái chế gồm cốt liệu tự nhiên có vữa xi măng cũ bám lên. Vữa cũ làm tăng độ xốp của cốt liệu bê tông tái chế dẫn đến các đặc tính cơ học của RAC bị giảm. Trong RAC, có hai loại vùng chuyển tiếp cốt liệu (ITZ): giữa vữa cũ và NCA ban đầu, và giữa cốt liệu tái chế và vữa mới. ITZ giữa vữa cũ và vữa mới làm giảm các đặc tính của RAC. Để cải thiện ITZ của RAC, geopolymer đã được đề xuất để thay thế xi măng Portland tuy nhiên số lượng nghiên cứu về GRAC vẫn còn hạn chế (Le và Bui, 2020). Những nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào việc tối ưu hóa thành phần GRAC để đạt được cường độ chịu nén tốt nhất. Bài báo này trình bày nghiên cứu liên quan đến cường độ bám dính với cốt thép và khả năng chống cháy của GRAC.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Cốt liệu

Trong nghiên cứu này, cốt liệu thô tự nhiên được thay thế hoàn toàn bằng bê tông tái chế.

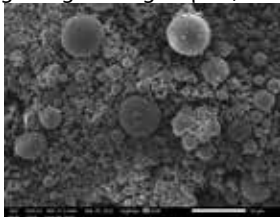


Hình 1. Sự phân bố kích thước hạt của cốt liệu

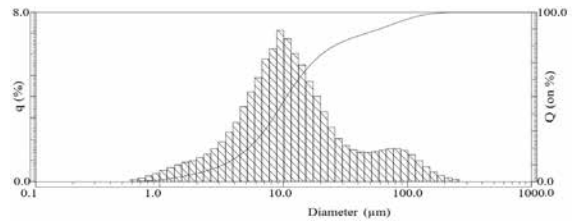
Cốt liệu thô tái chế có được bằng cách nghiền bê tông phế thải từ nhà dân dụng và sàng qua rây có kích thước từ 5 – 30 mm. Cốt liệu mịn được sử dụng là cát sông có mô đun độ lớn 1.8. Thành phần hạt của cốt liệu thô tái chế và cát được xác định theo TCVN 7572-2:2006 0 và trình bày ở Hình 1.

2.2. Tro bay (FA)

FA được sử dụng trong nghiên cứu này có nguồn gốc từ Nhà máy Điện Duyên Hải 3 tỉnh Trà Vinh. Các phân tích kích thước hạt bằng kính hiển vi điện tử quét cho thấy FA được sử dụng có dạng hình cầu (Hình 2) với kích thước thay đổi từ 0.6 đến 250 μm, nhưng tập trung trong khoảng 10 μm (Hình 3).



Hình 2. Ảnh chụp FA bằng kính hiển vi quét điện tử



Hình 3. Thành phần hạt của tro bay

Thành phần hóa học của FA được xác định theo tiêu chuẩn ASTM 618 (ASTM, 2019); kết quả kiểm tra được thể hiện trong Bảng 1. Theo tiêu chuẩn ASTM C618, FA trong nghiên cứu này thuộc loại F fit canxi.

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay

Thành phần	% khối lượng
Lưu huỳnh trioxid (SO ₃)	1,0
Nhôm oxit (Al ₂ O ₃)	26,1
Sắt oxit (Fe ₂ O ₃)	11,3
Natri oxit (Na ₂ O)	1,35
Silic dioxit (SiO ₂)	51,1
Kali oxit (K ₂ O)	1,29
Canxi oxit (CaO)	4,7
Magiê oxit (MgO)	1,7
Độ ẩm	0,1
Mất khi nung	0,7

2.3. Dung dịch kiềm kích hoạt

Để kích hoạt FA, sự kết hợp của dung dịch natri hydroxit (NaOH) và dung dịch natri silicat (Na₂SiO₃) đã được chọn làm dung dịch kích hoạt hóa kiềm (AAS). Dung dịch NaOH được pha chế bằng cách cho NaOH dạng vảy khô vào nước để đạt được nồng độ mol theo yêu cầu. Khối lượng của NaOH rắn trong dung dịch thay đổi tùy theo nồng độ mol (M) của dung dịch. Các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng nồng độ mol dung dịch NaOH cao hơn sẽ cho cường độ nén của bê tông geopolymer cao hơn (Hardjito et al., 2005). Sau khi cho NaOH khô vào thùng chứa nước, dùng thìa thủy tinh khuấy để tạo thành dung dịch NaOH. Sau đó trộn dung dịch NaOH và dung dịch Na₂SiO₃ (có thành phần gồm 11,8% Na₂O; 29,5% SiO₂ và 58,7% nước) theo tỷ lệ đã định trước. Dung dịch Na₂SiO₃ và NaOH khi pha chế sẽ sinh nhiệt do đó nên được chuẩn bị một ngày trước khi sử dụng để đảm bảo các phản ứng đã xảy ra.

2.4. Thành phần cấp phối và phương pháp đúc mẫu

Đối với bê tông geopolymer tro bay, tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH là 2,5 theo khuyến nghị (Hardjito et al., 2005). Chọn NaOH 12M, tỉ số AAS/FA đối với bê tông geopolymer cho NCA nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,45 (theo khối lượng) (Hardjito, 2005). Do cốt liệu tái chế có độ hấp thụ nước cao hơn NCA vì có lớp vữa cũ bám bên ngoài cốt liệu, để duy trì khả năng làm việc tương tự như bê tông geopolymer NCA nghiên cứu này đã thử nghiệm tỷ lệ AAS/FA ở mức 0,4, 0,45 và 0,5. Tỷ lệ trộn của GRAC được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần cấp phối của GRAC (kg/m³)

AAS/FA	FA	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Cát	Cốt liệu tái chế
0.4	428	123	49	540	1260
0.45	414	133	53	540	1260
0.5	400	143	57	540	1260

Để sản xuất mẫu GRAC, đầu tiên FA và AAS được trộn trong 5 phút để tạo geopolimer. Sau đó, cốt liệu bê tông tái chế và cát được thêm vào và trộn trong 5 phút đến khi nhận thấy hỗn hợp đồng đều. Sau khi đúc, các mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện môi trường xung quanh (28 °C và 65% RH) cho đến 28 ngày và mang đi thực hiện các thí nghiệm. Độ sụt thu được của hỗn hợp GRAC là 18 cm đáp ứng khả năng làm việc thường được yêu cầu đối với bê tông geopolimer (Hardjito, 2005).

3. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

3.1. Thí nghiệm cường độ chịu nén

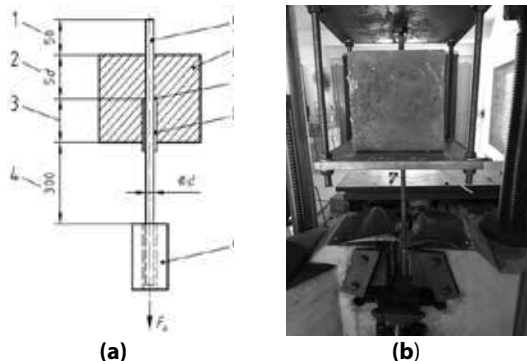
Để xác định cường độ chịu nén của GRAC, các thử nghiệm nén một trục đã được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 3318:1993) (Hình 4). Các mẫu là hình khối có kích thước 15 cm x 15 cm x 15 cm. Kết quả thu được là giá trị trung bình của ba mẫu thí nghiệm.



Hình 4. Thí nghiệm xác định cường độ nén

3.2. Thí nghiệm xác định cường độ bám dính

Cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông là thông số quan trọng quyết định chiều dài neo của cốt thép. Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông là chất lượng của bê tông, đường kính cốt thép, đặc tính bề mặt cốt thép (Chana, 1990). Để khảo sát cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông, thường áp dụng thử nghiệm kéo tuột. Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm kéo tuột cũng được áp dụng cho GRAC theo tiêu chuẩn (BS EN 10080:2005). Nguyên tắc của thí nghiệm là kéo một thanh thép được đặt trong một khối bê tông có chiều dài xác định (Hình 5a). Hình 5b thể hiện cấu tạo của mẫu trước khi kéo. Lực kéo ra được tăng lên cho đến khi thanh thép bị tuột khỏi mẫu bê tông hoặc mẫu bị phá hoại.



Hình 5. (a) Mô tả thí nghiệm; (b) Mẫu sau khi lắp đặt vào khung.

1. Phần cốt thép để đo chuyển vị của cốt thép; 2. Chiều dài bám dính; 3. Chiều dài không bám dính trong bê tông; 4. Đoạn thép từ mép bê tông đến điểm ngàm kéo; 5. Cốt thép; 6. Mẫu bê tông; 7. Nút chèn; 8. Ống nhựa ngăn bám dính; 9. Ngàm kẹp để kéo cốt thép.

Các mẫu bê tông cho các thử nghiệm liên kết có kích thước 20 cm x 20 cm x 20 cm theo tiêu chuẩn 0. Chiều dài liên kết của cốt thép tiếp xúc với bê tông là 5d (trong đó d là đường kính cốt thép, tính bằng mm).

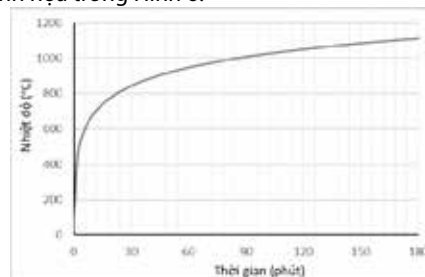
Bảng 3. Thông số kích thước gân thép

Kích thước gân thép (mm)	Đường kính thanh thép (mm)			
	12	14	16	20
Chiều cao	0.78	0.91	1.04	1.3
Chiều rộng trên	1.02	1.08	1.15	1.31
Chiều rộng dưới	2.85	3.19	3.58	4.51
Khoảng cách gân	8.5	9.8	11	13
Góc nghiêng (°)	63.5	63.5	63.5	63.5

Phần còn lại của thanh thép không tiếp xúc với bê tông được bao bọc bởi ống nhựa PVC có đường kính trong lớn hơn đường kính thanh thép khoảng 1 mm nhằm đảm bảo thanh thép có thể trượt dễ dàng khi bị kéo. Các thanh cốt thép có đường kính khác nhau đã được thử nghiệm lần lượt: 8, 10, 12, 16 và 20 mm. Trong số các loại cốt thép này, đường kính 8 và 10 mm tương ứng với cốt thép trơn, các đường kính khác tương ứng với các loại cốt thép có gân. Bên cạnh đó, để so sánh cường độ bám dính của GRAC với cường độ bám dính của bê tông xi măng thông thường (OPC), thí nghiệm cũng thực hiện kéo tuột thép trên mẫu OPC có cường độ chịu nén 30,8 MPa với thép trơn có đường kính 8 mm và thép gân có đường kính 14 mm. Đặc điểm của các gân cốt thép được trình bày trong Bảng 3.

3.3 Thí nghiệm chịu lửa

Khi bê tông thông thường tiếp xúc với nhiệt độ cao, nhiều hiện tượng xuất hiện như giãn nở cốt liệu, co ngót hồ xi măng, tăng áp suất hơi bên trong, nứt hoặc bong tróc (Phan et al., 2001). Mặc dù số lượng nghiên cứu khảo sát khả năng chịu lửa của RAC còn hạn chế nhưng cũng cho thấy rằng tính chất cơ học của RAC bị suy giảm tương tự như bê tông thông thường khi tiếp xúc với nhiệt độ cao (De Larrard và Colina, 2018). Các thử nghiệm hiện tại về đặc tính cơ nhiệt của GRAC được trình bày trong tiêu chuẩn (ISO 834-1). Nhiệt độ thay đổi theo thời gian theo tiêu chuẩn ISO 834 được minh họa trong Hình 6.



Hình 6. Sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian

Một lò nung có nhiệt độ đến 1000 °C được chuẩn bị để thực hiện thí nghiệm chịu lửa của GRAC (Hình 7). Trong nghiên cứu này, sự thay đổi của cường độ nén theo sự thay đổi của nhiệt độ đã được khảo sát. Các mẫu được nung sau khi đạt 28 ngày tuổi. Ba mẫu được thử nghiệm đối với mỗi trường hợp nhiệt độ gồm nhiệt độ môi trường xung quanh (28 °C), sau khi được đặt trong lò nung ở 200, 400, 600 và 800 °C.



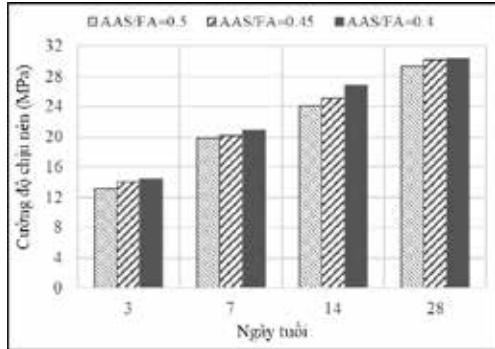
Hình 7. Mẫu thí nghiệm trong lò nung

Các mẫu sau khi nung được làm nguội tự nhiên còn 50 °C và sau đó được chuyển qua thí nghiệm nén một trục. Để đánh giá sự thất thoát nước, khối lượng của các mẫu cũng được xác định trước và sau khi nung.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Cường độ chịu nén

Kết quả thu được từ thử nghiệm nén một trục được minh họa trong Hình 8. Biểu đồ cho thấy sự phát triển chung của cường độ nén theo thời gian. Cường độ chịu nén của GRAC ở 3 ngày tuổi bằng 50% cường độ nén 28 ngày, kết quả này tương tự như sự phát triển cường độ của bê tông xi măng thông thường.



Hình 8. Cường độ chịu nén của GRAC theo ngày tuổi

Có thể thấy sự chênh lệch về cường độ chịu nén với ba tỷ lệ AAS/FA khác nhau chỉ ở mức dưới 6% cho tất cả các trường hợp. Trong số ba tỷ lệ AAS/FA được thử nghiệm, tỷ lệ tối ưu nhất nên là 0,4 vì tỷ lệ này cung cấp cường độ nén cao nhất, và tỷ lệ này là kinh tế nhất do việc sử dụng khối lượng AAS là thấp nhất. Đối với trường hợp AAS/FA = 0,4, cường độ nén tại 28 ngày thu được khoảng 30–31 MPa. Cường độ nén trung bình 28 ngày này tương đương với bê tông C20 theo Eurocode 2, có nghĩa là GRAC được khảo sát có thể đáp ứng tiêu chí về cường độ nén cho các ứng dụng thực tế.

4.2. Cường độ bám dính với cốt thép

Với mỗi loại đường kính thép, 3 lần thử nghiệm được lặp lại sau đó lấy giá trị trung bình. Ngoại trừ mẫu GRAC có đường kính thép 20 mm bị tách đôi khi kéo (Hình 9); ở các mẫu còn lại, thanh thép chỉ bị trượt mà không ghi nhận bất kì hiện tượng nào trên bề mặt mẫu bê tông. Có thể với kích thước gân lớn của thép 20 mm đã gây ra hiện tượng phá hủy mẫu.



Hình 9. Sự phá hoại mẫu GRAC với thép 20 mm

Vì chiều dài bám dính sử dụng trong thí nghiệm ngắn (5d) nên ứng suất bám dính được giả định là phân bố đồng đều dọc theo bề mặt bám dính của cốt thép 0. Cường độ bám dính f_b được tính bằng cách chia lực kéo trượt lớn nhất P_{max} cho diện tích bám dính của thép với bê tông:

$$f_b = \frac{P_{max}}{\pi \times d \times l_b} \tag{1}$$

Trong đó l_b là chiều dài bám dính, d là đường kính thép. Kết quả về cường độ bám dính trung bình được trình bày trong Bảng

4, trong đó các mẫu thử được đặt tên là loại bê tông, sau đó là đường kính cốt thép; ví dụ, GRAC-10 thể hiện mẫu GRAC với thép có đường kính 10 mm.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm cường độ bám dính

Loại	f_b , thực nghiệm (MPa)	f_b , trung bình (MPa)	$f_b, \text{gân} / f_b, \text{trơn}$	$f_b, \text{GRAC} / f_b, \text{OPC}$
GRAC-8	5,89	5,91	-	2,33
GRAC-10	5,92			
GRAC-12	13,66	13,11	2,22	2,35
GRAC-16	12,94			
GRAC-20	12,74			
OPC-8	2,54	2,54	-	-
OPC-14	5,57	5,57	2,20	-

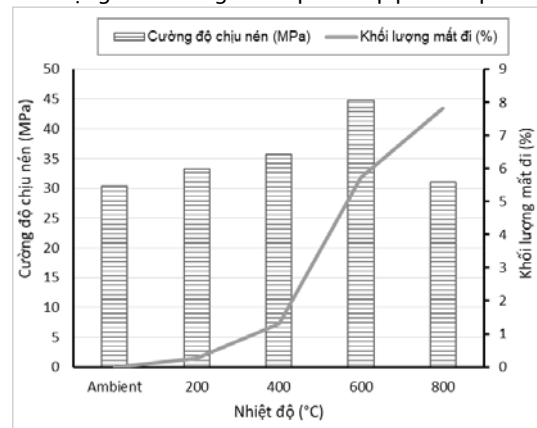
Kết quả từ Bảng 4 có thể thấy cường độ bám dính của GRAC đối với cốt thép trơn và thép gân lần lượt là 5,91 và 13,11 MPa. Giá trị cường độ bám dính với thép có gân trong thí nghiệm này có kết quả tương đương nghiên cứu của Sarker (Sarker, 2011), trong đó cường độ bám dính là 13-15 MPa ứng với cường độ chịu nén của bê tông geopolimer cốt liệu tự nhiên từ 30-35 MPa.

Tỷ số giữa cường độ bám dính của thép gân ($f_b, \text{gân}$) trên cường độ bám dính của thép trơn ($f_b, \text{trơn}$) là 2,22. Tỷ lệ này cũng gần với tỷ lệ được đề xuất theo Eurocode 2 là 2,25 cho bê tông xi măng thông thường. Kết quả này cho thấy tỷ lệ $f_b, \text{gân} / f_b, \text{trơn} = 2,25$ cũng có thể được áp dụng cho GRAC.

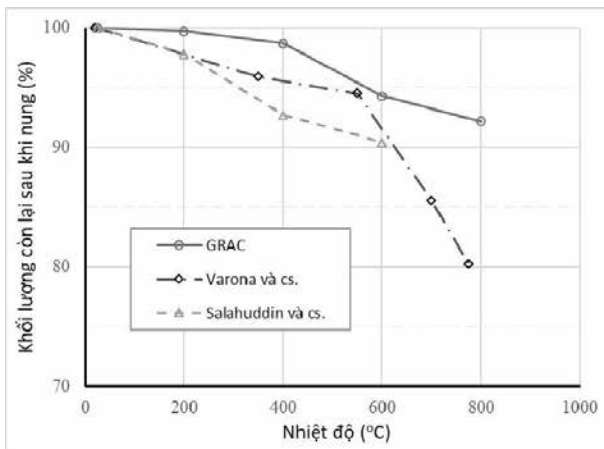
Bảng 4 cũng cho thấy tỷ lệ giữa cường độ bám dính của GRAC (f_b, GRAC) với cường độ bám dính của OPC (f_b, OPC) có giá trị trung bình là 2,34. Giá trị này cho thấy cường độ bám dính của GRAC cao hơn đáng kể so với OPC. Kết quả này có ý nghĩa tích cực đối với ứng dụng thực tế trong xây dựng vì chiều dài neo thép vào GRAC có thể giảm đáng kể.

4.3. Ứng xử với nhiệt độ

Các kết quả về sự sụt giảm cường độ chịu nén và khối lượng của các mẫu GRAC ở 28 ngày tuổi được trình bày trong Hình 10. Hình 11 và Hình 12 so sánh kết quả của nghiên cứu hiện tại với các nghiên cứu khác. Từ Hình 10, dễ nhận thấy rằng khối lượng giảm đi của các mẫu GRAC tỉ lệ thuận với sự gia tăng nhiệt độ. Sự sụt giảm này chủ yếu liên quan đến nước bay hơi từ mẫu bê tông. Kết quả khối lượng mẫu giảm đi tương tự như các nghiên cứu trước đây về RAC (Varona et al., 2020) và được thể hiện trong Hình 11. Việc mất nước nhanh chóng là một trong những lý do chính gây suy giảm cường độ của cả bê tông thường và RAC. Tuy nhiên, khối lượng mất đi của GRAC thấp hơn so với OPC vì bê tông geopolimer từ FA có hàm lượng nước trong thành phần cấp phối thấp hơn OPC..

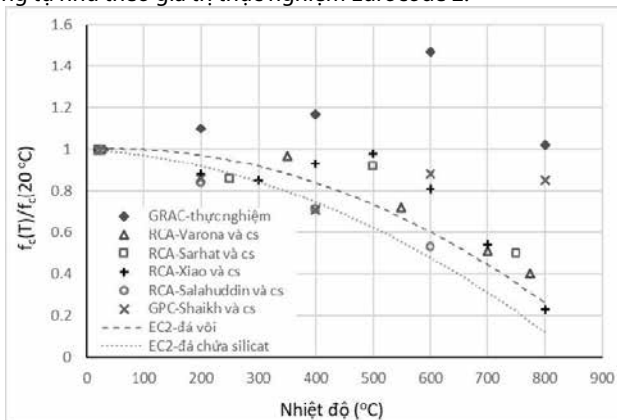


Hình 10. Cường độ chịu nén và khối lượng mất đi của GRAC sau khi chịu nhiệt độ cao.



Hình 11. Biến đổi khối lượng các mẫu sau khi chịu nhiệt độ cao.

Sự thay đổi cường độ nén của GRAC được trình bày trong Hình 12 có sự khác biệt khi so sánh với bê tông gốc xi măng. Trong khi cường độ nén của bê tông xi măng giảm khi nhiệt độ tăng thì cường độ nén GRAC lại tăng lên khi nhiệt độ tăng từ lúc chưa nung đến 600 °C; sau đó, cường độ nén bắt đầu giảm khi nhiệt độ cao hơn 600 °C. Sự thay đổi này được cho là khi nhiệt độ tăng cao sẽ làm tăng quá trình tạo gel giữa FA và AAS. Hình 12 cũng trình bày kết quả nghiên cứu trước đây về cường độ chịu nén còn lại sau khi nung của RAC. Trong đó, trục tung của hình này biểu diễn tỷ số giữa cường độ nén còn lại $f_c(T)$ sau khi tiếp xúc với nhiệt độ T với cường độ nén ban đầu f_c (môi trường xung quanh - 20 °C). Các đường cong từ Eurocode 2 **Error! Reference source not found.** được đề xuất cho bê tông xi măng thông thường với cốt liệu đá vôi và cốt liệu silicat cũng được thể hiện trên biểu đồ. Có thể thấy rằng một số nghiên cứu trước đây đã thu được xu hướng tổng thể tương tự với các đường cong thực nghiệm do Eurocode 2 đề xuất ("Robert và cộng sự", "Salahuddin và cộng sự", "Varona và cộng sự"); trong khi "Sarhat & Sherwood" và "Xiao và cộng sự" nhận thấy một ứng xử khác: cường độ nén giảm nhẹ (10-15%) khi mẫu tiếp xúc với 200-300 °C, nhưng từ 200-500 °C, cường độ nén tăng lên gần bằng cường độ nén ban đầu. Sau đó, sau 500 °C, cường độ nén giảm khi nhiệt độ tăng. Từ 600-700 °C, kết quả thí nghiệm tương tự như theo giá trị thực nghiệm Eurocode 2.



Hình 12. Cường độ chịu nén của bê tông sau khi tiếp xúc với nhiệt độ so với lúc chưa nung

Các nghiên cứu trước đây cho rằng cốt liệu tái chế có độ xốp cao hơn dẫn đến hơi nước thoát ra khỏi cấu trúc vi mô của RAC. Do đó, RAC có tính năng chống cháy tốt hơn bê tông thường (De Larrard và Colina, 2018). Trong thí nghiệm này, điểm đặc biệt là GRAC sở hữu những ưu điểm của cả bê tông geopolymer dựa trên RAC và FA.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm về bê tông geopolymer cốt liệu tái chế (GRAC). Cấp phối được chọn là AAS/FA = 0,4; Na₂SiO₃/NaOH = 2.5 (theo khối lượng) ứng với cường độ chịu nén là 30,4 MPa để thực hiện các thí nghiệm về cường độ bám dính và khả năng chịu nhiệt. Cường độ bám dính cốt thép được xác định bằng các thử nghiệm kéo tuột. Kết quả trên các mẫu OPC cho thấy mức độ phù hợp của các kết quả thu được. Cường độ bám dính của GRAC với cốt thép có gần cao hơn cốt thép trơn 2,22 lần; tỷ lệ này tương tự như được đề xuất trong Eurocode 2 cho bê tông xi măng. Cường độ bám dính của GRAC cao hơn đáng kể so với OPC, đây là một đặc tính nổi bật của GRAC. Khả năng chống cháy của GRAC được đánh giá bằng cách nghiên cứu sự thay đổi của cường độ nén theo sự thay đổi của nhiệt độ. Kết quả cho thấy cường độ nén GRAC gia tăng khi nhiệt độ nung tăng từ nhiệt độ môi trường lên 600 °C. Cường độ nén bắt đầu giảm khi hơn 600 °C nhưng vẫn tương đương với cường độ nén ban đầu khi ở nhiệt độ 800 °C. Đặc tính này của GRAC là do độ xốp của cốt liệu tái chế, độ xốp nano của gel geopolymer tro bay, các phản ứng và chuyển đổi giai đoạn của gel geopolymer trong quá trình gia nhiệt.

Nghiên cứu về cường độ bám dính và tính năng chống cháy của GRAC cho thấy một số ưu điểm của GRAC và tiềm năng cho các ứng dụng thực tế. Các đặc tính khác cần được nghiên cứu về vật liệu này như: độ bền theo thời gian, độ co ngót, từ biến, các thí nghiệm trên kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ASTM C618-19, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete", *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2019.
- Braymand R. L. S., Ferraille A., Serres N., "Analyse du cycle de vie du béton de GBR" in in De Larrard F. & Colina H. (Dir.), *Le béton recyclé, Mame-la-Vallée - Ifsttar, Ouvrages Scientifiques*, OS14, 2018.
- BS EN 10080:2005, "Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - General", 2005.
- Chana, P. S., "A test method to establish realistic bond stresses", *Mag. Concr. Res.*, 42, 151, 83-90, 1990.
- De Larrard F. and Colina H. (Dir.), "Le béton recyclé. Mame-la-Vallée - Ifsttar", *Ouvrages S, OS14*, 2018.
- Hardjito D., "Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete", *Ph.D. Thesis, Curtin University of Technology*, Perth, Australia, 2005.
- Hardjito D., Rangan B.V., "Development and Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete", *Research Report GC1*, Curtin University of Technology, Australia, 2005.
- ISO 834-1, "Fire-Resistance Tests, Elements of Building Construction, Part 1: General Requirements.", *Geneva, Switzerland*, 1999.
- Kong D. L. Y., Sanjayam J. G. and Sagoe-Crentsil K., "Comparative performance of geopolymers made with metakaolin and fly ash after exposure to elevated temperatures", *Cem. Concr. Res.*, 37, 12, 1583-1589, 2007.
- Le H.B., and Bui Q.B., "Recycled aggregate concretes - A state-of-the-art from the microstructure to the structural performance", *Constr. Build. Mater.*, 257, 119522, 2020.
- Metelli G. and Plizzari G. A., "Influence of the relative rib area on bond behaviour", *Mag. Concr. Res.*, 66, 6, 277-294, 2014.
- Pacheco-Torgal Y. D. F., "Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste", *First ed, Woodhead Publishing*, 2013.
- Phan L. T., Lawson J. R. and Davis F. L., "Effects of elevated temperature exposure on heating characteristics, spalling, and residual properties of high performance concrete", *Mater. Struct.*, 34, 2, 83-91, 2001.
- Salahuddin H., Nawaz A., Maqsoom A., Mahmood T., and Zeeshan B. A., "Effects of elevated temperature on performance of recycled aggregate concrete", *Constr. Build. Mater.*, 202, 415-425, 2019.
- Sarhat S. R. and Sherwood E. G., "Residual Mechanical Response of Recycled Aggregate Concrete after Exposure to Elevated Temperatures", *J. Mater. Civ. Eng.*, 25, 11, 1721-1730, 2013.
- Sarker P. K., "Bond strength of reinforcing steel embedded in fly ash-based geopolymer concrete", *Mater. Struct.*, 44, 5, 1021-1030, 2011.
- Singh B., Ishwarya G., Gupta M. and Bhattacharyya S. K., "Geopolymer concrete: A review of some recent developments", *Constr. Build. Mater.*, 85, 78-90, 2015.
- TCVN 3118:1993, "Phương pháp xác định cường độ nén", *Tiêu chuẩn Việt Nam*, 1993.
- TCVN 7572-2:2006, "Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 2: Xác định thành phần hạt", *Tiêu chuẩn Việt Nam*, 2006.
- Varona F. B., Baeza-Brotons F., Tenza-Abril A. J., Baeza F. J. and Bañón L., "Residual Compressive Strength of Recycled Aggregate Concretes after High Temperature Exposure", *Materials*, 13, 8, 2020.
- Xiao J., Fan Y. and Tawana M. M., "Residual compressive and flexural strength of a recycled aggregate concrete following elevated temperatures", *Struct. Concr.*, 14, 2, 168-175, 2013.

Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam

Solutions to promote the use of ash and slag from coal-fired power plants as construction materials in the trend of circular economy in Vietnam

> **LÊ VĂN TUẤN, NGUYỄN QUỐC TOÀN***

Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: toannq@nuce.edu.vn

TÓM TẮT

Phát triển bền vững trở thành xu thế bao trùm trên thế giới, kinh tế tuần hoàn, tăng trưởng xanh đang là mô hình phát triển được nhiều quốc gia lựa chọn. Tại Việt Nam khuyến khích phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn để sử dụng tổng hợp và hiệu quả đầu ra của quá trình sản xuất là một trong những định hướng phát triển đất nước giai đoạn 2021-2030. Hiện nay, cùng với sự phát triển kinh tế của đất nước, nhu cầu tiêu thụ điện ngày một tăng dẫn đến khối lượng tro, xỉ tạo ra từ các nhà máy nhiệt điện đang ngày một tăng thêm, gây sức ép lớn đến môi trường. Việc sử dụng có ích tro, xỉ làm vật liệu trong xây dựng mang lại nhiều hiệu quả to lớn, bảo vệ môi trường, tiết kiệm diện tích đất làm bãi chứa, giảm sử dụng tài nguyên khoáng sản để sản xuất vật liệu xây dựng, đảm bảo phát triển bền vững. Sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và thực tiễn, nhóm tác giả đã nghiên cứu các vấn đề trọng tâm, từ đó đề xuất một số giải pháp nhằm thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng tại Việt Nam dưới góc độ quản lý nhà nước, góp phần phát triển mô hình Kinh tế tuần hoàn trong ngành xây dựng nói riêng và tại Việt Nam nói chung.

Từ khoá: Tro; xỉ; vật liệu xây dựng; kinh tế tuần hoàn

ABSTRACT

Sustainable development has become a worldwide trend, circular economy and green growth are the development models chosen by many countries. In Vietnam, along with the country's economic development, the increasing demand for electricity has led to an increase in the volume of ash and slag generated from thermal power plants, putting great pressure on the environment. Therefore, encouraging the development of a circular economy model to effectively and efficiently use the output of the production process is one of the country's development orientations for the period 2021-2030. The useful use of ash and slag as materials in construction brings great efficiency, environmental protection, saving land area for storage, reducing the use of mineral resources for the production of building materials. ensure sustainable development. Using theoretical and practical research methods, the authors have studied the key issues, thereby proposing some solutions to promote the use of ash and slag from coal-fired power plants as construction materials in Vietnam from the perspective of state management, contributing to the development of a circular economy model in the construction industry in particular and in Vietnam in general.

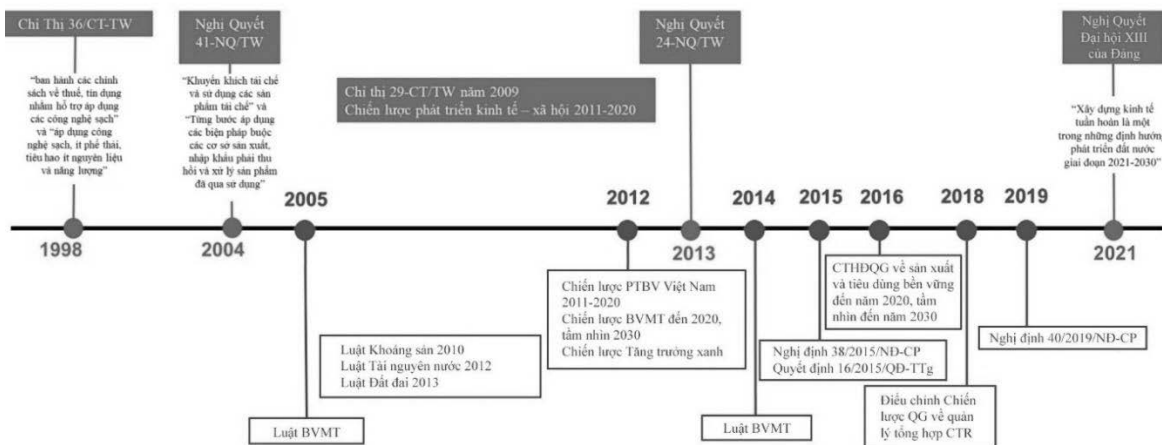
Keywords: ash, slag, construction materials, circular economy

1. GIỚI THIỆU

Để công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước cần có nhiều năng lượng điện. Khi nhu cầu năng lượng và tỷ lệ điện khí hóa tăng lên, than vẫn sẽ là nguồn nhiên liệu hóa thạch được tiêu thụ nhiều nhất để sản xuất điện. Nhiều nhà máy nhiệt điện than đã được xây dựng và vận

và xây dựng trong nền kinh tế tuần hoàn. Việc sử dụng tro, xỉ của các nhà máy nhiệt điện than (NMNĐT) đã và đang được đẩy mạnh nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên phạm vi toàn cầu.

Ở Việt Nam, hàng năm các nhà máy nhiệt điện than thải ra hàng chục triệu tấn tro, xỉ. Xu hướng này còn tiếp diễn lâu dài



Hình 1. Một số chủ trương của Đảng và pháp luật, chính sách của Nhà nước liên quan tới KTTH (nguồn: [6] và bổ sung của tác giả)

tấn/năm [2]. Tính đến đầu năm 2020, tổng khối lượng tro, xỉ lưu giữ tại bãi chứa của các nhà máy khoảng 47,65 triệu tấn [2]. Lượng tro, xỉ vẫn không ngừng tăng lên. Theo pháp luật Việt Nam thì tro, xỉ phải được phân định, phân loại; trường hợp không phải là chất thải nguy hại và đáp ứng các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật do cơ quan có thẩm quyền ban hành thì được sử dụng làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng (VLXD), san lấp mặt bằng, sử dụng trong các công trình xây dựng và được quản lý như đối với sản phẩm hàng hóa vật liệu xây dựng [1].

Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy tro, xỉ NMNĐT cần được coi là nguồn nguyên liệu, cần được khai thác, sử dụng để nâng cao hiệu quả kinh tế, vừa hạn chế tác động xấu đến môi trường. Khả năng sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than là rất lớn, cần được khuyến khích, thúc đẩy. Phương pháp truyền thống để tiêu thụ một lượng lớn tro, xỉ đó là sử dụng chúng trong lĩnh vực xây dựng. Trong lĩnh vực xây dựng, vật liệu xây dựng là tro, xỉ được sử dụng số lượng lớn mà không yêu cầu quá trình tiền xử lý phức tạp như với một số ngành công nghiệp khác, ví dụ như tro, xỉ được sử dụng để thay thế cho vật liệu truyền thống (đất, cát...) trong đắp đê, san lấp kết cấu, thi công đường sá, bê tông và các sản phẩm xi măng khác.

Với chiến lược phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn và mục tiêu đến năm 2030 tỷ lệ chất thải nguy hại được tiêu hủy, xử lý đạt 98% [4], vai trò của quản lý nhà nước sẽ vô cùng quan trọng. Nhiều giải pháp sẽ phải được đề xuất và triển khai thực hiện. Tại Việt Nam hiện nay còn thiếu các nghiên cứu khoa học dưới góc độ quản lý nhà nước về vấn đề thúc đẩy sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng gắn với phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn, bởi hầu hết các công trình nghiên cứu khoa học đều dành phần lớn cho phần kỹ thuật xử lý, sử dụng tro, xỉ và một phần nói về các vấn đề gây hại môi trường do ô nhiễm, tác hại đối với sức khỏe cộng đồng. Chính vì vậy, nghiên cứu giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ NMNĐT làm vật liệu xây dựng là hướng nghiên cứu đúng đắn và cấp thiết hiện nay nhằm góp phần phát triển mô hình "kinh tế tuần hoàn" trong ngành xây dựng nói riêng và cả nước nói chung

2. SƠ LƯỢC KINH TẾ TUẦN HOÀN TẠI VIỆT NAM

Tại Việt Nam, thuật ngữ Kinh tế tuần hoàn (KTTH) chưa được chính thức sử dụng trong pháp luật, chính sách của Nhà nước. Tuy nhiên, tại Đại hội XIII của Đảng năm 2021, KTTH đã được thể hiện trong Nghị quyết của Đảng. Những năm trước đây, nhiều yếu tố của KTTH đã được đề cập (hình 1). Việt Nam cũng đã có một số điển hình thành

công, như mô hình Vườn-Ao-Chuồng và các biến thể như Rừng-Vườn-Ao-Chuồng, hệ thống trồng cây-nuôi cá kết hợp (Aquaponics) (giúp thu hồi khí thải hoặc tận dụng thức ăn, dinh dưỡng).

Hoạt động kinh tế từ trước đến nay vẫn chủ yếu dựa trên cách tiếp cận kinh tế tuyến tính. Đây cũng là nguyên nhân cơ bản dẫn đến tình trạng thiếu hụt các nguồn tài nguyên thiên nhiên và đặc biệt là gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Để thực hiện phát triển nhanh, bền vững, giải quyết hài hòa mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường, chuyển đổi sang kinh tế tuần hoàn là hướng đi thích hợp. Hiện nay, ở Việt Nam chưa có những mô hình kinh tế tuần hoàn đầy đủ đúng nghĩa và việc học tập kinh nghiệm của các quốc gia đi tiên phong trong lĩnh vực này là rất quan trọng [7].

Thúc đẩy phát triển kinh tế tuần hoàn cho Việt Nam được xem như là một tất yếu của quá trình phát triển. Để thực hiện được định hướng này đòi hỏi phải có sự nỗ lực của mọi thành phần trong xã hội, đặc biệt doanh nghiệp là động lực trung tâm, nhà nước đóng vai trò kiến tạo, dẫn dắt và cộng đồng tham gia thực hiện để thay đổi cả về nhận thức và hành vi của toàn xã hội [5]. Một số bài học quan trọng với Việt Nam như sau [7]:

Thứ nhất, cần phải có một hành lang pháp lý rõ ràng cho hình thành, phát triển kinh tế tuần hoàn.

Thứ hai, cần áp dụng cách tiếp cận có hệ thống nhằm tạo ra sự phối hợp giữa các mục tiêu chính sách và tạo dựng sự liên kết giữa các bên liên quan như chính phủ, các doanh nghiệp khai thác và nguyên liệu thô, các nhà chế biến, sản xuất, phân phối, người tiêu dùng, đơn vị thu gom phế thải...

Thứ ba, cần phải phát triển một hệ thống luật, chính sách và quy định toàn diện về quản lý chất thải và đảm bảo tính tuần hoàn của vật liệu.

Thứ tư, cần có những chính sách đầu tư vào khoa học công nghệ để phát triển những công nghệ mới trong việc xử lý rác thải và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn nguyên liệu, cần có các chính sách cụ thể khuyến khích các doanh nghiệp tăng cường áp dụng công nghệ vào các quy trình sản xuất.

Thứ năm, cần xây dựng bộ chỉ số ở cấp độ vĩ mô, ngành, doanh nghiệp và sản phẩm để đo lường và đánh giá quá trình chuyển sang nền kinh tế tuần hoàn. Bộ chỉ số này phải được phát triển phù hợp với nhau chứ không nên được phát triển một cách độc lập để khuyến khích sự tham gia của các bên liên quan.

3. MỘT SỐ NỘI DUNG ĐÚC RÚT TỪ CÁC NGHIÊN CỨU NGOÀI NƯỚC VỀ SỬ DỤNG TRO, XỈ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAN

Ứng dụng của tro, xỉ trong xây dựng dân dụng là một trong những cách tốt nhất giảm thiểu các vấn đề về môi trường và xã hội

liên quan tới việc thải bỏ tro, xỉ. Có ba yếu tố chính ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng là: yêu cầu quá trình tiến xử lý (điều này có thể làm tăng chi phí cho quá trình sử dụng); tiềm năng gây ô nhiễm môi trường và hạn chế về kỹ thuật để thay thế vật liệu xây dựng thông thường với số lượng lớn [11].

- Về mặt số lượng, việc tiêu thụ tro, xỉ có thể được thực hiện một cách hiệu quả nhất thông qua xây dựng địa kỹ thuật. Tuy nhiên, trong trường hợp này sẽ có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Việc thay thế hoàn toàn đất thông thường bằng tro, xỉ cần được cân nhắc kỹ lưỡng, tuân thủ tiêu chuẩn liên quan [11].

- Theo quan điểm môi trường, ứng dụng tro, xỉ trong các sản phẩm tổng hợp gốc xi măng và gốc nhựa đường nên được nhân rộng. Các nguồn cốt liệu tự nhiên đang giảm dần, do đó việc sử dụng các phụ phẩm hay cốt liệu tái chế thay thế cho các cốt liệu tự nhiên được khuyến khích, đặc biệt là khi việc khai phá các mỏ quặng mới có thể dẫn tới phá hủy môi trường. Thay thế các cốt liệu thông thường bằng tro, xỉ mang lại lợi ích là bảo tồn tài nguyên thiên nhiên. Từ quan điểm kỹ thuật, nhiều nghiên cứu khuyến cáo rằng nên thay thế một phần tro, xỉ cho vữa và bê tông thông thường, ngoại trừ các ứng dụng vật liệu tổng hợp với mục đích đặc biệt [11].

- Cần có các nghiên cứu sâu hơn trong tương lai cùng với các ứng dụng nâng cao của tro, xỉ để đẩy nhanh việc ứng dụng tro, xỉ vào nhiều cơ sở hạ tầng khác nhau để có thể tận dụng được hơn nữa các đặc tính của tro, xỉ.

- Cần có sự hỗ trợ từ chính sách để thúc đẩy lợi ích của việc sử dụng tro, xỉ. Việc thành lập hệ thống tín dụng hoặc các tổ chức nghề nghiệp hỗ trợ cho việc tái sử dụng tro, xỉ hoặc chứng chỉ xanh/bền vững của vật liệu xây dựng có thành phần từ tro, xỉ cũng có thể kích thích việc sử dụng tro, xỉ. Ví dụ hệ thống chứng chỉ thông thường như LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), 'Green Globes', BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), và CFSH (Code for Sustainable Homes) [11].

- Do đặc tính cơ lý hóa của tro, xỉ là khác nhau vì thế việc quản lý tro, xỉ cũng phải khác nhau. Để sử dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu thô này và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, không chỉ các cơ quan khoa học cần tiến hành nghiên cứu mà cả các công ty nhiệt điện than cũng phải có trách nhiệm phát triển lĩnh vực này [10].

- Việc tăng cường sử dụng tro, xỉ có thể đạt được bằng nhiều cách. Có thể sử dụng các biện pháp khuyến khích về kinh tế. Sự phát triển của các công nghệ cho phép tạo ra được các nguyên liệu với thông số kỹ thuật tương đương, và đôi khi còn tốt hơn so với nguyên liệu truyền thống, là yếu tố chính để khuyến khích các công ty sử dụng tro, xỉ trong quá trình sản xuất của mình. Áp lực môi trường là một nội dung quan trọng. Khi các tổ chức không xử lý tro, xỉ của họ và chi phí cho việc lưu bãi (hoặc chôn lấp) tăng lên, họ sẽ phải tìm cách để tái chế chúng ở mức độ cao hơn trước [10]. Tái chế tro, xỉ là một ví dụ về hiệu quả kinh tế tuần hoàn, giúp đạt được mục tiêu kép về môi trường và kinh tế.

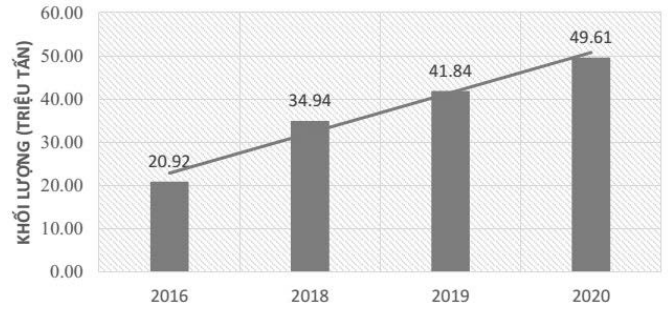
Các giải pháp nêu trên là bài học quý, có ý nghĩa thực tiễn cho Việt Nam trong việc quản lý và sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng.

4. THỰC TRẠNG SỬ DỤNG TRO, XỈ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAN LÀM VẬT LIỆU XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM VÀ DỰ BÁO LƯỢNG PHÁT THẢI TRO, XỈ CỦA CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAN

4.1. Thực trạng phát thải tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than

Năm 2020, Việt Nam có 25 NMNĐT đang hoạt động, phát thải ra tổng lượng tro, xỉ khoảng hơn 13 triệu tấn/năm (trong đó, tro bay chiếm từ 80% đến 85%). Lượng phát thải tập trung chủ yếu ở khu vực miền Bắc - chiếm 65%, miền Trung chiếm 23% và miền

Nam chiếm 12% tổng lượng thải [2].



Hình 2. Biểu đồ tổn trữ tro, xỉ qua các năm từ 2016-2020

Lượng tro, xỉ phát thải từ 4 nhóm chủ đầu tư như sau: 13 nhà máy nhiệt điện của EVN là hơn 8,66 triệu tấn chiếm 64% tổng lượng phát thải của cả nước; 6 nhà máy của TKV khoảng 3,02 triệu tấn, chiếm 15% tổng lượng phát thải của cả nước; 1 nhà máy của PVN là 0,784 triệu tấn chiếm khoảng 6% tổng lượng phát thải của cả nước; 5 nhà máy còn lại (BOT và các chủ đầu tư khác) phát thải khoảng 2,0 triệu tấn, chiếm 15% tổng lượng phát thải của cả nước [2].

Lượng tro, xỉ tồn trữ có xu hướng tăng dần, năm sau cao hơn năm trước từ năm 2016 tới nay (xem Hình 2). Lượng tồn trữ có sự tăng mạnh giữa năm 2016 và 2018, điều này nguyên nhân chủ yếu là do đến năm 2018 có nhiều NMNĐT đi vào hoạt động ổn định. Tuy nhiên cũng theo số liệu điều tra thực tế và các đơn vị báo cáo, tổng lượng tro, xỉ đã được tiêu thụ không lớn so với tổng lượng được thải ra hàng năm và không phân bố đều đối với từng nhà máy. Có những nhà máy đã bán hầu hết lượng xỉ, tro bay thải ra, trong khi đó có những nhà máy phải thải toàn bộ tro, xỉ ra bãi chứa hoặc tro, xỉ tại bãi chứa không được các đơn vị xử lý, sử dụng thu mua. Hiện nay nhà máy có lượng phát thải tro, xỉ (theo thiết kế) lớn nhất là nhà máy Nhiệt điện BOT Vĩnh Tân I (1,6 triệu tấn/năm) tại tỉnh Bình Thuận. Địa phương có lượng phát thải tro, xỉ nhiệt điện lớn nhất là tỉnh Quảng Ninh khoảng 6,7 triệu tấn/năm chiếm khoảng 35% tổng lượng phát thải của cả nước [2].

4.2. Tình hình sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng

Đến đầu năm 2020, tổng lượng tro, xỉ nhiệt điện đã tiêu thụ trên cả nước khoảng 34,5 triệu tấn tương đương với 42% tổng lượng phát thải qua các năm. Trong đó: EVN tiêu thụ được khoảng gần 23 triệu tấn; TKV tiêu thụ được khoảng hơn 6 triệu tấn; PVN tiêu thụ được khoảng gần 1,5 triệu tấn; Các nhà máy còn lại (BOT và các chủ đầu tư khác) tiêu thụ được khoảng 4 triệu tấn [2].



Hình 3. Biểu đồ sử dụng tro, xỉ trong các lĩnh vực khác nhau (nguồn [2], đơn vị: triệu tấn)

Tro, xỉ được sử dụng nhiều nhất là lĩnh vực làm phụ gia khoáng cho xi măng ước khoảng 24 triệu tấn; sản xuất gạch đất sét nung và gạch không nung ước khoảng 4 triệu tấn; làm phụ gia cho sản xuất bê tông tươi, bê tông cho các công trình thủy lợi, công trình giao thông (đường bê tông xi măng vùng nông thôn) và công trình xây dựng dân dụng (kết cấu móng khối lớn ít tòa nhiệt) ước khoảng 3 triệu tấn và làm vật liệu san lấp, đắp đường giao thông các loại khoảng 3,5 triệu tấn [2]. Các số liệu về tiêu thụ và ứng dụng tro, xỉ NMNĐT tại Việt Nam được mô tả bằng sơ đồ tại Hình 2 và Hình 3.



Hình 4. Tỷ trọng ứng dụng của tro, xỉ được sử dụng làm VLXD (nguồn [2])

4.3. Dự báo lượng phát thải tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than từ năm 2021 đến năm 2030

Việc dự báo lượng phát thải tro, xỉ NMNĐT sẽ được thực hiện tính toán trên cơ sở nhu cầu sử dụng than cho các nhà máy và dự báo về quy mô nguồn điện than trong các năm tiếp theo. Việc tính toán sẽ được đơn giản hóa và có thể thay đổi theo nhiều yếu tố không được xem xét ở đây. Tổng lượng phát thải tro, xỉ trong giai đoạn dự báo có thể bị ảnh hưởng, như có các công nghệ mới, nhu cầu năng lượng đột biến hay những thay đổi khó lường khác trên thị trường năng lượng trong nước và thế giới.

Lựa chọn số liệu tính toán:

- Số liệu về nhu cầu sử dụng than và quy mô nguồn điện than

Bảng 1. Sản lượng than tiêu thụ cho sản xuất điện giai đoạn 2010-2019 (triệu tấn)

Năm	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Than trong nước	8,27	10,78	10,85	11,55	15,98	24,22	28,68	26,63	33,06	35,06
Than nhập khẩu							1,70	4,06	7,24	17,24
Tổng cộng	8,27	10,78	10,85	11,55	15,98	24,22	30,38	30,69	40,30	52,30

(Nguồn: Tổng kết vận hành hàng năm của ĐĐQG)

Bảng 2. Các loại than đang sử dụng trong NMNĐ tại Việt Nam

Thành phần cơ bản của than	Đơn vị	Than 5a.1	Than 6a.1	Than antraxit Úc	Than Nam Phi	Than Sub-bitum
Nhiệt trị toàn phần	Kcal/kg	5600	4800	5044-5843	5204	4797
Độ tro	%	29	37,5	26,51-29,41	22,94-23,39	9,8
Độ ẩm toàn phần	%	8,5	8,5	9,09-10,46	10,81-11,27	30
Lưu huỳnh	%	0,65	0,65	0,66	0,59-0,65	0,85
Chất bốc khô	%	6,5	6,5	13,36-16,12	5,67-12	25-50

(Nguồn: Tập đoàn điện lực Việt Nam)

Đối với than trong nước: tổng sản lượng than có thể cấp cho điện năm 2020 khoảng 35 triệu tấn, năm 2025 khoảng 36,3 triệu tấn, năm 2030 khoảng 39,8 triệu tấn, năm 2035 khoảng 39,5 triệu tấn. Theo dự kiến khai thác than cho giai đoạn sau năm 2035, quy mô cung cấp than trong nước cho điện chỉ tối đa ở mức 39,5 triệu tấn/năm cho giai đoạn 2035-2045. Đối với nguồn nhập khẩu, Việt Nam có thể nhập than từ các nước Indonesia, Australia, Nam Phi và Nga. Nhu cầu than sẽ được tính toán theo 2 kịch bản về phụ tải là Kịch bản phụ tải cơ sở và Kịch bản phụ tải cao [9]. Bảng tổng hợp số liệu nhu cầu than cho 2 kịch bản được thể hiện tại Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 3. Dự báo nhu cầu than cho sản xuất điện (Kịch bản phụ tải cơ sở)

Đơn vị: triệu tấn/năm. Nguồn [9]

Năm	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Than trong nước	35,0	36,3	39,8	39,5	39,5	39,5
Than nhập khẩu	12,4	28,3	46,6	63,7	74,0	74,8
Tổng cộng	47,4	64,6	86,4	103,2	113,5	114,3

được xem xét trên Quy hoạch phát triển điện lực được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt năm 2016 theo Quyết định số 428/QĐ-TTg ngày 18/3/2016 (thường gọi là Quy hoạch điện VII), cụ thể: đến năm 2020 tổng công suất điện là 26.000MW, sản xuất khoảng 131 tỷ kWh điện, chiếm khoảng 49,3% điện sản xuất, tiêu thụ khoảng 63 triệu tấn than; đến năm 2025 tổng công suất khoảng 47.600MW, sản xuất khoảng 220 tỷ kWh điện, chiếm khoảng 55% điện sản xuất, tiêu thụ khoảng 95 triệu tấn than; đến năm 2030, tổng công suất khoảng 55.300MW, sản xuất khoảng 304 tỷ kWh, chiếm khoảng 53,2% điện sản xuất, tiêu thụ khoảng 129 triệu tấn than [8].

Tuy nhiên, đến năm 2020 sau 4 năm kể từ quy hoạch điều chỉnh được phê duyệt, đã có nhiều biến động lớn trong phát triển điện lực. Trong đó có sự chậm trễ và khó khăn trong việc xây dựng các nhà máy nhiệt điện, tổng công suất lắp đặt nguồn điện than là gần 18.000MW [2] đạt 79% so với quy hoạch. Trong cơ cấu công suất nguồn điện toàn quốc năm 2020, nhiệt điện than chiếm khoảng 30% [9], con số này giảm nhiều so với quy hoạch là 49,3%. Do đó nếu dự báo lượng phát thải tro, xỉ theo lượng tiêu thụ than tại Quy hoạch điện VII sẽ không sát với tình hình hiện tại.

- Nguồn than cấp cho các nhà máy nhiệt điện được lấy từ nguồn trong nước và nhập khẩu. Sản lượng tiêu thụ than cho sản xuất điện trong những năm qua được thể hiện tại Bảng 1. Các loại than đang sử dụng trong các NMNĐ được thể hiện tại Bảng 2.

Bảng 4. Dự báo nhu cầu than cho sản xuất điện (Kịch bản phụ tải cao)

Đơn vị: triệu tấn/năm. Nguồn [9]

Năm	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Than trong nước	35,0	36,3	39,8	39,5	39,5	39,5
Than nhập khẩu	12,4	29,6	51,6	75,5	90,2	96,1
Tổng cộng	47,4	65,9	91,4	115,0	129,7	135,6

Tính toán dự báo lượng phát thải tro, xỉ như sau:

- Có 2 kịch bản để dự báo khối lượng phát thải tro, xỉ theo kịch bản tiêu thụ than cho các NMNĐ.

- Lượng tro, xỉ sinh ra được tính theo Độ tro trung bình (tính trung bình cộng lấy từ Bảng 2) của từng loại than sử dụng cho các NMNĐT. Theo Bảng 2 thì độ tro trung bình của than trong nước là 33,3%, của than nhập khẩu là 25,6%. Kết quả tính toán được thể hiện tại Bảng 5.

Bảng 5. Dự báo lượng phát thải tro, xỉ NMNĐT tại Việt Nam

Đơn vị: triệu tấn

Năm	2025	2030	2035	2040	2045
Kịch bản phụ tải cơ sở	19,3	25,1	29,4	32,0	32,3
Kịch bản phụ tải cao	19,6	26,4	32,4	36,2	37,7

- Lượng phát thải tro, xỉ cộng dồn (nếu không được sử dụng) như sau (Bảng 3.7 và Hình 3.3): Năm 2025 = 49.613 (tấn chữ năm

2020 - Bảng 3.1) + 13 triệu tấn [2]*4+19,3 (Bảng 5). Cách tính tương tự cho các mốc 2030-2035-2040-2045.

Bảng 6. Dự báo lượng phát thải tro, xỉ cộng dồn của các NMNĐT tại Việt Nam

Đơn vị: triệu tấn

Năm	2025	2030	2035	2040	2045
Kịch bản phụ tải cơ sở	71,3	173,7	303,7	453,4	613,8
Kịch bản phụ tải cao	71,6	176,6	314,7	480,6	663,1

Như vậy trong vòng 10 năm tới, mặc dù lượng phát thải tro, xỉ giữa các kịch bản có sự chênh lệch không nhiều, nhưng lượng tro, xỉ cộng dồn nếu không được sử dụng (có ích) là lớn, từ đó sẽ gây áp lực rất lớn đến môi trường - xã hội, đặc biệt là tại các vùng có NMNĐT.

4.4. Rào cản với việc sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng ở Việt Nam

Thực trạng về tình hình sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng tại Việt Nam cho thấy, có 2 rào cản cơ bản là Kỹ thuật và Kinh tế. Rào cản thứ nhất về mặt kỹ thuật là vấn đề làm rõ hơn vấn đề chất độc hại có trong tro, xỉ ảnh hưởng thế nào đến con người và môi trường; chất lượng của vật liệu xây dựng làm từ tro, xỉ (có sự so sánh với các vật liệu truyền thống), thiết kế chất thải trong quá trình đốt than của các NMNĐT... Rào cản thứ hai là về kinh tế, đó là lợi ích kinh tế của việc sử dụng tro, xỉ ảnh hưởng đến người trực tiếp sử dụng; giá vật liệu từ tro, xỉ có thực sự ưu thế hơn các vật liệu truyền thống. Cụ thể như sau:

(1) Công nghệ đốt chưa hoàn thiện triệt để, vẫn tồn tại một số vấn đề về chất lượng tro, xỉ

Đối với các nhà máy sử dụng công nghệ lò hơi tầng sôi tuần hoàn (CFB), thạch cao và đá vôi dư luôn luôn được thải ra lẫn lộn cùng với tro bay. Việc thải lẫn tro bay và thạch cao cũng với lượng đá vôi dư của các nhà máy dùng công nghệ CFB dẫn đến khó phân tách thạch cao, xử lý đá vôi dư ra khỏi tro bay dẫn tới khó khăn trong quá trình sử dụng làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng.

Các nhà máy điện ở Việt Nam đang sử dụng một trong 3 công nghệ xử lý khí sulfur: Xử lý bằng nước biển; xử lý bằng bột đá vôi sau khi đốt; xử lý bằng bột đá vôi đốt kèm than. Hiện Việt Nam có 09/25 nhà máy đốt đá vôi kèm than dẫn đến tro bay có lẫn bột đá vôi nên khó làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng [2].

(2) Các chi phí gián tiếp cao

Mặc dù đã có tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật trong việc sử dụng tro, xỉ nhiệt điện làm vật liệu san lấp; tuy nhiên việc sử dụng tro, xỉ làm vật liệu san lấp vẫn chưa cạnh tranh được về giá thành so với các loại vật liệu san lấp truyền thống; trong khi đó một số đơn vị xả thải còn bán tro, xỉ thay vì có cơ chế hỗ trợ, khuyến khích các đơn vị tiêu thụ nên dẫn đến tiêu thụ chậm. Đồng thời, giá bán tro, xỉ khoảng 5.000đồng/m³, rất thấp và cũng chỉ đủ chi phí sửa chữa đường phục vụ cho xe vào lấy tro, xỉ.

Một số nhà máy có bãi chứa tro, xỉ nằm cách xa nơi tiêu thụ (các nhà máy sản xuất xi măng và các loại vật liệu xây dựng khác, các công trình xây dựng lớn) nên chi phí vận chuyển cao, việc sử dụng tro, xỉ chưa hấp dẫn về kinh tế - kỹ thuật nên khó tiêu thụ (trừ các trường hợp việc sử dụng tro bay làm phụ gia khoáng cho bê tông là yêu cầu bắt buộc đối với một số dự án thủy điện có hạng mục đập trọng lực khối lớn).

Việc vận chuyển tro, xỉ thải ra, các đơn vị vận chuyển đang sử dụng phương tiện vận chuyển là xe ô tô trên các đường quốc lộ, bắt buộc phải chạy đúng tải trọng cho phép, đảm bảo an toàn môi trường dẫn đến tổng chi phí vận chuyển tăng và không hấp dẫn các đơn vị vận chuyển.

(3) Các nhà máy nhiệt điện vẫn giữ tư duy tro, xỉ là chất thải rắn

cần chôn lấp, chưa coi đó là nguồn tài nguyên có giá trị

Hiện nay đối với các nhà máy có thuận lợi trong việc tiêu thụ tro, xỉ thì đa số mới chỉ tập trung vào việc tiêu thụ về mặt số lượng đối với lượng tro, xỉ thải ra chứ chưa ý thức đến việc các đơn vị thu mua, xử lý, sử dụng có đảm bảo được các tiêu chuẩn về vệ sinh môi trường, các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành để sản xuất vật liệu xây dựng hay không.

Một số chủ nguồn thải chưa thực sự chủ động, tích cực và ban hành các chính sách để thu hút các đơn vị xử lý, sử dụng tiêu thụ tro, xỉ.

(4) Các quy định pháp lý chưa đầy đủ và đồng bộ

- Văn bản hướng dẫn đồng xử lý tro, xỉ và hướng dẫn sử dụng tro, xỉ để hoàn nguyên mô chưa được ban hành.

- Việc yêu cầu các chủ cơ sở phát thải có trách nhiệm phân loại, xử lý tro, xỉ, thạch cao đảm bảo tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng trong công trình xây dựng. Trường hợp không đủ khả năng tự phân loại, xử lý tro, xỉ thì phải thuê đơn vị có đủ năng lực để thực hiện việc phân loại, xử lý tro, xỉ đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật làm vật liệu xây dựng [3]; đây là quy định đúng đắn và cần được thực thi, tuy nhiên chưa có lộ trình áp dụng, gây khó khăn cho các chủ phát thải, thêm vào đó là chưa có chính sách về mặt kinh tế để hỗ trợ doanh nghiệp thực hiện (do việc phân loại và xử lý tro, xỉ đạt chuẩn làm vật liệu xây dựng hiện không được đưa vào hạch toán giá điện) và chưa có chế tài cụ thể.

- Vấn đề về xử phạt hành chính cũng cần phải xem xét điều chỉnh:

Các hành vi vi phạm hành chính (VPHC) liên quan đến xử lý tro, xỉ được quy định tại khoản 5, khoản 6, Điều 39 Nghị định 139/2017/NĐ-CP ngày 27/11/2017 của Chính phủ "quy định xử phạt vi phạm hành chính trong hoạt động đầu tư xây dựng; khai thác, chế biến, kinh doanh khoáng sản làm vật liệu xây dựng, sản xuất kinh doanh vật liệu xây dựng; quản lý công trình hạ tầng kỹ thuật; kinh doanh bất động sản, phát triển nhà ở, quản lý sử dụng nhà ở và công sở":

Tro, xỉ không được xử lý có chứa các thông số nguy hại môi trường sẽ làm ô nhiễm đất, nước, không khí. Sự ô nhiễm này sẽ gây nguy hại cho con người, cho động, thực vật. Vì vậy, với các hành vi VPHC có gây thiệt hại thực tế thì ngoài việc xử phạt người vi phạm bằng hình thức xử phạt thì còn cần phải áp dụng các biện pháp cần thiết để khắc phục hậu quả do VPHC gây ra thì mới thực sự loại trừ được tính chất nguy hiểm cho xã hội của hành vi vi phạm. Nếu hậu quả của vi phạm hành chính không được khắc phục tối đa thì hậu quả đó có thể ảnh hưởng rất lâu dài.

Tại khoản 8, Điều 39 Nghị định 139/2017/NĐ-CP chỉ yêu cầu biện pháp khắc phục hậu quả "buộc thực hiện biện pháp khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường (nếu có) đối với hành vi quy định" là chưa đầy đủ và có tính răn đe.

Mặt khác, mức xử phạt phải tương xứng với mức độ nguy hiểm cho xã hội của hành vi vi phạm. Tại khoản b, mục 5, Điều 39, Nghị định 139/2017/NĐ-CP quy định xử phạt VPHC: Phạt tiền từ 70.000.000 đồng đến 80.000.000 đồng đối với cơ sở nhiệt điện "Không phân loại, sơ chế hoặc phân loại, sơ chế tro, xỉ, thạch cao không đảm bảo tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng theo quy định". Như vậy, dù lượng tro, xỉ có nhiều đến mức nào thì đều xử phạt giống nhau.

5. GIẢI PHÁP NHẪM THÚC ĐẨY SỬ DỤNG TRO, XỈ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAN LÀM VẬT LIỆU XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM

5.1. Ứng dụng lý thuyết kinh tế tuần hoàn trong phân tích, sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng

Điểm đặc trưng của kinh tế tuần hoàn cho thấy là việc sử dụng

chất thải của quá trình trước là nguyên liệu cho quá trình sau. Như vậy việc sử dụng có ích tro, xỉ (trong đó có làm vật liệu xây dựng) là một mắt xích không thể thiếu trong mô hình kinh tế tuần hoàn. Mô hình đề xuất trong sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng gồm các nội dung như sau (Hình 4):

(1) Khai thác than nguyên liệu - (2) Chế biến than đạt chuẩn - (3) Đưa vào làm nguyên liệu đốt cho NMNĐT - (4) Thu gom tro, xỉ (có thể tại bãi chứa của NMNĐT hoặc của đơn vị thu mua, đơn vị quản lý) - (5) Thiết kế/tìm kiếm/lựa chọn ứng dụng - (6) Sản xuất - (7) Vận chuyển - (8) Sử dụng, tái sử dụng - (9) Thu gom - (10) Tái chế.



Hình 5. Mô hình tuần hoàn sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng

Theo mô hình này thì ở mỗi bước (từ bước thứ 5 trở đi) đều có thể xảy ra việc tồn dư tro, xỉ không sử dụng hết. Khi đó lượng tồn dư này lại quay về bãi chứa để chuẩn bị cho các bước tiếp theo. Việc tái sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng đã kéo theo rất nhiều ngành/công việc liên quan phát triển, như: vận tải, máy xây dựng, nghiên cứu khoa học công nghệ liên quan... tạo ra nhiều việc làm cho xã hội.

Dựa trên các bài học được đúc rút, để mô hình trên được hoạt động tốt, các nội dung bổ trợ cần thực hiện:

Thứ nhất, cần phải có một hành lang pháp lý rõ ràng cho phát triển kinh tế tuần hoàn trên phạm vi cả nước, từ đó sẽ tạo điều kiện tạo nên vòng kinh tế tuần hoàn nhỏ trong sử dụng tro, xỉ NMNĐT được hoạt động trơn tru.

Thứ hai, cần tạo ra sự phối hợp giữa các mục tiêu chính sách (chính sách về quản lý chất thải rắn, chính sách về khuyến khích sử dụng tro, xỉ, chiến lược về phát triển vật liệu xây dựng, chính sách về sử dụng tài nguyên thiên nhiên như cát, sỏi...) và tạo dựng sự liên kết giữa các bên liên quan như chính phủ, các doanh nghiệp khai thác/cung cấp than, tuyển than, phân phối, nhà khoa học trong việc thiết kế các ứng dụng, người tiêu dùng, đơn vị thu gom phế thải...

Thứ ba, cần có những chính sách đầu tư vào khoa học công nghệ để phát triển những công nghệ mới trong việc sử lý tro, xỉ và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn nguyên liệu than. Nhà nước cũng cần có các chính sách cụ thể khuyến khích các doanh nghiệp tăng cường áp dụng công nghệ vào các quy trình sản xuất.

Thứ tư, cần xây dựng bộ chỉ số ở cấp độ vĩ mô, ngành, doanh nghiệp và sản phẩm để đo lường và đánh giá quá trình chuyển sang nền kinh tế tuần hoàn. Bộ chỉ số này phải được phát triển phù hợp với nhau để khuyến khích sự tham gia của các bên liên quan.

5.2. Bổ sung, hoàn thiện một số chính sách

Phạm vi của chính sách hướng đến là thúc đẩy việc sử dụng tro, xỉ vào các dự án, công trình sử dụng vốn đầu tư công. Đối tượng được tập trung đến là các sản phẩm xi măng, bê tông, vật liệu san lấp, vật liệu làm nền đường và gạch không nung.

Cụ thể như sau:

(1) Chính sách về tăng cường sử dụng tro bay trong xi măng, bê tông thương phẩm

Căn cứ các số liệu về sản lượng, tiêu thụ và dự báo sản lượng của ngành xi măng, dựa trên các tiêu chuẩn hiện hành tại Việt Nam thì rõ ràng ngành xi măng là nơi tiêu thụ tro, xỉ tiềm năng và khả thi cao. Nhiều nhà máy xi măng tại Việt Nam hiện nay đã và đang sử dụng tro bay làm thành phần pha trộn. Tuy nhiên chưa có quy định cụ thể nào mang tính bắt buộc cho việc sử dụng này. Từ đó, tác giả đề nghị cơ quan quản lý yêu cầu ngành xi măng phải sử dụng tro bay trong xi măng với tỷ lệ là từ 9-11%. Khi đó, lượng tiêu thụ tro bay hàng năm cho đến năm 2030 tối thiểu đạt được từ 9,0 - 11,0 triệu tấn/năm.

Theo thống kê của Bộ Xây dựng, trong năm 2019, Việt Nam sử dụng khoảng 140 triệu tấn m³ bê tông, trong đó 50% được sản xuất tại các cơ sở sản xuất bê tông thương phẩm và 50% được sản xuất thủ công. Dự báo sản lượng bê tông theo chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thì đến năm 2030 sản lượng bê tông ở mức 250 - 270 triệu m³. Với công nghệ phân nước hiện nay đã cho phép sử dụng tro, xỉ như một thành phần trong cấp phối của bê tông. Ở nhiều nước trên thế giới, việc sử dụng tro, xỉ trong bê tông thương phẩm đã trở thành bắt buộc, ví dụ như ở Canada hầu như tất cả bê tông đều chứa từ 10 đến 25% tro bay. Do đó, cần phải có quy định cụ thể về sử dụng tro, xỉ trong bê tông thương phẩm phù hợp với từng địa phương, khu vực có đặt NMNĐT.

(2) Bổ sung chính sách hỗ trợ và ưu đãi cho việc sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng

- Tạo lập các chính sách ưu đãi về thuế để thúc đẩy sử dụng tro, xỉ làm vật liệu xây dựng như: Miễn thuế giá trị gia tăng trong một số sản phẩm xây dựng làm từ tro, xỉ; Giảm thuế thu nhập doanh nghiệp cho các doanh nghiệp trực tiếp sản xuất vật liệu xây dựng từ tro, xỉ.

- Bổ sung thêm trường hợp được ưu đãi trong đấu thầu theo quy định của pháp luật đấu thầu: Áp dụng cho các nhà thầu có sử dụng tro, xỉ hoặc các sản phẩm từ tro, xỉ đảm bảo yêu cầu kỹ thuật vào các dự án đầu tư xây dựng công trình.

- Chính sách hỗ trợ sử dụng tro, xỉ:

+ Nghiên cứu quy định: chi phí vận chuyển tro, xỉ lên trong khoảng cách 100 km từ nhà máy điện phải do đơn vị sản xuất chịu trách nhiệm. Chi phí vận chuyển từ 100 đến 300 km sẽ được chia sẻ giữa bên sản xuất điện và người tiêu dùng. Khuyến khích các nhà máy nhiệt điện vận chuyển tro, xỉ đến người tiêu dùng miễn phí.

+ Thành lập hệ thống tín dụng hoặc các tổ chức nghề nghiệp hỗ trợ cho việc tái sử dụng tro, xỉ hoặc chứng chỉ xanh/bền vững của vật liệu xây dựng có thành phần từ tro, xỉ để kích thích việc sử dụng tro, xỉ.

+ Yêu cầu các dự án đầu tư xây dựng công trình, sử dụng vốn Nhà nước phải sử dụng tro, xỉ hoặc các sản phẩm vật liệu xây dựng có tro, xỉ nếu vật liệu, sản phẩm này đảm bảo hiệu quả kinh tế - kỹ thuật.

(3) rà soát, sửa đổi, hoàn thiện một số quy định pháp luật

- Đối với vi phạm hành chính theo quy định tại Điều 39, Nghị định 139/2017/NĐ-CP cần nghiên cứu bổ sung biện pháp khắc phục hậu quả:

+ Buộc thực hiện bổ sung thiết kế, xây dựng dây chuyền, thiết bị xử lý tro, xỉ theo quy định.

+ Để có tính răn đe cao hơn có thể phải dùng tới biện pháp như tạm dừng hoạt động của nhà máy, thậm chí đóng cửa nhà máy khi chưa khắc phục hoàn toàn.

Bảng 7. Khuyến nghị phát triển thị trường tro, xỉ

Khó khăn của các bên liên quan	Nguyên nhân	Khuyến nghị cho nhà nước
Hạn chế đối với đơn vị phát thải tro, xỉ, bao gồm việc thiếu nhu cầu đối với các sản phẩm từ tro, xỉ	Còn thiếu các quy định pháp luật, văn bản hướng dẫn về việc sử dụng tro, xỉ	Các tiêu chí đặt ra với tro, xỉ, ở khu vực có công trình xây dựng, nên được áp dụng ngay ở giai đoạn thiết kế cơ sở; Hỗ trợ, bao gồm các khoản thuế ưu đãi cho các công ty xử lý tro, xỉ, áp dụng các công nghệ để mở rộng việc sử dụng tro, xỉ, khuyến khích sử dụng tro, xỉ trong sản xuất VLXD, công trình dân dụng và xây dựng đường bộ.
Bất tiện đối với các Người sử dụng sản phẩm tro, xỉ	Người sử dụng chưa tin tưởng vào các sản phẩm tro, xỉ	Thực hiện các chương trình tuyên truyền cho người dân và những khách hàng tiềm năng của tro, xỉ
	Rủi ro đến từ các hợp đồng lâu dài	Ưu đãi đối với các sản phẩm tro, xỉ; Các khoản cho vay ưu đãi.
Rủi ro cho nhà máy nhiệt điện trong việc giảm lượng khí thải hoặc tăng chất lượng của tro, xỉ trong tương lai	Tro, xỉ vẫn bị coi là chất thải nguy hại	Phát triển các loại chứng chỉ tro, xỉ nhằm mục đích đưa chúng vào lưu thông kinh tế sau này
	Chi phí cho nhà máy nhiệt điện cao	Tạo các khoản vay ưu đãi cho các dự án đầu tư cải thiện hệ thống xử lý tro, xỉ; Khả năng xem xét chi phí xử lý, tro vào hạch toán giá điện; Ưu đãi cho hệ thống vận tải đường sắt dành cho tro, xỉ.

+ Để đảm bảo xử phạt vi phạm hành chính đúng với tính chất, mức độ, hậu quả của vi phạm thì cần có những khung tiền phạt trên cơ sở có định lượng cụ thể đối với hành vi và biên độ giữa mức nguy hiểm nhất và ít nguy hiểm nhất của hành vi.

- Xem xét xác định lộ trình cho việc thực hiện quy định tại khoản 1, điều 9 Nghị định số 09/2021/NĐ-CP ngày 09/2/2021 về quản lý vật liệu xây dựng phù hợp với thực trạng các NMNĐT đang hoạt động.

5.3. Khuyến nghị khác cho Nhà nước để phát triển thị trường tro, xỉ ổn định

Các khuyến nghị sau đây có thể giảm thiểu khó khăn cho các nhà kinh doanh, kích thích thị trường cho các nhà sản xuất và tiêu thụ chất thải tro, xỉ và mang lại lợi ích cho chính nhà nước với tư cách là bên liên quan chính trong quá trình tái chế tro, xỉ.

6. KẾT LUẬN

Bài viết nêu lên thực trạng phát thải tro, xỉ ở các nhà máy nhiệt điện than trên lãnh thổ Việt Nam, đưa ra các số liệu tổng quát về việc đã sử dụng và tồn tại tro, xỉ tại các nhà máy. Qua đó để thấy được tính cấp thiết cần phải xử lý lượng tro, xỉ tồn đọng chưa được sử dụng, nguy cơ phải gia tăng diện tích bãi thải làm ảnh hưởng đến điều kiện tự nhiên, xã hội nơi đặt nhà máy. Qua nghiên cứu thực trạng phát thải tro, xỉ, trong điều kiện Việt Nam hiện tại, tác giả đề xuất các giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhiệt điện than làm vật liệu xây dựng tại Việt Nam, góp phần phát triển mô hình “kinh tế tuần hoàn” trong ngành xây dựng nói riêng và cả nước nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019), *Văn bản hợp nhất số 09/VBHN-BTNMT của Nghị định về quản lý chất thải và phế thải*, Hà Nội, ngày 25/10/2019.
2. Bộ Xây dựng (2020), *Báo cáo tình hình triển khai thực hiện Quyết định số 452/QĐ-TTg*, Hà Nội.

3. Chính phủ (2021), Nghị định số 09/2021/NĐ-CP ngày 09/2/2021 về quản lý vật liệu xây dựng, Hà Nội.
4. Đảng Cộng sản Việt Nam, *Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2021 - 2030*, Văn kiện Đại hội Đại biểu toàn quốc lần thứ XIII, Hà Nội, 2021.
5. Trần Hồng Hà (2019), *Định hướng một nền kinh tế tuần hoàn trong thời kỳ cách mạng công nghệ 4.0*, Tạp chí khí tượng thủy văn ngày 20/12/2019.
6. Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Trọng Hạnh (2019), *Thực hiện kinh tế tuần hoàn: Kinh nghiệm quốc tế và gợi ý cho chính sách Việt Nam*, VNU Journal of Science: Economics and Business, Vol. 35, No. 4 (2019) 68-81.
7. Nguyễn Anh Thu, Nguyễn Thị Thanh Mai (2020), *Chính sách thúc đẩy kinh tế tuần hoàn kinh nghiệm của Đức và bài học cho Việt Nam*, Ấn bản kỷ niệm 45 năm quan hệ ngoại giao Việt Nam - Đức, tr161-171, Hà Nội.
8. Thủ tướng Chính phủ (2016), *Quyết định số 428/QĐ-TTg ngày 18/3/2016 Phê duyệt điều chỉnh quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến 2030*, Hà Nội.
9. Viện Năng lượng - Bộ Công thương (2/2021), *Đề án: Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến 2045 (Tập 1: Thuyết minh chung)*, Hà Nội.
10. Ewa Strzałkowska (2021), *Fly ash - a valuable material for the circular economy*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi - Mineral Resources Management 37(2), 49-62.
11. H. K. Kim, H. K. Lee, “Coal Bottom Ash in Field of Civil Engineering: A Review of Advanced Applications and Environmental Considerations”, *KSCE Journal of Civil Engineering* (2015) 19(6):1802-1818, 2014.

Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện với xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất lượng cao hạt mịn không xi măng

Research on combination of fly ash and blast furnace slag to make high-performance fine-grained concrete without cement

> TĂNG VĂN LÂM¹; VŨ KIM DIỄN²; BULGAKOV BORIS IGOREVICH³

¹ Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Email: lamvantang@gmail.com

² Bộ môn Công nghệ Bê tông và Chất kết dính, Trường Đại học xây dựng quốc gia Mát-cơ-va, D.26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Liên Bang Nga
Email: kimdienxdtb@gmail.com; Tel: +7968 516 46 89

³ Bộ môn Công nghệ Bê tông và Chất kết dính, Trường Đại học xây dựng quốc gia Mát-cơ-va, D.26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Liên Bang Nga
Email: fakultetst@mail.ru; Tel: +7 910 453 79 85

TÓM TẮT:

Trong bài viết này, nhóm tác giả đã sử dụng tro bay kết hợp với xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất lượng cao hạt mịn không sử dụng xi măng. Trong đó, tro bay và xỉ lò cao được sử dụng như là vật liệu aluminô-silicat, dung dịch NaOH và Na₂SiO₃ được sử dụng như dung dịch kiềm kích hoạt. Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định bằng độ chảy xê trong côn hình nón cụt, cường độ của bê tông được xác định trên mẫu có kích thước 40x40x160mm. Mục tiêu của nghiên cứu là chế tạo hỗn hợp bê tông hạt mịn có tính công tác tốt và cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt trên 60MPa. Ngoài ra, tỷ lệ giữa dung dịch kiềm kích hoạt với vật liệu aluminô-silicat được khảo sát là 0,40. Những kết quả thu được cho thấy triển vọng tái sử dụng các chất thải rắn công nghiệp để chế tạo bê tông chất lượng cao với thành phần không chứa xi măng.

Từ khóa: Bê tông chất lượng cao hạt mịn; dung dịch kiềm hoạt; tro bay, xỉ lò cao, cường độ nén.

ABSTRACT:

In this article, fly ash in thermal power plants combined with blast furnace slag is used to make high-performance fine-grained concrete without using cement. In which, fly ash and blast furnace slag are used as aluminô-silicate materials, NaOH and Na₂SiO₃ solutions are used as the alkali-activator solution. The workability of the concrete mixture is determined by a flow of a truncated cone with size 100x70x60mm, the strength of the concrete is determined on the sample size 70.7x70.7x70.7mm. The objectives of the research are to make a fine-grained concrete mix with good workability and compressive strength at the age of 28 days reaching over 60MPa. Further, the ratio between the alkali-activator solution and the aluminô-silicate material is 0.40. The obtained results show that the prospect of reusing industrial solid wastes to produce high-performance fine-grained concrete with cement-free composition.

Keywords: High-performance fine-grained concrete; Alkali-activator; fly ash; granulated blast furnace slag; compression strength.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tro bay nhiệt điện và xỉ luyện kim là hai trong số những vật liệu nhân tạo phức tạp và phong phú nhất hiện nay trên thế giới. Tro bay là bụi khí thải dưới dạng hạt mịn thu được từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than đá trong các nhà máy nhiệt điện chạy than, là phế thải thoát ra từ buồng đốt qua ống khói nhà máy (Efficiency, 2007; Hardjito et al., 2008; Worrell et al., 2001). Tro bay được tận

thu từ ống khói qua hệ thống nổi hơi tinh luyện để loại bỏ bớt các thành phần tạp chất hữu cơ chưa cháy hết. Thành phần của tro bay thường chứa nhiều pha tinh thể như các silic oxit, nhôm oxit, canxi oxit, sắt oxit, magie oxit và lưu huỳnh oxit, ngoài ra có thể chứa một lượng than chưa cháy hết. Xỉ lò cao là phế thải của ngành công nghiệp luyện gang thép, thải phẩm ở dạng hạt có đường kính từ 10÷200 mm (Kiều et al., 2020; Lam et al., 2018; Trần et al.,

2017). Đây là sản phẩm phụ của quá trình nhiệt luyện quặng sắt thành gang.

Hiện nay, cùng với quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đang phát triển vượt bậc ở Việt Nam, nhu cầu sử dụng năng lượng điện đốt than và gang, thép, hợp kim ngày càng cao. Điều này dẫn tới lượng phát thải tro bay và xỉ lò cao ngày càng lớn, lượng phế thải rắn này đang tồn chứa tại các bãi thải ngày càng nhiều (Nguyễn et al., 2019; Van et al., 2018). Nếu không được xử lý đúng cách, nó có thể gây ô nhiễm nước và đất, phá vỡ các chu kỳ sinh thái và gây nguy hiểm cho môi trường (Nguyễn et al., 2021; Tahr et al., 2021).

Việc nghiên cứu xử lý, tái chế tro xỉ một cách triệt để không chỉ là một vấn đề cấp thiết đối với nước ta mà còn trên toàn thế giới vì điều này mang đến những lợi ích kép: (i) - một mặt giải quyết được vấn đề chiếm đất do phải làm các bãi xỉ thải và vấn đề ô nhiễm môi trường, (ii) - mặt khác tận dụng được các vật liệu thải và do đó, tiết kiệm có hiệu quả nguồn nguyên liệu thiên nhiên không tái tạo được (Abdulmatin et al., 2018; Abbil et al., 2020). Nhiều nỗ lực tích cực đã được thực hiện trong việc xử lý tro xỉ, ví dụ như sử dụng làm phụ gia khoáng trong xi măng (Nguyễn et al., 2018); thay thế một phần đất sét để sản xuất Clanhke xi măng (Argiz et al., 2018; Bui, 2010); dùng trong sản xuất gạch không nung (Tuyen et al., 2018; Kiều et al., 2020); làm vật liệu san lấp mặt bằng công trình, hoàn nguyên mỏ, làm đường giao thông; cải thiện đất nông nghiệp (Phạm et al., 2007)... Tuy nhiên, những ứng dụng này không đủ để sử dụng triệt để các nguồn tro xỉ được thải ra, phần còn các chất thải vẫn được tồn chứa trong các bãi thải tro xỉ của các nhà máy (Tăng và Vũ, 2020). Trong tương lai, khi các hạn chế xử lý nghiêm ngặt hơn, thu hẹp không gian bãi xỉ thải và chi phí xử lý leo thang là điều không thể tránh khỏi, do đó bắt buộc phải phát triển thêm các kỹ thuật tái chế và tận thu mới cho tro, xỉ.

Geopolymer là một loại chất kết dính mới được phát triển bởi nhà hóa học người Pháp Joseph Davidovits từ những năm 70 nhằm thay thế cho các loại xi măng truyền thống (Davidovits, 1999; Ferdous et al., 2013). Vật liệu Geopolymer được tổng hợp từ các vật liệu Alumino-silicate như tro bay, metakaolin, xỉ luyện kim trong dung dịch alkaline hydroxide (NaOH, KOH) và/hoặc dung dịch alkali silicate (Na_2SiO_3) ở nhiệt độ phòng (Fernández-Jiménez et al., 2006; Hanjitsuwan et al., 2014). Đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới đã cho thấy geopolymer có nhiều ưu điểm so với xi măng Portland truyền thống, như cường độ cao, có khả năng chịu được nhiệt độ cao và đặc biệt là có khả năng chịu ăn mòn axit và sulfate cao hơn nhiều so với xi măng Portland truyền thống, do đó có thể ứng dụng trong kết cấu bê tông và bê tông cốt thép tại các công trình bảo vệ bờ biển hoặc các đường ống dẫn chất thải công nghiệp (Hardjito et al., 2005; Palomo et al., 1999; Rangan, 2008). Đây có thể coi là một loại vật liệu "thân thiện với môi trường" do có thể chế tạo bằng cách tận dụng vật liệu thải như tro bay, xỉ lò cao... Mặc dù có nhiều ưu điểm nổi trội và có khả năng tiềm tàng để thay thế cho bê tông xi măng truyền thống nhưng cho tới hiện tại, ở Việt Nam, các nghiên cứu về bê tông geopolymer cường độ cao, bê tông geopolymer chất lượng cao còn rất hạn chế và chưa được quan tâm nhiều.

Các nghiên cứu trong và ngoài nước (Lloyd và Rangan, 2010; Wallah và Rangan, 2006; Nguyễn et al., 2019; Nguyễn et al., 2020; Tahr et al., 2021) đã khẳng định có thể khai thác sử dụng các thải phẩm của các nhà máy nhiệt điện đốt than và công nghiệp luyện kim là tro bay và xỉ lò cao để chế tạo các loại bê tông mới không sử dụng xi măng truyền thống, góp phần bảo vệ môi trường và tận dụng triệt để hơn các loại thải phẩm công nghiệp. Tuy nhiên, song song với những kết quả đã đạt được, vẫn còn tồn tại nhiều vấn đề khoa học chưa được giải quyết để có thể đẩy mạnh ứng dụng loại vật liệu "xanh" này vào thực tế.

Nhiều nghiên cứu (Xie et al., 2015, Nguyễn et al., 2019; Rattanasak và Chindaprasirt, 2009) đã cho thấy nhược điểm chính của bê tông sử dụng chất kết dính không xi măng từ hỗn hợp tro bay nhiệt điện kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa là khả năng đóng rắn và phát triển cường độ rất chậm ở nhiệt độ phòng. Còn nhược điểm chính của bê tông sử dụng chất kết dính không xi măng từ hỗn hợp xỉ lò cao kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa là có hiện tượng co khô lớn khi đông cứng và rắn chắc (Kumar et al., 2010; Kiều et al., 2020; Nguyễn et al., 2020). Sự kết hợp giữa xỉ lò cao và tro bay có thể giải quyết vấn đề này, với tỷ lệ tro bay/xỉ lò cao bằng 25/75 đến 75/25, mẫu thí nghiệm phát triển cường độ tốt ở nhiệt độ môi trường (Huang et al., 2020; Nguyễn et al., 2021).

Do đó, mục đích của nghiên cứu là sử dụng tro bay nhiệt điện Phả Lại kết hợp với xỉ lò cao Hòa Phát để chế tạo bê tông chất lượng cao hạt mịn không sử dụng xi măng Portland. Trong đó, tro bay và xỉ lò cao được sử dụng như là vật liệu alumino-silicat, dung dịch 14M NaOH và Na_2SiO_3 với modun Silica $M_{\text{Si}} = 2,5$ được sử dụng như dung dịch kiềm kích hoạt. Nghiên cứu này đã khảo sát tỷ số giữa xỉ lò cao và tro bay dao động từ 30/70 đến 70/30.

Mục tiêu của nghiên cứu là chế tạo hỗn hợp bê tông hạt mịn có tính công tác tốt và cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt trên 60MPa. Ngoài ra, tỷ lệ giữa dung dịch kiềm kích hoạt với vật liệu alumino-silicat được khảo sát tại giá trị là 0,40. Những kết quả thu được cho thấy triển vọng tái sử dụng các chất thải rắn công nghiệp để chế tạo bê tông chất lượng cao với thành phần không chứa xi măng.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

2.1.1. Nguyên vật liệu Alumino-silicate (ALS) gồm tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ luyện kim Hòa Phát (Hình 1)

(i). Tro bay (TB) loại F của nhà máy nhiệt điện "Phả Lại" thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014 và ASTM C618-03;

(ii). Xỉ luyện kim hoạt hóa nghiên cứu (Xi) được lấy trực tiếp từ khu liên hợp gang thép "Hòa Phát" thỏa mãn theo TCVN 11586:2016. Thành phần hóa học và các tính chất vật lý cơ bản của tro bay Phả Lại và xỉ luyện kim Hòa Phát được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2.



Hình 1 - Tro bay nhiệt điện Phả Lại (a) và xỉ luyện kim Hòa Phát (b)

Bảng 1- Thành phần hóa học của Tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ luyện kim Hòa Phát

Loại vật liệu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	Lượng mất khi nung
Tro bay	54,2	23,3	9,8	2,5	1,4	1,1	0,6	1,2	1,4	4,5
Xỉ luyện kim	36,3	12,6	3,4	5,7	0,4	0,3	-	40,1	-	1,2

Bảng 2- Các tính chất vật lý của Tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ luyện kim Hòa Phát

Loại vật liệu	Tỷ diện bề mặt riêng (m ² /g)	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Khối lượng thể tích khô (kg/m ³)	Lượng nước yêu cầu (%)
Tro bay	5,82	2,35	1575	101
Xỉ luyện kim	0,92	2,92	1550	145

Bên cạnh đó, sử dụng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) trên thiết bị "D8 Advance-Bruker" để nghiên cứu thành phần pha, thành phần khoáng và cấu trúc tinh thể của tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ luyện kim Hòa phát.

Giản đồ XRD của của vật liệu Alumino-silicat đã được thể hiện trên Hình 2 và Hình 3.



Hình 2 – Giản đồ nhiễu xạ XRD của tro bay nhiệt điện Phả Lại



Hình 3 - Giản đồ nhiễu xạ XRD của xỉ luyện kim Hòa Phát

Quan sát giản đồ XRD của mẫu tro bay Phả Lại (Hình 2) và xỉ lò cao Hòa Phát (Hình 3) có thể thấy thành phần pha chủ yếu của mẫu tro bay và xỉ lò cao là ở dạng vô định hình và một phần pha tinh thể, cụ thể là:

(i) - Thành phần pha vô định hình (SiO_2 và Al_2O_3 hoạt tính) trong mẫu vật liệu dễ dàng bị hoà tan trong quá trình hoạt hoá vật liệu nên tro bay và xỉ lò cao là vật liệu giàu silic và nhôm, có tiềm năng để tạo vật liệu không nung tự đông rắn trong môi trường dung dịch kiềm mạnh.

(ii) - Thành phần pha tinh thể đặc trưng nhất của mẫu tro bay là quatz và mullite, đây là pha khó bị hoà tan trong dung dịch kiềm hoạt hoá. Đối với mẫu xỉ lò cao, hầu như không tồn tại bất kỳ pha tinh thể nào, nên xỉ lò cao dễ dàng bị hoà tan bởi dung dịch kiềm hoạt hoá. Do đó tỷ lệ tro bay/xỉ lò cao ảnh hưởng trực tiếp đến các tính chất của bê tông sử dụng chất kết dính không xi măng.

2.1.2. Dung dịch kiềm kích hoạt

Hỗn hợp dung dịch kiềm kích hoạt có vai trò là chất hoạt hóa, thúc đẩy quá trình geopolymer hóa, khử nguyên tử Al, Si trong vật liệu alumino-silicate và đồng thời tăng mức độ hòa tan (ăn mòn bề mặt) các hạt tro bay và xỉ trong nguyên vật liệu alumino-silicate đã sử dụng trong thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông.

Dung dịch hoạt hóa trong nghiên cứu này sử dụng là hỗn hợp Natri hydroxyt – NaOH (dạng rắn) và dung dịch Natri silicat – Na_2SiO_3 .



(a). Natri hidroxit dạng rắn



(b). Dung dịch Natri silicat

Hình 4 - Dung dịch kiềm hoạt hóa

(a). Natri hydroxyt

Natri hydroxyt (NaOH) sử dụng ở dạng rắn (dạng vảy khô) có tên là "Caustic Soda Flake 99%" được đặt mua tại công ty hóa chất Việt Nhật. Natri hydroxyt có màu trắng đục và độ tinh khiết 99%. Natri hydroxit thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 3794: 2009 và TCVN 3793:1983. Dung dịch Natri hydroxyt thu được bằng cách pha NaOH dạng rắn vào nước để đạt được nồng độ mol theo yêu cầu. Quá trình chuẩn độ dung dịch này nhằm mục đích tạo ra dung dịch NaOH với nồng độ mol/lít là 14M. Thành phần phần trăm theo khối lượng của NaOH rắn và nước nhào trộn đã được xác định và trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3- Khối lượng của NaOH rắn, nước và nồng độ mol/lít tương ứng

Nồng độ mol dung dịch NaOH (mol/lít)	Hàm lượng chất rắn NaOH (%)	Hàm lượng nước nhào trộn (%)
14M	40.4	59.6

(b). Dung dịch Natri silicat - Na_2SiO_3

Dung dịch Natri silicat (Na_2SiO_3) được đặt mua có nguồn gốc từ nhà máy hóa chất Việt Nhật có modun silic $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,5$. Dung dịch Natri silicat thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của 64TCN 38:1986.

2.1.3. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng trong thí nghiệm này là cát vàng sông Lô (C), loại hạt thô, chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 và GOST 8736-2014, được sử dụng làm cốt liệu nhỏ trong hỗn hợp chất kết dính. Các tính chất vật lý của cốt liệu nhỏ sử dụng đã được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4- Tính chất vật lý của cát vàng sông Lô

Stt	Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm
1	Kích thước hạt	mm	0,14 ÷ 5
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,65
3	Khối lượng thể tích đầm chặt	kg/m^3	1660
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	1550
5	Độ rỗng	%	39,1
6	Độ ẩm	%	3,5
7	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,9
8	Mô đun độ lớn (M_k)	-	3,1
9	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt

2.1.4. Phụ gia siêu dẻo giảm nước

Phụ gia siêu dẻo SR 5000F «SilkRoad» (SR5000) có khối lượng riêng $1,12 \text{ g}/\text{m}^3$ ở nhiệt độ $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thể hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate. Phụ gia siêu dẻo SR 5000F thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011.

2.1.5. Nước

Nước sạch (N) được sử dụng làm dung môi để chuẩn độ dung dịch kiềm hoạt hóa, đồng thời được dùng để bảo dưỡng mẫu sau khi thí nghiệm, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

1 - Sử dụng phương pháp nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction - XRD) để xác định thành phần pha của tro bay nhiệt điện và xỉ luyện kim.

2 - Thành phần hạt của cát được xác định trên bộ sàng tiêu chuẩn có kích thước mắt sàng lần lượt là: 0,14 mm; 0,315 mm; 0,63 mm; 1,25 mm; 2,5 mm; 5 mm theo TCVN 7572-2:2006.

3 - Thành phần hỗn hợp bê tông không xi măng được tính toán, xác định theo phương pháp thể tích tuyệt đối và kết hợp với điều chỉnh bằng thực nghiệm.

4 - Tính công tác của hỗn hợp vữa thí nghiệm được xác định bằng độ xòe của côn tiêu chuẩn mini kích thước 100x70x60 mm theo phương pháp xác định độ lưu động của vữa tươi, phù hợp với TCVN 3121-3:2003.

5 - Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được xác định bằng phương pháp cân khối lượng và đo thể tích trong thùng đong tiêu chuẩn (thùng đong có thể tích 1 lít), phù hợp với TCVN 3108:1993 và TCVN 3105:1993. Bên cạnh đó, khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm sau khi đã cứng rắn được xác định bằng phương pháp cân mẫu và đo thể tích trực tiếp trên mẫu thí nghiệm, phù hợp với TCVN 3115: 1993.

6 - Cường độ nén của bê tông chất lượng cao không xi măng được xác định trên mẫu tiêu chuẩn hình lăng trụ kích thước 40x40x160 mm, phù hợp với TCVN 6016: 2011.

7 - Sử dụng phương pháp kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope -SEM) để xác định vi cấu trúc của mẫu bê tông thí nghiệm.



Hình 5 - (a) Các mẫu thí nghiệm và (b) máy trộn hỗn hợp bê tông hạt mịn

2.3. Xác định cấp phối nghiên cứu của hỗn hợp bê tông không xi măng

2.3.1. Các yêu cầu đối với hỗn bê tông chất lượng cao không xi măng

(i). Hỗn hợp bê tông không chứa xi măng có tính công tác tốt với độ xòe 20 ÷ 25 cm, được xác định trên thiết bị côn thử độ chảy hình nón với kích thước 100x70x60 mm (Hình 6). Hỗn hợp bê tông này được sử dụng trong thí công toàn khối theo phương pháp bê tông bơm, phương pháp vữa dâng hoặc phương pháp đúc rót trong xây dựng các công trình cao tầng hiện nay ở Việt Nam.

(ii). Mục tiêu về tính chất cơ học của loại bê tông này là có cường độ nén thiết kế ở tuổi 28 ngày đạt trên 60 MPa, được xác định trên các viên mẫu hình lăng trụ kích thước 40x40x160mm.

2.3.2. Lý thuyết của phương pháp thể tích tuyệt đối

Bê tông chất lượng cao không sử dụng xi măng là một chủng loại bê tông "xanh", đã được nhiều nước tiên tiến trên thế giới quan tâm và nghiên cứu. Tuy nhiên, do thành phần có chứa 100% phế thải rắn công nghiệp, do đó hiện nay chưa có phương pháp thiết kế tiêu chuẩn. Mặt khác, giới hạn nghiên cứu này đã không sử dụng cốt liệu lớn trong thành phần cấp phối của bê tông (Wallah & Rangan, 2006; Rangan, 2008; Ferdous et al., 2013).

Bên cạnh đó, phương pháp thể tích tuyệt đối là một phương pháp nền tảng, dựa trên tổng thể tích đặc của các loại vật liệu thành phần, đã được áp dụng trong nhiều nghiên cứu về bê tông hạt mịn, bê tông bột mịn hoạt tính, bê tông chất lượng siêu cao, vữa xây dựng ở Việt Nam (Tahr et al., 2021; Nguyễn et al., 2019; Nguyễn et al., 2020) cũng như trên thế giới (Davidovit et al., 1999; Kumar et al., 2010). Do đó, trong nghiên cứu này đã áp dụng phương pháp thể tích tuyệt đối để tính toán sơ bộ thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông.

Theo phương pháp thể tích tuyệt đối, tổng thể tích của 1m³ hỗn hợp bê tông đã được lên chặt coi như là tổng thể tích của nước, vật liệu Alumino-silicate, cốt liệu, dung dịch kiềm hoạt hóa,

phụ gia siêu dẻo và thể tích không khí cuốn vào trong quá trình nhào trộn.

Do đó, phương trình biểu diễn phương pháp này được đưa ra trong công thức sau (1):

$$\frac{N}{\gamma_N} + \frac{TB}{\gamma_{TB}} + \frac{Xi}{\gamma_{Xi}} + \frac{C}{\gamma_C} + \frac{NaOH}{\gamma_{NaOH}} + \frac{Na_2SiO_3}{\gamma_{Na_2SiO_3}} + \frac{SR5000}{\gamma_{SR5000}} + A = 1000 \quad (1)$$

Trong đó:

+ N, TB, Xi, C, NaOH, Na₂SiO₃, SR5000: là khối lượng nước, tro bay, xỉ luyện kim, cát, Natri hydroxit, Natri silicat và phụ gia siêu dẻo SR5000F (g).

+ $\gamma_N, \gamma_{TB}, \gamma_{Xi}, \gamma_C, \gamma_{NaOH}, \gamma_{Na_2SiO_3}, \gamma_{SR5000}$, là khối lượng riêng của nước, tro bay, xỉ luyện kim, cát, Natri hydroxit, Natri silicat và phụ gia siêu dẻo SR5000F (g/cm³).

+ A: là thể tích rỗng do không khí cuốn vào trong hỗn hợp vật liệu thí nghiệm, theo tài liệu (Wallah & Rangan, 2006; Tahr et al., 2021), thể tích không khí cuốn vào là A = 3%.

Giá trị khối lượng riêng trung bình của loại vật liệu sử dụng đã được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

2.3.3. Xác định và lựa chọn các tỷ lệ của nguyên vật liệu sử dụng

Các tỷ lệ nguyên vật liệu cơ sở trong nghiên cứu này đã được lựa chọn dựa trên kết quả của các nghiên cứu về bê tông hạt mịn chất lượng cao (không có cốt liệu thô) ở nhiều nước trên thế giới (Davidovit et al., 1999; Kumar et al., 2010; Chen et al., 2016; Ferdous et al., 2013) và ở Việt Nam (Tahr et al., 2021; Nguyễn et al., 2019; Nguyễn et al., 2021, Phạm, 2007).

(a). **Về hàm lượng vật liệu Alumino-silicat (ALS)**, trong nghiên cứu này đã lựa chọn tỷ lệ tro bay/xỉ lò cao (TB/Xi) dao động trong khoảng từ 70/30 đến 30/70, dựa trên kết quả nghiên cứu của các nghiên cứu đã thực hiện (Huang et al., 2019; Nguyễn et al., 2019; Nguyễn et al., 2020; Nguyễn et al., 2021).

(b). **Về hàm lượng cốt liệu**, trong nghiên cứu này đã lựa chọn tỷ lệ cát/(tro bay + xỉ lò cao) (C/(TB+Xi)) là 1,3 theo kết quả nghiên cứu của các nghiên cứu đã thực hiện (Bui, 2010; Tang et al., 2018a; Tang et al., 2018b).

(c). **Về dung dịch kiềm kích hoạt**, hàm lượng dung dịch kiềm kích hoạt (DDKH) hợp lý là một vấn đề rất quan trọng, sẽ giảm bớt được lượng NaOH còn dư lại trong cấu trúc sản phẩm sau khi tạo hình. Mặt khác, nếu hàm lượng của dung dịch kiềm hoạt hóa nhỏ sẽ ảnh hưởng đến quá trình tạo thành các ion [SiO(OH)₃] và [Al(OH)₄], cũng như ảnh hưởng đến quá trình hòa tan bề mặt của các hạt tro bay và xỉ lò cao (Chindaprasirt, 2009; Hwang et al., 2015). Trong nghiên cứu này đã khảo sát tỷ lệ DDHH/ALS không đổi và bằng 0,4.

(d). **Về tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH**, theo nhiều kết quả nghiên cứu về bê tông không xi măng trên nền tảng Geopolymer đã cho thấy, tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH trong thành phần của bê tông kiềm hoạt hóa dao động trong phạm vi khá rộng từ 0,4 đến 2,5 (Davidovit et al., 1999; Kumar et al., 2010; Chen et al., 2016; Ferdous et al., 2013). Trong giới hạn của nghiên cứu tỷ lệ NaOH/Na₂SiO₃ được giữ cố định và bằng 2,5. Tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH = 2,5 còn được biện giải một phần là do chi phí của dung dịch Natri silicat rẻ hơn đáng kể so với của dung dịch Natri hydroxit.

(e). **Về lượng nước nhào trộn**, do hỗn hợp bê tông không chứa xi măng Portland, nên lượng nước sử dụng chỉ là phần nước dùng để pha chế NaOH (dạng rắn) thành dung dịch kiềm với nồng độ mol/lít là 14M. Kết quả pha chế từ thực nghiệm cho thấy, thành phần của dung dịch NaOH 14M gồm có 40,6% NaOH dạng rắn và 59,4% H₂O. Ngoài ra, lượng nước còn được tính toán thêm vào 5% để thấm ướt bề mặt của cốt liệu nhỏ (cát vàng).

(f). **Về phụ gia siêu dẻo**, nghiên cứu này đã chọn hàm lượng phụ gia giảm nước tẩm cao SR5000F cố định và bằng 1% tổng hàm lượng của ALS (Van et al., 2018, Tang et al., 2018a).

Từ những cơ sở trên kết hợp với các kết quả khảo sát thực nghiệm sơ bộ, nghiên cứu này đã chọn gốc các hệ số tỷ lệ vật liệu như trong Bảng 5.

Bảng 5- Các tỷ lệ vật liệu sử dụng

Tỷ lệ vật liệu	$\frac{C}{ALS}$	$\frac{TB}{Xi}$	$\frac{SR5000}{ALS}$	$\frac{DDHH}{ALS}$	$\frac{NaOH}{Na_2SiO_3}$	A
Giá trị	1,3	70/30=30/70	1%	0,40	2,5	3%

Bảng 6- Cấp phối sơ bộ của hỗn hợp bê tông chất lượng cao không xi măng

Mẫu TN	$\frac{TB}{Xi}$	ASL (kg)	Cấp phối của hỗn hợp bê tông (kg/m ³)									
			TB	Xi	C	SR5000F	Dung dịch		Chất rắn		Nước	Nước/Rắn
							NaOH	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Na ₂ SiO ₃		
ID-01	70/30	834	584	250	1084	8.3	95	238	39	98	197	0.203
ID-02	60/40	840	504	336	1092	8.4	96	240	39	99	198	0.203
ID-03	50/50	846	423	423	1100	8.5	97	242	39	100	199	0.203
ID-04	40/60	852	341	511	1108	8.5	97	243	39	101	201	0.203
ID-05	30/70	858	258	601	1116	8.6	98	245	40	101	202	0.203

2.3.5. Tạo hình viên mẫu

Hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn và xác định tính công tác, được chuyển đến bước tạo hình viên mẫu thí nghiệm cường độ nén. Mẫu thí nghiệm hình lăng trụ có kích thước là 40x40x160 mm. Mỗi tuổi thí nghiệm gồm một tổ 03 viên mẫu theo quy định của tiêu chuẩn Việt Nam.

2.3.6. Bảo dưỡng mẫu

Trong nghiên cứu này, tất cả các mẫu thí nghiệm bê tông chất lượng cao không xi măng được tính định sau 24 giờ trong khuôn đúc. Sau đó các mẫu thử được đưa đi bảo dưỡng trong môi trường nước ở nhiệt độ phòng thí nghiệm (ở 25 ± 2)°C cho đến tuổi thí nghiệm yêu cầu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định cấp phối của bê tông chất lượng cao hạt mịn không sử dụng xi măng

Thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm đã xác định khối lượng thể tích và độ chảy xèo của hỗn hợp bê tông không xi măng, kết quả thu được đã thể hiện trong Bảng 7.

Từ kết quả thực nghiệm trong Bảng 7 cho thấy, khi thay đổi tỷ lệ TB/Xi từ 70/30 đến 30/70 thì tính công tác của hỗn hợp bê tông có sự thay đổi không lớn. Độ xèo ngay sau khi nhào trộn của hỗn hợp bê tông dao động từ 22 cm đến 24 cm. Hỗn hợp thu được có độ dẻo cao hơn bê tông xi măng truyền thống mặc dù tỷ lệ Nước/rắn = 0,203. Điều này được giải thích một phần do tác động tương hỗ của phụ gia siêu dẻo SR 5000F, hỗn hợp bê tông không có cốt liệu lớn, nên hỗn hợp sau khi nhào trộn vẫn có tính công tác rất tốt, độ dẻo cao, độ đồng nhất tốt, không có hiện tượng phân tầng tách lớp giữa các thành phần trong bê tông sau khi nhào trộn.

Bảng 7- Khối lượng thể tích và độ chảy xèo của hỗn hợp bê tông không xi măng

Mẫu TN	$\frac{TB}{Xi}$	ASL (kg)	Khối lượng thể tích (kg/m ³)	Độ chảy xèo (cm)	
				Ngay sau khi nhào trộn	30 phút sau khi nhào trộn
ID-01	70/30	834	2185	24	21
ID-02	60/40	840	2196	23	21
ID-03	50/50	846	2212	22.5	20
ID-04	40/60	852	2276	22	20
ID-05	30/70	858	2310	22	19

Trong đó, tỷ lệ tro bay nhiệt điện/xi luyện kim: $\frac{TB}{Xi} = 70/30;$

60/40; 50/50; 40/60; 30/70.

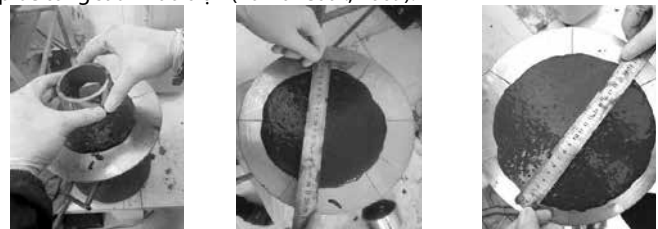
2.3.4. Cấp phối bê tông chất lượng cao không sử dụng xi măng Portland

Tính toán theo phương pháp thể tích tuyệt đối dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu lựa chọn (trong Bảng 5), hiệu chỉnh cấp phối phù hợp với các tính chất của vật liệu sử dụng, đã thu được 05 cấp phối của hỗn hợp bê tông chất lượng cao có thành phần như trong Bảng 6.

Mặt khác, trong nghiên cứu này đã xác định được tổn thất độ xèo của hỗn hợp bê tông không xi măng được xác định sau 30 phút nhào trộn xong hỗn hợp vật liệu.

Từ kết quả trên Bảng 7 cho thấy, sau 30 phút sau khi nhào trộn xong, tính công tác của hỗn hợp bê tông đã tổn thất khoảng từ 10 – 15%. Tính công tác giảm sau 30 phút là một chỉ số quan trọng để đánh giá khả năng vận chuyển hỗn hợp bê tông đi xa và thi công hỗn hợp bê tông không xi măng trong điều kiện khó khăn, mặt bằng chật hẹp. Với tính công tác được xác định sau 30 phút nhào trộn cho thấy, có thể sử dụng hỗn hợp thu được sau khi nhào trộn 30 phút trong thi công hỗn hợp bê tông bằng phương pháp bơm trong nhà cao tầng.

Hơn nữa, khi lượng tro bay giảm và lượng xi luyện kim tăng, đã kéo theo lượng nước tính toán được trong hỗn hợp tăng nhẹ, đồng thời tổng hàm lượng vật liệu Alumino-silicat tăng theo. Việc này đã làm tăng lượng bột mịn có tỷ diện bề mặt và lượng cần nước lớn. Đó là nguyên nhân tác động đến tính công tác của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn đã giảm xuống khoảng 10%. Đồng thời, quá trình hòa tan Cation Ca²⁺ từ CaO trong xi luyện kim cũng là một nguyên nhân dẫn đến lượng nước dư thừa giảm, kết quả là giảm dần độ xèo của hỗn hợp bê tông sau nhào trộn (Kumar et al., 2009).



Hình 6. Xác định độ xèo của hỗn hợp bê tông chất lượng cao hạt mịn trong côn hình nón cụt

Bên cạnh đó, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông không xi măng được xác định theo phương pháp tiêu chuẩn trong thùng đong tiêu chuẩn có thể tích 1 lít. Giá trị khối lượng thể tích trung bình của 05 cấp phối bê tông này vào khoảng 2,24 tấn/m³, giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xi măng truyền thống. Điều này được giải thích là do trong thành phần không có cốt liệu lớn và khối lượng riêng của thành phần vật liệu Alumino-silicat trong hỗn hợp bê tông này đều nhỏ hơn khối lượng riêng của xi măng.

3.2. Tính chất cơ lý của bê tông chất lượng cao sau khi rắn chắc

Trong giới hạn của nghiên cứu này, các tính chất cơ lý của mẫu bê tông chất lượng cao hạt mịn được khảo sát gồm có:

(a)- Khối lượng thể tích của bê tông chất lượng cao được xác định ở tuổi 28 ngày theo TCVN 3115: 1993. Mẫu được vớt ra khỏi bể dưỡng hộ, lau khô bề mặt bằng vải khô, sau đó cân ngay để xác định khối lượng của mẫu ở trạng thái bão hòa nước nhưng bề mặt khô. Sau đó thể tích của mẫu được xác định bằng phương pháp đo kích thước trên ba cạnh khác nhau của viên mẫu.

(b)- Cường độ nén của mẫu được xác định ở các tuổi 3, 7, 14, 28, 56, 90 ngày trên hệ thống máy nén uốn tự động Advantest 9 (Controls - Italia). Tốc độ gia tải trong trường hợp này là 5000 N/S. Các viên mẫu vữa tiêu chuẩn hình lăng trụ kích thước 40x40x160 mm được chế tạo và bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn cho đến các tuổi thí nghiệm. Kết quả thực nghiệm về khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông chất lượng cao không xi măng đã được trình bày trên Bảng 8.

Bảng 8- Tính chất cơ lý của mẫu bê tông không xi măng sau khi rắn chắc

Mẫu TN	TB Xi	Khối lượng thể tích (kg/m ³)	Cường độ nén trung bình của mẫu (MPa) ở các tuổi					
			3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	56 ngày	90 ngày
ID-01	70/30	2098	24.1	44.4	56.5	61.4	71	75.6
ID-02	60/40	2110	25.2	48.5	58.7	63.8	74	77.9
ID-03	50/50	2195	27.8	53.8	64.1	69.9	76.8	82.9
ID-04	40/60	2208	29.5	56.1	65.8	72.5	80.5	86.1
ID-05	30/70	2287	31.1	59.1	68.6	76.2	84.1	89.4

Từ kết quả thực nghiệm đã thấy rằng, khi thay đổi tỷ lệ TB/Xi từ 70/30 đến 30/70 thì các mẫu thí nghiệm phát triển cường độ tốt ở nhiệt độ môi trường và cường độ nén của các mẫu thí nghiệm ở cùng một tuổi thí nghiệm đã tăng từ 3% đến 30% so với mẫu ID-01. Đồng thời, cả 05 cấp phối bê tông chất lượng cao hạt mịn không chứa xi măng Portland đều có giá trị cường độ nén trung bình đạt trên 61 MPa ở tuổi 28 ngày, đạt cường độ nén thiết kế ban đầu đặt ra. Phản ứng hoạt hóa, phản ứng thủy lực của xỉ lò cao và phản ứng polymer hóa của tro bay được diễn ra độc lập hoặc đồng thời với nhau. Theo một số nghiên cứu (Kumar et al., 2009; Nguyễn, 2013; Nguyễn et al., 2021) cho thấy, quá trình phản ứng của xỉ lò cao kích hoạt tro bay, cho phép nó phản ứng ở nhiệt độ phòng. Đồng thời, quá trình polymer hóa của tro bay lấp đầy các lỗ rỗng xuất hiện trong sản phẩm phản ứng của xỉ lò cao, và do đó giảm hiện tượng co khô và vi nứt trong vữa xỉ lò cao, tạo ra cấu trúc vật liệu đặc chắc hơn với các tính chất cơ học tốt hơn.

Từ Bảng 8 đã chỉ ra tốc độ phát triển cường độ của mẫu bê tông chất lượng cao sử dụng chất kết dính tro xỉ và dung dịch kiềm có tốc độ phát triển cường độ khá tương đồng với bê tông xi măng Portland truyền thống (Ferdous et al., 2013). Cường độ nén trung bình ở tuổi 3, 7 và 14 ngày tuổi lần lượt đạt trên 39%, 70% và 90% so với cường độ ở tuổi 28 ngày.

Mặt khác, khối lượng thể tích trung bình của 05 mẫu thí nghiệm sau khi rắn chắc 28 ngày được xác định ở trạng thái bão hòa nước khô mặt là 2,18 tấn/m³. Từ giá trị khối lượng thể tích này có thể khẳng định loại bê tông chất lượng cao hạt mịn dùng chất kết dính không xi măng được xếp vào loại bê tông tương đối nặng. Tuy nhiên, giá trị này đã giảm được khoảng 10% so với khối lượng thể tích của bê tông xi măng truyền thống được quy định trong TCVN 2737:2020.

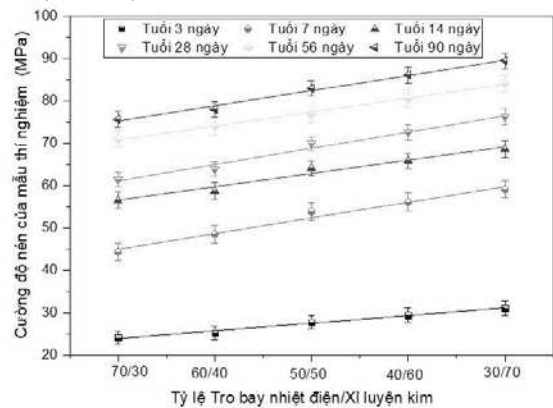
Hơn nữa, hiệu quả của sự kết hợp tro bay và xỉ lò cao trong thành phần cấp phối bê tông chất lượng cao được thể hiện bằng các hiệu ứng sau:

(i)- Tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao đóng vai trò chính là vật liệu Alumino-silicat, vật liệu giàu nhôm và silic, cung cấp nguyên tử Si và Al cho quá trình polymer hóa và tạo thành tạo thành các khoáng [SiO(OH)₃] và [Al(OH)₄] trong quá trình polymer hóa, kết quả của quá trình này là hình thành các gel Geopolymer có dạng C-A-S-H và N-A-S-H, liên kết các thành phần hạt cốt liệu rời rạc lại với nhau (Kumar et al., 2013; Kiều et al., 2020; Nguyễn et al., 2020).

(ii)- Xỉ lò cao có chứa một phần các khoáng vật ở dạng canxi-silicat (CaO.xSiO₂) có khả năng phản ứng thủy hoá với nước ngay trong điều kiện thường. Đặc tính này được gọi là hiệu ứng thủy lực của xỉ luyện kim trong quá trình nhào trộn với nước. Với phản ứng thủy lực hiện có này, xỉ lò cao đã tạo thành họ khoáng có tính kết dính dưới dạng hidro-silicat- canxi (xCaO.ySiO₂.zH₂O – CSH) vừa tăng tốc độ rắn chắc của hỗn hợp bê tông ở nhiệt độ thường, vừa tạo thành cấu trúc đặc sít, giảm lỗ rỗng, do đó đã tăng độ bền cơ học và cường độ của sản phẩm sau khi chế tạo (Nguyễn, 2013).

(iii) – Khi thành phần xỉ luyện kim lớn, hàm lượng CaO hòa tan trong dung dịch kiềm hoạt hóa tăng, canxi (trong xỉ lò cao) hòa tan đóng vai trò đầu mối liên kết giữa các lớp geopolymer với các hạt xỉ lò cao tạo thành các gel Ca-O-Si; Ca-O-Al; C-S-H hoặc C-A-S-H. Các gel này có một vai trò quan trọng là kết dính các hạt cốt liệu cũng như các hạt tro xỉ lại với nhau để tạo thành một khối thống nhất. Nhận định này khá tương đồng với các kết quả trong nhiều nghiên cứu trước đây (Kumar et al., 2013; Venu, et al., 2020; Nguyễn, 2013).

Ảnh hưởng của tỷ lệ tro bay nhiệt điện/xỉ luyện kim đến cường độ nén của mẫu bê tông chất lượng cao không xi măng theo thời gian được thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Ảnh hưởng của tỷ lệ tro bay nhiệt điện/xỉ luyện kim đến cường độ nén của mẫu bê tông chất lượng cao không xi măng

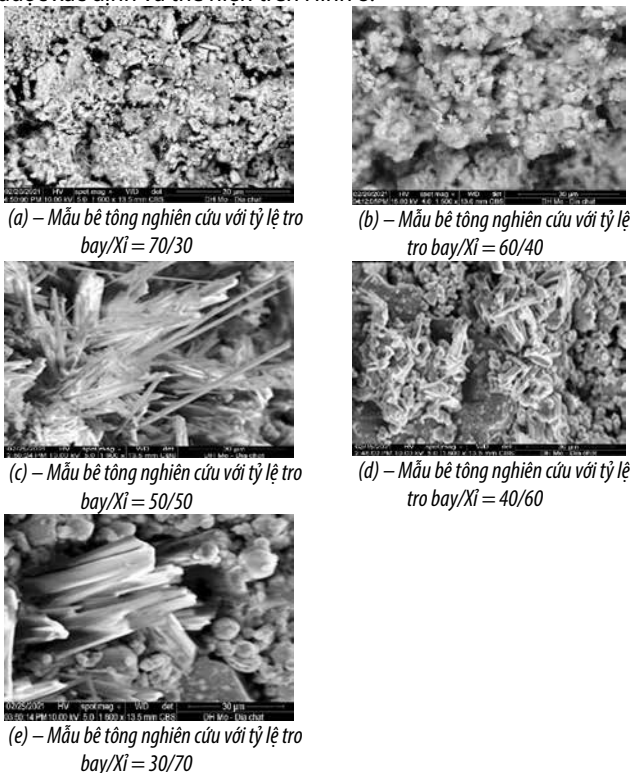
Từ Hình 7 cho thấy hàm lượng xỉ luyện kim tăng từ 30% lên 70% thì cường độ nén của các mẫu thí nghiệm ở các tuổi 3, 7, 14, 28, 56 và 90 ngày đều tăng lên tương ứng. Hiệu ứng tăng tính chất cơ học khi hàm lượng xỉ luyện kim tăng trong bê tông chất lượng cao sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa đã được biện giải bởi nhiều nguyên nhân như sau:

- Trong quá trình geopolymer hoá của bê tông, ôxít canxi trong xỉ luyện kim bị hòa tan tạo thành ion Ca²⁺, Cation này có vai trò hỗ trợ quá trình hòa tan SiO₂ và Al₂O₃ của vật liệu Alumino-silicat. Sự khác biệt cơ bản giữa vai trò của Na⁺ và Ca²⁺ thể hiện mức độ gây "thiệt hại" cho vi cấu trúc vật liệu, cụ thể là Cation Ca²⁺ làm phá vỡ cấu trúc mạnh hơn so với Na⁺ (Duxson và Provis, 2008). Nhiều tác giả (Wallah & Rangan, 2006; Rangan, 2008; Ferdous et al., 2013; Trần et al., 2017) cho rằng, ở độ pH gần bằng 14, quá trình geopolymer hóa nhiều thành phần trong dung dịch kiềm hoạt hóa đã xảy ra sớm hơn so với phản ứng của geopolymer hóa chỉ sử dụng tro bay. Kết quả thực nghiệm cũng đã cho thấy việc kết hợp

xi lò cao và tro bay nhiệt điện cho phép chất kết dính kiềm hoạt hóa trong bê tông nghiên cứu đóng rắn và phát triển cường độ tốt ở nhiệt độ phòng.

- Bê tông chất lượng cao sử dụng chất kết dính gồm hỗn hợp tro bay và xi lò cao sau khi hoạt hóa bởi dung dịch NaOH và Na_2SiO_3 sẽ cho sản phẩm gồm cả poly-sialates gel (geopolymer gel - sản phẩm chính của phản ứng kiềm hoạt hóa tro bay) và C-(A)-S-H gel với tỷ lệ Ca/Si thấp và có cấu trúc không gian với mật độ cao (sản phẩm chính của phản ứng kiềm hoạt hóa xi lò cao) (Duxson và Provis, 2008; Wallah & Rangan, 2006; Ferdous et al., 2013; Trần et al., 2017). Mặt khác, quá trình polyme hóa của tro bay lấp đầy các lỗ rỗng xuất hiện trong sản phẩm phản ứng của xi lò cao, và do đó giảm hiện tượng co khô và vi nứt trong vữa xi lò cao. Đồng thời, quá trình phản ứng của xi lò cao kích hoạt tro bay, cho phép nó phản ứng ở nhiệt độ phòng. Nhận xét này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Wardhono và các cộng sự (Wardhono et al., 2015).

Vi cấu trúc của bê tông chất lượng cao hạt mịn không xi măng đã được xác định và thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Vi cấu trúc của bê tông chất lượng cao không xi măng với tỷ lệ tro bay nhiệt điện/xi luyện kim khác nhau tại tuổi 28 ngày

Vi cấu trúc của mẫu bê tông chất lượng cao không xi măng được xác định bằng kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope - SEM) tại phòng thí nghiệm Viện công nghệ cao - Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Kết quả ảnh vi cấu trúc của các mẫu từ ID-01 (TB/Xi = 70/30) đến mẫu ID-05 (TB/Xi = 30/70) đã được thể hiện trên Hình 8. Quan sát hình ảnh SEM bề mặt mẫu từ kính hiển vi điện tử quét cho thấy không các mẫu bê tông nghiên cứu không có vết nứt trong vi cấu trúc và bề mặt mẫu nhẵn nhưng đã có sự thay đổi về độ rỗng khi tỷ lệ tro bay/xi luyện kim khác nhau. Khi hàm lượng xi luyện kim tăng, quan sát bởi ảnh SEM, đã thấy được trong vi cấu trúc vật liệu các pha vô định hình liên tục và sít đặc hơn. Theo Zang và cộng sự (Zhang et al., 2010) cho rằng chỉ có pha vô định hình (SiO_2 , Al_2O_3 vô định hình) trong vật liệu Aluminosilicat (tro bay, xi luyện kim...) mới tham gia quá trình geopolymer

hóa, còn các pha tinh thể như Quartz, mullite ... hầu như không phản ứng geopolymer hóa từ nguyên vật liệu ban đầu. Với ảnh vi cấu trúc ở tuổi 28 ngày cũng đã cho thấy, khi hàm lượng xi luyện kim lớn, mẫu bê tông chất lượng cao thu được có cấu trúc đặc sít và bề mặt mịn hơn nhờ lượng gel geopolymer có dạng Ca-O-Si, Ca-O-Al, C-A-S-H đã điền đầy vào trong cấu trúc của vật liệu. Vì vậy, chính nhờ cấu trúc vô định hình liên tục và đặc sít này là nguyên nhân làm cho mẫu bê tông nghiên cứu có cường độ nén cao hơn (Nguyễn, 2013).

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nguồn vật liệu, thải phẩm hiện có trong nước và từ kết quả thực nghiệm trong phạm vi của phòng thí nghiệm đã rút ra được một số kết luận như sau:

- Nhược điểm chính của bê tông sử dụng chất kết dính từ tro bay dung dịch kiềm hoạt hóa là khả năng đóng rắn và phát triển cường độ rất chậm ở nhiệt độ phòng. Còn nhược điểm chính của bê tông sử dụng chất kết dính từ hỗn hợp xi lò cao và dung dịch kiềm hoạt hóa là hiện tượng co khô khi đông cứng và rắn chắc. Sự kết hợp giữa tro bay và xi lò cao có thể giải quyết vấn đề này. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy, với tỷ lệ tro bay nhiệt điện/xi lò cao dao động từ 70/30 đến 30/70, mẫu bê tông thí nghiệm phát triển cường độ tốt ở nhiệt độ môi trường.

- Từ ảnh XRD cho thấy, mẫu tro bay và xi lò cao là vật liệu giàu nhôm và silic có thành phần pha chủ yếu ở dạng vô định hình và một phần ở dạng tinh thể. Trong tro bay tồn tại một phần pha tinh thể ở dạng khoáng chất quartz và mullite... khó bị hòa tan trong dung dịch kiềm hơn xi lò cao, do đó tỷ lệ tro bay/xi lò cao ảnh hưởng trực tiếp tới tính chất của mẫu bê tông nghiên cứu.

- Khi hàm lượng xi nhiệt điện tăng từ 30% đến 70% trong thành phần bê tông thì độ xòe của hỗn hợp giảm từ 24cm xuống 22cm và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tăng từ 2185kg/m³ đến 2310kg/m³. Đồng thời, sau 30 phút khi nhào trộn hỗn hợp phối liệu xong thì tính công tác của hỗn hợp bê tông đã giảm khoảng từ 10 - 15%.

- Trong phạm vi nghiên cứu và từ kết quả thực nghiệm cho thấy, khối lượng thể tích trung bình của hỗn hợp bê tông hạt mịn là 2,24 tấn/m³ và khối lượng thể tích mẫu bê tông chất lượng cao sau khi rắn chắc 28 ngày khoảng 2,18 tấn/m³. Từ đó cho thấy mẫu bê tông chất lượng cao không xi măng nhẹ hơn mẫu bê tông xi măng truyền thống khoảng 10%.

- Với kết quả thực nghiệm thu được đã cho thấy, xi lò cao có vai trò quan trọng giúp tăng cường độ của mẫu vật liệu ở các tuổi khác nhau. Khi tăng hàm lượng xi lò cao, pha tinh thể dễ hòa tan hơn trong dung dịch kiềm, lượng gel có tính kết dính tăng lên. Điều này giúp mẫu bê tông có cấu trúc đặc sít, liên tục và tăng cường độ chịu nén của bê tông.

- Tốc độ phát triển cường độ nén của mẫu bê tông chất lượng cao sử dụng chất kết dính từ hỗn hợp tro xi và dung dịch kiềm có tốc độ phát triển cường độ khá tương đồng với bê tông xi măng Portland truyền thống. Cường độ nén trung bình ở tuổi 3, 7 và 14 ngày tuổi lần lượt đạt trên 39%, 70% và 90% so với cường độ ở tuổi 28 ngày.

- Từ kết quả SEM của mẫu thí nghiệm cho thấy, khi thành phần xi luyện kim lớn, hàm lượng ôxít CaO hòa tan trong dung dịch kiềm hoạt hóa tăng, cation Ca_2^+ hòa tan đóng vai trò đầu mối liên kết giữa các lớp geopolymer với các hạt xi lò cao tạo thành các gel Ca-O-Si; Ca-O-Al; C-S-H hoặc C-A-S-H. Các gel này có một vai trò quan trọng là kết dính các hạt cốt liệu cũng như các hạt tro xi lại với nhau để tạo thành một khối thống nhất.

- Sau khi chế tạo và bảo dưỡng trong môi trường không khí, mẫu thí nghiệm có hiện tượng bị rêu, mốc, "mọc lông"... trên bề mặt do hiện tượng dung dịch kiềm hoạt hóa còn dư thừa và tồn đọng trên bề mặt và trong thành phần của mẫu thí nghiệm. Do đó cần tiếp tục nghiên cứu về hàm lượng tối ưu dung dịch kiềm hoạt sử dụng trong thành phần cấp phối bê tông chất lượng cao hạt mịn không sử dụng xỉ măng.

Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ năm 2021, mã số 2021-MDA "Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng chất kết dính không xỉ măng dùng trong xây dựng công trình chịu tác động ăn mòn của nước biển". Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tài trợ kinh phí để thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abdulmatin, A., Khongpermgon, P., Jaturapitakkul, C., & Tangchirapat, W., 2018. Use of eco-friendly cementing material in concrete made from bottom ash and calcium carbide residue. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 1617-1626.

Abbil, A., Kassim, A., Rashid, A. S. A., Hainin, M. R., Ullah, A., Matusin, S., & Giwangkara, G. G., 2020. Effect of Alkali-Activator to Bottom Ash Ratio on the Undrained Shear Strength of Bottom Ash based Geopolymer. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 498, No. 1, p. 012041).

Argiz, C., Moragues, A., & Menéndez, E., 2018. Use of ground coal bottom ash as cement constituent in concretes exposed to chloride environments. *Journal of cleaner production*, 170, 25-33.

Bùi Danh Đại (2010), Phụ gia khoáng hoạt tính cao cho bê tông chất lượng cao, Bài giảng dành cho Cao học Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây Dựng, Hà Nội.

Chen, Z., Liu, Y., Zhu, W., & Yang, E. H., 2016. Incinerator bottom ash (IBA) aerated geopolymer. *Construction and Building Materials*, 112, 1025-1031.

Chindaprasit, P., Jaturapitakkul, C., Chalee, W., & Rattanasak, U., 2009. Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers. *Waste management*, 29(2), 539-543.

Davidovits, J., 1999. Chemistry of geopolymeric systems, terminology. 99 *Geopolymer International Conference Proceeding*, France.

Efficiency, E., 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions. *International Energy Agency*, Paris, France.

Ferdous, M. W., Kayali, O., & Khennane, A., 2013. A detailed procedure of mix design for fly ash based geopolymer concrete. In *Proceedings of the Fourth Asia-Pacific Conference on FRP in Structures (APFIS 2013)*, Melbourne, Australia (pp. 11-13).

Fernández-Jiménez, A.M., Palomo, A., & López-Hombrados, C., 2006. Engineering Properties of Alkali- Activated Fly Ash Concrete. *ACI Materials Journal*, Title no. 103-M12, Technical paper.

Hardjito, D., & Rangan, B.V., 2005. Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete. Curtin University of Technology, Perth, Australia.

Hanjitsuwan, S., Hunpratub, S., Thongbai, P., Maensiri, S., Sata, V., Chindaprasit, P., 2014. Effects of NaOH concentrations on physical and electrical properties of high calcium fly ash geopolymer paste. *Cement and Concrete Composites*, 45, 9-14.

Hardjito, D., Cheak, C. C., & Ing, C. H. L., 2008. Strength and setting times of low calcium fly ash-based geopolymer mortar. *Modern applied science*, 2(4), 3-11.

Huang, G., Yang, K., Sun, Y., Lu, Z., Zhang, X., Zuo, L., Xu, Z., 2020. Influence of NaOH content on the alkali conversion mechanism in MSWI bottom ash alkali-activated mortars. *Construction and Building Materials*, 248, 118582.

Huang, G., Ji, Y., Li, J., Zhang, L., Liu, X., & Liu, B., 2019. Effect of activated silica on polymerization mechanism and strength development of MSWI bottom ash alkali-activated mortars. *Construction and Building Materials*, 201, 90-99.

Hwang, C. L., & Huynh, T. P., 2015. Effect of alkali-activator and rice husk ash content on strength development of fly ash and residual rice husk ash-based geopolymers. *Construction and Building Materials*, 101, 1-9.

Kiều Quý Nam, Nguyễn Ánh Dương, 2020. Chất kết dính geopolymer trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung. *Tạp chí Địa chất*, loạt A năm 2020, tr.647-659.

Kumar, S., Kumar, R., & Mehrotra, S. P., 2010. Influence of granulated blast furnace slag on the reaction, structure and properties of fly ash based geopolymer. *Journal of materials science*, 45(3), 607-615.

Lam Van Tang, Boris Bulgakov, Sofia Bazhenova, Olga Aleksandrova, Anh Ngoc Pham, Tho Dinh Vu, 2018. Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on the workability of concrete mixture in the High-Rise Construction, *E3S Web of Conferences* 33, 02029, 13, 2018.

Lloyd, N.A., & Rangan, B.V., 2010. Geopolymer concrete with fly ash. *Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Italy.

Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh (2018). Ảnh hưởng của phụ gia khoáng đến khả năng ăn mòn cốt thép trong bê tông chất lượng siêu cao. *TẬP 12 SỐ 2* (2018)

Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân, 2019. Nghiên cứu đánh giá chất lượng tro bay, xỉ lò cao của các nhà máy nhiệt điện và luyện kim ở Việt Nam. *Tạp chí KH&CN Thủy lợi*, số 57, trang 27-38, 2019

Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân, 2020. Ảnh hưởng của độ mịn xỉ lò cao đến cường độ bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa. *Tạp chí KH&CN Thủy lợi*, số 61, trang 16-23, 2020

Nguyễn Thanh Bằng, Đinh Hoàng Quân, Nguyễn Tiến Trung, 2021. Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa (không sử dụng xỉ măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường. Đề tài NCKH cấp Quốc gia mã số KC.08.21/16-20 thuộc chương trình nghiên cứu KH&CN phục vụ bảo vệ môi trường và phòng tránh thiên tai, mã số: KC08/16-20.

Nguyễn Thăng Xiêm, 2013. Khả năng ứng dụng tro bay làm phụ gia trong vữa và bê tông trên nền geopolymer. *tạp chí khoa học – công nghệ thủy sản*, số 1/2013.

Palomo, A., Grutzeck, M.W., Blanco, M.T., 1999. Alkali-activated fly ashes-A cement for the future. *Cement and Concrete Research*, 29, 1323–1329.

Phạm Hữu Hanh (2007), Vật liệu hiệu quả trong xây dựng các công trình giao thông, NXB Xây Dựng, Hà Nội.

Rangan, B.V., 2008. Low-calcium, fly-ash-based geopolymer concrete. *Concrete construction engineering handbook*, Chapter 26, Taylor & Francis.

Rattanasak, U., & Chindaprasit, P., 2009. Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer. *Minerals Engineering*, 22(12), 1073-1078.

Tang, V. L., Bulgakov, B., Aleksandrova, O., Larsen, O., & Anh, P. N., 2018a. Effect of rice husk ash and fly ash on the compressive strength of high-performance concrete. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 33, p. 02030. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302030>

Tang, V. L., Nguyen, T. C., Hung, N. X., Van Phi, D., Bulgakov, B., & Bazhenova, S., 2018b. Effect of natural pozzolan on strength and temperature distribution of heavyweight concrete at early ages. In *MATEC web of conferences* (Vol. 193, p. 03024. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819303024>

Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diên, 2020. Khả năng sử dụng xỉ thải của công nghiệp luyện kim trong sản xuất vật liệu xây dựng. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Bộ công thương*, số 43, tháng 10 năm 2020.

Trần Việt Hưng, Đào Văn Đông, Nguyễn Ngọc Long, 2017. "Nghiên cứu các tính chất cơ học của bê tông Geopolymer tro bay", *Tạp chí Giao thông Vận tải*, Số 1/2017.

Tuyan, M., Andiç-Çakir, Ö., & Ramyar, K., 2018. Effect of alkali activator concentration and curing condition on strength and microstructure of waste clay brick powder-based geopolymer. *Composites Part B: Engineering*, 135, 242-252.

Kumar, S., Kumar, R., Mehrotra, S.P., 2010. Influence of granulated blast furnace slag on the reaction, structure and properties of fly ash based geopolymer. *Journal of materials science*, 45(3), 607-615.

Van Lam, T., Bulgakov, B., Bazhenov, Y., Aleksandrova, O., Anh, P. N., 2018. Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 3, p. 032007). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032007>

Venu, M., Rao, G. M., Kumar, Y. A., Madduru, S. R. C., & Bellum, R. R., 2020. Influence of Alkaline ratios on strength properties of Fly ash-Ground Granulated Blast Furnace Slag Based Geopolymer Mortars. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 998, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.

Wallah, S., & Rangan, B. V., 2006. Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: long-term properties. *Research Report GC 2*, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth, Australia.

Wardhono, A., Law, D.W., Strano, A., 2015. The strength of alkali-activated slag/fly ash mortar blends at ambient temperature. *Procedia Engineering*, 125, 650-656.

Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C., & Meida, L.O., 2001. Carbon dioxide emissions from the global cement industry. *Annual Review of Energy and the Environment*, 26, 303-329.

Xie, T., & Ozbakkaloglu, T., 2015. Behavior of low-calcium fly and bottom ash-based geopolymer concrete cured at ambient temperature. *Ceramics International*, 41(4), 5945-5958.

Zhang, G., He, J., Gambrell, R.P., 2010. Synthesis, characterization, and mechanical properties of red mud-based geopolymers. *Transportation research record*, 2167(1), 1-9.

Танг Ван Лам, Булгаков Б.И., 2021. Возможность использования золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи на геопалимерных бетонах для строительства сооружений во Вьетнаме. *BDU Journal of Science & Technology*, Vol.03 №.01, 2021. 26-40.

Sử dụng mô hình thông tin công trình cho các dự án xây dựng khu vực Đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện biến đổi khí hậu

Using building information modeling for construction projects in the Mekong delta in the condition of climate change

> **TRẦN PHU LỘC**

Faculty of Transport Economics, Ho Chi Minh City University of Transport.
Email: phuloc1086@gmail.com; Tel: 0916 615 586

TÓM TẮT:

Mô hình thông tin công trình (BIM) đang là xu hướng phát triển của ngành xây dựng trên toàn thế giới. Đến nay, BIM đang được áp dụng với nhiều mức độ khác nhau ở các nước tùy thuộc vào đặc điểm cụ thể của dự án cũng như mục tiêu của các bên tham gia trong dự án. Tuy nhiên, BIM ở Việt Nam vẫn còn khá mới mẻ và các bên liên quan gặp nhiều khó khăn trong quá trình triển khai. Điều này là do sự khác biệt về phạm vi và yêu cầu đặc biệt của từng dự án. Trước thực trạng cấp bách, để ứng phó, giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) đến các công trình xây dựng ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), cần có những giải pháp cụ thể, hiệu quả. Trong bài viết này, tác giả tập trung làm rõ tính khả thi của việc áp dụng BIM để phát triển xây dựng bền vững và ứng phó với BĐKH cho các dự án xây dựng ở ĐBSCL.

Từ khóa: Mô hình thông tin công trình; biến đổi khí hậu; Đồng bằng sông Cửu Long

ABSTRACT:

Building Information Modeling (BIM) is a development trend of the global construction industry. Nowadays, BIM is being applied in many countries with different levels depending on the specific characteristics of the project as well as the target of the parties involved in the project. In Vietnam, however, BIM is still relatively new, and the involved parties are facing many difficulties in the implementation process due to the difference in scope and special requirements of each project. Facing the urgent situation of responding and minimizing the impacts of climate change on construction works in the Mekong Delta region, it is necessary to have specific and effective solutions. In this article, the author focuses on clarifying the feasibility of applying BIM to develop sustainable construction and responding to climate change for construction projects in the Mekong Delta.

Keywords: Building Information Modeling; climate change; Mekong Delta

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

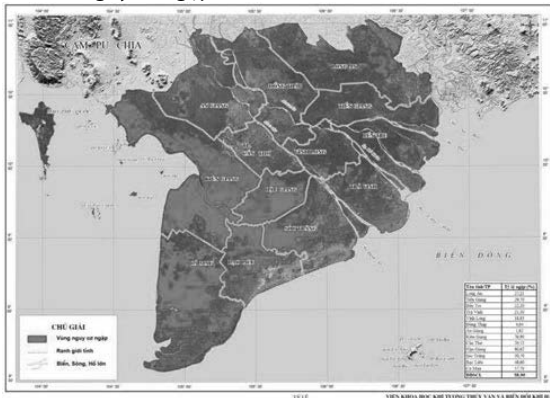
BĐKH là vấn đề toàn cầu quan tâm, nó đã và đang ảnh hưởng sâu rộng đến toàn bộ nền kinh tế xã hội các nước trên thế giới. Các tác động do BĐKH gây ra như nước biển dâng, bão lũ, thiên tai, khí hậu đang thách thức nhân loại phải có những thay đổi để ứng phó nhằm hạn chế thiệt hại và nguy cơ thảm họa có thể xảy ra trong tương lai. Việt Nam cũng không nằm ngoài chuỗi tác động của BĐKH và chúng ta đang thấy rõ những thiệt hại do BĐKH gây ra ở các tỉnh ĐBSCL. Rất nhiều vấn đề BĐKH tác động đến các tỉnh ĐBSCL được nghiên cứu, đánh giá nhằm mục đích đưa ra giải pháp giảm thiểu tác động cũng như ứng phó, thích ứng với BĐKH. Ngành Xây dựng với những đặc thù của mình cũng đang đặt ra các giải pháp để theo kịp sự gia tăng tác động của BĐKH. Bên cạnh đó,

xu thế số hóa ngành Xây dựng đang được thúc đẩy với những bước tiến mạnh mẽ trong nhận thức và được cụ thể hóa bằng cơ chế chính sách của Chính phủ, trong đó có việc phát triển Mô hình thông tin công trình (BIM) cho các dự án xây dựng tại Việt Nam, đặc biệt từ năm 2021. Liệu rằng BIM của ngành Xây dựng có đóng góp được cho sứ mệnh phát triển xây dựng bền vững và ứng phó BĐKH tại các tỉnh ĐBSCL được hay không? Dựa trên những cơ sở dữ liệu, các công nghệ hiện có, bài báo này tác giả sẽ tập trung phân tích để nhằm làm rõ vấn đề trên.

2. TỔNG QUAN

Năm 2016, Bộ Tài Nguyên và Môi trường đã công bố Kịch bản BĐKH ở các giai đoạn khác nhau của thế kỷ 21 [2] bao gồm những số

liệu dự báo cho khu vực ĐBSCL. Theo kịch bản RCP4.5, khu vực Nam bộ nhiệt độ bình quân năm có xu thế tăng so với trung bình thời kỳ cơ sở (1986-2005), tăng ở giữa thế kỷ với mức phổ biến 1,3÷1,40C, đến cuối thế kỷ mức tăng này là 1,7÷1,90C; lượng mưa cũng được dự báo tăng từ 5-15% ở giữa thế kỷ và có thể ở mức 20% ở cuối thế kỷ; bão và áp thấp nhiệt đới ở mức mạnh đến rất mạnh được dự báo tăng, đồng thời tăng số ngày nắng nóng có nhiệt độ cao >350C; mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển đến năm 2050 là 22 cm, đến năm 2100 là 53 cm và với mực nước biển dâng 100 cm thì 38% diện tích ĐBSCL có nguy cơ ngập như Hình 1.



Hình 1. Bản đồ nguy cơ ngập ứng với mực nước biển dâng 100 cm, khu vực ĐBSCL [2]

BĐKH đang gây ra những tác động trực tiếp đến các công trình xây dựng hiện hữu cũng như quá trình tổ chức thi công tại công trường. Những tác động làm giảm tuổi thọ công trình, thay đổi điều kiện vi khí hậu làm gia tăng nhu cầu tiêu thụ năng lượng trong các tòa nhà và xuất hiện các rủi ro tại công trường. Mức độ tăng mạnh của BĐKH làm thay đổi các điều kiện tự nhiên gây ra những tác động mạnh mẽ lên các công trình xây dựng. Cần có những đánh giá tác động, lượng hóa các rủi ro mà BĐKH gây ra cho các công trình, đồng thời cần nghiên cứu áp dụng những cách thức triển khai xây dựng công trình hướng tới việc giảm thiểu tác động của BĐKH.

BIM có thể hiểu là cách thức quản lý dự án mới bằng mô hình thông tin công trình. Các nước phát triển trên thế giới như Đức, Anh đang thúc đẩy áp dụng BIM một cách mạnh mẽ, cụ thể hóa bằng các cơ chế, chính sách của mình theo từng giai đoạn với các mức độ khác nhau. Ở Việt Nam, Chính phủ đã ban hành các chủ trương, chính sách cũng như văn bản hướng dẫn việc áp dụng BIM cho các dự án xây dựng [3]. Tuy nhiên, việc áp dụng BIM cần phải được xem xét một cách cụ thể tùy thuộc vào mục đích, nhu cầu khác nhau của các dự án. Đã có rất nhiều công trình nghiên cứu khoa học xem xét các khía cạnh của BIM từ góc độ pháp lý, cải tiến phương thức quản lý mục tiêu dự án cũng như rào cản đối với việc áp dụng BIM tại Việt Nam. Các rào cản, thách thức và những lợi ích khi triển khai áp dụng BIM tại Việt Nam cũng như các vấn đề về pháp lý, hệ thống tiêu chuẩn đã được các nhóm tác giả nghiên cứu [10, 14, 16, 18, 21, 27]; Nâng cao hiệu quả quản lý các dự án xây dựng thông qua việc áp dụng BIM được xem xét ở các khía cạnh như quản lý chi phí [29], quản lý an toàn, tiến độ thi công xây dựng công trình [7, 23], quản lý khối lượng [20, 22]; BIM hỗ trợ giai đoạn thiết kế [19, 30, 32]. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu chưa xem xét đến khả năng áp dụng BIM nhằm ứng phó với những thách thức của BĐKH đang diễn ra tại các tỉnh khu vực ĐBSCL. BIM chứa đựng những thông tin hình học và phi hình học của công trình, khai thác BIM là một quá trình phức tạp nhưng hứa hẹn sẽ mang lại nhiều lợi ích cho việc kiểm soát chất lượng công trình, đánh giá các tác động cũng như lượng hóa chi phí chưa tính hết đối với công trình.

3. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Tính khả thi của việc sử dụng BIM cho các công trình xây dựng để ứng phó với những ảnh hưởng của BĐKH đang và sẽ diễn ra tại khu vực ĐBSCL.

Phạm vi nghiên cứu: Các công trình xây dựng khu vực ĐBSCL.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Tác giả sử dụng phương pháp phân tích tổng hợp dựa trên dữ liệu thu thập được từ các công trình nghiên cứu khoa học, báo cáo tổng hợp liên quan đến ảnh hưởng của BĐKH và ứng dụng của BIM đối với công trình xây dựng. Bằng cách tổng hợp dữ liệu đánh giá tác động giữa BĐKH và các công trình xây dựng nhằm làm rõ những yếu tố ảnh hưởng chính của BĐKH đối với công trình xây dựng cũng như tác nhân làm gia tăng BĐKH gây ra bởi các công trình xây dựng. Từ kết quả tổng hợp các tác động qua lại, tác giả xem xét vai trò tích cực của BIM cho mục tiêu giải quyết giảm thiểu các tác động đó dựa trên những nghiên cứu ứng dụng của BIM trong sự liên kết của các công nghệ mới ở lĩnh vực xây dựng, năng lượng và công trình xanh.

4. TÁC ĐỘNG QUUA LẠI GIỮA BĐKH VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

4.1. Tác động của BĐKH đến các công trình xây dựng

Nhiệt độ trung bình tăng nhanh, nắng nóng vào mùa khô, lượng mưa và cường độ mưa lớn, gia tăng lũ lụt, mực nước biển tăng cao dẫn đến xâm nhập mặn, xói lở, bão là những hiện tượng đang diễn ra với cường độ cao đối với các tỉnh ĐBSCL. Theo một số báo cáo dự báo, những thay đổi này sẽ tăng nhanh từ 2030 gây ảnh hưởng rất lớn đến đời sống người dân và kết cấu hạ tầng. Báo cáo nghiên cứu về các tác động của BĐKH đối với các công trình nhà ở của M. Camilleri [4] đã phân tích ảnh hưởng của BĐKH đối với các công trình xây dựng theo nhiều yếu tố như nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển dâng, bức xạ UV, cường độ bão, lũ gia tăng và tốc độ gió, hướng gió. Những yếu tố này tác động lên công trình xây dựng theo mức độ khác nhau và gây ra thiệt hại nhiều mặt đối với công trình xây dựng, có thể tổng hợp các ảnh hưởng tại Bảng 1 dưới đây.

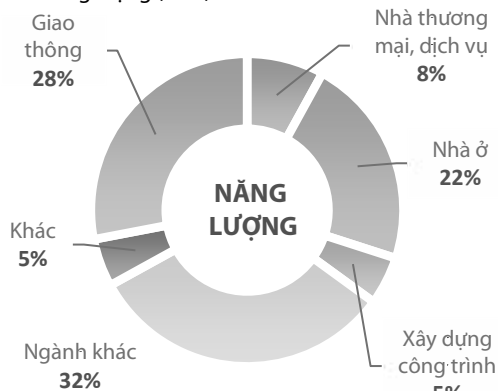
Bảng 1. Tóm tắt một số ảnh hưởng của BĐKH tới các công trình xây dựng [4]

TT	Yếu tố	Ảnh hưởng
1	Nhiệt độ tăng cao	<ul style="list-style-type: none"> - Giảm tuổi thọ của một số vật liệu. - Gia tăng nguy cơ mất an toàn lao động trong quá trình thi công dưới điều kiện thời tiết nắng nóng. - Tăng nhiệt tòa nhà, tích nhiệt ở các công trình làm gia tăng nhu cầu sử dụng năng lượng trong tòa nhà.
2	Lượng mưa tăng	<ul style="list-style-type: none"> - Tăng tích tụ nước, độ ẩm đẩy nhanh quá trình bị ăn mòn của các vật liệu. - Tăng nguy cơ mất an toàn trong thi công do điều kiện làm việc ngoài trời. - Ảnh hưởng đến tiến độ thi công và chất lượng công trình.
3	Mực nước biển dâng	<ul style="list-style-type: none"> - Gia tăng xói mòn nền móng các công trình. - Ảnh hưởng đến nguồn nước và làm tăng chi phí thi công.
4	Bức xạ UV	<ul style="list-style-type: none"> - Làm giảm chất lượng một số loại vật liệu, nội thất tiếp xúc trực tiếp với ánh sáng mặt trời.

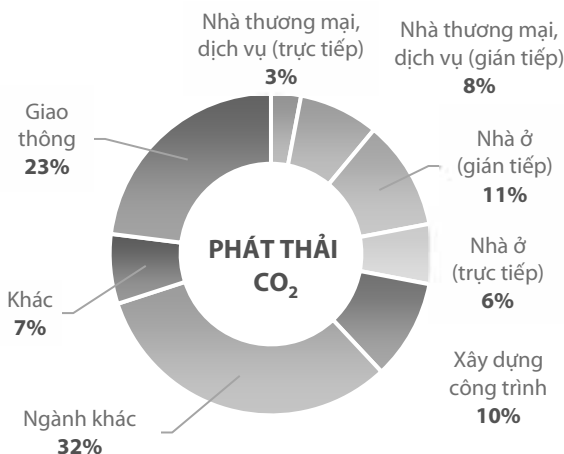
TT	Yếu tố	Ảnh hưởng
5	Tốc độ và hướng gió	- Ảnh hưởng đến điều kiện tổ chức thi công công trường. - Tính toán lưu thông không khí tòa nhà.
6	Tăng tần suất, cường độ bão, lũ	- Giảm tuổi thọ công trình. - Gián đoạn thi công. - Hư hỏng nhà cửa, xói mòn các công trình hạ tầng kỹ thuật. - Chi phí bảo hiểm công trình tăng hoặc từ chối bảo hiểm. - Các Nhà thầu từ chối thi công do rủi ro lớn nhưng gần như không được ước tính trong chi phí được hưởng.

4.2. Các công trình xây dựng gia tăng BĐKH

Theo Báo cáo Hiện trạng toàn cầu về Tòa nhà và Xây dựng năm 2020 do Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA) [9] chỉ ra rằng hoạt động xây dựng và vận hành tòa nhà chiếm tỷ trọng lớn nhất trong tổng năng lượng tiêu thụ trên toàn cầu (35%) như Hình 2 và phát thải CO₂ liên quan đến năng lượng (38%) như Hình 3 vào năm 2019.



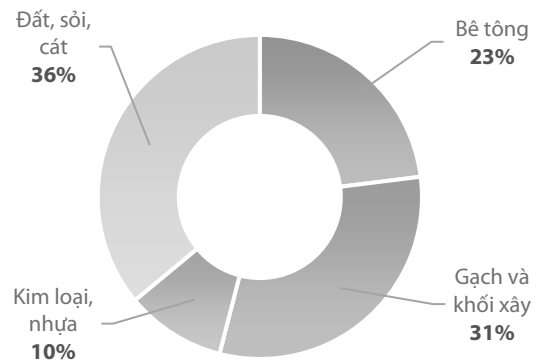
Hình 2. Tỷ trọng sử dụng năng lượng lĩnh vực xây dựng và vận hành tòa nhà [9]



Hình 3. Tỷ trọng phát thải CO₂ lĩnh vực xây dựng và vận hành tòa nhà [9]

Nghiên cứu hiện trạng quản lý phế thải xây dựng và phá dỡ ở Việt Nam của nhóm tác giả Tuấn, N.K. và công sự [31] nêu ra lượng phế thải xây dựng chiếm từ 10-12% tổng lượng chất thải rắn đô thị, trong đó có 4 thành phần chủ yếu của phế thải xây dựng gồm bê tông, gạch xây, đất, sỏi, cát được mô tả ở Hình 4. Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia năm 2019 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [1] chỉ ra rằng lượng chất thải rắn khu vực đô thị các tỉnh

ĐBSCL năm 2019 là 1.305.488 tấn/năm. Như vậy có thể thấy lượng chất thải xây dựng hàng năm rất lớn, quá trình xử lý loại chất thải xây dựng cũng gặp nhiều khó khăn và đang dần ảnh hưởng đến BĐKH cũng như những giải pháp thoát lũ tại khu vực ĐBSCL.



Hình 4. Các thành phần phế thải xây dựng điển hình ở Việt Nam [31]

Quá trình xây dựng, vận hành khai thác công trình đã tạo ra rất nhiều những yếu tố làm gia tăng BĐKH toàn cầu, có thể liệt kê một số ảnh hưởng trong Bảng 2 như sau:

Bảng 2. Các yếu tố của công trình xây dựng làm gia tăng BĐKH [4]

TT	Yếu tố	Ảnh hưởng
1	Thiết kế	- Không tính toán hiệu ứng nhà kính. - Không tính toán giải pháp tiết kiệm năng lượng, tài nguyên. - Không tính toán thông gió, chiếu sáng tự nhiên.
2	Rác thải xây dựng	- Không tính toán ước lượng rác thải xây dựng trong quá trình thi công. - Lãng phí vật liệu và không tái chế.
3	Quy hoạch	- Vị trí công trình xây dựng thiếu quy hoạch, ngăn cản các giải pháp thoát lũ nhanh, hạn chế thiết hại.
4	Công nghệ	- Thiếu công cụ đo lường, kiểm soát để giảm tác động môi trường - Sử dụng các loại vật liệu phát thải lượng lớn CO ₂
5	Khai thác công trình	- Lạm dụng hệ thống điều hòa quá mức. - Thiếu trang thiết bị tiết kiệm năng lượng, nước,...

Cũng theo báo cáo của IEA, để đạt được mục tiêu không phát thải khí nhà kính vào năm 2050, IEA ước tính rằng lượng phát thải CO₂ trực tiếp từ tòa nhà sẽ cần giảm 50% và lượng khí thải từ lĩnh vực xây dựng gián tiếp giảm thông qua việc giảm 60% lượng khí thải vào năm 2030. Những nỗ lực này sẽ cần chứng kiến lượng phát thải của lĩnh vực xây dựng giảm khoảng 6% mỗi năm từ năm 2020 đến năm 2030. [12]

Trước những tác động qua lại giữa BĐKH và các công trình xây dựng, cần có những giải pháp cụ thể để áp dụng đối với các công trình xây dựng nhằm giảm thiểu BĐKH trong dài hạn.

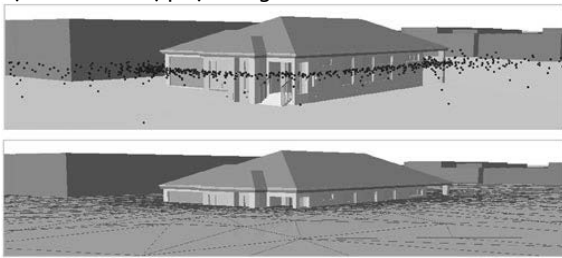
5. BIM CHO CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TRONG ĐIỀU KIỆN BĐKH KHU VỰC ĐBSCL

5.1. BIM - GIS mô phỏng và đánh giá thiệt hại do lũ lụt đối với các công trình

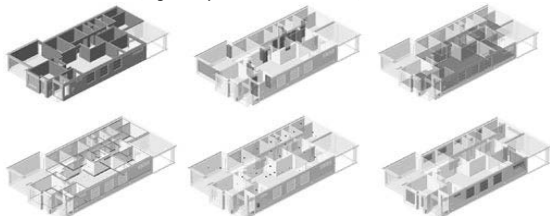
GIS (Geographic information system) là một nền tảng để quản lý và trình bày thông tin được tham chiếu trong không gian. Điểm mạnh chính của GIS, trái ngược với BIM, liên quan đến hiệu quả của nó trong việc mô hình hóa các đối tượng địa lý ngoài trời với

quy mô lớn cũng như khả năng phân tích không gian của nó [26]. Trong khi đó, BIM chủ yếu sử dụng IFC làm định dạng trao đổi tiêu chuẩn để thiết lập khả năng tương tác trong ngành xây dựng. Trong khuôn khổ IFC, một công trình với các thành phần kết cấu, kiến trúc, MEP, các mối quan hệ liên kết và vật liệu sử dụng được mô tả trong một mô hình thông tin duy nhất cho phép quản lý những thông tin đó trong suốt vòng đời công trình. Việc kết hợp BIM-GIS được đánh giá là sẽ mang lại nhiều lợi ích, tuy nhiên tích hợp BIM-GIS rất phức tạp và nhiều thách thức. Điều này chủ yếu là do sự khác biệt về quy mô không gian, mức độ chi tiết, phương pháp biểu diễn hình học, phương pháp lưu trữ và truy cập cũng như sự không phù hợp ngữ nghĩa giữa các nguồn thông tin.

Trong nghiên cứu tích hợp công cụ BIM-GIS nhằm hỗ trợ đánh giá thiết hại lũ đối với tòa nhà của nhóm tác giả S. Amirebrahimi và cộng sự [26] đã cố gắng liên kết 2 nguồn dữ liệu BIM-GIS với nhau để đánh giá tác động của lũ lụt cũng như ước tính các chi phí sửa chữa thông qua phương pháp này. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng mô hình công trình với mức độ LOD400 trên nền tảng Revit sau đó xuất sang định dạng IFC, sử dụng Mike21 để mô phỏng quá trình lũ, một quá trình xử lý dữ liệu giữa các định dạng khác nhau được thực hiện. Các thông số lũ lụt và các thành phần trong mô hình sau đó được sử dụng để diễn họa tác động bên ngoài và bên trong tòa nhà như mô tả ở Hình 5. Thông tin này sau đó được sử dụng để đánh giá chế độ và mức độ thiết hại đối với các bộ phận riêng lẻ của nó như hình 6.



Hình 5. Mô hình tác động lũ tiếp điểm và trên bề mặt [26]



Hình 6. Mô phỏng các tổn thất của hệ thống kết cấu, điện, kiến trúc [26]

Trong nghiên cứu [26] nhóm tác giả đã nỗ lực liên kết các dữ liệu thông tin như một quá trình bán tự động đi kèm tổn thất một số thông tin khi chuyển đổi dữ liệu của BIM và GIS. Một đánh giá được nhóm tác giả đưa ra là việc chuyển đổi định dạng từ BIM-GIS rất phức tạp và phải chỉnh sửa khá nhiều dữ liệu hình học khi chuyển đổi dữ liệu. Kết quả nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng có thể tính toán được các thiệt hại của công trình khi chịu ảnh hưởng của các cấp độ lũ khác nhau. Mặc dù cần phải có thêm các nghiên cứu khác để xem xét quá trình liên kết dữ liệu giữa BIM-GIS, tuy nhiên việc đánh giá những tác động của lũ lụt cho các công trình xây dựng và ước tính chi phí sửa chữa dựa trên BIM-GIS là khả thi và có thể nghiên cứu để ứng dụng đối với các công trình xây dựng khu vực ĐBSCL.


5.2. BIM giúp xây dựng mô hình tính toán năng lượng, ánh sáng, thông gió - công trình xanh

Công trình xanh đang được xem là một xu hướng phát triển đối với ngành xây dựng, những tiêu chí áp dụng khi đánh giá công trình xanh sẽ phù hợp để đặt ra cho các công trình xây dựng ở khu vực ĐBSCL với mục tiêu tiết kiệm năng lượng, tài nguyên, giảm khí thải và giải quyết bài toán rác thải xây dựng.

Số liệu thống kê hiện nay Việt Nam có khoảng 165 công trình xanh được đánh giá, chứng nhận bởi các hệ thống, tiêu chuẩn LOTUS, EDGE, LEED, GREEN MARK [28], theo đó các công trình đạt chứng chỉ xanh phần lớn tại các thành phố như Hà Nội, Hồ Chí Minh. Báo cáo về xu hướng công trình xanh năm 2018 của Dodge Data & Analytics công bố dựa trên khảo sát toàn cầu của hơn 2.000 tổ chức/các nhân từ 87 quốc gia/khu vực [34] cho thấy số lượng các công trình xanh ở Việt Nam còn rất ít, số liệu khảo sát đối với Việt Nam chỉ có 13% trong tổng số người được hỏi là doanh nghiệp của họ thực hiện hơn 60% công trình xanh. Đồng thời, báo cáo cũng nêu một số rào cản đối với việc tăng nhanh xây dựng xanh ở Việt Nam là thiếu sự hỗ trợ chính sách, lo ngại về chi phí ban đầu cao và thiếu nhận thức cộng đồng.

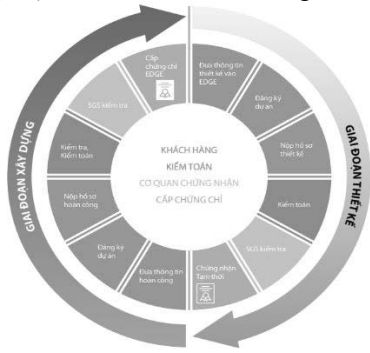
Từ đó cho thấy, để có thể áp dụng được tiêu chuẩn công trình xanh ở Việt Nam nói chung và đặc biệt là ĐBSCL thì các bên cần phải trang bị đầy đủ sự hiểu biết về công trình xanh cũng như cần có những ước tính ngay từ đầu về các chi phí, hiệu quả năng lượng làm cơ sở dữ liệu cho người quyết định đầu tư. Một công trình được cấp chứng chỉ công trình xanh sẽ phải đáp ứng những tiêu chí mà các hệ thống chứng chỉ đặt ra như mô tả tại Bảng 3 tóm tắt một số tiêu chí chung của 3 Bộ chứng nhận công trình xanh hiện nay.

Bảng 3. Tóm tắt một số nội dung đánh giá chứng chỉ công trình xanh LOTUS, LEED, EDGE

TC	Tiêu chí	
 LOTUS [24]	Hạng mục đánh giá	<ul style="list-style-type: none"> - Hiệu quả sử dụng năng lượng. - Hiệu quả sử dụng nước. - Hiệu quả sử dụng vật liệu. - Chất lượng không khí trong nhà. - Tiện nghi sử dụng. - Địa điểm và giao thông. - Tác động tiêu cực đến khu đất. - Quản lý rác thải và ô nhiễm. - Quy trình triển khai và sáng tạo.
	Đạt yêu cầu	<ul style="list-style-type: none"> - Đáp ứng tất cả 09 điều kiện tiên quyết của LOTUS. - Tối thiểu phải đạt 40/108 điểm đánh giá.
 LEED [15]	Hạng mục đánh giá	<ul style="list-style-type: none"> - Hiệu quả sử dụng năng lượng. - Hiệu quả sử dụng nước. - Hiệu quả sử dụng vật liệu. - Chất lượng không khí trong nhà. - Tiện nghi sử dụng. - Địa điểm và giao thông. - Tác động tiêu cực đến khu đất. - Quản lý rác thải và ô nhiễm. - Quy trình triển khai và sáng tạo.
	Đạt yêu cầu	<ul style="list-style-type: none"> - Đáp ứng tất cả 12 điều kiện tiên quyết theo tiêu chuẩn của LEED. - Tối thiểu phải đạt 40/110 điểm đánh giá
 EDGE [33]	Hạng mục đánh giá	<ul style="list-style-type: none"> - Hiệu quả sử dụng năng lượng. - Hiệu quả sử dụng nước. - Hiệu quả sử dụng vật liệu.
	Đạt yêu cầu	<ul style="list-style-type: none"> - Phải đạt 20% hiệu quả ở từng hạng mục

Các bộ tiêu chuẩn đánh giá công trình xanh phổ biến tại Việt Nam như EDGE, LOTUS đều dựa trên việc đo lường các tiêu chí năng lượng, tiêu thụ nước, vật liệu, chất lượng không khí, rác thải ngay từ giai đoạn thiết kế, thi công và hoàn thành công trình như mô tả các giai đoạn đánh giá ở Hình 7,8. Như vậy từ giai đoạn thiết kế việc đánh giá, đo lường mức tiêu thụ năng lượng, hiệu quả sử dụng vật liệu, tài nguyên phải

được thực hiện. BIM được đánh giá là khả thi khi sử dụng để hỗ trợ trong quá trình chứng nhận theo tiêu chí của các chứng chỉ xanh [25].



Hình 7. Quy trình chứng nhận EDGE [33]

QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ LOTUS HC

GIÁI ĐOẠN	PHASE 1: THIẾT KẾ	PHASE 2: XÂY DỰNG	PHASE 3: VẬN HÀNH
ĐẪN XUẤT	HOÀN THIỆN THIẾT KẾ	HOÀN THIỆN THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG	HỒ SƠ THIẾT KẾ NĂNG LƯỢNG, NƯỚC HANG NĂM
CHỨNG CHỈ	CHỨNG CHỈ LOTUS HC	CHỨNG CHỈ LOTUS HC	CHỨNG CHỈ LOTUS HC
HỆ MỤC	TỔ THƯỜNG	5 NĂM	5 NĂM CHO MỖI LẦN GIAI HẠN

Hình 8. Quy trình chứng nhận LOTUS [24]

Bằng mô hình thông tin công trình được thiết lập ngay từ giai đoạn thiết kế có thể giúp đánh giá năng lượng công trình, các yếu tố ánh sáng, thông gió, năng lượng mặt trời và rác thải công trình xây dựng. Việc sử dụng mô hình thông tin thiết lập ngay từ đầu bằng Revit có thể kết hợp với các công cụ mô phỏng năng lượng, ánh sáng, gió như Autodesk Insight, Green building studio. Theo nghiên cứu phân tích tính bền vững của công trình dựa trên mô hình thông tin BIM của Ahmed Khan Dr. Anil N. Ghadge [13] mô hình công trình thông minh nhóm tác giả thiết lập trên hệ thống Autodesk Revit 2019 với yêu cầu thiết lập ở mức độ LOD300, quá trình trao đổi dữ liệu mô hình được trích xuất dưới định dạng file gbXML. Các bước của quá trình phân tích và tối ưu năng lượng được mô tả tại Hình 9.

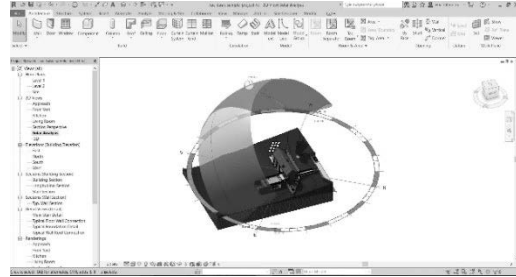


Hình 9. Tóm tắt quy trình phân tích năng lượng tòa nhà giai đoạn thiết kế [13]

Sau khi hoàn thành mô hình, toàn bộ các dữ liệu địa phương về khí hậu, thời tiết, chi phí tiện ích, mức giờ sẽ được cập nhật trong các công cụ Autodesk Green building và Autodesk Insight như Hình 10,11. Kết quả phân tích từ Autodesk Green building sẽ cho phép kiểm tra được mức độ tiêu thụ năng lượng của công trình.

Hình 10. Phân tích năng lượng trên Autodesk Green building [8]

Ngoài ra dựa trên phân tích của Autodesk insight có thể xác định được các vị trí hiệu quả lắp đặt pin năng lượng mặt trời cung cấp cho tòa nhà. Số liệu cũng cung cấp độ che nắng bề mặt công trình, điều này giúp cho đơn vị thiết kế lựa chọn các vị trí đặt cửa, thiết kế chiếu sáng tối ưu sử dụng ánh sáng tự nhiên để tiết kiệm năng lượng tòa nhà. Ngoài ra, đối với những trang thiết bị nội thất chịu tác động xấu từ ánh sáng mặt trời, tư vấn thiết kế có thể dựa trên mô hình chiếu sáng để bố trí vị trí đặt nội thất phù hợp cũng như lựa chọn những vật liệu cho các vị trí chịu tác động trực tiếp của ánh sáng mặt trời. Từ những phân tích này có thể giúp cho công trình tiết kiệm năng lượng cũng như lựa chọn được các giải pháp vật liệu bền vững cho công trình.



Hình 11. Mô phỏng phân tích ánh sáng mặt trời [11]

Đối với các công trình quy mô lớn hiện nay, sử dụng năng lượng phục vụ điều hòa không khí trong một tòa nhà rất quan trọng, thiết kế công trình đảm bảo luồng không khí bên trong và bên ngoài tòa nhà thúc đẩy điều kiện môi trường lành mạnh và cung cấp mức độ thoải mái cao hơn cho người ở. Dựa trên dữ liệu gió, độ ẩm khu vực có thể nhận biết được kiểu gió thịnh hành cho một vị trí, từ đó đưa ra các quyết định về việc áp dụng các chiến lược thông gió tự nhiên. Vị trí của cửa sổ và quạt thông gió có thể được quyết định để có được luồng không khí trong lành liên tục trong tòa nhà cũng như tối ưu sử dụng điều hòa.

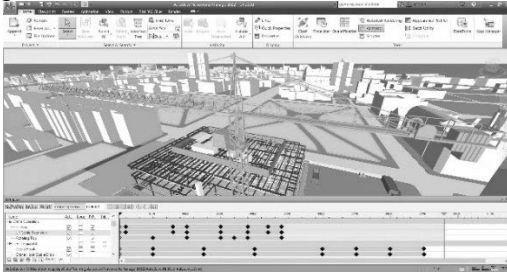
5.3. BIM góp phần giảm rác thải rắn, phát hiện xung đột và hạn chế mất an toàn trong thi công

Rác thải rắn trong xây dựng nếu không được quản lý, đánh giá đúng sẽ có tác động lâu dài gây ra BĐKH. Một số nguyên nhân có thể lý giải cho khối lượng chất thải xây dựng lớn là thiết kế không phù hợp; dư thừa và quản lý không tốt vật liệu dẫn đến khó sử dụng vào công trình khác; sử dụng vật liệu hao hụt lớn tạo ra chất thải; thay đổi thiết kế đột ngột. Việc tìm kiếm phương án giảm thiểu chất thải rắn trong xây dựng có thể cho phép hạn chế gia tăng BĐKH trong tương lai. Để có thể giảm thiểu chất thải xây dựng, theo nhóm tác giả Jack C.P. Cheng và cộng sự [6] sử dụng BIM có thể làm giảm thiết kế không phù hợp, dư thừa lượng nguyên liệu thô vào những thay đổi không mong muốn trong thiết kế tòa nhà và cải thiện việc mua sắm vật liệu.

Một điểm dễ nhận thấy khi thi công xây dựng công trình là việc sắp xếp các công việc giữa nhà thầu chính, nhà thầu phụ chưa phù hợp, có những xung đột trong quá trình thi công dẫn đến phải đập bỏ; ngoài ra quá trình thiết kế có sự tham gia của nhiều bộ môn kết hợp từ kết cấu, kiến trúc, điện, nước, cơ khí có thể xảy ra các xung đột thiết kế, lãng phí thiết kế, những lỗi này thường xuất hiện với dự án sử dụng các bản vẽ 2D.

Một mô hình công trình BIM được thiết lập trên các công cụ như Revit hay ứng dụng khác có thể giúp các bên dễ dàng phát hiện các xung đột trong thiết kế cũng như xây dựng được biện pháp tổ chức thi công hợp lý bằng việc sử dụng Navisworks để mô phỏng quá trình thi công như Hình 11, điều này giúp hạn chế được các lãng phí trong thi công và giảm thiểu rác thải trong xây dựng. Một quy trình thi công được xây dựng chi tiết có thể giúp cho Nhà thầu ước tính chính xác lượng vật tư cần thiết để cung cấp tới công

trường, điều này sẽ làm giảm khả năng lãng phí do quá trình mua sắm không chính xác của nhà thầu.



Hình 12. Mô phỏng thi công bằng Navisworks [17]

Mô hình thông tin công trình còn chứa đựng các thông tin phi hình học, những thông tin này có thể cung cấp một kế hoạch thi công an toàn hơn, nhận diện các rủi ro khu vực thi công mất an toàn, những khu vực có thể chịu tác động của thời tiết đột ngột. Nghiên cứu cách thức BIM có thể hỗ trợ quản lý thi công an toàn của Isabelle Y S Chan và cộng sự [5] đề xuất xây dựng Mô hình thông tin an toàn (SIM) trong đó bao gồm các dữ liệu đánh giá, kiểm soát các mối nguy, bổ sung các yêu cầu an toàn cho từng đối tượng trong BIM. Cách thức này có thể cải thiện công tác quản lý an toàn công trình với sự hỗ trợ của BIM.

Từ những phân tích đánh giá bài viết ở trên, có thể thấy được BIM với những phương thức thiết lập, trao đổi thông tin trong mô hình sẽ đóng góp cho nhiệm vụ ứng phó với BĐKH của ngành Xây dựng tại khu vực ĐBSCL. Từ việc (i) kết hợp với GIS để đánh giá tác động và dự tính tổn thất do lũ lụt gây ra; (ii) với khả năng phân tích mô hình năng lượng, mô phỏng ánh sáng nhằm xây dựng phương án thiết kế tối ưu dựa trên bộ tiêu chí công trình xanh hướng tới tiết kiệm năng lượng, tài nguyên và giảm tác động của điều kiện khí hậu đến công trình; (iii) BIM hỗ trợ nhà thầu thi công tránh dư thừa, lãng phí gây ra rác thải xây dựng, mô phỏng và kiểm soát an toàn trong thi công giúp cảnh báo nguy cơ rủi ro mất an toàn, đặc biệt trong những điều kiện thay đổi thất thường của tự nhiên dưới tác động của BĐKH.

6. KẾT LUẬN

BĐKH tại khu vực ĐBSCL đang là một thách thức cho tất cả các ngành, lĩnh vực và ngành Xây dựng có thể triển khai áp dụng BIM một cách đồng bộ sẽ góp phần vào quá trình xây dựng bền vững chống BĐKH. Còn nhiều thách thức trong quá trình áp dụng cũng như cần có thêm thực nghiệm để đánh giá một cách chính xác hiệu quả của việc áp dụng BIM tại các công trình khu vực ĐBSCL nhằm đóng góp cho sứ mệnh chống BĐKH. Tuy nhiên, quá trình xây dựng các công trình tại khu vực ĐBSCL cần được khuyến khích áp dụng BIM cùng với những tiêu chuẩn công trình xanh, đây sẽ là nền tảng phát huy hiệu quả của BIM cho xây dựng bền vững và chống BĐKH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ Tài nguyên và Môi trường 2019. Báo cáo Hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019: Quản lý chất thải rắn sinh hoạt. *NXB Dân trí*. (2019), 104.
 [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường 2016. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. *NXB Tài nguyên môi trường và bản đồ Việt Nam*. (2016).
 [3] Bộ Xây Dựng 2021. Quyết định 348/QĐ-BXD Hướng dẫn sử dụng BIM. (2021), 283.
 [4] Camilleri, M. 2000. Implications of Climate Change for the Construction sector: Houses. *BRANZ*. 94, (2000), 111.
 [5] Chan, I.Y.S., Leung, H.Y., Fung, I.W.H. và Leung, M. 2016. How can BIM support Construction Safety Management? Development of SIM. *MATEC Web of Conferences*. 66, (2016). DOI:https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600018.
 [6] Cheng, J.C.P., Won, J. và Das, M. 2015. Construction and demolition waste management using bim technology. *Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions*. 2015-Janua, (2015), 381–390.
 [7] Duy, L.T. và Thu, N.A. 2018. Ứng dụng mô hình thông tin và môi trường dữ liệu chung trong quản lý tiến độ thi công công trình. *Tạp chí Xây dựng*. 1, (2018), 132–136.

[8] Green building studio: 2020. <https://gbs.autodesk.com/GBS/>. Accessed: 2021-08-10.
 [9] Hamilton, I. và Rapf, O. 2021. Executive summary of the 2020 global status report for buildings and construction. *Global Alliance for Buildings and Construction*. (2021).
 [10] Hoang, G. V., Vu, D.K.T., Le, N.H. và Nguyen, T.P. 2020. Benefits and challenges of BIM implementation for facility management in operation and maintenance face of buildings in Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 869, 2 (2020). DOI:https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/2/022032.
 [11] Insight | Building Performance Analysis Software | Autodesk:2020. <https://www.autodesk.com/products/insight/overview>. Accessed: 2021-08-13.
 [12] International Energy Agency (IEA) 2019. *2019 Global Status Report for Buildings and Construction | World Green Building Council*.
 [13] Khan, A. và Ghadg, A.N. 2019. Building Information Modelling (BIM) Based Sustainability Analysis for a Construction Project. *SSRN Electronic Journal*. (2019). DOI:https://doi.org/10.2139/ssrn.3366799.
 [14] Le, H.N., Vu, T.K.D., Hoang, V.G. và Dinh, N.C. 2018. BIM for infrastructure projects in Vietnam: Status quo, obstacles for the application and solutions. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*. 12, 1 (2018), 53–64.
 [15] LEED v4 for Interior Design and Construction Checklist | U.S. Green Building Council: <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4i-interior-design-and-construction-beta-guide-april-2019>. Accessed: 2021-08-06.
 [16] Mui, T. Van và Giang, H. Van 2018. Promote the application of BIM to construction investment projects apartment buildings in Vietnam. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*. 12, 1 (2018), 22–28.
 [17] Navisworks Features | 2022, 2021 Features | Autodesk: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/features>. Accessed: 2021-08-10.
 [18] Nguyen, D.P. và Dao, T.N. 2018. Integrating BIM into construction contract: International experiences and BIM adoption reality in Viet Nam. *Journal of Science and Technology of Civil Engineering (STCE) - NUCE*. 12, 1 (2018), 29–35.
 [19] Nguyen, Q.T., Luu, P.Q. và Ngo, Y. V. 2020. Application of BIM in design conflict detection: A case study of Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 869, 2 (2020). DOI:https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/2/022038.
 [20] Nguyen, T.A., Nguyen, P.T. và Do, S.T. 2020. Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects. *Advances in Civil Engineering*. 2020, (2020). DOI:https://doi.org/10.1155/2020/8839923.
 [21] Nguyen, T.Q. và Nguyen, D.P. 2021. Barriers in bim adoption and the legal considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*. 12, 1 (2021), 283–295. DOI:https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.01.027.
 [22] Phương, L.Q. và Quân, N.T. 2020. Đề xuất quy tắc tạo lập mô hình BIM phục vụ việc tự động hóa đo bóc khối lượng trong các dự án xây dựng sử dụng vốn nhà nước tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*. 14, 4V (2020), 118–129. DOI:https://doi.org/10.31814/stce.nuce.2020-14(4v)-11.
 [23] Quoc Toan, N., Thi Tuyet Dung, N. và Thi My Hanh, N. 2021. 3D-BIM and 4D-BIM Models in Construction Safety Management. *E3S Web of Conferences*. 263, (2021). DOI:https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126302005.
 [24] Resources - VGBC: <https://vgbc.vn/en/resources/>. Accessed: 2021-08-10.
 [25] Romano, S. và Riediger, N. 2020. BIM as a tool for Green Building Certifications: An evaluation of the energy category of LEED, BREEAM and DGNB. *Journal of Physics: Conference Series*. 1425, 1 (2020). DOI:https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012162.
 [26] Sam Amirbrahimi, Abbas Rajabifard, P.M.&T.N. 2016. A BIM-GIS integration method in support of the assessment and 3D visualisation of flood damage to a building. *Journal of Spatial Science*. 61, 2 (2016), 317–350. DOI:https://doi.org/10.1080/14498596.2016.1189365.
 [27] Ta, N.B. và Tran, H.M. 2018. Legal framework to support BIM implementation in Vietnam. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*. 12, 1 (2018), 92–97.
 [28] Tòa đàm Chính sách phát triển đô thị xanh, công trình xanh, công trình hiệu quả năng lượng: <https://moc.gov.vn/tin-tuc/1173/65373/toa-dam-chinh-sach-phat-trien-do-thi-xanh-cong-trinh-xanh-cong-trinh-hieu-qua-nang-luong.aspx>. Accessed: 2021-08-10.
 [29] Toan, N.Q., Hang, N.T.T., Nam, L.H., Duyen, D.H. và Nam, T.P. 2020. Application of Building Information Modeling (BIM) for automatic integration of construction costs management information into 3D models in consideration of Vietnamese regulations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 869, 6 (2020). DOI:https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/6/062007.
 [30] Trang, N.T.N. và Hằng, N.T.T. 2016. BIM - Công nghệ tiềm năng cách mạng hóa quá trình thiết kế, xây dựng và vận hành công trình. (2016), 100–102.
 [31] Tuấn, N.K., Son, T.H., Phương, L.V., Hiền, N.X., Kiên, N.T., Huy, V.V. và Cường, T.V. 2018. Nghiên cứu hiện trạng quản lý phế thải xây dựng và phá dỡ ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*. 12, 7 (2018), 107–116. DOI:https://doi.org/10.31814/stce.nuce.2018-12(7)-12.
 [32] Tuan, N.M. 2018. Ứng dụng Dynamo cho dự án BIM trong giai đoạn thiết kế ý tưởng. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*. 12, 1 (2018), 71–76. DOI:https://doi.org/10.31814/stce.nuce.2018-12(1)-09.
 [33] User Guides | EDGE Buildings: <https://edgebuildings.com/learning/user-guides/>. Accessed: 2021-08-06.
 [34] World Green Building Council 2018. *World Green Building trends 2018*.

Xây dựng khung lý thuyết để triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam

Developing a theoretical framework for BIM-based value management in construction investment projects in Vietnam

> TH.S NGUYỄN HẢI LỘC¹, PGS.TS NGUYỄN THẾ QUÂN²

¹ Kiểm toán Nhà nước

² Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Email: quannt@nuce.edu.vn

TÓM TẮT

Phương pháp quản lý giá trị (VM) đã được giới thiệu từ lâu và gần đây cũng đã dần được thực hiện trong các dự án đầu tư xây dựng ở nước ta. Cùng với việc Mô hình thông tin công trình (BIM) ngày càng được phổ biến rộng rãi và được ứng dụng trong nhiều dự án đầu tư xây dựng, việc triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam trở thành nhu cầu tất yếu. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, là bước đi đầu tiên trong việc đề ra giải pháp cụ thể để triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam. Khung lý thuyết được xây dựng bao gồm hai phần chính là phần khung tổng quát và phần khung chi tiết, đã xem xét đến các ứng dụng BIM, đặc biệt là mức độ chi tiết của thông tin trong mô hình BIM và các hoạt động xây dựng trong vòng đời dự án đầu tư xây dựng theo quy định hiện hành tại Việt Nam.

Từ khóa: Quản lý giá trị (VM); kỹ thuật giá trị (VE); quản lý dự án đầu tư xây dựng; giá trị dự án; BIM

ABSTRACT:

Value management (VM) has been introduced since a long time ago and has also been implemented in selected construction investment projects in Vietnam. With the emergence of Building Information Modeling (BIM) and its recent application in many construction investment projects, the implementation of BIM-based value management in construction investment projects in Vietnam becomes an indispensable need. This paper presents the initial outcomes of a research project into implementing BIM-based value management in construction investment projects in Vietnam. The proposed theoretical framework consists of two main parts, a general framework and a detailed framework, considering BIM applications, especially the level of detail of the information integrated in the BIM models. The framework also addresses the key construction activities in the life cycle of a construction investment project according to current regulations in Vietnam.

Keywords: Value Management (VM); Value engineering (VE); project management; project value; BIM

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc nâng cao giá trị dự án nhưng không làm thay đổi ngân sách ban đầu hoặc đảm bảo dự án hoàn thành với đầy đủ công năng đã xác định với mức đầu tư thấp nhất luôn là kỳ vọng của mọi chủ đầu tư. Phương pháp quản lý giá trị (Value Management - viết tắt là VM) được đề xuất đã giải quyết được vấn đề này ở một số nước trên thế giới với những dự án xây dựng nhất định [17]. Thông qua việc huy động tri thức từ chủ đầu tư, các bên hữu quan của dự án và các chuyên gia khác, VM được thực hiện để nghiên cứu đưa ra các giải pháp thay thế cho dự án phù hợp với các mục tiêu được xác định và đã được chứng minh là mang lại hiệu quả đáng kể với mức tiết kiệm chi phí từ 5-10% [17]. Mở rộng hơn, quản lý giá trị là một công cụ có thể giúp dự án đánh giá tất cả các phương án phù

hợp cho việc thiết kế và xây dựng một dự án để giúp dự án đạt được “giá trị tốt nhất” cho khách hàng [10]. Công cụ này tập trung vào giá trị nhiều hơn là vào chi phí và giúp dự án đạt được sự cân bằng tối ưu giữa các yếu tố: thời gian, chi phí và chất lượng [6], chứ không phải là việc giảm chi phí cho dự án [10]. Quản lý giá trị là một dịch vụ giúp tối đa hóa giá trị công năng của một dự án bằng cách quản lý dự án từ giai đoạn ý tưởng đến giai đoạn sử dụng nhờ việc đánh giá tất cả các quyết định dựa trên một hệ thống giá trị đã được khách hàng xác định rõ [6].

Phương pháp này bắt đầu được sử dụng từ năm 1947 tại Mỹ [24] và đã được đưa vào áp dụng trong các dự án đầu tư xây dựng từ những năm 1980. Từ những năm 1990s, nó được các nước Châu Âu, Úc và Hồng Kông, một số nước châu Á khác như Nhật Bản, Hàn

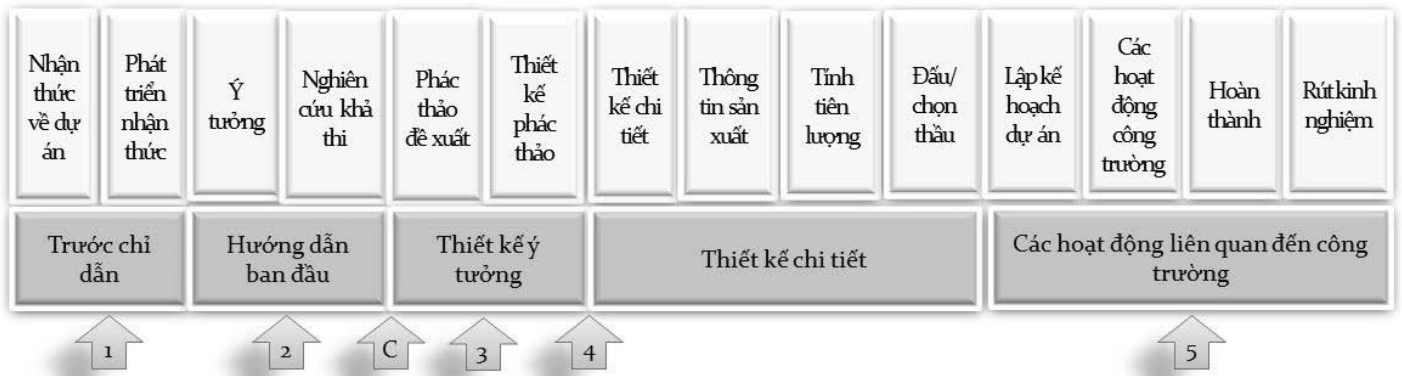
Quốc, Malaysia và Indonesia ứng dụng rộng rãi trong hoạt động quản lý dự án đầu tư xây dựng [5, 9, 25]. Ở Việt Nam, phương pháp này cũng đã được nghiên cứu áp dụng từ khá lâu, với một số nghiên cứu về chủ đề này được công bố vào đầu những năm 2010 [12, 15] và các ứng dụng thực tiễn cũng đã được triển khai trong thực tế [11]. Gần đây, cùng với sự xuất hiện của BIM (Mô hình thông tin công trình - Building Information Modelling), người ta bắt đầu chú trọng đến việc sử dụng công cụ này để tạo điều kiện thuận lợi và nâng cao hiệu quả việc thực hiện quản lý giá trị cho dự án [20]. Một số nghiên cứu ở nước ngoài đã đề xuất việc sử dụng Mô hình BIM là ngân hàng lưu trữ ý tưởng để phục vụ việc phát triển các giải pháp thay thế cho dự án [12], bao gồm cả đề xuất mở rộng khái niệm giá trị của dự án dưới góc độ hiệu quả sử dụng năng lượng [27, 28], sử dụng Mô hình BIM đa chiều với chiều bổ sung là chiều chi phí để tích hợp việc tính toán hiệu quả của giải pháp thay thế [23] và kiểm soát chi phí dự án [7], hay thiết kế một quy trình để áp dụng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng [1]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này đều chỉ chú trọng đến việc triển khai phiên làm việc mà chưa đề cập đến quy trình tổng quát kết nối BIM với hoạt động quản lý giá trị dự án.

Ở Việt Nam, các dự án thực hiện quản lý giá trị chưa sử dụng BIM, một phần là do BIM còn khá mới mẻ trong ngành xây dựng [14], nhất là trong các dự án sử dụng vốn nhà nước [3]. Tuy nhiên, việc sử dụng mô hình BIM trong các hoạt động thiết kế cũng dần được phổ biến, bao gồm cả các ứng dụng BIM cũng góp phần tạo ra giá trị cho dự án qua hoạt động phân tích chức năng [2] hoặc dò tìm và xử lý xung đột giữa các hệ thống kỹ thuật [13]. Với hiệu quả tiềm năng mà BIM có thể mang lại, việc phát triển một cách tiếp cận sử dụng BIM trong điều kiện các dự án đầu tư xây dựng Việt Nam, nhất là các dự án có vốn đầu tư công, là cần thiết. Bài báo này trình bày một nghiên cứu về triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam thông qua việc xây dựng một khung lý thuyết, sẽ là bước đi đầu tiên để tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu và chi tiết về chủ đề này.

2. TỔNG QUAN VỀ QUẢN LÝ GIÁ TRỊ TRONG DỰ ÁN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG

Giá trị (value), hiểu theo nghĩa chung nhất, là lợi ích dự án mang lại cho chủ đầu tư. Nhưng trong một dự án, luôn luôn tồn tại các ràng buộc về thời gian, chi phí và chất lượng. Vì thế, các bên hữu quan của một dự án thường mong muốn có được lợi ích – giá trị gia tăng – lớn nhất từ dự án mà vẫn đảm bảo sự cân bằng giữa các yếu tố thời gian, chi phí và chất lượng. Do đó, giá trị có thể được hiểu là việc đảm bảo có được các quyết định và lựa chọn đúng đắn cho dự án trong việc tối đa hóa lợi ích với các điều kiện của dự án về thời gian, chi phí và chất lượng [4]. Việc đảm bảo đạt được giá trị dự án đã xác định, bao gồm cả việc tìm ra và tận dụng các cơ hội nâng cao giá trị cho dự án chính là nhiệm vụ của hoạt động quản lý giá trị.

Kelly và Male, hai nhà khoa học có công lớn trong việc phổ biến phương pháp quản lý giá trị trong ngành xây dựng ở Vương quốc Anh, đã chỉ ra rằng quản lý giá trị bao gồm ba bộ phận chính: một hệ thống giá trị, một quá trình hoạt động nhóm và việc phân tích chức năng [6]. Để thực hiện quản lý giá trị cho một dự án, cần phân chia dự án thành các giai đoạn khác nhau để xác định các điểm cơ hội quản lý giá trị (các thời điểm có thể áp dụng hiệu quả các phiên kỹ thuật giá trị - Value Engineering, viết tắt là VE), sau đó tiến hành các phiên VE tại các thời điểm đó. Phiên kỹ thuật giá trị, dịch theo nghĩa gốc của từ và rút gọn từ “phiên làm việc kỹ thuật giá trị”, từ nay về sau gọi tắt là Phiên VE, thực chất là một cuộc hội thảo chuyên sâu (workshop), có sự tham gia của nhiều chuyên gia được mời, có chuyên môn phù hợp để đề xuất và đánh giá được các phương án thiết kế khác nhau định hướng đảm bảo hoặc nâng cao giá trị cho dự án [6]. Cụ thể, trong điều kiện Vương quốc Anh, một dự án xây dựng có thể được chia thành 5 giai đoạn lớn: tiến chỉ dẫn, hướng dẫn ban đầu, thiết kế ý tưởng, thiết kế chi tiết và các hoạt động liên quan đến công trường (Hình 1). Cần tiến hành 5 phiên VE khác nhau tại 5 thời điểm tương ứng (đánh số từ 1-5 trên Hình 1). Ngoài ra, cần tiến hành thêm một Hội thảo thiết kế (C) ngay trước khi thực hiện thiết kế ý tưởng.



Hình 1. Các cơ hội quản lý giá trị theo quy trình thực hiện dự án của RIBA [8]

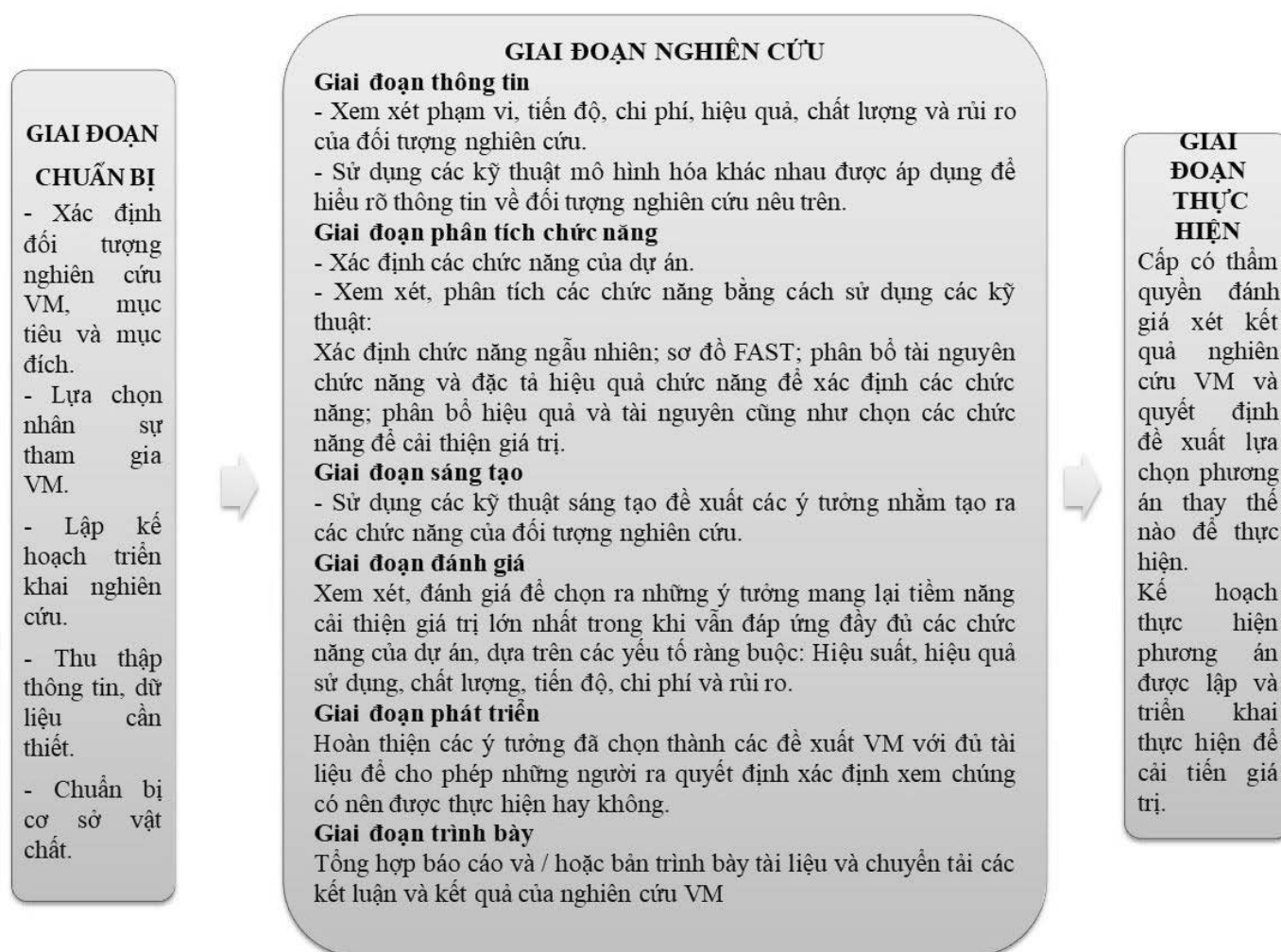
Tại từng cơ hội quản lý giá trị, một hoặc một vài phiên VE cần được triển khai theo một quy trình cụ thể. Có nhiều quy trình được đề xuất và triển khai trên thế giới. Ở Vương quốc Anh, một phiên làm việc quản lý giá trị (VM workshop, thuật ngữ tương đương với phiên VE) được triển khai theo 8 bước: Trước hội thảo, Thông tin, Sáng tạo, Đánh giá, Phát triển, Hoạch định hành động, Báo cáo kết quả và Thực hiện [8], như thể hiện trong Bảng 1.

Tuy nhiên, các nghiên cứu sau này về VM đã tách việc triển khai một phiên VE thành ba giai đoạn chính: giai đoạn chuẩn bị,

giai đoạn nghiên cứu và giai đoạn thực hiện, như Kế hoạch làm việc tiêu chuẩn của SAVE International [26]. Các pha (bước) trong giai đoạn nghiên cứu cũng được sắp xếp lại, cụ thể, phân tích chức năng được tách khỏi pha thông tin thành một pha riêng. Việc sắp xếp lại này cho phép chú trọng hơn vào giai đoạn thứ hai, là giai đoạn cần có các chuyên gia bên ngoài. Các giai đoạn còn lại do đội dự án tự thực hiện nên sẽ chủ động được hơn. Cách tiếp cận của SAVE International sẽ được vận dụng để xây dựng khung lý thuyết cho việc quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng ở Việt Nam.

Bảng 1. Triển khai phiên làm việc (workshop) [8]

STT	Các bước	Hoạt động trong các bước
1	Trước hội thảo	Thu thập thông tin; Tổng hợp thông tin; Lập lịch trình
2	Thông tin	Trình bày và lập đội; Thu thập thông tin; Tổng hợp thông tin; Lập sơ đồ chức năng; Phân tích chức năng; Phân tích quá trình; Mục tiêu hóa chức năng.
3	Sáng tạo	Não công
4	Đánh giá	Sắp xếp lần 1; Sắp xếp chi tiết hơn; Lựa chọn ý tưởng để phát triển.
5	Phát triển	Phát triển ý tưởng
6	Hoạch định hành động	Trình bày với nhà tài trợ và các nhà quản lý cấp cao; Lập kế hoạch thực hiện; Chuẩn bị các kế hoạch hoạt động; Giải thể đội ngũ
7	Báo cáo kết quả	Chuẩn bị báo cáo; Phát hành báo cáo.
8	Thực hiện	Hội thảo rút kinh nghiệm; Chuẩn bị kế hoạch hoạt động cuối cùng; Giải thể đội ngũ.



Hình 2. Kế hoạch triển khai một phiên kỹ thuật giá trị của SAVE International [26]

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quản lý giá trị và BIM đều là các chủ đề nghiên cứu rất được quan tâm gần đây. Việc khảo sát sơ bộ các nguồn cơ sở dữ liệu có chứa các công bố quốc tế về các chủ đề này như Scopus, Google Scholar cho thấy, có một số khung triển khai đã được đề xuất và ứng dụng trong thực tế để triển khai hoặc hoạt động quản lý giá trị (VM), hoặc việc ứng dụng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng. Gần đây cũng đã có một số nghiên cứu về chủ đề triển khai quản lý giá trị trong các dự án áp dụng BIM của một số tác giả nước ngoài. Tuy nhiên, do việc triển khai các dự

án phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện mỗi quốc gia, vùng lãnh thổ, thậm chí điều kiện của từng dự án, nên các mô hình triển khai ở nước ngoài thường không sử dụng được trực tiếp ở Việt Nam, nhất là trong các dự án đầu tư xây dựng sử dụng nguồn vốn đầu tư công. Dù vậy, các mô hình đã đề xuất riêng cho từng hoạt động như VM hoặc BIM và cả các mô hình ứng dụng sẽ được sử dụng để làm tài liệu tham khảo xây dựng khung lý thuyết cho nghiên cứu này.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện thông qua các bước như sau (Hình 3):



Hình 3. Quy trình nghiên cứu

Hầu hết các khung triển khai VM được đề xuất trong các nghiên cứu đều cho thấy, để triển khai VM trong dự án, có hai việc cần phải thực hiện đó là: (i) xác định được các thời điểm để triển khai VM có hiệu quả trong toàn bộ vòng đời dự án, (ii) lập kế hoạch triển khai các phiên kỹ thuật giá trị (VE) cho từng thời điểm. Với các dự án áp dụng BIM, do quá trình thiết kế thường được triển khai theo nhiều bước với cấp độ chi tiết tăng dần, nên mức độ chi tiết của mô hình BIM được dựng cũng thường thấp ở các giai đoạn đầu dự án và cao dần ở các giai đoạn sau. Do vậy, việc phát triển khung lý thuyết cần dựa trên khung tổng quát triển khai dự án (như thể hiện ở Bước 2). Thông qua việc phân tích các giai đoạn của quá trình đầu tư xây dựng và các hoạt động cần triển khai trong từng giai đoạn, sẽ xác định được các thời điểm phù hợp để tiến hành các phiên VE (Bước 3). Khả năng khai thác mô hình BIM cần được xem xét để tích hợp vào nội dung kế hoạch triển khai từng phiên VE, phụ thuộc vào mức độ chi tiết của thông tin được đưa vào mô hình BIM tại các thời điểm khác nhau trong vòng đời dự án (Bước 4). Đặc điểm của dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam, kinh nghiệm triển khai BIM và VM cùng các vấn đề khác sẽ được xem xét để hoàn thiện khung lý thuyết. Với phạm vi đã được giới hạn của nghiên cứu này là chỉ dừng ở việc xây dựng khung lý thuyết, chưa có điều kiện đưa vào kiểm định trong một dự án thực tế, các phương pháp được sử dụng cho nghiên cứu này chủ yếu là các phương pháp định tính, dựa trên cơ sở lý luận, các kết quả nghiên cứu trước và các lập luận, phân tích, suy luận của các thành viên nhóm nghiên cứu. Khung lý thuyết được kiểm định thông qua suy luận logic và các bằng chứng được thu thập từ các nguồn thông tin được công bố rộng rãi và quy định pháp luật trong triển khai dự án đầu tư xây dựng hiện nay.

4. XÂY DỰNG KHUNG LÝ THUYẾT

Theo quy trình nghiên cứu đã được xác định, khung lý thuyết cho việc triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam bao gồm hai phần chính: (i) phần khung tổng quát triển khai VM trên nền tảng BIM cho toàn bộ dự án trong đó thể hiện thời điểm của các phiên VE, và (ii) phần khung chi tiết cho từng phiên VE.

4.1. Xây dựng khung tổng quát triển khai VM trên nền tảng BIM cho toàn bộ dự án

Khung tổng quát triển khai VM cho toàn bộ dự án thể hiện trình tự đầu tư xây dựng, gắn với các sản phẩm chuyển giao của dự án có sử dụng đến mô hình BIM và các thời điểm tiến hành các phiên quản lý giá trị. Khung tổng quát, do đó, được thể hiện trên một trục thời gian, xác định rõ các thời điểm phù hợp tiến hành các phiên quản lý giá trị (cơ hội tổ chức các phiên VE) và mô hình BIM với mức độ chi tiết (hay mức độ phát triển – LOD) phù hợp với từng thời điểm này, dựa trên kết quả của dự án tại thời điểm tương ứng. Khung này được điều chỉnh và bổ sung từ danh mục các cơ hội nâng cao giá trị của Male và Kelly (Hình 1) dựa trên quy trình đầu tư xây dựng tại Việt Nam và tích hợp thêm các mô hình BIM có thể được xây dựng tại từng giai đoạn. Khung tổng quát triển khai VM được thể hiện trong Hình 4. Khung tổng quát bao gồm 5 lớp,

thể hiện các giai đoạn của dự án đầu tư xây dựng, chi tiết các giai đoạn, sản phẩm thiết kế theo từng giai đoạn chi tiết, thời điểm các phiên VE nên được thực hiện và Mô hình BIM được dựng tương ứng cho từng kết quả thiết kế. Các lớp của khung tổng quát được làm rõ dưới đây.

Lớp 1: Các giai đoạn dự án	CHUẨN BỊ DỰ ÁN		THỰC HIỆN DỰ ÁN		KẾT THÚC XÂY DỰNG
Lớp 2: Chi tiết các giai đoạn	Trước Chủ trương đầu tư	Trước Quyết định đầu tư	Trước Thi công	Thi công	
Lớp 3: Sản phẩm thiết kế	Ý tưởng	Thiết kế cơ sở	Thiết kế sau thiết kế cơ sở	Thiết kế kỹ thuật/16 chức thi công	
Lớp 4: Các phiên VM	1	2	3	4	5
Lớp 5: Mô hình BIM	Mô hình BIM hiện trạng khu đất	Mô hình BIM Thiết kế cơ sở (nếu có)	Mô hình BIM Thiết kế kỹ thuật (nếu có)	Mô hình BIM Thiết kế bản vẽ thi công	Mô hình BIM Thi công
					Mô hình BIM hoàn công

Hình 4. Khung tổng quát triển khai VM trên nền tảng BIM cho toàn bộ dự án

Theo quy định của pháp luật về xây dựng hiện nay tại Việt Nam, một dự án đầu tư xây dựng trải qua ba giai đoạn: chuẩn bị dự án, thực hiện dự án và kết thúc xây dựng đưa công trình vào khai thác sử dụng [22], các giai đoạn này tạo nên Lớp 1 của Khung tổng quát. Giai đoạn chuẩn bị dự án có thể được chia thành hai giai đoạn nhỏ, đó là giai đoạn trước chủ trương đầu tư và giai đoạn trước quyết định đầu tư [21]. Đối với các dự án sử dụng vốn đầu tư công, hai giai đoạn này được tách biệt rõ ràng hơn là các dự án đầu tư sử dụng vốn khác. Giai đoạn thực hiện dự án, ngoài các nội dung liên quan đến giải phóng mặt bằng (nếu dự án phải giải phóng mặt bằng), thì được chia ra các hoạt động trước khi thi công (khảo sát, thiết kế) và hoạt động thi công xây dựng. Giai đoạn kết thúc xây dựng, theo thông lệ, không thực hiện VE do không cần thiết, giá trị mang lại không lớn. Do đó, Lớp 2 của Khung tổng quát chỉ có đến hết giai đoạn thi công mà không kéo qua đến giai đoạn kết thúc xây dựng. Sản phẩm cuối cùng của dự án đầu tư xây dựng là công trình xây dựng, tuy nhiên, trước khi công trình xây dựng hoàn thành, dự án có các sản phẩm trung gian là các sản phẩm thiết kế theo từng giai đoạn. Các sản phẩm thiết kế ở các giai đoạn bao gồm ý tưởng (nằm trong giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi), thiết kế cơ sở (với dự án thiết kế từ 2 bước trở lên, nằm trong hồ sơ báo cáo nghiên cứu khả thi), thiết kế sau thiết kế cơ sở, bao gồm thiết kế kỹ thuật (với dự án thiết kế 3 bước) và thiết kế bản vẽ thi công. Khi nhà thầu thi công tiếp nhận dự án, để triển khai dự án có hiệu quả, họ thực hiện thiết kế tổ chức thi công và thiết kế kỹ thuật thi công cho các tổ hợp công nghệ lớn hoặc phức tạp. Vì vậy, Lớp 3 bao gồm các hoạt động thiết kế, từ ý tưởng cho đến thiết kế tổ chức/kỹ thuật thi công, số lượng hoạt động thiết kế tùy thuộc từng dự án cụ thể.

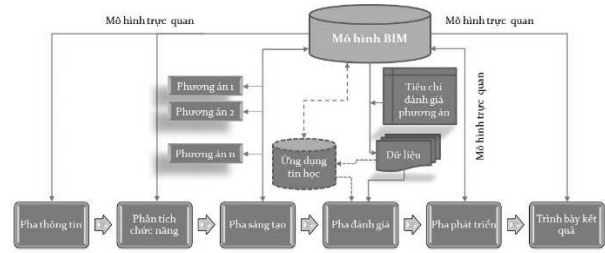
Để triển khai dự án được hiệu quả, cần phải lập được nhiều phương án khác nhau, từ đó lựa chọn phương án phù hợp nhất. Công việc này cần thực hiện ngay từ bước chủ trương đầu tư, và theo suốt các giai đoạn thiết kế khác nhau như thể hiện tại Lớp 3. Đó chính là các cơ hội để triển khai các phiên quản lý giá trị, làm nên Lớp 4 của Khung tổng quát. Các cơ hội này đi theo các giai đoạn thiết kế, do đó, cơ hội 2 và 3 chỉ được đưa vào thực hiện khi dự án có các hoạt động thiết kế tương ứng, vì vậy chúng được vẽ bằng các nét đứt. Có tất cả 5 cơ hội triển khai các phiên VE với các dự án có đầy đủ các bước thiết kế, và các thời điểm phù hợp để

tiến hành các phiên VE là trước khi phê duyệt bước thiết kế tương ứng. Như vậy, Lớp 4 được tạo bởi 5 cơ hội triển khai VM cho dự án.

BIM được áp dụng từ các giai đoạn đầu tiên của dự án để mang lại hiệu quả lớn nhất. Lớp 5 thể hiện các Mô hình BIM được sử dụng phục vụ các phiên VE. Với giai đoạn ý tưởng, cần có mặt bằng hiện trạng của khu đất sẽ phát triển dự án để lên các phương án đầu tư khác nhau. Mô hình BIM trong giai đoạn này có thể được dựng từ bản vẽ 2D hoặc thông qua việc thu thập dữ liệu hiện trường sử dụng thiết bị bay không người lái (drone). Các phương án phát triển ô đất được dựng lên từ mô hình BIM hiện trạng tạo điều kiện thuận lợi cho việc hình dung và đánh giá một cách trực quan. Tương tự, các mô hình BIM cho thiết kế cơ sở, thiết kế kỹ thuật (nếu có), thiết kế bản vẽ thi công, mô hình BIM thi công cũng được sử dụng để triển khai các phương án thiết kế/tổ chức/thi công khác nhau nhằm hỗ trợ việc đánh giá lựa chọn phương án. Các mô hình BIM này không chỉ cung cấp cái nhìn trực quan về sản phẩm/công trình xây dựng cho mỗi phương án, mà còn cung cấp dữ liệu để phục vụ việc đánh giá, so sánh, lựa chọn các phương án theo các tiêu chí được tổ chuyên gia xác định cho từng phiên VE, cũng như các pha khác của một phiên VE. Do giai đoạn kết thúc xây dựng không triển khai hoạt động quản lý giá trị, Mô hình BIM hoàn công không được sử dụng cho mục đích này.

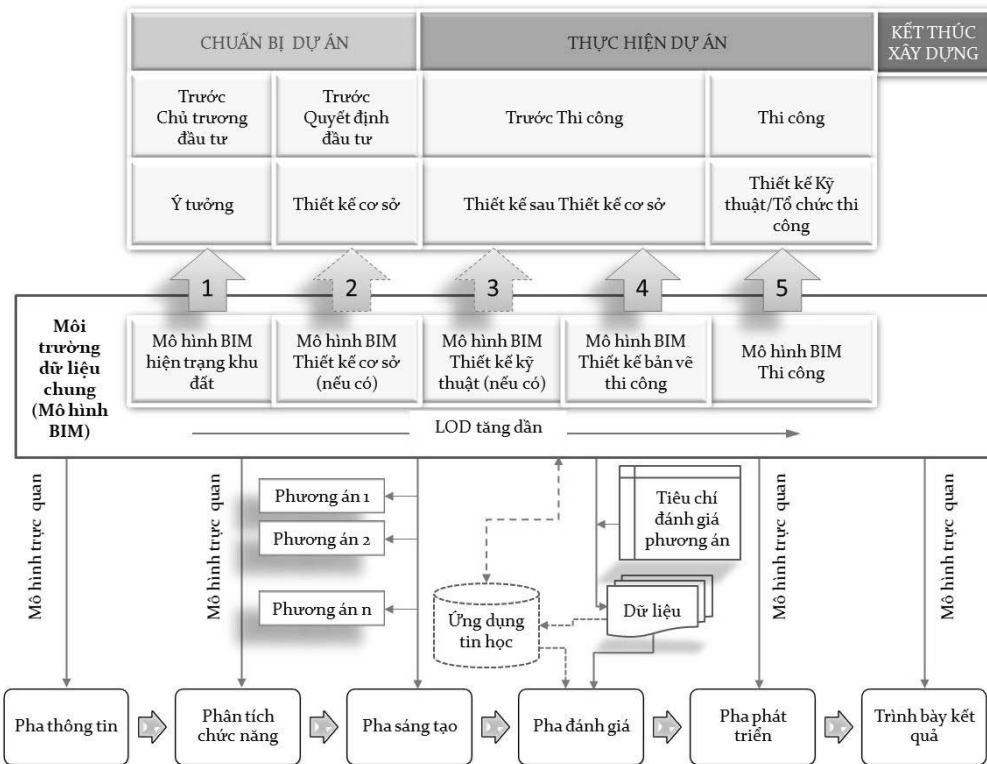
4.2. Xây dựng khung chi tiết cho các phiên VE trong vòng đời dự án

Khung chi tiết được xây dựng lấy các pha trong kế hoạch triển khai một phiên VE làm gốc, sau đó, thông qua việc phân tích khả năng mà việc sử dụng mô hình BIM có thể hỗ trợ các công việc ở các pha, nhóm nghiên cứu tích hợp các ứng dụng của Mô hình BIM vào khung này. Kết quả xây dựng khung chi tiết được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Khung chi tiết triển khai các phiên VE trên nền tảng BIM

Ở Pha thông tin, Mô hình BIM của giai đoạn tương ứng trong dự án có thể được sử dụng phục vụ cho việc chuẩn bị cho phiên làm việc. Người ta cần kiểm tra Mô hình BIM để đảm bảo việc có đủ các thông tin cần thiết phục vụ phiên làm việc. Ở Pha Phân tích chức năng, mô hình BIM cung cấp phương tiện làm việc trực quan để các chuyên gia tham gia phiên làm việc có thể xem xét chi tiết yêu cầu đặt ra về chức năng và giải pháp thiết kế hiện có để xác định nhu cầu nào cần cải tiến, loại bỏ hoặc sáng tạo thêm. Ở Pha sáng tạo, Mô hình BIM, với các khả năng ưu việt của nó đối với việc thay đổi thiết kế, sẽ trở thành nền tảng để xây dựng các phương án nâng cao giá trị cho dự án. Ở Pha đánh giá, dữ liệu về các phương án này sẽ được trích xuất từ các mô hình BIM thể hiện phương án, theo yêu cầu của các tiêu chí đánh giá phương án được xác định cho từng phiên làm việc. Dữ liệu này có thể được sử dụng thủ công hoặc thông qua một phần mềm tin học để phục vụ việc đánh giá các phương án và lựa chọn phương án phù hợp nhất. Phương án được lựa chọn được phát triển hoàn chỉnh ở Pha phát triển, lúc này mô hình BIM được sử dụng như là công cụ thiết kế trực quan. Mô hình BIM được tiếp tục sử dụng như một công cụ trình bày kết quả trực quan ở pha cuối cùng. Pha trình bày kết quả, để đảm bảo các bên liên quan hiểu rõ được phương án lựa chọn, từ đó thực hiện



Hình 6. Khung lý thuyết triển khai VM trên nền tảng BIM cho dự án đầu tư xây dựng

đúng phương án để đảm bảo hiệu quả kỳ vọng.

4.3. Hoàn thiện khung lý thuyết

Kết hợp Khung tổng quát và Khung chi tiết đã được phát triển ở trên, ta được Khung lý thuyết triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng thể hiện ở Hình 6.

Ở các thời điểm tiến hành các phiên VE khác nhau, người ta sử dụng cùng một mô hình BIM, tuy nhiên mô hình này được phát triển với mức độ chi tiết tăng dần theo tiến trình thực hiện dự án. Mô hình BIM sẽ trở thành môi trường dữ liệu chung, đối với hoạt động quản lý giá trị trở thành công cụ để quan sát, đánh giá các giải pháp thiết kế của dự án một cách trực quan, là nơi lưu trữ thông tin dự án được cập nhật theo tiến trình và để truy xuất phục vụ các phiên quản lý giá trị. Có thể thấy rằng mô hình này đã phản ánh được thực tế thực hiện các dự án đầu tư xây dựng ở Việt Nam hiện nay, về cơ bản phù hợp với các quy định pháp luật hướng dẫn triển khai các dự án.

Ở Việt Nam, tùy thuộc vào đặc điểm của dự án, việc thiết kế có thể được tiến hành theo các bước khác nhau. Trong trường hợp số bước thiết kế ít hơn 3, khi vận dụng Khung lý thuyết này, chỉ cần bỏ đi các bước thiết kế không thực hiện. Thực tế cho thấy, hầu hết các dự án được thực hiện theo phương thức truyền thống (Thiết kế - Đấu thầu - Thi công, tiếng Anh là Design - Bid - Build, viết tắt là DBB), tuy nhiên gần đây phương thức Thiết kế - thi công (Design and Build, viết tắt là DB) ngày càng được áp dụng nhiều hơn [18, 19], trong đó có cả các dự án được thực hiện thông qua hợp đồng EPC. Khung lý thuyết được xây dựng đã phản ánh được việc triển khai thực hiện dự án theo các phương thức này, chỉ cần thay đổi các đơn vị cần tham gia vào từng phiên kỹ thuật giá trị cho phù hợp. Việc tổ chức các phiên VE sẽ do chủ đầu tư/đại diện chủ đầu tư chịu trách nhiệm, và các nhà tư vấn, nhà thầu sẽ tham gia cùng với các chuyên gia khác do chủ đầu tư/đại diện chủ đầu tư tự mời đến các phiên này.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày việc xây dựng Khung lý thuyết để triển khai quản lý giá trị dựa trên nền tảng BIM trong dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam. Khung lý thuyết được xây dựng dựa trên hai thành phần chính: (i) phần khung tổng quát triển khai VM trên nền tảng BIM cho toàn bộ dự án trong đó thể hiện thời điểm của các phiên VE, và (ii) phần khung chi tiết cho từng phiên VE. Phần khung tổng quát được sử dụng để lên kế hoạch triển khai VM cho toàn bộ dự án, bám theo các bước thiết kế mà dự án áp dụng. Phần khung chi tiết đã được đề xuất chung cho tất cả các phiên VE, tuy nhiên, khi đưa vào áp dụng, cần dựa trên hệ thống tiêu chí đánh giá các phương án thay thế để xác định các thông tin cần có trong Mô hình BIM đã được xây dựng, từ đó có giải pháp kết xuất được các dữ liệu phù hợp phục vụ việc lựa chọn phương án.

Do thời gian có hạn nên nghiên cứu này chỉ dừng ở việc xây dựng khung lý thuyết làm tiền đề cho các nghiên cứu chi tiết và chuyên sâu tiếp theo. Trước khi đưa vào áp dụng trong thực tế, cần kiểm định khung lý thuyết với các chuyên gia có kinh nghiệm trong việc triển khai VM và/hoặc BIM trong thực tiễn. Khung lý thuyết sau kiểm định khi đưa vào áp dụng trong thực tiễn cần vận dụng phương pháp nghiên cứu hành động (action research, xem [16]) để cải tiến liên tục, tích hợp quá trình thu thập bài học kinh nghiệm vào việc triển khai VM trong các dự án cụ thể để đạt được hiệu quả tối đa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alkheribi, Aya Hasan (2017), "A Framework for Value Engineering Methodology Application Using Building Information Modeling (BIM)".
- Dao, Quoc Viet và Nguyen, The-Quan (2021), "A Case Study of BIM Application in a Public Construction Project Management Unit in Vietnam: Lessons Learned and Organizational Changes", *Engineering Journal*. 25(7), tr. 177-192.

- Dao, Thuy-Ninh, Nguyen, The-Quan và Chen, Po-Han (2020), "BIM Adoption in Construction Projects Funded with State-managed Capital in Vietnam: Legal Issues and Proposed Solutions", *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure*, Springer, tr. 1211-1216.
- Department of Housing and Works (Government of Western Australia) (2005), *Value Management Guidelines*.
- Jaapar, A. và các cộng sự. (2009), "The impact of value management implementation in Malaysia", *Journal of Sustainable Development*. 2(2), tr. P210.
- Kelly, J., Male, S. và Graham, D. (2004), *Value management of construction projects*, Wiley Online Library.
- Li, Xiaojuan, Wang, Chen và Alashwal, Ali (2021), "Case Study on BIM and Value Engineering Integration for Construction Cost Control", *Advances in Civil Engineering*. 2021.
- Male, S. và Kelly, J. (1998), *The Value Management Benchmark*, Thomas Telford.
- Male, S. và Kelly, J. (2004), "A re-appraisal of value methodologies in construction", *SAVE Knowledge Bank Database*.
- Mohamad, Saifulnizam, Coffey, V. và Preece, Christopher (2010), *Marketing VM services to achieve competitive advantage in the Malaysian Construction Sector, Management in Construction Researchers Association (MiCRA) 2010*, Universiti Teknologi MARA, Shah Alam, Malaysia.
- Nguyễn Hải Lộc và Nguyễn Thế Quân (2016), "Thực hiện quản lý giá trị trong dự án đầu tư xây dựng Trụ sở cơ quan kiểm toán nhà nước cơ sở 2", *Tạp chí Kinh tế Xây dựng, Bộ Xây dựng* (01/2016), tr. 28-35.
- Nguyễn Thanh Việt và Lưu Trường Văn (2012), *Nghiên cứu khả năng ứng dụng Value Engineering (VE) trong ngành xây dựng Việt Nam*, Hội Xây dựng TP Hồ Chí Minh, Online.
- Nguyen, The-Quan, Luu, Quang-Phuong và Ngo, Van-Yen (2020), "Application of BIM in design conflict detection: a case study of Vietnam", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 869, tr. 022038.
- Nguyen, The-Quan và Nguyen, Dinh-Phong (2021), "Barriers in BIM Adoption and the Legal Considerations in Vietnam", *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*. 12(1), tr. 283-295.
- Nguyễn Thế Quân (2012), *Vận dụng phương pháp quản lý giá trị vào việc quản lý các dự án xây dựng Việt Nam*, Báo cáo nghiên cứu khoa học cấp trường, Trường Đại học Xây dựng.
- Nguyễn Thế Quân, Mã Xuân Minh và Nguyễn Hải Lộc (2016), "Nghiên cứu hành động, một cách tiếp cận khác cho các nghiên cứu trong lĩnh vực kinh tế và quản lý xây dựng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXD*. 10(3), tr. 92-99.
- Park, Chan-Sik và các cộng sự. (2017), "BIM-based idea bank for managing value engineering ideas", *International Journal of Project Management*. 35(4), tr. 699-713.
- Phạm Quang Thanh và Nguyễn Thế Quân (2014), "Phân tích phương thức thực hiện dự án "Thiết kế - Xây dựng" trong điều kiện Việt Nam", *Tạp chí Kinh tế Xây dựng, Bộ Xây dựng*. Số 4/2014.
- Phạm Quang Thanh và Nguyễn Thế Quân (2015), "Cải tiến phương thức thực hiện dự án "Thiết kế - Đấu thầu - Xây dựng" trong các dự án đầu tư xây dựng các khu đô thị mới ở Việt Nam", *Tạp chí Kinh tế Xây dựng, Bộ Xây dựng*. Số 1/2015.
- Punnyasoma, JAG, Jayasena, HS và Tennakoon, TMMP (2019), "Use of bim solutions to facilitate value management".
- Quốc hội (2019), *Luật Đầu tư công, Luật số: 39/2019/QH14 ngày 13 tháng 06 năm 2019, 39/2019/QH14*, Việt Nam.
- Quốc hội (2020), *Văn bản hợp nhất Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18 tháng 6 năm 2014 và Luật Xây dựng số 62/2020/QH14 ngày 17 tháng 6 năm 2020*.
- Ranjbaran, Yalda và Moselhi, Osama (2014), *4D-based value engineering, Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network*, tr. 1606-1615.
- SAVE International (1998), *Value Methodology Standard*, Revised October, SAVE International.
- SAVE International (2010), *SAVE International 2010 Annual Conference Technical Program Abstracts*.
- SAVE International (2020), *Value Methodology Standard Reference*, SAVE International.
- Shin, Jihye, Kim, Inhan và Choi, Junsik (2016), "BIM-based work environment of value engineering in sustainable construction", *Advanced Science and Technology Letters*. 141, tr. 79-83.
- Wei, Taibing và Chen, Yuxin (2020), "Green building design based on BIM and value engineering", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 11(9), tr. 3699-3706.

Tổng quan về các công nghệ số trong xây dựng 4.0 và ứng dụng tại Việt Nam

Digital technologies of the Construction 4.0 and their applications in Vietnam

> **THS NGUYỄN MẠNH HÙNG¹, PGS.TS NGUYỄN THẾ QUÂN², THS VŨ NAM NGỌC³, TS NGUYỄN MINH ĐỨC⁴**

¹ Bộ Tài chính

² Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Email: quannt@nuce.edu.vn,

³ Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

⁴ Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT:

Cách mạng công nghiệp số hóa đã và đang diễn ra mạnh mẽ trên thế giới. Thực tiễn ở nhiều quốc gia cho thấy cách mạng công nghiệp số hóa mang đến sự thay đổi đáng kể cho các lĩnh vực của nền kinh tế, bao gồm cả ngành xây dựng, theo chiều hướng tích cực. Bài báo này trình bày một bức tranh tổng quan về các công nghệ số xây dựng 4.0 được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng trên thế giới. Các công nghệ số trong xây dựng có thể chia thành 7 nhóm chính, bao gồm: khoa học dữ liệu, chế tạo kỹ thuật số, tiền chế, BIM, trí thông minh nhân tạo, các hệ thống mô hình hóa và các công nghệ liên quan đến việc giám sát. Các công nghệ này hỗ trợ và tạo điều kiện cho các hoạt động chức năng như tự động hóa, trao đổi thông tin, phân phối, định vị, mô hình hóa, tối ưu hóa, tái tạo, mô phỏng, tiêu chuẩn hóa và trực quan hóa thực hiện được tốt hơn. Thông qua khảo sát các nguồn thông tin được công bố rộng rãi, bài báo cũng cho thấy rất nhiều công nghệ số đã được ứng dụng tại Việt Nam. Các công nghệ được phát triển và ứng dụng trong suốt các giai đoạn, vòng đời của dự án hỗ trợ việc triển khai thực hiện và nâng cao hiệu quả công tác quản lý dự án đầu tư xây dựng.

Từ khóa: công nghệ số; số hóa xây dựng, xây dựng 4.0; cách mạng công nghiệp 4.0; BIM, IoT; in 3D; tự động hóa trong xây dựng

ABSTRACT:

The industrial revolution 4.0 has brought many countries with significant and positive changes to all sectors of the economy, including the construction industry. This article presents an overview of the digital technologies for the Construction 4.0 which have been developed and applied globally. Digital technologies in construction can be divided into 7 main groups, including: data science, digital fabrication, prefabrication, BIM, artificial intelligence, modeling systems and monitoring technologies. These technologies support and facilitate actions such as automation, communication, distribution, positioning, modeling, optimization, reconstruct, simulation, standardization and visualization. Through a survey of publicly available information sources, the article also shows that many digital technologies have been applied in Vietnam. Technologies are developed and applied throughout the project and facility lifecycle, and support both the project delivery and the project management more efficiently.

Keywords: digital technologies, construction digitalisation, construction 4.0, industry revolution 4.0, BIM, IoT, 3D printing, automation in construction

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cách mạng công nghiệp số hóa đã và đang diễn ra mạnh mẽ trên thế giới. Thực tiễn ở nhiều quốc gia cho thấy cách mạng công nghiệp số hóa mang đến sự thay đổi đáng kể cho các lĩnh vực của nền kinh tế. Đây là cuộc cách mạng lần thứ tư của nhân loại (vì thế còn được gọi là Cách mạng công nghiệp 4.0), sau cuộc cách mạng đầu tiên với việc sử dụng động cơ hơi nước và các loại công cụ cơ giới khác; cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ hai đặc trưng bởi khái niệm sản xuất hàng loạt; và cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ ba với việc sử dụng công nghệ kỹ thuật số và tăng cường tự động hóa [Frost & Sullivan, 2019 #34].

Cách mạng công nghiệp 4.0 dựa trên nền tảng công nghệ số và tích hợp tất cả các công nghệ thông minh để tối ưu hóa quy trình, phương thức sản xuất. Việc sử dụng công nghệ kỹ thuật số được nâng lên một cấp độ hoàn toàn mới với sự trợ giúp của kết nối thông qua Internet vạn vật (Internet of Things - IoT), trao đổi, truy cập dữ liệu thời gian thực và các hệ thống mạng vật lý không gian ảo, mạng Internet kết nối vạn vật và điện toán đám mây,... Các nghiên cứu gần đây cho thấy các công nghệ đang được quan tâm và có tác động lớn nhất trong Cách mạng công nghiệp 4.0 bao gồm: internet ("internet vạn vật"), dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo, công nghệ robot, phương

tiện tự điều khiển, công nghệ in 3D, nano và công nghệ sinh học, công nghệ điện toán [16].

Trong thập kỷ qua, trên thế giới và cả Việt Nam, nhiều công nghệ đã được áp dụng trong ngành xây dựng góp phần tăng cường mức độ số hóa, tự động hóa và được tích hợp vào mọi giai đoạn trong chuỗi cung ứng của ngành xây dựng [32]. Đó chính là biểu hiện của việc ngành xây dựng đã và đang chuyển hướng theo cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0. Một cách tổng quát hơn, Cách mạng công nghiệp 4.0 trong ngành xây dựng, hay còn gọi là Xây dựng 4.0 có thể hiểu là sự chuyển đổi toàn diện và sâu sắc các quy trình quản lý dự án của các doanh nghiệp xây dựng thông qua việc sử dụng các công nghệ mới hoặc công nghệ hiện có để khai thác dữ liệu được thu thập trong thời gian thực, phục vụ cho việc ra quyết định [7].

Nhắc đến các công nghệ số trong xây dựng 4.0, người ta thường nhắc đến Mô hình thông tin công trình (Building Information Modelling – BIM). Dựa trên nền tảng mô hình số, BIM cho phép tiến hành các ứng dụng thông minh trong suốt vòng đời dự án đầu tư xây dựng. BIM đã được chứng minh rộng rãi là mang lại hiệu quả cao cho các dự án đầu tư xây dựng trên thế giới và cũng đang được áp dụng ở Việt Nam [26]. Tuy nhiên, xây dựng 4.0 không chỉ dựa vào BIM, mà còn có nhiều công nghệ số khác. Các công nghệ số này cho phép tận dụng được các tính năng của các hệ thống khác như các thiết bị di động, các máy móc thông minh, các hệ thống cảm biến, hoặc các phần mềm mới. Các công nghệ sản xuất mới, theo đó, cũng được giới thiệu và nghiên cứu áp dụng vào ngành xây dựng, ví dụ công nghệ sử dụng máy bay không người lái (drone) để khảo sát mặt bằng hiện trạng [13], công nghệ sản xuất bồi đắp (in 3D) [12], quét laser 3D, và các hệ thống định vị toàn cầu (Global Positioning System - GPS) [17], kết nối với internet vạn vật sử dụng việc nhận dạng bằng tần số vô tuyến (Radio Frequency Identification – RFID) để giám sát, theo dõi vật liệu,

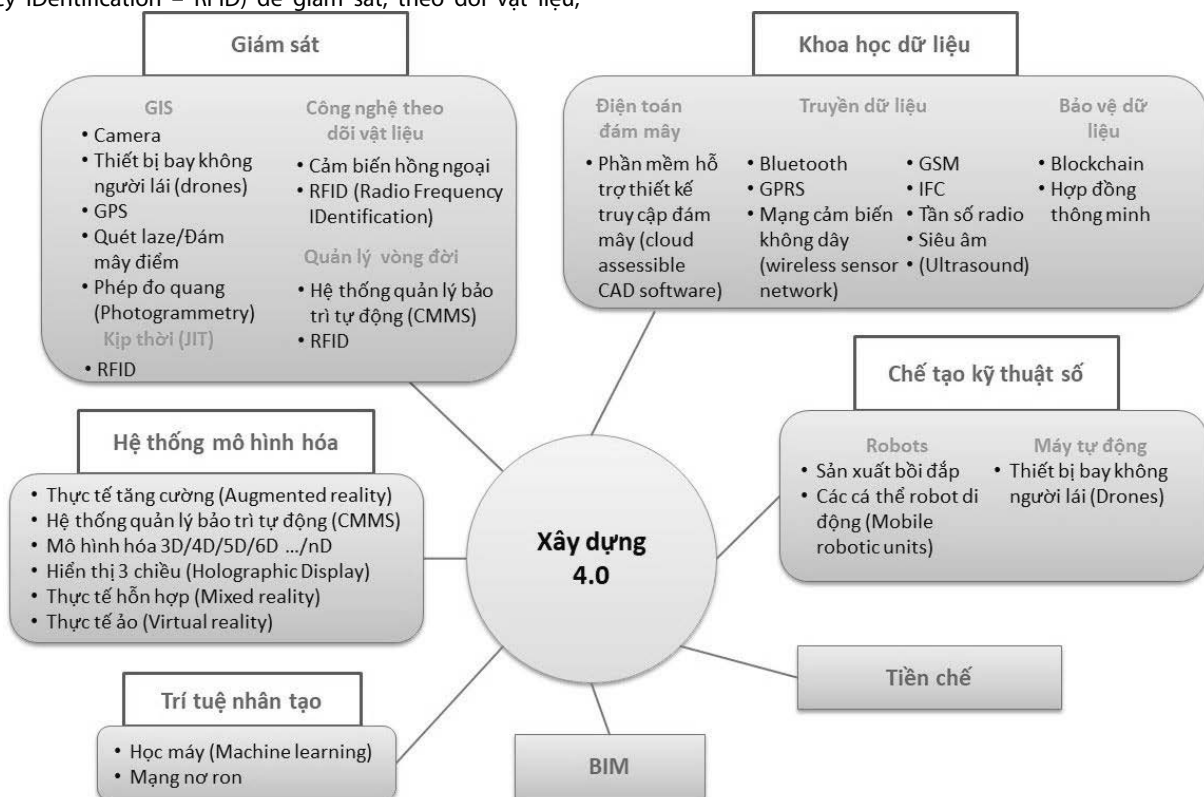
thiết bị, người lao động [12] và cả các tài sản của công trình [21], cũng như các ứng dụng của trí thông minh nhân tạo và dữ liệu lớn [39]. Ngày càng có nhiều công nghệ số mới và các ứng dụng mới được nghiên cứu áp dụng vào lĩnh vực xây dựng, mang lại hiệu quả cao hơn cho các dự án đầu tư xây dựng trong suốt vòng đời của chúng.

Thông qua việc khảo cứu các nghiên cứu trước đó về chủ đề xây dựng 4.0, bài báo này đặt mục tiêu làm rõ các công nghệ số trong xây dựng và ứng dụng của chúng trong quản lý dự án đầu tư xây dựng. Xuất phát từ việc tổng quan các nghiên cứu trên bình diện quốc tế, bài báo này xem xét khả năng ứng dụng của các công nghệ này trong ngành Xây dựng ở Việt Nam. Cách tiếp cận định tính dựa trên số liệu thứ cấp được sử dụng để phân tích làm rõ một số vấn đề về ứng dụng các công nghệ số này trong dự án đầu tư xây dựng, đặc biệt là trong điều kiện tại Việt Nam hiện nay.

2. CÁC CÔNG NGHỆ SỐ TRONG XÂY DỰNG 4.0 TRÊN THẾ GIỚI

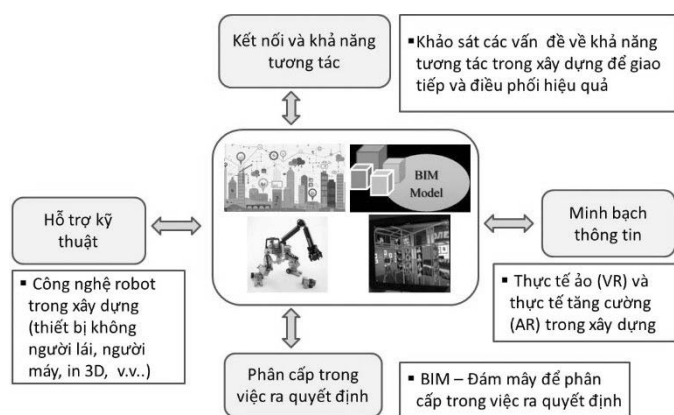
2.1. Phân loại theo lĩnh vực công nghệ

Dựa trên kết quả nghiên cứu tổng quan các công trình nghiên cứu được cơ sở dữ liệu Scopus đăng tải từ năm 2009 – 2020, các tác giả Perrier, Bled và cộng sự [33] đã tổng hợp lại 7 lĩnh vực công nghệ số áp dụng trong xây dựng (Hình 1). Các lĩnh vực công nghệ bao gồm: khoa học dữ liệu, chế tạo kỹ thuật số, tiền chế, BIM, trí thông minh nhân tạo (AI), các hệ thống mô hình hóa (AR/VR, mô hình hóa nD) hoặc các công nghệ liên quan đến việc giám sát như GIS (quét laze, phương tiện bay không người lái, đo quang học, GPS) và theo dõi vật liệu (nhãn RFID). Việc phân các hướng công nghệ số này thành các nhóm trên chỉ mang tính tương đối, bởi các công nghệ trong các nhóm này có thể được sử dụng đồng thời, hoặc có tương tác với nhau, do đó, có thể có các chức năng, phạm vi ứng dụng trùng nhau.



Hình 1: Tổng quan về các lĩnh vực công nghệ số ứng dụng trong ngành Xây dựng [33]

Trong số các công nghệ trên, BIM có thể được coi là một công nghệ trung tâm để số hóa môi trường sản xuất xây dựng [7]. Mô hình BIM với các chiều khác nhau, từ 3D với các tham số hình học, đến việc tích hợp thêm các chiều khác bao gồm chiều thời gian (4D), yếu tố chi phí (5D), yếu tố bền vững (6D) và cả việc quản lý vận hành cơ sở vật chất (7D) sẽ giúp người dùng, từ các đơn vị thiết kế, thi công đến đơn vị vận hành cơ sở vật chất, chia sẻ thông tin trong toàn bộ vòng đời dự án. BIM cho phép các bên cập nhật thêm và tham khảo lại tất cả thông tin được tích hợp vào mô hình BIM [33]. Từ đó, BIM tạo ra một môi trường dữ liệu chung, làm nền tảng để các công nghệ khác có thể triển khai được. Các công nghệ khoa học dữ liệu có thể giúp kết nối và trao đổi dữ liệu giữa BIM và các cơ sở dữ liệu bên ngoài. Các công nghệ chế tạo kỹ thuật số, tiến chế đọc dữ liệu từ mô hình BIM để điều khiển hoạt động chế tạo. Các hệ thống mô hình hóa hỗ trợ khai thác mô hình BIM thông qua việc sử dụng trí tuệ nhân tạo, hoặc kết nối với phần mềm khác hoặc sử dụng một số thiết bị ngoại vi như kính thực tế ảo, kính hololens, v.v... Thông thường, cần phát triển một số ứng dụng người dùng (user-defined) để kết nối mô hình BIM với các thiết bị ngoại vi này. Các công nghệ giám sát hỗ trợ việc thu thập dữ liệu từ môi trường thực để tích hợp vào mô hình BIM, từ đó dữ liệu được khai thác để kiểm soát các đối tượng vật chất và tiến trình thực hiện dự án. Nói cách khác, BIM có thể đóng vai trò như một Môi trường dữ liệu chung (Common Data Environment - CDE) để kết nối với các công nghệ số khác hoặc tạo ra nền tảng để các công nghệ số kia hoạt động có hiệu quả. Hình 2 thể hiện vị trí trung tâm của BIM và mối liên hệ với các trụ cột của công nghệ số trong xây dựng, được phát triển từ nguyên lý của Cách mạng công nghiệp 4.0, đó là: vấn đề kết nối và khả năng tương tác, minh bạch hóa thông tin, hỗ trợ kỹ thuật và phân cấp trong việc ra quyết định [15]. Một số ví dụ áp dụng cũng được thể hiện trong hình này.



Hình 2: Các trụ cột của công nghệ số trong xây dựng [15]

2.2. Phân loại theo chức năng hoạt động

Theo kết quả nghiên cứu của Perrier, Bled và cộng sự [33], các công nghệ số xây dựng có thể được chia thành các nhóm theo 10 loại hoạt động chính: tự động hóa, trao đổi thông tin, phân phối, định vị, mô hình hóa, tối ưu hóa, tái tạo, mô phỏng, tiêu chuẩn hóa và trực quan hóa.

- Tự động hóa: Tự động hóa được hiểu là không cần sự can thiệp của con người, một phần hoặc toàn bộ các hoạt động vẫn có thể thực hiện được nhờ các công nghệ và/hoặc thiết bị. Một số công nghệ tự động hóa được nghiên cứu áp dụng bao gồm: sử dụng cần cẩu rô bốt (crabots), in 3D, robot di động trên công trường, mạng nơ-ron nhân tạo, trí thông minh nhân tạo, sử dụng thiết bị bay không người lái (UAV)/Drone [33]. Một số chức năng

tự động hóa đã được ứng dụng rộng rãi như việc sử dụng robot trên các công trường xây dựng [12] hoặc trong hoạt động sản xuất tiên chế, máy bay không người lái kèm theo máy quét laze để khảo sát thực địa nhằm thu thập dữ liệu phục vụ thiết kế, thi công, để đo khối lượng công việc được thực hiện từ đó hỗ trợ việc quản lý năng suất lao động [41].

- Trao đổi thông tin: Một số công nghệ đã được nghiên cứu phát triển để truyền dữ liệu, thông tin hoặc kiến thức cho con người, như các công nghệ truyền thông di động, công nghệ thực tế hỗn hợp/ thực tế ảo (MR/VR), định danh tần số vô tuyến (RFID), mạng cảm biến không dây (WSN). Trong số đó, RFID và công nghệ mạng cảm biến không dây được coi là hai trong số những công nghệ thông tin và truyền thông phát triển nhanh nhất [41]. Các công nghệ truyền thông di động được áp dụng khá phổ biến cùng với công nghệ Internet để cải thiện việc chia sẻ và giao tiếp thông tin theo thời gian thực. Ngoài ra, các công nghệ như VR/MR kết hợp với thiết bị di động có thể tăng cường nhận thức của khách hàng về sản phẩm cuối cùng ngay trong giai đoạn thiết kế để tránh những thay đổi lãng phí trong quá trình thực hiện dự án [7].

- Phân phối: Các công nghệ hỗ trợ việc đặt con người và vật liệu vào không gian với thời gian phù hợp. Các công nghệ phổ biến bao gồm mô hình hóa đa chiều (nD), RFID và mạng cảm biến không dây (WSN). Các ứng dụng đã được phát triển trong thực tiễn bao gồm kiểm soát nhân sự, xe tải ra vào công trường, phân phối vật liệu trên công trường [7, 33].

- Định vị: Một số lượng lớn các công nghệ được sử dụng để theo dõi vị trí của con người và vật chất trong không gian và thời gian, như mã vạch (barcode), Bluetooth / RFID, camera, hệ thống thông tin địa lý (GIS), hệ thống toàn cầu cho di động (GSM), 3G / 4G, Wi-Fi, hệ thống định vị toàn cầu (GPS), quét laser, LaDAR/LIDAR, cảm biến, UAV / Drone, VR. Một số ứng dụng cụ thể của các công nghệ này như việc quản lý các bộ phận công trình qua việc sử dụng camera để quét mã vạch hoặc thẻ RFID được gắn vĩnh viễn vào các bộ phận này. Tốc độ xử lý của điện thoại thông minh cùng với dung lượng và tính khả dụng của các mạng di động hiện đại hiện nay khiến việc quản lý thông tin hiệu quả hơn [19]. Công nghệ RFID và GPS được sử dụng để theo dõi vị trí của công nhân, tài sản và thiết bị trong thời gian thực [34], RFID cũng đang được sử dụng để kiểm soát truy cập nhằm ngăn chặn nhân viên không có nhiệm vụ xâm nhập vào công trường [32], từ đó hỗ trợ quản lý an toàn, quản lý cơ sở vật chất, quản lý quy trình và đo lường tiến trình thực hiện công việc.

- Mô hình: việc mô hình hóa đa chiều (nD) cho phép tích hợp nhiều chiều thông tin vào mô hình kỹ thuật số, ví dụ như BIM, tạo khả năng thực hiện các ứng dụng BIM (BIM uses) trong các dự án xây dựng.

- Tối ưu hóa: bao gồm các công nghệ hỗ trợ hệ thống hoạt động tối ưu. Ví dụ như mạng nơ-ron được nghiên cứu sử dụng để tối ưu hóa vị trí cần trục trên công trường, khi kết hợp với các kỹ thuật thống kê, mạng nơ-ron cũng được sử dụng để tối ưu hóa quá trình xây dựng và nâng cao hiệu quả thi công. Các công nghệ khác bao gồm thực tế tăng cường, Bluetooth, Thiết bị di động, trí thông minh nhân tạo (AI), thiết kế tham số (PD), RFID, v.v... [39]

- Tái tạo: Hành động này chuyển một hệ thống vật lý hiện có thành một mô hình kỹ thuật số. Một số công nghệ được sử dụng bao gồm: camera, GIS, quét laser/LaDAR/LiDAR, đám mây điểm/Máy quét 3D, Đo ảnh / Đo ảnh âm thanh nổi, UAV/Máy bay không người lái, v.v... Ngoài việc đo vẽ và dựng mô hình hiện trạng khu vực, mặt bằng nơi đặt công trình, các công nghệ tái tạo còn có ứng dụng trong các công trình hiện hữu, đặc biệt là các công trình di sản và bảo tồn [39].

- Mô phỏng: các công nghệ này hỗ trợ mô phỏng các hệ thống thực tế và hoạt động của chúng. Một số công nghệ điển hình bao gồm Blockchain, Digital twin, GIS, IFC, Máy học, Mạng nơ-ron/AI, mô hình hóa đa chiều (nD), VR, v.v... Trong các dự án xây dựng, việc mô phỏng được khuyến khích thực hiện trước khi thi công để tăng cường mức độ trực quan của công trình, giúp xác định trước được các vấn đề về khả năng tiếp cận và các tình huống không an toàn tiềm ẩn trên các công trường xây dựng và có giải pháp phòng tránh sớm trong giai đoạn thiết kế và lập kế hoạch [39].

- Tiêu chuẩn hóa: Trong ngành Xây dựng, tiêu chuẩn hóa có vai trò quan trọng và tạo điều kiện cho khả năng tương tác của các hệ thống dựa trên dữ liệu. Việc tiêu chuẩn hóa được thực hiện thông qua các công cụ như IFC, thiết kế tham số và sản xuất tiên chế. Trong những năm qua, một số lượng lớn các tiêu chuẩn và hướng dẫn BIM đã được phát triển, tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuẩn hóa cấu trúc dữ liệu và các bộ phận, cấu kiện, thậm chí đến cả các hạng mục công trình [14].

- Trực quan hóa: một số công nghệ đã được phát triển để giúp quan sát mô hình kỹ thuật số trực quan hơn. Ví dụ, điện thoại thông minh có thể được sử dụng để nhận dạng các bộ phận công trình trên công trường xây dựng khi kết nối với ứng dụng BIM. Các công nghệ thực tế tăng cường (AR), hiển thị ba chiều, thực tế ảo (VR) giúp nâng cao tính trực quan của mô hình số của công trình [19].

2.3. Các công nghệ số trong xây dựng 4.0 ứng dụng trong các giai đoạn của vòng đời dự án

2.3.1. Ứng dụng của các công nghệ số theo các giai đoạn của vòng đời dự án

Theo kết quả nghiên cứu của Perrier, Bled và cộng sự [33], các công nghệ số xây dựng có thể được chia thành các nhóm theo các giai đoạn của vòng đời dự án. Bảng 1 tổng hợp các nhóm công nghệ số đã được phát triển và sử dụng trong từng giai đoạn của vòng đời: thiết kế, thi công, vận hành và bảo trì. Trong thực tế, có

những công nghệ đã được sử dụng cho giai đoạn cải tạo, nâng cấp công trình, nhưng các hoạt động cải tạo, nâng cấp nói chung vẫn phải trải qua các bước thiết kế và thi công, vẫn sử dụng các công nghệ tương tự như công trình xây mới, đặc biệt là các công nghệ tái tạo (reconstruct) nên có thể xem xét cùng các giai đoạn trên của công trình xây dựng mới.

Bảng 1: Ứng dụng của các công nghệ số theo các giai đoạn của vòng đời dự án

Chức năng hoạt động	Giai đoạn		
	Thiết kế	Thi công	Vận hành và bảo trì
Tự động hóa	x	x	x
Trao đổi thông tin	x	x	x
Phân phối		x	
Định vị	x	x	x
Mô hình hóa	x	x	
Tối ưu	x	x	x
Tái tạo	x	x	
Mô phỏng	x	x	
Tiêu chuẩn hóa	x	x	
Trực quan hóa	x	x	

Nguồn: tóm tắt và tổng hợp từ [33]

Các phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết hơn các công nghệ trong từng giai đoạn.

2.3.2. Thiết kế

Trong giai đoạn này, ứng dụng phổ biến nhất của các công nghệ số là ở hoạt động mô phỏng. Ngoài ra, các hoạt động chức năng khác cũng đều đã có ứng dụng cụ thể. Các lĩnh vực quản lý dự án trong giai đoạn này, từ phạm vi, chi phí, thời gian, chất lượng, an toàn lao động (ATLĐ), rủi ro, mua sắm, giao tiếp đều đã có ứng dụng được phát triển. Bảng 2 tổng hợp các công nghệ số đã có ứng dụng cho giai đoạn này, theo các lĩnh vực quản lý dự án.

Bảng 2: Các công nghệ xây dựng 4.0 theo các chức năng hoạt động và lĩnh vực trong giai đoạn thiết kế

Chức năng hoạt động	Lĩnh vực	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
Tự động hóa	Phạm vi	- Thiết kế tự động vỏ bao che tòa nhà theo các công trình có sẵn và các ràng buộc hiện có	Thiết kế theo tham số (PD)
Trao đổi thông tin	Giao tiếp	- Nâng cao nhận thức của khách hàng trong giai đoạn thiết kế	Thực tế ảo (VR)
Định vị	Phạm vi	- Dò tìm khu vực khoan	Laze
Mô hình hóa	ATLĐ/Rủi ro	- Mô hình hóa các phương tiện an toàn và thoát hiểm tòa nhà trong trường hợp hỏa hoạn	Mạng cảm biến không dây (WSN) /thiết bị di động
	Thời gian	- Mô hình hóa đa chiều	Mô hình đa chiều (nD)
Tối ưu	Chi phí	- Phương pháp Heuristic để lập kế hoạch dự án	Mạng nơ-ron/AI;
		- Tạo điều kiện cho sản xuất hàng loạt	Thiết kế theo tham số (PD)
	Mua sắm	- Tối ưu hóa vị trí cần trục trên công trường	Mạng nơ-ron
	Thời gian	- Các phương pháp Heuristic để lập kế hoạch dự án	Mạng nơ-ron/AI
Tái tạo	Phạm vi	- Địa hình 3D	Máy bay không người lái (drone)/đám mây điểm
Mô phỏng	Chi phí	- Ước tính chi phí theo kích thước của các yếu tố xây dựng	Mô hình hóa nD/ máy bay không người lái/ đám mây điểm
		- Ước tính mức tiêu thụ năng lượng trong tương lai	Mạng cảm biến không dây (WSN) / cảm biến tiên tiến
	An toàn lao động	- Huấn luyện an toàn	Thực tế ảo (VR)
		- Tránh va chạm cần cẩu	Hệ thống thông tin địa lý (GIS)
	Mua sắm	- Tránh va chạm cần cẩu	Hệ thống thông tin địa lý (GIS)
Chất lượng		- Thử nghiệm và kiểm định các giải pháp thiết kế động lực	Thiết bị bay không người lái (UAV)/quét laser

Chức năng hoạt động	Lĩnh vực	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
	Rủi ro	- Huấn luyện an toàn	Thực tế ảo (VR)
	Phạm vi	- Hợp đồng thông minh	Công nghệ chuỗi – khối (Blockchain)
	Thời gian	- Mô hình hóa đa chiều	Mô hình hóa đa chiều (nD)
Tiêu chuẩn hóa	Trao đổi thông tin	- Tiêu chuẩn giao tiếp	IFC
	Chất lượng	- Chương trình, ngôn ngữ lập trình	Công nghệ mô phỏng / IFC
		- Tiêu chuẩn hóa các hoạt động thiết kế: tiêu chuẩn xác nhận quy tắc và tiêu chuẩn hóa các đặc tính sản phẩm	Thiết kế tham số (PD)
Trực quan hóa	Trao đổi thông tin	- Hình ảnh 3D của mô hình kỹ thuật số và kết cấu	Thực tế tăng cường (AR)/Thực tế ảo (VR)/ Mô hình đa chiều (nD)
		- Hình ảnh 3D của thông tin tòa nhà	Thực tế ảo (VR)
	Thời gian	- Mô hình hóa đa chiều (nD)	Mô hình hóa đa chiều (nD)

Nguồn: tóm tắt và tổng hợp từ [33].

2.3.3. Thi công

Trong giai đoạn này, các công nghệ được phát triển chú trọng đến việc làm thế nào để đạt được năng suất và độ an toàn cao hơn trên các công trường xây dựng. Ngoài ra, các lĩnh vực quản lý dự án

khác như chi phí, chất lượng, thời gian, giao tiếp, mua sắm, rủi ro cũng đều có ứng dụng công nghệ số. Bảng 3 trình bày các công nghệ số đã có ứng dụng cho giai đoạn thi công, theo các lĩnh vực quản lý dự án.

Bảng 3: Các công nghệ xây dựng 4.0 theo các chức năng hoạt động trong giai đoạn thi công

Chức năng hoạt động	Lĩnh vực	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
Tự động hóa	Chi phí	- Tự động hóa lắp ráp	Robot di động trên công trường
		- Thay thế nhân công	Robot di động trên công trường
		- Xây dựng nhà	In 3D
	Chất lượng	- Thu thập thông tin về tiến trình thực tế của công trường xây dựng	Máy bay không người lái / quét laze
Thời gian		- Thu thập thông tin về tiến trình thực tế của công trường xây dựng (máy bay không người lái / quét laser)	Máy bay không người lái / quét laze
		- Phân tích dữ liệu thời gian thực tế (học máy)	Học máy (ML)
Trao đổi thông tin	Giao tiếp	- Đọc dữ liệu	Thiết bị di động
		- Truy cập thông tin	Thiết bị di động
	An toàn lao động	- Huấn luyện an toàn (VR)	Thực tế ảo (VR)
Phân phối	An toàn lao động	- Kiểm soát quyền truy cập của con người trên công trường	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
		- Khả năng tiếp cận công trường của xe tải - Cải thiện việc phân bổ tài nguyên vật liệu trên công trường	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)- WSN / RFID
	Mua sắm	- Khả năng tiếp cận công trường của xe tải	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
		- Cải thiện việc phân bổ tài nguyên vật liệu trên công trường	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
		- Kiểm soát vật liệu và theo dõi trên công trường	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
Định vị	Chi phí	- Vị trí chất thải	Máy bay không người lái
		- Lập bản đồ các bộ phận hoặc nhóm bộ phận trên công trường	Máy bay không người lái/ UAV / phép đo quang
	ATLD/Rủi ro	- Vị trí và sự di chuyển của công nhân và máy móc	Hệ thống thông tin địa lý (GIS)
		- Phát hiện va chạm	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)/Bluetooth/siêu âm
		- Tránh va chạm cản trực	Mạng nơ-ron
		- An toàn cho người lao động (vị trí /vật liệu)	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)/UHF
		- Chụp các động tác	Thực tế ảo VR (VR)/ máy ảnh
		- Thu thập dữ liệu thời gian thực tế	Thiết bị di động
- Kết nối Wifi để nắm bắt được vị trí của con người	Thiết bị di động/ WSN		

Chức năng hoạt động	Lĩnh vực	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
	Mua sắm	- Phát hiện va chạm	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID) / Bluetooth / siêu âm
		- Tránh va chạm cần cầu	Hệ thống thông tin địa lý (GIS)
		- Lập bản đồ các hạng mục trên công trường	Thiết bị di động/mô hình hóa nD
		- Theo dõi các mặt hàng trong chuỗi cung ứng	Cảm biến tiên tiến/Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
		- Đọc thẻ	Thiết bị di động / Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
Mô hình hóa	Chất lượng	- Mô hình 3D	Máy bay không người lái
		- Quản lý chất lượng kỹ thuật số	Mô hình 3D BIM
	Thời gian	- Mô hình 3D	Máy bay không người lái
		- Mô hình hóa nD	Mô hình thông tin xây dựng (BIM)
Tối ưu	An toàn lao động	- Tối ưu hóa luồng	Mô hình hóa nD/mạng nơ-ron
		- Tối ưu hóa vị trí cần trục trên công trường	Mạng nơ-ron
	Mua sắm	- Tối ưu hóa luồng	Mô hình hóa nD /mạng nơ-ron
		- Tối ưu hóa vị trí cần cầu trên công trường	Mạng nơ-ron
		- Mua hàng loạt	Mạng nơ-ron
	Chất lượng	- Các phương pháp Heuristic để lập kế hoạch dự án	Mạng nơ-ron/AI
		- Cải thiện hiệu quả quy trình	Mạng nơ-ron/AI
		- Vị trí và sự di chuyển của công nhân và máy móc	Mạng nơ-ron/AI
	Thời gian	- Các phương pháp Heuristic để lập kế hoạch dự án	Mạng nơ-ron/AI
		- Cải thiện hiệu quả quy trình	Thiết kế tham số (PD)
		- Vị trí và sự di chuyển của công nhân và máy móc	Năng suất và an toàn
	Tái tạo	ATLĐ/Rủi ro	- Phân tích cấu trúc
- Kiểm tra an toàn			Máy bay không người lái
Mô phỏng	ATLĐ/Rủi ro	- Bảo mật dữ liệu cho bằng chứng giao hàng	Công nghệ chuỗi – khối (Blockchain)
		- Phân tích hình ảnh của công trường để phát hiện các vấn đề bảo mật	Mạng nơ-ron
Tiêu chuẩn hóa	Chi phí	- Giảm chi phí	Tiến chế
	Thời gian	- Giảm độ trễ	Tiến chế
Trực quan hóa	Trao đổi thông tin	- Hình ảnh 3D của mô hình kỹ thuật số và kết cấu	Mô hình AR/VR/nD

Nguồn: tóm tắt và tổng hợp từ [33].

2.3.4. Vận hành và bảo trì

Có thể nhận thấy sự gia tăng không ngừng các mối quan tâm đến việc đảm bảo chất lượng công trình, sự làm việc ổn định của cơ sở vật chất và việc nâng cao tuổi thọ, hiệu quả của cơ sở vật chất của ngành xây dựng trong những năm qua. Do đó, có nhiều công nghệ đã được phát triển và sử dụng để đảm bảo cho việc vận

hành và bảo trì các cơ sở vật chất được thuận lợi. Ngoài ra, còn có một số công nghệ được ứng dụng để giải quyết vấn đề giám sát và ứng phó khẩn cấp. Bảng 4 thể hiện các công nghệ số trong giai đoạn vận hành và bảo trì, được thống kê theo các khía cạnh sử dụng để đánh giá hoạt động vận hành và bảo trì: phạm vi, chất lượng, chi phí, rủi ro, an toàn lao động.

Bảng 4: Các công nghệ xây dựng 4.0 theo các chức năng hoạt động trong giai đoạn vận hành

Chức năng hoạt động	Vận hành và bảo trì	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
Tự động hóa	ATLĐ/Rủi ro	- Giám sát các biến dạng cấu trúc	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
	Chất lượng	- Xử lý chất thải	Rô-bốt
	Phạm vi	- Định hình lại các chức năng và bố cục của tòa nhà bằng cách thiết kế lại các mô-đun với cần cầu rô-bốt	Cần cầu rô-bốt (Crabots)
Trao đổi thông tin	ATLĐ/Rủi ro	- An toàn, sử dụng điện thoại thông minh để được hướng dẫn trong trường hợp sơ tán	Thiết bị di động / điện thoại thông minh
	Chất lượng	- Theo dõi các hoạt động bảo trì	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)
Định vị	Chi phí	- Quản lý năng lượng liên kết	Quét laser / camera hồng ngoại
	ATLĐ/Rủi ro	- Xác định vị trí người cư trú và nguồn lửa trong trường hợp hỏa hoạn - Xác định vị trí để tạo thuận lợi cho ứng phó khẩn cấp - Các công cụ sử dụng GPS đánh giá an toàn cháy nổ	Hệ thống Định vị Toàn cầu GPS

Chức năng hoạt động	Vận hành và bảo trì	Ứng dụng cụ thể	Công nghệ sử dụng
		tòa nhà	
	Chất lượng	- Giám sát tình trạng các bộ phận tòa nhà	Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID)/cảm biến tiên tiến
		- Lập bản đồ tòa nhà để tạo điều kiện thuận lợi cho vận hành và bảo trì ()	Máy bay không người lái / quét laser
		- Giám sát các biến dạng cấu trúc	Cảm biến tiên tiến
Tối ưu	ATLD/Rủi ro	- Tối ưu hóa việc sơ tán người cư trú trong trường hợp hỏa hoạn	Cảm biến tiên tiến

Nguồn: tóm tắt và tổng hợp từ [33].

3. THỰC TRẠNG VỀ VIỆC ÁP DỤNG CÁC CÔNG NGHỆ SỐ TRONG XÂY DỰNG 4.0 Ở VIỆT NAM

3.1. Xu thế tiếp nhận và chuyển đổi sang xây dựng 4.0 ở Việt Nam

Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0 đang diễn ra mạnh mẽ trên thế giới, Việt Nam cũng đã xác định chuyển đổi số là nhiệm vụ tất yếu cho nền kinh tế, bao gồm cả ngành xây dựng.

Thời gian qua, Chính phủ đã ban hành nhiều chính sách thúc đẩy các hoạt động đầu tư để hòa nhập với cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0. Ngành xây dựng cũng không nằm ngoài cuộc. Thực hiện chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ, Bộ Xây dựng đã ban hành các Quyết định: số 1004/QĐ-BXD ngày 31/7/2020 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng phê duyệt “Kế hoạch Chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030”; số 1533/QĐ-BXD ngày 7/12/2020 về việc phê duyệt Kế hoạch ứng dụng công nghệ thông tin trong hoạt động của cơ quan Bộ Xây dựng giai đoạn 2021-2025; số 219/QĐ-BXD ngày 28/3/2019 về kế hoạch thực hiện Nghị quyết số 17/NQ-CP ngày 7/3/2019 của Chính phủ về một số nhiệm vụ, giải pháp trọng tâm phát triển Chính phủ điện tử giai đoạn 2019-2020, định hướng đến 2025; số 1735/QĐ-BXD ngày 31/12/2020 về Kế hoạch ứng dụng công nghệ thông tin, chuyển đổi số của cơ quan Bộ Xây dựng năm 2021. Qua đó cho thấy sự vào cuộc khẩn trương, quyết liệt của các cấp, các ngành trong lĩnh vực quản lý nhà nước về xây dựng trong thời đại 4.0. Kế hoạch chuyển đổi số ngành xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030 đã xác định chuyển đổi số ngành Xây dựng là nội dung rất quan trọng cần tập trung chỉ đạo, tổ chức thực hiện có hiệu quả để góp phần tăng năng suất lao động, tăng sức cạnh tranh của sản phẩm, hàng hóa và doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý Nhà nước. Đối tượng, lĩnh vực ưu tiên chuyển đổi số gồm: Cơ sở dữ liệu (CSDL) trong đó bao gồm các tiêu chuẩn, quy chuẩn, định mức, đơn giá để phục vụ quản lý Nhà nước của Bộ Xây dựng; Thực hiện Chính phủ điện tử Bộ Xây dựng; Hoạt động xây dựng (tư vấn thiết kế; tư vấn thẩm tra, thẩm định; thi công xây lắp; nghiệm thu công trình); Khai thác và sản xuất vật liệu xây dựng; Quy hoạch xây dựng, phát triển đô thị và hạ tầng kỹ thuật đô thị; Nhà ở, công sở và thị trường bất động sản [3].

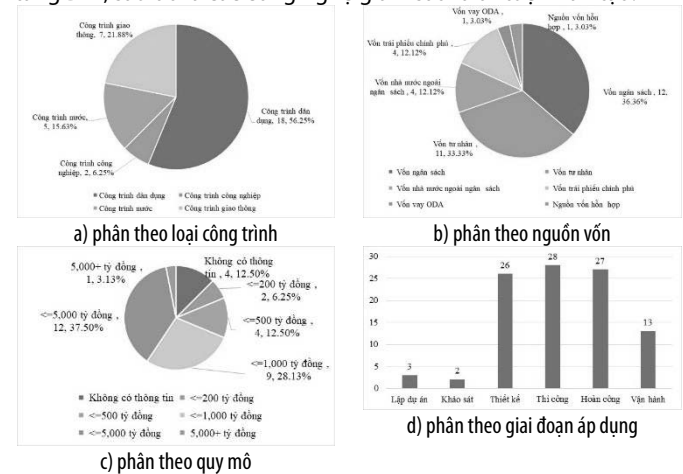
Trong bối cảnh đó, các doanh nghiệp trong ngành xây dựng cũng đã dần dần nâng cao nhận thức về Cách mạng công nghiệp 4.0 nói chung và vấn đề chuyển đổi số của ngành xây dựng nói riêng. Nhiều hội thảo/diễn đàn ở quy mô lớn đã được tổ chức góp phần quan trọng trong việc nâng cao nhận thức chung của cấp lãnh đạo, quản lý và doanh nghiệp. Từ đó, các đơn vị trong ngành xây dựng dần dần đã chủ động tham gia vào công cuộc số hóa ngành xây dựng, tiến hành số hóa các hoạt động xây dựng của mình, áp dụng các công nghệ số trong xây dựng. Trên cơ sở những nhận thức đầy đủ về cách mạng công nghiệp 4.0, các đơn vị đã

triển khai những chương trình và kế hoạch cụ thể nhằm tiếp cận với cuộc cách mạng này.

3.2. Một số ứng dụng trong thực tế của các công nghệ số trong xây dựng 4.0 ở Việt Nam

Các doanh nghiệp đi đầu trong việc ứng dụng công nghệ số trong xây dựng 4.0 ở Việt Nam bao gồm các doanh nghiệp tư vấn, các nhà thầu thi công tham gia trực tiếp vào quá trình triển khai các dự án đầu tư xây dựng. Bằng việc đẩy mạnh áp dụng công nghệ thông tin, từ đó tận dụng được các ứng dụng mới do công nghệ thông tin và các nền tảng, công cụ mới dựa trên công nghệ thông tin mang lại, các doanh nghiệp trong ngành Xây dựng Việt Nam dần nhận thấy họ có khả năng tiếp cận dự án tốt hơn, thiết kế hợp lý hơn, thi công ít rủi ro hơn và quản lý có hiệu quả hơn. Các doanh nghiệp đã dần nhận thức được, việc áp dụng các công nghệ số trong Xây dựng 4.0 đã và đang mang lại cho họ lợi thế cạnh tranh, mở ra các ngành nghề kinh doanh mới.

Kết quả khảo sát việc ứng dụng các công nghệ số thông qua các nguồn thông tin được công bố rộng rãi đáng tin cậy như các ấn phẩm khoa học, các thông cáo báo chí, và website riêng của các đơn vị cho thấy, 7 nhóm công nghệ số trong Xây dựng 4.0 như phân tích trong Mục 2.1 đều đã được ứng dụng tại các dự án đầu tư xây dựng Việt Nam, mỗi nhóm có một hay nhiều ứng dụng đã được triển khai thực tế. Tuy nhiên, các nhóm công nghệ số được ứng dụng nhiều nhất phải kể đến BIM và các ứng dụng trên nền tảng BIM, sau đó là các công nghệ giám sát và trí tuệ nhân tạo.



Hình 3: Các công trình thi điểm áp dụng BIM thời gian vừa qua [10]

Dù được coi là một nước đi sau trong ứng dụng BIM [24, 27], BIM cũng đã được giới thiệu chính thức ở Việt Nam từ năm 2016 [28] với Quyết định 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, và được áp dụng một cách không chính thức từ trước đó [30]. Xuất phát từ việc áp dụng các ứng dụng BIM cơ bản như thiết kế và mô

hình hóa 3D, phát hiện va chạm và xung đột trong thiết kế, quản lý tiến trình, kiểm soát chất lượng, quản lý rủi ro, an toàn lao động trên công trường, phân tích năng lượng và quản lý vận hành công trình, dẫn dắt các doanh nghiệp đã tiến tới áp dụng các ứng dụng BIM nâng cao, tiên tiến hơn khi tích hợp BIM với GIS, với RFID, VR, AR, quét laze, điện toán đám mây, internet vạn vật, thiết bị di động, thậm chí cũng đã bắt đầu tiếp cận cả những công nghệ hiện thế giới cũng vẫn đang ở giai đoạn nghiên cứu phát triển như in 3D, hay sử dụng bản sao số của công trình (digital twins) [10].

Kể từ khi lộ trình áp dụng BIM được công bố, ngày càng nhiều dự án đầu tư xây dựng, cả khối nhà nước và tư nhân áp dụng BIM. Một nghiên cứu gần đây [10] đã tổng hợp lại 32 dự án thí điểm áp dụng BIM theo chương trình của Chính phủ (Hình 3), trong đó có cả các dự án giao thông, xây dựng dân dụng (công trình nhà cửa), công trình nông nghiệp và công trình công nghiệp và phát triển nông thôn. Các dự án có nguồn vốn khá đa dạng, từ vốn ngân sách, vốn nhà nước ngoài ngân sách, các nguồn vốn vay như vốn trái phiếu chính phủ, vốn vay ODA, vốn tư nhân và cả nguồn vốn hỗn hợp.

Một số dự án điển hình sử dụng vốn nhà nước được áp dụng BIM thành công trong thời gian vừa qua có thể kể đến Nhà Quốc hội nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào, Dự án công trình trụ sở làm việc của Chính phủ và Văn phòng Chính phủ, Trụ sở Tập đoàn công nghiệp - Viễn thông Quân đội, Dự án đầu tư xây dựng cầu Cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi, Nhà ga hành khách cảng hàng không Quốc tế Phú Bài, trạm biến áp 11KV ở Kim Thành, Hải Dương, v.v... Trong lĩnh vực nông nghiệp và phát triển nông thôn, có các dự án điển hình đã và đang áp dụng BIM như dự án hồ chứa nước Cảnh Tạng ở Hòa Bình và dự án Nâng cấp hệ thống thủy lợi sông Lèn và sông Mơ, Thanh Hóa của Ban Quản lý Trung ương các dự án Thủy lợi. Các ứng dụng BIM cụ thể được áp dụng trong các dự án khá đa dạng, tuy nhiên đa số dừng ở các ứng dụng BIM cơ bản cho giai đoạn thiết kế, thi công và hoàn công, chưa bao gồm giai đoạn vận hành. Các nghiên cứu trước cho thấy số lượng dự án sử dụng vốn nhà nước ứng dụng BIM khá ít, lý do chủ yếu là do cơ chế, chính sách chưa thực sự tạo điều kiện thuận lợi [11, 28]. Tuy nhiên, trong các dự án sử dụng vốn khác, cũng đã có một số đơn vị thiết kế, nhà thầu thi công hay các chủ đầu tư có ứng dụng BIM tương đối phổ biến và rộng rãi. Điển hình như các dự án của nhà thầu Coteccons trong cả giai đoạn thiết kế và thi công, hay các dự án của Vingroup, tập trung nhiều vào giai đoạn thiết kế. Một số dự án hạ tầng khác cũng đã và đang được triển khai trên nền tảng BIM, như dự án cầu cảng của Nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn của một số nhà đầu tư nước ngoài hay dự án hạ tầng khu công nghiệp Nhơn Trạch, Đồng Nai, khu công nghiệp Phố Nối, Hưng Yên,... [40]. Trong các dự án sử dụng BIM trong thời gian vừa qua, bắt đầu có các ứng dụng BIM nâng cao được triển khai, mô hình hóa đa chiều (nD), kết hợp với các công nghệ số khác, như sử dụng máy bay không người lái để khảo sát hiện trạng (drone), hay sử dụng máy quét laze để quét hiện trạng công trình phục vụ lập hồ sơ hoàn công. Đã có nghiên cứu để cập đến việc sử dụng BIM và máy quét laze để quản lý chất lượng công trình xây dựng [29], thiết kế tự động hóa với Dynamo [25]. Một số dự án ứng dụng BIM cũng đã sử dụng kết hợp điện toán đám mây để tạo ra Môi trường dữ liệu chung (Common Data Environment), làm nền tảng chia sẻ dữ liệu phục vụ các ứng dụng BIM và hoạt động của dự án [10]. Do sử dụng nhiều hệ thống phần mềm khác nhau, các dự án ứng dụng BIM ở Việt Nam cũng đã tận dụng các công nghệ sẵn có được phát triển trên thế giới như IFC làm chuẩn mực trao đổi dữ liệu. Các công nghệ thực tế ảo (VR) và thực tế ảo tăng cường (AR) cũng đã được áp dụng để hỗ trợ việc giám sát, đánh giá thiết kế dự án trực quan hơn [30], hoặc để quản

lý vận hành hệ thống cơ - điện sử dụng công nghệ BIM [36]. Một số dự án bất động sản cũng đã sử dụng công nghệ VR, công nghệ Hologram để trình diễn dự án trực quan hơn, nhằm tăng khả năng bán hàng [8]. Ở phạm vi rộng hơn, một số mô hình các thành phố ảo đã được xây dựng hỗ trợ quy hoạch đô thị, phục vụ du lịch và là nền tảng để triển khai xây dựng các mô hình thành phố ảo (Cyber city) và tiến tới là thành phố thông minh (Smart city) đã và đang được nghiên cứu, ứng dụng trong công tác quy hoạch của nhiều nước trên thế giới, ví dụ như thành phố ảo 3D cho khu đô thị công nghiệp Kiến Thụy, Hải Phòng [23] hay Bản đồ du lịch thành phố ảo Đà Nẵng (<http://danang.virtualtourist.vn/>), khu di tích lịch sử ATK Định Hóa (<http://atk.vr360.com.vn/>). Thành phố Hồ Chí Minh cũng đã bắt đầu sử dụng công nghệ chuỗi khối để trang bị hạ tầng IoT nhằm hỗ trợ Thành phố phát triển đô thị thông minh. Công nghệ này được tin tưởng là có thể giải quyết được những bất cập trong triển khai xây dựng đô thị thông minh cho Thành phố [18].

Kết quả khảo sát cũng cho thấy, các công nghệ giám sát, ngoài các công nghệ sử dụng máy bay không người lái và quét laze như đã đề cập đến ở trên, tất cả các công nghệ được tổng hợp trong Hình 1 đều đã được sử dụng. Camera được sử dụng rộng rãi để giám sát các công trường xây dựng, ví dụ như ở Dự án nút giao nam Cầu Bính quận Hồng Bàng, Hải Phòng [5], hay các dự án của Công ty TNHH Quốc tế VINATA, như nhóm nghiên cứu quan sát được. Tuy nhiên, việc sử dụng camera ở các công trình trên mới ở mức độ đơn giản là cung cấp thông tin theo thời gian thực về các hoạt động trên công trường, dữ liệu thu được chưa được đưa vào một môi trường dữ liệu chung để kết nối với mô hình BIM hoặc các công nghệ, thiết bị khác, nên mức độ khai thác còn hạn chế.

Ứng dụng quét laze/đám mây điểm cũng đã được triển khai để dựng mô hình 3D của công trình hiện hữu. Nhóm nghiên cứu của Đại học Mở - Địa chất đã tiến hành quét laze mặt đất để xây dựng mô hình 3D cho thiết bị công nghệ nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả. Kết quả thu được là mô hình 3D có mức độ chi tiết (Level of Detail - LoD) cao, được sử dụng để hỗ trợ phân tích, đánh giá chi tiết hiện trạng hệ thống thiết bị công nghệ trong nhà máy nhiệt điện, hỗ trợ hoạt động vận hành [31]. Ứng dụng GPS cũng được sử dụng trong một số công trình xây dựng, ví dụ công trình Keangnam, để đo kiểm tra và bố trí công trình nhà cao tầng theo phương thẳng đứng [38]. Có thể nói, các ứng dụng này đang được triển khai khá rời rạc, từng ứng dụng riêng biệt, chưa được xem xét kết hợp để đưa ra các giải pháp tổng thể, đồng bộ.

Các công nghệ theo dõi cũng được ứng dụng để giám sát và phát hiện biến dạng trong giai đoạn vận hành và bảo dưỡng công trình xây dựng, đặc biệt là công trình cầu. Công nghệ đo quang (photogrammetry) tích hợp trong máy quét KSCAN-MAGIC đã được thử nghiệm áp dụng để kiểm tra cấu kiện cầu đúc sẵn [35]. Nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Giao thông Vận tải đã xây dựng mô hình bản sao số cho cầu Nhật Tân, sử dụng các cảm biến hồng ngoại gắn với cầu để nhận dữ liệu thông qua bluetooth từ công trình thực về bản sao số, từ đó dữ liệu được phân tích để có được thực trạng làm việc của cầu. Trên cơ sở đó, người quản lý vận hành và bảo trì có giải pháp giải quyết kịp thời và thích hợp [4]. Ngoài ra, GIS còn được sử dụng tích hợp với GMS/GPRS để quản lý xe chuyên dùng, từ đó giúp Cty TNHH MTV Chiếu sáng và thiết bị đô thị (Hapulico) nâng cao năng suất lao động và chất lượng dịch vụ của mình [9].

Các công nghệ tiên chế và chế tạo số hóa cũng đã được bắt đầu nghiên cứu áp dụng. Sản xuất tiên chế đã có mặt ở Việt Nam từ khá lâu, với các sản phẩm tiên chế là các cấu kiện thép và các cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn. Tuy nhiên, việc kết hợp chế tạo số hóa vào sản xuất tiên chế mới chỉ phổ biến trong ngành cơ khí,

khí sản xuất các cấu kiện thép, với các thiết bị như máy cắt CNC hoặc máy hàn tự động được liên kết trực tiếp với máy tính điện tử. Ứng dụng này chưa được áp dụng đối với việc sản xuất tiền chế các cấu kiện, bộ phận công trình bằng bê tông cốt thép. Mới gần đây, cùng với sự phát triển mạnh mẽ và phổ biến của BIM, một số đơn vị sản xuất cấu kiện tiền chế bê tông cốt thép mới bắt đầu quan tâm nghiên cứu ứng dụng, ví dụ như Cty Cổ phần Đầu tư và Xây dựng Xuân Mai [1]. Một số doanh nghiệp khác như Seico Group cũng đã tham gia vào một vài dự án sản xuất tiền chế theo phương thức DfMA [2] với một doanh nghiệp của Singapore, tuy nhiên, sản phẩm được sử dụng cho các dự án khôi phục sau lũ của Indonesia chứ không phải ở Việt Nam.

Công nghệ sản xuất tiền chế đang được quan tâm hiện nay là công nghệ in 3D. Khác với công nghệ sản xuất truyền thống, đây là công nghệ sản xuất bồi đắp, không sử dụng ván khuôn. Trên thế giới, công nghệ này đã được giới thiệu từ cuối những năm 2000, đầu những năm 2010 bởi Đại học Loughborough, với một số công bố đầu tiên [20]. Kế thừa các kết quả nghiên cứu này, hiện Viện Vật liệu Xây dựng - Bộ Xây dựng, với nhân sự đã tham gia dự án này của Đại học Loughborough đang tiến hành một nghiên cứu về công nghệ này trong điều kiện Việt Nam.

Đối với nhóm công nghệ về trí thông minh nhân tạo, một số tác giả trong nước đã công bố khá nhiều giải pháp ứng dụng các giải pháp trong nhóm này để giải quyết các bài toán trong xây dựng, bao gồm cả lĩnh vực quản lý xây dựng. Việc sử dụng Matlab để huấn luyện mạng ANNs trong bài toán lượng chi phí xây dựng chung cư [22] hay bài toán ước lượng thời gian của dự án sử dụng bê tông đúc sẵn [37] là hai trong số các ứng dụng thực tiễn của nhóm công nghệ này ở Việt Nam, và còn nhiều ứng dụng trong các bài toán cụ thể khác. Một số nhóm nghiên cứu đang phát triển ứng dụng AI trong việc giám sát an toàn lao động trên công trường, tuy nhiên kết quả nghiên cứu chưa được công bố.

Các đơn vị trong nước cũng khá chú trọng đến việc kế thừa các tiến bộ khoa học công nghệ và giải pháp phù hợp từ nước ngoài vào các dự án trong nước. Từ đầu những năm 2010, Công ty Archibus Việt Nam đã tiếp nhận giải pháp quản lý vận hành tòa nhà từ Archibus (Mỹ), với mục tiêu kết hợp với BIM để tăng hiệu quả sử dụng. Gần đây, một số đơn vị đã tiếp cận các giải pháp quản lý cho một số loại công trình đặc biệt như công trình bệnh viện, với công nghệ CMMS.

Kết quả khảo sát các nguồn thông tin được công bố rộng rãi cho thấy chỉ có một số rất ít các ứng dụng như thực tế hỗn hợp (MR), rô bốt trong xây dựng, hợp đồng thông minh, thiết bị bay không người lái cho chế tạo kỹ thuật số là chưa có bằng chứng được áp dụng trong thực tiễn ngành xây dựng Việt Nam.

4. Bàn luận

Dù là một nước đi sau trong việc chuyển đổi số, thực tế cho thấy trong những năm qua, ngành Xây dựng Việt Nam vừa kế thừa, vừa tự phát triển rất nhiều công nghệ số hóa. Có những ứng dụng đã được phát triển và đưa vào thực tiễn từ khá lâu, như các ứng dụng trí thông minh nhân tạo với các nhà khoa học từ các trường đại học khối kiến trúc, xây dựng phía Nam là những người tiên phong. Nhiều tổ chức, cá nhân đã tiếp nhận chuyển giao các công nghệ có sẵn ở nước ngoài để đưa vào ngành Xây dựng Việt Nam, rút ngắn quá trình nghiên cứu phát triển. Tuy nhiên, cũng có nhiều nhà khoa học đã và đang tiến hành các nghiên cứu song song với nhóm nghiên cứu khác ở các nước trên thế giới, để cải tiến các giải pháp có sẵn, hoặc tìm ra các giải pháp tối ưu hơn trong điều kiện Việt Nam. Các nguồn thông tin được công bố rộng rãi cho thấy, Việt Nam chưa có một công nghệ số xây dựng 4.0 nào được coi là công

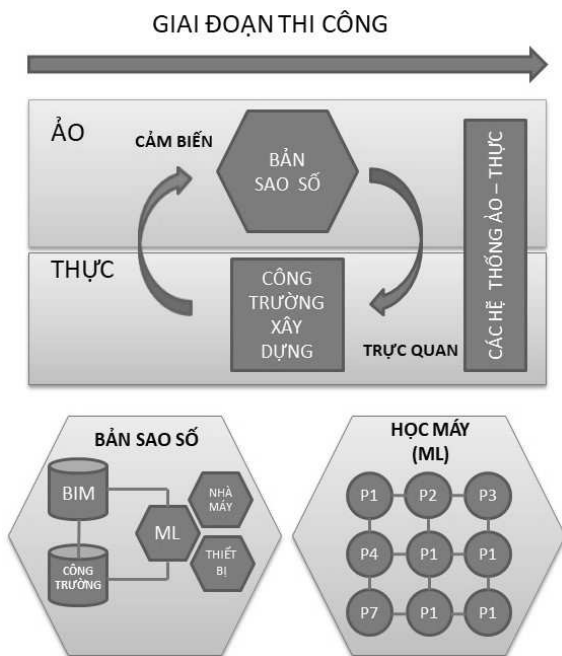
nghệ tiên phong, phát kiến đầu tiên, mà chỉ dừng ở việc kế thừa và phát triển, cải tiến các công nghệ đã có trên thế giới.

BIM là một giải pháp xây dựng 4.0 được ngành xây dựng Việt Nam chấp nhận rộng rãi và rất nhiều đơn vị trong ngành đang chuyển đổi sang áp dụng giải pháp này. Với việc thành lập Ban chỉ đạo BIM - Bộ Xây dựng, môi trường pháp lý để áp dụng BIM ngày càng được cải thiện, BIM đã được thiết lập cơ sở pháp lý để thực hiện trong các dự án đầu tư xây dựng. Các chương trình đào tạo nâng cao kiến thức chính thống được tổ chức bởi tổ chức này, kết hợp với các đơn vị trong và ngoài nước để chia sẻ kinh nghiệm thực tế (có thể tham khảo thông tin từ trang web <https://bim.gov.vn/>), đã và đang góp phần không nhỏ trong việc nâng cao nhận thức về BIM cho những người làm việc trong ngành xây dựng. Đồng thời, Bộ Xây dựng cũng đã công bố một số hướng dẫn được cập nhật về BIM; đây là các tài liệu cơ bản giúp những người làm nghề xây dựng định hình cách thức tiến hành và các ứng dụng BIM cơ bản, từ đó tích lũy kinh nghiệm để chinh phục các ứng dụng BIM nâng cao.

Việc ứng dụng các công nghệ số xây dựng 4.0 được phân ra là ứng dụng cho công trình xây mới và cho công trình hiện hữu. Với công trình xây mới, tối ưu nhất là có được một mô hình kỹ thuật số (digital engineering model) của công trình, có thể được dựng trên nền tảng BIM. Mô hình số này, với sự hỗ trợ của các công nghệ phù hợp về khoa học dữ liệu, có thể đóng vai trò như một Môi trường Dữ liệu chung (CDE), từ đó các công nghệ số, bao gồm cả các thiết bị ngoại vi, có thể nạp thêm dữ liệu, cập nhật dữ liệu vào mô hình để tăng chiều của mô hình (nD) hoặc truy xuất dữ liệu nhằm triển khai các ứng dụng cụ thể trong suốt vòng đời dự án. Mức độ chi tiết hay mức độ phát triển thông tin của mô hình hoàn toàn phụ thuộc vào yêu cầu của các ứng dụng và công nghệ khi khai thác mô hình. Do việc dựng mô hình số công trình (bao gồm cả mô hình BIM) khá tốn công sức, vì vậy cần nâng cao hiệu quả sử dụng mô hình bằng cách đa dạng hóa các ứng dụng liên kết tương thích (các ứng dụng bổ sung có thể sử dụng được nội dung mô hình đã số hóa). Một cách tiếp cận để đa dạng hóa các ứng dụng là việc sử dụng trí thông minh nhân tạo, ví dụ như học máy (ML). Trí thông minh nhân tạo khi được sử dụng cùng một số công nghệ thu thập dữ liệu phù hợp, có thể hỗ trợ việc kết nối mô hình số với mô hình vật lý trong thực tế dễ dàng hơn, từ đó tăng cường khả năng tự động hóa trong xây dựng. Hình 4 thể hiện đề xuất của một nhóm tác giả nước ngoài về một kịch bản cho tự động hóa trong xây dựng, trong giai đoạn thi công, sử dụng trí thông minh nhân tạo và bản sao số [6], có thể tham khảo và vận dụng vào điều kiện Việt Nam.

Với công trình hiện hữu, mô hình số thường có yêu cầu về mức độ chi tiết thấp hơn, do các phần công trình, bộ phận bị che khuất không thể dựng được vào mô hình. Mặt khác, để tăng năng suất và độ chính xác khi dựng mô hình, người ta thường dùng thêm các công cụ giám sát để thu thập dữ liệu hiện trạng, các công cụ như bluetooth, mạng cảm biến không dây, các phần mềm hỗ trợ được sử dụng để chuyển dữ liệu thu thập được từ thực tế vào mô hình số, kể cả dữ liệu theo thời gian thực. Từ đó, mô hình số có thể được sử dụng cho việc phân tích, đánh giá vòng đời dự án (về sử dụng năng lượng, về phát thải rác, v.v...), phục vụ quản lý vận hành (như quản lý không gian, quản lý tài sản, đồ đạc, quản lý chi phí vận hành, quản lý cho thuê, v.v... như các chức năng quản lý của phần mềm Archibus) hoặc cho các hoạt động quản lý bảo trì (bảo trì dự báo, kế hoạch bảo trì, ước lượng chi phí bảo trì, v.v...), cải tạo, sửa chữa, hoặc xác định lại tuổi thọ hiệu quả của công trình. Dù mức độ chi tiết của mô hình cần dựng lại cho công trình hiện hữu phụ thuộc vào yêu cầu thông tin của ứng dụng, nói chung, càng có

hiều ứng dụng khai thác được mô hình thì hiệu quả càng cao. Ngoài trừ khi được sử dụng với các ứng dụng AI thuần túy là các phần mềm tin học hay mô phỏng, nói chung mô hình số sẽ được khai thác tốt hơn khi kết nối với các thiết bị ngoại vi. Như kinh nghiệm thế giới cho thấy, các thiết bị ngoại vi sẽ hỗ trợ việc thu thập, xử lý dữ liệu, tăng mức độ tương tác giữa các mô hình với nhau và giữa con người với mô hình, cũng như tạo ra các ứng dụng mới để tận dụng mô hình hiệu quả hơn. Khi sử dụng tích hợp cả các thiết bị ngoại vi (thiết bị vật lý) và các ứng dụng AI, các ứng dụng học máy hay học sâu sẽ đem lại các tính năng mới, từ đó hỗ trợ tốt hơn các hoạt động quản lý theo tiến trình của dự án đầu tư xây dựng và cả cơ sở vật chất là sản phẩm của dự án. Mặt khác, trong xu thế phát triển bền vững, các công nghệ số hỗ trợ tốt hơn cho việc phát triển các công trình xanh, tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải, tăng cường các giá trị theo cả vòng đời dự án, công trình không chỉ về khía cạnh kinh tế, tài chính, mà cả về khía cạnh xã hội, từ đó áp dụng được các nguyên lý của kinh tế tuần hoàn trong xây dựng.



Hình 4: Kịch bản tự động hóa trong giai đoạn thi công với học máy (ML) [6]

Các công nghệ tiên chế thông qua sản xuất số hóa, với các ứng dụng xuyên suốt từ khi có ý tưởng dự án cho đến giai đoạn thiết kế, sản xuất, lắp dựng và thi công, và nghiệm thu bàn giao, và vận hành, bảo trì, cải tạo, nâng cấp, tái sử dụng các bộ phận, cấu kiện, vật liệu trong ngành xây dựng cũng như các ngành khác của nền kinh tế sẽ là giải pháp phù hợp nhất. Tuy nhiên, các công nghệ tiên chế cần sự hỗ trợ, kết hợp của nhiều công nghệ số khác, đặc biệt là trí thông minh nhân tạo và các công nghệ cho phép sự tham gia sớm của các bên hữu quan trong suốt vòng đời dự án, từ đó đòi hỏi thêm các công nghệ hỗ trợ quản lý sự đồng thuận như chuỗi khối (blockchain), hợp đồng thông minh (smart contract), vốn chưa được các nhà khoa học Việt Nam, đặc biệt trong ngành Xây dựng, quan tâm đúng mức.

5. KẾT LUẬN

Trong xu thế toàn cầu về Cách mạng công nghiệp 4.0, ngành xây dựng trên thế giới nói chung và ngành Xây dựng Việt Nam nói riêng cũng đã triển khai cuộc cách mạng riêng của mình, đó là xây dựng 4.0. Bài báo đã tổng kết các nghiên cứu gần đây trên thế giới

để làm rõ các công nghệ đã và đang được nghiên cứu phát triển, ứng dụng thực tiễn của xây dựng 4.0. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có 7 nhóm công nghệ số xây dựng 4.0 đã được phát triển, bao gồm: khoa học dữ liệu, chế tạo kỹ thuật số, tiên chế, BIM, trí thông minh nhân tạo, các hệ thống mô hình hóa và các công nghệ liên quan đến việc giám sát như GIS. Các công nghệ trong các nhóm này được phát triển để hỗ trợ và thực hiện 10 loại hoạt động chính cần thiết trong việc triển khai và quản lý các dự án đầu tư xây dựng, bao gồm: tự động hóa, trao đổi thông tin, phân phối, định vị, mô hình hóa, tối ưu hóa, tái tạo, mô phỏng, tiêu chuẩn hóa và trực quan hóa. Các công nghệ số đã có các ứng dụng tích cực trong toàn bộ các giai đoạn của vòng đời dự án đầu tư xây dựng: thiết kế, thi công, vận hành và bảo trì, và cả giai đoạn cải tạo, nâng cấp, từ đó tạo ra các khả năng tự động hóa các hoạt động xây dựng. Các nội dung quản lý dự án cơ bản đều đã có sự hỗ trợ của các công nghệ số 4.0, trong đó các nội dung được chú trọng nhiều bao gồm thời gian, chi phí, chất lượng, an toàn lao động (thường đi kèm với rủi ro, vì thực chất việc mất an toàn lao động cũng là một loại rủi ro liên quan đến con người và tài sản). Dù là một nước đi sau trong việc chuyển đổi số, thực tế cho thấy trong những năm qua, ngành xây dựng Việt Nam vừa kế thừa, vừa tự phát triển rất nhiều công nghệ số hóa.

Nghiên cứu này có điểm hạn chế là do việc khảo sát các công nghệ trên thế giới sử dụng nguồn thông tin chủ yếu là các nghiên cứu được công bố trên các Tạp chí, nên có độ trễ nhất định so với thực tế đang xảy ra. Kết quả được xem xét có thể chưa cập nhật được các nghiên cứu mới được thực hiện gần đây mà chưa được công bố, hoặc do thời gian để một công bố được xuất bản khá dài, nên các công nghệ đã được ứng dụng từ trước đây ít nhất vài tháng mới xuất hiện trong các cơ sở dữ liệu. Hạn chế tiếp theo là việc khảo sát chủ yếu được thực hiện thông qua các kênh thông tin phổ biến, rộng rãi, nên có thể bỏ sót các công nghệ đang được áp dụng ở một số đơn vị, mà do bảo mật thông tin hoặc chỉ đơn thuần là do chưa chú trọng đến việc truyền thông, nên chưa được phổ biến rộng rãi.

Tuy nhiên, nghiên cứu này cũng đã cung cấp bức tranh tổng quát về các công nghệ số xây dựng 4.0 trên thế giới và cả tình hình áp dụng tại Việt Nam, từ đó những người làm nghề hiểu được thực tế và khả năng ứng dụng các công nghệ số này, làm căn cứ xây dựng lộ trình áp dụng cho đơn vị mình. Mô hình kỹ thuật số công trình, bao gồm cả nhà cửa và cơ sở hạ tầng kỹ thuật, sẽ là nền tảng cơ bản để phát triển mô hình số cho đô thị, từ đó hỗ trợ phát triển các đô thị thông minh. Theo xu hướng phát triển này, mô hình kỹ thuật số cần tích hợp công nghệ thông tin và truyền thông (ICT), và các thiết bị vật lý khác nhau được kết nối với mạng IoT để tối ưu hóa hiệu quả của các hoạt động và dịch vụ của thành phố và kết nối với người dân, từ đó nâng cao chất lượng cuộc sống, cải thiện chất lượng phục vụ của chính quyền thành phố, giảm tiêu thụ năng lượng, quản lý hiệu quả các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025 và định hướng đến năm 2030, đó là cơ sở để nhiều địa phương nắm bắt thời cơ, ban hành các đề án, kế hoạch, đã và đang triển khai chương trình phát triển đô thị thông minh cho địa phương mình.

Về các hướng nghiên cứu tiếp theo, để có thể đảm bảo sự phát triển của ngành xây dựng trong cách mạng công nghiệp 4.0 tích hợp được các xu thế khác như phát triển bền vững, các nhà khoa học trên thế giới và cả Việt Nam cần chú trọng phát triển, cải tiến các công nghệ cho phép ứng dụng kinh tế tuần hoàn trong ngành xây dựng. Các nền tảng pháp lý cho các công nghệ này phát triển, bao gồm nhưng không giới hạn bởi môi trường pháp lý phù hợp,

cũng như các công nghệ số phục vụ các mối quan hệ về mặt pháp luật, như hợp đồng thông minh, cần được ưu tiên phát triển.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số 64.2021.KHXD-TD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban chỉ đạo BIM - Bộ xây dựng (2021), *Hội thảo trực tuyến - Giao lưu khoa học Công nghệ BIM trong lĩnh vực nhà tiền chế tại Việt Nam và Nhật Bản*, Online, truy cập ngày 5 tháng 8 năm 2021, tại trang <http://bim.gov.vn/>
2. BCA (2016), BIM for DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) Essential Guide, Building and Construction Authority (BCA) Singapore, Singapore.
3. Bộ trưởng Bộ Xây dựng (2020), Quyết định số 1004/QĐ-BXD ngày 31/07/2020 Về việc Phê duyệt "Kế hoạch Chuyển đổi số ngành Xây dựng giai đoạn 2020-2025, định hướng đến năm 2030", 1004/QĐ-BXD, Bộ Xây dựng, online.
4. Chi Phong (2020), *Chip theo dõi tình trạng công trình xây dựng*, Tạp chí Giáo dục và Thời đại điện tử, Online, truy cập ngày 6 tháng 7 năm 2021, tại trang web <https://giaoducthoidai.vn/khoa-hoc/chip-theo-doi-tinh-trang-cong-trinh-xay-dung-az9XhMhGR.html>.
5. Công ty TNHH TBCN Anh Ninh Cộng Lực (2018), *Camera Cộng lực hợp tác cùng Tập đoàn CK4 lắp đặt camera giám sát tại công trường xây dựng nút giao Nam Cầu Bình*, truy cập ngày 16 tháng 6 năm 2021, tại trang web <http://camerahaiphong.net/t/lap-camera-giam-sat-cong-truong-du-an-dau-tu-xay-dung-nut-giao-nam-cau-binh-526>.
6. Correa, FR (2020), Integrating Industry 4.0 Associated Technologies into Automated and Traditional Construction, *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, IAARC Publications, tr. 285-292.
7. Dallasega, Patrick, Rauch, Erwin và Linder, Christian (2018), "Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review", *Computers in industry*, 99, tr. 205-225.
8. Dang Kiva (2015), *Ứng dụng công nghệ Hologram vào trình diễn dự án tại Việt Nam*, REIC, Online, truy cập ngày 8 tháng 8 năm 2021, tại trang web <https://www.reic.vn/cong-nghe/635/ung-dung-cong-nghe-hologram-vao-trinh-dien-du-an-tai-viet-nam.html>.
9. Đào Ngọc Quý (2016), *Hapulico: Nâng cao năng suất chất lượng bằng công nghệ GIS và GSM/GPRS*, Hapulico, Online, truy cập ngày 8 tháng 8 năm 2021, tại trang web <http://hapulico.com/hapulico-nang-cao-nang-suat-chat-luong-bang-cong-nghe-gis-va-gsmgprs.html>.
10. Dao, Quoc Viet và Nguyen, The-Quan (2021), "A Case Study of BIM Application in a Public Construction Project Management Unit in Vietnam: Lessons Learned and Organizational Changes", *Engineering Journal*, 25(7), tr. 177-192.
11. Dao, Thuy-Ninh, Nguyen, The-Quan và Chen, Po-Han (2020), "BIM Adoption in Construction Projects Funded with State-managed Capital in Vietnam: Legal Issues and Proposed Solutions", *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure*, Springer, tr. 1211-1216.
12. Gerbert, Philipp và các cộng sự. (2016), "Digital in Engineering and Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling", *The Boston Consulting Group* <http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf>.
13. Hilfert, Thomas và König, Markus (2016), "Low-cost virtual reality environment for engineering and construction", *Visualization in Engineering*, 4(1), tr. 1-18.
14. Hjelseth, Eilif (2017), "BIM understanding and activities", *WIT Transactions on The Built Environment*, 169, tr. 3-14.
15. Hossain, Md Aslam và Nadeem, Abid (2019), Towards digitizing the construction industry: State of the art of construction 4.0, *Proceedings of the ISEC*.
16. ILO (2018), *Cách mạng công nghiệp 4.0 tại Việt Nam: hàm ý đối với thị trường lao động*, Online.
17. Kang, Tae Wook và Hong, Chang Hee (2015), "A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration", *Automation in construction*, 54, tr. 25-38.
18. Khánh Trình (2019), *Ứng dụng công nghệ Blockchain cho đô thị thông minh*, Báo Nhân dân điện tử, Online, truy cập ngày 7 tháng 8 năm 2021, tại trang web <https://nhandan.vn/tin-chung/1/ung-dung-cong-nghe-blockchain-cho-do-thi-thong-minh-378018/>.

19. Laine, Risto và Ikonen, Jouni (2011), A construction plan image service for smart phones, *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Systems and Technologies*, tr. 292-297.
20. Le, Thanh T và các cộng sự. (2012), "Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete", *Materials and structures*, 45(8), tr. 1221-1232.
21. Lin, Yu-Cheng (2008), "Enhancing facility management using RFID and web technology in construction", *Robotics and Automation in Construction*, tr. 199-210.
22. Lưu Trường Văn và Phan Văn Khoa (2010), "Sử dụng Matlab để huấn luyện mạng ANNs trong bài toán ước lượng chi phí xây dựng chung cư", *Tạp chí Kỹ thuật và Công nghệ - Trường Đại học Mở TP.HCM* 5(1), tr. 57-63.
23. Mai Văn Sỹ, Trần Thị Hải Vân và Nguyễn Thị Mai Dung (2019), *Công nghệ "Thành phố ảo" trong quy hoạch và quản lý đô thị tại Việt Nam*, Viện quy hoạch xây dựng Hà Nội, Online, truy cập ngày 8 tháng 8 năm 2021, tại trang web <http://vqh.hanoi.gov.vn/index.php?language=vi&nv=news&op=tin-lien-ket/Cong-nghe-Thanh-pho-ao-trong-quy-hoach-va-quan-ly-do-thi-tai-Viet-Nam-1086.html>.
24. Nguyen, Bao Ngoc và các cộng sự. (2018), The content of BIM short courses in Vietnam: current approaches and recommendations, *42nd AUBEA conference 2018, Educating building professional for the future of the globalised world*, tr. 261-273.
25. Nguyễn Mạnh Tuấn (2018), "Ứng dụng Dynamo cho dự án BIM trong giai đoạn thiết kế ý tưởng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXD*, 12(1), tr. 71-76.
26. Nguyen, The-Quan, Dau-Thi, Nguyet-Anh và Dao, Thuy-Ninh (2020), "Human resources for BIM jobs in the AEC industry in Vietnam: an investigation on job positions and requirements", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 945, tr. 012037.
27. Nguyen, The-Quan, Luu, Quang-Phuong và Ngo, Van-Yen (2020), "Application of BIM in design conflict detection: a case study of Vietnam", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 869, tr. 022038.
28. Nguyen, The-Quan và Nguyen, Dinh-Phong (2021), "Barriers in BIM Adoption and the Legal Considerations in Vietnam", *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(1), tr. 283-295.
29. Nguyen, Thu Anh, Nguyen, Phong Thanh và Do, Sy Tien (2020), "Application of BIM and 3D laser scanning for quantity management in construction projects", *Advances in Civil Engineering*, 2020.
30. Nguyễn Việt Hùng và các cộng sự. (2015), *Nghiên cứu xây dựng lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, xây dựng và quản lý công trình tại Việt Nam (RD 03-14)*, Viện Kinh tế, Bộ Xây dựng, Hà Nội.
31. Nguyễn Viết Nghĩa (2020), "Ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất để xây dựng mô hình 3D cho thiết bị công nghệ nhà máy nhiệt điện Cẩm Phả", *Tạp chí Công nghiệp* mô. 1(5/2020), tr. 69-71.
32. Oesterreich, Thuy Duong và Teuteberg, Frank (2016), "Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry", *Computers in industry*, 83, tr. 121-139.
33. Perrier, Nathalie và các cộng sự. (2020), "Construction 4.0: A survey of research trends", *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 25(24), tr. 416-437.
34. Tezel, BA và Aziz, ZUH (2017), "From conventional to IT based visual management: a conceptual discussion for lean construction", *Journal of information technology in construction*, 22, tr. 220-246.
35. ThinkSmart (2021), *Số hóa hệ thống cầu đường sắt Việt Nam bằng máy quét 3D KSCAN-MAGIC*, Online, truy cập ngày 6 tháng 7 năm 2021, tại trang web <https://thinksmart.com.vn/ung-dung-may-quet-3d-trong-kiem-tra-cau-duong-sat/>.
36. Trần Anh Bình (2019), *Báo cáo đề tài cấp Bộ Xây dựng "Nghiên cứu và đề xuất mô hình quản lý vận hành hệ thống cơ - điện sử dụng công nghệ BIM kết hợp với AR (Augmented Reality)"*, Đại học Xây dựng, Hà Nội.
37. Trần Đức Học và các cộng sự. (2018), "Ứng dụng trí tuệ nhân tạo để dự đoán tiến độ thi công nhà lắp ghép", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, tr. 41-44.
38. Trần Viết Tuấn và Diễm Công Huy (2013), "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong bố trí thi công xây dựng nhà siêu cao tầng", *Khoa học kỹ thuật xây dựng*, 1 (2013), tr. 33-37.
39. Tscherkassky-Aleksicić, M (2018), "Internet of Things for Facility Management", *Journal for Facility Management*, 1(16).
40. Viện quản lý đầu tư xây dựng (2021), *Hồ sơ năng lực đơn vị*.
41. Woodhead, Roy, Stephenson, Paul và Morrey, Denise (2018), "Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem", *Automation in Construction*, 93, tr. 35-46.

Urban development adapting to water rise based on Ecological Resilience Theory: A case study of Can Tho City

> DO DUY THINH¹; NGUYEN THANH XUAN YEN¹;
 NGUYEN THI THUY TRANG²; LE TUNG DIEM THI¹;
 NGUYEN THI MINH DIEU³; NGUYEN VAN LONG⁴

¹Faculty of Architecture, Mien Tay Construction University, Vinh Long Province; Email: letungdiemthi@mtu.edu.vn

²Faculty of Architecture, Da Nang University of Architecture; Email: trangntt2@dau.edu.vn

³Faculty of Technology and Engineering, Hong Bang University, HCM city; Email: dieuntm@hiu.vn

⁴Faculty of environment and Natural Resources, Nong Lam University, HCM city; Email: lomanscape@outlook.com

ABSTRACT:

In the context of climate change, the negative impacts of water rise are an obstacle to urban development in the waterfront's cities. This study explores indigenous landscape features including river network structure and infrastructure, complexed balance of soil and water, and agricultural landscape. These factors play an important role to create a new, sustainable and resilient ecological infrastructure to enhance the resilience to urban flooding. This study also emphasizes the role of indigenous landscapes in flood management, helping cities to increase flood resilience, concurrently helping flood management reduces dependence on existing flood control infrastructure which is assessed to degrade riverine ecosystems.

Keywords: rising water; urban development; ecological infrastructure; flood resilience; indigenous landscape.

1. INTRODUCTION

The negative impacts of urbanization have been increasingly threatening people's as well as animals' living environments. Matters of climate change leading to urban flooding affect not just a specific area or country but the world as a whole.

A range of solutions has been adopted to address flooding issue in cities worldwide; however, these infrastructures are vulnerable to floods (Andersen and Marshall Shepherd 2013) because they cannot deal with powerful flows, and they do not work efficiently even with small flows (Alley et al. 2007; Parker

2014). With the development of urbanization along with the increasing risks of flooding triggered by climate change, cities that want to reduce flooding only by relying on a flood control model will become even more vulnerable (Liao 2014). In addition, infrastructures to control flood have been criticized for damaging riparian ecosystems and increasing the risk of long-term flooding (Nienhuis and Leuven 2001; Gurnell, Lee, and Souch 2007)

Recent studies show that flood solutions in the Mekong Delta are now local and short-term (V.K. Nguyen and Alexander 2015), which leads to unsustainable development of urban and landscape ecology (Shannon and De Nijs 2011; H.H. Nguyen, Dargusch, and Moss 2016).

In fact, it is not only because sustainable methods and solutions to the urban flooding have not been clearly defined (flood control or flood adaptation) (Käkönen 2008; Shannon and De Nijs 2011), but the role of indigenous knowledge has also been ignored. This would result in "permanent" consequences, because once an ecosystem service is influenced, it cannot be undone or restored to its original state (Xiang 2014).

The consequences of enhancing flood control can produce synergistic effects such as increased risk of salinization and widespread flooding (Le Anh Tuan, Miller, and Sinh 2007), which will affect many elements, throughout the entire socio-ecological system of the Mekong Delta region.

Meanwhile, studies by Liao (2012, 2014) indicate that flood adaptation theory is a suitable approach for cities facing complex hydrological conditions (Liao 2012, 2014). Reality proves that flood management in the Mekong Delta has transformed obviously from living with floods to controlling floods. The government began building "durable dikes" and implemented numerous drainage and flood control projects to reduce the area affected by seasonal floods with the aim to maximize rice production and improve people's lives.

Today, there are about 13,000 km of durable dykes, more than 900 sewers, and more than 1,000 pumping stations in this area (Vietnam-Netherlands Cooperation, 2011). Since 2011, the area affected by seasonal floods has decreased by 10,000 square kilometers (Liao, Le, and Van Nguyen 2016). In Can Tho since the 1990s, local farmers have started to build dikes or sell low dikes to prevent floods from entering the fields, increasing rice and crop produce. The city is also raising the common ground above floodwater levels and filling numerous lowlands and natural canals. The number of concreted canals has also increased rapidly in recent years. When flood control is considered a priority measure in flood management, flood adaptation seem to be difficult to implement in the future. This

conceptual challenge needs to be overcome in order to enable the adaptation model to take place more quickly.

Taking Can Tho city as an example, this study explores the theoretical framework of urban flood resilience, as well as proposes flood adaptive properties of urban ecological infrastructure. Afterwards, these flood adaptive properties of the ecological infrastructure will be practically applied in Can Tho urban area. The main drivers of building ecological infrastructure of urban flood-responsiveness will be analyzed and evaluated, through the characteristics of spatial organization, water infrastructure and agricultural landscape. Finally, this study suggests a flood-adaptive urban landscape model for Can Tho city and strategies to balance between the built environment and hydrological dynamics through landscape design to enhance the flood resilience of the city and restore riverine ecosystems.

1.1. Theory of flood resilience of riverine cities

1.1.1. Ecological adaptation theory for urban flood risk management

The concept of adaptation has two popular interpretations: one is engineering resilience; the other is ecological resilience (Crawford Stanley Holling 1996). These two interpretations lead to different approaches applied to flood risk management. Technical adaptation then means preventing floods with flood control infrastructure, while ecological adaptation is the ability to transition from a flood-affected state to a normal operating state (De Bruijn 2004). For cities facing complex hydrological conditions, this socio-ecological system is characterized by complex, non-linear behaviors, unexpected disturbances, and stability is uncertain. Therefore, the possibility that the city's socio-ecological system returns to pre-disaster conditions (assuming an optimal state) is unlikely. Ecological adaptation is based on a realistic model of diversity balance, focusing on how systems can survive in a continuously changing environment (Adger, Arnell, and Tompkins 2005).

The two main arguments in the theory of ecological adaptation applied in flood risk management include: (1) adaptation arisen from adjusting to the properties of variability, uncertainty, and surprise of nature (Folke, Colding, and Berkes 2003); (2) adaptation arisen from experiencing and learning in chaos (Crawford S Holling 1973). Accordingly, flooding itself is an adaptive agent because cities will adjust their structures appropriately after floods, along with complete their internal procedures and acquire knowledge, bringing various action strategies accumulated over time (Folke 2006).

Therefore, urban flood adaptive theory focuses on adjusting ability rather than maintain the system's stability. Since flooding is one of urban dynamics, adapting is not the ability to resist floods or to recover to a pre-flood state – it is the tendency to continue existence under complex hydrological conditions. (Liao, Le, and Van Nguyen 2016).

1.1.2. Attributes of adaptability in urban ecological infrastructure

A city's flood resilience is described as its ability to withstand flooding, to rapidly re-organize in case physical loss and socioeconomic disruption occur to prevent deaths and injuries. Therefore, adaptability is associated with the abilities to self-organize, to adapt and to back up to prevent arising (Liao 2012). For cities that rely on ecological infrastructure to cope with floods, the ability to adapt to floods is reflected in the capacity of flood storage, flood drainage and functional transformation to adapt to floods, the so-called amphibian nature of the ecosystem.

Three attributes related to the flood resilience of ecological infrastructure include:

(1) On-sight adaptability of urban ecosystems. Since a city's damage mitigation is connected to its flood capacity, damage will be reduced if cities are able to store floods in backup spaces. Urban ecosystems include agricultural landscapes, wetlands, riparian landscapes, river corridors, which are directly involved in the process of flood storage and flow regulation. Therefore, urban flood response depends greatly on the flood-storing capacity of this ecological system.

Building natural flood plains is the basis for riverine cities to set up effective flood storage spaces to minimize flood discharge and speed, thereby minimizing flood damage. In urban areas, arrangement of scattered wetlands will disperse the flow of floods; the thick vegetation of the wetland reduces flood waves; wetlands delay the release of surface floodwater increasing water storage (Tabacchi et al. 2000; Hughes, Moss, and Richards 2008). Thanks to these hydrological dynamics, rivers in natural floodplains have lower flood peaks and lower flood rates than riverside controlled rivers (Leopold 1994).

(2) The ability to transform the function of urban ecosystems.

The diversity and ease of transforming ecological functions (in dry and flooded conditions) of urban ecosystems play an important role in the response to flood hazards. For instance, to reduce the effects of river floods, riverine ecosystems will play a key role in enhancing the city's flood tolerance. A sustainable and fully functional riparian ecosystem will ensure the provision of adequate and continuous ecosystem services. Maintaining or restoring the integrity of riparian ecosystems is an opportunity for cities to better adapt to floods, which is also an important factor in helping cities resist unpredictable floods. In order to control the amount of runoff, ecological channels (Bioswales), rain gardens, artificial wetland parks are built and integrated in urban areas, creating more open space to promote rainwater storage, infiltration and treatment, as well as creating conditions for green infrastructure to be integrated into flood control. In addition, other green matrices including public green areas, home gardens, and rooftop gardens also add diversity in rainwater management, promoting decentralized rainwater management in urban areas.

(3) The link between ecological infrastructure and perception of coexisting with floods

Flood control infrastructure reduces the ability to deliver ecological services when preventing periodic flooding. Once flood regimes are altered or prevented, an opportunity for adaptive learning is lost (Klein et al. 1998; Colten and Sumpter 2009). In order to raise awareness of living with floods, urban design and planning needs to bring rainwater and flood cycles into people's minds through ecological infrastructure. For example, we can improve people's understanding of flood regulation and water quality improvement of wetlands along rivers and canals, as well as observe seasonal changes in river water regime, alluvial deposition for riparian habitats, and observe the richness of amphibian ecosystems over time (Liao, Le, and Van Nguyen 2016). Establishing flood storage spaces, especially open ones, in urban areas also helps people better understand the dynamics of floods, so that they can have a better understanding of natural floods. Transitioning models from flood control to flood adaptation will be welcomed if the public has a good grip on the ecological process, heading for acceptance of living with floods in urban areas.

2. MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

2.1. Overview of Can Tho City

This study takes Can Tho City as a case study because the city has a rather special structure combined with rich river system and ecological landscape structure with rice fields on low grounds and orchards on high grounds. Moreover, it has a long history in building communities that can adapt to water-rising conditions.

In fact, Can Tho is located in the center of Mekong Delta (lower Mekong), at the intersection of Hau river and Can Tho river. It is 75km away from the East Sea to the east, 169km away from Ho Chi Minh to the north. It has a population of 1.2 million, an over-three-century history bearing the characteristics of a delta landscape associated with rivers.

Urban system is distributed along the rivers of Hau and Can Tho, and small residential areas also stretch along canals throughout the territory. Natural land is about 140,895 ha (2010) (excluding the water surface of Hau river) accounting for 3.50% of the natural area of the Mekong Delta and 0.43% of the national natural area. The urban system of Can Tho city includes one central urban area and five inner districts and 5 district townships. The natural area of all urban areas in Can Tho city is about 47,012.10 ha, accounting for 33.37% of the natural area of the whole city (GSO 2010).

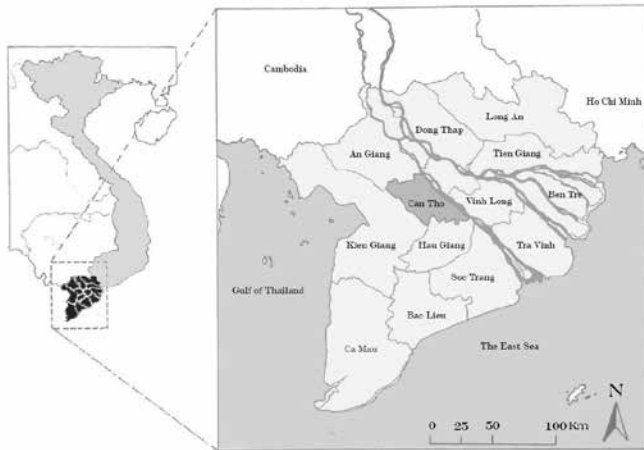


Figure 1. Can Tho City and research scope

2.2. Research Methods

This study has used mixed methods to collect actual data and other cited reliable data sources, as well as performed synthesis analysis to compare and contrast with the theory of ecological adaptability.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Challenges in urban development

Nowadays, Can Tho city is facing with serious challenges of urbanization process. Obviously the changes in territorial structure have negatively affected natural landscape's ability to absorb rainwater; in addition, the leveling of lowlands (2m higher than the common ground) and the increased area of impervious surfaces cause rainwater to flow faster and groundwater levels are descending.

The consequence of the change in the relationship between land and water is a fundamental shift from a social community associated with water to a social community associated with roads and urban infrastructure, leading to a basic change in the spatial organization of the city. Besides, this area is a rich agricultural region of the Mekong Delta, where lives of urban and rural areas are intertwined and interdependent. Orchards are essential to the city's economy and unique landscape. However, urban sprawl has

led to major land-use conversions, confusing urban and rural landscapes. The orchards and network of canals are reduced and more fragmented. The extensive water network and rich orchards are the main landscape elements that make up the territorial structure and can drive urbanization in Can Tho. However, urban development has not paid attention to the existing landscape background, leading to the poverty in the hierarchical spatial structure and the lack of priority for urban development, causing the urbanization process to take place everywhere.

3.2. Flood happenings and water level rise scenario

Besides the general pressure from urban development requirements, Can Tho city is also facing a serious challenge from flooding. Current water-related problems such as flooding and salinization will become more severe as sea levels rise and groundwater levels decrease. The city is currently facing three main sources of flooding: (1) This area is strongly affected by high tides, flooding is especially severe at high tide even though it is about 75km from the coast; (2) Submerging due to upstream floods from the Mekong River and the Long Xuyen Quadrangle during the rainy season (annually from August to November); (3) Submerging after heavy rains since impervious surfaces prevent water from seeping into the ground and increasing surface runoff.

Based on previous studies, the recorded rainfall is up to 80mm/h at rain monitoring stations (Huong and Pathirana 2013). Flooding occurs at its peak when the tides, upstream floods and heavy rains occur simultaneously, causing severe flooding on a large scale. Depending on the annual fluctuations of floods, the deeply submerged area (>100cm) has an area of 9,700 - 35,600 ha, the average submerged area (50 - 100cm) is about 87,800 - 88,400 ha.

According to the official announcement of the Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam, with the current terrain and infrastructure of Can Tho, it is forecast that an additional 1m of sea level rise will inundate 19% of the entire city area (MONRE, 2012). Climate change is one of the biggest environmental challenges in Can Tho and flood adaptation is a potential approach for the city.

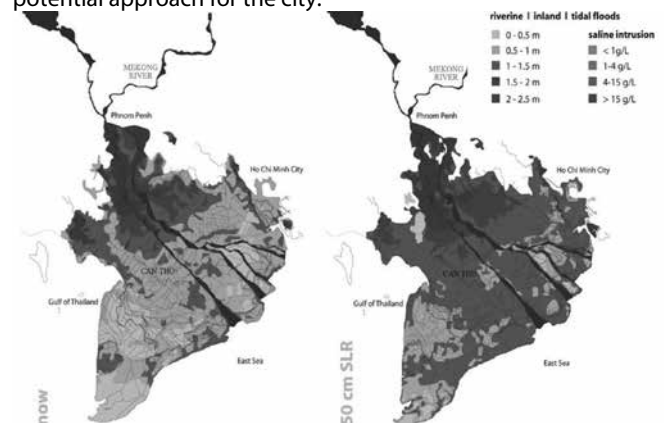


Figure 2. Current status of flooding (left image) and estimated effects of flooding - saline intrusion when sea level rises 50 cm (right image) in TPCT and Mekong Delta. (Source: OSA-Wit achiteckten-Latitude. 2010.)

3.3. Flood adaptability of indigenous landscape system

The hydrological landscape of the Mekong Delta has been altered in various ways throughout the history of human civilization (Shannon and De Nijs 2011). Although French interventions are considered to be the main drive of the change in the landscape of this delta, canal civilization existed long before the French used the intensive drainage canals (Biggs 2004). The impressive number of

canals was created not only for transportation and irrigation, but also for settlement (Taylor 2006; Le Anh Tuan, Miller, and Sinh 2007). The undeniable benefits are that water brings soil regeneration and thus facilitates agricultural production. However, water is also a serious threat because there will be flooding in the rainy season and water scarcity with saline intrusion in the dry season (Le Anh Tuan, Miller, and Sinh 2007). However, the river-associated lifestyle enables the local people to accumulate hydrological knowledge, leading to the development of technologies adapted to soil and environmental conditions (Käkönen 2008). The close interaction of society in the Mekong Delta with the natural environment has produced a large amount of local socio-environmental knowledge. Here, local knowledge is reflected in “adaptation” activities, not flood control. This knowledge is derived from knowledge of flood ecology, as well as an understanding of flood ecosystem services (Liao, Le, and Van Nguyen 2016). Therefore, although no flood control works are built, the residential communities and hydrological landscape here are still safe and maintain long-term stability over time.

For Can Tho, hydrological landscape covers territories of both urban and rural areas reflecting pronounced impacts of pre and colonial periods through hydraulic engineering and other natural methods in water management (Shannon and De Nijs 2011). Today, the region's indigenous landscape identity is seriously threatened by irrational urbanization. Modern master planning is in direct conflict with the indigenous adaptability established over hundreds of years. Besides, climate change and many environmental challenges force the city to re-adapt to new conditions. Cautious study of the territorial along with regional landscape organization is the basis for solving new challenges, which can lead to a more refined attitude in human behavior towards the landscape.

3.3.1. The network of rivers - the basis of a flood-adapted water infrastructure

Can Tho is easily recognized as a rivery city thanks to the typical relationship with Hau River, Can Tho River, as well as numerous irrigation canals and landscapes of the islets in the middle of the river. The waterway network has formed the backbones of the urban core through the connection of the two main rivers with numerous small canals. Canals have historical value in the distribution of territory, and the water factor has shaped the landscape of the area and played an important role in transportation, irrigation and drainage. Since the colonial period, canals have made a landscape mark on both sides of the river, where the task of the city today is to orient urban development with the current riverside landscape background.

Regarding the distribution characteristics of the territory, Hau River (where one of the two largest tributaries of the Mekong River flowing through) is the largest river with a length of 55km flowing throughout Can Tho with an average width of 1.6km locally. The total volume of water from Hau River into the sea is about 200 billion m³/year (accounting for 41% of the total water volume of the Mekong River), the average water flow in Can Tho is 14,800 m³/s. The total alluvium of Hau River is 35 million m³/year, accounting for half of the total alluvium of the Mekong River.

Can Tho River has a length of 16km, originating from the inland area in the west of Hau River, passing through O Mon, Phong Dien, Cai Rang, and Ninh Kieu districts and flows into Hau River at Ninh Kieu wharf. The river has fresh water all year round, both for irrigation in the dry season and for drainage in the flood season, and has great significance for inland traffic.

Besides, a dense system of canals with 158 rivers, large and small canals which are tributaries of 2 large rivers (Hau river and Can Tho river) establishes a network of waterways intertwined throughout the territory. Other major ones are Binh Thuy, O Mon, Thot Not, Tra Noc, Thom Rom canals and many other canals which also provide fresh water all year round, facilitating agricultural production and land reclamation. The average density of rivers and canals in Can Tho city is 1.18km/km², the total flow length within the territory is 3,405km (Figure 3a). The extensive hydrological network is not only an opportunity for Can Tho to establish a new multi-functional water infrastructure (transportation, tourism), but also helps the city restore ecosystem services of rivers to minimize risks from flooding and increase biodiversity in urban areas.



Figure 3. Current status map of Can Tho city's dense network of rivers showing the potential to build a flood-responsive water infrastructure and restore riverine ecosystems

3.3.2. Complex equilibria on liquid geography – the basis for spatial organization and terrain adjustment

Can Tho is located on a relatively flat terrain, the average altitude is about 1.00 - 2.00m, sloped from the high mounds along Hau River, and Can Tho River to the inner field from the northeast to the southwest. This area's land has alluvial origin from the Mekong upper river that has been deposited through centuries and continues to be regularly accreted by Hau River. Its soil consists of 2 main soil groups: alluvial soils accounting for 84% of the area and acid soils accounting for 16%. The land is suitable for rice intensification, fruit tree planting and ecological development. The geomorphology of Can Tho city includes 3 main types: (1) a high strip of land (natural dyke) and islets along Hau River; (2) low-lying terrain in the western region of Hau River, affected by annual upstream floods; and (3) Central delta, affected by high tides and late-season floods (Figure 4).

Founded on a liquid geography and surrounded by a dense network of rivers, the city has created important features in terms of territorial organization. The difference in the elevation of the topography has formed areas with different inundation levels, which will determine the different soil characteristics of each region, such as fertility, habitability, inundation, safety. Agricultural cultivation must comply with these natural laws (lowland areas grow wet rice, higher areas grow fruits and vegetables). When very small topographical differences have greatly affected landscape elements, retaining its original nature becomes a powerful design tool. Thus, the natural terrain is the basic spatial organizing tool of the city, and the artificial terrain micro-adjustment (based on the logic of balance between excavation and embankment) will create a vibrant idea in landscape design.

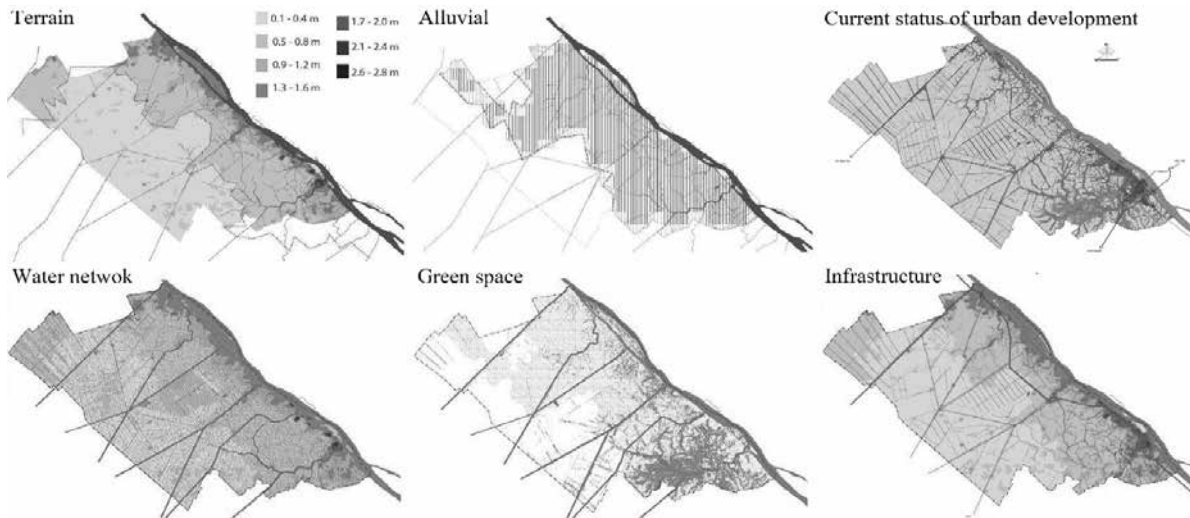


Figure 4. Combination of Can Tho's spatial organization maps sheds light on geomorphological distribution, green space, water infrastructure and urban development. (Source: Van Long, N., Cheng, Y. & Le, T.D.N.)

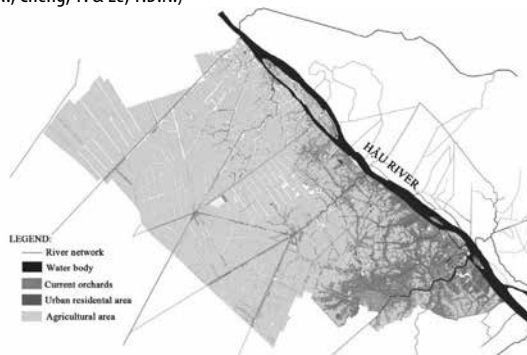


Figure 5. The map of current urban development and agricultural landscape organization of Can Tho shows the potential to integrate orchards into urban green spaces. Source: Adapted from SIURP (2011)

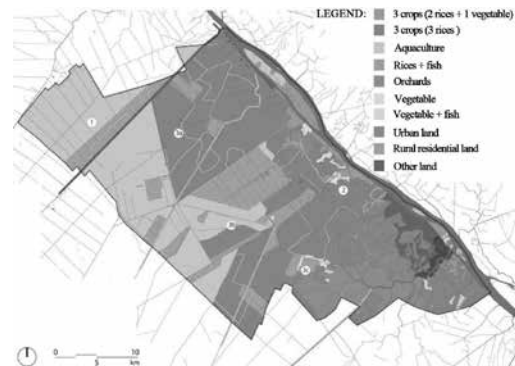


Figure 6. The network of orchards in the southwest and partly interwoven with the urban core is distributed along natural waterways, while the lowland rice fields are distributed within inland areas interspersed with shrimp ponds in the swamp. Can Tho's agricultural landscape can be utilized to restructure the territory based on the situation of urbanization. Source: SIURP (2011)

3.3.3. Arguments of the local agricultural landscape - The option of lowland filling

The agricultural landscape of Can Tho has differences in background elevation. Through the principle of "digging and filling" balance, the terrain is precisely applied to the agricultural landscape. This means that the dug land after being used for ponds or irrigation canals can be used to build gardens or retaining walls. The rice fields on the low ground interspersed with the orchards on the higher ground and the ponds for raising shrimp and fish create a distinctive feature of the delta landscape (Figure 5). On a macroscopic level, the city and its surrounding agricultural landscape have existed for centuries in a complex balance, with interdependent structures between land and water. All of which are organized by a hydrological system necessary for water management and soil stabilization (Shannon and De Nijs 2011). Cautious study of the territorial organization will provide hints as to an alternative to unconsciously filling lowlands. The agricultural landscape can be the key for the city to open up new opportunities as the system is capable of restructuring the territory based on the circumstances of urbanization (Figure 6).

3.4. The strategy of designing flood-adaptive urban landscapes

The territory's fundamental arguments can provide a sustainable and smart approach to cope with the persistent challenges from the environment and urbanization. To solve the problems of Can Tho, it is necessary to propose a flood-adaptive urban model based on its inherent nature and increase its resilience by applying new knowledge on the basis of ecological adaptation. This opportunity helps the city to increase its resilience to floods, while reducing the risk of unexpected natural disasters.

3.4.1. Restructuring back to a river city

In order to structure Can Tho back to a "river city", the first thing is building with a good grip of basic principles of the existing territorial organization, heading the city back to the banks of Hau River. To restructure its inherent river-water relationship, the city needs to be oriented as a central chain running along the southern bank of Hau River (Figure 7). These centers need to be developed dispersedly in the form of chains following the outer river corridor to avoid agglomeration as well as identity-lacking development. The waterfront city can be coordinated to different rhythms with Hau River in three ways: (1) Determining the territorial distribution structure of the urban area,

instead of a city spreading continuously along the banks of Hau River, Can Tho should be developed into a central chain of different urban areas with their own identities. The urban sprawl and its vicinity should be planned as a set of centers with different characteristics and sizes based on the interaction between the urban infrastructure network and the distinctive landscape of each area; (2) The interweaving between urban areas and open landscape is further emphasized by islets on Hau River. The proposal here is to keep the inherent natural state of the islets in Hau River; (3) The rhythm of the tributaries perpendicular to Hau River is an important feature of the city's river identity. These tributaries and major canals connect the southern rural landscape with Hau River, which is an important element in the restructuring of the territory. They can be seen as the backbone or boundary for existing and future urban areas.

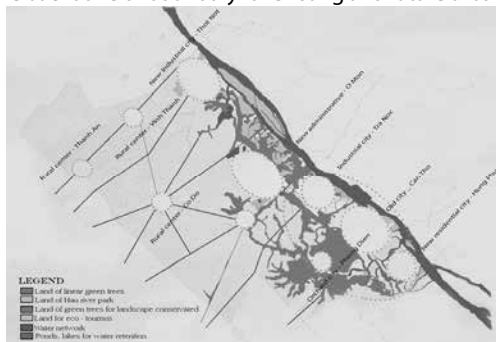


Figure 7. Organizing a series of scattered urban areas based on the natural boundaries of tributaries perpendicular to Hau River. This helps the city to turn to the southern bank of Hau River and create an ecological infrastructure that is consistent with the current landscape logic.

3.4.2. Integrating orchards into green spaces in urban areas

One of the most prominent identities of Can Tho is the diverse network of fruit trees associated with the existing network of waterways and terrain. Fruit trees are not only important in providing food in the region, but also are the product of economic-ecological and agro-tourism relationships. Orchards play a key role in the city's strategy of setting up its landscape picture. Urban design based on existing agricultural landscape logic is of urgent necessity. The large fruit tree area in the southwest serves as a green buffer zone for the city, which is an element that strengthens the relationship between rural and urban areas while bringing the benefits of green space into the city. Orchards are also a necessary complement to urbanization in the downtown districts. This symbiotic relationship also needs to be promoted in reshaping the relationship between the city and the riparian landscape (Hau and Can Tho rivers) together to create an urban-nature system in a parallel orientation.

The interdependence between the embanked lands and the irrigation canals appear to be suitable for the average topography in Can Tho. For instance, the strips of land on both sides of the river that are not high enough for urbanization will be developed into fruit tree corridors; unbuilt areas of the city can become gardens. New orchards may become an important part of a system of public green spaces in inner-city areas and city extensions, generating many ecological benefits. Afforestation or orchards can be developed through "social agroforestry", in which unused land and wasteland would be planted, maintained and harvested for economic benefits with community participation. This way, the network of fruit trees can become a valuable factor in building a new ecological infrastructure across urban and rural areas, helping the city to have many action plans to the new demands of environment and ecology.

3.4.3. Developing an integrated water management city

Surface water management is one of the core goals for urban sustainability through a combination of landscapes, infrastructures and urban development. The new water infrastructure is designed to address issues of water availability such as surface water storage, drainage and irrigation as well as water quality such as wastewater treatment, combined with the use of the water network for activities of entertainment and beautifying the landscape.

Therefore, a series of natural floodplains and large-scale wetland parks are proposed based on existing landscape logics. Annually low-lying, flooded areas will be used as water storage basins, natural and artificial landscape lakes will be established based on the distribution space of flood flows to collect water and reduce downstream flow of floods. For water purification, wetland landscape areas and anaerobic lakes are proposed to be built in residential areas to take advantage of natural processes for wastewater treatment and to connect purified water to the common water grid.

To solve the issue of water volume, the design strategy is mainly based on precise handling of the terrain. To reduce the impact of seasonal inundation, the road network and the building foundation for urbanization on high land will be counterbalanced by waterways and water-retaining - permeable areas on low ground. Therefore, it is necessary to establish strict measures to balance the volume of earthworks for urbanized areas.

On the other hand, it is possible to develop infrastructure and urbanization in parallel with a system of waterways including water reservoirs, drainage channels, flooded parks, riverside parks and decentralized wastewater purification systems. For riverine spaces, restoring the integrity of riparian ecosystems presents an opportunity for cities to adapt better to flooding. By expanding riparian parks into natural wetlands, naturalizing open riparian spaces, or restoring natural conditions of canals we can create more wetlands where, over time, biodiversity will be restored and ecosystem services will be restored.



Figure 8. The new water infrastructure built on the existing water network enhances flood containment and drainage capacity with natural floodplains, regulating lakes, flooded parks and artificial water purification systems. The new water infrastructure helps the city strengthen flood resilience and restore river ecosystem services. Source: SIURP (2011)

3.4.4. Incorporating flood ecological process into designing and planning

The increase in flood disaster along with the impacts of climate change requires the city to take into account the worst scenarios and be ready to switch to flood-adaptive state. These may include the development of houses with bearing-column structures and the ground floor functioning as an open space, when there is a flood these spaces allow to contain the flood and also allow the flood to escape easily. On the other hand, "amphibian" houses, which are located on the ground, but can emerge in case of a flood, are options that need to be taken into account in housing design. In addition, the solutions of heaving foundation bed, designing flood-resistant walls and floors,

flood-resistant mobile doors or flood-adapted ground floor are also necessary ideas.

The city also needs to study decentralized rainwater management. Rain gardens and green areas should be built to encourage rainwater retention, infiltration and treatment, and to mitigate the harmful effects of floods. Besides, the city's flood adaptation could begin with the construction of parks along the riverbanks into natural flooded areas. Naturalization of open spaces and canals connecting Hau and Can Tho rivers will create more flooded environments and increase flood capacity. Floodwater storage in the city, especially in open spaces (squares, sports fields, office premises) can also help the public understand flood dynamics better, fostering awareness of the positive sides of natural floods. Can Tho has a lot of potential to become a flood-responsive city, so it is the responsibility of urban designers and ecologists to do more in-depth research to turn floods into a resource for the city.

4. Conclusions and suggestions

Landscape remains show that Can Tho is a water-based city, strongly structured by indigenous landscape. The city and its surroundings have stood for centuries in a complex balance, all of which are appropriately organized to manage water and stabilize the land. In a land where negligible topographical elevation differences can create completely different ecological conditions, retaining the territory's original nature becomes a powerful adaptation tool. Urban development in the current modernizing conditions is in strong conflict with territorial rationality. Indigenous urban identities, shaped by water dynamics, are acutely conflicted between the stability (adaptation) and variability (control) of the regional landscape. A smart strategy to achieve sustainability goals is not only learned from the outside world, but seeking in the inner nature can provide a powerful bounce beyond conventional barriers. Therefore, converting from a control model to a flood adaptation model is the most appropriate and sustainable approach for Can Tho to exploit its available adaptive potentials as well as increase the city's resilience to deal with persistent problems of environment and climate change.

To achieve this important transition from control to adaptation, urban planning and design need:

(1) In terms of planning, structuring the urban in the form of a route running along Hau River, developing auxiliary cities perpendicularly to Hau River. Exploiting the combined waterway and road networks.

(2) Providing corridors/green areas of fruit trees as a buffer zone between urban and rural areas to enhance ecological benefits, creating the area's inherent characteristics as well as exploiting economic and travel values.

(3) Developing and preserving wetlands, exploiting wetlands along rivers and canals, combining with aquaculture exploitation for local economic and tourism values

(4) Improving the area of green matrix in the inner city with construction management policies appropriate for each specific type of constructions from civil to community.

(5) In terms of architecture, developing types of architectural works suitable for water rising conditions and social characteristics.

(6) In terms of management, promoting community education and propaganda to raise public awareness of flood adaptation in new socio-economic conditions. Building a management framework suitable for the new approach.

Acknowledgements

The authors acknowledge the contributions of organizations and individuals to help improve the research.

REFERENCES

- Adger, W Neil, Nigel W Arnell, and Emma I Tompkins. 2005. "Successful adaptation to climate change across scales." *Global environmental change* 15 (2): 77-86.
- Alley, Richard, Terje Berntsen, Nathaniel L Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Martin Heimann, and Bruce Hewitson. 2007. "Climate change 2007: The physical science basis." *Summary for policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.*
- Andersen, Theresa K, and J Marshall Shepherd. 2013. "Floods in a changing climate." *Geography Compass* 7 (2): 95-115.
- Biggs, David A. 2004. *Between the rivers and tides: a hydraulic history of the Mekong Delta, 1820-1975.* University of Washington.
- Colten, Craig E, and Amy R Sumpster. 2009. "Social memory and resilience in New Orleans." *Natural Hazards* 48 (3): 355-364.
- De Bruijn, Karin M. 2004. "Resilience and flood risk management." *Water Policy* 6 (1): 53-66.
- Folke, Carl. 2006. "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses." *Global environmental change* 16 (3): 253-267.
- Folke, Carl, Johan Colding, and Fikret Berkes. 2003. "Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems." *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change* 9 (1): 352-387.
- GSO (2010) General Statistical Office of Vietnam. Retrieved from 2009 Population and Housing Census, Vietnam: http://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=515&mid=5&itemID=10799
- Gurnell, Angela, May Lee, and Catherine Souch. 2007. "Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change." *Geography compass* 1 (5): 1118-1137.
- Holling, Crawford S. 1973. "Resilience and stability of ecological systems." *Annual review of ecology and systematics* 4 (1): 1-23.
- Holling, Crawford Stanley. 1996. "Engineering resilience versus ecological resilience." *Engineering within ecological constraints* 31 (1996): 32.
- Hughes, Francine MR, Timothy Moss, and Keith S Richards. 2008. "Uncertainty in riparian and floodplain restoration." *River Restoration*: 79.
- Huong, Huynh Thi Lan, and Assela Pathirana. 2013. "Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam." *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 379-394. DOI: 10.5194/hess-17-379-2013.
- Klein, Richard JT, Marion J Smit, Hasse Goosen, and Cornelis H Hulsbergen. 1998. "Resilience and vulnerability: coastal dynamics or Dutch dikes?" *Geographical Journal*: 259-268.
- Käkönen, Mira. 2008. "Mekong Delta at the crossroads: more control or adaptation?" *Ambio*: 205-212.
- Le Anh Tuan, Chu Thai Hoanh, Fiona Miller, and Bach Tan Sinh. 2007. "Flood and salinity management in the Mekong Delta, Vietnam." *Bangkok/Sustainable Mekong Research Network (Sumernet).*-2007.-P 61.
- Leopold, Luna Bergere. 1994. *A View of the River.* Harvard University Press.
- Liao, Kuei-Hsien. 2012. "A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices." *Ecology and society* 17 (4).
- . 2014. "From flood control to flood adaptation: a case study on the Lower Green River Valley and the City of Kent in King County, Washington." *Natural hazards* 71 (1): 723-750.
- Liao, Kuei-Hsien, Tuan Anh Le, and Kien Van Nguyen. 2016. "Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong Delta." *Landscape and Urban Planning* 155: 69-78.
- Nguyen, Hoang Huu, Paul Dargusch, and Patrick Moss. 2016. "A review of the drivers of 200 years of wetland degradation in the Mekong Delta of Vietnam." *Regional Environmental Change* 16 (8): 2303-2315.
- Nguyen, Van Kien, and Kim Alexander. 2015. "Farmers' perceptions of and responses to annual flood events in the Vietnamese Mekong River Delta: adapting to climate change impacts."
- Van Long, N., Cheng, Y. & Le, T.D.N. Flood-resilient urban design based on the indigenous landscape in the city of Can Tho, Vietnam. *Urban Ecosyst* 23, 675-687 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00941-3>
- Nienhuis, PH, and RSEW Leuven. 2001. "River restoration and flood protection: controversy or synergism?" *Hydrobiologia* 444 (1): 85-99.
- OSA-Wit achitecten-Latitude. 2010. "Quy hoạch chung xây dựng thành phố Cần Thơ đến năm 2030," *Sổ tay quy hoạch và thiết kế đô thị ở Việt Nam: Phát triển năng động trong thời đại mới (Quan tâm đến biến đổi khí hậu và sử dụng đồ họa trong quy hoạch và thiết kế đô thị)*, Hà Nội: Hà Nội, 2010, 82-94.
- Parker, Dennis J. 2014. *Floods.* Routledge.
- Shannon, Kelly, and Annelies De Nijs. 2011. "(re) Forming Cantho's As Found Canal Landscape." *Nordic Journal of Architectural Research.*
- SIURP (Southern Institute for Urban and Rural Planning) (2011). Proposed revision of Cantho's 2030 masterplan, Can Tho (2011).
- Tabacchi, Eric, Luc Lambs, Hélène Guillooy, Anne-Marie Planty-Tabacchi, Etienne Muller, and Henri Decamps. 2000. "Impacts of riparian vegetation on hydrological processes." *Hydrological processes* 14 (16-17): 2959-2976.
- Taylor, Brian. 2006. "Real-world satisfaction and benefit with open-canal fittings." *The Hearing Journal* 59 (11): 74-76.
- Xiang, Wei-Ning. 2014. "Doing real and permanent good in landscape and urban planning: Ecological wisdom for urban sustainability." *Landscape and Urban Planning* (121): 65-69.

Pocket Park design in the Mekong Delta for climate change adaptation. The case study in Can Tho City

> NGUYEN THI MINH DIEU¹; DO DUY THINH²;
NGUYEN NGOC PHUONG THAO³

¹Faculty of Technology and Engineering, Hong Bang University.

Email: dieuntm@hiu.vn

²Faculty of Environment, Faculty of Architecture, Mien Tay Construction University.

Email: doduythinh@gmail.com

³Master student in Sustainable Urban Development, Vietnamese - German University

Email: phuongthao.uah96@gmail.com

ABSTRACT:

Public space and urban green space have gained their importance in qualifying living environments. These spaces also reflect the resilience of an area. In recent years, under the urbanization process, the community's reaction creates the demand for having more open green spaces while the land for development is limited. Significantly, in the context of climate change, the consideration has transformed into a large-scale urban design approach rather than individual architectural design to ensure the adaptation. Therefore, it is necessary to redevelop or create new pocket parks from the neighborhood potentials. Like many areas in the Mekong Delta, Can Tho City (CTC) has experienced a rapid transition and required more new urban green spaces. This study aims to determine the appropriate strategies for developers in making pocket parks and propose significant designs based on local community and local development index.

Keywords: pocket park; urban green space design; policies; local community; climate change adaptation.

1. INTRODUCTION:

1.1 The challenges under rapid urbanization and climate change require investment in the new form of green space

In recent years, urbanization becomes intensive. This process puts pressure on the provision of urban green spaces and public spaces in metropolitan areas. In addition, the urban reform regarding the rapid growth leads to change the land use system and policies to ensure the sustainable ability of city development.

Under the complexity of climate change challenges, there is a need to have specific attention to the elements for better climate-induced urban design and construction (Vivek Shandas 2020). The enlargement of the city is associated with concerns about urban green spaces provision. The local community directly benefits from the green system services. However, because of the compact development with high construction density, there will be loss and a lack of green spaces. These green spaces create recreation, social interaction, aesthetics, cultural heritage, and ecological functions (Lin et al., 2015). The urban green spaces are under threat and received more attention in the health and well-being of the users with different features. The urban green spaces are shaped by the local resources and local community (Pescharadt et al., 2016). The provision of water bodies and green spaces have been considered and effectively implemented in resilient urban development. Green spaces improve the absorption and storage capacity of the urban surface while the rapid construction increases a reduction in permeable surfaces and rainfall. The green spaces also benefit the urban ecological system as well as upgrading the urban aesthetic and creation of amenities spaces. (F. K. S. Chan et al., 2018) In addition, nature-based solutions promote green and blue integration in urban areas to adapt to climate change issues, especially, the flooding risk and increased temperature (Santiago Fink, 2016). Hence, it is necessary to develop a new form of urban green space in urban areas to develop climate-resilient cities.

The durable and flexible urban design has highlighted the use of natural resources and social capital in a responsive process towards sustainable development. This ensures the future adjust possibility and effective urban environment improvement (Meijer et al., 2011). However, these urban spaces come up with new variations and require a new public-private partnership in co-management and investment. The funding and financial support for the new form and function of pocket parks depend on their design and multifunctional purposes. Therefore, the functions and structure of the pocket parks within the local context have to be identified clearly before propose the appropriate mechanism to develop (Lin et al., 2015).

1.2 The situation of Can Tho city and the need to have more green space

According to the People's Committee of Can Tho City report, by 2019, the city's urbanization rate is the highest rate in the Mekong Delta River Region with 70% (dongthapnews, 2020). The United Nations Development Program assessment shows that Vietnam is one of the five countries in the world vulnerable to climate change. The Mekong Delta region and Can Tho city suffer challenges when climate change impacts the increase of average annual temperature and flooding risk. In addition, the situation is worse with heatwaves, storms, tornadoes, saltwater intrusion, environmental pollution, and epidemics, which significantly impact human well-being (canthonews, 2020). The city structure movements change the capacity of the natural permeable landscape.

Consequently, the land use and its relationship with the water and ecosystem has been changed. The increase in construction rate adds a 2 – 2.5 m high level to the original land and decreases the capacity of land absorption, which significantly causes flooding (N.V. Long and T.M. Tram, 2018). Hence CTC needs to consider the water urbanism process. The CTC has been planned to develop along the southern bank of the Hau River. Under climate change, particularly challenges from flooding risk, the ecosystem should be payback to nature as much as possible. However, with the rapid growth of CTC, it is necessary to find spaces to redevelop with the reconnecting the water system and other ecosystems.

1.3 Definition of a pocket park, classification, and their benefits.

The pocket park concept was first proposed in New York by the New York Parks Association in 1963 and their basic characteristic was defined basically by size and access distance. Pocket parks are known as small parks and are recognized as important urban spaces that serve for relaxing and socializing activities in small residential lots. These spaces are generated with various activities, green and public accessibility (National creation and Park Association, n.d.). Pocket parks are usually one arc or less (The trust for public land, 2009). The actual size of a vest pocket park is very small compared to the park system and is usually defined by the availability of land without precise standards (Officials 1967). Within 5 to 10 minutes, users can walk to reach these spaces (Marcus and Francis, 2003). Pocket parks have been created by the local community with several benefits, including solving environmental issues, improving public health, and strengthening authorities and community relationships (National creation and Park Association, n.d.). The development of pocket parks helps reducing suburban sprawl and promote social interaction in compact development context with efficient design (Gibson and Canfield, 2016). The pocket parks are considered as an effort to improve the quality of the urban environment in physical appearance and mental health based on local resources Officials 1967). Pocket parks link significantly with the neighborhood users and have flexible functions and regulations. The performance of pocket parks depends on the local context. Their appearances benefit the ecology of the city as well as connects various users, including bikers, riders, and pedestrians. The design of pocket parks has a different specific focus (Alison Blake, n.d.) In addition, the green spaces designed within buildings will positively impact energy parameter and microclimate of areas (Lau et al., 2012). The study would clarified the new type of "pocket park" appropriate with Can Tho city context as spaces to improve the microclimate

and mitigate flooding risk. Local resources and green connections would also be taken into account carefully.

The proposal of a pocket park in the context of Can Tho city is utilizing small spaces and approaches to community engagement. The local stakeholders and partner organizations should empower the community to make the decision in their own neighborhoods (The trust for public land, 2009). Pocket parks can be combined governance and management of public and private sectors to co-create values and achieve more efficient design (Jansson et al., 2019).

To determine potential spaces in the urban area for developing pocket parks with appropriate strategies, the study (1) clarify the critical typologies Can Tho city with existing ecosystem evaluation, (2) clarify potential spaces to develop the diverse types of a pocket park with parameters, (3) recommend on the engagement of community evolvement and management.

2. MATERIALS AND METHODS

For many years, the area suffers from natural sedimentation due to the expansion and rapid population growth. The landscape of the city changes with different land uses. The study is based on the data of the Google earth image system, CTC flooding research, and the People's Committee of CTC report to identify the characteristic of critical landscape patterns of CTC which are potential to develop or redevelop the pocket parks.

(1) To clarify critical pattern of CTC with existing ecosystem evaluation, the relationship of human, nature, and urban patterns have to be understood. The three layers approach is employed to highlight the structure of green and blue of the city before analyzing the visual maps of patterns. The layered approach is employed with the three layers (a) the natural characteristic of water and soil, (b) the transportation network which supports urban mobility, and (c) the human activities (Meyer, 2012). Because of water is considered as the structure of the city, their connection with recreation value (open green spaces), settlement and ecosystem association value through google earth captured image, local issues, and local development index from the government. Based on the relationship, the four critical patterns of the city would be identified for the further step. These patterns are analysis within characteristics of settlements, connection with whole system of CTC, potential green and blue (Table 1)

Table 1. Evaluation of patterns

Pattern	Characteristics	Potential blue	Potential green
	- Settlement - Environmental issues - Connection to the whole city system		

Table 2. Design parameters

Pattern	Scale	Determine according to anticipated uses
	Green	Types of trees and organization
	Traffic system	Accessibility and limitation
	Activities	Major users Amenities
	Design strategies for water landscape dynamic	Water engagement and flooding risk consideration with appropriate design tools

(2) The critical patterns would provide potential spaces to develop the diverse types of pocket parks with design parameters divided into Table 2. In each pattern takes its development focus.

Due to the water urbanism characteristic of Can Tho city, the design strategies for riverside cities focusing on water and river ecology, improve flood protection, and expand human amenities. These strategies involve different disciplines in landscape architecture, ecological aspects, and engineering (Prominski, 2012).

(3) Finally, to recommend the management and development process, the social capital of CTC is evaluated. The social capital significantly benefits the local economic and social outcomes in urban development. Besides natural capital (local resources), financial capital human and building resources have an important role in making a decision for sustainable development (Paranagamage et al., 2010). The economic contribution would be considered to identify the relationship of public and private sectors in finance and management.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 The current status of Can Tho City and the function of pocket parks.

In the history of urban development, Can Tho urban area is an area crisscrossed with canals, an area of marshes, and saltwater (Construction Planning Journal, 2020). Experiencing many flow changes has allowed transforming this place from a swamp area to a delta area accreted by fertile alluvium formed mainly through the deposition of marine sediments and alluvial of the Mekong River. The typical elevation is from 0.8 - 1.0 m and gradually lowers from the northeast to the southwest compared to sea level (Ministry of Agriculture and Rural Development, 2010). Therefore, the city's flooding level is increasing, the drought occurs and affects the living environment of people in the central area and the agricultural production area.

According to Can Tho City People's Committee, currently, there are about 113 spontaneous residential areas in the city. In some districts, street trees have not been focused on development, primarily concentrated in administrative areas. In the suburbs, green space is mainly cultivated fields, rivers, lakes, and canals; the exploitation is limited. Additionally, the Department of Construction of Can Tho city, the green land in the city is about 6 - 8m²/person, accounting for 7.6% of city land. However, the concentration of trees and large parks in the city are few, mainly in the old central area, the parks in Ninh Kieu district. Ninh Kieu district has a long-lived green tree system, which is regularly renovated but only reaches an average of 6-7m²/person (Anh Khoa, 2017).

To achieve the goal of 12-15m²/person by 2030, the city's green tree development plan needs to have a "foresight" because the city's population is increasing, and new residential areas are sprouting up more and more (My Thanh, 2013). The network of green spaces and infrastructure must be connected to function as a natural ecosystem to benefit people. The benefits of green infrastructure include contributing to reducing urban flooding pressure, improving water quality, subsidence reduction, improving microclimate, contributing to biodiversity, creating opportunities for traffic and outdoor activities are essential for urban development in Can Tho in the future (Anh Khoa, 2017)

For the above reasons, the future development of Can Tho city needs green spaces to create green infrastructure for the living space of residents and the impact of climate change on vulnerable areas.

Green and blue are two main factors that decide the organization of infrastructure, the human settlement of CTC.



Figure 1. Spatial structure of CTC based on analysis of the local geomorphology. Source: Adapted from CTC Institute of Architecture Urban and Rural Planning (2013) (N.V. Long and T.M. Tram, 2018)

During the formation process, rivers, canals, and dikes prove the water urbanism of Can Tho city through their significant contribution to the traffic and the landscape of the town. Hau River and Can Tho River with the canal system transformed the area into a highly economically agricultural region, with a network that helps to connect farms to commercial centers. The irrigation system, such as dikes and small canals can then be used for embankment

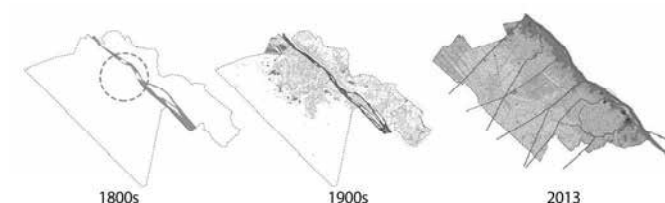


Figure 2. Water urbanism of Can Tho city from the 1800s, 1900s (Author) and 2013 (N.V. Long and T.M. Tram, 2018)

The water system determines land use which demonstrates agricultural fragmentation. The low-lying lands develop with wet rice. The higher lands are taken for fruit trees. Their distribution shapes the ecosystem for the city (Construction Planning Journal, 2019).

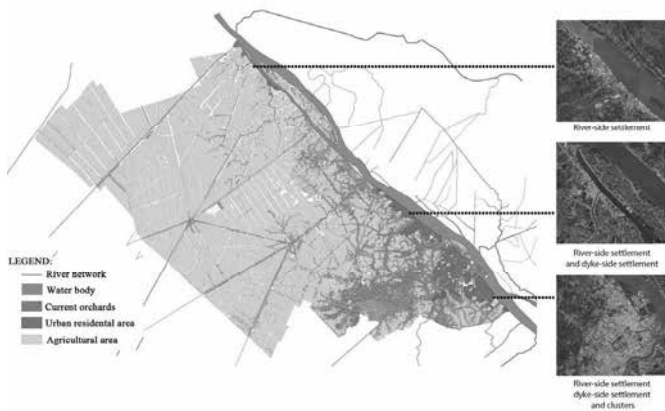


Figure 3. The distribution of settlement patterns in CTC within blue and green factors

The city's current urban open green space is small parks in high-density areas, trees along the riversides, canals, dikes, and agricultural land. The open spaces and trees inside the residential community are located spontaneously and connect with the agricultural land.

The urban expansion along the Hau River and the canals network has four settlement patterns consisting of riverside, canal side, border of agricultural land, and cluster. The study classified the four main settlement patterns which can develop the pocket park to connect the high-density development, the waterscape, the green. These patterns are presentative for issues of the city and have relative solutions.

Table 3. The evaluation of four patterns

	Patterns	Characteristics	Potential blue	Potential green
1	Agriculture connection	- Linear settlement - Blur border between agricultural land and construction land - Provide tourism spots with specific fruits and vegetables	connect directly with canals	diverse plants from agricultural land
2	Along the canal	- Linear settlement along the canal - Connection by bridges - Specific landscape along the canal - Lacking landscape design and pollution.	- connect directly with the water system	-river biodiversity
3	Center cluster	- cluster with high-density - Creation of alleyways - lacking open green space		Private green Streets/alleys trees
4	Riverside	- Linear settlement with services - Well-connected to water trading routes - Specific landscape along the canal - Pollution	- connect directly with the water system	-river biodiversity

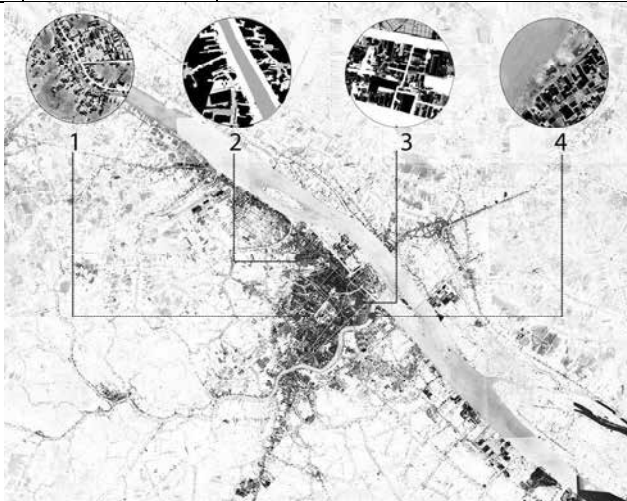


Figure 4. Four patterns of settlement classification based on green and blue connection.

The combination of green and water factors is the potential to mitigate the climate change issues in CTC and influence the settlement patterns. Moreover, CTC still needs to increase green parks for community demand. In the high-density areas, the vacant land for integrated new green is limited. Due to the flooding risk, urban heat, and lack of green space, the pocket park is the appropriate solution for the city with the role of local community space, sponge space, and a connective line or spot to the whole regional ecosystem.

3.2 Deign proposal appropriate with each type.

The pocket park development is considered at the neighborhood scale, which is the basic unit for urban sustainable development planning. The good spatial organization provides a safe, attractive, and active life for the local community. The community activities would be shaped by the design of sustainable cities. There are three principles of a sustainable city including compact land use, integration, and connectivity. In the scale of neighborhood, street space, housing and amenities would be engaged in each solution. Based on the UN habitat, the new pocket park design ensures (1) improve quality of the environment and landscape, (2) encourages walkability, and (3) community interaction. (UN Habitat, 2003).

Pocket parks are green open spaces that are often located within the neighborhood. In planning, these spaces are often

placed in connected locations to form a green corridor or located near bicycle paths or pedestrian areas that promote public accessibility. The major pocket parks easily are usually arranged in three positions as Figure 5.

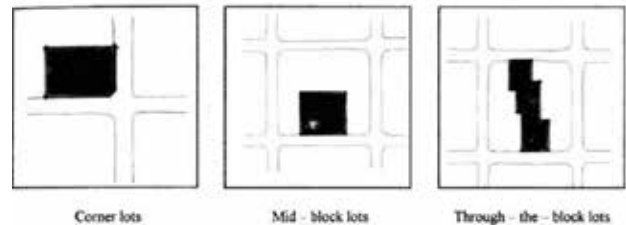


Figure 5. Solutions to develop pocket parks in corners, middle borders, and interspersed land lots. (Shaqrorny Md. Yusoff, 2013)

However, in the CTC with water urbanism, new pocket parks consider engaging natural water systems. The solution allows the landscape (river, canal) and human settlement with the main concept of semi-natural with riparian management. Green area variety of structures and aquatic, amphibian, and land habitats enrich biodiversity the landscape river dynamic (Prominski, 2012).

Agricultural land connection

The landscaped path is the transaction between housing areas and agricultural land. The solution considers developing an experience playground for children and elderly and tourism spot based on specific local fruit and vegetable and agricultural activities.

Table 4. The design idea of a pocket park in the agricultural land connection area.

Scale	Along the buffer zone between the construction land and agricultural land.
Green	Specific fruit trees organized in gardens
Traffic system	Walking, bike
Activities	Walking, education relaxing tourism activities: trading, visiting.
Design strategies for water landscape dynamic	Landscape paths provide open space for the community combining with tourism exploitation. Adding green open space without increase the concrete rate.

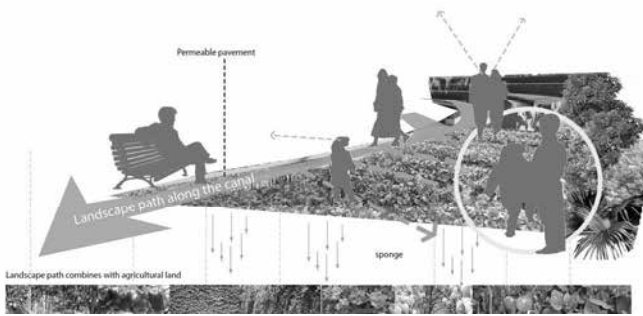


Figure 6. Renovation the to create the new form of a pocket park

Along the canals

The design aims to create a walkable connection between two sides of the canal by the green bridge. The green bridge works like a sponge. This bridge connects with the landscape along the canal and alleys to form the green connection for the city.

Commerical routes can be developed with the idea of the pop-up café, food stalls, or souvenirs stall with a temporary structure and easily removable to take to another place. The stalls are arranged based on the distribution of shade trees and lawns along the landscape path. The purpose of this design is also to bring economic benefits while ensuring public services for relaxation and comfort for users.

Table 5. The design idea of a pocket park along the canals

Along the canals	Scale	Between two sides of the canal
	Green	Shading trees Grassland
	Traffic system	Walking
	Activities	Walking Sitting Commerical activities: food stalls, coffee spot
	Design strategies for water landscape dynamic	The sponge bridge increases the absorption capacity while at the same time provide open space with commerical activities for the high-density community.

Table 6. The design idea of a pocket park in the alleyways

Center cluster	Scale	Alleyways, individual buildings
	Green	Diverse layers of trees. Trees follow route Green wall
	Traffic system	Walking, bike and motorbike
	Activities	Siting Walking Taking exercise
	Design strategies for water landscape dynamic	The alleys are renovated to create the open green space with the flooding mitigation approach and microclimate adjustment: - Change the runoff way of water - Greenery - Permeable material

Center cluster

The center cluster is a high-density urban development where potential land for new development is very limited. A pocket park in this area can be integrated with green trees, flowers, and seats.

The water system occupies a very small proportion compared to other areas. The small spaces of the street, the alleyway, or a small corner can create open spaces with some basic exercise equipment for the elderly or seats. These locations can plant diverse types of trees to create many layers.

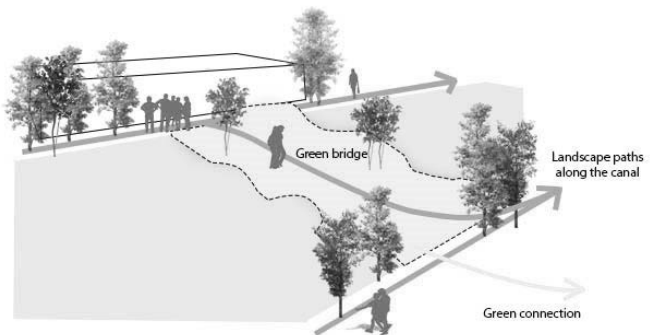


Figure 7. Landscape paths along the canals with green bridge

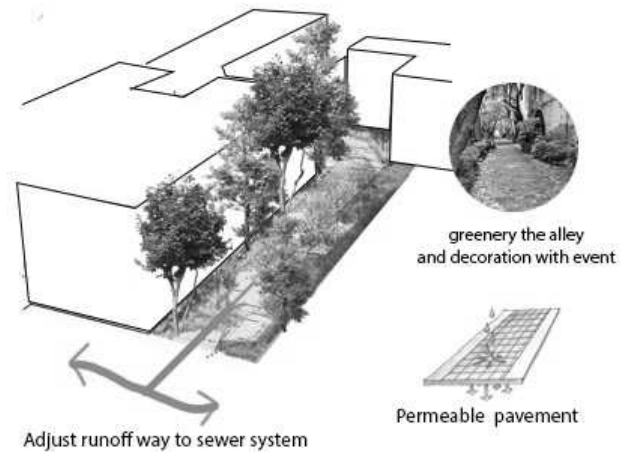


Figure 8. Greenery the alleyway with trees, and permeable pavement and some sitting place, seasonal decoration.

Movable roofs and street art components can be used in special events to improve the local image without changing the spatial structure. These routes play the role of linking, orienting to connect to other landscape paths areas. Besides the horizontal green path, in high-density areas, individual buildings can integrate green through garden corners, wall pieces, or balcony corners in the vertical direction. This ensures green effectiveness in adjusting microclimate for the large-scale area.

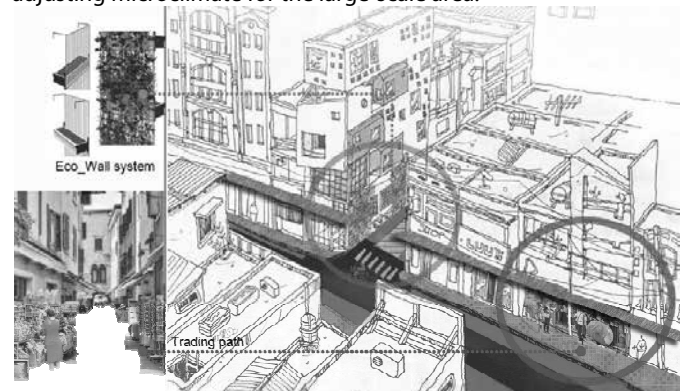


Figure 9. Greenery solutions for individual buildings in high-density areas. (Dieu and Hieu, 2021)

The riverside

The idea is to create semi-natural borders at riverscape and sponge spots as absorption hubs in some areas along the river. In this area, commercial activities are limited at the riverbank.

Table 7. The design idea of a pocket park in the riverside areas

The riverside	Scale	Along the riverbank
	Green	Shading trees Grassland as sponge function
	Traffic system	Public access Walking mode
	Activities	Siting Chat walking
	Design strategies for water landscape dynamic	Landscape route combines solutions to prevent flooding and landslides: Landscape stratification (flooding prevention) Sponge hub with trees to avoid landslide

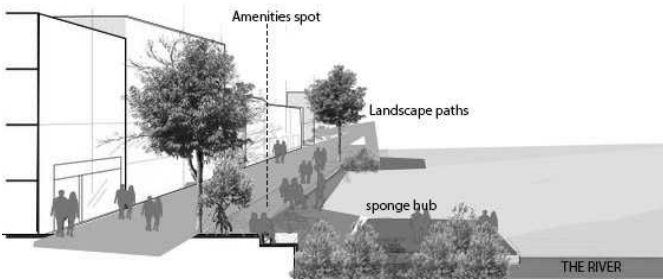


Figure 10. Patterns riverside: Creating semi-natural borders to create riverscape and sponge spot as absorption hub

3.3 Pocket Park investment and design in the planning process

The management and implementation of urban parks are associated with the perception, experience, and expectation of users (C.-S. Chan et al., 2018). The involvement on different scales from individuals, local communities, and institutions in developing urban open green spaces empower the motivation and capacity of the city (Jansson et al., 2019).

The urban design would be evaluated to highlight the activities and define the zones to show the co-investment and management toward the combined governance and management model (G&M) of UOS.

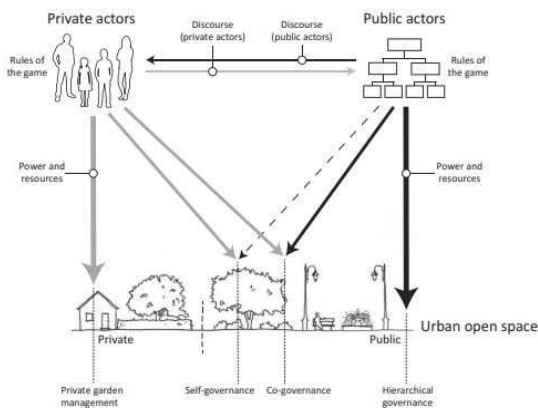


Figure 11. The combined governance and management model (G&M) of UOS (Jansson et al., 2019)

The production of space in Vietnam enables the profit-making of entrepreneurial actors under the control of the institutions. The self-organizing space production activities along the streets have proved to contribute to the lively urban space urban quality (Tran, 2015). Hence, the local community takes a crucial role in managing and developing pocket parks. To ensure the development of a pocket park, the community's commitment has to be taken into account. Their roles and engagement throughout the process are defined. Then, potential partners are identified and secured through resources from economic activities (tourism activities and commercial activities) before having the management implication.

Table 8: Private and public sector engagement in developing pocket parks.

Design idea	Private	Public
1 Agricultural land connection	Private actors Resources: Develop tourism activities from gardens	Public actors Ensure the safety and legal development of the areas
2 Along the canals	Private actors Resources: Develop food stall and small coffee and food stall	Public actors Ensure the safety and legal development of the areas
3 Center Cluster	Private actors Local neighborhood and individual household	Public actors Ensure the safety and legal development of the areas
4 Riverside	Private actors	Public actors Public investment and management

4. CONCLUSIONS

Under the challenges of climate change, especially, flooding risk and urban heat context of CTC, the pocket park is considered as an effective solution. This production of space also adds a significant contribution to the green open space system of urban. In addition, when developing a public space, the aesthetic and pollution issues of areas are also solved. This research proposes four design solutions with different levels of interference through four critical patterns of the city. The solution is integrated with local development in the future planning orientation without changing the structure of space and land use. Four critical patterns are clarified based on the potential of green and blue factors to define the potential space for developing pocket parks. Research shows that pocket parks design elements in CTC must ensure community accessibility and consider the flooding risk as a priority. Pocket parks are not only in the form of corners or a small land lot but also in the form of landscape paths. These landscape paths together make the landscape network of the city. When developing, these spaces will encourage social interaction and walkability. In addition, community activities integrate with local business development characteristics. Then, the economic value is added. The feasibility of pocket park development also depends on community engagement and organizing. The local stakeholders with the contribution to economic activities and the scale of the project would decide the role of the public and private sectors in develop the new pocket park or redevelop the existing open spaces. There would be the regulation to encourage the private sector in contributing the public space regarding the urban street as well as their level to join in the management process. In the future, there is a need to study regulations on management and construction in specific cases. It is also necessary to consider the greening index and the degree of influence of these pocket parks on local community satisfaction to have more parameters that ensure the effectiveness of implementation process.

REFERENCES

Alison Blake, n.d. Pocket Parks [WWW Document]. University of Washington. URL https://depts.washington.edu/open2100/Resources/2_OpenSpaceTypes/Open_Space_Types/pocket_parks.pdf

Anh Khoa, 2017. Developing green infrastructure, increasing resilience for Can Tho City [WWW Document]. URL <https://baocantho.com.vn/phan-trien-ha-tang-xanh-tang-kha-nang-chong-chiu-cho-can-tho-a91199.html> (accessed 8.15.21).

canthonews, 2020. Can Tho strengthens resilience to climate change. Natural Resources & Environment Newspaper.

Chan, C.-S., Si, F.H., Marafa, L.M., 2018. Indicator development for sustainable urban park management in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening* 31, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.025>

Chan, F.K.S., Griffiths, J.A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y.-T., Xu, Y., Thorne, C.R., 2018. "Sponge City" in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy* 76, 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005>

Construction Planning Journal, 2020. Preserve and develop spatial landscape of Can Tho City [WWW Document]. URL <https://moc.gov.vn/vn/tin-tuc/1145/64437/bao-ton-va-phan-trien-khong-gian-kien-truc-can-tho.aspx> (accessed 8.15.21).

Construction Planning Journal, 2019. Can Tho city context and solutions for developing urban green [WWW Document]. Ministry of construction. URL <https://moc.gov.vn/vn/tin-tuc/1184/40938/thuc-trang-va-de-xuat-giai-phap-phan-trien-cay-xanh-do-thi-thanh-pho-can-tho.aspx> (accessed 8.9.21).

Dieu, N.T.M., Hieu, N.M., 2021. "Pocket Park" design for high density residential area towards the goal of sustainable urban design. The case study in ward 14, 15 Phu Nhuan district, Ho Chi Minh city. *HIU Journal*.

dongthapnews, 2020. Can Tho city becomes the leader to construct the thriving urban living the in the Mekong Delta.

Gibson, H., Canfield, J., 2016. Pocket parks as community building blocks: A focus on Stapleton, CO. *Community Development* 47, 732–745. <https://doi.org/10.1080/15575330.2016.1220965>

Jansson, M., Vogel, N., Fors, H., Randrup, T.B., 2019. The governance of landscape management: new approaches to urban open space development. *Landscape Research* 44, 952–965. <https://doi.org/10.1080/01426397.2018.1536199>

Lau, S.S., Lin, P., Qin, H., 2012. A preliminary study on environmental performances of pocket parks in high-rise and high-density urban context in Hong Kong. *Int. J. Low-Carbon Tech.* 7, 215–225. <https://doi.org/10.1093/ijlct/cts033>

Lin, B., Meyers, J., Barnett, G., 2015. Understanding the potential loss and inequities of green space distribution with urban densification. *Urban Forestry & Urban Greening* 14, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.003>

Marcus, C.C., Francis, C. (Eds.), 2003. *People places: design guidelines for urban open space*, 2. ed. [8. print.]. ed. Wiley, New York.

Meijer, M., Adriaens, F., van der Linden, O., Schik, W., 2011. A next step for sustainable urban design in the Netherlands. *Cities* 28, 536–544. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.07.001>

Meyer, H., 2012. Urban design in a dynamic delta. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning* 165, 89–101. <https://doi.org/10.1680/udap.10.00006>

MinistryofAgricultureandRuralDevelopment, 2010. Impact of climate change in Mekong Delta provinces [WWW Document]. MinistryofAgricultureandRuralDevelopment. URL <https://www.mard.gov.vn/Pages/tac-dong-bien-doi-khi-hau-o-cac-tinh-dbscl-1538.aspx> (accessed 8.15.21).

My Thanh, 2013. Create a specific green area for Can Tho City [WWW Document]. URL <https://baocantho.com.vn/tao-mang-xanh-dac-thu-cho-do-thi-can-tho-a23264.html> (accessed 8.15.21).

National creation and Park association, n.d. Creating Mini-Parks for Increased Physical Activity. National creation and Park association.

N.V. Long, T.M. Tram, 2018. Flooding Adaptive Urban Design in Can Tho City. *Architectural Journal - Association of Vietnamese architects*.

Paranagamage, P., Austin, S., Price, A., Khandokar, F., 2010. Social capital in action in urban environments: an intersection of theory, research and practice literature. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability* 3, 231–252. <https://doi.org/10.1080/17549175.2010.526374>

Peschardt, K.K., Stigsdotter, U.K., Schipperrijn, J., 2016. Identifying Features of Pocket Parks that May Be Related to Health Promoting Use. *Landscape Research* 41, 79–94. <https://doi.org/10.1080/01426397.2014.894006>

Prominski, M. (Ed.), 2012. *River, space, design: planning strategies, methods and projects for urban rivers*. Birkhauser, Basel.

Santiago Fink, H., 2016. Human-Nature for Climate Action: Nature-Based Solutions for Urban Sustainability. *Sustainability* 8, 254. <https://doi.org/10.3390/su8030254>

Shaqhrony Md. Yusoff, 2013. Pocket Park as an Intermediate based in an urban area. Internal Islamic University Malaysia.

The trust for public land, 2009. Pocket park toolkit. The trust for public land.

Tran, H.A., 2015. Urban Space Production in Transition: The Cases of the New Urban Areas of Hanoi. *Urban Policy and Research* 33, 79–97. <https://doi.org/10.1080/08111146.2014.967393>

UN Habitat, 2003. A New Strategy of Sustainable Neighbourhood Planning: Five principles [WWW Document]. URL <https://unhabitat.org/a-new-strategy-of-sustainable-neighbourhood-planning-five-principles> (accessed 8.11.21).

Strategies for planning infrastructure to mitigate the impacts of sea level rise and salinity intrusion in the Mekong Delta

> NGUYEN VAN THO^{1*}, NGUYEN NGOC LONG GIANG¹, NGUYEN VAN XUAN¹, TRUONG CONG BANG¹, DINH HOAI LUAN¹ NGUYEN VAN TRUNG¹, HUYNH PHAN KHANH BINH¹, TRAN VAN TY²

¹Mien Tay Construction University,

²Can Tho University

* Corresponding author: nguyenvantho@mtu.edu.vn

ABSTRACT:

The Vietnamese Mekong Delta (VMD) has an interlaced river system including both natural rivers and manmade canals connecting to the sea. The VMD is quite flat and has an extremely low mean elevation of about 0.8 m above sea level. It is also one of the most vulnerable deltas in the world to climate change and sea level rise. The VMD is a key food, agricultural and fishery production area of the country and is home to more than 17 million people (accounting for nearly 18 percent of the country's population). The VMD suffers from land subsidence every year due to groundwater over-exploitation together with a lack of land-building alluvium as a result of the construction of hydroelectric dams in upstream countries. The lack of freshwater from upstream, coupled with rising sea levels, have also led to serious adverse impacts from saline intrusion in recent years. This paper discusses the main causes of these threats, and strategies for planning infrastructure to mitigate the impacts of salinity intrusion and sea level rise in the VMD.

Keywords: saline intrusion, sea level rise, Vietnamese Mekong Delta, planning infrastructure

1. INTRODUCTION

The Vietnamese Mekong Delta (VMD) is a fairly flat area (Fujihara et al., 2016), with a very low average elevation of about 0.8 m above sea level (Minderhoud et al., 2019). It has an area of nearly 40816 km² and a population of about 17.5 million (GSO, 2020). The VMD consists of 13 provinces/cities: Long An, Tien Giang, Dong Thap, Vinh Long, Tra Vinh, Hau Giang, Soc Trang, Ben

Tre, An Giang, Kien Giang, Bac Lieu, Ca Mau and Can Tho city, the central city of the region (Figure 1).

Vietnam is among the five countries most likely to be most affected by climate change, in large part due to its coastal location, the economy's dependence on sectors such as agriculture in flood-prone areas (WB, 2018), and especially to the extreme vulnerability of the VMD to natural disasters and climate change (Clark et al., 2016).

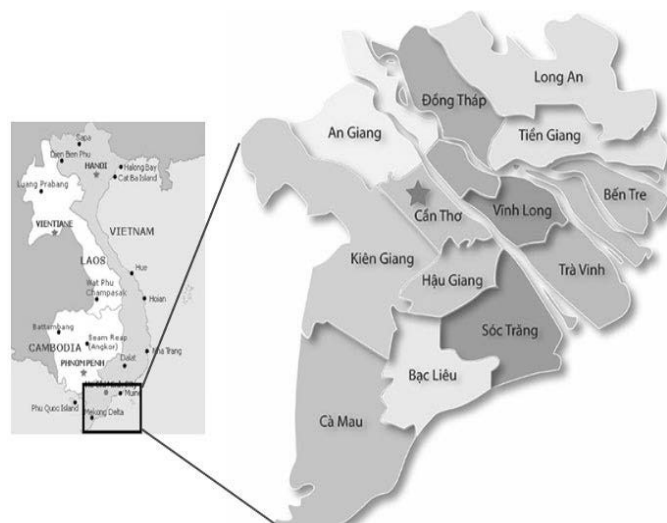


Figure 1. Vietnamese Mekong Delta map and its provinces

The VMD is the food basket of Vietnam, and so plays a particularly important role in ensuring food security not only for the country but also for export. It annually contributes about 90% of rice production, 70% of fruit production and 60% of seafood export turnover of the country (Ngo et al., 2018). In recent years, the VMD has been affected by threats: the consequences of global climate change, and two in particular - sea level rise and saltwater intrusion - are becoming more and more serious. This paper will focus on the main causes of these threats and on strategies for planning infrastructure to mitigate the impacts of salinity intrusion and sea level rise in the VMD.

2. THE VMD AT BIG RISK OF THREATS: SEA LEVEL RISE AND SALINITY INTRUSION

There is convincing evidence that rising atmospheric levels of greenhouse gases are the main cause of the current phase of global warming. Carbon dioxide (CO₂) is an important heat-trapping (greenhouse) gas, which is released through human activities such as deforestation and burning fossil fuels, as well as natural processes such as respiration and volcanic eruptions. According to NASA (2021a), over the past 171 years, human activities have raised atmospheric concentrations of CO₂ by 48% above the pre-industrial levels found in 1850, a greater increase than what had happened naturally over the 20,000 year period prior to 1850 (from the Last Glacial Maximum to 1850, from 185 ppm to 280 ppm). At the end of June 2021, the concentration of CO₂ was 417 ppm (Figure 2).

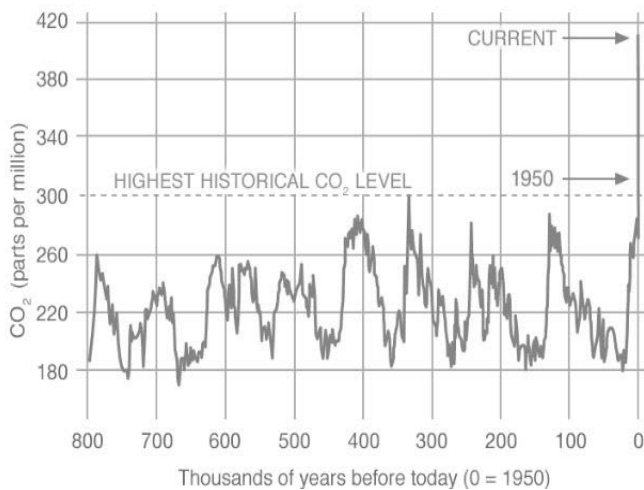


Figure 2. Atmospheric concentrations of CO₂ (NASA, 2021a)

There is clear evidence from instrumental observation that temperatures increased globally by a by about 0.5 °C between the early 1900s and 1970, but average global temperatures have risen much faster since 1970 and are now around 1 °C higher than in 1970, although there are significant variations between different regions (NASA, 2021b) (Figure 3).

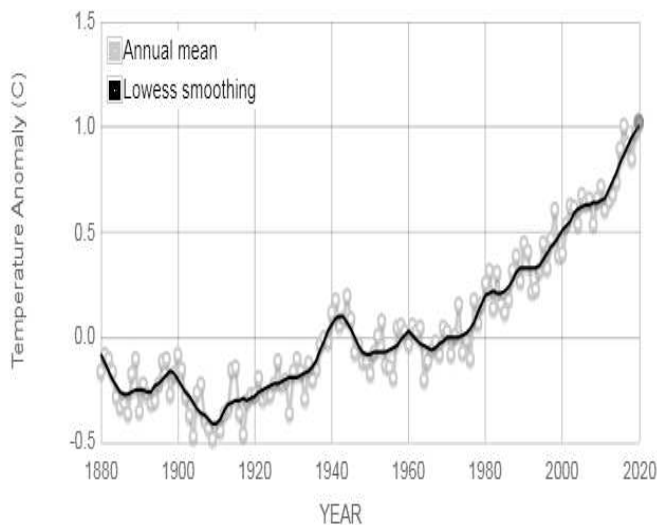


Figure 3. Annual average increase in temperature (NASA, 2021b)

Land ice sheets in both Antarctica and Greenland (Figure 4) have been losing mass since 2002 with rate of 151.0 and 277.0 billion metric tons per year, respectively, and about two-thirds of the present rise in global sea level is due to melting water from glaciers and ice sheets, at the poles (NASA, 2021c). According to NASA (2021c), "In Greenland, most of the ice loss stems from warming air temperatures that melt the surface of the ice sheet, as well as calving from the glaciers that empty into the sea. In Antarctica, however, year-round freezing temperatures mean that the surface of the interior ice sheet doesn't melt. Instead, most of the ice is lost by ocean temperatures getting warmer join warm air temperatures to eat away at the floating ice shelves at the ends of glaciers in West Antarctica. This causes the glaciers to speed up, and more ice to flow- and melt - into the sea".

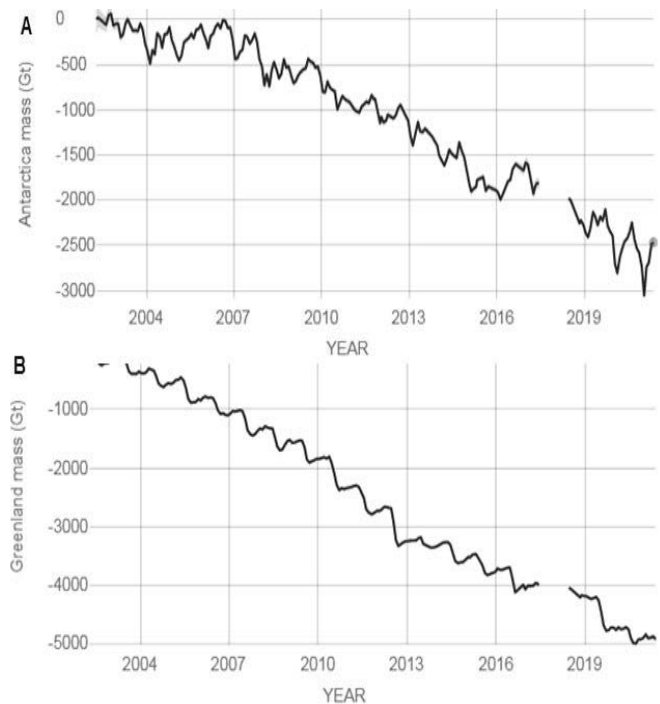


Figure 4: Losing mass of land ice sheets in Antarctica (A) and Greenland (B) since 2002 until May 2021 (NASA, 2021c)

Since the early 1990s, sea levels have risen by an average of 3.4 mm per year (NASA, 2021d) (Figure 5).

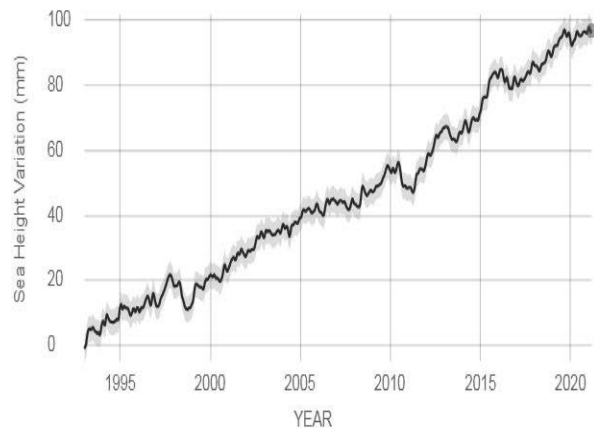


Figure 5. Annual average sea level rise from January 1993 to the end of March 2021 (NASA, 2021d)

It is forecast that by the end of twenty-first century, the sea level will be about 40 cm higher than it is today, even under the most conservative scenario. If sea level were to rise by one meter, about 15,000–20,000 km² of the VMD would be flooded, 2,500 km² of mangrove would be decimated and 1,000 km² of cultivated farm land and sea product cultural area would become salt marshes (Cosslett and Cosslett, 2014). It was also projected that more than 1 million people in the VMD would be directly affected by sea level rise in 2050 (Cosslett and Cosslett, 2014).

Recently, Minderhoud et al. (2019) reported that the quality of global elevation data obtained from satellite platforms used by previous researchers to study sea level elevation had low-resolution and local tidal datum were usually neglected. The authors used a new, high - accuracy elevation model of the VMD and local tidal datum to assess mean elevation of the VMD compared to the sea level, and concluded that the VMD has an extremely low mean elevation of about 0.8 m above sea level, significantly lower than the earlier assumed of about 2.6 m.

Consequently, the future risk of the VMD being submerged by sea level will be much greater than previous forecasts as shown in Figure 6.

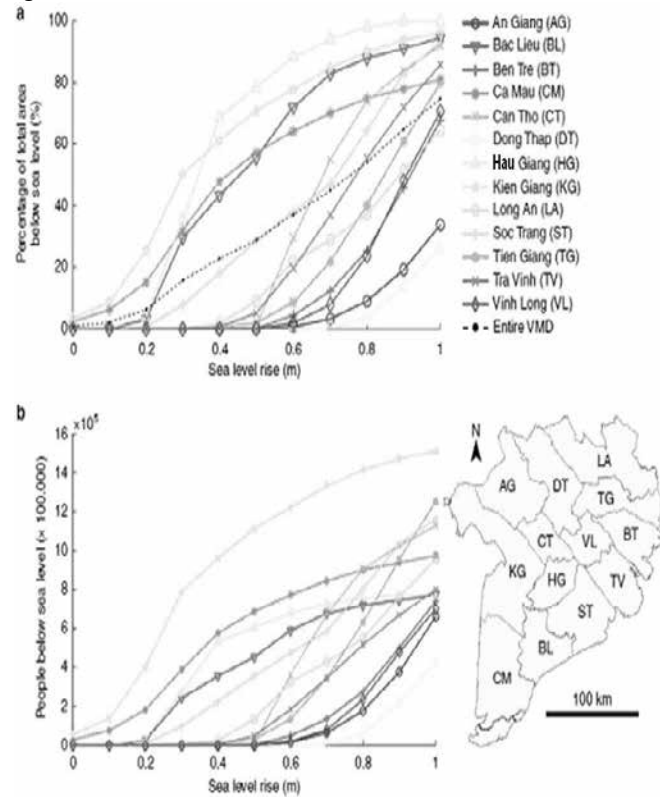


Figure 6. Risk (%) of provinces (a) and number of population (b) in the VMD being affected by sea level rise (Minderhoud et al., 2019).

From Figure 6 it is clear that Kien Giang, Ca Mau, Bac Lieu and Hau Giang are the lowest areas and the most vulnerable to sea level rise in the VMD.

In addition, over-exploitation of groundwater causes the VMD to subside at an average rate of about 1.1 cm/year and in some areas exceeding 2.5 cm (Figure 7) (Minderhoud et al., 2017). If the current rate of extraction of groundwater is maintained and the VMD continues to subside at an average rate of about 1.1 cm/year, then many of its areas will be submerged within the next few decades.

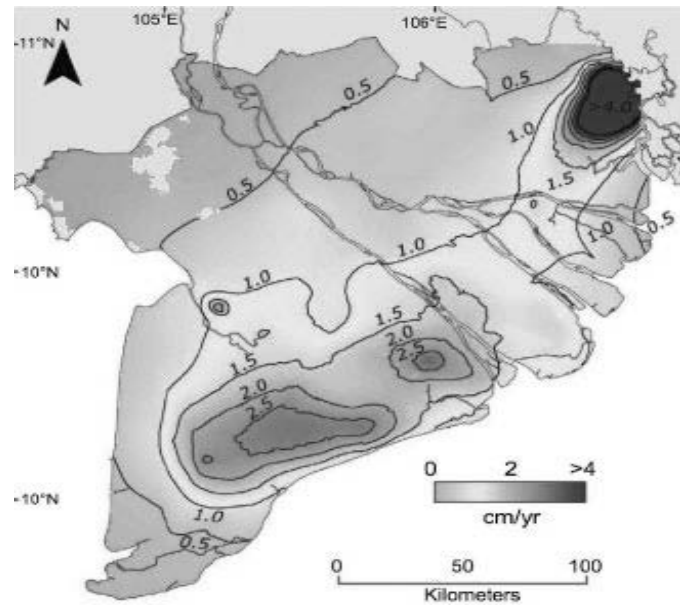


Figure 7. Land subsidence rates (cm/yr) in 2015 in the VMD (Minderhoud et al., 2017)

There are currently 12 dams in operation on the main arm of the Mekong River to exploit water resources for hydropower, agricultural production and other needs (Figure 8). In addition, many others are being planned for construction in the future (Figure 8).

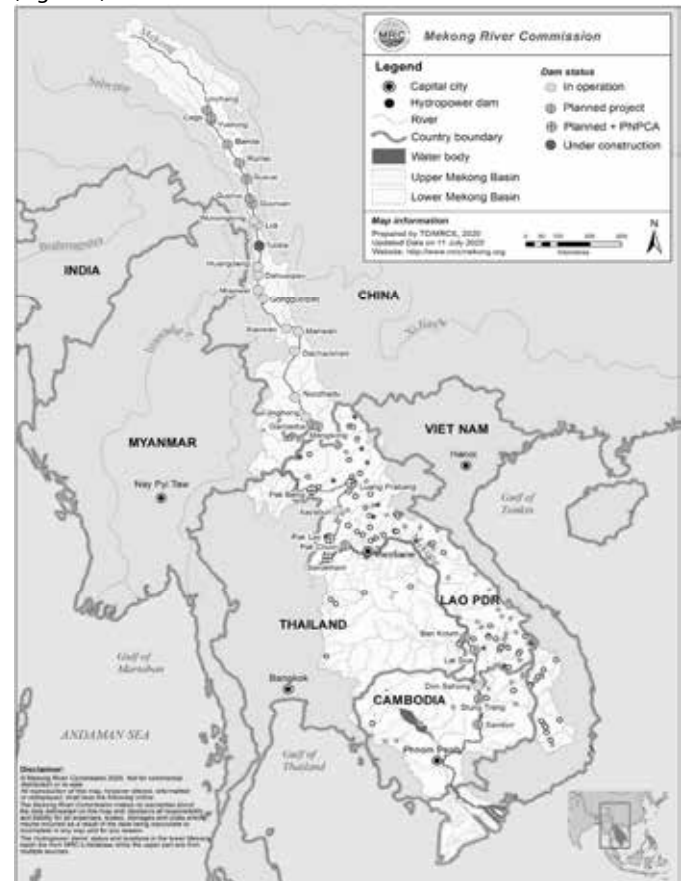


Figure 8. A map of hydropower dams in operation, under construction, planned projects in China and riparian countries in Lower Mekong River Basin. Source: <https://www.mrcmekong.org/our-work/topics/hydropower/>

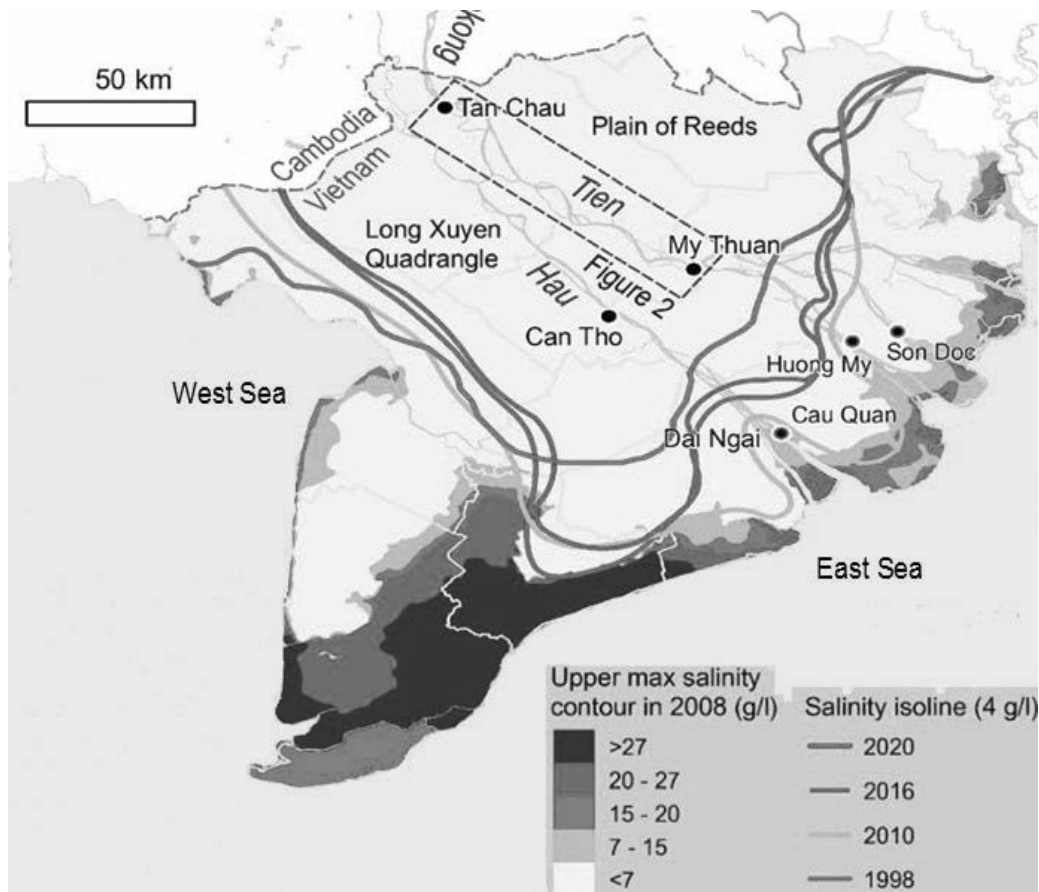


Figure 9. Areas in the VMD affected by sea water in different years (Park et al., 2020)

Bussi et al. (2021) carried out a study of impact of dams and climate change on suspended sediment flux to the Mekong delta and reported that current dams in China reduced sediment transport by 47%, current dams in Cambodia by 13%, and current dams in PDR Lao by 21%, but these figures are expected to increase to 35%, 19% and 27%, respectively by 2050, if all planned dams are built. Thus, the amount of sediment reaching the VMD and the accretion of sediment in this area will be substantially less.

Sea water intrusion into the VMD has become progressively more serious over recent years. One of the most severe cases of saline intrusion in the VMD occurred in 2016, when the rainy season in 2015 started late and ended early, resulting in a much lower than average rainfall. This, together with the reduction in water flow in the Mekong River in the early months of 2016, led to elevated salinities extending as far as 93 km upstream in the Mekong Delta (on the Vam Co River, and up to 50 to 70 km in other estuaries (MARD, 2016). This had severe adverse impacts on many economic sectors and people's lives in 10 of the 13 provinces in the region (Long An, Tien Giang, Ben Tre, Tra Vinh, Soc Trang, Bac Lieu, Kien Giang, Ca Mau, Hau Giang and Vinh Long). However, the saltwater intrusion event of 2020 was even more serious than that of 2016, and it is the worst case of saltwater intrusion in the VMD until now (Figure 9). Saltwater intruded deeper inland than ever before and seriously affected agricultural cultivation, aquaculture and livelihoods in the same 10 of 13 provinces. According to Phong (2020), water with a salinity of 4 grams/liter affected 42.5% of the natural area of the whole VMD region, equivalent to an area of 1,688,600 ha, 50,376 ha more than in 2016.

These seawater intrusion events are a result of the combined effects rising sea levels, land subsidence, and less sediment input from the Mekong River due to trapping by dams, and they are becoming more frequent and more serious over time.

3. STRATEGIES FOR PLANNING INFRASTRUCTURE TO MITIGATE THE IMPACTS SEA LEVEL RISE AND SALINITY INTRUSION

Although it is widely recognized that rising atmospheric carbon dioxide levels are the main driver of the current phase of global warming and climate change, global emissions of carbon dioxide continue to rise at alarming rate. Furthermore, even if carbon dioxide emissions were to fall immediately to less than 50% of their current rate, there is sufficient inertia in the global climate system to ensure that global warming and rising sea level (and their consequences) will continue for the foreseeable future, and each country will need to develop its own strategies to deal with these.

Given the low elevation of the VMD and its vulnerability to rising sea levels, the construction of infrastructure to limit the ingress of seawater, should be a priority. The necessary infrastructure would include reinforced concrete dikes or walls along the coast and river banks, as well as elevated roads to serve as barriers to flooding and as corridors for transport. This should be combined with the planting of suitable tree species along and adjacent to the dikes to serve as buffer zones for protecting dykes and to reduce the risk of landslides and erosion. The initial focus should be the construction of reinforced concrete dikes in low

areas which are at greatest risk from rising sea levels. According to a UNDP Disaster Management Unit Project (VIE/97/002) managed by the General Department of Land Administration, a sea dike of about 1,469 km in length is required to protect the VMD from saltwater intrusion and water level rise (Khong et al., 2018). The cost for a concrete sea dike 2 m high is about 1.16 million USD per km, rising to 2.8 million USD per km for height of 4 m (Khong et al., 2018). Thus the cost of building a 1,469 km long sea dike to protect the whole VMD is prohibitively expensive for a small country like Vietnam. However, this strategy could bring many long-term benefits. For example, it could help protect much of the coastline of the VMD from what is now serious coastal erosion, and thus stabilize land area and livelihoods, and facilitate economic development. This is crucial for the future of Vietnam given the importance of the VMD for food security and its contribution to the economic development of Vietnam from exports of agricultural and aquacultural products. For this reason, it is very important that Vietnam seek ODA loans or other forms of funding from other countries, international organizations and projects to implement this strategy.

There are also options to adapt to rising sea levels and salinity intrusion, at least in the short- to medium-term, by changing land use. For example, producing rice, fruit and other salt intolerant agricultural commodities can be carried out to areas less at risk of salt intrusion, and using areas more prone to salinization for brackish water aquaculture or marine aquaculture. In some areas subject to salinity intrusion, farmers have already changed to a farming system where they grow rice during the wet season and culture shrimp in canals within the rice fields during the dry season when salinity intrusion is more severe.

It is very difficult to predict with any accuracy how high sea level will be beyond the end of this century, or the rate at which it will rise. There may come a time in the future when it is no longer feasible to protect the VMD, or large parts of it, from rising sea level. In that case the only option might be to build new infrastructure and relocate people higher ground. This would be logistically challenging and very costly in both economic and human terms, and so it is a response of last choice. However, it is necessary, even at this early stage, to give some preliminary thought to long-term contingency plans.

4. CONCLUSIONS

The VMD is a fairly flat area, with an interlaced system of rivers and streams connecting to the sea. The region has an average elevation of only around 0.8 m above mean sea level. It plays an important role in the production and supply of food, vegetables, fruits and aquatic products not only for the country but also for export. It has already been affected adversely by global climate change, and it has experienced progressively more serious impacts from saltwater intrusion in recent years. This is due to a combination of rising sea levels as a result of global warming, and land subsidence from over-exploitation of groundwater in the region and the lack of land-building alluvium as a result of dams upstream on the Mekong River. Given plans to construct more dams upstream on the Mekong River, continuing over-exploitation of groundwater resources, and predictions of a significant future rise in sea level, it is almost certain that large parts of the VMD will experience progressively more frequent and more severe salt intrusion events, as well as more widespread flooding with seawater. Urgent attention needs to be given to strategic planning to build infrastructure to prevent the ingress of seawater into the

VMD, and to changes in land use to minimize risk and impacts of these threats.

REFERENCES

- Bussi G, Darby S. E, Whitehead P. G, Jin L, Dadson S. J, Voepel H. E, Vasilopoulos G, Hackney C. R, Hutton C, Berchoux T, Parsons D. R, Nicholas A, (2021). Impact of dams and climate change on suspended sediment flux to the Mekong delta. *Science of the Total Environment* 755, 142468
- Clark P. U, Shakun J. D, Marcott S. A, Mix A. C, Eby M et al., (2016). Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change. *Nature Climate Change* 6, 360–369
- Cosslett T.L., Cosslett P.D. (2014) Major Threats to Mekong Delta: Climate Change and Mainstream Dams. In: *Water Resources and Food Security in the Vietnam Mekong Delta*. *Natural Resource Management and Policy*, vol 44. Springer, Cham.
- Fujihara Y, Hoshikawa K, Fujii H, Kotera A, Nagano T and Yokoyama S, (2016). Analysis and attribution of trends in water levels in the Vietnamese Mekong Delta. *Hydrol. Process.* 30, 835–845
- GSO (General Statistics Office of Viet Nam), (2020). *Statistical Yearbook of Vietnam 2019*. Statistical Publishing House
- Khong T. D, Young M. D, Loch A, Thennakoon J, (2018). Mekong River Delta farm-household willingness to pay for salinity intrusion risk reduction. *Agricultural Water Management* 200, 80–89
- MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development), (2016). Drought, saline intrusion in the Mekong Delta. <http://mtnn.mard.gov.vn/5/chi-tiet-tin-tuc-229/han,-man-tien-cong-dong-bang-song-cuu-long> (the paper in Vietnamese), last accessed 09/8/2021
- Minderhoud P. S. J, Erkens G, Pham V. H , Bui V. T, Erban L, Kooi H, Stouthamer E, (2017). Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong delta, Vietnam. *Environ. Res. Lett.* 12.
- Minderhoud P.S.J., Coumou L., Erkens G., Middelkoop H. & Stouthamer E, (2019). Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments. *Nature Communications* 10: 3847
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2021a). Carbon dioxide. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>, last accessed on 24 July 2021
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2021b). Global Temperature. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>, last accessed on 24 July 2021
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2021c). Ice Sheets. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/>, last accessed on 24 July 2021
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2021d). Sea Level. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>, last accessed on 24 July 2021
- Ngo. H, Pathirana. A, Zevenbergen. C and Ranasinghe R, (2018). *Journal of Marine Science and Engineering* 6, 55
- Phong T, (2020). The most severe drought and salinity in the history of the Mekong Delta (in Vietnamese language). <https://nhandan.vn/chuyen-lam-an-dot-han-man-nghiem-trong-nhat-trong-lich-su-dbscl-475180/>, last accessed on 30/7/2021
- WB (World Bank), (2018). *Vietnam-Mekong Delta Water Management for Rural Development Project*. Washington, D.C: World Bank Group.

Application study on precast prestressed concrete pavement with high load resistance

> M.S VO HONG LAM¹; DR TRAN HUU BANG²

¹ Faculty of Civil Engineering, University of Transport and Communications, Ha Noi

Email: lamvh_ph@utc.edu.vn

² Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University,

Email: bangth@tdmu.edu.vn

ABSTRACT:

Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP) is a form of durable pavement that is ideal for high-traffic and heavy-load roadways. It must be constructed in a reasonable manner in terms of structure in order to achieve economic-technical efficiency. During the manufacture, building, and serviceability stages, it must be calculated to guarantee that the slabs are free of cracks. The posttension stands are arranged diagonally resulting PPCP for high-traffic, high-load highways.

Keywords: Serviceability stage, manufacture, Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP), demonstrative road section.

1. INTRODUCTION

It was not until the 1940s that prestressed concrete pavement was first used. Since then, pre-stressed concrete pavements have been built for roads and airports in Europe and the United States (Hossain & Hancock, 2003). There have also been several basic geometrical and cost-effective prestressed concrete pavement designs published (Sargious, M. and Wang, S.K., 1971), (Sargious, M. and Wang, S.K., 1971), (Sargious, M., 1978). Improved fracture resistance and decreased slab thickness are two advantages of prestressed concrete pavement; while prestressing raises the cost of materials and construction, the reduction in slab thickness and transverse joints can offset part of this cost. (Hossain & Hancock, 2003), (David K. Merritt B. F., 2002), (Zhang, D.; Xu, X.; Li, N. and Han, W., 2011). According to El-Reedy, a prestressed concrete slab with a thickness of 200 mm can have the same design life as a standard concrete slab with a thickness of 355 mm (El-Reedy, M.A., 2009). Another research found that when prestressing is used on an airport runway, the thickness of the concrete slab may be cut in half (Wieckowski, A. and Sznurawa, A., 2017) (Figure 1).



Figure 1. PPCP are being built and assembled in preparation for cable tension

The use of PPCP constructions on roads with high traffic density and large weights (highways, national highways, airports, urban trunk roads, industrial zones roads, etc.) will have several evident benefits, including: Weather and climate resistant; evenly distribute the load on the ground; Low maintenance and repair expenses result in lower long-term investment costs; High material durability; Construction is quick and simple, and it is also easy to repair. Reduce the amount of traffic; Pavement has a long service life (5÷8 times more than normal reinforced concrete (David K. Merritt B. F., 2002).

The issue is that utilizing PPCP on roads with high traffic density and large loads is expensive if the prestressed concrete slab is excessively thick. how should the pavement structure be designed to ensure economic and technological efficiency? difficult to create, too thin sheets are not guaranteed to bear the strain, how should the pavement structure be formed to ensure economic and technical efficiency? (Figure 2).



Figure 2. PPCP that has been fully constructed

Cast-in-place and precast concrete pavements are the two most common forms of prestressed concrete pavement. Concrete slabs are built on-site, and prestressing is performed before or after construction in the cast-in-place process. Post-tensioning in the longitudinal direction in the early stages is the most commonly utilized prestressing method (Li, N.; Han, S.; Yu, J.T. and Wang, H.F., 2010). At the two ends of the slabs, some room is required for the anchorage area. Furthermore, because prestressing loss is considerable if the concrete slab is lengthy, this method of prestressing restricts the length of the concrete slab. Because of prestressing loss, a new prestressing technology called cross tensioned concrete pavement was developed (Hossain & Hancock, 2003). The prestressed tendons are spread obliquely at an angle in the road direction in the cross tensioned technique, allowing prestressing to be done in both transverse and longitudinal directions. The percentage of prestressing in the transverse and longitudinal directions may be varied by changing the angle.

Transverse prestressing adds lateral restrictions to the slab, allowing the transverse joints to be removed (Guo, Zhang, & Wang, 2006). The anchoring region is located on the side of the concrete slabs, allowing for longer slabs without compromising prestressing (Guo, Zhang, & Wang, 2006), (Han, Chen, & Ling, 2015), (Li, Zhang, & Xu, 2013). This research suggested an oblique prestress concrete pavement, in which prestressed tendons are placed at an angle to the road direction, allowing prestress to be applied in both transverse and longitudinal orientations. This study covers the entire process of designing an oblique prestress concrete pavement, including raw material selection, cement concrete design, anchorage area, size and distribution of prestressed

tendons, stress analysis within the concrete slab, sliding layer, side reinforcement, and regular reinforcement at the top and bottom (Ling Yu, 2018). As a result, suggestions for the construction and calculation of prestressed reinforced concrete pavements are required for a proper installation.

2. STRUCTURE OF CTCP THAT HAS BEEN PROPOSED

PPCP is constructed consisting of factory-produced slabs that are then brought to the job site, reassembled, and post-tensioned cables are used to connect the panels into each section (Figure 3) (Vu The Son and Vo Hong Lam, 2016).



Figure 3. PPCP: Construction and installation

The constructed prestressed reinforced concrete pavement structure must be appropriate for the road's design function and grade, as well as the climatic, hydrological, geological, and local material conditions...Each segment, which includes base plates, connecting plates, and cable tensioning plates, is typically 75m long (Figure 4). The faster the construction, the greater the extraction quality, but the lower the prestress impact, the longer the segment length.

(Alberto Mendoza Diaz, 1986), (Dan Ye, 2012), (David K. Merritt B. F., 2000), (David K. Merritt B. F., 2002), and (David K. Merritt, 2008) can make recommendations based on the Ministry of Transport (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012).

The following is the structure of prefabricated PPCP panels (Figure 5).

- Dimensions of the sheet:
 - + Width is determined by the cross-section of the road;
 - + Length: Typically 3 meters to allow for manufacturing in the workshop and plate shipment;
 - + Thickness: Take at least 15cm, according to calculations.
- Prestressed reinforcement: The prestressed cable has a front diameter of 12.7mm and a back diameter of 15.2mm.
- Steel mesh P12 is placed above and below in a regular pattern.
- Concrete: Concrete has a high compressive strength that is ideal for prestressed constructions; typically, concrete with a compressive strength of ≥ 42 MPa is used.
- The foundation construction may be designed to fit the desired traffic scale using Ministry of Transport (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012).

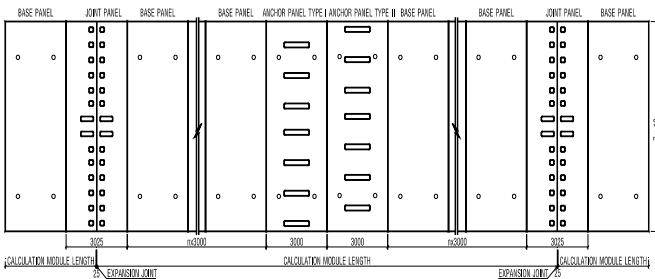


Figure 4. PPCP is depicted schematically in this diagram

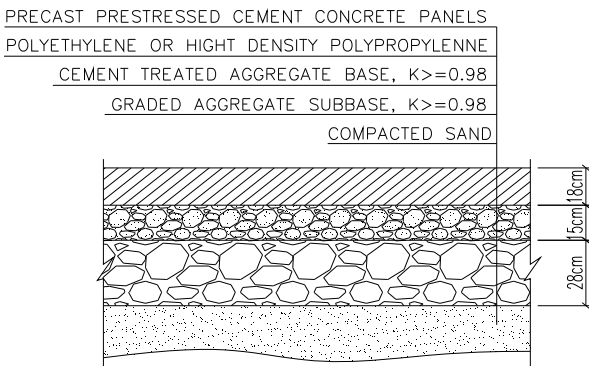


Figure 5. PPCP texture of the road surface

The routes that correspond to the traffic rating from heavy to higher have a high traffic density and heavy load. The authors

3. PROPOSAL FOR CALCULATION

PPCP is built in the factory with prestressed prestressed cables in each plate, then brought to the site and connected with post-tensioned cables to connect the panels to withstand various sorts of loads during mining. As a result, the constructed PPCP pavement should be estimated in the following way to avoid failure during the major bearing stages:

- Bearing force in the manufacturing phase, including transportation, building, and installation.
- Bearing force in the mining phase, including vehicle load and temperature effects.

The following calculation might be suggested based on existing norms and guidelines:

3.1. Calculation parameters should be determined

- A single-wheel axle weighing 100kN is used in the typical shaft load for fatigue calculation (P_s).

- The total number of times fatigue load was applied (N_s), and the design is heaviest single axle load (P_m) was determined pursuant to Appendix A, Ministry of Transport (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012).

- According to the Ministry of Transport (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012), the concrete for road building criteria and other associated characteristics can be established.

- The mechanical properties of the materials of the top and lower foundation layers are determined according to Appendix B and C of standard (22TCN211, 2006), which are used to calculate the ground in the region of action.

- The effective stresses in the plate in the longitudinal and transverse directions (f_{effx} , f_{effy}) determined by (Vu The Son and Vo Hong Lam, 2016) and (Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu, 2017).

- The elastic modulus of prestressed cables, as well as the compressive strength f'_c , the elastic modulus of concrete, the tensile and yield limits, and the compressive strength f'_c of prestressed reinforced concrete components, may all be calculated using the formula (TCVN 11823-5, 2017) and (Vu The Son and Vo Hong Lam, 2016).

- The prestressed reinforced concrete member is calculation parameters are based on (TCVN 11823-5, 2017).

3.2. Contents of the calculation

3.2.1. Longitudinal and transverse prestressing stress losses are calculated

- (TCVN 11823-5, 2017) can be utilized to determine the stress losses in the pre-tensioned part since the plate is prefabricated in the factory.

- Four factors contribute to stress loss in the transverse direction: elastic shortening, shrinkage, concrete creep, and prestressed cable self-stretch (Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu, 2017). The overall horizontal stress reduction is calculated as follows:

$$\Delta f_{pTy} = \Delta f_{pES} + \Delta f_{pSR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pR} \quad (1)$$

Notes: Δf_{pTy} - Horizontal stress loss total (MPa);

Δf_{pES} - Shortening of the elastomer causes a loss (MPa);

Δf_{pSR} - Loss of shrinkage (MPa);

Δf_{pCR} - Loss as a result of concrete creep (MPa);

Δf_{pR} - Loss due to prestressed cable self-stretch (MPa).

- (TCVN 11823-5, 2017) can be used to calculate the stress losses in the post-tensioning member in combination with consideration of the slab's frictional loss with the pavement subgrade because the prefabricated PPCP panels are transported, assembled, and stretched by longitudinal post-tensioning cables at the construction site to form the pavement.

- There are seven reasons for stress loss along the track: friction between the cable and the gene tube, anchoring equipment, elastic shortening, shrinkage, creep of concrete, and backup cable self-stretch. Friction between the slab and the underlying foundation causes tension (Vu The Son and Vo Hong Lam, 2016). The total longitudinal stress reduction is calculated as follows:

$$\Delta f_{pTx} = \Delta f_{pF} + \Delta f_{pA} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pSR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pFriction} \quad (2)$$

Note: Δf_{pTx} - Total loss of vertical vertical theatres (MPa);

Δf_{pF} - Loss of Friction (MPa);

Δf_{pA} - Loss as a result of the anchor device (MPa);

Δf_{pES} - The loss of elastic (MPa);

Δf_{pSR} - Loss of shrinkage (MPa);

Δf_{pCR} - Loss of concrete creep (MPa);

Δf_{pR} - Self-stretch of prestressed cables results in a loss (MPa);

$\Delta f_{pFriction}$ - Friction between the plate and the base layer causes loss (MPa).

3.2.2. In the transverse and longitudinal axes, the effective stresses in the plate are determined (Vu The Son and Vo Hong Lam, 2016) and (Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu, 2017)

- Calculate the effective residual stress in the prestressed cable, which is equal to the cable is original tension plus any losses.

- Calculate the total tension by multiplying the effective stress by the cable's entire cross-sectional area.

- The overall tension spread throughout the cross-sectional area of the plate determines the effective stress in the transverse and longitudinal axes.

3.2.3. During the fabrication and construction of PPCP panels, we conduct inspections (Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu, 2017)

- Because the concrete has only attained a particular strength value during the production stage in the factory owing to the short fabrication period, pre-tensioning the cable in the slab must guarantee that the plate is not damaged when the cable is cut. At the same time, the strength of the concrete sheet must be ensured owing to the requirement to crane in order to provide the ground for casting further plates. The panels must not be damaged during shipping and lifting during the off-site assembly step (Figure 6).

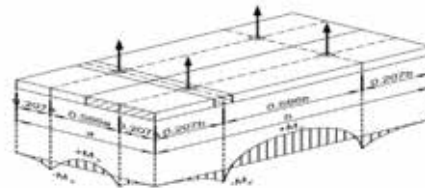


Figure 6. Installation of a crane calculation diagram

- Position of the crane hook in relation to the top of the plate:
 $L = 0.207.a$ ($0.207.b$) (3)

- When lifting, the maximum load on the plate.

$$q = \gamma_c.a.h \text{ (daN/m)} \quad (4)$$

Note:

a - Short side length (m);

h - Plate thickness (m);

c - Specific gravity of concrete (daN/m³).

- When lifting a plate, the maximum torque operating on it is

$$M = q.l^2/2 \text{ (daN.m)} \quad (5)$$

During the fabrication and construction stages, the thickness of pre-stressed reinforced concrete slabs is checked using two limit states: strength limit state, use limit state with strength contents, Stability and stress in concrete slabs (TCVN 11823-5, 2017) and (Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu, 2017).

- A flexural strength audit and a prestressed steel composition test are included in the strength limit state audit.

- State-of-limit-of-use audits, such as slab top and bottom edge stress audits.

3.2.4. During the mining phase, PPCP plates are audited (Vo Hong Lam, 2019)

The combined impact of the vehicle load and the repeated influence of the temperature gradient between the surface and the bottom of the plate during the exploitation phase, The pavement slab PPCP does not fail (not broken) owing to fatigue over its service life, nor does it crack when subjected to a maximum axle load during the time of the gradient is maximum temperature.

On a multi-layer elastic basis, a two-layer separable plate model is used.

** Limit states for calculation*

The suggested audit formula for constructed PPCP panels in the mining phase, based on Ministry of Transport (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012), is as follows:

$$\gamma_r \cdot (\sigma_{pr} + \sigma_{tr}) + f_{eff} \leq f_r \tag{6}$$

$$\gamma_r \cdot (\sigma_{pmax} + \sigma_{tmax}) + f_{eff} \leq f_r \tag{7}$$

$$\gamma_r \cdot \sigma_{bpr} \leq f_{br} \tag{8}$$

Note:

σ_{pr} - Due to vehicle driving in the default damaged concrete slab position, fatigue tensile stress develops (MPa);

σ_{tr} - Temperature gradient-induced fatigue flexural stress is also present at the default susceptible plate location (MPa);

σ_{pmax} - Bending stress at the default vulnerable plate location owing to the heaviest axle load (MPa);

σ_{tmax} - When the highest temperature gradient occurs between the top and bottom surfaces of the concrete slab, maximum tensile and flexural stress is generated by default in the area where the concrete slab is prone to failure (MPa);

σ_{bpr} - Fatigue tensile stress in the foundation layer owing to vehicle loads equal poor concrete or roller compacted concrete (MPa);

f_{eff} - Effective prestressing stress calculated (Min(f_{effx} , f_{effy}));

f_r - Concrete tensile strength design (MPa);

f_{br} - The foundation material's flexural strength should be designed (poor concrete or roller compacted concrete) (MPa);

γ_r - Factor of dependability.

** Determine the bending strength necessary for the design fr*

The Ministry of Transport is (Decision No. 3230/QĐ-BGTVT, 2012), specifies: $f_r \geq 5.0$ MPa for expressways, grade I, grade II roads, and roads with heavy, very heavy, and very heavy traffic.

** Calculate the reliability coefficient γ_r*

As indicated in (Table 3.1), the reliability coefficient r is calculated based on the required safety level, design service life, and required reliability:

Table 1. Choose reliability and design reliability factor

Classification for the Road	Freeway	Grade I and II Roads	Grade III Road	Grade IV and lower Roads
Criteria for safety	Very high		High	Midium
Design service life is required (years)	30		20	15÷10
Confidence is required (%)	95	90	85	80÷70
Factor of dependability γ_r	1,33÷1,50	1,16÷1,23	1,08÷1,13	1,04÷1,07

** Maximum temperature gradient value T_g*

The following formula may be used to compute the maximum thermal stress (maximum bending stress):

- $T_g = 0.86^\circ\text{C}/\text{cm}$ (or $86^\circ\text{C}/\text{m}$) for the North.

- $T_g = 0.92^\circ\text{C}/\text{cm}$ (or $92^\circ\text{C}/\text{m}$) for the Southern region.

- $T_g = (86\div 92)^\circ\text{C}/\text{m}$ for the Central region.

(The highest temperature gradient that can occur per 50 years is given by this T_g number).

4. CONCLUSIONS

The paper offered a concept for the structure and computation of prestressed reinforced concrete surfaces assembled in the fabrication and construction stages, as well as during the operation phase on high-traffic-density highways that carry severe

loads. The road surface is structural design To accommodate the traffic scale, PPCP comprises the selection of size, slab structure, and foundation layer. The following steps can be used to calculate the prestressed reinforced concrete pavement assembly:

- To support the PPCP plate audit, determine the effective stress and stress losses in the slab in longitudinal and transverse directions.

- Examining PPCP plates according to strength limit states, ensuring strength and no damage during shipping and lifting

- Examining the PPCP slab under the effects of vehicle load and temperature to confirm that the pavement plate is not damaged (not broken) owing to fatigue, and that it does not crack under the combined impact of a single load. The biggest axle emerges at the same time as the greatest temperature gradient.

REFERENCES

22TCN211. (2006). Soft Road Coat - Design Instructions and Requirements. *Ministry of Transport*.
 Alberto Mendoza Diaz, B. F. (1986). Design of the Texas prestressed concrete pavement overlays in Cooke and McLennan Counties and construction of The McLennan County Project. *Research Report*.
 Dan Ye, S. T. (2012). Proposed Process for Design of Precast Concrete Pavements. *Final Report*.
 David K. Merritt, B. F. (2000). The Feasibility of Using Precast Concrete Panels to Expedite Highway Pavement Construction. *Research Report*.
 David K. Merritt, B. F. (2002). Construction and Preliminary Monitoring of the Georgetown. *Texas Precast Prestressed Concrete Pavement*.
 David K. Merritt, R. B. (2008). Construction of a Precast Prestressed Concrete Pavement Demonstration Project on Interstate 57 near Sikeston. *Missouri*.
 Decision No. 3230/QĐ-BGTVT. (2012). Promulgating interim restrictions on the design of ordinary cement concrete pavement with joints in construction works traffic. *Ministry of Transport*, Dated 14, December.
 El-Reedy, M.A. (2009). Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures. *CRC Press: Boca Raton, FL, USA*.
 Guo, C., Zhang, M., & Wang, Z. a. (2006). Analysis of Cross Tensioned Concrete Pavement Damage. Desteck Publications, Inc.: Lancaster, PA, USA. *In Advances of Transportation: Infrastructure and Materials*, Volume 2, pp. 893–899.
 Han, S., Chen, D., & Ling, C. a. (2015). Study on sliding layer of cross-tensioned concrete pavement. *Road Mater. Pavement Des*, 16, 518-535.
 Hossain, M., & Hancock, J. a. (2003). Cross Tensioned Concrete Pavement. *J. Transp. Eng*, 129, 427–433.
 Li, N., Zhang, D., & Xu, X. a. (2013). Numerical Simulation on Cross-Tensioned Prestressed Concrete Pavement. In Proceedings of the Fourth International Conference on Transportation Engineering, Chengdu, China, 19–20 October 2013. *American Society of Civil Engineers*, Reston, VA, USA.
 Li, N.; Han, S.; Yu, J.T. and Wang, H.F. (2010). nalysis of Bridge Deck Pavement Structure Interlayer Based on Different Interface Form. In Proceedings of the 10th International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP), Beijing, China, 4–8 August 2010. *American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA*.
 Ling Yu, X. Y.-B. (2018). Design and Construction of Oblique Prestressed Concrete Pavement: A Case Study in China. *Applied Sciences*, 8(4), 607.
 Sargious, M. (1978). Performance of Transverse Joints in Prestressed and Reinforced-Concrete Airfield Pavements. *J. Am. Concr. Inst.*, 75, 359-366.
 Sargious, M. and Wang, S.K. . (1971). Design of Prestressed Concrete Airfield Pavements under Dual and Dual Tandem Wheel Loading. *Prestress. Concr. Inst.*, 16, 19.
 Sargious, M. and Wang, S.K. (1971). Economical Design of Prestressed Concrete Pavements. *J. Prestress. Concr. Inst.*, 16, 64.
 TCVN 11823-5. (2017). Road bridge design - part 5: Concrete structure. *Vietnamese National Standards*.
 Vo Hong Lam. (2019). Calculation of the thickness of prestressed reinforced concrete pavement panels constructed in the exploitation phase. *Journal of Transport*, April.
 Vu The Son and Vo Hong Lam. (2016). Calculation of effective longitudinal stresses for prestressed prestressed concrete pavements. *Journal of Transport, Vietnam*, April.
 Vu The Son, Vo Hong Lam, and Le Thi Xuan Thu. (2017). Calculation of the thickness of prestressed reinforced concrete pavement panels assembled during fabrication and construction phase. *Journal of Transport*, May.
 Wieckowski, A. and Sznurawa, A. . (2017). Structural Aspects of Airfield Runways with Concrete Pavements. In Contemporary Challenges of Transport Systems and Traffic Engineering; Macioszek, E., Sierpinski, G., Eds. *Springer International Publishing AG: Cham, Switzerland*, pp. 39–52.
 Zhang, D.; Xu, X.; Li, N. and Han, W. (2011). Research on the Design Method of Diagonal Post-Tensioned Prestressed Jointless Cement Concrete Pavement. In Proceedings of the ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems, Nanjing, China, 14–17 August 2011. *American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA*.

New method in mechanics to determine Euler critical force in bar structures

> DOAN VAN DUAN¹; VU THI KHANH CHI²; DO THI MY DUNG³

¹ Faculty of Engineering - Vietnam Maritime University
Email: duandv.ct@vimaru.edu.vn

² Faculty of Engineering - Vietnam Maritime University.
Email: khanhchi.ctt@vimaru.edu.vn

³ Faculty of Engineering, Western Construction University.

ABSTRACT:

The forced displacement method [2], [3] allows us to immediately obtain the critical forces and the vibration frequency of the bars. It is different from traditional methods, such as the Rayleigh method, which only gives us the fundamental frequency of vibrations, or the commonly used method today, which brings the determinants of the stability and vibration equations to diagonal form to get the product of that term gives us a characteristic polynomial equation to determines the eigenvalues.

In this paper, the author uses the forced displacement method combined with the finite element method to determine the Euler critical force of the bar's eigenvalue problem taking into account the effect of the lateral shear strain.

Keywords: forced displacement; oscillate; stable

1. INTRODUCTION

The problem of eigenvalues and eigenvectors has been studied by many scientists, but the traditional methods commonly used today are to give the coefficient matrix of the free vibration equation and the stability equation of the system to diagonal or band matrix form, strip along the main diagonal by different algorithms, such as Jacobi algorithm [4], LR[4], [5], QR[5], subspace iteration [5]....The above methods although complicated, but sometimes which give the solution is not reliable because the convergence of the problem depends on the properties of the matrix, symmetric or asymmetric, positive definite or not positive... Unlike traditional methods, In [2], [3] the author used a new method "Forced displacement method" to solve the above eigenvalue problems, according to the semi-analytic solution.

In this paper, the author also uses the above-mentioned forced displacement method, combined with the finite element method to build and solve the bar stability problem considering the influence of the lateral shear strain according to numerical solution.

2. STABILITY PROBLEM OF COMPRESSIVE BARS CONSIDERING LATERAL SHEAR STRAIN

In order to simplify the presentation without losing the generality of the method, we consider first the case of a bar, ideal column built in vertically at the base, free at the upper end and subjected to an axial force P

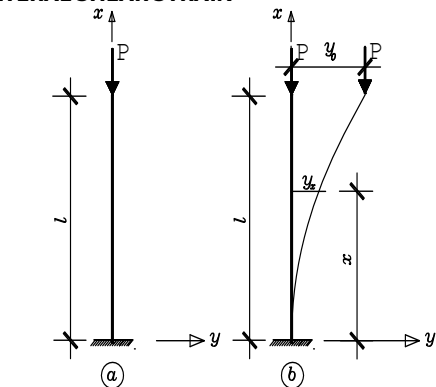


Fig.1. Bar with one end fixed at the base - the othe is free

(Fig. 1a). The bar is assumed to be perfectly elastic, and the stresses do not exceed the proportional limit. If the load P is less than the critical value, the bar remain straight and undergoes only axial compression. This straight form of elastic equilibrium is stable, which mean that if a lateral force is applied and a small deflection produced, the deflection disappears when the lateral force is removed and the bar return to its straight form. If P is gradually increased, a condition is reached in which the straight form of equilibrium becomes unstable and a small lateral force will produce a deflection which does not disappear when the lateral force is removed. The critical load (or Euler load) is then defined as the axial force which sufficient to keep in such a slightly bent form (Fig. 1b).

The critical load load for a compressed bar can be obtained in another manner by considering the behavior of an ideal bar, which is assumed initially to be perfectly straight and compressed by a centrally applied load. Thus, the initial equilibrium state of bar is the vertical compression state. At this form of equilibrium, the bar is shortened by a distance of $\Delta = PI/EF$, E is the elastic modulus of the material, I is the initial length of the bar, P is the applied force. To consider whether this form of equilibrium of the bar is stable or not, we give any point on the bar that deflects from the initial equilibrium position by a distance of y_0 . Then the bar will be displaced along

the elastic deflection line $y(x)$ and the force P produces not only compression but also bending moment $M_p = P(y-y_0)$. Now in the bar there is an internal bending moment M and a shear force Q different from the initial compression-only equilibrium form (Figure 1b) and external moment M_p . The short shrinkage Δ of the bar is usually small compared to the bar length, so for simplicity we consider the length of the bar after deformation is still equal to l .

Bending deformation χ of the bar, shear strain γ and bending moment M determined according to (1).

$$\left. \begin{aligned} \chi &= -\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{\alpha}{GF} \frac{dQ}{dx} & (a) \\ M &= EJ\chi & (b) \\ \gamma &= \frac{\alpha Q}{GF} & (c) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

The amount of coercion according to the Gaussian extremum principle method of this problem is written as follows:

$$Z = \int_1 (M - M_p)\chi dx + \int_1 Q\gamma dx \rightarrow \min \quad (2)$$

Note that the internal force momen and the external force momen always have different signs. In (2), χ and γ are two variable quantities, so the necessary and sufficient conditions for the bar to be in equilibrium are:

$$\delta Z = \int_1 (M - M_p)\delta\chi dx + \int_1 Q\delta\gamma dx = 0 \quad (3)$$

Using the calculus of variation for equation (3) gain the following two equilibrium equations

$$\left. \begin{aligned} -\frac{d^2(M - M_p)}{dx^2} &= 0 & (a) \\ \left(-\frac{d(M - M_p)}{dx} + Q\right)\frac{\alpha}{GF} &= 0 & (b) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Substituting M determined by (1b) into two equations (4) we have:

$$\left. \begin{aligned} EJ\left(\frac{d^4y}{dx^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^3Q}{dx^3}\right) + P \frac{d^2y}{dx^2} &= 0 & (a) \\ EJ\left(\frac{d^3y}{dx^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^2Q}{dx^2}\right) + Q &= 0 & (b) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

The two equations (5) are two equilibrium differential equations of the bar subjected to axial bending by the force P applied at the end of the bar. Those are two homogeneous linear differential equations (no right-hand side) for which the method of solving them together with boundary conditions at the ends of the bars has been presented in [3]. The forced displacement method is presented below to solve the system of equations (5).

3. THE FORCED DISPLACEMENT METHOD

Forced displacement method aims to bring equation (5a) which is a equilibrium equation between internal and external forces to the equation on the right side by giving a certain point in the bar, for example point $x=x_1$, a displacement y_0 :

$$g = y_{x=x_1} - y_0 = 0 \quad (6)$$

Bring the problem of finding the extrema of (2) with the constrained condition (6) to the unconstrained extremum problem by constructing the Lagrange extended functional F as follows:

$$F = \int_1 (M - M_p)\chi dx + \int_1 Q\gamma dx + \lambda(y_{x=x_1} - y_0) \rightarrow \min \quad (7)$$

where λ is the Lagrange multiplier and is also the unknown of the problem. From the condition

$$\delta F = \int_1 (M - M_p)\delta\chi dx + \int_1 Q\delta\gamma dx + \delta(\lambda g) = 0$$

get the following two equations

$$\left. \begin{aligned} EJ\left(\frac{d^4y}{dx^4} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^3Q}{dx^3}\right) + P \frac{d^2y}{dx^2} &= \begin{cases} -\lambda \\ \text{Khi } (x = x_1) \\ 0 \\ \text{Khi } (x \neq x_1) \end{cases} & (a) \\ EJ\left(\frac{d^3y}{dx^3} - \frac{\alpha}{GF} \frac{d^2Q}{dx^2}\right) + Q &= 0 & (b) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

together equation (6). Equation (8a) is an equation with the right side. Let it become the axial bending equation (5a) of the bar then

$$\lambda = 0 \quad (9)$$

Mathematically, equation (9) is a polynomial equation that determines the eigenvalues of system (7) because its solution is also a solution of (5). Mechanically, λ has the dimension of force. That is the holding force so that the bar has y_0 displacement at the point $x=x_1$. The holding force must be zero, deduce equation (9). The eigenvalue of (5) depends on the parameter P , so λ is also a function of P . So solving equation (9) in terms of P , will get the critical forces of the axial bent bar.

4. AXIAL BENDING STABILITY PROBLEM OF BAR - NUMERICAL SOLUTION

4.1. The finite element Method

The finite element method divides the work into small parts called elements, the calculation of the work is led to the calculation of the small elements and then connects those elements together, we get the solution of a complete project. Normally, for flexural beam elements, a 3rd degree polynomial is used to describe the displacement.

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

We see that there are 4 parameters that need to be determined. However, for convenience, we replace 4 parameters a_0, a_1, a_2, a_3 with displacement, rotation angle of the two-nodes element as shown in Fig.2.

Due to the use of a 3rd order function, the forces acting on the element must all be reduced to the node, including the inertial force in the dynamic problem.

4.2. The element stiffness matrix

For flexural elements such as bars, a cubic polynomial is often used to calculate its displacement, so there are four parameters to be determined. It is possible to select a two-node element, each node has two parameters: displacement W and rotation angle θ at that node, fig.2.

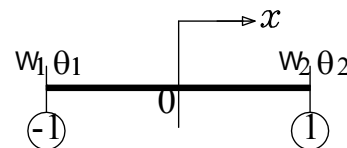


Fig.2. Two-nodes displacement element

For a general calculation, the element length is taken in two units, the origin is placed in the middle. Thus, if the parameters $W_1, W_2, \theta_1, \theta_2$ are known, the displacement of each point in the element is determined by the following cubic polynomial.

$$W(x) = f_1W_1 + f_2W_2 + f_3\theta_1 + f_4\theta_2 \quad (10)$$

where:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \frac{1}{4}(x-1)^2(x+2); f_2 = \frac{1}{4}(x+1)^2(-x+2) \\ f_3 &= \frac{1}{4}(x-1)^2(x+1); f_4 = \frac{1}{4}(x+1)^2(x-1) \end{aligned} \right\}$$

We use the first degree polynomial to approximate the shear force function of the element, the element shear force contains two nodes, fig.3, each node has an unknown parameter Q_i is the element shear force at that position.

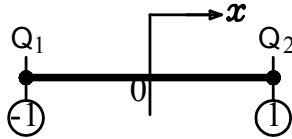


Fig.3. Two-nodes shear force element

The element length is equal to two units, the origin is placed in the middle of the element. If the shear forces Q_1, Q_2 , at two nodes are known, the shear force V at any point of the element is calculated by the formula.

$$V(x) = f_5 Q_1 + f_6 Q_2 \quad (11)$$

where:

$$f_5 = \frac{1}{2}(1-x); f_6 = \frac{1}{2}(1+x)$$

Thus, each element has two displacements of nodes W_1, W_2 , two rotation angles θ_1, θ_2 and two shear forces of nodes Q_1, Q_2 , a total of six parameters (6 unknowns) to be determined.

Let's call the column vector containing the six unknowns of the element in the following order.

$$\{X\} = [W_1 \ W_2 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Q_1 \ Q_2]^T \quad (12)$$

then we can rewrite the expressions (10) and (11) in matrix form as follows.

$$\begin{aligned} W(x) &= [f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4 \ 0 \ 0] \{X\} \\ V(x) &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ f_5 \ f_6] \{X\} \end{aligned} \quad (13)$$

After knowing the displacement and shear force functions, it is easy to calculate the bending strain, internal force moment, shear strain, and rotation angle (caused by moment) of the element as follows.

$$\chi_x = \left[-\frac{d^2 W}{dx^2} \beta^2 + \frac{\alpha}{GF} \frac{dV}{dx} \beta \right] \quad (14)$$

$$M_x = EJ \chi_x \quad (15)$$

$$\gamma_x = \frac{\alpha}{GF} [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ f_5 \ f_6] X \quad (16)$$

$$\phi = \left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right] \quad (17)$$

In the above formulas $\beta = \frac{2}{\Delta x}$ is the factor that brings the two-unit length of the element to its true length.

Knowing the deflection function, the shear force function of the element, it is easy to calculate the element stiffness matrix. According to the Gaussian extremum principle method, we write the amount of coercion for the static problem as follows.

$$Z = \int_{-1}^1 M_x [\chi_x] dx + \int_{-1}^1 V [\gamma_x] dx \rightarrow \text{Min} \quad (18)$$

χ_x and γ_x are expressions containing the unknowns $X(i)$, so the stationary condition of (18) is rewritten as follows.

$$\delta Z = \int_{-1}^1 M_x \delta [\chi_x] dx + \int_{-1}^1 V \delta [\gamma_x] dx = 0 \quad \text{or is}$$

$$\delta Z = \frac{1}{\beta} \left(\int_{-1}^1 M_x \left[\frac{\partial \chi_x}{\partial X(i)} \right] dx + \int_{-1}^1 V \left[\frac{\partial \gamma_x}{\partial X(i)} \right] dx \right) = 0 \quad (19)$$

Factor $\frac{1}{\beta} = \frac{\Delta x}{2}$ to convert the integral from (-1) to (1) to the length of an element. There are six unknowns we get six equations and have the following form.

$$[A_e] \{X\} = \{B\} \quad (20)$$

where: $\{B\}$ is the load vector.

The integrals in (19) can be calculated exactly or in terms of Gaussian approximate integrals (numerical integrals). After calculation, get matrix $[A_e (6 \times 6)]$.

The matrix $[A_e]$ is called the element stiffness matrix, dx is the length of an element. Because the deflection function of an element is a cubic polynomial, the forces apply on the elements must all be concentrated to its node.

Knowing the element stiffness matrix, it is easy to build the stiffness matrix of the whole bar. Assuming the bar has only one element, the matrix $[A_e]$ is the overall stiffness matrix of the bar.

Note that in addition to the hidden displacements, rotation angles, and shear forces of the bar, we must also consider the unknowns that are the Lagrange factors λ of the restraint conditions at the two ends of the bar.

In addition, it is necessary to add continuity conditions for rotation at the junction between two elements (17).

4.3. Some calculation examples

Example 1: Bar with one end fixed at the base - the other is free

Give a bar of length l , bending stiffness $EJ = \text{const}$, subjected to the axial force P placed at the end of the bar, fig.4. Requirements, determine the critical forces of the bar.

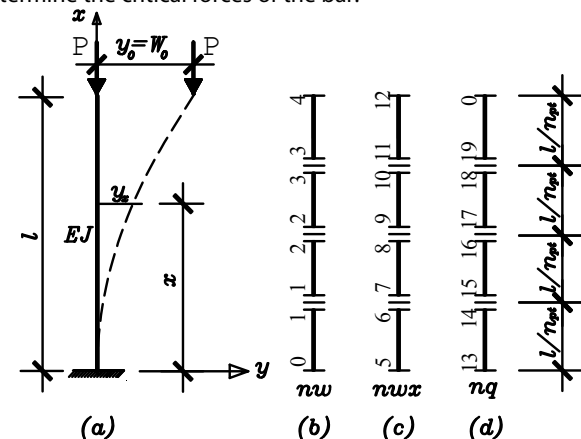


Fig.4. Bar with one end fixed at the base - the other is free

When deflect from the equilibrium position, the force P produces a bending moment M_p in the bar.

$$M_p = P(y - W_0)$$

W_0 is the lateral displacement at the node at the free end of the bar. When dividing the bar into i elements ($i=1 \div n$), for each i element of the bar, we have:

$$M_{p_i} = P(WX_i - W_0)$$

X_i is the displacement parameter of element i . Moment X_i causes bending deformation χ_i . Thus, the coercive force of the problem of determining the Euler critical force of the bar is written as follows:

$$Z = \sum_{i=1}^{npt} \frac{\Delta x}{2} \left(\int_{-1}^1 (M_x - M_{pi}) [\chi_i] + \int_{-1}^1 V [\gamma_i] \right) dx \rightarrow \min \quad (21)$$

with constraint (22) is the forced displacement at any point $x=xi$ on the bar

$$g_n = \left(|W_i|_{x=xi} - W_0 \right) \quad (22)$$

together with constraints on boundary conditions and continuity conditions between elements in the bar.

Bring the extreme problem (21) with constrained conditions (22) to the unconstrained extreme problem by constructing the extended Lagrange function F as follows:

$$F = Z + \sum_{k=1}^n \lambda_k g_k \rightarrow \min \quad (23)$$

χ_x and γ_x are expressions containing the unknowns $X(i)$, λ_k are Lagrange factors and also the unknowns of the problem, so the stationary condition of (23) is written as follows.

$$\delta F = \delta \left(Z + \sum_{k=1}^n \lambda_k g_k \right) = 0 \quad (24)$$

$$\delta F = \sum_{i=1}^{npt} \frac{\Delta x}{2} \left(\int_{-1}^1 \left(M_x \delta [\chi_i] - M_{pi} \delta [\chi_i] \right) + \int_{-1}^1 V \delta [\gamma_i] \right) dx + \delta \sum_{k=1}^n [\lambda_k] g_k = 0$$

$$\delta F = \sum_{i=1}^{npt} \frac{\Delta x}{2} \left(\int_{-1}^1 \left(M_x \left[\frac{\partial \chi_i}{\partial X(i)} \right] + \right. \right. \\ \left. \left. - P W X_i \left[\frac{\partial \chi_i}{\partial X(i)} \right] + P W_0 X_i \left[\frac{\partial \chi_i}{\partial X(i)} \right] \right) dx + \right. \\ \left. \int_{-1}^1 V \left[\frac{\partial \gamma_i}{\partial X(i)} \right] \right) dx + \left[\frac{\partial}{\partial \lambda_k} \right] \sum_{k=1}^n (\lambda_k g_k) = 0 \quad (25)$$

For the problem on fig.4, if we divide the bar into 4 elements, we have the following unknowns:

Unknowns of displacements, rotation angles and shear forces:

$nw=4$ is the unknowns of displacement, fig.4b

$$nw = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$$

$nwx=8$ is the unknowns of rotation angle, fig.4c.

$$nwx = [5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12]$$

$nq=7$ is the shear force hidden number, figure 4d.

$$nq = [13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19]$$

so we have: $X(i) = [19]$

Boundary conditions: ĐKB = $[\lambda_1]$

Rotation angle at the foot of the column is zero

$$\delta \lambda_1 \left(\left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{node(2)}^{element(1)} \right) = 0$$

Continuous conditions: ĐKLT = $[\lambda_2 \ \lambda_3 \ \lambda_4]$

The rotation at the end of the previous element is equal to the rotation at the beginning of the following element.

$$\delta \lambda_k \left(\left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{node(2)}^{element(i)} + \left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{node(1)}^{element(i+1)} \right) = 0$$

where: $i=1 \div 4$; $k=2 \div 4$

Condition for lateral displacement at the top of the bar: $[\lambda_5]$

Horizontal displacement at bar end is zero

$$\delta \lambda_5 (W_{i(x=1)} - W_0) = 0$$

Thus, in the case of dividing the bar into four elements, we have the total number of unknowns of the problem: 24 unknowns, of which 19 are displacements, rotation angles, shear forces and 5 are the lagrange factors corresponding to constraints on boundary conditions, continuity conditions and forced displacement at the bar end.

After calculating (25) we get the overall stiffness matrix of the bar, size $[A(24 \times 24)]$.

This is an eigenvalue problem, so the forced displacement method is used. For any node of the bar with displacement W_0 then in the coercive quantity, the quantity must be noted.

$$\delta \lambda_5 (W_{i(x=1)} - W_0) \quad (a)$$

W_i is the displacement of the node i of the bar, i is any, λ is the Lagrange factor which is the new unknown of the problem. Thus, the matrix $[A]$ there are 24 rows, 24 columns and vectors $\{B\}$ there are 24 rows, one column, at (line 24) there are $B(24)=W_0$. After solving the equation:

$$[A]\{X\} = \{B\} \quad (b)$$

find solution λ_5 , λ_5 is a polynomial equation for P , solve the equation:

$$\lambda_5(P) = 0 \quad (c)$$

there will be critical forces of the bar.

Table 1. The critical force of the Bar with one end fixed at the base - the other is free, calculated for the two cases h/l . Divide bar into 8 elements

Rate h/l	The first three critical forces $P_{th} \left(\frac{EJ}{l^2} \right)$		
	P_{th1}	P_{th2}	P_{th3}
1/100	2,467	22,210	121,449
1/10	2,467	22,210	121,449
1/3	2,467	22,210	121,449

Comment: The calculation result of the critical force always depends on the ratio between the height of the section and the length of the bar h/l . However, in this case, the problem of one-fixed and one free-end is a static problem, so the influence of the shear strain on the critical force is zero. Arithmetic, when the ratio h/l is smaller ($h/l=1/10$) onwards, the influence of shear strain can be ignored, but here we use the full theory of beams to calculate it correctly. it is easy, therefore, that the shear strain should be considered in all cases.

The form of the deflection axis (the eigenvector) corresponds to the first 3 exact critical forces (3 exact eigenvalues) as, Fig.5.

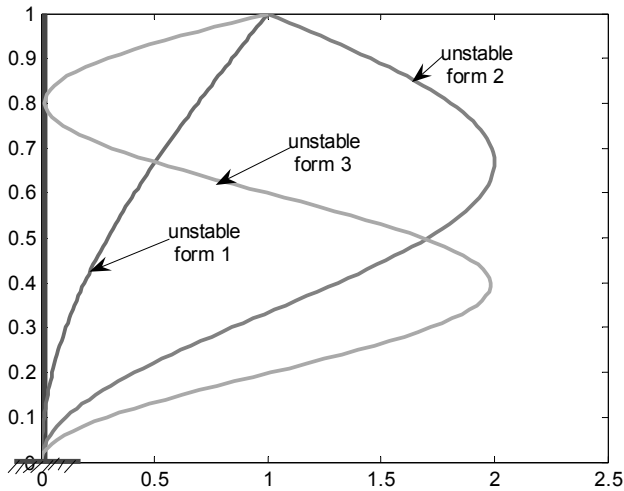


Fig.5. The elastic deflection line $y(x)$ of bar with one end fixed at the base - the other is free

Example 2: Bar with one end fixed at the base - the other pinned

Give a bar of length l , bending stiffness $EJ=const$, subjected to the axial force P placed at the end of the bar, fig.6. Requirements, determine the critical forces of the bar.

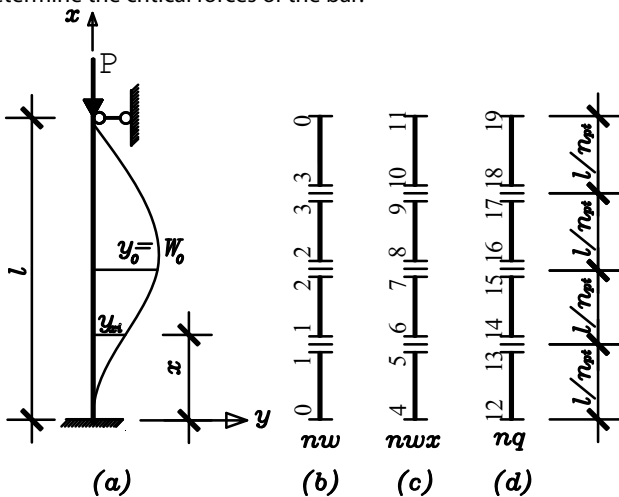


Fig.6. Bar with one end fixed at the base - the other pinned

This problem differs from Example 1 in terms of boundary conditions at the bar end, displacement conditions and shear forces at the bar end. The calculation is similar to Example 1, Fig.4. With the following notes:

For the problem in Figure 5a, if we divide the bar into 4 elements, we have the following unknowns:

Hidden displacements, rotation angles and shear forces:

$nw=3$ is the displacement unknown, fig.6b.

$$nw = [1 \ 2 \ 3]$$

$nwx=8$ is the unknown rotation angle, fig.6c.

$$nwx = [4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11]$$

$nq=8$ is the shear force hidden number, fig.6d.

$$nq = [12 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19]$$

so we have: $X(i) = [19]$

Boundary conditions: $\text{DKB} = [\lambda_1 \ \lambda_2]$

The rotation angle at the base of the column is zero

$$\delta\lambda_1 \left(\left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{\text{nut}(1)}^{\text{phantu}(1)} \right) = 0$$

Bending moment at the column head is zero

$$\delta\lambda_2 \left[-\frac{d^2W}{dx^2} \beta^2 + \frac{\alpha}{GF} \frac{dV}{dx} \beta \right]_{\text{nut}(2)}^{\text{phantu}(4)} = 0$$

Continuous conditions: $\text{DKLT} = [\lambda_3 \ \lambda_4 \ \lambda_5]$

The rotation at the end of the previous element is equal to the rotation at the beginning of the following element.

$$\delta\lambda_k \left(\left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{\text{node}(2)}^{\text{element}(i)} + \left[-\frac{dW}{dx} \beta + \frac{\alpha}{GF} V \right]_{\text{node}(1)}^{\text{element}(i+1)} \right) = 0$$

where: $i=1 \div 4; k=2 \div 5$

Conditions for forced displacement: $[\lambda_6]$

Horizontal displacement at any node in the bar

$$\delta\lambda_6 (W_{i(x=1)} - W_0) = 0$$

Finally, we get the extended Lagrange function F as follows:

$$F = Z + \sum_{k=1}^6 \lambda_k g_k \rightarrow \min \quad (26)$$

The role of Z in (26) is the same as in (24), χ_x and γ_x are expressions containing the unknowns $X(i)$, λ_k are Lagrange factors and are also hidden of the problem, so the stationary condition of (26) is written as follows.

$$\delta F = \delta \left(Z + \sum_{k=1}^6 \lambda_k g_k \right) = 0 \quad (27)$$

Carry out the same calculation (25) in example 1, the overall stiffness matrix of the bar, of size $[A(25 \times 25)]$ and similarly we have

$$\delta\lambda_6 (W_i - W_0) \quad (a)$$

W_i is the displacement of the node i of the bar, i is any, λ is the Lagrange factor which is the new unknown of the problem. Thus, the matrix $[A]$ there are 25 rows, 25 columns and vectors $\{B\}$ there are 25 rows, one column, at (line 25) there are $B(25)=W_0$. After solving the equation:

$$[A]\{X\} = \{B\} \quad (b)$$

find solution λ_6 , λ_6 is a polynomial equation for P , solve the equation

$$\lambda_6(P) = 0 \quad (c)$$

there will be critical forces of the bar.

Table 2. The critical force of the Bar with one end fixed at the base - the other pinned, calculated for the two cases h/l . Divide bar into 8 elements

Rate h/l	The first three critical forces $P_{th} \left(\frac{EJ}{l^2} \right)$		
	P_{th1}	P_{th2}	P_{th3}
1/100	20,192	59,748	119,453
1/10	20,113	59,512	118,976
1/3	19,345	57,248	114,447

Comment: The error between the unconsidered case ($h/l=1/100$) and considering the effect of lateral shear strain ($h/l=1/3$) corresponding to the first, second and third critical forces, respectively: 4.19%, 4.18% and 4.19%.

The form of the deflection axis (the eigenvector) corresponds to the first three exact critical forces (the three exact eigenvalues) as shown in Fig.7.

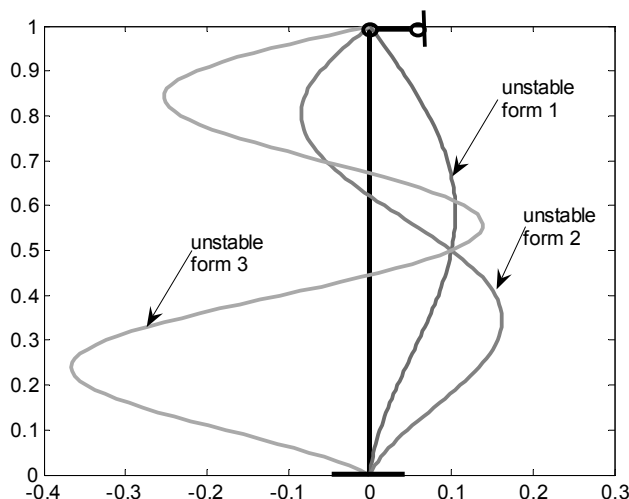


Fig 7. The elastic deflection line $y(x)$ of bar with one end fixed at the base - the other pinned

4. CONCLUSIONS

With the combination of the forced displacement method and the finite element method, the author has successfully built the axial bending stability problem of the bar considering the influence of the lateral shear strain, finding the numerical solution of the problem is completely consistent with the results solved by existing methods. When we divide the bar into many elements, we will get many exact solutions. The results obtained in the two cases with and without considering the effect of the lateral shear strain change significantly (the critical force is reduced by more than 4%) for the superstatic problem, and do not change for the static problem.

When using the forced displacement method to solve the bar stability problem, it immediately gives us the polynomial equation determining the critical force of the bar without having to go through complicated transformations to bring the matrix to the diagonal matrix. The finite element method combined with the forced displacement method presented here gives us a very efficient algorithm, a new approach to evaluate the Euler critical force of the eigenvalue problem of bar and systems bars. That may be the most prominent advantage of this article.

Recommendation: Use the new approach developed above to find eigenvalues and eigenvectors of mechanical problems in particular and find solutions of problems with the right side of zero in general.

Acknowledgements

The authors would like to thank Vietnam Maritime University, Western Construction University, for helping to create favorable conditions for the team to complete this study.

REFERENCES

- Ha Huy Cuong (2005), Gaussian extreme principle method, Scientific and technical journal, IV Page 112 to 114.
- Doan Van Duan (2014), Forced displacement method to solve eigenvalues and eigenvectors, Construction Journal, no. 11. Pages 82 to 84.
- Doan Van Duan (2016), Study on elastic stability of bar system structure with consideration of lateral shear strain, Construction publisher, 156 pages.
- Alan Jennings. Matrix Computation for Engineers and Scientists, John Wiley & Sons - Chichester - New York - Brisbane - Toronto. PP. 65-69.
- Lin T. Y. and Yong B. W. (1965), Two large shells of posttensioned precast concrete, Civil Engineering. ASCE, pp. 56-59.
- Cornelius Lanczos (1949), The variational principles of Mechanics, University of Toronto Press,
- Ferdinand P. Beer - E. Russell Johnston, Jr. - John T. DeWolf (2006), Mechanics of Materials (fourth edition), McGraw-Hill Companies, INC, New York, 787 pages.
- G. Korn - T. Korn (1961), Mathematical Handbook for Scientists and Engineers, McGraw-Hill, New York (Russian translation, edited by I. Bramovich, Nauka - Moscow Publisher, 1964).
- O.C. Zienkiewicz - R.L. Taylor (1991), The finite element method (fourth edition) Volume 2, McGraw-Hill Book Company, INC, 807 pages.
- Stephen P. Timoshenko - J. Goodier (1970), Theory of elasticity, McGraw-Hill, New York (Russian translation, edited by G. Shapiro, Nauka - Moscow Publisher, 1979), 560 pages.
- Stephen P. Timoshenko - James M. Gere (1961), Theory of elastic stability, McGraw-Hill Book Company, INC, New York - Toronto - London, 541 Tr.
- William T. Thomson, First Edition (2014), Pearson New International Edition, 523 pages.

Cold in-place recycling solutions are used to ensure quality design and construction of urban roads

> DR TRAN HUU BANG¹; ASSOC. PROF. DR LE VAN BACH²; M.S LE THANH TRUNG³; M.S VO HONG LAM⁴; DR PHAN TO ANH VU⁵

¹ Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University, Binh Duong province
Email: bangth@tdmu.edu.vn

² Faculty of Civil Engineering, University of Transport and Communications, Ha Noi
Email: bachlv_ph@utc.edu.vn

³ Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University, Binh Duong province
Email: lttrung@tdmu.edu.vn

⁴ Faculty of Civil Engineering, University of Transport and Communications, Ha Noi
Email: lamvh_ph@utc.edu.vn

⁵ Faculty of Civil Engineering, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City
Email: phantoanhvu@tdtu.edu.vn

ABSTRACT:

Scraping method known as Cold In-place Recycling (CIR) is widely used in Vietnam. However, it only applies to non-urban roads and national highways. The challenge of managing the height of the old road surface and addressing obstructions on the road surface must be addressed in city roadways. As a result, this paper discussed some practical design and construction options for ensuring quality in construction progress for urban roads using CIR technology to improve the quality of urban road surfaces in Southern Vietnam in the direction of long-term development.

Keywords: Cold in-place recycling (CIR); Urban road, long-term development.

1. INTRODUCTION

"Sustainable development" first arose in the environmental movement in 1970. It was bluntly articulated in the report "Our Future" in 1987 of the United Nations World Commission on Environment and Development (WCED). Sustainable development, for instance, is defined as development that satisfies the requirements of the present generation without jeopardizing the future ability of the generation to satisfy their own needs ([Our Common Future, 1987](#)).

Managing urban traffic congestion was the subject of a European meeting of transport ministers held in 2007. This study demonstrates that in order to alleviate traffic congestion, a variety of solutions must be used, including renovating existing traffic

infrastructure; new road traffic infrastructure construction; improving and developing public transportation; managing the use of modes of transportation; and coordinating the activities of numerous agencies and organizations ([Managing Urban Traffic Congestion, 2007](#)).

Intelligent Transportation Systems (ITS) by Phil Sayeg and Phil Charles was published in 2010. Refers to the challenge of using sophisticated technology to manage the flow of cars, also known as ITS. Many cities worldwide have used this technology, resulting in a safe and convenient transit system while decreasing negative environmental consequences. Infrastructure, vehicles, and human factors are necessary to implement this technology ([Phil Sayeg; Phil Charles, 2010](#)).

According to the Federal Highway Administration (FHWA), the transportation sector's focus on sustainability demonstrates a commitment to address the whole spectrum of consequences associated with human life, not just in terms of economics but also in terms of environmental and social impact. As a result, a sustainable pavement is a road surface that fulfills fundamental human requirements, effectively uses resources, and can conserve/revive systems on a broad scale of the ecological environment ([FHWA, 2014](#)).

The FHWA is in charge of sustainable pavement development and transportation in the United States. The FHWA has recommended using various methods, including on-site recycling of old pavement and heated asphalt pavement. For long-term pavement development, consider concrete pavement with extra cementitious materials, permanent pavement, two-story concrete pavement, permeable pavement.

Cold in-place recycling generation was used in many nations across the world; it is the oldest technique used in the United States, Europe, and Japan for more than 30 years, with Hall

Brothers (USA), Wirtgen (Germany), and Sakai (Japan) being the most prominent (Japan). Cold regenerated locusts have the advantage of reducing the repair backlog on the road system by up to 60%. According to the findings, the cold regeneration pavement would have a lifespan of 15-20 years provided the construction satisfies the standards. Sakai (Japan) tested cold regenerated locusts in situ using Sakai is technology on provincial road 417 in the North - Vietnam region in 2008, with a cement ratio of 4.4%; Wirtgen (Windhagen, Germany, 2012) tested in situ cold regeneration with bitumen foam and cement on sections of National Highway 1A in the Central - Vietnam region in 2010. In 2011, Hall Brothers performed cold asphalt emulsion regeneration on a test piece of National Highway 1A in the Western area of Vietnam (Tran, Le, & Vo., 2020), (Ministry of Transport, 2014).

In Vietnam, the CIR scraping technique is frequently used. However, it only applies to Interstate Highways; highways outside of metropolitan areas are not required to manage elevation or address obstructions on the road surface. The challenges of regulating the old pavement height and dealing with obstructions on the road surface are especially fascinating when it comes to urban roadways (Vo Hong Lam and Tran Huu Bang, 2021).

The objective of this study aims to suggest some research findings to enhance the quality of cold in-place recycling regeneration design and construction applied to urban roadways in the Southern Vietnam in the direction of long-term development.

2. OUT-OF-TOWN HIGHWAYS: A SOLUTION CIR

CIR work has so far been done in Vietnam on National Highways and rural roads, mostly on portions of highways where the road surface has severely deteriorated and within the surface area. Underground and floating works are not available on the route. The majority of the portions also do not necessitate controlling the road surface's height. As a result, here is the solution for CIR in situ (Figure 1):

- To design the mix composition, conduct surveys, drill and dig samples, and split the old pavement into largely homogenous parts.
- Conduct cold scraping and recycling according to the design thickness, then overlay with asphalt concrete in the CIR road surface structure.
- Organize construction, inspection, and acceptance in accordance with technical instructions based on Ministry of Transportation decisions.



Figure 1. In the Out-of-Town route, the CIR of Rung Sac - Ho Chi Minh City is being built.

*** Remarks:** When used on urban roadways, the proposed approach will cause the following issues:

- When it comes to urban roadways, it is common to need to retain the original road surface height. As a result, the recycle scrape design solution should be more acceptable and meet the economic - technical criteria.

- Within the urban road surface, there are frequently several underground and floating works (obstacles). As a result, comprehensive measurements must be taken throughout the survey so that treatment options may be provided prior to CIR.

3. PROPOSING CIR OPTIONS FOR THE LONG-TERM DEVELOPMENT OF URBAN ROADWAYS

On National Highways, highways outside of metropolitan areas, the limitations in the cold recycling system are stated above. In the interest of sustainable development, this paper offers the following approach CIR for urban roads:

3.1. Solutions for survey works

a) To establish a foundation for the mixture is design as well as a proposal for repurposing the old pavement. Within the recycling depth on the stretch of road that is deemed to be relatively consistent, the survey must verify that the depth, type, and material qualities of the previous pavement construction are known. According to (TCVN 13150-1, 2020) and (TCVN 13150-2, 2020), the survey work should take the following stages to attain this goal:

- Examine and survey the partition of ancient road pavements into reasonably homogeneous portions.
- Drill and excavate to collect samples for the CIR design for each homogenous portion (Figure 2.)
- Appropriate surveys are necessary for sections going through soft soil regions, dynamics of groundwater activities, and so on, as specified in the standard (22TCN263, 2000).



Figure 2. Excavation for exploration - evaluation of present pavement structure

b) In addition to complying with existing standards for measuring and analyzing old pavement prior to scraping and recycling, thorough investigations of subsurface and floating structures (obstacles) in the road surface area (Figure 3) should be conducted:

- Underground works: Determine the location and depth, which may be gleaned from the underground works management agency's as-built data.
- Floating works: Measurements, statistics in precise detail are required for the location, form, and size of floating works.

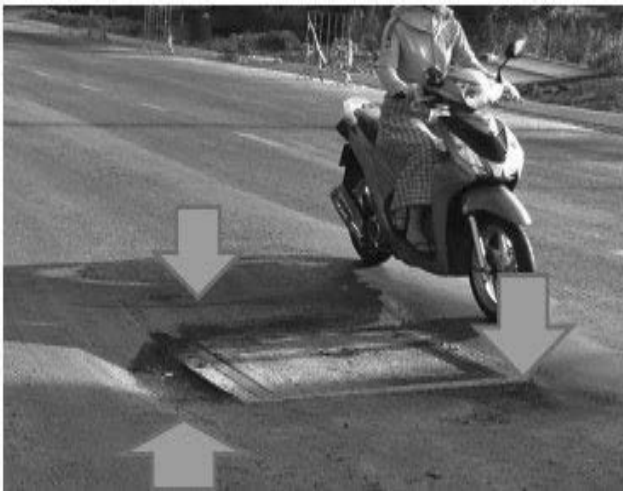


Figure 3. On the road surface, a floating manhole

3.2. Solutions for design and construction

Cement or cement and asphalt emulsion according to (TCVN 13150-1, 2020) or foamed bitumen and cement according to (TCVN 13150-2, 2020) can be used in cold recycling scraping methods.

- The width of the cold recycling scraping blade is determined by the width of the current urban road surface and the width of the recycling machine scraping blade (Note that adjacent recycling scrapers must overlap by 10 cm to 15 cm).

- The thickness of the recycled layer after compaction can range from (10-20) cm, but should not exceed 20cm; the thickness of the recycled layer must be greater than 3 times the diameter of the recycled mixture's biggest aggregate particle.

- If during the regeneration process it is discovered that there is a local weak foundation, the foundation and foundation beneath the scraping material layer must be treated as follows:

- + Scrape or shovel pavement layers resting on unstable material below onto trucks and carry to temporary storage;

- + Dig to the full depth of the unstable material and remove any damaged sections;

- + Treat the foundation and the foundation underneath it as directed in the construction drawing design documents' technical instructions;

- + Using temporary stockpiles and additional supplies, refinish the pavement. After compaction and successful compaction, refinishing must be done in layers no thicker than 200 mm till the current road surface is reached.

- For urban roads that may be raised in elevation, perform cold scraping and recycling according to the design thickness, then cover with asphalt concrete (or asphalt) on top.

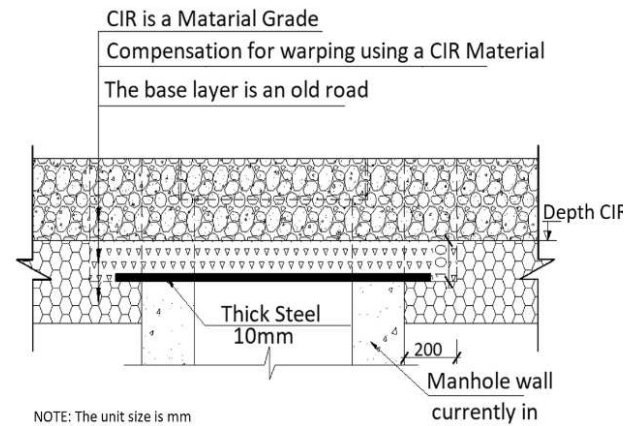
- There are two techniques for maintaining the height of urban roads:

- + Using a specialized scraper, rake the old pavement layer to the desired depth, then proceed to cold recycling according to the design thickness and re-carpet the asphalt (or asphalt) coating on top of the current road is surface level.

- + Scraping and mixing the old pavement layers using a recycling scraper to a depth equal to the coating thickness and recycled thickness, but without any binder; Conduct leveling (ensure the structure after recycling is correct according to the design thickness, and the excess material is transported to the proper location) and compacting, then cold recycling (spray more

adhesive in this step) and re-applying the asphalt topcoat to the existing pavement level.

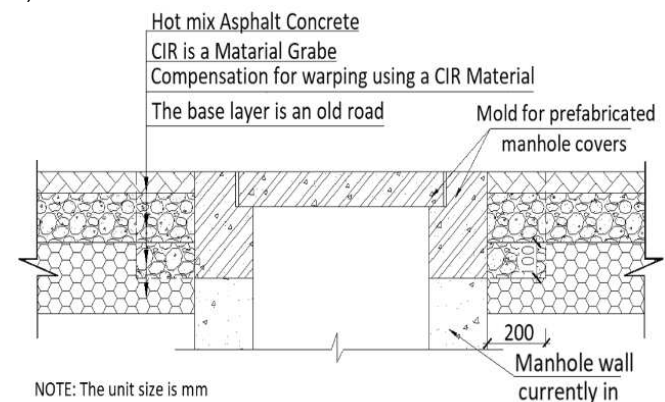
- Manholes and similar structures within the road surface must be treated before scraping and recycling may begin. After removing the knitting cap and tunnel mold, crush the wall to a height of less than 10 cm above the recycled foundation's bottom. After the dam, place a 10mm thick steel sheet on the manhole wall, compensate with crushed stone or scraping material supplied from earlier scraping, and recycle the material (Figure 4).



NOTE: The unit size is mm

Figure 4. On the road surface, treat manholes and perform CIR.

- After completing the scraping and CIR work, locate the steel plate, dig to remove it, reconstruct the manhole wall, and install the woven sheet at the same level as the new surface level (Figure 5).



NOTE: The unit size is mm

Figure 5. Installation and completion of manholes

- To quickly install and reduce construction time, prefabricated manhole molds should be built with a height depending on coating thickness and recycling thickness (Figure 6).

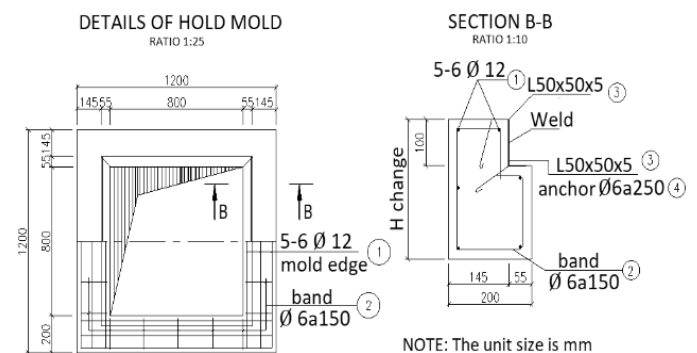


Figure 6. Construction of a prefabricated manhole mold

3.3. In long-term development solutions for improving the quality of urban roads

- Apply contemporary technology to urban roadways for work (Step of preparing technical and economic reports) to research, survey, measure, and locate using a coordinate system in order to correctly satisfy long-term development requirements.

- In terms of geology, transportation operations in the Ho Chi Minh City and Mekong Delta region are hampered by soft soil. When little investment is made in surveying topography, geomorphology, geology engineering, or hydrogeology, the building is vulnerable to unforeseeable events.

- It is important to employ innovative solutions and technology, ecologically friendly materials, and reuse local resources when designing and constructing traffic works in metropolitan regions situated in major cities.

- Many advanced technologies, such as loading and reducing settlement with the use of geotextiles, permeable wicks, sand piles, sand wells, and cement-reinforced soil piles, are required in road foundation construction and soft ground treatment., vacuum consolidation technology, and Jet Grouting technology are also required... To ensure longevity and flatness, improve the foundation and pavement construction quality. For roadway surfaces with high roughness and well-drained hollow asphalt, Novachip is thin, and ultra-thin coating technology is being used... Furthermore, the ability to decrease noise for city roadways is required.

- CIR has been researched and proposed for use on city roads, to improve durability, ease of building, environmental friendliness, and lowering construction costs.

- Large cities must quickly implement contemporary technologies in the building of a road traffic management and control center. Implementing intelligent transportation systems (ITS) on city streets, highways, and the country is whole road network system in the future.

4. Conclusions

According to the following phases, the research suggests ways to assure the quality of CIR is design and construction of urban roads in the direction of long-term development:

- A building project that we undertake today must not only fulfill the demands of the present but also those of future generations, and it must, perhaps most importantly, assure quality.

- Humans are to blame for droughts, floods, and climate change. Climate change is having permanent negative repercussions, and there have been several severe warnings that this is a problem for management levels and public awareness to take actions to safeguard the green environment, which is clean and efficient.

- The works must be of sufficient quality to meet the needs of economic development, social justice, and environmental preservation. That is the obligation, as well as the difficulty, for those involved in today is the development of traffic works in our nation.

- Connecting the duties and interests of project-related organizations and persons by creating a Website with information on contractor capabilities and evaluating relevant organizations and individuals.

- Creating a Website on the history of roads and road transport infrastructure projects, contributing to community

oversight, project quality improvement, capital use for the proper goals, economically and effectively, and minimizing dispersed and wasteful investment.

- Surveying as a foundation for mixture design and the CIR technology for the plan, then designing the pavement structure with recycled scraping materials and proposing a cost-effective construction option.

- Using ITS to manage large cities is urban transportation infrastructure.

In light of the above-mentioned solutions, it is proposed that relevant authorities and units promote the use of CIR technology for urban roads in order to contribute to the development of road surface quality and urban attractiveness.

REFERENCES

- 22TCN263. (2000). Road Survey Process. *Ministry of Transport*.
- FHWA. (2014). Pavement Sustainability - 2. *Federal Highway Administration*, FHWA-HIF-14-01.
- Managing Urban Traffic Congestion. (2007). Organisation for economic Co-operation and Development (OECD) and European Conference of Ministers of Transport Joint Transport Research Centre. ISBN 978-92-821-0128-5.
- Ministry of Transport. (2014). Summary of the Cold in-place recycling pilot technology for pavements. *HaNoi, VietNam, Apr*.
- Our Common Future. (1987). The Report of the World Commission and Development. *Oxford University & New York*, Press.p.43.
- Phil Sayeg; Phil Charles. (2010). "Intelligent Transport Systems" - GIZ. *Transport policy advisory services*.
- TCVN 13150-1. (2020). Cold in-place recycled material layer for road pavement - Construction and acceptance - Part 1: Full depth recycling with cement or cement and asphalt emulsion. *Vietnam National Standards*.
- TCVN 13150-2. (2020). Cold in-place recycled material layer for road pavement - Construction and acceptance - Part 2: Full depth recycling with foamed bitumen and cement. *Vietnam National Standards*.
- Tran, H.-B., Le, V.-B., & Vo., a. H.-L. (2020). Application of in-situ cold regeneration on route Rung Sac-Ho Chi Minh city. *The Transport Journal, Vietnam*, 3, 36-39.
- Vo Hong Lam and Tran Huu Bang. (2021). Proposals for on-site cold-recycled raking on urban roads. *The Transport Journal, Vietnam*, 04/62-64.
- Windhagen, Germany. (2012). Cold Recycling Wirtgen Cold Recycling Technology. *Wirtgen GmbH Reinhard-Wirtgen-Strasse 2*, p. 53578.

The Soil Arching behind Passive Retaining Walls based on Geometrically Nonlinear Isogeometric Analysis

> TOAN M. NGUYEN¹; NGHIEP M. NGUYEN²; TAN NGUYEN³; LOC V. TRAN⁴

¹ Department of Construction, Longan Government,
Email: minhtoansxdla@gmail.com

² Long An Economic Zone Authority - LAEZA, Longan Government
Email: nguyenminhnghep@gmail.com

³ Faculty of Civil Engineering, Ton Duc Thang University
Email: nguyentan@tdtu.edu.vn

⁴ Faculty of Civil Engineering, Ton Duc Thang University
Email: tranvinhloc@tdtu.edu.vn

ABSTRACT:

In this paper, we present an effectively numerical approach based on isogeometric analysis (IGA) for geometrically nonlinear analysis of retaining walls. The geometrical nonlinearity is formed in the total Lagrange approach; whereas, the material is linear elastic. Deformations are large to use finite deformation theory. The nonlinear equilibrium equations are solved using Newton-Raphson method. IGA utilizes the same basic functions in describing the exact geometry and constructing finite approximation for analysis. The numerical results are verified by checking the weight balance condition and validated by comparing with some published experimental results. The numerical method is a good tool to demonstrate the soil arching behind passive retaining walls.

Keywords: Arching; Retaining walls; Isogeometric analysis; Nonlinear analysis

1. INTRODUCTION

Apart from the active earth pressure problems, passive one have cast a little attention from researchers in geomechanics. Among such researchers, the theoretical works by Lee and Herington (1972) have comprehensively elucidated the physical behavior of soil behind a passive retaining wall with a downward sloping backfill. However, this works looked over the earth pressure distribution in the backfill at a certain height. With regard to the mechanism of load transfer in the backfill of the wall, James and Bransby (1970) has experimentally disclosed the trajectories of compressive strain increment in the flat backfill and compared with the theoretical direction of major principal stress proposed by

Sokolovskii (1965). Nonetheless, the trajectory of most compressive principal stress has not been revealed thus far. Hence, this deficiency calls for further investigation to comprehensively explain the mass transfer mechanism in the downward sloping backfill of a passive wall.

This paper describes the application of a computer program based on geometrically nonlinear isogeometric analysis where plane strain retaining walls are simulated with the rotation at the base to produce the passive failure causing the most distinct arching. Isogeometric approach firstly proposed by Hughes and coworkers (2005) fulfills a seamless bridge link between computer aided design (CAD) and finite element analysis (FEA). IGA uses same B-splines or non-uniform rational B-splines (NURBS) functions in describing the exact geometry of problem and constructing finite approximation for analysis. Geometrically nonlinear analysis using IGA was studied by Tran et al. (2015), where nonlinearity of plates was formulated in the total Lagrange approach. Our paper applies the nonlinear analysis to simulate the passive retaining walls within large deformation and underlying soil material. The numerical results and discussions are compared with the experiments measured by Wiesner (2000).

2. MATERIALS AND METHODS

Geometrically nonlinear analysis based on isogeometric analysis

Constitutive equation for a linear elastic body under the plane strain condition is given below:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Where parameters E and ν denote as the material properties, i.e. Young's modulus and Poisson's ratio, respectively. As consider

large deformation, the strain vector is formulated in form of the displacement fields according to the Green strain assumption as

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{\varepsilon}_L + \boldsymbol{\varepsilon}_{NL}^\alpha, \text{ where } \alpha := u, v \quad (2)$$

In which u and v are axial displacements along the horizontal and vertical directions. And the linear and nonlinear strain components are defined respectively as

$$\boldsymbol{\varepsilon}_L = \begin{Bmatrix} u_{,x} \\ v_{,y} \\ u_{,y} + v_{,x} \end{Bmatrix}, \quad \boldsymbol{\varepsilon}_{NL}^\alpha = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \alpha_{,x} & 0 \\ 0 & \alpha_{,y} \\ \alpha_{,y} & \alpha_{,x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_{,x} \\ \alpha_{,y} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Then, the virtual work equation for a continuum is expressed according to total Lagrange coordinate as

$$\int_V \delta \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\sigma} dV = \int_V \delta \mathbf{u}^T \mathbf{b} dV + \int_\Omega \delta \mathbf{u}^T \mathbf{f}_s d\Omega \quad (4)$$

Where V is the undeformed volume and \mathbf{b} reduces to a scalar of $b_y = \gamma$ denoting the density of the sandpile while \mathbf{f}_s is the surface tractions which is ignored in this study.

Herein, we prefer to solve numerically the problem via a weak form equation (4) by using the isogeometric finite element method (Hughes et al. 2005). With an open knot vector $\Xi = \{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_{m+p+1}\}$, which is a non-decreasing sequence of parameter values $\zeta_i \in \mathbb{R}^+$, $i=1, 2, \dots, m+p$, with m denoting the number of basis functions, the uni-variate B-spline basis functions $\phi_i^p(\zeta)$ are defined recursively by using the Cox-de Boor algorithm (Piegl and Tiller, 1995):

$$\phi_i^p(\zeta) = \frac{\zeta - \zeta_i}{\zeta_{i+p} - \zeta_i} \phi_i^{p-1}(\zeta) + \frac{\zeta_{i+p+1} - \zeta}{\zeta_{i+p+1} - \zeta_{i+1}} \phi_{i+1}^{p-1}(\zeta), \quad p \geq 1$$

$$p = 0: \quad \phi_i^0(\zeta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \zeta_i < \zeta < \zeta_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

In two dimension, the bivariate B-splines basis functions are generated according to tensor product of two univariate B-splines $\phi_i^p(\zeta)$ and $\varphi_j^q(\zeta)$ with polynomial degrees of p and q as below:

$$R_i^p(\zeta) = \phi_i^p(\zeta) \varphi_j^q(\zeta) \quad (6)$$

Based on isoparametric concept, the displacements are approximated by a linear combination of the basis functions and the unknown degrees of freedom in the form

$$\mathbf{u}^h = \sum_{l=1} R_l(\zeta) \mathbf{d}_l \quad (7)$$

where $\mathbf{d}_l = [u_l, w_l]^T$ denotes the degrees of freedom associated to control point l .

According to the approximate displacement in (7), the variation of the strain vectors denoted by $\delta \boldsymbol{\varepsilon}$ can be computed as

$$\delta \boldsymbol{\varepsilon} = \sum_l \mathbf{B}_l \delta \mathbf{d}_l \quad (8)$$

where the generalized strain matrix is a sum of two parts $\mathbf{B} = \mathbf{B}^L + \mathbf{B}^{NL}$, which are named linear and nonlinear strain matrices accordingly and obviously defined as

$$\mathbf{B}_l^L = \begin{bmatrix} R_{l,x} & 0 \\ 0 & R_{l,y} \\ R_{l,y} & R_{l,x} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B}_l^{NL} = \begin{bmatrix} \alpha_{,x} & 0 \\ 0 & \alpha_{,y} \\ \alpha_{,y} & \alpha_{,x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{au} R_{l,x} & \delta_{av} R_{l,x} \\ \delta_{au} R_{l,y} & \delta_{av} R_{l,x} \end{bmatrix} \quad (9)$$

In which $\delta_{\alpha\beta}$ is a Kronecker delta defined as

$$\delta_{\alpha\beta} = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha = \beta \\ 0 & \text{if } \alpha \neq \beta \end{cases} \quad (10)$$

By substituting Eq. (8) into Eq. (4), one can obtain the nonlinear equilibrium equations after eliminating the arbitrary nodal virtual displacement $\delta \mathbf{d}_l$ as

$$\mathbf{R}(\mathbf{d}) = \sum_l \int_0^L \mathbf{B}_l^T \boldsymbol{\sigma} dx - \mathbf{F}_l = 0 \quad (11)$$

where \mathbf{F}_l is the load vector

$$\mathbf{F}_l = \int_\Omega R_l [0 \quad \gamma]^T d\Omega \quad (12)$$

The nonlinear equation (11) is solved iteratively by the Newton-Raphson scheme in which the obtained solution is updated by an incremental displacement given through the following system of a linear algebraic equation:

$$\mathbf{K}_T \Delta \mathbf{d} = -\mathbf{R} \quad (13)$$

where the tangent stiffness matrix is defined through the partial difference of the residual force with respect to the displacement as $\mathbf{K}_T = \partial \mathbf{R} / \partial \mathbf{d}$.

The iteration is repeated until the difference between two consecutive iterations reduces below a desired error tolerance, e.g., 0.1%. For a detailed description of the solution procedure, one can refer to Tran et al. (2016), Tran and Kim (2018).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Physical mesh and boundary conditions

The physical mesh of the retaining wall is shown in Figure 1. Note that the contact condition between the wall and soil is considered as perfectly smooth with roller support and perfectly rough with hinge support as displayed in Figure 1 a&b, respectively. The passive stress state is promoted by imposing wall rotation about the bottom in clockwise direction as shown in Figure 2.

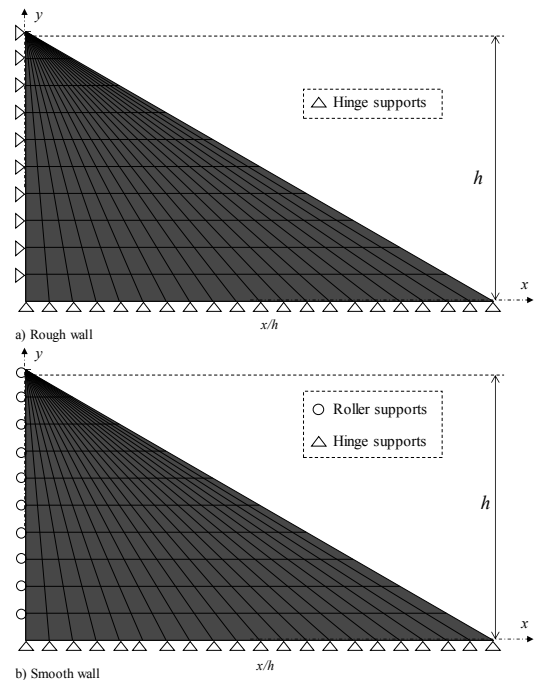


Figure 1. Physical mesh and boundary conditions

With regard to the elastic stiffness parameters i.e. Young modulus and Poisson ratio, this study refer to Girijavallabhan and Reese (1968) whereby the value of Young modulus is reduced to 200 kPa and the value of Poisson ratio is selected for 0.3. The magnitude of wall rotation is picked as $\Delta/h=5.4\%$ to be comparable with Wiesner's experiment (2000).

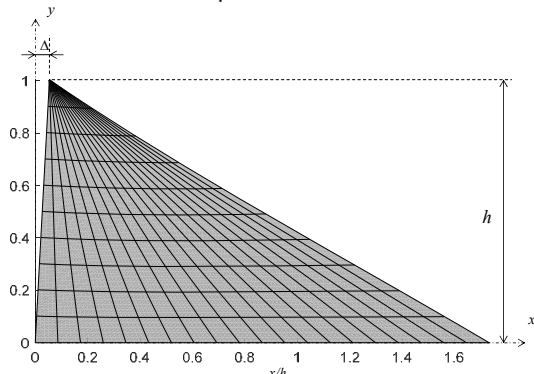


Figure 2. Imposing wall rotation at the wall base

3.2. Stress distribution behind retaining wall

The rectangular stress profiles at the base of the backfill without wall rotation is shown in Figure 3. It is seen that in stationary state, the vertical and horizontal stresses are humped profile in which the largest value at the wall. On the other hand, the maximum shear stress at a certain between the wall and the slope. This characteristic of stress distribution is analogous to that of beneath embankment resting on rigid base.

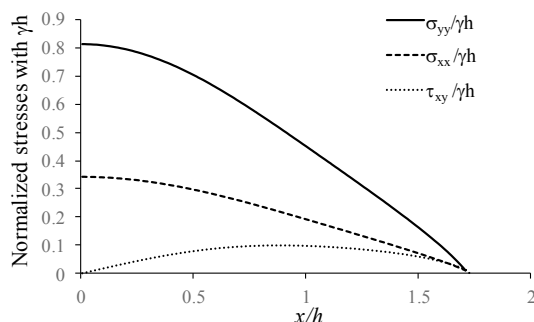


Figure 1. Stress profiles behind retaining wall without wall rotation

Once allowing the wall to rotate inward the backfill with the magnitude $\Delta/h=5.4\%$, the vertical and horizontal stresses are dropped fiercely for both rough and smooth walls at shown in Figure 4 and Figure 5, respectively. On the other hand, the wall roughness also takes effect on the stress drop as the smooth wall pro-motes more stress dip at the wall than that of the rough one. The trait of stress distribution in the backfill under the wall rotation is similar to that in the embankment subjected to base deflection as studied by Booker (1969).

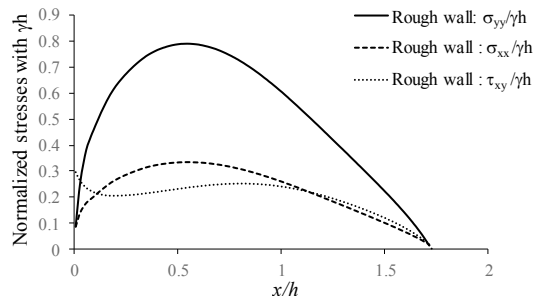


Figure 2. Stress profiles behind a rough wall with $\Delta/h=5.4\%$

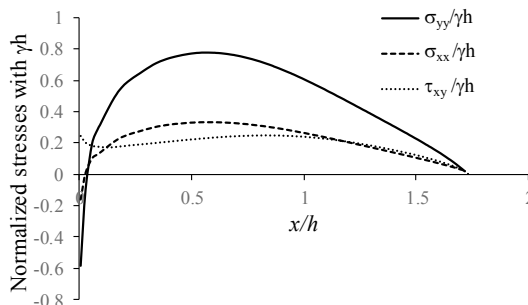


Figure 3. Stress profiles behind a smooth wall with $\Delta/h=5.4\%$

3.3. Soil arching behind a retaining wall

To elaborate the mass transfer mechanism in backfill, the connected paths of most compressive principal stress are plotted as shown in Figure 6 and Figure 7 in case of $\Delta/h=0$, $\Delta/h=5.4\%$, respectively. It is seen that the connected path is tilted according to the rotation of the wall. As defined by Wittmer et al. (1997), the soil arching has been pronounced with respect to the wall rotation. In the other words, the soil arching is numerically revealed in this study by showing the inclination of stress propagation.

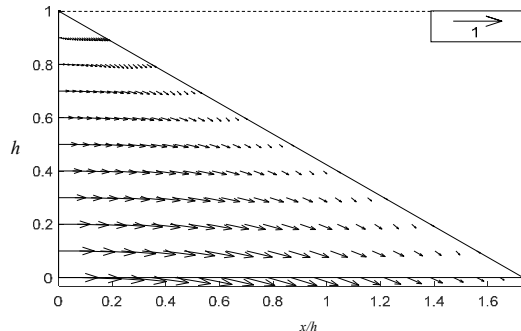
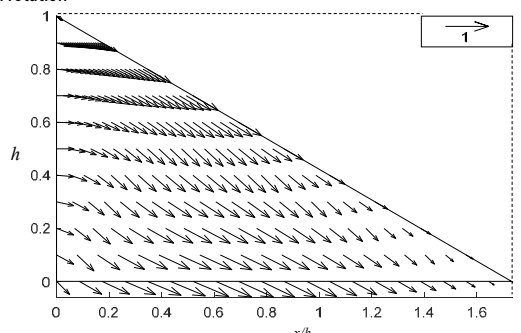
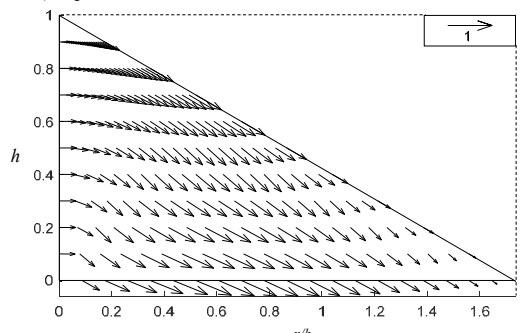


Figure 4. Trajectory of most compressive principal stress in soil behind a smooth wall without wall rotation



a) Rough wall



b) Smooth wall

Figure 5. Trajectory of most compressive principal stress in soil behind smooth and rough walls with $\Delta/h=5.4\%$

3.4 Comparison with experiments

The numerical results are compared with the experimental results carried by Wiesner (2000). The vertical and shear stress profiles in the backfill with value of $\Delta/h=0$ are in very good agreement with Wiesner’s solutions as demonstrated in Figure 8. Furthermore, the fair agreements are also found for the vertical and shear stress profiles with $\Delta/h=5.4\%$ as shown in Figure 9 and Figure 10, respectively. This trajectory of most compressive principal stress is analogous with those appeared in James and Bransby (1970), Sokolovskii (1965).

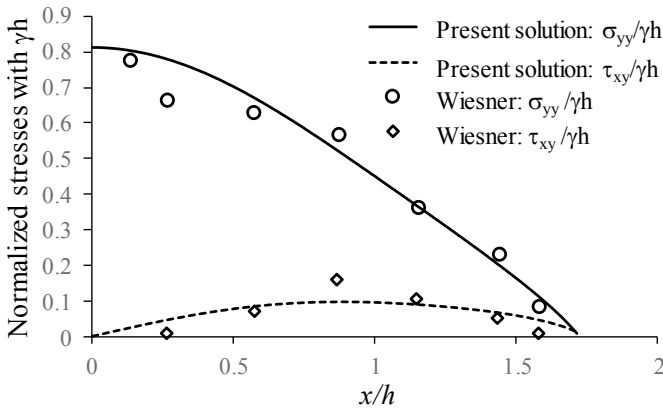


Figure 6. Comparison of stress profiles $\sigma_{yy}/\gamma h$ and $\tau_{xy}/\gamma h$ behind retaining wall without wall rotation Wiesner (2000)

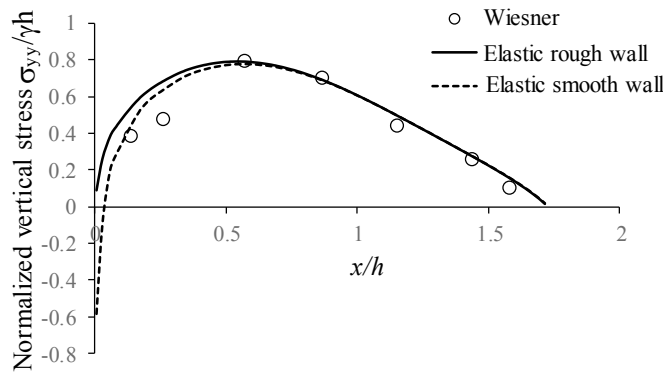


Figure 7. Comparison of stress profiles $\sigma_{yy}/\gamma h$ behind retaining walls with $\Delta/h=5.4\%$ with Wiesner (2000)

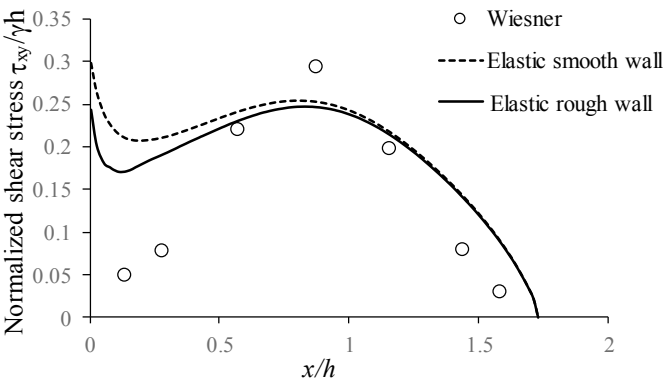


Figure 8. Comparison of stress profiles $\tau_{xy}/\gamma h$ behind retaining walls with $\Delta/h=5.4\%$ with Wiesner (2000)

4. CONCLUSIONS

The numerical model has successfully solved the stress distribution in the backfill of passive retaining wall. There are some interesting traits could be named as follows:

- The wall rotation about the bottom inward the backfill has promoted the soil arching in the backfill of a retaining wall.
- The stress drop accompanies with a significant shear stress mobilization once the wall rotating has signified appearance of soil arching. Whereas, the connected path of trajectory of most compressive stress has disclosed the formation and the realistic shape of the soil arching behind a passive retaining wall.

REFERENCES

Booker, J. R., Application of theories of plasticity to cohesive frictional soils. PhD thesis, University of Sydney, 1969.

C. V. Girijavallabhan and L. C. Reese, "Finite-Element Method for Problems in Soil Mechanics," *J. Soil Mech. Found. Div.*, vol. 94, no. 2, pp. 473–496, 1968.

I. K. Lee and J. R. Herington, "A Theoretical Study of the Pressures Acting on a Rigid Wall by a Sloping Earth or Rock Fill," *Géotechnique*, vol. 22, no. 1, pp. 1–26, Mar. 1972, doi: 10.1680/geot.1972.22.1.1.

J. P. Wittmer, M. E. Cates, and P. Claudia, "Stress propagation and arching in static sandpiles," *J. Phys. II*, vol. 7, no. 1, pp. 39–80, 1997, doi: 10.1051/jp1:1997126.

L. Piegel and W. Tiller, *The NURBS Book*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995.

L. V. Tran, J. Lee, H. Nguyen-Van, H. Nguyen-Xuan, and M. A. Wahab, "Geometrically nonlinear isogeometric analysis of laminated composite plates based on higher-order shear deformation theory," *Int. J. Non. Linear. Mech.*, vol. 72, pp. 42–52, 2015, doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2015.02.007.

L. V. Tran, P. Phung-Van, J. Lee, M. A. Wahab, and H. Nguyen-Xuan, "Isogeometric analysis for nonlinear thermomechanical stability of functionally graded plates," *Compos. Struct.*, vol. 140, pp. 655–667, 2016, doi: 10.1016/j.compstruct.2016.01.001.

L. V. Tran and S.-E. Kim, "Stability analysis of multi-layered plates subjected to partial edge compression with and without initial imperfection," *Compos. Struct.*, vol. 205, pp. 26–41, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.compstruct.2018.08.065.

R. G. James and P. L. Bransby, "Experimental and Theoretical Investigations of a Passive Earth Pressure Problem," *Géotechnique*, vol. 20, no. 1, pp. 17–37, Mar. 1970, doi: 10.1680/geot.1970.20.1.17.

T. J. R. Hughes, J. A. Cottrell, and Y. Bazilevs, "Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement," *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 194, no. 39–41, pp. 4135–4195, 2005, doi: 10.1016/j.cma.2004.10.008.

T. J. Wiesner, "Failure stresses beneath granular embankments," 2000, pp. 1–9.

V. V. Sokolovskii, *Statics of granular media*. Oxford, New York: Pergamon, 1965.

Risk analysis of bridge construction projects in the Mekong delta region under the impact of climate change

> MSE NGUYEN MINH DUC¹; PROF.DR TRAN QUANG PHU¹; PROF.DR NGUYEN BA HOANG²

¹Department of Construction Project Management, Faculty of Transport Economics.

Email: duc.nguyen@ut.edu.vn; phu.tran@ut.edu.vn

²Faculty of Transportation Engineering.

Email: hoang_ba2001@yahoo.com

ABSTRACT:

During the implementation of bridge projects in the Mekong Delta, many risk factors caused by the climate change have appeared. These risk factors directly and seriously affect the performance of the entire project. This article focuses on identifying and analyzing the risks of bridge projects in the area under the impact of climate change. The author uses survey methods, consults experts and regression analysis to clarify which risk factors are the most dangerous, thereby proposing solutions to improve risk management. The article will help bridge projects achieve better efficiency, meet the criteria in terms of progress, cost and quality.

Keywords: Bridge Projects; Risk management; Climate change

1. INTRODUCTION

Bridge projects were actively invested in the Mekong delta region during the last decades. These projects play an important role in the developing of the area. Besides, Mekong delta region is assessed to be one of the regions greatly affected by the climate change [1]. There is a closed relationship between the climate change and construction projects. Therefore, the Vietnam government expressed the serious interest in the sustainable development of the area.

Facing the situation, there were numerous reputable authors conducting researches related to risk management in construction projects. However, these studies do not clarify the risk factors formed by the climate change and the level of impact on construction works. Therefore, the purpose of this article is to identify the risk factors and analyze its influence to bridge projects in the Mekong delta under the climate change. On that basis, the research scope is bridge projects in Mekong delta region from the

year 2000 to the present. Its practical values will be applied to bridge projects and contribute to completing the risk management system.

2. RESEARCH METHODOLOGY

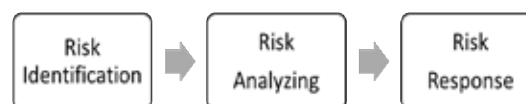


Figure 1. Risk management Process

Risk Identification:

From the project risk management process models above, it can be seen that the first step in risk management efforts is the identification of risk factors. According to Project Management Institute PMI [2] "A risk factor cannot be managed if it is not identified. That is why, the first step in risk management is to identify all the risk factors that are relevant to the project objective". Risk identification is the systematic and ongoing process of identifying, categorizing and assessing the initial significance of risks associated with a construction project [3]. To find out the risk factors, the authors use these methods:

- Checklist: The authors conduct research on scientific works of prestigious authors. These scientific works must be published in journals or recognized by the national scientific council. Through this method, a list of risk management will be found out.

- Past experience: The list above may not be suitable for the real situation in Mekong Delta, so that the authors conduct surveys of typical bridge construction projects in the Mekong Delta region. Through the review of the project's past data and the actual operation of existing projects to confirm the list and point out more risk factors. By this method, the list of risk factors will be reliable.

Risk Analysis:

Risk analysis is the calculation and measurement of the impact of risk factors on the effectiveness of a special construction project

by using measurement techniques and risk analysis methods. When analyzing risks, it is necessary to provide the level of impact and the likelihood of that risk to come up with a solution to deal with. The main input data of the risk analysis process is the process of risk identification and risk classification. The probability and impact of the risk factor are two important variables for risk assessment.

The expert interview method is used in this step. A questionnaire survey is sent to experts having intensive knowledge in construction projects to measure the impact of risk factors and its possibility.

In order to quantify the frequency as well as the level of risk, the authors build a Likert scale. In general, the Likert scale construction is used by assigning levels on an ascending or descending scale. Likert scale is divided into two types, even scale and odd scale. Even scale (4-point scale or 6-point scale) is a scale without a neutral point that requires respondents to choose between two groups of states agree and disagree, the odd scale is a scale with a neutral score showing the state of hesitation in answering (scale of 3, 5, 7 or 9 points). Although the more detailed the scale, the more accurate it is, but at the detailed level, it will be difficult for the respondents because the degree of discrimination of the level states at the score levels does not differ much. The authors use a 5-point Likert scale because it both ensures reliability and does not cause difficulties for respondents.

- The measurement of the risk factor impact:

To assess the risk factor, Linkert scale is used with corresponding score

Table 1. Linkert scale on risk factor impact

Score	1	2	3	4	5
Meaning (α)	Trivial Impact	Little Impact	Normal Impact	Great Impact	Serious Impact

- The measurement of the possibility:

To assess the risk factor possibility, Linkert scale is used with corresponding score

Table 2. Linkert scale on risk factor Possibility

Score	1	2	3	4	5
Meaning (β)	Rarely	Seldom	Occasionally	Often	Usually

The score of risk factor is counted by (α) x (β)

- Experts involved in the survey:

After building a questionnaire with a scale evaluation framework, it is necessary to determine the necessary sample size to obtain reliable results. Theoretically, it is possible to calculate the required number of samples based on the mathematical formula, typically proposed by Fellows and Liu [4]:

$$n = \frac{z^2 * s^2}{(\mu - \bar{x})^2}$$

In the above formula, we have: s is the standard deviation of the sample; z is the value representing the required confidence, with 95% or 99% confidence the corresponding value of z is 1.96 or 2.58. (μ - x) is half the width of the required confidence. However, in practice, more specifically, under the conditions of this study, it is not possible to determine the value of the standard deviation s without data collection. Another commonly used method is based on the experience of previous studies. Factor analysis requires a sample of at least 200 observations (Gorsuch, 1983); while Hachter (1994) suggests that the sample size is at least 5 times the observed variable (Hair et al., 1998). According to Bollen [5], the minimum sample ratio for a parameter to be estimated is 5 samples (ratio 5:1). The number of preliminary samples can be calculated as 4-5 times the number of variables used in the analysis of the study, especially the factor analysis. Given the nature and objectives of the study, this study preliminarily determines the sample size by 5 times the number of factors.

The participants in the survey must have more than five-year experience in construction field with following positions:

1. Owner
2. Main Contractor
3. Sub-contractor
4. Project Management
5. Design Consultant

3. RESULTS AND DISCUSSION

The questionnaire survey was sent to 50 experts in construction field by email. The results were compiled using factor analysis method. The result is showed in the table below

Table 3. The risk factor score

Risk Code	Risk Element	Impact	Possibility	Score
R1	Sea level rising	4.75	4.28	20.33
R2	Heavy rain	3.34	3.68	12.29
R3	Flooding	4.16	1.35	5.62
R4	Temperature	4.27	2.44	10.42
R5	Saltwater intrusion	4.68	1.36	6.36
R6	Storm	4.49	1.25	5.61
R7	Erosion	3.37	2.69	9.07

Through the result showed in table 3. It is clear that the sea level rising is the factor greatly influencing on the construction projects, with the score of 20.33, followed by the heavy rain and temperature, with the score of 12.29 and 10.42 respectively. Besides, the erosion is assessed as a factor having considerable impact. On the other hand, Flooding, Saltwater intrusion and Storm were considered to have a strong impact on bridge works. However, these risk factor rarely occur, this is demonstrated by the score of possibility.

Based on the result, the authors classify risk factors to three groups: Dangerous risk factor, Medium risk factor, Low risk factor.

- Dangerous risk factor: Sea level rising

This factor is caused by the melting ice in two hemispheres. Sea level rising results in the increasing of water level in the local rivers. Experts argued that sea level rising affects projects directly and indirectly. The bridge's clearance will have to be changed during the design stage, a number of old bridges are no longer operated efficiently. Sea level rise will cause old projects to be upgraded and renovated.

- Medium risk factor: Heavy rain, Temperature, Erosion

Heavy rain and erosion caused difficulties during the construction of the project, leading to the generated volume during construction. Meanwhile, high temperature affects the quality and working condition of building materials. These are all risks with high frequency in projects.

- Low risk factor: Flooding, Saltwater intrusion, Storm

This group of risk factor seriously affect the project. All Experts agree that Flooding, Saltwater intrusion, Storm are natural disasters that adversely influence quality, schedule and cost. However, these factors have a very low frequency of occurrence.

Compared with the studies conducted by Nguyen Ba Hoang [1], Dang Trung Thanh [6], Luong Phuong Hop [7], the authors have provided detailed evidence to explain the level impact of risk factors which were pointed out by the previous studies.

3. RISK RESPONSES

- Dangerous risk factor

The risk that has the highest impact on the project is sea level rising. This is a serious matter concerned by both nationally and internationally managerial organizations.

The risk response solution is built on the basis that managers have forecast information about sea level rising. This is the vital data to come up with the appropriate solution. The authors propose to use Geo Information Data (GIS) tool, GIS is a computer system build to capture, store, manipulate, analyze, manage and display all kinds of spatial or geographical data. GIS application are tools that allow end users to perform spatial query, analysis, edit spatial data and create hard copy maps. Through (GIS), the project management can obtain scenarios of sea level rising, depending on the level of risk tolerance that the manager will make to respond to risks effectively.

Besides, in the preparing stage of the project, the design work is complied with state standard. However, facing the changes in sea level, the Ministry of Construction and the Ministry of transport should conduct surveys and relevant input datas to make some changes in the standard adapting to the situation.

- Medium risk factor:

The medium risk factor group includes Heavy rain, Temperature, and Erosion. With Heavy rain and Erosion, when constructing bridge projects in the Mekong Delta, contractors must choose appropriate construction arrangement. When making the construction schedule, it is necessary to pay attention to the time of the rainy season in order to have feasible plans. Besides,

the temperature factor will affect the preservation of building materials. The management of materials on site will face more challenges, so this work should be carefully calculated in accordance with the environmental conditions.

The author recommends that, in order to adapt to climate change and manage project risks better in the future, project management boards need to be more aware of this issue. Risk management should be carried out in a proactive and systematic manner. In addition, the state's standards and regulations on construction also need changes to suit new conditions.

4. CONCLUSIONS

Project risk management is an important issue contributing to the success of the project. In the Mekong delta area. Risk management is faced with problems related to climate change. To improve the management efficiency of bridge projects in the area. This article has been identified risk factors through research of scientific literature and actual projects. On that basis, the risk factors are evaluated by experts to classify according to the level of danger.

Through the research results, bridge projects in the Mekong Delta will have more references during the implementation process. For the project management, the article will help the project manager consider and come up with appropriate solutions to the risks.

Acknowledgements

I would like to say thank you to individuals and organizations providing information for this study.

REFERENCES

- A. Fellows, R. and Liu, "Research Methods for Construction," 3rd ed. Oxford John Wiley Sons Ltd., 2008.
- Đ. T. Thành, "Nghiên cứu phát triển bền vững cơ sở hạ tầng giao thông vùng đồng bằng sông Cửu Long," 2012.
- K. A. Bollen, "Structural equations with latent variables," New York, NY John Wiley., 1989.
- K. C. Al-Bahar, J. F. and Crandall, "Systematic risk management approach for construction projects," J. Constr. Eng. Manag., vol. 116, no. 3, pp. 533–546, 1990.
- Lương Phương Hợp, "Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với các công trình kết cấu hạ tầng giao thông," Tổng Công ty Tư vấn Thiết kế GTVT TEDI.
- Nguyễn Bá Hoàng, "Đánh giá tác động và xây dựng giải pháp ứng phó với Biến đổi khí hậu nước biển dâng cho giao thông đường thủy nội địa Việt Nam," Đề tài khoa học cấp bộ, 2014.
- PMI (Project Management Institute), "Standards Committee, A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide), 4th ed.," Proj. Manag. Institute, Newtown Square, PA., 2008.

Anti-slip talus for roads, in the case of the keelung-bitou expressway in taiwan

> DR TRAN DINH HIEU, DR TRAN HUU BANG, NGUYEN HONG GIANG

Faculty of Architecture, Thu Dau Mot University, Binh Duong province

Email: hieutd@tdmu.edu.vn; bangth@tdmu.edu.vn; giangnh@tdmu.edu.vn

ABSTRACT:

The problem of accidentally charging the land and rocks on the highways along the hills or mountains is one of the dangers affecting traffic when passing these roads. In recent years, along with the development of science and technology in talus construction. It has been limited to charge the landslide in these roads. However, constructing these taluses depends on soil, land conditions, rainfall, and runoff that is deployed suitable construction method. Therefore, this study investigates the methodologies of talus construction for the Keelung expressway in Taiwan. These methodologies can be applied for topographic expressways in Vietnam in general and the Mekong Delta in particular.

Keywords: Anti-slip talus, landslide, expressway, Taiwan

1. INTRODUCTION

Landslides and rockfalls are two significant geological dangers that can result in human fatalities as well as financial damages. (Cao, Y., et al., Froude, M.J., et al., and Wei, J., et al.). More roads are being created for urban traffic as a result of growing urbanization and infrastructure building, and talus roofs of varying widths may be seen all along the expressways. Damage to these talus roofs will cause traffic congestion and may result in significant societal consequences (Runqiu, H.J.L., and Xing, H., et al.). The deformation characteristics and destructive processes of landslides have become significant variables in slope stability evaluation and reinforcement design, and the danger of landslides has become a geotechnical topic of considerable concern (Petley, D., et al.); Field measurements of slope breakdown causes and deformation characteristics (Sidle, R.C., A.J. Pearce, and C.L. O'Loughlin). In order to prevent the slope failure that can destroy the expressway, stabilization measures are often required to build a slope suitable to the geology and topography of each road. (Sidle et al.), identified five natural factors that have the greatest influence on the stability of colluvial slopes as soil properties, especially the hydrologic and mineralogic conditions that affect engineering soil behavior and strength properties of the colluvium; geomorphology, including the geologic and tectonic setting, slope gradient, and shape; hydrology, especially soil water recharge and

effective evapotranspiration rates that reflect local climate and vegetation conditions; vegetative cover, including the reinforcing effect of root systems and the loss of such strength hen roots deteriorate following timber harvesting or fire; and seismicity, especially the potential for liquefaction of marginally stable soils on steep slopes.

Taiwan is a mountainous island with an area of 36000 km². The island is on the active collision zone between the Asiatic Continent and the Luzon Arc, where the arc-continent collisions started in the Late Miocene and are still vigorously taking place (Chai, B.H.J.A.J.o.S., and Teng, L.S.J.T.). The island is also characterized by active crustal deformation (Bonilla, M., and Tsai, Y., et al.), frequent earthquakes, typhoons and high erosion rates (Tsai, Y., et al., and Dadson, S.J., et al.). Unfavorable topography and geology have affected the construction, exploitation, and maintenance of roads, bridges, and tunnels. Therefore, talus roof is an important solution for highway construction in mountainous and coastal areas to prevent accidental landslides and rockslides.

In this study, the types of talus built on the highway connecting Keelung to Bitou park will be presented based on the field observation image data. Direct observation data shows that depending on the geology and topography of each area, there are suitable types of talus to limit landslides that affect traffic on this road.

2. STUDY AREA

The Keelung – Bitou expressway belongs Provincial Highway No. 2 (Figure 2), is 21km to connect an east-west of Taiwanese highway that starts from Keelung and ends in Bitou (Figure 1). The road goes over the eastern sector of the Wuchishan Mountain range. Intense erosion and weathering process along the coastline has created a cliffy topography of which the gradient ranges from 35° to 80°. The road is also prone to rockfall and large amounts of falling debris have formed talus at the toe of the slopes (Wei, L.-W., et al.).

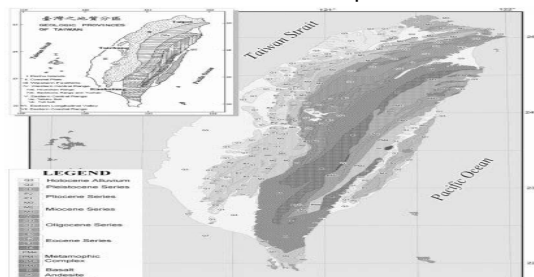


Figure 1. Generalized geologic map of Taiwan (reduced from the 1 : 250000 - scale geologic map of the CGS)

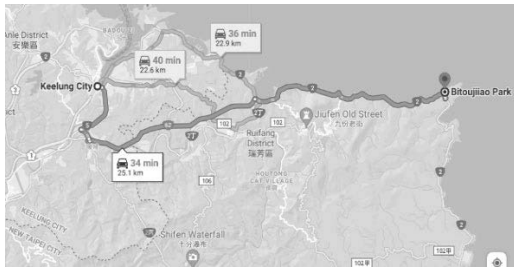


Figure 2. Keelung – Bitou expressway

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Gabion retaining walls

Gabion retaining wall walls are multi-celled, rectangular wire mesh boxes, which are filled with rocks and debris (see Figure 3). It is used for prevention of erosion, rockfall . It is also used to stabilize steep slopes. It is applied as a cooling system in hot climate conditions and supplies passive cooling by air movement. Its efficiency may enhance in the time since the vegetation fills voids and strengthens the wall structure. Soil adjustments don't negatively impact gabion walls, which is an advantage in regard to stiffer structures (reinforced concrete walls). It is permeable and is not ruined by passing water. The gabion basket dimensions are 2,0 x 1,0 x 1,0 m. Galvanized mesh has a hexagonal shape with the eye size $X \times Y = 8,0 \times 10,0$ cm.



Figure 3. Gabion retaining walls

3.2. Cantilever retaining wall

Cantilever retaining wall composed of stem and base slab. It is constructed from reinforced concrete, precast concrete, or prestress concrete. Cantilever retaining wall is economical up to height of 1.2m, thickness of base slab = (1/10 to 1/14) of its height (Figure 4). Its design bears sliding, overturning, and bearing pressure of stream and small-rockslides. However, it is affected by groundwater and subsoil water movements behind a retaining wall, whether static or percolating through a subsoil, which can have adverse effects upon the design and stability. It is built to preserve the soil masses located at suddenly abruptly changing elevation and provide lateral confinement.



Figure 4. Cantilever retaining wall

3.3. Hybrid Crib-Anchored retaining wall

They are constructed of interlocking individual boxes made from cast concrete. Deep cable rods or wires are driven deep

sideways into the earth, then the ends are filled with concrete to provide anchor. It is suited to support planter areas, but it is not recommended for support of slopes or structures. It is built by a range slope of about 50° to 55°, and its maximum length of 60 m and up to 8 m to 9 m high. However, It is damaged by groundwater level could lead to failure of the wall or an earthquake event or the steep rock slope below the toe of the retaining wall under seismic shaking. (Figure 5).



Figure 5. Hybrid crib-anchored retaining wall

3.4. Rock Bolt (Nailing)/Anchor

The rock bolt is an anchoring technology, and the load of the unstable rock mass in the surface layer is transmitted to the deep stable position of the rock and soil body through the tension rod, thereby realizing the stability of the rock mass to be reinforced. Under the action of prestressing, the rock bolt is actively stressed, and always provides resistance in the slope. To fix loose rock slope or unstable rocks at original position. The work shall be adopted for fractured or weathered rock slope is not recommended to be applied the work (Figure 6).



Figure 6. Rock bolt (Nailing)/anchor

3.5. Hybrid protection wall - protection rock net - rock catch net

To fix unstable rocks at original position and to avoid fallen rocks to reach a road, and To avoid fallen rocks to reach a road by catching a fallen rocks from slope (Figure 7). In case that countermeasure work is difficult to apply on the slope directly as rock removal or protection rock net, the work can be installed as a prevention measure. The work shall be adopted in case that the unstable rocks cannot be removed because of the site conditions. The work can be adopted on the slope where unstable rocks distributed extensively on. Since the net shall be fixed by anchor bolt on the slope, fractured or weathered rock slope is not recommended to be applied the work. The enough space to catch failed debris or rocks shall be required between slope and the wall. The net shall not be expected to deal with large energy of fallen rock. The target rock shall therefore, not be big rock or rock at high slope. In addition, It is a passive drapery system designed to control rockfall movement by guiding falling debris to a collection point at the toe of the slope.



Figure 7. Hybrid protection wall - protection rock net - rock

3.6. Hybrid barrier wall - protection rock net

To avoid fallen rocks to reach a road, To fix unstable rocks at original position (Figure 8). In case that countermeasure work is difficult to apply on the slope directly as rock removal or protection rock net, the work can be installed as a prevention measure. The work shall be adopted in case that the unstable rocks cannot be removed because of the site conditions. The enough space to catch failed debris or rocks shall be required between slope and the wall. Since the net shall be fixed by anchor bolt on the slope, fractured or weathered rock slope is not recommended to be applied the work. In addition, It is a passive drapery system designed to control rockfall movement by guiding falling debris to a collection point at the toe of the slope.



Figure 8. Hybrid barrier wall - protection rock net

3.7. Shed work

To protect a road from fallen rocks. The work can be adopted for the slope where many unstable rocks or rockfalls are very large in size which is difficult to deal with by other measures are found. This work is usually used for large-scale rockfall. The shed work has a capacity of bearing against falling rock energy. Estimated falling rock energy shall be examined in the design stage of the work (Figure 9). The shed work has a capacity of bearing against falling rock energy. Estimated falling rock energy shall be examined in design stage of the work.



Figure 9. Shed work

3.8. Tunnel - Route shift

To avoid problematic road section by shifting route. The work can be adopted for the road section which cannot be dealt by other countermeasure because of site condition or economical comparison (Figure 10). The availability shall be determined according to not only topographical and geological conditions, but economical or political planning also.

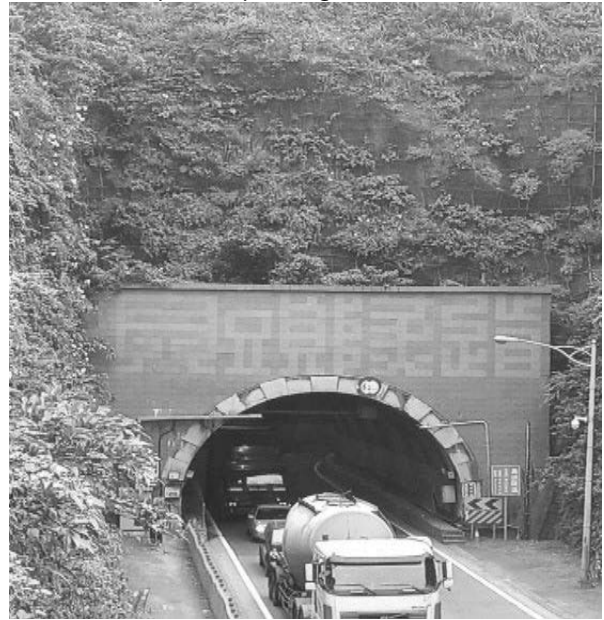


Figure 10. Tunnel - Route shift

4. CASE STUDY FOR HIGHWAYS IN MEKONG DELTA

The Mekong Delta consists of 13 provinces/cities, accounting for 12.3% of the national area, currently has 174 urban centers. The region's urbanization rate is about over 31%. The Mekong Delta has faced problems such as temperature rise, sea-level rise, ground subsidence, floods, drought, and salinization that occur frequently. With unfavorable geological and hydrogeological conditions, the construction of an infrastructure system in the Mekong Delta is a significant challenge for the development of technical infrastructure.

According to the highway planning in Mekong delta to 2030 indicated that there were five expressways and nine national highways will be constructed and upgraded (Figure 11). The expressways include MyThuan- CanTho with 32,3km long, Cantho-CaMau with 150km long, NgocHoi - ChonThanh - RachGia with 864km long, ChauDoc-CanTho-SocTrang with 200km, HaTien-RachGia-BacLieu with 225km long; and the national highways include national highway number 11 with 80.9km long, national highway number 61 with 44.3km long, national highway number 63 with 11.4km long, national highway number 80 with 183km long, national highway number 91 with 192.1km long, national highway number 91B with 15.8km long, national highway number 91C with 35.5km long, national highway number 91B with 15.8km long, N1 with 106.3km long and HoChiMinh trail with 301km long. With the transport infrastructure network that will be deployed the next time, it will face landslides and rockfalls for the roads connecting to areas in the mountains of AnGiang and KienGiang provinces. Therefore, when constructing expressways and national highways in these areas, some methods of anti-slip talus to prevent landslides/rockfalls should be implemented in accordance with the terrain that the roads pass through.

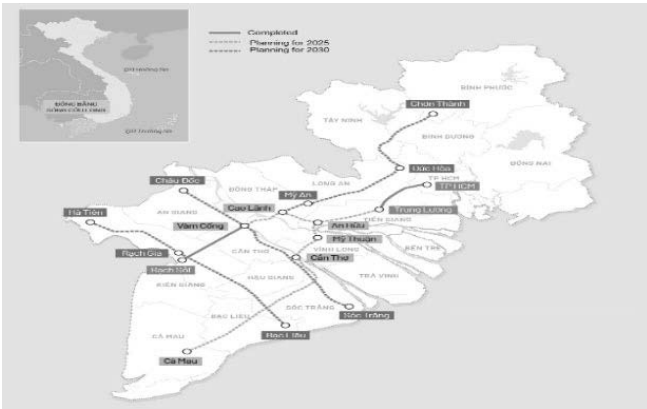


Figure 11. Planning of Highways in Mekong Delta to 2030 (Source Ministry of Vehicle and Transportation)

Predicting the causes of landslides on highways in the Mekong Delta region and taking preventative measures:

- The cause of the landslide:

+ Landslides caused by local instability are common in residential neighborhoods along the road, where residents have self-organized to deepen the slopes, creating a vast surface area flat enough to build a road at the foot of the hill. Landslides will occur in the most adverse conditions, such as extended rain and active groundwater, and the landslide will bury the households residing at the foot of the slope;

+ Landslides happen when the hillside soil becomes saturated with rainfall; they frequently happen in locations where people live primarily by farming and build their homes on the slope or at the bottom of the hill, with agricultural fields above. These highland pastures are frequently irrigated and cultivated with water from streams. When the hillside soil mass becomes saturated with water, a sliding block will form and slide down, burying the residents below.

- Landslide prevention methods:

+ The paper also offers two types of materials that are often utilized in landslide prevention strategies within the area of this paper is research. Stone Carpet, anh Nonwoven Geotextile, or High Strength Geotextile are examples of Gabion Materials.

+ These materials are commonly used for landslide embankments and have the following features:

Installation is simple and quick, which means you'll save money by cutting down on construction time.

Flexibility in form and design, making it appropriate for a variety of tough terrains.

Even in regions with complicated geology, a gravity retaining wall structure block, or a Taluy roof with an extraordinarily steep slope, is technically sensitive and resistant.

Gabion is used in conjunction with Geotextile to alleviate the problem of "breathing soil" drainage or soil wall anchoring.

As vegetation grows on it, anchor gabion, paired with huge mesh mats with a thin structure, prevents soil washout for a long period.

5. CONCLUSIONS

The highway connecting the residential area of Keelung to the tourist area of Bitou in northwestern Taiwan is one of several routes that traverse complex terrain. Therefore, in order to minimize landslides and falling rocks, the construction design has deployed 8 types of anti-slip talus on this route. These construction methods are also a useful reference channel for the design and

construction of expressways and national highways in the Mekong delta. The types of anti-slip talus will help the roads to limit landslides, reduce traffic congestion and maintenance costs in the future.

Author Contributions

Conceptualization, Discussion, and Conclusions, Material, and Methods: Nguyen Hong Giang; Writing, Original Draft Preparation: Tran Huu Bang; Writing, Review, and Editing: Tran Dinh Hieu and Nguyen Hong Giang. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Acknowledgments

We would like to thank Mr. Zhuang Yong Xian (莊永賢), Boss of Zhengjie Precision Machinery Co., Ltd. Address: Touzhou Village, Xinwu Township, Taoyuan County, Taiwan (正捷精密機械有限公司. 莊永賢 地址 : 地址 : 桃園縣新屋鄉頭洲村台湾). We also thank Mr. Chau Dinh Nguyen, current Chinese Mandarin language interpreter, address: Minhac Village, Yenhoa Commune, Camxuyen District, Hatinh Province, Vietnam.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Cao, Y., et al., Using an Extreme Learning Machine to Predict the Displacement of Step-Like Landslides in Relation to Controlling Factors. 2016. 13(4): p. 725-736.
- Froude, M.J., D.N.J.N.H. Petley, and E.S. Sciences, Global Fatal Landslide Occurrence from 2004 to 2016. 2018. 18(8): p. 2161-2181.
- Wei, J., et al., Numerical Investigation of Landslide Kinetics for the Recent Mabian Landslide (Sichuan, China). 2019. 16(11): p. 2287-2298.
- Runqiu, H.J.L., Some Catastrophic Landslides since the Twentieth Century in the Southwest of China. 2009. 6(1): p. 69-81.
- Xing, H., et al., Comprehensive Monitoring of Talus Slope Deformation and Displacement Back Analysis of Mechanical Parameters Based on Back-Propagation Neural Network. 2021. 18(5): p. 1889-1907.
- Hu, X., et al., Deformation Characteristics and Failure Mode of the Zhujiadian Landslide in the Three Gorges Reservoir, China. 2015. 74(1): p. 1-12.
- Petley, D., et al., The Use of Surface Monitoring Data for the Interpretation of Landslide Movement Patterns. 2005. 66(1-4): p. 133-147.
- Sidele, R.C., A.J. Pearce, and C.L. O'Loughlin, Hillslope Stability and Land Use. 1985: American geophysical union.
- Chai, B.H.J.A.J.o.S., Structure and Tectonic Evolution of Taiwan. 1972. 272(5): p. 389-422.
- Teng, L.S.J.T., Geotectonic Evolution of Late Cenozoic Arc-Continent Collision in Taiwan. 1990. 183(1-4): p. 57-76.
- Bonilla, M., Summary of Quaternary Faulting and Elevation Changes in Taiwan. 1977.
- Yu, S.-B., H.-Y. Chen, and L.-C.J.T. Kuo, Velocity Field of Gps Stations in the Taiwan Area. 1997. 274(1-3): p. 41-59.
- Tsai, Y., et al., Tectonic Implications of the Seismicity in the Taiwan Region. 1977.
- Dadson, S.J., et al., Links between Erosion, Runoff Variability and Seismicity in the Taiwan Orogen. 2003. 426(6967): p. 648-651.
- Wei, L.-W., et al., The Mechanism of Rockfall Disaster: A Case Study from Badouzh, Keelung, in Northern Taiwan. 2014. 183: p. 116-126.

Synthetic modeling of EM34 in detecting the shallow clayey layer in aquifer system

Xây dựng mô hình tổng hợp để đánh giá phương pháp EM34 trong việc nhận diện tầng sét nông của hệ thống tầng chứa nước

> **THANH QUOC TRUONG^{1,2,4}, TIN TRUNG NGUYEN^{1,2,3}, THO TRUONG NGUYEN^{2,3}, PHUOC HOAI LE^{2,3}, KHANG LE DINH TRAN^{2,3}, HUNG TAN PHAM^{2,3}, MARC DESCLOITRES^{1,4}**

¹ Joint International Laboratory Lecz-Care, Ho Chi Minh University of Technology (HCMUT)

² Faculty of Geology and Petroleum Engineering, HCMUT

³ Office for International Study Programs, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT),

⁴ IGE, Institut Des Geosciences De L'environnement, University Grenoble-Alpes, France

TÓM TẮT:

Việc thu thập thông tin về các lớp sét là rất cần thiết vì các lớp sét có thể đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ các tầng chứa nước nông khỏi sự nhiễm bẩn từ bề mặt. EM34 là một trong những phương pháp địa vật lý đơn giản bằng cách áp dụng nguyên lý điện từ để đọc trực tiếp và nhanh chóng độ dẫn điện biểu kiến dưới bề mặt. Để đánh giá khả năng nhận diện sét của phương pháp EM34, tổng cộng 42 mô hình tổng hợp đã được xây dựng tại các độ sâu và độ dày khác nhau của lớp sét đặt nằm giữa các lớp cát. Các mô hình này được chuyển thành dữ liệu và thêm nhiễu ngẫu nhiên 2%, sau đó được minh giải theo quy trình bằng cách sử dụng phần mềm IXID. Từ việc so sánh các mô hình tổng hợp và các mô hình sau minh giải cho các kết quả tiềm năng rằng phương pháp EM34 có thể nhận diện tốt độ dày và độ sâu của lớp sét nông nằm từ bề mặt đến độ sâu 30 mét. Tuy nhiên, việc ước tính độ dẫn điện của đất sét và sự hiện diện của sét dưới độ sâu 30 mét được coi là kém hơn. Một tuyến đo thực địa đã thực hiện với tổng cộng 47 điểm được minh giải với kết quả hai lớp cho thấy sự thay đổi địa chất của đất sét dưới bề mặt với sự hiện diện rõ ràng của một "trũng" sâu. So sánh kết quả của dữ liệu thực địa với mô hình tổng hợp cho thấy có vấn đề với độ chính xác của EM34 đối với lớp sâu. Mô hình tổng hợp chỉ ra rằng EM34 có thể được sử dụng tốt để khảo sát các thành tạo sét ở độ sâu nông (từ 0 đến 30 mét)

Từ khóa: EM34, phương pháp điện từ thời gian, xác định lớp sét, mô hình tổng hợp.

ABSTRACT

It is essential to get information on clayey layers, which may play a significant role in protecting shallow aquifers thanks to their low hydraulic conductivity from surface contamination. One of the simple geophysical instruments is EM34 which applies the electromagnetic principle to read directly and quickly the apparent electrical conductivity of the subsurface. To evaluate the EM34's detectability of clay, a total of 42 synthetic models were built at different top depths and thicknesses of clay between sand layers. Synthetic models were then transferred and added 2% random noise and interpreted followed to a procedure by using IXID software. The comparison of synthetic models and new interpreted models gives potential results that EM34 is well able to detect the presence (the thickness and the top depth) of the shallow clayey layer from the surface to 30-meter depth. However, the estimation of clay's conductivity and the presence of clay under 30-meter depth are worse regarded. A field survey carried out with a total of 47 soundings was interpreted with a two-layer solution revealing a lateral geologic change of clay in the subsurface which shows an obvious presence of a deep "valley". The comparison with synthetic modeling indicates a problem with the accuracy of EM34 for the deep layer. The synthetic modeling suggests the EM34 is well taken for surveying clayey formations at shallow depth (from 0 to 30 meters).

Keywords: EM34, Frequency Electromagnetic Method, Clay detection, Synthetic Modeling.

1. INTRODUCTION

In sedimentary aquifer systems, the clayey layer plays an important role in offering a protection to the underlying aquifer from the surface contaminants which can infiltrate through the ground, such as, pesticide, fertilizer and other chemical pollutant from domestic uses. The clayey overburden which is characterized by a good lateral continuity provides a good protective capacity^[3]. A small presence of a discontinuity in the clayey layer can facilitate the infiltration of pollutants into the aquifer. As a result, it is essential to get information on clayey layers, which may play a significant role in protecting shallow aquifers thanks to their low hydraulic conductivity that acts as a “barrier” to vertical fluxes. Fortunately, terrain conductivity meter (EM34) which is a simple electromagnetic method allows the operator can read directly and quickly the apparent electrical conductivity of the subsurface.

Between the considerable amount of geophysical literature dealing with FEM technique, most of them used one of the best equipment available in the world, the EM34 (Geonics Ltd., Canada). *Bartolino and Sterling (2000)* have employed electromagnetic surveys (TDEM and EM34) to provide the presence of clay-rich layers in alluvium for quantifying the amount of water transmitted between aquifer systems that EM34 is used at a second phase in order to determine the distribution of hydrologically significant clay-rich sediment in the inner-valley alluvium. *Triantafyllis and Lesch (2005)* have used Electromagnetic induction (with EM34) as an alternative method for providing spatial distribution of bulk soil average clay content to a depth of 7 m instead of geostatistics. *Burrell et al. (2008)* has used EM31 and EM34 conductivity data to map the current and old stream channels and to determine the thickness of the stream sediments and the geological formation. *Zogala et al. (2009)* carried out EM31 and EM34 surveys for the investigation of oil-contaminated soils in a former underground fuel base at Borne Sulinowo, NW Poland. *Triantafyllis and Buchanan (2010)* used EM34 surveys to map the spatial distribution of saline subsurface material to assess salinity hazards and manage environmental problems. With the possibility of mapping terrain conductivity rapidly; furthermore, the sample volume is averaged in such a manner as to yield unexcelled resolution in conductivity. The EM34 is employed in a variety of investigations and this potential equipment can be applied in this study.

Electromagnetic (EM) soundings are commonly used in the exploration of several resources in terms of hydrogeological and environmental studies^[4]. The EM soundings are normally used to map structures or variations in lithology, and delineation of resources. Moreover, EM soundings are also used in engineering studies to determine material properties of rock or indicate conductive features, anomalies. EM soundings are theoretically made to determine the electrical conductivity, which is the inverse of electrical resistivity, of the subsurface with depth. The frequency-domain electromagnetic method (FEM), especially, EM34 instrument measures the apparent conductivity of the underlying earth by changing both parameters: intercoil spacing and dipole orientation. After the measurements, the measured conductivity soundings are interpreted into a multilayer system for confirming the presence of a clayey layer (high conductivity layer) at shallow depth by using IX1D software. This work is known as Inversion Modeling in which the multilayer parameters: the electrical conductivity and thickness of each geologic unit are calculated from a raw dataset of the measured apparent conductivity. In contrast, Forward Modeling is able to compute the apparent conductivity instrument readings given a known

geological model with the thickness and electrical conductivity of subsurface units.

In this study, the primary objective is using synthetic modeling to check the interest and limitations of the FEM technique and answer whether FEM, specifically EM34, can detect effectively shallow clayey layers when applied in a particular subsurface environment. The theory of the FEM method and the principle of EM34 is demonstrated in section 2. The way how to perform numerical modeling will be described in detail in section 3. After that, the results aggregated and evaluated in EXCEL in section 4. Then a field data interpretation and comparison is presented in section 5 to apply the synthetic modeling work into a practical field test. Some conclusions about the efficiency of EM34 in clay detectability are stated at the end of this study.

2. METHODOLOGY

Electromagnetic sounding methods include natural-field methods such as Magnetotelluric (MT) and controlled-source induction methods which generate the electromagnetic field in which the frequencies are low enough (low induction number) that the measurement distance is less than the free-space wavelength. In this study we use the controlled-source induction method, which is frequency domain electromagnetic induction or FEM method. Theoretically, while FEM measurements made at large source-receiver separation are influenced by deep layers, shallow layers affect the measurements made at small separations. Hence, a set of such measurements made at various spacing contains data corresponding to the variation of conductivity with depth which is the fundamental working of the FEM method. In this study, the FEM survey was carried out by using EM34 which is a simple-to-operate, cost- and time-effective instrument from Geonics.

Basically, the alternating current through the transmitter coil generates a primary magnetic field which induces a small current in the earth. The secondary magnetic field (H_s) which is sensed with the primary field (H_p) is received by the receiver coil. The secondary magnetic field is a complicated function of the operating frequency f , the ground conductivity σ , the intercoil spacing s . Under a certain constraint “low induction number”, the secondary magnetic field function is reduced to a simple expression which is linearly proportional to the ground conductivity. These constraints are incorporated in the design of the EM34-3 whence the secondary magnetic field is shown to be:^[1]

$$\frac{H_s}{H_p} \approx \frac{i\omega\mu_0\sigma s^2}{4} \quad (1)$$

where

H_s = secondary magnetic field at the receiver coil

H_p = primary magnetic field at the

$\omega = 2\pi f$ with f = frequency (Hz)

μ_0 = permeability of free space

σ = ground conductivity (mS/m)

s = intercoil spacing (m)

$i = \sqrt{-1}$

In an inhomogeneous environment which the Earth is not assumed to be horizontally stratified. If H_s/H_p is given, the apparent conductivity indicated by the instrument is defined from the equation as:

$$\sigma_a = \frac{4}{\omega\mu_0 s^2} \frac{H_s}{H_p} \quad (2)$$

At the beginning of the profile survey, make an initial set-up with the instrument EM34, such as, connect cables to the transmitter and receiver console, check battery indicator, electronic nulling to remove any offset in the output circuitry. Then, the procedure of taking a measurement at one station includes 5 main steps. First of all, the transmitter operator stops at the measurement station then the receiver operator moves the receiver coil backwards or forwards until his meter indicates correct intercoil spacing. Secondly, at the transmitter console, the operator turns the switch ON and adjusts the certain parameters which we want to investigate, such as the intercoil spacing (10m, 20m or 40m) and the sensitivity of the measurement (High/Low). Afterward, the receiver operator reads the average value of the resistivity from the console of the receiver and writes it in a prepared sheet. Measurements at each station are made in both the vertical and horizontal dipole position to give an indication of the conductivity variation. As a result, when the first coil orientation (such as HMD) operation is finished, the operators of two coils change coil orientation to the other (VMD). The value of conductivity is read and recorded again in a sheet, then they move the instrument to the next station. The location of the center between two coils contemporarily is obtained from a GPS instrument by another operator at each station. The UTM (Universal Transverse Mercator) coordinate is recommended to be used in the measurement because the meters' base unit of UTM coordinate makes conversions and measurements easier and the system is convenient for mapping small profiles. Each station normally takes approximately from 20 to 30 seconds for both dipole modes HMD and VMD. This workflow is the same for all next station points.

3. NUMERICAL MODELING

The workflow of synthetic modeling is simply described as a followed diagram:

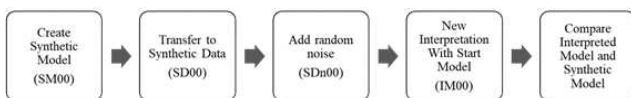


Figure 1 The simple workflow of synthetic modeling

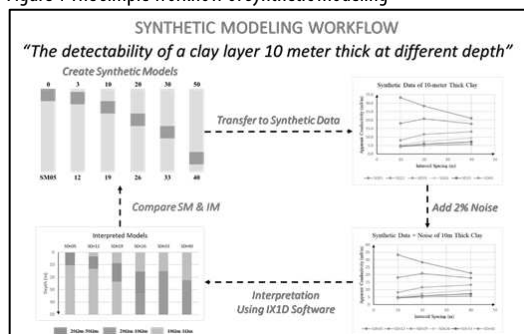


Figure 2 The synthetic modeling workflow for detecting shallow clayey layer with 10 meter thick at different depths

Initially, a variety of synthetic models were built to approach the intention of synthetic modeling. The synthetic modelling aims to answer a typical question as: "Is EM34 able to detect a clay layer of various thicknesses at various depths?". A synthetic model (SM) essentially consists of the thickness and electrical conductivity of component units. Firstly, synthetic modeling of EM34 was conducted based on the resistivity ranges obtained from the borehole log database and direct electrical resistivity

measurement at some outcrops. The standard tabular model is set up as base geometries by increasing the depth and thickness to a clayey layer between sand layers. The typical resistivity or conductivity for each component layer is also defined respectively 20 Ω m or 50 mS/m for clays and 200 Ω m or 5 mS/m for sand. These resistivity values are measured averagely and observed from the borehole log database near the second EM34 survey line and an additional resistivity database from the outcrop at the first EM34 survey line.

The clayey unit thickness which needs to be tested was formerly determined from thin clayey layer 0.5 meters to thick clayey layer 20 meters: 0.5 m; 1 m; 3 m; 5m; 10 m; 15 m; 20m. The increasing depth of the clayey layer is at the surface (0 m); 3 m; 10 m; 20 m; 30 m; 50m. Thus, there are 7 thicknesses and 6 depths of clayey layer which need to be tested in this synthetic modeling section. Therefore, a total of 42 synthetic data sets created from 42 synthetic models is named from SD01 to SD42. For instance, the SM14 structure represents a 20-meter thickness of clayey layer bounded by a top 3-meter thin sand and sand substratum and its conductivity value ranges from 5 mS/m (200 Ω m) to 50 mS/m (20 Ω m) and 5 mS/m (Ω m) respectively. All the geophysical synthetic modeling was carried out with the use of the IX1D software to generate 6 synthetic apparent conductivity values of VMD and HMD of 10-meter, 20-meter, 40-meter for each synthetic model. A total of 252 synthetic data points (VMD-10, VMD-20, VMD-40, HMD-10, HMD-20, HMD-40) are shown in Table1 from 42 synthetic models. Subsequently, 2% of random noise was added to synthetic data to take into account more realistic field conditions. It's then named from SDn01 to SDn42.

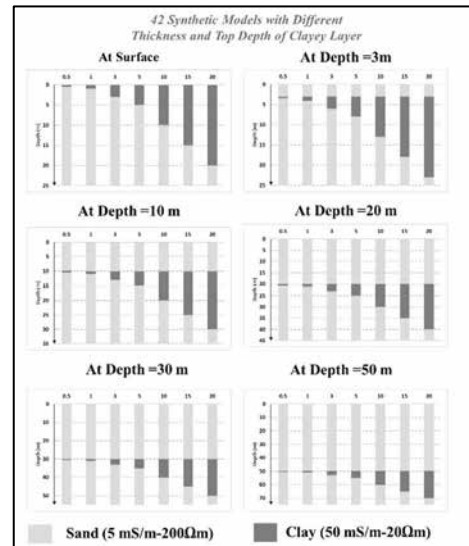


Figure 3 All 42 synthetic models with increasing in depth and thickness of clayey layer

The inversion procedure of EM34 synthetic datasets were also carried out using the IX1D-EM Conductivity Sounding section which considers a 1D horizontal model. The loading procedure of raw datasets into IX1D software is represented in Appendix. From the raw dataset, a prior model is created manually based on the apparent conductivity figuration and it's called the "Starting Model" (StM). There are then repeated steps that the interpreted model's data is minimized closely to the raw data in order to get the best fit result. To select the suitable StM for inversion of each synthetic dataset, the comparison depends on two factors: the fitting error value and the similarity of the result, i.e. the "Interpreted Model", IM, to the original synthetic model SM.

The first model, StM1, based on the increasing or decreasing of conductivity data against the intercoil spacing increase of HMD or VMD measurement. The interpretation of StM1 with every simple dataset is used when there is no information about the geology of subsurface or any additional geophysical data, and it is also a useful model for the beginner of EM34 interpretation. It is proposed that when 6 data points (VMD and HMD) or 3 data points (VMD/HMD) show an increasing pattern of apparent conductivity with penetration depth, the model structure of the StM will also have 3 three layers which are increasing conductivity with depth and vice versa. The conductivity value of each layer in the model is chosen equal to the apparent conductivity from the dataset. For example, the first model StM1 of a slight decrease of apparent conductivity with depth can be 5-meter thin layer (50 mS/m) at the surface, a thick layer (5 mS/m) at the bottom, and a 15-meter layer (with a middle value between 5 mS/m and 50 mS/m, such as 27 mS/m) in the middle. The second StM2 model based on the presence of a clayey layer at shallow depth according to the objective of this study. This consists of a top 5-meter unsaturated sand (5 mS/m), 15-meter clayey layer (50 mS/m), and a saturated sand layer (15 mS/m) at the bottom. As a result, the model StM will be similar to field conditions and have a better capability to detect clay zones or clayey layers.

Some SM models are chosen within 42 SM models to apply two StM models in the interpretation for selecting the best starting model. The selected StM model will be applied for all SM models. Some SM models are compared with their new IM models produced using successively StM1 and StM2 with two multiple iterations. Two multiple cycles of iterations are indeed enough to obtain a convergence of the RMS to a stable minimum value. The results indicate that the StM2 models will effectively give a better fit and close interpreted models which reveal a presence of clay than StM1 models. Subsequently, the best starting model StM2 is described as a 15-meter thick clay with the conductivity of 50 mS/m (20 Ω m) bounded by a top 5-meter thick unsaturated sand (5 mS/m or 200 Ω m) and saturated sand (15 mS/m or 66.6 Ω m).

The interpreted models are obtained by the inversion with the StM2 for the 42 synthetic datasets with a constant number of multiple iterations. The interpreted results were considered acceptable when the root mean square factor (RMS) of fitting error between raw data and calculated data is less than 1.5% due to 2% noise factor. In addition, the preliminary interpretations of all datasets have significant 1st and 2nd RMS values. Therefore, we decided to increase the number of multiple iterations at 3 instead of 2, that means the inversion will be stopped at the 3rd multiple iterations with the start model in order to get the interpreted thickness and conductivity range value of geologic units from each dataset. The workflow of synthetic modeling summarized below describes the procedure of evaluating the detectability of a 10-meter thick clay layer at different depths (at surface, 3m, 10m, 20m, 30m, 50m).

4. RESULT

The inversion of 42 synthetic datasets commonly result in a three-layer structure which consist of electrical conductivity (EC1) and thickness (T1) of first layer, electrical conductivity (EC2) and thickness (T2) of second layer, and electrical conductivity (EC3) of third layer [2]. Occasionally, if the EC of a layer is approximately EC of an adjacent layer, we decide to give a two-layer solution. The new layer is a layer whose thickness is the sum of two thicknesses and the electrical conductivity is the average EC value of both

layers. From 42 interpreted models, the preliminary evaluation of the clayey layer is carried out and the electrical conductivity, the thickness of the clay layer, and the depth to top of the clayey layer are gathered in EXCEL file in order to make different comparisons between interpreted clayey layer and synthetic clayey layer. Results showing various responses of EM34/FEM in detectable clayey layers are presented below.

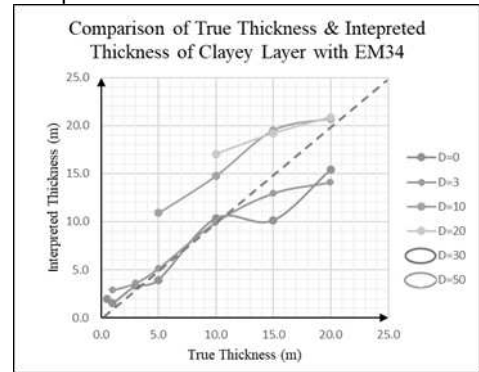


Figure 4 Comparison of true thickness and interpreted thickness of clayey layer

The first graph shows the comparison between the interpreted thickness and true thickness of clayey layer at different true depth of clayey layer. While the horizontal axis is the true thickness of the clayey layer in meters, the vertical axis is the interpreted thickness in meters. Different line's colors illustrate the true depth of the top of the clayey layer in meters: at surface (0m), 3m, 10m, 20m, 30m, 50m. The red dash line with the coefficient 1 which means that the true thickness is equal to the interpreted thickness or the EM34 method is able to quantify the thickness of the clay. It is clear from the chart that clay is not detectable at the 30-meter (blue) and 50-meter depth (green). For example, the interpreted synthetic model of clayey layer at 50-meter depth firstly indicates that there is no layer of roughly 50mS/m and an infinite thickness layer of clay at ≈ 32 mS/m if clay's conductivity is assumed to be nearly 20mS/m. Moreover, the thickness of a clay layer situated at depths of 10 and 20 meters is systematically overestimated by approximately 50%. At the depth at 3 meter and at the surface, the interpreted thickness is roughly the same as the true thickness but when the clayey layer is thicker than 10 meter, the method is slightly underestimated. As a result, the method can detect the shallow clayey layer's thickness which coincides with the interpreted thickness. In particular, for clayey layers which are thin or thick in the first 10 meter, its thickness is very well defined and if the clay is situated deeper from 10 to 20 meter, its thickness is slightly overestimated, and this confirms that shallow clayey layer is well detected by EM34.

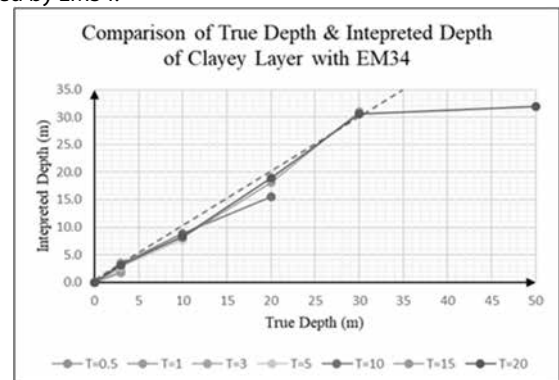


Figure 5 The comparison of true depth and interpreted depth of clayey layer

The second graph was established to evaluate the efficiency of the EM34 method in detecting the top depth of a clayey layer. This line chart compares the interpreted top depth in terms of true top depth of clayey layer at various true thickness. The horizontal axis represents the true top depth of the clayey layer in meters, and the vertical axis is the interpreted top depth in meters. A wide range of line's colors illustrate the true thickness of the clayey layer in meters: 0.5m, 1m, 3m, 5m, 10m, 15m and 20m. The red dash line with the coefficient 1 meaning the true top depth is equal to the interpreted top depth of the clayey layer or the EM34 method is able to effectively quantify the top depth of the clay. It can easily be seen that as the clayey layer is thinner, the method cannot detect the presence of the clay at lower depth. Additionally, the interpreted depth is slightly equal to true depth from 0 to 30 meter and the result is strongly underestimated when the clayey layer's top depth is over 30 meter. Eventually, the EM34 method is able to detect efficiently the depth to the conductive substratum (clayey layer) up to 30 meter.

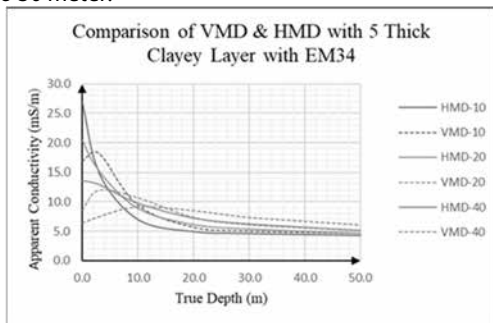


Figure 6 The comparison of VMD and HMD data with 5-meter thick clayey layer

The third line chart represents the comparison of synthetic apparent conductivity data of a 5-meter thick clayey layer between VMD and HMD of 3 three intercoil spacing at different depths. While the vertical axis indicates the synthetic apparent conductivity data in mS/m in the range from 2.0 to 32 mS/m, the horizontal axis shows the contribution of true top depth of the clayey layer to the dataset in meters. The different colors of solid lines represent the horizontal mode dipole's data of 10-meter, 20-meter, 40-meter intercoil spacing, and the dash lines are conversely vertical mode dipole's data. This line chart initially illustrates the fact that the sensitivity of the method is the best between 0-meter and 10-meter depth of the clayey layer because of the difference in apparent conductivity data of components: VMD and HMD.

Moreover, if the clay is situated between 10 meter and 30 meter, it still shows a sharp difference between VMD and HMD. However, the difference between values of VMD and HMD is very small when the top depth of the clayey layer is lower than 30 meter. As can be seen from the Figure 7 which describes more detail with small-scale or apparent conductivity data, if a deep clay is from 20 to 30 meter, the EM34 method has to measure the apparent conductivity data from 4.5 to 7 mS/m but the variation of noise is very high in the field. Subsequently, it's difficult to get data and interpretation of deep clayey layers because the range of apparent conductivity is very small. Hence, the method needs to measure good data and limit the noise effect in order to be able to obtain the possibility of interpretation of deep clay.

An additional fifth line chart is made to compare between the interpreted conductivity and true conductivity of clayey layer at different thickness and true top depth of clayey layer which means to check the detectability of correct conductivity value of clay. The

horizontal axis is the true thickness of the clayey layer in meters, the vertical axis is the interpreted electrical conductivity of the clayey layer in meters. Different line's colors describe the true top depth of the clayey layer in meters: at surface (0m), 3m, 10m, 20m, 30m, 50m. The red dash line with the interpreted conductivity of clay is 50 mS/m which means that the interpreted conductivity coincides with the true conductivity of clay or the EM34 method is able to effectively quantify the electrical conductivity of the clay. The clay is truly interpreted as the true value of conductivity or resistivity when it's well defined that the clay is more than 5-meter-thick and close to the surface from 0 to 3-meter depth. If the clay is deep, the conductivity is strongly underestimated.

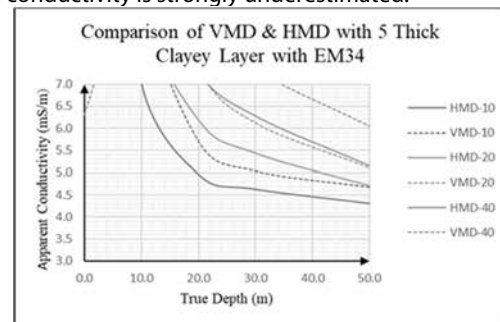


Figure 7 The comparison of VMD and HMD with 5 meter thick clayey layer with EM34 in the range apparent conductivity from 3 to 7 mS/m

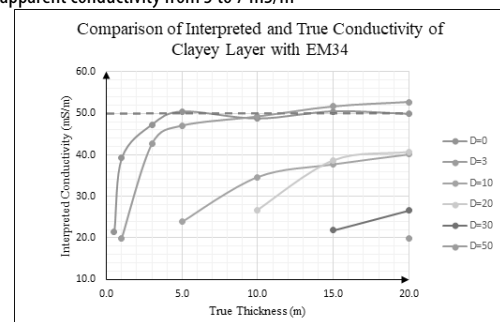


Figure 8 The comparison of interpreted and true conductivity of clayey layer

In general, although the EM34 method is not chosen for good estimating conductivity value of clay, it's well able to detect the presence: the thickness and the top depth of shallow clayey layer from surface to 30-meter depth. In contrast, the inaccuracy and uncertainty of the EM34 method moderately increases with depth when the clayey layer is situated deeper than 30 meter.

5. FIELD EXAMPLE



Figure 9. A general view and location of study area in Google Earth showing the profile EMLINE1 contains 47 data stations.

In this study, an example of field survey is presented to illustrate the efficiency of EM34 and to compare with synthetic modeling statements. The survey EMLINE1 was carried out at a large paddy field in Cu Chi area, Ho Chi Minh city and near Saigon River where it is convenient to take a sounding measurement with

all 10, 20 and 40-meter intercoil spacing. The profile ranges approximately 1,170 km long with 47 soundings (from EM01...EM39, EM41, EM43, EM45, EM47, EM49, EM51, EM53, EM55) which are 20 meter separately. Moreover, the location does not appear a strong effect of noise due to the absence of nearby powerlines or metallic overburden objects. Although some fittings do not comply with an acceptable RMS of less than 5% because of the discrepancy of HMD and VMD fitting in the interpretation, the data is acceptable due to the calibration of the instrument EM34. The data is demonstrated in a graph of measured conductivity (apparent conductivity) and effective depth which is correlated with the selection of intercoil spacing and coil orientation in figure below. The purple square marks show the HMD (vertical coil) data, while the blue ones are the VMD (horizontal coil) data.

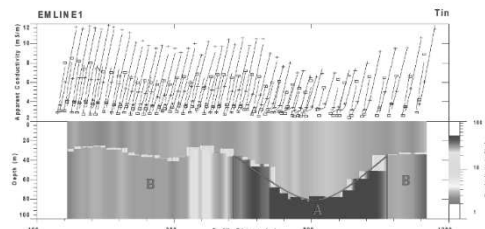


Figure 10 EM34 field data and interpreted result (2D model) of EMLINE1 survey, respectively showing (A) the presence of “valley”; (B) intermedia depth of clay at roughly 30 meter

Along the profiles, there is no evidence of shallow clayey layers (0-15-20 m). We know from the synthetic modelling that this range of depth is the highest range of sensitivity of the method, so we can have confidence in this result. The section can be divided into two segments A (530m to 1,030m) & B (the other distances). Segment A & B both contain conductive substratum (blue zone) underlain by a resistive layer (orange zone). Segment B situated at the edge of the section is a total of 670m long. It shows that there is a clayey layer that has a top depth of approximately 30 meters and does not change much laterally. However, the top depth of clay is nearly 40 meters at a distance of 350-meter distance. Segment B has a light blue color which indicates the lower conductivity of clay nearly 30 mS/m. In contrast, segment A shows a deeper clayey substratum and has a pattern of a valley. This “valley” has the deepest top depth of clay is nearly 75 meters at an 845-meter long distance. However, the conductivity value of clay is very high, roughly 100-200 mS/m, but the conductivity value of the upper resistive layer remains constant in range from 2.5 to 3.7 mS/m similar to segment A. Some attempts in fixing the conductivity value in segment A at lower value (30-50 mS/m) have been done and the results are showing that the top depth of the clayey layer is more shallow (50-65 m) than the old result, but the RMS value increases from 4 to 6%.

These results are then compared with the synthetic modeling to examine the effective range with the FEM method and to answer whether these results are potentially accurate concerning the real subsurface. At segment B, the top depth of the clayey layer is approximately 30 meters and it can be trusted to be slightly equal to the true depth in real subsurface because EM34 effectively detects conductive substratum at this range of depth. However, the conductivity value of clay is underestimated at this depth, which means the true electrical conductivity has a much higher value than the interpreted value (27-31 mS/m). The “valley” at segment A is considered to be not a good result according to synthetic modeling conclusions. The top depth and electrical conductivity of the clayey layer at this segment is very deep (from

40 to 80 meters) which the method gives a strongly poor estimated result at the range over 30-meter depth. As a result, segment B should provide a better result than segment A in terms of electrical conductivity and top depth of clay.

6. CONCLUSIONS

It is essential to get the information of the presence of shallow clayey layers for checking the continuity of clayey overburden the aquifer system from infiltration of surface contaminants. The EM34 instrument which applies frequency electromagnetic method is selected to make an experiment because it can measure directly the apparent electrical conductivity of the subsurface. This instrument is a cost-effective and not a time-consuming geophysical technique for make a sounding or mapping in the field. A total of 42 synthetic models were built at different top depths and thicknesses of clay between sand layers to test the efficiency of EM34 in detecting the accurate presence of the shallow clayey layer. In the workflow, synthetic models were then transferred and added 2% random noise and interpreted followed to a procedure by using IX1D software. The comparison of synthetic models and new interpreted models emphases that EM34 is well able to detect the presence (the thickness and the top depth) of the shallow clayey layer from the surface to 30-meter depth. However, the evaluation of clay's conductivity and the presence of clay under 30-meter depth suggest that EM34 should not be selected for making an investigation to estimate the electrical conductivity or to identify the deep clayey layer.

From a total of 47 soundings with a two-layer solution of the field survey, there is no evidence of shallow clayey layers in 0-20 meters but there is a clayey layer at an intermediate depth of nearly 30 meters which the method is sensitive at this range of depth proved by synthetic modeling section. These results may additionally indicate that there is a lateral geologic change of clay in the subsurface which shows an obvious presence of a deep “valley”. In conclusion, the EM34 is a very effective instrument for the use of surveying quickly the clayey formations at shallow depth (from 0 to 30 meters). It also can be used for further studies, such as, mapping the continuity of the shallow clayey layer or mapping promptly the variation of apparent conductivity with depth.

ACKNOWLEDGEMENT:

This study was financed by different sources: the LEZ-CARE International Joint Laboratory, the French Embassy in Vietnam, the CARE laboratory and the Faculty of Geology (GEPET) of the Ho Chi Minh University of Technology (HCMUT), the IGE laboratory.

References
 [1] McNeill, J.D. (1980), Electromagnetic Terrain conductivity measurement at low induction numbers, Technical TN-6, Geonics Limited/Geonics Limited.

[2] McNeil, J.D. (1980), EM34-3 Survey Interpretation Techniques, Technical Note TN-8, Geonics Limited.

[3] James R. Bartolino, J. M. (2000). Electromagnetic Surveys to Detect Clay-rich Sediment in the Rio Grande Inner Valley, Albuquerque Area, New Mexico. US Department of the Interior, US Geological Survey.

[4] Ogungbemi, O. S., Badmus, G. O., Ayeni, O. G., & Ologe, O. L. U. W. A. T. O. Y. I. N. (2013). Geoelectric Investigation of Aquifer Vulnerability within Afe Babalola University, Ado-Ekiti, Southwestern Nigeria. IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics, 1(5), 1-7.

[5] Shiraz, F. A., Ardejani, F. D., Moradzadeh, A., & Arab-Amiri, A. R. (2013). Investigating the source of contaminated plumes downstream of the Alborz Sharghi coal washing plant using EM34 conductivity data, VLF-EM and DC-resistivity geophysical methods. Exploration Geophysics, 44(1), 16-24.

Three-dimensional numerical analysis of geosynthetic-reinforced pile supported embankments

> **PHAM MINH TUAN**¹ (CORRESPONDING AUTHOR); **VO DAI NHAT**²; **PHAM VAN HUNG**³

¹ Department of Geotechnics, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology.

Email: pmtuan@hcmut.edu.vn

² Department of Geotechnics, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology.

Email: nhavodai@hcmut.edu.vn

³ Department of Infrastructure Engineering, Faculty of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology.

Email: phamvanhung@humg.edu.vn

ABSTRACT:

In many areas, poor ground conditions are a common hindrance to the construction of structures over soft ground. To deal with that problem, the geosynthetic reinforced pile-supported embankment has been widely used over recent years to support infrastructure due to the benefits for construction such as low cost and time reduction. Unfortunately, there is uncertainty concerning the applicability of the design methods due to the complicated mechanisms of the solution. In order to gain a better understanding of the method, 3D numerical modeling has been built for the geosynthetic reinforced pile-supported embankment. The load on the pile, the soft soil, and the geosynthetic are clearly illustrated. They are validated by several analytical methods. Additionally, the influence of geosynthetic stiffness and surcharge on the soil arching is investigated.

Keywords: Soil arching; numerical simulation; geosynthetics, piled embankment

decrease the load applied on the subsoil. Based on various studies, several standards have been developed for the design of GRPS embankments, such as EBGE0 (2011), BS8006 (2010), and CUR226 (2016). However, the mechanisms of load transfer from the embankment to piles and the subsoil are still not clearly understood.

Firstly proposed by Terzaghi (1943), the load transfer mechanisms caused by the soil arching phenomenon are commonly defined into three load parts: Load part A, part B, and part C. As seen in Fig. 1, the first load, including the soil weight and the traffic load, is directly transferred to the pile's head by arching, this is load part A. Geosynthetic used on the top of the pile is to redirect the residual load (load part B) to the pile head. The rest of the applied load is carried by the subsoil (load part C). There are two effects for using geosynthetic: to increase the load transfer to piles by improving the arching effect for the piles and the surrounding soil, and to transfer the load to the pile along with the geosynthetic sheet.

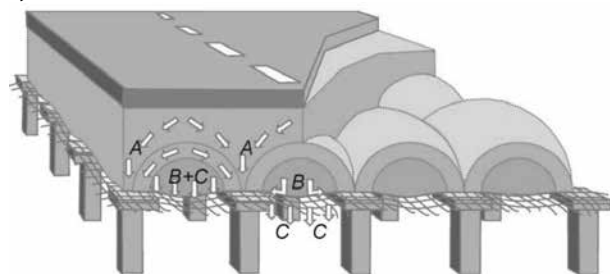


Figure 1. Load distribution in piled embankment supported by geosynthetic (Van Eekelen and Han, 2020)

In fact, the true problem of the piled embankment is in three dimensions. The two dimensions may not represent the realistic behaviors of the piles due to the fact that piles behave as walls. However, working with two-dimensional finite element modeling may not require too large computer resources and analysis time like the three-dimensional models. In this study, three-dimensional numerical modeling is used to investigate the problem then the parametric study is analyzed.

1. INTRODUCTION

In many countries, the need for economic development leads to an increase in the construction of infrastructure. However, many projects are built in areas with poor conditions. Embankment construction over soft soils is a real challenge for geotechnical engineers due to the unfavorable characteristics of the soil. Over a few decades, geosynthetic reinforced pile supported (GRPS) embankments have become a gradually common design solution for embankment construction over soft soil. Geosynthetic is installed in the supported system as one or multiple layers to increase the load transfer from the embankment to piles and to

2. EXISTING DESIGN METHODS FOR GEOSYNTHETIC-REINFORCED PILED EMBANKMENTS

The technology of pile-supported embankment combined with geosynthetic reinforcement may be named in different terminologies: geosynthetic-reinforced pile-supported embankments, rigid inclusion ground improvement, geosynthetic-reinforced pile-supported embankments, basal reinforced piled embankments, or geosynthetic-reinforced piled embankments. Generally, this technology includes single or multiple layers of geosynthetic reinforcement in order to increase the load transfer to the piles for several approaches, such as bridge approaches, storage containers, the widening of present infrastructures, retaining walls, and embankments. The vertical load distribution over pile-supported embankments can be predicted by several methods. Currently, the soil arching mechanism proposed by Terzaghi (1943) is still used as the assumption for existing design methods as the embankment load is transferred to the piles. Hewlett and Randolph (1988) developed three-dimensional model tests to investigate the arching within the soil by a semi-spherical model. However, the effect of geosynthetic reinforcement on the load transfer mechanism was not considered in these early methods.

The German standard EBGEO (2011) is based on the work carried out by Zaeske (2001) and Kempfert et al. (2004). Based on scale model laboratory tests and numerical calculations, Zaeske (2001) assumed arches appear as the semi-circular formation and the vertical load on soft soil is equal over the geosynthetic reinforcement. Another method that is used in many countries is BS 8006 (2010) based on the simplified analysis method proposed by Hewlett and Randolph (1988). Van Eekelen et al. (2011) proposed some changes to improve the British standard by considering the three-dimensional modeling of piles. Following the German Standard (EBGEO, 2011), the Dutch Design Guideline (CUR 226, 2010) was published in 2010 with some modifications to adapt to the Dutch circumstances.

Recently, new studies have been performed to validate and to improve the current design methods. As presented above, the main problem to investigate is the arching phenomenon acting within the fill material of the embankment. In order to determine the arching degree, the amount of arching is considered as a ratio of the load applied on the pile head with the total load. That can be presented as a percentage of the total load, A% which corresponds to the efficiency of load transfer E, where $E = A\% = A/(A+B+C)$ (with the load parts A, B, C given in kN/pile). Note that in many studies, geosynthetic is not used in the piled embankment to measure load types A and B, as presented by Zaeske (2001), Hewlett and Randolph (1988). Recently, in a series of studies conducted by Van Eekelen et al. (2012 a, b and c), geosynthetic is considered in field tests or experimental investigations.

Numerical methods are being widely used to simulate geosynthetic behavior as it may save time and cost to perform simulation. A variety of studies has been conducted based on the Finite Element Method (FEM) to analyze the arching phenomenon acting on embankments supported by geosynthetic-reinforced piles. Among many essential studies that use the PLAXIS program, Girout et al. (2014) and Pham (2019) have successfully simulated the behavior of geosynthetic concerning the load distribution on both 2D and 3D models. As well as these studies, the model of piled embankment supported by geosynthetic analyzed by another FEM program, ABAQUS has been succeeded to validate

the experimental tests. The arching degree is considered by van der Peet (2014) as the calculated results are conducted to clarify various existing analytical methods. However, even though the study has presented the similarity of the arching shape with analytic methods, the procedure to compute the arching forces is needed to verify.

3. NUMERICAL MODELING

3.1. Model descriptions

A case study of an embankment supported by piles and geogrid reinforcement is learned from several studies: a new design model provided by Van Eekelen et al. (2013), observation obtained by Van Eekelen et al. (2012a and 2012b), and full-scale field tests conducted by Van Eekelen et al. (2012c). The height of the embankment is 2.0 m, its span 4.5 m in the adopted case 2.5 m in the direction perpendicular to its cross-section. The subsoil height, H_{sub} is 1.0 m. The embankment is supported by piles, the width of piles, $b = 0.75m$, the distance between two piles is 2.25 m. Geosynthetic reinforcement is used on the top of the piles. The geosynthetic reinforcement is placed on the top of the piles. Realistically, a sand layer is often placed between the piles and the geosynthetic reinforcement. However, the layer was removed in the field test, due to punching failure, which may occur in this layer at the edges of the piles.

In this study, three-dimensional (3D) modeling is used to simulate the behavior of the geosynthetic-supported piled embankment using the software PLAXIS 3D version 2020. The 3D numerical modeling consisted of the piles, embankment, geosynthetic, and subsoil. Due to the symmetric condition of the embankment, a typical part of the embankment is modeled as presented in Fig. 2.

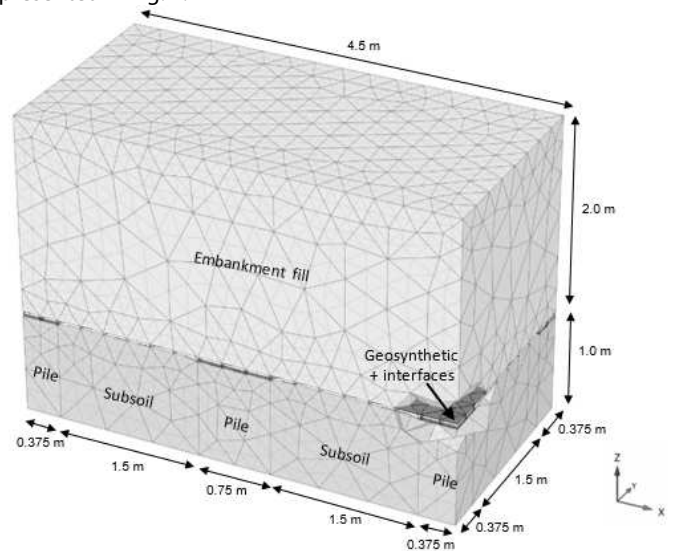


Figure 2. 3D Finite element mesh

The geosynthetic is located at the bottom of the embankment fill and is simulated by the geogrid element. Geosynthetic used in the study is only characterized by one secant stiffness with a linear elastic constitutive model $T = J \times \epsilon$. The axial stiffnesses of the reinforcement material are set as $J = EA1 = EA2$, and the stiffness is fixed to anisotropic and the value in shear loading, is used as zero to simulate the material as the biaxial material behavior. In the study, J is set as 0, 1500, and 300 kN/m. The mesh is updated for each calculation phase in order to consider deformation due to the previous incremental displacement. All boundary conditions are

Table 1. Material properties used in the finite element simulations

Parameters	Symbol (unit)	Embankment fill	Subsoil	Pile	Interface Geosynthetic/Pile	Interface Geosynthetic/Fill
		Hardening soil	Mohr-Coulomb	Linear elastic	Mohr-Coulomb	Hardening soil
Unit weight	γ (kN/m ³)	17	18	15	15	17
Young's modulus	E (kN/m ²)	-	500	25×10 ⁶	25×10 ⁶	-
	E ⁵⁰	80×10 ³	-	-	-	80×10 ³
Young's modulus for oedometric loading	E _{oed}	60×10 ³	-	-	-	60×10 ³
Young's modulus for un/reloading	E _{ur}	210×10 ³	-	-	-	210×10 ³
Power in hardening soil model	m	0.5	-	-	-	0.5
Poisson ratio	ν	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2
Cohesion	c' (kN/m ²)	1	5	-	1	1
Friction angle	ϕ' (°)	45	10	-	10	36
Dilatancy angle	ψ (°)	15	0	-	0	15

standard conditions (bottom fixed in all directions, sides fixed in lateral direction). At the bottom boundary, $z = 0$ plane, the displacements are restricted in the three directions x , y , and z . The coefficient of lateral earth pressure K_0 is defined using the coefficient: $K_0 = 1 - \sin(\phi)$. In the basic model, the surcharge, $p = 5.0$ kN/m² is applied homogeneously on the top of the embankment fill.

Construction was modeled in three phases aside from the initial phase. The first phase is to install the piles in the subsoil and to place geosynthetic reinforcement on the pile's top. In the second phase, the embankment fill is constructed by activating the structure above the geosynthetic and the displacement is set as zero. In the last phase, the surcharge is turned on to investigate its effect on the platform. In the study the effect consolidation is not focused, thus, the calculation phases use a plastic drained analysis. A parametric study was incorporated to highlight the influences. The model was altered one parameter at a time, while the others are kept at the baseline case values during the parameter difference study. The parameters included in this study were the geosynthetic stiffness and the surcharge.

3.2. Material models and parameters

The behavior of the subsoil layer is modeled by the Mohr-Coulomb (MC) model. The parameters used for this model are effective friction angle ϕ' , effective cohesion c' , dilatancy angle ψ , Young's modulus E , and Poisson's ratio ν . Meanwhile, the granular material of embankment fill is modeled by the hardening soil (HS) model, an advanced model for simulating the behavior of different types of stiff soils (Schanz et al. (1999)). The HS model utilizes four basic parameters: the secant stiffness in standard drained triaxial tests E_{50} , the tangential stiffness for primary odometer loading E_{oed} , the unloading and reloading stiffness E_{ur} , and the power of the stress-level dependency of the stiffness m and shear strength (c' , ϕ and ψ). The drainage type of both soils is used as drained.

The piles are modeled using a linear elastic. Interactions between piles and geosynthetic; and geosynthetic and filling material are simulated using interface elements, in which the friction is determined by a shearing box or inclined plane between granular material and the geosynthetic used. The constitutive models and the input parameters are given in Table 1.

4. NUMERICAL RESULTS

4.1. Load distribution within embankment

The principal stress directions output of PLAXIS was used to determine the arch shape. Fig. 3 presents the arches formed between piles in two different cross-sections A-A (Fig. 3a) and B-A (Fig. 3b), which considers two sides of the model (Fig. 3c). As can be seen, the arches seem to be neither completely circular nor concentric as the shape is closer to oval-shaped form. This finding is close to the assumptions presented by Zaeske (2001) and in the method published by van Eekelen et al. (2013) as the Concentric Arches model. In fact, in the older study, the arches developed within the embankment are described as non-concentricity with non-uniform thickness, as well as, the arches do not form in the same size in the model of van Eekelen et al. (2013).

Fig. 4 presents the vertical stress distribution within the embankment and the subsoil. It can be noted that the 3D FEM represented the working of piles to support subsoil under the above load. The appearance of arching can be noticed as the stresses increase significantly in the areas above the piles, while the residual load (B+C) is distributed on the geosynthetic as the lower stresses can be obtained. However, the effect of geosynthetic reinforcement is not clearly provided in these typical results, even extreme stresses develop at the edge of the piles.

The load distribution over pile (A), GR (B), and subsoil (C) from the PLAXIS numerical model cannot be obtained directly due to the fact that total forces are not given in the output program. However, the stresses may be used to determine the load applied on the surfaces. If the stress points within the materials are used, the accuracy of calculated loads is not prevented because the impacted surface and the level of stress points are not alike. Nevertheless, the forces are possible to be achieved by using vertical stress applied on the interface over geosynthetic. Meanwhile, the total normal stresses above the top surface of the piles give the arching forces A, the rest provide the residual load over geosynthetic reinforcement (B+C). Even the loads B and C are not determined directly, the method should closely approximate the exact result as the arching degree can be calculated by forces type A and the combined forces B+ C. Thereby, the amount of arching is determined by the 3D numerical models and then compared

with the results of the analytical methods. Fig. 5 compares the load distribution between the 3D numerical calculations and the analytical arching models presented in Van der Peet (2014) including Hewlett and Randolph (1988), Zaeske (2001), and Van Eekelen et al. (2012). As can be seen, load type A and the combination of B+C calculated by the 3D FEM are close to the Zaeske (2001) and Concentric Arches models (Van Eekelen et al., 2012), while the Hewlett and Randolph (1988) model underrated the arching degree. Note that the total load (A+B+C) calculated in numerical modes is slightly lower than in the analytical methods as it can be explained as the areas of each node providing the stress are not uniform, however, the difference of 7% is negligible. Besides the difference shown in the arching degree, the load distribution from the total load to piles is confirmed clearly in the 3D models and three analytical methods as the force type A is larger than the residual forces (B+C).

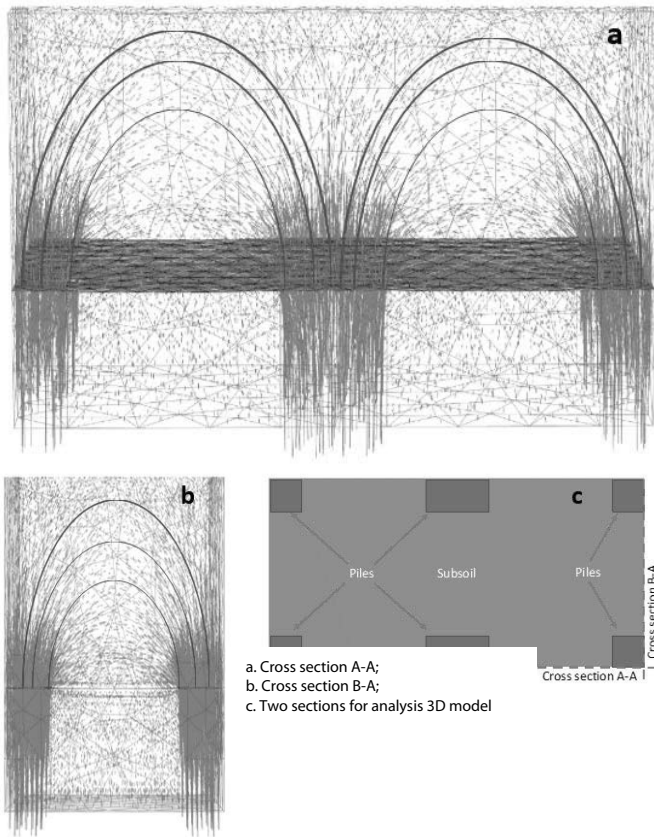


Figure 3. Principal stress directions within embankment

4.2. Influence of geosynthetic stiffness and surcharge

In order to clarify impacts on the soil arching, some parameters were varied in the numerical, including geosynthetic's stiffness and the surcharge. The properties of the geosynthetic are not taken into account in analytical methods, which means the influences are not considered on the amount of arching. In the study, the use of geosynthetic over piles is modeled in three cases: without geosynthetic ($J = 0$ kN/m) and with geosynthetic ($J = 1500$ and 3000 kN/m). Fig. 6 presents the effect of the geosynthetic stiffness and the uniform loading on the arching in the embankment. In fact, the stiffness does not influence the amount of arching in the case of non-surcharge. Since the load increases with the variation of

geosynthetic stiffnesses, the arching degrees change, but the trend is not uniform.

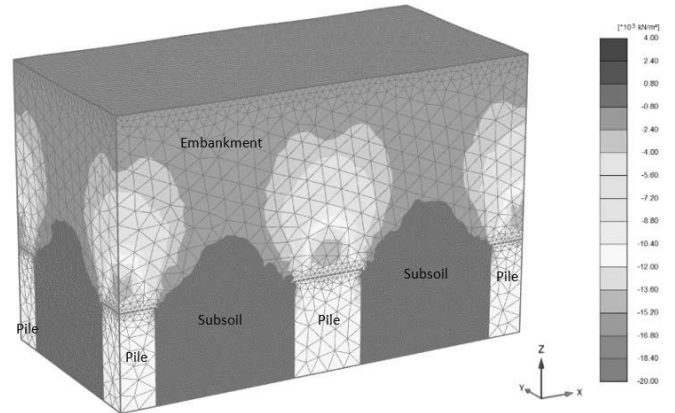


Figure 4. Vertical stress distribution

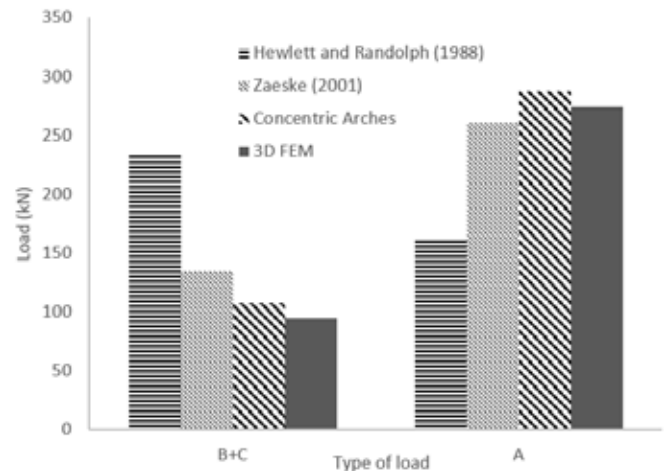


Figure 5. Comparison of load distribution between analytical and numerical methods

Another influence of the amount of arching can be seen in Fig. 6 concerning the effect of top load within the embankment for a given geosynthetic stiffness. The top load is varied as 0 kPa, 5 kPa, 100 kPa, and 1300 kPa for each case of used geosynthetics. The last value of surcharge is selected in order to provide the ultimate limit state for the soil arching. As can be seen in the results, it is noticed that when the top load increases, the amount of arches increases as well, except one case of low loads (0 kPa and 5 kPa) is tested without geosynthetic support. As mentioned by van der Peet (2014), this relevance is not considered by analytical methods; however, by the finding of the numerical methods, the appearance of a high surcharge above embankment may affect the piles as a larger part of the total load may transfer directly to the piles. In addition, the increase in volumetric weight of the embankment fill and top load may affect differently on the arching.

Fig. 7 describes the effect of geosynthetic stiffness on the total settlement in the numerical models. The use of geosynthetic is changed as the stiffness varies between 1500 kN/m and 3000 kN/m, and no geosynthetic is used in the last case. Generally, the geosynthetic reinforcement reduces the total settlement of the embankment. The normalized settlements for the cases with geosynthetic are lower than 1.0 (settlement without using geosynthetic reinforcement). Additionally, using stiffer geosynthetic can decrease the settlement, but the effect is limited. The amount of top load affects differently on the relation between geosynthetic stiffness and settlement.

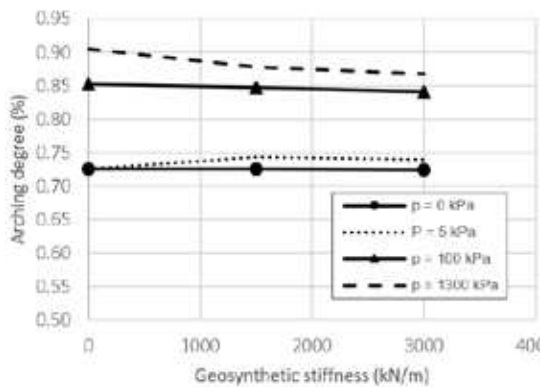


Figure 6. Effect of geosynthetic stiffness and surface load on arching

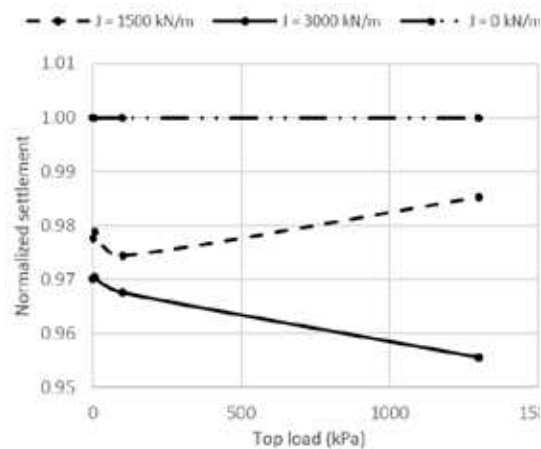


Figure 7. Effect of geosynthetic stiffness on settlement

5. CONCLUSIONS

Three-dimensional numerical modeling has successfully analyzed the model of the geosynthetic-reinforced pile-supported embankments in order to investigate the arching within the embankment. The formation of stress arches has been modeled through the principal stress directions in the numerical model and the similarities to the Concentric Arches model (van Eekelen et al. 2013) and the model proposed by Zaeske (2001) are presented. Moreover, the arching degree has been calculated by the numerical models; thereby, the load distribution has been clarified for piles and subsoil reinforced by geosynthetic. Compared to the existing analytical methods, the numerical calculation shows the similarity, and it seems to validate clearly the Concentric Arches model.

The influence of most of the varied model parameters has been identified such as the geosynthetic stiffness and the surcharge. For the effect of geosynthetics, the numerical calculation agrees with the predictions of the existing analytical method, which is specifically presented by van der Peet (2014). In contrast to analytic methods, 3D modeling has shown that the top load may increase the arching degree. The settlement of soil layers is not focused significantly in the present study, however, based on a parametric study, the effectiveness of using geosynthetic to reduce settlement is presented as a stiffer material that may limit the total settlement.

For further studies, numerical studies can be used continuously to validate other studies on arching formation, which show different shapes by using image techniques in physical

experiments. Although the Concentric Arches model has been validated by 3D numerical simulation, the results can be improved by considering new interfaces affecting the reinforced system. Furthermore, the interface behaviors may be considered the interaction between subsoil and pile material through the length of the piles. Moreover, the parameters for surface interaction between geosynthetic and soil; and piles and subsoil should be identified based on some laboratory tests.

REFERENCES

- BS8006. Code of Practice for Strengthened/reinforced Soils and Other Fills. British Standards Institution, 2010.
- CUR 226. Ontwerprichtlijn paalmatrasystemen (In Dutch). CUR Bouw&Infra (ISBN 978-90-376-0518-1), 2010.
- EBGEO. Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (In German). Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V (German Geotechnical Society), 2011.
- Giroot, R., Blanc, M., Dias, D., Thorel, L. Geotextiles and Geomembranes Numerical analysis of a geosynthetic-reinforced piled load transfer platform Validation on centrifuge test. *Geotext. Geomembranes* 42, 2014, 525–539.
- Hewlett, W. J., & Randolph, M. F. Analysis of piled embankments. *Ground Engineering*, 21(3), 1988, 12-18.
- Kempfert, H.-G., Gobel, C., Alexiew, D., & Heitz, C.. German recommendations for reinforced embankments on pile-similar-elements. In: *Proceedings of the 3rd European Geosynthetics Conference EuroGeo 3*, Munich, Germany. 2004, 279-284
- Pham, M.T.. Granular platform reinforced by geosynthetics above cavities Laboratory experiments and numerical modeling of load transfer mechanisms. PhD thesis. University of Grenoble, France, 2019
- PLAXIS. Plaxis 3D Reference Manual, 2020.
- Schanz, T., Vermeer, P.A., Bonnier, P.G. The hardening soil model: Formulation and verification. *Estud. Front.*, 1999, 281- 296.
- Terzaghi, K. *Theoretical soil mechanics*. John Wiley Sons, Inc, 1943.
- Van der Peet, T. Arching in basal reinforced piled embankments. Master thesis. Delft University of Technology, Netherlands, 2014.
- Van Eekelen, S. J. M., Bezuijen, A., & van Tol, A. F. Analysis and modification of the British Standard BS8006 for the design of piled embankments. *Geotextiles and Geomembranes*, 29(3), 2011, 345-359.
- Van Eekelen, S.J.M., Bezuijen, A., Lodder, H.J., Van Tol, A.F.. Model experiments on piled embankments. Part I. *Geotext. Geomembranes* 32, 2012a, 82–94.
- Van Eekelen, S.J.M., Bezuijen, A., Lodder, H.J., Van Tol, A.F. Model experiments on piled embankments. Part II. *Geotext. Geomembranes* 32, 2012b, 82–94.
- Van Eekelen, S. J. M., Bezuijen, A., & Van Duijnen, P. G. Does a piled embankment ‘feel’ the passage of a heavy truck? Field measurements. In: *Proceedings of the 5th European Geosynthetics Congress EuroGeo 5*, Valencia, 2012c, 162-166
- Van Eekelen, S.J.M., Bezuijen, A., Van Tol, A.F. An analytical model for arching in piled embankments. *Geotext. Geomembranes* 39, 2013, 78–102. <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2013.07.005>
- Van Eekelen, S.J.M., Han, J. Geosynthetic-reinforced pile-supported embankments: State of the art. *Geosynth. Int.* 27, 2020, 112–141.
- Zaeske, D. Zur Wirkungsweise von Unbewehrten und Bewehrten Mineralischen Tragschichten Über Pfahlartigen Gründungselementen (In German). (PhD), Uni Kassel, 2001.

Numerical study of eps geof foam embankment

> PHAM MINH TUAN¹ (CORRESPONDING AUTHOR); VO DAI NHAT²; VO THANH LONG³; VO DINH UY⁴

¹ Department of Geotechnics, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology. Email: pmtuan@hcmut.edu.vn

² Department of Geotechnics, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology. Email: nhatvodai@hcmut.edu.vn

³ Department of Geotechnics, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology. Email: vothanhlong@hcmut.edu.vn

⁴ Department of of Drilling & Production Engineering, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh University of Technology.

Email: uyvd@hcmut.edu.vn

ABSTRACT:

Geof foam is essentially multi-functional, which allows it useful to use in a wide-ranging of applications. It provides special advantages for construction on slope stabilization, retaining walls, and soft ground as material to form a lightweight embankment. However, the performance of the geof foam embankment is needed to investigate due to the geotechnical properties of geof foam are significantly affected by its constituents. A wide range of properties including the unit weight and the compressive strength has been noticed based on the variation in its ingredient proportions and the testing methods. In order to improve the understanding of the behavior of geof foam, this study conducted several numerical calculations based on the Finite element method to reproduce the geof foam embankment. Several factors are considered including the influences of the interface between geof foam blocks, the top load, and the value of Young's modulus in order to estimate the settlement and vertical stress. The results obtained from this numerical study are the basis for further studies, notably in the cases of geof foam combined with other geosynthetic materials.

Keywords: FEM, geof foam, settlement, vertical stress

1. INTRODUCTION

The rising need for new highways, roads may need construction above soft soils that require additional technical solutions. Designers must recognize modern materials and construction techniques to solve the problem of structures on soft ground. Over decades, expanded polystyrene (EPS) geof foam has been widely used as a geotechnical material in many engineering projects. EPS geof foam is about 1% the weight of soil and less than

10% the weight of other lightweight fill materials. EPS geof foam can be used to replace granular soils or heavy fill materials against top load on underlying soils and adjacent structures. In fact, the high compressive resistance of EPS geof foam allows it to adequately support traffic loadings. EPS geof foam is easy to handle without the requirements for specific equipment; thus, this solution can be performed with time benefit. In usual construction projects, soil embankments are built-in thin layers, each layer must be compacted before continuing to the next one. Using EPS geof foam reduces the need for compaction and fill testing and limits effects on the existing structures. In addition, slopes can be built using EPS geof foam rather than soil, which may reduce the number of additional works, such as how to prepare sourcing material.

In order to improve the performance of the EPS geof foam solution for road embankment construction, this study has used a numerical method to simulate a typical embankment. The investigation clarifies the effect of model constitutive in FEM to model the behavior of EPS geof foam such as the Mohr-Coulomb criterion and bilinear elastic considering the effect of interface between the geof foam blocks. A typical geof foam embankment construction on the I-15 reconstruction project in Salt Lake City (Newman et al., 2010) has been modeled by the 2-D Finite Element method. Thereby, this paper compares the differential settlements and vertical stresses estimated during the static loading. The effect of Young's modulus of geof foam has been considered, as well as the use of the constitutive model to reproduce geof foam behavior.

2. GEOFOAM EMBANKMENT

2.1. Relevant studies

A study of highly geof foam as a lightweight fill is presented by Bartlett et al. (2000). Based on field monitoring data, the authors presented that the use of geof foam can improve the ground stability of high embankments. Using geof foam as alternative filling material for the project provided a benefit on construction time. Then, an investigation conducted by Negusse et al. (2001) illustrated the performance of a geof foam embankment in a construction site in the USA. Geof foam was used for the

reconstruction of an embankment to successfully reduce settlements. The assumptions to design the geofam solution were validated by field data collected during and after construction. In this study, small sample tests were taken into account to estimate the modulus of the material in order to better predict the in-service performance of the engineering techniques. Relevant to these above studies, Newman et al. (2010) performed a numerical model to reproduce the behavior of geofam using to form an embankment. Based on the Finite difference method, geofam embankment was simulated as a simple bilinear elastic model in order to compare the stress distribution and vertical displacement acting within the embankment. The study's results have shown the potential for modeling and designing geofam embankments and the connections with other systems such as retaining and buried walls and slope stability. However, the agreement between observation data and numerical estimation is not clear due to the numerical estimations were not close to the measurement data, especially in the results of the vertical stress. Also using the numeric method, Lal et al. (2014) used the plane strain finite element simulation to investigate the behavior of geofam using Plaxis 2D software to focus on using fly ash as alternative backfill material in retaining walls. Likewise, the Finite element method has been used by various authors in order to investigate engineering problems relating to geotechnical materials such as Tolooian et al. (2009), Hussein and Meguid (2016), Ahirwar and Mandal (2017), and (Pham, 2019).

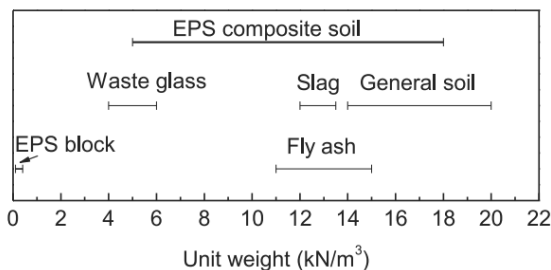


Figure 1. Unit weight of different engineering materials (Geo et al., 2001)

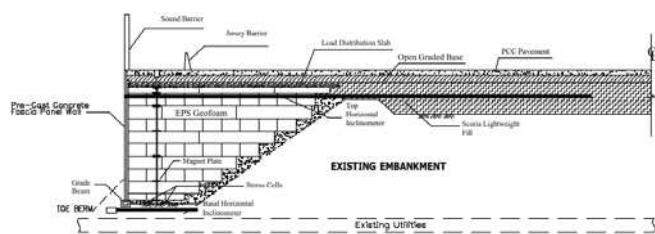


Figure 2. Typical cross-sectional view for the geofam embankment (Newman et al., 2010)

Gao et al. (2011) summarized a comprehensive review of geotechnical properties of EPS composite soil, containing the unit weight, compressive strength, permeability, dynamic properties, creep properties, and water absorbability. Based on various case histories, the study has shown that the unit weight of EPS geofam is strongly affected by its content. Especially, the cement ratio inside the material is a controlling factor for the strength of EPS composite soil.

Recently, Siabil (2019) conducted an investigation of the performance of geofam which supported geocell-reinforced backfills. The author used the Finite element method in order to validate the physical experiment, in which the geofam behavior was modeled by Mohr-Coulomb criteria. The study confirmed that under repeated loading, the combination of geofam and geocell may reduce about 50% of the surface settlement. Newly, Khajeh et al. (2020) has summarized a review of EPS composite soil to correlate some useful mechanical parameters of EPS-soil combinations, based on static and cyclic tests.

2.2. Geotechnical properties of geofam

Compared to the other materials, the unit weight of the original EPS geofam block is very minor as it is lower than 0.5 kN/m³. For some other applications, new kinds of EPS geofam, called EPS composite soil, can be made with soil, binder, and water as it is called EPS composite soil. Hence, the unit weight of those ranges from 5 to 18 kN/m³ as it is mainly affected by the type of soil used in the combination. The comparison of unit weights of EPS geofam with other materials is shown in Fig. 1.

To determine the compressive strength of EPS geofam, various testing methods have been used, such as the direct shear test, triaxial compression test, and unconfined compression test. The compressive strength of EPS composite soil ranges from 50 kPa to 550 kPa depending on its ingredients and mixture ratios (Geo et al., 2001). Regarding the original EPS geofam, several tests have been performed in order to measure the moduli values. There are two types of testing that are applied, small or full-size samples. According to Bartlett et al. (2000), a value of 5 MPa of Young's modulus is obtained for a small sample. However, the results underestimated the true value due to the fact that the sample is crushed and damaged at the edges. Elragi (2000) used a geofam block, Type VIII, on full-size dimensions, and the value of 14 MPa was gained. Furthermore, according to ASTM D1621, EN 826, and ISO 844, Young's modulus and Poisson ratio of EPS geofam can be obtained by uniaxial compression tests on 50 mm samples. Due to these guidelines, the density has been shown as an influence on these parameters of geofam; however, the precise relationship has not been proposed due to the lack of the test procedure. As presented by Stark et al. (2004), a variation of Young's modulus with EPS geofam has been demonstrated to confirm the effect of

Table 1. Material properties for FEM simulation

Materials	Thickness (m)	Unit weight	Young's modulus	Poisson ratio	Friction angle	Cohesion
		γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	ν	ϕ (°)	c (kN/m ²)
PCCP	0.36	23.5	3×10^7	0.18	25	25×10^4
UTBC	0.60	22.0	1×10^5	0.35	35	0
LDS	0.15	23.5	3×10^7	0.18	25	25×10^4
Geofam	8.0	0.18	Variation	0.103	0	50
Filling sand	8.0		4×10^4		38	6
Bedding sand	6.0	21.6	1×10^5	0.35	35	0
Interface Geofam/Geofam	-	0.18	1×10^4	0.103	42	50
Interface Geofam/sand	-	21.6	1×10^5	0.35	31	0

density. In fact, functions were proposed to present the relevances in that study; however, the total agreement between the suggested equations with the existing standards has not been confirmed. Hence, it is necessary to continuously investigate the influence of Young's modulus on the performance of the geofoam techniques. Henceforth, the knowledge may be improved in order to propose an accurate equation for determining the important parameters.

Concerning the shear strength of EPS geofoam, the test procedure ASTM D5321 can be used to determine the friction angle. However, it is important to notice that the shear strength of EPS geofoam is needed to separate into two different types as external and internal shear strengths. The external shear strength is relevant to the contact between geofoam blocks when the construction is forming; meanwhile, the internal one is associated with the resistance against sliding within the geofoam block.

2.3. Typical geofoam embankment construction

A 4-year \$1.4 billion I-15 rebuilding project was completed in Salt Lake City, Utah, USA in 2001. A lightweight embankment using EPS geofoam is an important benefit for existing buildings near the working fields due to the settlement minimization requirements. Overlying the foundation soil, base sand was graded for the construction. Type VIII geofoam was placed over the base sand, the dimensions of the untrimmed geofoam block are 0.82-m high, 1.2-m wide, and 4.9-m. A total of 7 layers of EPS geofoam are stacked on top of each other to form an 8.0-m high embankment. A 0.150-m-thick reinforced concrete load distribution slab (LDS) was placed over the geofoam embankment in order to defend the geofoam from local overstressing. Then an untreated pavement base course (UTBC), about 0.610 m thick and top layer, an unreinforced portland cement concrete pavement (PCCP), which was generally 0.356 m thick were placed in turn to complete the platform. In order to protect the embankment from environmental influences, a prefabricated concrete panel wall was placed in a wall footing.

Table 2. Test program of FEM simulation

Test code	Material models	Young's modulus (MPa)	Use of interface between geofoam blocks	
1.7.MC.In	Mohr-Coulomb	1.7	With	
1.7.MC		1.7	Without	
2.3.MC.In		2.3	With	
2.3.MC		2.3	Without	
2.7.MC.In		2.7	With	
2.7.MC		2.7	Without	
10.MC.In		10.0	With	
10.MC		10.0	Without	
1.7.BE.In		Bilinear elastic	1.7	With
1.7.BE			1.7	Without
2.3.BE.In	2.3		With	
2.3.BE	2.3		Without	
2.7.BE.In	2.7		With	
2.7.BE	2.7		Without	
10.BE.In	10.0		With	
10.BE	10.0		Without	

3. NUMERICAL MODELING

3.1. Model description

PLAXIS (Version v.20) is a finite element code for soil and rock analyses, which has been developed for analyzing deformation and stability in geotechnical engineering projects. Several constitutive models of varying complexity and areas of application are included in the program. One of the most common models used in geotechnical projects is the Mohr-Coulomb model, which is developed for modeling the elasto-plastic behavior within the framework of soil mechanics. A 2-dimensional version of the program has been used in this study in order to simulate an embankment formed by EPS geofoam in-plane strain condition.

The modeled embankment is selected from the typical construction site presented in Fig. 2, with the length of the model set as 20 m. The model mesh is shown in Fig. 3 as plane strain condition and 15-node triangular elements are used for analysis. The boundary conditions do not allow any horizontal displacement U_x on the model side. The coefficient of lateral earth pressure K_0 is defined using the coefficient: $K_0 = 1 - \sin(\phi)$ (Jaky, 1944). The mesh is updated at the opening of each phase to take into account deformation due to the previous displacement. The number of elements is defined in a fine condition as the dimension of each element is set as 1.003 m and the relative element size is 0.667. Two types of interfaces are used between the interactive materials including sand and geofoam and on the contact surfaces between each geofoam block.

The calculation phase is set following the process of the construction as it begins with bedding sand, then the embankment is formed, before the layers, LDS, UTBC, PCCP are placed in turn on the top of the embankment. Furthermore, the top load, varied from 10 kPa to 50 kPa, is added on the top of frameworks to investigate the influence of surcharge.

3.2. Material models

As presented in section 2, type VIII geofoam was used to form the embankment. The density of the material, which depends on the type of geofoam is 18 kg/m^3 and a Poisson's ratio is 0.103 (Bartlett et al. 2001). Young's modulus for a geofoam block is relevant to the geofoam density. In order to study the effect of Young's modulus on the performance of the solution, as well as to compare with FDM simulation, the stress moduli of 1.7, 2.3, 2.7, and 10 MPa have been taken into account.

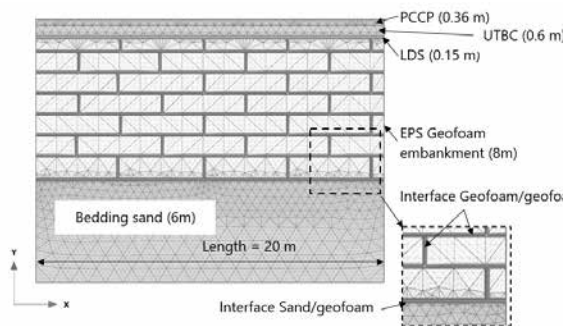


Figure 3. Finite mesh of the geometry model

The interfaces have been modeled by considering the contacts between geofoam and bedding sand, and between geofoam blocks. The interface friction is obtained by direct shear tests, which have been performed by Bartlett et al. (2000). The interface friction angle between sand and geofoam is about 31° ; meanwhile, the value for surface contact among geofoams is 42° .

In order to compare the performance of EPS geofoam with the traditional material, the embankment modeled as sand is used as filling material. Additionally, the properties for the LDS and PCCP were the suggested values for concrete properties (Newman et al.,

2010). The parameters used to model the base sand, geofoam, LDS, UTBC, PCCP, and interfaces are presented in Table 1.

Due to the main aim of this study, the program tests contain variations in parameters changes. It is including two types of models used to represent the behavior of geofoam. In each type, Young's modulus of the material is used in 4 values. The effect of the interface between geofoam blocks is also considered. The testing program is presented in Table 2.

4. NUMERICAL RESULTS

Fig. 4 presents the differential settlements predicted by numerical models between geofoam layers. In the results, the effects of Young's modulus of geofoam, constitutive models, and interfaces on the vertical displacement of geofoam layers are illustrated. Note that, the layers are mentioned from the bottom of the geofoam embankment to the top. It is evident to notice as, at the level of 0 – 1, nearly no settlement is obtained in the geofoam. An increment is noticed since the levels of geofoam embankment come to the top and this trend can be seen in each type of test program. Regarding the effect of Young's modulus on the differential settlement of geofoam layers, the numerical has successfully shown that the settlement is reduced more effectively with higher values. Meanwhile, the settlement is not affected significantly even if the modeling material is changed between bilinear elastic and Mohr-Coulomb model. Moreover, the use of interfaces between geofoam blocks tends to have a higher settlement in each layer; however, it can be noted that the effects of the impact are not significant.

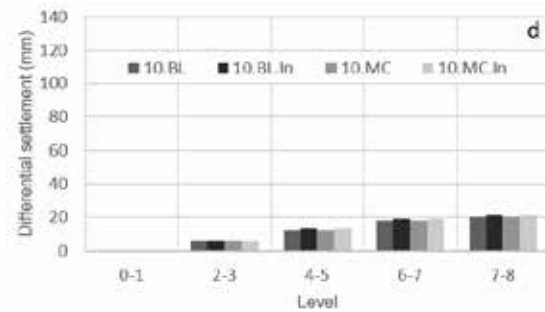
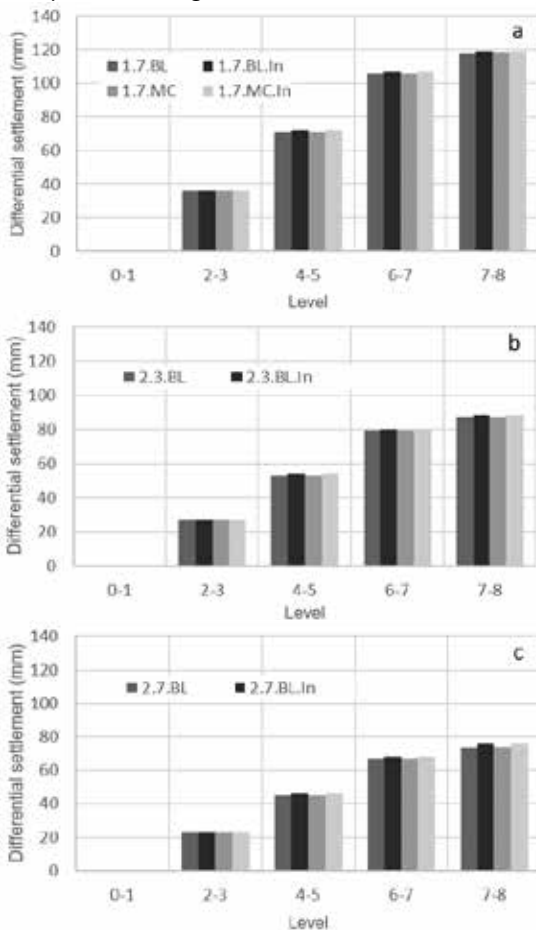


Figure 4. Differential displacements between geofoam layers
a. E = 1.7 MPa; b. E = 2.3 MPa; c. E = 2.7 MPa; d. E = 10.0 MPa

Considering the response of the settlement on the surface of the embankment from the top load, a linear trend can be noticed as presented in Fig. 5. For a given load; likewise, the effect on differential settlement, the type on the model has not affected the surface settlement. Meanwhile, Young's modulus of geofoam also has a great influence on the results as stiffer materials reduce the settlement.

The influence of top load on the vertical stress applied on the bedding sand is illustrated in Fig. 6. It can be seen that the vertical stress increases like a linear trend corresponding to an increment of the top load. The stress on the below layers is lower than the higher levels, this point is relevant to the settlement's results. Also, the effect of the interface is greater than the material model.

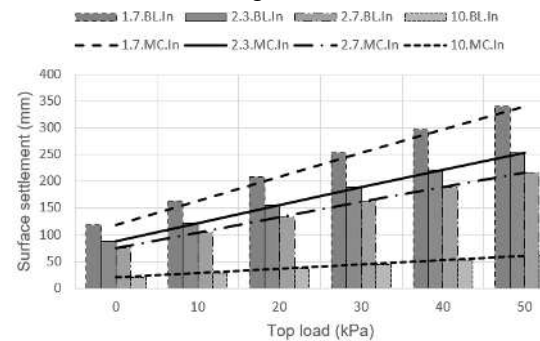


Figure 5. Effect of top load on surface settlement

5. CONCLUSIONS

As a first meaningful result, the study has summarized recent essential research on geofoam studies. Important parameters of geofoam and the equivalent values to physical-mechanical parameters of soil are illustrated. This allows the reproduction of geofoam material in numerical modeling due to the fact that geofoam material has not been available to use as a default component.

The study has successfully modeled a geofoam embankment involving several components to support bedding sand. Under effects of static load, the differential, surface settlements, and vertical stress are investigated by considering several impacts such as Young's modulus of geofoam, material model, and the use of interface between geofoam blocks. Consequently, the interface between the geofoam blocks has a great influence on the settlement and the load distribution on the geofoam embankment. On the other hand, there is no significant impact from the use of the material model between the bilinear elastic and Mohr-Coulomb models. Last, Young's modulus is necessary to determine precisely to reproduce geofoam in numerical models, as

well as to determine its effect due to the fact that this parameter has a great influence on the performance of the solution.

Based on basic results obtained from the study, geofoam can be modeled by FEM in further studies in the research field, especially in a combination with other geosynthetic applications. Otherwise, the reproduction of the behavior of geofoam may be improved by considering the comparison between experimental works or measured data with the numerical results, particularly with use cases in Vietnam.

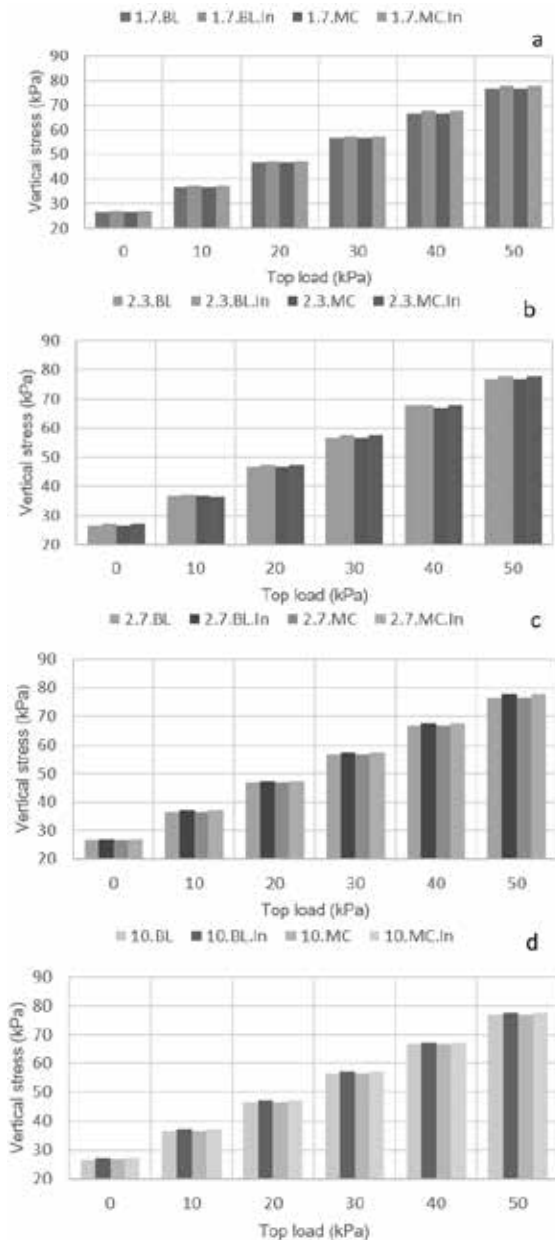


Figure 6. Evolution of top load on vertical stress a. E = 1.7 MPa; b. E = 2.3 MPa; c. E = 2.7 MPa; d. E = 10.0 MPa

REFERENCES

ASTM D1621-16. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016
 ASTM D5321 / D5321M-21. Standard Test Method for Determining the Shear Strength of Soil-Geosynthetic and Geosynthetic-Geosynthetic Interfaces by Direct Shear, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021

Bartlett, S. F., Negussey, D., Kimble, M., and Sheeley, M. 2000. "Use of geofoam as super-lightweight fill for I-15 reconstruction." Proc., Transportation Research Board 79th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Bartlett, S. F., Farnsworth, C., Negussey, D., and Stuedlein, A. W. 2001. "Instrumentation and long-term monitoring of geofoam embankments, I-15 reconstruction project, Salt Lake City, Utah." Proc., 3rd Int. EPS Geofoam Conf., Salt Lake City, Utah.

EN 826:2013 - Thermal insulating products for building applications - Determination of compression behaviour

Gao, H., Liu, J., Liu, H. (2011). Geotechnical properties of EPS composite soil. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 5, 69 - 77.

ISO 844:2021. Rigid cellular plastics — Determination of compression properties
 Jaky, J., 1944. The coefficient of earth pressure at rest. *J. Soc. Hung. Archit. Eng.*, 355-358.

Hasan, M., Samadhiya, N.K., 2017. Performance of geosynthetic-reinforced granular piles in soft clays: Model tests and numerical analysis, *Computers and Geotechnics*, Volume 87, 2017, Pages 178-187.

Hussein, M.G., Meguid, M.A., 2016. A three-dimensional finite element approach for modeling biaxial geogrid with application to geogrid-reinforced soils, *Geotextiles and Geomembranes*, Volume 44, Issue 3, 2016, Pages 295-307

Khajeh, A., Jamshidi Chenari, R., & Payan, M. (2020). A Review of the Studies on Soil-EPS Composites: Beads and Blocks. *Geotechnical and Geological Engineering*. doi:10.1007/s10706-020-01252-2

Lal, B. R. R., Padade, A. H., & Mandal, J. N. (2014). Numerical Simulation of EPS Geofoam as Compressible Inclusions in Fly Ash Backfill Retaining Walls. *Ground Improvement and Geosynthetics*.

Negussey, D., Stuedlein, A. W., Bartlett, S. F., and Farnsworth, C., 2001. "Performance of geofoam embankment at 100 South, I-15 reconstruction project, Salt Lake City, Utah." Proc., EPS Geofoam, 3rd Int. Conf., Salt Lake City, Utah, 22.

Newman, M., Bartlett, S. F., Lawton, E. C., 2010. Numerical Modeling of Geofoam Embankments. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 136, 290-298.

Pham, M.T., 2019. Granular platform reinforced by geosynthetics above cavities: Laboratory experiments and numerical modeling of load transfer mechanisms. PhD thesis, University of Grenoble Alpes, France.

Siabil, S.M.A.G., 2019. Investigation of geocell-reinforced backfills supported on expanded polystyrene (EPS) geofoam blocks subjected to repeated loading. PhD thesis, K. N. Toosi University of Technology, Iran.

Stark, T.D., Arellano, D., Horvath, J. D., Leschinsky, D., 2004. Geofoam applications in the design and construction of highway embankments. NCHRP Web Document, no. 65, Transportation Research Board, Washington, DC.

Tolooiyan, A., Abustan, I., Selamat, M.R., Ghaffari, Sh., 2009. A comprehensive method for analyzing the effect of geotextile layers on embankment stability, *Geotextiles and Geomembranes*, Volume 27, Issue 5

Brittleness index of lightly cemented soil in ring shear tests

> NGUYEN THANH DUONG¹; NGUYEN VAN HAI²

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Email: nguyenthanhduong@hmg.edu.vn

² Mien Trung University of Civil Engineering

Email: nguyenvanhai@muce.edu.vn

ABSTRACT:

The brittleness index exhibits the strain-softening behaviour of soil and is often used to access the shear mechanism in slope failure. It has been widely investigated for different materials, especially for brittle materials. However, the brittleness index of lightly cemented soils has not been investigated yet. In this study, the brittleness index of lightly cemented clay simulated by adding a small content of cement to clay will be investigated in ring shear test. A series of ring shear tests were conducted at different effective normal stress levels from 98 kPa to 392 kPa and shear rates from 0.02 mm/min to 20 mm/min. The test results showed that the brittleness index decreases with the increasing of effective normal stress, cement content, and shear displacement rates. However, the brittleness index was almost unchanged when the cement content was higher than 2%.

Keywords: Brittleness index, cemented soil, cement content, ring shear test

1. INTRODUCTION

The main factors affecting the potential damage caused by landslide are the volume of landslide mass, run-out, velocity and acceleration. The run-out, velocity and acceleration of landslide moving are primarily controlled by the loss of soil strength after peak (strain-softening behavior). The highest strength loss often observed in first time failure in materials showing a brittle behavior. Some typical materials exhibit this phenomenon are hard soil, soft rock, overconsolidated and cemented clay (Yerro et al., 2016). To evaluate the strain-softening behavior of soil, the brittleness index (I_B) is often used and it is a primary factor of the slope response. The values of I_B can be determined based on the following equation (Bishop et al., 1971):

$$I_B = \frac{\tau_f - \tau_r}{\tau_f} = 1 - \frac{\tau_r}{\tau_f} \quad (1)$$

I_B values range from 0 to 1, where $I_B = 1$ indicates the residual strength, $\tau_r = 0$ (100% strength loss) and the soil shows a highly

contractive behavior; $I_B = 0$ indicates the peak strength, $\tau_f =$ residual strength, τ_r (no strength loss), there is no strain-softening and the soil shows a highly dilative behavior. The rate of strength loss can be an indicator of progressive failure or flow slide. Bishop et al. (1971) showed that there were three factors affecting the brittleness of a soil, including: Dilatancy at failure, reorientation, and cementation bond. Taylor (1948), Skempton and Bishop (1950) indicated that the difference between peak and residual strength of sand was directly related to the rate of dilatancy at failure. Accordingly, the I_B values increased as the rate of dilatancy increased and decreased as the effective normal stress increased (Bishop et al., 1971). For remoulded samples, since the cementation bond was destroyed and there was no dilatancy behavior, the brittleness of remoulded clay was closely related to the reorientation of the platy clay particles. For undisturbed samples with natural cementation bond (weathered and unweathered blue London clay, brown London clay), the I_B is rather high with the value of above 0.7 (Bishop et al., 1971).

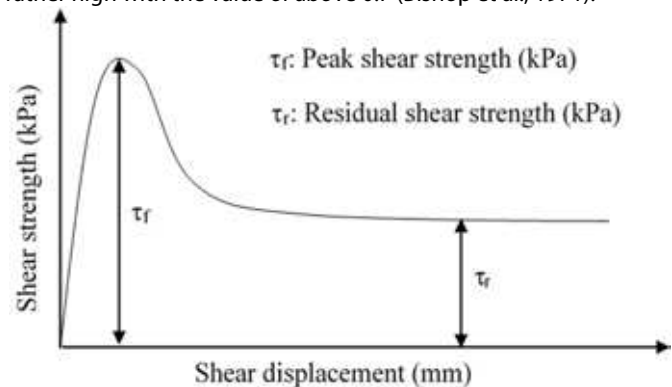


Figure 1. Definition of τ_f and τ_r in ring shear tests

The brittleness index of soil proposed by Bishop et al. (1971) determined from ring shear tests was known as drained brittleness index. Similarly to drained brittleness, the undrained brittleness index based on undrained triaxial tests was also investigated. In triaxial test, the brittleness index can be estimated as $I_B = [(q_{\text{peak}} - q_{\text{post-peak}})/q_{\text{peak}}]$ (Hight and Tobin, 1980; Pineda et al., 2016). The $q_{\text{post-peak}}$ is defined as the deviatoric stress at shear strain higher than 15%. In their research, Hight and Tobin (1980) found that the undrained brittleness index of mine tailings depend on the

initial void ratio and consolidation pressure, especially the initial void ratio. Accordingly, the undrained brittleness index of mine tailing materials decreased as the initial compaction ratio increased. It was also found that when the initial compaction ratio was lower than 70-75%, the undrained brittleness index was higher than 0.5. The index for all types of tailings decreased quickly to zero when the initial compaction ratio increased from about 75 to 80%. This showed that the possibility of a flow slide in mine tailings could be prevented if the initial compaction ratio was above 80%. Regarding consolidation pressure, the undrained brittleness index decreased with the increasing of consolidation pressure. With regard to the void ratio, the research of Sadrekarimi and Olson (2011) showed that the brittleness index of some types of sand increased as the void ratio increased. These authors also conducted ring shear tests on sands with a very large shear displacement of above 20m. At this large shear displacement, the sand particle in shear zone will be damaged, rearranged, and reoriented. They found that the brittleness index of original, undamaged sand was greater than that of damaged sand. This indicated that the residual shear strength of sand will be decreased at a very large shear displacement due to the damage of sand in shear zone. Pineda et al. (2016) found that the undrained shear strength of Ballina clay reduced about 50% after reaching the peak which indicated the fragile post-peak behavior and could be associated to progressive failure. In drained triaxial test, the research results of Fatahi et al. (2015) showed that the brittleness index of treated municipal solid wastes increased as the content of fly ash-quicklime increased up to 20% and it was almost constant when the content of fly ash-quicklime exceeded 20%. Additionally, the brittleness index of treated soil decreased with the increasing of effective confining pressure from 100 to 300 kPa. Based on the simulation of landslide travelling, Yerro et al. (2016) presented that the run-out and velocity of landslides in brittle materials increased as the brittleness index increased. Additionally, there was a strong correlation between run-out and brittleness index of soil.

In general, since the brittleness index is a key factor for evaluation of slope failure mechanism, it has been widely investigated for different materials, especially for brittle materials. In fact, many cases of landslide occurred in naturally cemented soils such as shale, sandstone, and mudstone which often show brittle behavior (Suzuki et al., 2017). However, the brittleness index of lightly cemented soils has not been investigated and clarified yet. In this study, the brittleness index of lightly cemented clay will be investigated in ring shear test. A small content of cement was mixed with kaolin clay to simulate the natural cementation in soil.

2. SAMPLE PREPARATION AND TEST METHOD

A commercial kaolin clay type in Japan and Ordinary Portland Cement (OPC) was used in this study. Kaolin clay has the specific density (γ_s) of 2.618 g/cm³, liquid limit (W_L) of 62%, plasticity index (I_p) of 21.8, clay fraction (CF) of 35.3%. Kaolin clay in the form of dry powder was mixed with distilled water to about two times its liquid limit, then a small content of OPC was added and mixed again. In this study, to simulate the natural cementation in some soft rock such as claystone, mudstone, the OPC with 2% and 4% of the dry weight of the clay was added. The slurry samples were then poured and consolidated in a consolidation tank under a pressure of 98 kPa (Figure 2). The procedure of sample preparation has been reported in previous study (Duong et al., 2018; Duong and Suzuki, 2020; Suzuki et al., 2017; Thanh et al., 2020). The preconsolidated samples were cut and trim to produce the annular specimen for

ring shear test with an outer diameter of 10 cm, inner diameter of 6 cm, and a height of 2 cm.

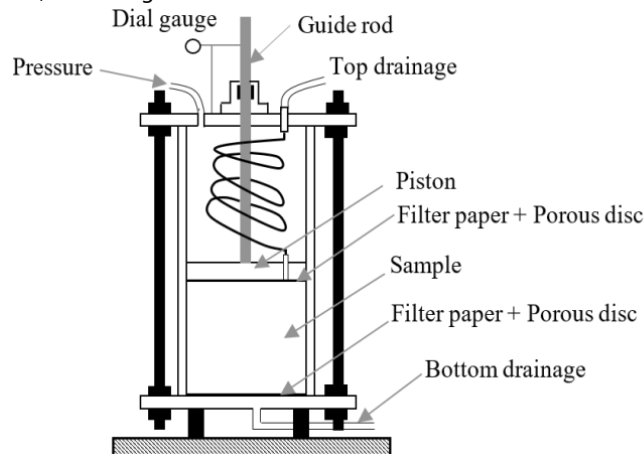


Figure 2. Large consolidation tank (Duong and Hao, 2020)

Bishop type ring shear apparatus was employed in this study (Figure 3). The details of this apparatus were reported in previous studies (Suzuki et al., 2017; Duong et al., 2018; Duong and Suzuki, 2020; Thanh et al., 2020). In ring shear apparatus, the specimens were sheared at different normal stress levels from 98 kPa to 392 kPa and different shear rates from 0.02 to 20 mm/min.

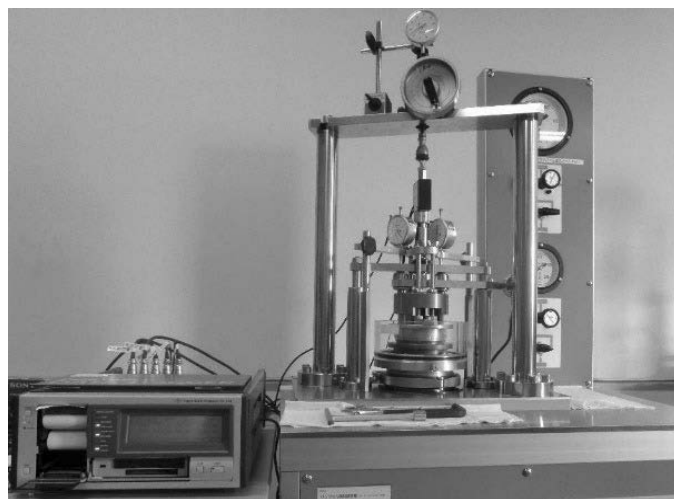


Figure 3. Bishop-type ring shear apparatus

3. TEST RESULT AND DISCUSSION

The test results of ring shear test conducted on cemented and non-cemented clay at different normal stress levels and shear rates are listed in Table 1. The results showed in this Table have been reported in Suzuki et al. (2017). Based on peak and residual strengths, the brittleness index was calculated following the formula 1 and presented in Table 1. As shown in this table, the I_b values of kaolin clay, 2% cemented clay, and 4% cemented clay decrease from 0.66 to 0.55, from 0.47 to 0.37 and from 0.47 to 0.36 with the increasing normal stress from 98 kPa to 392 kPa, respectively. The relationship between brittleness index (I_b) and effective normal stress levels is shown in Figure 2. In general, the dependence of I_b on the effective normal stress observed for kaolin clay and cemented clay in this study is similar to the results observed for different soils from previous studies (Bishop et al., 1971; Fatahi et al., 2015; Hight and Tobin, 1980). As shown in

Table 1. Test results of ring shear test

Samples	Normal stress (kPa)	Shear rates (mm/min)	Peak strength, τ_p (kPa)	Residual strength, τ_r (kPa)	Brittleness index (I_b)
Kaolin (0% cement)	98	0.2	53.1	18.1	0.66
	196	0.2	102.5	42.4	0.59
	392	0.2	184.6	82.6	0.55
	98	0.02	98.5	31.8	0.68
	98	0.1	97.8	33.1	0.66
	98	1	99.0	44.1	0.55
	98	10	80.4	51.8	0.36
2% cement	98	0.2	79.6	42.0	0.47
	196	0.2	123.9	63.7	0.48
	392	0.2	215.2	135.1	0.37
	98	0.04	121.3	61.4	0.49
	98	2	116.5	64.5	0.45
	98	6	130.5	79.4	0.39
	98	10	124.1	83.3	0.33
4% cement	98	0.2	106.1	56.6	0.47
	196	0.2	145.6	78.1	0.46
	392	0.2	228.6	145.5	0.36
	98	0.04	149.9	82	0.45
	98	1	156.1	87	0.44
	98	6	138.9	77.5	0.44
	98	10	144.4	80.6	0.44
	98	20	148.5	84.7	0.43

Figure 4, for kaolin clay, the I_b values considerably decrease as the normal stress increases from 98 to 196 kPa and slightly decreases when the normal stress exceeding 196 kPa. By contrast, the I_b values for cemented kaolin clay (2% and 4% cement) are almost unchanged when the normal stress levels increase from 98 to 196 kPa and significantly decreases with the stress exceeding 196 kPa. This phenomenon can be attributed to the increase of stiffness of cemented clay when cement is added. This indicates that the cement content affects the effect of effective normal stress levels on the brittleness index.

Regarding cement content, the relationship between I_b and cement content at different effective normal stress levels is plotted in Figure 5. As shown, the I_b values decrease significantly when the cement content increases from 0 to 2% and are almost unchanged when the cement contents increase from 2% to 4%. This indicates that the residual strength increases substantially as the cement content increases from 0 to 2%.

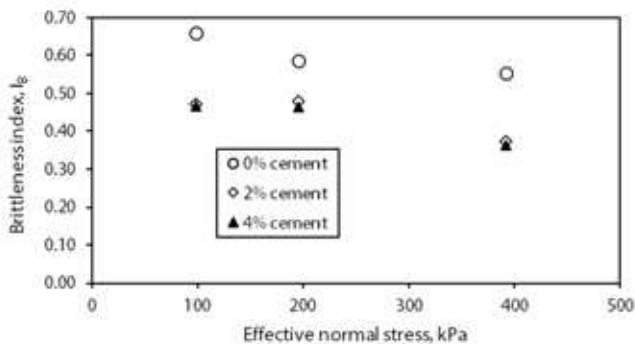


Figure 4. Relationship between brittleness index and effective normal stress

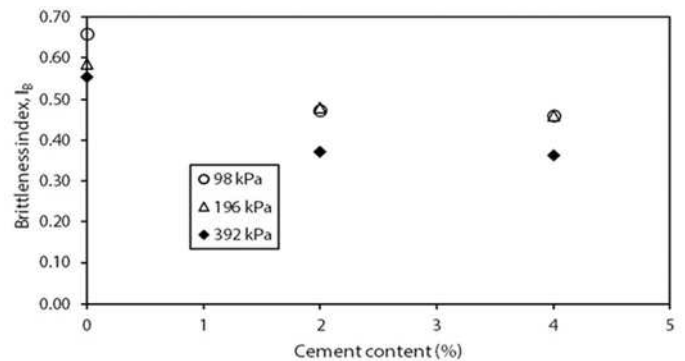


Figure 5. Relationship between brittleness index and cement content

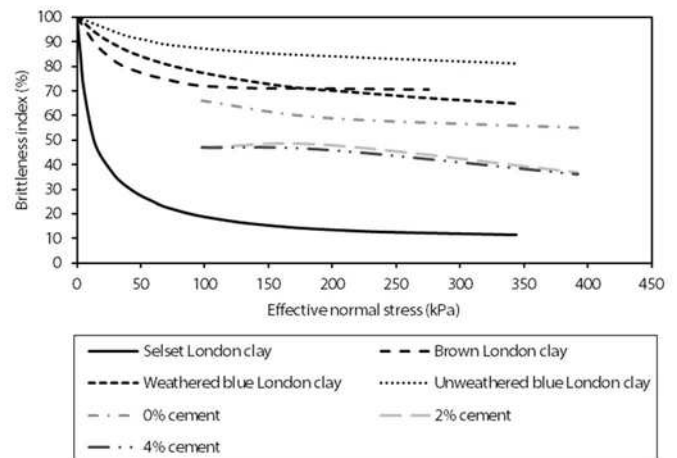


Figure 6. Variation of brittleness index of various soils with effective normal stress

The variation of brittleness index with effective normal stress of samples in this study and of some soil types obtained from Bishop et al. (1971) is presented in Figure 6. As shown in this figure, the variation of brittleness index of kaolin sample (0% cement) with increasing effective normal stress is similar in tendency with that of Brown London clay, weathered and unweathered blue London clay. Accordingly, the I_b values significantly decrease with the increasing of effective normal stress to about 100 kPa. At above 100 kPa, the values of I_b are almost independent of effective normal stress. Differently from soil samples, the I_b values of cemented soil samples (2% cement, 4% cement) are almost independent of effective normal stress up to 200 kPa. The difference here can be attributed to the stiffness and the formation of cementation bond when adding cement to the soil samples.

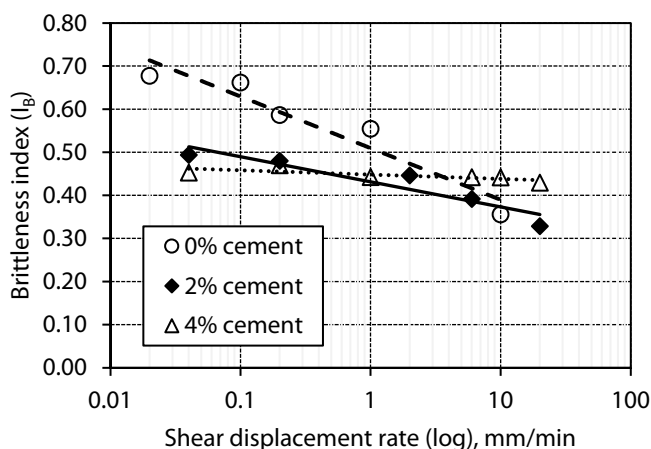


Figure 7. Relationship between brittleness index and shear displacement rates

In this study, the effect of shear displacement rates on brittleness index of soil in ring shear test was also investigated. The relationship between brittleness index and shear displacement rates is presented in Figure 7. As indicated, the brittleness index of studied samples generally decreases as the shear displacement rates increases. The highest decrease of brittleness index with increasing shear rates is observed for kaolin clay. The decrease tendency of brittleness index here can be an indicator that the residual strength significantly increases with the increase of shear rates.

4. CONCLUSIONS

The brittleness index of non-cemented and lightly cemented clay at different effective normal stress levels and shear rates in ring shear tests has been investigated in this study. Based on the analysis of test results, some main conclusions can be drawn as follows:

The brittleness index of kaolin and cemented clay decreases as the effective normal stress levels increases. However, the effect of normal stress on the brittleness index may depend on the cement content.

The research results also indicates that the brittleness index depends on the cement content. Accordingly, the brittleness index decreases as the cement content increases, especially from 0 to 2%. With the cement content above 2%, the brittleness index is almost unchanged.

Besides the effective normal stress and cement content, this study also shows that the brittleness index obtained from the results of ring shear tests depends on the shear displacement

rates. It decreases as the shear rates increases from 0.02 mm/min to 20 mm/min.

Acknowledgment

This research is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 105.08-2019.315.

REFERENCES

- Bishop, A.W., Green, G.E., Garga, V.K., Andresen, A., Brown, J.D., A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength. *Geotechnique* 21, 273–328, 1971.
- Duong, N.T., Suzuki, M., Rate Effect on the Residual Interface Strength Between two Different Soil Layers, in: *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*. Springer, pp. 985–992, 2020.
- Duong, N.T., Hao, D. V., Consolidation Characteristics of Artificially Structured Kaolin-Bentonite Mixtures with Different Pore Fluids. *Advances in Civil Engineering*, 2020
- Fatahi, Behnam, Khabbaz, H., Fatahi, Behzad., Improving Geotechnical Properties of Closed Landfills for Redevelopment Using Chemical Stabilization Techniques. *Ground Improvement Case Histories: Chemical, Electrokinetic, Thermal and Bioengineering* 239, 2015.
- Hightler, W.H., Tobin, R.F., Flow slides and the undrained brittleness index of some mine tailings. *Engineering Geology* 16, 71–82, 1980.
- Pineda, J.A., Kelly, R.B., Suwal, L., Bates, L., Sloan, S.W., Geotechnical characterization of Ballina clay. *Geotechnical and Geophysical Site Characterisation 5 – Lehan, Acosta-Martinez & Kelly (Eds)*, 2016.
- Sadrekarami, A., Olson, S.M., Yield strength ratios, critical strength ratios, and brittleness of sandy soils from laboratory tests. *Canadian Geotechnical Journal* 48, 493–510, 2011.
- Skempton, A.W., Bishop, A.W., The measurement of the shear strength of soils. *Geotechnique* 2, 90–108, 1950.
- Suzuki, M., Van Hai, N., Yamamoto, T., Ring shear characteristics of discontinuous plane. *Soils and Foundations* 57, 1–22, 2017.
- Taylor, D.W., *Fundamentals of soil mechanics*. LWW, 1948.
- Thanh, D.N., Thi, N.N., Van, H.N., Chau, L.N., Tien, P.V., Suzuki, M., Characteristics of shear strength at the interface between two soil layers in ring shear apparatus. *Journal of Materials and Engineering Structures «JMES»* 7, 575–581, 2020.
- Yerro, A., Alonso, E.E., Pinyol, N.M., Run-out of landslides in brittle soils. *Computers and Geotechnics* 80, 427–439, 2016.

Assessment of moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement based on finite element method

Nghiên cứu sự phân bố độ ẩm trong vết nứt ca bê tông nhựa đường bằng phương pháp phần tử hữu hạn

> NGUYEN TAN HUNG¹; NGUYEN TRUONG PHU²; DANG CONG DANH³; PHAM ANH DU⁴; PHAM MINH TRIET⁵

¹ Faculty of Civil Engineering, Can Tho University of Technology.

Email: nthung@ctu.edu.vn.

² Faculty of Civil Engineering, Can Tho University of Technology.

Email: ntphu@ctu.edu.vn.

³ Department of Architectural, Civil and Environmental Engineering, Nam Can Tho University

Email: congdanh.dang78@gmail.com

⁴ Department of Transportation Engineering, College of Engineering, Can Tho University.

Email: padu@ctu.edu.vn

⁵ Department of Aerospace Engineering, Pusan National University; 2 Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan 46241, Rep. of Korea.

Email: minhtriet240@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo tập trung khảo sát sự phân bố độ ẩm trong vết nứt của nền đường bê tông nhựa trong điều kiện mưa ngắn hạn bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Nền đường bê tông nhựa với các giá trị hệ số khuếch tán độ ẩm khác nhau được dùng để khảo sát. Dựa trên kết quả tính toán, nghiên cứu kết luận cho thấy khi thời gian mưa kéo dài, độ ẩm được khuếch tán nhiều hơn và được phân bố rộng hơn. Khi hệ số khuếch tán tăng, độ bão hòa trong vết nứt gia tăng. Nghiên cứu này phát triển mô hình có thể sử dụng hiệu quả để xác định sự phân bố độ ẩm trong vết nứt của nền đường bê tông nhựa. Trong tương lai, các nghiên cứu cần được thực hiện để khảo sát sự phân bố độ ẩm trong vết nứt nền đường bê tông nhựa trong điều kiện khác nhau như nhiệt độ, đông/rã do nhiệt, và tải trọng.

Từ khóa: phân bố độ ẩm; vết nứt nền đường bê tông nhựa rỗng; phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT

This present study assesses the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement during a short-term rain event based on finite element method. The asphalt concrete pavements whose three different moisture diffusion coefficients for the base layers were evaluated. Based on the findings, it was concluded that as the period of the rain event increased, moisture diffused more in the pre-crack and was suffused in a larger area. Also, the moisture saturation in the pre-crack increased as the moisture diffusion coefficient increased. This study proposed a model that can estimate effectively the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement. In the future, further research should be carried out to observe the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement under various conditions such as temperature, freeze/thaw cycle, and traffic load.

Keywords: moisture distribution; pre-cracked asphalt concrete pavement; finite element method.

1. INTRODUCTION

The asphalt concrete pavements in the field are subjected to the traffic load and environment (Breakah, Bausano, & Williams, 2009; Nguyen, Ahn, Lee, & Kim, 2019; Wang, Wang, Xiong, & Luo, 2019). These factors provide different types of

damage to asphalt concrete pavement (ACP) such as cracking, bleeding, corrugation and shoving (McDonald and McDonald, 2010). Among these types of damage in ACP, cracking is a noticeable one, which is mainly caused by the effect of the moisture from the rain event.

Moisture damage is considered as one of the main distresses of ACP. The synthesis can be explained that, from the rain event, water flows through the interconnected pore of the ACP and then it causes the stripping, as known as the loss of the adhesive bonding force between the binder and the aggregate in the asphalt concrete mixture (Hicks, 1991). In the ACP, the components of the asphalt concrete material include binder, aggregate play an important role in the resistance to moisture damage (Cooley Jr, Brown, & Maghsoodloo, 2001).

According to a study by Kassem et al. (2006), the moisture damage of asphalt concrete pavement was dependent on the moisture diffusion process. From the rain event, moisture was diffused as vapor that can infiltrate into the asphalt concrete pavement (Kassem, Masad, Bulut, & Lytton, 2006). Chen and Williams (2014) report that the moisture damage was mostly happened by moisture diffusion for the low porosity ACP (Chen and Williams, 2014). Once again, Kringos and Scarpas (2005) confirmed that moisture diffusion is the main reason for the moisture damage of ACP (Kringos and Scarpas, 2005).

Until now, there have not been many studies that focused on the moisture diffusion in the ACP and its effect on moisture damage. Kassem et al. (2015) observed the moisture diffusion of three different asphalt concrete mixtures including sandstone, limestone, and gravel (Kassem, et al., 2006). In their study, the moisture diffusion coefficient was extracted using Mitchell's equation. Based on the results, the authors figured that as the moisture diffusion coefficient increased, the moisture damage resistance of the asphalt concrete mixture decreased. Between the asphalt concrete mixtures designed by gravel and limestone, the one with gravel provided a lower resistance to moisture damage. The suggestion was made that to evaluate the resistance to moisture damage of asphalt concrete pavement, the moisture diffusion coefficient could be used.

The use of moisture diffusion coefficient to evaluate the moisture damage of ACP also was assessed by (Arambula, Caro, & Masad, 2010). In their study, a validation of moisture distribution in ACP was carried by two methods. One was experimental measurement and the other one was numerical simulation. The experimental measurement was resulted based on the procedure in ASTM E96 standard and the study of (Hénon, Carbonell, & Desimone, 2002). There was a good agreement between the results of moisture distribution from the two methods. The authors also reported that the moisture diffusion coefficient had a significant effect on the moisture damage of asphalt concrete pavement.

The effect of moisture distribution on the moisture damage of asphalt concrete pavement was also observed by Cammarata et al. (2020) (Cammarata, Hariharan, Allen, & Little, 2020). In their study, a pre-cracked asphalt concrete pavement was simulated by finite element method under the rain event. In this simulation, the moisture distribution in a pre-cracked ACP was extracted. The results showed that the length of the pre-crack in the asphalt concrete pavement increased due to the moisture diffusion according to the time of rain event. The suggestion was made that a pre-crack in an ACP should be sealed as soon as possible to avoid moisture damage due to the rain event.

Previous studies showed that moisture diffusion coefficient or/and moisture distribution of ACP could be used to estimate its resistance to moisture damage. However, there have not been many studies on the moisture distribution in a pre-crack asphalt concrete pavement with different moisture diffusion coefficients. To fill this identified gap, this

study was performed to assess the moisture distribution in a pre-cracked ACP in a short-term rain event by finite element method. The ACP with three different moisture diffusion coefficients from the literature were selected to analyze.

2. METHODOLOGY

To assess the moisture distribution, the finite element method (FEM) was used in this study. In the analysis, a pre-crack ACP was modeled and analyzed. It is assumed that the moisture from the rain event was absorbed in the pre-crack and was diffused via the diffusion process. The diffusion of moisture according to the depth of the pre-crack of the ACP was extracted by the traditional one-dimensional diffusion equation, as known as Fick's first law, is derived as follows:

$$q_i = -D \frac{\partial m}{\partial x_i} \quad (1)$$

Where x_i is the i^{th} coordinate direction;
 q_i is the flux of moisture in the coordinate direction;
 D is the moisture diffusion coefficient;
 m is the mass of moisture.

However, the moisture diffusion in the asphalt concrete pavement does not totally follow Eq. (1) (Apeagyei, Grenfell, & Airey, 2015; Lehner, 1979). To extract accurately the moisture distribution in a pre-crack ACP, Fick (1995) substituted his first law's equation into the mass conservation's equation and resulted a new equation, as shown in Eq. (2). The result is called Fick's second law which shows the relationship of moisture distribution and time of diffusion, which is also the time of rain event t .

$$D \left(\frac{\partial^2 m}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial x_2^2} \right) = \frac{\partial m}{\partial t} \quad (2)$$

Eq. (2) is expressed as a partial differential equation that can be used to extract the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement following the time of rain event t . In this equation, the moisture diffusion coefficient D is determined based on experimental measurement.

In this study, to observe the effects of moisture diffusion coefficient D on the moisture distribution in a pre-cracked ACP, different moisture diffusion coefficient D in the previous studies of (Cammarata, et al., 2020) and (McKeen and Johnson, 1990) were used to analyze via FEM. The model was developed based on an open-source python library, FEniCS (version 1.5). The information of the open-source code can be founded in the literature (Alnæs et al., 2015).

In this study, the pre-cracked ACP has same configuration as in the study of (Cammarata, et al., 2020) was modeled and analyzed. The geometry of the pre-cracked ACP is presented in Fig. 1 below. The numerical model was discretized into 43200 finite elements with 21901 nodes. The red point in Fig. 1 was selected to plot the moisture saturation according to rain event time because the authors would like to examine the rate of moisture diffusion.

To assess the effect of moisture diffusion coefficient on the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement, the base layer of pavement was simulated with three different moisture diffusion coefficients. Their values were based on the studies of (McKeen and Johnson, 1990) and (Cammarata, et al., 2020). For the asphalt layer, the moisture diffusion coefficient followed one in the study of (Cammarata, et al., 2020). Table 1 shows the moisture diffusion coefficients for each case of the analysis.

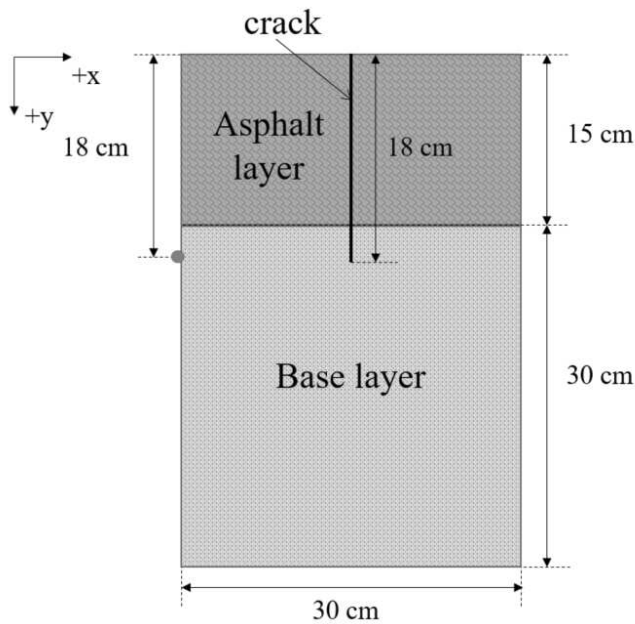


Figure 1. Geometry of the pre-cracked asphalt concrete pavement, after (Cammarata, et al., 2020)

Table 1. Moisture diffusion coefficient of asphalt concrete pavement, after (Cammarata, et al., 2020; McKeen and Johnson, 1990)

Case	Layer	Diffusion coefficient D (cm ² /hr)
1	Asphalt	5.976e-5
	Base	3.65
2	Asphalt	5.976e-5
	Base	6.84
3	Asphalt	5.976e-5
	Base	14.84

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of moisture distribution in the pre-cracked asphalt concrete pavement for cases 1, 2, and 3 according to the time of rain event are shown in Fig. 2, 3, 4, respectively.

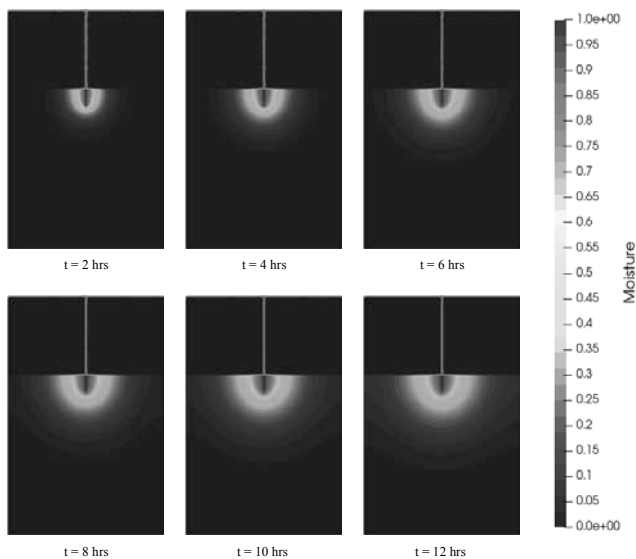


Figure 2. Moisture distribution for case 1

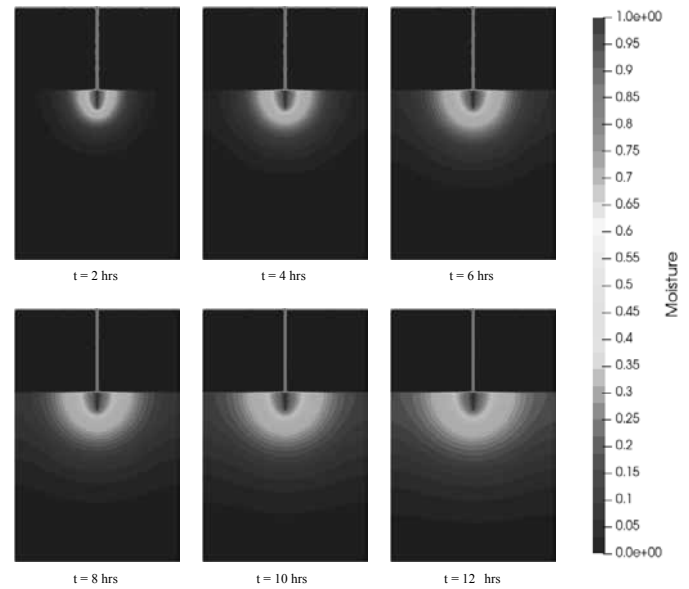


Figure 3. Moisture distribution for case 2

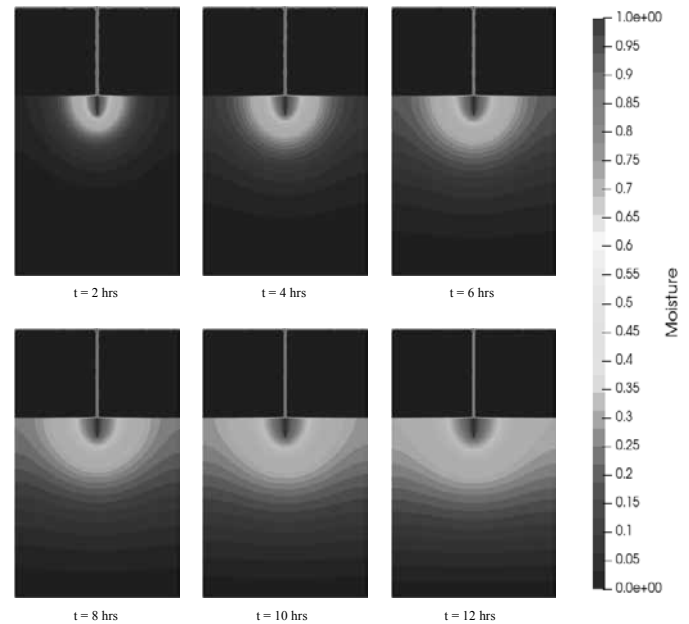


Figure 4. Moisture distribution for case 3

Based on the results, it can be seen that as the time of the rain event increases, the zone of moisture distribution tends to be larger. The reason is that when the rain event happened, moisture moved from the surface of the pavement down to the pre-crack's spatial. At the end of the pre-crack's spatial, moisture is transported around by the diffusion process. In this study, since the moisture diffusion coefficient was assumed to be constant over time; therefore, as the time of rain event increases, more moisture was diffused; therefore, this resulted a larger zone of moisture distribution.

It is noticed that the results of moisture distribution according to time in this study are consistent with that in the study of (Cammarata, et al., 2020). It indicates that this study developed a

model that can be used effectively to extract the moisture distribution in a pre-cracked ACP.

The results of saturation respecting to time of rain event at the observation point are shown in Fig. 4 below.

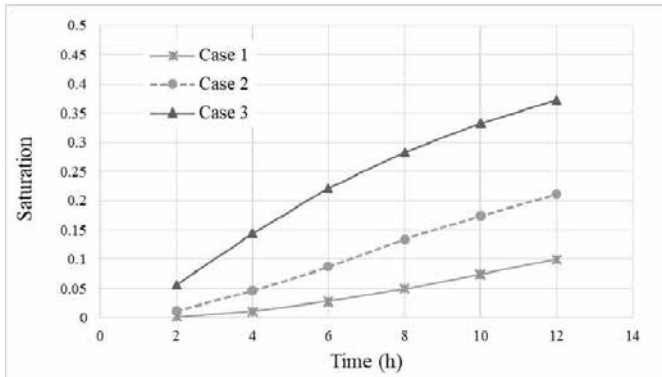


Figure 5. Moisture saturation at the observation point according to time of rain event

Fig. 5 indicates that when the moisture diffusion coefficient D increases, the moisture saturation at the observation point increases, too. For instance, the saturation goes up about 0.11, from 0.994 to 0.211 at 12 h when the diffusion coefficient increases by 3.19, from 3.65 to 6.84.

Considering the increase of saturation according to time for each case, the current study found that there is a significant increase in the rate of saturation. The implication can be made that the moisture diffusion coefficient of the pre-crack in the ACP did not decrease significantly according to time. In contrast, according to experimental results of (Cammarata, et al., 2020), the moisture diffusion coefficient of the asphalt concrete pavement steadily decreased. A possible explanation for this might be that this study already assumed the moisture diffusion coefficient was constant. However, in fact, this value decreases according to time and results in a decrease rate of moisture diffusion. This finding is unexpected and suggested that further research should be done to observe the reduction of moisture diffusion coefficient according to the time of rain event.

4. CONCLUSIONS

This present study was conducted to assess the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement in a short-term rain event by finite element method. The asphalt concrete pavements whose three different moisture diffusion coefficients for the base layers were analyzed. Based on the results, the conclusions were drawn that when the time of the rain event increased, moisture was diffused more and resulted in a larger zone of moisture distribution. Additionally, the current study found that when the moisture diffusion coefficient increased, the saturation of the observation point increased. The model in this study can be used effectively to assess the moisture distribution in a pre-cracked asphalt concrete pavement. In the future, further research should be carried out to observe the moisture diffusion coefficient and moisture distribution of asphalt concrete pavement in terms of different conditions such as temperature, freeze/thaw cycle, and traffic load.

REFERENCES

Alnæs, M., Blechta, J., Hake, J., Johansson, A., Kehlet, B., Logg, A., . . . Wells, G. N. (2015). The FEniCS project version 1.5. *Archive of Numerical Software*, 3(100)

Apeagyei, A. K., Grenfell, J. R., & Airey, G. D. (2015). Influence of aggregate absorption and diffusion properties on moisture damage in asphalt mixtures. *Road Materials and Pavement Design*, 16(sup1), pp. 404-422.

Arambula, E., Caro, S., & Masad, E. (2010). Experimental measurement and numerical simulation of water vapor diffusion through asphalt pavement materials. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(6), pp. 588-598.

Breakah, T. M., Bausano, J. P., & Williams, R. C. (2009). Integration of moisture sensitivity testing with gyratory mix design and mechanistic-empirical pavement design. *Journal of Transportation Engineering*, 135(11), pp. 852-857.

Cammarata, J., Hariharan, N., Allen, D., & Little, D. (2020). A study of moisture-induced cracking during a short-term rain event in a pre-cracked asphalt concrete pavement with an expansive base layer. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(10), pp. 1180-1190.

Chen, C., & Williams, R. C. (2014). Water flow simulation and analysis in HMA microstructure. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 1(5), pp. 362-370.

Cooley Jr, L., Brown, E. R., & Maghsoodloo, S. (2001). Developing critical field permeability and pavement density values for coarse-graded superpave pavements. *Transportation Research Record*, 1761(1), pp. 41-49.

Hénon, F. E., Carbonell, R. G., & Desimone, J. M. (2002). Effect of polymer coatings from CO₂ on water-vapor transport in porous media. *AIChE Journal*, 48(5), pp. 941-952.

Hicks, R. G. (1991). *Moisture damage in asphalt concrete*: Transportation Research Board.

Kassem, E., Masad, E., Bulut, R., & Lytton, R. (2006). Measurements of moisture suction and diffusion coefficient in hot-mix asphalt and their relationships to moisture damage. *Transportation Research Record*, 1970(1), pp. 45-54.

Kringos, N., & Scarpas, A. (2005). Raveling of asphaltic mixes due to water damage: computational identification of controlling parameters. *Transportation Research Record*, 1929(1), pp. 79-87.

Lehner, F. (1979). On the validity of Fick's law for transient diffusion through a porous medium. *Chemical Engineering Science*, 34(6), pp. 821-825.

McDonald, T., & McDonald, P. (2010). *Guide to Pavement Maintenance*: iUniverse.

McKeen, R. G., & Johnson, L. D. (1990). Climate-controlled soil design parameters for mat foundations. *Journal of Geotechnical Engineering*, 116(7), pp. 1073-1094.

Nguyen, T. H., Ahn, J., Lee, J., & Kim, J.-H. (2019). Dynamic modulus of porous asphalt and the effect of moisture conditioning. *Materials*, 12(8), p 1230.

Wang, W., Wang, L., Xiong, H., & Luo, R. (2019). A review and perspective for research on moisture damage in asphalt pavement induced by dynamic pore water pressure. *Construction and Building Materials*, 204, pp. 631-642.

Study on production of unfired bricks from fly ash of thermal power plants

> HUYNH KY PHUONG HA^{1,*}, MAI THANH PHONG¹, BUI TRONG VINH¹,
MAI PHUONG UYEN¹, DAO HONG HAI¹, NGUYEN HUU SON^{2,*}, DAU VAN NGO²

¹Ho Chi Minh City University of Technology -VNU-HCMC Ho Chi Minh City

Email: hkpha@hcmut.edu.vn

²Bach Khoa Ho Chi Minh City Science Technology Joint Stock Company - HCMUT Ho Chi Minh City

Email: nguyenhuuson@hcmut.edu.vn

ABSTRACT:

Fly ash obtained from Tra Vinh thermal power plants was tested for radiation safety and used to produce unfired bricks with some additions. The fly ash used in high concentrations (up to 70% of bricks) proved a safe and economic solution for the production of unfired bricks. The product was tested for mechanical and physicochemical properties such as: compressive strength, flexural strength according to TCVN, SEM images of the horizontal surface of bricks, XRD and IR of bricks were also obtained. Other parameters such as water absorption, adhesion to construction mortar were also investigated. The obtained results indicate that the unfired bricks produced from fly ash of thermal power plants have high potential in construction and contribute to solving environmental problems as well as creating an unfired construction products with high quality produced by a green production.

Keywords: Fly ash, thermal power plants, unfired brick.

Fly ash and slag are secondary resources created by humans through the process of mining, processing, and using natural mineral resources. One of the sources of emissions is from thermal power plants, and this is the leading environmental problem in Vietnam nowadays. The application of fly ash in the production of unfired bricks has been applied in several countries worldwide with different technologies, such as India, China, etc. [A. Bhattacharjee *et al.*, Jong-Hwan *et al.*]. However, the quality of fly ash and radiation safety when used in unfired bricks is also a matter of concern [Alper *et al.*, P. Chindaprasirt *et al.*]. Therefore, the use of fly ash from thermal power plants as construction materials must also meet national standards for safety and quality (QCVN 16: 2017/BXD; 24a/2016/ND-CP; 452 /QD-TTg). However, the current reality shows that the consumption of ash and slag of thermal power plants in Vietnam is low because the combustion technology leaves a high amount of residual coal in the ash. The process of handling excess coal is complicated and costly. On the other hand, to make materials from fly ash and slag, it is necessary to use a large amount of cement, sand and stone as a binder and improve the physical and mechanical properties, which increases the production cost, so it is not easy to apply in industry. In the world, there have also been many studies on fly ash and its application in various fields in industry and unfired bricks [Kumar *et al.*, J. Temuujin *et al.*, and A. Fernandez *et al.*].

Vietnam currently has 25 coal-fired power plants in operation, with ash and slag discharged about 13 million tons/year. At the end of 2020, there were about 47.65 million tons of fly ash from thermal power plants, mainly in the North (accounting for 65% of total emissions), central (23%) and South (12%). The amount of fly ash and slag consumed reached more than 5.06 million tons, accounting for 38.9% of the generated amount, of which the North consumed about 3.6 million tons (Data compiled by the Ministry of Industry and Trade, 2020). Therefore, to contribute to the most effective treatment of fly ash, one of the solutions is to research and apply the production of unfired bricks with quality according to national standards in production and usage. At the same time, the unfired bricks production solves the problem of environmental safety for thermal power plants. Moreover, it creates an unfired brick product that can be applied to construction and the development of green products in the world.

Therefore, in this study, fly ash and slag waste from thermal power plants will be used to produce unfired brick products that

1. INTRODUCTION

Currently, unfired construction materials are being studied to produce and widely used in the world. In developed countries such as the US, Europe, Japan, many buildings use 100% unfired construction materials; while in Vietnam, this rate is still meager. To solve this problem, the Government has issued policies on increasing the use of unfired construction materials, especially in construction buildings with the Government's capital. Many research works on the production of unfired bricks in Vietnam and the world have been previously published. However, the problems of production cost and bricks quality still need to be improved for widely applicable. In addition, the studies of using wastes and by-products from other manufacturing industries as raw materials for unfired bricks are prioritized because, at the same time, it can solve many different goals in the environment and economy [Vivek *et al.*, Anant *et al.*, and Zipeng *et al.*].

meet the national technical standards of construction bricks with low cost and high competitiveness in the market; and meet the criteria of green products.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

In this study, the cement used in the unfired brick's material is PCB 40 Nghi Son. Fly ash (FA) was collected from Duyen Hai Thermal Power Plant in Tra Vinh Province. The fly ash is then ground and sieved to an average size of less than 0.5 mm. Slag ash (SA) used in the study using dry ash slag discharge technology. Fly ash and slag have the physico-chemical properties are shown in Table 1. Fly ash and slag samples are presented in Figure 1. The water used in material's mixture is derived from domestic water and meets the requirements of standard TCVN 4506: 2012 for water for mixing concrete and mortar.

Table 1. Characteristics of fly ash (FA) and slag ash (SA)

Characteristics	Unit	Test method	FA	SA
Moisture	%	TCVN 7572-4:2006	16.55	0.88
Mass density	g/cm ³	TCVN 7572-4:2006	3.40	1.98
Bulk density	Kg/m ³	TCVN 7572-6:2006	1050	880
Porosity	%	TCVN 7572-6:2006	69.1	55.6
Silt, clay - dust content	%	TCVN 7572-8:2006	0.0	0
Organic impurities content	%	TCVN 7572-9:2006	0.0	0
Chloride content (Cl ⁻)	%	TCVN 141:2008	0.007	0
Sulfate, sulfate content	%	TCVN 141:2008	0.202	0
SiO ₂ content	%	TCVN 8262:2009	56.40	59.57
Al ₂ O ₃ content	%	TCVN 8262:2009	19.94	20.14
Fe ₂ O ₃ content	%	TCVN 8262:2009	6.19	6.88
CaO content	%	TCVN 141:2008	6.40	5.90
MgO content	%	TCVN 8262:2009	2.81	2.51
MnO content	%	TCVN 7131:2003	0.05	0.05
K ₂ O content	%	TCVN 7131:2003	2.91	2.56
Na ₂ O content	%	TCVN 7131:2003	0.75	0.81
TiO ₂ content	%	TCVN 7131:2003	0.70	0.70
Other	%	Requirement	3.85	0.88
pH	-	Requirement	9.39	9.10

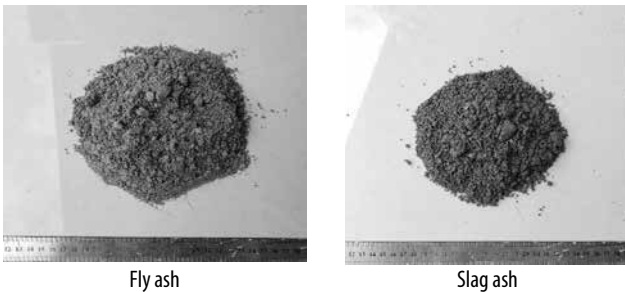


Figure 1. Material samples in naturally dry condition

2.2. Radiation safety test

FA and SA samples were tested to determine the level of natural radioactivity to assess radiation safety when used in samples of unfired bricks. Samples were measured on a low-background gamma spectrometer with ultra-pure semiconductor probe HPGe GC3520 at the Nuclear Engineering Laboratory (NTLab), University of Natural Sciences, VNU-HCM (Figure 2). The

energy and efficiency standards of the probe used the IAEA RGU1 reference sample with Angle 3.0 efficiency calibration software, and analytical procedures according to ISO-2007 standard.



Prepared samples for radiation safety test

Gamma spectrometer with ultra-pure semiconductor probe GC3520 (NTLab)

Figure 2. Material samples (a) and radiation safety testing equipment (b)

2.3. Design the formula for unfired bricks

In this study, different types of material mixtures were tested to make conventional 4-hole unfired construction bricks from FA and SA of Duyen Hai - Tra Vinh thermal power plant. The bricks are prepared using different proportions of the raw materials. The quality of the brick depends on the ratio of raw materials, compressive strength, and moisture content of the material. The goal of the study is to utilize FA and SA, and at the same time reduce the cost of bricks, so in this study we try to reduce the cement content, but still ensure that the MAC of bricks is greater than 75MPa. Therefore, the survey content of cement is 20% or less, and the brick pressing force increases to 9 tons. Table 2 below presents 04 different formulas for making sample bricks with symbols C1, C2, C3, C4.

Table 2. Unfired brick's compositions from FA and SA

Sample	Composition
C1	Fly ash (80%) + Cement (20%)
C2	Fly ash (60%) + Slag ash (25%) + Cement (15%)
C3	Fly ash (70%) + Slag ash (15%) + Cement (15%)
C4	Fly ash (50%) + Slag ash (35%) + Cement (15%)

2.4. The prepared process of unfired bricks

The raw material mixture is added to a mixer of suitable capacity in the designed ratio and thoroughly mixed with water until a homogeneous mixture is formed. The same procedure is applied to the different grades. Moisture is calculated from the beginning but checked regularly to ensure the suitable material when pressing bricks. Humidity is greatly affected by weather and daily climate. Small lumps will be sifted out because, if left in the material mixture can cause cracks in the bricks, reducing their overall strength. The homogenized mixture in the mixer is then fed into the pressed machine to be molded into a brick shape and transferred to the drying yard via a conveyor belt. Brick pressed machine uses hydraulic compression technique, the raw material mixture is compressed into bricks with pre-designed pressure. The preparing process is shown in Figure 3.

After freshly pressed bricks are air-dried, they are arranged in stacks for curing, samples following are taken to test the mechanical properties after 7; 14 and 28 days. In some cases, bricks can be moisture stabilized to prevent surface cracking by steam. After curing, the bricks were again allowed to dry naturally for a few more days before being tested.

Mechanical properties test.

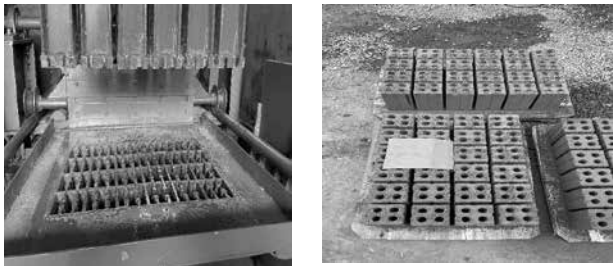


Figure 3. Preparing process of unfired bricks.

The samples of unfired bricks were tested for compressive strength, flexural strength, water absorption, volumetric weight, coefficient of thermal expansion, dry shrinkage and some other adaptive criteria ability to withstand the impact of the environment according to TCVN 6477: 2016, TCVN 6355: 2009, TCVN 6415: 2016.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Radiation safety test of FA and SA

Samples of FA and SA obtained from the Duyen Hai thermal power plant are tested for radiation safety in accordance with TCVN 10302:2014; TCVN 12249:2018 for application in the production of unburnt bricks. The results presented in Table 2 show that the irradiance of the material is very small, within the allowable limit as [a] and [b]. So it can be concluded that both FA and SA are used to produce unfired bricks and the product is safe to be used in civil construction.

Table 2. Test result of 1sigma

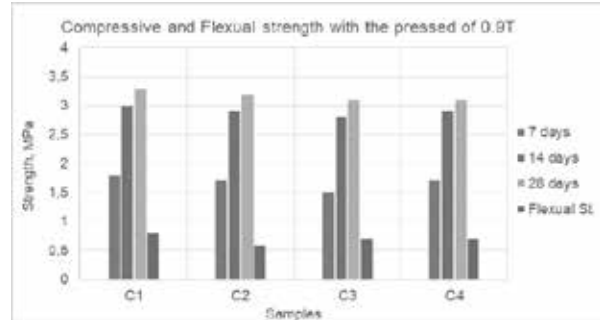
Isotopes	Radiation activity (Bq/kg)		Limitation
	Fly ash	Slag ash	
U-238 (Th-234)	39.1 ± 17.0	66.3 ± 14.4	
Ra-226	86.5 ± 1.7	72.7 ± 1.4	
Th-232 (Ac-228)	93.7 ± 1.8	79.8 ± 1.6	
K-40	659.7 ± 24.1	577.5 ± 21.3	
Aeff	264.4 ± 3.5	225.5 ± 3.1	370 [a]
I	0.98 ± 0.01	0.83 ± 0.01	<1 [b]

Note: [a]: TCVN 10302:2014; [b]: TCVN 12249:2018.

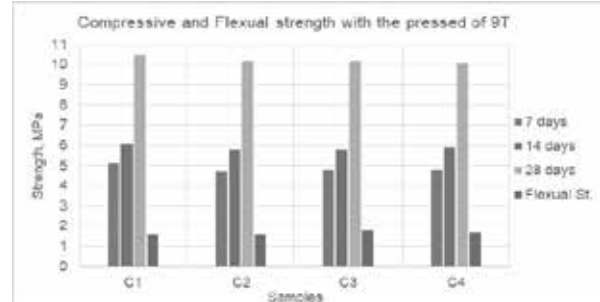
3.2. Compressive strength, Flexural strength and effect of pressed force

After being pelleted and cured, the samples of unfired bricks were tested for compressive strength and flexural strength in their natural state after 7, 14 and 28 days. The results are shown in Figure 4. With the pressure force of the press is 0.9 tons (a), all brick samples with compressive and flexural strength at 28 days old do not meet the requirements of 7.5MPa. However, when increasing the pressure to 10 times, specifically 9 tons (b), all samples after 28 days were very high in both properties, higher than the original target of 7.5 MPa. This shows that the pressure exerts a significant influence on the properties of the unfired bricks because it increases the density of the material, enhances the ability to contact and interact to create a bond between the cement and other components in the bricks [Zipend *et. al.*, Anant *et. al.*]. Furthermore, when the content of cement is higher, then leads to MAC of bricks is also higher, as shown in table 3. This result is fixed with previous published [Anant *et. al.*, A. Fernandez *et. al.*] because increasing cement content simultaneously increases binder and mineralization in the material, but increasing cement content also leads to increase in brick weight when

combined with FA and SA, and increase the price of unfired bricks.



(a): Unfired bricks (40x80x180 mm) with the pressed force of 0.9 tons.



(b): Unfired bricks (40x80x180 mm) with the pressed force of 9 tons.

Figure 4. Unfired brick samples with the pressed force of 0.9 tons (a) and 9 tons (b).

3.3. SEM images of unfired bricks

Samples C2 with the pressing force of 0.9 and 9 Mpa have tested the surface morphology with SEM images and the results are shown in Figure 5. It can be observed that the brick sample clearly has higher material density and lower porosity with high pressing force. It is possible to observe the materials bond together into solid blocks and have a stable structure. This proves the high mechanical properties of unfired bricks (Figure 5a). Because when the pressure is increased, the materials will be compressed more tightly, from which the mineralization process takes place easier and the material density is higher, the pores are less, resulting in higher brick mechanical properties. The opposite result is observed when the pressure is much smaller in the brick forming process (Figure 5b).

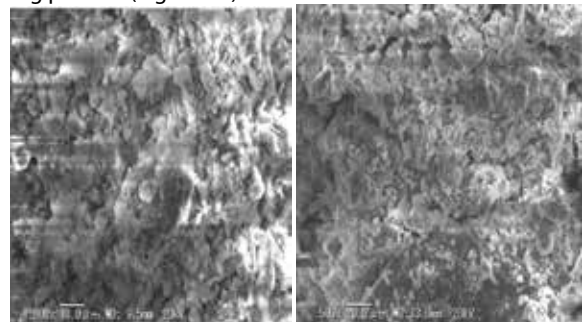


Figure 5. SEM images of samples unfired brick C2: (a) pressed force of 0.9 Mpa; and (b) pressed force of 9 Mpa.

3.4. Water absorption

The concrete brick should have an average water absorption capacity of not more than 12% by mass for bricks with a MAC greater than 7.5 MPa according to Vietnamese standards for concrete bricks TCVN 6477: 2016. There are currently no specific standards for unfired bricks from different materials. Most use baseline criteria from different previous studies. From the obtained results presented in Figure 6. It

can be seen that with low pressure of 0.9 tons, the water absorption is not reached (both greater than 27%). When the pressing force is increased to 9 tons and the brick MAC is increased to about 10 MPa, as shown in Figure 6, the water absorption of the bricks decreases to about 15%, and it becomes lower as the cement content raise. The above results can be explained by the fact that the bricks in this experiment have low cement content, 20% or less, and both FA and SA have high water absorption capacity. Therefore, the bricks in the experiment have higher water absorption than concrete bricks, as stated in TCVN 6647:2016.

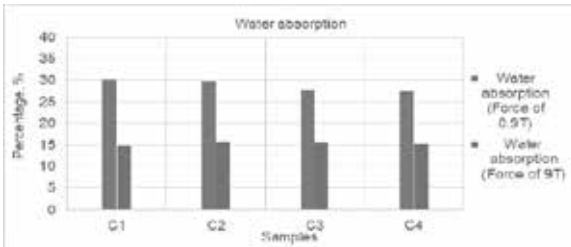


Figure 6. Water absorption of unfired brick samples

3.5. Bulk Density and Porosity

The test results show that with an equivalent porosity, the unfired bricks in the study have a significantly lower volumetric weight (about 1.10 g/cm³) than the concrete bricks on the market (which have an average volumetric weight from 1.75 to 1.80 g/cm³). This is one of the main advantages of bricks manufactured from FA and SA. The bricks are about 1.5 times lighter than concrete bricks of the same style and size. Meanwhile, compared with the standard TCVN 6477:2016 for concrete bricks (porosity is not greater than 65%), the unfired bricks only have about 20% porosity in this study. The volumetric weight will be enormous and the porosity will be minor as the cement content increases in the unfired bricks, as shown in Figure 7.

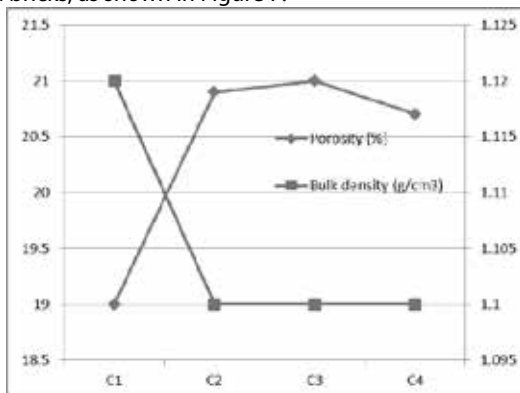


Figure 7. Bulk Density and Porosity of unfired brick samples at the pressed force of 9 tons.

3.6. Indicators due to environmental impact

The unfired bricks have almost no long thermal expansion in the width and length of all the samples. The dry shrinkage gradually decreased when the fly ash content was reduced to 50%. Details are shown in Table 3.

Table 3. Indicators due to environmental impact

Characteristics	Unit	Test methods	Test results			
			C1	C2	C3	C4
Linear thermal expansion	mm/m	TCVN 6415-8:2016				
Width			0,0	0,0	0,0	0,0
Lenght			0,0	0,0	0,0	0,0
Moisture Expansion	mm/m	TCVN 6415-				

Width		10:2016	0.12	0.10	0.15	0.17
Lenght			0.17	0.09	0.22	0.21
Dry Shrinkage	mm/m	TCVN 7959:2017				
Width			0.09	0.09	0.00	0.00
Lenght			0.12	0.11	0.00	0.00

4. CONCLUSIONS

Fly ash and slag ash from Duyen Hai Thermal power plant - Tra Vinh Province were combined with other materials to make unfired bricks. With a pressing force of 9 tons, the results show that the bricks completely satisfy the Vietnamese standards TCVN for construction bricks. Moreover, the radiation safety test results of fly ash and slag ash also meet the safety level according to TCVN and, therefore, can be used to produce unfired bricks for civil construction.

Acknowledgements

This research is funded by Vietnam National University Ho Chi Minh City (VNU-HCM) under grant number DS2021-20-02/HĐ-KHCN.

REFERENCES

A. Bhattacharjee, H. Mandal, M. Roy, J. Kusz, W. Hofmeister. Microstructural and magnetic characterization of fly ash from Kolaghat Thermal Power Plant in West Bengal, India. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* Vol. 323, pp. 3007–3012, 2011.

A. Fernandez-Jimenez, A. Palomo, M. Criado. Microstructure development of Alkali-activated fly ash cement: a descriptive model. *Cement and Concrete Research* Vol. 35, pp. 1204 – 1209, 2005.

Alper Baba, Gulbin Gurdal, Fatma Sengunalp. Leaching characteristics of fly ash from fluidized bed combustion thermal power plant: Case study: Çan (Çanakkale-Turkey). *Fuel Processing Technology* Vol. 91, pp. 1073–1080, 2010.

Anant L. Murmu, A. Patel. Towards sustainable bricks production: An overview. *Construction and Building Materials* Vol. 165, pp. 112–125, 2018.

Jong-Hwan Park, Ju-Hyun Eom, Su-Lim Lee, et. al. Exploration of the potential capacity of fly ash and bottom ash derived from wood pellet-based thermal power plant for heavy metal removal. *Science of the Total Environment* Vol. 740, 140205, 2020.

J. Temuujin, A. van Riessen a, K.J.D. MacKenzie. Preparation and characterisation of fly ash based Geopolymer mortars. *Construction and Building Materials*. Vol. 24, pp. 1906-1910, 2010.

Kumar, Anuj, and Sanjay Kumar. Development of paving blocks from synergistic use of red mud and fly ash using geopolymerization. *Construction and Building Materials* Vol. 38, pp. 865-871, 2013.

P. Chindapasirt, K. Pimraksa. A study of fly ash–lime granule unfired brick. *Powder Technology* Vol. 182, pp. 33–41, 2008.

Vivek Gupta, Hwa Kian Chai, Yong Lu, Sandeep Chaudhary. A state of the art review to enhance the industrial scale waste utilization in sustainable unfired bricks. *Construction and Building Materials*, Vol. 254, pp. 1-21, 2020.

Zipeng Zhang, Yat Choy Wong, Arul Arulrajah, Suksun Horpibulsuk. A review of studies on bricks using alternative materials and approaches. *Construction and Building Materials* Vol. 188, pp. 1101–1118, 2018.

<https://moc.gov.vn/>. Data compiled by the Ministry of Industry and Trade, 2020.

Dynamo scripts for correcting architectural walls in 3D BIM model

> **TRUNG TRAN LE HOANG¹; HIROSHI MASUYA²**

¹Department of Civil Engineering, Kien Giang College,

Email: tlhtrung@kgc.edu.vn

Tel: 0988 407 903

²Faculty of Geosciences and Civil Engineering, Institute of Science and Engineering, Kanazawa University.

Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192, JAPAN

Email: masuya@se.kanazawa-u.ac.jp

ABSTRACT:

Computational design referred to Dynamo visual programming and Revit software is being widely increased in the construction industry. This study proposes two algorithmic workflows based on Dynamo scripts to correct the shape of architectural walls in 3D Building Information Modeling (BIM) model. Running the Dynamo scripts on incomplete 3D BIM model is to not only improve the proper shapes of architectural walls, but also reduce the half modelling time of complete 3D BIM model. It is effortless to use the workflows because of a sufficiency of describing the inner works of the scripts that can modify automatically the overlaps or gaps of intersecting locations between architectural walls and the structure elements in Revit model.

Keywords: Dynamo scripts, Architectural walls, Modelling time and 3D BIM model.

1. INTRODUCTION

Today the simplest way for Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry professionals to access and manage the information of Building Information Modeling (BIM) model is to use a visual programming extension named Dynamo (ISO, ISO 19650-1:2018; R Sacks 2018; Dynamo 2018). Dynamo is an open source to create algorithms that can be used to generate complex geometries in BIM models, to automate repetitive processes, to minimize human error, and to export data to Excel files as well. Dynamo is also a product of Autodesk so it connects seamlessly to Revit, and allowing users access Revit's data structure to change or obtain the information of all elements in the models (Autodesk 2020). Moreover, Dynamo was originally created for AEC industry, its large and growing community is a great resource for learning from and connecting with experts in this industry. Dynamo's community is made of architects, engineers, and programmers who all have created a large number of packages of Dynamo

scripts for sharing and making. Over 1646 packages and over 980 authors, ranging from general packages to very specific packages for the design of BIM models, have been published online (Dynamo 2018).

For AEC industry, the choice of proper software is necessary to produce BIM models. There are numerous programs for modelling in BIM, all of which offer slightly various functionality. The choice is made mostly on the basis of the knowledge and experience of modelers with those programs. According to Finances online, some of the 20 best BIM software consist of Autodesk BIM 360, Tekla BIMsight, Autodesk Revit, Navisworks and BIMobject. Here, Autodesk Revit software is the best known and current market leader for the use of BIM in architectural design. Autodesk Revit is used by architect, structural engineer, and mechanical, electrical and plumbing engineers. Its latest version is upgraded each year from Autodesk and the version reviewed here is 2020.2. Revit models are powerful repositories of geometric, numeric, and descriptive building information in order to reproduce BIM models.

BIM application is becoming more and more popular in the world. In Vietnam, legal framework documents about this application have been implemented in the recent years. For example, the Construction Law in 2014 mentioned a number of issues related to BIM such as applying technology, managing construction activities, and there were many decisions including No. 134 in 2015, No. 79 in 2017, No. 347 and 348 in 2021 about the publication of general guidelines for the application of BIM.

However, there are also some researches related to the limitations of modelling in BIM models. Particularly, modelers have faced the clashes of building elements when simulating completely the models. The clashes derive from the unreasonable intersections of walls and columns, or walls and beams (see **Fig. 1a**). Herein, there is no tools to attach/detach automatically the actual geometry of the walls to the location of columns or beams in Revit (Autodesk 2020; Mayouf et al. 2019). These clashes involve in determining inaccurately the dimensions of walls and in creating a wrong schedule of the quantity takeoff according to the construction estimate norms as well (Construction Law 2014). The studies (A Monterio and Martin 2019; S Aram et al. 2014) indicated that an accurate quantity depends on the high quality of BIM models. However, the compound elements are reproduced in their actual shape, which will cause time consuming and higher costs for this simulation. Other researches was introduced by Khosakitchalart et al. 2019 and 2020 to address the overlapped connections of compound elements in BIM models based on Revit and Dynamo. The studies are important to improve the accuracy of quantity takeoff, and the complete performance of BIM models. Though, the studies lack for describing the inner work of Dynamo script which is generative syntax to directly solve these connections as well.

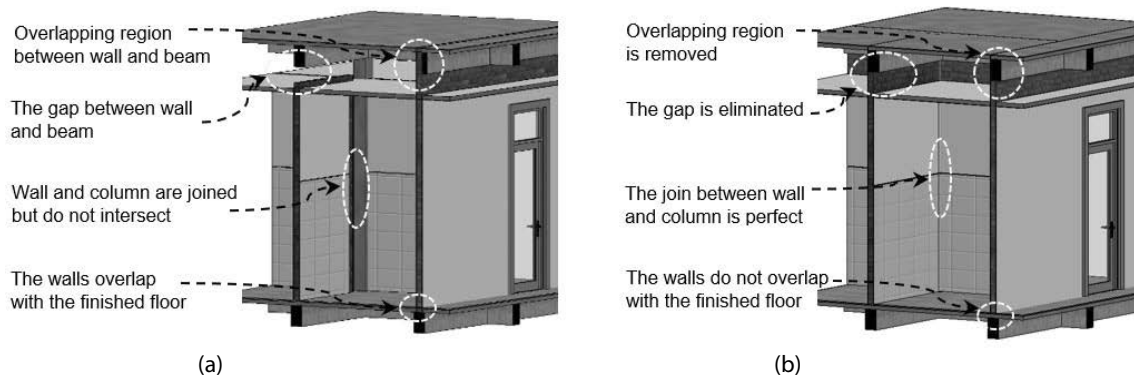


Figure 1. Modelling in (a) incomplete 3D BIM model and (b) complete 3D BIM model

In this paper, the main purpose is to develop algorithmic workflows based on Dynamo scripts so that they can enhance the accurate performance of the actual shape of architectural walls, and contribute perfectly to the design of 3D BIM models. The algorithms are presented clearly and in detail in terms of the alignment between the columns and the walls or the beams and the walls, which will create the complete 3D BIM model with the less modelling time (see **Fig. 1b**).

2. ALGORITHMIC WORKFLOWS BASED ON DYNAMO SCRIPTS

All nodes that are used in Dynamo scripts to build up the algorithmic workflows are explained briefly. The option of nodes is extended here by popular packages such as Clockwork, Strings, Rhythm, etc. (Dynamo 2018).

2.1. For correcting the height of wall elements

There are six Dynamo scripts to build up the algorithmic workflow involved the correction of the height of architectural walls in 3D BIM model (see **Fig. 2**).

The first script is to select and filter properly the compound elements of architectural walls corresponding to each level. Here, this selection can either be one element or all similar elements based on the distinctness in Revit hierarchy (Autodesk 2020). In this script, a programming code named "Walls" is authored in order to be connected to a node of mathematics notated "==" node. This will return a true value for the wall elements that need to be listed before other elements. Moreover, the connection of nodes such as All Elements at Level, String from Object and List.FilterbyBoolMask is able to sort and group a list of the wall elements associated with their levels

The second script is to look up a list of beam elements placed at the top constraint of wall elements respectively. According to Revit hierarchy, the beam elements coordinate with a specific category of the structural framing elements. Therefore, a list of the beam elements can be accessed by using Categories node in which the structural framing elements in Revit model need to be selected. Further, other node called Element.GetParameterValueByName node is applied to support this access. The node syntax requires a Parameter Name as its secondary input, in which a programming code, "Reference Level", is also created by the Code Block node to output a list of all the beam elements associated with their levels. Next, this list needs to be grouped into a more proper list of the beam elements corresponding to the above level of the wall elements.

Level.Name, String.Contains and List.FilterbyBoolMask is interconnected.

The third script is adopted to edit the parametric height of the wall elements in Revit project. This is done with Elements.SetParameterByNameTypeOrInstance node possessed three input ports. The first port links to a list of the wall elements at specific level, the second embeds the Code Block written as "Top Constraint" that is a level datum for the top of the wall in Revit, and the third connects to a parametric value that is up to determined level. This algorithm can drive automatically the height of walls to the top edge of beams so that the actual height of walls is edited effortlessly by the subtraction of the corresponding depth of beams from this specific elevation according to the next scripts.

The fourth script tests the geometry intersection of the wall elements and the beam elements in order to query the intersecting elements. The main node for building this script is Geometry.DoesIntersect node to detect the intersection of elements. If two elements are in contact with the points of overlap, the output port of the node will return true; whereas, the results are all false if the elements do not intersect actually. Attention to the List.GetItemAtIndex node, the first input port of the node is added the List@Level functionality to isolate a specific level of data. The fifth script is to calculate precisely the height of walls with accordance to the depth of beams. To read the value of the depth of beams, Elements.GetParameterValueByNameTypeOrInstance node is adopted. The node syntax looks for a list of the beam elements, and for a Parameter Name in terms of the height of beam written exactly as "h" by the Code Block node.

The final script can automatically attach/detach the top of selected walls to the underside of beams in Revit models. This script is built by two central nodes from the Springs and the Rhythm packages named Springs.Element.SetParameterToNone and Elements.SetParameterByNameTypeOrInstance node, respectively.

2.2. For correcting the length of wall elements

There are four Dynamo scripts to build up the algorithmic workflow involved the correction of the length of architectural walls in 3D BIM model (see **Fig. 3**).

The first script works for the purposes of querying the start and end points on the central axis of the wall elements. Querying all of the elements of architectural walls in the project uses also the same nodes as querying the grids. From these wall elements, Element.GetLocation node allows to extract the base curve of the

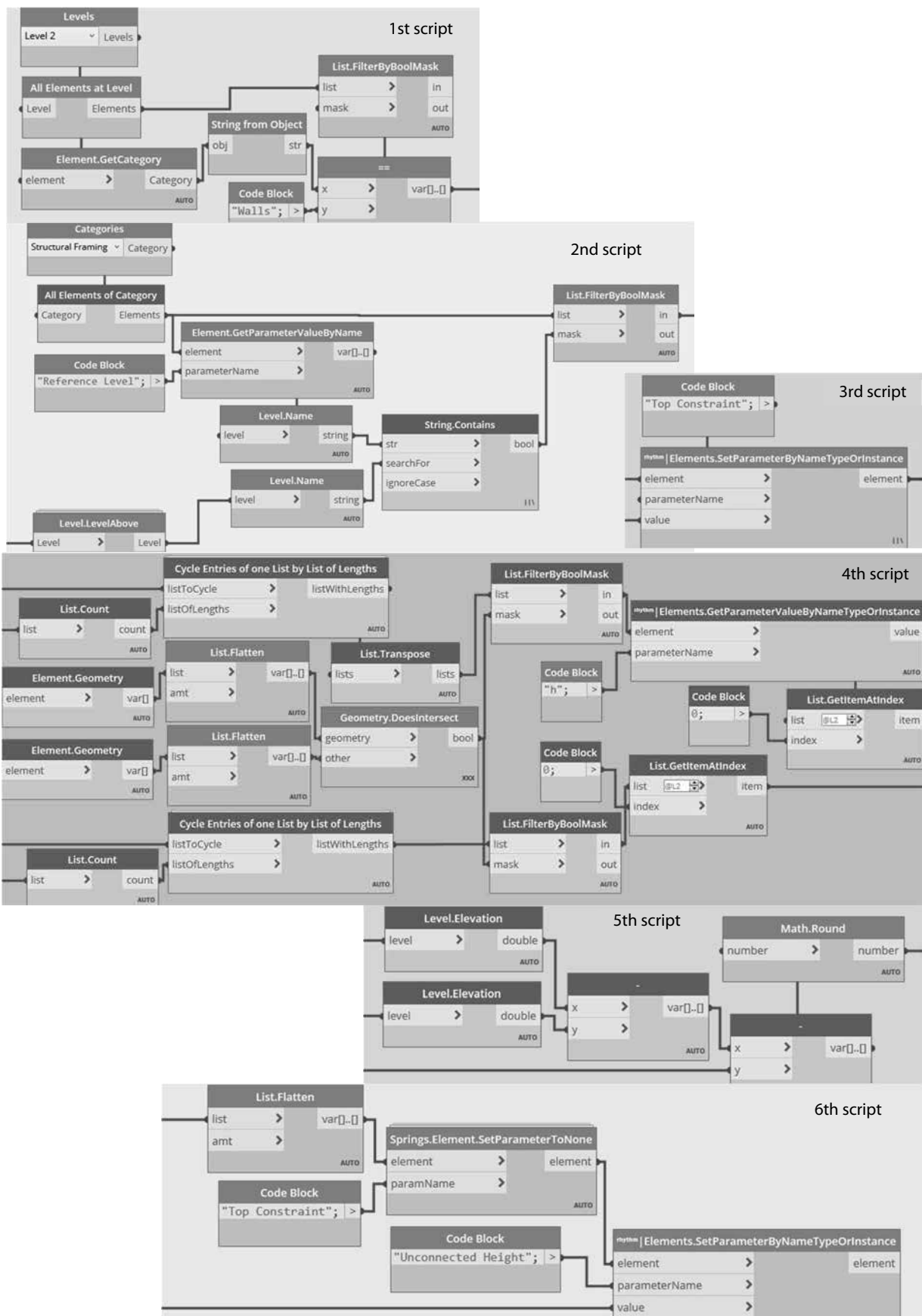


Figure 2. Algorithmic workflow corrects the height of architectural walls

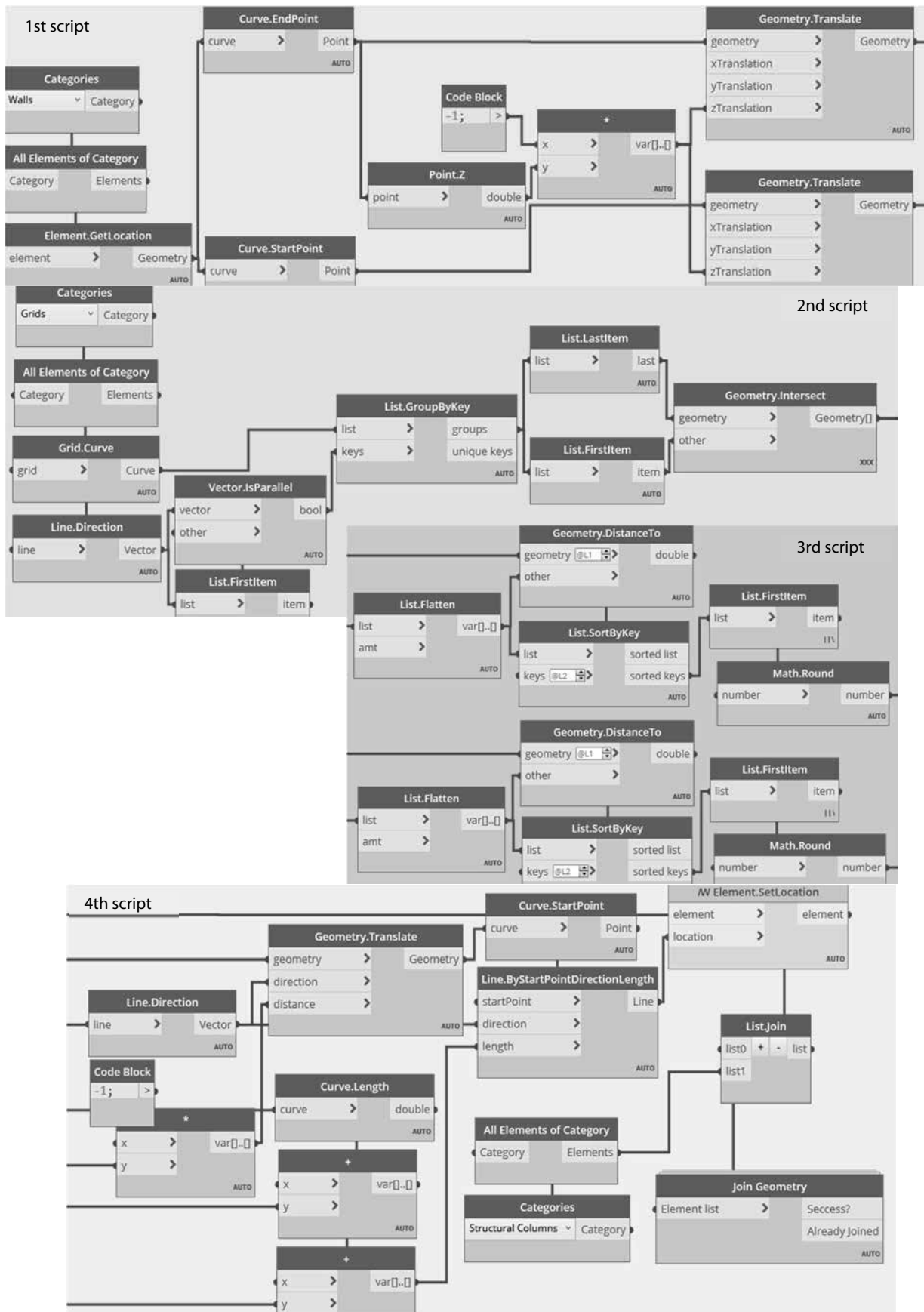


Figure 3. Algorithmic workflow corrects the length of architectural walls

The second script is to group vertical grids and horizontal grids into separate lists in order to sort out intersecting points of the grids in the project. Before creating the separate lists, the gridlines need to be grouped through their parallel vectors so that the output of the intersecting points is precisely unique without duplicates or self-intersections between the gridlines. This desired output is owned by Geometry.Intersect node which plugs in List.FirstItem node and List.LastItem node.

Next script, the points on the axis involved new coordinate systems are paired with the intersecting points of grids by Geometry.DistanceTo node. Finally, the length of wall elements is extended to the intersecting points of the grids by using Element.SetLocation node, and joining geometries between the walls and the structural columns is to create their actual length of the walls.

3. RESULTS AND DISCUSSION

To validate the algorithmic workflows for correcting the height and length of the wall elements by Dynamo scripts, a comparison of the modelling time and performance level between 3D BIM models is surveyed based on an actual residential building (see Fig. 4). This is a two-story building that was designed by one of the authors, and was located in Kien Giang province of southern Vietnam. The building possesses a total floor construction area of 720 m² with a length of 30 m, and a width of 12 m. The structure is reinforced concrete frame with the typical column size of 200 × 200 mm, the depths of the beams of 300 mm and 400 mm depended on the spans of the columns. The architectural walls include a core structure layer built by hollow clay bricks with a size of 8 × 8 × 19 cm and the finish layers depended on the specific location of each wall type, e.g. exterior/interior painting corresponding to outdoor/indoor surfaces of the wall, or the tile corresponding to the surfaces of restroom and kitchen.



Figure 4. Actual residential building in the Mekong delta

Particularly, the first survey involved complete 3D BIM model (see Fig. 5) that was precisely produced with the highest accuracy of the intersecting locations of architectural walls to beams/columns, and this model took up 20 h 15 min to produce (see Table. 1). Next survey in Fig. 6, the modeling time of incomplete 3D BIM model was 9 h 17 min in order to simulate

simply the shape of architectural walls. The height and length of each wall were not modified, and the walls were created to overlap/open with the structural elements. Final survey was to run the Dynamo scripts of algorithmic workflows on the incomplete 3D BIM model with running time of approximately 1 min. This method generated also the complete 3D BIM model as shown in Fig. 5 with the total time of 9 h 18. It can be said that the modelling time of the incomplete 3D BIM model enhanced by Dynamo scripts was still 50% faster than that of the complete 3D BIM model.



Figure 5. Complete 3D BIM model



Figure 6. Incomplete 3D BIM model

The main reasons of the longer modelling time of the complete 3D BIM model are lack of necessary tools of the software to correct automatically the overlaps or gaps of intersecting locations between the walls and the columns and lack of a proper definition in terms of the length of the walls intersected to the beams as well. To solve the lack, modelers need to split, trim or extend manually at such intersection. This leads to a time-consuming task to model the accurate length and height of individual walls in Revit models.

Table 1. The modeling time of 3D BIM models

Models and scripts	Time
Complete 3D BIM model	20 h 15 min
Incomplete 3D BIM model	9 h 17 min
Running Dynamo scripts	1 min

On the other hand, the incomplete 3D BIM model is produced with a less time but this model is extremely unusual. If the walls have no a specific dimension as their actual shape, this model will exclusively produce 2D drawings without concern of the quantity takeoff because the overlapping elements cause surely the inaccurate quantities of the walls. These quantities can be insufficient or excessive of required numbers when compared to the actual construction.

All in all, Revit software can play an important role in the development of BIM models so its next versions will be upgraded to fully digital technology. For the scope of this study, the algorithmic workflows based on Dynamo scripts have corrected automatically the overlapping elements of 3D BIM model. Further, the study will use a such model to perform the process of digital quantity takeoff of 5D BIM model involved in the construction estimate norms of Vietnam (Anqi et al. 2020; Construction Law 2014).

4. CONCLUSIONS

The incomplete 3D BIM model is caused by the lack of necessary tools of the software to correct automatically the overlaps or gaps of intersecting locations between architectural walls and the structure elements. In order to model accurately the model, each wall needs to be edited manually at the intersections. However, this modeling method is time-consuming. This research presented clearly and in detail in terms of the algorithmic workflows based on Dynamo scripts, which not only improves the accuracy of the connections of architectural walls to the structural elements but also reduces the half modelling time of the complete 3D BIM model. In addition, the paper can be useful for anyone interested in the application of Dynamo scripts in Revit projects in order to make the optimization of the automatic routine workflows for the design of BIM models such as 4D BIM for project planning, 5D BIM for quantity takeoff and cost analysis, 6D BIM for energy consumption analysis and 7D for facility management. Finally, the results of the study will premise to conduct the generative design of BIM models for the AEC industry of the Mekong delta.

REFERENCES

A. Monteiro, J.P. Martins, BIM modeling for contractors - improving model takeoffs, Proceedings of the 29th CIB W78 International Conference, Beirut, Lebanon, 2012 <https://repositorio.aberto.up.pt/handle/10216/6-6830>, Accessed date: 3 June 2018.

Anqi Shi, Sara Shirowzhan, Samad M.E. Sepasgozar and Alireza Kaboli. 5D BIM Applications in Quantity Surveying: Dynamo and 3D Printing Technologies. Doi:10.5772/intechopen.91221. 2020.

Autodesk Knowledge Network, Compound Structure, <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products>, 2020.

Autodesk. BIM and the Future of AEC. <https://www.autodesk.com/solutions/bim>.

Dynamo BIM, <http://dynamobim.org>, 2018.

Construction Law, 2014. Construction Law No. 50/2014 / QH13. Ha Noi: Construction Ministry, Viet Nam. <https://vanban.phapluat.co/law-no-50-2014-qh13-on-the-construction>.

Finances online, Best 20 Building Information Modeling (BIM) Software in <https://financesonline.com/building-information-modeling>, 2019.

ISO, ISO 19650-1:2018, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - information management using building information modelling - part 1: concepts and principles, <https://www.iso.org/standard/68078.html>,

Khosakitchalert, Chavanont, Yabuki, Nobuyoshi and Fukuda, Tomohiro. Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements. Automation in Construction. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102891>.

Khosakitchalert, Chavanont, Yabuki, Nobuyoshi and Fukuda, Tomohiro. Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff. Automation in Construction. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103142>.

Mayouf M, Gerges M, Cox S. 5D BIM: An investigation into the integration of quantity surveyors within the BIM process. Journal of Engineering Design and Technology. 2019.

R Sacks, C Eastman, G Lee, P Teicholz. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors and facility managers. 2018.

S. Aram, C. Eastman, R. Sacks, A knowledge-based framework for quantity takeoff and cost estimation in the AEC industry using BIM, The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Sydney, Australia, 2014 <https://doi.org/10.22260/ISARC2014/0058>.

A static and dynamic performance of RC beams strengthened with FRP bar

> **TRUNG TRAN LE HOANG**¹; **HIROSHI MASUYA**² AND **YUSUKE KURIHASHI**²; **HIROSHI YOKOYAMA**³

¹ Department of Civil Engineering, Kien Giang College,
Email: tlhtrung@kgc.edu.vn; Tel: 0988 407 903

² Faculty of Geosciences and Civil Engineering, Institute of Science and Engineering, Kanazawa University.
Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192, JAPAN
Email: {masuya,kuri}@se.kanazawa-u.ac.jp

³ Research Institute for Infrastructure Engineering, Nippon Engineering Consultants Co., Ltd., Japan of Science and
Email: yokoyama_hiroshi@ne-con.co.jp

ABSTRACT:

To develop sustainably the construction industry under climate change in the Mekong Delta, the use of fiber-reinforced polymer (FRP) bar strengthened reinforced concrete (RC) structures by Near-Surface Mounted (NSM) method plays a key role because this method leads to positive effects on external strengthening and reinforcing of the structures. Static and dynamic tests for RC beams strengthened by FRP bar was carried out to identify their actual behaviors. In all experimental cases, using externally bonded FRP bar to the tensile region of RC beams has improved significantly the flexural strength of RC beams. Additionally, the numerical simulation had been done to reproduce the static and dynamic behaviors of RC beams with and without the strengthening of FRP bar. The reliable constitutive models and contact conditions were adopted adequately in LS Dyna software. As expected, the results in numerical simulation compared well to that in experiment.

Keywords: RC beams, FRP bar, experiment, and numerical simulation.

1. INTRODUCTION

Nowadays, applying the technique of externally bonded fiber-reinforced polymer (FRP) bars by Near-Surface Mounted (NSM) method becomes widespread in order to strengthen and reinforce existing concrete structures (A Naaman et al. 1977; Abdullah and Kadir 2016). The number of projects using FRP bars worldwide has increased significantly a few 20 years ago because this reinforcement was developed as an alternative method to traditionally external reinforcing techniques such as steel plate bonding and steel or steel column jacketing. Technique including external post-tensioning and epoxy-bonding steel plates have been applied successfully to increase

the strength of slab, beam, and column in existing bridges and buildings. High strength composite plates are known as an extension of the steel plating method. The advantages of composite materials involved in immunity to corrosion, a low volume to weight ratio, and many delivery shapes (Jung et al. 2017; Xue et al. 2010).

The codes of externally bonded FRP systems have been developed in Europe and the United States (ACI 440.1R 2015; ACI 440.2R 2005 and ACI 318 2005). The main types of fibers used in civil engineering applications are Carbon fiber reinforced polymer (CFRP), Glass fiber reinforced polymer (GFRP), and Aramid fiber reinforced polymer (AFRP). There are companies produced these materials including CarboDur (Sika Corporation), Forca Tow Sheet (Tonen Corporation), and Replark (Mitsubishi). The shape of FRP can be divided into bars, cables, 2-D and 3-D grids, sheet, plates, etc. CFRP material appeared at first to be one of the best approaches for the external strengthening of concrete structures. CFRP is composite materials built from the combination of carbon fiber and the epoxy resin matrix. Therefore, the composite possesses very high strength and elastic modulus in the fiber direction. Its fatigue properties are also outstanding, and the transversal strength of the composite is low, however, this drawback is not relevant for strengthening the application (Parretti and Nanni 2004; Thong, MP and Hong Hao 2016)

In Vietnam, the first project strengthened by externally bonded CFRP method to improve its strength was Tran Thi Ly Bridge in Da Nang city. After that, this method has been applied widely to other bridges such as Loi Bridge in Nghe An province, O Song in Quang Ngai, Sa Dec in Dong Thap, Van Thanh and Tra Noc in Ho Chi Minh city. Especially, Sa Dec Bridge in Dong Thap province (see **Fig. 1**) was built since 1983 with the length of 222 m and the load-carrying capacity of 30 tons. Under climate change in the Mekong Delta and the aging of structure, the capacity decreased dramatically to 12 tons in 2011. This caused restrictions in the region in which there was high traffic density, so building a new bridge or repairing the old bridge was necessary. Herein, the proposed method was the use of CFRP to strengthen externally the surface of beams in 2017. After the reinforcement, the bridge increased the capacity up to 30 tons, and had been operated well until today (Giacocketcau 2018).

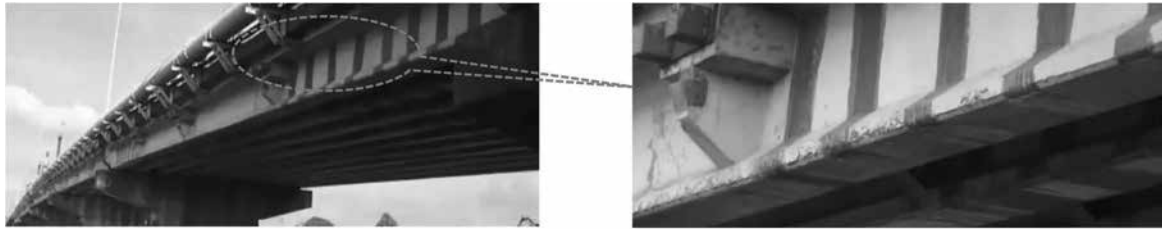


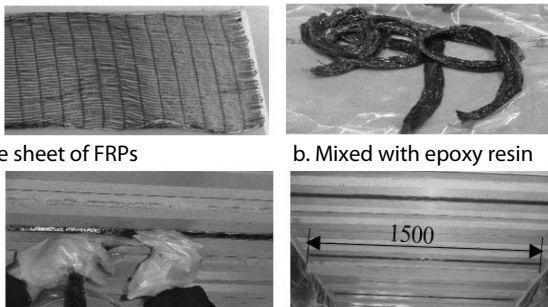
Figure 1. External strengthening for Sa Dec Bridge by CFRP method

This study involves in investigating the static and dynamic behaviors of reinforced concrete (RC) structures strengthened by FRP NSM method. Particularly, this paper presents the tests of strengthened RC beams and normal RC beams. Experimental results are evaluated focusing on cracks patterns and the value of displacement corresponding to the loads. In addition, the assumptions of the constitutive models and contact conditions of the beams are adopted adequately in numerical simulations, and the results in simulation compare well to that in experiment. This can constitute an effective and reliable design tool in order to study the behavior of general structures.

2. EXPERIMENTAL PROGRAM

2.1. Test specimen detail

Test specimens were RC beams with a length of 2.2 m and a cross-section of 200 × 300 mm. The name of test specimens is presented in **Table 1**. For each test case, there were two normal RC beams without reinforcement of FRP NSM method, and two beam groups with the different reinforcement involved the sheets of carbon fiber. The total number of small strands in the sheet consisted of two types, 48 and 72 carbon fiber strands (see **Fig. 2a**). There were different stages to strengthen RC beams with the initial shape of fiber as a sheet by NSM method. Firstly, this sheet was mixed with epoxy resin as shown in **Fig. 2b**. After that, it was bonded into grooves made on the bottom concrete surface of beams as shown in **Fig. 2c**, in which the surface of grooves was prepared carefully as removing all dust and weak concrete. Finally, the FRP bar was buried in the groove as a rectangular bar with a length of 1.5 m (see **Fig. 2d**).



a. The sheet of FRPs

b. Mixed with epoxy resin

c. Bonded into the grooves

d. FRP bars with a length of 1.5m

Figure 2. Reinforced method

Table 1. Name of test specimens

Reinforcement	Test specimens	
	Static	Dynamic
Normal	SN1; SN2	DN1; DN2
FRP bar with 48 strands	SR48-1; SR48-2	DR48-1; DR48-2
FRP bar with 72 strands	SR72-1; SR72-2	DR72-1; DR72-2

2.2. Testing procedure

First test, the loading test was performed to confirm the static behavior of RC beams strengthened by FRP bar and normal beams as shown in **Fig. 3**. The static tests involved testing six the beams and measuring their responses to a monotonically increasing load. The beams were simply supported by two rollers, creating an effective span of 1.6 m. A 3000 kN hydraulic jack and one load cell were placed the middle of span for applying and measuring the maximum loading (P_{max}). In order to obtain the deflection properties of the entire specimen, displacement meters were installed vertically at the loading position. Furthermore, strain gauges were also installed to confirm the strain variation of concrete, steel and FRP bar.

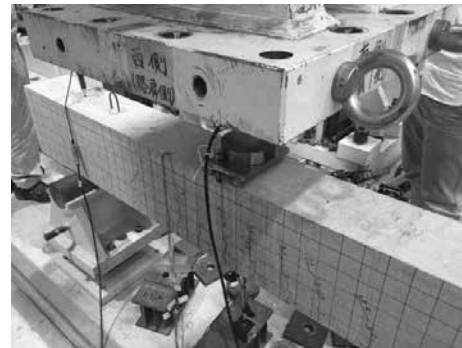


Figure 3. Static test

Second test, drop-weight impact tests were conducted by dropping a steel weight from a certain height onto the mid-span of the six beams using the impact test tools. The free-falling devices for impact experiment were set up in shown **Fig. 4**. The shape of the weight used in the collision including a box solid, (800×300×240) mm with mass of 450 kg and a cylinder solid with $r = 1.4$ m in radius of curvature to contact. In addition, the positions of supports were installed by tie-down steel frames that can hold tightly on specimens with an effective span of 1.6 m, and prevent RC beams from bouncing out of the supports when occurring the impact.

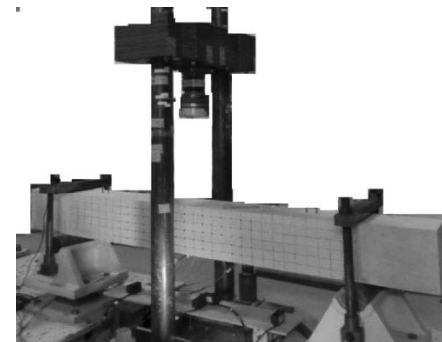


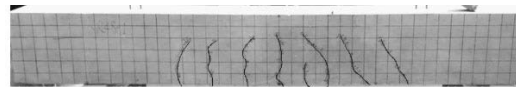
Figure 4. Drop-weight impact test



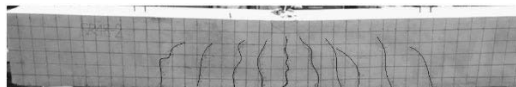
Beam SN-1, $P_{max} = 153$ kN



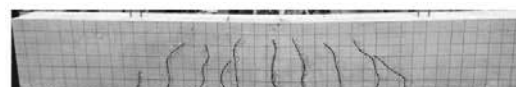
Beam SN-2, $P_{max} = 151$ kN



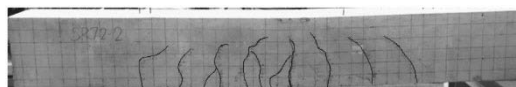
Beam SR48-1, $P_{max} = 179$ kN



Beam SR48-2, $P_{max} = 188$ kN

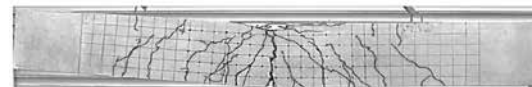


Beam SR72-1, $P_{max} = 190$ kN



Beam SR72-2, $P_{max} = 199$ kN

Figure 5. Distribution of cracks under static load



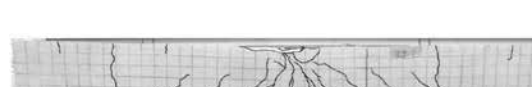
Beam DN-1, $\delta_{max} = 29.5$ mm



Beam DN-2, $\delta_{max} = 27.9$ mm



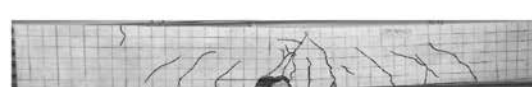
Beam DR48-1, $\delta_{max} = 24.5$ mm



Beam DR48-2, $\delta_{max} = 51.2$ mm



Beam DR72-1



Beam DR72-2, $\delta_{max} = 42.5$ mm

Figure 6 Distribution of cracks under impact load

Regarding the impact velocity (V_{col}) for each specimen, Beam DN-1 was carried out the repeated impact with $V_{col} = 1$ m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s respectively. Whereas, the remained beams were tested only the initial impact, such as Beams DN-2; DR48-1; DR72-1 with $V_{col} = 5$ m/s, and DR48-2, DR72-2 with $V_{col} = 6$ m/s. In addition, an accelerometer was installed at the center of the weight to measure its acceleration. There were four lasers put under the specimens in order to measure the displacement of the beams (δ_{max}). The impact force and reaction forces were confirmed by respective load cell, and the strain of concrete, steel and CFS were determined by the data from strain gauges. All output data was recorded by digital recorder with a rate 20 kHz for 0.5 second. Especially, the high speed camera (300 frame/s) was placed at the most appropriate positions to monitor the failure processes.

2.3. Experimental results

Fig. 5 and **Fig. 6** present the crack patterns of specimens. From the figures, it can be seen that the crack patterns of the tested beams under static and impact load have shifted from vertical (flexural) cracks to diagonal (shear) cracks. Most flexural cracks occurred around the bottom of the specimens; conversely, the formation of shear cracks appeared far away from the position of applied load and next to supports. It means that failures of all beams tested under static and impact load were governed by both flexural and shear modes. In addition, the crack patterns of both RC beams strengthened by FRP NSM method and normal RC beams were distributed in two-thirds from the middle span of the beams. These cracks were observed carefully for all beams, their widths developed gradually when increasing the load and their lengths extended from the bottom to the top of the beams. Especially, the

crack patterns of SR48-1, SR48-2, and SR72-1 exhibited smaller width and shorter length of flexural crack than that of normal beams when surveying at the center of the beams in **Fig 5**. Similarly, the crack patterns of DR72-1 were also less than others in **Fig 6**. As a result, the strengthening of FRP bar by NSM method can lead to effective resistance to the expansion of cracks. It is also interesting that all beams under impact load possessed more diagonal cracks than that of all beams under static load. This observation means that the failure of the impacted beams was governed by the shear capacity, so it is recommended that the shear failure form should be carefully considered in impact cases. Regarding to the outcomes of maximum loads and displacements, the range of maximum loads of SR48 and SR72 was from 179 kN to 199 kN. While, the maximum load of SN2 and SN1 are 151 kN and 153 kN, respectively in static tests (see **Fig 5**). Therefore, the increase in the maximum load of the strengthened beams was from 1.18 to 1.31 times compared with the normal beams. For the maximum displacements in **Fig 6**, this data of Beam DR72-1 was unfortunately lost due to a malfunction of the control computer. As expected, the maximum displacement ($\delta_{max} = 24.5$ mm) of Beam DR48-1 was clearly 12% smaller than that of Beam DN-2, $\delta_{max} = 27.9$ mm, and the maximum displacement ($\delta_{max} = 42.5$ mm) of DR72-2 was also 17% smaller than that of DR48-2 ($\delta_{max} = 51.2$ mm) as well. In general, the comparisons of max load and max displacement between the different beam groups indicated that the flexural strength of the beams strengthened by FRP bar is greater than that of normal RC beams under static and impact load. Moreover, an increase in the number of strands of FRP bars can leads to an increase in the flexural strength of RC beams.

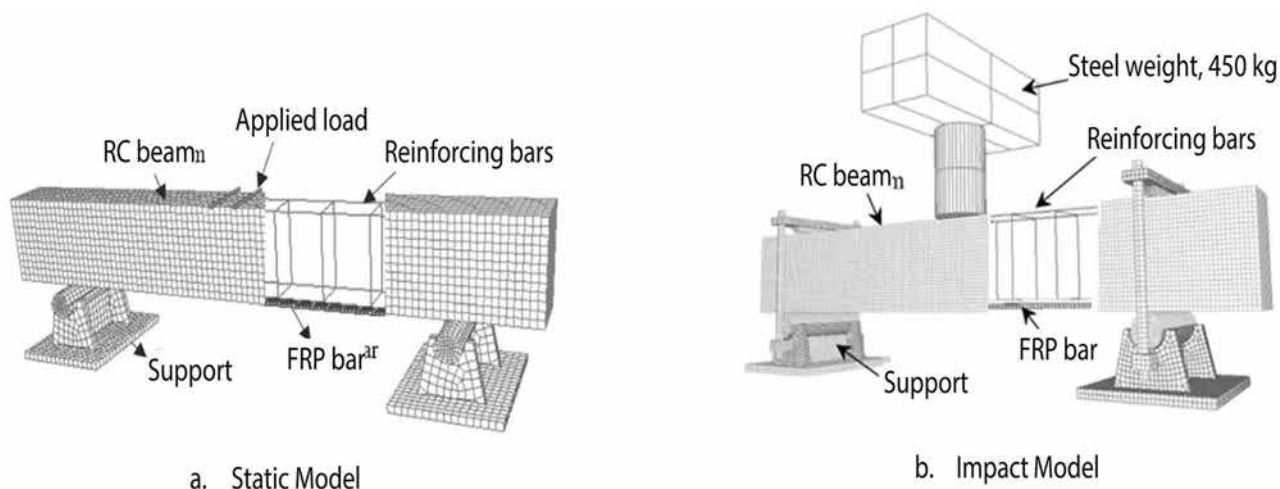


Figure 7. Technical sketch of the RC beam built in LS-DYNA

3. NUMERICAL SIMULATION

For purposes of numerical simulation in **Fig.7**, the simplest possible assumptions in terms of the choice of constitutive laws and contact conditions is presented in order to reproduce adequately the static and dynamic behaviors of RC beams with and without the strengthening of FRP NSM method. Moreover, this finite element method (FEM) can be useful not only for someone who is interested in modeling the general structures by using LS-DYNA, but also for the addition or replacement of full-scale tests which normally require large budgets, and sometimes elicit poor results.

3.1. Formulated assumptions

In terms of constitutive laws, LS-DYNA provides a number of the constitutive models (e.g. MAT 16, 25, 72, 84/85, 145 and 159) to model the concrete behavior under static, impact and blast loads. Some of these available models and their verification has been published (Jiang and Zhao 2015; Jiang et al 2015 and Yoten et al. 2005). In this study, the material models of Concrete Damage Rel3 (MAT_72_REL3) and Continuous Surface Cap (MAT 145) were used to simulate the complex behavior of concrete in static model and impact model, respectively. The mechanical properties of concrete consisted of mass density $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, Young's modulus $E = 28.43 \text{ MPa}$, Poisson's ratio $\nu = 0.167$, compressive strength $f'_c = 35.81 \text{ MPa}$ and tensile strength $f_t = 2.81 \text{ MPa}$.

Regarding the constitutive model of reinforcing bars, an elastic-plastic material model called "Mat Piecewise Linear Plasticity" (MAT 24) was adopted to model the reinforcing bars. The kinematic hardening behavior was considered in this model, which is predicted the yield surface remains constant in size and translates in the direction of yielding (LS-DYNA, 2016). The properties of steel material were used including mass density $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$, Young's modulus $E = 210 \text{ MPa}$, Poisson's ratio $\nu = 0.3$. In addition, the constitutive model of FRP bars was shown as elastic behavior via experimental observation. Therefore, the LS-DYNA material model named "Mat Elastic" (MAT 001) was selected, in which the ultimate strength f_u , strain ϵ_u and Young's modulus E were 3990 MPa, 0.0168 m/m and 237 GPa, respectively.

In terms of contact conditions, these models consisted of different components such as concrete, reinforcing bars, FRP bar, supports and the load. Therefore, the precise reproduction of contact behavior between those components can be an essential factor. The interactions used in the models were divided into two following groups. (1) Automatic surface to surface, assigned for reaction between the load and concrete, support and concrete; (2) Automatic surface to surface tiebreak, contacted between concrete and FRP bar. On the other hand, the method of incorporating reinforcing bars into the concrete was described by Constrained Lagrange in Solid technique (LS-DYNA, 2016).

3.2. Numerical results

Fig. 8a shows the relations of static load to displacement in the experiment (Exp) and finite element method (FEM) for Beam SR72-2. The maximum load of Exp ($P_{\max} = 199 \text{ kN}$) was 3.5 % larger than that of FEM, $P_{\max} = 192 \text{ kN}$. For the impact force of Beam DR48-1 in **Fig. 8b**, the maximum value of Exp (699.7 kN) was also 3.5 % greater than that of FEM, 675.2 kN. Both static and impact models, the deviations of the maximum loads were minimal when comparing between experimental and numerical values. It became clear that the static and dynamic behaviors of models SR and DR in numerical simulation is similar that of the test.

On the other hand, the comparison of fulcrum reaction force between Exp and FEM is shown in **Fig. 8c**. The shape of reaction force from the simulation seems to be a little difference than that from the test. The maximum values of this force in the simulation is higher and its waveform ends earlier than that in test. This difference can be caused by the contact between the rollers of support and the surface of the concrete, which was not perfectly flat and smooth in the test as compared to that of the numerical model.

4. CONCLUSIONS

In this study, the static and dynamic behaviors of RC beams with and without the strengthening of FRP NSM method performed in experiment and numerical simulations. From the observation of the crack patterns, it has been

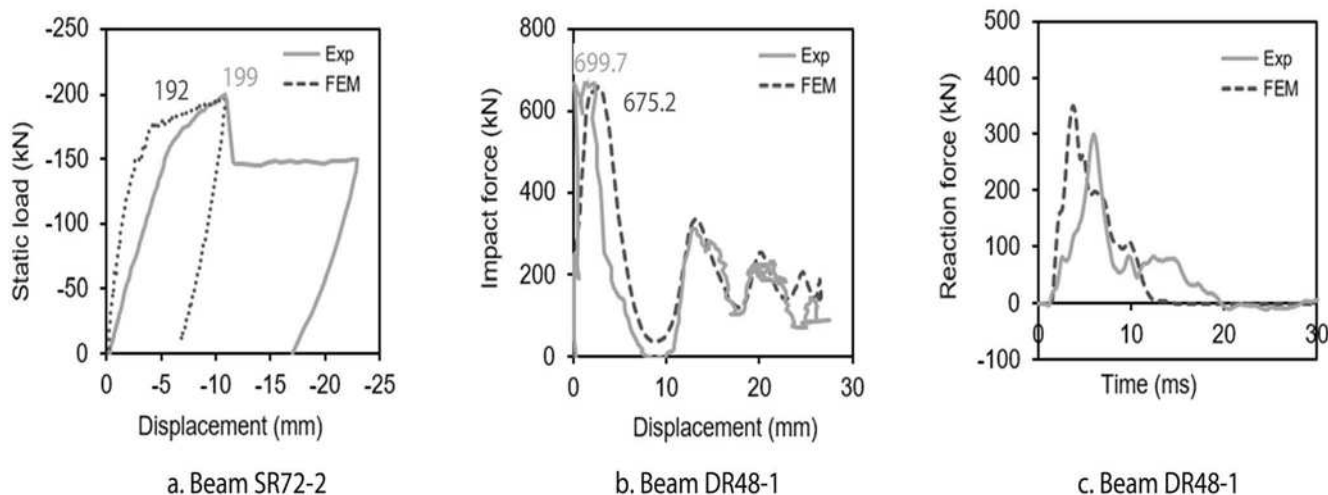


Figure 8. Comparisons between Experiment (Exp) and Finite Element Method (FEM)

concretely shown that externally bonded FRP bars to the tensile region of RC beams by NSM method has enhanced clearly in the flexural strength of RC beams, and resisted to the expansion of cracks under static and impact loads. Especially, it is necessary to pay attention to the shear failure when carrying out impact studies. Moreover, numerical results agreed fairly well with experimental results, and this is considered to be preliminary in reference to the use of numerical models for replacing or modifying the parameters of the full-scale tests with externally bonded FRP systems. Finally, the results of the study are also premise to conduct the further studies of FRP NSM method for the sake of sustainable construction development in the Mekong delta.

REFERENCES

ACI 318-05, "Building Code Requirements for Structural Concrete," American Concrete Institute, 2005.

ACI 440.2R-08, "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures," American Concrete Institute, 2008.

ACI 440.1R-15, "Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polyme (FRP) Bars," American Concrete Institute, 2015.

A. Naaman, S. Y. Park, M. Lopez et al., "Glued-on fiber reinforced plastic (FRP) sheets for repair and rehabilitation," The University of Michigan, Department of Civil and Environmental Engineering, MI 48109-2125, 1977.

A. H. Abdullah, M. R. A. Kadir, "NSM FRP Reinforcement for Strengthening Reinforced Concrete Beams-Overview," ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences, vol. 28, pp. 178-200, 2016.

Giacoketcau.com - Gia cố kết cấu Cầu Sa Đéc bằng tấm sợi cac bon cường độ cao (Carbon fiber - CFRP), 2018. [http://vntvietnam.com/xem-tin/cong-nghe-gia-cuong-ket-cau-cong-trinh-giao-thong-bang-vat-lieu-carbon-fiber-\(cFrp\)-542.html](http://vntvietnam.com/xem-tin/cong-nghe-gia-cuong-ket-cau-cong-trinh-giao-thong-bang-vat-lieu-carbon-fiber-(cFrp)-542.html)

H. Jiang, X. Wang et al., "Numerical simulation of Impact test on reinforced concrete beam," Journal of Material and Design, vol. 39, pp. 111-120, 2015.

H. Jiang, J. Zhao, "Calibration of the continuous surface cap model for concrete," Journal of Finite Elements in Analysis and Design, vol. 97, pp 1-19, 2015.

K. Yoten, M. Manzari et al., "An assessment of constitutive models of concrete in the crash worthiness simulation of roadside safety structure," International Journal of Crashworthiness, vol. 10, pp. 5-19, 2005.

LS-DYNA "Keyword user's manual," Livermore Software Technology Corporation, 2016.

R. Parretti and A. Nanni, "Strengthening of RC Members Using Near-Surface Mounted FRP Composite: Design Overview," Journal of Advances in Structural Engineering, Vol. 7 No. 5, 2004.

Thong M Pham and Hong Hao. Behavior of fiber-reinforced polymer-strengthened reinforced concrete beams under static and impact loads. International Journal of Protective Structures 2016.

Weichen Xue, Yuan Tan and Lei Zeng. Flexural response predictions of reinforce concrete beams strengthened with pre-stressed CFRP plates. Composite Structures 92, 612-622, 2010.

W. Jung, J. Park et al., "Flexural Behavior of Concrete Beam Strengthened by Near-Surface Mounted CFRP Reinforcement Using Equivalent Section Model," Journal of Hidawi, Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 9180624, 2017.



CÔNG TY CỔ PHẦN XÂY DỰNG DỊCH VỤ VÀ THƯƠNG MẠI 68 68 TRADING CONSTRUCTION AND SERVICE JOINT STOCK COMPANY

Trụ sở: số 244 Kim Mã, Phường Kim Mã, Quận Ba Đình, TP Hà Nội
VPGD: số 279 Vũ Tông Phan, Tổ 11A, Phường Định Công, Quận Hoàng Mai, TP Hà Nội
Điện thoại: 024 2219 2279 Fax: 024 36401086

Công ty CP Xây dựng Dịch vụ và Thương mại 68: Khi vị thế hàng đầu đang ngày càng vững chãi

Trải qua gần 20 năm xây dựng và phát triển với bao khó khăn và thách thức; song bằng việc luôn biết tận dụng thế mạnh sẵn có để có thể triển khai nhiều giải pháp mang tính đột phá, sáng tạo phù hợp với thị hiếu khách hàng; đặc biệt là tinh thần đoàn kết, giữ vững ý chí quyết tâm, nỗ lực phấn đấu hết mình của toàn thể CB-CNV, đến nay Công ty Cổ phần Xây dựng Dịch vụ và Thương mại 68 đã có những bước phát triển đột phá, tự tin khẳng định vị thế là một trong những doanh nghiệp xây dựng hàng đầu của cả nước.

Chỉ trong nửa cuối năm 2019, Công ty CP Xây dựng dịch vụ và Thương mại 68 đã liên tiếp trúng nhiều gói thầu lớn tại TP.HCM và các tỉnh miền Tây Nam Bộ. Cùng với việc trúng các gói thầu ở hai miền Nam - Bắc, ngoài việc đảm nhiệm rất nhiều những công trình quan trọng trong nước như: Gói thầu thuộc Dự án mở rộng QL1A - tỉnh Bình Định; Các Gói thầu thuộc Dự án quản lý tài sản đường bộ Việt Nam (VRAMP) tại các tỉnh Tây Bắc; Các Gói thầu thuộc Dự án Khu đô thị mới Bắc Sông Cẩm - Hải Phòng; Dự án cao tốc Bắc - Nam...; mà doanh nghiệp có "Hộ khẩu" Hà Nội này còn thi công nhiều Công trình trường học, bệnh viện, trụ sở tại nước bạn Lào.

Ngay từ những ngày đầu đi vào hoạt động, Ban lãnh đạo Công ty đã chủ động xây dựng những định hướng, chiến lược phát triển ổn định, lâu dài thông qua nỗ lực đầu tư hệ thống trang thiết bị hiện đại phục vụ thi công cũng như xây dựng đội ngũ cán bộ là những người có kinh nghiệm trong công tác quản lý, các chuyên gia trong lĩnh vực đầu tư, tư vấn và thiết kế xây dựng cùng đông đảo các kỹ sư, kiến trúc sư và công nhân chuyên nghiệp lành nghề được đào tạo cơ bản; tất cả đều có kiến thức và kỹ năng khoa học hiện đại, có đạo đức nghề nghiệp, tận tâm hết lòng trong công việc.

Với phương châm "Mở rộng quy mô - Phát triển bền vững" cùng đã phát triển đang vô cùng mạnh mẽ, Công ty CP Xây dựng Dịch vụ và Thương mại 68 hiện tại đã và đang "sống" đúng với độ tuổi đôi mươi, sẵn sàng vươn ra biển lớn.



CHÚC MỪNG 60 NĂM THÀNH LẬP TẠP CHÍ XÂY DỰNG (1961-2021)



CÔNG TY TNHH HIỆP PHÚ

Thôn 8, xã Lương Vượng, TP Tuyên Quang

NGÀNH NGHỀ CHÍNH

- Xây dựng công trình đường bộ
- Xây dựng công trình công ích(công trình kênh, mương)
- Sản xuất bê tông từ các sản phẩm bê tông và thạch cao
- Khai thác cát sỏi
- Khai thác đá vôi



Công trình Đường dẫn Cầu Tuấn Quán - Yên Bái



Công trình Cầu Bến Nước Hùng Lợi - Yên Sơn Tuyên Quang



Công trình Kè Suối Thia Nghĩa Lộ-Yên Bái



Công trình Đường Trường Chinh TP.Tuyên Quang

CÔNG TY NHIỆT ĐIỆN SƠN ĐỘNG - TKV

KHÔNG LÌ BƯỚC TRƯỚC THÁCH THỨC, KHÓ KHĂN

Mặc dù đã xây dựng và ban hành "Đề án xử lý tiêu thụ tro, xỉ", lượng tro, xỉ của Công ty Nhiệt điện Sơn Động - TKV đều đã hợp chuẩn, hợp quy tương ứng với các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hướng dẫn từng mục đích sử dụng làm nguyên vật liệu xây dựng phù hợp, nhưng Công ty Nhiệt điện Sơn Động vẫn khó đầu ra bởi những nguyên nhân khách quan.

Với những nỗ lực phấn đấu của cán bộ công nhân viên, cùng những chiến lược và giải pháp đúng đắn, đến nay, Công ty Nhiệt điện Sơn Động đã gặt hái được những thành công nhất định trong năm 2018.

Nhằm đẩy mạnh công tác tiêu thụ tro, xỉ, năm 2020 Công ty đã xây dựng và ban hành Đề án, xử lý tiêu thụ tro, xỉ, thạch cao của Công ty Nhiệt điện Sơn Động. Công ty đã nỗ lực tìm kiếm, liên hệ, đàm phán với các doanh nghiệp, tổ chức và cá nhân có nhu cầu sử dụng tro, xỉ đứng chân trên địa bàn tỉnh Bắc Giang và các vùng lân cận để chuyển giao tro, xỉ của nhà máy làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng, san lấp mặt bằng, làm đường giao thông, san lấp các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, hạ tầng kỹ thuật, tuy nhiên vẫn còn gặp rất nhiều khó khăn.

Hiện công tác quản lý tro, xỉ được Công ty Nhiệt điện Sơn Động- TKV thực hiện đúng theo các quy định của pháp luật về bảo vệ môi trường. Công ty cũng đã xây dựng quy trình thực hiện thu gom, vận chuyển tro, xỉ, lưu trữ tại bãi và trình Ủy ban nhân dân tỉnh phê duyệt.

Trong hiện tại và tương lai, ngoài những tác động khách quan thì hơn cả chính là những chiến lược đúng đắn, phù hợp trong từng thời điểm của lãnh đạo Công ty, cùng với sự nỗ lực của tập thể cán bộ công nhân viên lao động đơn vị. Công ty Nhiệt điện Sơn Động đã và đang từng bước mở rộng tìm kiếm đầu ra, bất chấp khó khăn, thách thức, quyết tâm xây dựng đơn vị trở thành điểm sáng về sản xuất kinh doanh và chăm lo đời sống người lao động, đồng thời khẳng định sự phát triển không ngừng của Công ty để đóng góp vào sản lượng điện của quốc gia đảm bảo an ninh năng lượng trong bối cảnh hiện nay.

Để làm được điều đó, công ty cần có sự hỗ trợ từ UBND tỉnh Bắc Giang, UBND huyện Sơn Động với những chính sách khuyến khích, thúc đẩy các đơn vị sản xuất vật liệu xây dựng, các dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng trên địa bàn có nhu cầu sử dụng tro, xỉ của nhà máy, đẩy mạnh tiêu thụ các nguyên vật liệu xây dựng phù hợp và đảm bảo chất lượng, đảm bảo tiêu chuẩn nhà nước.

CÔNG TY TNHH XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH HOÀNG HÀ

BƯỚC CHUYỂN MÌNH MẠNH MẼ

Thành lập tháng 12 năm 1992, Công ty TNHH Xây dựng công trình Hoàng Hà đã trải qua 29 năm hình thành và phát triển. Thời gian đầu thành lập, Công ty gặp nhiều khó khăn. Số cán bộ và công nhân làm việc chỉ 25 người. Từ năm 1994, do nhà nước bỏ chế độ bao cấp nhà ở, chuyển sang chế độ kinh doanh nên Công ty đã chuyển hướng sang đầu tư xây dựng nhà để bán. Công ty đã phối hợp liên doanh liên kết lập dự án, đệ trình hồ sơ xin các cấp chính quyền mở một khu đô thị mới với một Công ty của nhà nước thuộc huyện Thanh Trì (Khu đô thị mới Đại Kim - Định Công) với diện tích đất là 24ha.

Từ những kinh nghiệm của dự án khu đô thị Đại Kim - Định Công, Công ty tiếp tục phối hợp với một số đơn vị khác, triển khai nhiều dự án như Dự án Dịch Vọng - Cầu Giấy (22 ha); Dự án mở rộng phía Bắc và Tây Bắc Đại Kim - Định Công (100,9 ha); Dự án đường vành đai 2,5 (Đàm Hồng quốc lộ 1A thuộc quận Hoàng Mai). Không

chỉ vậy, Công ty còn là chủ đầu tư của các dự án như: Nhà ở cán bộ chiến sĩ công an quận Hoàng Mai, dự án nhà ở 25 tầng phường Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, dự án BOT đường số 70 nối Sông Hòa Bình ra Liên Ninh thuộc huyện Thanh Trì với tổng chiều dài tuyến đường 27km.

Trải qua 29 năm hoạt động, với đường lối kinh doanh đúng đắn, chính sách chế độ quản lý phù hợp. Công ty TNHH xây dựng công trình Hoàng Hà trở thành nòng cốt trong việc thành lập Tập đoàn Hoàng Hà. Tập đoàn Hoàng Hà là doanh nghiệp cổ phần có tư cách pháp nhân, trong đó Công ty TNHH xây dựng công trình Hoàng Hà nắm giữ 60% vốn cổ phần tại các công ty. Với mục tiêu bán trọn sản phẩm cho người tiêu dùng. Tập đoàn Hoàng Hà nói chung và Công ty TNHH xây dựng công trình nói riêng đã và đang từng bước phát triển và hoàn thiện đường lối kinh doanh, chính sách quản lý của mình.

TRỤ SỞ: LÔ SỐ 2 KHU ĐTMĐẠI KIM - ĐỊNH CÔNG,
PHƯỜNG ĐẠI KIM, QUẬN HOÀNG MAI, HÀ NỘI
Phòng giao dịch: 79 Đường Thanh Đàm, Phường Thanh Trì,
Quận Hoàng Mai, Hà Nội.





CÔNG TY CỔ PHẦN SÁNG TẠO VÀ CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

Hai trạm trộn kép trộn bê tông siêu tính năng- UHPC cho dự án sửa chữa mặt cầu Thăng long, 2020.
Chuyển giao công nghệ UHPC là Công ty sáng tạo và chuyển giao công nghệ Việt Nam



Cầu Từ Ô, Tiểu Cần, Vĩnh Long 3 nhịp x20m
bằng UHPC liên tục nhiệt 2018.



Cầu lắp dầm UHPC cầu Làng Cỏ Thái Nguyên, 2018.



ĐỊA CHỈ: số 44 đường Nguyễn Văn Huyền, tổ 37, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, TP. Hà Nội.

VPGD - LAS XD 468: số 7, Ngõ 397/2/17 Phạm Văn Đồng,
P. Xuân Đình, Q. Bắc Từ Liêm, TP. Hà Nội.

TEL: 02466583921

HOTLINE: 0837323366

WEB: uhpc.com.vn

NEW GALAXY

NHA TRANG

Căn Hộ VỊNH NGỌC AN CƯ NHƯ NGHỈ DƯỠNG

New Galaxy Nha Trang là tổ hợp căn hộ biển sở hữu lâu dài với vị thế độc bản "lục giác kim cương - ý sơn hướng hải" mang đến vượng khí và tài lộc, tọa lạc ngay trung tâm Khu đô thị An Viên và kết nối trực tiếp đến các tiện ích thương mại, du lịch, y tế, giáo dục, tài chính... của vịnh ngọc chỉ trong vài phút di chuyển. Với thiết kế vị nhân sinh thấu hiểu nhu cầu về không gian sống bảo vệ sức khỏe, chú trọng đầu tư tổ hợp tiện ích trọn vẹn từ Hưng Thịnh Land, **New Galaxy Nha Trang** mang đến cho gia chủ một cuộc sống trong lành, tạo nên nhiều giá trị sức khỏe và tinh thần vô giá cùng những trải nghiệm an cư như nghỉ dưỡng mỗi ngày.

☎ 1900 6958

www.newgalaxynhatrang.com.vn

CHỦ ĐẦU TƯ



TIẾP THỊ & PHÂN PHỐI



TỔNG THẦU XÂY DỰNG

