ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG BÙN THẢI NHÀ MÁY TRẠM TRỘN BÊ TÔNG XI MĂNG Ở KHU VỰC ĐÀ NẴNG ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG XI MĂNG DÙNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

Mã số: T2023-06-27

Chủ nhiệm đề tài: **TS. Trần Thị Phương Huyền**
Đơn vị: **Khoa Kỹ thuật Xây dựng**
Chương trình đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật Giao thông

Đà Nẵng, tháng 02 năm 2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG BÙN THẢI NHÀ MÁY TRẠM TRỘN BÊ TÔNG XI MĂNG Ở KHU VỰC ĐÀ NẴNG ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG XI MĂNG DÙNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

Mã số: T2023-06-27

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

PGS.TS. Võ Trung Hùng

Chủ nhiệm đề tài

TS. Trần Thị Phương Huyền

DANH SÁCH THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI

STT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn
1	Trần Thị Phương Huyền	Giảng viên Khoa Kỹ thuật Xây dựng, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng; Chuyên ngành: Xây dựng Cầu đường
2	Hồ Văn Quân	Phòng Cơ sở vật chất, giảng viên Khoa Kỹ thuật Xây dựng, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng; Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình giao thông

MỤC LỤC

MỤC LỤC ..... **a**
DANH MỤC HÌNH ẢNH VÀ ĐỒ THỊ ..... **c**
DANH MỤC BẢNG BIỂU ..... **d**
DANH MỤC VIẾT TẮT ..... **e**
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ..... **f**
PHẦN MỞ ĐẦU **1**
1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI 1
2. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI 2
3. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU 2
4. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 2
5. KẾT CẤU CỦA ĐỀ TÀI 3
6. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ Ý NGHĨA THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI 3
CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN **4**
1.1. Giới thiệu chung 4
1.1.1. Khái niệm về bùn thải bê tông *4*
1.1.2. Nguồn gốc phát sinh BTBT tại các trạm trộn Bê tông xi măng *4*
1.1.3. Tình hình phát sinh BTBT trong ngành xây dựng *6*
1.2. Một số tính chất của BTBT 6
1.3. Các phương thức quản lý BTBT hiện nay 7
1.4. Tổng quan các nghiên cứu về xử lý và tái sử dụng BTBT tại các trạm trộn BTXM trong và ngoài nước 8
1.4.1. Nghiên cứu trên thế giới *8*
1.4.2. Nghiên cứu ở trong nước *10*
1.5. Kết luận chương 1 10
CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG SỬ DỤNG BÙN THẢI BÊ TÔNG XI MĂNG TRẠM TRỘN THAY THẾ MỘT PHẦN CÁT SÔNG VÀ XI MĂNG **12**
2.1. Vật liệu sử dụng chế tạo bê tông xi măng 12
2.1.1. Xi măng *12*
2.1.2. Phụ gia siêu dẻo *14*
2.1.3. Cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ *15*
2.1.4. Bùn thải bê tông *18*
2.1.5. Nước trộn hỗn hợp bê tông *19*
2.2. Thiết kế thành phần các loại bê tông sử dụng bùn thải của trạm trộn bê tông xi măng 19
2.2.1. Xác định cường độ yêu cầu của bê tông *20*
2.2.2. Xác định các thành phần của bê tông *20*
2.2.3. Tính toán thành phần các loại bê tông *25*
2.3. Kết luận chương 2 29
CHƯƠNG 3: THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG TƯƠI VÀ BÊ TÔNG CỨNG SỬ DỤNG BÙN THẢI BÊ TÔNG THAY THẾ MỘT PHẦN CÁT SÔNG VÀ XI MĂNG **30**

3.1. Công tác trộn, đúc và bảo dưỡng các mẫu bê tông 30
3.1.1. Cân, đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông 30
3.1.2. Đúc và bảo dưỡng các mẫu bê tông xi măng 30
3.2. Phương pháp thí nghiệm 31
3.2.1. Độ sụt 31
3.2.2. Khối lượng thể tích của bê tông tươi 32
3.2.3. Độ rỗng và độ hút nước 33
3.2.4. Cường độ nén và kéo uốn 33
3.2.5. Vận tốc xung siêu âm 35
3.2.6. Độ thấm clorua và điện trở suất bề mặt 36
3.2.7. Độ co ngót khô 37
3.3. Kết quả thí nghiệm xác định một số tính chất của hỗn hợp bê tông tươi 38
3.3.1. Tính công tác 38
3.3.2. Khối lượng thể tích 39
3.4. Kết quả thí nghiệm xác định một số tính chất cơ, lý của các loại bê tông xi măng 39
3.4.1. Độ rỗng và độ hút nước 39
3.4.2. Cường độ nén và kéo uốn 41
3.5. Thí nghiệm xác định một số tính chất liên quan đến độ bền của các bê tông xi măng 43
3.5.1. Vận tốc xung siêu âm 43
3.5.2. Điện trở suất bề mặt và độ thấm clorua 44
3.5.3. Co ngót khô 47
3.6. Đề xuất phạm vi sử dụng các loại bê tông sử dụng BTBT thay thế một phần cát sông và xi măng trong xây dựng công trình 48
3.7. Kết luận chương 3 48
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 51
KẾT LUẬN 51
KIẾN NGHỊ 51
TÀI LIỆU THAM KHẢO 52
PHỤ LỤC i

DANH MỤC HÌNH ẢNH VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1 Quá trình hình thành bùn thải bê tông (BTBT) tại một trạm trộn BTXM ở Hong Kong [4] 5
Hình 1.2 BTBT được thu từ các bể lắng và chất đống tại một trạm trộn BTXM ở TP. Đà Nẵng, Việt Nam 5
Hình 1.3 Các nhóm phương thức quản lý Bùn thải bê tông hiện nay [13] 7
Hình 1.4 Quy trình chế tạo các mẫu khối bê tông từ BTBT [4] 9
Hình 2.1 Thành phần hạt của đá dăm, cát và BTBT 19
Hình 3.1 Chuẩn bị khuôn, thử độ sụt và đúc các mẫu bê tông 31
Hình 3.2 Xác định khối lượng thể tích của bê tông tươi 32
Hình 3.3 Sơ đồ thí nghiệm cường độ chịu kéo uốn các mẫu dầm bê tông 34
Hình 3.4 Thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn và nén của các mẫu bê tông 34
Hình 3.5 Thí nghiệm xác định vận tốc xung siêu âm của các mẫu bê tông 36
Hình 3.6 Thí nghiệm thấm clorua và điện trở suất của các mẫu bê tông 37
Hình 3.7 Đo CNK của các mẫu bê tông 38
Hình 3.8 Khối lượng thể tích của các hỗn hợp bê tông 39
Hình 3.9 Độ rỗng của các bê tông 40
Hình 3.10 Độ hút nước của các bê tông 40
Hình 3.11 R_{ku} và R_n của các loại BTXM 41
Hình 3.12 Quan hệ giữa R_n và R_{ku} của các loại BTXM 42
Hình 3.13 Quan hệ giữa R_n và ĐR của các loại BTXM 43
Hình 3.14 Vận tốc xung siêu âm của các bê tông 43
Hình 3.15 Quan hệ giữa VTXSA và cường độ nén của các bê tông 44
Hình 3.16 Điện trở suất bề mặt của các bê tông 45
Hình 3.17 Độ thấm clorua của các bê tông 45
Hình 3.18 Quan hệ giữa độ thấm clorua và ĐR (a), độ thấm clorua và ĐTSBM (b) của các loại BTXM 46
Hình 3.19 Co ngót khô của các bê tông theo thời gian 47

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 Các chỉ tiêu chất lượng của xi măng PC50 12
Bảng 2.2 Các chỉ tiêu cơ, lý của xi măng PC50 13
Bảng 2.3 Thành phần hóa học của xi măng PC50 13
Bảng 2.4 Yêu cầu về độ đồng nhất của phụ gia hóa học [23] 14
Bảng 2.5 Các chỉ tiêu của phụ gia siêu dẻo Basf 3054 15
Bảng 2.6 Thành phần hạt của cốt liệu lớn [24] 15
Bảng 2.7 Các chỉ tiêu chất lượng yêu cầu của cốt liệu lớn [24] 16
Bảng 2.8 Các chỉ tiêu cơ, lý của đá dăm Dmax = 10 mm 16
Bảng 2.9 Thành phần hạt yêu cầu của cát [24, 25] 17
Bảng 2.10 Các chỉ tiêu chất lượng yêu cầu của cát [24] 17
Bảng 2.11 Các chỉ tiêu cơ, lý của cát sông 17
Bảng 2.12 Phân tích thành phần hạt của BTBT 18
Bảng 2.13 Các chỉ tiêu cơ, lý của BTBT 18
Bảng 2.14 Độ sụt của hỗn hợp bê tông theo loại kết cấu 20
Bảng 2.15 Lượng nước trộn và hàm lượng không khí của bê tông tươi 21
Bảng 2.16 Mối quan hệ giữa tỉ lệ N/CKD và cường độ nén 22
Bảng 2.17 Thể tích của đá dăm đã đầm chặt trên một đơn vị thể tích bê tông 22
Bảng 2.18 Thành phần vật liệu của các bê tông 29
Bảng 3.1 Đánh giá mức độ thấm clorua của bê tông [35] 37
Bảng 3.2 Các yêu cầu của BTXM dùng trong xây dựng mặt đường ô tô [68] 48

DANH MỤC VIẾT TẮT

BTBT	Bùn thải bê tông
BTXM	Bê tông xi măng
XM	Xi măng
CKT	Cặn không tan
SD	Siêu dẻo
CS	Cát sông
Đ	Đá
N	Nước
CKD	Chất kết dính
PGK	Phụ gia khoáng
C	Cát
CS	Cát sông
KLTT	Khối lượng thể tích
ĐR	Độ rỗng
ĐHN	Độ hút nước
VTXSA	Vận tốc xung siêu âm
CNK	Co ngót khô

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: ***Nghiên cứu ứng dụng bùn thải nhà máy trạm trộn bê tông xi măng ở khu vực Đà Nẵng chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng công trình***

- Mã số: T2023-06-27

- Chủ nhiệm: TS. Trần Thị Phương Huyền

- Thành viên tham gia: PGS.TS. Hồ Văn Quân

- Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng

- Thời gian thực hiện: 3/2024 – 2/2025

2. Mục tiêu:

Mục tiêu của đề tài nghiên cứu này bao gồm:

- Thiết kế thành phần bê tông xi măng sử dụng bùn thải nhà máy trạm trộn bê tông xi măng (BTBT) thay thế 0-50% cát sông (CS), đồng thời thay thế 0-20% xi măng (XM). Các loại bê tông có cường độ nén và cường độ kéo uốn trung bình ở 28 ngày đạt trên 45 MPa và trên 5,5 MPa.

- Xác định ảnh hưởng của các hàm lượng BTBT khác nhau đến tính chất của hỗn hợp bê tông tươi (tính công tác, khối lượng thể tích); tính chất vật lý và cơ học (độ rỗng, cường độ nén, cường độ kéo uốn) và các tính chất độ bền (độ chống thấm clorua, vận tốc xung siêu âm).

- Đề xuất phạm vi sử dụng các loại bê tông sử dụng BTBT thay thế một phần cát sông và xi măng trong xây dựng công trình.

3. Tính mới và sáng tạo:

Nghiên cứu đề xuất sử dụng bùn thải bê tông (BTBT) từ trạm trộn bê tông xi măng như một nguồn vật liệu thay thế tiềm năng cho cát sông và xi măng trong sản xuất bê tông xi măng. Thay vì xử lý BTBT bằng phương pháp chôn lấp truyền thống gây ô nhiễm môi trường, nghiên cứu này hướng đến giải pháp tái chế bền vững, góp phần giảm thiểu khai thác tài nguyên thiên nhiên và giảm tác động tiêu cực của ngành xây dựng đến môi trường. Nghiên cứu đã đánh giá các ảnh hưởng của BTBT đến các tính chất cơ học của bê tông như cường độ nén, cường độ kéo uốn và độ rỗng. Bằng cách so sánh nhiều phương án thay thế khác nhau (thay thế một phần xi măng, cát sông hoặc kết hợp cả hai), nghiên cứu không chỉ cung cấp dữ liệu khoa học quan trọng mà còn đề xuất giải

pháp thực tiễn có thể ứng dụng vào sản xuất. Hướng tiếp cận này phù hợp với xu hướng kinh tế tuần hoàn và định hướng phát triển vật liệu xây dựng bền vững theo các chính sách của Chính phủ, mở ra triển vọng mới trong việc tận dụng phế thải công nghiệp nhằm giảm chi phí sản xuất và bảo vệ môi trường.

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

Nghiên cứu cho thấy tính khả thi của việc sử dụng BTBT để thay thế một phần cát sông (CS) và xi măng (XM) trong sản xuất bê tông xi măng (BTXM), góp phần giảm ô nhiễm môi trường và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dù bê tông chứa BTBT có khối lượng thể tích giảm, độ hút nước và điện trở suất bề mặt thấp hơn so với bê tông đối chứng, nhưng cường độ chịu nén và chịu kéo uốn vẫn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật cho mặt đường ô tô và công trình cầu đường bộ. Đặc biệt, khi thay thế 25% CS bằng BTBT, cường độ của bê tông đạt mức tối ưu, gần với bê tông đối chứng. Những phát hiện này mở ra triển vọng ứng dụng BTBT trong xây dựng các kết cấu hạ tầng, đồng thời khuyến nghị cần có thêm nghiên cứu để cải thiện tính chống thấm và độ bền của vật liệu, hướng tới phát triển công nghệ xây dựng bền vững.

5. Tên sản phẩm:

- 01 Bài báo khoa học được đăng trên tạp chí Giao thông vận tải (ISSN 2354-0818) nằm trong danh mục Hội đồng chức danh Giáo sư nhà nước.

TS. Hồ Văn Quân, TS. Trần Thị Phương Huyền, ThS. Trần Văn Lịch (2024). Ảnh hưởng của bùn thải trạm trộn bê tông đến một số tính chất của bê tông xi măng. Tạp chí Giao thông vận tải, tập 64 số 7/2024 (743), pp. 52-55.

- 01 Bài báo khoa học được đăng trong Kỷ yếu hội thảo quốc tế ATiGB2024 lần thứ 9 (ISBN: 978-604-80-9779-0)

Trần Thị Phương Huyền, Hồ Văn Quân (2024). Sử dụng bùn thải nhà máy trạm trộn để chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng. Kỷ yếu Hội thảo quốc tế "Ứng dụng Công nghệ mới trong công trình xanh" lần thứ 9 ATiGB2024, ISBN: 978-604-80-9779-0, pp 63-68.

- Hướng dẫn 01 nhóm SV NCKH, tên đề tài: "Nghiên cứu sử dụng bùn thải bê tông từ trạm trộn bê tông ở khu vực Đà Nẵng thay thế một phần cát sông trong bê tông", mã số SV2024-75.

- Báo cáo tổng kết đề tài.

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

- Hiệu quả khoa học: Phân tích khả năng sử dụng BTBT như là thành phần vật liệu thay thế một phần cát sông và XM vào việc chế tạo BTXM.

- Hiệu quả đào tạo: Làm tài liệu tham khảo trong đào tạo ngành Xây dựng tại Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật - ĐH Đà Nẵng.

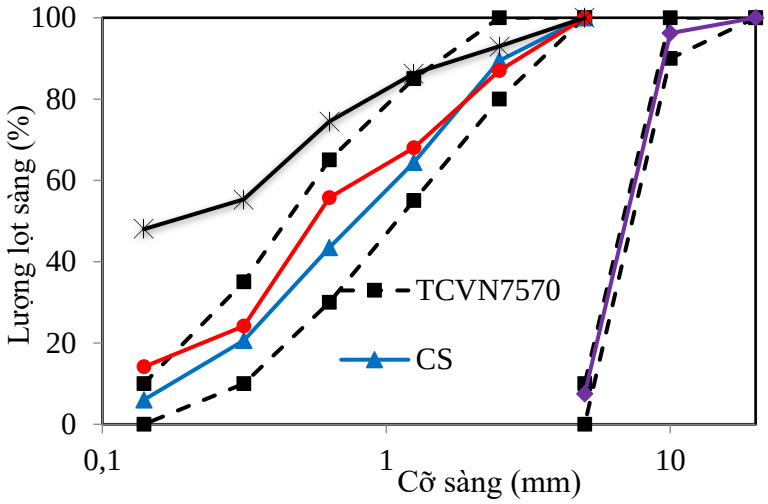
- Hiệu quả kinh tế- xã hội: Các loại bê tông mới sử dụng BTBT thay thế một phần cát sông và XM sẽ tiêu thụ một lượng lớn phụ phẩm công nghiệp BTBT, giảm thiểu việc chôn lấp và tồn chứa, giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Đồng thời hạn chế sử dụng và khai thác cát sông trong bê tông, đảm bảo phát triển bền vững và giảm giá thành xây dựng.

- Phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu: Sản phẩm của đề tài được bàn giao cho Bộ môn Cầu đường và Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – ĐH Đà Nẵng.

- Địa chỉ ứng dụng: Bộ môn Cầu đường, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – ĐH Đà Nẵng. 48 Cao Thắng, P. Thanh Bình, Quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng

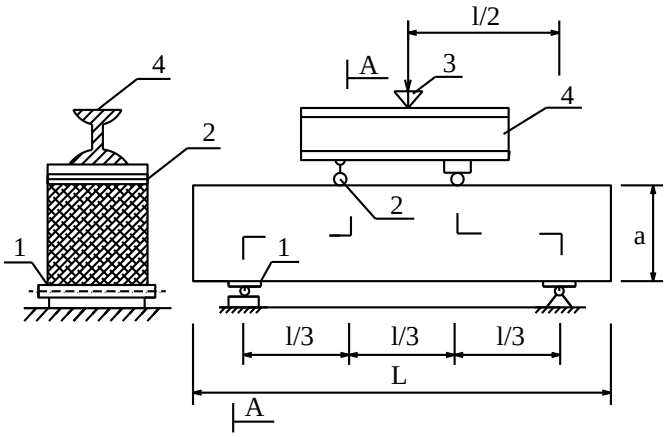
7. Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính

BTBT được thu từ các bể lắng và chất đống tại một trạm trộn BTXM ở TP. Đà Nẵng, Việt Nam



Thành phần hạt của đá dăm, cát và BTBT

1. Gối tựa di động;
2. Gối tựa cố định;
3. Khớp cầu;
4. Dầm phụ.



Sơ đồ thí nghiệm cường độ chịu kéo uốn các mẫu dầm bê tông

Thí nghiệm xác định vận tốc xung siêu âm của các mẫu bê tông

Thí nghiệm thấm clorua và điện trở suất của các mẫu bê tông

Đà Nẵng, ngày tháng 02 năm 2025

TM. Hội đồng Khoa
Chủ tịch

Chủ nhiệm đề tài

TS. Trần Thị Phương Huyền

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

PGS. TS. Võ Trung Hùng

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Research on the application of concrete sludge waste from Ready-mix concrete plants in Da Nang city to manufacture concrete used in construction works

Code number: T2023-06-27

Coordinator: Ph.D Tran Thi Phuong Huyen

Implementing institution: University of Technology and Education, The University of Danang

Duration: from 03/2024 to 02/2025

2. Objective(s):

The objectives of this study include:

- Designing cementitious concrete mixtures using concrete sludge waste from ready-mix concrete plants (CSW) as a replacement for 0-50% of river sand (S) and 0-20% of cement (C). The designed concrete mixtures achieve an average compressive strength of over 45 MPa and a flexural tensile strength of over 5.5 MPa at 28 days.

- Determining the effects of different CSW contents on the properties of fresh concrete (workability, bulk density); physical and mechanical properties (porosity, compressive strength, flexural tensile strength); and durability properties (chloride permeability, ultrasonic pulse velocity).

- Proposing the application scope of concrete mixtures utilizing CSW as a partial replacement for river sand and cement in construction projects.

3. Creativeness and innovativeness:

The study investigates the potential utilization of CSW from ready-mix concrete plants as a substitute for river sand and cement in cementitious concrete production. Conventional disposal methods, such as landfilling, pose significant environmental challenges, including soil and water contamination. This research aims to develop a sustainable recycling approach to minimize natural resource depletion and mitigate the adverse environmental impacts of the construction industry.

The study systematically evaluates the effects of CSW on the fresh and hardened properties of concrete, including workability, bulk density, porosity, compressive strength, flexural tensile strength, and durability properties such as chloride permeability and ultrasonic pulse velocity. Various replacement levels of CSW for river sand (0–

50%) and cement (0–20%) are investigated to determine the optimal composition that ensures mechanical performance while promoting environmental benefits.

The findings indicate that incorporating CSW influences the density and porosity of concrete, leading to a reduction in compressive and flexural tensile strength. However, with appropriate replacement levels, the concrete mixtures achieve a compressive strength exceeding 45 MPa and a flexural tensile strength above 5,5 MPa at 28 days, meeting the requirements for pavement and structural applications. Furthermore, this research aligns with circular economy principles and national policies on sustainable construction materials. The proposed approach offers a viable solution for recycling industrial waste, reducing production costs, and minimizing environmental impacts, thereby contributing to the advancement of green construction practices.

4. Research results:

The study demonstrates the feasibility of utilizing concrete sludge waste (CSW) as a partial replacement for river sand (S) and cement (C) in cementitious concrete production, contributing to environmental pollution reduction and natural resource conservation. The results indicate that although CWS-containing concrete exhibits lower bulk density, higher water absorption, and reduced surface resistivity compared to control concrete, its compressive and flexural tensile strengths still meet technical requirements for pavement and bridge infrastructure applications. Notably, replacing 25% of S with CSW yields optimal strength performance, closely matching that of the control concrete. These findings highlight the potential for CSW application in infrastructure construction, while also emphasizing the need for further research to enhance its impermeability and durability, advancing sustainable construction technology.

5. Products:

- 01 scientific article published in Journal of Transport (ISSN 2354-0818) on the list of the State Council for the title of Professor.

TS. Hồ Văn Quân, TS. Trần Thị Phương Huyền, ThS. Trần Văn Lịch (2024). Ảnh hưởng của bùn thải trạm trộn bê tông đến một số tính chất của bê tông xi măng. Tạp chí Giao thông vận tải, tập 64 số 7/2024 (743), pp. 52-55.

- 01 scientific article published in the proceedings of International Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB2024).

Tran Thi Phuong Huyen, Ho Van Quan (2024). Utilization of concrete sludge waste from batching plants to manufacture concrete for construction. Proceedings of “2024

9th International Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB)", ISBN: 978-604-80-9779-0, pp 63-68.

- 01 student scientific projet titled "Research on using concrete sludge waste from from Ready-mix concrete plants in Da Nang city to replace part of river sand in concrete", code number: SV2024-75.

- Summary report.

6. Effects, transfer alternatives of research results and applicability:

- Scientific effectiveness

Analyzing the possibility of using CSW as a substitute to replace part of river sand and cement in the manufacture of concrete.

- Training effectiveness

Use as a reference document in training construction majors at University of Technology and Education, The University of Danang.

- Socio-economic effectiveness

New types of concrete using CSW to replace part of river sand and cement will consume a large amount of industrial waste, thus reducing the need for landfill disposal and storage, and mitigating environmental pollution. Additionally, by limiting the use and extraction of river sand in concrete production, this approach ensures sustainable development and helps lower construction costs.

- Transfer alternatives of research results

Research results are transferred to the Civil Engineering Department, University of Technology and Education, The University of Danang.

- Application address

Civil Engineering Department, University of Technology and Education, The University of Danang

48 Cao Thang street, Thanh Binh ward, Hai Chau district, Da Nang city

PHẦN MỞ ĐẦU

1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Bê tông xi măng là vật liệu được sử dụng phổ biến nhất trên thế giới và ở cả Việt Nam, ở nước ta hơn 70% số công trình được xây dựng bằng BTXM. Nhu cầu sử dụng bê tông xi măng để xây dựng công trình và phát triển cơ sở hạ tầng hiện nay ở nước ta ở mức rất cao, do đó các trạm trộn bê tông xi măng được đầu tư và đi vào hoạt động ngày càng nhiều. Ở thành phố Đà Nẵng hiện nay đã có trên 10 nhà máy trạm trộn cung cấp bê tông thương phẩm trên thị trường, số lượng trạm trộn càng nhiều thì mức xả thải ra môi trường càng lớn và có nhiều nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Chất thải của các trạm trộn bê tông là do việc rửa trạm trộn, xe chở bê tông, xe bơm bê tông, gồm chủ yếu là xi măng, các phụ gia khoáng, phụ gia hóa học và một lượng ít đá dăm, cát. Chất thải này có tính kiềm rất cao nên phải được tập kết ở một khu vực riêng trong nhà máy và được xử lý theo qui định chất thải rắn nguy hại. Theo thời gian, chất thải tích lũy ngày càng nhiều tại các nhà máy trạm trộn và chủ yếu được xử lý bằng cách chôn lấp. Phế thải trạm trộn rất trơ với môi trường, thời gian phân hủy của chúng có thể tới hằng trăm năm và có nguy cơ ô nhiễm môi trường đất và nước rất cao. Thời gian gần đây đã có một số nhà máy trạm trộn bê tông xả thải trực tiếp ra môi trường gây ô nhiễm môi trường đất và nước ở khu vực lân cận và đã bị các cơ quan chức năng xử lý.

Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng cốt liệu chế tạo bê tông và vữa ở nước ta hiện nay liên tục tăng cao, trong đó cốt liệu cát, đá dăm chủ yếu được khai thác trực tiếp từ thiên nhiên nên tài các nguồn tài nguyên này ngày càng cạn kiệt không đủ đáp ứng nhu cầu phát triển xã hội, đặc biệt là cát. Theo số liệu thống kê của Vụ Vật liệu xây dựng, lượng cát được sử dụng trong xây dựng (sử dụng san lấp, cho vữa và bê tông) năm 2020 là khoảng 130 triệu m^3/năm. Với mức độ sử dụng như hiện tại thì thập niên 2021-2030 gần như không còn cát phục vụ công trình xây dựng, nếu chỉ dùng để làm cốt liệu chế tạo vữa và bê tông thì đáp ứng được thêm từ 15-20 năm. Do đó, việc tìm kiếm các loại vật liệu mới hoặc vật liệu tái chế từ các phụ phẩm công nghiệp để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát sông là vấn đề thời sự hiện nay. Để hạn chế khai thác cát sông, tận dụng các nguồn phế thải công nghiệp thay thế cát sông, Thủ tướng Chính phủ ra quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18 tháng 8 năm 2020 với mục tiêu cụ thể như sau: giai đoạn 2021-2030, sử dụng các loại phế thải công nghiệp, phế thải xây dựng làm cát xây dựng; từng bước hạn chế sử dụng cát sông làm vật liệu san lấp, không sử dụng cát sông đạt tiêu chuẩn kỹ thuật dùng cho bê tông làm vật liệu san lấp. Không xuất khẩu cát xây dựng khai thác từ thiên nhiên; giai đoạn 2031-2050, hạn chế tối đa sử dụng cát tự nhiên trong xây dựng;

nâng cao tỷ lệ sử dụng cát tái chế từ phế thải công nghiệp và xây dựng lên tối thiểu 60% tổng lượng cát dùng trong xây dựng.

Việc sử dụng phế thải nhà máy trạm trộn bê tông xi măng để chế tạo bê tông vừa giải quyết được vấn đề xử lý chất thải, vừa hạn chế việc khai thác và sử dụng cát sông, do vậy đề tài "*Nghiên cứu ứng dụng bùn thải nhà máy trạm trộn bê tông xi măng ở khu vực Đà Nẵng chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng công trình"* có tính thời sự, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu của đề tài nghiên cứu này bao gồm:

- Thiết kế thành phần bê tông xi măng sử dụng bùn thải nhà máy trạm trộn bê tông xi măng (BTBT) thay thế 0-50% cát sông, đồng thời thay thế 0-20% xi măng (XM). Các loại bê tông có cường độ nén và cường độ kéo uốn trung bình ở 28 ngày đạt trên 45 MPa và trên 5,5 MPa.

- Xác định ảnh hưởng của các hàm lượng BTBT khác nhau đến tính chất của hỗn hợp bê tông tươi (tính công tác, khối lượng thể tích); tính chất vật lý và cơ học (độ rỗng, cường độ nén, cường độ kéo uốn) và các tính chất độ bền (độ chống thấm clorua, vận tốc xung siêu âm).

- Đề xuất phạm vi sử dụng các loại bê tông sử dụng BTBT thay thế một phần cát sông và xi măng trong xây dựng công trình.

3. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Bê tông xi măng sử dụng bùn thải trạm trộn bê tông.

3.2. Phạm vi nghiên cứu

Sử dụng bùn thải từ các trạm trộn bê tông tại Đà Nẵng thay thế một phần cát sông và XM trong xây dựng công trình.

4. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1. Cách tiếp cận

Áp dụng, tham khảo những nghiên cứu mới nhất trong và ngoài nước về việc sử dụng bùn thải bê tông trạm trộn, kết hợp nghiên cứu thực nghiệm trong phòng thí nghiệm để đánh giá các tính chất cơ lý của mẫu BTXM.

4.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp lý thuyết kết hợp thí nghiệm thực nghiệm.

5. KẾT CẤU CỦA ĐỀ TÀI

Đề tài gồm có phần Mở đầu, tiếp theo là 3 Chương, phần Kết luận và Kiến nghị, Danh mục tài liệu tham khảo. Cụ thể là:

Mở đầu

Chương 1. Nghiên cứu Tổng quan

Chương 2. Lựa chọn vật liệu chế tạo bê tông và thiết kế thành phần bê tông sử dụng phế thải bê tông xi măng trạm trộn thay thế một phần cát sông và xi măng

Chương 3. Thí nghiệm xác định các tính chất của hỗn hợp bê tông tươi và bê tông cứng sử dụng bùn thải bê tông thay thế một phần cát sông và xi măng

Kết luận và Kiến nghị

6. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ Ý NGHĨA THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI

Đề tài nghiên cứu sử dụng bùn thải thải bê tông tại các trạm trộn bê tông xi măng để chế tạo bê tông xi măng dùng trong các công trình xây dựng mang lại nhiều ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

- Đề tài góp phần làm rõ khả năng tái sử dụng bùn thải bê tông tại các trạm trộn bê tông xi măng để chế tạo bê tông xi măng có thể sử dụng trong các công trình xây dựng mà vẫn đảm bảo các tính chất cơ học của bê tông.

- Việc tận dụng bùn thải bê tông làm nguyên liệu thay thế một phần cát sông và xi măng giúp giảm chi phí xử lý và vận chuyển chất thải, giảm khai thác tài nguyên thiên nhiên và giảm thiểu ô nhiễm môi trường, góp phần vào phát triển bền vững trong lĩnh vực xây dựng.

CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

1.1. Giới thiệu chung

1.1.1. Khái niệm về bùn thải bê tông

Bùn thải bê tông (BTBT) là chất thải phát sinh do việc rửa trạm trộn, rửa xe trộn chở bê tông, xe bơm bê tông, và từ việc thải bỏ một lượng bê tông tươi dư thừa trong các xe trộn chở bê tông. BTBT là hỗn hợp chủ yếu bao gồm cốt liệu mịn, các hạt xi măng (XM) đã hydrat hóa, phụ gia khoáng, phụ gia hóa học thu được từ các hố lắng [1-3]. BTBT có tính kiềm rất cao, độ pH = 12-13, yêu cầu phải được xử lý theo qui định chất thải rắn nguy hại.

1.1.2. Nguồn gốc phát sinh BTBT tại các trạm trộn Bê tông xi măng

Bê tông xi măng (BTXM) là vật liệu được sử dụng phổ biến nhất trên thế giới và ở cả Việt Nam. Nhu cầu sử dụng bê tông để xây dựng công trình nói chung và phát triển cơ sở hạ tầng giao thông nói riêng hiện nay ở nước ta ở mức rất cao, do đó các nhà máy trạm trộn BTXM được đầu tư và đưa vào hoạt động khai thác ngày càng nhiều. Sự phát triển nhanh chóng của ngành bê tông thương mại đã dẫn đến việc tăng lượng chất thải rắn và nước thải từ các trạm trộn BTXM trong quá trình sản xuất.

Việc sản xuất BTXM tạo các trạm trộn BTXM sản sinh ra các loại chất thải khác nhau, bao gồm:

- Bê tông thừa bị trả lại: Bê tông tươi chưa đông cứng được trả lại trạm trộn bê tông do đặt hàng dư, hoặc do chất lượng và tính năng công tác của bê tông không đạt yêu cầu tại công trình.
- Cặn bê tông tươi bên trong thùng xe tải hoặc xe trộn bê tông, hoặc sau các sản xuất thử nghiệm.
- Phế thải bê tông đã đông cứng.
- Cốt liệu tái chế: Cốt liệu thô hoặc mịn được tái chế bằng hệ thống rửa cốt liệu.
- Nước thải: Nước thải từ hệ thống rửa hoặc các hoạt động vệ sinh khác. Hàm lượng chất rắn thay đổi đáng kể.

- Bùn thải bê tông (BTBT): chất rắn trong nước thải thu được từ việc rửa chất thải bê tông tươi do phối trộn quá lượng yêu cầu để thu hồi cốt liệu cũng như từ việc rửa máng trộn, xe chở bê tông vào cuối ngày.
- Nước tái chế: Nước được thu lại sau quá trình tách nước của BTBT.

BTBT tại các trạm trộn BTXM chủ yếu phát sinh từ các nguồn sau:

1. Quá trình rửa thiết bị: Hệ thống trộn bê tông, bồn chứa, băng tải và xe chở bê tông được rửa sau mỗi lần sử dụng để tránh bê tông đông cứng.

2. Bê tông dư thừa: Bê tông tươi chưa đông cứng dư thừa không được sử dụng hết tại các công trình xây dựng, khi được xả bỏ sẽ trở thành bùn thải.

3. Quá trình lắng lọc nước thải: Nước thải từ các hoạt động tại trạm trộn bê tông thường chứa nhiều cặn, bùn, xi măng và cốt liệu mịn. Tại các trạm trộn BTXM, các chất thải sau hoạt động rửa và vệ sinh sẽ được chứa trong các bể lắng. Sau đó, các chất thải rắn (hay bùn thải) sẽ được vớt lên chất đống chờ xử lý [4] (Hình 1.1, Hình 1.2).

Hình 1.1 Quá trình hình thành bùn thải bê tông (BTBT) tại một trạm trộn BTXM ở Hong Kong [4]

Hình 1.2 BTBT được thu từ các bể lắng và chất đống tại một trạm trộn BTXM ở TP. Đà Nẵng, Việt Nam

1.1.3. Tình hình phát sinh BTBT trong ngành xây dựng

Ngày nay, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững đang trở thành vấn đề quan trọng trên toàn cầu. Ở hầu hết các quốc gia, ngành xây dựng là nguyên nhân chính gây ra các vấn đề về môi trường và góp phần lớn vào việc cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên. Ngành này tiêu thụ khoảng 50% tài nguyên thiên nhiên và tạo ra 50% chất thải [1]. Sự phát triển nhanh chóng của cơ sở hạ tầng và các đô thị lớn trên thế giới đã thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp sản xuất bê tông, một loại vật liệu xây dựng chính. Theo thống kê của Tổ chức bê tông trộn sẵn Châu Âu (European Ready-Mixed Concrete Organization, ERMCO), gần 900 triệu m^3 bê tông trộn sẵn được sản xuất ở hơn 29,200 trạm trộn bê tông vào năm 2019. Lượng xi măng ước tính được sử dụng rất lớn, gần 600 triệu tấn [5]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng một tấn xi măng Portland được sản xuất sẽ sản sinh ra gần một tấn carbon dioxide (CO_2) [6-8]. Ngoài ra, việc sản xuất bê tông xi măng (BTXM) ở các trạm trộn cũng sản sinh ra một lượng lớn các chất thải, trong đó có bùn thải bê tông (BTBT). Ước tính lượng BTBT sinh ra từ quá trình sản xuất BTXM khoảng 1% - 4%, tương ứng mỗi năm sẽ có khoảng 36 triệu mét khối BTBT.

1.2. Một số tính chất của BTBT

BTBT có thành phần đa dạng, phụ thuộc và nguồn gốc phát sinh, quy trình sản xuất bê tông và phương pháp rửa trạm trộn, chủ yếu bao gồm các hạt XM chưa thủy hóa, bột đá, cát mịn và các hạt phụ gia siêu mịn. Kích thước các hạt thường dao động từ 0,001 mm đến 0,5 mm. BTBT có tính kiềm rất cao, độ pH = 11-13, do sự hiện diện của các hợp chất xi măng, đặc biệt là canxi hydroxit ($Ca(OH)_2$). Ngoài ra, trong BTBT còn có một số khoáng chất như Silic oxit (SiO_2), nhôm oxit (Al_2O_3), sắt oxit (Fe_2O_3), Sulfat (SO_4^{2-}) và Clorua (Cl^-) gây ảnh hưởng đến môi trường và khả năng tái sử dụng của bùn thải.

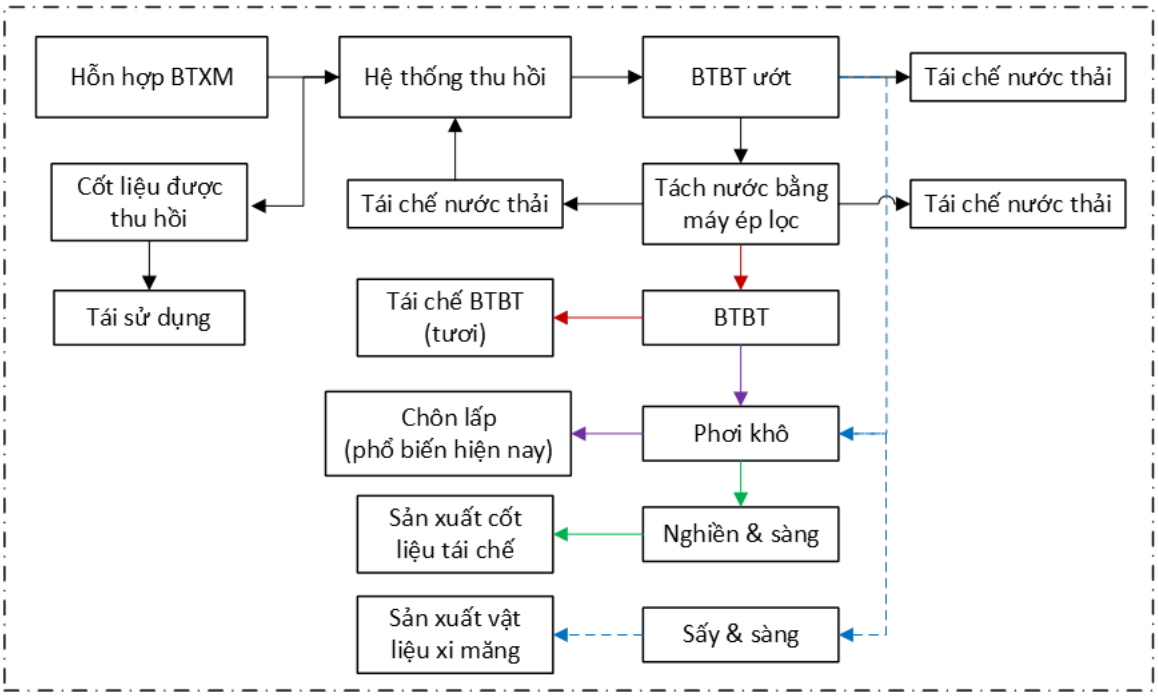
Do tính kiềm cao, BTBT được phân loại là vật liệu nguy hiểm ăn mòn ở nhiều quốc gia, bao gồm Nhật Bản, Tây Ban Nha và Vương quốc Anh [9-11]. Tại Vương quốc Anh, khi giá trị pH của chất thải vượt quá 11,5, chúng sẽ được phân loại vào nhóm nguy hiểm H8 theo "Hướng dẫn Kỹ thuật WM2 về Chất thải Nguy hiểm: Giải thích định nghĩa và phân loại chất thải nguy hiểm" [12]. Việc xử lý BTBT một cách không đúng cách có thể gây bỏng nghiêm trọng cho da người, trong khi việc chôn lấp chất thải này sẽ gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và hệ sinh thái xung quanh. Tại Nhật Bản, phương pháp

trung hòa BTBT bằng axit sulfuric đã được xem xét, nhưng chi phí cho quá trình này lên đến khoảng 60 USD/tấn [11].

1.3. Các phương thức quản lý BTBT hiện nay

Việc xử lý BTBT đóng vai trò quan trọng trong giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và tận dụng nguồn tài nguyên tái chế. Hiện nay, BTBT được xử lý theo bốn nhóm phương thức sau (Hình 1.3) [13]:

- **Nhóm 1:** Chôn lấp: bao gồm vận chuyển và các quy trình thông thường để chôn lấp chất thải xây dựng.
- **Nhóm 2:** Sản xuất vật liệu xi măng bổ sung: bao gồm quá trình xay nghiền và sàng lọc.
- **Nhóm 3:** Sản xuất cốt liệu tái chế mịn/thô: bao gồm thu gom và vận chuyển bùn thải đã đông cứng, sau đó tiến hành nghiền và sàng lọc.
- **Nhóm 4:** Sử dụng chất thải xây dựng tươi như một chất kết dính: bao gồm thu gom và vận chuyển bùn thải tươi và tái sử dụng trực tiếp (trong vòng 3 ngày) trong các sản phẩm xây dựng (ví dụ: gạch không nung hoặc gạch bê tông nhẹ).



Hình 1.3 Các nhóm phương thức quản lý Bùn thải bê tông hiện nay [13]

Trong bốn nhóm phương thức quản lý BTBT như trình bày ở Hình 1.3, phương pháp phổ biến nhất hiện nay là hình thức chôn lấp (nhóm 1). Ở Việt Nam, đa số BTBT được xử lý theo phương pháp này. BTBT tươi đã tách nước được vận chuyển từ các nhà máy trộn bê tông đến các bãi chôn lấp. Tuy nhiên, cách tiếp cận này không phải là lựa chọn bền vững về mặt môi trường do mức tiêu thụ năng lượng và khí thải liên quan đến việc vận chuyển và xử lý. Hơn nữa, do hàm lượng kiềm cao trong BTBT, việc chôn lấp có thể gây ra những tác động có hại cho môi trường và hệ sinh thái xung quanh [14, 15].

Đối với các nhóm tái chế BTBT như (i) tái sử dụng để sản xuất vật liệu xi măng (nhóm 2), (ii) sử dụng làm cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên (nhóm 3) và (iii) tái sử dụng BTBT tươi trong sản xuất các sản phẩm xây dựng (nhóm 4) đã được đề xuất bởi một số nghiên cứu [2 – 4], [13, 14]. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu đều chỉ ra rằng cần phải có một số bước xử lý trước (như: nghiền và sàng, v.v..) để chuẩn bị BTBT làm cốt liệu hoặc vật liệu xi măng bổ sung.

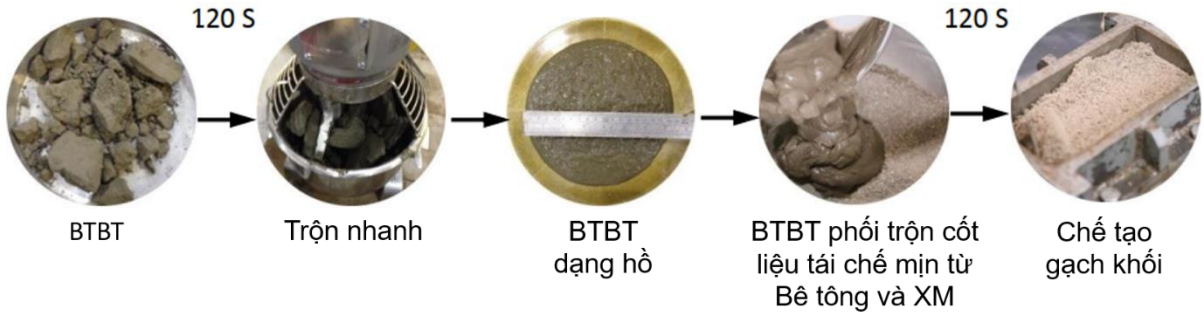
1.4. Tổng quan các nghiên cứu về xử lý và tái sử dụng BTBT tại các trạm trộn BTXM trong và ngoài nước

1.4.1. Nghiên cứu trên thế giới

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã xem xét việc sử dụng BTBT làm vật liệu thay thế một phần cát, xi măng hoặc chất độn mịn trong bê tông hoặc vữa [3, 7, 15, 16, 17]. Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng mặc dù việc sử dụng BTBT thay thế cát có thể làm giảm tính công tác của bê tông tươi, nhưng cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi của bê tông vẫn đảm bảo nếu lượng BTBT thay thế được sử dụng phù hợp [7]. Hơn nữa, bằng việc sử dụng phụ gia siêu dẻo, tính công tác của bê tông tươi và tính chất của bê tông đông cứng có thể được cải thiện [15]. Focius và cộng sự (2023) [7] đã chỉ ra rằng việc thay thế 5% xi măng (XM) bằng BTBT khô hoặc 10% XM bằng BTBT ướt không làm ảnh hưởng đến tính chất của đá vữa, đồng thời giúp giảm giá thành vữa nếu được áp dụng.

Một số nghiên cứu đã ứng dụng BTBT để sản xuất các khối bê tông đúc sẵn. Quá trình này sử dụng BTBT khô kết hợp với cát rửa thu được từ quá trình xử lý bê tông dư thừa, sau đó hỗn hợp vật liệu xi măng composite này được làm cứng trong môi trường CO_2. Kết quả thí nghiệm cho thấy các khối tường sản xuất từ hỗn hợp này có tính trung hòa carbon và bền vững. Xuan và cộng sự (2016) [4] đã đề xuất một phương pháp mới

nhằm tái sử dụng hiệu quả BTBT trong sản xuất các sản phẩm xây dựng. Các mẫu BTBT được thu thập một cách ngẫu nhiên từ các trạm trộn BTXM tại khu vực Hong Kong và được trộn mạnh bằng máy trộn cơ học. BTBT tươi trước khi đông cứng vẫn duy trì tính chảy và có thể xem như một loại chất kết dính (xi măng). Sau đó, BTBT được phối trộn với cốt liệu tái chế mịn (thu từ quá trình tái chế bê tông) và một lượng nhỏ xi măng với tỷ lệ 1:4:0,15 để tạo thành hỗn hợp bê tông tươi. Quy trình chuẩn bị các mẫu bê tông sử dụng BTBT được minh họa trong Hình 1.4. Các mẫu bê tông sau khi nén ép tạo khối sẽ được bảo dưỡng trong hai điều kiện: (i) bảo dưỡng thường (trong không khí) và (ii) bảo dưỡng CO_2 (cacbonat hóa tăng cường). Kết quả nghiên cứu cho thấy, BTBT có khả năng hấp thụ CO_2 cao (từ 27,05% đến 31,23%). Quá trình cacbonat hóa tăng cường giúp làm giảm đáng kể độ pH của BTBT, đồng thời thúc đẩy sự phát triển cường độ sớm và giảm co ngót khi khô thấp.



Hình 1.4 Quy trình chế tạo các mẫu khối bê tông từ BTBT [4]

Những nghiên cứu gần đây trong việc ứng dụng BTBT vào nghiên cứu sản xuất bê tông khí chưng áp (Autoclaved aerated concrete, AAC) cho thấy đây là một hướng nghiên cứu tiềm năng nhằm giảm tác động môi trường, tận dụng nguồn nguyên liệu tái ché và cải thiện chất lượng vật liệu. Bê tông khí chưng áp (AAC) là một loại vật liệu xây dựng nhẹ, có cấu trúc rỗng và được sản xuất bằng cách chưng áp hỗn hợp gồm xi măng, vôi, cát thạch anh (hoặc nguồn silica khác), bột nhôm và nước. So với các vật liệu xây dựng truyền thống, bê tông khí chưng áp (AAC) có nhiều ưu điểm như trọng lượng nhẹ, tiết kiệm năng lượng, độ bền cao, có khả năng chống cháy, giảm thấm, cách âm tốt và thi công dễ dàng. AAC đã trở thành một loại vật liệu xây dựng mới và được ứng dụng rộng rãi, đặc biệt tại Trung Quốc [18, 19, 20]. Nghiên cứu của Wudi Feng và cộng sự (2024) [1] đã đánh giá các tính chất cơ học và vi cấu trúc của bê tông AAC chứa hàm lượng lớn BTBT. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng sản xuất bê tông AAC thành công với hàm lượng BTBT lên đến 60%. Việc sử dụng bổ sung nano-silica và

silica fume giúp cải thiện vi cấu trúc và tối ưu hóa hệ thống lỗ rỗng bê tông AAC. Sự gia tăng hàm lượng nano-silica giúp cải thiện đáng kể khối lượng thể tích khô và cường độ chịu nén của AAC.

Các nghiên cứu của Zhang, J., và Fujiwara, T. (2007) [21], Pavel Reiterman và cộng sự (2022) [22] đánh giá thực nghiệm khả năng sử dụng BTBT như một chất ổn định đất sét trong nền. Hiệu quả ổn định của BTB được đánh giá thông qua cường độ chịu nén, chỉ số chịu tải California (CBR) và chỉ số chịu tải tức thời (IBI). Quá trình ổn định được phân tích bằng kính hiển vi điện tử (SEM) và phân tích nhiễu xạ tia X (XRD). Kết quả nghiên cứu cho thấy, BTBT đạt hiệu quả ổn định cao hơn 38% so với xi măng Portland thông thường (OPC) với cùng liều lượng khi xét về cường độ chịu nén. Tính kiềm và hàm lượng dư xi măng trong BTBT có tiềm năng lớn trong việc mang lại lợi ích kinh tế và môi trường nếu được ứng dụng vào ổn định nền đất.

1.4.2. Nghiên cứu ở trong nước

Tại Việt Nam, hiện nay, các nghiên cứu về việc sử dụng BTBT làm nguyên liệu để sản xuất vật liệu xây dựng hay làm cốt liệu để sản xuất bê tông vẫn còn hạn chế. Trong khi đó, nhu cầu sử dụng cát sông trong những năm gần đây ngày càng gia tăng, dẫn đến tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng nguồn cát sông phục vụ cho sản xuất BTXM và vữa. Để hạn chế việc khai thác tài nguyên thiên nhiên làm cốt liệu sản xuất bê tông, và tiêu thụ các nguồn phế thải công nghiệp, phế thải xây dựng, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18 tháng 8 năm 2020 [23] và Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26 tháng 3 năm 2021 [24] với mục tiêu là sử dụng các loại phế thải công nghiệp như tro, xỉ, thạch cao, v.v.. và phế thải xây dựng làm nguyên liệu để sản xuất vật liệu xây dựng, từng bước hạn chế sử dụng cát sông làm vật liệu xây dựng và san lấp. Do đó, việc tìm kiếm các loại vật liệu tái chế từ các phụ phẩm công nghiệp hay phế thải xây dựng để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát sông đang trở thành một vấn đề cấp bách hiện nay.

1.5. Kết luận chương 1

Tổng quan nghiên cứu về bùn thải bê tông (BTBT) cho thấy đây là một loại phế thải giàu canxi, có tính kiềm cao và chứa các hạt mịn có thể tái sử dụng trong nhiều ứng dụng xây dựng. BTBT hiện đang được nghiên cứu theo nhiều hướng khác nhau, bao

gồm thay thế một phần xi măng trong bê tông, sản xuất cốt liệu tái chế, ổn định nền đất và chế tạo bê tông khí chưng áp (AAC).

Các nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng của BTBT trong việc cải thiện một số tính chất của bê tông và vật liệu xây dựng, như khả năng hấp thụ CO_2 thông qua quá trình cacbonat hóa, tăng cường cường độ nén và giảm co ngót khô. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức liên quan đến kiểm soát tính kiềm, ổn định thành phần hóa học và tác động dài hạn của BTBT đối với độ bền vật liệu.

Nhìn chung, việc tái sử dụng BTBT không chỉ giúp giảm tác động môi trường do chôn lấp chất thải mà còn góp phần phát triển vật liệu xây dựng bền vững theo hướng kinh tế tuần hoàn. Tại Việt Nam, nghiên cứu về tái sử dụng BTBT còn hạn chế, trong khi nhu cầu cát sông ngày càng tăng, dẫn đến nguy cơ thiếu hụt nghiêm trọng. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng BTBT thay thế cát sông là một yêu cầu cấp thiết và phù hợp với khuyến khích của Chính phủ về sử dụng phế thải công nghiệp làm vật liệu xây dựng hiện nay.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG SỬ DỤNG BÙN THẢI BÊ TÔNG XI MĂNG TRẠM TRỘN THAY THẾ MỘT PHẦN CÁT SÔNG VÀ XI MĂNG

Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn về tái sử dụng các phế thải từ công nghiệp sản xuất BTXM và phạm vi nghiên cứu của đề tài là nghiên cứu sử dụng bùn thải bê tông (BTBT) ở trạm trộn BTXM thay thế một phần cát sông hoặc thay thế một phần cát sông và xi măng để sản xuất BTXM, nội dung chương 2 sẽ trình bày chi tiết các loại vật liệu sử dụng và phương pháp thiết kế thành phần BTXM có chứa BTBT trong khuôn khổ nghiên cứu này.

2.1. Vật liệu sử dụng chế tạo bê tông xi măng

2.1.1. Xi măng

Trong đề tài nghiên cứu chọn xi măng Sông Gianh PC50 để chế tạo bê tông. Theo TCVN 2682:2020 [25], các chỉ tiêu chất lượng của xi măng PC50 được qui định trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1 Các chỉ tiêu chất lượng của xi măng PC50

Tên chỉ tiêu	Mức		
	PCB30	PCB40	PCB50
1. Cường độ chịu nén (MPa) không nhỏ hơn: - 3 ngày ± 45 min - 28 ngày ± 8 h	 16 30	 21 40	 25 50
2. Thời gian đông kết (phút) - Bắt đầu, không nhỏ hơn - Kết thúc, không lớn hơn	45 375		
3. Độ mịn, xác định theo: - Bề mặt riêng, phương pháp Blaine (cm^2/g) không nhỏ hơn	2.800		
4. Độ ổn định thể tích, xác định theo phương pháp Le Chatelier (mm) không lớn hơn	10		
5. Hàm lượng anhydric sunphuric SO_3 (%) không lớn hơn	3,5		
6. Hàm lượng magie o xit SO_3 (%) không lớn hơn	$5,0^{(1)}$		

Tên chỉ tiêu	Mức		
	PCB30	PCB40	PCB50
7. Hàm lượng mất khi nung MKN (%) không lớn hơn: - Khi sử dụng phụ gia đá vôi: - Khi sử dụng phụ gia pozzolan:		3,5 3,0	
8. Hàm lượng cặn không tan CKT (%) không lớn hơn		1,5	
9. Hàm lượng kiềm quy đổi[2] $Na_2O_{qđ}$[3] (%), không lớn hơn		0,6	

Chú thích:

1) Cho phép hàm lượng MgO tới 6,0%, nếu độ nở autoclave (xác định theo TCVN 8877:2011) của xi măng không lớn hơn 0,8%.

2) Chỉ áp dụng giới hạn này trong trường hợp sử dụng xi măng với cốt liệu có khả năng xảy ra phản ứng kiềm-silic mà không có sự lựa chọn nào khác để bảo vệ bê tông.

3) Hàm lượng kiềm quy đổi ($Na_2O_{qđ}$) tính theo công thức: $\%Na_2O_{qđ} = \%Na_2O + 0,658\ \%K_2O$.

Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ, lý và thành phần hóa học của XM PC50 được ghi trong Bảng 2.2 và Bảng 2.3.

Bảng 2.2 Các chỉ tiêu cơ, lý của xi măng PC50

TT	**Tên chỉ tiêu**	**Đơn vị**	**Kết quả**	**TCVN 2682:2020**
1	Cường độ nén: - 3 ngày - 28 ngày	MPa	36,4 52,5	Min 25 Min 50
2	Thời gian đông kết: - Bắt đầu - Kết thúc	Phút	95 185	Min 45 Max 375
3	Độ ổn định thể tích	mm	1,88	Max 10
4	Độ mịn Blaine	cm^2/g	3520	--
5	Hàm lượng SO_3	%	2,22	Max 3,5
6	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,10	--
7	Lượng nước tiêu chuẩn	%	31,0	--

Bảng 2.3 Thành phần hóa học của xi măng PC50

Thành phần hóa học	**Đơn vị**	**Xi măng PCB30**
CaO	%	63,06

Thành phần hóa học	Đơn vị	Xi măng PCB30
SiO_2	%	21,64
Fe_2O_3	%	3,58
Al_2O_3	%	5,18
MgO	%	0,92
K_2O	%	0,63
Na_2O	%	0,10
SO_3	%	1,97
Cl^-	%	0,008
MKN	%	1,54
Chất khác	%	1,37

Kết quả thí nghiệm cho thấy XM PC50 thỏa mãn TCVN 2682:2020 và phù hợp để chế tạo bê tông.

2.1.2. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo (SD) làm tăng tính công tác, giảm lượng nước giúp cải thiện cường độ cho bê tông. TCVN 8826:2011 [26] qui định về độ đồng nhất của phụ gia hóa học như trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4 Yêu cầu về độ đồng nhất của phụ gia hóa học [26]

Tên chỉ tiêu	Giá trị chấp nhận được	
	Phụ gia lỏng	Phụ gia không lỏng
1. Hàm lượng chất khô (C_k), % C_k - giá trị do nhà sản xuất công bố	$C_k \pm 5$	$C_k \pm 4$
2. Khối lượng riêng (r), g/cm^3 r - giá trị do nhà sản xuất công bố - Nếu $r > 1,1$ - Nếu $r \leq 1,1$	 $r \pm 0,03$ $r \pm 0,02$	
3. Hàm lượng ion clo*, %, không lớn hơn	≤ 0,1 theo khối lượng hoặc giá trị nhà sản xuất công bố	
4. Độ pH (P)** P - giá trị do nhà sản xuất công bố	P ± 1	
5. Hàm lượng tro, (TR), % TR - giá trị do nhà sản xuất công bố	TR ± 1	

6. Phổ hồng ngoại	Tương tự với mẫu chuẩn ban đầu của nhà sản xuất.

Chú thích:

(*) Khi sử dụng phụ gia hóa học vào bê tông cốt thép ứng suất trước, hàm lượng ion clo trong phụ gia phải tuân thủ theo yêu cầu quy định riêng cho bê tông cốt thép ứng suất trước.

(**) Độ pH của phụ gia có thể bị thay đổi theo thời gian, khi có sự khác biệt lớn về độ pH (vượt quy định trong Bảng 3.9 của tiêu chuẩn này), phụ gia vẫn có thể sử dụng được nhưng phải tiến hành các thí nghiệm kiểm tra toàn bộ tính năng của phụ gia đảm bảo các yêu cầu tương theo Tiêu chuẩn này.

Sử dụng SD 3054 của Công ty TNHH Master Builders Solutions Việt Nam. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu của SD 3054 theo TCVN 8826-2011 và được thể hiện trong Bảng 2.5.

Bảng 2.5 Các chỉ tiêu của phụ gia siêu dẻo Basf 3054

Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thí nghiệm
Hàm lượng chất khô	%	44,4	TCVN 8826-2011
Độ PH	-	5,5	
Khối lượng riêng	g/cm^3	1,09	

2.1.3. Cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ

2.1.3.1. Cốt liệu lớn

Theo TCVN 7570:2006 [27], cốt liệu lớn có thể được cung cấp dưới dạng hỗn hợp nhiều cỡ hạt hoặc các cỡ hạt riêng biệt. Thành phần hạt của cốt liệu lớn, biểu thị bằng lượng sót tích luỹ trên các sàng, được quy định trong Bảng 2.6. Các chỉ tiêu chất lượng của đá dăm phải thỏa mãn các chỉ tiêu qui định ở Bảng 2.7.

Đề tài nghiên cứu sử dụng đá dăm cỡ hạt lớn nhất D_{max} = 10 mm làm cốt liệu lớn để chế tạo bê tông.

Kết quả thí nghiệm thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm D_{max} = 10 mm được thể hiện trong Bảng 2.8 và Hình 2.1.

Bảng 2.6 Thành phần hạt của cốt liệu lớn [27]

Kích thước lỗ sàng mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng, ứng với kích thước hạt liệu nhỏ nhất và lớn nhất, mm						
	5-10	5-20	5-40	5-70	10-40	10-70	20-70
100	-	-	-	0	-	0	0

Kích thước lỗ sàng mm	**Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng, ứng với kích thước hạt liệu nhỏ nhất và lớn nhất, mm**						
	5-10	**5-20**	**5-40**	**5-70**	**10-40**	**10-70**	**20-70**
70	-	-	0	0-10	0	0-10	0-10
40	-	0	0-10	40-70	0-10	40-70	40-70
20	0	0-10	40-70	…	40-70	…	90-100
10	0-10	40-70	…	…	90-100	90-100	-
5	90-100	90-100	90-100	90-100	-	-	-

Bảng 2.7 Các chỉ tiêu chất lượng yêu cầu của cốt liệu lớn [27]

Chỉ tiêu	**Mức**	**Phương pháp thử**
Độ nén dập (%)	≤ 10	TCVN 7572-11:2006
Hạt thoi dẹt (%)	≤ 15	TCVN 7572-13:2006
Độ mài mòn LA (%)	≤ 50	TCVN 7572-12:2006
Cường độ nén đá gốc (MPa)	≥ 100	TCVN 7572-10:2006
Hạt mền yếu, phong hóa (%)	≤ 1,0	TCVN 7572-1:2006
Bụi, bùn, sét (%)	≤ 1,0	TCVN 7572-8:2006
Hàm lượng ion Cl^- (hòa tan trong axit) (%)	≤ 0,01	TCVN 7572-15:2006
Hàm lượng hữu cơ	Không thẫm hơn màu chuẩn	TCVN 7572-9:2006

Bảng 2.8 Các chỉ tiêu cơ, lý của đá dăm Dmax = 10 mm

TT	**Tên các chỉ tiêu**	**Đơn vị**	**Kết quả**	**TCVN 7570:2006**
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,74	-
2	Khối lượng thể tích đầm chặt	kg/m^3	1620	-
3	Độ rỗng	%	47,08	-
4	Độ hút nước	%	1,26	-
5	Hàm lượng thoi dẹt	%	5,80	≤15
6	Hàm lượng phong hóa	%	0,32	≤ 1,0
7	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,09	≤ 1,0
8	Độ mài mòn Los Angeles	%	25,4	≤ 50

Kết quả thí nghiệm trên cho thấy đá dăm thỏa mãn TCVN 7570:2006 và ASTM C33:11 và phù hợp để chế tạo bê tông.

2.1.3.2. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ có thể là cát sông sạch, cát nghiền sạch từ đá hoặc có thể phối hợp 2 loại cát đó với nhau. Theo TCVN 7570:2006 [24] và ASTM C33:2011 [28], thành phần hạt của cát được qui định như trong Bảng 2.9. Các chỉ tiêu chất lượng của cát được qui định ở Bảng 2.10.

Bảng 2.9 Thành phần hạt yêu cầu của cát [27, 28]

Kích thước lỗ sàng	**Lượng sót tích luỹ trên sàng, % khối lượng**		
	TCVN 7570:06		**ASTM C33:11**
	Cát thô	**Cát mịn**	**Cát thô và cát mịn**
5,0 mm	0	0	Từ 0 đến 5
2,5 mm	Từ 0 đến 20	0	Từ 0 đến 20
1,25 mm	Từ 15 đến 45	Từ 0 đến 15	Từ 15 đến 50
630 mm	Từ 35 đến 70	Từ 0 đến 35	Từ 40 đến 75
315 mm	Từ 65 đến 90	Từ 5 đến 65	Từ 70 đến 95
140 mm	Từ 90 đến100	Từ 65 đến 90	Từ 90 đến100
Lượng lọt qua sàng 140 μm	≤ 10	≤ 35	≤ 10

Bảng 2.10 Các chỉ tiêu chất lượng yêu cầu của cát [27]

TT	**Tên chỉ tiêu**	**Đơn vị**	**Mức**	**Phương pháp thử**
1	Sét cục và các tạp chất dạng cục Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0 1,5	TCVN 7572-8:2006
2	Mô đun độ lớn	-	2,0-3,3	TCVN 7572-2:2006
3	Hàm lượng ion Cl^-	%	0,05	TCVN 7572-15:2006
5	Hàm lượng mica	%	-	TCVN 7572-20:2006
5	Tạp chất hữu cơ	-	Không thẫm hơn màu chuẩn	TCVN 7572-9:2006

Bảng 2.11 Các chỉ tiêu cơ, lý của cát sông

TT	**Tên chỉ tiêu**	**Đơn vị**	**Kết quả**	**TCVN 7570:2006**
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,64	-
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm^3	1,42	-
3	Độ hút nước	%	0,76	-
4	Độ hỗng tự nhiên	%	46,2	-

5	Mô đun độ lớn	-	2,74	2,0-3,3
6	Hàm lượng bùn sét	%	0,22	≤ 1,5
7	Tạp chất hữu cơ	-	Sáng hơn màu chuẩn	Không thẫm hơn màu chuẩn

Đề tài nghiên cứu sử dụng cát sông (CS) hạt lớn có mô đun độ lớn ≥ 2,0 làm cốt liệu mịn để chế tạo bê tông. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ, lý và thành phần hạt của CS được thể hiện trong Bảng 2.11 và trên Hình 2.1.

Các chỉ tiêu cơ, lý và thành phần hạt của CS thỏa mãn TCVN 7570:2006 và ASTM C33:11 và phù hợp để chế tạo bê tông.

2.1.4. Bùn thải bê tông

Bùn thải bê tông (BTBT) được thu thập tại bể lắng của một nhà máy trạm trộn bê tông ở thành phố Đà Nẵng, BTBT được phơi khô, sau đó sàng loại bỏ các hạt lớn trên sàng 5 mm. Vì BTBT xốp, sau khi tiếp xúc với nước một lượng hạt khô dính kết bị tơi ra rời rạc, do đó thành phần hạt của BTBT được phân tích ở 2 trạng thái khô và ướt. Ở trạng thái ướt, BTTB được sấy khô hoàn toàn 110 ± 5^0C rồi ngâm trong nước khoảng 6 h sau đó tiến hành sàng trong nước, lượng sót trên từng sàng được xác định và cho vào tủ sấy trong 24h ở nhiệt độ 110 ± 5^0C rồi tính tỉ lệ phần trăm.

Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ, lý và phân tích thành phần hạt của BTBT được thể hiện trong Bảng 2.12, Bảng 2.13 và trên Hình 2.1.

Bảng 2.12 Phân tích thành phần hạt của BTBT

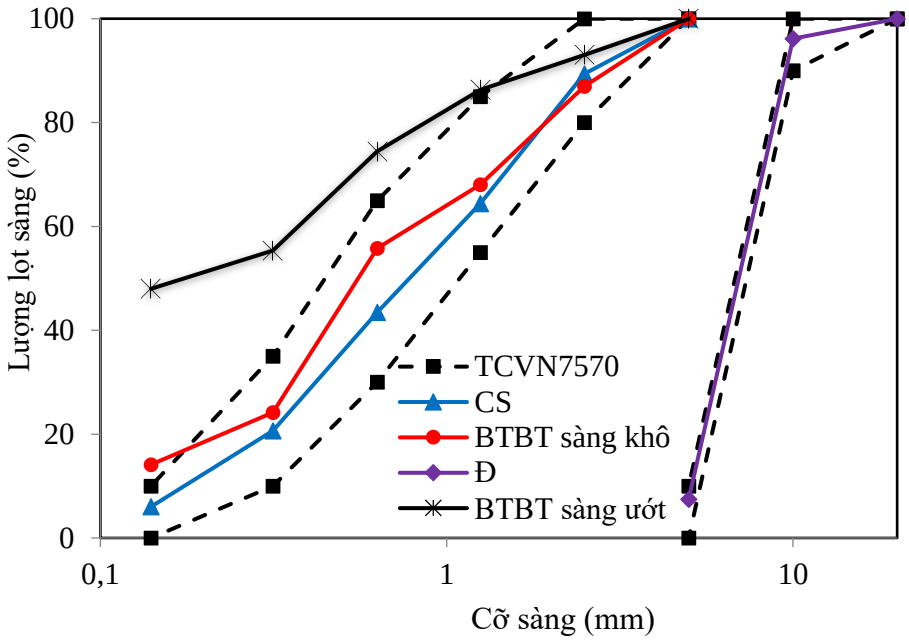
Kí hiệu cát	**Lượng lọt sàng (%)**						**M_{dl}**
	5 mm	2,5 mm	1,25 mm	0,63 mm	0,315 mm	0,15 mm	
Phân tích khô	100	86,99	68,03	55,76	24,16	14,13	2,51
Phân tích ướt	100	93,00	86,31	74,49	55,33	47,99	1,43
TCVN 7570:06	100	80-100	55-85	30-65	10-35	0-10	

Bảng 2.13 Các chỉ tiêu cơ, lý của BTBT

TT	**Tên chỉ tiêu**	**Đơn vị**	**Kết quả**
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,45
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm^3	1,20
3	Độ hút nước	%	35,4
4	Độ hỗng tự nhiên	%	51,0

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
5	Mô đun độ lớn khi sàng khô	-	2,51
6	Mô đun độ lớn khi sàng ướt	-	1,43

Kết quả trong Bảng 2.12 và trên Hình 2.1 cho thấy thành phần hạt của BTBT ở trạng thái khô và ướt là rất khác nhau, ở trạng thái khô lượng lọt sàng 0,15 mm chỉ chiếm



Hình 2.1 Thành phần hạt của đá dăm, cát và BTBT

khoảng 14% nhưng ở trạng thái ướt chiếm đến 48%, điều này là do ở trạng thái khô BTBT có một lượng lớn BTBT dính kết lỏng lẻo với nhau, khi bị ngâm trong nước, chúng hút nước vào và bị tơi ra, lúc này các hạt nhỏ chủ yếu là các hạt xi măng, tro bay, xỉ lò cao, … đã thủy hóa có trong bùn. Chính vì lượng hạt nhỏ dưới sàng 0,15 mm chiếm đến 48% nên BTBT cũng có thể sử dụng để thay thế một phần xi măng trong bê tông.

2.1.5. Nước trộn hỗn hợp bê tông

Sử dụng nước máy sạch phù hợp với TCVN 4506:2012 để trộn hỗn hợp bê tông.

2.2. Thiết kế thành phần các loại bê tông sử dụng bùn thải của trạm trộn bê tông xi măng

Có nhiều phương pháp thiết kế thành phần bê tông, trong đó Tiêu chuẩn của Hoa Kỳ ACI 211.97 [29] là một trong những tiêu chuẩn được sử dụng phổ biến.

Đề tài nghiên cứu sử dụng phương pháp ACI 211 để thiết kế thành phần vật liệu các bê tông.

2.2.1. Xác định cường độ yêu cầu của bê tông

Tiêu chuẩn ACI 318 [30] cho phép những thành phần hỗn hợp bê tông được chọn trên kinh nghiệm thực tế hoặc các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm. Để đạt được cường độ chịu nén đặc trưng của dự án, thì bê tông cần phải được tính toán tỉ lệ sao cho cường độ chịu nén trung bình ngoài thực tế lớn hơn cường độ chịu nén đặc trưng f'_c bằng 1 giá trị đủ lớn để xác suất các kết quả không đạt là nhỏ.

Khi không xác định được độ lệch chuẩn thì cường độ chịu nén trung bình yêu cầu được tính theo công thức sau:

$$f'_{cr} = 1{,}1f'_c + 4{,}8 \quad \text{(MPa)} \tag{2.1}$$

Khi thiết kế thành phần bê tông trong phòng thí nghiệm, cường độ chịu nén trung bình yêu cầu được tính theo công thức sau:

$$f'_{cr} = (1{,}1f'_c + 4{,}8)/0{,}9 \quad \text{(MPa)} \tag{2.2}$$

Trong đó: f'_{cr} là cường độ chịu nén trung bình yêu cầu, MPa

f'_c là cường độ chịu nén đặc trưng, MPa

2.2.2. Xác định các thành phần của bê tông

Phương pháp thể tích tuyệt đối ACI 211.1 để thiết kế hỗn hợp có thể được tóm tắt trong 12 bước sau:

**** Bước 1: Chọn độ sụt và cường độ bê tông yêu cầu.***

Gía trị độ sụt được đưa ra ở Bảng 2.14.

Bảng 2.14 Độ sụt của hỗn hợp bê tông theo loại kết cấu

Loại kết cấu	**Độ sụt, cm**	
	Lớn nhất	**nhỏ nhất**
Móng của tường và cột bằng bê tông cốt thép	7,5	2,5
Móng bằng giếng chìm, móng tường	7,5	2,5
Dầm và tường có cốt thép	10,0	2,5
Cột nhà	10,0	2,5
Bản mỏng, tấm lát tường	7,5	2,5
Bê tông làm cầu, đường	7.5 – 15,0	2,5

**** Bước 2: Lựa chọn kích thước tối đa của cốt liệu lớn.***

Kích thước lớn nhất của cốt liệu lớn $D_{max} \leq 1/5$ kích thước nhỏ nhất của kết cấu, $\leq$ 1/5 chiều dày bản, $\leq 3/4$ khoảng cách nhỏ nhất giữa các thanh cốt thép và theo cường độ yêu cầu.

**** Bước 3: Ước tính lượng nước trộn và hàm lượng không khí***

Lượng nước trộn và hàm lượng không khí lọt vào hỗn hợp bê tông phụ thuộc vào độ sụt, kích thước lớn nhất của cốt liệu lớn, độ rỗng của cốt liệu nhỏ, hình dạng hạt và cấp phối cốt liệu, nhiệt độ bê tông, loại phụ gia sử dụng. Lượng nước trộn và hàm lượng không khí của bê tông tươi được chọn như trong Bảng 2.15.

**** Bước 4: Lựa chọn tỉ lệ N/CKD***

Tỉ lệ N/CKD không chỉ phụ thuộc cường độ bê tông yêu cầu mà còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như độ bền. Tỉ lệ N/CKD khuyên dùng như trong Bảng 2.16.

Bảng 2.15 Lượng nước trộn và hàm lượng không khí của bê tông tươi

Độ sụt, cm	**Lượng nước trộn theo D_{max} của cốt liệu lớn, lit/m^3**			
	9,5 mm	**12,5 mm**	**19,0 mm**	**25,0 mm**
Bê tông không tạo khí				
2,5 – 5,0	207	198	185	177
7,5 – 10,0	227	215	200	192
15,0 – 18,0	240	227	212	200
Lượng khí, %	3,0	2,5	2,0	1,5
Bê tông tạo khí				
2,5 – 5,0	180	174	165	159
7,5 – 10,0	200	192	180	174
15,0 – 18,0	215	204	192	183
Lượng khí, %	7,5	7,0	6,5	6,0

**** Bước 5: Tính toán khối lượng cốt liệu lớn (Đ)***

Khối lượng cốt liệu thô được tính theo công thức:

$$Đ = \rho_đ.V_đ \quad (2.3)$$

Trong đó:

$\rho_đ$ - khối lượng thể tích đầm chặt của cốt liệu lớn, kg/m^3

$V_đ$ - thể tích của cốt liệu lớn đã đầm chặt trên một đơn vị thể tích bê tông phụ thuộc vào kích cỡ lớn nhất của cốt liệu thô và mô đun độ lớn của cát, được xác định theo Bảng 2.17.

**** Bước 6: Xác định khối lượng chất kết dính***

Khối lượng chất kết dính cần thiết trên 1 m^3 bê tông được tính bằng cách chia lượng nước cho tỉ lệ N/CKD:

$$CKD = N.\frac{CKD}{N} \text{ (kg)} \quad (2.4)$$

Bảng 2.16 Mối quan hệ giữa tỉ lệ N/CKD và cường độ nén

Cường độ bê tông yêu cầu ở 28 ngày tại công trường, f_{yc}, MPa	**Tỉ lệ N/CKD**	
	Bê tông không tạo khí	**Bê tông tạo khí**
41	0,41	-
35	0,48	0,40
28	0,57	0,48
21	0,68	0,59

Bảng 2.17 Thể tích của đá dăm đã đầm chặt trên một đơn vị thể tích bê tông

D_{max}, mm	**Thể tích cốt liệu thô đầm chặt cho mỗi đơn vị thể tích bê tông ứng với mô đun độ mịn khác nhau của cát $M_{cát}$**			
	2,4	**2,6**	**2,8**	**3,0**
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
25,0	0,71	0,69	0,67	0,65

**** Bước 7: Xác định khối lượng xi măng***

1. Trường hợp không dùng phụ gia khoáng thì khối lượng xi măng cần thiết 1 m^3 bê tông bằng chính khối lượng chất kết dính:

$$XM = CKD \text{ (kg)} \quad (2.5)$$

2. Trường hợp dùng phụ gia khoáng (PGK) với tỉ lệ a (%) thay thế chất kết dính thì khối lượng phụ gia khoáng cần cho 1 m^3 bê tông là:

$$PGK = a.CKD \text{ (kg)} \quad (2.6)$$

Khối lượng xi măng cần cho 1 m^3 bê tông là:

$$XM = CKD - PGK = (1 - a).CKD \text{ (kg)} \quad (2.7)$$

**** Bước 8: Xác định khối lương cốt liệu mịn (C)***

1. Khi không có PGK, khối lượng cát được tính theo công thức:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - N\right].\rho_c, \text{(kg)} \quad (2.8)$$

2. Khi có PGK, khối lượng cát được tính theo công thức:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{PGK}{\rho_{PGK}} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - N\right].\rho_c, \text{(kg)} \quad (2.9)$$

Trong đó:

- X, N, C, Đ, PGK: là khối lượng của xi măng, nước, cát, đá, PGK tính cho một m^3 bê tông.

- ρ_X, ρ_C, $\rho_Đ$, ρ_{PGK}: là khối lượng riêng xi măng, cát, đá, và PGK.

**** Bước 9: Xác định khối lương BTBT thay thế cát sông hoặc thay thế cát sông và xi măng***

- Khi sử dụng BTBT thay thế cát sông, lượng BTBT được xác định như sau:

$$BTBT = P_C \times C \text{ (kg)} \quad (2.10)$$

- Khi sử dụng BTBT thay thế cả cát sông và xi măng, lượng BTBT được xác định như sau:

$$BTBT = P_C \times C + P_X \times XM \text{ (kg)} \quad (2.11)$$

Trong đó:

P_C - tỉ lệ BTBT thay thế cát (%)

P_X - tỉ lệ BTBT thay thế xi măng (%)

**** Bước 10: Chọn tỉ lệ phụ gia siêu dẻo***

Cần sử dụng phụ gia siêu dẻo trong bê tông để đảm bảo độ sụt theo yêu cầu. Khi dùng phụ gia siêu dẻo thì lượng nước có thể giảm từ 12-30% tùy theo loại phụ gia. Có thể sử dụng phụ gia siêu dẻo vào hỗn hợp mà không cần điều chỉnh các tỉ lệ hỗn hợp để cải thiện tính công tác của bê tông.

Liều lượng sử dụng phụ gia siêu dẻo thông qua các khuyến cáo của các nhà sản xuất và các thí nghiệm. Thường từ 0,50-2,5 lít/100 kg xi măng và có thể nhiều hơn tùy theo loại phụ gia, yêu cầu về độ sụt và đặc tính của kết cấu.

**** Bước 11: Các hỗn hợp thử nghiệm***

Các hỗn hợp thử nghiệm theo tỉ lệ đã tính ở trên cần tạo ra một tập hợp các thử nghiệm để xác định tính công tác và các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Các khối lượng của cốt liệu, nước phải điều chỉnh cho phù hợp về độ ẩm. Nếu các đặc tính mong muốn của bê tông không đạt được thì các tỉ lệ hỗn hợp ban đầu cần được điều chỉnh theo hướng dẫn sau đây để tạo ra tính công tác mong muốn.

1. Độ sụt ban đầu: Nếu độ sụt ban đầu của hỗn hợp thử nghiệm không nằm trong phạm vi mong muốn thì cần phải điều chỉnh lại lượng nước trộn. Trọng lượng của vật liệu kết dính trong hỗn hợp cũng nên điều chỉnh để duy trì tỉ lệ N/CKD mong muốn. Hàm lượng cát sau đó cũng được điều chỉnh để đảm bảo sản lượng bê tông.

2. Nếu phụ gia siêu dẻo được sử dụng thì nên thử với các liều lượng khác nhau để xác định ảnh hưởng của nó đến cường độ và tính công tác của bê tông.

3. Hàm lượng khí: Nếu hàm lượng không khí đo được khác xa với trị số mong muốn thì nên điều chỉnh lại hàm lượng khí và các thành phần cũng được điều chỉnh.

4. Tỉ lệ N/CKD: Nếu cường độ của bê tông không đạt được khi sử dụng các tỉ lệ N/CKD đã chọn thì các hỗn hợp trộn thử nghiệm phụ thêm có tỉ lệ N/CKD thấp hơn cần phải được kiểm tra. Nếu vẫn không tăng được cường độ nén thì cần xem xét lại sự thích hợp của các vật liệu sử dụng.

**** Bước 12: Lựa chọn thành phần bê tông***

Khi các tỉ lệ trộn thử nghiệm đã được điều chỉnh để tạo ra tính công tác mong muốn và các đặc tính về cường độ, các mẫu thử cường độ nên được lấy từ các mẻ trộn thử nghiệm tiến hành dưới các điều kiện gần giống với điều kiện ngoài thực tế theo các bước khuyên dùng trong tài liệu ACI 211 để tiến hành điều chỉnh các mẻ trộn thử nghiệm. Tính thực tế sản xuất và các thao tác cần kiểm tra chất lượng sẽ được đánh giá tốt hơn khi các mẻ trộn thử nghiệm với qui mô sản xuất được tiến hành bằng cách sử dụng các thiết bị và công nhân mà nó đã từng sử dụng trong thực tế. Các kết quả về cường độ nên

được trình bày theo một cách để cho phép lựa chọn các tỉ lệ có thể chấp nhận đối với công việc được dựa trên cơ sở các yêu cầu về cường độ và chi phí.

2.2.3. Tính toán thành phần các loại bê tông

2.2.3.1. Bê tông đối chứng không sử dụng BTBT (0C0X)

Mục tiêu bê tông đạt cường độ nén và cường độ uốn trung bình ở 28 ngày trên 45 MPa và trên 5,5 MPa.

Bước 1: Chọn cường độ và độ sụt yêu cầu

Cường độ nén trung bình của bê tông thiết kế yêu cầu đạt trên 45 MPa, chọn độ sụt yêu cầu SN = 8,0-10,0 cm.

Bước 2: Lựa chọn kích thước tối đa của cốt liệu lớn

Chọn D_{max} = 10,0 mm.

Bước 3: Xác định lượng nước trộn

Ta có SN = 8,0 - 10,0 cm; D_{max} = 10,0 mm tra Bảng 2.15 chọn N = 182 lít.

Bước 4: Lựa chọn tỉ lệ N/CKD

Ta có D_{max} = 10 mm; f'_{cr} = 45 MPa, tra Bảng 2.16 chọn tỉ lệ N/CKD = 0,41.

Bước 5: Tính toán khối lượng cốt liệu lớn (Đ)

Khối lượng cốt liệu thô được tính theo công thức: $Đ = \rho_đ.V_đ$

Trong đó:

$\rho_đ$ - khối lượng thể tích đầm chặt của cốt liệu lớn, $\rho_đ = 1620$ kg/m^3

$V_đ$ - thể tích của cốt liệu lớn đã đầm chặt, tra Bảng 2.17, chọn $V_đ$ = 0,62.

Vậy $Đ = 1620 \times 0,62 = 1004,4$ (kg)

Bước 6: Xác định khối lượng chất kết dính (CKD)

$$CKD = N.\frac{CKD}{N} = 182/0,41 = 443,9 \text{ (kg)}$$

Bước 7: Xác định khối lượng xi măng

Khối lượng xi măng là: XM = CKD = 443,9 kg

Bước 8: Xác định khối lương cốt liệu nhỏ (C)

Lượng cát:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - N\right].\rho_c = \left[1000 - \frac{443,9}{3,10} - \frac{1000,4}{2,72} - 182\right].2,62 = 806,63(\text{kg})$$

Bước 9: Thử độ sụt để xác định lượng phụ gia siêu dẻo

Tính toán thành phần hỗn hợp cho mẻ trộn 12 lít của bê tông đối chứng không sử dụng BTBT với các liều lượng siêu dẻo khác nhau theo % xi măng để thử độ sụt đảm bảo đạt từ 8,0 - 10,0 cm.

Lượng SD = 4,0 kg/m^3 (0,9% xi măng)

Sau khi xác định được lượng SD thì phải điều chỉnh giảm lượng cát để tổng thể tích các loại vật liệu là 1000 lít.

Lượng cát lúc này là: C = 796,95 (kg)

Bước 10: Các mẻ trộn thử, điều chỉnh thành phần và chọn các hỗn hợp tối ưu

Tiến hành đúc các mẫu bê tông hình dầm kích thước 100×100×400 mm để xác định cường độ kéo uốn (R_{ku}) và dùng các mẫu dầm gãy để xác định cường độ nén (R_n). Sau khi thí nghiệm xác định cường độ uốn và cường độ nén của bê tông ở 28 ngày đạt trên 5,5 MPa và trên 45 MPa, thành phần của bê tông đối chứng được lựa chọn ghi ở Bảng 2.18.

2.2.3.2. Bê tông sử dụng BTBT thay thế 25% cát sông (25C0X)

Vì BTBT rất xốp, độ hút nước rất lớn nên khi thay thế CS hoặc thay thế CS và XM bằng BTBT cần phải thêm lượng nước trộn và lượng SD để đảm bảo độ sụt yêu cầu. Ở đây, khi thay thế CS bằng 25% và 50% cát sông, để đảm bảo cường độ bê tông không giảm quá nhiều nên khống chế tỉ lệ N/CKD lần lượt là 0,45 và 0,49 và lượng xi măng không đổi.

- Tỉ lệ N/X = 0,45

- Lượng BTBT: BTBT = 0,25×C = 0,25×796,95 = 199,24 (kg)

- Lượng nước: N = X×0,45 = 443,9×0,45 = 199,76 (lít)

- Lượng cát sông:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - \frac{BTBT}{\rho_{BTBT}} - N\right].\rho_c, (kg)$$

$$C = \left[1000 - \frac{443,9}{3,1} - \frac{1004,4}{2,72} - \frac{199,24}{2,45} - 199,76\right].2,62 = 545,0 (kg)$$

- Lượng siêu dẻo: Thử dần lượng SD để thử độ sụt đảm bảo đạt từ 8,0-10,0 cm

SD = 5,77 kg/m^3 (1,3% xi măng).

Sau khi xác định được lượng SD thì phải điều chỉnh giảm lượng cát để tổng thể tích các loại vật liệu là 1000 lít.

Lượng cát lúc này là: C = 531,1 (kg).

2.2.3.3. Bê tông sử dụng BTBT thay thế 50% cát sông (50C0X)

- Tỉ lệ N/X = 0,49

- Lượng BTBT: BTBT = 0,50×C = 0,5×796,95 = 398,48 (kg)

- Lượng nước: N = X×0,49 = 443,9×0,49 = 217,51 (lít)

- Lượng cát sông:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - \frac{BTBT}{\rho_{BTBT}} - N\right].\rho_c, (kg)$$

$$C = \left[1000 - \frac{443,9}{3,1} - \frac{1004,4}{2,72} - \frac{398,48}{2,45} - 217,51\right].2,62 = 283,5 (kg)$$

- Lượng siêu dẻo: Thử dần lượng SD để thử độ sụt đảm bảo đạt từ 8,0-10,0 cm

SD = 10,65 kg/m^3 (2,4% xi măng).

Sau khi xác định được lượng SD thì phải điều chỉnh giảm lượng cát để tổng thể tích các loại vật liệu là 1000 lít.

Lượng cát lúc này là: C = 257,69 (kg).

2.2.3.4. Bê tông sử dụng BTBT thay thế 15% cát sông và 10% xi măng (15C10X)

- Tỉ lệ N/X = 0,45

- Lượng BTBT:

BTBT = 0,15×C + 0,10×X = 0,15×796,95 + 0,10×443,9 = 163,9 (kg)

- Lượng nước: N = X×0,45 = 443,9×0,45 = 199,76 (lít)

- Lượng cát sông:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - \frac{BTBT}{\rho_{BTBT}} - N\right].\rho_c, (kg)$$

$$C = \left[1000 - \frac{443,9}{3,1} - \frac{1004,4}{2,72} - \frac{163,9}{2,45} - 199,76\right].2,62 = 620,9\ (kg)$$

- Lượng siêu dẻo: Thử dần lượng SD để thử độ sụt đảm bảo đạt từ 8,0-10,0 cm

SD = 5,1 kg/m^3 (1,15% xi măng).

Sau khi xác định được lượng SD thì phải điều chỉnh giảm lượng cát để tổng thể tích các loại vật liệu là 1000 lít.

Lượng cát lúc này là: C = 608,55 (kg).

2.2.3.5. Bê tông sử dụng BTBT thay thế 30% cát sông và 20% xi măng (30C20X)

- Tỉ lệ N/X = 0,49

- Lượng BTBT:

BTBT = 0,30×C + 0,20×X = 0,30×796,95 + 0,20×443,9 = 327,9 (kg)

- Lượng nước: N = X×0,49 = 443,9×0,45 = 217,51 (lít)

- Lượng cát sông:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - \frac{Đ}{\rho_Đ} - \frac{BTBT}{\rho_{BTBT}} - N\right].\rho_c, (kg)$$

$$C = \left[1000 - \frac{443,9}{3,1} - \frac{1004,4}{2,72} - \frac{237,9}{2,45} - 217,51\right].2,62 = 435,2\ (kg)$$

- Lượng siêu dẻo: Thử dần lượng SD để thử độ sụt đảm bảo đạt từ 8,0-10,0 cm

SD = 9,32 kg/m^3 (2,1% xi măng).

Sau khi xác định được lượng SD thì phải điều chỉnh giảm lượng cát để tổng thể tích các loại vật liệu là 1000 lít.

Lượng cát lúc này là: C = 412,6 (kg).

Kết quả thành phần vật liệu của các bê tông được trình bày trong Bảng 2.18.

Bảng 2.18 Thành phần vật liệu của các bê tông

Kí hiệu bê tông	X (kg)	N (lít)	C (kg)	BTBT (kg)	Đ (kg)	SD (kg)	N/CKD	SN (cm)
0C0X	443,9	182,0	797,0	0	1004,4	4,0	0,41	8-10
25C0X	443,9	199,8	531,1	199,2	1004,4	5,8	0,45	
50C0X	443,9	217,5	257,7	398,5	1004,4	10,7	0,49	
15C10X	399,5	199,8	608,6	163,9	1004,4	5,1	0,45	
30C20X	355,1	217,5	412,6	327,9	1004,4	9,3	0,49	

2.3. Kết luận chương 2

Đã lựa chọn và thí nghiệm xác định được các chỉ tiêu chất lượng của các vật liệu để chế tạo bê tông.

Đã thiết kế được thành phần vật liệu của bê tông đối chứng có cường độ nén và cường độ kéo uốn trung bình ở 28 ngày đạt trên 45 MPa và trên 5,5 MPa. Thiết kế được thành phần vật liệu của các bê tông sử dụng BTBT thay thế 25% cát sông, 50% cát sông, 15% cát sông và 10% xi măng, 30% cát sông và 20% xi măng.

CHƯƠNG 3: THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG TƯƠI VÀ BÊ TÔNG CỨNG SỬ DỤNG BÙN THẢI BÊ TÔNG THAY THẾ MỘT PHẦN CÁT SÔNG VÀ XI MĂNG

3.1. Công tác trộn, đúc và bảo dưỡng các mẫu bê tông

3.1.1. Cân, đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông

Các loại vật liệu được cân theo khối lượng bằng cân tự động. Trường hợp cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ bị ẩm cần phải xác định độ ẩm của chúng để điều chỉnh lượng nước cho chính xác. Khi đá và cát có độ ẩm là $W_đ$ (%) và W_c (%) thì lượng vật liệu được điều chỉnh cho một mẻ trộn được xác định như sau:

$X_{đc} = X_m$ (kg); $TB_{đc} = TB_m$ (kg);

$C_{đc} = C_m.(1 + W_c)$ (kg);

$Đ_{đc} = Đ_m.(1 + W_đ)$ (kg);

$N_{đc} = N_m - (C_m.W_c + Đ_m.W_đ)$ (kg);

$PGSD_{đc} = PGSD_m$ (lit).

Riêng BTBT được phơi khô, tơi xốp trước khi cân.

Sau khi tính toán điều chỉnh các loại vật liệu theo độ ẩm thì cân và để riêng theo từng thùng hoặc bao, riêng SD sau khi cân xong thì cho luôn vào nước và trộn đều. Công tác trộn hỗn hợp bê tông được thực hiện trong máy trộn cưỡng bức trục ngang dung tích 200 lít. Công tác trộn gồm 2 giai đoạn là trộn khô và trộn ướt. Đầu tiên cho cát, đá, xi măng và BTBT vào máy trộn khô, thời gian trộn khô khoảng 300 vòng để hỗn hợp đồng đều. Sau đó cho nước đã trộn SD vào máy trộn để trộn ướt. Đối với hỗn hợp đối chứng không có BTBT, thời gian trộn ướt khoảng 4 phút đảm bảo hỗn hợp được trộn đều, đồng màu, đồng nhất, riêng các hỗn hợp sử dụng BTBT, thời gian trộn ướt kéo dài lên 6 phút để đảm bảo độ đồng nhất.

3.1.2. Đúc và bảo dưỡng các mẫu bê tông xi măng

Việc đúc các mẫu BTXM thực hiện theo TCVN 3105:2022. Trước khi đúc mẫu phải chuẩn bị khuôn đúc. Khuôn đúc mẫu bê tông để thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn (R_{ku}) là khuôn hình dầm kích thước 100×100×400 mm và dùng các mẫu dầm gãy để xác định cường độ nén (R_n). Khuôn đúc mẫu bê tông để thí nghiệm xác định độ rỗng, siêu

âm, điện trở suất, độ thấm clorua là khuôn trụ 100×200 mm. Khuôn đúc các mẫu bê tông để đo co ngót khô là khuôn trụ 100×200 mm. Các khuôn được quét một lớp dầu chống dính và cho lên bàn rung. Đỗ hỗn hợp bê tông vào đầy khuôn với khuôn lăng trụ 100x100x400 mm và một nửa khuôn với khuôn trụ 100×200 mm, điều khiển bàn rung rung cho đến khi hỗn hợp bê tông trong khuôn nổi bọt khí và hồ xi măng nổi đều lên bề mặt, sau đó dùng bay gạt hỗn hợp bê tông thừa và hoàn thiện phẳng bề mặt mẫu. Đối với mẫu trụ 100×200 mm, cho hỗn hợp bê tông vào đầy khuôn và rung đảm bảo yêu cầu như khi đầm lèn lớp thứ nhất, sau đó gạt hỗn hợp bê tông thừa và hoàn thiện phẳng bề mặt mẫu.

Sau khi đúc xong khoảng 1-2 h, các khuôn mẫu được phủ ẩm bằng giẻ ẩm ở nhiệt độ trong phòng. Sau 20-24 h bảo dưỡng mẫu trong khuôn, tiến hành tháo khuôn rồi bảo dưỡng mẫu trong bể dưỡng hộ ở nhiệt độ 27 ± 2^0C cho đến ngày thí nghiệm.

Hình 3.1 Chuẩn bị khuôn, thử độ sụt và đúc các mẫu bê tông

3.2. Phương pháp thí nghiệm

3.2.1. Độ sụt

Thử độ sụt được thực hiện trong quá trình đúc các mẫu bê tông và thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C143 [31]. Độ sụt của các hỗn hợp bê tông được khống chế trong

khoảng 8-10 cm. Các hỗn hợp bê tông sau khi được trộn đều, đồng nhất thì tiến hành thử độ sụt bằng dụng cụ hình nón cụt.

3.2.2. Khối lượng thể tích của bê tông tươi

Khối lượng thể tích (KLTT) của các hỗn hợp bê tông tươi cũng được thực hiện trong quá trình đúc các mẫu bê tông và được tiến hành theo ASTM C138 [32]. Sử dụng 3 khuôn đúc mẫu hình lập phương kích thước 150×150×150 mm để xác định KLTT của các hỗn hợp bê tông, các khuôn đúc được đo xác định kích thước chính xác đến 0,1 mm và cân khối lượng chính xác đến 0,1 g. Sau khi trộn xong hỗn hợp bê tông, cho hỗn hợp vào một nửa khuôn 150×150×150 mm và đưa lên bàn rung để đầm lèn lớp thứ nhất như khi đúc mẫu, sau đó cho hỗn hợp bê tông vào đầy khuôn và rung đầm lèn đảm bảo yêu cầu như khi đầm lèn lớp thứ nhất, sau đó gạt hỗn hợp bê tông thừa và hoàn thiện phẳng bề mặt mẫu. Dùng giẻ vệ sinh sạch sẽ phần vữa xi măng dính xung quanh khuôn, cân xác định khối lượng của các khuôn sau khi đầm lèn. KLTT của hỗn hợp bê tông tươi trong từng khuôn được xác định theo công thức:

$$\text{KLTT} = \frac{m_1 - m_0}{V}, (kg/m^3) \qquad (3.1)$$

Trong đó:

m_0 và m_1 - khối lượng của khuôn đúc và khối lượng của khuôn chứa hỗn hợp bê tông tươi sau khi đầm chặt (kg);

V - thể tích của khuôn đúc (m^3).

KLTT của hỗn hợp bê tông là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Hình 3.2 Xác định khối lượng thể tích của bê tông tươi

3.2.3. Độ rỗng và độ hút nước

Độ rỗng (ĐR) và độ hút nước (ĐHN) của các loại bê tông được theo ASTM C642 [33]. Các mẫu thí nghiệm được cắt ra từ mẫu trụ 100×200 mm đảm bảo thể tích của mẫu thử không được nhỏ hơn 350 cm^3 hoặc không nhỏ hơn 800 g (dày khoảng 5 cm), mẫu phải đảm bảo không có vết nứt, gãy hoặc cạnh bị vỡ. Các mẫu bê tông được cho vào tủ sấy và sấy khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 110±5^{0}C, cân khối lượng của mẫu khô chính xác đến 0,01g (ký hiệu là A), trước khi cân mẫu phải để mẫu nguội trong bình hút ẩm đến nhiệt độ phòng. Đem mẫu ngâm trong nước ở nhiệt độ khoảng 23±2^{0}C cho đến khối lượng không đổi, mực nước ngập trên mẫu tối thiểu là 5 cm. Lấy mẫu khỏi thùng ngâm bảo hòa và cho vào nồi nước đảm bảo ngập mẫu khoảng 5 cm và đun sôi đun sôi ít nhất trong 5 h. Để nguội nồi nước và mẫu do mất nhiệt tự nhiên không dưới 14 h đến nhiệt độ cuối cùng từ 20-25^{0}C. Loại bỏ độ ẩm bề mặt bằng khăn ẩm và cân xác định khối lượng của mẫu bảo hòa trong nước sôi chính xác đến 0,01 g (ký hiệu là B). Cân xác định khối lượng trong nước của mẫu thử bảo hòa trong nước sôi chính xác đến 0,01g (ký hiệu là C).

ĐR và ĐHN của từng mẫu bê tông xi măng được tính theo công thức:

$$\text{ĐR} = \frac{\text{B} - \text{A}}{\text{B} - \text{C}}.100(\%) \quad (3.2a)$$

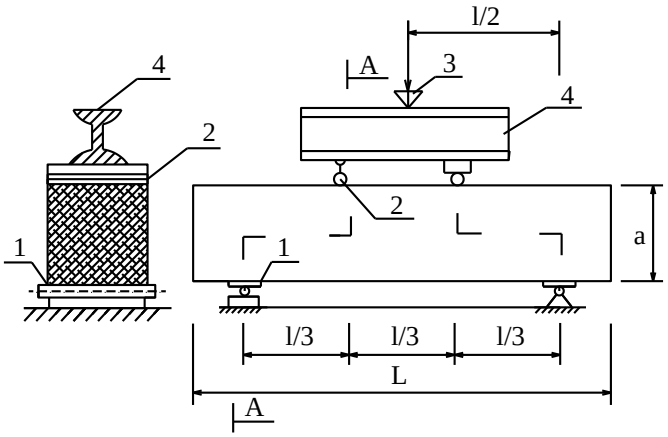
$$\text{ĐHN} = \frac{\text{B} - \text{A}}{\text{A}}.100(\%) \quad (3.2b)$$

Độ rỗng của các loại bê tông được thí nghiệm ở 7, 28, 56 và 90 ngày. Độ rỗng của mỗi loại bê tông ở từng thời điểm thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu.

3.2.4. Cường độ nén và kéo uốn

Thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn của các mẫu bê tông được thực hiện theo ASTM C78 [31], sơ đồ thí nghiệm uốn mẫu như Hình 3.3. Tiến hành đo các cạnh a và b của các mẫu dầm, đưa các mẫu dầm bê tông vào máy uốn theo đúng sơ đồ và uốn mẫu theo tốc độ quy định cho đến khi gãy mẫu.

1. Gối tựa di động;
2. Gối tựa cố định;
3. Khớp cầu;
4. Dầm phụ.



Hình 3.3 Sơ đồ thí nghiệm cường độ chịu kéo uốn các mẫu dầm bê tông

Cường độ kéo uốn của từng mẫu bê tông được tính theo công thức:

$$R_{ku} = \frac{P_{ku}.l}{a.b^2}, (MPa) \quad (3.3)$$

Trong đó:

P_{ku} - tải trọng uốn gãy mẫu (N);

l - khoảng cách giữa hai gối tựa, *l* = 300 mm;

a, b - chiều rộng và chiều cao tiết diện ngang của mẫu (mm);

Hình 3.4 Thí nghiệm xác định cường độ kéo uốn và nén của các mẫu bê tông

Thí nghiệm xác định cường độ nén của các mẫu dầm gãy được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C39 [35]. Chọn 2 bề mặt phẳng của mẫu đưa lên bàn nén, phần mặt phẳng

của mẫu phía dưới đảm bảo khít với tấm đệm bằng thép kích thước 100×100 mm dày 10 mm đặt trên bàn máy nén. Sau khi đưa mẫu và đúng vị trí và tiến hành nén theo tốc độ quy định cho đến khi phá hủy mẫu.

Cường độ nén của từng mẫu bê tông được tính theo công thức:

$$R_n = \frac{P_n}{F} \text{ (MPa)} \quad (3.4)$$

Trong đó: P_n - lực nén phá hoại mẫu (N);

F_n - diện tích chịu lực nén của viên mẫu (mm^2).

Cường độ kéo uốn và nén của các loại bê tông được thí nghiệm ở 7, 28, 56 và 90 ngày. Cường độ kéo uốn ở từng thời điểm thí nghiệm của các loại bê tông là giá trị trung bình của 3 mẫu, trong khi cường độ nén là giá trị trung bình của 6 mẫu.

3.2.5. Vận tốc xung siêu âm

Thí nghiệm vận tốc xung siêu âm (VTXSA) của các mẫu bê tông được thực hiện theo ASTM C597 [36] trên các mẫu trụ 100×200 mm. Các mẫu trụ bê tông được mài phẳng 2 đáy để đảm bảo đầu dò tiếp xúc tốt với bề mặt mẫu. Khi đến thời điểm thí nghiệm, các mẫu bê tông được vướt khỏi bể bảo dưỡng, để ráo bề mặt và đo VTXSA. Dùng chất bôi trơn bôi vào 2 đáy của mẫu, sau đó dùng 2 đầu dò áp vào 2 đáy mẫu vừa bôi trơn cố định đầu dò, chờ số đọc trên màn hình ổn định và ghi lại số đọc.

VTXSA của từng viên mẫu V_{sa} (m/s) được tính theo công thức:

$$V_{sa} = \frac{L}{t} \text{ (m/s)} \quad (3.5)$$

Trong đó:

L - chiều dài thực dọc trục của mẫu trụ 100×200 mm;

t - thời gian sóng siêu âm truyền qua mẫu (s);

VTXSA của các loại bê tông được thí nghiệm ở 3, 7, 28, 56 và 90 ngày. Vận tốc xung siêu âm của mỗi loại bê tông ở từng thời điểm thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Hình 3.5 Thí nghiệm xác định vận tốc xung siêu âm của các mẫu bê tông

3.2.6. Độ thấm clorua và điện trở suất bề mặt

Độ thấm clorua của các mẫu bê tông được thí nghiệm theo ASTM C1202 [37]. Các mẫu thí nghiệm đường kính 100 mm, dày 50 mm như thí nghiệm độ hấp thụ nước. Ở mỗi thời điểm thí nghiệm, các mẫu được vớt ra khỏi bể bảo dưỡng và thực hiện các bước cần thiết theo qui định (quét sơn, hút chân không), thời gian thí nghiệm thấm clorua của mẫu bê tông là 6 h. Sau khi chuẩn bị mẫu xong, tiến hành lắp mẫu thử vào khoang chứa mẫu đảm bảo không rò rỉ nước ra ngoài. Đổ đầy hóa chất thử vào hai đầu khoang chứa mẫu thử, một đầu khoang đổ dung dịch NaOH 0,3 N và đầu khoang kia đổ dung dịch NaCl 3%. Lắp đặt mạch điện gồm nguồn điện, vôn kế, ampe kế với khoang chứa mẫu. Đóng mạch điện và duy trì điện thế một chiều 60 V. Theo dõi và ghi lại các thông số về cường độ dòng điện, nhiệt độ khoang chứa dung dịch NaCl trong 6 h.

Đối với thiết bị đo tự động, toàn bộ quá trình đo, ghi và tính toán tổng điện lượng truyền qua các mẫu thí nghiệm được tự động hóa. Đối với thiết bị bán tự động, điện lượng truyền qua mẫu bê tông được tính theo công thức:

$$Q=\left(\frac{95}{x}\right)^2.900.(I_0+2I_{30}+2I_{60}+...2I_{300}+2I_{330}+I_{360}) \quad (3.6)$$

Trong đó:

Q là tổng điện lượng truyền qua mẫu thử trong thời gian 6 h, tính bằng culông;

I_0, I_{30}, I_{60}, ..., I_{330}, I_{360} là cường độ dòng điện ở thời điểm bắt đầu bật máy đo ở 30, 60, ... 330, 360 phút, tính bằng ampe (A);

x là đường kính thực tế của mẫu thử, tính bằng milimét (mm).

Độ thấm clorua của các loại bê tông được thí nghiệm ở 28, 56 và 90 ngày, giá trị độ thấm clorua của mỗi loại bê tông là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Mức độ thấm clorua của bê tông xi măng được đánh giá theo Bảng 3.1

Bảng 3.1 Đánh giá mức độ thấm clorua của bê tông [38]

Điện lượng truyền qua mẫu bê tông (culông)	**Mức độ thấm ion clorua**
> 4000	Cao
từ 2000 đến 4000	Trung bình
từ 1000 đến 2000	Thấp
Từ 100 đến 1000	Rất thấp
< 100	Không đáng kể

Hình 3.6 Thí nghiệm thấm clorua và điện trở suất của các mẫu bê tông

Thí nghiệm điện trở suất bề mặt được thực hiện trên các mẫu trụ 100×200 mm ở trạng thái bão hòa nước theo AASHTO T95 [38] ở 7, 28, 56 và 90 ngày. Giá trị điện trở suất bề mặt của mỗi loại bê tông là giá trị trung bình của 3 mẫu.

3.2.7. Độ co ngót khô

Thí nghiệm xác định co ngót khô (CNK) của các loại bê tông được tiến hành theo ASTM C157 [39]. Các mẫu trụ bê tông kích thước 40×40×160 mm sau khi tháo khuôn, tiến hành khoan 2 lỗ ở 2 đầu của mẫu để gắn 2 chốt kim loại không gỉ (có vùng lõm ở giữa chốt phù hợp với đầu đo của đồng hồ) và liên kết chốt với đầu mẫu bằng vữa xi măng, sau đó bảo dưỡng các mẫu bê tông trong nước đến 7 ngày. Sau khi bảo dưỡng, các mẫu được lấy ra khỏi bể, dùng giẻ ẩm loại bỏ nước để ráo bề mặt mẫu và tiến hành đo chiều dài ban đầu L_0 (μm) của mẫu bằng cánh dùng thanh chuẩn dài 160 mm kết hợp

thiết bị gắn đồng hồ đo với độ chính xác 1 µm, sau đó để mẫu khô trong môi trường điều hòa với nhiệt độ 25±2^{0}C và độ ẩm 60±5%. CNK của các mẫu bê tông được đo ở 1, 3, 7 ngày, từ 7-49 ngày cứ 1 tuần đo 1 lần, từ 49-217 ngày cứ 4 tuần đo 1 lần. Chiều dài L_t (µm) của các mẫu bê tông ở các thời điểm t được đo tương tự như chiều dài ban đầu L_0.

CNK của mẫu bê tông tại thời điểm t được tính theo công thức:

$$\varepsilon_k(t) = \frac{L_0 - L_t}{L_0}.1000\ (\mu m/m) \qquad (3.7)$$

CNK của các loại bê tông được thí nghiệm ở các thời điểm 1-217 ngày. CNK của mỗi loại bê tông ở từng thời điểm thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Hình 3.7 Đo CNK của các mẫu bê tông

3.3. Kết quả thí nghiệm xác định một số tính chất của hỗn hợp bê tông tươi

3.3.1. Tính công tác

Thử độ sụt của các hỗn hợp bê tông được kiểm tra trong quá trình đúc các mẫu bê tông và thực hiện theo ASTM C143. Độ sụt của các hỗn hợp bê tông được khống chế trong khoảng 8-10 cm và được xác định trong quá trình thiết kế thành vật liệu ở mục 2.2.3 trong Chương 2.

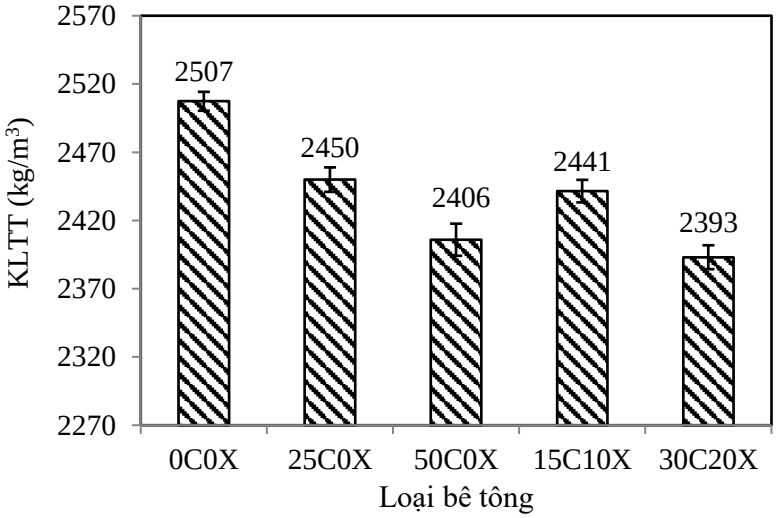
Với hỗn hợp bê tông đối chứng 0C0X, chỉ cần sử dụng SD = 4,0 kg/m^3 để đạt độ sụt 8-10 cm; đối với các hỗn hợp bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X cần lượng SD lần lượt tương ứng là 5,8, 10,7, 5,1 và 9,3 kg/m3 để đạt độ sụt 8-10 cm. Khi sử dụng BTBT làm giảm độ sụt đáng kể, lượng BTBT càng nhiều thì lượng SD càng nhiều, điều này là do các hạt BTBT mịn, tỉ diện bề mặt thấm ướt lớn nên cần lượng SD nhiều hơn

để làm ướt khi nhào trộn, đồng thời các hạt BTBT xốp, có độ rỗng lớn, độ hút nước cao nên tăng nhu cầu nước. Kết quả nghiên cứu có xu hướng tương tự như các nghiên cứu [40, 41].

3.3.2. Khối lượng thể tích

Kết quả xác định khối lượng thể tích (KLTT) của các hỗn hợp bê tông được thể hiện chi tiết trong Phụ lục I và trên Hình 3.8.

Có thể thấy rằng, KLTT của tất cả các hỗn hợp bê tông sử dụng BTBT đều nhỏ hơn so với hỗn hợp bê tông đối chứng 0C0X, hàm lượng BTBT càng nhiều thì KLTT càng giảm. KLTT của các hỗn hợp bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng 57 kg/m^3 (2,27%), 101 kg/m^3 (4,03%), 66 (2,63%) và 114 kg/m^3 (4,54%) so với hỗn hợp bê tông 0C0X. KLTT của hỗn hợp bê tông tươi chứa BTBT giảm là do chúng có khối lượng riêng nhỏ hơn so với CS và XM.

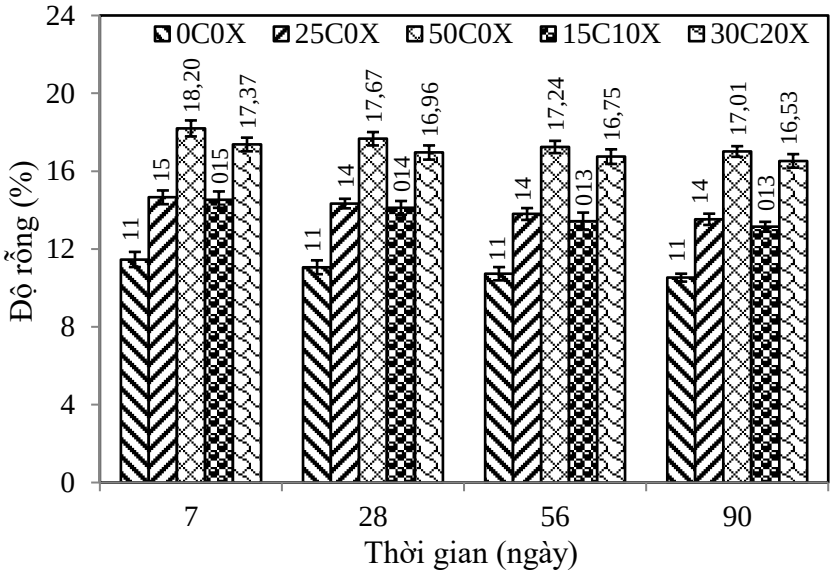


Hình 3.8 Khối lượng thể tích của các hỗn hợp bê tông

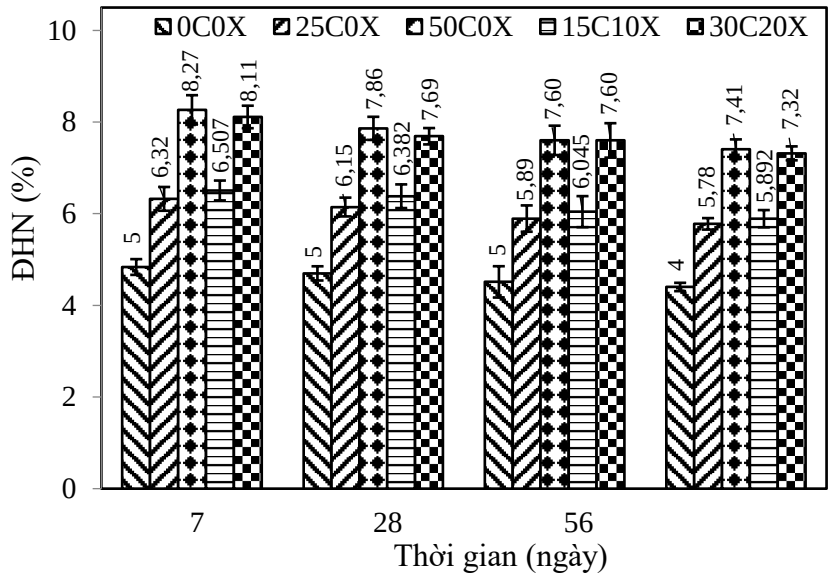
3.4. Kết quả thí nghiệm xác định một số tính chất cơ, lý của các loại bê tông xi măng

3.4.1. Độ rỗng và độ hút nước

Kết quả thí nghiệm xác định độ rỗng (ĐR) và độ hút nước (ĐHN) của các loại bê tông ở 7, 28, 56 và 90 ngày được thể hiện chi tiết trong Phụ lục II. ĐR và độ HTN của các BTXM được thể hiện trên Hình 3.9 và Hình 3.10.



Hình 3.9 Độ rỗng của các bê tông



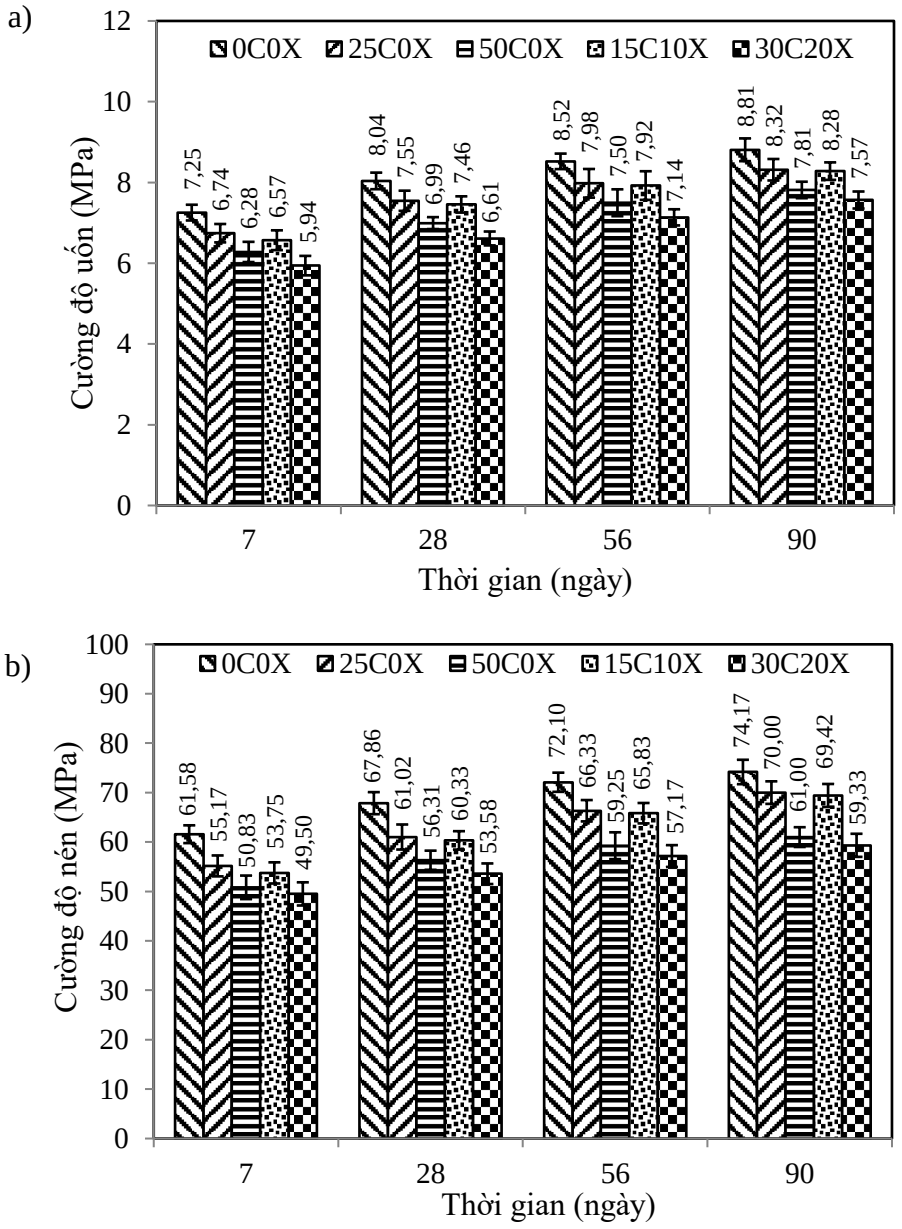
Hình 3.10 Độ hút nước của các bê tông

Bê tông ĐC 0C0X có ĐR bé nhất, các bê tông chứa BTBT có ĐR tăng dần và tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. ĐR của các bê tông khi sử dụng 25%BTBT thay thế 25%CS và thay thế 15%CS + 10%XM là gần tương tự nhau; các bê tông khi sử dụng 50%BTBT thay thế 50%CS và thay thế 30%CS + 20%XM cũng tương tự. ĐR của bê tông 25C0X và 15C10X tăng khoảng (26,0-26,4)% và (28,8-30,0)%, trong khi ĐR của bê tông 50C0X và 30C20X tăng khoảng (54,3-57,1)% và (53,9-56,6)% so với bê tông 0C0X. Việc sử dụng BTBT làm tăng ĐR của các BTXM là do tính xốp và độ hút nước cao của nó, đồng thời tỉ lệ N/X cao hơn của các bê tông chứa BTBT cũng là yếu tố làm gia tăng ĐR.

ĐHN của các bê tông cũng thể hiện xu hướng tương tự như ĐR, tức là các bê tông chứa BTBT có ĐHN cao hơn so với bê tông ĐC và ĐHN tăng dần và tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. ĐHN của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng khoảng (30,6-31,3)%, (67,4-70,9)%, (33,9-35,8)% và (63,7-68,4)% so với mẫu đối chứng 0C0X.

3.4.2. Cường độ nén và kéo uốn

Cường độ nén (R_n) và cường độ kéo uốn (R_{ku}) của các BTXM được được thể hiện trên Hình 3.11, chi tiết trong Phụ lục III.

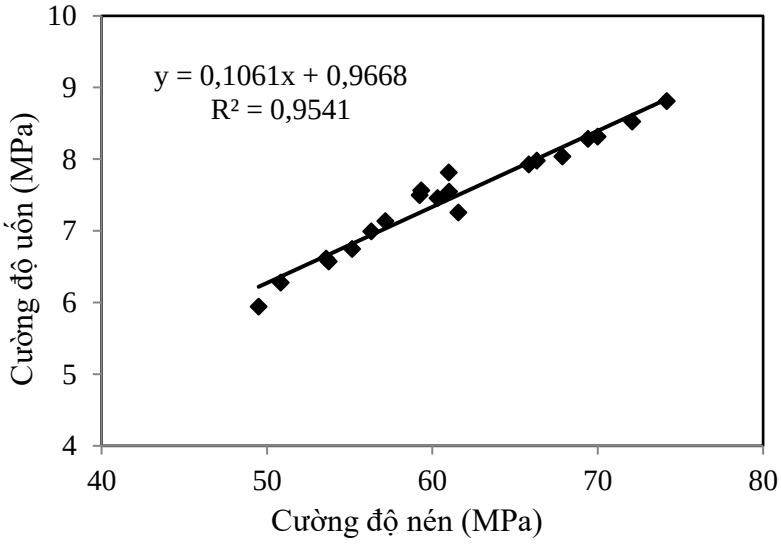


Hình 3.11 R_{ku} và R_n của các loại BTXM

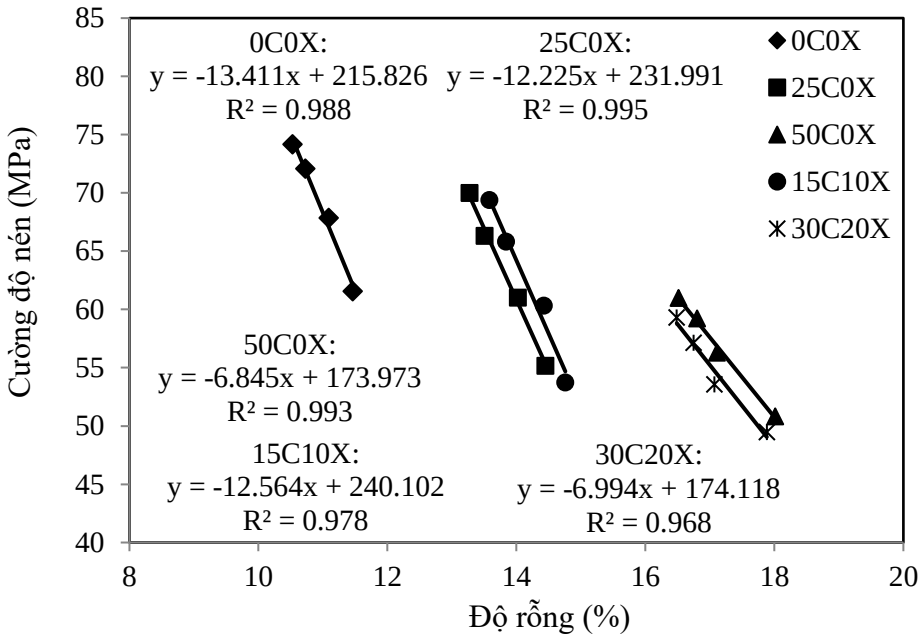
Các BTXM chứa BTTB đều có cường độ thấp hơn so với bê tông ĐC 0C0X, sự suy giảm cường độ của các BTXM tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. Tương tự như ĐR, R_n và R_{ku} của các bê tông 25C0X và 15C10X (hoặc 50C0X và 30C20X) là gần tương tự nhau, tuy nhiên việc thay thế cả CS và XM bằng BTBT làm giảm thêm cường độ, hàm lượng XM được thay thế càng nhiều thì sự suy giảm cường độ càng lớn. R_{ku} và R_n của bê tông 25C0X ở 7, 28, 56 và 90 ngày giảm lần lượt là 7,0% và 10,4%; 6,1% và 10,1%; 6,4% và 8,0%; 5,6% và 5,6%; R_{ku} và R_n của bê tông 50C0X ở 7, 28, 56 và 90 ngày giảm lần lượt 13,4% và 17,5%; 13,0% và 17,0%; 12,4% và 17,8%; 11,3% và 17,7%; R_{ku} và R_n của bê tông 15C10X ở 7, 28, 56 và 90 ngày giảm lần lượt 9,4% và 12,7%; 7,3% và 11,1%; 7,0% và 8,7%; 6,0% và 6,4%; R_{ku} và R_n của bê tông 30C20X ở 7, 28, 56 và 90 ngày giảm lần lượt 18,1% và 19,6%; 17,7% và 21,0%; 16,3% và 20,7%; 14,1% và 20,7%.

Sự suy giảm cường độ của các bê tông BTBT là do chúng có ĐR lớn và nhu cầu nước (tỉ lệ N/X) cao hơn so với bê tông 0C0X. Kết quả nghiên cứu có xu hướng tương đồng với các nghiên cứu trước đây [3, 15, 17, 40, 41, 42].

Mối tương quan giữa R_n với R_{ku} và ĐR của các BTXM được thể hiện trên Hình 3.12 và Hình 3.13, các quan hệ này có dạng tuyến tính rất chặt chẽ với các hệ số xác định $R^2 \geq 0{,}950$, trong đó, quan hệ R_n và R_{ku} là tỉ lệ thuận trong khi quan hệ giữa R_n và ĐR là tỉ lệ nghịch với nhau.



Hình 3.12 Quan hệ giữa R_n và R_{ku} của các loại BTXM

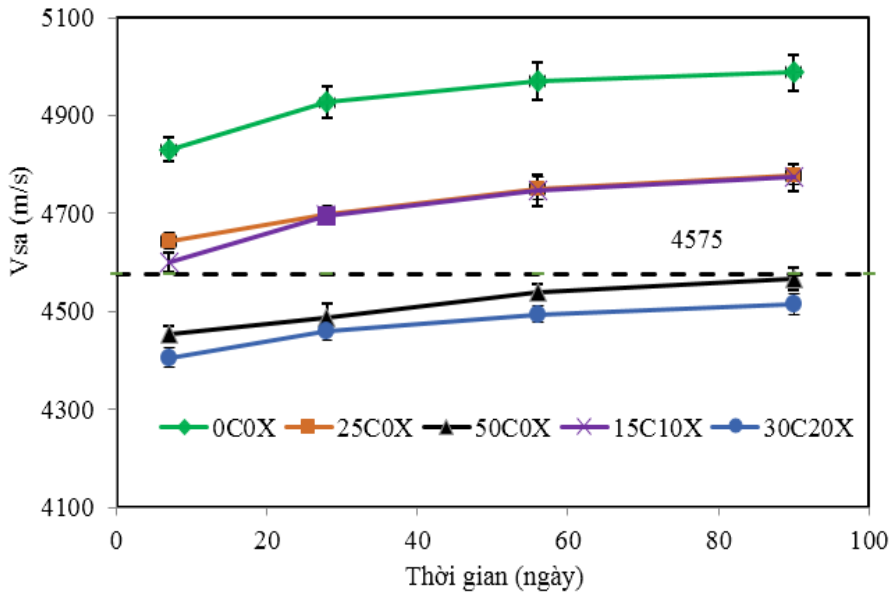


Hình 3.13 Quan hệ giữa R_n và ĐR của các loại BTXM

3.5. Thí nghiệm xác định một số tính chất liên quan đến độ bền của các bê tông xi măng

3.5.1. Vận tốc xung siêu âm

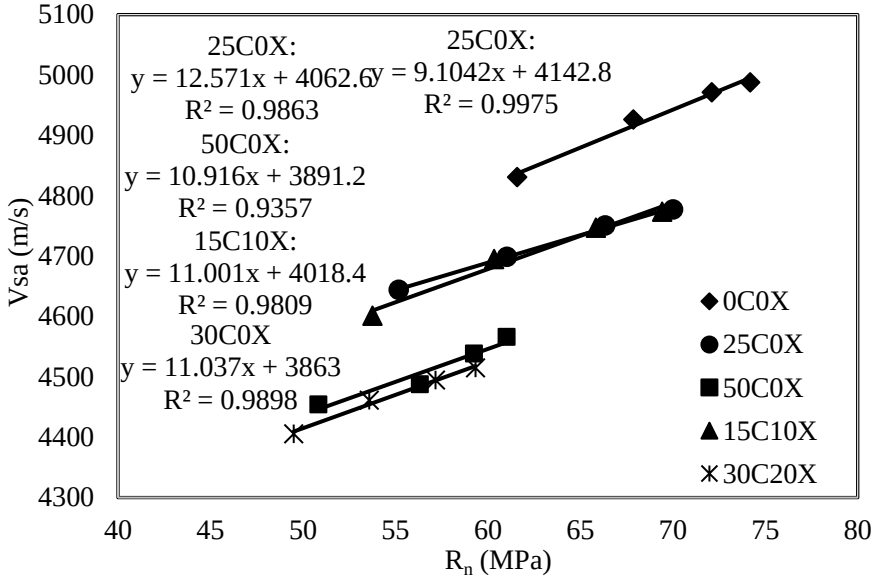
Kết quả thí nghiệm xác định vận tốc xung siêu âm (VTXSA) V_{sa} của các loại bê tông ở 7, 28, 56 và 90 ngày được thể hiện chi tiết trong Phụ lục IV. Kết quả VTXSA trung bình của các loại bê tông được thể hiện trên Hình 3.14.



Hình 3.14 Vận tốc xung siêu âm của các bê tông

Hình 3.14 cho thấy VTXSA của các bê tông đều tăng dần theo thời gian, trong đó bê tông ĐC 0C0X thể hiện V_{sa} cao nhất ở mọi thời điểm, các bê tông chứa BTBT thể hiện V_{sa} thấp hơn, hàm lượng BTBT càng cao thì V_{sa} càng thấp. VTXSA của các bê tông 25C0X và 15C10X (hoặc 50C0X và 30C20X) là xấp xỉ nhau.

VTXSA của của các bê tông 25C0X , 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng khoảng (3,9-4,6)%, (7,8-8,9)%, (4,3-4,8)% và (8,8-19,6)% so với bê tông đối chứng 0C0X. VTXSA của các bê tông BTBT thấp là do chúng cường độ thấp và ĐR lớn như đã phân tích ở trên. Các bê tông 25C0X và 15C10X có VTXSA ở 7-90 ngày bằng (4601-4777) m/s > 4575 m/s nên được xem là bê tông có chất lượng rất tốt [38], các bê tông 15C10X và 30C20X có VTXSA ở 7-90 ngày bằng (4405-4557) m/s nằm trong khoảng (3660-4575) m/s nên được xem là bê tông có chất lượng tốt [43].

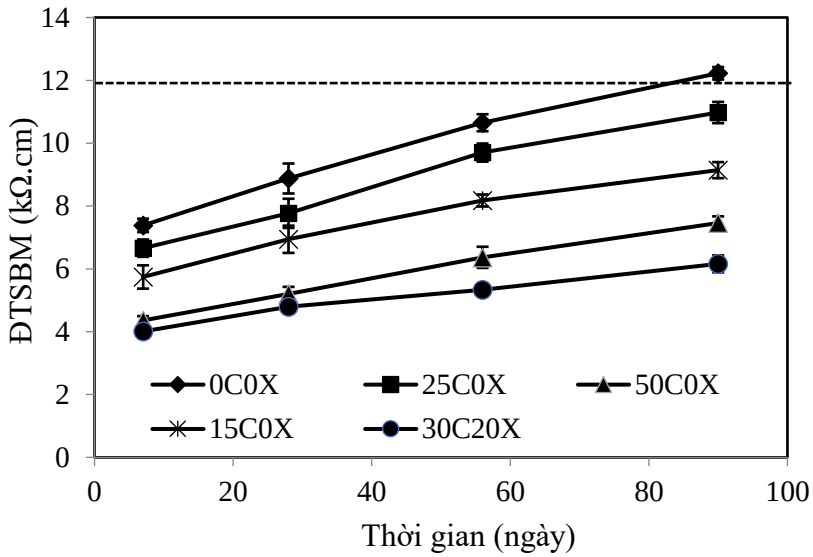


Hình 3.15 Quan hệ giữa VTXSA và cường độ nén của các bê tông

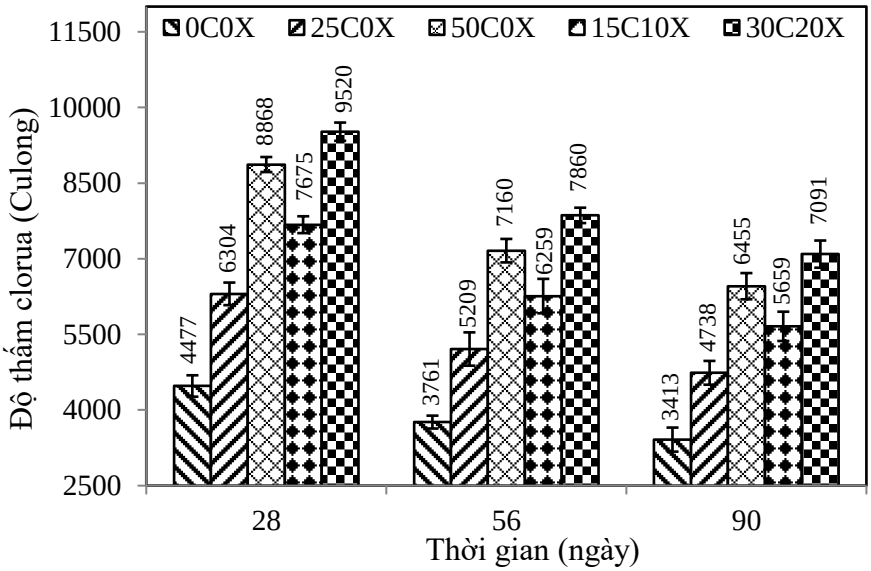
Mối tương quan giữa VTXSA và cường độ nén của các bê tông được thể hiện trên Hình 3.15, các quan hệ này có dạng tuyến tính và tỉ lệ thuận khá chặt chẽ với các hệ số xác định $R^2 \geq 0{,}93$.

3.5.2. Điện trở suất bề mặt và độ thấm clorua

Kết quả thí nghiệm xác định điện trở suất bề mặt (ĐTSBM) và độ thấm clorua của các bê tông được thể hiện chi tiết trong Phụ lục V, VI. Kết quả điện trở suất và độ thấm clorua trung bình của các bê tông được thể hiện trên Hình 3.16 và Hình 3.17.



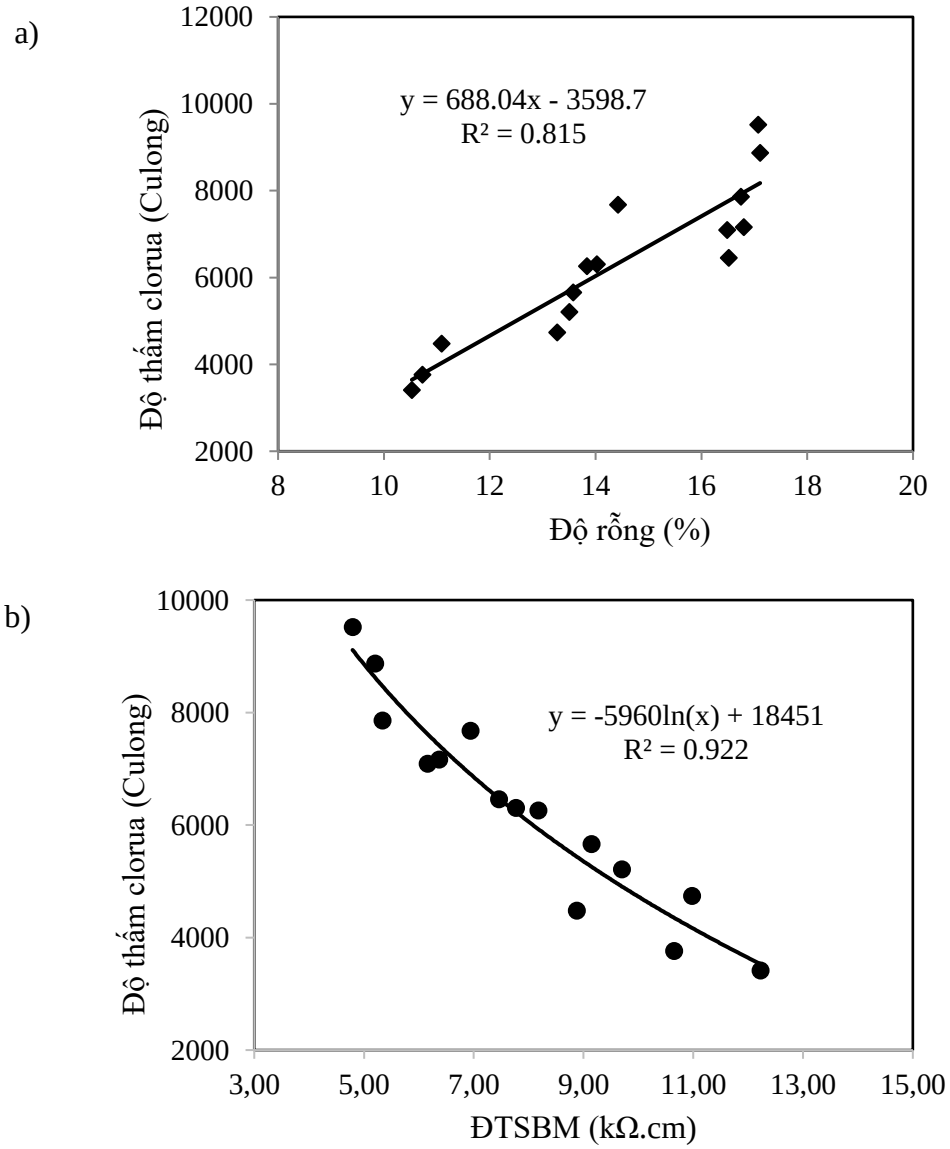
Hình 3.16 Điện trở suất bề mặt của các bê tông



Hình 3.17 Độ thấm clorua của các bê tông

ĐTSBM của các bê tông tăng dần theo thời gian bảo dưỡng và có xu hướng tương tự như VTXSA, bê tông ĐC 0C0X thể hiện ĐTSBM cao nhất ở mọi thời điểm, các bê tông chứa BTBT thể hiện ĐTSBM thấp hơn và hàm lượng BTBT càng cao thì ĐTSBM càng thấp. ĐTSBM của của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng khoảng (8,9-12,5)%, (39,0-41,4)%, (21,8-25,2)% và (45,7-49,9)% so với bê tông đối chứng 0C0X. Từ chỉ số ĐTSBM có thể dự báo được độ thấm clorua của các bê tông, theo AASHTO T95 [14], ĐTSBM của bê tông 0C0X ở 90 ngày lớn hơn 12 kΩ.cm nên thuộc mức thấm clorua trung bình, các bê tông còn lại đều có độ thấm clorua ở mức cao.

Ngược lại với ĐTSBM, độ thấm clorua của bê tông ĐC 0C0X luôn thấp nhất, độ thấm clorua của các bê tông chứa BTBT đều tăng lên so với bê tông 0C0X và tăng tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT thay thế CS và XM. Độ thấm clorua của bê tông 25C0X tăng khoảng (38-41)%, của bê tông 15C10X tăng khoảng (65-71)%, của bê tông 50C0X tăng khoảng (89-98)%, của bê tông 30C20X tăng khoảng (107-113)% so với bê tông 0C0X. Sự suy giảm ĐTSBM và gia tăng độ thấm clorua của các bê tông BTBT là do chúng có ĐR lớn, thúc đẩy sự thâm nhập của các ion clo. Theo ASTM C1202, độ thấm clorua ở 56 ngày của bê tông 0C0X bằng 3761 (Culong) nên thuộc mức trung bình, của các bê tông BTBT từ 5209-7860 Culong nên thuộc mức cao.

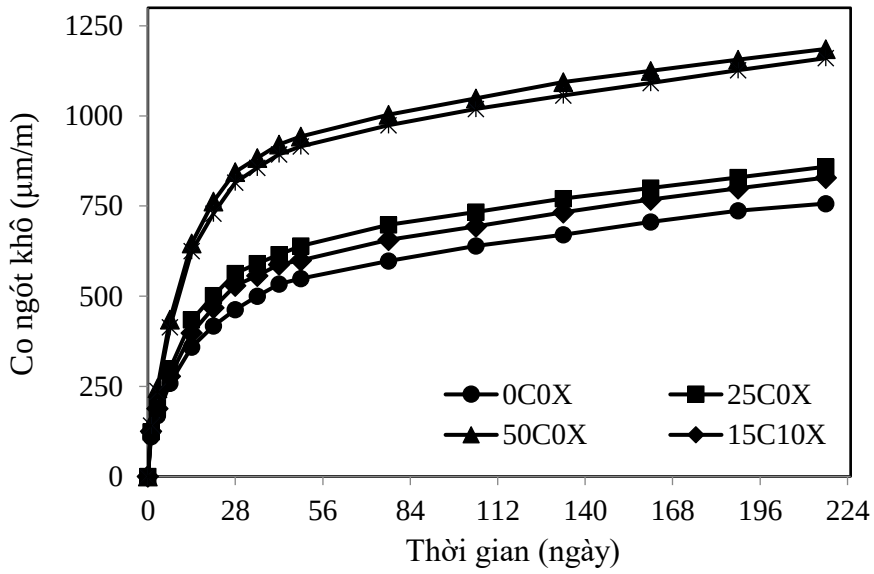


Hình 3.18 Quan hệ giữa độ thấm clorua và ĐR (a), độ thấm clorua và ĐTSBM (b) của các loại BTXM

Quan hệ giữa độ thấm clorua với ĐR và ĐTRSBM của các BTXM được thể hiện trên Hình 3.18. Quan hệ giữa độ thấm clorua với ĐR có dạng tuyến tính tỉ lệ thuận tương đối chặt chẽ với hệ số xác định R^2 = 0,815, trong khi quan hệ giữa độ thấm clorua với ĐTRSBM có dạng hàm logarit có hệ số góc âm rất chặt chẽ với hệ số xác định R^2 = 0,922, mối quan hệ này cho thấy độ thấm clorua và ĐTRSBM tỉ lệ nghịch với nhau, tức là độ thấm clorua tăng thì ĐTRSBM giảm và ngược lại.

3.5.3. Co ngót khô

Co ngót khô (CNK) của các bê tông theo thời gian được ghi chi tiết trong Phụ lục VII, giá trị CNK trung bình của các bê tông được thể hiện trên Hình 3.19.



Hình 3.19 Co ngót khô của các bê tông theo thời gian

CNK của các bê tông chứa BTBT đều cao hơn so với bê tông ĐC 0C0X, khi lượng BTBT thay thế C hoặc XM càng nhiều thì CNK càng lớn, đặc biệt sau 7 ngày CNK tăng lên rất mạnh. CNK của các bê tông 25C0X và 15C10X (hoặc 50C0X và 30C20X) là gần tương tự nhau.

Chẳng hạn ở 3 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 15,2%, 45,3%, 11,6% và 40,6%; ở 7 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 15,2%, 68,1%, 11,3% và 59,7%; ở 105 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 14,8%, 64,1%, 8,5% và 59,4%; ở 217 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 13,5%, 56,7%, 9,5% và 53,3%. Rõ ràng việc sử dụng BTBT thay C hoặc XM ở mức 50% có tác động tiêu cực đáng kể đến CNK của bê tông, tuy

nhiên khi sử dụng ở mức 25% thì CNK chỉ tăng khoảng 10%. Độ rỗng lớn của các bê tông BTBT làm tăng sự bay hơi ẩm từ bê tông ra môi trường xung quanh cũng như khả năng biến dạng cao do cường độ thấp là 2 nguyên nhân chính gây ra CNK lớn.

3.6. Đề xuất phạm vi sử dụng các loại bê tông sử dụng BTBT thay thế một phần cát sông và xi măng trong xây dựng công trình

TCCS 40:2022 [44] qui định BTXM dùng để xây dựng mặt đường ô tô phải thỏa mãn các yêu cầu nêu trong Bảng 3.2.

Bảng 3.2 Các yêu cầu của BTXM dùng trong xây dựng mặt đường ô tô

Cấp đường		R_{ku28} (MPa)	Hệ số an toàn	R_{ku28} trong phòng thí nghiệm (MPa)
Mặt đường ô tô cao tốc, cấp I, cấp II.		≥ 5,00	1,20	≥ 6,00
Mặt đường ô tô cấp III trở xuống.		≥ 4,50	1,15	≥ 5,18
R_{ku} qui đổi về mẫu chuẩn 150×150×600 mm theo TCVN 8819:2022				
Kí hiệu BTXM	Mẫu 100×100×400	Hệ số k		Mẫu 150×150×600
0C0X	8,04	0,92		7,40
25C0X	7,55	0,92		6,94
50C0X	6,99	0,92		6,43
15C10X	7,46	0,92		6,86
30C20X	6,61	0,92		6,08

Đối chiếu với yêu cầu của BTXM dùng cho mặt đường ô tô cho thấy tất cả các loại bê tông chứa BTBT đều có $R_{ku} \geq 6,0$ (MPa), thỏa mãn yêu cầu dùng để xây dựng mặt đường ô tô cấp cao. Vì vậy, hoàn toàn có thể ứng dụng các bê tông chứa (25-50)% BTBT thay thế CS hoặc thay thế CS và XM để xây dựng mặt đường ô tô. Ngoài ra, có thể ứng dụng các loại bê tông này để xây dựng những hạng mục công trình xây dựng ở những điều kiện bình thường khác.

3.7. Kết luận chương 3

Chương 3 đã tiến hành thí nghiệm, đánh giá ảnh hưởng của BTBT khi thay thế (25-50)% CS hoặc thay thế (15-30)% CS và (10-20)% XM đến các tính chất của bê tông tươi, tính chất cơ học và các chỉ tiêu độ bền của bê tông cứng. Các kết luận được rút ra từ Chương 3 như sau:

1. Sử dụng BTBT thay thế CS hoặc thay thế CS và XM làm giảm tính công tác và KLTT của hỗn hợp bê tông tươi. Lượng siêu dẻo dùng cho các hỗn hợp 0C0X, 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X lần lượt tương ứng là 4,0, 5,8, 10,7, 5,1 và 9,3 kg/m^3 để đạt độ sụt 8-10 cm. KLTT của các hỗn hợp 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng 57 kg/m^3 (2,27%), 101 kg/m^3 (4,03%), 66 (2,63%) và 114 kg/m^3 (4,54%) so với hỗn hợp bê tông 0C0X.

2. BTBT làm tăng độ rỗng và ĐHN của các bê tông, hàm lượng BTBT thay thế CS và XM càng lớn thì độ rỗng và ĐHN của các bê tông càng cao. ĐR của bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng khoảng (26,0-26,4)%, (54,3-57,1)%, (28,8-30,0)% và (53,9-56,6)% so với bê tông 0C0X. ĐHN của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng khoảng (30,6-31,3)%, (67,4-70,9)%, (33,9-35,8)% và (63,7-68,4)% so với mẫu đối chứng 0C0X.

3. BTBT làm giảm cường độ nén và kéo uốn của các bê tông, hàm lượng BTBT thay thế CS và XM càng lớn cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông giảm càng lớn. R_{ku} và R_n của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X, 30C20X ở 7 ngày giảm lần lượt là 7,0% và 10,4%, 13,4% và 17,5%, 9,4% và 12,7%, 918,1% và 19,6%; ở 28 ngày giảm lần lượt là 6,1% và 10,1%, 13,0% và 17,0%, 7,3% và 11,1%, 17,7% và 21,0%.

4. BTBT làm giảm VTXSA của các bê tông, sự suy giảm VTXSA tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. VTXSA của của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng khoảng (3,9-4,6)%, (7,8-8,9)%, (4,3-4,8)% và (8,8-19,6)% so với bê tông đối chứng 0C0X.

5. BTBT làm tăng và giảm đáng kể độ thấm clorua và ĐTSBM của bê tông, đặc biệt khi hàm lượng BTBT lên đến 50%. ĐTSBM của của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng khoảng (8,9-12,5)%, (39,0-41,4)%, (21,8-25,2)% và (45,7-49,9)%, trong khi độ thấm clorua của bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng khoảng (38-41)%, (89-98)%, (65-71)% và (107-113)% so với bê tông 0C0X.

6. CNK của các bê tông chứa BTBT đều cao hơn so với bê tông ĐC 0C0X, đặc biệt khi lượng BTBT thay thế C hoặc XM lên đến 50%. Ở 7 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 15,2%, 68,1%, 11,3% và 59,7%; ở 28 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là

21,7%, 82,6%, 15,3% và 76,2%; ở 217 ngày, CNK của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng lần lượt là 13,5%, 56,7%, 9,5% và 53,3%.

7. Các bê tông chứa BTBT có cường độ kéo uốn ở 28 ngày đều trên 6,0 MPa nên có thể ứng dụng để xây dựng mặt đường ô tô.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã khảo sát ảnh hưởng của BTBT khi thay thế (25-50)% CS hoặc thay thế (15-30)% CS kết hợp với (10-20)% XM đến tính công tác, KLTT của bê tông tươi, cường độ nén, cường độ kéo uốn, độ rỗng, độ hút nước, điện trở suất bề mặt, độ thấm clorua và CNK của các bê tông cứng, một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau:

- BTBT có độ rỗng lớn và tính hút nước cao nên cần lượng nước trộn và lượng siêu dẻo nhiều hơn để đảm bảo tính công tác cho bê tông tươi, đồng thời nó cũng làm giảm KLTT của bê tông tươi, hàm lượng BTBT thay thế CS hoặc thay thế CS + XM càng nhiều thì KLTT càng giảm.

- BTBT làm tăng độ rỗng và độ hút nước của các bê tông, hàm lượng BTBT trong bê tông càng nhiều dẫn đến độ rỗng và độ hút nước càng lớn.

- R_n và R_{ku} của các bê tông chứa BTBT giảm (6-13)% và (11-21)% khi sử dụng BTBT thay thế lần lượt 25%CS (hoặc 15%CS+10%XM) và 50%CS (hoặc 30%CS+20%XM). Tuy nhiên, R_n và R_{ku} của các bê tông BTBT vẫn đáp ứng yêu cầu để xây dựng mặt đường ô tô và một số bộ phận trong công trình cầu đường bộ.

- BTBT làm tăng và giảm đáng kể độ thấm clorua và ĐTSBM của bê tông. Độ thấm clorua của các bê tông 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X tăng khoảng (38-41)%, (89-98)%, (65-71)% và (107-113)% so với bê tông đối chứng 0C0X.

KIẾN NGHỊ

Các bê tông chứa (25-50)% BTBT có cường độ kéo uốn ở 28 ngày đều trên 6,0 MPa nên có thể ứng dụng để xây dựng mặt đường ô tô. Ngoài ra, có thể ứng dụng loại bê tông này để xây dựng các hạng mục công trình khác trong điều kiện bình thường. Tuy nhiên, vì độ thấm ion clo ở mức cao nên cần hạn chế sử dụng các bê tông BTBT cho những công trình bê tông cốt thép ở những vùng chịu xâm thực mạnh như môi trường biển.

Cần nghiên cứu thêm các hàm lượng của BTBT nhỏ hơn khi thay thế CS hoặc thay thế đồng thời CS + XM đến các tính chất của bê tông. Ngoài ra, cần cải thiện các tính chất thấm liên quan đến độ bền của các bê tông BTBT bằng cách bổ sung thêm các phụ gia khoáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Feng, W., Li, Z., Long, Q., Tang, S., & Zhao, Y. (2024). Study on the properties of autoclaved aerated concrete with high content concrete slurry waste. Developments in the Built Environment, 17, 100338. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100338

[2] Xuan, D., Poon, C. S., & Zheng, W. (2018). Management and sustainable utilization of processing wastes from ready-mixed concrete plants in construction: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, *136*, 238-247. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.007

[3] Martins, J. V., Garcia, D. C. S., Aguilar, M. T. P., & dos Santos, W. J. (2021). Influence of replacing Portland cement with three different concrete sludge wastes. *Construction and Building Materials*, *303*, 124519. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124519

[4] Xuan, D., Zhan, B., Poon, C. S., & Zheng, W. (2016). Innovative reuse of concrete slurry waste from ready-mixed concrete plants in construction products. *Journal of hazardous materials*, *312*, 65-72.

[5] ERMCO. European Ready Mixed Concrete Organization, Ready-Mixed Concrete Industry Statistics: Year 2018. 2019. Available online: https://ermco.eu/wp-content/uploads/2022/10/ERMCO-Statistics-Report-2019-July-2020-FINAL.pdf (Accessed on 18 May 2024).

[6] WU, Meng, et al, Reducing environmental impacts and carbon emissions: Study of effects of superfine cement particles on blended cement containing high volume mineral admixtures. Journal of cleaner production, (2018), 196: 358-369. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.079

[7] POCIUS, Edvinas; NAGROCKIENĖ, Džigita; PUNDIENĖ, Ina, The influence of concrete sludge from residual concrete on fresh and hardened cement paste properties, Materials (2023) 16.6: 2531 https://doi.org/10.3390/ma16062531

[8] RADONJANIN, Vlastimir, et al. Green recycled aggregate concrete. Construction and Building materials, 2013, 47: 1503-1511. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.076

[9] Sealey, B. J., Phillips, P. S., & Hill, G. J. (2001). Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry. Resources, Conservation and Recycling, 32(3-4), 321-331. https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00069-6

[10] Papí, J. F. (2014). Recycling of fresh concrete exceeding and wash water in concrete mixing plants. Materiales de construcción, 64(313), e004-e004.

[11] Iizuka, A., Sakai, Y., Yamasaki, A., Honma, M., Hayakawa, Y., & Yanagisawa, Y. (2012). Bench-scale operation of a concrete sludge recycling plant. Industrial & engineering chemistry research, 51(17), 6099-6104.

[12] E. Agency, Hazardous Waste: Interpretation of the Definition and Classification of Hazardous Waste, in, Environment Agency, UK, 2011.

[13] Hossain, M. U., Xuan, D., & Poon, C. S. (2017). Sustainable management and utilisation of concrete slurry waste: A case study in Hong Kong. Waste Management, 61, 397-404.

[14] Kou, S. C., Zhan, B. J., & Poon, C. S. (2012). Properties of partition wall blocks prepared with fresh concrete wastes. Construction and Building Materials, 36, 566-571. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.063

[15] Audo, M., Mahieux, P. Y., & Turcry, P. (2016). Utilization of sludge from ready-mixed concrete plants as a substitute for limestone fillers. Construction and Building Materials, 112, 790-799. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.044

[16] Zervaki, M., Leptokaridis, C., & Tsimas, S. (2013). Reuse of by-products from ready-mixed concrete plants for the production of cement mortars. Journal of sustainable development of energy, water and environment systems, 1(2), 152-162. http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.2013.01.0011

[17] Correia, S. L., Souza, F. L., Dienstmann, G., & Segadaes, A. M. (2009). Assessment of the recycling potential of fresh concrete waste using a factorial design of experiments. Waste management, 29(11), 2886-2891. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.014

[18] Amran, Y. M., Farzadnia, N., & Ali, A. A. (2015). Properties and applications of foamed concrete; a review. Construction and Building Materials, 101, 990-1005. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.112

[19] Campanale, M., & Moro, L. (2015). Autoclaved aerated concrete: experimental evaluation of its thermal properties at high temperatures. High Temperatures-High Pressures, 44(5).

[20] Qu, X., & Zhao, X. (2017). Previous and present investigations on the components, microstructure and main properties of autoclaved aerated concrete–A review. Construction and Building Materials, 135, 505-516.

[21] Zhang, J., & Fujiwara, T. (2007). Concrete sludge powder for soil stabilization. Transportation research record, 2026(1), 54-59. https://doi.org/10.3141/2026-07

[22] Reiterman, P., Mondschein, P., Doušová, B., Davidová, V., & Keppert, M. (2022). Utilization of concrete slurry waste for soil stabilization. Case Studies in Construction Materials, 16, e00900. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00900

[23] Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/8/2020, Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050.

[24] Thủ tướng Chính phủ, Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26 tháng 3 năm 2021, Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong công trình xây dựng.

[25] TCVN 2682, Xi măng poóc lăng, 2020.

[26] TCVN 8826, Phụ gia hoá học cho bê tông, 2011.

[27] TCVN 7570, Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật, 2006.

[28] ASTM C33/C33M-18, Standard specification for concrete aggregates. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA (2018).

[29] ACI 211.1, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal weight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91) Reapproved 1997.

[30] ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, 2008.

[31] ASTM C143, Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete, 2015.

[32] ASTM C138/C138M, Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, 2018

[33] ASTM C642, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, 2021.

[34] ASTM C78/C78M, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), 2010.

[35] ASTM C39/C39M, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, 2021.

[36] ASTM C597, Standard test method for pulse velocity through concrete, 2016.

[37] ASTM C1202, Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, 2019.

[38] AASHTO T95 Standard method of test for surface resistivity indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration, Washington, D.C., USA, 2014.

[39] ASTM C157/157M, Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA (2008).

[40] Wudi Feng, Zhen Li, Qing Long, Shengwen Tang b,c, Yunfeng Zhao, Study on the properties of autoclaved aerated concrete with high content concrete slurry waste, Developments in the Built Environment 17 (2024) 100338.

[41] K.S. Mojapelo, W.K. Kupolati, J.M. Ndambuki, E.R. Sadiku, I.D. Ibrahim, Utilization of wastewater sludge for lightweight concrete and the use of wastewater as curing medium, Case Studies in Construction Materials 15 (2021) e00667.

[42] R. Rughooputh, J.O. Rana, K. Joorawon, Possibility of using fresh concrete waste in concrete for non structural civil engineering works as a waste management strategy, KSCE J. Civ. Eng. 21 (1) (2017) 94–99, https://doi.org/10.1007/s12205-016-0052-1.

[43] Rómel Solís-Carcano, Eric I. Moreno, Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity, Construction and Building Materials, 22 (2008) 1225–1231.

[44] TCCS 40:2022/TCĐBVN, Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông, năm 2022.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC I

Kết quả thí nghiệm xác định khối lượng thể tích của các bê tông tươi

Loại bê tông	Mẫu	Khối lượng khuôn (kg)	Khối lượng khuôn và bê tông tươi (kg)	Thể tích khuôn (m^3)	KLTT (kg/m^3)	$KLTT_{tb}$ (kg/m^3)
0C0X	1	10,58	19,02	0,0034	2500,7	2507,3
	2	10,7	19,16	0,0034	2506,7	
	3	11,27	19,7	0,0034	2514,5	
25C0X	1	10,58	18,9	0,0034	2448,9	2449,9
	2	10,7	18,94	0,0034	2441,5	
	3	11,27	19,46	0,0033	2459,3	
50C0X	1	10,58	18,8	0,0034	2419,4	2405,9
	2	10,7	18,8	0,0034	2400	
	3	11,27	19,31	0,0034	2398,2	
15C10X	1	10,58	18,88	0,0034	2443	2441,5
	2	10,7	18,91	0,0034	2432,6	
	3	11,27	19,48	0,0034	2448,9	
30C20X	1	10,58	18,7	0,0034	2390	2393,1
	2	10,7	18,81	0,0034	2403	
	3	11,27	19,27	0,0034	2386,3	

PHỤ LỤC II

Kết quả thí nghiệm độ rỗng và độ hấp thụ nước của các bê tông

Bê tông	Mẫu	A (khô sau khi sấy)	B (bão hòa trong nước sôi)	C (cân trong nước)	Độ rỗng r (%)	r_{tb} (%)		
7 ngày								
0C0X	M1	959.76	1005.78	599.80	11.34	11.46	4.79	4.84
	M2	949.29	993.82	594.50	11.15		4.69	
	M3	1004.07	1054.54	630.38	11.90		5.03	
25C0X	M1	948.15	1005.34	593.00	13.87	14.45	6.03	6.32
	M2	963.57	1026.45	603.00	14.85		6.53	
	M3	1057.50	1125.35	661.43	14.63		6.42	
50C0X	M1	878.01	953.84	544.65	18.53	18.01	8.64	8.27
	M2	940.66	1016.64	588.40	17.74		8.08	
	M3	991.06	1071.22	619.90	17.76		8.09	
15C10X	M1	1020.80	1084.70	636.60	14.26	14.76	6.26	6.51
	M2	980.26	1044.93	612.11	14.94		6.60	
	M3	995.53	1061.88	621.69	15.07		6.66	
30C20X	M1	917.00	991.61	573.38	17.84	17.88	8.14	8.11
	M2	915.60	987.52	574.50	17.41		7.85	
	M3	969.50	1050.40	610.58	18.39		8.34	
28 ngày								
0C0X	M1	931.00	975.85	580.88	11.36	11.09	4.82	4.70
	M2	993.05	1037.96	618.62	10.71		4.52	
	M3	1004.07	1051.80	626.10	11.21		4.75	
25C0X	M1	932.03	990.40	583.17	14.33	14.02	6.26	6.15
	M2	978.48	1039.80	609.12	14.24		6.27	
	M3	981.50	1039.50	609.92	13.50		5.91	
50C0X	M1	855.62	925.05	526.95	17.44	17.11	8.11	7.86
	M2	965.00	1040.90	599.85	17.21		7.87	
	M3	923.05	993.30	572.14	16.68		7.61	
15C10X	M1	897.95	952.70	566.13	14.16	14.42	6.10	6.38
	M2	1012.51	1077.77	625.85	14.44		6.45	
	M3	941.48	1003.64	579.78	14.67		6.60	
30C20X	M1	861.39	928.05	536.24	17.01	17.07	7.74	7.69
	M2	973.80	1046.78	611.32	16.76		7.49	
	M3	950.60	1025.14	597.89	17.45		7.84	
56 ngày								
0C0X	M1	1050.85	1098.75	654.45	10.78	10.73	4.56	4.51
	M2	1039.43	1084.51	649.60	10.37		4.34	
	M3	986.48	1032.29	617.44	11.04		4.64	

Bê tông	**Mẫu**	**A (khô sau khi sấy)**	**B (bão hòa trong nước sôi)**	**C (cân trong nước)**	**Độ rỗng r (%)**	**r_{tb} (%)**		
25C0X	M1	1009.72	1068.96	630.00	13.50	13.51	5.87	5.89
	M2	1042.78	1105.83	648.89	13.80		6.05	
	M3	969.85	1025.80	602.71	13.22		5.77	
50C0X	M1	932.75	1004.80	579.00	16.92	16.80	7.72	7.60
	M2	902.44	971.88	564.46	17.04		7.69	
	M3	902.08	968.70	563.42	16.44		7.39	
15C10X	M1	901.70	957.19	559.00	13.94	13.84	6.15	6.05
	M2	1002.88	1061.39	626.70	13.46		5.83	
	M3	920.46	977.04	576.24	14.12		6.15	
30C20X	M1	988.62	1061.33	618.51	16.42	16.75	7.35	7.60
	M2	950.20	1024.80	589.99	17.16		7.85	
	M3	992.16	1067.51	615.37	16.67		7.59	
90 ngày								
0C0X	M1	1000.92	1045.69	626.90	10.69	10.53	4.47	4.40
	M2	973.16	1015.00	608.80	10.30		4.30	
	M3	924.88	965.87	578.97	10.59		4.43	
25C0X	M1	937.85	993.18	584.60	13.54	13.27	5.90	5.78
	M2	908.85	960.20	565.00	12.99		5.65	
	M3	975.58	1032.05	606.89	13.28		5.79	
50C0X	M1	877.24	944.00	547.36	16.83	16.52	7.61	7.41
	M2	915.10	983.10	573.70	16.61		7.43	
	M3	927.42	994.05	580.45	16.11		7.18	
15C10X	M1	951.80	1008.60	591.10	13.60	13.58	5.97	5.89
	M2	982.47	1038.25	615.60	13.20		5.68	
	M3	904.04	958.55	567.39	13.94		6.03	
30C20X	M1	860.77	924.20	538.80	16.46	16.49	7.37	7.32
	M2	875.42	940.53	553.21	16.81		7.44	
	M3	987.90	1058.50	622.45	16.19		7.15	

PHỤ LỤC III

Kết quả thí nghiệm cường độ nén R_n và kéo uốn R_{ku} của các bê tông

1. Cường độ kéo uốn

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_{ku} (MPa)	R_{kutb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu dầm 100×100×400 mm			
7 ngày				
0C0X	M1	24.5	7.21	7.25
	M2	25.9	7.47	
	M3	24.1	7.09	
25C0X	M1	24.1	6.95	6.74
	M2	23.3	6.78	
	M3	22.1	6.50	
50C0X	M1	21.6	6.23	6.28
	M2	22.5	6.55	
	M3	20.6	6.06	
15C10X	M1	23.4	6.81	6.57
	M2	22.8	6.57	
	M3	21.5	6.32	
15C10X	M1	20.4	6.00	5.94
	M2	19.3	5.68	
	M3	20.9	6.15	
28 ngày				
0C0X	M1	27.5	7.93	8.04
	M2	28.7	8.28	
	M3	26.9	7.91	
25C0X	M1	25	7.28	7.55
	M2	27.5	7.77	
	M3	25.8	7.59	
50C0X	M1	25	7.14	6.99
	M2	25.5	7.00	
	M3	24.2	6.84	
15C10X	M1	26	7.50	7.46
	M2	27	7.63	
	M3	25.1	7.24	
15C10X	M1	22	6.47	6.61
	M2	23.6	6.80	
	M3	23	6.57	
56 ngày				
0C0X	M1	30	8.74	8.52
	M2	29	8.36	
	M3	29.1	8.47	
25C0X	M1	26	7.65	7.98
	M2	27	7.94	

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_{ku} (MPa)	R_{kutb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu dầm 100×100×400 mm			
	M3	28.4	8.35	
50C0X	M1	25.50	7.21	7.50
	M2	26.00	7.42	
	M3	27.00	7.86	
15C10X	M1	25.3	7.51	7.92
	M2	27.7	8.15	
	M3	27.3	8.11	
15C10X	M1	23.5	6.91	7.14
	M2	24.5	7.21	
	M3	24.8	7.29	
90 ngày				
0C0X	M1	32.5	9.10	8.81
	M2	30.5	8.79	
	M3	29.9	8.54	
25C0X	M1	29.3	8.62	8.32
	M2	28.2	8.21	
	M3	27.6	8.12	
50C0X	M1	28.00	7.76	7.81
	M2	29.00	8.04	
	M3	26.50	7.64	
15C10X	M1	29.4	8.31	8.28
	M2	30	8.48	
	M3	28.2	8.05	
15C10X	M1	25	7.35	7.57
	M2	27.5	7.77	
	M3	26	7.57	

2. Cường độ nén

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_n (MPa)	R_{ntb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu lập phương 100×100×100 mm			
7 ngày				
0C0X	M1	620	62	61.58
	M2	610	61	
	M3	605	60,5	
	M4	590	59	
	M5	630	63	
	M6	640	64	
25C0X	M1	570	57	55.17
	M2	560	56	
	M3	550	55	
	M4	520	52	
	M5	575	57,5	
	M6	535	53,5	

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_n (MPa)	R_{ntb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu lập phương 100×100×100 mm			
50C0X	M1	495	49,5	50.83
	M2	475	47,5	
	M3	540	54	
	M4	530	53	
	M5	500	50	
	M6	510	51	
15C10X	M1	570	57	53.75
	M2	520	52	
	M3	550	55	
	M4	540	54	
	M5	535	53,5	
	M6	510	51	
15C10X	M1	500	50	49.50
	M2	520	52	
	M3	490	49	
	M4	520	52	
	M5	480	48	
	M6	460	46	
28 ngày				
0C0X	M1	680	68.0	67.86
	M2	670	67.0	
	M3	700	70.0	
	M4	705	70.5	
	M5	680	67.3	
	M6	650	64.4	
25C0X	M1	590	58.4	61.02
	M2	630	62.4	
	M3	625	61.9	
	M4	580	57.4	
	M5	640	64.0	
	M6	620	62.0	
50C0X	M1	575	56.9	56.31
	M2	560	55.4	
	M3	550	55.0	
	M4	570	57.0	
	M5	595	59.5	
	M6	540	54.0	
15C10X	M1	600	60.0	60.33
	M2	630	63.0	
	M3	600	60.0	
	M4	620	62.0	
	M5	590	59.0	

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_n (MPa)	R_{ntb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu lập phương 100×100×100 mm			
	M6	580	58.0	
15C10X	M1	520	52.0	53.58
	M2	510	51.0	
	M3	525	52.5	
	M4	550	55.0	
	M5	545	54.5	
	M6	565	56.5	
56 ngày				
0C0X	M1	710	71.0	72.10
	M2	720	72.0	
	M3	750	75.0	
	M4	720	72.0	
	M5	700	69.3	
	M6	740	73.3	
25C0X	M1	650	65	66.33
	M2	630	63	
	M3	680	68	
	M4	670	67	
	M5	660	66	
	M6	690	69	
50C0X	M1	580	58	59.25
	M2	560	56	
	M3	575	57.5	
	M4	620	62	
	M5	630	63	
	M6	590	59	
15C10X	M1	635	63.5	65.83
	M2	660	66	
	M3	680	68	
	M4	685	68.5	
	M5	650	65	
	M6	640	64	
15C10X	M1	550	55	57.17
	M2	560	56	
	M3	575	57.5	
	M4	580	58	
	M5	555	55.5	
	M6	610	61	
90 ngày				
0C0X	M1	780	78.0	74.17
	M2	760	76.0	
	M3	725	72.5	

Loại bê tông	Mẫu	Lực (kN)	R_n (MPa)	R_{ntb} (MPa)
	Cường độ nén mẫu lập phương 100×100×100 mm			
	M4	730	73.0	
	M5	750	74.3	
	M6	720	71.3	
25C0X	M1	740	74	70.00
	M2	680	68	
	M3	700	70	
	M4	690	69	
	M5	680	68	
	M6	710	71	
50C0X	M1	620	62	61.00
	M2	610	61	
	M3	580	58	
	M4	600	60	
	M5	640	64	
	M6	610	61	
15C10X	M1	715	71.5	69.42
	M2	690	69	
	M3	700	70	
	M4	710	71	
	M5	650	65	
	M6	700	70	
15C10X	M1	600	60	59.33
	M2	590	59	
	M3	600	60	
	M4	560	56	
	M5	630	63	
	M6	580	58	

PHỤ LỤC IV

Kết quả thí nghiệm vận tốc xung siêu âm V_{sa} (m/s) của các bê tông

Bê tông	Mẫu	7 ngày		28 ngày		56 ngày		90 ngày	
		V_i	V_{tb}	V_i	V_{tb}	V_i	V_{tb}	V_i	V_{tb}
0C0X	M1	4808	4831	4902	4926	4938	4971,2	4950	4987,7
	M2	4831		4963		5013		5025	
	M3	4854		4914		4963		4988	
25C0X	M1	4662	4644	4695	4699	4773	4750,7	4796	4777,1
	M2	4640		4717		4751		4773	
	M3	4630		4684		4728		4762	
50C0X	M1	4435	4454	4484	4488	4525	4538,7	4545	4566,3
	M2	4474		4505		4577		4598	
	M3	4454		4474		4515		4556	
15C10X	M1	4619	4601	4662	4695	4751	4746,9	4751	4773,3
	M2	4587		4717		4762		4796	
	M3	4598		4706		4728		4773	
30C20X	M1	4425	4405	4484	4461	4515	4494,4	4535	4514,7
	M2	4405		4454		4484		4515	
	M3	4386		4444		4484		4494	

PHỤ LỤC V

Kết quả thí nghiệm điện trở suất bề mặt R_{bm} (kΩ.cm) của các bê tông

Bê tông	Mẫu	7 ngày		28 ngày		56 ngày		90 ngày	
		R_{bmi}	R_{bmtb}	R_{bmi}	R_{bmtb}	R_{bmi}	R_{bmtb}	R_{bmi}	R_{bmtb}
		(kΩ.cm)							
0C0X	M1	7,38	7,4	8,43	8,9	10,43	10,7	12,3	12,2
	M2	7,18		8,83		10,58		12	
	M3	7,60		9,38		10,95		12,4	
25C0X	M1	6,95	6,7	8,30	7,8	10,03	9,7	11,3	11,0
	M2	6,40		7,55		9,48		11	
	M3	6,63		7,45		9,60		10,7	
50C0X	M1	3,95	4,4	4,73	5,2	6,20	6,4	7,28	7,5
	M2	4,68		5,58		6,58		7,75	
	M3	4,45		5,30		6,33		7,35	
15C10X	M1	5,68	5,7	6,78	6,9	7,80	8,2	8,93	9,1
	M2	5,65		6,85		8,28		9,15	
	M3	5,90		7,20		8,45		9,35	
30C20X	M1	4,23	4,0	4,63	4,8	5,28	5,3	5,85	6,2
	M2	3,95		5,00		5,48		6,35	
	M3	3,85		4,75		5,25		6,28	

PHỤ LỤC VI

Kết quả thí nghiệm độ thấm clorua Q (Culong) của các bê tông

Bê tông	Mẫu	28 ngày		56 ngày		90 ngày	
		Q_i	Q_{tb}	Q_i	Q_{tb}	Q_i	Q_{tb}
		(kΩ.cm)					
0C0X	M1	4272	4477	3780	3761	3659	3413
	M2	4696		3624		3398	
	M3	4462		3877		3183	
25C0X	M1	6066	6304	5577	5209	4684	4738
	M2	6335		4938		4533	
	M3	6510		5113		4996	
50C0X	M1	8901	8868	6928	7160	6742	6455
	M2	8998		7393		6234	
	M3	8706		7159		6391	
15C10X	M1	7723	7675	6591	6259	5926	5659
	M2	7813		5908		5350	
	M3	7489		6279		5701	
30C20X	M1	9491	9520	8031	7860	7327	7091
	M2	9713		7810		6798	
	M3	9355		7738		7149	

PHỤ LỤC VII

Kết quả thí nghiệm CNK của các bê tông theo thời gian

Bê tông	Mẫu	CNK (μm/m) tại các thời điểm t (ngày)											
		1 ngày		3 ngày		7 ngày		14 ngày		21 ngày		28 ngày	
		CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}
0C0X	M1	106	110	165	169	253	259	359	359	423	418	464	463
	M2	106		165		259		353		412		453	
	M3	118		176		265		365		418		470	
25C0X	M1	118	124	188	194	318	298	447	433	512	502	583	563
	M2	130		200		294		424		495		559	
	M3	124		194		282		429		500		547	
50C0X	M1	141	147	235	245	429	435	653	647	765	762	835	845
	M2	135		241		435		641		758		840	
	M3	165		259		441		647		765		859	
15C10X	M1	135	125	194	188	288	288	388	398	470	468	529	529
	M2	112		182		282		406		465		523	
	M3	129		188		294		400		470		535	
30C20X	M1	141	141	236	237	395	414	601	625	724	729	813	815
	M2	129		241		428		639		733		815	
	M3	153		235		418		635		729		818	

Bê tông	Mẫu	CNK (μm/m) tại các thời điểm t (ngày)											
		35 ngày		42 ngày		49 ngày		77 ngày		105 ngày		133 ngày	
		CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}
0C0X	M1	500	500	535	533	553	549	600	598	641	639	676	671
	M2	506		536		548		601		642		671	
	M3	494		529		547		594		635		665	
25C0X	M1	606	590	624	616	653	639	712	698	747	734	788	771
	M2	589		612		636		695		730		771	
	M3	576		612		629		688		723		753	
50C0X	M1	888	884	900	921	953	943	1000	1004	1041	1049	1088	1094
	M2	876		893		934		993		1052		1099	
	M3	888		970		941		1017		1053		1094	
15C10X	M1	552	557	593	588	593	600	652	656	699	694	740	733
	M2	559		582		606		653		682		723	
	M3	559		588		600		665		700		735	
30C20X	M1	848	856	889	894	913	915	972	974	1025	1019	1048	1056
	M2	851		886		909		974		1015		1062	
	M3	871		906		924		977		1018		1059	

Bê tông	Mẫu	CNK (μm/m) tại các thời điểm t (ngày)					
		161 ngày		189 ngày		217 ngày	
		CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}	CNK_i	CNK_{tb}
0C0X	M1	711	706	746	737	764	757
	M2	707		742		760	
	M3	700		723		747	
25C0X	M1	806	800	836	830	871	859
	M2	801		824		842	
	M3	794		829		865	
50C0X	M1	1118	1125	1159	1156	1188	1186
	M2	1134		1146		1169	

	M3	1123		1165		1200	
15C10X	M1	776	768	805	800	834	829
	M2	759		788		823	
	M3	770		806		829	
30C20X	M1	1078	1092	1101	1127	1131	1160
	M2	1097		1132		1156	
	M3	1100		1147		1194	

DANH MỤC MINH CHỨNG SẢN PHẨM CỦA ĐỀ TÀI

Họ và tên chủ nhiệm đề tài: TS. Trần Thị Phương Huyền

Mã số đề tài: T2023-06-27

	STT	Tên minh chứng
	SẢN PHẨM KHOA HỌC	
	Bài báo đăng trên tạp chí trong nước	
☒	**Bài báo số 1**	TS. Hồ Văn Quân, TS. Trần Thị Phương Huyền, ThS. Trần Văn Lịch (2024). Ảnh hưởng của bùn thải trạm trộn bê tông đến một số tính chất của bê tông xi măng. Tạp chí Giao thông vận tải, tập 64 số 7/2024 (743), pp. 52-55
☒		Trang bìa Tạp chí
☒		Mục lục
☒		Toàn văn bài báo
☒		Minh chứng chứng minh tạp chí thuộc danh mục tính điểm khoa học của HĐCDGSNN
	SẢN PHẨM ĐÀO TẠO	
	Hướng dẫn sinh viên thực hiện đề tài NCKH	
☒		Giấy chứng nhận hoàn thành đề tài NCKH

Sản phẩm vượt trội khác không có đăng ký trong thuyết minh

	SẢN PHẨM KHOA HỌC	
	Bài báo đăng trên tạp chí trong nước	
☒	**Bài báo số 2**	Trần Thị Phương Huyền, Hồ Văn Quân (2024). Sử dụng bùn thải nhà máy trạm trộn để chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng. Kỷ yếu Hội thảo quốc tế "Ứng dụng Công nghệ mới trong công trình xanh" lần thứ 9 ATiGB2024, ISBN: 978-604-80-9779-0, pp 63-68.
☒		Trang bìa Tạp chí Kỷ yếu Hội thảo ATiGB2024
☒		Mục lục
☒		Toàn văn bài báo

TẠP CHÍ
GIAO THÔNG vận tải
ISSN 2354-0818
CƠ QUAN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Tập 64 số 7/2024 (743) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

THỰC TRẠNG ĐƯỜNG CAO TỐC VIỆT NAM:

HẠ TẦNG HIỆN ĐẠI, LƯU THÔNG CHƯA VĂN MINH, VÌ SAO?

TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN VĂN HƯỜNG
Điện thoại: 0913.54.55.66
Email: nguyenhuong.tcgt@gmail.com

P. TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN THANH HOA
Điện thoại: 0913.308.700
Email: hoatcgtvt@gmail.com

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
GS.TSKH. LÃ NGỌC KHUÊ; GS.TSKH. NGUYỄN NGỌC HUỆ; GS. TS. LƯƠNG CÔNG NHỚ; GS. TS. PHẠM HUY KHANG; GS. TS. NGUYỄN NGỌC LONG; GS. TS. ĐÀO VĂN ĐÔNG; GS. TS. PHẠM KỲ QUANG; PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; PGS. TS. TRẦN ĐẮC SỬ; PGS. TS. PHẠM XUÂN DƯƠNG; PGS.TS. NGUYỄN THANH CHƯƠNG; PGS.TS. HOÀNG HÀ; PGS. TS. PHẠM DUY HÒA; PGS. TS. HOÀNG TÙNG; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG; PGS. TS. NGUYỄN HỒNG THÁI; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC; PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH; PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG; PGS. TS. NGUYỄN THANH SANG; PGS. TS. NGUYỄN THANH SƠN; TS. NGUYỄN XUÂN SANG; TS. TRẦN DOÃN THỌ; TS. LÝ HUY TUẤN; TS. NGUYỄN NGỌC LONG; TS. PHẠM CÔNG TRỊNH; TS. TRẦN BẢO NGỌC; TS. KHUẤT VIỆT HÙNG; TS. VŨ HỒNG TRƯỜNG; TS. NGUYỄN XUÂN CƯỜNG; TS. LÊ ĐỖ MƯỜI; TS. BÙI THIÊN THU; TS. NGUYỄN VĂN BÍNH; TS. NGUYỄN VĂN THÀNH; TS. PHẠM HOÀI CHUNG; TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI; ThS. LÂM VĂN HOÀNG; ThS. HOÀNG HỒNG GIANG.

TÒA SOẠN
106 Thái Thịnh - Đống Đa - Hà Nội

PHÒNG HÀNH CHÍNH TRỊ SỰ VÀ TRUYỀN THÔNG

Hành chính Trị sự
Điện thoại: (024) 3942.6389
Fax: (024) 3822.1153
Email: tapchigiaothong1960@gmail.com

Truyền thông
Điện thoại: (024) 3822.0392
Email: phongtruyenthong.gtvt@gmail.com

PHÒNG THƯ KÝ - BIÊN TẬP VÀ PHÓNG VIÊN THƯỜNG TRÚ

Thư ký - Biên tập
Điện thoại: (024) 3942.0744
Email: phongtkts.gtvt@gmail.com

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Trung và Tây Nguyên
16 Lý Tự Trọng, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0914.228.918

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Nam
17A Hồng Hà, quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh

PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ
Điện thoại: (024) 3942.8737
Email: phongpv.gtvt@gmail.com

Giấy phép số 465/GP-BTTTT do Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 26/09/2022

Tài khoản: Tạp chí Giao thông vận tải 118000001700 - Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam - Chi nhánh TP. Hà Nội

Mã số thuế: 0100104098

Chế bản tại Tạp chí GTVT; In tại Công ty CP In Khoa học công nghệ Hà Nội

Bìa 1: Cao tốc Phan Thiết - Dầu Giây
Trình bày bìa: Sinh Nguyễn

GIAO THÔNG
TRANSPORT MAGAZINE vận tải

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 7 • (NĂM THỨ 64)

04 **Hình thành mạng lưới cao tốc hơn 2.000 km**
Creating a highway network of more than 2,000 km
NHÓM PV

06 **Cận cảnh tổ chức giao thông cao tốc**
A close-up look at highway traffic management
NHÓM PV

08 **Mang thói quen đi "đường làng" lưu thông cao tốc**
A problem of developing a habit of "going on village roads" in driving on expressways
NHÓM PV

10 **Làm gì để có mạng lưới cao tốc hiện đại, an toàn?**
What principles for a modern and safe highway network?
NHÓM PV

12 **Thấy gì khi CSGT kiểm tra giấy tờ lái xe qua VNeID?**
What to be seen when traffic police check vehicle documents via VNeID?
VĂN HUẾ

14 **Quảng Ninh: Chủ động phát hiện, xử lý sớm các vị trí tiềm ẩn TNGT**
Quảng Ninh: Proactively detect and handle potential locations of traffic accidents
HỒNG XIÊM

16 **Lựa chọn công nghệ nào tái chế nguội bê tông asphalt tại chỗ?**
What technology for cold in-situ recycling of asphalt concrete?
TS. NGUYỄN NGỌC LÂN

19 **Phân tích ứng xử kết cấu dầm cầu bằng bê tông cốt thép sử dụng bê tông có cốt liệu mịn nghiền từ vỏ ngao Bến Tre**
Analysis of structural behavior of bridge beams made of reinforced concrete with fine aggregate crushed from Bến Tre clam shells
ThS. NCS. MAI HOÀNG ANH; KS. TRẦN THU MINH; TS. TỪ SỸ QUẬN TS. VŨ BÁ THÀNH; PGS. TS. TRẦN THẾ TRUYỀN ThS. TRẦN THỊ KIM QUYÊN

23 **Nghiên cứu ảnh hưởng suy giảm kết cấu bến cầu tàu đến tần số dao động tự nhiên khi ứng dụng phương pháp xung kích động**
Research on the impact of wharf structure deterioration on natural vibration frequency using the shock pulse method
PGS. TS. NGUYỄN THỊ BẠCH DƯƠNG

27 **Phân tích hiệu quả sử dụng phần mềm kiểm soát giao thông công cộng để quản lý hoạt động vận tải hành khách bằng xe buýt trên địa bàn TP. Hải Phòng**
Analysis of the efficiency of using public transport control software to manage passenger transport activities by bus in Hai Phong city
ThS. PHẠM THỊ LY

31 **Trực quan hóa mô hình 3D tổ chức giao thông tại đường ngang đường sắt trong đô thị ở Việt Nam sử dụng VISSIM**
3D Visualization of Traffic Organization at urban railway-road grade crossings in Vietnam using VISSIM
ThS. TRỊNH VĂN MỸ; TS. VƯƠNG XUÂN CẦN; ThS. VŨ TRỌNG THUẬT TS. TRỊNH THỊ HƯƠNG; ThS. NGUYỄN THỊ AN

35 **Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn đến một số tính chất của bê tông bán mềm tính năng cao**
Effect of finely ground blast furnace slag content on properties of high-performance semi-soft concrete
TS. NGUYỄN NGỌC LÂN; NGÔ QUANG VINH PHẠM HOÀNG HÙNG; PHẠM ĐÌNH MINH

39 **Cường độ và độ bền chống carbonat hóa của bê tông sử dụng cốt liệu ceramic**
Compressive strength and carbonation resistance of concrete using ceramic aggregate
TS. PHẠM VĂN TOÀN; TS. NGUYỄN PHAN ANH; ThS. PHẠM THỊ NGÀ

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 7 • (NĂM THỨ 64)

43 **Xu thế giao thông xe đạp và vấn đề cơ sở hạ tầng đường bộ dành cho giao thông xe đạp tại huyện Nhà Bè hướng đến xây dựng xã hội carbon thấp đến năm 2030**
Bicycle traffic trends and road infrastructure issues for bicycle traffic in Nhà Bè district for a low carbon society by 2030
ThS. LÊ NGUYỄN NGỌC HẢI; TS. ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG

47 **Phân tích hiện tượng cộng hưởng cầu đường sắt tốc độ cao nhịp ngắn dạng dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực**
Analysis of the resonance phenomenon of a short-span high-speed railway bridge in the form of prestressed reinforced concrete box girders
TS. PHÙNG BÁ THẮNG; TS. LÊ NGUYÊN KHƯƠNG
ThS. TRẦN QUANG ĐÔNG

52 **Ảnh hưởng của bùn thải trạm trộn bê tông đến một số tính chất của bê tông xi măng**
Effects of concrete mixing plant sludge on properties of cement concrete
TS. HỒ VĂN QUÂN; TS. TRẦN THỊ PHƯƠNG HUYỀN
ThS. TRẦN VĂN LỊCH

56 **Giải pháp tường vây bằng cọc ống thép phụt vữa khi thi công tầng hầm nhà ở đô thị trong điều kiện xây chen**
Solutions of diaphragm walls using grouted steel pipe piles for constructing urban housing basements in crowded construction conditions
TS. ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG
KS. NGUYỄN HOÀNG NGUYÊN

60 **Giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian mới (NTDMA) dựa trên cơ chế phản hồi trong hệ thống VDES**
New time division multiple access (NTDMA) protocol based on feedback mechanism in VDES system
TS. PHẠM VIỆT HƯNG; ThS. NGUYỄN PHƯƠNG LÂM

64 **Nghiên cứu đánh giá độ chính xác của phương pháp mô phỏng số trong giám sát, chẩn đoán hư hỏng mối hàn kết cấu thành mỏng - thân tàu**
Research to evaluate the accuracy of numerical simulation method in monitoring and diagnosing damage to welded joints of thin-walled ship structures
TS. ĐỖ VĂN ĐOÀN; ThS. NGUYỄN VĂN HẢI
ThS. ĐỖ THỊ HIỀN

68 **Nghiên cứu ước lượng trạng thái sạc của pin lithium trên cơ sở bộ lọc Kalman thích nghi**
Research on estimating the state of charge of lithum batteries based on the adaptive Kalman filter
TS. NGUYỄN VĂN TIẾN

71 **Điều khiển độ sâu cho AUV sử dụng bộ điều khiển mờ trượt**
Depth control for AUV using Fuzzy - Sliding mode controller
TS. ĐỖ KHẮC TIỆP

75 **Mô hình động của hệ thống động cơ hybrid cho tàu lai dắt chạy điện**
Dynamic model of hybrid engine system for electric tug
ThS. ĐẶNG ĐÌNH PHÚC; ThS. HỨA XUÂN LONG
PGS. TS. VƯƠNG ĐỨC PHÚC

79 **Phân tích tĩnh học về ứng suất và biến dạng của bệ robot quay bằng phương pháp phần tử hữu hạn**
Static analysis stress and strain of rotating robot pedestal by finite element method
KS. ĐỖ VĂN TỈNH

82 **Nghiên cứu bộ điều khiển thích nghi cho lưới điện tàu thủy có sử dụng pin**
A study on adaptive controller for shipuit78t power grids using batteries
PGS.TS. VƯƠNG ĐỨC PHÚC; ThS. ĐẶNG ĐÌNH PHÚC

86 **Ứng dụng học máy để chẩn đoán sự cố của động cơ diesel trong quá trình khai thác**
Apply machine learning to diagnose trouble of marine diesel engine in operation
PGS. TS. TRẦN HỒNG HÀ
ThS. BÙI QUỐC TÚ
ThS. NGUYỄN KIM ANH

90 **Nghiên cứu xây dựng quy trình xếp dỡ vận chuyển dầu thực vật chở xô hóa lỏng cho đội tàu hóa chất Việt Nam chạy tuyến quốc tế**
A study on developing efficient loading and unloading procedures for transporting liquefied vegetable oil in bulk for the Vietnamese chemical fleet operating on international routes
ThS. NGUYỄN THANH DIỆU
TS. MAI XUÂN HƯƠNG
TS. NGUYỄN QUANG DUY

93 **Sử dụng local web PLC S7-15XX cho việc điều khiển giám sát thiết bị tàu thủy**
Use local web PLC S7-15XX for controlling and monitoring ship equipment
ThS. TRẦN TIẾN LƯƠNG

96 **Nghiên cứu đề xuất hướng tiếp cận tự động điều khiển tàu thủy bám theo quỹ đạo cho trước**
A study on approaches for establishing automatic system for ship track following control
ThS. NGUYỄN VĂN THỊNH
PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG

99 **Phân tích miền xác định hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS**
Analysing the information channel protection coefficient of the differential global positioning system (DGPS) in maritime
ThS. CHUNG NGHĨA
PGS. TS. ĐỒNG VĂN HƯỚNG
TS. ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN; TS. VŨ ĐĂNG THÁI

102 **Tính toán thiết kế và kiểm bền chi tiết dầm chính cổng trục đẩy tay tải trọng một tấn bằng phương pháp phần tử hữu hạn**
Calculating, designing and checking the stress of the main beam of the manual gate shaft with a one ton load using the finite element method
ThS. LÊ HUỲNH ĐỨC; NGUYỄN ĐÌNH MINH QUÂN
NGUYỄN NGỌC NHẬT

106 **Nghiên cứu thuật toán và xây dựng chương trình dựng bản vẽ 3D chong chóng tàu thủy**
Research algorithms and develop a program to create 3D drawings of ship pinwheels
KS. NGUYỄN VĂN QUYẾT; TS. VŨ VĂN TUYỂN

109 **Phân tích lực cắt trong quá trình gia công rãnh vi mô bằng phương pháp phần tử hữu hạn**
Analysis of cutting force in micro trench milling process using finite element method
ThS. TRẦN ÁNH VIÊN

113 **Nghiên cứu triển khai các giải pháp đảm bảo an toàn chạy tàu tận dụng lớp bùn loãng tại luồng ra/vào trung tâm điện lực Duyên hải**
Research and implement solutions to ensure train safety by taking advantage of the thin layer of mud at the entrance/exit channel to Duyên Hải power center
TS. MAI BÁ LĨNH

116 **Ứng dụng UAV trong công tác kiểm tra và phát hiện hư hại của cầu đường bộ**
Using UAV for inspecting and detecting bridge damage
ThS. PHẠM TRUNG MINH; TS. NGUYỄN CẢNH TOÀN

Ảnh hưởng của bùn thải trạm trộn bê tông đến một số tính chất của bê tông xi măng

■ **TS. HỒ VĂN QUÂN(*); TS. TRẦN THỊ PHƯƠNG HUYỀN**
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng
■ **ThS. TRẦN VĂN LỊCH**
Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V
Email: (*)hvquan@ute.udn.vn

TÓM TẮT: Nhu cầu sử dụng bê tông để xây dựng công trình và cơ sở hạ tầng giao thông ngày càng tăng cao, các nhà máy trạm trộn bê tông xi măng (BTXM) được đầu tư và đưa vào hoạt động khai thác ngày càng nhiều. Sự phát triển nhanh chóng của ngành bê tông thương mại đã dẫn đến lượng chất thải từ các nhà máy trạm trộn bê tông cũng tăng nhanh. Bùn thải của trạm trộn bê tông còn gọi là bùn thải bê tông (BTBT) là chất thải sinh ra trong quá trình sản xuất bê tông, BTBT được xem như chất thải rắn nguy hại và có nguy cơ cao gây ô nhiễm môi trường. Bài báo trình bày ảnh hưởng của BTBT thay thế cát sông và xi măng (XM) đến một số tính chất của BTXM. Khi sử dụng (25 - 50)% BTBT thay thế cát sông hoặc thay thế cát sông và XM trong bê tông làm giảm khối lượng thể tích, cường độ nén và cường độ kéo uốn, đồng thời làm tăng độ rỗng và độ thấm ion clo. Tuy nhiên, cường độ nén và cường độ kéo uốn của các bê tông chứa (25 - 50)% BTBT vẫn đảm bảo yêu cầu cho xây dựng mặt đường ô tô.

TỪ KHÓA: Bùn thải bê tông, cường độ kéo uốn, cường độ nén, độ thấm clorua.

ABSTRACT: The escalating demand for concrete in construction and transportation infrastructure has prompted increased investment in cement concrete mixing plants. However, this rapid growth has also led to a surge in waste generation, particularly sludge waste from concrete mixing plants, known as concrete sludge waste (CSW). Classified as hazardous solid waste, CSW poses significant environmental pollution risks. This study investigates the impact of incorporating CSW as a substitute for river sand and cement in cement concrete. Results indicated that replacing (25 - 50)% of river sand or both river sand and cement with CSW reduced volume, compressive strength, and flexural tensile strength while increasing porosity and chloride ion permeability. Nonetheless, concrete compositions containing (25 - 50)% CSW still satisfied the requisite standards for constructing motorway pavements.

KEYWORDS: Concrete sludge waste, flexural strength, compressive strength, chloride ion permeability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ngành BTXM thương mại phát triển mạnh dẫn đến lượng chất thải rắn và nước thải từ các trạm trộn BTXM trong quá trình sản xuất cũng tăng nhanh. Bùn thải của các trạm trộn BTXM, thường gọi là BTBT phát sinh là do việc rửa trạm trộn, rửa xe trộn chở bê tông, xe bơm bê tông. Ngoài ra, một lượng bê tông tươi bị dư thừa trong các xe trộn chở BTXM cũng được thải bỏ và tạo thành BTBT. BTBT là hỗn hợp chủ yếu bao gồm cốt liệu mịn, XM đã hydrat hóa, phụ gia khoáng (PGK), phụ gia hóa học thu được từ các hố lắng [1, 2, 3]. BTBT có tính kiềm rất cao, độ pH = 12-13 nên phải được tập kết ở một khu vực riêng trong nhà máy và được xử lý theo qui định chất thải rắn nguy hại [2]. Sản xuất 1 m^3 BTXM tạo ra khoảng 0,04 tấn BTBT từ các nhà máy trạm trộn [1], chẳng hạn tại Trung Quốc, lượng BTBT từ các nhà máy trạm trộn thải ra trên 90 triệu tấn/năm [1]. Theo thời gian, BTBT tích lũy ngày càng nhiều tại các hồ chứa trong các nhà máy, sau đó chúng được thu gom và xử lý chủ yếu bằng cách chôn lấp. Việc chôn lấp BTBT không chỉ chiếm diện tích đất còn có nguy cơ gây cao ô nhiễm môi trường đất và nước, vì BTTT rất trơ, thời gian phân hủy của chúng có thể lên tới hàng trăm năm [2].

Trên thế giới, đã có nhiều nhà nghiên cứu sử dụng BTBT tái chế làm nguyên liệu để sản xuất BTXM, trong đó BTBT chủ yếu được làm cốt liệu và chất độn mịn thay cho cát sông (CS) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Bên cạnh đó, BTBT còn được nghiền mịn làm PGK thay thế cho XM [3, 10, 11] và dùng nước BTBT làm nguyên liệu để sản xuất XM [6, 12]. Các nghiên cứu đều kết luận rằng sử dụng BTBT thay thế một phần CS với hàm lượng nhất định trong BTXM vẫn đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật. Ở Việt Nam, hiện nay chưa có nghiên cứu nào sử dụng BTBT làm nguyên liệu để sản xuất BTXM. Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng CS ngày càng tăng cao đã dẫn đến tình trạng thiếu hụt nguồn CS nghiêm trọng cho sản xuất BTXM và vữa, việc khai thác quá mức CS không những làm cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên mà còn gây ra các vấn đề về môi trường như xói lở bờ sông, dịch chuyển dòng chảy và ô nhiễm nước [13]. Do vậy, việc tận dụng, tái chế các rác thải công nghiệp trong sản xuất BTXM là vấn đề thời sự hiện nay và cũng là xu

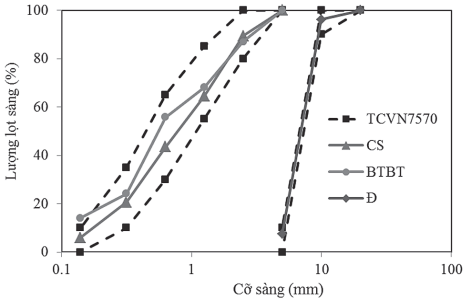
hướng tất yếu, nhằm tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, hạn chế chôn lấp rác thải và giảm thiểu ô nhiễm môi trường [14, 15]. Bài báo này đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng BTBT khi thay thế 25%CS, 50%CS và thay thế kết hợp 15%CS + 10%XM, 30%CS + 10%XM đến cường độ nén, cường độ kéo uốn, độ rỗng và độ thấm ion clo của bê tông.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

XM PC50, cường độ nén ở 28 ngày 52,5 MPa, khối lượng riêng (KLR) 3,10 g/cm^3, độ mịn 3,520 cm^2/g phù hợp với TCVN 2682:2020. Phụ gia siêu dẻo (SD) Basf 3054 có KLR 1,09 g/cm^3 phù hợp với ASTM C494 loại G. Đá dăm (Đ) cỡ 5 - 10 mm, KLR 2,74 g/cm^3 độ hút nước 1,26%, thành phần hạt của Đ phù hợp với TCVN 7570:2006. CS có M_{dl} 2,74, KLR 2,64 g/cm^3, độ hút nước 0,76%, thành phần hạt của CS phù hợp với TCVN 7570:2006. BTBT được thu thập tại bể lắng của một nhà máy trạm trộn ở Đà Nẵng, BTBT được phơi khô và sàng loại bỏ các hạt trên sàng 5 mm. BTBT có M_{dl} = 2,76, độ hút nước 35,4%, KLR 2,45 g/cm^3. Nước: Dùng nước máy sạch để trộn BTXM.

Thành phần hạt của Đ, CS và BTBT được thể hiện trên *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Thành phần hạt của cát sông, đá dăm và BTBT

2.2. Thiết kế thành phần BTXM

Thành phần BTXM được thiết kế theo ACI 211.1, gồm BTXM đối chứng (ĐC) không sử dụng BTBT (0C0X), BTXM thay thế CS bằng 25% BTBT (25C0X), 50% BTBT (50C0X), BTXM thay thế đồng thời 15% CS và 10% XM bằng BTBT (15C10X), 30% CS và 20% XM bằng BTBT (30C20X). Độ sụt của các hỗn hợp được cố định 8 - 10 cm, vì BTBT rất xốp, độ hút nước rất lớn nên khi thay thế CS hoặc XM cần phải thêm lượng nước trộn và lượng SD để đảm bảo độ sụt yêu cầu. Thành phần vật liệu của các loại BTXM được ghi trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thành phần của các loại BTXM cho 1 m^3

Kí hiệu cấp phối	X (kg)	N (lít)	C (kg)	BTBT (kg)	Đ (kg)	SD (kg)	N/X	SN (cm)
0C0X	443,9	182,0	797,0	0	1004,4	4,0	0,41	8-10
25C0X	443,9	199,8	531,1	199,2	1004,4	5,8	0,45	
50C0X	443,9	217,5	257,7	398,5	1004,4	10,7	0,49	
15C10X	399,5	199,8	608,6	163,9	1004,4	5,1	0,45	
30C20X	355,1	217,5	412,6	327,9	1004,4	9,3	0,49	

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Công tác đúc và dưỡng hộ các mẫu BTXM thực hiện theo TCVN 3105:2022. Ngay sau khi trộn, các HHBT tươi đã được kiểm tra độ sụt và khối lượng thể tích (KLTT) tương ứng theo TCVN 3106:2022 và TCVN 3108:1993.

Sử dụng các mẫu dầm (100×100×400)mm để xác định cường độ kéo uốn (R_{ku}) và dùng các mẫu dầm gãy để xác định cường độ nén (R_n). Sử dụng các mẫu trụ (100×200)mm để xác định độ rỗng (ĐR) và độ thấm ion clo (ĐTIC), khi thí nghiệm các mẫu trụ (100×200)mm được cắt thành các lát (100×50)mm.

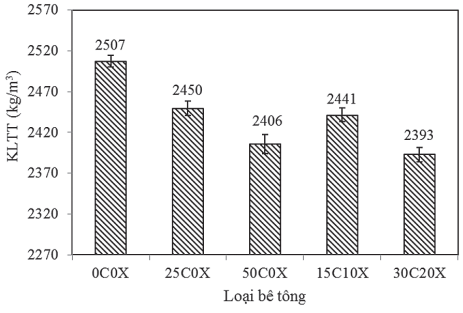
Thí nghiệm R_n và R_{ku} theo TCVN 3118:2022 và TCVN 3119:2022, thí nghiệm ĐR và ĐTIC theo ASTM C642:2021 và ASTM C1202:2020.

R_n, R_{ku} và ĐR được thực hiện ở 7, 28, 56 và 90 ngày, ĐTIC được thực hiện 28, 56 và 90 ngày. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu nêu trên là giá trị trung bình của 3 mẫu, riêng R_n là giá trị trung bình của 6 mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. KLTT của bê tông tươi

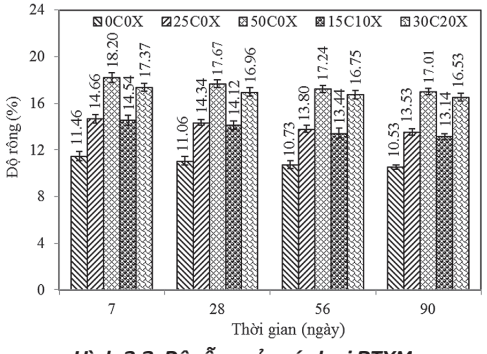
KLTT của các hỗn hợp bê tông (HHBT) tươi được thể hiện trên *Hình 3.1*. KLTT của tất cả các HHBT sử dụng BTBT đều nhỏ hơn so với HHBT 0C0X, hàm lượng BTBT càng nhiều thì KLTT càng giảm. KLTT của các HHBT 25C0X, 50C0X, 15C10X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng 35,2 kg/m^3 (1,41%), 58,8 kg/m^3 (2,36%) và 88,3 kg/m^3 (3,54%) so với HHBT 0C0X. KLTT của HHBT tươi chứa BTBT giảm là do BTBT có khối lượng riêng nhỏ hơn so với CS và XM.



Hình 3.1: KLTT của các HHBT tươi

3.2. Độ rỗng

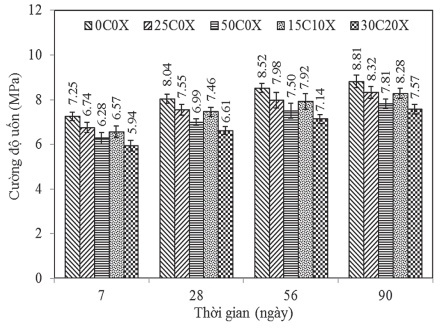
ĐR của các BTXM được thể hiện trên *Hình 3.2*. Bê tông 0C0X có ĐR bé nhất, các bê tông chứa BTBT có ĐR tăng dần và tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT. ĐR của các bê tông 25C0X và 15C10X là gần tương tự nhau; các bê tông 50C0X và 30C20X cũng tương tự. ĐR của các bê tông 25C0X và 15C10X tăng khoảng (26 - 30)%, trong khi ĐR của các bê tông 50C0X và 30C20X tăng khoảng (54 - 57)% so với bê tông 0C0X. Việc sử dụng BTBT làm tăng ĐR của các BTXM là do tính xốp và độ hút nước cao của nó.



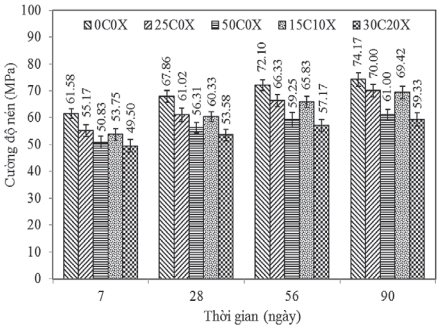
Hình 3.2: Độ rỗng của các loại BTXM

3.3. Cường độ uốn và cường độ nén

R_n và R_{ku} của các BTXM được thể hiện trên *Hình 3.3*. Các BTXM chứa BTTB đều có cường độ thấp hơn so với bê tông 0C0X, việc giảm cường độ của các BTXM tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT. Tương tự như ĐR, R_n và R_{ku} của các bê tông 25C0X và 15C10X (hoặc 50C0X và 30C20X) là gần tương tự nhau, tuy nhiên việc thay thế cả CS và XM bằng BTBT làm giảm thêm cường độ, hàm lượng XM được thay thế càng nhiều thì sự suy giảm cường độ càng lớn. R_{ku} và R_n của các bê tông 25C0X và 15C10X giảm lần lượt tương ứng khoảng (5,5-9,5)% và (5,6-12,7)%; trong khi R_{ku} và R_n của các bê tông 50C0X và 30C20X giảm lần lượt tương ứng khoảng (11-18)% và (17-21)% so với bê tông 0C0X. Việc giảm cường độ của các bê tông BTBT là do chúng có ĐR lớn và nhu cầu nước (tỉ lệ N/X) cao hơn so với bê tông 0C0X. Kết quả nghiên cứu có xu hướng tương đồng với các nghiên cứu trước đây [1, 3, 4, 5, 7].



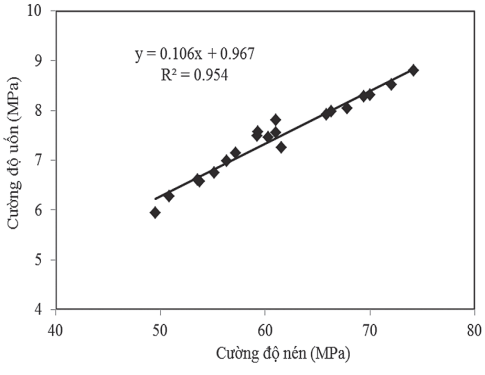
a)



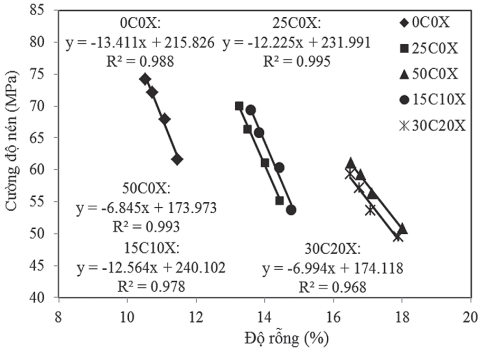
b)

Hình 3.3: Rku (a) và Rn (b) của các loại BTXM

Mối quan hệ giữa R_n và R_{ku}, ĐR của các BTXM được thể hiện trên *Hình 3.4* có dạng tuyến tính rất chặt chẽ với các hệ số xác định $R^2 \geq 0{,}950$.



a)



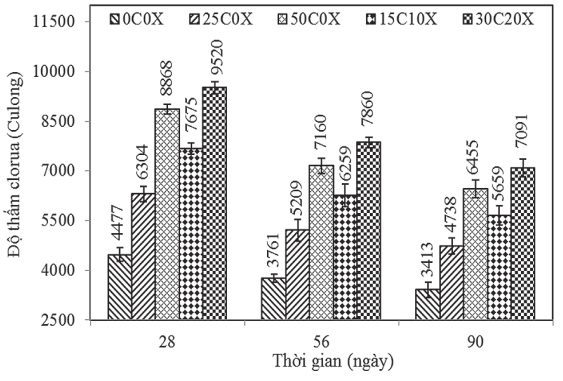
b)

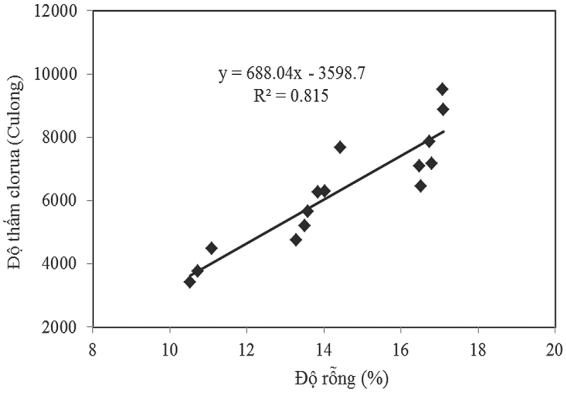
Hình 3.4: Quan hệ giữa R_n và R_{ku} (a), giữa R_n và ĐR của các loại BTXM

3.4. Độ thấm ion clo

ĐTIC của các BTXM được thể hiện trên *Hình 3.5a*. Tương tự như ĐR, ĐTIC của bê tông ĐC 0C0X luôn thấp nhất, BTBT làm tăng đáng kể ĐTIC của các bê tông. ĐTIC của bê tông 25C0X tăng khoảng (38 - 41)%, của bê tông 15C10X tăng khoảng (65 - 71)%, của bê tông 50C0X tăng khoảng (89 - 98)%, của bê tông 30C20X tăng khoảng (107 - 113)% so với bê tông 0C0X. Các bê tông BTBT có ĐTIC lớn là do chúng có ĐR lớn, thúc đẩy sự thâm nhập của các ion clo. Theo ASTM C1202, ĐTIC ở 56 ngày của bê tông 0C0X bằng 3761 (cu-lông) thuộc mức trung bình, của các bê tông BTBT từ 5209-7860 cu-lông thuộc mức cao.

Quan hệ giữa ĐTIC và ĐR của các BTXM được thể hiện trên *Hình 3.5b* theo dạng tuyến tính tỉ lệ thuận tương đối chặt chẽ với hệ số xác định $R^2 = 0{,}815$.





Hình 3.5: ĐTC (a) và quan hệ giữa ĐTC và ĐR (b) của các loại BTXM

R_{ku} yêu cầu của BTXM cho mặt đường ô tô ≥ 4,5 MPa [16], R_n yêu cầu của BTXM dùng cho công trình cầu đường bộ ≥ 28

MPa [17]. R_{ku} và R_n của các bê tông BTBT qui đổi về mẫu chuẩn lập phương (150x150x150)mm (TCVN 3118:2022) và mẫu dầm (150x150x600)mm (TCVN 3119:2022) đều ≥ 50,0 MPa và ≥ 6,0 MPa. Vì vậy, các BTXM chứa BTBT có thể dùng để xây dựng mặt đường ô tô và một số bộ phận trong công trình cầu đường bộ.

4. KẾT LUẬN

Các kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau:

- BTBT có độ rỗng lớn và tính hút nước cao nên cần lượng nước trộn và lượng siêu dẻo nhiều hơn để đảm bảo tính công tác cho bê tông tươi, đồng thời làm giảm KLTT của bê tông tươi, hàm lượng BTBT thay thế CS hoặc thay thế CS + XM càng nhiều thì KLTT càng giảm.

- BTBT làm tăng độ rỗng của các bê tông, hàm lượng BTBT càng nhiều thì độ rỗng của bê tông càng lớn.

- R_n và R_{ku} của các bê tông giảm (6 - 13)% và (11 - 21)% khi sử dụng BTBT thay thế lần lượt 25%CS (hoặc 15%CS+10%XM) và 50%CS (hoặc 30%CS+20%XM). Tuy nhiên, R_n và R_{ku} của các bê tông BTBT vẫn đáp ứng yêu cầu cho mặt đường ô tô và một số bộ phận trong công trình cầu đường bộ.

- Độ thấm ion clo của các bê tông tăng (38 - 71)% và (89 - 113)% khi sử dụng BTBT thay thế lần lượt 25%CS (hoặc 15%CS+10%XM) và 50%CS (hoặc 30%CS+20%XM). Vì độ thấm ion clo của các bê tông BTBT ở mức cao nên cần hạn chế sử dụng chúng cho những công trình bê tông cốt thép ở những vùng chịu xâm thực như môi trường biển.

- Cần nghiên cứu thêm các tính chất khác của bê tông BTBT, đồng thời cần cải thiện các tính chất thấm liên quan đến độ bền của chúng bằng cách sử dụng kết hợp với các phụ gia khoáng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong Đề tài mã số T2023-06-27.

Tài liệu tham khảo

[1]. W. Feng, Z. Li, Q. Long, S. Tang, Y. Zhao (2024), *Study on the properties of autoclaved aerated concrete with high content concrete slurry waste*, Developments in the Built Environment 17, 100338, *https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100338*.

[2]. D. Xuan, C.S. Poon, W. Zheng (2018), *Management and sustainable utilization of processing wastes from ready mixed concrete plants in construction: A review, Resources, Conservation & Recycling 136*, 238-247, *https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.007*.

[3]. J.V. Martins , D.C.S. Garcia, M.T.P. Aguilar, W.J. Santos (2021), *Influence of replacing Portland cement with three different concrete sludge wastes*, Construction and Building Materials 303, 124519, *https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124519*.

[4]. S.L. Correia, F.L. Souza, G. Dienstmann, A.M. Segadaes (2009), *Assessment of the recycling potential of fresh concrete waste using a factorial design of experiments*, Waste Manag. 29 (11), 2886-2891, *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.014*.

[5]. M. Audo, P.Y. Mahieux, P. Turcry (2016), *Utilization of sludge from ready-mixed concrete plants as a substitute for limestone fillers*, Constr. Build. Mater. 112, 790-799, *https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.044*.

[6]. M. Audo, P.Y. Mahieux, P. Turcry, L. Chateau, C. Churlaud (2018), *Characterization of ready-mixed concrete plants sludge and incorporation into mortars: Origin of pollutants, environmental characterization and impacts on mortars characteristics*, J. Clean. Prod. 183, 153-161, *https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.155*.

[7]. R. Rughooputh, J.O. Rana, K. Joorawon (2017), *Possibility of using fresh concrete waste in concrete for non structural civil engineering works as a waste management strategy*, KSCE J. Civ. Eng. 21 (1), 94-99, *https://doi.org/10.1007/s12205-016-0052-1*.

[8]. X. He, Z. Zheng, M. Ma, Y. Su, J. Yang, H. Tan, Y. Wang, B. Strnadel (2020), *New treatment technology: The use of wet-milling concrete slurry waste to substitute cement*, J. Clean. Prod. 242, 118347, *https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118347*.

[9]. L.B.P. Vieira, A.D. Figueiredo (2016), *Evaluation of concrete recycling system efficiency for ready-mix concrete plants*, Waste Manag, 56, 337-351, *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.015*.

[10]. M. Zervaki, C. Leptokaridis, S. Tsimas (2013), *Reuse of by-products from ready-mixed concrete plants for the production of cement mortars*, J. Sustain. Dev. Energy Water Environ. Syst. 1, 152-162, *http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.2013.01.0011*.

[11]. D. Xuan, B. Zhan, C.S. Poon, W. Zheng (2016), *Carbon dioxide sequestration of concrete slurry waste and its valorisation in construction products*, Constr. Build. Mater. 113, 664-672, *https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.109*.

[12]. J. Schoon, K.D. Buysser, I.V. Driessche, N.D. Belie (2015), *Feasibility Study of the use of concrete sludge as alternative raw material for portland clinker production*, J. Mater. Civ. Eng. 27 (10), 04014272, *https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001230.*

[13]. L.V. Trung, H.T. Phước, N.N. Sơn, H.V. Quân (2023), *Nghiên cứu sử dụng tro bay thay thế một phần cốt liệu mịn trong BTXM ứng dụng cho xây dựng mặt đường ô tô*, Tạp chí GTVT, số 8, tr.30-34.

[14]. Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/8/2020, Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050.*

[15]. *Thủ tướng Chính phủ, Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26 tháng 3 năm 2021, Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong công trình xây dựng.*

[16]. TCCS 40:22/TCĐBVN, *Thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông.*

[17]. TCVN 11823:17, *Thiết kế cầu đường bộ.*

Ngày nhận bài: 24/5/2024
Ngày nhận bài sửa: 03/6/2024
Ngày chấp nhận đăng: 17/6/2024

(Kèm theo Quyết định số: 25/QĐ-HĐGSNN ngày 05 tháng 7 năm 2024)

7. HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ LIÊN NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI

a) Các chuyên ngành (Specialization):

7.1 Xây dựng cầu, đường bộ, kỹ thuật giao thông, đường sắt, đường thủy, bến cảng, sân bay, kết cấu, vật liệu, nền móng công trình (Bridge, Road, traffic Engineering, Railway, Waterway, port, Airport Engineering, Structures, Materials, Foundation of Transport Works).

7.2. Tổ chức và quản lý giao thông vận tải; điều khiển trong GTVT biển, sông, sắt, ô tô, hàng không (Organization and Management in Transportation; Control in Transportation).

7.3. Bảo đảm hàng hải, đường thủy (Maritime and Internal waterway safety).

7.4. Khai thác vận tải đường sắt, đường bộ, đường thủy, đường biển, hàng không (Railway, Road, Internal Waterway, Maritime, Airway Transport Operation).

7.5. Máy xây dựng–xếp dỡ, kỹ thuật phương tiện vận tải ô tô, đầu máy, toa xe, tàu thủy (Loading, Unloading and Construction Machines; Transport Mechanical Engineering).

7.6. Bảo vệ công trình giao thông vận tải (Protection of Transport Works).

b) Danh mục tạp chí được tính điểm:

TT	Tên tạp chí	Chỉ số ISSN	Loại	Cơ quan xuất bản	Điểm
1.	Các tạp chí khoa học Việt Nam và quốc tế (Phụ lục 1)		Tạp chí	SCI, SCIE, SSCI, A&HCI (IF ≥2,0)	**0 – 3,0**
				SCI, SCIE, SSCI, A&HCI (IF < 2,0)	**0 – 2,0**
				ESCI, ISI, Scopus	**0 – 1,5**
2.	Các tạp chí khoa học quốc tế khác		Tạp chí	Do HĐCDGSLN quyết định từng trường hợp cụ thể	**0 – 1,0** Online **0 – 0,75** Không online
3.	Báo cáo khoa học tại hội nghị khoa học quốc tế		Kỷ yếu	Đăng toàn văn trong kỷ yếu (Proceedings), có phản biện khoa học, có chỉ số ISBN	**0 – 1,0**
4.	Báo cáo khoa học tại hội nghị khoa học quốc gia		Kỷ yếu	Đăng toàn văn trong kỷ yếu (Proceedings), có phản biện khoa học, từ năm 2017 phải có chỉ số ISBN	**0 – 0.5**
5.	Các khoa học về Trái đất - Vietnam Journal of Earth Sciences	0866-7187	Tạp chí ACI, SCIE	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 0,75 **0 – 1,0** từ 2021
6.	Cầu đường Việt Nam	1859-459X	Tạp chí	Hội Khoa học Kỹ thuật Cầu đường Việt Nam	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2023
7.	Cơ khí Việt Nam	2615-9910 (0866-7056)	Tạp chí	Tổng Hội Cơ khí Việt Nam	**0 – 0,5**
8.	Công nghiệp Mỏ	3030-4172 (0868-7052)	Tạp chí	Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam	**0 – 0,25**
9.	Địa kỹ thuật	0868-279X	Tạp chí	Hội Cơ học đất	**0 – 0,5**

10.	Giao thông vận tải	2354-0818 e-2615-9791 (0866-7012)	Tạp chí	Bộ Giao thông vận tải	0 – 0,75 **0 – 1,0** từ 2020
11.	Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE)	p-1859–2996 e-2734-9268	Tạp chí ACI	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	0 – 1,0 từ 2021 **0 – 1,25** từ 2022
12.	Kết cấu và công nghệ xây dựng	1859-3194	Tạp chí	Hội Kết cấu và Công nghệ Xây dựng Việt Nam	**0 – 0,5**
13.	Khoa học – Công nghệ Hàng Hải	1859-316X	Tạp chí	Trường Đại học Hàng hải Việt Nam	**0 – 0,75**
14.	Khoa học & công nghệ các trường Đại học kỹ thuật - Engineering and Technology for Sustainable Development - Smart Systems and Devices	- 0868-3980 từ 12/1996 - 2354-1083 từ 3/2015 - 2734-9381 từ 3/2021 2734-9373	Tạp chí	Trường ĐHBKHN, ĐH Đà Nẵng, Trường ĐH KTCN – ĐH Thái Nguyên, Trường ĐH Kinh tế – Kỹ thuật công nghiệp, Trường ĐHBK TP. HCM, Trường ĐH SPKT TP. HCM, Học viện CNBC-VT	**0 – 0,5**
15.	Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải	1859-4263	Tạp chí	Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022 **0 – 1,0** từ 2024
16.	Khoa học công nghệ Thủy Sản	1859-2252	Tạp chí	Trường Đại học Nha Trang	**0 – 0,25**
17.	Khoa học công nghệ Xây dựng	2615-9058	Tạp chí	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	**0 – 0,75**
18.	Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ	2588-1175 e-2615-9732	Tạp chí	Đại học Huế	**0 – 0,5** từ 2020
19.	Khoa học Giao thông Vận tải (Transport and Communications Science Journal)	1859-2724 e-2615-9554	Tạp chí ACI	Trường Đại học Giao thông vận tải	0 – 0,75 0 – 1,0 từ 2020 **0 – 1,25** từ 2022
20.	Khoa học kỹ thuật Thủy Lợi và Môi trường	1859-3941	Tạp chí	Trường Đại học Thủy lợi	**0 – 0,5**
21.	Khoa học và Công nghệ	1859-1531	Tạp chí	Đại học Đà Nẵng	**0 – 0,5**
22.	Khoa học và công nghệ Biển	1859-3097	Tạp chí	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2021
23.	Khoa học và Công nghệ	2734-9098 e-2615-9562 (1859-2171)	Tạp chí	Đại học Thái Nguyên	**0 – 0,5**
24.	Khoa học và Công nghệ Việt Nam (Series B)	1859-4794	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2020 **0 – 1,0** từ 2022
25.	Khoa học và Công nghệ Xây dựng	1859-1566	Tạp chí	Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng	**0 – 0,5**

26.	Khoa học và Kỹ thuật	1859-0209	Tạp chí	Học viện Kỹ thuật Quân sự	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2016
27.	Kiến trúc	0866-8617	Tạp chí	Hội Kiến trúc sư Việt Nam	**0 – 0,25**
28.	Kiến trúc Việt Nam	0868-3786	Tạp chí	Bộ Xây dựng	0 – 0,25 **0 – 0,5** từ 2024
29.	Kinh tế và Phát triển	1859-0012	Tạp chí	Trường Đại học Kinh tế quốc dân	**0 – 0,5**
30.	Năng lượng Nhiệt (*Tên cũ:* KH và CN nhiệt)	0868-3336	Tạp chí	Hội Khoa học Kỹ thuật Nhiệt Việt Nam	**0 – 0,5**
31.	Nông nghiệp và Phát triển nông thôn	1859-4581 (0866-7020)	Tạp chí	Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn	**0 – 0,25**
32.	Phát triển Khoa học và Công nghệ	1859-0128	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2021
33.	Science Journal of transportation	2410-9088	Tạp chí	Trường ĐH Giao thông Vận tải - ĐH Tổng hợp Kỹ thuật giao thông đường bộ Matxccova Liên bang Nga - ĐH Giao thông Tây Nam Trung Quốc.	**0 – 0,75** từ 2020
34.	Vietnam Journal of Mechanics (*Cũ:* Cơ học)	0866-7136	Tạp chí ACI	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	**0 – 1,0**
35.	Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering (Series C)	2525-2461	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,75 từ 2020 **0 – 1,0** từ 2022
36.	Vật liệu & xây dựng, Materials & construction	1859-381X-V 2734-9438-E	Tạp chí	Viện Vật liệu Xây dựng, Bộ xây dựng	0 – 0,25 từ 2022 **0 – 0,5** từ 2023
37.	Xây dựng	2734-9888 (0866-8762)	Tạp chí	Bộ Xây dựng	**0 – 0,5**
38.	Khoa học và Công nghệ Giao thông	2734-9942	Tạp chí	Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải	**0 – 0,25** từ 2024
39.	Khoa học Đại học Cần thơ	1859-2333 e-2815-5599	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	**0 – 0,25** từ 2024
40.	CTU Jourrnal of Innovation and Sustainable Development	2588-1418 e-2815-6412	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	**0 – 0,25** từ 2024
41.	Khoa học Kỹ thuật Mỏ-Địa chất	1859-1469	Tạp chí	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	**0 – 0,25** từ 2024
42.	Khoa học Công nghệ Hàng không	2815-5661	Tạp chí	Học viện Hàng không Việt Nam	**0 – 0,25** từ 2024

c) Nhà xuất bản có uy tín:

- *Nhà xuất bản có uy tín trên thế giới*: Nhà xuất bản trên thế giới bằng 05 thứ tiếng thông dụng (Anh, Nga, Pháp, Đức, Trung Quốc), nội dung sách liên quan đến các lĩnh vực GTVT

gồm 24 nhà xuất bản *(Phụ lục 2)*; NXB khác, bằng thứ tiếng khác do Hội đồng ngành GTVT xem xét quyết định từng trường hợp cụ thể.

- *Nhà xuất bản trong nước có uy tín:* Khoa học & kỹ thuật; Giao thông vận tải; Xây dựng; Giáo dục Việt Nam; Đại học Quốc gia Hà Nội; ĐH Quốc gia TP. Hồ Chí Minh; Các NXB khác do Hội đồng ngành GTVT xem xét quyết định từng trường hợp cụ thể.

- *Tác giả chính*: Tác giả chính là tác giả đứng đầu (first author), tác giả liên hệ (corresponding author) khi không quá 1 tác giả liên hệ. Trong trường hợp này, điểm tính cho 2 tác giả chính sẽ bằng 1/3 điểm của bài báo. Số điểm còn lại chia đều cho các tác giả tham gia (kể cả tác giả chính). Trong trường hợp tạp chí có quy định riêng và có minh chứng chứng minh, Hội đồng sẽ xem xét quyết định.

Phụ lục 1: DANH SÁCH TẠP CHÍ QUỐC TẾ UY TÍN CHÍNH NGÀNH GTVT NĂM 2024

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
1	Academy of Management Journal	0001-4273/1948-0989
2	ACI Materials Journal	0889-325X/1944-737X
3	ACI Structural Journal	0889-3241/1944-7361
4	ACS Applied Materials & Interfaces	1944-8244/1944-8252
5	Advanced Composite Materials	0924-3046 /1568-5519
6	Advanced Engineering Materials	1438-1656 /1527-2648
7	Advanced Materials	0935-9648/1521-4095
8	Advances in Civil Engineering Materials	2379-1357/2165-3984
9	Advances in Concrete Construction	2287-5301/2287-531X
10	Advances in Materials Science and Engineering	16878442/16878434
11	Advances in Structural Engineering	1369-4332 /2048-4011
12	Applied Mathematical Modelling	0307-904X/ 1872-8480
13	Applied Composite Materials	0929-189X /1573-4897
14	Applied Materials Today	2352-9407
15	Applied Ocean Research	0141-1187/1879-1549
16	Archive of Applied Mechanics	14320681/9391533
17	Architecture and Engineering	25000055
18	Archives of Civil and Mechanical Engineering	16449665
19	ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering	2376-7642

(Kèm theo Quyết định số: 25/QĐ-HĐGSNN ngày 05 tháng 7 năm 2024)

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
20	Australian Journal of Civil Engineering	1448-8353 /2204-2245
21	Australian Journal of Structural Engineering	1328-7982
22	Automation in Construction	0926-5805 /1872-7891
23	Building Research and Information	0961-3218/1466-4321
24	Bulletin of Materials Science	2504707/9737669
25	Canadian Journal of Civil Engineering	0315-1468/1208-6029
26	Cartography and Geographic Information Science	1523-0406 /1545-0465
27	Case Studies in Construction Materials	2214-5095
28	CATENA	0341-8162 /1872-6887
29	Cement and Concrete Composites	0958-9465 /1873-393X
30	Cement and Concrete Research	0008-8846 /1873-3948
31	Civil Engineering and Architecture	23321091/23321121
32	Civil Engineering and Environmental Systems	1028-6608/ 1029-0249
33	Coastal Engineering Journal	2166-4250/1793-6292
34	Composite Structures	0263-8223 /1879-1085
35	Composites Part B: Engineering	1359-8368 /1879-1069
36	Composites Science and Technology	0266-3538 /1879-1050
37	Computational Mechanics	14320924/1787675
38	Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	14678667/10939687
39	Computers and Concrete	1598-8198 /1598-818X
40	Computers and Geotechnics	0266352X/18737633
41	Computers and Structures	457949
42	Construction and Building Materials	0950-0618/1879-0526
43	Economics of Transportation	2212-0122/2212-0130
44	Energy and Buildings	0378-7788 /1872-6178
45	Engineering Applications of Artificial Intelligence	0952-1976 /1873-6769
46	Engineering Structures	18737323/1410296
47	Environmental Geotechnics	2051-803X
48	Environmental Science and Pollution Research	0944-1344 /1614-7499

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
49	European Journal of Environmental and Civil Engineering	21167214/19648189
50	European Journal of Mechanics - A/Solids	9977538
51	European Journal of Transport and Infrastructure Research	1567-7133 /1567-7141
52	European Transport Research Review	18668887/18670717
53	Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures	8756-758X/1460-2695
54	Frontiers of Structural and Civil Engineering	2095-2430 /2095-2449
55	Geotechnical Testing Journal	1496115/
56	Geotechnique Letters	2049-825X/ 2045-2543
57	IEEE Journal of Oceanic Engineering	0364-9059 /1558-1691
58	IEEE Transactions on Automatic Control	0018-9286/1558-2523
59	IEEE Transactions on Control Systems Technology	1063-6536 /1558-0865
60	IEEE Transactions on Human-Machine Systems	2168-2291 /2168-2305
61	IEEE Transactions on Industrial Informatics	1551-3203 / 1941-0050
62	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	1524-9050 /1558-0016
63	IEEE Transactions on Vehicular Technology	0018-9545 /1939-9359
64	IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	1083-4435 /1941-014X
65	IET Electrical Systems in Transportation	2042-9738/2042-9746
66	IET Intelligent Transport Systems	1751-956X /1751-9578
67	International Journal of Automation and Computing	14768186
68	International Journal of Automotive Technology	1229-9138 /1976-3832
69	International Journal of Civil Engineering	1735-0522 /2383-3874
70	International Journal of Concrete Structures and Materials	976-0485 /2234-1315
71	International Journal of Control, Automation and Systems	1598-6446 /2005-4092
72	International Journal of Engine Research	1468-0874 /2041-3149
73	International Journal of GEOMATE	2186-2982 /2186-2990
74	International Journal of Intelligent Transportation Systems Research	1348-8503 /1868-8659

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
75	International Journal of Logistics Research and Applications	1367-5567 /1469-848X
76	International Journal of Material Forming	1960-6206 / 1960-6214
77	International Journal of Mechanical Sciences	0020-7403 /1879-2162
78	International Journal of Mechanics and Materials in Design	1569-1713 /1573-8841
79	International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering	2092-6782/2092-6790
80	International Journal of Pavement Engineering	1029-8436 /1477-268X
81	International Journal of Physical Distribution and Logistics Management	0960-0035 /1758-664X
82	International Journal of Physical Modelling in Geotechnics	1346-213X /2042-6550
83	International Journal of Project Management	0263-7863 / 1873-4634
84	International Journal of Rail Transportation	2324-8378 /2324-8386
85	International Journal of Rock Mechanics and Minings Sciences	1365-1609 /1873-4545
86	International Journal of Shipping and Transport Logistics	1756-6517 / 1756-6525
87	International Journal of Smart and Nano Materials	1947-5411 /1947-542X
88	International Journal of Solids and Structures	0020-7683 /1879-2146
89	International Journal of Steel Structures	1598-2351/2093-6311
90	International Journal of Structural Stability and Dynamics	0219-4554 /1793-6764
91	International Journal of Sustainable Transportation	1556-8318 /1556-8334
92	International Journal of Transportation Science and Technology	20460430, 20460449
93	Journal of Accounting and Economics	0165-4101/1879-1980
94	Journal of Advanced Concrete Technology	13468014/1347-3913
95	Journal of Advanced Transportation	1976729/20423195
96	Journal of Aerospace Engineering	8931321/1943-5525
97	Journal of Air Transport Management	0969-6997/1873-2089
98	Journal of Bridge Engineering	10840702/1943-5592
99	Journal of Building Engineering	23527102
100	Journal of Civil Structural Health Monitoring	21905479/2190-5479

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
101	Journal of Coastal Conservation	18747841/1874-7841
102	Journal of Composite Materials	0021-9983/1530-793X
103	Journal of Composites for Construction	1090-0268 /1943-5614
104	Journal of Computing in Civil Engineering	0887-3801/1943-5487
105	Journal of Construction Engineering and Management - ASCE	0733-9364/1943-7862
106	Journal of Constructional Steel Research	0143-974X/1873-5983
107	Journal of Control, Automation and Electrical Systems	2195-3880/2195-3899
108	Journal of Earthquake Engineering	1363-2469/1559-808X
109	Journal of Engineering Materials and Technology, Transactions of the ASME	0094-4289/1528-8889
110	Journal of Environmental Engineering, ASCE	0733-9372/1943-7870
111	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering - ASCE	1090-0241/ 1943-5606
112	Journal of Hydraulic Engineering	0733-9429/1943-7900
113	Journal of Hydro-Environment Research	1570-6443/1876-4444
114	Journal of Infrastructure Systems	1076-0342/1943-555X
115	Journal of Intelligent Transportation Systems	1547-2450/1547-2442
116	Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control	1461-3484/2048-4046
117	Journal of Machinery Manufacture and Reliability	1052-6188/1934-9394
118	Journal of Management	0149-2063/1557-1211
119	Journal of Materials in Civil Engineering	0899-1561/ 1943-5533
120	Journal of Materials: Design and Applications	1464-4207/2041-3076
121	Journal of Ocean Engineering and Marine Energy	2198-6444/2198-6452
122	Journal of Public Transportation	1077-291X/1077-291X
123	Journal of Pressure Vessel Technology - Transactions of the ASME	0094-9930/ 1528-8978
124	Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering	1674-7755/2589-0417
125	Journal of Ship Research	0022-4502/1542-0604
126	Journal of Structural Engineering	0733-9445/1943-541X
127	Journal of Supply Chain Management	1523-2409/1745-493X

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
128	Journal of the Urban Planning and Development Division, ASCE	0733-9488/1943-5444
129	Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)	2095-7564
130	Journal of Transport and Health	2214-1405/2214-1413
131	Journal of Transport Economics and Policy	0022-5258/1754-5951
132	Journal of Transport Geography	0966-6923/1873-1236
133	Journal of Transportation Engineering Part A: Systems	2473-2907/2473-2893
134	Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements	2573-5438
135	Journal of Transportation Safety and Security	1943-9962 /1943-9970
136	Journal of Water Resources Planning and Management - ASCE	0733-9496/1943-5452
137	Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering	0733-950X/1943-5460
138	Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	0167-6105/1872-8197
139	Knowledge-Based Systems	0950-7051 /1872-7409
140	KSCE Journal of Civil Engineering	1226-7988/1976-3808
141	Magazine of Concrete Research	0024-9831/1751-763X
142	Magazine of Civil Engineering	2712-8172/2071-0305
143	Manufacturing and Service Operations Management	1523-4614 /1526-5498
144	Maritime Policy and Management	0308-8839/1464-5254
145	Materials and Structures	1359-5997/1871-6873
146	Mathematics and Mechanics of Complex Systems	2326-7186 /2325-3444
147	Measurement	0263-2241/1873-412X
148	Mechanical Sciences	2191-9151/2191-916X
149	Mechanical Systems and Signal Processing	0888-3270/1096-1216
150	Mechanics Based Design of Structures and Machines	1539-7734/1539-7742
151	Mechanics of Advanced Materials and Structures	1537-6494/1537-6532
152	Mechanics of Composite Materials	0191-5665/1573-8922
153	Mechanics of Materials	0167-6636/1872-7743

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
154	Mechanics of Time-Dependent Materials	1385-2000/1573-2738
155	Mechanics Research Communications	0093-6413/1873-3972
156	Mechatronics	0957-4158
157	Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering	0965-0393/1361-651X
158	Nonlinear Dynamics	0924-090X/ 1573-269X
159	Production Planning and Control	0953-7287/1366-5871
160	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017/1099-1638
161	Reliability Engineering and System Safety	0951-8320/1879-0836
162	Research in Transportation Business and Management	2210-5395/2210-5409
163	Research in Transportation Economics	0739-8859/1875-7979
164	Road Materials and Pavement Design	1468-0629/ 2164-7402
165	Rock Mechanics and Rock Engineering	0723-2632/1434-453X
166	SAE International Journal of Commercial Vehicles	1946-391X/1946-3928
167	Ship Technology Research	0937-7255/2056-7111
168	Smart Materials and Structures	0964-1726/1361-665X
169	Smart Structures and Systems	1738-1584/1738-1991
170	Steel and Composite Structures	1229-9367/1598-6233
171	Steel Construction	1867-0520/1867-0539
172	Strategic Management Journal	0143-2095/1097-0266
173	Structural Concrete	1464-4177/1751-7648
174	Structural Control and Health Monitoring	1545-2255/1545-2263
175	Structural Design of Tall and Special Buildings	1541-7794/1541-7808
176	Structural Engineering and Mechanics	1225-4568/1598-6217
177	Structural Engineering International: Journal of the International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)	1016-8664 / 1683-0350
178	Structural Monitoring and Maintenance	2288-6605/2288-6613
179	Structural Safety	0167-4730/1879-3355
180	Structure and Infrastructure Engineering	1573-2479/1744-8980
181	Structures	2352-0124

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
182	Sustainable Materials and Technologies	2214-9937
183	Transport Policy	0967-070X/1879-310X
184	Transportation	0049-4488/1572-9435
185	Transportation Geotechnics	2214-3912
186	Transportation Infrastructure Geotechnology	2196-7202/2196-7210
187	Transportation Journal	0041-1612 /2157-328X
188	Transportation Letters	1942-7867/1942-7875
189	Transportation Planning and Technology	0308-1060/1029-0354
190	Transportation Research Part A: Policy and Practice	0965-8564/1879-2375
191	Transportation Research Part B: Methodological	0191-2615/1879-2367
192	Transportation Research Part D: Transport and Environment	1361-9209 /1879-2340
193	Transportation Research, Part C: Emerging Technologies	0968-090X/1879-2359
194	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	1366-5545/1878-5794
195	Transportation Science	00411655, 15265447
196	Tunnelling and Underground Space Technology	0886-7798/1878-4364
197	Urban Rail Transit	2199-6687/2199-6679
198	Vehicle System Dynamics	0042-3114/1744-5159
199	Water Resources Management	0920-4741/1573-1650
200	Latin American journal of solids and structures	1679-7825/1679-7817
201	Frattura ed Integrità Strutturale	1971-8993
202	Engineering, Technology & Applied Science Research	2241-4487/1792-8036
203	Journal of Applied Science and Engineering	2708-9975/2708-9967
204	Engineering Failure Analysis	1350-6307
205	Water Science and Engineering	1674-2370/2405-8106
206	Journal of Materials and Engineering Structures (JMES)	2170-127X
207	Ocean Engineering	0029-8018/1873-5258
208	China Ocean Engineering	08905478

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
209	Journal of Marine Science and Application	19935048, 16719433
210	Journal of Marine Science and Technology	0948-4280/1437-8213
211	Journal of Ocean Engineering and Science	24680133
212	Ocean Modelling	14635003/14635011
213	Marine Geology	253227
214	INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-ENGINEERING	2092-9196/ 2198-2783
215	GEOCARTO INTERNATIONAL	1752-0762/1010-6049
216	Theoretical and Applied Climatology	1434-4483/0177-798X
217	CMES-COMPUTER MODELING IN ENGINEERING & SCIENCES	1526-1492/1526-1506
218	Coastal Engineering Journal	2166-4250/1793-6292
219	Bulletin of Earthquake Engineering	1570-761X/1573-1456
220	Asian Journal of Civil Engineering	2522-011X/1563-0854
221	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	0950-4230/ 0950-4230
222	Accident Analysis & Prevention	0001-4575/1879-2057
223	Travel Behaviour and Society	2214-367X/2214-3688
224	Cities	0264-2751/1873-6084
225	Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour	1369-8478/1873-5517
226	Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board	0361-1981/2169-4052
227	Case Studies on Transport Policy	2213-624X/2213-6258
228	Journal of Environmental Management	1095-8630/0301-4797
229	Journal of Cleaner Production	0959-6526/1879-1786
230	Science of the Total Environment	0048-9697/1879-1026
231	Resources, Conservation & Recycling	1879-0658/0921-3449
232	Computational Particle Mechanics	2196-4378/2196-4386
233	Atmospheric Environment	1352-2310/1878-2442
234	Safety Science	0925-7535/1879-1042
235	Traffic Injury Prevention	1538-9588/1538-957X
236	IATSS Research	0386-1112/0386-1112

STT	Tạp chí	Issn/eISSN
237	Transportation Research Interdisciplinary Perspectives	2590-1982
238	Engineering Computations	0264-4401 / 0264-4401
239	International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics	0363-9061/ 1096-9853

Tổng số 239 tạp chí. Các tạp chí khác do HĐGS xét và quyết định.

Phụ lục 2: NHÀ XUẤT BẢN QUỐC TẾ CÓ UY TÍN

STT	Tên Nhà xuất bản
1	Elsevier
2	Springer
3	Taylor & Francis
4	ICE Publishing
5	Wiley Online Library
6	Thompson
7	Cambridge University Press
8	Columbia University Press
9	Harvard University Press
10	John's Hopkins University Press
11	MIT Press Cambridge, Massachusetts
12	Oxford University Press
13	Princeton University Press
14	Stanford University Press
15	University of Chicago Press
16	Yale University Press
17	Academic Press London
18	Blackwell
19	Cameron May
20	Clarendon Press
21	Cornell University Press
22	Wiley and Sons
23	ASCE Library
24	SAGE

Gồm 24 nhà xuất bản có uy tín trên thế giới.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THE UNIVERSITY OF DANANG - UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND EDUCATION

KỶ YẾU
HỘI THẢO QUỐC TẾ
ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI TRONG CÔNG TRÌNH XANH, LẦN THỨ 9

PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLYING NEW TECHNOLOGY IN GREEN BUILDINGS
ATiGB 2024

NHÀ XUẤT BẢN THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	i
Nghiên cứu mô phỏng thành phần Syngas với hệ số ER thay đổi theo từng điều kiện khí hóa **Trần Thanh Sơn, Phùng Minh Tùng, Lê Khắc Thịnh, Trần Phước Dinh**	1
3D Numerical investigation of heat transfer process in a double pipe longitudinal fined heat exchanger **Son Nguyen Thanh**	7
Tiếp cận hình ảnh các công trình kiến trúc và đô thị cổ tại Việt Nam trong lịch sử thông qua phương pháp tái tạo đồ họa **Lưu Thiên Hương, Đinh Nam Đức**	14
Research on minimizing the possibility of backfire when providing additional HHO for internal combustion engines **Le Chau Thanh Nguyen, Văn Ga Bui, Hoai Nguyen, Khac Binh Le, Tan Thong Ngo, Tran Anh Ngoc Ho**	21
Calculation and simulation of the thermal load of a vehicle air conditioning system **Dang Tien Phuc, Ho Thanh Phong, Nhanh Van Nguyen, Nguyen Hay, Nguyen Thanh Tan, Pham Van Kien**	26
Mô phỏng đặc tính tua-bin tesla tận dụng khí xả động cơ trên xe hybrid để chạy máy phát điện **Nguyễn Minh Tiến, Đỗ Phú Ngưu, Lê Văn Hoàng, Đinh Công Huy**	31
Ảnh hưởng của silica fume và xỉ lò cao nghiền mịn đến một số tính chất cơ học và độ thấm clorua của bê tông hạt nhỏ tính năng cao **Lê Thanh Tâm, Võ Duy Duẫn, Nguyễn Thế Dương, Nguyễn Tấn Khoa**	37
Nghiên cứu sử dụng kết hợp xỉ lò cao nghiền mịn và bột đá vôi để cải thiện tính chất cơ học và sức kháng clorua của bê tông hạt nhỏ tính năng cao **Phạm Ngọc Việt, Nguyễn Anh Đô, Trần Thanh Sỹ, Thái Viết Lễ, Đoàn Vĩnh Phúc, Nguyễn Tấn Khoa**	43
Evaluation of kinetics and material aspects in solid-state hydrogen storage **Bui Van Hung, Vo Du Dinh, Lam Dao Nhon, Mai Duc Hung, Le Anh Van, Nguyen Hung Tam, Vo The Hac, Phan Nhu Thuat, Duong Anh Khoa, Huynh Gia Huy, Ha Anh Vu**	50
Research on improving the crankshaft connecting rod piston system of engines using renewable gas fuel NH_3 **Bui Van Hung, Ho Tran Ngoc Anh, Ha Anh Vu, Le Viet Viet, Tran Anh Khoa, Tran Viet Thang, Nguyen Duc Tuan Anh, Mai Duc Hung, Pham Viet Anh Dien**	58
Sử dụng bùn thải nhà máy trạm trộn để chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng **Trần Thị Phương Huyền, Hồ Văn Quân**	63

Double click to zoom in.

SỬ DỤNG BÙN THẢI NHÀ MÁY TRẠM TRỘN ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG XI MĂNG DÙNG TRONG XÂY DỰNG

UTILIZATION OF CONCRETE SLUDGE WASTE FROM BATCHING PLANTS TO MANUFACTURE CONCRETE FOR CONSTRUCTION

Trần Thị Phương Huyền[1*], Hồ Văn Quân[1]

[1]Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

Tran Thi Phuong Huyen[1*], Ho Van Quan[1]

[1]Department of Civil Engineering, University of Technology and Education, The University of Danang
ttphuyen@ute.udn.vn, hvquan@ute.udn.vn

**ttphuyen@ute.udn.vn*

Tóm tắt: Bùn thải bê tông (BTBT) là chất thải được tạo ra từ quá trình sản xuất bê tông ở các trạm trộn bê tông xi măng (BTXM). BTBT có độ pH cao và được xếp vào loại chất thải nguy hại, hiện chủ yếu được xử lý bằng chôn lấp dẫn đến nhiều vấn đề về môi trường. Nghiên cứu này sử dụng BTBT thay thế (25-50)% cát sông (CS), hoặc (15-30)% CS và (10-20)% xi măng (XM) trong BTXM. Các kết quả thí nghiệm cho thấy việc thay thế một phần CS hoặc thay thế cả CS và XM bằng BTBT trong bê tông làm tăng độ hút nước. Ngược lại, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tươi, cường độ nén (R_n), cường độ kéo uốn (R_{ku}) và điện trở suất bề mặt của bê tông cứng giảm đi. Tuy nhiên, R_n và R_{ku} ở 28 ngày của các bê tông chứa BTBT vẫn đáp ứng yêu cầu cho mặt đường ô tô và công trình cầu đường bộ. Việc thay thế 25% CS hoặc kết hợp 15% CS và 10% XM bằng BTBT cho R_n và R_{ku} ở 90 ngày đạt khoảng 94% R_n và R_{ku} của bê tông đối chứng.

Từ khóa: *Bùn thải bê tông; cường độ uốn; cường độ nén; điện trở suất.*

Abstract: Concrete sludge waste (CSW) is a by-product generated during the concrete production process at concrete batching plants. Characterized by its high pH, CSW is classified as hazardous waste and is predominantly treated by landfilling, which leads to significant environmental issues. This study investigated the utilization of CSW as a partial replacement for river sand (S) at levels of 25-50%, or as a combined replacement for both sand (15-30%) and cement (C) (10-20%) in concrete mixtures. Experimental results indicated that substituting part of S or both S and C with CSW in concrete increased water absorption. Conversely, this substitution resulted in a reduction in the bulk density of the fresh concrete mixture, as well as decreases in compressive strength (R_c), flexural strength (R_f), and surface resistivity of the hardened concrete. Despite these reductions, the 28-day compressive and flexural strengths of concrete containing CSW met the design requirements for road surfaces and bridges. Notably, replacing 25% S or a combination of 15% S and 10% C with CSW achieved approximately 94% of the 90-day R_c and R_f of the control concrete.

Keywords: *concrete sludge waste; flexural strength; compressive strength; surface resistivity.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững đang trở thành vấn đề quan trọng trên toàn cầu. Ở hầu hết các quốc gia, ngành xây dựng là nguyên nhân chính gây ra các vấn đề về môi trường và góp phần lớn vào việc cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên. Ngành này tiêu thụ khoảng 50% tài nguyên thiên nhiên và tạo ra 50% chất thải [1]. Sự phát triển nhanh chóng của cơ sở hạ tầng và các đô thị lớn trên thế giới đã thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp sản xuất bê tông, một loại vật liệu xây dựng chính. Theo thống kê của Tổ chức Bê tông trộn sẵn châu Âu (European Ready-Mixed Concrete Organization, ERMCO), gần 900 triệu m^3 bê tông trộn sẵn được sản xuất ở hơn 29,200 trạm trộn bê tông vào năm 2019. Lượng xi măng ước tính được sử dụng rất lớn, gần 600 triệu tấn [2]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng một tấn xi măng Portland được sản xuất sẽ sản sinh ra gần một tấn carbon dioxide (CO_2) [3-5]. Những nghiên cứu hiện nay đang tập trung vào việc tìm kiếm các nguyên liệu thay thế cho vật liệu tự nhiêu và xi măng sử dụng trong sản xuất bê tông. Trong đó việc nghiên cứu sử dụng các phế thải sinh ra từ các ngành công nghiệp làm vật liệu thay thế trong sản xuất bê tông được cho là giải pháp mang tính bền vững, vừa giảm thải ô nhiễm, vừa bảo vệ tài nguyên, môi trường, góp

ISBN: 978-604-80-9779-0

phần đem lại nhiều lợi ích kinh tế [6]. Các phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao, muội silic, tro trấu v.v… đã được nghiên cứu để thay thế xi măng [7-9]. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng các phế thải này với lượng phù hợp có thể làm tăng cường độ và độ bền của bê tông.

Ngoài ra, việc sản xuất bê tông xi măng (BTXM) ở các trạm trộn cũng sản sinh ra một lượng lớn các chất thải, trong đó có bùn thải bê tông (BTBT). Ước tính lượng BTBT sinh ra từ quá trình sản xuất BTXM khoảng 1% - 4%, tương ứng mỗi năm sẽ có khoảng 36 triệu mét khối BTBT. Bùn thải bê tông (BTBT) là chất rắn có trong nước thải lắng đọng tại các bể lắng của trạm trộn bê tông, phát sinh do việc rửa trạm trộn, rửa xe trộn chở bê tông, xe bơm bê tông và từ việc thải bỏ một lượng bê tông tươi dư thừa trong các xe trộn chở bê tông (Hình 1, 2). BTBT là hỗn hợp chủ yếu bao gồm cốt liệu mịn, các hạt xi măng (XM) đã hydrat hóa, phụ gia khoáng, phụ gia hóa học và cát mịn thu được từ các hố lắng [10-12]. BTBT có tính kiềm rất cao, độ pH nằm trong khoảng từ 11,5 đến 13. Ở một số nước như Anh, Tây Ban Nha, Nhật Bản, và Việt Nam, BTBT được xếp vào loại chất thải nguy hại và được xử lý bằng cách chôn lấp. Tuy nhiên, việc chôn lấp BTBT không chỉ chiếm diện tích đất còn có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường đất và nước rất cao, vì BTTT rất trơ, thời gian phân hủy của chúng có thể lên tới hàng trăm năm [11].

Hình 1. Bể lắng của một trạm trộn bê tông xi măng ở thành phố Đà Nẵng

Hình 2. Bùn thải bê tông được vớt từ hố lắng, tập kết chờ chôn lấp

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã xem xét việc sử dụng BTBT làm vật liệu thay thế một phần cát, xi măng hoặc chất độn mịn trong bê tông hoặc vữa [12-16]. Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng mặc dù việc sử dụng BTBT thay thế cát có thể làm giảm tính công tác của bê tông tươi, nhưng cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi của bê tông vẫn đảm bảo nếu lượng BTBT thay thế được sử dụng phù hợp [16]. Hơn nữa, bằng việc sử dụng phụ gia siêu dẻo, tính công tác của bê tông tươi và tính chất của bê tông đông cứng có thể được cải thiện [13]. Focius và cộng sự [16] đã chỉ ra rằng việc thay thế 5% xi măng (XM) bằng BTBT khô hoặc 10% XM bằng BTBT ướt không làm ảnh hưởng đến tính chất của đá vữa, đồng thời giúp giảm giá thành vữa nếu được áp dụng.

Tại Việt Nam, hiện nay, các nghiên cứu về việc sử dụng BTBT làm nguyên liệu để sản xuất vật liệu xây dựng hay làm cốt liệu để sản xuất bê tông vẫn còn hạn chế. Trong khi đó, nhu cầu sử dụng cát sông trong những năm gần đây ngày càng gia tăng, dẫn đến tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng nguồn cát sông phục vụ cho sản xuất BTXM và vữa. Để hạn chế việc khai thác tài nguyên thiên nhiên làm cốt liệu sản xuất bê tông, và tiêu thụ các nguồn phế thải công nghiệp, phế thải xây dựng, Thủ tướng Chính phủ ban hành Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18 tháng 8 năm 2020 [17] và Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26 tháng 3 năm 2021 [18] với mục tiêu là sử dụng các loại phế thải công nghiệp như tro, xỉ, thạch cao, v.v… và phế thải xây dựng làm nguyên liệu để sản xuất vật liệu xây dựng, từng bước hạn chế sử dụng cát sông làm vật liệu xây dựng và san lấp. Do đó, việc tìm kiếm các loại vật liệu tái chế từ các phụ phẩm công nghiệp hay phế thải xây dựng để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát sông đang trở thành một vấn đề cấp bách hiện nay.

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng BTBT khi thay thế xi măng, cát sông và thay thế đồng thời xi măng và cát sông đến cường độ nén, cường độ kéo uốn, độ rỗng của BTXM.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

BTBT, xi măng, cát, đá dăm và phụ gia siêu dẻo là những vật liệu chính được sử dụng trong nghiên cứu. Xi măng Porland PC50 có cường độ nén ở 28 ngày 52,5 MPa, khối lượng riêng (KLR) 3,10 g/cm^3, độ mịn 3520 cm^2/g phù hợp với TCVN 2682:2020. Cát sông (CS) có mô đun độ lớn 2,74, KLR = 2,64 g/cm^3, độ hút nước 0,76%. Đá dăm (Đ) cỡ 5-10 mm, KLR 2,74 g/cm^3, độ hút nước 1,26%. Thành phần hạt của cát và đá dăm phù hợp với TCVN 7570:2006 (Bảng 1 và Bảng 2). Phụ gia siêu dẻo 3054 của Công ty TNHH Master Builders Solutions Việt Nam, có KLR

ISBN: 978-604-80-9779-0

1,09 g/cm^3 phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 loại G [19].

Bảng 1. Bảng thành phần hạt của Cát sông, bùn thải bê tông và tiêu chuẩn TCVN 7570:2006

Sàng (mm)	Lượng lọt sàng, (%)		Lọt sàng theo TCVN 7570:2006, (%)	
	Cát sông (CS)	Bùn thải (BTBT)	Min	Max
5	100	100	100	100
2,5	89,40	86,99	80	100
1,25	64,43	68,03	55	85
0,63	43,44	55,76	30	65
0,315	20,64	24,16	10	35
0,14	6,01	14,13	0	10

Bảng 2. Bảng thành phần hạt của Đá dăm

Sàng (mm)	Lượng lọt sàng, (%)	Lọt sàng theo TCVN 7570:2006, (%)	
	Đá 5×10	Min	Max
20	100	100	100
10	96,17	90	100
5	7,47	0	10

Bùn thải bê tông (BTBT) được lấy tại bể lắng của một nhà máy trạm trộn Bê tông xi măng ở thành phố Đà Nẵng. BTBT được phơi khô, sau đó sàng loại bỏ các hạt lớn trên sàng 5 mm. BTBT có mô đun độ lớn 2,76, độ hút nước 35,4%, KLR = 2,45 g/cm^3.

2.2. Thiết kế thành phần Bê tông xi măng

Thành phần BTXM được thiết kế theo Tiêu chuẩn của Hoa Kỳ ACI 211.1 [20]. Năm hỗn hợp BTXM gồm mẫu bê tông đối chứng không sử dụng BTBT (0S0C), các mẫu bê tông thay thế CS bằng BTBT với tỉ lệ lần lượt 25% (25S0C) và 50% (50S0C), các mẫu bê tông thay thế đồng thời cát sông và xi măng bằng BTBT với tỉ lệ lần lượt 15% CS + 10% XM (15S10C), và 30% CS + 20% XM (30S20C). Độ sụt của các hỗn hợp bê tông được cố định 8-10 cm, vì BTBT rất xốp, độ hút nước rất lớn nên khi thay thế CS hoặc thay thế CS và XM cần phải thêm lượng nước trộn và lượng phụ gia siêu dẻo để đảm bảo độ sụt yêu cầu. Thành phần vật liệu của các loại BTXM được ghi trong Bảng 3.

2.3. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm và phương pháp thí nghiệm

Công tác đúc và dưỡng hộ các mẫu BTXM thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 3105:2022. Sau khi đúc, các mẫu được giữ trong khuôn trong thời gian 24±2 giờ, sau đó được tháo khuôn và ngâm bảo dưỡng trong nước cho đến ngày thí nghiệm. Ngay sau khi trộn, các hỗn hợp bê tông tươi được kiểm tra độ sụt và khối lượng thể tích theo thiêu chuẩn TCVN 3106:2022 và TCVN 3108:1993.

Các mẫu dầm 100×100×400 mm được sử dụng để xác định cường độ kéo uốn (R_{ku}) và các mẫu dầm gãy được dùng để xác định cường độ nén (R_n). Các mẫu trụ 100×200 mm được dùng để xác định độ hút nước (ĐHN) và điện trở suất bề mặt (ĐTSBM). Khi thí nghiệm các mẫu trụ 100×200 mm được cắt thành các lát 100×50 mm.

Các thí nghiệm R_n và R_{ku} được tiến thành theo tiêu chuẩn TCVN 3118:2022 và TCVN 3119:2022, thí nghiệm ĐHN và ĐTSBM được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C642 [21] và AASHTO T 358 [22]. Thí nghiệm xác định R_n, R_{ku}, ĐHN và ĐTSBM được thí nghiệm ở các thời điểm 7, 28, 56 và 90 ngày. Kết quả thí nghiệm của các chỉ tiêu nêu trên là giá trị trung bình của 3 mẫu, riêng cường độ nén là giá trị trung bình của 6 mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bảng 3. Thành phần hỗn hợp BTXM cho 1m^3 và khối lượng thể tích bê tông tươi

Kí hiệu cấp phối	0S0C	25S0C	50S0C	15S10C	30S20C
Xi măng, X (kg)	443,90	443,90	443,90	399,51	355,12
Nước, N (lít)	182,00	199,95	217,51	199,76	217,51
Cát sông, CS (kg)	796,95	531,09	257,69	608,55	412,61
BTBT (kg)	0	199,24	398,48	163,93	327,87
Đá, Đ (kg)	1004,40	1004,40	1004,40	1004,40	1004,40
Siêu dẻo, SD (kg)	4,00	5,77	10,65	5,10	9,32
N/X	0,41	0,45	0,49	0,45	0,49
Khối lượng thể tích bê tông tươi, ρ (kg/m^3)	2507	2450	2406	2441	2393

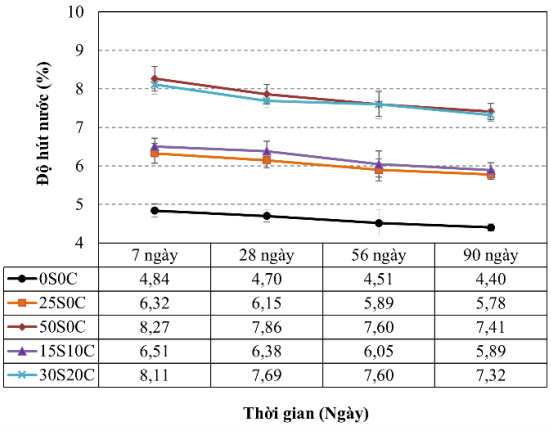
3.1. Khối lượng thể tích của bê tông tươi

Khối lượng thể tích (KLTT) của các hỗn hợp bê tông tươi được thể hiện trên Bảng 3. Kết quả thí nghiệm cho thấy, KLTT của tất cả hỗn hợp bê tông có sử dụng bùn thải bê tông (BTBT) đều nhỏ hơn so với mẫu đối chứng, mẫu không chứa BTBT (0S0C). Khi hàm lượng BTBT càng nhiều thì KLTT càng giảm. KLTT của các hỗn hợp bê tông 25S0C, 50S0C, 15S10C và 30S20C giảm lần lượt 35,2 kg/m^3 (1,41%), 58,8 kg/m^3 (2,36%), và 88,3 kg/m^3 (3,54%) so với hỗn hợp bê tông đối chứng. Nguyên nhân của sự giảm này là do BTBT có khối lượng riêng nhỏ hơn so với cát sông và xi măng.

3.2. Độ hút nước

Hình 3 biểu diễn giá trị độ hút nước (ĐHN) của các hỗn hợp bê tông theo thời gian.

ISBN: 978-604-80-9779-0



	7 ngày	28 ngày	56 ngày	90 ngày
0S0C	4,84	4,70	4,51	4,40
25S0C	6,32	6,15	5,89	5,78
50S0C	8,27	7,86	7,60	7,41
15S10C	6,51	6,38	6,05	5,89
30S20C	8,11	7,69	7,60	7,32

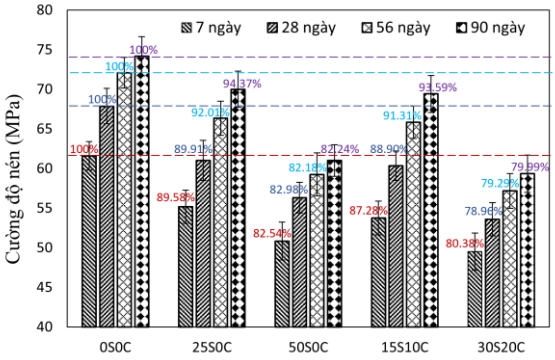
Hình 3. Độ hút nước của các hỗn hợp bê tông theo thời gian

Bê tông đối chứng (0S0S) có ĐHN thấp nhất, trong khi các bê tông chứa bùn thải bê tông (BTBT) có ĐHN tăng dần và tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. ĐHN của các bê tông khi sử dụng BTBT thay thế 25% CS và thay thế 15% CS + 10% XM là gần tương tự nhau; các bê tông khi sử dụng BTBT thay thế 50% CS và thay thế 30% CS + 20% XM cũng tương tự. ĐHN của các mẫu 25S0C và 15S10C tăng khoảng (30,6-35,8)%, của các mẫu 50S0C và 30S20C tăng khoảng (63,7-70,9)% so với mẫu đối chứng 0S0C.

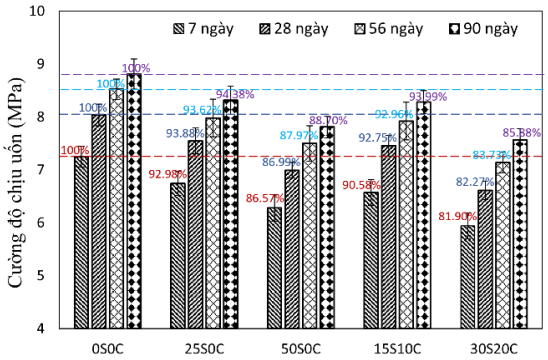
Việc thay thế càng nhiều lượng xi măng hoặc cát bằng BTBT làm tăng độ hút nước của hỗn hợp bê tông. Nguyên nhân có thể lý giải là do BTBT có tính xốp và độ hút nước cao, làm cho độ rỗng của bê tông tăng lên.

3.3. Cường độ uốn và cường độ nén

Hình 4 và Hình 5 biểu diễn giá trị cường độ nén (R_n) và cường độ kéo uống (R_{ku}) của các hỗn hợp BTXM. Các bê tông chứa BTBT đều có cường độ thấp hơn so với bê tông đối chứng 0S0C, sự suy giảm cường độ của các bê tông tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng. Tương tự như độ rỗng, giá trị R_n và R_{ku} của các bê tông 25S0C và 15S10C, cũng như 50S0C và 30S20C là gần tương tự nhau. Cụ thể, R_{ku} và R_n của các mẫu bê tông 25S0C và 15S10C giảm lần lượt tương ứng khoảng (5,6 - 9,4)% và (5,6 - 12,7)%; trong khi R_{ku} và R_n của các bê tông 50S0C và 30S20C giảm lần lượt khoảng (11,3 - 18,1)% và (17 - 21)% so với bê tông đối chứng 0S0C. Tuy nhiên, việc thay thế cả CS và XM bằng BTBT dẫn đến giảm thêm cường độ, hàm lượng XM được thay thế càng nhiều thì sự suy giảm cường độ càng lớn. Hỗn hợp BTXM thay thế 25% CS (25S0C) và bê tông thay thế 15% CS + 10% XM (15S10C) cho giá trị cường độ R_n và R_{ku} ở 90 ngày tuổi cao nhất, đạt khoảng (93 - 94)% giá trị R_n và R_{ku} của mẫu đối chứng.



Hình 4. Cường độ chịu nén của các hỗn hợp bê tông xi măng theo thời gian



Hình 5. Cường độ chịu kéo uốn của các hỗn hợp bê tông xi măng theo thời gian

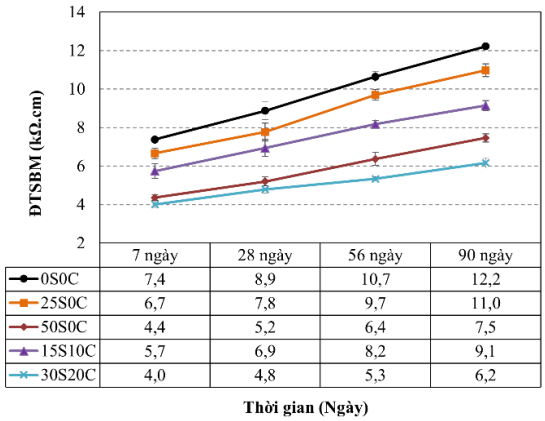
Sự suy giảm cường độ của các bê tông chứa BTBT là do chúng có độ rỗng lớn và nhu cầu nước (tỉ lệ nước/xi măng, N/X) cao hơn so với bê tông đối chứng 0S0C. Kết quả nghiên cứu có xu hướng tương đồng với các nghiên cứu trước đây [11], [12], [16].

Theo yêu cầu thiết kế, cường độ kéo uốn R_{ku} của bê tông dùng để xây dựng mặt đường ô tô phải đạt tối thiểu 4,5 MPa [23], và cường độ nén R_n cho các công trình cầu đường bộ phải đạt ít nhất 28 MPa [24, 25]. Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi quy đổi về mẫu chuẩn lập phương kích thước 150×150×150 mm (TCVN 3118:2022) và mẫu dầm 150×150×600 mm (TCVN 3119:2022), R_{ku} và R_n của các bê tông chứa BTBT đều lớn hơn lớn hơn 6,0 MPa và 50,0 MPa. Do đó, các bê tông sử dụng 25-50% BTBT thay thế cát sông hoặc thay thế cả cát sông và xi măng có thể được ứng dụng trong xây dựng mặt đường ô tô và một số bộ phận trong công trình cầu đường bộ.

3.4. Điện trở suất bề mặt

ĐTSBM, đơn vị tính là kΩ.cm, chỉ khả năng chống lại sự xâm nhập của ion clorua của bê tông. ĐTSBM của các bê tông được thể hiện trên Hình 6.

ISBN: 978-604-80-9779-0



	7 ngày	28 ngày	56 ngày	90 ngày
0S0C	7,4	8,9	10,7	12,2
25S0C	6,7	7,8	9,7	11,0
50S0C	4,4	5,2	6,4	7,5
15S10C	5,7	6,9	8,2	9,1
30S20C	4,0	4,8	5,3	6,2

Hình 6. Điện trở suất bề mặt của các hỗn hợp bê tông theo thời gian

Các bê tông chứa BTBT đều có ĐTSBM nhỏ hơn so với bê tông ĐC, tỉ lệ BTBT càng nhiều thì ĐTSBM càng nhỏ. ĐTSBM của các bê tông 25S0C, 50S0C, 15S10C, 30S20C giảm lần lượt khoảng (8,9-12,5)%, (39-41,4)%, (21,8-25,2)% và (45,7-49,9)% so với bê tông ĐC. ĐTSBM của các bê tông càng nhỏ thể hiện độ thấm ion clo càng cao [23]. ĐTSBM của bê tông đối chứng (0S0C) ở 90 ngày là 12,2 ⩾ 12 kΩ.cm nên được xem là có độ thấm ion clo ở mức trung bình, ĐTSBM của các bê tông khác đều nhỏ hơn 12 kΩ.cm nên được xem là có độ thấm ion clo ở mức cao [23]. Các bê tông chứa BTBT có ĐTSBM thấp là do chúng có độ rỗng lớn như đã phân tích ở trên.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này tập trung vào tìm hiểu ảnh hưởng của bùn thải bê tông (BTBT) thay thế một phần cát sông (CS) và xi măng (XM) đến một số tính chất của bê tông xi măng (BTXM), và khả năng ứng dụng của BTXM sử dụng bùn thải trong các công trình xây dựng. Dựa vào các kết quả nghiên cứu, các kết luận có thể được rút ra như sau:

- Việc thay thế CS hoặc thay thế cả CS và XM bằng bùn thải bê tông (BTBT) làm giảm khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tươi, tỷ lệ giảm tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT sử dụng.

- Độ hút nước của các bê tông chứa BTBT đều cao hơn so với bê tông đối chứng. Mức độ tăng tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT thay thế CS và XM.

- Cường độ nén (R_n) và cường độ kéo uốn (R_{ku}) của các bê tông chứa BTBT đều thấp hơn so với bê tông đối chứng (0S0C), sự suy giảm tỉ lệ thuận với hàm lượng BTBT thay thế CS và XM. Tuy nhiên, các giá trị R_n và R_{ku} của các bê tông chứa BTBT ở 28 ngày tuổi vẫn đáp ứng yêu cầu thiết kế cho mặt đường ô tô và công trình cầu đường bộ khi quy đổi về mẫu chuẩn. Việc thay thế 25% cát sông bằng bùn thải bê tông cho giá trị cường độ R_n và R_{ku} tốt nhất, gần với giá trị Rn và Rku của mẫu đối chứng.

- Điện trở suất bề mặt (ĐTSBM) của các bê tông chứa BTBT đều thấp hơn so với bê tông đối chứng. Hàm lượng BTBT thay thế CS và XM càng nhiều thì ĐTSBM càng nhỏ.

Nghiên cứu cho thấy tính khả thi trong việc tái sử dụng bùn thải bê tông ở các trạm trộn bê tông xi măng, thay thế một phần cát sông và xi măng trong chế tạo BTXM cho xây dựng công trình. Điều này giúp làm giảm ô nhiễm môi trường, mà còn giảm nhu cầu sử dụng các tài nguyên thiên nhiên. Nghiên cứu cũng cho thấy tiềm năng ứng dụng bê tông chứa BTBT trong xây dựng mặt đường ô tô và các bộ phận trong công trình cầu đường bộ, mở ra hướng mới trong việc sử dụng vật liệu nhẹ và tiết kiệm năng lượng. Tuy nhiên, cần có thêm các nghiên cứu sâu về các biện pháp cải thiện tính chống thấm và độ bền của vật liệu này, góp phần vào sự phát triển của công nghệ xây dựng bền vững.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đại học Đà Nẵng trong đề tài có Mã số T2023-06-27.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. De Schepper M, Van den Heede P, Van Driessche I, *De Belie N. Life Cycle Assessment of Completely Recyclable Concrete*. Materials. 2014; 7(8):6010-6027. https://doi.org/10.3390/ma7086010 .

[2]. ERMCO. *European Ready Mixed Concrete Organization*, Ready-Mixed Concrete Industry Statistics: Year 2018. 2019. Available online: https://ermco.eu/wp-content/uploads/2022/10/ERMCO-Statistics-Report-2019-July-2020-FINAL.pdf (Accessed on 18 May 2024).

[3] WU, Meng, et al, Reducing environmental impacts and carbon emissions: Study of effects of superfine cement particles on blended cement containing high volume mineral admixtures. *Journal of cleaner production*, (2018), 196: 358-369. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.079.

[4] POCIUS, Edvinas; NAGROCKIENĖ, Džigita; PUNDIENĖ, Ina, *The influence of concrete sludge from residual concrete on fresh and hardened cement paste properties*, Materials (2023) 16.6: 2531 https://doi.org/10.3390/ma16062531.

[5] RADONJANIN, Vlastimir, et al. *Green recycled aggregate concrete*. Construction and Building materials, 2013, 47: 1503-1511. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.076

[6] KUMAR, Rajesh; SAMANTA, Amiya K.; ROY, DK Singha. Characterization and development of eco-friendly concrete using industrial waste–A Review. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 2014, 8.1: 98-108

[7] VAN HO, Quan; HUYNH, Trong-Phuoc. A comprehensive investigation on the impacts of steel slag aggregate on characteristics of high-performance concrete incorporating industrial by-products. *Journal of Building Engineering*, 2023, 80: 107982.

[8] DE SENSALE, *Gemma Rodriguez. Strength development of concrete with rice-husk ash*. Cement and concrete composites, 2006, 28.2: 158-160.

ISBN: 978-604-80-9779-0

[9] HANIF, Asad, et al. *Properties improvement of fly ash cenosphere modified cement pastes using nano silica*. Cement and Concrete Composites, 2017, 81: 35-48.

[10] Dongxing Xuan, Chi Sun Poon, Wei Zheng, *Management and sustainable utilization of processing wastes from ready mixed concrete plants in construction*: A review, Resources, Conservation & Recycling 136 (2018) 238–247. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.007.

[11] Wudi Feng, Zhen Li, Qing Long, Shengwen Tang, Yunfeng Zhao, *Study on the properties of autoclaved aerated concrete with high content concrete slurry waste*, Developments in the Built Environment 17 (2024) 100338. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100338

[12] Martins, Juliana Vieira, et al., *Influence of replacing Portland cement with three different concrete sludge wastes*, Construction and Building Materials 303 (2021): 124519. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124519.

[13] Audo, Mariane; Mahieux, Pierre-Yves; Turcry, Philippe. *Utilization of sludge from ready-mixed concrete plants as a substitute for limestone fillers*. Construction and Building Materials, 2016, 112: 790-799. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.044

[14] ZERVAKI, Monika; Leptokaridis, Christos; Tsimas, Stamatis. Reuse of by-products from ready-mixed concrete plants for the production of cement mortars. *Journal of sustainable development of energy, water and environment systems*, 2013, 1.2: 152-162. http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.2013.01.0011

[15] Pocius, Edvinas; NAGROCKIENĖ, Džigita; PUNDIENĖ, Ina. *The influence of concrete sludge from residual concrete on fresh and hardened cement paste properties*. Materials, 2023, 16.6: 2531.

[16] Correia, S. L., et al. *Assessment of the recycling potential of fresh concrete waste using a factorial design of experiments*. Waste management, 2009, 29.11: 2886-2891.

[17] Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/8/2020, *Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050*.

[18] Thủ tướng Chính phủ, Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26 tháng 3 năm 2021, *Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong công trình xây dựng*.

[19] ASTM C494: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.

[20] ACI 211.1, *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal weight, and Mass Concrete* (ACI 211.1-91) Reapproved 1997.

[21] ASTM C642:21, *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA (2021)

[22] AASHTO T 358, *Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration* (2019).

[23] TCCS 40:22/TCĐBVN, *Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông*.

[24] TCVN 11823:17, *Thiết kế cầu đường bộ*.

[25] TCVN 12885:20, *Thi công cầu đường bộ*.

ISBN: 978-604-80-9779-0

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
University of Technology and Education

Đà Nẵng, ngày 28 tháng 6 năm 2024

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

XÁC NHẬN:

Sinh viên:

Trần Trọng Hiếu	21XC1
Lê Ngọc Long	21XH1
Bùi Ngọc Vấn	22XD2

Khoa: Kỹ thuật Xây dựng

Đã hoàn thành đề tài sinh viên nghiên cứu khoa học
của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật năm 2024

Tên đề tài: Nghiên cứu sử dụng bùn thải bê tông từ trạm trộn bê tông ở khu vực Đà Nẵng thay thế một phần cát sông trong bê tông

Mã số: SV2024-75

Giảng viên hướng dẫn: Trần Thị Phương Huyền

KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

PGS. TS. Võ Trung Hùng

• 48 Cao Thang Str., Danang City, Vietnam
• Tel : (84) 236. 3822571 / 3532501
• Fax: (84) 236. 3894884
• Email:dhspktdn@ute.udn.vn
• Web: www.ute.udn.vn