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 BÊ TÔNG BỌT NHẸ CẤP B3.5 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO TẤM TƯỜNG ĐÚC SẴN

Mã số: T2023 - 06 - 18

Chủ nhiệm đề tài: **ThS. Đoàn Vĩnh Phúc**
Đơn vị: **Khoa Kỹ thuật Xây dựng**
Chương trình đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật Xây dựng

Đà Nẵng, 07/2025

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 BÊ TÔNG BỌT NHẸ CẤP B3.5 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO TẤM TƯỜNG ĐÚC SẴN

Mã số: T2023 - 06 - 18

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài	Chủ nhiệm đề tài
KT. HIỆU TRƯỞNG PHÓ HIỆU TRƯỞNG	
PGS. TS. Võ Trung Hùng	ThS. Đoàn Vĩnh Phúc

DANH SÁCH THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI

STT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn
	TS. Nguyễn Tấn Khoa	Khoa Kỹ thuật Xây dựng – trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đà Nẵng – Vật liệu Xây dựng
	PGS.TS. Nguyễn Thế Dương	Khoa Kỹ thuật Xây dựng – trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đà Nẵng – Kỹ thuật Xây dựng

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU **1**
1. Tính cấp thiết của đề tài 1
2. Mục tiêu nghiên cứu 2
3. Nội dung nghiên cứu 2
4. Phạm vi nghiên cứu 2
5. Phương pháp nghiên cứu 2
6. Kết cấu của đề tài 2
7. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài 3

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU **4**
1.1. Giới thiệu về bê tông nhẹ 4
1.1.1. Định nghĩa về bê tông nhẹ và bê tông bọt nhẹ *4*
1.1.2. Phân loại bê tông nhẹ. *4*
1.1.3. Vật liệu chế tạo bê tông bọt nhẹ *4*
1.1.4. Các ưu điểm của bê tông bọt nhẹ so với bê tông thường *6*
1.2. Tổng quan các nghiên cứu về bê tông bọt nhẹ trên thế giới 6
1.2.1. Các tính chất của bê tông bọt nhẹ *6*
1.2.2. Các nghiên cứu khác về bê tông bọt nhẹ trên thế giới *14*
1.3. Tổng quan các nghiên cứu về bê tông nhẹ ở Việt Nam 16
1.4. Kết luận chương 1 28

CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU CHẾ TẠO VÀ KẾ HOẠCH THÍ NGHIỆM BÊ TÔNG NHẸ BỌT KHÍ **29**
2.1. Vật liệu chế tạo 29
2.1.1. Cốt liệu *29*
2.1.2. Xi măng *30*
2.1.3. Phụ gia tạo bọt *30*
2.1.4. Phụ gia giảm nước *31*
2.2. Kế hoạch thí nghiệm 32
2.2.1. Thành phần cấp phối bê tông bọt nhẹ *32*
2.2.2. Công tác chuẩn bị và chế tạo mẫu *32*
2.2.3. Phương pháp thí nghiệm *34*

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT BÊ TÔNG TƯƠI VÀ TÍNH CHẤT ĐÓNG RẮN CỦA BÊ TÔNG NHẸ D900 ..... **37**
3.1. Tính công tác 37
3.2. Cường độ chịu nén 38
3.3. Xung vận tốc siêu âm 40

3.4. Độ hút nước của BTB 42
3.5. Điện trở suất bề mặt của bê tông bọt 44
3.6. Ứng dụng bê tông bọt nhẹ trong chế tạo tấm tường công trình xây dựng 46
3.7. Đề xuất các cấp phối bê tông nhẹ cho một số kết cấu dùng trong xây dựng công trình dân dụng 49
KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ 50
1. Kết luận 50
2. Kiến nghị 50
TÀI LIỆU THAM KHẢO 52
Thuyết minh đề tài nghiên cứu khoa học .....
Hợp đồng triển khai đề tài .....
Đơn đề nghị gia hạn thời gian thực hiện đề tài KHCN cấp trường .....
Báo cáo tình hình thực hiện đề tài KHCN cấp trường .....
Phụ lục Hợp đồng lần 2 (Hợp đồng gia hạn) .....
Bảng Mục lục minh chứng sản phẩm của đề tài .....
Bộ minh chứng sản phẩm của đề tài .....

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1. 1. Cường độ nén và khối lượng thể tích khô của bê tông bọt theo TCVN 9029-2017 7
Bảng 1. 2. Tính công tác của BTB dựa trên độ chảy [20] 9
Bảng 1. 3. Độ rỗng của bê tông bọt nhẹ ở các nghiên cứu khác nhau 13
Bảng 1. 4. Thành phần cấp phối BTB [51] 24
Bảng 1. 5. Độ hút nước của các cấp phối bê tông bọt 25
Bảng 1. 6. Thành phần cấp phối của các loại BTB 27
Bảng 1. 7. Vận tốc truyền xung siêu âm (m/s) 28
Bảng 2. 1. Các chỉ tiêu vật lý và hóa học của cát nghiền và cát mịn 29
Bảng 2.2. Thành phần hạt của cát mịn 29
Bảng 2.3. Thành phần hóa của xi măng 30
Bảng 2. 4. Các chỉ tiêu cơ, lý của xi măng PCB40 Sông Gianh 30
Bảng 2. 5. Thông số kỹ thuật của phụ gia tạo bọt EABASSOC – NEPOR 31
Bảng 2. 6. Thông số kỹ thuật của phụ gia giảm nước LOTUS-E339P 31
Bảng 2. 7. Thành phần cấp phối bê tông bọt nhẹ 32
Bảng 3. 1. Cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian 38
Bảng 3. 2. Xung vận tốc siêu âm của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian 40
Bảng 3. 3. Độ hút nước của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian 42
Bảng 3. 4. Điện trở suất của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian 44
Bảng 3. 5. Bảng đánh giá khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của các cấp phối bê tông bọt nhẹ theo TCVN 9029:2017 46
Bảng 3. 6. Thông số mô hình thử nghiệm tấm bê tông nhẹ D900 cấp B3.5 47

DANH MỤC HÌNH

Hình 1. 1. (a) Ảnh SEM của mẫu đối chứng không chứa chất tạo bọt hoặc bọt khí, (b) Ảnh SEM của mẫu BTB [31]. 12
Hình 1. 2. Cường độ chịu nén của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau [50] 20
Hình 1. 3 Độ hút nước của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau [50] 21
Hình 1. 4. Cường độ chịu nén của LFC 22
Hình 1. 5. Cường độ chịu uốn của LFC 23
Hình 1. 6. UPV của LFC 24
Hình 1. 7. Cường độ chịu nén 25
Hình 1. 8. Cường độ chịu uốn 25
Hình 1. 9. Xung vận tốc siêu âm 25
Hình 1. 10. Quan hệ giữa xung vận tốc siêu âm và thể tích khô 27
Hình 2. 1. Cát mịn 30
Hình 2. 2. Một số loại khuôn đúc mẫu thí nghiệm 33
Hình 2. 3. Công tác trộn và đúc mẫu các loại vữa 34
Hình 2. 4. Hình ảnh thí nghiệm đo độ lưu động của bê tông bọt 35
Hình 2. 5. Hình ảnh thí nghiệm đo xung vận tốc siêu âm 36
Hình 2. 6. Hình ảnh thí nghiệm đo điện trở suất 36
Hình 3. 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ C/S đến độ chảy của các hỗn hợp bê tông bọt nhẹ 37
Hình 3. 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ C/S đến cường độ chịu nén của bê tông bọt 39
Hình 3. 3. Cấu trúc lỗ rỗng của bê tông C2.5S1 và C3S1 40
Hình 3. 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ XM/C đến xung vận tốc siêu âm của bê tông bọt nhẹ . 41
Hình 3. 5. Quan hệ giữa xung vận tốc siêu âm và cường độ chịu nén 42
Hình 3. 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ XM/C đến độ hút nước của bê tông bọt nhẹ 43
Hình 3. 7. Điện trở suất bề mặt các hỗn hợp bê tông bọt D900 45
Hình 3. 8. Mô hình tấm bê tông nhẹ 48
Hình 3. 9. Kích thước của tấm bê tông nhẹ 48

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

BTB	:	Bê tông bọt nhẹ
BTT	:	Bê tông thường
BĐV	:	Bột đá vôi
CKD	:	Chất kết dính
EPS	:	Hạt polystyrene
GGBFS	:	Xỉ lò cao nghiền mịn
TB	:	Tro bay
HM	:	Hạt mịn
LFC	:	Bê tông bọt nhẹ
MS	:	Muội silic
N/CKD	:	Tỷ lệ nước trên chất kết dính
N/X	:	Tỷ lệ nước trên xi măng
PGK	:	Phụ gia khoáng
PGSD	:	Phụ gia siêu dẻo
PP	:	Polypropylene
RCA	:	Cốt liệu tái chế
rEPS	:	Polystyrene tái chế
SA	:	Phụ gia đông kết nhanh
SF	:	Silica Fume
SEM	:	Kính hiển vi điện tử
UPV	:	Xung vận tốc siêu âm
XL	:	Xỉ lò cao nghiền mịn

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:

- Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn
- Mã số: T2023 - 06 - 18
- Chủ nhiệm: Đoàn Vĩnh Phúc
- Thành viên tham gia: Nguyễn Tấn Khoa, Nguyễn Thế Dương
- Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
- Thời gian thực hiện: từ 03/2024 đến 08/2025

2. Mục tiêu:

- Chế tạo được loại bê tông bọt nhẹ D900 (Khối lượng riêng 900 kg/m^3) có cường độ chịu nén đạt cấp B3,5 (3,5 MPa ở 28 ngày phù hợp với TCVN 9029:2017).
- Tối ưu được các thành phần vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông bọt nhẹ, chế tạo được tấm bê tông nhẹ ở Phòng thí nghiệm với cấp phối nghiên cứu.

3. Tính mới và sáng tạo:

Nghiên cứu được loại bê tông bọt nhẹ D900 đáp ứng được điều kiện kỹ thuật về bê tông nhẹ theo TCVN 9029:2017 và đề xuất được ứng dụng loại bê tông này cho kết cấu tấm tường bê tông nhẹ

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

Nghiên cứu này đã xác định được cấp phối bê tông bọt D900 với tỷ lệ C/S 2.5/1 mang lại đặc tính tối ưu về cường độ, vận tốc siêu âm và độ hút nước. Đồng thời, điện trở suất bề mặt tăng theo thời gian bảo dưỡng và tỷ lệ C/S. Kết quả cho thấy bê tông nhẹ từ B2.5 đến B3.5 có thể được ứng dụng rộng rãi làm vách ngăn, tường bao và vật liệu cách âm, cách nhiệt trong xây dựng, đặc biệt có thể chế tạo tấm bê tông bọt nhẹ đúc sẵn cho tường ngăn với cấp B3.5.

5. Tên sản phẩm:

- 01 bài báo đăng trên IEEE, Hội thảo Công trình xanh AtiGB 2024 lần thứ 8;
- 01 báo cáo tổng kết đề tài
- 01 mô hình tấm bê tông bọt nhẹ được chế tạo ở phòng thí nghiệm

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

- **Hiệu quả khoa học**: đề tài sẽ là cơ sở khoa học cho việc ứng dụng bê tông nhẹ trong các lĩnh vực của công trình xây dựng, tạo điều kiện thúc đẩy việc áp dụng khoa học công nghệ để tạo ra các sản phẩm bê tông bọt nhẹ cho công trình xây dựng.
- **Hiệu quả đào tạo:** góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của các cán bộ nghiên cứu, cung cấp tài liệu khoa học có giá trị phục vụ cho công tác nghiên cứu liên quan

đến vật liệu mới và là tài liệu tham khảo có giá trị trong đào tạo ngành XD tại ĐH Đà Nẵng.

- **Hiệu quả kinh tế và môi trường:** Ứng dụng bê tông bọt trong công trình xây dựng cho các kết cấu tấm tường giúp tăng hiệu quả cách âm, cách nhiệt làm tăng hiệu quả tiết kiệm năng lượng đáng kể cho công trình xây dựng.

7. Hình ảnh sản phẩm mô hình

Sản phẩm là mô hình tấm bê tông nhẹ sử dụng cấp phối nghiên cứu tại PTN

Bảng 1. Thông số mô hình thử nghiệm tấm bê tông nhẹ D900 cấp B3.5

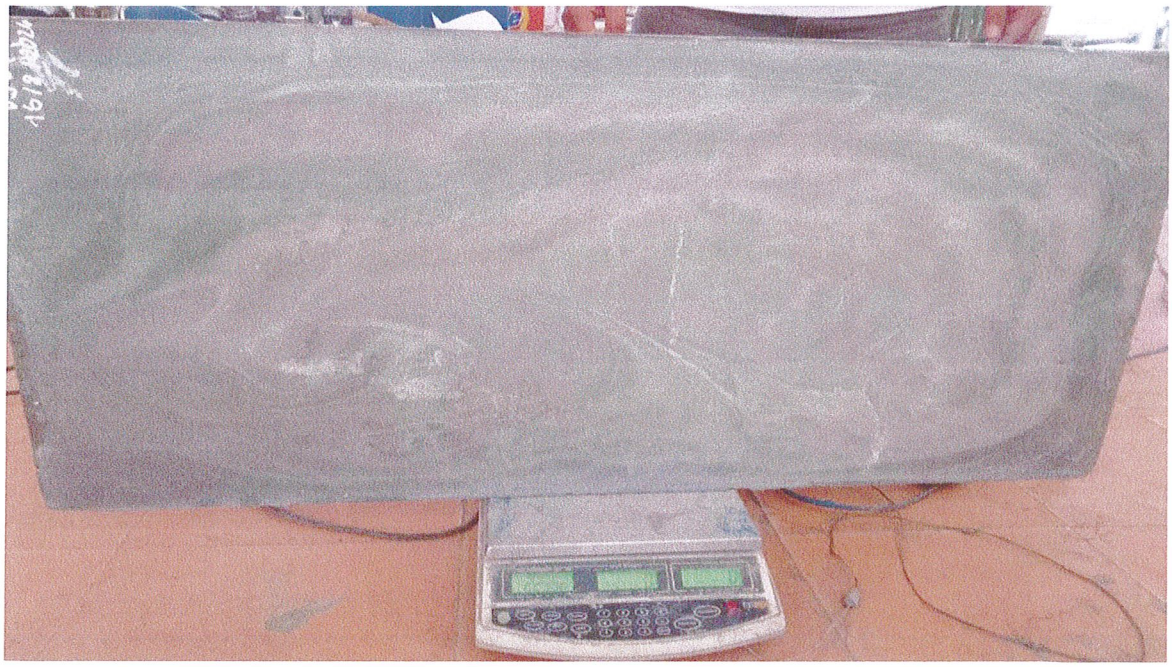
STT	Thông số	Giá trị
1	Dài x rộng x độ dày	1200x600x40 mm
2	Khối lượng	22,6 kg
3	Cường độ mẫu nén ở 7 ngày	4 MPa
4	Cường độ mẫu nén ở 28 ngày	5,65 MPa

Hình 1. Mặt trước tấm bê tông nhẹ

Hình 2. Mặt sau tấm bê tông nhẹ

a) Chiều rộng b) Chiều dày c) Chiều cao

Hình 3. Kích thước của tấm bê tông nhẹ



Hình 4. Khối lượng của tấm bê tông nhẹ

Ngày 13 tháng 9 năm 2025

TM. Hội đồng Khoa	**Chủ nhiệm đề tài**
Chủ tịch	
TS. Phan Tiến Vinh	**ThS. Đoàn Vĩnh Phúc**

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

KT. HIỆU TRƯỞNG

PHÓ HIỆU TRƯỞNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

PGS. TS. Võ Trung Hùng

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Study on B3.5 grade lightweight foam concrete for application in manufacturing precast wall panels.

Code number: T2023-06-18

Coordinator: Đoàn Vĩnh Phúc

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

Duration: from 03/2023 to 08/2024

2. Objective(s):

To fabricate D900 lightweight foam concrete (density of 900 kg/m^3) that achieves a B3.5 compressive strength grade (3.5 MPa at 28 days), in accordance with TCVN 9029:2017.

To optimize the material composition for producing lightweight foam concrete and to fabricate lightweight concrete panels in the laboratory using the researched mix design.

3. Creativeness and innovativeness:

Developing a D900 lightweight foam concrete that meets the technical requirements for lightweight concrete in accordance with TCVN 9029:2017, and proposing the application of this concrete for lightweight wall panel structures

4. Research results:

This study identified that a D900 foamed concrete mix proportion with a C/S ratio of 2.5/1 yields optimal properties in terms of strength, ultrasonic pulse velocity, and water absorption. Concurrently, surface resistivity increased with curing time and the C/S ratio. The results indicate that lightweight concrete ranging from B2.5 to B3.5 can be widely applied as partitions, exterior walls, and sound and thermal insulation materials in construction, specifically allowing for the fabrication of prefabricated lightweight foamed concrete panels for partition walls at grade B3.5.

5. Products:

- 01 scientific paper published in the Proceedings of the Scientific Conference and Application of New Technology in the 8th IEEE Green Building (ATiGB).
- 01 report summarizing the topic.
- 01 Lightweight concrete slab model experimentally cast in the Laboratory

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

- Scientific Effectiveness: The research will serve as a scientific basis for the application of lightweight concrete in various fields of construction, facilitating the promotion of scientific and technological advancements to create lightweight foamed concrete products for construction projects.

- Educational Effectiveness: It contributes to enhancing the research capacity of researchers, provides valuable scientific documentation for research related to new materials, and serves as a valuable reference material for civil engineering training at the University of Danang.

- Economic and Environmental Effectiveness: The application of foamed concrete in construction for wall panel structures helps to improve sound and thermal insulation, significantly increasing energy saving efficiency for construction projects."

7. Image of the product model

The product is a lightweight concrete panel model using the mix design developed at the laboratory

Table 1. Specifications of the D900 grade B3.5 lightweight concrete panel test model

STT	Specifications	Value
1	Length x width x Thickness	1200x600x40
2	Weight	22,6 kg
3	The compressive strength of lightweight concrete at 7 days	4 MPa
4	The compressive strength of lightweight concrete at 28 days	5.65 MPa

Figure 1. Front view of the lightweight concrete panel

Figure 2. Back side of the lightweight concrete panel

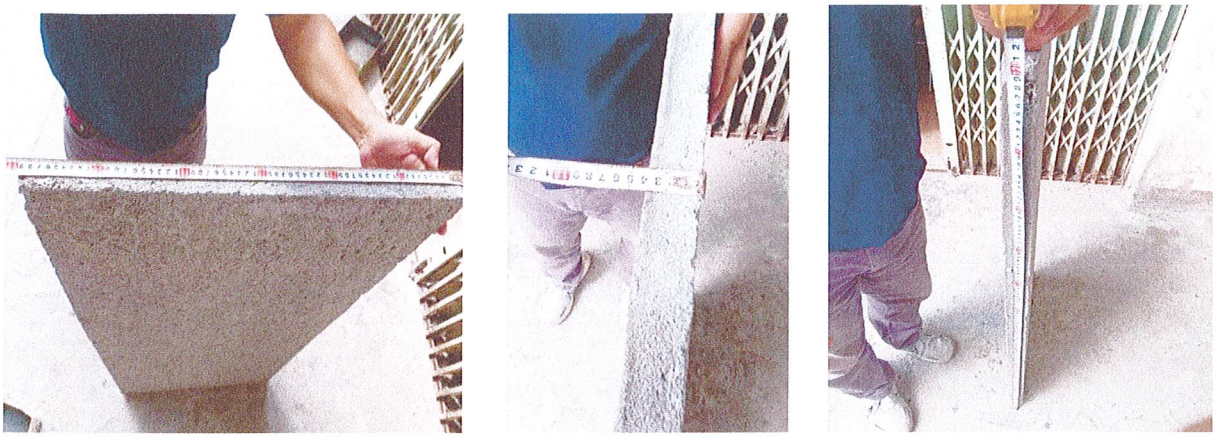


Figure 3. The width, thickness, length of lightweight concrete panel

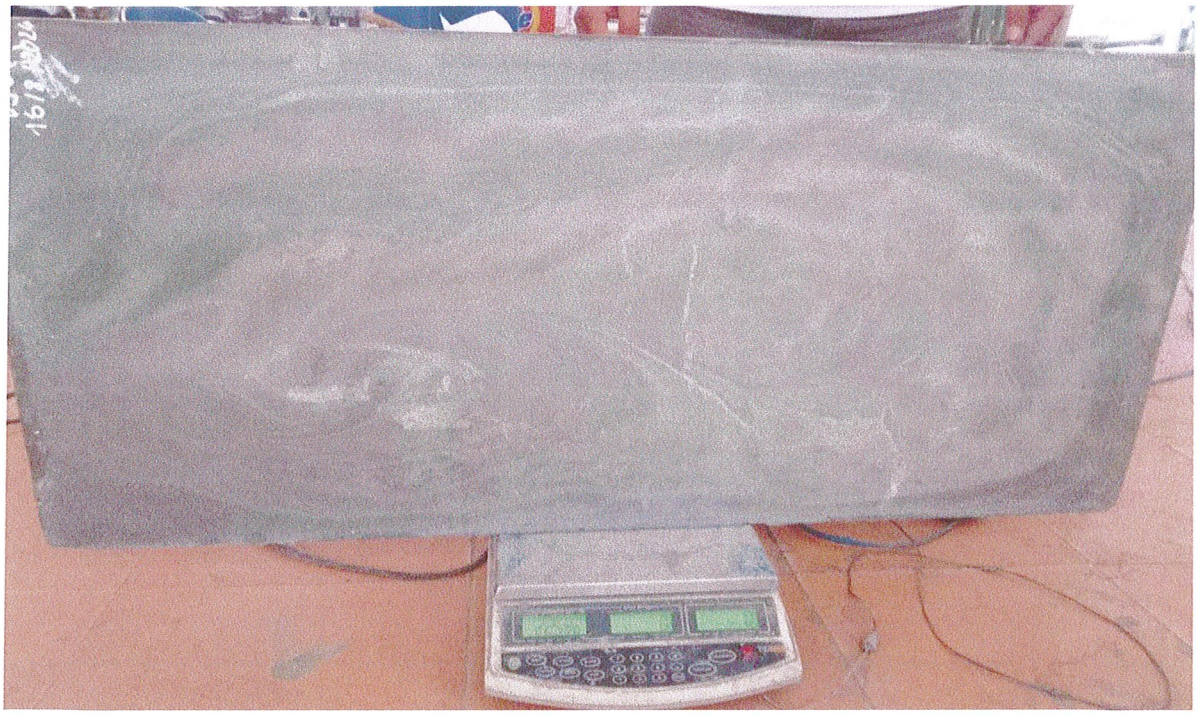


Figure 4. The weight of lightweight concrete panel

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Bê tông nhẹ với đặc tính khối lượng thể tích thấp, khả năng cách âm, cách nhiệt tốt và có khả năng sử dụng được các loại thải phẩm công nghiệp trong việc chế tạo nên đang được quan tâm ứng dụng trong ngành xây dựng [1-3]. Khả năng cách âm, cách nhiệt của bê tông nhẹ làm giảm tiêu thụ năng lượng trong việc làm mát và sưởi ấm, tiết kiệm được chi phí hoạt động của công trình [1]. Công trình sử dụng bê tông nhẹ giúp giảm tĩnh tải cho công trình, giảm chi phí kết cấu móng, kết cấu gia cố [4]. Bằng cách điều chỉnh tỷ lệ các thành phần vật liệu, bê tông nhẹ có thể đáp ứng các yêu cầu cụ thể về trọng lượng và tính chất cơ học, làm cho nó trở thành một vật liệu linh hoạt và đa dạng. Bê tông nhẹ cần ít lượng vật liệu sử dụng so với bê tông thông thường, từ đó giảm chi phí vật liệu xây dựng và chi phí vận chuyển.

Việc chế tạo bê tông nhẹ có nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp sử dụng cốt liệu nhẹ, sử dụng hạt xốp, làm nhẹ bằng công nghệ bê tông bọt khí chưng áp và làm nhẹ bằng công nghệ tạo bọt [5-7]. Trong các phương pháp chế tạo bê tông nhẹ trên thì bê tông nhẹ chế tạo bằng công nghệ tạo bọt có tính linh động cao, ít phụ thuộc vào công nghệ máy móc cũng như nhập các loại cốt liệu đắt tiền và dễ kiểm soát việc thi công. Bê tông bọt nhẹ dễ thi công, có thể ứng dụng trong việc chế tạo gạch nhẹ, tấm tường vách ngăn, tường bao che, thậm chí là tường chịu lực tương tự như gạch thông thường. Việc bê tông bọt nhẹ có thể chế tạo kết cấu ở dạng đúc sẵn và lắp ráp tại công trường giúp việc thi công công trình trở nên nhanh hơn, không gian thi công sạch sẽ và gọn gàng hơn.

Bê tông bọt nhẹ (BTB) là loại vật liệu xây dựng có khối lượng thể tích thấp được tạo thành từ hỗn hợp xi măng, cát mịn, nước và chất tạo bọt, với cấu trúc đặc trưng là hệ thống lỗ rỗng phân bố đều trong khối vật liệu [1, 8]. Trên thế giới, BTB cũng đã được quan tâm nghiên cứu tập trung ứng dụng cho các công trình xây dựng hiện đại và hướng đến sự phát triển bền vững, bảo vệ môi trường [1]. Các loại phụ phẩm công nghiệp như tro bay (TB), silica fume (SF) được tái sử dụng trong BTB không những giúp giảm thiểu chất thải mà còn cải thiện một số tính chất cường độ, độ bền và độ chống thấm của BTB [2, 9]. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về BTB đã có sự phát triển trong thời gian gần đây tập trung vào đánh giá các tính chất cơ lý, khả năng chịu lực và ứng dụng loại bê tông

này trong các kết cấu đúc sẵn, kết cấu thi công lắp ghép, tường ngăn, sàn nhẹ và kết cấu chịu tải trọng thấp, vv.

Bê tông bọt nhẹ với nhiều ưu điểm khi ứng dụng cho công trình xây dựng, bê tông nhẹ cấp B3.5 với mức cường độ chịu nén phù hợp cho việc ứng dụng trong nhiều cấu kiện xây dựng đặc biệt là cấu kiện tấm tường đúc sẵn, do đó đề tài "Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn" là rất cấp thiết và có tính thực tiễn cao.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Chế tạo được loại bê tông bọt nhẹ D900 (Khối lượng riêng 900 kg/m^3) có cường độ chịu nén đạt cấp B3,5 (3,5 MPa ở 28 ngày phù hợp với TCVN 9029:2017).
- Tối ưu được các thành phần vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông bọt nhẹ, chế tạo được tấm bê tông bọt nhẹ ở Phòng thí nghiệm với cấp phối nghiên cứu.

3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tổng quan về bê tộng bọt nhẹ ở Việt Nam và thế giới
- Nghiên cứu về vật liệu chế tạo và thiết kế bê tông bọt nhẹ
- Nghiên cứu về các tính chất bê tông tươi và bê tông bọt nhẹ D900 hướng đến cấp B3.5 theo TCVN 9029:2012
- Nghiên cứu chế tạo tấm bê tông bọt nhẹ đúc sẵn và đề xuất ứng dụng cho một số kết cấu công trình xây dựng

4. Phạm vi nghiên cứu

➢ Đối tượng nghiên cứu

Bê tông bọt nhẹ có cấp cường độ B3.5

➢ Phạm vi nghiên cứu

Tập trung chế tạo loại Bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 phù hợp TCVN 9029:2012

Ứng dụng cho tấm tường đúc sẵn

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm, phân tích đánh giá các tính chất của bê tông bọt D900 cấp B3.5

6. Kết cấu của đề tài

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan các vấn đề nghiên cứu

Chương 2: Vật liệu chế tạo và kế hoạch thí nghiệm bê tông bọt nhẹ

Chương 3: Nghiên cứu tính chất bê tông tươi và tính chất đóng rắn của bê tông nhẹ D900

Kết luận và kiến nghị

7. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài

- ***Ý nghĩa khoa học:***

Đề tài sẽ là cơ sở khoa học cho việc ứng dụng bê tông bọt nhẹ trong các lĩnh vực của công trình xây dựng.

- ***Ý nghĩa thực tiễn***

Đề tài tạo điều kiện thúc đẩy việc áp dụng khoa học công nghệ để tạo ra các sản phẩm bê tông bọt nhẹ cho công trình xây dựng.

Đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của các cán bộ nghiên cứu, cung cấp tài liệu khoa học có giá trị phục vụ cho công tác nghiên cứu liên quan đến vật liệu mới

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Giới thiệu về bê tông nhẹ

1.1.1. Định nghĩa về bê tông nhẹ và bê tông bọt nhẹ

Bê tông nhẹ là một loại bê tông có khối lượng riêng thấp hơn đáng kể so với bê tông thông thường. Khối lượng thể tích của nó thường nằm trong khoảng 400–1800 kg/m³ [6]. Nguyên tắc cơ bản để giảm tỷ trọng của bê tông là tạo khoảng trống (lỗ rỗng) trong cấu trúc vữa hoặc sử dụng các loại cốt liệu nhẹ [5]. Ví dụ, bê tông bọt được tạo ra bằng cách đưa các lỗ rỗng khí vào vữa xi măng, trong khi bê tông polystyrene (EPS-C) sử dụng hạt polystyrene nở làm cốt liệu nhẹ [5].

Bê tông bọt nhẹ (BTB) là một dạng bê tông nhẹ đặc biệt, nổi bật nhờ khối lượng thể tích nhỏ do chứa một lượng lớn lỗ rỗng khí bên trong cấu trúc của nó [4]. Những lỗ rỗng này được tạo ra thông qua việc sử dụng chất tạo bọt [8] hoặc bằng phản ứng hóa học [10]

1.1.2. Phân loại bê tông nhẹ.

Bê tông nhẹ được phân loại dựa trên phương pháp tạo rỗng hoặc loại cốt liệu sử dụng:

- Bê tông bọt: Được tạo ra bằng cách đưa bọt khí được định hình sẵn vào hỗn hợp bê tông [6].
- Bê tông nhẹ cốt liệu rỗng polystyrene : Sử dụng hạt polystyrene nở (EPS) làm cốt liệu nhẹ đưa vào bê tông để gảm trọng lượng [11].
- Bê tông nhẹ sử dụng cenosphere từ tro bay: Sử dụng các hạt vi cầu rỗng từ tro bay làm cốt liệu nhẹ cho bê tông [2].

Với phạm vi nghiên cứu đề tài này tập trung chủ yếu vào loại bê tộng bọt nhẹ

1.1.3. Vật liệu chế tạo bê tông bọt nhẹ

Các vật liệu để chế tạo BTB bao gồm các vật liệu kết dính, chất tạo bọt, cốt liệu, nước và các phụ gia hóa học khác

a) **Chất kết dính**:

Chất kết dính trong BTB thường là xi măng Portland. Ngoài ra để thúc đẩy tái sử dụng chất thải công nghiệp và cải thiện một số đặc tính, TB từ các nhà máy nhiệt điện, SF, bột đá vôi (BĐV) hoặc xỉ lò cao nghiền mịn (XL) thường được sử dụng để thay thế một phần xi măng

b) **Chất tạo bọt**:

Chất tạo bọt trong chế tạo BTB là một loại phụ gia hóa học có khả năng tạo ra các bọt khí nhỏ ổn định khi trộn với hỗn hợp bê tông. Đây là các chất hoạt tính bề mặt tương

thích với hệ xi măng, giúp sinh ra bọt khí tạo thành các lỗ rỗng trong khối bê tông, làm cho hỗn hợp bê tông trương nở, có trọng lượng nhẹ và dễ chảy hơn

Các đặc điểm chính của chất tạo bọt bê tông bọt gồm:

- Tạo ra bọt khí mịn, đều và ổn định dưới tác động của khí nén hoặc khuấy trộn mạnh.
- Bọt khí này khi được pha trộn vào vữa bê tông giúp giảm tỷ trọng bê tông, tiết kiệm nguyên liệu và giảm tải trọng lên kết cấu công trình.
- Giúp bê tông có đặc tính cách nhiệt, cách âm và chống thấm tốt hơn.
- Không cần thiết bị đầm rung vì bọt khí tạo cấu trúc dạng tổ ong kín bên trong bê tông, giữ độ bền vững cao

Các loại chất tạo bọt phổ biến trong chế tạo bê tông bọt chủ yếu bao gồm:

- Chất tạo bọt tổng hợp: Đây là loại phổ biến nhất hiện nay do dễ xử lý, giá thành rẻ và có thể lưu trữ lâu dài. Ví dụ tiêu biểu là chất tạo bọt EABASSOC, được sử dụng rộng rãi trong sản xuất bê tông nhẹ EPS và bê tông bọt khí. Chất này tạo ra bọt khí trắng, mịn, ổn định và bền vững khi trộn vào hỗn hợp bê tông, giúp giảm trọng lượng và tăng độ cách nhiệt, cách âm của bê tông.
- Chất tạo bọt protein thủy phân: Loại này có độ bền và hiệu suất cao hơn so với chất tổng hợp nhưng thường có giá thành đắt hơn. Protein thủy phân tạo bọt với cấu trúc bọt khí rất chắc chắn, phù hợp cho ứng dụng đòi hỏi độ bền cao.
- Chất tạo bọt vô cơ và hữu cơ: Ngoài ra, còn có các chất tạo bọt vô cơ hoặc hữu cơ khác, ví dụ như chất tạo bọt của BTB siêu nhẹ Trần Lượng, tạo ra các bọt khí kích thước nhỏ đến mức micromet, giúp cấu trúc bê tông bền vững và có tính năng cách âm, cách nhiệt tốt hơn

Tiêu chuẩn quốc gia như TCVN 10654:2015 quy định phương pháp thử chất tạo bọt cho BTB để đảm bảo chất lượng và độ ổn định của bọt khí trong bê tông

c) Cốt liệu:

Trong BTB, cốt liệu sử dụng là các loại cốt liệu có kích thước từ 5 mm trở xuống. Thông thường sử dụng các loại cát hạt mịn nhỏ hơn 1 mm. Cát mịn giúp tạo độ đồng nhất cho hỗn hợp và tăng cường tính cơ học cho bê tông. Đôi khi có thể dùng cát có kích thước từ 0,14 đến 2,5 mm tùy yêu cầu kỹ thuật.

Việc lựa chọn kích thước hạt cát phù hợp (ví dụ: 0,14-0,63 mm) là cần thiết để tránh hiện tượng phân tầng và mất ổn định thể tích.

d) Nước:

Nước máy là loại nước tiêu chuẩn được sử dụng để trộn bê tông.

e) Phụ gia khác:

Để chế tạo BTB một số phụ gia khác thường được sử dụng như

- Phụ gia siêu dẻo (PGSD) thường được thêm vào để giảm lượng nước cần dùng trong hỗn hợp đồng thời tăng tính công tác.
- Trong một số loại BTB có cấu trúc rỗng biến đổi, bụi nhôm phế thải và dung dịch NaOH được sử dụng như chất tạo khí để điều chỉnh cấu trúc lỗ rỗng.
- Phụ gia điều chỉnh độ nhớt cũng có thể được sử dụng để hạn chế sự phân tầng của hỗn hợp BTB có khối lượng thể tích thấp.

f) Sợi:

Các loại sợi khác nhau như Sợi polypropylene, sợi Sợi Polyethylene hay sợi thủy tinh được thường được sử dụng kết hợp vào BTB để cải thiện đáng kể cường độ chịu nén và đặc biệt là cường độ chịu uốn, cũng như khả năng ngăn ngừa và chống lại sự lan truyền vết nứt.

1.1.4. Các ưu điểm của bê tông bọt nhẹ so với bê tông thường

Bê tông bọt nhẹ được ứng dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng nhờ nhiều ưu điểm vượt trội so với bê tông thông thường. Các ứng dụng chính của loại vật liệu này bao gồm:

- Giảm tải trọng công trình và chi phí xây dựng: BTB có khối lượng thể tích thấp hơn đáng kể so với bê tông thường (BTT), giúp giảm tĩnh tải cho toàn bộ kết cấu, từ đó tiết kiệm chi phí cho phần nền móng và gia cố, giảm quy mô và kích thước phần móng, và có thể giúp tăng diện tích hoặc số tầng của công trình. Điều này cũng tiết kiệm chi phí vận chuyển, thi công và lắp đặt.
- Cách âm và cách nhiệt hiệu quả: BTB được biết đến là vật liệu có khả năng cách âm và cách nhiệt tốt nhờ chứa nhiều lỗ rỗng khí. Việc áp dụng BTB giúp giảm lượng điện năng tiêu thụ trong các tòa nhà, cải thiện điều kiện vi khí hậu và tiết kiệm năng lượng. Hệ số truyền nhiệt của bê tông bọt nhẹ thấp hơn nhiều so với BTT (0,362-0,387 W/m.K so với 1,3-2,9 W/m.K).
- Ứng dụng trong các cấu kiện ít và không chịu lực: BTB được dùng làm vách ngăn, tường bao che. Bê tông cách nhiệt kết cấu thường có tỷ trọng từ 400-900 kg/m^3 và cường độ chịu nén thấp hơn 15 MPa. Ngoài ra BTB còn được dùng trong kết cấu sàn với vai trò lớp cách nhiệt cho các sàn mái.

1.2. Tổng quan các nghiên cứu về bê tông bọt nhẹ trên thế giới

1.2.1. Các tính chất của bê tông bọt nhẹ

a) Khối lượng thể tích:

Với BTB, có 2 giá trị khối lượng thể tích cần quan tâm là khối lượng thể tích tươi và khối lượng thể tích khô. Khối lượng thể tích tươi ước tính chính xác lượng thành phần cần thiết cho thiết kế hỗn hợp và đạt được sự kiểm soát trong quá trình đúc mẫu. Khối lượng thể tích khô duy trì các đặc tính vật lý và kỹ thuật của BTB cứng [6].

Khối lượng thể tích của BTB dao động từ 400 kg/m³ đến 1800 kg/m³ [12]. Căn cứ theo khối lượng thể tích ta có thể phân ra các loại BTB khác nhau từ D600 đến D1500 theo TCVN 9029-2017

Bảng 1. 1. *Cường độ nén và khối lượng thể tích khô của bê tông bọt theo* ***TCVN 9029-2017***

Cấp cường độ nén B	Giá trị cường độ nén trung bình, MPa, không nhỏ hơn	Khối lượng thể tích khô, kg/m³	
		Danh nghĩa	Trung bình
B1,0	1,5	D500	từ 451 đến 550
		D600	từ 551 đến 650
B1,5	2,0	D500	từ 451 đến 550
		D600	từ 551 đến 650
		D700	từ 651 đến 750
B2,0	2,5	D600	từ 551 đến 650
		D700	từ 651 đến 750
		D800	từ 751 đến 850
B2,5	3,5	D700	từ 651 đến 750
		D800	từ 751 đến 850
		D900	từ 851 đến 950
B3,5	5,0	D800	từ 751 đến 850
		D900	từ 851 đến 950

		D1000	từ 951 đến 1050
B5,0	7,0	D800	từ 751 đến 850
		D900	từ 851 đến 950
		D1000	từ 951 đến 1050
		D1100	từ 1051 đến 1150
B7,5	10,0	D900	từ 851 đến 950
		D1000	từ 951 đến 1050
		D1100	từ 1051 đến 1150
		D1200	từ 1151 đến 1250
B10,0	14,0	D1100	từ 1051 đến 1150
		D1200	từ 1151 đến 1250
B12,5	17,5	D1200	từ 1151 đến 1250

Khối lượng thể tích của BTB nhẹ phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng bọt. Hàm lượng bọt sử dụng càng nhiều thì khối lượng thể tích của mẫu càng giảm, do các bong bóng bọt chiếm chỗ bên trong bê tông, làm tăng độ rỗng [8]

Cường độ chịu nén có mối quan hệ tuyến tính với khối lượng thể tích khô [13], theo đó cường độ nén tăng khi khối lượng thể tích khô khô tăng. Ngoài ra, sự gia tăng khối lượng thể tích khô cũng kéo theo sự gia tăng hệ số dẫn nhiệt [14].

Độ đặc của BTB có thể bị ảnh hưởng bởi cấp phối hạt và loại cốt liệu mịn. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng mật độ tăng khi tỷ lệ cốt liệu tăng [57]. Các thành phần khác được sử dụng trong quá trình chế tạo BTB cũng ảnh hưởng đến độ đặc. Việc bổ sung SF vào BTB có cùng hàm lượng bọt làm tăng độ đặc [15]. Tương tự, một nghiên cứu khác cho thấy khi sử dụng hơn 30% xỉ thay thế tro bay (TB) trong BTB geopolymer, độ đặc có xu hướng giảm[14].

a) Tính công tác

Tính công tác của BTB có thể được đánh giá trực quan bằng cách kiểm tra độ nhớt. Phương pháp kiểm tra độ sụt thường được sử dụng không phù hợp với BTB có tỷ trọng

thấp hơn. Brewer [16] đã đề xuất phương pháp đo độ chảy của BTB để xác định tính công tác. Mẫu được đặt trong một xi lanh hở đầu dài 150 mm và đường kính 75 mm, sau khi nâng xi lanh lên, giá trị trung bình của hai đường kính BTB chảy theo hai hướng được tính toán, sai số giữa 2 hướng không quá 5 mm. Báo cáo cho thấy BTB với hỗn hợp xi măng-cát phải có độ chảy xòe từ 85 đến 125 mm và với việc sử dụng thêm tro bay thì độ chảy xòe nên từ 115 đến 140 mm.

Khi tăng khối lượng thể tích BTB thì, độ chảy loang của BTB cũng tăng theo. BTB có khối lượng thể tích thấp thường chứa hàm lượng bọt cao, do đó hỗn hợp trở nên cứng hơn, dẫn đến giảm khả năng chảy loang [17]. Việc sử dụng sợi làm giảm tính công tác của BTB và có thể cần tăng lượng PGSDđể đảm bảo tính công tác [18]. Việc sử dụng PGSDgiúp đạt được tính công tác mong muốn ngay cả khi hàm lượng nước thấp [19]. Sự gia tăng tỷ lệ nước/xi măng (w/c) làm lớp màng nước bao quanh các hạt trở nên dày hơn, do đó làm giảm độ nhớt và tăng khả năng khuếch tán của BTB [20].

Các đặc tính tính công tác tương ứng với các giá trị độ chảy khác nhau được trình bày trong Bảng 1.2

Bảng 1. 2. Tính công tác của BTB dựa trên độ chảy [20]

Giá trị độ chảy loang (%)	**Mô tả mức độ**
0–20	Rất thấp
20–40	Thấp
40–60	Trung bình
60–80	Cao
80–120	Rất cao

b) Cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén của BTB bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như độ đặc, thành phần cấp phối, loại cốt liệu, phụ gia khoáng, hàm lượng nước, lượng bọt, phương pháp dưỡng hộ và độ rỗng. Trong đó, lượng nước có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ nén của BTB. Một số nghiên cứu cho thấy rằng những thay đổi nhỏ trong hàm lượng nước không ảnh hưởng đến cường độ của BTB như đối với bê tông thường [3].

Liu và cộng sự đã chỉ ra rằng cường độ nén của BTB thay đổi theo hình chữ V ngược khi tỷ lệ N/X tăng. Nếu tỷ lệ N/X thấp hơn mức tối ưu, các bọt khí hình thành có vách mỏng và hình dạng không đều, ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ nén. Ngược lại, khi tỷ lệ N/X vượt quá giới hạn tối ưu, khả năng giữ bọt khí bị suy giảm, dẫn đến hiện tượng liên kết các lỗ rỗng và phân bố không đều. Cấu trúc lỗ rỗng không đồng nhất này

dễ bị tập trung ứng suất. Hơn nữa, việc gia tăng hàm lượng nước còn thúc đẩy sự hình thành các kênh mao quản, làm giảm cường độ của vật liệu [21]. Việc sử dụng PGSDgóp phần nâng cao cường độ nén thông qua việc giảm tỷ lệ N/X [22].

Nhờ đặc tính pozzolanic, tro bay khi được sử dụng như cốt liệu mịn trong BTB có thể góp phần nâng cao cường độ nén [23]. Nghiên cứu của Ramamurthy và Nambiar [3] đã khảo sát ảnh hưởng của loại phụ gia đến cường độ nén của BTB, trong đó các mẫu sử dụng TB làm chất độn cho thấy cường độ nén cao hơn so với các mẫu sử dụng cát. Do phản ứng pozzolanic của TB diễn ra chậm, cường độ nén tiếp tục gia tăng theo thời gian. Khi sử dụng TB làm chất độn, cường độ nén của BTB ở ngày thứ 56 và 180 được báo cáo cao hơn lần lượt 1,7 và 2,5 lần so với ngày thứ 28 [24].

Việc sử dụng các phụ gia khoáng cũng ảnh hưởng đến cường độ nén. Cụ thể, việc bổ sung SF vào BTB giúp cải thiện đáng kể cường độ nén [15]. Trong BTB nền đất, cường độ nén tăng lên khi sử dụng kết hợp SF và vôi sống. Một nghiên cứu cho thấy cường độ nén tăng từ 4 MPa lên 7,8 MPa khi bổ sung 20% SF. Điều này có thể là do sự hình thành các lỗ rỗng mịn hơn nhờ vào sự hiện diện của SF [25].

Trong nghiên cứu của Bing và cộng sự [26], cường độ nén sau 7 ngày của các mẫu chứa tro bay (TB) đạt khoảng 85–90% so với cường độ sau 28 ngày. Trong khi đó, ở các mẫu không chứa TB, tỷ lệ này giảm xuống còn 75–80%. BTB geopolymer được chế tạo với sự bổ sung TB đạt cường độ nén 7,5 MPa sau 28 ngày. Khi bổ sung thêm 20% xỉ vào TB, cường độ nén tăng lên đến 12,6 MPa. Tuy nhiên, việc bổ sung thêm xỉ vượt mức này lại làm giảm nhẹ cường độ nén [14].

Các phụ gia bổ sung vào BTB có ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu. Có thể nhận thấy rõ rằng PGSDgóp phần nâng cao cường độ nén nhờ làm giảm kích thước và sự liên kết giữa các lỗ rỗng [20]. Việc sử dụng chất tạo bọt SA giúp giảm kích thước lỗ rỗng, tuy nhiên khi tăng liều lượng SA, cường độ nén lại giảm [27].

Khi so sánh giữa các mẫu có tạo bọt và không tạo bọt, như dự đoán, cường độ nén của các mẫu có tạo bọt thấp hơn. Nguyên nhân là do lượng hồ xi măng giảm khi lượng bọt tăng, kéo theo sự giảm mật độ khô. Mối quan hệ tuyến tính giữa mật độ khô và cường độ nén của BTB đã được ghi nhận; theo đó, cường độ nén tăng khi mật độ khô tăng [13, 20, 27]. Ngoài ra, độ rỗng cũng tăng theo hàm lượng bọt, và sự gia tăng độ rỗng dẫn đến sự gia tăng số lượng lỗ khí, từ đó làm giảm cường độ nén. Ngược lại, khi giảm lượng bọt, lượng xi măng sử dụng tăng lên, góp phần nâng cao cường độ nén [13, 17, 27].

Loại bọt sử dụng cũng ảnh hưởng đến cường độ nén của BTB. Theo các nghiên cứu trong tài liệu, các chất tạo bọt có nguồn gốc protein mang lại cường độ nén cao hơn so với các chất tạo bọt tổng hợp. Falliano và cộng sự báo cáo rằng BTB sử dụng chất

tạo bọt protein với tỷ lệ nước/xi măng (w/c) là 0,5 cho cường độ nén cao hơn so với khi sử dụng chất tạo bọt tổng hợp ở tỷ lệ N/X là 0,3. Tác giả nhận thấy rằng các chất tạo bọt có nguồn gốc protein giúp cải thiện đáng kể cường độ nén của BTB.

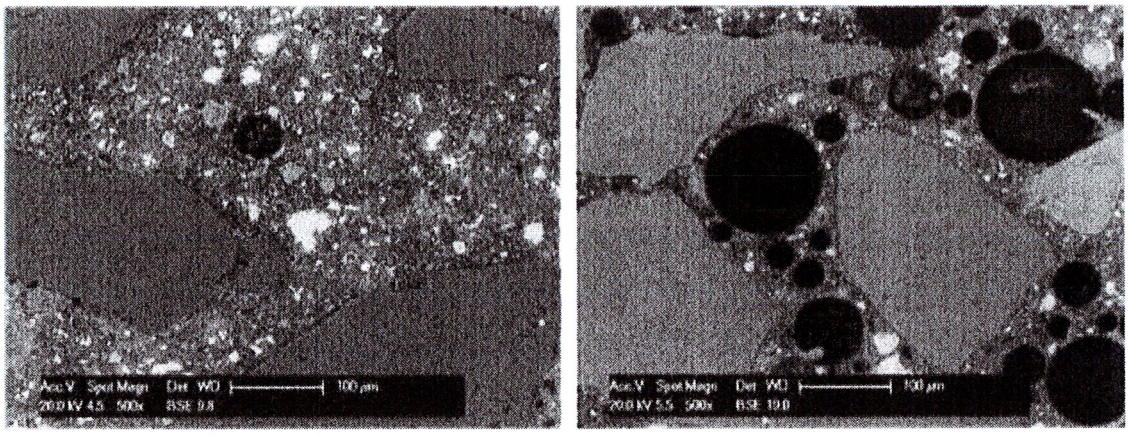
Phương pháp dưỡng hộ áp dụng cho các mẫu thử cũng ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu. Các phương pháp dưỡng hộ trong không khí, trong nước và bằng màng cellophane đã được sử dụng trong các nghiên cứu. Kết quả cho thấy dưỡng hộ trong không khí cho giá trị cường độ thấp nhất, nguyên nhân là do điều kiện không tối ưu cho quá trình thủy hóa của mẫu [20, 27]. Ngược lại, cường độ nén của các mẫu được dưỡng hộ tiêu chuẩn và dưỡng hộ bằng màng chống ẩm tăng lên theo thời gian dưỡng hộ [27].

c) Cấu trúc lỗ rỗng và độ rỗng

Xét về cấu trúc lỗ rỗng của BTB nói chung, có thể phân thành ba loại chính: lỗ gel, lỗ mao quản và lỗ khí [28]. Trong đó, lỗ mao quản và lỗ khí có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của BTB, còn lỗ gel hầu như không ảnh hưởng đến cường độ [29]. Sự phân bố và kích thước của lỗ rỗng trong BTB có tác động trực tiếp đến các tính chất cơ học và vật lý của vật liệu. Do đó, đặc điểm của cấu trúc rỗng có vai trò rất quan trọng đối với BTB [30]. Các hình ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) trong Hình 2 minh họa cấu trúc lỗ rỗng hình thành khi bổ sung bọt [31] .

So với các chất tạo bọt tổng hợp, các chất tạo bọt có nguồn gốc protein tạo ra các bọt khí có kích thước nhỏ hơn và phân bố đồng đều hơn trong BTB có mật độ cao [32]. Trong một nghiên cứu sử dụng các chất hoạt động bề mặt có nguồn gốc tổng hợp, thực vật và động vật (keo/máu), người ta nhận thấy rằng các mẫu BTB chứa chất hoạt động bề mặt SS có thành vách lỗ rỗng dày hơn và mức độ liên kết giữa các lỗ rỗng thấp hơn so với các mẫu khác. Kích thước lỗ rỗng nhỏ và khả năng kết nối lỗ rỗng thấp trong BTB chứa SS giúp vật liệu đạt được các đặc tính như cường độ nén cao, độ hút nước thấp và khả năng chống chịu băng giá tốt hơn [33].

Các lỗ khí trong bê tông đã đóng rắn có hai ảnh hưởng trái ngược đến vật liệu. Một mặt, cường độ sẽ giảm khi hàm lượng khí trong bê tông tăng. Tuy nhiên, trong bê tông đã đóng rắn, một hệ thống lỗ khí được thiết kế hợp lý có thể cải thiện khả năng chống lại chu trình đóng băng – rã băng [34]. Việc thiết lập một hệ thống lỗ khí tối ưu trong BTB là rất quan trọng nhằm tạo ra một vật liệu có tỷ số cường độ/trọng lượng cao[15].



(a) (b)

Hình 1. 1. (a) Ảnh SEM của mẫu đối chứng không chứa chất tạo bọt hoặc bọt khí, (b) Ảnh SEM của mẫu BTB [31].

Sự thu hẹp của các lỗ rỗng không khí góp phần làm tăng cường độ. Khi hàm lượng bọt tăng, các hỗn hợp có phân bố kích thước lỗ rỗng không khí hẹp hơn thường thể hiện cường độ cao hơn [29, 31]. Việc tăng liều lượng bọt làm gia tăng độ rỗng [35]. Nghiên cứu của Hashim và Tantray [30] đã so sánh hiệu quả của các chất tạo bọt có nguồn gốc protein và tổng hợp. Kết quả cho thấy kích thước lỗ rỗng không khí tăng lên đồng thời mật độ của BTB giảm đối với cả hai loại chất tạo bọt. Nguyên nhân được giải thích là khi lượng bọt tăng, số lượng lỗ rỗng không khí tăng theo và do đó, các lỗ rỗng này có xu hướng chồng lấp và kết hợp lại với nhau. Các khoảng không khí kết hợp này tạo ra sự phân bố lỗ rỗng rộng, dẫn đến giảm cường độ.

Khi sử dụng chất thải thủy tinh và nhựa làm vật liệu độn, thủy tinh thải tạo ra sự phân bố lỗ rỗng đồng đều hơn và cấu trúc lỗ rỗng ít liên kết hơn. Điều này là do bột thủy tinh thải có kích thước mịn hơn. Các nghiên cứu cho thấy vật liệu độn mịn hơn tạo ra các túi khí đồng đều hơn [22]. Tro bay (TB) khi được sử dụng làm chất độn mang lại sự phân bố đồng đều hơn các lỗ rỗng không khí so với cát mịn. Tro bay tạo ra một lớp phủ tốt và đồng nhất quanh mỗi bọt khí, giúp ngăn chặn sự chồng lấp và hợp nhất giữa các bọt khí, từ đó hỗ trợ phân bố đều các lỗ rỗng [29]. Nambiar và Ramamurthy cũng đã báo cáo rằng TB [29], khi được sử dụng trong BTB, cung cấp lớp phủ đồng đều quanh mỗi bọt khí, đồng thời giúp phân bố lỗ rỗng không khí đều và ngăn ngừa hiện tượng nổ bọt. Những đặc tính này góp phần làm tăng cường độ của vật liệu.

Việc gia tăng hàm lượng nước dẫn đến sự mở rộng của các lỗ rỗng không khí [27, 36]. Các lỗ rỗng lớn hơn có diện tích bề mặt rỗng nhỏ hơn. Ngoài ra, sự gia tăng lượng nước cũng làm tăng số lượng lỗ mao quản. Trên thực tế, với cùng một độ rỗng, tỷ lệ lỗ mao quản tăng làm giảm số lượng các túi khí. Kích thước lỗ rỗng có thể được giảm bằng cách sử dụng chất tạo bọt SA. Việc tăng hàm lượng SA cũng giúp hồ xi măng giữ được

nhiều bọt khí hơn, từ đó làm giảm kích thước của lỗ rỗng. Việc sử dụng PGSDgóp phần cải thiện cấu trúc lỗ rỗng [31]. Khi hàm lượng PGSDtăng, lượng nước tiêu thụ giảm, nhờ đó cấu trúc lỗ rỗng tốt hơn, thành vách lỗ rỗng dày hơn và ma trận vật liệu chắc chắn hơn được hình thành. Theo đó, BTB đạt được cường độ cao hơn [19].

Độ rỗng được xem là một thông số chính ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính cơ học, nhiệt và độ bền lâu của BTB [37]. Loại cốt liệu sử dụng có ảnh hưởng đến độ rỗng. Cấu trúc lỗ rỗng của BTB bị chi phối bởi loại cốt liệu mịn được sử dụng [36, 37]. Việc sử dụng cốt liệu tái chế (RCA) làm cốt liệu mịn đã được nghiên cứu trong công trình của Gencel và cộng sự . Kết quả cho thấy, độ rỗng biểu kiến của BTB tăng lên khi sử dụng RCA. Nguyên nhân được cho là do kết cấu xốp hơn của RCA so với cát tự nhiên.

Khi sử dụng RCA làm cốt liệu mịn trong bê tông geopolymer bọt, phân bố lỗ rỗng trở nên đồng đều hơn. Ngoài ra, các túi khí có kích thước nhỏ hơn xuất hiện trong các mẫu BTB chứa RCA. Điều này có thể được giải thích là do sự ổn định cao hơn của các hạt RCA.

Trong các hỗn hợp ổn định chứa RCA, sự phân bố lỗ rỗng không khí đồng đều hơn và có kích thước nhỏ hơn xảy ra [38]. Khi sử dụng chất thải thủy tinh và nhựa làm vật liệu độn, chất thải thủy tinh giúp tạo ra sự phân bố lỗ rỗng đồng đều hơn và cấu trúc lỗ rỗng ít liên kết hơn. Điều này được cho là do bột thủy tinh thải có kích thước mịn hơn. Một số nghiên cứu cũng báo cáo rằng các vật liệu độn mịn hơn giúp hình thành các túi khí đồng đều [22]. Việc sử dụng bụi đá cẩm thạch thải và tro trấu (RHA) trong bê tông bọt giúp giảm độ rỗng. Các vật liệu có tính chất pozzolanic cải thiện vùng chuyển tiếp liên pha nhờ hiệu ứng lấp đầy. Do đó, người ta cho rằng chúng tạo ra hiệu ứng lấp đầy có khả năng giảm độ rỗng bằng cách sắp xếp hiệu quả các hạt vật liệu [39]. Tỷ lệ độ rỗng trong các nghiên cứu khác nhau được trình bày ở Bảng 1.3.

Bảng 1. 3. Độ rỗng của bê tông bọt nhẹ ở các nghiên cứu khác nhau

Tài liệu tham khảo	Độ rỗng (%)
[36]	48.9–52.8
[40]	70.6–89.5
[19]	17–24
[17]	31.1–24.4
[41]	70–81
[42]	90.7–91.6

d) Độ hút nước của bê tông nhẹ

Bê tông bọt được thiết kế cho các khu vực nội thất, chẳng hạn như các thành phần tường bên trong tòa nhà, thường không tiếp xúc với nước. Trong những trường hợp như vậy, khả năng hút nước không quan trọng. Các loại BTB được sử dụng làm thành phần ngoài trời hoặc thành phần kết cấu bắt buộc phải có giá trị hút nước thấp [40]. Tính chất hút nước của bê tông có liên quan trực tiếp đến các khoảng trống và lỗ rỗng bên trong nó. Sự kết nối giữa các lỗ rỗng có thể làm tăng khả năng hút nước. Tuy nhiên, sự tồn tại của các khoảng trống mao quản bên trong bê tông sẽ trực tiếp làm tăng khả năng hút nước [43, 44]. Các lỗ khí hình thành từ bọt không góp phần vào khả năng hút nước [43]. Việc tăng lượng hồ xi măng sẽ làm tăng số lượng lỗ mao quản trong BTB, từ đó làm gia tăng lực mao dẫn [23]. Sự xâm nhập của nước vào bê tông không chỉ phụ thuộc vào sự kết nối giữa độ rỗng và các lỗ rỗng mà còn bị ảnh hưởng bởi đường kính và sự phân bố của các lỗ rỗng. Khi tỷ lệ N/X tăng lên, khả năng hút nước cũng tăng theo [40].

Ma và Bing [25] đã báo cáo rằng khả năng hút nước tăng đáng kể khi thể tích bọt trong BTB tăng lên. Nguyên nhân là do bọt càng ổn định thì càng hình thành nhiều lỗ rỗng kết nối với nhau. Họ cũng cho biết việc sử dụng SF giúp giảm khả năng hút nước. Thời gian cần thiết để nước thâm nhập vào bê tông có sử dụng SF khác so với bê tông không sử dụng. Nói cách khác, BTB nền đất có chứa SF có thể có nhiều lỗ rỗng nhỏ và không kết nối với nhau.

Khả năng hút nước của BTB tăng lên khi sử dụng RCA (cốt liệu tái chế) làm cốt liệu mịn. Nguyên nhân là do RCA có đặc tính hút nước cao. Nói cách khác, tính chất hút nước của cốt liệu sử dụng ảnh hưởng đến khả năng hút nước của BTB [38].

Trong nghiên cứu được thực hiện bởi Gopalakrishnan và cộng sự, tro bay (TB) và bụi đá được sử dụng. Bụi đá được dùng làm cốt liệu mịn thay thế một phần cát, còn tro bay thay thế xi măng. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ hút nước thấp nhất đạt được khi sử dụng 30% tro bay kết hợp với bụi đá. Nghiên cứu cũng báo cáo rằng khả năng hút nước có liên quan trực tiếp đến khối lượng thể tích của BTB [45].

1.2.2. Các nghiên cứu khác về bê tông bọt nhẹ trên thế giới

H. Süleyman Gökçe và các cộng sự (2018)[1] nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bọt, hàm lượng TB, SF và các chế độ bảo dưỡng khác nhau đến tính chất của bê tông nhẹ. Tổng cộng, 45 hỗn hợp BTB đã được chuẩn bị ở ba cấp độ thay thế TB và SF (0, 10 và 20%, tính theo trọng lượng của xi măng), ở ba hàm lượng bọt (0, 31 và 47%, theo thể tích) và ở mức ba chế độ bảo dưỡng (bảo dưỡng nước tiêu chuẩn 7 và 28 ngày và bảo dưỡng bằng nồi hấp). Khối lượng riêng, độ hấp thụ nước, giá trị cường độ nén và độ dẫn nhiệt của hỗn hợp được xác định trên lăng trụ mẫu vật có kích thước 40x40x160 mm. Tỷ trọng (sấy khô), độ hấp thụ nước, Kết quả cường độ nén và độ dẫn nhiệt của BTB nằm trong khoảng tương ứng là 873–1998 kg/m3, 3,5–35,9%, 1,5–88,1 MPa và

0,239–0,942 W/m.K. Kết quả nghiên cứu cho thấy mặc dù việc kết hợp TB không có tác động đáng kể đến khối lượng riêng của BTB, việc bổ sung thêm SF gây ra sự thay đổi khối lượng riêng tùy thuộc vào chế độ đóng rắn và hàm lượng bọt của hỗn hợp. Việc giảm khối lượng riêng khi làm tăng hàm lượng bọt của hỗn hợp mà không cần thêm bất kỳ chất phụ gia nào làm tăng tới 2,4 lần (từ 48% lên 20%) so với của hỗn hợp tương ứng chứa muội silic. Với hàm lượng bọt không đổi, SF làm tăng khối lượng riêng của BTB lên tới 55%. Hơn nữa, với cùng hàm lượng bọt, việc kết hợp với SF làm giảm giá trị hấp thụ nước của BTB lên đến 67%. Việc giảm cường độ chịu nén của BTB khi tăng hàm lượng bọt xốp là rõ ràng (giảm tới 97%) trong hỗn hợp tro bay cao. Tuy nhiên, lực nén cường độ của BTB tăng lên 4,4 lần khi sử dụng SF ở cùng hàm lượng bọt. Hiệu quả sử dụng rõ rệt hơn trong hỗn hợp có hàm lượng bọt cao hơn. Hỗn hợp bê tông có cường độ nén tối đa và lượng nước tối thiểu tương ứng với khối lượng riêng BTB tối ưu là khoảng 1320 kg/m3. Hỗn hợp bê tông chứa 10% SF được dưỡng hộ trong nước có cường độ chịu nén đạt gần nhất với giá tối ưu. Việc sử dụng SF làm tăng độ dẫn nhiệt của BTB đến 37%. Tuy nhiên, sự gia tăng nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với mức tăng cường độ chịu nén (lên tới 4,4 lần). Vì vậy, tỷ lệ cường độ chịu nén/độ dẫn nhiệt của hỗn hợp chứa SF tăng lên gấp 4 lần khi tăng lượng bọt trong bê tông. Trong khi việc kết hợp TB làm giảm tỷ lệ cường độ chịu nén/độ dẫn nhiệt của hỗn hợp chứa hàm lượng bọt cao (47,1%) lên tới 38%, tỷ lệ này tăng 33% ở hỗn hợp có hàm lượng bọt thấp (31,4%). Như vậy SF tốt hơn TB. Cấu trúc lỗ rỗng của BTB thay đổi đáng kể với sự ảnh hưởng của hàm lượng bọt, TB và SF. Do mối liên hệ chặt chẽ giữa các tính chất của BTB và tỷ lệ trộn của nó, tối ưu hóa về phụ gia khoáng có vái trò quan trong trong khả năng chịu lực của BTB. Như vậy hệ chất kết dính 3 chất kết dính (SF+ TB + xi măng) cần được khuyến khích sử dụng để cân bằng các đặc tính mong muốn của bê tông có hàm lượng bọt cao.

B.A. Herki và các cộng sự (2013) [2] nghiên cứu bê tông nhẹ sử dụng TB và polystyren (SPS). 9 cấp phối được phát triển, Thành phần đối chứng với 0%SPS, 0%TB có thành phần 1 xi măng và 6 cốt liệu mịn tự nhiên. Cốt liệu tự nhiên được thay thế 0, 60, 100% thể tích polystyren. TB thay thế 0, 20, 40% xi măng. Tỷ lệ N/CKD được sử dụng cho các hỗn hợp bê tông. Các tính chất cường độ chịu nén và đo xung vận tốc siêu âm của các hỗn hợp được đánh giá với sự thay đổi trên của các thành phần bê tông và kết quả cho thấy khi tăng tỷ lệ sử dụng SPS và TB sẽ làm giảm cường độ chịu nén và xung vận tốc siêu âm.

Siong Kang Lim và các cộng sự (2015) [3] nghiên cứu cường độ và độ dai của bê tông nhẹ với các cấp phối thành phần cát khác nhau. Các loại bê tông nhẹ trong nghiên cứu có khối lượng riêng 1300 ± 50 kg/ m^3. Bốn loại cấp độ cát, từ 2,36 mm đến 0,60 mm đã được sử dụng. Mẫu thử dạng lập phương và lăng trụ được đúc và bảo dưỡng

trong nước cũng như bảo dưỡng trong nước ban đầu trong 7 ngày, sau đó là điều kiện bảo dưỡng bằng không khí. Mức chênh lệch đo được giá trị chỉ ra rằng cát mịn hơn được sử dụng trong BTB đã làm giảm khả năng thi công của nó và tăng tỷ lệ nước trên xi măng cho tính nhất quán và ổn định mong muốn. Các mẫu được chuẩn bị bằng cát 0,60 mm đã đạt được độ nén cao nhất và độ bền uốn cũng như độ bền uốn so với các mẫu được chuẩn bị với cấp độ cát thô hơn.

1.3. Tổng quan các nghiên cứu về bê tông nhẹ ở Việt Nam

Hoàng Minh Đức (2017) [46] nghiên cứu sử dụng hạt polystyron để chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt. Nghiên cứu tập trung với đối tượng là bê tông nhẹ khối lượng thể tích từ 400 kg/m³ đến 700 kg/m³ và xem xét ảnh hưởng của khối lượng thể tích bê tông ảnh hưởng như thế nào đến các tính chất của bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy cho thấy tính công tác của hỗn hợp bê tông phụ thuộc nhiều vào độ xòe của hồ xi măng và hệ số dư vữa. Để hạn chế phân tầng hỗn hợp bê tông cần lựa chọn độ xòe thích hợp của hồ và hạn chế tạo hình bằng đầm rung. Để nâng cao cường độ bê tông polystyrol có khối lượng thể tích thấp nên ưu tiên tăng hệ số dư hồ.Sử dụng phụ gia khoáng và polymer có thể chế tạo được bê tông polystyrol khối lượng thể tích 700 kg/m³ đạt cường độ đến 8,0 MPa. Nghiên cứu các tính chất khác của bê tông polystyrol như co ngót, mô đun đàn hồi, độ hút nước, hệ số hóa mềm và khả năng bám dính cho thấy bê tông polystyrol hoàn toàn thích hợp để chế tạo các sản phẩm nhẹ như blốc xây, panel nhẹ sử dụng trong thi công xây dựng công trình.

Hoàng Minh Đức (2019)[47] nghiên cứu về đặc tính chống ăn mòn cho cốt thép khi đặt trong kết cấu bê tông nhẹ cách nhiệt. Khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ được thí nghiệm với bê tông khí không chưng áp có khối lượng thể tích D700, D1000 và bê tông polystyrol có khối lượng thể tích D400, D700, D1000. Các kết quả được so sánh với mẫu đối chứng làm từ bê tông nặng thông thường mác M200. Bê tông polystyrol sử dụng xi măng PCB40 Nghi Sơn, tro tuyển Phả Lại và hạt polystyrol phồng nở Dmax=4 mm có khối lượng thể tích xốp 25,7 kg/m³. Tỷ lệ tro tuyển trong hỗn hợp chất kết dính là 30%, tỷ lệ N/X của các cấp phối với khối lượng thể tích D400, D700, D1000 lần lượt là 0,53; 0,50 và 0,47. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ tăng đáng kể khi tăng khối lượng thể tích của bê tông. Với cùng khối lượng thể tích, bê tông polystyrol bảo vệ cốt thép tốt hơn so với bê tông khí. Cốt thép trong bê tông nhẹ có khối lượng thể tích dưới 700 kg/m³ cần được bảo vệ chống ăn mòn bằng các biện pháp bổ sung như sơn phủ bề mặt. Nghiên cứu ảnh hưởng của các lớp sơn phủ cho thấy khả năng bảo vệ của các lớp sơn tăng dần theo thứ tự: hồ ximăng, hồ ximăngpolimer, hồ ximăng-Bara® Lastic, Bara® Fer-S. Với lớp sơn phủ phù hợp,

cốt thép trong bê tông nhẹ có thể duy trì được trạng thái thụ động như trong bê tông nặng thông thường.

Nguyễn Đình Chinh và cộng sự (2022) [48] nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến các tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS. Các yếu tố ảnh hưởng đề đề cập trong nghiên cứu gồm hàm lượng nhựa phế thải EPS; tỷ lệ nước/chất kết dính; tỷ lệ chất liên diện; đặc tính nhựa EPS (tỷ trọng, kích thước). Thành phần phối liệu trên nền bê tông Mac 200 được xác định với hàm lượng thành phần cho 1 m3 bê tông gồm: Nước (195 lít), cát vàng (0,466 m^3), xi măng (320 kg), đá dăm (0,847 m^3). Hạt nhựa xốp (EPS) từ rác thải được sử dụng thay thế cho nguyên liệu đá dăm với tỷ trọng và đặc tính khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ bền nén khi hàm lượng nhựa EPS > 30% giảm mạnh, độ hút nước giảm. Mặt khác, với hàm lượng nhựa EPS lớn, các nguyên vật liệu liên kết yếu, bị phân tầng. Với tỷ lệ nước/chất kết dính < 0.28, bê tông nhẹ EPS có độ bền cơ lý đáp ứng yêu cầu kỹ thuật sử dụng; khi tỷ lệ nước/chất kết dính > 0.28, tính công tác (độ chảy lan) quá lớn, ảnh hưởng đến thi công và sự thất thoát xi măng trong bê tông. Với tỷ lệ chất liên diện < 2%, độ bền nén tăng mạnh; khi tỷ lệ chất liên diện > 2% thì độ bền nén không tăng nhiều. Với kích thước hạt xốp EPS phế thải < 4 mm, tính chất cơ lý bê tông giảm theo độ tăng kích thước hạt, tuy nhiên vẫn đảm bảo cho những mục đích sử dụng đối với bê tông nhẹ EPS; liên kết hạt nhựa EPS với thành phần bê tông được đảm bảo, không bị phân tầng, tách lớp. Khi tỷ trọng hạt nhựa xốp EPS > 12,5 kg/m3, độ bền nén có tăng nhưng khá ít, tuy nhiên, tỷ trọng lại tăng cao, không đáp ứng yêu cầu bê tông nhẹ < 1.500 kg/m^3. Như vậy, có thể xác định được điều kiện tối ưu khi phối trộn nhựa EPS phế thải để sản xuất bê tông nhẹ như sau: Hàm lượng nhựa EPS là 30%; tỷ lệ nước/chất kết dính là 0.28; tỷ lệ chất liên diện là 2%; kích thước hạt nhựa xốp EPS phế thải là 4 mm; tỷ trọng hạt nhựa xốp EPS là 2,5 kg/m^3.

Nguyễn Quang Phú (2019)[7] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ bằng cách sử dụng cốt liệu nhẹ Kemramzit, xỉ bọt để ứng dụng trong các công trình xây dựng. 3 cấp phối bê tông nhẹ được thiết kế gồm cấp phối sử dụng cốt liệu cốt liệu Keramzit, cấp phối sử dụng cốt liệu xỉ bọt và cấp phối sử dụng đá dăm thông thường để đối chứng. Với các cấp phối sử dụng Keramzit và xỉ bọt chất kết dính có sử dụng thêm 10% SF. Các cấp phối đều có thành phần PGSDgiảm nước và bọt gia tạo bọt để tạo bê tông nhẹ hơn để tạo bê tông có tính công tác tốt, cường độ nén cao phù hợp cho thi công các công trình xây dựng. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi chế tạo bê tông nhẹ cần sử dụng thêm phụ gia giảm nước để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông tránh gây hiện tượng phân tầng. Khi thay thế chất kết dính bằng 10% SF, kết hợp lượng dùng PGSDvà phụ gia tạo bọt hợp lý sẽ chế tạo được bê tông nhẹ có cường độ nén đạt trên 30MPa ở tuổi

28 ngày, khối lượng thể tích đạt yêu cầu. Bê tông nhẹ chế tạo đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thi công các công trình xây dựng

Nguyễn Công Thắng và các cộng sự (2021) [5] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế. Nghiên cứu sử dụng cốt liệu rỗng polystyrene tái chế (rEPS) để chế tạo bê tông nhẹ với khối lượng thể tích đạt từ 1000 - 1500 kg/m^3 và cường độ nén từ 5,0 - 15 MPa. Kết quả nghiên cứu được thực hiện trên 08 cấp phối với các tỷ lệ N/CKD là 0,25 và 0,30; hàm lượng cốt liệu nhẹ sử dụng 25%, 30%, 40% và 50% theo thể tích của bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng cốt liệu rỗng polystyrene tái chế và vật liệu sẵn có ở Việt Nam để chế tạo bê tông nhẹ thỏa mãn yêu cầu: khối lượng thể tích của bê tông đạt từ 1000 - 1500 kg/m3; cường độ nén của bê tông đạt đến 20,0 MPa. Khi hàm lượng cốt liệu nhẹ tăng thì khối lượng thể tích giảm. Khối lượng thể tích của bê tông lớn nhất đạt 1550 kg/m3 ứng với tỷ lệ N/CKD = 0,25 hàm lượng rEPS là 25% và cường độ nén của bê tông lớn nhất đạt 21 MPa. Khối lượng thể tích của bê tông nhỏ nhất đạt 1010 kg/m3 ứng với tỷ lệ N/CKD = 0,3, hàm lượng rEPS là 50% và cường độ nén của bê tông nhỏ nhất là 6,3 MPa. Khi sử dụng rEPS tái chế đến 50% thể tích của bê tông, khối lượng thể tích của bê tông theo chiều cao mẫu không có sự chênh lệch đáng kể, không xảy ra hiện tượng phân tầng và hỗn hợp rEPS phân bố đồng đều trong hỗn hợp bê tông. Độ hút nước mao quản và cường độ nén của bê tông có xu hướng giảm. Khi tăng hàm lượng rEPS đồng thời tỷ lệ N/CKD tăng thì độ hút nước của bê tông tăng, độ hút nước của bê tông lớn nhất đạt 6,25% khi tỷ lệ N/CKD = 0,3 và hàm lượng rEPS là 50%. Ngược lại với độ hút nước, độ hút nước mao quản của bê tông giảm khi tăng hàm lượng rEPS đồng thời giảm tỷ lệ N/CKD. Độ hút nước mao quản nhỏ nhất tại tỷ lệ N/CKD = 0,25 và hàm lượng rEPS là 50%. Hệ số dẫn nhiệt của bê tông tính toán theo ACI 213R14 cho thấy; khi tăng tỷ lệ N/CKD đồng thời tăng hàm lượng rEPS thì hệ số dẫn nhiệt của bê tông giảm. Với hỗn hợp khi sử dụng N/CKD = 0,3 và 50% rEPS, hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhỏ nhất đạt 0,3039 W/m.°C

Lê Việt Hùng và các cộng sự (2021) [49] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao từ các hạt TB vi cầu rỗng. Nghiên cứu sử dụng các hạt cenospheres từ tro bay (FAC) với cường độ nén trên 40 MPa và khối lượng thể tích 1300-1600 kg/m3 (FAC-HSLWC). Hàm lượng FAC sử dụng thay thế cát với tỷ lệ 0, 50, 70 và 100% (theo thể tích). Ngoài ra, ảnh hưởng của phụ gia khoáng là silica fume (SF) và xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) trong chất kết dính đến cường độ của FACHSLWC cũng được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi thay thế cát bởi FAC làm giảm đáng kể KLTT, làm giảm cường độ nén, nhưng cường độ riêng của FAC-HSLWC tăng. Với tỷ lệ N/CKD = 0,4 và CKD =750 kg/m3 trong nghiên cứu, khi thay thế cát bởi FAC từ 50 đến 100% làm giảm KLTT tương ứng từ 24 đến 39,4%, cường độ nén tuổi 28 ngày giảm

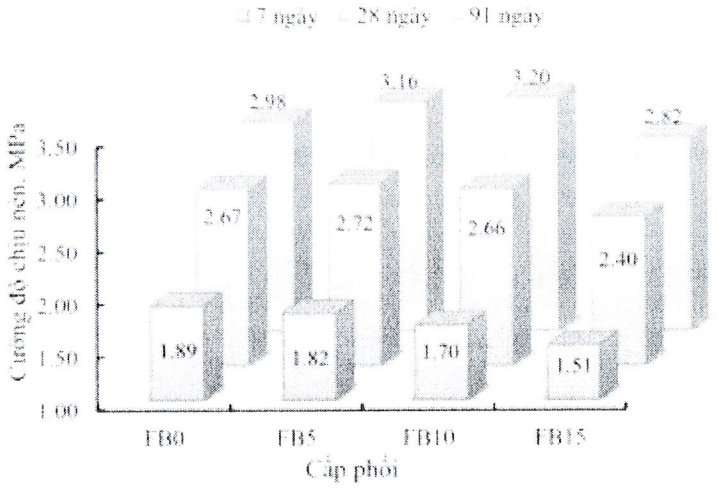
6,7 đến 14,6%, nhưng cường độ riêng của FAC-HSLWC tăng từ 12,3 đến 40,9%. Việc sử dụng phụ gia khoáng SF và SF kết hợp GGBFS ở tỷ lệ 20-40% làm cải thiện cường độ nén và độ hút nước của bê tông, trong khi tỷ lệ GGBFS đến 60% mặc dù cải thiện độ hút nước nhưng làm giảm cường độ 28 ngày so với chỉ sử dụng OPC. Ngoài ra, tương tự các loại bê tông nhẹ khác, hệ số dẫn nhiệt của FAC-HSLWC giảm đáng kể và phụ thuộc chủ yếu vào tỷ lệ FAC thay thế cát hay khối lượng thể tích của bê tông

Vũ Ngọc Trụ (2024)[10] đã thực hiện nghiên cứu thực nghiệm nhằm chế tạo và đánh giá tính chất cơ lý của bê tông nhẹ có cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm. Hệ vật liệu được sử dụng bao gồm chất tạo bọt EABASSOC, bột nhôm phế thải và dung dịch NaOH 5,0 M, trong đó vai trò của hỗn hợp này là điều khiển quá trình hình thành cấu trúc lỗ rỗng tổ ong phân bố không đồng đều từ khu vực trung tâm ra đến vùng ngoại vi của mẫu bê tông. Mẫu được đúc trong khuôn gỗ hình lập phương có cạnh 150 mm, với bốn thành khuôn được đục lỗ nhằm hỗ trợ quá trình thoát khí và tách nước trong quá trình đóng rắn. Kết quả cho thấy bê tông nhẹ được chế tạo có khối lượng thể tích khô trung bình khoảng 950 kg/m³, độ ẩm tự nhiên đạt 7,7%, độ hút nước 15,2%, và cường độ nén trung bình tại các tuổi 3, 7, 14 và 28 ngày lần lượt là 6,12 MPa, 9,21 MPa, 11,08 MPa và 14,73 MPa. Nghiên cứu cũng so sánh hiệu quả tạo khí giữa bột nhôm phế thải và bột nhôm nguyên chất. Khi thay thế 0,5 kg bột nhôm nguyên chất cho bụi nhôm phế thải, khả năng tạo khí tăng rõ rệt do phản ứng mạnh hơn giữa nhôm và NaOH, tạo ra lượng khí hydro lớn hơn. Tuy nhiên, với cùng thành phần và khối lượng thể tích ẩm mục tiêu là 1000 kg/m³, bê tông nhẹ sử dụng bụi nhôm phế thải có khối lượng thể tích cao hơn so với mẫu sử dụng bột nhôm nguyên chất, cho thấy hiệu quả tạo lỗ rỗng thấp hơn. Về cường độ nén ở tuổi 28 ngày, mẫu sử dụng bụi nhôm phế thải đạt 14,73 MPa, cao hơn so với mẫu sử dụng 0,5 kg bột nhôm là 13,27 MPa. Đáng chú ý, sự thay đổi cấu trúc rỗng tổ ong trong bê tông ảnh hưởng đáng kể đến tính chất cơ lý sau khi tạo hình. Khối lượng thể tích và cường độ nén phân bố không đồng đều theo vị trí trong viên mẫu. Cụ thể, tại vùng ngoại vi, khối lượng thể tích trung bình đạt khoảng 1021 kg/m³ và cường độ nén lên tới 17,99 MPa. Ở các vị trí gần mép biên, các giá trị tương ứng là 967 kg/m³ và 9,64 MPa. Trong khi đó, tại tâm viên mẫu, khối lượng thể tích giảm còn 798 kg/m³ và cường độ nén chỉ đạt 5,75 MPa.

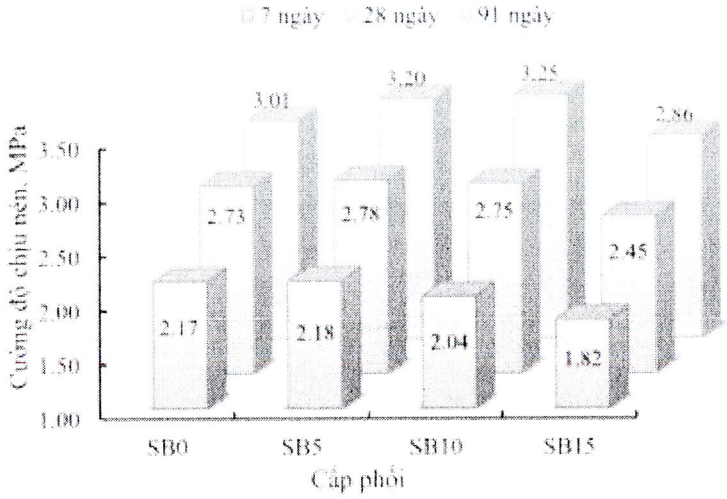
Nghiên cứu của Vũ Quang Thuận và cộng sự (2023)[50] được thực hiện nhằm đánh giá khả năng sử dụng tro mía (SCBA) – một loại phế thải nông nghiệp sẵn có tại tỉnh Phú Yên – như vật liệu thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông bọt khí nhẹ, đồng thời khảo sát hiệu quả ứng dụng của cát biển và nước biển trong bối cảnh tài nguyên cát vàng và nước ngọt ngày càng khan hiếm. Nghiên cứu sử dụng xi măng PCB40 Long Sơn (Phú Yên) với khối lượng riêng 3,15 g/cm³ và cường độ nén 28 ngày

đạt 47 MPa; tro mía từ Nhà máy KCP có khối lượng riêng 2,66 g/cm³ và độ hoạt tính 93,6%. Cốt liệu mịn gồm cát vàng sông Ba, cát biển và cát nhiễm mặn; nước trộn bao gồm nước máy và nước biển từ Phú Yên và Thanh Hóa. Bọt khí được tạo từ dung dịch tạo bọt thương mại, pha loãng 1,5–3%, có tỷ trọng 1,02 g/cm³. Mục tiêu thiết kế là sản xuất bê tông bọt khí có khối lượng thể tích 800 kg/m³, với tỷ lệ N/B là 0,42 và C/B là 0,37 theo hướng dẫn của ACI. Các cấp phối được ký hiệu theo tổ hợp vật liệu sử dụng (F: cát vàng–nước ngọt; S: cát biển–nước biển) và hàm lượng tro mía thay thế (BX), ví dụ: FB5 là cấp phối sử dụng cát vàng–nước ngọt với 5% tro mía; SB15 là cấp phối sử dụng cát biển–nước biển với 15% tro mía.

Tro mía được sử dụng với các tỷ lệ thay thế 0%, 5%, 10% và 15% theo khối lượng chất kết dính.

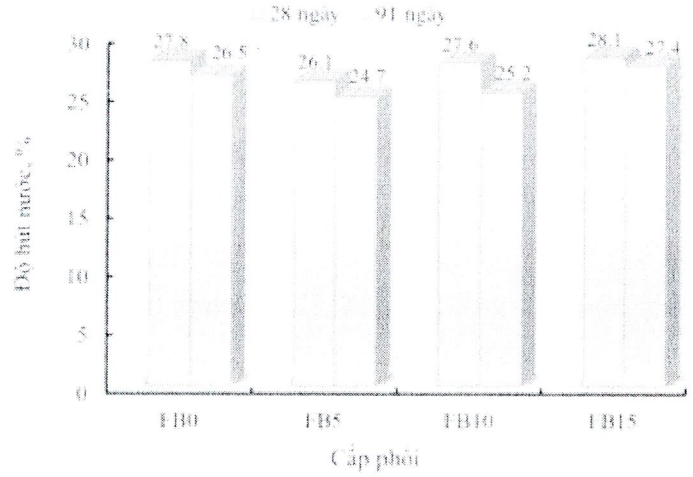


a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt

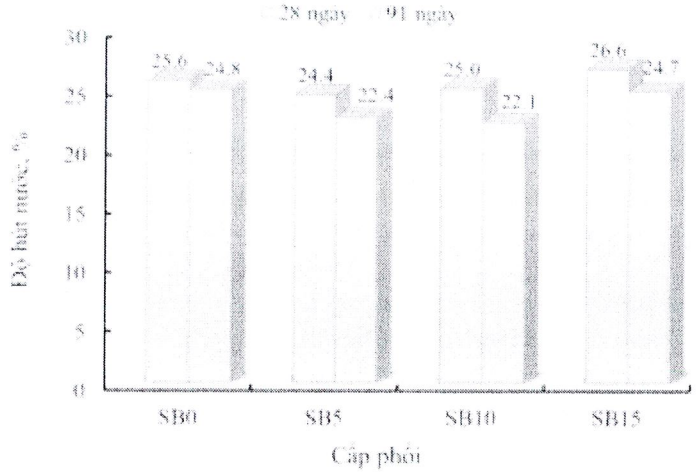


b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

Hình 1. 2. Cường độ chịu nén của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau [50]



a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt



b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

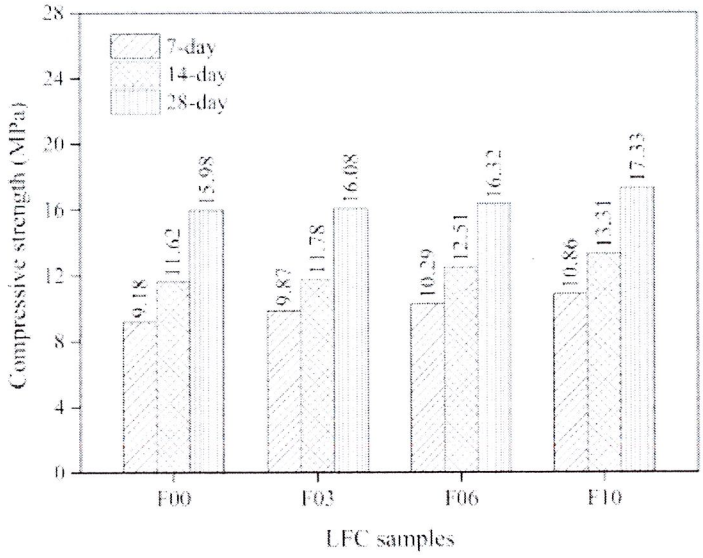
Hình 1. 3 Độ hút nước của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau [50]

Kết quả thí nghiệm cho thấy, ở tuổi 7 ngày, việc thay thế xi măng bằng tro mía làm giảm cường độ chịu nén do phản ứng pozzolanic chưa phát huy hiệu quả, tuy nhiên ở tuổi 91 ngày, các cấp phối có hàm lượng tro mía 5% và 10% cho thấy sự cải thiện đáng kể về cả cường độ chịu nén và độ hút nước so với mẫu đối chứng không sử dụng tro mía. Đặc biệt, cấp phối chứa 10% tro mía đạt cường độ cao nhất, tăng 7,4% (so với FBO) và 8,0% (so với SBO), đồng thời giảm độ hút nước lần lượt 5,2% và 7,0% ở các mẫu tương ứng. Ngược lại, khi hàm lượng tro mía tăng lên 15%, tính chất cơ học có xu hướng suy giảm, thể hiện qua việc giảm 5,2% cường độ nén và tăng 3,2% độ hút nước so với mẫu đối chứng FBO. Việc kết hợp sử dụng tro mía cùng với cát biển và nước biển cũng cho thấy hiệu quả tích cực, đặc biệt ở mức thay thế <10%, góp phần cải thiện các chỉ tiêu chính của bê tông bọt khí so với khi sử dụng vật liệu truyền thống.

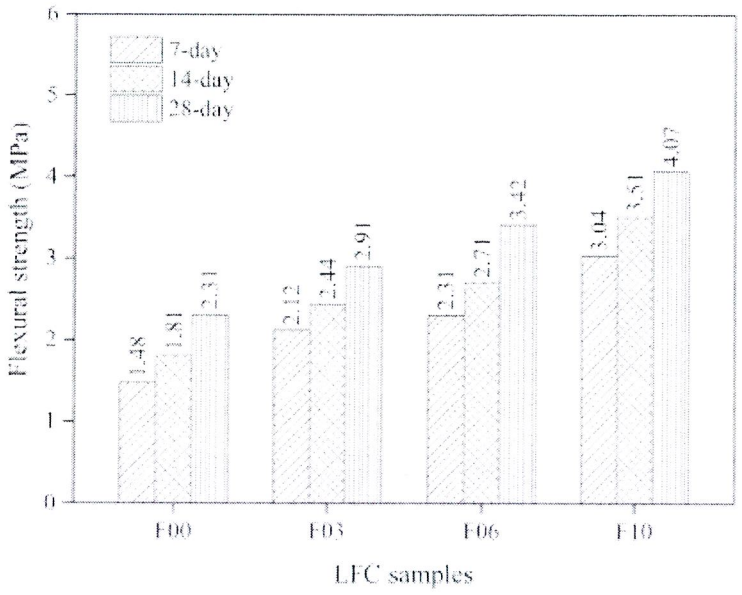
Kết quả cho thấy rằng việc thay thế xi măng bằng tro mía trong khoảng 5–10% là phù hợp và mang lại hiệu quả tích cực cho cả cường độ và độ hút nước của bê tông bọt khí. Đồng thời, việc kết hợp sử dụng cát và nước biển là hướng đi tiềm năng nhằm khai thác tài nguyên địa phương thay thế các vật liệu truyền thống. Tuy nhiên, để nâng cao độ tin cậy và hiểu rõ hơn về cơ chế vi mô ảnh hưởng đến tính chất của bê tông, cần thực hiện thêm các nghiên cứu chuyên sâu về vi cấu trúc như phân tích phân bố lỗ rỗng, hàm lượng các sản phẩm hydrat hóa (CH, CSH) và hình thái qua hiển vi điện tử quét (SEM), cũng như đánh giá các chỉ tiêu cơ lý và độ bền lâu dài vượt quá 91 ngày.

Nghiên cứu của Ngô Sỹ Huy và cộng sự (2022) về ảnh hưởng của hàm lượng sợi polypropylene (PP) đến các đặc tính của bê tông bọt nhẹ (LFC) có sử dụng tro bay (TB) và xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) làm vật liệu thay thế xi măng. Bốn cấp phối LFC với tỷ lệ nước trên chất kết dính không đổi (w/b = 0,22) được thiết kế với các hàm lượng sợi PP khác nhau (0; 0,3%; 0,6%; và 1,0% theo thể tích), tương ứng với các mẫu F00, F03, F06 và F10. Các vật liệu chính gồm xi măng PCB, TB, GGBFS, cát (25% khối lượng chất kết dính), nước, bọt khí và PGSD được tính toán cẩn thận nhằm đạt được mật độ khô mục tiêu 1200 ± 50 kg/m³ theo yêu cầu của TCVN 9029:2017. Tất cả các mẫu đều được đánh giá dựa trên nhiều chỉ tiêu kỹ thuật như khối lượng thể tích tươi, mật độ khô, độ hút nước, hệ số dẫn nhiệt, cường độ cơ học (nén và uốn), vận tốc xung siêu âm (UPV), cũng như cấu trúc vi mô thông qua kỹ thuật SEM.

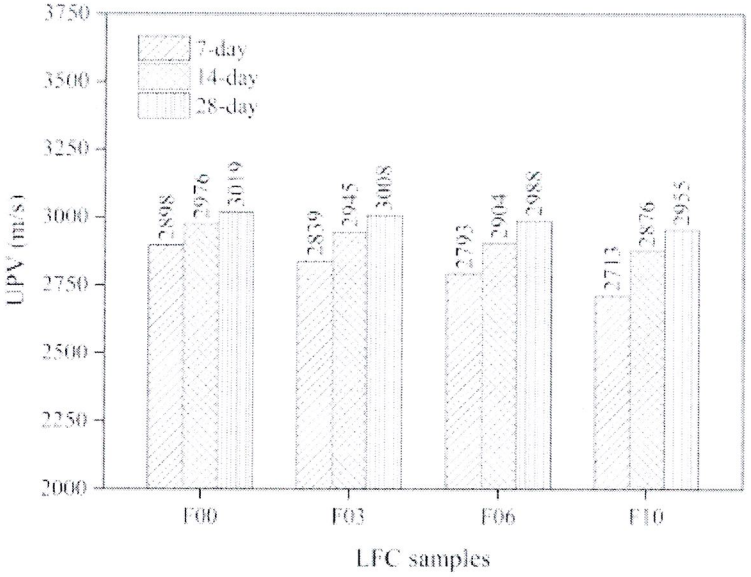
Kết quả cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn và xung vận tốc siêu âm được trình bày ở Hình 1.4; 1.5; 1.6.



Hình 1. 4. Cường độ chịu nén của LFC



Hình 1. 5. Cường độ chịu uốn của LFC



Hình 1. 6. UPV của LFC

Kết quả cho thấy việc bổ sung sợi PP tác động rõ rệt đến cấu trúc và tính chất của BTB. Mặc dù mật độ khô và khối lượng thể tích tươi có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng sợi PP, mức độ giảm là không đáng kể và vẫn đảm bảo nằm trong khoảng tiêu chuẩn. Đáng chú ý, hàm lượng sợi PP cao hơn giúp cải thiện đáng kể cường độ cơ học của LFC, đặc biệt là cường độ uốn, phản ánh vai trò của sợi trong việc tăng cường liên kết nội bộ và kiểm soát vi nứt trong ma trận bê tông. Tuy nhiên, sự gia tăng hàm lượng sợi PP cũng kéo theo sự tăng nhẹ độ hút nước – một yếu tố cần cân nhắc khi thiết kế cho các kết cấu yêu cầu độ bền lâu. Hệ số dẫn nhiệt và vận tốc UPV đều giảm khi tăng hàm

lượng sợi, cho thấy cấu trúc vật liệu trở nên xốp hơn, nhưng vẫn trong giới hạn chấp nhận được đối với vật liệu cách nhiệt.

Phân tích SEM cung cấp bằng chứng trực quan về sự hình thành các lỗ rỗng mịn và sự phân bố đồng đều của sợi PP trong ma trận xi măng, cho thấy sự cải thiện về tính chất cơ học không chỉ do tính chất vật lý của sợi mà còn nhờ vào sự tương thích vi mô giữa sợi và nền vật liệu. Trong số các cấp phối, mẫu F10 (1,0% sợi PP) được đánh giá là tối ưu nhất, đạt được sự cân bằng tốt giữa cường độ nén (15,98–17,33 MPa), cường độ uốn (2,31–4,07 MPa), độ hút nước (<10%) và hệ số dẫn nhiệt thấp (0,394–0,461 W/mK), đồng thời đảm bảo UPV trong khoảng 2955–3019 m/s – tương đương với các mẫu khác. Từ đó, nghiên cứu cho thấy rằng việc sử dụng sợi PP ở mức 1,0% là lựa chọn phù hợp để nâng cao hiệu quả cơ học và nhiệt của bê tông bọt nhẹ, đồng thời vẫn duy trì các đặc tính vật liệu trong giới hạn yêu cầu của tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.

Bảng 1. 4. Thành phần cấp phối BTB [51]

Tên mẫu	PCB	TB	GGBFS	Cát	Nước	Bọt khí	Sợi PP	SP
F00	443.1	177.2	265.8	221.5	194.9	16.1	0.0	1.403
F03	442.2	176.9	265.3	221.1	194.5	16.1	2.7	1.412
F06	441.3	176.5	264.8	220.6	194.2	16.0	5.3	1.418
F10	440.1	176.0	264.0	220.0	193.6	15.9	8.8	1.431

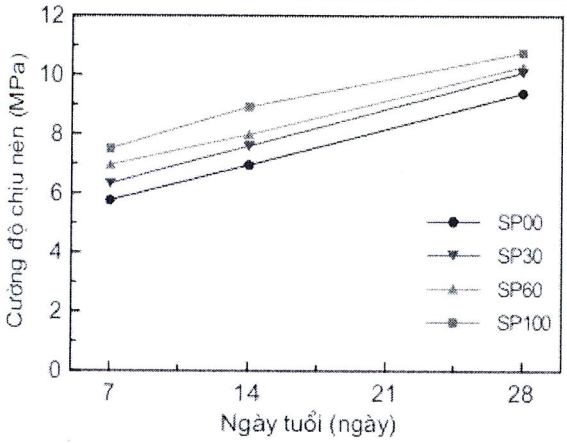
Nghiên cứu của Nguyễn Thị Mùi và các cộng sự (2022)[4] về ảnh hưởng của TB thay thế xi măng – làm chất kết dính trong sản xuất bê tông bọt nhẹ và ảnh hưởng của hàm lượng sợi polypropylene (PP) khác nhau đến các tính chất cơ học và vật lý của vật liệu bê tông nhẹ.

Thành phần cấp phối được thiết kế với tỷ lệ nước/chất kết dính cố định là 0,23, TB chiếm 40% khối lượng chất kết dính, và cát mịn Thọ Xuân (kích thước 0,14–0,63 mm) chiếm 25%, tuân theo khuyến cáo không vượt quá 50% nhằm tránh ảnh hưởng đến cường độ nén. Các vật liệu sử dụng gồm xi măng PCB40 Nghi Sơn, TB nhà máy Nghi Sơn 1, PGSDTHTSP-10, chất tạo bọt EABASSOC, và sợi PP được cung cấp từ cùng một nhà sản xuất. Sợi PP được bổ sung với các hàm lượng 0%, 0,3%, 0,6% và 1,0% theo khối lượng chất kết dính, tương ứng với các mẫu thí nghiệm ký hiệu là SP00, SP30, SP60 và SP100. Mục tiêu thiết kế là tạo ra bê tông bọt nhẹ có khối lượng thể tích khô trong khoảng 1000 ± 50 kg/m^3, đáp ứng yêu cầu cho các ứng dụng tấm tường, cách nhiệt và kết cấu không chịu lực.

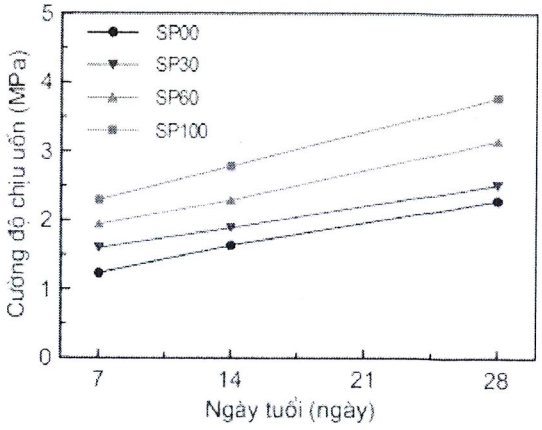
Kết quả thí nghiệm độ hút nước được thể hiện ở Bảng 1.5, kết quả cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn và xung vận tốc siêu âm được thể hiện ở Hình 1.7, 1.8, 1.9.

Bảng 1. 5. Độ hút nước của các cấp phối bê tông bọt

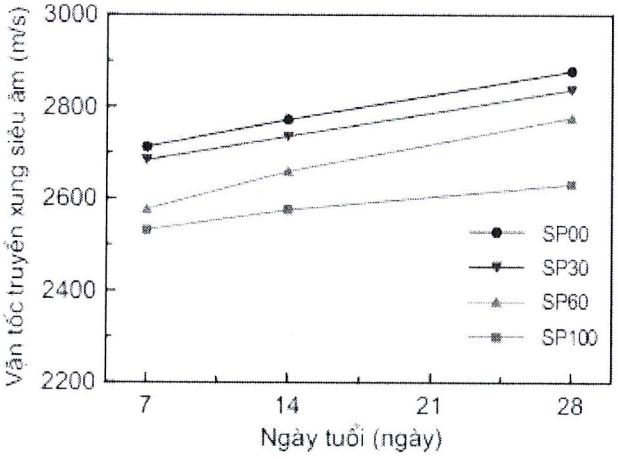
Tên mẫu	Hàm lượng sợi PP (%)	Độ hút nước (%)
SP00	0,0	12,5
SP30	0,3	12,7
SP60	0,6	12,8
SP100	1,0	13,1



Hình 1. 7. Cường độ chịu nén



Hình 1. 8. Cường độ chịu uốn



Hình 1. 9. Xung vận tốc siêu âm

Kết quả thí nghiệm cho thấy sự ảnh hưởng rõ rệt của hàm lượng sợi PP đến tính chất của BTB. Khi hàm lượng sợi PP tăng, khối lượng thể tích tươi và khô của bê tông giảm nhẹ, đồng thời hệ số dẫn nhiệt và vận tốc truyền xung siêu âm (UPV) cũng có xu hướng giảm. Cụ thể, tại 28 ngày tuổi, độ hút nước dao động từ 12,5% đến 13,1%, hệ số dẫn nhiệt nằm trong khoảng 0,387–0,362 W/mK và UPV từ 2837 đến 2631 m/s. Mặc dù sự gia tăng sợi PP làm tăng độ hút nước, song điều này đi kèm với sự cải thiện đáng kể về cường độ cơ học. Cường độ nén và uốn đều tăng, trong đó cường độ uốn chịu tác động tích cực rõ rệt hơn. Với 1% sợi PP, cường độ nén tăng 14,6% và cường độ uốn tăng đến 64,6% so với mẫu đối chứng không có sợi. Các giá trị cường độ nén và uốn thu được tại tuổi 28 ngày lần lượt đạt 10,1–10,8 MPa và 2,5–3,8 MPa, cho thấy khả năng

nâng cao độ bền cấu trúc khi sử dụng sợi PP trong BTB. Phân tích hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy cấu trúc vi mô của bê tông có bổ sung sợi PP tồn tại các lỗ rỗng nhỏ quanh sợi do tính kỵ nước của PP. Tuy nhiên, các sợi này vẫn thể hiện khả năng liên kết tốt với ma trận xi măng, tạo nên cấu trúc đặc chắc tương tự như bê tông cốt thép vi sợi, đóng vai trò truyền ứng suất và kiểm soát vi nứt. Sự phân bố đồng đều và hiệu ứng neo giữ cơ học của sợi PP được xem là cơ chế chính giúp tăng khả năng chịu lực của BTB trong khi vẫn duy trì được mật độ vật liệu thấp và khả năng cách nhiệt tốt. Từ các kết quả đạt được, mẫu SP100 (chứa 1,0% sợi PP) được đánh giá là tối ưu nhất trong số các cấp phối thử nghiệm, đạt được sự cân bằng hợp lý giữa cường độ cơ học, tính năng cách nhiệt và khối lượng thể tích thấp. Nghiên cứu góp phần khẳng định tính hiệu quả của việc sử dụng sợi PP trong bê tông bọt nhẹ, đặc biệt khi kết hợp với TB như một giải pháp tái chế chất thải công nghiệp, đồng thời mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong các sản phẩm tấm tường đúc sẵn, vật liệu cách nhiệt và các cấu kiện xây dựng không chịu lực.

Nghiên cứu của của Mai Thị Hồng (2022) [8] về việc tiến hành đánh giá hiệu quả sử dụng TB và xỉ lò cao nghiền mịn thay thế một phần xi măng trong chế tạo BTB. Cụ thể, hàm lượng TB và xỉ lò cao được lựa chọn ở mức 20–30% tổng lượng chất kết dính nhằm tái sử dụng chất thải công nghiệp và đồng thời giảm tỷ trọng sản phẩm. Sáu hỗn hợp BTB được thiết kế với tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) bằng 0,22, trong đó các hỗn hợp được phân biệt bởi lượng bọt khác nhau nhằm tạo ra bê tông có khối lượng thể tích khác biệt. Mục tiêu là xác lập mối quan hệ giữa khối lượng thể tích khô với các đặc tính kỹ thuật như cường độ nén, vận tốc truyền xung siêu âm, hệ số truyền nhiệt và độ hút nước, từ đó làm cơ sở để thiết kế vật liệu phù hợp với yêu cầu sử dụng thực tiễn.

Vật liệu sử dụng bao gồm xi măng PCB40 Nghi Sơn, TB từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn 1, xỉ lò cao nghiền mịn của nhà máy thép Hòa Phát, cùng với cát Thọ Xuân (Thanh Hóa), phụ gia siêu dẻo THTSP-10 và chất tạo bọt EABASSOC. Cát được chọn có kích thước hạt từ 0,14–0,63 mm nhằm tránh hiện tượng phân tầng bê tông do lắng cát. PGSDgiúp giảm lượng nước sử dụng trong hỗn hợp và tăng tính công tác, trong khi chất tạo bọt được phối trộn theo tỉ lệ 1/40 (chất tạo bọt/nước) và đưa qua máy tạo bọt chuyên dụng. Lượng nước tính toán ban đầu cho 1 m^3 bê tông là 180 kg, từ đó thành phần cấp phối các chất rắn được xác định.

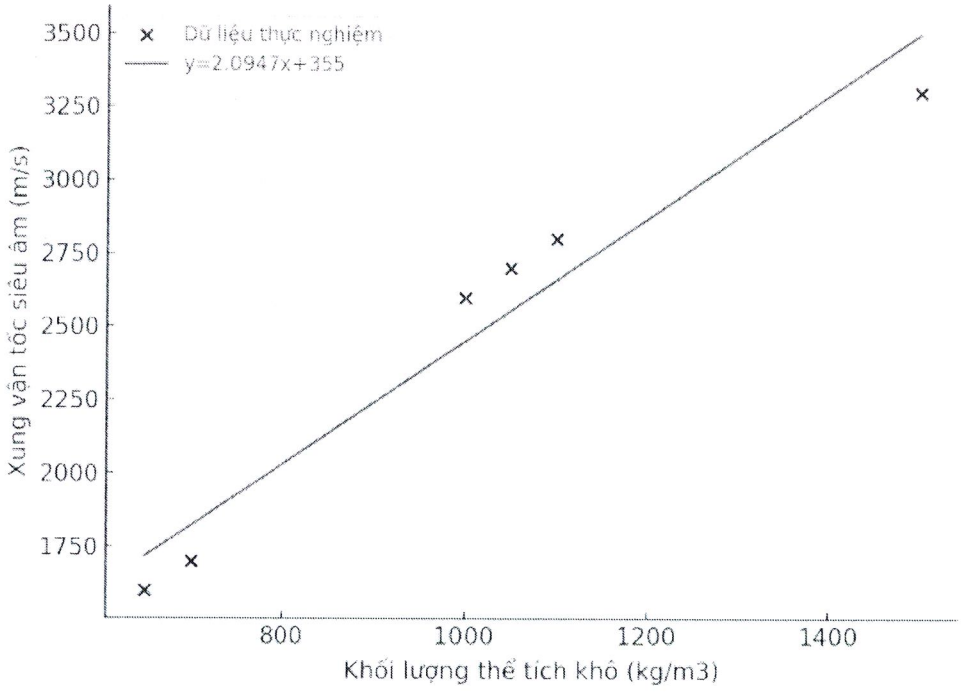
Thành phần cấp phối được chia thành hai nhóm: nhóm S10 và nhóm S20, tương ứng với mức thay thế xỉ lò cao nghiền mịn là 10% và 20%. Trong mỗi nhóm, các hỗn hợp được đánh số từ 1 đến 3 (ví dụ: S10-1, S10-2, S10-3...) nhằm khảo sát ảnh hưởng của lượng bọt khác nhau. Hàm lượng cát được cố định ở mức 25% tổng lượng chất kết dính để đảm bảo không ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ nén của bê tông. Thể tích bọt

lý thuyết được hiệu chỉnh trong thực nghiệm do có tổn thất khi trộn và đúc mẫu. Các hỗn hợp được đánh giá dựa trên khối lượng thể tích khô, cường độ nén, vận tốc truyền xung siêu âm, độ hút nước và hệ số truyền nhiệt.

Bảng 1. 6. Thành phần cấp phối của các loại BTB

Tên mẫu	N/CKD	Xi măng (kg/m³)	Tro bay (kg/m³)	Xỉ lò cao nghiền mịn (kg/m³)	Cát (kg/m³)	Nước (kg/m³)	PGSD(kg/m³)	Thể tích bọt (m³)
S10-1	0.22	632	79	79	197	175.5	1.3	0.48
S10-2	0.22	422	53	53	132	117.1	0.9	0.66
S10-3	0.22	399	50	50	125	110.9	0.8	0.67
S20-1	0.22	775	111	221	277	245.9	1.8	0.27
S20-2	0.22	571	82	163	204	181.1	1.3	0.46
S20-3	0.22	521	74	149	186	165.4	1.2	0.51

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi hàm lượng bọt tăng, khối lượng thể tích khô của BTB giảm rõ rệt, đồng thời kéo theo sự suy giảm cường độ chịu nén, vận tốc truyền xung siêu âm và hệ số truyền nhiệt. Tuy nhiên, độ hút nước lại có xu hướng tăng lên theo tỷ lệ nghịch với khối lượng thể tích. Các mối quan hệ này được mô hình hóa thông qua phương trình hồi quy tuyến tính, từ đó có thể dự báo đặc tính kỹ thuật của bê tông khi biết trước khối lượng thể tích khô. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong thiết kế vật liệu theo yêu cầu sử dụng cụ thể, ví dụ như yêu cầu nhẹ và cách nhiệt tốt cho vật liệu xây không chịu lực, hay yêu cầu cường độ cao đối với cấu kiện chịu lực.



Hình 1. 10. Quan hệ giữa xung vận tốc siêu âm và thể tích khô

Bảng 1. 7. Vận tốc truyền xung siêu âm (m/s)

Tên mẫu	Vận tốc truyền xung siêu âm		
	7 ngày	14 ngày	28 ngày
S10-1	2386	2740	2764
S10-2	1503	1650	1681
S10-3	1466	1586	1622
S20-1	2994	3165	3322
S20-2	2546	2632	2784
S20-3	2299	2423	2537

Trong số các mẫu được thử nghiệm, mẫu S20-1 với hàm lượng xỉ cao và lượng bọt thấp đạt cường độ nén lớn nhất (18,2 MPa), cho thấy khả năng sử dụng cho kết cấu chịu lực. Trong khi đó, các mẫu như S10-1 và S20-2 có cường độ ở mức 7,3–7,5 MPa, khối lượng nhẹ và hệ số truyền nhiệt thấp, phù hợp làm vật liệu xây không nung có tính năng cách nhiệt. Như vậy, nghiên cứu đã khẳng định tính khả thi của việc sử dụng kết hợp TB và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt nhẹ, đồng thời thiết lập được mối quan hệ chặt chẽ giữa khối lượng thể tích và các tính năng kỹ thuật, mở ra hướng tiếp cận hiệu quả cho việc thiết kế vật liệu xây dựng mới có tính bền vững cao.

1.4. Kết luận chương 1

Một số kết luận có thể được rút ra từ Chương 1 như sau:

- Bê tông bọt nhẹ (BTB) là vật liệu phù hợp cho tấm tường đúc sẵn nhờ giảm tĩnh tải, cách nhiệt – cách âm tốt, và được khuyến nghị cho các cấu kiện ít hoặc không chịu lực như tường bao, vách ngăn.
- Theo TCVN 9029:2017, cấp cường độ B3.5 yêu cầu cường độ nén trung bình ≥5 MPa, phù hợp với dải khối lượng thể tích khô danh nghĩa D800–D1000. Bê tông bọt cấp B3.5 hướng tới cân bằng giữa độ bền cơ học và khối lượng thể tích thấp – là cơ sở quan trọng để có thể ứng dụng loại bê tông này trong kết cấu tường đúc sẵn.
- Cấu trúc rỗng chi phối trực tiếp các đặc tính cơ – nhiệt – độ bền của BTB; trong đó khối lượng thể tích phụ thuộc mạnh vào hàm lượng bọt và mối quan hệ giữa cường độ nén và khối lượng thể tích khô gần như tuyến tính.
- Cốt liệu cũng là biến số quan trọng quyết định cấu trúc lỗ rỗng: loại và cấp phối hạt làm ảnh hưởng đến độ rỗng và sự phân bố – kích thước lỗ khí, từ đó chi phối cường độ, hút nước và độ dẫn nhiệt. BTB thường dùng cốt liệu ≤5 mm, ưu tiên cát mịn <1 mm; dải 0,14–0,63 mm giúp tránh phân tầng. Việc tăng lượng cát mịn quá mức trong BTB làm giảm tính công tác và buộc tăng N/X để ổn định hỗn hợp. Do đó cần phải khảo sát có hệ thống tác động

CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU CHẾ TẠO VÀ KẾ HOẠCH THÍ NGHIỆM BÊ TÔNG NHẸ BỌT KHÍ

2.1. Vật liệu chế tạo

Nghiên cứu sử dụng xi măng pooc lăng PCB40 Sông Gianh thỏa mãn theo tiêu chuẩn TCVN 6260:2020.

Cát mịn được sử dụng có mô đun độ lớn Mk = 1,05.

Phụ gia giảm nước sử dụng là loại LOTUS-E339P

Phụ gia tạo bọt là EABASSOC – NEPOR được hòa trộn với nước với tỷ lệ 1: 30 để tạo bọt đưa vào bê tông.

2.1.1. Cốt liệu

Nghiên cứu sử dụng loại cát mịn mô đun độ mịn M_k = 1,05. Các tính chất cơ, lý của mịn được trình bày ở Bảng 2.1. Thành phần hạt của cát mịn được trình bày trong Bảng 2.2.

Bảng 2. 1. Các chỉ tiêu vật lý và hóa học của cát nghiền và cát mịn

TT	Tên chỉ tiêu	Cát mịn	TCVN 7570
1	Khối lượng riêng (g/cm^3)	2,62	-
2	Khối lượng thể tích xốp (g/cm^3)	1.401	-
4	Độ hút nước (%)	1.12	-
5	Độ rỗng tự nhiên (%)	46,7	-
7	Mô đun độ lớn	1,05	2,0-3,0
8	Hàm lượng bùn sét (%)	0,38	≤ 1,5
9	Tạp chất hữu cơ	Sáng hơn màu chuẩn	Không sẫm hơn màu chuẩn

Bảng 2.2. Thành phần hạt của cát mịn

Mắt sàng	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,075
Lượng sót tích lũy (%)	0	0,00	0,00	1,02	16,17	88,15	100
Lượng lọt sàng (%)	100	100	100	98,98	83,83	10,85	0

Hình 2. 1. Cát mịn

2.1.2. Xi măng

Đề tài nghiên cứu sử dụng xi măng PCB40 Sông Gianh có sẵn trên thị trường để nghiên cứu. Kết quả phân tích thành phần hóa học và thí nghiệm xác định các tính chất cơ, lý của xi măng được trình bày ở Bảng 2.3 đến Bảng 2.4

Bảng 2.3. Thành phần hóa của xi măng

Vật liệu	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	Cl^-	MKN
Xi măng	50.12	24.12	4.47	6.84	4.23	0.74	0.68	1.21	0.017	6.37

Bảng 2. 4. Các chỉ tiêu cơ, lý của xi măng PCB40 Sông Gianh

STT	Tính chất	Đơn vị	Kết quả	TCVN 2682:2009
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	3.1	-
2	Độ mịn: *Lượng sót sàng 0.09 mm* *Độ mịn Blaine*	 % cm^2/g	 7,5 3394	 ≤ 10 ≥ 2800
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	32	-
4	Độ ổn định thể tích	mm	0,65	≤ 10
5	Thời gian đông kết *Bắt đầu* *Kết thúc*	 Phút Phút	 140 225	 ≥ 45 ≤ 375
6	Cường độ nén *3 ngày* *28 ngày*	MPa	 27,1 49,0	 ≥ 21 ≥ 40

Kết quả ở Bảng 2.4 cho thấy xi măng PCB40 thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2009.

2.1.3. Phụ gia tạo bọt

Phụ gia tạo bọt có các thông số được mô tả như Bảng 2.5.

Bảng 2. 5. Thông số kỹ thuật của phụ gia tạo bọt EABASSOC – NEPOR

Thông số	**Giá trị / Mô tả**
Tên sản phẩm	EABASSOC – NEPOR
Thành phần	Hóa chất tổng hợp, thân thiện môi trường, dễ phân hủy, không độc hại
Tỷ trọng (dạng lỏng)	~1,02 g/cm³
pH (dung dịch nước)	6,7
Màu sắc / Mùi	Vàng nâu nhạt / không mùi
Nhiệt độ đông cứng	-5 °C (sau khi rã đông vẫn sử dụng bình thường)
Tỷ lệ pha dung dịch tạo bọt	2,5 – 3% trong nước
Tính chất bọt	Bọt khí mịn, ổn định, không phân tầng khi trộn với vữa xi măng – cát
Tính thi công	Dễ bơm, dễ chảy, không cần đầm rung, bề mặt tự phẳng
Tính năng bổ sung	- Cách nhiệt, cách âm tốt- Khả năng chống nóng, chống thấm- Tăng cường độ mặt bê tông
Ứng dụng	- Bê tông nhẹ (foam concrete)- Gạch không nung- Bê tông cách nhiệt, cách âm- Kết cấu lót nhẹ

2.1.4. Phụ gia giảm nước

Nghiên cứu sử dụng phụ gia giảm nước LOTUS-E339P với các thông số kỹ thuật được trình bày ở Bảng 2.6

Bảng 2. 6. Thông số kỹ thuật của phụ gia giảm nước LOTUS-E339P

Thông số	**Giá trị điển hình**
Tên sản phẩm	LOTUS-E339P
Dạng	Lỏng
Màu sắc	Nâu nhạt đến nâu sẫm
Tỷ trọng ở 25°C	1.08 – 1.12 g/cm³
pH	6.0 – 8.0
Hàm lượng rắn	Khoảng 30% ± 1%
Hàm lượng sử dụng khuyến nghị	0.5% – 1.5% khối lượng chất kết dính
Giảm nước	12% – 30% (tùy liều lượng và điều kiện)
Khả năng duy trì độ sụt	Tốt (2–3 giờ)
Ảnh hưởng đến thời gian đông kết	Có thể làm chậm nhẹ
Tương thích với xi măng	Tương thích với hầu hết loại xi măng PCB
Bảo quản	Nơi khô ráo, thoáng mát, tránh ánh nắng

2.2. Kế hoạch thí nghiệm

2.2.1. Thành phần cấp phối bê tông bọt nhẹ

Bê tông nhẹ được thiết kế theo phương pháp thực nghiệm, thành phần hỗn hợp của các loại bê tông nhẹ D900 có tỷ lệ N/X = 0,32 với tỷ lệ xi măng trên cát (cement/sand-C/S) lần lượt là 3/1; 2,5/1; 2/1; 1/1 được chế tạo để xác định ảnh hưởng của yếu tố tỷ lệ C/S đến các tính chất của bê tông bọt nhẹ. Thành phần cấp phối của các loại BTB được trình bày ở Bảng 2.7

Bảng 2. 7. Thành phần cấp phối bê tông bọt nhẹ

Hỗn hợp	Xi măng (kg/m^3)	Cát mịn (kg/m^3)	Nước (kg/m^3)	PGSD (kg/m^3)	Phụ gia tạo bọt (kg/m^3)	C/ S	N/X	KLTT (kg/m^3)
C3S1	534	178	171	1,5	15,5	3/1	0,32	903
C2.5S1	514	205,6	164	1,5	14,9	2.5/1	0,32	905
C2S1	485	242,5	155	1,5	15,8	2/1	0,32	915
C1S1	382	382	122	1,5	13	1/1	0,32	890

Chú thích:

C3S1: cấp phối BTB với tỷ lệ xi măng/cát là 3/1

C2.5S1: cấp phối BTB với tỷ lệ xi măng/cát là 2.5/1

C2S1: cấp phối BTB với tỷ lệ xi măng/cát là 2/1

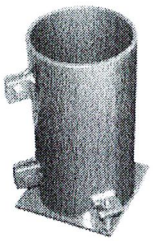
C1S1: cấp phối BTB với tỷ lệ xi măng/cát là 1/1

2.2.2. Công tác chuẩn bị và chế tạo mẫu

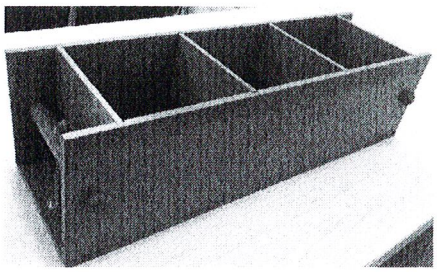
Chuẩn bị khuôn đúc mẫu tương ứng với số lượng và loại mẫu vữa cần đúc đảm bảo yêu cầu theo kế hoạch thí nghiệm. Trong đề tài nghiên cứu, cần đúc các loại mẫu sau:

- Các mẫu thí nghiệm độ hút nước là mẫu trụ kích thước 100x100 mm.
- Các mẫu thí nghiệm cường độ nén là mẫu lập phương kích thước 100x100 mm.
- Thí nghiệm siêu âm và đo điện trở suất với mẫu trụ kích thước 100x200 mm

Các khuôn đúc phải phù hợp với kích thước của từng loại mẫu, đảm bảo kỹ thuật, không bị cong vênh, hở các góc cạnh. Các khuôn đúc mẫu phải được vệ sinh sạch sẽ và bôi trơn các thành bên trong để dễ tháo mẫu.



a) Khuôn 100x200 mm



b) Khuôn 100x100x100 mm

Hình 2. 2. Một số loại khuôn đúc mẫu thí nghiệm

a) Cân đong vật liệu

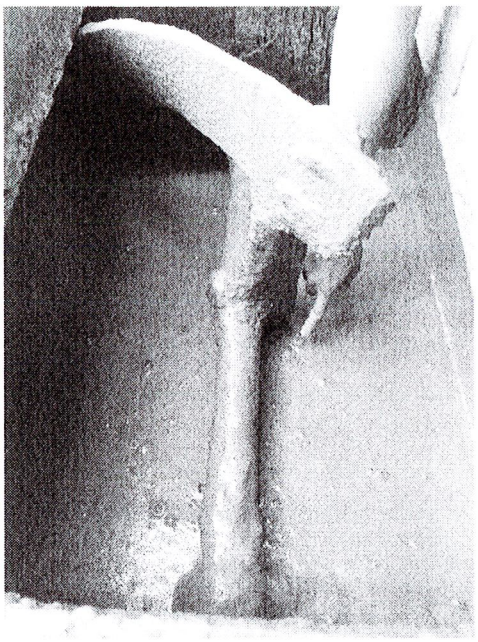
Các loại vật liệu được được tính cho một mẻ trộn tương ứng với thể tích thùng trộn, cân đong theo khối lượng bằng cân tự động. Các loại vật liệu cho một mẻ trộn phải điều chỉnh theo độ ẩm của cốt liệu cho chính xác trước khi đưa vào trộn.

b) Trộn, đúc mẫu và bảo dưỡng

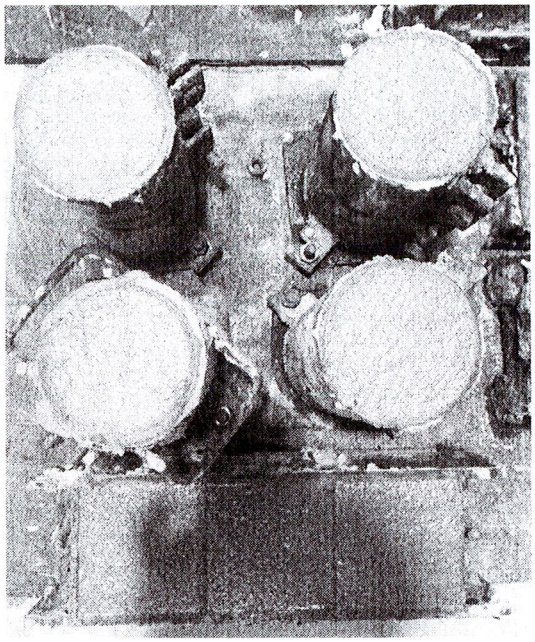
Quy trình chế tạo các mẫu BTB được thực hiện như sau. Các vật liệu được chuẩn bị trước bằng cách lần lượt cho xi măng và cát vào trộn khô trong 2 phút. Tiếp theo, 2/3 lượng nước được thêm từ từ trong quá trình trộn và tiếp tục trộn trong 2 phút. Phụ gia siêu dẻo được hòa tan trong 1/3 lượng nước còn lại, sau đó được thêm vào hỗn hợp và trộn tiếp trong 2 phút cho đến khi thu được hỗn hợp đồng nhất.

Dung dịch tạo bọt được pha bằng cách trộn chất tạo bọt EABASSOC – NEPOR với nước theo tỉ lệ khối lượng 1:30. Dung dịch này được khuấy kỹ và đưa vào máy tạo bọt, trong đó không khí nén với áp suất lên đến 7 bar được sử dụng để tạo ra bọt khí màu trắng, nhẹ với khối lượng thể tích khoảng 42 g/L. Bọt đã tạo được đưa dần vào hỗn hợp bê tông và tiếp tục trộn để đảm bảo phân bố đều trong toàn bộ ma trận. Trong suốt quá trình này, mật độ tươi của hỗn hợp được theo dõi liên tục cho đến khi đạt giá trị mục tiêu tương ứng với cấp phối D900.

Hỗn hợp BTB sau đó được đổ vào khuôn đã chuẩn bị trước, bề mặt khuôn được xử lý, phủ vật liệu bảo vệ và giữ ổn định trong vòng 24 giờ trước khi tháo khuôn để dưỡng hộ đến ngày thí nghiệm.



a) Công tác trộn BTB



b) Các mẫu thử mới đúc

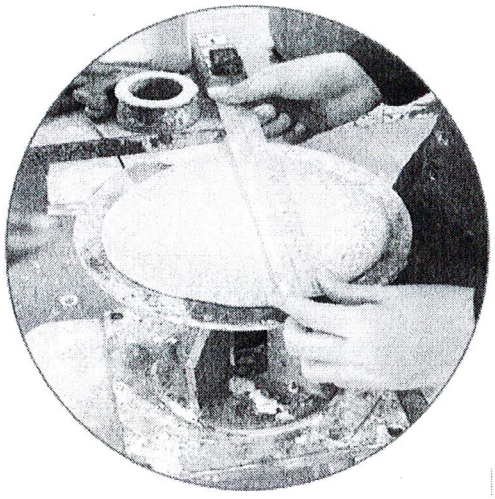
Hình 2. 3. Công tác trộn và đúc mẫu các loại vữa

2.2.3. Phương pháp thí nghiệm

Quá trình chế tạo, đo độ chảy của hỗn hợp BTB được thực hiện theo TCVN 12209:2018. Các mẫu thử BTB hình lập phương 10x10x10 cm được chuẩn bị để thí nghiệm cường độ chịu nén dựa trên tiêu chuẩn 3118: 2022. Thí nghiệm đo xung vận tốc siêu âm được thực hiện với mẫu trụ đường kính 10 cm chiều cao 20 cm theo TCVN 9357:2012 [52]. Độ hút nước của bê tông thực hiện theo TCVN 3113:1993 [53] với mẫu thử hình trụ mẫu trụ đường kính 10 cm chiều cao 10 cm. Thí nghiệm đo điện trở suất bề mặt được thực hiện trên mẫu trụ 10x20 cm ở trạng thái bão hòa nước theo tiêu chuẩn AASH TO T95 [54]

2.2.3.1. Thí nghiệm độ chảy loang

Thí nghiệm độ chảy loang của BTB được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 12209:2018 nhằm đánh giá tính công tác của hỗn hợp bê tông tươi. Trước khi tiến hành, bàn chảy và khuôn hình nón cụt với đường kính trên 8 cm, đường kính dưới 10 cm, chiều cao 5 cm được làm ướt và lau khô. Hỗn hợp BTB sau khi trộn được đổ đầy vào khuôn đặt tại tâm bàn chảy trong một lần, không nén và không rung. Sau đó, bề mặt hỗn hợp được gạt phẳng và khuôn được nhấc thẳng đứng trong vòng 5 ± 2 giây để hỗn hợp tự do chảy loang. Khi hỗn hợp ngừng chảy, đường kính lan rộng được đo theo hai phương vuông góc và tính trung bình để xác định giá trị độ chảy. Thí nghiệm phản ánh độ dẻo và khả năng thi công của hỗn hợp, trong đó giá trị độ chảy càng lớn cho thấy hỗn hợp có khả năng lan tỏa và tự san phẳng tốt hơn.



Hình 2. 4. Hình ảnh thí nghiệm đo độ lưu động của bê tông bọt

2.2.3.2. Thử cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông được thí nghiệm theo TCVN 3118:1993, các mẫu bê tông hình lập phương kích thước 100x100x100 mm được chuẩn bị để thí nghiệm cường độ chịu nén ở 3, 7, 28 ngày, mỗi tổ mẫu thí nghiệm gồm 3 mẫu.

Cường độ ép chẻ và cường độ nén của các mẫu bê tông được tính theo công thức:

$$R_n = \frac{P_n}{F} \ (MPa) \qquad (1)$$

Trong đó: P_n - lực nén phá hoại mẫu (N); F - diện tích chịu lực nén của viên mẫu (mm^2).

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén là trị số trung bình của 3 mẫu thử.

2.2.3.3. Thí nghiệm đo xung vận tốc siêu âm

Thí nghiệm vận tốc xung siêu âm của các mẫu bê tông được thực hiện theo TCVN 9357:2012. Vận tốc xung siêu âm dọc trục (VSA) dùng để đánh giá độ đặc chắc và khuyết tật trong bê tông, bê tông càng đặc chắc thì giá trị VSA càng cao.

- Thiết bị đo

Thiết bị đo gồm bộ phát là cảm biến phát ra xung vận tốc siêu âm vào bê tông với tần số dao động từ 20 kHz – 150 kHz. Bộ phát có đầu dò dạng cặp song song dùng để áp sát bề mặt mẫu thử . Bộ thu là cảm biến thu nhận tín hiệu siêu âm sau khi truyền qua bê tông, có cùng tần số cộng hưởng với bộ phát được đặt đối diện với bộ phát để nhận sóng siêu âm. Bộ diều khiển và phát xung dùng để cung cấp năng lượng cho đầu phát, điều chỉnh dạng sóng (xung vuông hoặc xung xạ), tăng cường tín hiệu nhận để dễ dàng phân tích. Thiết bị đo còn bao gồm bộ ghi thời gian để ghi nhận thời gian truyền sóng siêu âm từ bộ phát đến thu với độ chính xác cao (cỡ 0.1 μs – 0.5 μs) đồng thời hiển thị giá trị tính toán vận tốc truyền sóng V=L/t

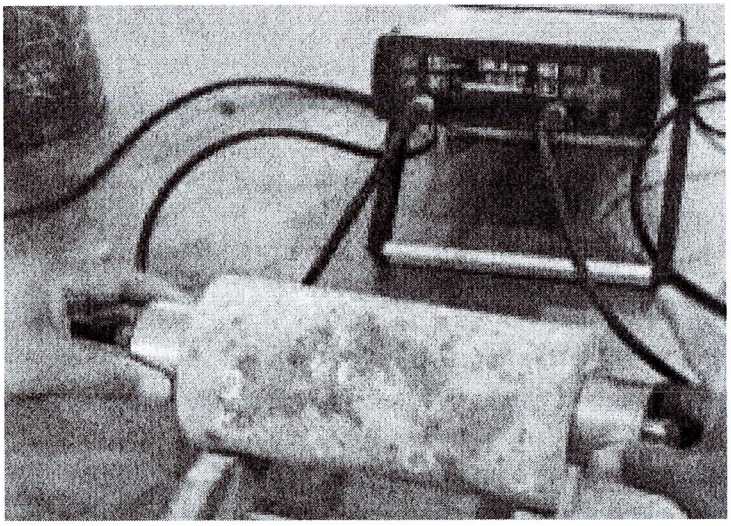
Trong đó :

L: là chiều dài đường truyền (m)

t: thời gian truyền sóng (s)

➢ Quy trình thí nghiệm

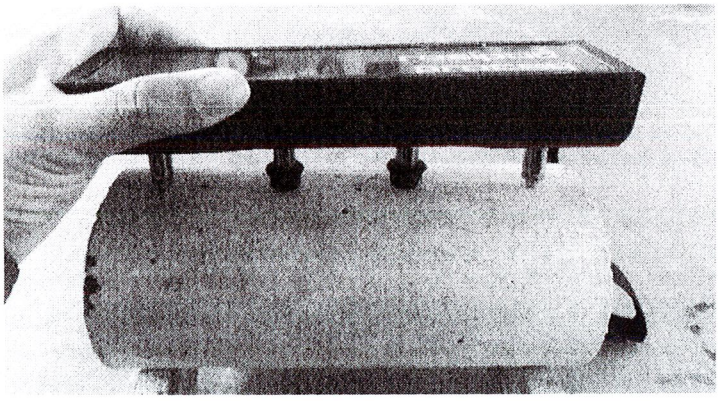
Các mẫu thí nghiệm là dạng mẫu trụ tròn chiều cao 200 mm, đường kính 100 mm. Bề mặt ở 2 đầu trụ được mài nhẵm để đảm bảo tiếp xúc tốt với thiết bị thu phát xung siêu âm. Các mẫu thử đến thời gian thí nghiệm sau bảo dưỡng được mang ra, dùng khăn ẩm lau bề mặt, đặt lên giá thí nghiệm. Khởi động thiết bị đo và thiết lập thông số kích thước mẫu trên máy đo. Sử dụng chất tiếp âm là dạng gel silicon để đảm bảo sự tiếp xúc tốt giữa bộ thu phát và mẫu thử, tiến hành đo và đọc giá trị hiển thị là vận tốc siêu âm cuối cùng của mẫu. Giá trị vận tốc xung siêu âm của các loại bê tông VSA_{tb} là giá trị trung bình của 3 mẫu thí nghiệm.



Hình 2. 5. Hình ảnh thí nghiệm đo xung vận tốc siêu âm

2.2.3.4. Thí nghiệm đo điện trở suất

Thí nghiệm đo điện trở suất sử dụng mẫu hình trụ có kích thước 100x200mm. Giá trị ESR được đo trực tiếp bằng thiết bị mảng Wenner bốn điểm



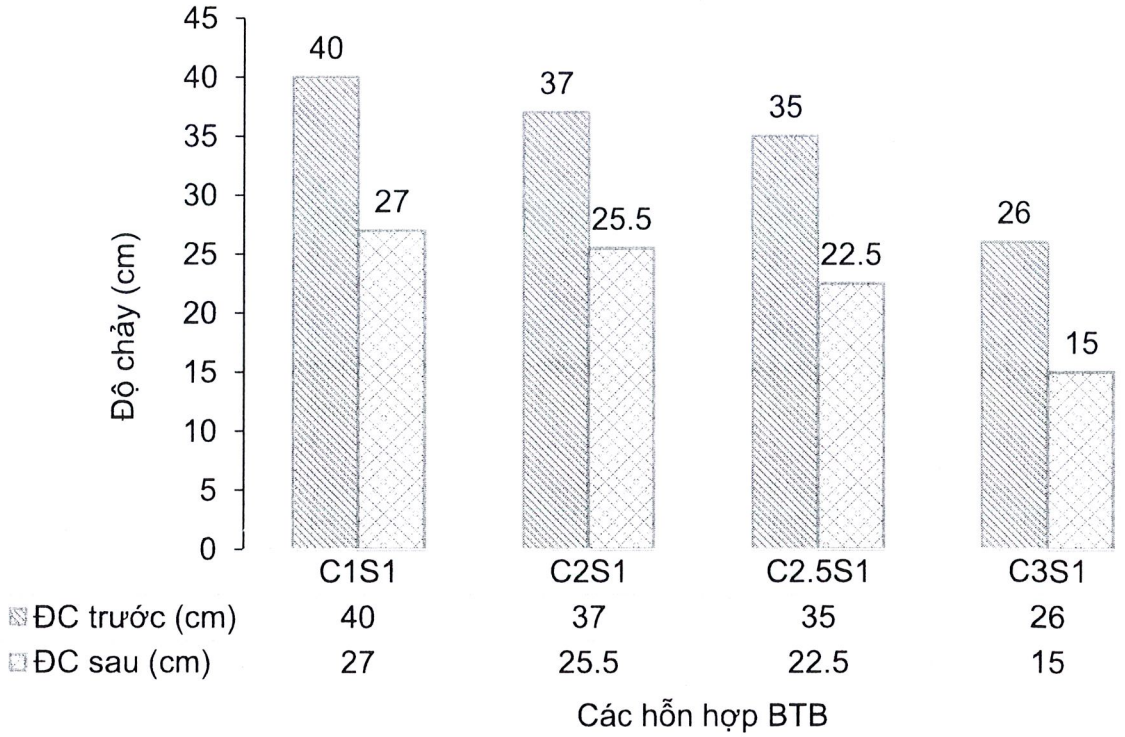
Hình 2. 6. Hình ảnh thí nghiệm đo điện trở suất

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT BÊ TÔNG TƯƠI VÀ TÍNH CHẤT ĐÓNG RẮN CỦA BÊ TÔNG NHẸ D900

3.1. Tính công tác

Tính công tác của BTB trong nghiên cứu được đánh giá thông qua thí nghiệm đo độ chảy loang dựa theo TCVN 12209:2018

Kết quả thí nghiệm đo độ chảy lúc trước và sau khi đưa bọt vào các cấp phối BTB nhẹ được trình bày ở Hình 3.1



Chú thích: ĐC trước là độ chảy trước khi đưa bọt khí vào hỗn hợp hồ xi măng-cát, ĐC sau là độ chảy sau khi đưa bọt khí vào hỗn hợp hồ xi măng- cát

Hình 3. 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ C/S đến độ chảy của các hỗn hợp bê tông bọt nhẹ

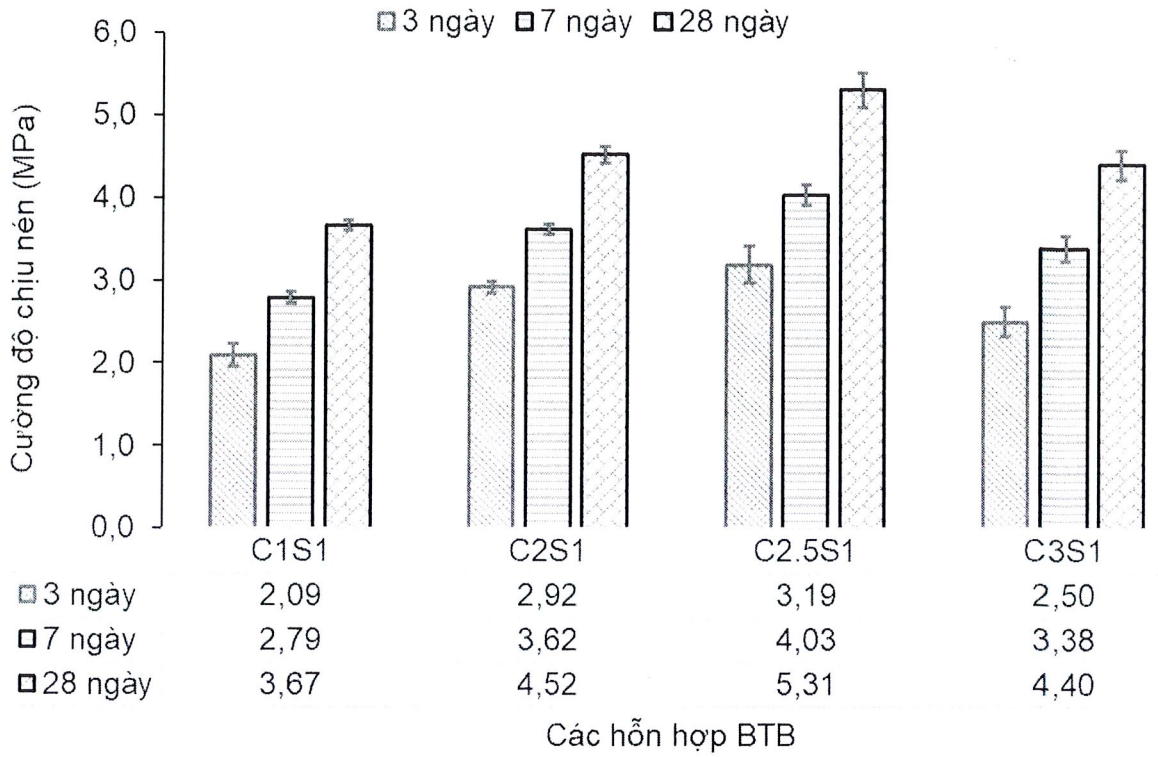
Kết quả nghiên cứu ở Hình 3.1 cho thấy khi tăng tỷ lệ C/S thì độ chảy của hỗn hợp BTB càng giảm. Cấp phối có tỷ lệ C/S là 3/1 có độ chảy ban đầu bằng 65 % so với cấp phối có tỷ lệ C/S là 1/1. Việc giảm độ chảy của các hỗn hợp bê tông khi tăng tỷ lệ C/S quan sát được có thể là do việc tăng hàm lượng xi măng làm tăng diện tích bề mặt của các hạt, dẫn đến nhu cầu nước cao hơn và giảm độ chảy [2]. Các hỗn hợp bê tông sau khi đưa bọt vào độ chảy giảm từ 31-42% so với độ chảy ban đầu. Xu hướng thay đổi độ chảy của các hỗn hợp BTB khi tăng tỷ lệ C/S tương tự như các hỗn hợp này trước khi đưa bọt. Kết quả này là do bọt khí đưa vào BTB làm tăng độ nhớt của các hỗn hợp bê tông, các bọt khí làm cản trở dòng chảy từ đó giảm độ chảy của hỗn hợp bê tông [55]. Như vậy khi tỷ lệ C/S tăng làm giảm độ chảy của hỗn hợp BTB.

3.2. Cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén của các loại BTB với tỷ lệ C/S khác nhau được trình bày ở Bảng 3.1 và thể hiện ở Hình 3.2.

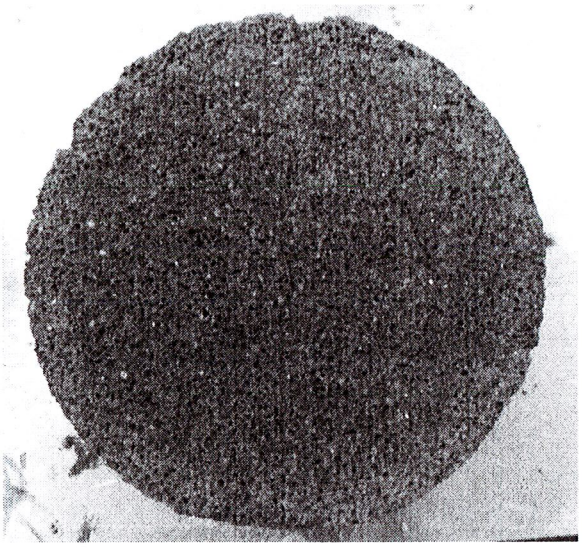
Bảng 3. 1. Cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian

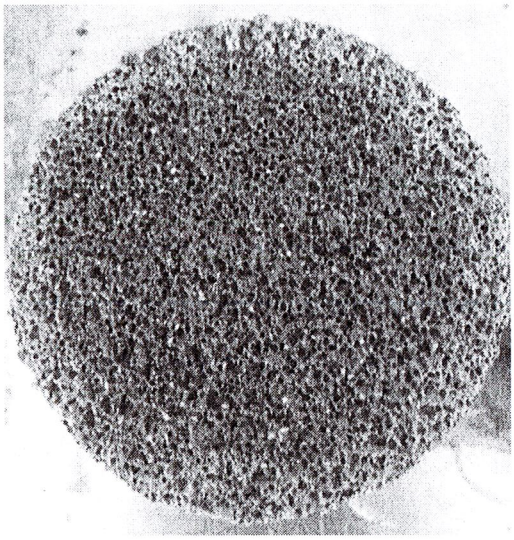
Tên mẫu	Mẫu	3 ngày		7 ngày		28 ngày	
		Lực nén (kN)	Rn (MPa)	Lực nén (kN)	Rn (MPa)	Lực nén (kN)	Rn (MPa)
C1S1	1	19,67	1,47	27,45	2,05	37,27	2,73
	2	20,68	1,57	27,53	2,05	36,02	2,60
	3	22,35	1,57	28,72	2,05	36,81	2,60
	TB	20,90	2,09	27,90	2,79	36,70	3,67
C2S1	1	28,66	1,87	36,36	2,44	44,18	3,22
	2	30,00	2,00	35,49	2,45	46,16	3,22
	3	28,94	1,57	36,75	2,05	45,26	2,60
	TB	29,20	2,92	36,20	3,62	45,20	4,52
C2.5S1	1	29,85	1,69	40,49	2,35	55,44	2,64
	2	31,55	1,86	41,44	2,04	52,39	2,84
	3	34,30	1,57	38,97	2,05	51,47	2,60
	TB	31,90	3,19	40,30	4,03	53,10	5,31
C3S1	1	23,06	1,31	33,20	1,72	43,48	2,05
	2	26,31	1,23	32,65	1,67	45,97	2,40
	3	25,63	1,57	35,55	2,05	42,55	2,60
	TB	25,00	2,50	33,80	3,38	44,00	4,40



Hình 3. 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ C/S đến cường độ chịu nén của bê tông bọt

Kết quả ở Hình 3.2 cho thấy các loại BTB có cường độ chịu nén phát triển theo thời gian, kết quả này là do sự hydrat hóa của xi măng tạo ra các sản phẩm thủy hóa làm đặc chắc vi cấu trúc bê tông theo thời gian [55]. Khi tăng C/S từ 1/1 đến 3/1, cường độ chịu nén của các hỗn hợp BTB ở 3, 7, 28 ngày đều có xu hướng tăng, đạt cao nhất với tỷ lệ C/S=2,5 và giảm cường độ chịu nén khi C/S đạt 3. Việc tăng tỷ lệ C/S đồng nghĩa với việc tăng lượng XM sử dụng và tăng lượng sản phẩm thủy hóa tạo cường độ cho BTB. Tuy nhiên lượng xi măng quá lớn (C/S=3) sẽ hấp thụ 1 lượng nước lớn làm giảm tính công tác và tăng độ đặc của hỗn hợp hồ xi măng ban đầu. BTB với độ chảy thấp có thể gây vỡ bọt khí trong quá trình trộn. Sự vỡ bọt khí tạo ra lỗ rỗng lớn hơn và không đều, làm giảm cường độ chịu nén [6]. Kết quả này được minh chứng qua sự giảm mạnh độ chảy của hỗn hợp bê tông tươi khi tăng tỷ lệ C/S từ 2,5 sang 3 và hình ảnh mô tả lỗ rỗng bột khí trong 2 hỗn hợp với C/S= 2,5 và 3 được thể hiện ở Hình 3.3.





Tỷ lệ C/S 2.5/1 Tỷ lệ C/S 3/1

Hình 3. 3. Cấu trúc lỗ rỗng của bê tông C2.5S1 và C3S1

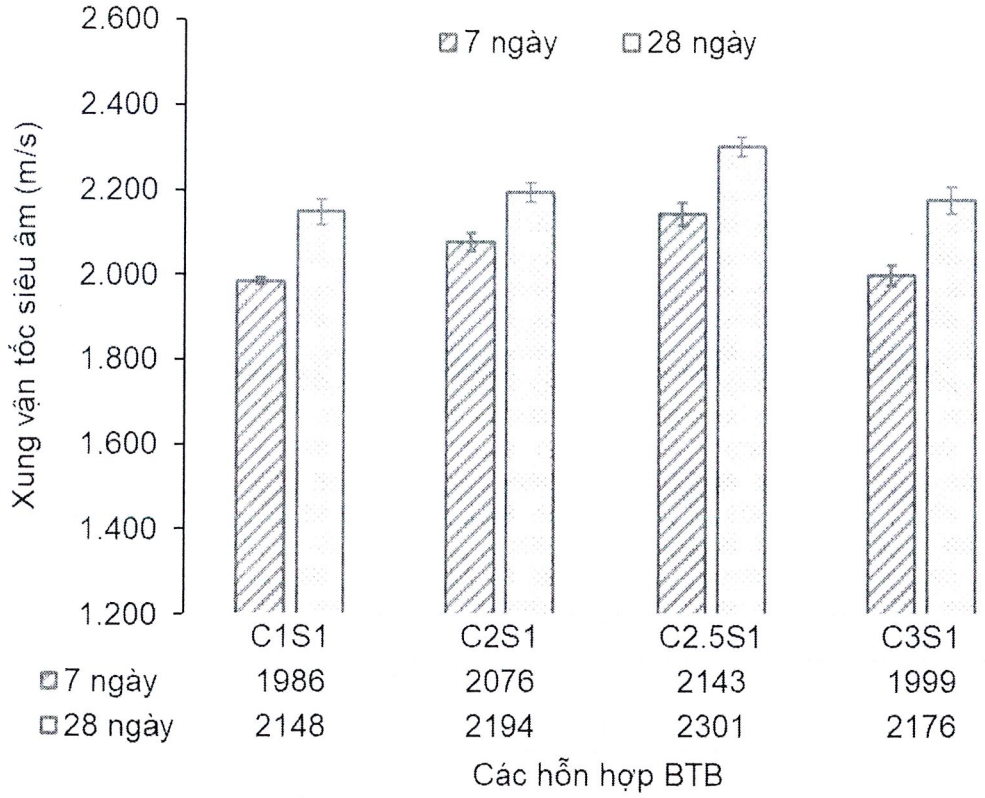
3.3. Xung vận tốc siêu âm

Xung vận tốc siêu âm của các loại BTB có sự thay đổi tỷ lệ C/S được trình bày ở Bảng 3.2 và được thể hiện ở Hình 3.4.

Bảng 3. 2. Xung vận tốc siêu âm của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian

Tên mẫu	Mẫu	3 ngày	7 ngày	28 ngày
		m/s	m/s	m/s
C1S1	1	1775	1988	2181
	2	1745	1991	2125
	3	1742	1979	2139
	TB	1754	1986	2148
C2S1	1	1924	2099	2214
	2	1898	2057	2171
	3	1915	2073	2198
	TB	1912	2076	2194
C2.5S1	1	1979	2174	2313
	2	1922	2125	2275
	3	1946	2130	2315
	TB	1949	2143	2301

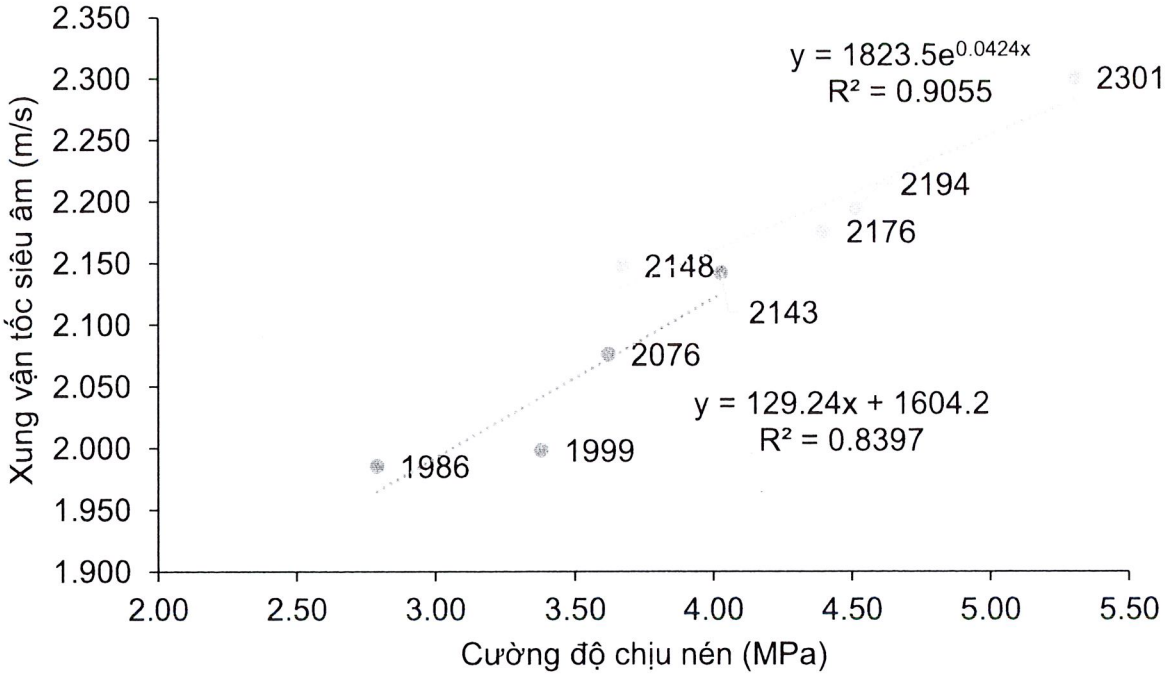
C3S1	1	1828	1985	2154
	2	1837	2026	2211
	3	1819	1985	2163
	TB	1828	1999	2176



Hình 3. 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ XM/C đến xung vận tốc siêu âm của bê tông bọt nhẹ

Xung vận tốc siêu âm là thông số phổ biến để đánh giá chất lượng bê tông. Phương pháp siêu âm được dựa trên nguyên lý truyền sóng siêu âm trong vật liệu rắn, trong đó vận tốc truyền xung sóng có mối quan hệ trực tiếp với các đặc tính cơ học, vật lý của bê tông. Kết quả xung vận tốc siêu âm của các hỗn hợp BTB với tỷ lệ C/S từ 1/1-3/1 ở 7 ngày trong khoảng 1986-2143 m/s, ở 28 ngày dao động từ 1534-1643 m/s. Khi tăng tỷ lệ C/S thì xung vận tốc siêu âm ở các tuổi bê tông đều có xu hướng tăng lên, đạt giá trị cao nhất với tỷ lệ C/S =2,5 và giảm lại với tỷ lệ C/S = 3. Hình 3.2 và 3.4 cho thấy xu hướng thay đổi của xung vận tốc siêu âm khi tăng tỷ lệ C/S tương tự so với cường độ chịu nén. Thật vậy, biểu đồ ở Hình 3.4 cho thấy mối tương quan chặc chẽ giữa xung vận tốc siêu âm và cường độ chịu nén của BTB ở 7 ngày và 28 ngày với hệ số tương quan R^2>0,9. Sự thống nhất các kết quả cường độ chịu nén, xung vật tốt siêu âm góp phần

khẳng định được thành phần bê tông sử dụng tỷ lệ C/S =2,5 tốt nhất so với các tỷ lệ còn lại trong nghiên cứu.



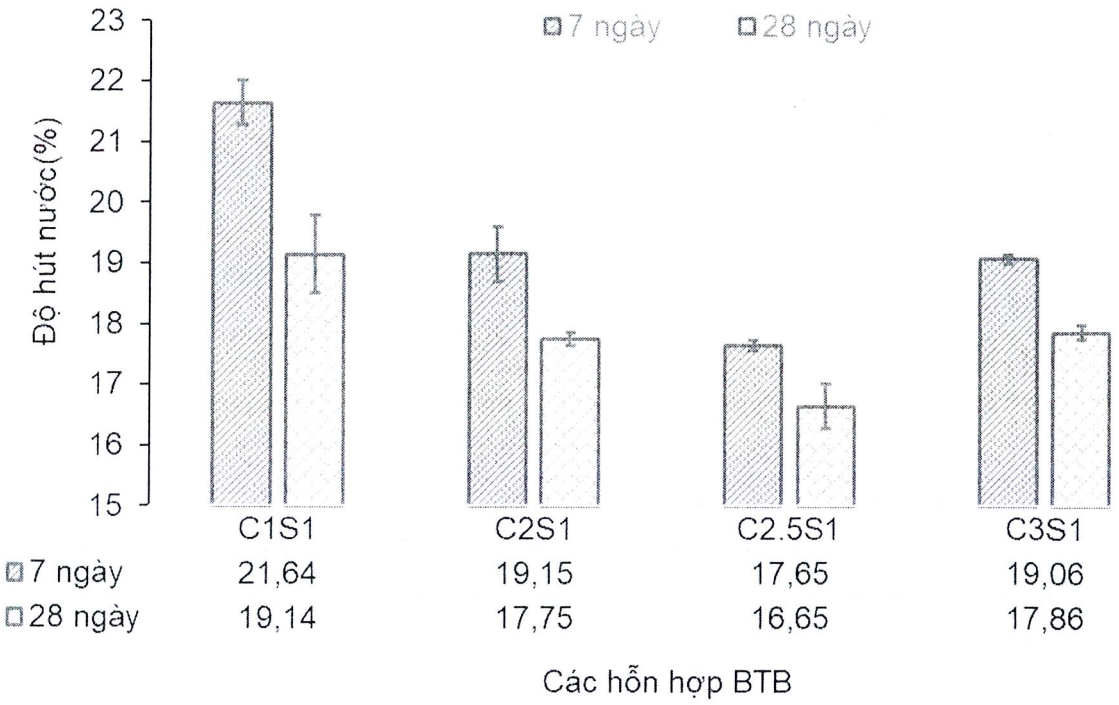
Hình 3. 5. Quan hệ giữa xung vận tốc siêu âm và cường độ chịu nén

3.4. Độ hút nước của BTB

Độ hút nước của các loại BTB có sự thay đổi tỷ lệ C/S được trình bày ở Bảng 3.3 và thể hiện ở Hình 3.5

Bảng 3. 3. Độ hút nước của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian

Tên cấp phối	Mẫu	7 ngày			28 ngày		
		Trước	Sau	TB	Trước	Sau	TB
C1S1	1	263,60	319,27	0,211	261,50	313,94	0,201
	2	274,60	335,45	0,222	275,80	326,08	0,182
	TB			0,216			0,191
C2S1	1	255,00	307,80	0,207	276,90	326,49	0,179
	2	272,90	325,90	0,194	307,40	361,48	0,176
	TB			0,201			0,178
C2.5S1	1	265,30	312,40	0,178	280,60	325,87	0,161
	2	271,20	318,76	0,175	268,20	314,22	0,172
	TB			0,176			0,166
C3S1	1	288,10	343,32	0,192	290,90	342,38	0,177
	2	286,70	341,06	0,190	295,50	348,75	0,180
	TB			0,191			0,179



Hình 3. 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ XM/C đến độ hút nước của bê tông bọt nhẹ

Độ hút nước của bê tông là một đặc tính thể hiện khả năng hấp thụ và giữ nước của bê tông khi tiếp xúc với nước [4]. Đây là một chỉ số quan trọng để đánh giá tính thấm nước và gián tiếp thể hiện thể tích các lỗ rỗng thấm hay mao dẫn bên trong bê tông [50].

Kết quả nghiên cứu ở Hình 3.6 cho thấy độ hút nước của các hỗn hợp BTB D900 có xu hướng giảm theo thời gian nhưng với mức độ giảm không đáng kể từ 5,7-11,5% . Sự giảm này phù hợp với nghiên cứu của (Hong và các cộng sự, 2022) [8], điều này là kết quả của quá trình hydrat hóa xi măng tiếp tục diễn ra, tạo ra gel C-S-H lấp đầy các lỗ rỗng trong cấu trúc hồ xi măng, từ đó giảm độ hút nước [50].

Khi tăng tỷ lệ C/S từ 1/1- đến 3/1 kết quả cho thấy độ hút nước của bê tông C2.5S1 thấp nhất ở các tuổi, 2 loại bê tông C2S1 và C3S1 tương tự nhau và độ hút nước của bê tông C1S1 cao nhất. Tỷ lệ C/S phù hợp giúp cát phát huy được vai trò chất filler trong khi lượng xi măng vừa đủ để thủy hóa mà không cần nhiều quá dẫn điến nhu cầu nước cao hơn.

Kết quả độ hút nước của các hỗn hợp BTB này cho thấy sự phù hợp với tính chất cường độ chịu nén, xung vận tốc siêu âm được thể hiện trong Hình 3.2 và 3.4. Loại BTB có cường độ chịu nén, xung vận tốc siêu âm cao thì độ hút nước có xu hướng thấp và ngược lại. Điều này khẳng định được tầm quan trọng của việc xác định tỷ lệ C/S tối ưu để không chỉ tối ưu cường độ, giảm thiểu độ hút nước và còn giúp nâng cao khả năng

chống thấm nước, hơi nước từ môi trường khi ứng dụng BTB trong các cấu kiện thực tế.

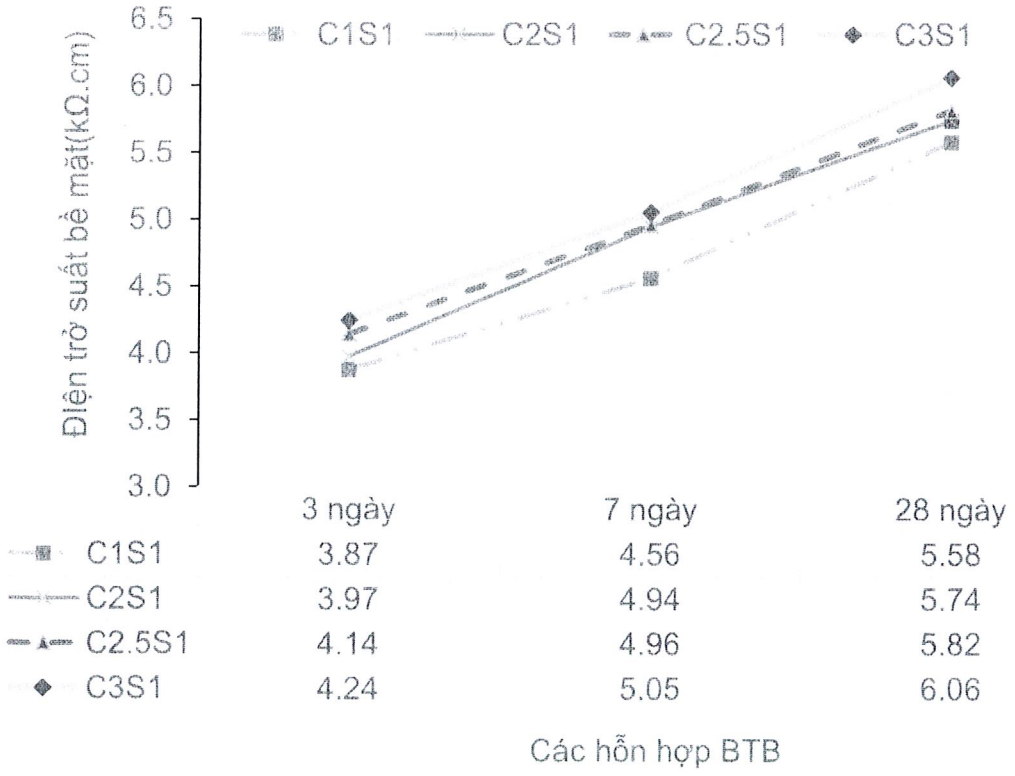
3.5. Điện trở suất bề mặt của bê tông bọt

Bảng 3.4 và Hình 3.7 thể hiện các kết quả thí nghiệm điện trở suất bề mặt ở 3, 7, 28 ngày của các loại BTB với tỷ lệ C/S khác nhau

Bảng 3. 4. Điện trở suất của các cấp phối bê tông bọt theo thời gian

Cấp phối	Mẫu	3 ngày				
		1	2	3	4	TB
C1S1	1	4	3,9	3,9	4	3,95
	2	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02
	3	3,49	3,67	3,76	3,67	3,65
	TB					3,87
C2S1	1	4,06	3,77	3,77	4,35	3,99
	2	4,14	3,96	4,05	4,05	4,05
	3	3,88	3,88	3,7	4,06	3,88
	TB					3,97
C2.5S1	1	4,25	3,93	3,93	4,25	4,09
	2	4,09	4,21	4,09	4,21	4,15
	3	4,13	4,25	4,25	4,13	4,19
	TB					4,14
C3S1	1	4,28	3,91	4,28	4,56	4,26
	2	4,21	4,34	4,21	4,21	4,24
	3	4,31	4,2	4,09	4,31	4,23
	TB					4,24
Cấp phối	Mẫu	7 ngày				
		1	2	3	4	TB
C1S1	1	4,6	4,7	4,8	4,6	4,68
	2	4,48	4,4	4,23	4,48	4,40
	3	4,33	4,52	4,7	4,89	4,61
	TB					4,56
C2S1	1	4,66	4,94	4,94	4,85	4,85
	2	5,13	4,64	5,13	5,33	5,06
	3	4,6	4,9	4,99	5,19	4,92
	TB					4,94
C2.5S1	1	5,2	5,3	5,3	4,9	5,18
	2	5	4,9	4,9	5,1	4,98
	3	4,75	4,66	4,66	4,85	4,73
	TB					4,96
C3S1	1	4,8	5,2	5	4,9	4,98

	2	5,01	4,88	4,88	5,13	4,98
	3	5,27	5,27	5,03	5,27	5,21
	TB					5,05
Cấp phối	Mẫu	28 ngày				
		1	2	3	4	TB
C1S1	1	5,5	5,5	5,5	5,5	5,50
	2	6	5,8	5,6	5,8	5,80
	3	5,39	5,29	5,49	5,59	5,44
	TB					5,58
C2S1	1	5,35	5,62	5,71	5,8	5,62
	2	5,93	5,93	5,84	5,65	5,84
	3	5,94	5,75	5,45	5,94	5,77
	TB					5,74
C2.5S1	1	5,72	5,54	5,81	5,81	5,72
	2	6,1	6	5,8	6	5,98
	3	5,61	5,71	5,91	5,81	5,76
	TB					5,82
C3S1	1	5,9	6	6,21	6	6,03
	2	5,9	5,9	5,69	6,11	5,90
	3	6,18	6,29	6,18	6,4	6,26
	TB					6,06



Hình 3. 7. Điện trở suất bề mặt các hỗn hợp bê tông bọt D900

Điện trở suất bề mặt của bê tông là một chỉ tiêu quan trọng thể hiện khả năng chống lại sự dịch chuyển của các ion trên bề mặt bê tông dưới tác dụng của một điện trường. Điện trở suất bề mặt cao cho thấy khả năng chống ăn mòn tốt hơn, vì nó hạn chế sự di chuyển của các ion gây ăn mòn trên bề mặt bê tông. Điều này đặc biệt quan trọng khi bê tông tiếp xúc với môi trường ẩm ướt hoặc chứa các chất gây ăn mòn như ion clo [56]

Kết quả nghiên cứu ở Hình 3.7 cho Điện trở suất bề mặt của các cấp phối có xu hướng tăng theo thời gian bảo dưỡng. Ở 3 ngày điện trở suất bề mặt các hỗn hợp BTB là 3.87-4.24 kΩ.cm, đến 7 ngày đạt từ 4.56-5.55 kΩ.cm và đến 28 ngày đạt 5.58-6.06 kΩ.cm. Điện trở suất bề mặt tăng là do sự thủy hóa của xi măng làm tăng độ đặc chắc của hồ xi măng, giúp cản trở sự chuyển động của các ion trên bề mặt. Khi tăng tỷ lệ C/S từ 1/1 đến 3/1 thì điện trở suất của các hỗn hợp BTB có xu hướng tăng ở các độ tuổi. Điện trở suất bề mặt phụ thuộc chủ yếu vào vật liệu nền là hồ xi măng mà ít phụ thuộc vào cấu trúc của bê tông. Với tỷ lệ C/S lớn hơn thì thành phần hồ xi măng trong BTB có xu hướng cứng hơn, đặc chắc hơn nên điện trở suất sẽ có xu hướng cao hơn. Bê tông C3S1 có cường độ chịu nén thấp hơn so với C2.5S1 trong khi điện trở suất lại cao hơn, điều này là do xét về mặt cấu trúc tổng thể hồ xi măng và sự phân bố bọt khí trong bê tông thì C2.5S1 tạo ra cấu trúc chịu lực tốt hơn so với C3S1, điều này cũng đã thể hiện rõ ở Hình 3.3

3.6. Ứng dụng bê tông bọt nhẹ trong chế tạo tấm tường công trình xây dựng

So sánh đặc tính kỹ thuật cường độ chịu nén và khối lượng thể tích khô của các cấp phối bê tông nhẹ trong nghiên cứu với Tiêu chuẩn Quốc gia "TCVN 9029:2017 về Bê tông nhẹ – Sản phẩm BTB và bê tông khí không chưng áp – Yêu cầu kỹ thuật" được trình bày ở Bảng 3.5.

Bảng 3. 5. Bảng đánh giá khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của các cấp phối bê tông bọt nhẹ theo TCVN 9029:2017

Đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt nhẹ theo TCVN 9029:2017				Đặc tính kỹ thuật các cấp phối bê tông bọt trong nghiên cứu			Đánh giá khả năng đáp ứng yêu cầu bê tông bọt theo cấp cường độ
Cấp cường độ nén	Giá trị cường độ nén trung bình, MPa , không nhỏ hơn	Khối lượng thể tích khô, kg/m^3		Tên Cấp phối	Cường độ chịu nén trung bình (MPa)	Khối lượng thể tích khô, kg/m^3	
		Danh nghĩa	Trung bình				
B2.5	3,5	D900	Từ 851-900	C1S1	3,67	903	Đáp ứng B2.5

		D900	Từ 851-900	C2S1	4,52	905	Đáp ứng B2.5
B3.5	5	D900	Từ 851-900	C2.5S1	5,31	915	Đáp ứng B3.5
B2.5	3,5	D900	Từ 851-900	C3S1	4,40	890	Đáp ứng B2.5

Kết quả so sánh giữa thực nghiệm và tiêu chuẩn TCVN 9029:2017 ở Bảng 3.5 cho thấy, các cấp phối C1S1, C2S1 và C3S1 đều đạt cường độ chịu nén trung bình trong khoảng 3,67–4,52 MPa, tương ứng với cấp cường độ B2.5. Các cấp phối trên thích hợp cho các cấu kiện không chịu lực chính như tường ngăn hoặc vách bao che vừa cách âm, cách nhiệt cho công trình xây dựng.

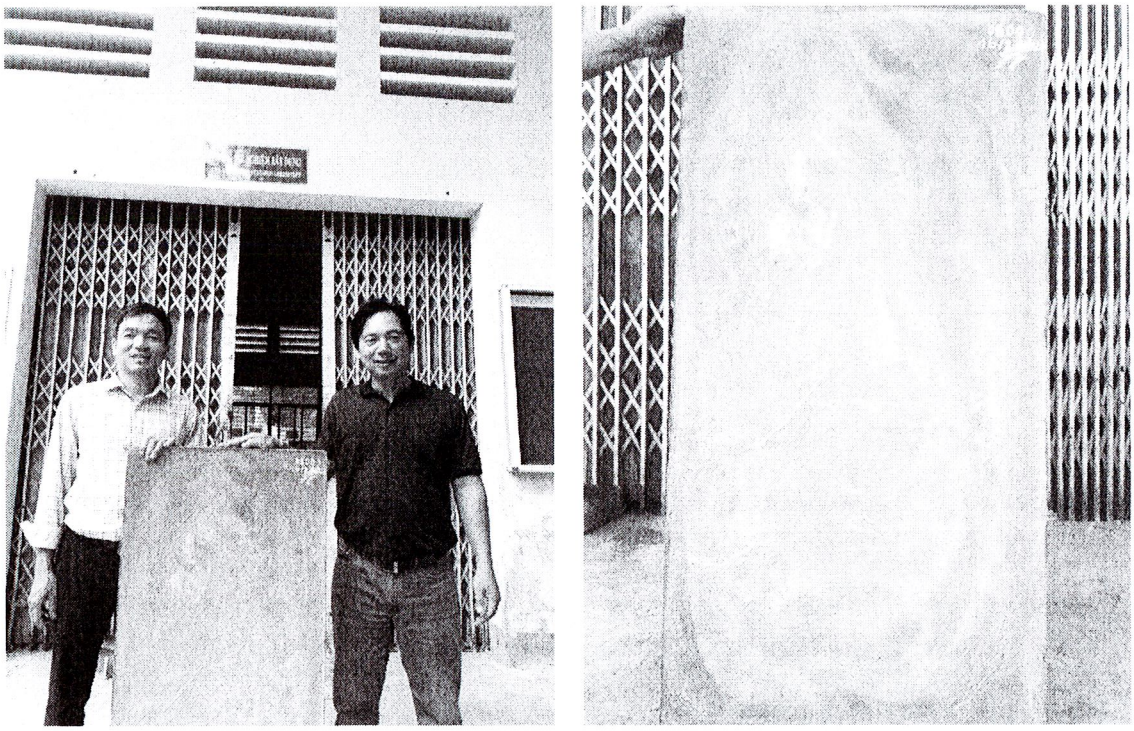
Cấp phối C2.5S1 đã đạt tới cường độ nén trung bình 5,31 MPa với khối lượng thể tích chỉ 915 kg/m^3, thỏa mãn yêu cầu của bê tông bọt nhẹ cấp B3.5. Với cường độ và khối lượng thể tích này có thể ứng dụng bê tông bọt cho các cấu kiện đúc sẵn đòi hỏi khả năng chịu lực nhất định, như là tấm tường. Cường độ chịu nén của BTB từ 5 MPa trở lên giúp các cấu kiện đúc sẵn như các tấm tương đảm bảo tính toàn vẹn và ổn định trong các giai đoạn vận chuyển, cẩu lắp và chịu tải trọng bản thân trong suốt vòng đời công trình.

Nghiên cứu sử dụng cấp phối bê tông C2.5S1 để chế tạo mẫu tấm bê tông bọt nhẹ ở phòng thí nghiệm để đánh giá tính khả thi của việc chế tạo các tấm bê tông nhẹ từ vật liệu BTB.

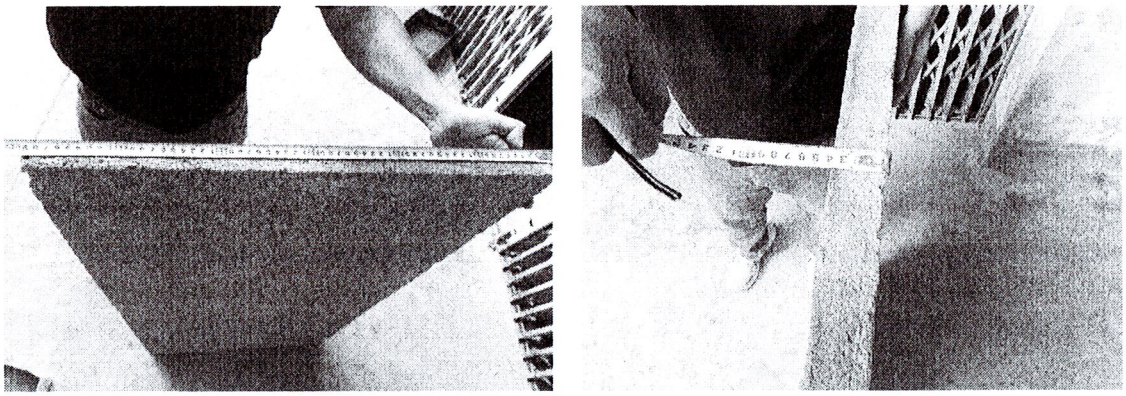
Thông số mô hình tấm bê tông nhẹ D900 chế tạo được thể hiện ở Bảng 3.6

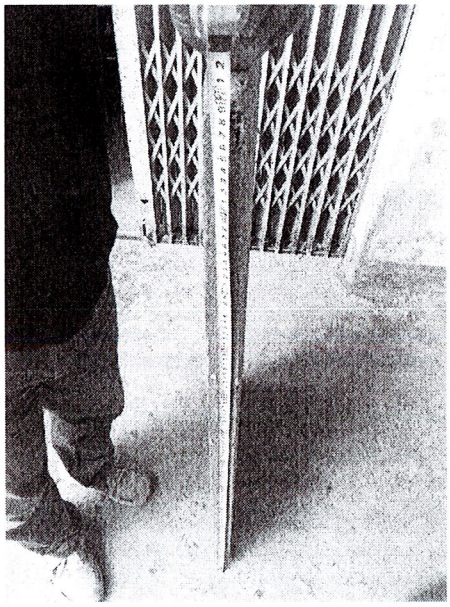
Bảng 3. 6. Thông số mô hình thử nghiệm tấm bê tông nhẹ D900 cấp B3.5

STT	Thông số	Giá trị
1	Dài x rộng x độ dày	1200x600x40 mm
2	Khối lượng	22,6 kg
3	Cường độ mẫu nén ở 7 ngày	4 MPa
4	Cường độ mẫu nén ở 28 ngày	5,65 MPa



Hình 3. 8. Mô hình tấm bê tông nhẹ





Hình 3. 9. Kích thước của tấm bê tông nhẹ

3.7. Đề xuất các cấp phối bê tông nhẹ cho một số kết cấu dùng trong xây dựng công trình dân dụng

Theo TCVN 9029:2017, bê tông bọt nhẹ có cấp độ bền B3.5 và khối lượng thể tích khô D900 thuộc nhóm bê tông nhẹ cường độ thấp đến trung bình, thường được xếp vào loại bê tông không chịu lực hoặc chịu lực hạn chế. Dựa vào các đặc điểm trên, bê tông bọt nhẹ B3.5 - D900 không phù hợp làm kết cấu chịu lực chính (cột, dầm, sàn chịu tải lớn), nhưng có thể sử dụng hiệu quả trong các bộ phận sau:

a. Tường không chịu lực và vách ngăn nhẹ

- Làm vách ngăn trong nhà, tường bao tầng cao.
- Ưu điểm: giảm tải trọng công trình.

b. Lớp bê tông lót, lớp tạo dốc mái hoặc sàn

- Làm lớp tạo dốc trên mái bê tông cốt thép.
- Lớp lót sàn để nâng cốt nền hoặc làm lớp nền cho hệ sàn hoàn thiện.

c. Gạch bê tông bọt không nung

- Ép khuôn thành gạch nhẹ bê tông bọt dùng xây tường ngăn hoặc tường bao tầng thấp.
- Ưu điểm: nhẹ, dễ vận chuyển.

d. Làm vật liệu chèn lấp nhẹ

- Chèn lấp rãnh kỹ thuật, hố ga, lấp nền trong điều kiện nền yếu nhằm giảm tải trọng.

KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Một số kết luận có thể rút ra từ các kết quả thử nghiệm trong nghiên cứu này là như sau:

- Độ chảy của hỗn hợp bê tông bọt D900 giảm khi tăng tỷ lệ C/S.

- Cấp phối bê tông bọt D900 với tỷ lệ C/S là 2.5/1 cho thấy các đặc tính tối ưu về cường độ chịu nén, xung vận tốc siêu âm và độ hút nước.

- Điện trở suất bề mặt của bê tông bọt D900 tăng theo thời gian bảo dưỡng và tỷ lệ C/S.

- Cấp phối Bê tông bọt D900 với tỷ lệ C/S là 2,5/1 đạt cường độ chịu nén cấp B3.5 theo TCVN 9029:2017, trong khi các tỷ lệ C/S tương ứng 1/1; 2/1;3/1 đạt cấp B2.5.

- Có thể chế tạo được tấm bê tông bọt nhẹ đúc sẵn ứng dụng cho kết cấu tường ngăn công trình xây dựng với bê tông bọt D900, cấp B3.5.

- Các loại bê tông nhẹ trong nghiên cứu đạt từ B2.5 đến B3.5 đều có thể ứng dụng làm vách ngăn, tường bao, lớp bê tông lót trong các công trình xây dựng

2. Kiến nghị

- Nghiên cứu mở rộng ở quy mô thực tế: Cần triển khai chế tạo và thử nghiệm tấm bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 trên các mô hình công trình thực tế để đánh giá toàn diện khả năng chịu lực, độ bền lâu dài và hiệu quả thi công.

- Đa dạng hóa cấp phối và ứng dụng: Tiếp tục khảo sát thêm các cấp phối khác nhau của bê tông bọt nhẹ để tối ưu hóa tính năng cách âm, cách nhiệt và độ bền, từ đó mở rộng ứng dụng trong các hạng mục xây dựng như tường bao, vách ngăn, lớp bê tông lót.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Linh BG, Phiên VĐ. Dự báo cường độ bê tông nhẹ bằng mô hình stacking và shap. Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông. 2024:48-60.

[2]. Tuấn NV. Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN. 2021;15(6V):146-157.

[3]. Ramamurthy K, Nambiar EK, Ranjani GIS. A classification of studies on properties of foam concrete. Cement and concrete composites. 2009;31(6):388-396.

[4]. Mùi NT, et al. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi Polypropylene lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt. 2022.

[5]. Thắng NC, et al. Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN. 2021;15(1V):72-83.

[6]. Shankar A, et al. Physical and mechanical properties of foamed concrete, a literature review. Materials Today: Proceedings. 2023.

[7]. Phú NQ. Sử dụng cốt liệu nhẹ Keramzit và xỉ bọt chế tạo bê tông nhẹ ứng dụng trong các công trình xây dựng. 2019.

[8]. Hồng MT, Hiền TT, Thi LĐ. Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt. 2022.

[9]. Babu KG, Babu DS. Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume. Cement and Concrete Research. 2003;33(5):755-762.

[10]. Trụ VN. Khả năng chế tạo bê tông nhẹ với cấu trúc rỗng tổ ong thay đổi trên cơ sở bụi nhôm phế thải và chất tạo bọt EABASSOC. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng. 2024;14(03):35-43.

[11]. Sỹ PC, et al. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp eps. Tạp chí môi trường. 2022.

[12]. Singh A, Kumar AK, Kumar K. A review paper on the properties of foam concrete. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2023;05(03):5.

[13]. Krishna AS, Siempu R, Kumar GS. Study on the fresh and hardened properties of foam concrete incorporating fly ash. Materials Today: Proceedings. 2021;46:8639-8644.

[14]. Zhang Z, et al. Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete. Cement and Concrete Composites. 2015;62:97-105.

[15]. Gökçe HS, Hatungimana D, Ramyar K. Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam concrete. Construction and building materials. 2019;194:1-11.

[16]. Brewer W. Proceedings of the International Conference'Concrete in the Service of mankind'. 1996.

[17]. Bayraktar OY, et al. Physico-mechanical, durability and thermal properties of basalt fiber reinforced foamed concrete containing waste marble powder and slag. Construction and Building Materials. 2021;288:123128.

[18]. Amran YM, et al. Performance properties of structural fibred-foamed concrete. Results in Engineering. 2020;5:100092.

[19]. Al-Shwaiter A, Awang H, Khalaf MA. The influence of superplasticiser on mechanical, transport and microstructure properties of foam concrete. Journal of King Saud University-Engineering Sciences. 2023;35(2):101-109.

[20]. Falliano D, et al. Improving the flexural capacity of extrudable foamed concrete with glass-fiber bi-directional grid reinforcement: An experimental study. Composite structures. 2019;209:45-59.
[21]. Liu Z, et al. Effect of water-cement ratio on pore structure and strength of foam concrete. Advances in Materials Science and Engineering. 2016;2016(1):9520294.
[22]. Chandni T, Anand K. Utilization of recycled waste as filler in foam concrete. Journal of Building Engineering. 2018;19:154-160.
[23]. She W, et al. Influence of coarse fly ash on the performance of foam concrete and its application in high-speed railway roadbeds. Construction and Building Materials. 2018;170:153-166.
[24]. Jones M, McCarthy A. Utilising unprocessed low-lime coal fly ash in foamed concrete. Fuel. 2005;84(11):1398-1409.
[25]. Cong M, Bing C. Properties of a foamed concrete with soil as filler. Construction and Building Materials. 2015;76:61-69.
[26]. Bing C, Zhen W, Ning L. Experimental research on properties of high-strength foamed concrete. Journal of materials in civil engineering. 2012;24(1):113-118.
[27]. Jiang J, et al. Study on the preparation and properties of high-porosity foamed concretes based on ordinary Portland cement. Materials & Design. 2016;92:949-959.
[28]. Jones M, McCarthy M, McCarthy A. Moving fly ash utilisation in concrete forward: A UK perspective. International Ash Utilization Symposium. Center for Applied Energy Research, University of Kentucky; 2003.
[29]. Nambiar EK, Ramamurthy K. Air-void characterisation of foam concrete. Cement and concrete research. 2007;37(2):221-230.
[30]. Hashim M, Tantray M. Comparative study on the performance of protein and synthetic-based foaming agents used in foamed concrete. Case Stud Constr Mater 14: e00524. 2021.
[31]. Hilal AA, Thom NH, Dawson AR. On void structure and strength of foamed concrete made without/with additives. Construction and Building Materials. 2015;85:157-164.
[32]. Panesar D. Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents. Construction and building materials. 2013;44:575-584.
[33]. Sun C, et al. Effects of foaming agent type on the workability, drying shrinkage, frost resistance and pore distribution of foamed concrete. Construction and Building Materials. 2018;186:833-839.
[34]. Li T, et al. Preparation and properties of magnesium phosphate cement foam concrete with H2O2 as foaming agent. Construction and Building Materials. 2019;205:566-573.
[35]. Mastali M, et al. Mechanical and acoustic properties of fiber-reinforced alkali-activated slag foam concretes containing lightweight structural aggregates. Construction and Building Materials. 2018;187:371-381.
[36]. Oren OH, et al. Physical and mechanical properties of foam concretes containing granulated blast furnace slag as fine aggregate. Construction and Building Materials. 2020;238:117774.
[37]. Gencel O, et al. Recycling waste concretes as fine aggregate and fly ash as binder in production of thermal insulating foam concretes. Journal of Building Engineering. 2021;38:102232.

[38]. Pasupathy K, Ramakrishnan S, Sanjayan J. Influence of recycled concrete aggregate on the foam stability of aerated geopolymer concrete. Construction and Building Materials. 2021;271:121850.
[39]. Gencel O, et al. Effect of waste marble powder and rice husk ash on the microstructural, physico-mechanical and transport properties of foam concretes exposed to high temperatures and freeze–thaw cycles. Construction and Building Materials. 2021;291:123374.
[40]. Koksal F, Sahin Y, Gencel O. Influence of expanded vermiculite powder and silica fume on properties of foam concretes. Construction and Building Materials. 2020;257:119547.
[41]. Huang Z, Zhang T, Wen Z. Proportioning and characterization of Portland cement-based ultra-lightweight foam concretes. Construction and Building Materials. 2015;79:390-396.
[42]. Jiang J, et al. Investigation of the properties of high-porosity cement foams based on ternary Portland cement–metakaolin–silica fume blends. Construction and Building Materials. 2016;107:181-190.
[43]. Nambiar EK, Ramamurthy K. Sorption characteristics of foam concrete. Cement and concrete research. 2007;37(9):1341-1347.
[44]. Kolias S, Georgiou C. The effect of paste volume and of water content on the strength and water absorption of concrete. Cement and Concrete composites. 2005;27(2):211-216.
[45]. Gopalakrishnan R, et al. The strength and durability of fly ash and quarry dust light weight foam concrete. Materials Today: Proceedings. 2020;22:1117-1124.
[46]. Đức HM. Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt kết cấu sử dụng hạt polystyrol phồng nở. Tạp chí KHCN Xây dựng. 2017;4.
[47]. Đức HM. chống ăn mòn cho cốt thép đặt trong bê tông nhẹ kết cấu cách nhiệt. 2019.
[48]. Nguyễn ĐC, et al. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS. Tạp chí môi trường. 2022;12:6.
[49]. Tuấn NV. Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXDHN. 2021;15(6V):146-157.
[50]. Thuận VQ, et al. Ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông bọt khí có sử dụng cát biển và nước biển. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Kĩ thuật và Công nghệ. 2023:16.
[51]. Ngo S-H, Huynh T-P. lightweight foamed concrete reinforced with different polypropylene fiber contents. Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE)-HUCE. 2022;16(2):128-139.
[52]. Bộ Khoa học Công nghệ. TCVN 9357: 2022- Bê tông nặng – Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm. 2012.
[53]. Bộ-Khoa-học-Công-nghệ. TCVN 3113: 2022- Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ hút nước. 2022.
[54]. AASHTO T95 Standard method of test for surface resistivity indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration. 2014. Washington, D.C., USA.
[55]. Al-Ani HKK, Hilal AA, Hama SM. Characteristics of Fresh and Hardened Sustainable Foamed Concrete for Structural Applications. Journal of Engineering. 2025;2025(1):2998605.
[56]. TCVN 13932:2024. Bê tông - Phương pháp xác định điện trở suất hoặc điện dẫn suất.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THUYẾT MINH

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU BÊ TÔNG BỌT NHẸ CẤP B3.5 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO TẤM TƯỜNG ĐÚC SẴN

Mã số: T2023-06-18

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Đoàn Vĩnh Phúc
Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Đà Nẵng, 03/2024

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THUYẾT MINH ĐỀ TÀI
KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

1. TÊN ĐỀ TÀI : NGHIÊN CỨU BÊ TÔNG BỌT NHẸ CẤP B3.5 ỨNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO TẤM TƯỜNG ĐÚC SẴN	**2. MÃ SỐ** T2023-06-18

3. LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU

Tự nhiên	☐	Kỹ thuật	☒	Môi trường	☐
Kinh tế; XH-NV	☐	Nông Lâm	☐	ATLĐ	☐
Giáo dục	☐	Y Dược	☐	Sở hữu trí tuệ	☐

4. LOẠI HÌNH NGHIÊN CỨU

Cơ bản	Ứng dụng	Triển Khai
☐	☒	☐

5. THỜI GIAN THỰC HIỆN: 12 tháng (Từ tháng 03 năm 2024 đến tháng 02 năm 2025)

6. CƠ QUAN CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI

Tên cơ quan: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
Điện thoại: 0236.3822571
E-mail: dhspktdn@ute.udn.vn
Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Họ và tên thủ trưởng cơ quan chủ trì: PGS.TS. Phan Cao Thọ

7. CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Họ và tên: Đoàn Vĩnh Phúc
Chức danh khoa học:
Địa chỉ cơ quan: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại cơ quan:
Di động: 0905059010
E-mail: dvphuc@ute.udn.vn

Học vị: ThS.
Năm sinh: 1982
Địa chỉ nhà riêng: 295 Lê Đại Hành, Cẩm Lệ
Điện thoại nhà riêng :
Fax:

8. NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI

TT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn	Nội dung nghiên cứu cụ thể được giao	Chữ ký
1.	Nguyễn Tấn Khoa	Khoa KTXD, ĐH SPKT; Chuyên ngành kỹ thuật xây dựng công trình đặc biệt	Thiết kế thành phần, thực nghiệm, phân tích số liệu và viết báo cáo	
2.	Nguyễn Thế Dương	Khoa KTXD, ĐH SPKT; Chuyên ngành kỹ thuật xây dựng	Nghiên cứu tài liệu, phân tích số liệu	

9. ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH

Tên đơn vị trong và ngoài nước	Nội dung phối hợp nghiên cứu	Họ và tên người đại diện đơn vị

10. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

10.1. Ngoài nước

H. Süleyman Gökçe và các cộng sự (2018)[1] nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bọt, hàm lượng tro bay, silica fume và các chế độ bảo dưỡng khác nhau đến tính chất của bê tông nhẹ. Tổng cộng, 45 hỗn hợp bê tông bọt đã được chuẩn bị ở ba cấp độ thay thế tro bay và silica fume (0, 10 và 20%, tính theo trọng lượng của xi măng), ở ba hàm lượng bọt (0, 31 và 47%, theo thể tích) và ở mức ba chế độ bảo dưỡng (bảo dưỡng nước tiêu chuẩn 7 và 28 ngày và bảo dưỡng bằng nồi hấp). Khối lượng riêng, độ hấp thụ nước, giá trị cường độ nén và độ dẫn nhiệt của hỗn hợp được xác định trên lăng trụ mẫu vật có kích thước 40x40x160 mm. Tỷ trọng (sấy khô), độ hấp thụ nước, Kết quả cường độ nén và độ dẫn nhiệt của bê tông bọt nằm trong khoảng tương ứng là 873–1998 kg/m3, 3,5–35,9%, 1,5–88,1 MPa và 0,239–0,942 W/m.K. Kết quả nghiên cứu cho thấy mặc dù việc kết hợp tro bay không có tác động đáng kể đến khối lượng riêng của bê tông bọt, việc bổ sung thêm silica fume gây ra sự thay đổi khối lượng riêng tùy thuộc vào chế độ đóng rắn và hàm lượng bọt của hỗn hợp. Việc giảm khối lượng riêng khi làm tăng hàm lượng bọt của hỗn hợp mà không cần thêm bất kỳ chất phụ gia nào làm tăng tới 2,4 lần (từ 48% lên 20%) so với của hỗn hợp tương ứng chứa muội silic. Với hàm lượng bọt không đổi, silica fume làm tăng khối lượng riêng của bê tông bọt lên tới 55%. Hơn nữa, với cùng hàm lượng bọt, việc kết hợp với silica fume làm giảm giá trị hấp thụ nước của bê tông bọt lên đến 67%. Việc giảm cường độ chịu nén của bê tông bọt khi tăng hàm lượng bọt xốp là rõ ràng (giảm tới 97%) trong hỗn hợp tro bay cao. Tuy nhiên, lực nén cường độ của bê tông bọt tăng lên 4,4 lần khi sử dụng silica fume ở cùng hàm lượng bọt. Hiệu quả sử dụng rõ rệt hơn trong hỗn hợp có hàm lượng bọt cao hơn. Hỗn hợp bê tông có cường độ nén tối đa và lượng nước tối thiểu tương ứng với khối lượng riêng bê tông bọt tối ưu là khoảng 1320 kg/m3. Hỗn hợp bê tông chứa 10% silica fume được dưỡng hộ trong nước có cường độ chịu nén đạt gần nhất với giá tối ưu. Việc sử dụng silica fume làm tăng độ dẫn nhiệt của bê tông bọt đến 37%. Tuy nhiên, sự gia tăng nhiệt độ thấp hơn đáng kể so với mức tăng cường độ chịu nén (lên tới 4,4 lần). Vì vậy, tỷ lệ cường độ chịu nén/độ dẫn nhiệt của hỗn hợp chứa silica fume tăng lên gấp 4 lần khi tăng lượng bọt trong bê tông. Trong khi việc kết hợp tro bay làm giảm tỷ lệ cường độ chịu nén/độ dẫn nhiệt của hỗn hợp chứa hàm lượng bọt cao (47,1%) lên tới 38%, tỷ lệ này tăng 33% ở hỗn hợp có hàm lượng bọt thấp (31,4%). Như vậy silica fume tốt hơn tro bay. Cấu trúc lỗ rỗng của bê tông bọt thay đổi đáng kể với sự ảnh hưởng của hàm lượng bọt, tro bay và silica fume. Do mối liên hệ chặt chẽ giữa các tính chất của bê tông bọt và tỷ lệ trộn của nó, tối ưu hóa về phụ gia khoáng có vái trò quan trong trong khả năng chịu lực của bê tông bọt. Như vậy hệ chất kết dính 3 chất kết dính (silica fume+ tro bay + xi măng) cần được khuyến khích sử dụng để cân bằng các đặc tính mong muốn của bê tông có hàm lượng bọt cao.

B.A. Herki và các cộng sự (2013) [2] nghiên cứu bê tông nhẹ sử dụng tro bay và polystyren. 9 cấp phối được phát triển, Thành phần đối chứng với 0%SPS, 0%TB có thành phần 1 xi măng và 6 cốt liệu mịn tự nhiên.Cốt liệu tự nhiên được thay thế 0, 60, 100% thể tích polystyren. Tro bay thay thế 0, 20, 40% xi măng. Tỷ lệ N/CKD được sử dụng cho các hỗn hợp bê tông. Các tính chất cường độ chịu nén và đo xung vận tốc siêu âm của các hỗn hợp được đánh giá với sự thay đổi trên của các thành phần bê tông và kết quả cho thấy khi tăng tỷ lệ sử dụng SPS và TB sẽ làm giảm cường độ chịu nén và xung vận tốc siêu âm.

Siong Kang Lim và các cộng sự (2015) [3] nghiên cứu cường độ và độ dai của bê tông nhẹ với các cấp phối thành phần cát khác nhau. Các loại bê tông nhẹ trong nghiên cứu có khối lượng riêng 1300 ± 50 kg/ m3. Bốn loại cấp độ cát, từ 2,36 mm đến 0,60 mm đã được sử dụng. Mẫu thử dạng lập phương và lăng trụ được đúc và bảo dưỡng trong nước cũng như bảo dưỡng trong nước ban đầu trong 7 ngày, sau đó là điều kiện bảo dưỡng bằng không khí. Mức chênh lệch đo được giá trị chỉ ra rằng cát mịn hơn được sử dụng trong bê tông bọt đã làm giảm khả năng thi công của nó và tăng tỷ lệ nước trên xi măng cho tính nhất quán và ổn định

mong muốn. Các mẫu được chuẩn bị bằng cát 0,60 mm đã đạt được độ nén cao nhất và độ bền uốn cũng như độ bền uốn so với các mẫu được chuẩn bị với cấp độ cát thô hơn

Từ các kết quả nghiên cứu trên thế giới cho thấy bê tông bọt nhẹ đã được quan tâm trong việc nghiên cứu và ứng dụng trong công trình xây dựng. Các nghiên cứu đã cho thấy các tính chất của bê tông bọt nhẹ phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố đầu vào và công nghệ thi công do đó trong điều kiện vật liệu địa phương ở Việt Nam cần thiết phải có sự quan tâm nghiên cứu để làm chủ được công nghệ bê tông và công nghệ thi công

Tài liệu tham khảo

[1] Gökçe, H.S., D. Hatungimana, and K. Ramyar, Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam concrete. Construction and building materials, (2019). 194: p. 1-11.

[2] Herki, B., J. Khatib, and E. Negim, Lightweight concrete made from waste polystyrene and fly ash. World Applied Sciences Journal, (2013). 21(9): p. 1356-1360.

[3] Lim, S.K., C.S. Tan, X. Zhao, and T.C. Ling, Strength and toughness of lightweight foamed concrete with different sand grading. KSCE Journal of Civil Engineering, (2015). 19: p. 2191-2197

10.2. Trong nước

Hoàng Minh Đức (2017) [1] nghiên cứu sử dụng hạt polystyron để chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt. Nghiên cứu tập trung với đối tượng là bê tông nhẹ khối lượng thể tích từ 400 kg/m³ đến 700 kg/m³ và xem xét ảnh hưởng của khối lượng thể tích bê tông ảnh hưởng như thế nào đến các tính chất của bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy cho thấy tính công tác của hỗn hợp bê tông phụ thuộc nhiều vào độ xòe của hồ xi măng và hệ số dư vữa. Để hạn chế phân tầng hỗn hợp bê tông cần lựa chọn độ xòe thích hợp của hồ và hạn chế tạo hình bằng đầm rung. Để nâng cao cường độ bê tông polystyrol có khối lượng thể tích thấp nên ưu tiên tăng hệ số dư hồ.Sử dụng phụ gia khoáng và polimer có thể chế tạo được bê tông polystyrol khối lượng thể tích 700 kg/m³ đạt cường độ đến 8,0 MPa. Nghiên cứu các tính chất khác của bê tông polystyrol như co ngót, mô đun đàn hồi, độ hút nước, hệ số hóa mềm và khả năng bám dính cho thấy bê tông polystyrol hoàn toàn thích hợp để chế tạo các sản phẩm nhẹ như blốc xây, panel nhẹ sử dụng trong thi công xây dựng công trình.

Hoàng Minh Đức (2019)[2] nghiên cứu về đặc tính chống ăn mòn cho cốt thép khi đặt trong kết cấu bê tông nhẹ cách nhiệt. Khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ được thí nghiệm với bê tông khí không chưng áp có khối lượng thể tích D700, D1000 và bê tông polystyrol có khối lượng thể tích D400, D700, D1000. Các kết quả được so sánh với mẫu đối chứng làm từ bê tông nặng thông thường mác M200. Bê tông polystyrol sử dụng xi măng PCB40 Nghi Sơn, tro tuyển Phả Lại và hạt polystyrol phồng nở Dmax=4 mm có khối lượng thể tích xốp 25,7 kg/m³. Tỷ lệ tro tuyển trong hỗn hợp chất kết dính là 30%, tỷ lệ N/X của các cấp phối với khối lượng thể tích D400, D700, D1000 lần lượt là 0,53; 0,50 và 0,47. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ tăng đáng kể khi tăng khối lượng thể tích của bê tông. Với cùng khối lượng thể tích, bê tông polystyrol bảo vệ cốt thép tốt hơn so với bê tông khí. Cốt thép trong bê tông nhẹ có khối lượng thể tích dưới 700 kg/m³ cần được bảo vệ chống ăn mòn bằng các biện pháp bổ sung như sơn phủ bề mặt. Nghiên cứu ảnh hưởng của các lớp sơn phủ cho thấy khả năng bảo vệ của các lớp sơn tăng dần theo thứ tự: hồ ximăng, hồ ximăngpolimer, hồ ximăng-Bara® Lastic, Bara® Fer-S. Với lớp sơn phủ phù hợp, cốt thép trong bê tông nhẹ có thể duy trì được trạng thái thụ động như trong bê tông nặng thông thường.

Nguyễn Đình Chinh và cộng sự (2022) [3] nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến các tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS. Các yếu tố ảnh hưởng đề đề cập trong nghiên cứu gồm hàm lượng nhựa phế thải EPS; tỷ lệ nước/chất kết dính; tỷ lệ chất liên diện; đặc tính nhựa EPS (tỷ trọng, kích thước). Thành phần phối liệu trên nền bê tông Mac 200 được xác định với hàm lượng thành phần cho 1 m3 bê tông gồm: Nước (195 lít), cát vàng

(0,466 m^3), xi măng (320 kg), đá dăm (0,847 m^3). Hạt nhựa xốp (EPS) từ rác thải được sử dụng thay thế cho nguyên liệu đá dăm với tỷ trọng và đặc tính khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ bền nén khi hàm lượng nhựa EPS > 30% giảm mạnh, độ hút nước giảm. Mặt khác, với hàm lượng nhựa EPS lớn, các nguyên vật liệu liên kết yếu, bị phân tầng. Với tỷ lệ nước/chất kết dính < 0.28, bê tông nhẹ EPS có độ bền cơ lý đáp ứng yêu cầu kỹ thuật sử dụng; khi tỷ lệ nước/chất kết dính > 0.28, tính công tác (độ chảy lan) quá lớn, ảnh hưởng đến thi công và sự thất thoát xi măng trong bê tông. Với tỷ lệ chất liên diện < 2%, độ bền nén tăng mạnh; khi tỷ lệ chất liên diện > 2% thì độ bền nén không tăng nhiều. Với kích thước hạt xốp EPS phế thải < 4 mm, tính chất cơ lý bê tông giảm theo độ tăng kích thước hạt, tuy nhiên vẫn đảm bảo cho những mục đích sử dụng đối với bê tông nhẹ EPS; liên kết hạt nhựa EPS với thành phần bê tông được đảm bảo, không bị phân tầng, tách lớp. Khi tỷ trọng hạt nhựa xốp EPS > 12,5 kg/m3, độ bền nén có tăng nhưng khá ít, tuy nhiên, tỷ trọng lại tăng cao, không đáp ứng yêu cầu bê tông nhẹ < 1.500 kg/m3. Như vậy, có thể xác định được điều kiện tối ưu khi phối trộn nhựa EPS phế thải để sản xuất bê tông nhẹ như sau: Hàm lượng nhựa EPS là 30%; tỷ lệ nước/chất kết dính là 0.28; tỷ lệ chất liên diện là 2%; kích thước hạt nhựa xốp EPS phế thải là 4 mm; tỷ trọng hạt nhựa xốp EPS là 2,5 kg/m^3.

Nguyễn Quang Phú (2019)[4] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ bằng cách sử dụng cốt liệu nhẹ Kemramzit, xỉ bọt để ứng dụng trong các công trình xây dựng. 3 cấp phối bê tông nhẹ được thiết kế gồm cấp phối sử dụng cốt liệu cốt liệu Keramzit, cấp phối sử dụng cốt liệu xỉ bọt và cấp phối sử dụng đá dăm thông thường để đối chứng. Với các cấp phối sử dụng Keramzit và xỉ bọt chất kết dính có sử dụng thêm 10% silica fume. Các cấp phối đều có thành phần phụ gia siêu dẻo giảm nước và bọt gia tạo bọt để tạo bê tông nhẹ hơn để tạo bê tông có tính công tác tốt, cường độ nén cao phù hợp cho thi công các công trình xây dựng. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi chế tạo bê tông nhẹ cần sử dụng thêm phụ gia giảm nước để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông tránh gây hiện tượng phân tầng. Khi thay thế chất kết dính bằng 10% Silica fume, kết hợp lượng dùng phụ gia siêu dẻo và phụ gia tạo bọt hợp lý sẽ chế tạo được bê tông nhẹ có cường độ nén đạt trên 30MPa ở tuổi 28 ngày, khối lượng thể tích đạt yêu cầu. Bê tông nhẹ chế tạo đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thi công các công trình xây dựng

Nguyễn Công Thắng và các cộng sự (2021) [5] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế. Nghiên cứu sử dụng cốt liệu rỗng polystyrene tái chế (rEPS) để chế tạo bê tông nhẹ với khối lượng thể tích đạt từ 1000 - 1500 kg/m3 và cường độ nén từ 5,0 - 15 MPa. Kết quả nghiên cứu được thực hiện trên 08 cấp phối với các tỷ lệ N/CKD là 0,25 và 0,30; hàm lượng cốt liệu nhẹ sử dụng 25%, 30%, 40% và 50% theo thể tích của bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng cốt liệu rỗng polystyrene tái chế và vật liệu sẵn có ở Việt Nam để chế tạo bê tông nhẹ thỏa mãn yêu cầu: khối lượng thể tích của bê tông đạt từ 1000 - 1500 kg/m3; cường độ nén của bê tông đạt đến 20,0 MPa. Khi hàm lượng cốt liệu nhẹ tăng thì khối lượng thể tích giảm. Khối lượng thể tích của bê tông lớn nhất đạt 1550 kg/m3 ứng với tỷ lệ N/CKD = 0,25 hàm lượng rEPS là 25% và cường độ nén của bê tông lớn nhất đạt 21 MPa. Khối lượng thể tích của bê tông nhỏ nhất đạt 1010 kg/m3 ứng với tỷ lệ N/CKD = 0,3, hàm lượng rEPS là 50% và cường độ nén của bê tông nhỏ nhất là 6,3 MPa. Khi sử dụng rEPS tái chế đến 50% thể tích của bê tông, khối lượng thể tích của bê tông theo chiều cao mẫu không có sự chênh lệch đáng kể, không xảy ra hiện tượng phân tầng và hỗn hợp rEPS phân bố đồng đều trong hỗn hợp bê tông. Độ hút nước mao quản và cường độ nén của bê tông có xu hướng giảm. Khi tăng hàm lượng rEPS đồng thời tỷ lệ N/CKD tăng thì độ hút nước của bê tông tăng, độ hút nước của bê tông lớn nhất đạt 6,25% khi tỷ lệ N/CKD = 0,3 và hàm lượng rEPS là 50%. Ngược lại với độ hút nước, độ hút nước mao quản của bê tông giảm khi tăng hàm lượng rEPS đồng thời giảm tỷ lệ N/CKD. Độ hút nước mao quản nhỏ nhất tại tỷ lệ N/CKD = 0,25 và hàm lượng rEPS là 50%. Hệ số dẫn nhiệt của bê tông tính toán theo ACI 213R14 cho thấy; khi tăng tỷ lệ N/CKD đồng thời tăng hàm lượng rEPS thì hệ số dẫn nhiệt của bê tông giảm. Với hỗn hợp khi sử dụng N/CKD = 0,3 và 50%

rEPS, hệ số dẫn nhiệt của bê tông nhỏ nhất đạt 0,3039 W/m.°C

Lê Việt Hùng và các cộng sự (2021) [6] nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao từ các hạt tro bay vi cầu rỗng. Nghiên cứu sử dụng các hạt cenospheres từ tro bay (FAC) với cường độ nén trên 40 MPa và khối lượng thể tích 1300-1600 kg/m3 (FAC-HSLWC). Hàm lượng FAC sử dụng thay thế cát với tỷ lệ 0, 50, 70 và 100% (theo thể tích). Ngoài ra, ảnh hưởng của phụ gia khoáng là silica fume (SF) và xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) trong chất kết dính đến cường độ của FACHSLWC cũng được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi thay thế cát bởi FAC làm giảm đáng kể KLTT, làm giảm cường độ nén, nhưng cường độ riêng của FAC-HSLWC tăng. Với tỷ lệ N/CKD = 0,4 và CKD =750 kg/m3 trong nghiên cứu, khi thay thế cát bởi FAC từ 50 đến 100% làm giảm KLTT tương ứng từ 24 đến 39,4%, cường độ nén tuổi 28 ngày giảm 6,7 đến 14,6%, nhưng cường độ riêng của FAC-HSLWC tăng từ 12,3 đến 40,9%. Việc sử dụng phụ gia khoáng SF và SF kết hợp GGBFS ở tỷ lệ 20-40% làm cải thiện cường độ nén và độ hút nước của bê tông, trong khi tỷ lệ GGBFS đến 60% mặc dù cải thiện độ hút nước nhưng làm giảm cường độ 28 ngày so với chỉ sử dụng OPC. Ngoài ra, tương tự các loại bê tông nhẹ khác, hệ số dẫn nhiệt của FAC-HSLWC giảm đáng kể và phụ thuộc chủ yếu vào tỷ lệ FAC thay thế cát hay khối lượng thể tích của bê tông

Các nghiên cứu ở Việt Nam cho thấy phạm vi nghiên cứu về bê tông nhẹ rất rộng trong khoảng từ D400-D1500. Có nhiều công nghệ khác nhau để chế tạo bê tông nhẹ và hiện nay chủ yếu là việc sử dụng cốt liệu nhẹ và dùng bê tông khí chưng áp. Các nghiên cứu về bê tông nhẹ theo phương pháp tạo bọt chưa có nhiều nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

[1] Hoàng Minh Đức, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt kết cấu sử dụng hạt polystyrol phồng nở. Tạp chí KHCN Xây dựng, số, (2017). 4.

[2] Hoàng Minh Đức, Chống ăn mòn cho cốt thép đặt trong bê tông nhẹ kết cấu cách nhiệt, Tạp chí vật liệu xây dựng và môi trường, số 4(2019), p. 27-32.

[3] Nguyễn Đình Chinh., H.P. Võ, T.N. Nguyễn, P.C. Trần, C.S. Phùng, and A.Đ. Phùng, Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS (2022), Tạp chí môi trường số tháng 12, p.71-76.

[4] Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, H.n.N.c. Đức, N.n.V. Quảng, Đ.T. Vân Anh, H.n.V. Thắng, and Đ.T. Thanh, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN, (2021). 15(1V): p. 72-83.

[6] Nguyễn Văn Tuấn, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXDHN, (2021). 15(6V): p. 146-157.

10.3. Danh mục các công trình đã công bố thuộc lĩnh vực của đề tài của chủ nhiệm và những thành viên tham gia nghiên cứu

[1] Doan Vinh Phuc, Nguyen Tan Khoa. Effect of ground granulated blast furnace slag and fly ash on mechanical properties and sulfate attack resistance of fine-grained concrete using sea sand. In: 2022 7th National Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB). IEEE, 2022. p. 183-188.

[2] Nguyen Tan Khoa. Using ground granulated blast furnace slag and fly ash to improve the resistance of fine-grained concrete to sulfuric acid attack. In: 2022 7th National Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB). IEEE, 2022. p. 71-76.

[3] Nguyễn Thế Dương, Nguyễn Tấn Khoa. "Đánh giá hiệu quả kinh tế-kỹ thuật của cấu kiện

cột bê tông cốt thép tương ứng với cấp bền bê tông theo TCVN 5574-2018." Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng (2023): 23-30.

[4] Hồ Văn Quân, Nguyễn Tấn Khoa, Nguyễn Thanh Sang. "Đánh giá độ thấm clorua, hệ số suy giảm khuếch tán clorua và dự báo tuổi thọ của kết cấu bê tông ở môi trường biển với bê tông hạt nhỏ chứa tro bay và xỉ lò cao." Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng (2023): 18-22.

11. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Phân loại theo TCVN 5574:2018 về thiết kế kết cấu, bê tông, bê tông cốt thép, bê tông nhẹ là loại bê tông có Khối lượng riêng từ 800-2000 kg/m3. Ở Việt Nam, bê tông nhẹ đang ngày càng được ứng dụng nhiều hơn trong xây dựng công trình bởi khả năng làm giảm tải trọng lên kết cấu, cách âm, cách nhiệt tốt. Loại bê tông nhẹ được chế tạo theo công nghệ tạo bọt có thể tạo ra bê tông có tính công tác tốt, độ chảy cao và thậm chí có thể chế tạo bê tông bọt nhẹ có khối lượng riêng giảm đến 500 kg/m3. Bê tông bọt nhẹ dễ thi công, có thể ứng dụng trong việc chế tạo gạch nhẹ, tấm tường vách ngăn, tường bao che, thậm chí là tường chịu lực tương tự như gạch thông thường. Việc bê tông bọt nhẹ có thể chế tạo kết cấu ở dạng đúc sẵn và lắp ráp tại công trường giúp việc thi công công trình trở nên nhanh hơn, không gian thi công cũng sạch sẽ và gọn gàng hơn, đây cũng là lý do bê tông nhẹ đang ngày càng được ưa chuộng.

Tuy vậy, tính chất của bê tông bọt nhẹ hiện nay phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như hàm lượng xi măng sử dụng, lượng nước sử dụng ban đầu, chất lượng bọt, tỷ lệ bọt sử dụng, chất lượng cốt liệu, thiết bị thi công, thiết bị tạo bọt, vv... Do đó, việc chế tạo được bê tông bọt nhẹ đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cho việc thi công công trình không phải là vấn đề đơn giản và cần được nghiên cứu để xác định được các vật liệu đầu vào và thiết bị thi công phù hợp.

Từ các phân tích trên có thể thấy đề tài " Nghiên cứu chế tạo bê tông bọt nhẹ ứng dụng cho kết cấu tấm tường trong công trình xây dựng" là cấp thiết và có tính thực tiễn cao.

12. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

- Chế tạo được loại bê tông bọt nhẹ D900 (Khối lượng riêng 900 kg/m^3) có cường độ chịu nén đạt cấp B3,5 (3,5 MPa ở 28 ngày theo TCVN 5574:2018).
- Tối ưu được các thành phần vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông bọt nhẹ Ứng dụng được tấm bê tông nhẹ cho 1 công trình cụ thể

13. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

13.1. Đối tượng nghiên cứu

Bê tông nhẹ bọt khí

13.2. Phạm vi nghiên cứu

Bê tông nhẹ D900 (Khối lượng riêng 900 kg/m^3) có cường độ chịu nén đạt cấp B3,5 (3,5 MPa ở 28 ngày theo TCVN 5574:2018)

14. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

14.1. Cách tiếp cận

Nghiên cứu thực nghiệm trong phòng xác định tính công tác, khối lượng thể tích của bê tông tươi; cường độ nén, độ hút nước với sự thay đổi của tỷ lệ chất kết dính, loại chất kết dính, lượng nước ban đầu từ đó đề xuất các cấp phối bê tông nhẹ tối ưu

14.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm.

15. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ KẾ HOẠCH NGHIÊN CỨU

15.1. Nội dung nghiên cứu

Mở đầu

1. Tính cấp thiết của đề tài

2. Mục tiêu nghiên cứu

3. Nội dung nghiên cứu

4. Phạm vi nghiên cứu

5. Phương pháp nghiên cứu

6. Kết cấu của đề tài

7. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài

Chương 1: Tổng quan các vấn đề nghiên cứu

1.1.Giới thiệu về bê tông nhẹ

1.2.Tổng quan các nghiên cứu về bê tông nhẹ trên thế giới

1.3.Tổng quan các nghiên cứu về bê tông nhẹ ở Việt Nam

1.4.Kết luận chương

Chương 2: Vật liệu chế tạo và kế hoạch thí nghiệm bê tông nhẹ

2.1. Vật liệu chế tạo

2.2. Kế hoạch thí nghiệm

2.2.1. Thành phần cấp phối bê tông nhẹ

2.2.2. Công tác chuẩn bị và chế tạo mẫu

2.2.3. Phương pháp thí nghiệm các tính chất của bê tông nhẹ

Chương 3: Nghiên cứu tính chất bê tông tươi và tính chất đóng rắn của bê tông nhẹ D900

3.1. Tính công tác

3.2. Cường độ chịu nén

3.3. Độ hút nước

3.4. Ứng dụng bê tông bọt nhẹ trong chế tạo mô hình tấm tường công trình xây dựng

3.5. Đề xuất các cấp phối bê tông nhẹ cho một số kết cấu dùng trong xây dựng công trình dân dụng

Kết luận và kiến nghị

15.2. Kế hoạch nghiên cứu

STT	Nội dung công việc	Sản phẩm	Thời gian (tháng/năm bắt đầu - tháng/năm kết thúc)	Người thực hiện *(ghi cụ thể họ và tên) – chèn cột số ngày công*
1.	Nghiên cứu tổng quan	Tổng quan về vấn đề nghiên cứu	Tháng 3-5/2024	Nguyễn Tấn Khoa
2.	Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm tính chất của bê tông bọt nhẹ và chế tạo mô hình tấm bê tông nhẹ	Số liệu thí nghiệm	Tháng 5-6/2024	Đoàn Vĩnh Phúc Nguyễn Tấn Khoa
3.	Phân tích và đánh giá các kết quả thí nghiệm và đánh giá tính chất mô hình	Báo cáo phân tích đánh giá	Tháng 6-11/2024	Đoàn Vĩnh Phúc Nguyễn Tấn

				Khoa Nguyễn Thế Dương
4.	Xây dựng báo cáo tổng kết	Báo cáo tổng kết đề tài	Tháng 11-01/2024	Đoàn Vĩnh Phúc Nguyễn Tấn Khoa

16. SẢN PHẨM

16.1. Sản phẩm khoa học

- Bài báo đăng trên tạp chí có tên trong danh mục Scopus/SCIE ☐
- Bài báo đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN ☒
- Sản phẩm khác:

Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm ☐ Tài liệu hướng dẫn thực hành ☐

Bài thực hành/bài thí nghiệm ☐ Giáo trình ☐ Tài liệu tham khảo ☐

16.2. Sản phẩm đào tạo:

Đào tạo Cao học ☐ Đào tạo NCS ☐

Hướng dẫn sinh viên bảo vệ đề tài/đồ án tốt nghiệp ☐

Hướng dẫn sinh viên nghiên cứu khoa học ☐

16.3. Sản phẩm ứng dụng

Chương trình máy tính	☐	Tiêu chuẩn	☐	Chiến lược	☐
Website	☐	Phương pháp	☐	Đề án	☐
Thiết bị máy móc	☐	Tài liệu dự báo	☐	Bản quy hoạch	☐
Dây chuyền công nghệ	☐	Luận chứng kinh tế	☐	Vật liệu	☐
Mô hình	☒	Qui phạm	☐	Mẫu	☐
Sơ đồ, bản thiết kế	☐	Bản kiến nghị	☐	Giống cây trồng	☐
Qui trình công nghệ	☐	Báo cáo phân tích	☐	Giống vật nuôi	☐

16.4. Tên sản phẩm, số lượng và yêu cầu khoa học đối với sản phẩm

TT	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu khoa học
1.	Bài báo khoa học đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN	1	-Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là thành viên tham gia thực hiện đề tài; - Đơn vị công tác của tác giả chính thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng
2.	Mô hình tấm bê tông nhẹ đổ thử nghiệm trong Phòng thí nghiệm	1	Tấm bê tông nhẹ sử dụng cấp phối trong nghiên cứu

17. HIỆU QUẢ (giáo dục và đào tạo, kinh tế - xã hội)

- Đề tài sẽ là cơ sở khoa học cho việc ứng dụng bê tông nhẹ trong các lĩnh vực của công trình xây dựng.
- Đề tài tạo điều kiện thúc đẩy việc áp dụng khoa học công nghệ để tạo ra các sản phẩm bê tông bọt nhẹ cho công trình xây dựng.
- Đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của các cán bộ nghiên cứu, cung cấp tài liệu khoa học có giá trị phục vụ cho công tác nghiên cứu liên quan đến vật liệu mới.

18. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG

- Phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu:

19. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI VÀ NGUỒN KINH PHÍ

Tổng kinh phí: 20.000.000
Bằng chữ: Hai mươi triệu đồng chẵn
Trong đó:
- Từ nguồn Quỹ KHCN: 20.000.000 - Từ các nguồn kinh phí khác: 0

Dự trù kinh phí theo các mục chi *(phù hợp với nội dung nghiên cứu)*:

Stt	Khoản chi, nội dung chi	Tổng kinh phí (ĐVT: VNĐ)	Nguồn kinh phí		Ghi chú
			Kinh phí từ Quỹ KHCN (ĐVT: VNĐ)	Các nguồn khác	
1	Chi tiền công lao động trực tiếp	17.840.000	17.840.000		
2	Chi mua vật tư, nguyên vật liệu	1.000.000	1.000.000		
3	Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định				
4	Chị hội thảo khoa học, công tác phí				
5	Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên				
6	Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu				
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	160.000	160.000		
8	Chi Hội đồng tự đánh giá				
9	Quản lý chung nhiệm vụ KHCN	1.000.000	1.000.000		
10	Chi khác liên quan				
	TỔNG CỘNG	**20.000.000**	**20.000.000**		

Ngày 28 tháng 3 năm 2024
TM. HỘI ĐỒNG KHOA
(ký, họ và tên)

TS. Phan Tiến Vinh

Ngày 25 tháng 3 năm 2024
Chủ nhiệm đề tài
(ký tên)

ThS. Đoàn Vĩnh Phúc

Đà Nẵng, ngày 28 tháng 3 năm 2024
Cơ quan Chủ trì duyệt
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

PGS. TS. Võ Trung Hùng

BẢNG DỰ TRÙ KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

STT	Các khoản chi phí	Tổng kinh phí (ĐVT: VNĐ)	Trong đó:	
			Kinh phí từ Quỹ KHCN (ĐVT: VNĐ)	Các nguồn khác (ĐVT: VNĐ)
1	Chi tiền công lao động trực tiếp	17.840.000	17.840.000	
2	Chi mua vật tư, nguyên vật liệu	1.000.000	1.000.000	
3	Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định			
4	Chi hội thảo khoa học, công tác phí			
5	Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu			
6	Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu			
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	160.000	160.000	
8	Chi Hội đồng tự đánh giá			
9	Quản lý chung nhiệm vụ KHCN	1.000.000	1.000.000	
10	Chi khác liên quan			
	TỔNG CỘNG	**20.000.000**	**20.000.000**	

Bằng chữ: Hai mươi triệu đồng chẵn

GIẢI TRÌNH CHI TIẾT CÁC MỤC CHI

Mục 1a: Bản tính thù lao lao động phân theo kế hoạch nghiên cứu

Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN): 2.000.000 đồng

Số TT	Nội dung công việc	Chức danh khoa học	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM_{CN}) (ĐVT: VNĐ)	Số ngày công (ĐVT: ngày)	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh (ĐVT: tháng)	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ (ĐVT: VNĐ)
(1)	*(2)*	*(2.1)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(7)=6/22 ngày*	*8=3x5x7*
1	***Nội dung 1: Nghiên cứu tổng quan***							***3.200.000***
	Thù lao 01 thành viên chính		***0,8***	***1***	**2.000.000**	***22***	***1,0***	***1.600.000***
	Đoàn Vĩnh Phúc	Thành viên chính	0,8	1	2.000.000	22	1,0	1.600.000
	Thù lao 01 thành viên		***0,4***	***1***	**2.000.000**	***44***	***2,0***	***1.600.000***
	Nguyễn Tấn Khoa	Thành viên	0,4	1	2.000.000	44	2,0	1.600.000
2	***Nội dung 2: Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm tính chất của bê tông bọt nhẹ và chế tạo mô hình tấm bê tông nhẹ***							***4.000.000***
	Thù lao 01 thành viên chính		***0,8***	***1***	2.000.000	***44***	***2,0***	***3.200.000***
	Nguyễn Tấn Khoa	Thành viên chính	0,8	1	2.000.000	44	2,0	3.200.000
	Thù lao 01 thành viên		***0,4***	***1***	2.000.000	***22***	***1,0***	***800.000***
	Đoàn Vĩnh Phúc	Thành viên	0,4	1	2.000.000	22	1,0	800.000
3	***Nội dung 3: Phân tích và đánh giá các kết quả thí nghiệm và đánh giá tính chất mô hình***							***4.400.000***
	Thù lao 01 thành viên chính		***0,8***	***1***	2.000.000	***22***	***1,0***	***1.600.000***
	Nguyễn Thế Dương	Thành viên chính	0,8	1	2.000.000	22	1,0	1.600.000
	Thù lao 02 thành viên		***0,4***	***2***	2.000.000	***77***	***3,5***	***2.800.000***
	Đoàn Vĩnh Phúc	Thành viên	0,4	1	2.000.000	22	1,0	800.000
	Nguyễn Tấn Khoa	Thành viên	0,4	1	2.000.000	55	2,5	2.000.000
4	**Thù lao của chủ nhiệm nhiệm vụ:**		**1**	**1**	2.000.000		**2,4**	**4.800.000**
	(TL_{CN} = 1,0 x DM_{CN} x 20% x T)						*(=20% x 12 tháng)*	
5	**Thù lao của thư ký**		**0,3**	**1**			**2,40**	

	khoa học:				2.000.000			**1.440.000**
	(TL_{TK} = 0,3 x DM_{CN} x 20% x T)						*(=20% x 12 tháng)*	
	TỔNG CỘNG							**17.840.000**

Mục 1b: Bản tính thù lao lao động phân theo tên thành viên tham gia nghiên cứu (phân theo tên thành viên thực hiện)

STT	Họ và tên	Chức danh	Hệ số	Số ngày *(nếu có)*	Tổng số tháng quy đổi của chức danh (ĐVT: tháng)	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (ĐMCN) (ĐVT: VNĐ)	Thành tiền (ĐVT: VNĐ)	Tổng cộng (ĐVT: VNĐ)
-1	*-2*	*-3*	*-4*	*-5*	*-6*	*-7*	*-8*	*-9*
1	Đoàn Vĩnh Phúc	Chủ nhiệm	1		0	2.000.000	**4.800.000**	**8.000.000**
2	Đoàn Vĩnh Phúc	Thành viên chính	0,8	22	1,00	2.000.000	**1.600.000**	
3	Đoàn Vĩnh Phúc	Thành viên	0,4	44	2,00	2.000.000	**1.600.000**	
4	Nguyễn Thế Dương	Thành viên chính	0,8	22	1,00	2.000.000	**1.600.000**	**1.600.000**
5	Nguyễn Tấn Khoa	Thành viên chính	0,8	44	2,00	2.000.000	**3.200.000**	**8.240.000**
6	Nguyễn Tấn Khoa	Thành viên	0,4	99	4,50	2.000.000	**3.600.000**	
7	Nguyễn Tấn Khoa	Thư ký khoa học	0,3		0	2.000.000	**1.440.000**	
	Tổng			231	10,5	-	**17.840.000**	

Mục 2. Chi mua vật tư , nguyên, nhiên, vật liệu: Lập theo nội dung nghiên cứu, công việc thực hiện, kết quả, sản phẩm. (Kèm 3 báo giá nếu mục chi này quá 20 triệu đồng)

Số TT	Khoản chi, nội dung chi	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá *(đồng)*	Tổng kinh phí *(đồng)*	Nguồn kinh phí	
						Kinh phí từ Trường	Nguồn khác
-1	*-2*	*-3*	*-4*	*-5*	*-6*	*-7*	*-8*
1	**Nguyên, vật liệu**						
1.1	Xi măng Sông Gianh PCB40	Tấn	0,5	1.320.000	660.000	660.000	
1.2	Đá 1x2	m3	1,1	309.091	340.000	340.000	
	Tổng cộng				1.000.000	1.000.000	

Mục 3 **Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định:** Không

Mục 4 **Chi hội thảo khoa học, công tác phí:** Không

Mục 5 **Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ hoạt động nghiên cứu:** Không

Mục 6 **Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu:** Không

Mục 7. Chi văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn: (Không quá 2% tổng kinh phí đề tài)

TT	Nội dung chi	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá	Tổng kinh phí	Nguồn kinh phí (đồng)	
						Kinh phí từ Trường	Nguồn khác
-1	-2	-3	-4	-5	(6) =(4)x(5)	-7	-8
	In ấn và pho to báo cáo tổng kết	Cuốn	5	32.000	160.000		
	Tổng cộng				160.000		

Mục 8 Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở: Không

Mục 9 Chi quản lý chung: 1000.000

Mục 10 Chi khác: Không

Đà Nẵng, ngày 28. tháng 3.. năm 2024.

Chủ nhiệm đề tài
(ký, ghi họ và tên)

ThS. Đoàn Vĩnh Phúc

Cơ quan chủ trì
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

PGS. TS. Võ Trung Hùng

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

Ngày 01 tháng 04 năm 2024

HỢP ĐỒNG TRIỂN KHAI THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

Số: 18/HĐ-KHCNCS-2023

- Căn cứ Bộ luật dân sự ngày 24 tháng 11 năm 2015;
- Căn cứ Luật khoa học và công nghệ ngày 18 tháng 6 năm 2013;
- Căn cứ Quyết định số 1749/QĐ-TTg ngày 08 tháng 11 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thuộc Đại học Đà Nẵng;
- Căn cứ Thông tư số 03/2023/TT-BTC ngày 10 tháng 01 năm 2023 của Bộ trưởng Bộ Tài chính về việc quy định lập dự toán, quản lý sử dụng và quyết toán kinh phí ngân sách nhà nước thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ;
- Căn cứ Quyết định số 216/QĐ-ĐHSPKT ngày 09 tháng 3 năm 2018 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc ban hành Quy định về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở (cấp Trường) do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý;
- Căn cứ Quyết định số 271/QĐ-ĐHSPKT ngày 29 tháng 03 năm 2024 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc phê duyệt kinh phí và giao nhiệm vụ thực hiện đề tài khoa học và công nghệ cấp Trường;

Sau khi xem xét mục tiêu, nội dung nghiên cứu và sản phẩm khoa học của đề tài KH&CN (sau đây gọi tắt là "*đề tài*"):

"Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn".

Mã số: T2023-06-18

Bên A: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
Đại diện: **PGS.TS. Phan Cao Thọ** Chức vụ: Hiệu trưởng
Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0236.3822571 Fax: 0236.3894884
Số Tài khoản: 3716.1.1055693.00000 tại Kho bạc Nhà nước Đà Nẵng

2. Bên B: Ông (Bà): ThS. Đoàn Vĩnh Phúc là Chủ nhiệm đề tài
- Số CCCD: 048082000561 ngày cấp: 17/04/2021 nơi cấp: Cục Cảnh sát Quản lý Hành chính về Trật tự xã hội.
- Số Tài khoản: 56110000259874 tại ngân hàng BIDV Đà Nẵng
- Mã số thuế: 0400570036
- Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng
- Điện thoại: 0905059010 Email: dvphuc@ute.udn.vn

Và các thành viên tham gia thực hiện đề tài theo thuyết minh được duyệt gồm:

2.1. Bên B: Ông Nguyễn Tấn Khoa là Thành viên chính và Thư ký đề tài

- Số CCCD: 049087001102 ngày cấp: 17/04/2021 nơi cấp: Cục Cảnh sát Quản lý Hành chính về trật tự xã hội.
- Số Tài khoản: 56110001300243 tại ngân hàng BIDV Đà Nẵng
- Mã số thuế: 8124035144
- Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng
- Điện thoại: 0935788756 Email: ntkhoa@ute.udn.vn

2.2. Bên B: Ông Nguyễn Thế Dương là Thành viên chính

- Số CCCD: 038079035953 ngày cấp: 4/3/2022 nơi cấp: Cục Cảnh sát Quản lý Hành chính về trật tự xã hội.
- Số Tài khoản: 5611464265 tại ngân hàng BIDV Đà Nẵng
- Mã số thuế: 8116950823
- Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng
- Điện thoại: 0942847968 Email: ntheduong@ute.udn.vn

Cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Hợp đồng thực hiện đề tài KH&CN cấp Trường (sau đây gọi tắt là Hợp đồng) với các điều khoản sau:

Điều 1. Đặt hàng và nhận đặt hàng thực hiện đề tài KH&CN cấp Trường kinh phí từ Quỹ Khoa học và Công nghệ của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật ***(sau đây gọi tắt là Quỹ KH&CN)***

Bên A đặt hàng và Bên B nhận đặt hàng thực hiện đề tài KH&CN cấp trường (sau đây gọi là đề tài) theo các nội dung trong Thuyết minh đề tài đã được phê duyệt (sau đây gọi tắt là Thuyết minh).

Thuyết minh là bộ phận không tách rời của Hợp đồng.

Điều 2. Thời gian thực hiện Hợp đồng

Thời gian thực hiện đề tài là 12 tháng, từ tháng 03 năm 2024 đến tháng 02 năm 2025.

Điều 3. Kinh phí đề tài:

3.1. Kinh phí thực hiện:

- Tổng kinh phí đề tài được cấp từ Quỹ KH&CN là 20.000.000 đồng (Hai mươi triệu đồng chẵn)

- Kinh phí đề tài thực hiện theo phương thức khoán chi từng phần. Các phần công việc được giao khoán và không được giao khoán quy định cụ thể tại Điều 7, Thông tư 27/2015/TTLT-BKHCN-BTC ngày 30 tháng 12 năm 2015 của Bộ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài chính về Quy định khoán chi nhiệm vụ khoa học và công nghệ sử dụng ngân sách nhà nước.

3.2. Tạm ứng và thanh quyết toán kinh phí

- Tạm ứng đợt 1: Ngay sau khi ký kết hợp đồng, bên A sẽ tạm ứng cho bên B tối đa 50% giá trị hợp đồng khi có yêu cầu tạm ứng của bên B.

- Tạm ứng đợt 2: Bên A cấp tạm ứng tối đa 40% tổng giá trị còn lại của hợp đồng khi có đề nghị của bên B và sau khi bên B phải hoàn thành hồ sơ thanh toán tối thiểu bằng 50% mức kinh phí đã tạm ứng các đợt trước đó trên cơ sở đề tài được đánh giá hoàn thành tiến độ thực hiện đợt 1. Bên A thực hiện thanh toán cho bên B theo đúng quy định hiện hành, đồng thời thu hồi cho đến hết số tiền đã tạm ứng. Số tiền tạm ứng đợt 1 chưa được thu hồi thì sẽ được thu hồi trong lần thanh toán cuối cùng.

- Thanh toán đợt cuối: Sau khi đề tài được nghiệm thu chính thức, bên B phải hoàn thành và nộp hồ sơ thanh quyết toán kinh phí tất cả các nguồn kể từ ngày kết thúc nhiệm vụ theo quyết định phê duyệt nhiệm vụ và hợp đồng đã ký kết và trong phạm vi niên độ tài chính. Bên A thanh toán hết giá trị còn lại của hợp đồng từ nguồn do bên A quản lý theo đúng quy định hiện hành.

- Tùy theo kết quả thực hiện hợp đồng mà bên B chịu những xử lý tài chính trong quy định tại điều 6 hợp đồng này.

Điều 4. Quyền và nghĩa vụ của các bên

1. Quyền và nghĩa vụ của Bên A

a) Cung cấp các thông tin cần thiết cho việc triển khai, thực hiện Hợp đồng;

b) Bố trí cho Bên B số kinh phí từ Trường ĐHSPKT, ĐHĐN quy định tại Điều 3 Hợp đồng này theo tiến độ kế hoạch, tương ứng với các nội dung nghiên cứu được phê duyệt;

c) Tổ chức phê duyệt kế hoạch đấu thầu, mua sắm máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu và dịch vụ của đề tài bằng kinh phí do Bên A cấp (nếu có) theo quy định;

d) Trước mỗi đợt cấp kinh phí, trên cơ sở báo cáo tình hình thực hiện đề tài của Bên B, Bên A căn cứ vào sản phẩm, khối lượng công việc đã hoàn thành theo Thuyết minh để cấp tiếp kinh phí thực hiện Hợp đồng. Bên A có quyền thay đổi tiến độ cấp hoặc ngừng cấp kinh phí nếu Bên B không hoàn thành công việc đúng tiến độ, đúng nội dung công việc được giao;

đ) Kiểm tra đột xuất để đánh giá tình hình Bên B thực hiện đề tài theo Thuyết minh. Trường ĐHSPKT, ĐHĐN thực hiện kiểm tra định kỳ đánh giá tình hình thực hiện đề tài theo quy định hiện hành về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp Trường;

e) Kịp thời xem xét, giải quyết theo thẩm quyền hoặc trình cấp có thẩm quyền giải quyết kiến nghị, đề xuất của Bên B về điều chỉnh nội dung chuyên môn, kinh phí và các vấn đề phát sinh khác trong quá trình thực hiện đề tài;

g) Tổ chức đánh giá, nghiệm thu kết quả thực hiện đề tài của Bên B theo các yêu cầu, chỉ tiêu trong Thuyết minh;

h) Có trách nhiệm cùng Bên B tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định hiện hành;

i) Phối hợp cùng Bên B xử lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN (nếu có) theo quy định của pháp luật;

k) Tiếp nhận kết quả thực hiện đề tài, bàn giao kết quả thực hiện đề tài cho tổ chức đề xuất đặt hàng hoặc tổ chức triển khai ứng dụng sau khi được nghiệm thu;

l) Có trách nhiệm hướng dẫn việc trả thù lao cho tác giả nếu có lợi nhuận thu được từ việc ứng dụng kết quả của đề tài và thông báo cho tác giả việc bàn giao kết quả thực hiện đề tài (nếu có);

m) Ủy quyền cho Bên B tiến hành đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện đề tài (nếu có) theo quy định hiện hành;

n) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định của Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

2. Quyền và nghĩa vụ của Bên B

a) Tổ chức triển khai đầy đủ các nội dung nghiên cứu của đề tài đáp ứng các yêu cầu chất lượng, tiến độ và chỉ tiêu theo Thuyết minh;

b) Cam kết thực hiện và bàn giao sản phẩm cuối cùng đáp ứng đầy đủ các tiêu chí đã được phê duyệt;

c) Được quyền tự chủ, tự quyết định việc sử dụng phần kinh phí để thực hiện đề tài theo dự toán kinh phí đề tài, được quyền ký kết hợp đồng thuê khoán chuyên môn với các thành viên tham gia thực hiện; và các hợp đồng khác gồm: mua vật tư, nguyên, nhiên, vật liệu, sửa chữa, mua sắm tài sản cố định, dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu, văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn có giá trị dưới 20 triệu đồng;

d) Yêu cầu Bên A cung cấp thông tin cần thiết để triển khai thực hiện Hợp đồng;

đ) Kiến nghị, đề xuất điều chỉnh các nội dung chuyên môn, kinh phí và thời hạn thực hiện Hợp đồng khi cần thiết;

e) Yêu cầu Bên A cấp đủ kinh phí theo đúng tiến độ quy định trong Hợp đồng khi hoàn thành đầy đủ nội dung công việc theo tiến độ cam kết. Đảm bảo huy động đủ nguồn kinh phí khác theo cam kết. Sử dụng kinh phí đúng mục đích, đúng chế độ hiện hành và có hiệu quả;

g) Đối với các hợp đồng khác được quy định tại điểm c, khoản 2, Điều 4 hợp đồng này có giá trị từ 20 triệu trở lên: Chủ nhiệm đề tài xây dựng kế hoạch mua sắm để gửi Bên A phê duyệt và thực hiện mua sắm theo quy định của pháp luật;

h) Chấp hành các quy định pháp luật trong quá trình thực hiện Hợp đồng. Tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp đầy đủ thông tin cho các cơ quan quản lý trong việc giám sát, kiểm tra, thanh tra đối với đề tài theo quy định của pháp luật;

i) Thực hiện việc tự đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở theo quy định hiện hành khi kết thúc đề tài. Sau khi đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở hoàn chỉnh lại hồ sơ theo kết luận của Hội

đồng đánh giá cấp cơ sở, Bên B có trách nhiệm chuyển cho Bên A các hồ sơ để Bên A tiến hành việc đánh giá, nghiệm thu theo quy định;

k) Có trách nhiệm quản lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách của Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN (nếu có). Chủ nhiệm đề tài có trách nhiệm bàn giao tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài cho cơ quan chủ quản đề tài để quản lý và sử dụng.

l) Có trách nhiệm cùng Bên A tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định;

m) Thực hiện việc đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ theo ủy quyền của Bên A đối với kết quả nghiên cứu (nếu có);

n) Chủ nhiệm đề tài giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho bộ phận lưu giữ thông tin của cơ quan chủ quản đề tài. Cơ quan chủ quản đề tài xác nhận việc giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho chủ nhiệm đề tài.

o) Các sản phẩm khoa học công bố được tính khi có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN, cụ thể như sau:

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Anh: "This research is funded by The University of Danang – University of Technology and Education under project number T2023-06-18";

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Việt: "Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2023-06-18";

Đối với sản phẩm khoa học có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN và các nguồn kinh phí trong nước khác, Trường ĐHSPKT, ĐHĐN sẽ tính mức độ hoàn thành của sản phẩm đó như sau: Phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này được chia theo tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thực hiện. Trong trường hợp không xác định được cụ thể tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thì phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này sẽ bằng một (01) chia cho số nguồn kinh phí trong nước. Tổng số phần các công trình được tính phải đáp ứng yêu cầu về số lượng theo thuyết minh đề tài đã phê duyệt.

Thời gian thực hiện sản phẩm của đề tài phải trong khoảng thời gian thực hiện đề tài.

p) Chủ nhiệm đề tài cùng với các cá nhân trực tiếp sáng tạo ra kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ được đứng tên tác giả trong đề tài và hưởng quyền tác giả bao gồm cả các lợi ích thu được (nếu có) từ việc khai thác thương mại các kết quả thực hiện đề tài theo quy định pháp luật và các thỏa thuận khác (nếu có);

q) Có trách nhiệm trực tiếp hoặc tham gia triển khai ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ theo yêu cầu của Bên A hoặc tổ chức, cá nhân được Bên A giao quyền sở hữu, sử dụng kết quả thực hiện đề tài;

r) Thực hiện bảo mật các kết quả thực hiện đề tài theo quy định về bảo vệ bí mật của nhà nước;

s) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

Điều 5. Chấm dứt Hợp đồng

Hợp đồng này chấm dứt trong các trường hợp sau:

1. Đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu.

2. Bên B bị chấm dứt hợp đồng thực hiện đề tài khi có đề nghị thanh lý Hợp đồng của Hội đồng thanh lý đề tài cấp Trường.

Điều 6. Xử lý tài chính khi chấm dứt Hợp đồng

1. Đối với đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu:

a) Đề tài đã kết thúc và đánh giá nghiệm thu từ mức "Đạt" trở lên thì Bên A thanh toán đầy đủ kinh phí cho Bên B theo quy định tại Hợp đồng này.

b) Đề tài đã kết thúc, nhưng nghiệm thu mức "không đạt" thì Bên A xem xét, quyết toán kinh phí cho Bên B trên cơ sở kết luận của Hội đồng đánh giá về nguyên nhân, trách nhiệm và những nội dung công việc mà Bên B đã thực hiện có sản phẩm thực tế được đánh giá.

Bên B có trách nhiệm hoàn trả toàn bộ số kinh phí ngân sách nhà nước đã cấp nhưng chưa sử dụng. Đối với khoản kinh phí đã sử dụng được áp dụng xử lý đối với trường hợp đề tài không hoàn thành được quy định tại Điều 16 Thông tư liên tịch số 27/2015/TTLT-BKHCN-BTC ngày 30/12/2015 của Bộ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài chính quy định khoán chi thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ sử dụng ngân sách Nhà nước.

2. Đối với đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện:

a) Trường hợp Đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện thì hai bên cùng nhau xác định khối lượng công việc Bên B đã thực hiện để làm căn cứ thanh toán số kinh phí Bên B đã sử dụng nhằm thực hiện đề tài và thu hồi số kinh phí còn lại đã cấp cho Bên B.

b) Trường hợp hai bên thỏa thuận ký Hợp đồng mới để thay thế và kết quả nghiên cứu của Hợp đồng cũ là một bộ phận cấu thành kết quả nghiên cứu của Hợp đồng mới thì số kinh phí đã cấp cho Hợp đồng cũ được tính vào kinh phí cấp cho Hợp đồng mới và được tiếp tục thực hiện với Hợp đồng mới.

3. Đối với Đề tài bị đình chỉ theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền hoặc Hợp đồng bị chấm dứt do Bên B không nộp hồ sơ để đánh giá, nghiệm thu Đề tài theo quy định pháp luật thì Bên A sẽ tiến hành thủ tục thanh lý đề tài theo quy định.

4. Đối với Đề tài không hoàn thành do lỗi của Bên A dẫn đến việc chấm dứt Hợp đồng thì Bên B không phải bồi hoàn số kinh phí đã sử dụng để thực hiện Đề tài, nhưng vẫn phải thực hiện việc quyết toán kinh phí theo quy định của pháp luật.

Điều 7. Xử lý tài sản khi chấm dứt Hợp đồng

1. Khi chấm dứt Hợp đồng, việc xử lý tài sản được mua sắm hoặc được hình thành bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN cấp cho đề tài được thực hiện theo quy định pháp luật.

2. Các sản phẩm vật chất của Đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN: nguồn thu khi các sản phẩm này được tiêu thụ trên thị trường sau khi trừ các khoản chi phí cần thiết, hợp lệ, được phân chia theo quy định pháp luật.

Điều 8. Điều khoản chung

1. Trong quá trình thực hiện Hợp đồng, nếu một trong hai bên có yêu cầu sửa đổi, bổ sung nội dung hoặc có căn cứ để chấm dứt thực hiện Hợp đồng thì phải thông báo cho bên kia ít nhất là 15 ngày làm việc trước khi tiến hành sửa đổi, bổ sung hoặc chấm dứt thực hiện Hợp đồng, xác định trách nhiệm của mỗi bên và hình thức xử lý. Các sửa đổi, bổ sung (nếu có) phải lập thành văn bản có đầy đủ chữ ký của các bên và được coi là bộ phận của Hợp đồng và là căn cứ để nghiệm thu kết quả của đề tài.

2. Khi một trong hai bên gặp phải trường hợp bất khả kháng dẫn đến việc không thể hoặc chậm thực hiện nghĩa vụ đã thỏa thuận trong Hợp đồng thì có trách nhiệm thông báo cho Bên kia trong 10 ngày làm việc kể từ ngày xảy ra sự kiện bất khả kháng. Hai bên có trách nhiệm phối hợp xác định nguyên nhân và báo cáo cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền để giải quyết theo quy định của pháp luật.

3. Hai bên cam kết thực hiện đúng các quy định của Hợp đồng và có trách nhiệm hợp tác giải quyết các vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện. Bên vi phạm các cam kết trong Hợp đồng phải chịu trách nhiệm theo quy định pháp luật.

4. Mọi tranh chấp phát sinh trong quá trình thực hiện Hợp đồng do các bên thương lượng hòa giải để giải quyết. Trường hợp không hoà giải được thì một trong hai bên có quyền đưa tranh chấp ra để giải quyết theo quy định của pháp luật.

Điều 9. Hiệu lực của Hợp đồng

Hợp đồng này có hiệu lực từ ngày ký. Hợp đồng này được lập thành 06 bản (01 bản gốc và 05 bản chính) và có giá trị như nhau, Bên A giữ 02 bản, Bên B giữ 04 bản có giá trị pháp lý như nhau.

BÊN A	**BÊN B**
CƠ QUAN CHỦ QUẢN	**CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI**
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT	
PGS.TS. Phan Cao Thọ	**ThS. Đoàn Vĩnh Phúc**

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

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

ĐƠN ĐỀ NGHỊ GIA HẠN THỜI GIAN THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

Kính gửi:

- Ban Giám hiệu Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật;
- Phòng Quản lý Khoa học & Hợp tác Quốc tế;
- Ban Chủ nhiệm Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Tôi tên là: ĐOÀN VĨNH PHÚC, chủ nhiệm đề tài KH&CN cấp Trường

Đơn vị công tác: Khoa Kỹ thuật Xây dựng
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.

Số điện thoại: 0905059010 Email: dvphuc@ute.udn.vn

1. Mã số: T2023-06-18
2. Tên đề tài: Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn
3. Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
4. Nội dung điều chỉnh:

- Gia hạn về thời gian thực hiện: ☒ Có ☐ Không
- Giải trình lý do:

☒ Chưa hoàn thành sản phẩm của đề tài: Cần thêm thời gian để viết và chỉnh sửa bài báo khoa học thuộc danh mục HĐCDGSNN

☐ Khác *(ghi cụ thể)*:

- Thời gian đề nghị gia hạn: ☒ 6 tháng (đến 31/8/2025).

Đà Nẵng, ngày 09 tháng 01 năm 2025

Ý KIẾN CỦA KHOA	Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ tên)	*(ký, họ tên)*
TS. Phan Tiến Vinh	ThS. Đoàn Vĩnh Phúc

Ý KIẾN CỦA PHÒNG QLKH&HTQT	Tổ chức chủ trì KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ TRƯỞNG PHÒNG	PHÓ HIỆU TRƯỞNG
TS. Nguyễn Minh Tiến	PGS. TS. Võ Trung Hùng

Mẫu BM.09-QT.01-KHCN

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

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

BÁO CÁO TÌNH HÌNH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

I. Thông tin chung:

1. Mã số: T2023-06-18
2. Chủ nhiệm: ThS. Đoàn Vĩnh Phúc
3. Tên đề tài: Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn
4. Thời gian thực hiện: từ tháng 03/2024 đến tháng 02/2025.
5. Kinh phí được duyệt: 20.000.000 đồng

II. Tình hình thực hiện đề tài:

1. Phân loại theo sản phẩm:

STT	Nội dung tên sản phẩm theo thuyết minh đề tài	Thông tin về sản phẩm (mô tả thông tin khoa học của sản phẩm)	Số lượng	Tình hình thực hiện *(đánh dấu x)*		Chú thích
				Chưa hoàn thành	Đã hoàn thành	
1.	**Sản phẩm khoa học**					
1.1	Bài báo đăng hoặc được chấp nhận đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN	- "Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ nước trên chất kết dính và loại phụ gia khoáng thay thế xi măng đến tính chất của bê tông nhẹ D900", Tạp chí Giao thông vận tải - Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là thành viên tham gia thực hiện đề tài; - Đơn vị công tác của tác giả chính thuộc Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.	1	X		
2.	**Sản phẩm đào tạo**		0			
3.	**Sản phẩm ứng dụng**		0			
4.	**Sản phẩm khác**	Mô hình tấm bê tông nhẹ ở phòng thí nghiệm	1	X		

2. Phân loại theo nội dung nghiên cứu:

STT	Nội dung nghiên cứu theo thuyết minh đề tài	Tiến độ thực hiện	Tình hình thực hiện *(đánh dấu x)*		
			Đã hoàn thành	Đang thực hiện	Chưa thực hiện
1.	Nghiên cứu tổng quan	Tháng 2-3/2024	X		
2.	Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm tính chất của bê tông bọt nhẹ và chế tạo mô hình tấm bê tông nhẹ	Tháng 4-6/2024	X		
3.	Phân tích và đánh giá các kết quả thí nghiệm và đánh giá mô hình	Tháng 6-11/2024	X		
4.	Xây dựng báo cáo tổng kết	Tháng 11-01/2024		X	

3. Kinh phí đề tài:

3.1. Kinh phí đã tạm ứng: 0 đồng

3.2. Kinh phí đã chi: 20.000.000 đồng

III. Kế hoạch triển khai tiếp theo:

- Tiếp tục thực hiện bài báo khoa học và gởi bài về từ tạp chí;
- Tiếp tục viết báo cáo tổng kết đề tài.

IV. Kiến nghị: Đề nghị được gia hạn đề tài thêm 06 tháng.

Đà Nẵng, ngày 09 tháng 01 năm 2025

TM. Hội đồng khoa	**Chủ nhiệm đề tài**
(ký, họ và tên)	*(ký, họ và tên)*
TS. Phan Tiến Vinh	**ThS. Đoàn Vĩnh Phúc**

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG **TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT**	**CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM** **Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**

PHỤ LỤC HỢP ĐỒNG

Thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp cơ sở (cấp trường) do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý

số 18/PLHĐ-KHCNCS-2023

Căn cứ Quyết định số 1749/QĐ-TTg ngày 08 tháng 11 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thuộc Đại học Đà Nẵng;

Căn cứ Nghị quyết số 08/NQ-HĐT ngày 15 tháng 09 năm 2021 của Hội đồng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc ban hành Quy chế tổ chức và hoạt động của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật;

Căn cứ Quyết định số 216/QĐ-ĐHSPKT ngày 09 tháng 3 năm 2018 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc ban hành Quy định về quản lý đề tài khoa học và công nghệ (KH&CN) cấp cơ sở do trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý;

Căn cứ Quyết định số 271/QĐ-ĐHSPKT ngày 29 tháng 03 năm 2024 của Hiệu trưởng trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc phê duyệt kinh phí và giao nhiệm vụ thực hiện đề tài KH&CN cấp trường;

*Căn cứ Hợp đồng số 18/HĐ-KHCNCS-2023 ngày 01 tháng 4 năm 2024 giữa Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật và chủ nhiệm đề tài về việc triển khai thực hiện đề tài Khoa học và công nghệ cấp cơ sở (cấp trường) "**Nghiên cứu bê tông bọt nhẹ cấp B3.5 ứng dụng trong chế tạo tấm tường đúc sẵn**", mã số **T2023-06-18**;*

Căn cứ Đơn đề nghị gia hạn thời gian thực hiện đề tài KH&CN cấp cơ sở (cấp trường) do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý của chủ nhiệm đề tài;

Hôm nay, ngày 27 tháng 01 năm 2025, tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đại học Đà Nẵng, hai bên gồm có:

Bên A:	**Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng là Cơ quan chủ trì**
Đại diện:	**PGS.TS. Nguyễn Lê Hùng** Chức vụ: Hiệu trưởng
Địa chỉ:	48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng
Điện thoại:	0236.3822571 Fax: 0236.3894884
Số tài khoản:	3716.1.1055693.00000 tại Kho bạc Nhà nước Đà Nẵng
Bên B:	**ThS. Đoàn Vĩnh Phúc là chủ nhiệm đề tài**
Nơi công tác:	Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
Địa chỉ:	48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng
Điện thoại:	0905059010 Email: dvphuc@ute.udn.vn; ntkhoa@ute.udn.vn

Cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Phụ lục hợp đồng thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp trường với các điều khoản sau:

Điều 1. Gia hạn thời gian thực hiện hợp đồng số 18/HĐ-KHCNCS-2023 ngày 01/4/2024 đến 31/8/2025 (thêm 06 tháng). Cơ quan chủ trì và chủ nhiệm đề tài chịu trách nhiệm liên quan đến tiến độ thực hiện nhiệm vụ khoa học & công nghệ nêu trên.

Điều 2. Phụ lục hợp đồng là phần không thể tách rời với Hợp đồng số 18/HĐ-KHCNCS-2023 ngày 01/4/2024.

Điều 3. Phụ lục hợp đồng có hiệu lực kể từ ngày ký, được lập thành 04 bản có giá trị pháp lý như nhau. Mỗi bên giữ 02 bản./.

ĐẠI DIỆN BÊN A **HIỆU TRƯỞNG**	**ĐẠI DIỆN BÊN B**
PGS. TS. Nguyễn Lê Hùng	**ThS. Đoàn Vĩnh Phúc**

MỤC LỤC MINH CHỨNG SẢN PHẨM CỦA ĐỀ TÀI

Họ và tên chủ nhiệm đề tài: Đoàn Vĩnh Phúc
Mã số đề tài: T2023-06-18

	STT	Tên minh chứng
	SẢN PHẨM KHOA HỌC	
		Bài báo đăng trên kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN
☐	**Bài báo số 01**	Doan Vinh Phuc, et al, "Effect of cement/sand ratio on properties of lightweight foamed concrete D900, *2025 10th International Conference on Applying New Technology in Green Building (AtiGB),* Electronic ISBN: 979-8-3315-9548-7, IEEE, 2025
☒	1.	Bản thảo bài báo
☒	2.	Thư chấp nhận đăng của ban biên tập
☒	3.	Minh chứng tham gia báo cáo tại Hội thảo AtiGB 2025
☒	4.	Minh chứng kỷ yếu thuộc danh mục tính điểm khoa học của Hội đồng chức danh giáo sư nhà nước (Mục 3: Báo cáo khoa học đăng toàn văn trong kỷ yếu tại hội nghị khoa học quốc tế xuất bảng bằng tiếng Anh, có Mã số ISBN, có phản biện)
☒	5.	Toàn văn bài báo
	SẢN PHẨM ỨNG DỤNG	
☒	**Mô hình**	**Mô hình tấm bê tông nhẹ đổ thử nghiệm trong Phòng thí nghiệm**
☒	1.	*Bảng 1. Thông số mô hình thử nghiệm tấm bê tông nhẹ D900 cấp B3.5*
☒	2.	*Hình 1. Mặt trước tấm bê tông nhẹ*
☒	3.	*Hình 2. Mặt sau tấm bê tông nhẹ*
☒	4.	*Hình 3. Kích thước của tấm bê tông nhẹ*
☒	5.	*Hình 4. Khối lượng của tấm bê tông nhẹ*

EFFECT OF CEMENT/SAND RATIO ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT FOAMED CONCRETE D900

1st Vinh-Phuc Doan
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Viet Nam
Email: dvphuc@ute.udn.vn

2nd Tan-Khoa Nguyen
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Vietnam
E-mail: ntkhoa@ute.udn.vn

3rd Cong-Luyen Nguyen
Construction Informatics Division, The University of Danang - University of Science and Technology, Danang, Vietnam
Email: ncluyen@dut.udn.vn

4st The-Duong Nguyen
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Viet Nam
Email: ntheduong@ute.udn.vn

***Abstract*— Lightweight foamed concrete (LFC) is increasingly being applied in construction projects in Vietnam due to its low density, good sound and thermal insulation properties, and ease of fabrication into prefabricated elements. D900 LFC is a type of concrete with a density ranging from 850 to 950 kg/m³, suitable for the construction of lightweight partition walls and floor slabs in building projects. This paper presents a study on the influence of the cement/fine sand ratio (C/S) on the properties of D900 LFC. The research was conducted with four different mix ratios of C/S (3/1, 2.5/1, 2/1, and 1/1). LFC mixtures were prepared with a water/cement (W/C) ratio of 0.32, and experiments were carried out to evaluate flowability, compressive strength, ultrasonic pulse velocity (UPV), water absorption, and electrical resistivity (ESR) of the foam concrete mixtures. The research results show that the mix with a C/S ratio of 2.5/1 is optimal concerning compressive strength, ultrasonic pulse velocity, and water absorption. As the C/S ratio increases, both flowability and ESR values of the LFC mixtures increase at various ages. D900 LFC with a C/S ratio of 2.5/1 meets the compressive strength requirement of grade B3.5 according to the standard TCVN 9029:2017, while the other C/S ratios achieve compressive strength of grade B2.5.**

Keywords*— *Lightweigh foamed concrete; water absorption; ultrasonic pulse velocity; surface resistivity; D900.

I. INTRODUCTION

Lightweight concrete, characterized by its low density, good sound insulation and thermal insulation properties, as well as the ability to utilize industrial waste products in its production, is gaining attention in the construction industry [1-3]. The sound insulation and thermal insulation capabilities of lightweight concrete reduce energy consumption for cooling and heating, leading to lower operational costs for buildings [1]. Structures using lightweight concrete help to decrease dead loads, reducing the costs of foundations and reinforcement structures [4]. By adjusting the ratios of material components, lightweight concrete can meet specific requirements for weight and mechanical properties, making it a flexible and versatile material. Lightweight concrete requires less material compared to conventional concrete, thus reducing construction material costs and transportation expenses.

There are various methods for producing lightweight concrete, such as using lightweight aggregates, incorporating foam beads, employing autoclaved aerated concrete technology, and utilizing foam creation technology [5-7]. Among these methods, lightweight concrete made with foam technology is highly flexible, minimally dependent on machinery, avoids the need for expensive aggregates, and allows for better control over the construction process. Lightweight foam concrete is easy to work with and can be applied to produce lightweight bricks, partition wall panels, enclosing walls, and even load-bearing walls similar to ordinary bricks. The ability to manufacture structures in a precast form for assembly on-site facilitates faster construction, resulting in a cleaner and tidier work environment.

Lightweight foamed concrete (LFC) is a construction material with low density made from a mixture of cement, fine sand, water, and a foaming agent, characterized by a system of uniformly distributed voids within the material [1, 8]. Worldwide, LFC has also been the subject of research focused primarily on its application in modern construction and its contribution to sustainable development and environmental protection [1]. The use of industrial by-products, such as fly ash and silica fume, in foam concrete not only helps minimize waste but also improves certain strength, durability, and water resistance properties of the LFC [2, 9]. In Vietnam, recent studies on LFC have developed primarily focusing on evaluating its mechanical properties, load-bearing capacity, and the application of this type of concrete in precast structures, modular construction, partition walls, lightweight slabs, and structures subjected to low loads, etc.

Despite its advantages, LFC has a lower compressive strength, higher water absorption, and poorer water resistance compared to conventional concrete due to its porous structure [5, 8]. Therefore, improving the strength properties and water resistance of LFC by optimizing the material components used is a research topic that requires attention. The properties of LFC depend on many input material factors, such as foam content, characteristics of the foaming agent, W/C ratio, C/S ratio, type of sands, and the mineral admixture composition used [8, 10, 11]. Some studies have shown that the C/S ratio directly affects the long-term strength properties and water

resistance of foam concrete [3, 8, 12], yet this relationship is not clearly established. This paper presents experimental research to determine the effect of the C/S ratio on certain properties of D900 LFC. Through experimental research methods, this study aims to optimize the material composition of LFC to meet the technical requirements according to the TCVN 9029:2017 standard.

II. MATERIALS AND EXPERIMENTAL METHODS

A. *Materials and mix-proportions*

The study uses Portland cement PCB40 from Sông Gianh, which complies with the TCVN 6260:2020 standard. The chemical composition and physical properties of the cement are presented in Table 1. Fine sand used in the study has a fineness modulus of Mk = 1.05.

The water-reducing agent used is LOTUS-E339P, and the foaming agent is EABASSOC – NEPOR, which is mixed with water at a ratio of 1:30 to create the foam introduced into the concrete.

Table 1. Chemical compositions of cement (%)

Component	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	MKN	Density (g/cm^3)
Values	50.12	24.12	4.47	6.84	4.23	0.74	0,68	1.21	6.37	3,1

LFC was designed using an experimental method, with the mixture composition of D900 LFC having a W/C ratio of 0.32. For lightweight foamed concrete (LFC), the recommended sand content should not exceed 50% of the binder content, as a higher sand proportion can lead to a reduction in compressive strength [19]. A cement-to-sand ratio of up to 4:1 has been reported to be applicable [8]. However, to ensure the economic feasibility of LFC production, this study investigates the effects of various C/S of 3:1, 2.5:1, 2:1, and 1:1 on the properties of LFC. The composition of the LFC mixes is presented in Table 2.

Table 2. Mix-proportions of LFC

Mixtures	Cement (kg/m^3)	Fine Sand (kg/m^3)	Water (kg/m^3)	Superplasticizer (kg/m^3)	Form (kg/m^3)	C/ S	W/C	Density (kg/m^3)
C3S1	534	178	171	1.5	15.5	3/1	0.32	903
C2.5S1	514	206	164	1.5	14.9	2.5/1	0.32	905
C2S1	485	243	155	1.5	15.1	2/1	0.32	915
C1S1	382	382	122	1.5	13	1/1	0.32	890

B. *Fabrication and experimental methods*

The process for fabricating LFC samples is as follows. The materials are prepared in advance by sequentially adding cement, sand, and mixing them dry for 2 minutes. Next, 2/3 of the water is gradually added during the mixing process for 2 minutes. The amount of superplasticizer is mixed with the remaining 1/3 of water and added in, continuing to mix for an additional 2 minutes until a homogeneous mixture is obtained. A foaming solution was prepared by mixing EABASSOC – NEPOR foaming agent with water at a mass ratio of 1:30. The solution was thoroughly agitated and introduced into a foam generator, where compressed air at a pressure of up to 7 bar was applied to produce a white, lightweight foam with a bulk density of approximately 42 g/L. The preformed foam was then gradually incorporated into the concrete mixture and continuously mixed to ensure uniform dispersion throughout the matrix. This process was accompanied by regular monitoring of the fresh density until the target value corresponding to the D900 mix design was achieved. The LFC mixtures are poured into pre-prepared molds, and mold surfaces are treated, covered with protective material, and kept stable for 24 hours before demolding for curing until the testing day.

The process of measuring the flowability of the foam concrete mixture is conducted according to TCVN 12209:2018. Cubic LFC samples measuring 10x10x10 cm are prepared for compressive strength testing based on standard TCVN 3118:2022. The water absorption of the concrete is carried out according to TCVN 3113:1993, using cylindrical samples with a diameter of 10 cm and a height of 10 cm. The surface resistivity measurement is conducted on a saturated cylindrical sample measuring 10x20 cm according to the AASHTO T95 standard.

The ultrasonic pulse velocity test is performed using cylindrical samples with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm, following TCVN 9357:2012. The test setup consists of a pulse generator and a receiver, both equipped with transducers. Prior to measurement, the two opposite faces of the concrete specimen are cleaned and coated with a coupling agent (such as acoustic gel or contact grease) to ensure effective transmission of ultrasonic waves. The transducers are placed on opposite sides of the specimen in a direct transmission configuration. An ultrasonic pulse is emitted from the transmitter, propagates through the concrete specimen, and is received by the receiver. The device records the pulse transit time (t), and with the known path length (L), the pulse velocity (V) is calculated using:

$$V=L/t \quad (1)$$

The measured ultrasonic pulse velocity reflects the homogeneity, density, and presence of internal defects in the concrete. According to ASTM C597, higher pulse velocity values generally indicate better concrete quality.

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

A. *Flowability*

The results of the flowability tests before and after introducing foam into the LFC mixes are presented in Figure 1

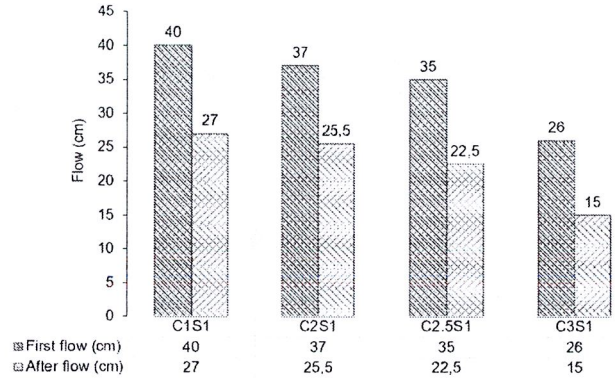


Figure 1. Effect of C/S ratio on the flowability of D900 LFC.

The results in Figure 1 indicate that as the C/S ratio increases, the flowability of the LFC mixtures decreases. The mix with a C/S ratio of 3/1 has an initial flowability of 65% compared to the mix with a C/S ratio of 1/1. The observed reduction in flowability of the concrete mixtures with increasing C/S ratio may be due to the increase in cement

content, which raises the surface area of the particles, leading to higher water demand and reduced flowability [2]. After the foam is introduced, the flowability decreases by 31-42% compared to the initial flowability. The trend of changing flowability of the LFC mixtures as the C/S ratio increases is similar to that of these mixtures before the foam was added. This result is attributed to the foam introduced into the lightweight foam concrete, which increases the viscosity of the concrete mixtures; the air bubbles hinder the flow and consequently reduce the flowability of the concrete mixture [16]. Thus, an increase in the C/S ratio decreases the flowability of the LFC mixture.

B. *Compressive strength*

The compressive strength of the LFC mixtures is presented in Figure 2

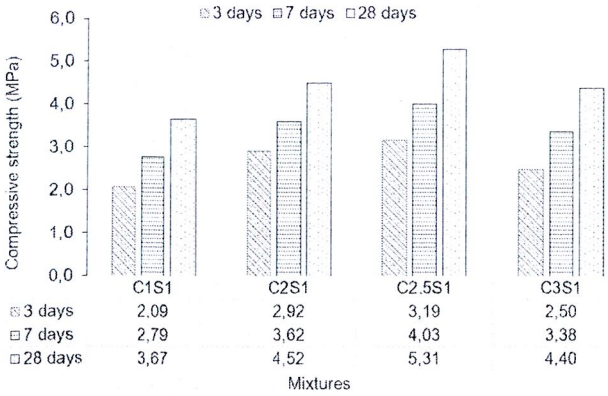
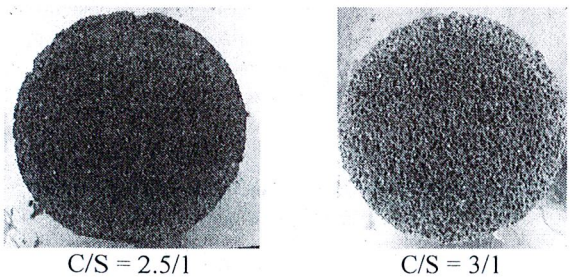


Figure 2. Effect of C/S ratio on the compressive strength of D900 LFC.

The results in Figure 2 show that the compressive strength of the LFC mixtures develops over time. This is due to the hydration of the cement, which produces hydration products that densify the microstructure of the concrete over time [16]. When the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the compressive strength of the LFC mixtures at 3, 7, and 28 days generally tends to increase, peaking at a C/S ratio of 2.5 and decreasing again when the C/S ratio reaches 3. An increase in the C/S ratio translates to an increase in the amount of cement used and the amount of hydration products contributing to the strength of the LFC. However, a too high cement content (C/S=3) will absorb a large amount of water, reducing workability and increasing the density of the initial cement paste mixture. LFC with low flowability can lead to bubble breakage during mixing. The breaking of air bubbles produces larger and more irregular voids, which reduces compressive strength [6]. This finding is evidenced by the significant decrease in the flowability of the fresh concrete mixture when the C/S ratio increased from 2.5 to 3, and the images illustrating the voids in the foam concrete mixtures with C/S = 2.5 and 3 are shown in Figure 3.



C/S = 2.5/1 C/S = 3/1

Figure 3. Pore structure of LFC C2.5S1 and C3S1.

C. *Ultrasonic pulse velocity of LFC*

The ultrasonic pulse velocity of LFC mixtures is presented in Figure 4.

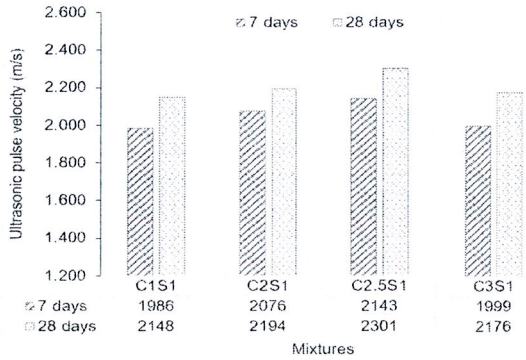


Figure 4. Effect of C/S ratio on the ultrasonic pulse velocity of D900 LFC.

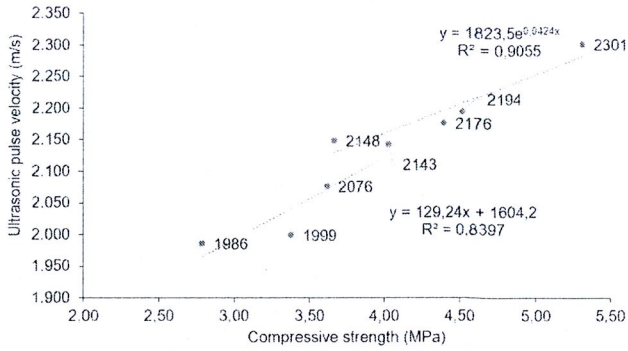


Figure 5. Relationship between ultrasonic pulse velocity and compressive strength of D900 LFC

The ultrasonic pulse velocity results for LFC mixtures with C/S ratios ranging from 1/1 to 3/1 at 7 days were between 1986-2143 m/s, and at 28 days, they ranged from 1534-1643 m/s. As the C/S ratio increases, the ultrasonic pulse velocity at 7, 28 days also tends to increase, reaching the highest value at a C/S ratio of 2.5 and then decreasing at a C/S ratio of 3. Figures 2 and 4 illustrate the trend of ultrasonic pulse velocity changing with increasing C/S ratio, which is similar to that of compressive strength. Indeed, the graph in Figure 5 shows a strong correlation between ultrasonic pulse velocity and the compressive strength of LFC at 7 days and 28 days, with a correlation coefficient of $R^2 > 0.9$. The consistency of the compressive strength and ultrasonic pulse velocity results reinforces the conclusion that the concrete mixture with a C/S ratio of 2.5 is the best compared to the other ratios.

D. *Water absorption of LFC*

The water absorption of the LFC mixtures is presented in Figure 6.

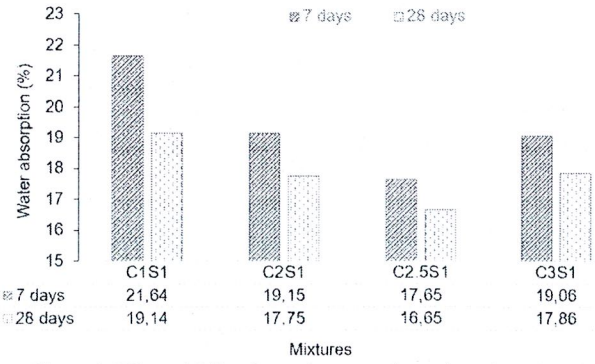


Figure 6: Effect of C/S ratio on the water absorption of D900 LFC.

Water absorption of concrete is a property that indicates its ability to absorb and retain water when in contact with it [4]. This is an important index for evaluating water permeability and indirectly reflects the volume of permeable or capillary voids within the concrete [17].

The study results presented in Figure 6 show that the water absorption of D900 LFC mixtures tends to decrease over time, though the reduction is not significant, ranging from 5.7% to 11.5%. This reduction aligns with the findings of Hong et al. (2022) [8], as this is a result of the ongoing hydration of cement, which produces C-S-H gel that fills the voids in the cement paste structure, thereby reducing water absorption [17]. As the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the results indicate that the water absorption of concrete C2.5S1 is the lowest at all ages, while the two types of LFC, C2S1 and C3S1, are similar, and the water absorption of concrete C1S1 is the highest. An appropriate C/S ratio allows the sand to effectively function as a filler, while the amount of cement is just enough for hydration without increasing the water demand.

The results of water absorption from these LFC mixtures indicate a correlation with the compressive strength and ultrasonic pulse velocity, as shown in Figures 3 and 5. LFC with higher compressive strength and ultrasonic pulse velocity exhibits lower water absorption, and vice versa. This underscores the importance of determining the optimal C/S ratio not only to maximize strength and minimize water absorption but also to enhance the ability to prevent water and vapor penetration from the environment when applying LFC in actual components.

E. Surface resistivity of LFC

Figure 7 illustrates the surface resistivity test results at 3, 7, and 28 days for different LFC mixtures with varying C/S ratios

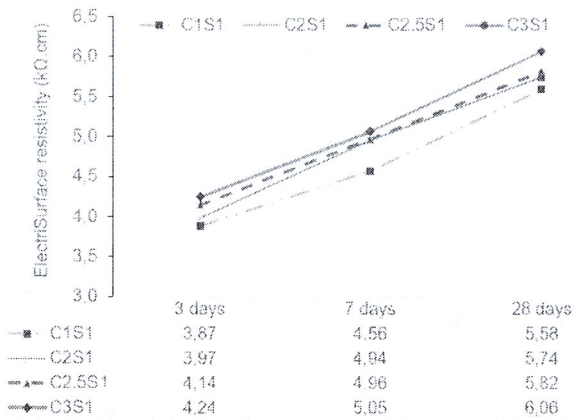


Figure 7. Effect of C/S ratio on the surface resistivity of D900 LFC.

Surface resistivity of concrete is an important metric that reflects its ability to resist the migration of ions on its surface under the influence of an electric field. A higher surface resistivity indicates better corrosion resistance, as it limits the movement of corrosive ions on the concrete surface. This is particularly crucial when concrete is exposed to damp environments or contains corrosive agents such as chloride ions [18].

The research results in Figure 6 show that the surface resistivity of the mixtures tends to increase over the curing period. At 3 days, the surface resistivity of the LFC mixtures ranges from 3.87 to 4.24 kΩ.cm; at 7 days, it reaches between 4.56 and 5.55 kΩ.cm; and at 28 days, it varies from 5.58 to 6.06 kΩ.cm. The increase in surface resistivity is due to the hydration of the cement, which densifies the cement paste and helps hinder the movement of ions on the surface. As the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the resistivity of the LFC mixtures tends to rise at various ages. Surface resistivity primarily depends on the base material, which is the cement paste, and less on the concrete structure itself. With a higher C/S ratio, the composition of the cement paste in the foam concrete tends to be harder and denser, resulting in higher resistivity. Concrete C3S1 has a lower compressive strength compared to C2.5S1, while its resistivity is higher. This is because, in terms of the overall structure of the cement paste and the distribution of air bubbles within the concrete, C2.5S1 creates a more effective load-bearing structure compared to C3S1, as clearly shown in Figure 3.

F. Proposed applications for D900 LFC Mixtures

A comparison of the technical characteristics of compressive strength and dry density of the LFC mixes in this study with the Vietnam National Standard "TCVN 9029:2017: Lightweight Concrete – Foam Concrete and Aerated Concrete – Technical Requirements" is presented in Table 3

Table 3. Evaluation of technical requirement compliance of LFC Mixes According to TCVN 9029:2017

Technical characteristics of LFC according to TCVN 9029:2017				Technical characteristics of foam concrete mixes in the study			Evaluation of compliance with LFC requirements based on strength grade
Compressive strength (CS) grade	CS value, MPa, not less than	Dry density, kg/m³		Mix Name	Average CS (MPa)	Dry density, kg/m³	
		Nominal	Average				
B2.5	3,5	D900	851-900	C1S1	3,67	903	Meets B2.5
		D900	851-900	C2S1	4,52	905	Meets B2.5
B3.5	5	D900	851-900	C2.5S1	5,31	915	Meets B3.5
B2.5	3,5	D900	851-900	C3S1	4,40	890	Meets B2.5

From the analysis results in Table 3, it is evident that the LFC mixes of C1S1, C2S1, and C3S1 meet the technical requirements of LFC with a strength grade of B2.5, while the LFC mix of C2.5S1 meets B3.5.

The D900 LFC mixtures of strength grades B2.5 and B3.5 according to TCVN 9029:2017 exhibit advantages such as lightweight, significantly enhanced sound and thermal insulation due to the hollow structure created by air bubbles, ease of construction, and adequate compressive strength that can be applied to various construction components such as brick walls, partitions, insulation layers, soundproofing, and precast elements for lightweight structures.

IV. CONCLUSIONS

Some conclusions that can be drawn from the experimental results of this study are as follows:

The flowability of the D900 LFC mixture decreases as the C/S ratio increases.

The D900 LFC mix with a C/S ratio of 2.5/1 shows optimal properties regarding compressive strength, ultrasonic pulse velocity, and water absorption.

The surface resistivity of D900 LFC increases with the curing time and the C/S ratio.

The D900 LFC mix with a C/S ratio of 2.5/1 achieves a compressive strength grade of B3.5 according to TCVN 9029:2017, while the respective C/S ratios of 1/1, 2/1, and 3/1 achieve a grade of B2.5

V. ADKNOWLEDGEMENTS

This research is funded by The University of Danang – University of Technology and Education under project number T2023-06-18

REFERENCES

[1] Bùi Gia Linh, Vũ Đình Phiên, Dự báo cường độ bê tông nhẹ bằng mô hình stacking và shap, Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông, , 2024, pp 48-60.

[2] Nguyễn Văn Tuấn, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 15(2021), pp 146-157.

[3] Ramamurthy, K., E. K. Nambiar, and G. I. S. Ranjani, A classification of studies on properties of foam concrete, Cement and concrete composites, 31(2009), pp 388-396.

[4] Nguyễn Thị Mùi, Trịnh Thị Hà Phương, Nguyễn Thị Thanh, Lê Thị Thương, Ảnh hưởng của hàm lượng sợi Polypropylene lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt, tạp chí khoa học Kỹ thuật thủy lợi và môi trương, số 79 (6/2022), pp5 2-61.

[5] Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Hàn Ngọc Đức, Nguyễn Văn Quảng, Đỗ Thị Vân Anh, Hoàng Văn Thắng, Đỗ Thị Thanh, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 15(2021), pp 72-83.

[6] Shankar, A., et al., Physical and mechanical properties of foamed concrete, a literature review, Materials Today: Proceedings, 2023.

[7] Nguyễn Quang Phú, Sử dụng cốt liệu nhẹ Keramzit và xỉ bọt chế tạo bê tông nhẹ ứng dụng trong các công trình xây dựng, tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường – số 65 (6/2019), pp 43-50.

[8] Mai Thị Hồng, Trịnh Thị Hiền, Lưu Đình Thi, Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt, tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường – số 78 (2/2022), pp 12-21.

[9] Babu, K. G. and D. S. Babu, Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume, Cement and Concrete Research, 33(2003), pp 755-762.

[10] Phùng Chí Sỹ, Vũ Thành Nam, Vũ Hồng Phong, Phùng Anh Đức, Nguyễn Thành Nhân, Trần Phương Chiến, Nguyễn Đình Chinh, Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS, Tạp chí môi trường, chuyên đề 4, tháng 12, 2022, pp 72-76.

[11] Van Deijk, S., Foam concrete, Concrete, 25, 1991.

[12] Lee, Y. L., et al., Strength performance on different mix of cement-sand ratio and sand condition for lightweight foamed concrete, in E3S Web of Conferences, 2018, EDP Sciences.

[13] TCVN 9357: 2022- Bê tông nặng – Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm, 2012.

[14] TCVN 3113: 2022- Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ hút nước, 2022.

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

[16] Al-Ani, H. K. K., A. A. Hilal, and S. M. Hama, Characteristics of Fresh and Hardened Sustainable Foamed Concrete for Structural Applications, Journal of Engineering, 2025(2025) 2998605.

[17] Vũ Quang Thuận, Hồ Sỹ Lành, Hoàng Quốc Tuấn, Lê Đức Quân, Đặng Quốc Việt, Ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông bọt khí có sử dụng cát biển và nước biển, Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Kĩ thuật và Công nghệ, 2023, pp 2010-2025.

[18]. TCVN 9029:2017, Bê tông - Phương pháp xác định điện trở suất hoặc điện dẫn suất, 2017.

[19] Abdollahnejad, Z..Zhang, Z..Wang, H., and Mastali, M.: 'Comparative study on the drying shrinkage and mechanical properties of geopolymer foam concrete incorporating different dosages of fiber, sand and foam agents', Springer, 2018, pp. 42-48

Outlook

ATiGB2025 ACCEPTED NOTIFICATION FOR PAPER ID: 242

Từ ATiGB2025 <atigb2025@easychair.org>
Ngày T4 21/05/2025 5:48 CH
Đến Nguyễn Tấn Khoa <ntkhoa@ute.udn.vn>

Dear Doan Vinh Phuc, Khoa Nguyen Tan, Cong-Luyen Nguyen, Duong Nguyen The,

We are pleased to inform you that your paper ID 242, entitled "EFFECT OF CEMENT/SAND RATIO ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT FOAMED CONCRETE D900" has been ACCEPTED for presentation at the ATiGB2025 Conference.

Please check these instructions in order to clarify the next steps to follow:

1. Authors are requested to revise their manuscript by incorporating the reviewers' comments and addressing the similarity report. The updated version must adhere to the same template provided on the conference website.
- Provide a point-by-point response to the reviewers' comments and include it on the last page of the revised paper.
- Clearly highlight all modifications made in the revised manuscript.
- Ensure that the similarity report is less than 20%.

2. Authors log in and upload the REVISED VERSION and Responses into the submission system before 05/06/2025.

3. After registration is adequately completed, the invitation letter will be sent to the Authors.

Please do not hesitate to contact us again at atigb@ute.udn.vn if you need further information.

Thank you for contributing to the ATiGB 2024 event; we hope to see you in Danang.
With kind regards,
Minh Tien Nguyen
ATiGB2025 Organizing Committee

SUBMISSION: 242
TITLE: EFFECT OF CEMENT/SAND RATIO ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT FOAMED CONCRETE D900

---------- REVIEW 1 ----------
SUBMISSION: 242
TITLE: EFFECT OF CEMENT/SAND RATIO ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT FOAMED CONCRETE D900
AUTHORS: Doan Vinh Phuc, Khoa Nguyen Tan, Cong-Luyen Nguyen and Duong Nguyen The

---------- Overall evaluation ----------
SCORE: 80 (Accept with minor revisions (Chấp nhận nhưng cần chỉnh sửa nhỏ))

----- TEXT:

The paper aligns well with ATiGB 2025 themes, particularly in sustainable construction materials. It offers practical and valuable insights relevant to green building technologies. Addressing the suggested minor revisions will enhance clarity and improve the paper's contribution to the conference.

---------- Important of the topic ----------

SCORE: 4 (good)

---------- Quality of Content ----------

SCORE: 3 (fair)

---------- Clarity and Organization ----------

SCORE: 3 (fair)

---------- References and Citations ----------

SCORE: 3 (fair)

---------- Comments to Authors ----------

The paper presents valuable findings on the effect of cement/sand ratio on properties of lightweight foamed concrete (LFC) D900. The structure is clear and logical, and the results contribute meaningfully to the field. However, several minor revisions should be addressed:

-Clarify the rationale for selecting the specific cement/sand ratios tested. Why were ratios of 3/1, 2.5/1, 2/1, and 1/1 chosen?

Provide more details on the method of foam generation and incorporation. Clarifying this step will help improve reproducibility.

-Figures 1, 2, 4, 6, and 7 would benefit from clearer labels or legends to improve readability.

-The discussion on ultrasonic pulse velocity could briefly elaborate on how this test practically correlates to real-world performance or quality assessment.

-Some recent relevant international references could be added to strengthen the literature review.

Addressing these points will further enhance the quality and clarity of the paper.

THE 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
APPLYING NEW TECHNOLOGY IN GREEN BUILDINGS – THE ATiGB 2025

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

THIS CERTIFICATES THAT

Doan Vinh Phuc, Khoa Nguyen Tan, Cong-Luyen Nguyen and Duong Nguyen The

Paper ID: 0242

"EFFECT OF CEMENT/SAND RATIO ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT FOAMED CONCRETE D900"

HAS ATTENDED THE ATiGB 2025 ON JULY 25-26, 2025

ON BEHALF OF ORGANIZING COMMITTEE

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

Assoc. Prof. VO TRUNG HUNG, Ph.D.
VICE RECTOR OF UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND EDUCATION

HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ NHÀ NƯỚC	**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**
	Độc lập – Tự do – Hạnh phúc
Số: 26 /QĐ-HĐGSNN	
	Hà Nội, ngày 11 tháng 7 năm 2025

QUYẾT ĐỊNH

Phê duyệt Danh mục tạp chí khoa học được tính điểm năm 2025

CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ NHÀ NƯỚC

Căn cứ Quyết định số 37/2018/QĐ-TTg ngày 31/8/2018 về việc ban hành quy định tiêu chuẩn, thủ tục xét công nhận đạt tiêu chuẩn và bổ nhiệm chức danh giáo sư, phó giáo sư; thủ tục xét hủy bỏ công nhận chức danh và miễn nhiệm chức danh giáo sư, phó giáo sư, được sửa đổi, bổ sung một số điều tại Quyết định số 25/2020/QĐ-TTg ngày 31/8/2020 của Thủ tướng Chính phủ;

Căn cứ Quyết định số 300/QĐ-TTg ngày 14/4/2024 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập Hội đồng Giáo sư nhà nước nhiệm kỳ 2024-2029;

Căn cứ Thông tư số 04/2019/TT-BGDĐT ngày 28/3/2019 ban hành quy chế tổ chức và hoạt động của Hội đồng Giáo sư nhà nước, các Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành và Hội đồng Giáo sư cơ sở, được sửa đổi bổ sung một số điều tại Thông tư số 06/2020/TT-BGDĐT ngày 19/3/2020 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Căn cứ đề xuất của các Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành năm 2025 về Danh mục tạp chí khoa học được tính điểm năm 2025;

Xét đề nghị của Chánh Văn phòng Hội đồng Giáo sư nhà nước.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Phê duyệt Danh mục tạp chí khoa học được tính điểm của 28 Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành năm 2025 (danh mục kèm theo).

Điều 2. Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày ký.

Điều 3. Các Chủ tịch Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành, Chủ tịch Hội đồng Giáo sư cơ sở năm 2025, Chánh Văn phòng Hội đồng Giáo sư nhà nước, Thủ trưởng các cơ sở giáo dục đại học, các tổ chức và cá nhân có liên quan chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này./.

Nơi nhận:
- Như Điều 3;
- Thường trực HĐGSNN;
- Các HĐGS ngành, liên ngành (để thực hiện);
- Các HĐGS cơ sở (để thực hiện);
- Lưu: VP.

CHỦ TỊCH

HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ NHÀ NƯỚC

Nguyễn Kim Sơn

27. HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ LIÊN NGÀNH XÂY DỰNG - KIẾN TRÚC

a) Danh mục các chuyên ngành (specializations):

27.1. ***Xây dựng (Construction):*** Kỹ thuật xây dựng (Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình thuỷ (Hydraulic Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình giao thông (Transport Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình ngầm (Underground Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình biển (Coastal and Offshore Engineering); Kỹ thuật xây dựng mỏ (Mining Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình đặc biệt (Special Construction Engineering); Vật liệu và cấu kiện xây dựng (Construction Materials and Construction Product Technology); Địa kỹ thuật (Geotechnical Engineering); Cơ khí xây dựng (Construction Mechanics).

27.2. ***Quản lý xây dựng (Construction Management):*** Quản lý xây dựng (Construction Management); Kinh tế xây dựng (Construction Economics).

27.3. ***Kỹ thuật hạ tầng và môi trường (Technical Infrastructure and Environmental Engineering):*** Kỹ thuật cơ sở hạ tầng (Technical Infrastructure Engineering); Kỹ thuật Cấp thoát nước (Water and Wastewater Engineering); Kỹ thuật tài nguyên nước (Water Resource Engineering); Cấp nhiệt, thông gió, điều hòa không khí (Heating, Ventilation, Air Conditioning); Hệ thống kỹ thuật trong công trình (Building Services Engineering); Kỹ thuật môi trường (Environmental Engineering);

27.4. ***Kiến trúc và Quy hoạch (Architecture and Planning):*** Kiến trúc (Architecture); Quy hoạch vùng và đô thị (Regional and Urban Planning); Lịch sử kiến trúc (Architectural History); Bảo tồn di sản kiến trúc - đô thị (Preservation of Architectural – Urban Heritage); Đô thị học (Urbanism); Quản lý đô thị và công trình (Urban and Construction Management); Thiết kế Đô thị (Urban Design).

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		Tạp chí	SCI, SCIE, SSCI, A&HCI, SCOPUS (IF ≥2,0)	**0 – 3,0**
				SCI, SCIE, SSCI, A&HCI, SCOPUS (IF < 2,0)	**0 – 2,0**
2.	Các tạp chí khoa học quốc tế khác thuộc lĩnh vực liên quan đến Xây dựng – Kiến trúc		Tạp chí	Do HĐGS liên ngành Xây dựng – Kiến trúc quyết định cụ thể từng trường hợp	**0 – 1,0** online **0 – 0,75** không online
3.	Báo cáo khoa học tại hội nghị khoa học quốc tế xuất bản bằng tiếng Anh		Kỷ yếu	Đăng toàn văn trong kỷ yếu (Proceedings), có phản biện khoa học, có mã 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 2017 phải có mã số ISBN	**0 – 0,5**

5.	Giao thông vận tải	2354-0818 e-2615-9791 0866-7012	Tạp chí	Bộ Giao thông vận tải	**0 – 0,5** đến 3/2025
6.	Khoa học và công nghệ Việt Nam (seri B, tiếng Việt)	1859-4794	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,75 0 – 1,0 từ 2019 0 – 0,75 từ 2024 **0 – 1,0** từ 2025
7.	Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering (VJSTE) (seri C, tiếng Anh)	2525-2461	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,75 0 – 1,25 từ 2019 **0 – 1,0** từ 2024
8.	Xây dựng (Journal of Construction)	2734-9888 (0866-8762)	Tạp chí	Bộ Xây dựng	**0 – 1,0**
9.	Khoa học và Công nghệ - The University of Danang - Journal of Science and Technology	1859-1531	Tạp chí	Đại học Đà Nẵng	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2023 (bản tiếng Việt) **0 – 1,25** từ 2022 (bản tiếng Anh) **0 – 1,0** từ 2024 (bản tiếng Anh)
10.	Khoa học Đại học Huế: KH Trái đất và Môi trường	2588-1183 e-2615-9694	Tạp chí	Đại học Huế	0 – 0,25 từ 2020 **0 – 0,5** từ 2021
11.	Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ	2588-1175 e-2615-9732	Tạp chí	Đại học Huế	0 – 0,25 từ 2020 **0 – 0,5** từ 2021
12.	Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường (VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences)	2615-9279 e-2588-1094	Tạp chí	Đại học Quốc gia Hà Nội	0 – 0,5 từ 2020 **0 – 0,75** từ 2023
13.	Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ (VNU Journal of Science: Natural Scienes and Technology)	2615-9317 e-2588-1140 (0866-8612)	Tạp chí	Đại học Quốc gia Hà Nội	0 – 0,5 từ 2020 **0 – 0,75** từ 2023
14.	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 2022 **0 – 1,0** từ 2024
15.	Phát triển Khoa học và Công nghệ: Khoa học Tự nhiên	2588-106X	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,25 từ 2022 **0 – 0,5** từ 2024
16.	Phát triển Khoa học và công nghệ: KH Trái đất và Môi trường	2588-1078	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 từ 2020 **0 – 0,75** từ 2023

17.	Phát triển Khoa học và Công nghệ: Kỹ thuật và Công nghệ	2615-9872	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 từ 2020 **0 – 0,75** từ 2023
18.	Khoa học và Công nghệ	2615-9562 (1859-2171)	Tạp chí	Đại học Thái Nguyên	0 – 0,25 từ 2020 **0 – 0,5** từ 2021
	TNU Journal of Science and Technology	2734-9098-E	Tạp chí ACI		0 – 1,0 từ 2021 0 – 1,25 từ 2022 **0 – 1,0** từ 2025
19.	Môi trường và Đô thị Việt Nam	1859-3674	Tạp chí	Hiệp hội Môi trường Đô thị & Khu CN Việt Nam	**0 – 0,5**
20.	Xây dựng và Đô thị	1859-3119	Tạp chí	Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị, Bộ Xây dựng	**0 – 0,5**
21.	Khoa học và Kỹ thuật: Kỹ thuật công trình đặc biệt – J. of Science and Technique, Special issue: Special Construction Engineering	1859-0209	Tạp chí	Học viện Kỹ thuật Quân sự (Le Quy Don Technical University)	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2022 **0 – 1,0** từ 2025
22.	Cấp thoát nước Việt Nam	1859-3623	Tạp chí	Hội Cấp thoát nước Việt Nam	**0 – 0,5**
23.	Kế toán và kiểm toán (*Tên cũ:* Kế toán)	p-2815-6129 e-2815-6137	Tạp chí	Hội Kế toán và Kiểm toán Việt Nam	0 – 0,5 0 – 0,25 từ 2020 **0** từ 2025
24.	Kết cấu và Công nghệ Xây dựng	1859-3194	Tạp chí	Hội Kết cấu và Công nghệ Xây dựng Việt Nam	**0 – 0,5**
25.	Kiến trúc	0866-8617	Tạp chí	Hội Kiến trúc sư Việt Nam	**0 – 0,5**
26.	Quy hoạch đô thị	1859-3658	Tạp chí	Hội Quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam	0 – 0,25 **0 – 0,5** từ 2020
27.	Môi trường (*Tên cũ:* Bảo vệ môi trường)	2615-9597 (1859-042X)	Tạp chí	Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường	**0 – 0,5**
28.	Người Xây dựng	0866-8531	Tạp chí	Tổng Hội Xây dựng Việt Nam	**0 – 0,5**
29.	CTU Journal of Innovation and Sustainable Development (Can Tho University Journal of Science)	2588-1418 e-2815-6412 (2615-9422-E e-2815-5602)	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2021 0 – 1,25 từ 2022 **0 – 1,0** từ 2025
30.	Khoa học ĐH Cần Thơ (Cũ: Khoa học, phần A- Khoa học Tự nhiên, Công nghệ, Môi trường)	1859-2333 e-2815-5599	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2022 **0 – 0,75** từ 2023
31.	J. of Science and Technology in Civil Engineering	p-1859-2996 e-2734-9268	Tạp chí ACI	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	0 – 1,0 từ 2017 **0 – 1,25** từ 2021 **0 – 1,0** từ 2025

32.	Khoa học Công nghệ Xây dựng	p-2615-9508 e-2734-9489	Tạp chí	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2020
33.	Khoa học và Công nghệ ĐH Duy Tân- DTU Journal of Science and Technology	1859-4905	Tạp chí	Trường Đại học Duy Tân	0 – 0,25 từ 2021 **0 – 0,5** từ 2022
34.	Khoa học Giao thông vận tải, bản tiếng Anh: Transport and Communications Science Journal	1859-2724 e-2615-9554	Tạp chí ACI	Trường Đại học Giao thông vận tải	0 – 0,5 từ 2020 **0 – 0,75** từ 2022 (bản tiếng Việt) 0 – 0,5 từ 2022 (bản tiếng Anh) **0 – 1,0** từ 2023 (bản tiếng Anh)
35.	Science Journal of Transportation	2410-9088	Tạp chí	Trường ĐH Giao thông vận tải - ĐH Tổng hợp Kỹ thuật Giao thông đường bộ Matxcova, LB Nga – Đại học Giao thông Tây Nam Trung Quốc	**0 – 0,5** từ 2020
36.	Khoa học và Công nghệ	2354-0842	Tạp chí	Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế	**0 – 0,5** từ 2019
37.	Khoa học Kiến trúc và Xây dựng	1859-350X	Tạp chí	Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2024
38.	Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất	1859-1469	Tạp chí	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2022 **0 – 0,75** từ 2024
39.	Khoa học ĐH Mở Tp Hồ Chí Minh (Cũ: Khoa học, Journal of Science)	p-2734-9322 e-2734-9594 (1859-3453)	Tạp chí	Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2024
40.	Ho Chi Minh City Open University Journal of Science - Engineering and Technology (Cũ: Journal of Science)	p-2734-9330 e-2734-9608 (1859-3453)	Tạp chí	Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2024
41.	Khoa học Tài nguyên và Môi trường - Journal of Science on Natural Resources and Environment.	0866-7608	Tạp chí	Trường Đại học Tài Nguyên và Môi trường Hà Nội	0 – 0,25 từ 2020 **0 – 0,5** từ 2022
42.	Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường	1859-3941	Tạp chí	Trường Đại học Thủy lợi	**0 – 0,5** từ 2019
43.	Địa kỹ thuật	0868-279X	Tạp chí	Viện Địa kỹ thuật, Liên hiệp các Hội Khoa học kỹ thuật Việt Nam	**0 – 0,5**
44.	Khoa học & Công nghệ của các trường Đại học Kỹ thuật	- 0868-3980 từ 12/1996 - 2354-1083 từ	Tạp chí	Trường ĐHBKHN, ĐH Đà Nẵng, Trường ĐH KTCN – ĐH Thái Nguyên, Trường	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2021

	- Engineering and Technology for Sustainable Development - Smart Systems and Devices	3/2015 - 2734-9381 từ 3/2021 2734-9373		ĐH Kinh tế – Kỹ thuật công nghiệp, Trường ĐHBK TP. HCM, Trường ĐH SPKT TP. HCM, HV CNBCVT	
45.	Vietnam Journal of Mechanics (*Tên cũ:* Cơ học)	0866-7136	Tạp chí ACI	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 0,5 **0 – 1,25** từ 2020 **0 – 1,0** từ 2025
46.	Vietnam Journal of Science and Technology	2525-2518 e-2815-5874 *cũ* 0866-708X	Tạp chí ACI Scopus	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 1,0 từ 2017 0 – 1,25 từ 2020 **0 – 1,5** từ 2023
47.	An toàn – Sức khỏe và Môi trường lao động	1859-0896	Tạp chí	Viện KH An toàn và vệ sinh lao động, Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam	0 – 0,25 **0 – 0,5** từ 2024
48.	Bảo hộ lao động	1859-4646 0866-8515	Tạp chí	Viện KH An toàn và vệ sinh lao động, Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam	**0 – 0,25** trước 2018
49.	Khoa học và Công nghệ Xây dựng	1859-1566	Tạp chí	Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2023
50.	Kiến trúc Việt Nam	0868-3786	Tạp chí	Viện Kiến trúc Quốc gia	**0 – 0,5**
51.	Kinh tế Xây dựng	1859-4921	Tạp chí	Viện Kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng	**0 – 0,5**
52.	Quy hoạch Xây dựng	1859-3054	Tạp chí	Viện Quy hoạch đô thị & nông thôn, Bộ Xây dựng	**0 – 0,5**
53.	Vật liệu và Xây dựng (Cũ: NC&PT Vật liệu xây dựng)	1859-381X	Tạp chí	Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 **0 – 0,75** từ 2022
54.	Journal of Materials and Construction (Cũ: Journal of Building Materials Research & Development)	2734-9438	Tạp chí	Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022 **0 – 1,0** từ 2024
55.	Journal of Science and Transport Technology	2734-9950	Tạp chí Scopus	Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải	**0 – 1,5** từ 2024
56.	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 **0 – 0,5** từ 2025
57.	Khoa học và Công nghệ Biển – J. Marine Science and Technology	1859-2097 e-2815-5904	Tạp chí	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	**0 – 0,5** từ 2024
58.	Phát triển và khoa học Công nghệ: Khoa học Xã hội và Nhân văn	2588-1043	Tạp chí	Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh	**0 – 0,25** từ 2024
59.	Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải	1859-4263 e-3030-4261	Tạp chí	Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh	**0 – 0,25** từ 2024 **0 – 0,5** từ 2025

60.	Cơ khí Việt Nam	2615-9910 e-2815-5505	Tạp chí	Tổng hội Cơ khí Việt Nam	**0 – 0,25** từ 2025
61.	Công nghiệp Mỏ	3030-4172	Tạp chí	Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam	**0 – 0,25** từ 2025
62.	Khoa học và Công nghệ	3030-4806	Tạp chí	Trường Đại học Xây dựng Miền Tây	**0 – 0,25** từ 2025
63.	Khoa học và Công nghệ	2615-9015	Tạp chí	Trường Đại học Nguyễn Tất Thành	**0 – 0,25** từ 2025
64.	Khoa học	1859-0357 e-2815-6242	Tạp chí	Trường Đại học Quy Nhơn	**0 – 0,25** từ 2025
65.	Journal of Science-Advances in Computational Structures	2815-6218 e-2815-6226	Tạp chí	Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh	**0 – 0,25** từ 2025
66.	Xây dựng (Journal of Construction), Tạp chí điện tử	e-3030-4482	Tạp chí	Bộ Xây dựng	**0 – 0,5** từ 2025

c) Nhà Xuất bản uy tín:

d) Tác giả chính:

- *Bài báo khoa học:*

+ Cả first author và corresponding author đều được tính là Tác giả chính. Khi đó first author và corresponding author được nhận 1/6 điểm bài báo (1/3 số điểm bài báo: 2), số điểm còn lại chia đều cho các tác giả theo quy định.

+ Số first author không lớn hơn 1.

+ Bài báo có số corresponding authors > 1 (kể cả trường hợp first author và corresponding author là 1 hay > 1 người): chỉ first author được tính là Tác giả chính.

- *Đồng chủ biên (Sách phục vụ đào tạo):* chỉ được xem xét nếu không quá 2 đồng chủ biên, mỗi người đóng góp không dưới 1/3 cuốn sách.

- *Đồng chủ nhiệm (Đề tài KH):* không được tính.

- *Đồng hướng dẫn NCS/HVCH (xếp thứ 2):* không được tính.

Effect of Cement/Sand Ratio on Properties of Lightweight Foamed Concrete D900

1st Vinh-Phuc Doan
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Viet Nam
dvphuc@ute.udn.vn

2nd Tan-Khoa Nguyen
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Vietnam
ntkhoa@ute.udn.vn

3rd Cong-Luyen Nguyen
Construction Informatics Division, The University of Danang - University of Science and Technology
Danang, Vietnam
ncluyen@dut.udn.vn

4th The-Duong Nguyen
Department of Civil Engineering
The University of Danang, University of Technology and Education
Danang, Viet Nam
ntheduong@ute.udn.vn

2025 10th International Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB) | 979-8-3315-9548-7/25/$31.00 ©2025 IEEE | DOI: 10.1109/ATIGB66719.2025.11142230

***Abstract*—Lightweight foamed concrete (LFC) is increasingly being applied in construction projects in Vietnam due to its low density, good sound and thermal insulation properties, and ease of fabrication into prefabricated elements. D900 LFC is a type of concrete with a density ranging from 850 to 950 kg/m³, suitable for the construction of lightweight partition walls and floor slabs in building projects. This paper presents a study on the influence of the cement/fine sand ratio (C/S) on the properties of D900 LFC. The research was conducted with four different mix ratios of C/S (3/1, 2.5/1, 2/1, and 1/1). LFC mixtures were prepared with a water/cement (W/C) ratio of 0.32, and experiments were carried out to evaluate flowability, compressive strength, ultrasonic pulse velocity (UPV), water absorption, and electrical resistivity (ESR) of the foam concrete mixtures. The research results show that the mix with a C/S ratio of 2.5/1 is optimal concerning compressive strength, ultrasonic pulse velocity, and water absorption. As the C/S ratio increases, both flowability and ESR values of the LFC mixtures increase at various ages. D900 LFC with a C/S ratio of 2.5/1 meets the compressive strength requirement of grade B3.5 according to the standard TCVN 9029:2017, while the other C/S ratios achieve compressive strength of grade B2.5.**

Keywords—lightweigh foamed concrete; water absorption; ultrasonic pulse velocity; surface resistivity; d900

I. Introduction

Lightweight concrete, characterized by its low density, good sound insulation and thermal insulation properties, as well as the ability to utilize industrial waste products in its production, is gaining attention in the construction industry [1-3]. The sound insulation and thermal insulation capabilities of lightweight concrete reduce energy consumption for cooling and heating, leading to lower operational costs for buildings [1]. Structures using lightweight concrete help to decrease dead loads, reducing the costs of foundations and reinforcement structures [4]. By adjusting the ratios of material components, lightweight concrete can meet specific requirements for weight and mechanical properties, making it a flexible and versatile material. Lightweight concrete requires less material compared to conventional concrete, thus reducing construction material costs and transportation expenses.

There are various methods for producing lightweight concrete, such as using lightweight aggregates, incorporating foam beads, employing autoclaved aerated concrete technology, and utilizing foam creation technology [5-7]. Among these methods, lightweight concrete made with foam technology is highly flexible, minimally dependent on machinery, avoids the need for expensive aggregates, and allows for better control over the construction process. Lightweight foam concrete is easy to work with and can be applied to produce lightweight bricks, partition wall panels, enclosing walls, and even load-bearing walls similar to ordinary bricks. The ability to manufacture structures in a precast form for assembly on-site facilitates faster construction, resulting in a cleaner and tidier work environment.

Lightweight foamed concrete (LFC) is a construction material with low density made from a mixture of cement, fine sand, water, and a foaming agent, characterized by a system of uniformly distributed voids within the material [1, 8]. Worldwide, LFC has also been the subject of research focused primarily on its application in modern construction and its contribution to sustainable development and environmental protection [1]. The use of industrial by-products, such as fly ash and silica fume, in foam concrete not only helps minimize waste but also improves certain strength, durability, and water resistance properties of the LFC [2, 9]. In Vietnam, recent studies on LFC have developed primarily focusing on evaluating its mechanical properties, load-bearing capacity, and the application of this type of concrete in precast structures, modular construction, partition walls, lightweight slabs, and structures subjected to low loads, etc.

Despite its advantages, LFC has a lower compressive strength, higher water absorption, and poorer water resistance compared to conventional concrete due to its porous structure [5, 8]. Therefore, improving the strength properties and water resistance of LFC by optimizing the material components used is a research topic that requires attention. The properties of LFC depend on many input material factors, such as foam content, characteristics of the foaming agent, W/C ratio, C/S ratio, type of sands, and the mineral admixture composition used [8, 10, 11]. Some studies have shown that the C/S ratio

directly affects the long-term strength properties and water resistance of foam concrete [3, 8, 12], yet this relationship is not clearly established. This paper presents experimental research to determine the effect of the C/S ratio on certain properties of D900 LFC. Through experimental research methods, this study aims to optimize the material composition of LFC to meet the technical requirements according to the TCVN 9029:2017 standard.

II. Materials and Experimental Methods

A. Materials and mix-proportions

The study uses Portland cement PCB40 from Sông Gianh, which complies with the TCVN 6260:2020 standard. The chemical composition and physical properties of the cement are presented in Table I. Fine sand used in the study has a fineness modulus of Mk = 1.05.

The water-reducing agent used is LOTUS-E339P, and the foaming agent is EABASSOC – NEPOR, which is mixed with water at a ratio of 1:30 to create the foam introduced into the concrete.

TABLE I. Chemical Compositions Of Cement (%)

Component	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	MKN	Density (g/cm³)
Values	50.12	24.12	4.47	6.84	4.23	0.74	0,68	1.21	6.37	3,1

LFC was designed using an experimental method, with the mixture composition of D900 LFC having a W/C ratio of 0.32. For lightweight foamed concrete (LFC), the recommended sand content should not exceed 50% of the binder content, as a higher sand proportion can lead to a reduction in compressive strength [19]. A cement-to-sand ratio of up to 4:1 has been reported to be applicable [8]. However, to ensure the economic feasibility of LFC production, this study investigates the effects of various C/S of 3:1, 2.5:1, 2:1, and 1:1 on the properties of LFC. The composition of the LFC mixes is presented in Table II.

TABLE II. Mix-Proportions Of LFC

Mixtures	Cement (kg/m³)	Fine Sand (kg/m³)	Water (kg/m³)	Superplasticizer (kg/m³)	Form (kg/m³)	C/ S	W/C	Density (kg/m³)
C3S1	534	178	171	1.5	15.5	3/1	0.32	903
C2.5S1	514	206	164	1.5	14.9	2.5/1	0.32	905
C2S1	485	243	155	1.5	15.1	2/1	0.32	915
C1S1	382	382	122	1.5	13	1/1	0.32	890

B. Fabrication and experimental methods

The process for fabricating LFC samples is as follows. The materials are prepared in advance by sequentially adding cement, sand, and mixing them dry for 2 minutes. Next, 2/3 of the water is gradually added during the mixing process for 2 minutes. The amount of superplasticizer is mixed with the remaining 1/3 of water and added in, continuing to mix for an additional 2 minutes until a homogeneous mixture is obtained. A foaming solution was prepared by mixing EABASSOC – NEPOR foaming agent with water at a mass ratio of 1:30. The solution was thoroughly agitated and introduced into a foam generator, where compressed air at a pressure of up to 7 bar was applied to produce a white, lightweight foam with a bulk density of approximately 42 g/L. The preformed foam was then gradually incorporated into the concrete mixture and continuously mixed to ensure uniform dispersion throughout the matrix. This process was accompanied by regular monitoring of the fresh density until the target value corresponding to the D900 mix design was achieved. The LFC mixtures are poured into pre-prepared molds, and mold surfaces are treated, covered with protective material, and kept stable for 24 hours before demolding for curing until the testing day.

The process of measuring the flowability of the foam concrete mixture is conducted according to TCVN 12209:2018. Cubic LFC samples measuring 10x10x10 cm are prepared for compressive strength testing based on standard TCVN 3118:2022. The water absorption of the concrete is carried out according to TCVN 3113:1993, using cylindrical samples with a diameter of 10 cm and a height of 10 cm. The surface resistivity measurement is conducted on a saturated cylindrical sample measuring 10x20 cm according to the AASHTO T95 standard.

The ultrasonic pulse velocity test is performed using cylindrical samples with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm, following TCVN 9357:2012. The test setup consists of a pulse generator and a receiver, both equipped with transducers. Prior to measurement, the two opposite faces of the concrete specimen are cleaned and coated with a coupling agent (such as acoustic gel or contact grease) to ensure effective transmission of ultrasonic waves. The transducers are placed on opposite sides of the specimen in a direct transmission configuration. An ultrasonic pulse is emitted from the transmitter, propagates through the concrete specimen, and is received by the receiver. The device records the pulse transit time (t), and with the known path length (L), the pulse velocity (V) is calculated using:

$$V=L/t \quad (1)$$

The measured ultrasonic pulse velocity reflects the homogeneity, density, and presence of internal defects in the concrete. According to ASTM C597, higher pulse velocity values generally indicate better concrete quality.

III. Results and Discussions

A. Flowability

The results of the flowability tests before and after introducing foam into the LFC mixes are presented in Figure 1

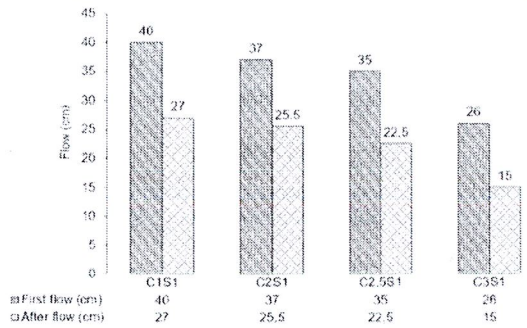


Fig. 1. Effect of C/S ratio on the flowability of D900 LFC.

The results in Figure 1 indicate that as the C/S ratio increases, the flowability of the LFC mixtures decreases. The mix with a C/S ratio of 3/1 has an initial flowability of 65%

compared to the mix with a C/S ratio of 1/1. The observed reduction in flowability of the concrete mixtures with increasing C/S ratio may be due to the increase in cement content, which raises the surface area of the particles, leading to higher water demand and reduced flowability [2]. After the foam is introduced, the flowability decreases by 31-42% compared to the initial flowability. The trend of changing flowability of the LFC mixtures as the C/S ratio increases is similar to that of these mixtures before the foam was added. This result is attributed to the foam introduced into the lightweight foam concrete, which increases the viscosity of the concrete mixtures; the air bubbles hinder the flow and consequently reduce the flowability of the concrete mixture [16]. Thus, an increase in the C/S ratio decreases the flowability of the LFC mixture.

B. *Compressive strength*

The compressive strength of the LFC mixtures is presented in Figure 2

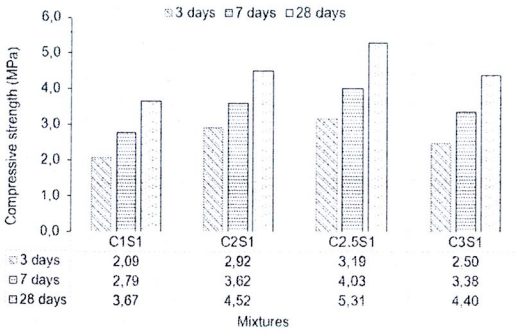


Fig. 2. Effect of C/S ratio on the compressive strength of D900 LFC.

The results in Figure 2 show that the compressive strength of the LFC mixtures develops over time. This is due to the hydration of the cement, which produces hydration products that densify the microstructure of the concrete over time [16]. When the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the compressive strength of the LFC mixtures at 3, 7, and 28 days generally tends to increase, peaking at a C/S ratio of 2.5 and decreasing again when the C/S ratio reaches 3. An increase in the C/S ratio translates to an increase in the amount of cement used and the amount of hydration products contributing to the strength of the LFC. However, a too high cement content (C/S=3) will absorb a large amount of water, reducing workability and increasing the density of the initial cement paste mixture. LFC with low flowability can lead to bubble breakage during mixing. The breaking of air bubbles produces larger and more irregular voids, which reduces compressive strength [6]. This finding is evidenced by the significant decrease in the flowability of the fresh concrete mixture when the C/S ratio increased from 2.5 to 3, and the images illustrating the voids in the foam concrete mixtures with C/S = 2.5 and 3 are shown in Figure 3.

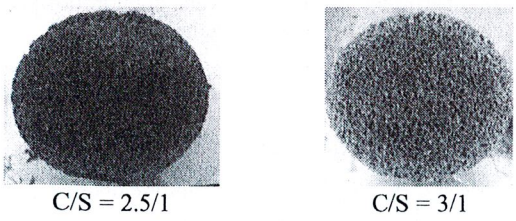


Fig.3. Pore structure of LFC C2.5S1 and C3S1.

C. *Ultrasonic pulse velocity of LFC*

The ultrasonic pulse velocity of LFC mixtures is presented in Figure 4.

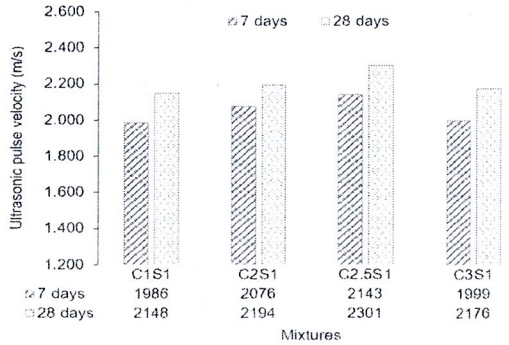


Fig. 4. Effect of C/S ratio on the ultrasonic pulse velocity of D900 LFC.

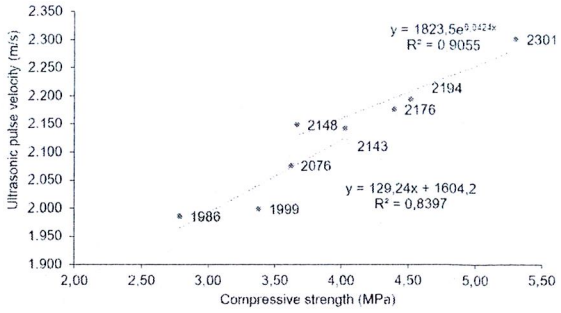


Fig.5. Relationship between ultrasonic pulse velocity and compressive strength of D900 LFC

The ultrasonic pulse velocity results for LFC mixtures with C/S ratios ranging from 1/1 to 3/1 at 7 days were between 1986-2143 m/s, and at 28 days, they ranged from 1534-1643 m/s. As the C/S ratio increases, the ultrasonic pulse velocity at 7, 28 days also tends to increase, reaching the highest value at a C/S ratio of 2.5 and then decreasing at a C/S ratio of 3. Figures 2 and 4 illustrate the trend of ultrasonic pulse velocity changing with increasing C/S ratio, which is similar to that of compressive strength. Indeed, the graph in Figure 5 shows a strong correlation between ultrasonic pulse velocity and the compressive strength of LFC at 7 days and 28 days, with a correlation coefficient of $R^2 > 0.9$. The consistency of the compressive strength and ultrasonic pulse velocity results reinforces the conclusion that the concrete mixture with a C/S ratio of 2.5 is the best compared to the other ratios.

D. *Water absorption of LFC*

The water absorption of the LFC mixtures is presented in Figure 6.

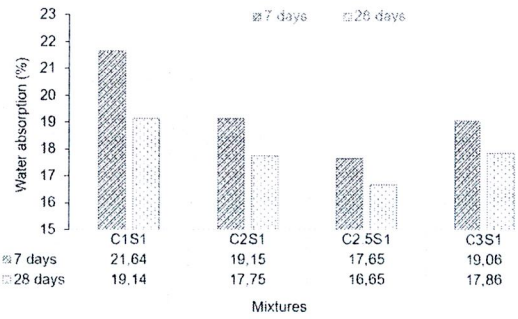


Fig. 6: Effect of C/S ratio on the water absorption of D900 LFC.

Water absorption of concrete is a property that indicates its ability to absorb and retain water when in contact with it [4]. This is an important index for evaluating water permeability and indirectly reflects the volume of permeable or capillary voids within the concrete [17].

The study results presented in Figure 6 show that the water absorption of D900 LFC mixtures tends to decrease over time, though the reduction is not significant, ranging from 5.7% to 11.5%. This reduction aligns with the findings of Hong et al. (2022) [8], as this is a result of the ongoing hydration of cement, which produces C-S-H gel that fills the voids in the cement paste structure, thereby reducing water absorption [17]. As the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the results indicate that the water absorption of concrete C2.5S1 is the lowest at all ages, while the two types of LFC, C2S1 and C3S1, are similar, and the water absorption of concrete C1S1 is the highest. An appropriate C/S ratio allows the sand to effectively function as a filler, while the amount of cement is just enough for hydration without increasing the water demand.

The results of water absorption from these LFC mixtures indicate a correlation with the compressive strength and ultrasonic pulse velocity, as shown in Figures 3 and 5. LFC with higher compressive strength and ultrasonic pulse velocity exhibits lower water absorption, and vice versa. This underscores the importance of determining the optimal C/S ratio not only to maximize strength and minimize water absorption but also to enhance the ability to prevent water and vapor penetration from the environment when applying LFC in actual components.

E. Surface resistivity of LFC

Figure 7 illustrates the surface resistivity test results at 3, 7, and 28 days for different LFC mixtures with varying C/S ratios

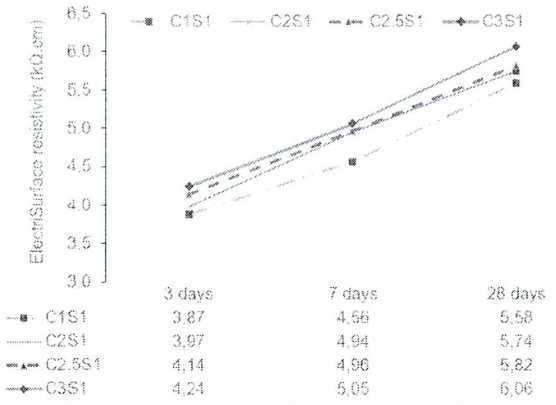


Fig. 7. Effect of C/S ratio on the surface resistivity of D900 LFC.

Surface resistivity of concrete is an important metric that reflects its ability to resist the migration of ions on its surface under the influence of an electric field. A higher surface resistivity indicates better corrosion resistance, as it limits the movement of corrosive ions on the concrete surface. This is particularly crucial when concrete is exposed to damp environments or contains corrosive agents such as chloride ions [18].

The research results in Figure 6 show that the surface resistivity of the mixtures tends to increase over the curing period. At 3 days, the surface resistivity of the LFC mixtures ranges from 3.87 to 4.24 kΩ.cm; at 7 days, it reaches between 4.56 and 5.55 kΩ.cm; and at 28 days, it varies from 5.58 to 6.06 kΩ.cm. The increase in surface resistivity is due to the hydration of the cement, which densifies the cement paste and helps hinder the movement of ions on the surface. As the C/S ratio increases from 1/1 to 3/1, the resistivity of the LFC mixtures tends to rise at various ages. Surface resistivity primarily depends on the base material, which is the cement paste, and less on the concrete structure itself. With a higher C/S ratio, the composition of the cement paste in the foam concrete tends to be harder and denser, resulting in higher resistivity. Concrete C3S1 has a lower compressive strength compared to C2.5S1, while its resistivity is higher. This is because, in terms of the overall structure of the cement paste and the distribution of air bubbles within the concrete, C2.5S1 creates a more effective load-bearing structure compared to C3S1, as clearly shown in Figure 3.

F. Proposed applications for D900 LFC Mixtures

A comparison of the technical characteristics of compressive strength and dry density of the LFC mixes in this study with the Vietnam National Standard "TCVN 9029:2017: Lightweight Concrete – Foam Concrete and Aerated Concrete – Technical Requirements" is presented in Table III

TABLE III. EVALUATION OF TECHNICAL REQUIREMENT COMPLIANCE OF LFC MIXES ACCORDING TO TCVN 9029:2017

Technical characteristics of LFC according to TCVN 9029:2017				Technical characteristics of foam concrete mixes in the study			Evaluation of compliance with LFC requirements based on strength grade
Compressive strength (CS) grade	CS value, MPa, not less than	Dry density, kg/m³		Mix Name	Average CS (MPa)	Dry density, kg/m³	
		Nominal	Average				
B2.5	3,5	D900	851-900	C1S1	3,67	903	Meets B2.5
		D900	851-900	C2S1	4,52	905	Meets B2.5
B3.5	5	D900	851-900	C2.5S1	5,31	915	Meets B3.5
B2.5	3,5	D900	851-900	C3S1	4,40	890	Meets B2.5

From the analysis results in Table 3, it is evident that the LFC mixes of C1S1, C2S1, and C3S1 meet the technical requirements of LFC with a strength grade of B2.5, while the LFC mix of C2.5S1 meets B3.5.

The D900 LFC mixtures of strength grades B2.5 and B3.5 according to TCVN 9029:2017 exhibit advantages such as lightweight, significantly enhanced sound and thermal insulation due to the hollow structure created by air bubbles, ease of construction, and adequate compressive strength that can be applied to various construction components such as brick walls, partitions, insulation layers, soundproofing, and precast elements for lightweight structures.

IV. CONCLUSIONS

Some conclusions that can be drawn from the experimental results of this study are as follows:

The flowability of the D900 LFC mixture decreases as the C/S ratio increases.

The D900 LFC mix with a C/S ratio of 2.5/1 shows optimal properties regarding compressive strength, ultrasonic pulse velocity, and water absorption.

The surface resistivity of D900 LFC increases with the curing time and the C/S ratio.

The D900 LFC mix with a C/S ratio of 2.5/1 achieves a compressive strength grade of B3.5 according to TCVN 9029:2017, while the respective C/S ratios of 1/1, 2/1, and 3/1 achieve a grade of B2.5

ADKNOWLEDGEMENTS

This research is funded by The University of Danang – University of Technology and Education under project number T2023-06-18.

REFERENCES

[1] Bùi Gia Linh, Vũ Đình Phiên, Dự báo cường độ bê tông nhẹ bằng mô hình stacking và shap, Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông, , 2024, pp 48-60.

[2] Nguyễn Văn Tuấn, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 15(2021), pp 146-157.

[3] Ramamurthy, K., E. K. Nambiar, and G. I. S. Ranjani, A classification of studies on properties of foam concrete, Cement and concrete composites, 31(2009), pp 388-396.

[4] Nguyễn Thị Mùi, Trịnh Thị Hà Phương, Nguyễn Thị Thanh, Lê Thị Thương, Ảnh hưởng của hàm lượng sợi Polypropylene lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt, tạp chí khoa học Kỹ thuật thủy lợi và môi trương, số 79 (6/2022), pp5 2-61.

[5] Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Hàn Ngọc Đức, Nguyễn Văn Quảng, Đỗ Thị Vân Anh, Hoàng Văn Thắng, Đỗ Thị Thanh, Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt Polystyrene phồng nở tái chế, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 15(2021), pp 72-83.

[6] Shankar, A., et al., Physical and mechanical properties of foamed concrete, a literature review, Materials Today: Proceedings, 2023.

[7] Nguyễn Quang Phú, Sử dụng cốt liệu nhẹ Keramzit và xỉ bọt chế tạo bê tông nhẹ ứng dụng trong các công trình xây dựng, tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường – số 65 (6/2019), pp 43-50.

[8] Mai Thị Hồng, Trịnh Thị Hiền, Lưu Đình Thi, Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt, tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường – số 78 (2/2022), pp 12-21.

[9] Babu, K. G. and D. S. Babu, Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume, Cement and Concrete Research, 33(2003), pp 755-762.

[10] Phùng Chí Sỹ, Vũ Thành Nam, Vũ Hồng Phong, Phùng Anh Đức, Nguyễn Thành Nhân, Trần Phương Chiến, Nguyễn Đình Chinh, Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của bê tông nhẹ cốt nhựa xốp EPS, Tạp chí môi trường, chuyên đề 4, tháng 12, 2022, pp 72-76.

[11] Van Deijk, S., Foam concrete, Concrete, 25, 1991.

[12] Lee, Y. L., et al., Strength performance on different mix of cement-sand ratio and sand condition for lightweight foamed concrete, in E3S Web of Conferences, 2018, EDP Sciences.

[13] TCVN 9357: 2022- Bê tông nặng – Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm, 2012.

[14] TCVN 3113: 2022- Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ hút nước, 2022.

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

[16] Al-Ani, H. K. K., A. A. Hilal, and S. M. Hama, Characteristics of Fresh and Hardened Sustainable Foamed Concrete for Structural Applications, Journal of Engineering, 2025(2025) 2998605.

[17] Vũ Quang Thuận, Hồ Sỹ Lành, Hoàng Quốc Tuấn, Lê Đức Quân, Đặng Quốc Việt, Ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông bọt khí có sử dụng cát biển và nước biển, Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Kĩ thuật và Công nghệ, 2023, pp 2010-2025.

[18]. TCVN 9029:2017, Bê tông - Phương pháp xác định điện trở suất hoặc điện dẫn suất, 2017.

[19] Abdollahnejad, Z..Zhang, Z..Wang, H., and Mastali, M.: 'Comparative study on the drying shrinkage and mechanical properties of geopolymer foam concrete incorporating different dosages of fiber, sand and foam agents', Springer, 2018, pp. 42-48

MINH CHỨNG MÔ HÌNH TẤM BÊ TÔNG NHẸ CHẾ TẠO Ở PHÒNG THÍ NGHIỆM

1. Thông số tấm bê tông nhẹ

Bảng 1. Thông số mô hình thử nghiệm tấm bê tông nhẹ D900 cấp B3.5

STT	Thông số	Giá trị
1	Dài x rộng x độ dày	1200x600x40 mm
2	Khối lượng	22,6 kg
3	Cường độ mẫu nén ở 7 ngày	4 MPa
4	Cường độ mẫu nén ở 28 ngày	5,65 MPa

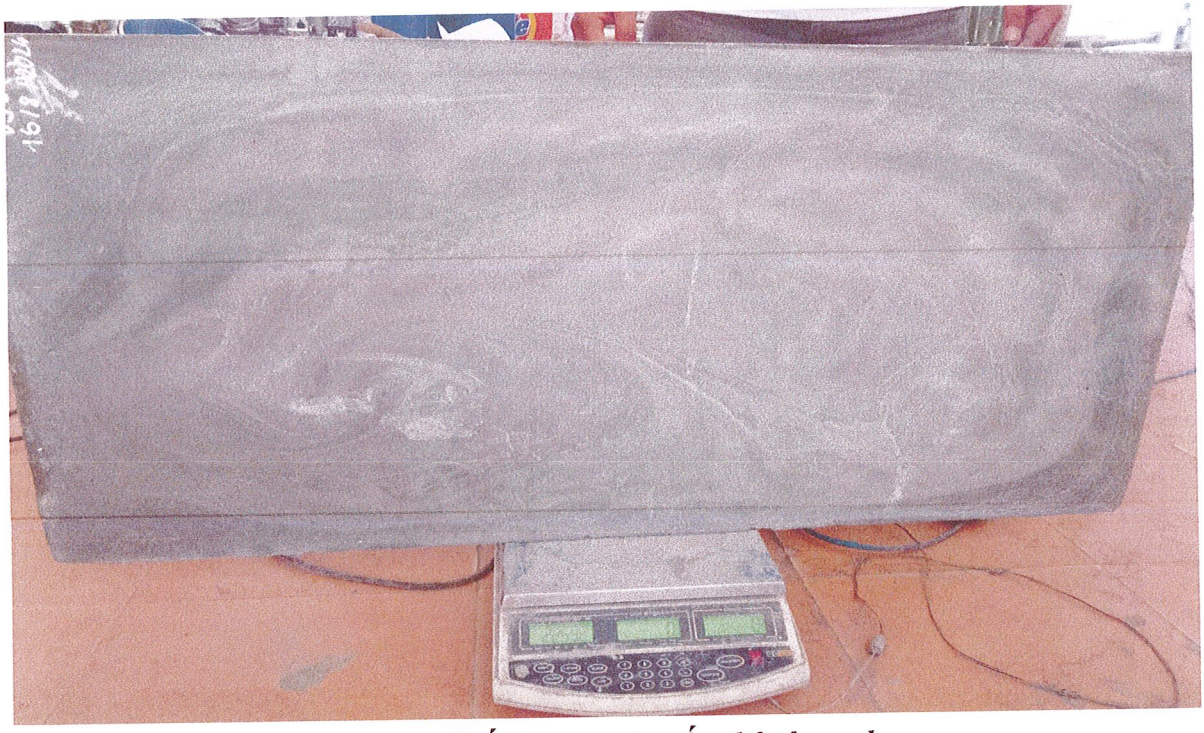
2. Hình ảnh mô hình tấm bê tông nhẹ

Hình 1. Mặt trước tấm bê tông nhẹ

Hình 2. Mặt sau tấm bê tông nhẹ

a) Chiều rộng b) Chiều dày c) Chiều cao

Hình 3. Kích thước của tấm bê tông nhẹ



Hình 4. Khối lượng của tấm bê tông nhẹ