



# TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

## KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

# ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

## **ĐƠN VỊ TỔ CHỨC**

**Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)**

## **CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC**

**Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam**

**Tổng hội Địa chất Việt Nam**

**Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam**

**Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu**

**Hội Cơ học Đá Việt Nam**

**Hội Công trình ngầm Việt Nam**

**Hội Dầu khí Việt Nam**

**Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam**

**Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam**

**Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam**

**Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam**

**Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam**

**Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam**

**Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam**

**Viện Khoa học Công nghệ Mỏ**

## **BAN TỔ CHỨC**

**Trưởng ban**

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mở Địa - chất*

**Phó Trưởng ban**

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

**Ủy viên**

GS.TS Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*

TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*

TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Lê Ái Thụy, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

## **BAN KHOA HỌC**

### **Trưởng ban**

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Phó trưởng ban**

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Ủy viên**

GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
GS.TS Võ Trọng Hùng, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*  
GS.TS Trương Xuân Luận, *Tổng Hội Địa chất Việt Nam*  
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*  
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*  
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Lê Ngọc Ánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Không Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Lê Minh Thống, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*  
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Đỗ Như Ý, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*  
TS Lê Quang Duyên, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Cao Khải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Văn Phóng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Bách Thảo, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

## **BAN BIÊN TẬP**

### **Trưởng ban**

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Phó Trưởng ban**

PGS.TS Nguyễn Việt Nghĩa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Ủy viên**

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS. TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

## **BAN THƯ KÝ**

### **Trưởng ban**

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Phó Trưởng ban**

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

### **Ủy viên**

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
ThS Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
ThS Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*  
ThS Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

## **WEBSITE HỘI THẢO**

Thông tin chi tiết của Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERS2024 được đăng tải trên trang Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>

## **ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ**

Phòng Khoa học công nghệ, Trường Đại học Mở - Địa chất, số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam. ĐT: (+84) 24.3838643

## Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm

Tăng Văn Lâm<sup>1\*</sup>, Võ Đình Trọng<sup>1</sup>, Phạm Đức Lương<sup>1</sup>, Vũ Kim Diễm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ-Địa chất

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng

### TÓM TẮT

Bê tông nhẹ dị hướng là sản phẩm bê tông có đặc điểm nổi bật là chứa độ rỗng thay đổi từ khu vực trung tâm đến khu vực ngoại vi của sản phẩm. Trong nghiên cứu này đã sử dụng đồng thời chất tạo bọt EABASSOC và chất tạo khí từ bột nhôm trong thành phần của bê tông. Hơn nữa, nghiên cứu đã sử dụng công nghệ chế tạo các khuôn gỗ hình lập phương kích thước 100x100x100mm với bốn thành khuôn được đục lỗ rỗng. Việc đục sẵn các lỗ rỗng có đường kính lỗ 1,5 mm và khoảng cách giữa các lỗ 10mm nhằm loại bỏ lượng thành phần pha khí và pha lỏng dư thừa ra khỏi hỗn hợp bê tông trong quá trình đông kết và rắn chắc. Với quá trình này đã hình thành cấu trúc dị hướng bên trong mẫu bê tông nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm cho thấy hoàn toàn có thể chế tạo được sản phẩm bê tông bọt-khí với cấu trúc dị hướng có độ rỗng giảm dần từ phần trung tâm ra đến phần ngoại vi của mẫu sản phẩm. Tại các vị trí biên, khối lượng thể tích trung bình khoảng 1400kg/m<sup>3</sup>. Nhưng tại vị trí trung tâm của mẫu bê tông dị hướng do có độ rỗng xấp xỉ lớn nên khối lượng thể tích khô trung bình khoảng 850kg/m<sup>3</sup>. Ngoài ra, nghiên cứu này còn tiến hành so sánh các tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng với bê tông bọt và bê tông khí thông thường có cùng khối lượng thể tích ẩm.

*Từ khóa:* bê tông bọt-khí, cấu trúc dị hướng, khuôn đục lỗ, bê tông bọt, bê tông khí

### 1. Đặt vấn đề

Chế tạo các sản phẩm bê tông nhẹ đã trở thành phổ biến ở Việt Nam và trên thế giới. Vai trò và tầm quan trọng của các loại bê tông nhẹ trong các công trình xây dựng ngày càng được khẳng định, không chỉ là các kết cấu bao che cho công trình (Tăng Văn Lâm ntk., 2023; Nguyễn Văn Phiêu ntk., 2005), mà còn hướng đến vật liệu bê tông nhẹ dùng trong kết cấu chịu lực (Nguyễn Công Thắng ntk., 2014; Nguyễn Trọng Lâm ntk., 2014; Nguyễn Duy Hiếu, 2016). Trong nhiều nghiên cứu đã cho thấy (Nguyễn Việt Tùng Dương ntk., 2023; Nguyễn Trung Hiếu ntk., 2023), nhược điểm lớn nhất của các loại bê tông xi măng thông thường là khối lượng thể tích lớn, nên ảnh hưởng đến kết cấu móng của công trình. Bên cạnh đó, khi sử dụng bê tông nhẹ có những ưu điểm là: Khối lượng thể tích nhỏ, nên giảm trọng lượng bản thân công trình, giảm chi phí làm móng cho nhà cao tầng; Khả năng cách âm, cách nhiệt rất tốt; Thi công nhanh, đơn giản,... (Nguyễn Văn Phiêu ntk., 2005; Nguyễn Duy Hiếu, 2016).

Thời gian gần đây, ở nhiều nước trên thế giới đã tập trung vào việc nghiên cứu chế tạo các sản phẩm bê tông nhẹ có cường độ cao (By Kim Зиен, 2022; Бруяко, М.Г., 2022). Đó là một hướng đi mới và tiềm năng để khắc phục các nhược điểm về khối lượng thể tích lớn và sử dụng quá nhiều xi măng Portland của bê tông truyền thống đang sử dụng hiện nay.

Ở Việt Nam các loại bê tông nhẹ tạo khí, bê tông bọt khá phổ biến, tuy nhiên các loại bê tông bọt-khí khí dị hướng hầu như chưa được nghiên cứu, chế tạo (Tăng Văn Lâm ntk., 2023; Королев А.С et al., 2004). Bê tông bọt-khí dị hướng là loại bê tông nhẹ có tỷ trọng thay đổi từ khu vực trung tâm ra khu vực ngoại vi của sản phẩm, thu được bằng cách nén chặt các vùng bề mặt, đẩy nước và khí thoát ra ngoài theo các hệ lỗ rỗng trên bề mặt. Điểm khác biệt của sản phẩm bê tông này so với bê tông bọt và bê tông khí thông thường là sử dụng kết hợp cả công nghệ tạo bọt, công nghệ tạo khí và công nghệ ván khuôn tạo hình sản phẩm. Với công nghệ này đã thu được sản phẩm bê tông dị hướng có các đặc tính như cường độ, khả năng cách nhiệt cũng tốt hơn so với bê tông bọt và bê tông khí cùng tỷ trọng (Королев А.С et al., 2004; Баженова С.И. et al., 2022).

Trong các công nghệ bê tông dị hướng hiện nay trên thế giới đều hướng đến việc loại bỏ lượng nước dư

\* Tác giả liên hệ

Email: tangvanlam@humg.edu.vn

thừa khối hỗn hợp trong quá trình hình thành cấu trúc lỗ rỗng mao quản. Do đó, sự hình thành cấu trúc bọt-khí dị hướng nhằm thu được bê tông có hệ số phẩm chất của sản phẩm tốt hơn (Бу Ким Зиен, 2022; Бруяко, М.Г., 2022; Tăng Văn Lâm nnk., 2023).

Bài viết này trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng sử dụng các thành phần gồm xi măng Portland hỗn hợp, tro bay nhiệt điện, silica fume SF-90VN, bột nhôm nguyên chất, dung dịch chất tạo bọt EABASSOC và phụ gia điều chỉnh. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tiềm năng chế tạo được loại bê tông nhẹ có khối lượng thể tích khô trung bình nhỏ hơn 1400 kg/m<sup>3</sup>; hệ số dẫn nhiệt khoảng 0,506 W/m.K; cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày đạt khoảng 20,5 MPa. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng đã so sánh tính chất của bê tông bọt-khí dị hướng với bê tông bọt và bê tông khí thông thường.

## 2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu sử dụng

(a)- Chất kết dính (CKD) sử dụng là hỗn hợp gồm xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch; tro bay nhiệt điện Phả Lại và silica fume SF-90VN. Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch (X) với khối lượng riêng là 3,15g/cm<sup>3</sup> và cường độ nén trung bình là 50,1 MPa ở tuổi 28 ngày. Tro bay (TB) của nhà máy nhiệt điện Phả Lại và silica fume SF-90VN (SF90) được cung cấp bởi Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam với hàm lượng SiO<sub>2</sub> hoạt tính lần lượt là 55,12% và 90,5%. Việc sử dụng Silica fume SF-90VN trong thành phần của bê tông nhẹ dị hướng với mục đích tăng cường độ và điều chỉnh cấu trúc của sản phẩm.

(b)- Cốt liệu nhỏ sử dụng trong đề tài này là cát vàng sông Lô (C), được sàng loại bỏ các hạt thô, kích thước hạt cát sử dụng từ 0,14mm đến 1,25mm. Cát vàng có chất lượng tốt và thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.

(c)- Phụ gia siêu dẻo (SD) loại SR 5000F của doanh nghiệp “SilkRoad” với khối lượng riêng 1,15g/cm<sup>3</sup> ở nhiệt độ 20 ± 5°C, được sử dụng để giảm tỷ lệ nước/xi măng, nhưng vẫn giữ được tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và tăng cường độ của bê tông nghiên cứu.

(d)- Nước sạch (N) được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thử, thỏa mãn của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

e) Chất tạo bọt, chất tạo khí và chất điều chỉnh bọt khí

+ Trong đề tài nghiên cứu này đã sử dụng chất tạo bọt EABASSOC, được sản xuất theo công nghệ của Anh Quốc. Chất tạo bọt EABASSOC có đặc tính kỹ thuật đáp ứng các yêu cầu trong chế tạo BTN và vữa nhẹ, đặc biệt sản phẩm này có độ ổn định bọt rất cao. Hỗn hợp chất tạo bọt sau khi khuấy trộn trong máy tạo bọt sẽ tạo ra các bọt khí vững chắc, màu trắng và rất mịn. Khi trộn vào hỗn hợp bê tông, các bọt khí từ chất EABASSOC không bị vỡ. Chất tạo bọt EABASSOC có thành phần chính là hỗn hợp hóa chất tổng hợp, có chứa thêm thành phần chất protein hữu cơ.

+ Chất tạo khí trong nghiên cứu là sử dụng bột nhôm kim loại (Al) do công ty Jigco Việt Nam cung cấp, mỗi hộp 500 gam với hàm lượng kim loại nhôm tinh khiết đạt 86% và hệ số sản lượng khí tạo ra đạt 1050 lít khí Hidro/1kg bột nhôm. Độ mịn của bột nhôm đạt 4500cm<sup>2</sup>/g.

+ Chất điều chỉnh bọt khí trong nghiên cứu này sử dụng là dung dịch NaOH 5M để điều chỉnh và định hướng pha lỏng, pha khí thoát ra khỏi mẫu bê tông thí nghiệm. Vai trò của dung dịch NaOH 5M là rất quan trọng, vừa góp phần bổ sung thành phần tạo khí vừa giảm sức căng bề mặt của hỗn hợp bê tông, giảm hiện tượng vỡ bọt khí.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Các tiêu chuẩn thí nghiệm

+ Các tính chất như: độ ẩm, khối lượng thể tích, độ hút nước và cường độ nén của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng trong nghiên cứu này được xác định theo TCVN 9030:2017 - “Bê tông nhẹ - Phương pháp thử”.

+ Tính dẫn nhiệt là tính chất vật lý quan trọng của bê tông nhẹ sử dụng trong xây dựng công trình kiến trúc. Tính dẫn nhiệt phụ thuộc nhiều vào trạng thái ẩm, khối lượng thể tích và nhiệt độ của sản phẩm bê tông. Khi khối lượng thể tích của vật liệu càng lớn thì vật liệu dẫn nhiệt càng tốt. Trong điều kiện độ ẩm của vật liệu bê tông trong khoảng là 5 ÷ 10% có thể dùng công thức của Necraxov để xác định hệ số dẫn nhiệt của bê tông theo công thức số (1) (Nguyễn Văn Phiêu nnk., 2005; Nguyễn Duy Hiếu, 2016).

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,22\rho_v^2} - 0,14; \quad (W/(m.K)) \quad (1)$$

Trong đó:  $\rho_v$  - khối lượng thể tích khô của mẫu bê tông thí nghiệm, (g/cm<sup>3</sup>).

Trong công thức (1) đã không xét đến độ lớn và sự phân bố của cấu trúc rỗng, đồng thời mức độ kín và thông nhau của hệ thống lỗ rỗng tổ ong cũng không được đề cập đến nên kết quả thu được chỉ cho giá trị

gần đúng và phù hợp với loại bê tông nhẹ có sự đồng nhất về cấu trúc. Như vậy, cùng thành phần vật liệu, bê tông nhẹ có khối lượng thể tích khô lớn hơn thì dẫn nhiệt tốt hơn.

### 2.2.2. Phương pháp tính toán cấp phối của bê tông bọt-khí dị hướng

Hiện nay, nhiều nghiên cứu ở Việt Nam (Tăng Văn Lâm, 2023; Nguyễn Việt Tùng Dương n.k., 2023; Nguyễn Trung Hiếu n.k., 2023; Nguyễn Đình Trinh n.k., 2023) và nghiên cứu nước ngoài (By Kim Зиен, 2022; Бруяко, М.Г, 2022; Баженова С.И. et al., 2022) đều đưa ra những công thức tính toán thành phần cấp phối bê tông cơ bản dựa trên lý thuyết thể tích tuyệt đối của công nghệ bê tông. Đối với các chủng loại bê tông thường, giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày là mục tiêu thiết kế. Tuy nhiên, với các loại bê tông nhẹ, giá trị khối lượng thể tích ẩm là giá trị mục tiêu để tính toán và thiết kế cấp phối bê tông nhẹ. Với nguyên lý đó, trong nghiên cứu này tính toán thành phần cấp phối theo phương pháp:

- + Tổng khối lượng của các loại vật liệu sử dụng bằng khối lượng thể tích ẩm của hỗn hợp bê tông nhẹ.
- + Thể tích bọt và khí trong hỗn hợp bê tông nhẹ được xác định bằng hiệu của 1000 lít (tương đương với 1m<sup>3</sup>) trừ đi tổng thể tích của các loại vật liệu sử dụng.

### 2.3. Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông bọt - khí dị hướng

Trong nghiên cứu này, các đặc tính yêu cầu hỗn hợp bê tông bọt-khí dị hướng được lựa chọn như sau:

- + Khối lượng thể tích ở trạng thái ướt mục tiêu của bê tông bọt-khí dị hướng đặt ra trong nghiên cứu này là  $\rho_{\text{ướt}}$  bằng 1400kg/m<sup>3</sup>;
- + Cường độ nén mục tiêu đạt được từ 15MPa đến 20MPa dựa trên lực nén phá hoại mẫu thí nghiệm hình lập phương 100x100x100mm ở tuổi 28 ngày;
- + Do thành phần hỗn hợp bê tông có sử dụng phụ gia siêu dẻo để điều chỉnh tính công tác, đồng thời giảm bớt lượng nước nhào trộn, nên tỷ lệ N/CKD= 0,4;
- + Chất tạo bọt EABASSOC được pha loãng với nước theo tỷ lệ 3,0% theo khối lượng và khuấy bằng máy khuấy có cánh khuấy ở tốc độ 10.000 vòng/phút trong 10 phút;
- + Hỗn hợp bê tông nhẹ không sử dụng cốt liệu lớn, thành phần cốt liệu là cát vàng chất lượng tốt, kích thước hạt dao động từ 0,14 đến 1,25mm. Hàm lượng cốt liệu nhỏ trong nghiên cứu này được sử dụng bằng tổng hàm lượng chất kết dính;
- + Bột nhôm có hệ số sản lượng khí tạo đạt 1050 lít khí Hydro/1kg bột nhôm, độ tinh khiết là 86%;
- + Dung dịch NaOH 5M được sử dụng với hàm lượng 10lít/m<sup>3</sup> bê tông nhẹ.

### 2.4. Lựa chọn các tỷ lệ nguyên vật liệu sử dụng

Từ những cơ sở nghiên cứu trên kết hợp với các kết quả thí nghiệm khảo sát sơ bộ, đề tài đã chọn được các gốc hệ số tỷ lệ vật liệu sử dụng và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ của các vật liệu sử dụng

Tỷ lệ vật liệu	$\frac{TB}{X}$	$\frac{SF90}{X}$	$\frac{C}{CKD}$	$\frac{SD}{CKD}$	$\frac{N}{CKD}$
Giá trị	0,30	0,15	1 : 1	0,015	0,40

Trong đó: CKD là tổng hàm lượng chất kết dính,  $CKD = X + TB + SF90 = X + 0,3X + 0,15X = 1,45X$ .

### 2.5. Cấp phối bê tông bọt-khí dị hướng và cấp phối bê tông nhẹ đối chứng

Dựa trên các nguyên lý của phương pháp thể tích tuyệt đối kết hợp với các giá trị tỷ lệ vật liệu đã lựa chọn trong Bảng 1 và điều chỉnh cấp phối sao cho phù hợp với các tính chất của nguyên vật liệu sử dụng, đề tài đã khảo sát các cấp phối của hỗn hợp bê tông bọt-khí dị hướng (BT\_DH) có tỷ lệ thành phần cấp phối như trong bảng 2.

Để có sự so sánh và đối chứng, nghiên cứu đã tiến hành xác định cấp phối bê tông bọt và bê tông khí truyền thống. Các mẫu bê tông bọt và bê tông khí cùng khối lượng thể tích ẩm là 1400 kg/m<sup>3</sup> nhưng chỉ sử dụng duy nhất một tác nhân tạo rỗng là chất tạo bọt (chất tạo bọt EABASSOC) hoặc chất tạo khí (bột nhôm). Kết quả tính toán kết hợp với hiệu chỉnh bằng thực nghiệm đã thu được các cấp phối của hỗn hợp bê tông khí (BT\_K) và hỗn hợp bê tông bọt (BT\_B) thông thường với thành phần như trong bảng 2.

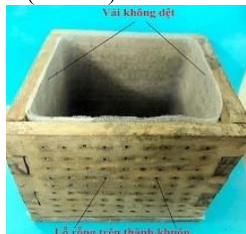
Để thu được sản phẩm bê tông bọt, bê tông khí và bê tông nhẹ dị hướng, trong nghiên cứu này đã chuẩn bị nhào trộn hỗn hợp bê tông, sau đó tiến hành đổ hỗn hợp bê tông vào trong khuôn mẫu với hệ số điền đầy khuôn  $K_0$  có giá trị trong bảng 2.

Bảng 2. Cấp phối của hỗn hợp bê tông bọt-khí dị hướng và cấp phối bê tông nhẹ đối chứng

STT	Ký hiệu mẫu bê tông	Hệ số điền đầy khuôn $K_0$	Cấp phối cho 1 m <sup>3</sup> bê tông bọt-khí dị hướng (kg/m <sup>3</sup> )								Thể tích bọt (lít)
			CKD	X	TB	SF90	C	SD	N	Bột nhôm	
1	BT_DH	0,9	580	400	120	60	580	8,69	232	0,50	403

2	BT_K	0,9	580	400	120	60	580	8,69	232	0,50	-
3	BT_B	1,0	580	400	120	60	580	8,69	232	-	403

Để tạo ra các sản phẩm bê tông bọt-khí dị hướng, nghiên cứu đã sử dụng mẫu thí nghiệm bằng gỗ, hình lập phương cạnh 100 mm, được đục lỗ trên cả bốn bản của thành khuôn (Hình 1). Các lỗ rỗng trên thành khuôn được khoan sẵn có đường kính 1,5 mm và khoảng cách là 10 mm. Chỉ số lỗ thủng trên mỗi tấm thành khuôn khoảng 1,43% (Hình 2).



Hình 1. Cấu tạo khuôn được đục lỗ để thoát pha khí và pha lỏng



Hình 2. Quá trình giải thoát pha khí và pha lỏng từ hỗn hợp bê tông

Thông qua các lỗ rỗng này, đặc biệt là các tấm vải không dệt, chỉ có thành phần pha khí và pha lỏng ở khu vực ngoại vi bị đẩy ra ngoài sản phẩm trong quá trình hình thành cấu trúc của mẫu bê tông. Hỗn hợp sau khi tạo hình được bảo dưỡng một ngày trong khuôn mẫu, sau một ngày mẫu được tháo khuôn, cắt đầu vữa thừa để thu được mẫu bê tông nhẹ tiêu chuẩn, sau đó mẫu được đưa đi ngâm vào trong môi trường nước của bể dưỡng hộ cho đến tuổi thí nghiệm.

### 3. Kết quả và thảo luận

Trong giới hạn của nghiên cứu này, tính chất cơ lý của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được khảo sát gồm có: (i)- Độ ẩm ở trạng thái tự nhiên; (ii)- Khối lượng thể tích khô ở tuổi 28 ngày; (iii)- Hệ số dẫn nhiệt trung bình; (iv)- Cường độ nén của mẫu bê tông bọt. Cường độ nén của mẫu được xác định ở tuổi 28 ngày trên hệ thống máy nén uốn ADVANTEST 9 với tốc độ gia tải sử dụng là 500N/s.

Kết quả thực nghiệm của các mẫu BT\_DH; BT\_K và BT\_B được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ lý của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng sau khi rắn chắc

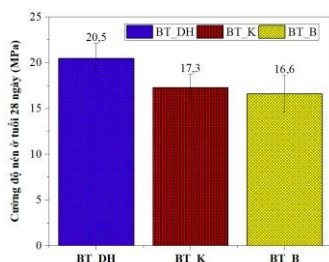
Ký hiệu mẫu	Hệ số điền đầy khuôn $K_0$	Độ ẩm tự nhiên, (%)		Khối lượng thể tích khô, (kg/m <sup>3</sup> )		Hệ số dẫn nhiệt, (W/(m.K))		Cường độ nén ở tuổi 28 ngày, (MPa)	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
BT_DH	0,9	6,2	1,1	1305	4,3	0,506	0,5	20,5	1,6
BT_K	0,9	8,2	1,0	1350	4,6	0,520	0,6	17,3	1,4
BT_B	1,0	9,5	1,2	1375	4,5	0,536	0,5	16,6	2,0

Từ kết quả thí nghiệm trong bảng 3 rút ra một số nhận xét như sau:

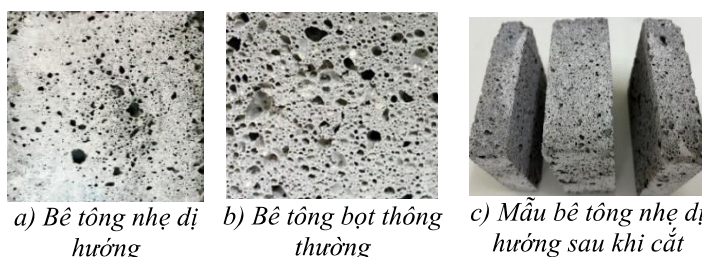
Giá trị khối lượng thể tích khô của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm đều nhỏ hơn đáng kể so với khối lượng thể tích ẩm thiết kế ban đầu đề ra. Tuy nhiên, mẫu BT\_DH có khối lượng thể tích khô nhỏ nhất, mẫu BT\_B có khối lượng thể tích khô lớn nhất. Nguyên nhân được giải thích là do thành phần các pha khí, và lỏng dư thừa được loại bỏ qua lỗ thủng thành khuôn trong quá trình hình thành cấu trúc mẫu BT\_DH, làm giảm khối lượng của mẫu (Королев А.С et al., 2004; Баженова С.И et al., 2022).

Giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng này khoảng 20,5 MPa. Các mẫu bê tông khí và bê tông bọt có giá trị cường độ nén lần lượt là 17,3 MPa và 16,6 MPa. Các giá trị này phù hợp với mục tiêu thiết kế ban đầu về cường độ nén.

Bên cạnh đó, tại tuổi 28 ngày, cường độ nén của mẫu BT\_DH là 20,5 MPa cao hơn cường độ nén của mẫu BT\_K và mẫu BT\_B (Hình 3). Điều này được giải thích là do bê tông nhẹ dị hướng có tỷ trọng ở khu vực ngoại vi cao dẫn đến tính chất cơ học của sản phẩm được cải thiện và có cường độ nén trung bình tốt hơn bê tông nhẹ đối chứng. Kết quả của nghiên cứu này có nhiều tương đồng với một số kết quả nghiên cứu về bê tông nhẹ dị hướng đã công bố trên thế giới (Бу Ким Зиен, 2022; Брюяко, М.Г, 2022; Баженова С.И et al., 2022).



Hình 3. Cường độ nén của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm



Hình 4. Cấu trúc rỗng bê tông bọt-khí dị hướng trong nghiên cứu

Với cùng giá trị khối lượng thể tích ẩm là  $1400\text{kg/m}^3$ , nhưng hệ số dẫn nhiệt của bê tông bọt-khí dị hướng là  $0,506\text{W/m.K}$  thấp hơn đáng kể so với giá trị  $0,520$  và  $0,536\text{W/m.K}$  của bê tông khí và bê tông bọt đối chứng. Tính chất này của các mẫu bê tông nghiên cứu cũng được giải thích bởi khu vực trung tâm mẫu có độ rỗng xấp xỉ lớn hơn, khối lượng thể tích nhỏ hơn do đó thu được độ dẫn nhiệt nhỏ.

Ngoài ra, vì các mẫu bê tông nhẹ có chứa hàm lượng lỗ rỗng lớn do đó giá trị độ ẩm tự nhiên của mẫu thí nghiệm đã lớn hơn đáng kể so với các loại bê tông nặng sử dụng các loại xi măng Portland thông thường. Nhưng giá trị độ ẩm của mẫu BT\_DH giảm đáng kể so với các mẫu BT\_K và BT\_B thông thường. Nguyên nhân này được giải thích là do cấu trúc dị hướng có lớp ngoại vi (lớp vỏ) đặc chắc, ít lỗ rỗng thông nhau, đã giảm được lượng hơi nước thâm nhập vào bên trong cấu trúc bê tông dị hướng (Hình 4a và Hình 4b).

Với mục đích đánh giá được trực quan sự biến đổi lỗ rỗng tổ ong từ khu vực trung tâm đến khu vực ngoại vi của mẫu bê tông dị hướng, trong nghiên cứu này đã xác định sự thay đổi khối lượng thể tích từ vị trí trung tâm đến ngoại vi của sản phẩm bê tông nhẹ dị hướng.

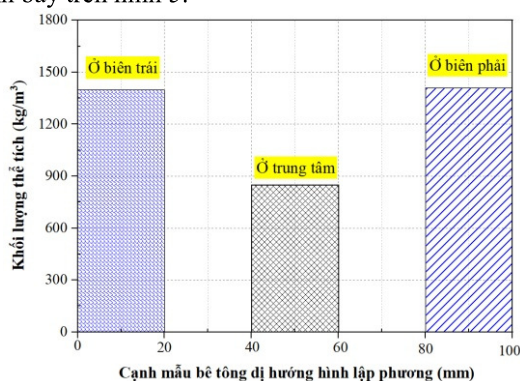
Từ mẫu bê tông nhẹ dị hướng hình lập phương kích thước  $100\times 100\times 100\text{mm}$ , nhóm nghiên cứu đã cắt thành 03 mẫu bê tông với kích thước  $100\times 100\times 20\text{mm}$ . Mỗi viên mẫu  $100\times 100\times 100\text{mm}$  sau khi cắt sẽ thu được 03 viên mẫu nhỏ, trong đó gồm có: (i)- 02 viên mẫu ở các vị trí biên trái và biên phải của sản phẩm; (ii)- 01 viên mẫu tại khu vực trung tâm của sản phẩm (Hình 4c).

Các viên mẫu sau khi cắt được đưa đi cân xác định khối lượng và đo kích thước để xác định thể tích viên mẫu. Sau khi áp dụng công thức theo tiêu chuẩn để thu được giá trị khối lượng thể tích. Kết quả xác định giá trị khối lượng thể tích trung bình ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Khối lượng thể tích khô ở tuổi 28 ngày của mẫu bê tông nhẹ dị hướng

TT	Ký hiệu mẫu bê tông	Khối lượng thể tích khô ( $\text{kg/m}^3$ )	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Viên mẫu ở biên trái	1400	5,0
2	Viên mẫu ở giữa trung tâm	850	4,5
3	Viên mẫu ở biên phải	1410	4,2

Sự thay đổi khối lượng thể tích khô của các viên mẫu sau khi cắt từ mẫu bê tông nhẹ dị hướng  $100\times 100\times 100\text{mm}$  được trình bày trên hình 5.



Hình 5. Sự thay đổi khối lượng thể tích trên mẫu bê tông nhẹ dị hướng

Từ hình 5 đã cho thấy, ở các khu vực ngoại vi bên ngoài do các pha lỏng và pha khí được đẩy và thoát ra khỏi mẫu thí nghiệm qua các lỗ trên thành khuôn, nên cấu trúc rỗng tổ ong đã giảm, đồng thời đã tăng được độ đặc chắc. Vì vậy, khối lượng thể tích ở các viên mẫu tại biên bên trái và biên bên phải lần lượt là đạt khoảng  $1400\text{kg/m}^3$  và  $1410\text{kg/m}^3$ . Cách vào bên trong khu vực trung tâm của mẫu thí nghiệm, các thành phần pha khí và pha lỏng khó khăn trong việc di chuyển đến các lỗ rỗng trên thành khuôn, chính vì vậy các tác nhân này đã tạo ra hệ thống rỗng tổ ong tăng dần và lỗ rỗng đạt giá trị lớn nhất tại tâm của viên mẫu



sau khi tạo hình. Điều đó được chứng minh bằng giá trị khối lượng thể tích của viên mẫu đã giảm nhanh. Với viên mẫu tại trung tâm có giá trị khối lượng thể tích chỉ còn 850kg/m<sup>3</sup>.

#### 4. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đã rút ra được một số kết luận như sau:

- Trên cơ sở nguồn vật liệu, phế thải hiện có trong nước như: xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch; Silica fume SF-90VN; tro bay nhiệt điện Phả Lại; dung dịch tạo bọt EABASSOC và bột nhôm kim loại có thể chế tạo bê tông bọt-khí dị hướng có khối lượng thể tích ẩm khoảng 1400kg/m<sup>3</sup>;

- Giá trị khối lượng thể tích khô của các mẫu bê tông nhẹ thí nghiệm đều nhỏ hơn đáng kể so với khối lượng thể tích ẩm thiết kế ban đầu đề ra. Tuy nhiên, mẫu BT\_DH có khối lượng thể tích khô nhỏ nhất, mẫu BT\_B có khối lượng thể tích khô lớn nhất

- Cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng này khoảng 20,5MPa. Các mẫu bê tông khí và bê tông bọt có giá trị cường độ nén lần lượt là 17,3MPa và 16,6MPa. Các giá trị này phù hợp với mục tiêu thiết kế ban đầu về cường độ nén;

- Với cùng giá trị khối lượng thể tích ẩm là 1400kg/m<sup>3</sup>, nhưng hệ số dẫn nhiệt của bê tông bọt-khí dị hướng là 0,506W/m.K thấp hơn đáng kể so với giá trị 0,520 và 0,536W/m.K của bê tông khí và bê tông bọt đối chứng. Bên cạnh đó, giá trị độ ẩm của mẫu bê tông nhẹ dị hướng cũng thấp hơn đáng kể so với mẫu bê tông nhẹ đối chứng. Các đặc tính này của các mẫu bê tông bọt-khí dị hướng được giải thích bởi khu vực trung tâm mẫu có độ rỗng xốp lớn hơn, khối lượng thể tích nhỏ hơn, lớp ngoại vi (lớp vỏ) đặc chắc, ít lỗ rỗng thông nhau, đã giảm được lượng hơi nước thâm nhập vào bên trong cấu trúc bê tông dị hướng.

- Trong tương lai, cần nghiên cứu thêm các giải pháp để sản xuất và ứng dụng các loại bê tông bọt-khí dị hướng để chế tạo các panel sàn, tấm tường chịu lực..., trong thực tế thi công các công trình ở Việt Nam.

#### Lời cảm ơn

Nội dung của bài viết là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài Nghiên cứu khoa học sinh viên tiềm năng, mã số đề tài TN2024-02. Nhóm tác giả xin được gửi lời cảm ơn đến Phòng thí nghiệm Bộ môn Xây dựng công trình ngầm, Khoa Xây dựng cùng các sinh viên Võ Đình Trọng, Đặng Quang Minh, Ngô Đại Nam, Ngô Văn Biên và Phạm Đức Minh đã hỗ trợ và tham gia thực hiện các thí nghiệm trong đề tài này.

#### Tài liệu tham khảo

Nguyễn Việt Tùng Dương, Lê Ngọc Trường Sơn, Hoàng Trọng Toàn (2023), Nghiên cứu tổng quan về tính chất và khả năng ứng dụng bê tông bọt được chế tạo từ vật liệu trong nước. *Đề tài NCKH sinh viên*. Trường Đại học Mỏ-Địa chất năm 2023.

Nguyễn Duy Hiếu. Công nghệ bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chất lượng cao. *Nhà xuất bản xây dựng- 2016*.

Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Xuân Công, Võ Đình Trọng, Đặng Quang Minh, Trương Văn Cường (2023), Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông nhẹ sử dụng bột nhôm và chất kết dính Geopolymer từ hỗn hợp tro bay, xi lò cao và phế thải nhà máy gốm sứ TOTO dùng trong công trình dân dụng và công nghiệp. Đề tài NCKH sinh viên. Trường Đại học Mỏ-Địa chất năm 2023.

Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Vũ Kim Diễm, Nguyễn Bá Bình (2023), Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông nhẹ tạo khí từ bột nhôm, phụ gia khoáng và chất kết dính không xi măng, Hội Nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 60 năm thành lập Viện KHCN Xây dựng, tháng 11 năm 2023.

Nguyễn Trọng Lâm, Phạm Hữu Hanh. Nghiên cứu nâng cao chất lượng bê tông khí chưng áp sử dụng cho nhà siêu cao tầng ở VN. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng*. Số 21 – tháng 10/2014. Pp 75-80.

Tăng Văn Lâm, Nguyễn Đình Trinh, Vũ Kim Diễm, Nguyễn Bá Bình (2023), Bê tông bọt-khí dị hướng, Hội Nghị khoa học thường niên năm 2023 – Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, tháng 11 năm 2023.

Nguyễn Văn Phiêu, Nguyễn Văn Chánh - Công nghệ bê tông nhẹ, *Nhà xuất bản xây dựng- năm 2005*.

Nguyễn Công Thắng, Phạm Hữu Hanh. Nghiên cứu nâng cao chất lượng bê tông khí chưng áp sử dụng cho nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. *Tạp chí KHCN Xây dựng số 21, 2014. Pp. 75-80*.

Ву Ким Зиен (2022), Ячеистые бетоны с использованием плазмомодифицированного доменного шлака. Шифр и наименование научной специальности: 2.1.5 Строительные материалы и изделия. Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный университет.

Бруяко, М.Г. Ячеистые бетонов с вариатропной структурой на стадии формования изделия / М.Г.Бруяко, С.И.Баженова, К.З.Ву // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №7.

Tang Van Lam, Dien Vu Kim, Hung Ngo Xuan, Tho Vu Dinh, Boris Bulgakov, and Sophia Bazhenova. "Effect of aluminium powder on light-weight aerated concrete properties." In E3S Web of Conferences, vol. 97, p. 02005. EDP Sciences, 2019.

Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я., Шаимов М.Х., Кузьменко С.А. Способ изготовления вариатропных ячеистобетонных изделий. Патент RU 2243190 С1. 27.12.2004. 5с.

Баженова С.И., Ву Ким Зиен, Во Фу Тоан. Способы производства вариатропных ячеистых бетонов // В сб. докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. М., 2022. С. 545-549.

## ABSTRACT

### Some results of experimental research on aerated-foam concrete with anisotropic structure in laboratory conditions

Tang Van Lam<sup>1</sup>, Vo Dinh Trong<sup>1</sup>, Pham Duc Luong<sup>1</sup>, Vu Kim Dien<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Ha Noi, Vietnam*

<sup>2</sup>*College of Industry and Construction, Uong Bi town, Quang Ninh province*

This article has presented some experimental results on aerated-foam concrete with an anisotropic structure using EABASSOC foaming agent and air-forming agent from aluminum powder simultaneously. Anisotropic concrete products have the outstanding characteristic of containing varying porosity from the central area to the peripheral areas of the product. This study has proposed a technology for manufacturing cube-shaped wooden molds measuring 100x100x100mm with four hollow perforated mold walls. Pre-punching hollow holes with a hole diameter of 1.5mm and a distance between holes of 10mm is intended to remove excess gas and liquid phase components from the concrete mixture during the setting and solidification process. With this effect, an anisotropic structure was formed inside the studied concrete sample. Research results in laboratory conditions show that it is possible to manufacture aerated-foam concrete products with an anisotropic structure with gradually decreasing porosity from the center to the periphery of the product sample. At boundary locations, the average volume is about 1400kg/m<sup>3</sup>. But, at the central position of the anisotropic concrete sample due to its large porosity, the average dry volume is about 850kg/m<sup>3</sup>. In addition, this study also compared the properties of anisotropic foam-aerated concrete with foam concrete and conventional aerated concrete with the same wet volume.

*Keywords:* foam-aerated concrete; anisotropic structure; perforated mold; foam concrete; aerated concrete

# KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN