

KHẢO SÁT TỐI ƯU THÀNH PHẦN CỦA BÊTÔNG NHẹ TẠO RỔNG BẰNG HẠT EPS (EXPANDED POLYSTYRENE) ĐỂ SẢN XUẤT PANEL TƯỜNG VÀ PANEL SÀN DÙNG CHO CÔNG TRÌNH NHÀ Ở LẮP GHÉP

Kim Huy Hoàng, Đỗ Kim Kha, Trương Văn Việt, Bùi Đức Vinh, Nguyễn Văn Chánh

Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

TÓM TẮT: Công nghệ xây dựng nhà ở bằng phương pháp lắp ghép có sử dụng các cấu kiện panel (hoặc tấm lớn) tường, sàn, mái làm từ bê tông nhẹ là một công nghệ xây dựng hiện đại có nhiều ưu điểm là thi công nhanh, giảm trọng lượng công trình nên giảm chi phí nền móng, tăng khả năng cách âm cách nhiệt cho công trình nên giảm chi phí điều hoà nhiệt độ, công nghệ xây dựng này đã và đang được dùng tại nhiều nước phát triển và đặc biệt thích hợp để ứng dụng tại Việt Nam. Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ chất lượng cao trên cơ sở nâng cao cường độ bê tông nền và hình thành cấu trúc rỗng tối ưu cho bê tông nhẹ tạo rỗng bằng hạt EPS (expanded polystyrene bead), để hướng đến việc chế tạo các panel tường, panel sàn, panel mái nhẹ nhưng đạt các yêu cầu kỹ thuật sử dụng cho công trình nhà ở lắp ghép. Kết quả nghiên cứu cho thấy đã chế tạo được bê tông nhẹ EPS có khối lượng thể tích 875 - 1150 kg/m³ và cường độ nén 7.5 - 15 MPa cho phép sản xuất panel tường, chế tạo được bê tông nhẹ EPS có khối lượng thể tích 1275 kg/m³ và cường độ nén đến 20 MPa cho phép sản xuất panel sàn.

Từ khóa: bê tông nhẹ, hạt EPS, nhà lắp ghép, cấu trúc rỗng tổ ong

1.ĐẶT VẤN ĐỀ [8]

Trong công trình nhà thấp và cao tầng, việc xây dựng các tường bao che, tường ngăn bằng vật liệu gạch rỗng đất sét nung và vữa cát xi măng portland thì mất nhiều thời gian và nhân công, ngoài ra, công nghệ sản xuất gạch rỗng đất sét nung thì không thân thiện môi trường vì khai thác đất sét làm mất đất canh tác, khai thác than đá dùng làm nhiên liệu đốt làm cạn nguồn tài nguyên và khói thải của quá trình nung luyện thì gây ô nhiễm môi trường. Bên cạnh đó, công trình xây dựng ngày nay còn đòi hỏi tính cách nhiệt cách âm tốt để nâng cao chất lượng sống cũng như giảm chi phí điều

hoà nhiệt độ, và vấn đề giảm trọng lượng công trình để giảm chi phí nền móng cũng là một vấn đề đang được quan tâm.

Để giải quyết vấn đề nêu trên, phương pháp xây dựng lắp ghép sử dụng các cấu kiện panel tường, sàn, mái làm từ bê tông nhẹ là một công nghệ xây dựng hiện đại đáp ứng yêu cầu thi công nhanh, giảm trọng lượng công trình để giảm chi phí nền móng, tăng khả năng cách nhiệt cách âm cho công trình để giảm chi phí điều hoà nhiệt độ.

Đối với bê tông nhẹ, mâu thuẫn cơ bản là khối lượng thể tích nhỏ thì cường độ không thể cao, do đó, lựa chọn khối lượng thể tích có xét

đến khả năng chịu lực sao cho phù hợp với mục đích sử dụng là vấn đề quan trọng. Nghiên cứu nâng cao độ bền cơ học và độ bền chống xâm thực của bê tông nhẹ là một vấn đề đang được quan tâm hiện nay.

2. CHẾ TẠO BÊ TÔNG NHẸ CHẤT LƯỢNG CAO TRÊN CƠ SỞ GIA TĂNG CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG NỀN VÀ HÌNH THÀNH CẤU TRÚC RỖNG TỐI ƯU [1][3][4][8]

2.1. Yêu cầu về đặc tính của bê tông nhẹ được nghiên cứu chế tạo

Hiện nay, tường xây tô sử dụng vật liệu gạch rỗng đất sét nung và vữa cát xi măng portland có khối lượng thể tích trong khoảng 1200 kg/m^3 và cường độ của gạch rỗng đất sét nung theo tiêu chuẩn không nhỏ hơn 3.5 MPa ; bê tông làm sàn (hoặc mái) đổ toàn khối của nhà dân dụng có khối lượng thể tích trung bình là 2400 kg/m^3 và cường độ nén phổ biến là $20 - 25 \text{ MPa}$ (xác định theo tiêu chuẩn) tương ứng cường độ nén dùng tính toán kết cấu là $9 - 11 \text{ MPa}$. Do đó, yêu cầu đặt ra đối với bê tông nhẹ được nghiên cứu chế tạo là:

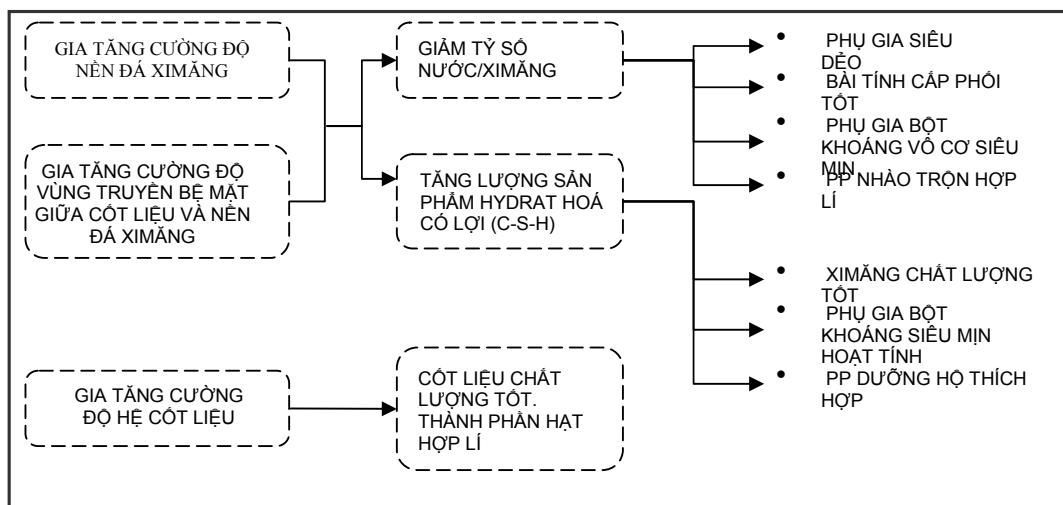
✚ Đối với bê tông nhẹ dùng làm panel tường: khối lượng thể tích chỉ được đến khoảng $800 - 1000 \text{ kg/m}^3$ và cường độ nén không nhỏ hơn 3.5 MPa .

✚ Đối với bê tông nhẹ dùng làm panel sàn (hoặc mái): khối lượng thể tích chỉ được đến khoảng $1200 - 1500 \text{ kg/m}^3$ và cường độ nén không nhỏ hơn 15 MPa .

2.2. Tạo rỗng cho bê tông nhẹ bằng hạt EPS – một phương pháp tạo rỗng thích hợp để nâng cao độ bền cơ học của bê tông nhẹ trên cơ sở gia tăng cường độ bê tông nền và hình thành cấu trúc rỗng tối ưu.

Về cơ bản, bê tông nhẹ gồm bê tông nền và lỗ rỗng lớn nhìn thấy được bằng mắt thường. Tính chất của bê tông nhẹ phụ thuộc vào tính chất của bê tông nền và cấu trúc rỗng được tạo thành (tổng thể tích rỗng, hình dạng và kích thước lỗ rỗng, mật độ và sự phân bố lỗ rỗng). Có thể thấy rằng, nếu xét ở cùng một cấu trúc rỗng thì sự gia tăng cường độ của bê tông nền sẽ làm gia tăng cường độ của bê tông nhẹ; nếu xét ở cùng một bê tông nền và cùng một thể tích rỗng thì hình dạng, kích thước, mật độ và sự phân bố lỗ rỗng sẽ ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của bê tông nhẹ.

Trên cơ sở phân tích trên, yêu cầu đặt ra trong nghiên cứu là phải chế tạo bê tông nền có cường độ càng cao càng tốt, cụ thể là cường độ nén của bê tông nền không nhỏ hơn 100 MPa . Hình 1 là sơ đồ nguyên lý chế tạo bê tông cường độ cao.



Hình 1. Nguyên lý chế tạo bê tông cường độ cao

Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về bê tông có cường độ vượt trên 100 MPa cho thấy loại bê tông này sử dụng một lượng nước nhào trộn rất thấp và hỗn hợp bê tông có tính dẻo dính cao, do đó không phải phương pháp tạo rỗng nào cũng thích hợp để tạo ra cấu trúc rỗng tốt nhất khi kết hợp với bê tông nền loại này. Phân tích chi tiết có thể thấy:

🔧 Nếu dùng phương pháp phòng nở để tạo rỗng:

Theo phương pháp này, khí được đưa vào trong khối vật liệu bởi các phản ứng tạo khí xảy ra ngay trong lòng khối vật liệu nhốt dẻo khi nhào trộn hỗn hợp, hoặc bởi bọt kỹ thuật được nhào trộn chung cùng khối vật liệu nhốt dẻo. Chất khí thải ra trong khối vật liệu ở trạng thái nhốt dẻo có tác dụng tạo nên cấu trúc rỗng xốp. Tuy nhiên, bê tông nền có tính dẻo dính lớn sẽ làm cho sự xâm nhập và phân tán khí hoặc bọt kỹ thuật không xảy ra hoặc xảy ra không đồng đều trong toàn khối bê tông. Ngoài

ra, việc khống chế lượng và kích thước bong bóng khí cũng không thể như ý muốn.

🔧 Nếu dùng phương pháp kết khối tiếp xúc để tạo rỗng:

Theo phương pháp này, cấu trúc rỗng của vật liệu được tạo ra theo phương pháp kết khối các hạt hoặc sợi rời rạc tại các điểm tiếp xúc bằng lớp chất kết dính mỏng. Do đó, độ rỗng của bê tông nhẹ tạo thành rất lớn, các hạt hoặc sợi liên kết với nhau tại điểm tiếp xúc rất nhỏ bởi một màng mỏng bê tông nền, như vậy dù có nâng cao cường độ của bê tông nền cũng không nâng cao được cường độ của bê tông nhẹ sau cùng.

🔧 Nếu dùng phương pháp kết khối thể tích đặc để tạo rỗng:

Theo phương pháp này, các hạt tạo rỗng được liên kết thành khối bởi bê tông nền có hàm lượng đủ lớn để chiếm toàn bộ không gian xung quanh. Các hạt tạo rỗng được sử dụng có thể là loại hạt chịu lực hoặc không chịu lực.

Các hạt phòng nờ có khả năng chịu lực như hạt keramzit, peclit phòng nờ, vemiculit phòng nờ. Các hạt không chịu lực thường là các hạt chất dẻo chứa khí.

Khi dùng hạt tạo rỗng là hạt nung phòng như keramzit, peclit thì cho phép tạo ra bê tông có cường độ chịu lực cao nhưng khối lượng thể tích thì không nhỏ vì khối lượng thể tích của các hạt nung phòng thì lớn, bê tông có được sau cùng chỉ nhẹ khi sử dụng hạt tạo rỗng với hàm lượng lớn, nếu xét về tính kinh tế thì không hiệu quả vì chi phí tạo ra các hạt nung phòng này cao.

Khi dùng hạt tạo rỗng là hạt chất dẻo chứa khí, vì khối lượng hạt chất dẻo chứa khí nhẹ nên khối lượng thể tích của bê tông sau cùng sẽ nhỏ, khi này, hạt chất dẻo chứa khí không tham gia quá trình chịu lực mà chỉ có bê tông nền chịu, hạt chất dẻo chứa khí đóng vai trò tạo cấu trúc rỗng tổ ong, việc tạo ra cấu trúc rỗng có lợi nhất phụ thuộc vào sự phân bố các lỗ rỗng tổ ong đó.

Như vậy, tạo rỗng bằng phương pháp kết khối thể tích đặc, dùng hạt tạo rỗng là hạt chất dẻo chứa khí thì thích hợp cho việc nâng cao độ bền cơ học của bê tông nhẹ trên cơ sở nâng cao cường độ của bê tông nền và hình thành cấu trúc rỗng tối ưu.

Loại hạt chất dẻo chứa khí được sản xuất và sử dụng phổ biến hiện nay là hạt EPS (còn gọi là expanded polystyrene beads hay hạt polystyrene phòng nờ) là hạt tạo rỗng có nhiều ưu điểm: hạt EPS dạng hình cầu, không thấm nước, không độc hại, khối lượng thể tích hạt rất thấp chỉ đến khoảng 35kg/m^3 , được sản xuất dễ

dàng với nhiều nhóm kích thước hạt khác nhau nên khi đưa hạt EPS vào hỗn hợp bê tông dẻo dính có lượng nước nhào trộn thấp thì việc tạo hình không gặp khó khăn, cho phép đưa hạt EPS vào với hàm lượng lớn; đặc biệt, việc tạo ra các cấu trúc rỗng tổ ong khác nhau có thể được thực hiện dễ dàng bởi sự phối hợp nhiều cấp hạt EPS. Hình 2 là nguyên lý tạo hạt EPS và cấu trúc của hạt EPS nhìn dưới kính hiển vi, quan sát cho thấy hạt EPS có cấu trúc rỗng xốp lớn với các màng polymer bên trong, nên hạt EPS không thấm hút nước, đảm bảo lượng nước nhào trộn hỗn hợp bê tông không bị thấm hút mất vào hạt EPS.

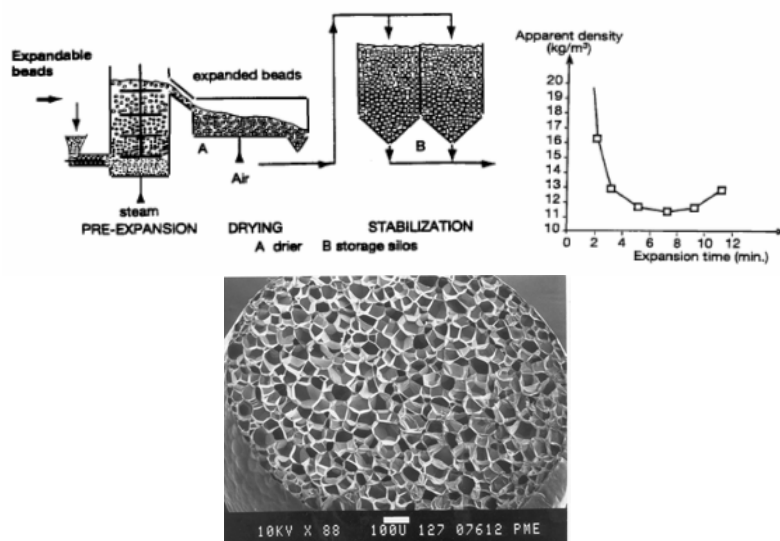
Để bê tông nhẹ EPS có khối lượng thể tích đến khoảng 1200kg/m^3 khi khối lượng thể tích của bê tông nền trong khoảng 2400kg/m^3 thì tổng thể tích hạt EPS trong bê tông không thể nhỏ hơn 50%. Với lượng hạt EPS tạo rỗng không nhỏ hơn 50% tổng thể tích bê tông thì tổng diện tích bề mặt của hạt EPS sẽ lớn; nếu hỗn hợp bê tông nền có cường độ cao nhưng không có tính công tác tốt thì hỗn hợp bê tông EPS sẽ khó tạo hình, do đó, việc gia tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông nền là cần thiết, nguyên lý chế tạo bê tông tự đầm sẽ giúp thực hiện điều này. Nguyên lý cơ bản hướng tới việc chế tạo bê tông tự đầm là:

 Giới hạn hàm lượng cốt liệu thô và gia tăng hàm lượng bột để tăng bề dày lớp bột bao bọc các hạt cốt liệu từ đó tăng khả năng lăn trượt của các hạt cốt liệu, nghĩa là tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông.

 Khi hàm lượng bột mịn gia tăng thì tỷ diện tích bề mặt hạt mịn gia tăng, cần phải

dùng một lượng nước lớn cho nhào trộn, dẫn tới suy giảm cường độ, để khắc phục điều này,

phụ gia siêu dẻo được sử dụng với hàm lượng cao để giảm tối đa lượng nước nhào trộn.



Hình 2. Nguyên lý tạo hạt EPS và cấu trúc hạt EPS nhìn dưới kính hiển vi

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM [2][5][6][7][8]

3.1. Nguyên vật liệu sử dụng

Dựa theo nguyên lý chế tạo bê tông nhẹ EPS chất lượng cao trên cơ sở nâng cao cường độ bê tông nền và hình thành cấu trúc rỗng tối ưu đã trình bày, hệ nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm có:

✚ Xi măng Portland có cường độ tuổi 28 ngày là 54.3 MPa, khối lượng riêng là 3.10 g/cm³, độ mịn blaine là 3410cm²/g. Kí hiệu C.

✚ Bột khoáng vô cơ siêu mịn hoạt tính là bột silica fume có khối lượng riêng là 2.2 g/cm³, cỡ hạt trung bình đến 1 micromet, chỉ số hoạt tính theo cường độ là 1.2. Kí hiệu SF.

✚ Bột khoáng vô cơ siêu mịn loại 1 có khối lượng riêng 2.65 g/cm³, cỡ hạt trung bình đến 30 micromet. Kí hiệu FP1.

✚ Bột khoáng vô cơ siêu mịn loại 2 có khối lượng riêng 2.70 g/cm³, cỡ hạt trung bình đến 1 micromet. Kí hiệu FP2.

✚ Phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate, tỷ trọng 1.05 ± 0.02 (g/ml). Kí hiệu SP.

✚ Cốt liệu nhỏ, nhóm hạt từ 0.16 – 5 mm, là cát sông có khối lượng riêng 2.63 g/cm³. Kí hiệu S

✚ Hạt EPS sử dụng trong nghiên cứu gồm 3 nhóm hạt:

○ Nhóm EPS 1: Đường kính hạt từ 1.5mm đến 2.5mm. Khối lượng thể tích của hạt là 30 kg/m³, khối lượng thể tích đồ đồng là 18.1 kg/m³.

○ Nhóm EPS 2: Đường kính hạt từ 2.5mm đến 4.5mm. Khối lượng thể tích của hạt là 22.15 kg/m^3 , khối lượng thể tích đồ đồng là 13.4 kg/m^3 .

○ Nhóm EPS 3: Đường kính hạt từ 4.5mm đến 8mm. Khối lượng thể tích của hạt là 16.31 kg/m^3 , khối lượng thể tích đồ đồng là 9.2 kg/m^3 .

🚰 Nước nhào trộn là nước sạch đúng theo tiêu chuẩn nước dùng cho bê tông, xi măng.

3.2. Bài toán cấp phối bê tông

Nguyên lý chung của bài toán thành phần bê tông là tổng thể tích đặc của nguyên liệu sử dụng luôn là 1 đơn vị thể tích (lý thuyết thể tích tuyệt đối).

Đối với bê tông nền, bài toán cấp phối thành phần là:

$$V_{\text{Aggregate}} + V_{\text{Paste}} = V_a + V_p = 1000 \text{ lít}$$

$$V_p = \frac{C}{\gamma_{aC}} + \frac{SF}{\gamma_{aSF}} + \frac{FP1}{\gamma_{aFP1}} + \frac{FP2}{\gamma_{aFP2}} + \frac{W}{\gamma_{aW}} + \frac{SP}{\gamma_{aSP}}$$

$$V_a = \frac{S}{\gamma_{aS}}$$

Đối với bê tông EPS, bài toán cấp phối thành phần là:

$$V_{\text{matrix}} + V_{\text{hạt EPS}} = 1000 \text{ lít}$$

$$V_{\text{hạt EPS}} = \frac{EPS 1}{\gamma_{aEPS 1}} + \frac{EPS 2}{\gamma_{aEPS 2}} + \frac{EPS 3}{\gamma_{aEPS 2}}$$

Trong đó:

- $V_{\text{Aggregate}} = V_a$: thể tích đặc của cốt liệu trong hỗn hợp bê tông.

- $V_{\text{paste}} = V_p$: thể tích hồ trong hỗn hợp bê tông.

- V_{matrix} : thể tích của bê tông nền.

- $V_{\text{hạt EPS}}$: tổng thể tích hạt EPS tham gia tạo rỗng.

- C, γ_{aC} : khối lượng và khối lượng riêng của xi măng.

- SF, γ_{aSF} : khối lượng và khối lượng riêng của silica fume.

- $FP1, \gamma_{aFP1}$: khối lượng và khối lượng riêng của bột vô cơ siêu mịn lấp đầy loại 1.

- $FP2, \gamma_{aFP2}$: khối lượng và khối lượng riêng của bột vô cơ siêu mịn lấp đầy loại 2.

- S, γ_{aS} : khối lượng và khối lượng riêng của cát.

- W, γ_{aW} : khối lượng và khối lượng riêng của nước.

- SP, γ_{aSP} : khối lượng và khối lượng riêng của phụ gia siêu dẻo.

- $EPS1, \gamma_{aEPS1}$: khối lượng và khối lượng thể tích của hạt EPS1

- $EPS2, \gamma_{aEPS2}$: khối lượng và khối lượng thể tích của hạt EPS2

- $EPS3, \gamma_{aEPS3}$: khối lượng và khối lượng thể tích của hạt EPS3

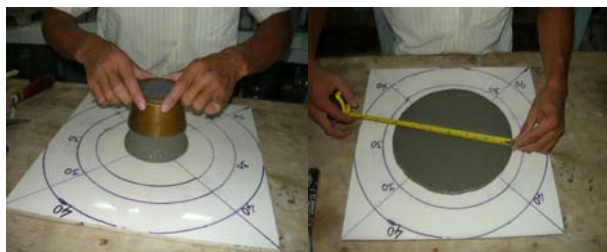
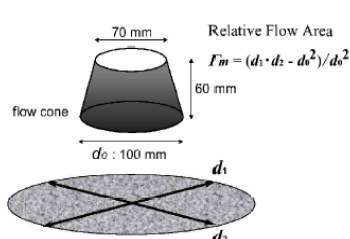
3.3. Khảo sát cấp phối bê tông nền có tính tự đầm và cường độ cao thích hợp với việc tạo rỗng bằng hạt EPS với hàm lượng lớn

Tính công tác của hỗn hợp bê tông nền được đánh giá qua độ chảy xòe Heagerman theo tiêu chuẩn EN 459-2. Hình 3 là thí nghiệm độ chảy xòe Haegermann dùng cho bê tông tự đầm chỉ có cốt liệu nhỏ, cho phép tiết kiệm vật liệu và thời gian thí nghiệm. Đường kính của hình tròn do bê tông chảy ra sau khi rút côn là một thước đo cho khả năng chảy lấp đầy của

bê tông, đường kính hình tròn từ 24.5 cm là bê tông có tính tự chảy tốt.

Cường độ chịu nén của đá bê tông nền được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C-39. Mỗi cấp phối bê tông nền được thử nén trên mẫu trụ tròn DxH = 75x150 (mm) và mẫu trụ

tròn DxH = 100x200 (mm). Điều kiện dưỡng hộ mẫu là: sau khi đúc mẫu, tĩnh định mẫu trong khuôn 24 giờ, sau đó tháo mẫu khỏi khuôn và dưỡng hộ mẫu trong điều kiện nhiệt ẩm ở 80°C trong 48 giờ.



Hình 3. Thí nghiệm chảy xoè Haegermann dùng xác định tính tự đầm của hỗn hợp bê tông nền

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến tính tự đầm và cường độ nén của bê tông nền và khoảng biến thiên được khảo sát là:

Tỷ số $W / (C + SF) = 0.200 \div 0.225$.

Tỷ số $V_{paste} / V_{aggregate} = 550 / 450 \div 500 / 500$.

Loại và hàm lượng bột khoáng vô cơ siêu mịn lấp đầy (loại 1 và loại 2)

Các yếu tố sau không thay đổi trong quá trình khảo sát là:

$SF/C = 0.150$

$FP = FP1 + FP2 = 20\%C$

$SP = (2\%)(C + SF + FP)$

Bảng 1. Kết quả khảo sát tính công tác và cường độ nén của các cấp phối bê tông nền

Tên cấp phối	$\frac{SF}{C}$	$\frac{FP}{C}$	$\frac{SP}{P}$	$\frac{W}{C + SF}$	$\frac{V_{PASTE}}{V_{AGGRE}}$	Độ chảy xoè Haegerman (cm)	Cường độ nén của bê tông nền (MPa)
(FP1) I-1	0.15	0.20	0.02	0.200	525/475	16.5	111.1
(FP2) I-1	0.15	0.20	0.02	0.200	525/475	27.8	114.8
(FP1) I-2	0.15	0.20	0.02	0.225	525/475	29.3	106.1
(FP2) I-2	0.15	0.20	0.02	0.225	525/475	31.8	113.6
(FP1) II-1	0.15	0.20	0.02	0.200	550/450	21.0	112.1
(FP2) II-1	0.15	0.20	0.02	0.200	550/450	30.3	109.1
(FP1) II-2	0.15	0.20	0.02	0.225	550/450	30.4	110.6
(FP2) II-2	0.15	0.20	0.02	0.225	550/450	33.4	107.5
(FP1)(FP2) I-1	0.15	0.20	0.02	0.200	525/475	25.1	116.2

(FP1)(FP2) I-2	0.15	0.20	0.02	0.225	525/475	30.0	115.5
(FP1)(FP2) II-1	0.15	0.20	0.02	0.200	550/450	26.5	112.5
(FP1)(FP2) II-2	0.15	0.20	0.02	0.225	550/450	32.1	114.6
(FP1)(FP2) III-1	0.15	0.20	0.02	0.200	500/500	20.4	118.2
(FP1)(FP2) III-2	0.15	0.20	0.02	0.225	500/500	28.2	115.1

*Ghi chú: (FP1), (FP2), (FP1)(FP2) lần lượt là cấp phối bê tông nền dùng bột khoáng siêu mịn lấp đầy là loại 1, loại 2, loại 1 và loại 2 kết hợp.

Kết quả cho thấy cấp phối (FP1)(FP2)-II-2 là cấp phối có tính linh động tốt (độ chảy xoe 32.1 cm) cùng với cường độ chịu nén cao (114.6 MPa), do đó, cấp phối (FP1)(FP2)-II-2 được chọn sử dụng làm cấp phối bê tông nền cho giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến việc tạo thành cấu trúc rỗng tối ưu cho bê tông nhẹ EPS

Giai đoạn khảo sát này gồm khảo sát sơ bộ ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến cường độ cơ học và khối lượng thể tích của bê tông EPS để có các thông tin ban đầu về khoảng biến thiên của các yếu tố ảnh

hưởng và để có một nhận xét tổng quát, từ đó, xây dựng mô hình mô phỏng sự ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến cường độ cơ học và khối lượng thể tích của bê tông EPS. Để xây dựng mô hình mô phỏng tác động của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến cường độ của bê tông EPS, nghiên cứu đã sử dụng lý thuyết quy hoạch thực nghiệm để lên kế hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu.

Khối lượng thể tích của đá bê tông nhẹ EPS được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3115 – 1993. Cường độ chịu nén của đá bê tông nhẹ EPS được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3118 – 1993. Mỗi cấp phối bê tông nền được thử nén trên mẫu lập phương 150x150x150 (mm). Điều kiện dưỡng hộ mẫu là: sau khi đúc mẫu, tĩnh định mẫu trong khuôn 24 giờ, sau đó tháo mẫu khỏi khuôn và dưỡng hộ mẫu trong điều kiện nhiệt ẩm ở 80°C trong 48 giờ.



Hình 4. Dưỡng hộ nhiệt ẩm bê tông EPS ở 80°C trong 48 giờ

3.4.1. Khảo sát sơ bộ ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến khối lượng thể tích và cường độ của bê tông nhẹ EPS

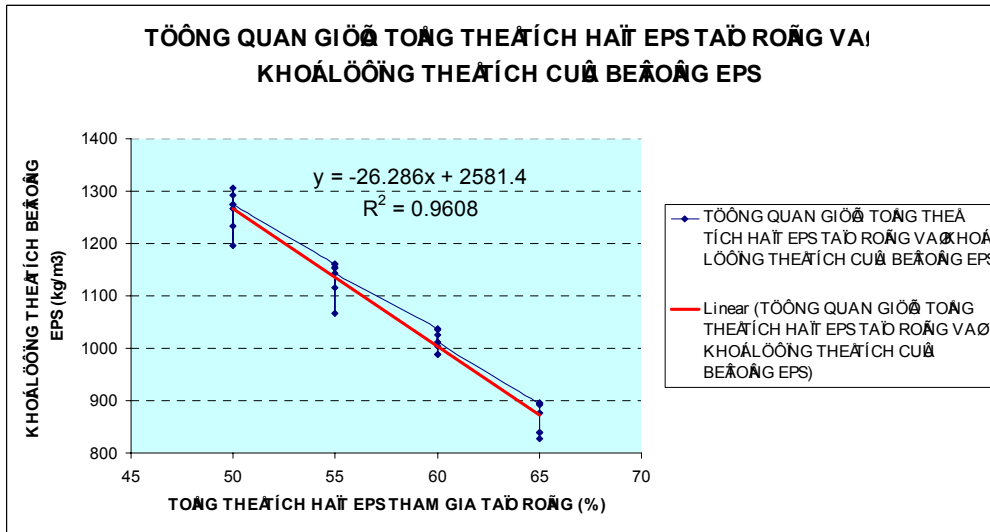
Bảng 2. Kết quả khảo sát sơ bộ về sự ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông EPS.

Cấp phối bê tông EPS	Tổng thể tích hạt EPS trong bê tông (% thể tích)	Sự phối hợp của các nhóm hạt EPS trong hỗn hợp EPS (% thể tích)			Khối lượng thể tích của bê tông EPS (kg/m ³)	Cường độ chịu nén của bê tông EPS (MPa)
		EPS 1	EPS 2	EPS 3		
50-1	50	100	0	0	1292	11.5
50-2		0	100	0	1267	13.6
50-3		0	0	100	1233	12.5
50-12		50	50	0	1306	13.6
50-23		0	50	50	1196	12.9
50-13		50	0	50	1275	15.2
50-123		33.3	33.3	33.3	1275	13.3
55-1	55	100	0	0	1161	9.9
55-2		0	100	0	1161	11.2
55-3		0	0	100	1115	10.1
55-12		50	50	0	1155	10.3
55-23		0	50	50	1067	10.0
55-13		50	0	50	1153	11.6
55-123		33.3	33.3	33.3	1144	11.4
60-1	60	100	0	0	1038	6.4
60-2		0	100	0	1036	7.1
60-3		0	0	100	989	6.9
60-12		50	50	0	989	6.9
60-23		0	50	50	1003	9.0
60-13		50	0	50	1026	7.8
60-123		33.3	33.3	33.3	1012	8.3
65-1	65	100	0	0	895	4.8
65-2		0	100	0	897	5.3
65-3		0	0	100	839	4.8
65-12		50	50	0	827	4.8
65-23		0	50	50	839	5.4
65-13		50	0	50	892	6.2
65-123		33.3	33.3	33.3	876	5.4

Kết quả thực nghiệm được trình bày ở bảng 2 cho thấy tổng thể tích hạt EPS tham gia tạo rỗng khi thay đổi trong phạm vi từ 50% đến 65% thì cho phép tạo ra bê tông EPS có khối lượng thể tích của bê tông EPS thay đổi từ 866 kg/m³ đến 1263 kg/m³ và cường độ nén thấp nhất đạt 4.5 Mpa. Kết quả thực nghiệm cũng cho thấy bê tông được tạo rỗng bởi duy nhất 1 nhóm hạt EPS thì cường độ của bê tông EPS

thấp hơn so với bê tông tạo rỗng bởi nhiều nhóm hạt EPS kết hợp, như vậy, sự phối hợp của các nhóm hạt EPS đã tạo ra cấu trúc rỗng tổ ong khác nhau và cho phép hướng đến một cấu trúc rỗng tổ ong tốt nhất để nâng cao cường độ của bê tông nhẹ EPS.

Đồ thị ở hình 5 thể hiện mối tương quan tỷ lệ nghịch giữa khối lượng thể tích của bê tông EPS và tổng thể tích hạt EPS tham gia tạo rỗng.



Hình 5. Tương quan giữa khối lượng thể tích của bê tông EPS và tổng thể tích hạt EPS tạo rỗng

3.4.2. Xây dựng mô hình mô phỏng ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến cường độ của bê tông nhẹ EPS

Gọi V_1 , V_2 , V_3 lần lượt là thể tích của các nhóm hạt EPS1, EPS2 và EPS3 tham gia tạo rỗng, ảnh hưởng của hàm lượng và thành phần hạt EPS đến cường độ của bê tông nhẹ EPS được thể hiện thông qua các biến và khoảng biến thiên của các biến như sau :

Tổng thể tích hạt EPS tham gia tạo rỗng, thể hiện qua tỷ số:

$$Z_1 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{V_{\text{hỗn hợp bê tông EPS}}} = 0.50 \div 0.65$$

Thể tích EPS3 tham gia tạo rỗng, thể hiện qua tỷ số:

$$Z_2 = \frac{V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = 0.1 \div 0.9$$

Thể tích EPS1 và EPS2 tham gia tạo rỗng, thể hiện qua tỷ số:

$$Z_3 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = 0.097 \div 0.903$$

Dựa theo kết quả khảo sát sơ bộ có thể thấy sự phối hợp của các nhóm hạt có ảnh hưởng phi tuyến đối với cường độ nén, do đó

mô hình bậc nhất được bỏ qua, tiến hành khảo sát hàm mục tiêu cường độ nén theo kế hoạch bậc hai trực giao.

Bảng 3. Kết quả khảo sát của mô hình quy hoạch trực giao bậc hai, ba yếu tố

STT	Giá trị mã hóa			Giá trị thực			Cấp phối	Cường độ chịu nén (kgf/cm ²)
	x ₁	x ₂	x ₃	$\frac{V_1 + V_2 + V_3}{V_{hophopbetongEPS}}$	$\frac{V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$	$\frac{V_1}{V_1 + V_2}$		
				Z ₁	Z ₂	Z ₃		
1	1	1	1	0.650	0.900	0.903	QH1	55
2	-1	1	1	0.500	0.900	0.903	QH2	110
3	1	-1	1	0.650	0.100	0.903	QH3	48
4	-1	-1	1	0.500	0.100	0.903	QH4	147
5	1	1	-1	0.650	0.900	0.097	QH5	40
6	-1	1	-1	0.500	0.900	0.097	QH6	184
7	1	-1	-1	0.650	0.100	0.097	QH7	58
8	-1	-1	-1	0.500	0.100	0.097	QH8	187
9	1.215	0	0	0.666	0.500	0.500	QH9	53
10	-1.215	0	0	0.484	0.500	0.500	QH10	151
11	0	1.215	0	0.575	0.986	0.500	QH11	81
12	0	-1.215	0	0.575	0.014	0.500	QH12	94
13	0	0	1.215	0.575	0.500	0.990	QH13	108
14	0	0	-1.215	0.575	0.500	0.010	QH14	102
15	0	0	0	0.575	0.500	0.500	QH15	83

Sau khi kiểm tra tính đúng đắn của phương trình theo các chuẩn thống kê, ta có

phương trình hồi quy tuyến tính bậc hai mô tả ảnh hưởng của 3 yếu tố đến cường độ nén của bê tông EPS như sau:

$$Y = 1107.44 + \frac{V_1 + V_2 + V_3}{1000} \left(497.403 \frac{V_1}{V_1 + V_2} - 2509.831 \right) + 1388.089 \left(\frac{V_1 + V_2 + V_3}{1000} \right)^2 + \frac{V_1}{V_1 + V_2} \left(61.413 \frac{V_1}{V_1 + V_2} - 370.41 \right) - 15.363 \left(\frac{V_3}{V_1 + V_2 + V_3} \right)$$

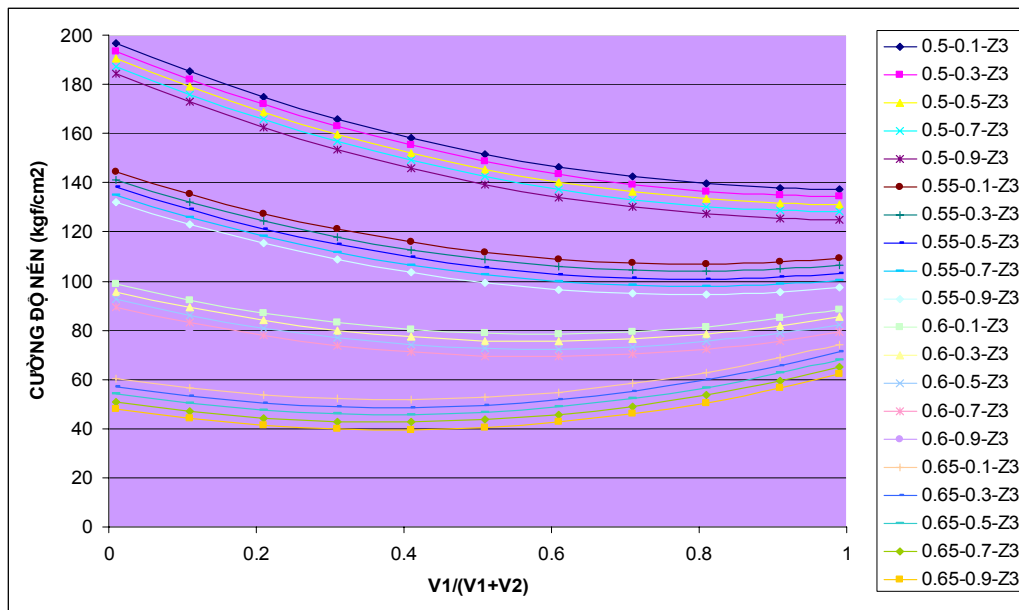
Dựa theo phương trình mô phỏng đã xây dựng, hình 6 là đồ thị mô tả sự biến thiên của cường độ chịu nén theo tổng thể tích hạt EPS

trong bê tông và thành phần hạt EPS. Đồ thị chia làm bốn nhóm đường cong biến thiên theo mức độ phối hợp của nhóm hạt EPS1 và EPS2

(thể hiện qua tỷ số $V_1/(V_1+V_2)$); mỗi nhóm đường cong biểu thị cho tổng thể tích hạt EPS trong bê tông lần lượt là 50%, 55%, 60, 65%; mỗi nhóm đường cong gồm 5 đường cong đơn lẻ biểu thị thể tích nhóm hạt EPS3 có trong tổng thể tích hạt EPS lần lượt là 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9.

Theo đồ thị hình 6, khi tổng thể tích hạt EPS trong bê tông là 65% thì cường độ cao nhất của bê tông EPS đến 7.5 MPa và thấp nhất là 4.0 MPa (khối lượng thể tích là 872 kg/m^3 - tính theo phương trình mô phỏng trình bày ở đồ thị hình 5), khi tổng thể tích hạt EPS trong bê tông là 60% thì cường độ cao nhất của

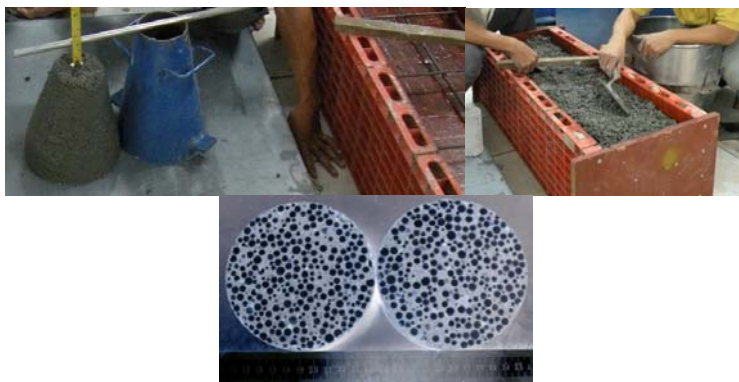
bê tông EPS đến 10.0 MPa và thấp nhất là 7.0 MPa (khối lượng thể tích là 1004 kg/m^3 - tính theo phương trình mô phỏng trình bày ở đồ thị hình 5), khi tổng thể tích hạt EPS trong bê tông là 55% thì cường độ cao nhất của bê tông EPS đến 14.5 MPa và thấp nhất là 9.5 MPa (khối lượng thể tích tính là 1136 kg/m^3 - tính theo phương trình mô phỏng trình bày ở đồ thị hình 5), khi tổng thể tích hạt EPS trong bê tông là 50% thì cường độ cao nhất của bê tông EPS đến 20.0 MPa và thấp nhất là 12.5 MPa (khối lượng thể tích là 1267 kg/m^3 - tính theo phương trình mô phỏng trình bày ở đồ thị hình 5).



Hình 6. Đồ thị mô tả sự biến thiên của cường độ chịu nén theo tổng thể tích hạt EPS trong bê tông và thành phần hạt EPS.

Dựa theo kết quả thực nghiệm, sử dụng cấp phối QH6 để làm mẫu panel sàn và cấp phối QH7 để làm mẫu panel tường, hình 7 và 8 là quá trình thử tính công tác của hỗn hợp

bê tông và đúc mẫu panel, hình 9 là panel tường và panel sàn làm từ cấp phối bê tông EPS QH6 và QH7.



Hình 7. Chế tạo panel sàn theo cấp phối bê tông nhẹ EPS QH 6, khối lượng thể tích là 1267 kg/m^3 , độ sụt là 6cm và cường độ nén 18.4 MPa, các hạt EPS phân bố rất đều trong cấu trúc.



Hình 8. Chế tạo panel tường theo cấp phối bê tông nhẹ EPS QH 7, khối lượng thể tích là 872 kg/m^3 , độ sụt là 0 cm và cường độ nén 5.8 MPa, các hạt EPS phân bố rất đều trong cấu trúc.



Hình 9. Panel tường và panel sàn làm từ cấp phối bê tông nhẹ EPS QH 7 và QH6, trước và sau công tác hoàn thiện (bả bột và lăn sơn đối với panel tường, lát gạch nền cho panel sàn)

4.KẾT LUẬN

Trên cơ sở nâng cao cường độ của bê tông nền và tạo cấu trúc rỗng tổ ong tối ưu cho bê tông bằng hạt EPS, nghiên cứu đã xây dựng được mô hình toán mô phỏng sự ảnh hưởng của tổng thể tích hạt EPS và thành phần hạt EPS tham gia tạo rỗng đến khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông nhẹ EPS, nghiên cứu đã xác định được cấp phối bê tông nhẹ EPS đạt các yêu cầu kỹ thuật về khối lượng thể tích và cường độ để sản xuất panel thay thế tường xây bằng gạch rỗng đất sét nung và sản xuất

panel sàn dùng cho nhà dân dụng lắp ghép. Cụ thể :

✚ Sản xuất được panel tường từ bê tông EPS có khối lượng thể tích 875 kg/m³ và cường độ đến 7.5 MPa, hoặc từ bê tông EPS có khối lượng thể tích 1000 kg/m³ và cường độ đến 10 MPa, hoặc từ bê tông EPS có khối lượng thể tích 1150 kg/m³ và cường độ đến 15 MPa.

✚ Sản xuất được panel sàn từ bê tông EPS có khối lượng thể tích 1275 kg/m³, cường độ đến 20 MPa.

OPTIMIZATION MIX PROPORTION OF EXPANDED POLYSTYRENE LIGHTWEIGHT CONCRETE FOR MANUFACTURE WALL AND FLOOR PANELS OF BUILDING ASSEMBLED

Kim Huy Hoang, Do Kim Kha, Truong Van Viet, Bui Duc Vinh, Nguyen Van Chanh

University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: *The use of prefabricated lightweight concrete panels like wall, floor, roof can help cut down construction cost while maintains the quality of the building. This method has been used effectively in many developed countries and has proved to be appropriate in Vietnam condition. This paper deals with fabrication expanded polystyrene (EPS) lightweight concrete panels base on increasing strength of mortar matrix and optimization porous structure. In this research, we studied EPS lightweight concrete with density of 875 - 1150 kg/m³ and compression strength of 7.5 - 15 MPa for manufacturing wall panels, EPS lightweight concrete with density of 1275 kg/m³ and compression strength of 20 MPa for manufacturing floor and roof panels.*

Key words: *lightweight concrete, expanded polystyrene, porous structure, thermal insulation*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sidney Mindess, J.Francis Young and David Darwin, *Concrete*, Second

edition,. Pearson Education, Inc - Upper Saddle River, NJ 07548.

- [2]. K. Miled, R. Le Roy, K. Sab, *Eps Lightweight Concrete Particle Size*

- Effect Modelling*, The 8th International Conference on Computational Plasticity, Barcelona, Spanish, (2005).
- [3]. Nguyễn Như Quý, *Công nghệ vật liệu cách nhiệt*, NXB Xây dựng, Hà Nội (2002).
- [4]. Nguyễn Văn Phiêu, Nguyễn Văn Chánh, *Công nghệ bê tông nhẹ*, NXB Xây dựng, Hà Nội, (2005).
- [5]. Nguyễn Minh Tuyển, *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (2006).
- [6]. Trần Văn Mạnh, Lê Nguyễn Hoàng Anh Tuấn, *Tối ưu thành phần của bê tông cường độ siêu cao gia cường cốt sợi thép phân tán sử dụng cho công trình chịu tải trọng tĩnh và tải trọng động lớn*, Luận văn đại học, Đại Học Bách Khoa TP HCM, (2008).
- [7]. Hà Sơn Trí, *Khảo sát ảnh hưởng của kiểu sợi và hàm lượng sợi thép đến ứng xử của bê tông cốt sợi thép cường độ siêu cao dưới tác động của tải trọng lặp*, Luận văn đại học, Đại Học Bách Khoa TP HCM, (2009).
- [8]. Đỗ Kim Kha, Trương Văn Việt, *Khảo sát tối ưu thành phần bê tông nhẹ tạo rỗng bằng hạt EPS để sản xuất cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn dùng cho công trình nhà ở lắp ghép*, Luận văn đại học, Đại Học Bách Khoa TP HCM, (2010).