

# Đánh giá sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình nhà ở dân dụng

## Evaluates foam concrete for application in backfilling foundation in civil construction

> TS NGUYỄN ĐĂNG HANH

Trường Đại học Giao thông vận tải  
Email: hanhnd@utc.edu.vn

### TÓM TẮT

Bài báo đánh giá ứng dụng bê tông bọt trong công tác san lấp hố móng công trình xây dựng dân dụng, giải quyết vấn nạn thiếu hụt của các nguồn vật liệu tự nhiên (cát, đất). Bài báo đã phân tích các yếu tố kỹ thuật, môi trường, tính khả thi kỹ thuật của giải pháp. Một số thí nghiệm đã được thực hiện nhằm đánh giá thực tiễn, trong đó có cường độ cơ học, khối lượng riêng thể tích khô. Kết quả thực nghiệm cho thấy bê tông bọt thi công trên công trình thực tế sẽ có giảm sút về cường độ cơ học nhưng vẫn đảm bảo được mức cường độ cơ học tối thiểu của vật liệu san lấp. Kết quả thực nghiệm cho thấy tính khả thi và giá trị thực tiễn của nghiên cứu.

**Từ khóa:** Bê tông bọt, san lấp hố móng, cường độ cơ học, đánh giá khả thi.

### ABSTRACT

The article evaluates foam concrete for application in backfilling foundation pits in civil construction, addressing the shortage of natural materials (sand, soil). It analyzes technical and environmental factors as well as the technical feasibility of this solution. Several field experiments were conducted to assess practical performance, including mechanical strength and dry bulk density. The experimental results indicate that foam concrete, when applied in real construction projects, experiences a reduction in mechanical strength but still meets the minimum strength requirements for backfill materials. These findings demonstrate the feasibility and practical value of the research.

**Keywords:** Foam concrete, backfilling foundation pits, compressive strength, feasibility assessment.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm qua, quá trình đô thị hóa nhanh chóng đã kéo theo số lượng các công trình xây dựng dân dụng tăng lên một cách chóng mặt. Theo số liệu thống kê, năm 2022, tại Hà Nội, khoảng 14.200 giấy phép xây dựng công trình dân dụng được cấp phép, tương đương 3.300.00 m<sup>2</sup> sàn xây dựng. Trong khi đó, năm 2023, tại TP.HCM có khoảng 21.700 giấy phép xây dựng được cấp với tổng diện tích sàn là 5.410.000 m<sup>2</sup> sàn xây dựng. Ở nhiều công trình xây dựng dân dụng, đặc biệt là công trình xây dựng nhà ở riêng lẻ thì việc sử dụng cát tự nhiên để san lấp hố móng rất phổ biến. Hiện nay, ngành Xây dựng tiêu thụ lượng cát lớn nhất, chiếm 60% lượng cát khai thác. Trong khi đó, cát là một nguồn tài nguyên thiên nhiên không tái tạo và đang ở tình trạng cạn kiệt và thậm chí là cạn kiệt quá mức [1].

Cộng với việc khai thác đặc biệt là sử dụng bừa bãi, nguồn tài nguyên cát sẽ sớm cạn kiệt và nguy cơ nước ta nhập khẩu cát xây dựng là điều đã được dự báo. Nếu tiếp tục giữ thói quen khai thác và dùng cát như hiện nay thì không lâu nữa chúng ta sẽ thiếu cát trầm trọng và nếu điều đó xảy ra thì nó sẽ gây nhiều hệ quả to lớn cho quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Một cách đơn giản, khai thác cát không kiểm soát dẫn đến xói mòn bờ sông, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và đe dọa đến sinh kế của người dân sống ven sông.

Bê tông bọt (foam concrete) là một loại bê tông nhẹ có chứa nhiều lỗ khí trong cấu tạo. Những lỗ khí này được tạo ra bằng cách thêm chất tạo bọt vào hỗn hợp vữa bê tông, tạo ra một vật liệu có khối lượng riêng nhỏ hơn và có tính cách âm, cách nhiệt tốt hơn so với bê tông truyền thống [2, 3, 4, 5]. Bê tông bọt có khối lượng riêng khô dao động từ 300 đến 1.600 kg/m<sup>3</sup>, nhẹ hơn nhiều so với bê tông truyền thống. Bê tông bọt thường có độ chảy cao, sử dụng hàm lượng xi măng và cốt liệu thấp. Đồng thời, nhờ trong cấu tạo có nhiều lỗ rỗng khí nên bê tông bọt có khả năng cách âm cách nhiệt tốt hơn. Chính đặc điểm này nên bê tông bọt được sử dụng nhiều cho các ứng dụng khác nhau như làm khối xây nhẹ, tấm cách nhiệt tường và sàn và lấp đầy khoảng trống. Trong bài báo này, bê tông bọt được nghiên cứu về mặt kỹ thuật và công nghệ để sử dụng làm vật liệu san lấp hố móng cho công trình xây dựng nhà ở riêng lẻ.

### 2. SỰ PHÙ HỢP VỀ MẶT KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG CỦA GIẢI PHÁP BÊ TÔNG BỌT LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG

#### 2.1. Đánh giá về tổ chức thi công

Tính linh hoạt trong vận chuyển: Bê tông bọt có thể được bơm trực tiếp từ máy trộn thông qua đường ống vào hố móng mà không cần xe chở bê tông lớn tiếp cận trực tiếp công trình. Bê tông bọt có thể trộn tại một vị trí thuận lợi và dẫn hỗn hợp vào khu vực cần thi công thông qua hệ thống bơm chuyên dụng.

- Dễ dàng san phẳng và tự lấp đầy hố móng: Nhờ vào đặc tính chảy lỏng, bê tông bọt có thể tự lấp đầy không gian mà không cần tác động cơ học quá nhiều. Điều này giúp san lấp các hố móng có hình dạng phức tạp một cách dễ dàng.

- Giảm tiếng ồn và bụi bẩn: Thi công bằng bê tông bọt tạo ra ít bụi hơn so với cát đầm hoặc đất san lấp; không cần sử dụng máy đầm rung, giảm tiếng ồn và tác động đến các công trình lân cận.

- Bê tông bọt mất nước nhanh, dẫn đến nguy cơ rạn nứt bề mặt, quá trình ninh kết diễn ra quá nhanh, làm giảm chất lượng liên kết trong cấu trúc vật liệu. Chính vì vậy, trong quá trình thi công cần bổ sung biện pháp bảo dưỡng như che phủ bạt và tưới nước giữ ẩm.

## 2.2. Đánh giá về cường độ cơ học

Cường độ chịu nén của bê tông bọt dao động từ 1 MPa đến 15 MPa, tùy theo ứng dụng của bê tông bọt. Sự thay đổi cường độ phụ thuộc vào khối lượng riêng khô của bê tông bọt (300 - 1.600 kg/m<sup>3</sup>). Tuy nhiên, với các ứng dụng làm vật liệu lấp đầy và đa số các ứng dụng thì cường độ 1 MPa hoàn toàn đảm bảo được yêu cầu bởi cát đầm chặt thông thường có cường độ nén tối đa khoảng 0,2 MPa. Điều này cho thấy bê tông bọt có thể đảm bảo khả năng chịu tải tương đương hoặc vượt trội so với cát.

## 2.3. Đánh giá về sự phù hợp với việc thi công hệ thống hạ tầng ngầm công trình

Với đặc tính nhẹ, khi làm vật liệu san lấp hố móng thì bê tông bọt sẽ giảm áp lực lên hệ thống điện ngầm, cáp quang, nước..., giảm nguy cơ nứt gãy và hư hỏng các hệ thống này. Đồng thời, với khả năng chảy và lấp đầy thì bê tông bọt cũng tạo nên một giá đỡ cho hệ thống đường ống, tránh việc các đường ống nằm ngang đặt trên hệ thống nền cát dễ biến dạng và dẫn đến có thể gây chuyển vị ống và gây vỡ ống.

## 2.4. Đánh giá về độ bền và tính ổn định công trình

Bê tông bọt là một vật liệu liền khối (monolith), chính vì vậy, ngược với cát thì bê tông bọt giảm nguy cơ bị chảy trôi cuốn trôi khi có xuất hiện dòng chảy trong hố móng. Thực tế, với cát lấp, khi có một dòng chảy nước ngầm, dòng chảy ngầm từ cống thoát nước hoặc có một dòng chảy từ nước sinh hoạt gia đình thì hoàn toàn có thể cuốn trôi cát và để lại lỗ rỗng trong móng. Đồng thời, nhiều công trình xây dựng bị hiện tượng chuột và các sinh vật ngầm đục khoét hố móng bằng cát dễ dàng và tạo ra các lỗ hổng ở phía trong, từ đó tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định công trình cũng như là không đảm bảo vệ sinh phòng bệnh.

## 2.5. Đánh giá về khả năng chống nồm và khả năng cách nhiệt cho công trình

Khi làm vật liệu san lấp hố móng, bê tông bọt, nhờ cấu trúc có nhiều lỗ khí nhỏ trong cấu tạo trở thành một lớp cách nhiệt, từ đó tránh hiện tượng chênh lệch nhiệt độ trên bề mặt nền nhà với môi trường xung quanh, giảm tình trạng tụ nước trên bề mặt nền và giảm thiểu nguy cơ nồm ẩm. Cũng nhờ vai trò là lớp cách nhiệt, bê tông bọt sẽ trở thành một lá chắn để ngăn chặn sự trao đổi nhiệt (ra và vào) giữa trong nhà và nền nhà để giữ cho nhiệt độ trong nhà được ổn định. Nhờ đặc tính cách nhiệt và cách âm tốt, bê tông bọt góp phần giảm tiêu thụ năng lượng cho các hệ thống điều hòa không khí trong công trình xây dựng, qua đó gián tiếp giảm phát thải khí nhà kính trong suốt vòng đời của công trình.

## 2.6. Đánh giá về lợi ích môi trường

Tiết kiệm cát và đất: Bê tông bọt được tạo ra từ xi măng, nước và bọt khí, có thể thay thế một phần lớn khối lượng vật liệu cần thiết trong các phương pháp san lấp truyền thống sử dụng cát hoặc đất. Để san lấp hố móng trung bình sẽ cần khoảng 0,32m<sup>3</sup> cát/1 m<sup>3</sup> bê tông bọt. Vì vậy, việc giảm phụ thuộc vào cát san lấp giúp hạn chế khai thác quá mức tài nguyên cát tự nhiên, nguyên nhân chính gây ra xói lở bờ sông, mất ổn định dòng chảy, ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái thủy sinh và đặc biệt là dẫn đến sập công trình cầu. Khai

thác cát quá mức là một trong những nguyên nhân chính gây tổn hại đến hệ sinh thái sông ngòi, ảnh hưởng đến môi trường sống của động thực vật thủy sinh, là nguyên nhân của các vụ sập cầu. Sử dụng bê tông bọt giúp giảm đáng kể nhu cầu sử dụng cát, từ đó góp phần bảo vệ các hệ sinh thái này.

Bảo tồn nguồn tài nguyên thiên nhiên: Việc sử dụng bê tông bọt, đặc biệt khi có thể tận dụng các phế phẩm công nghiệp (tro bay, xỉ than, bột đá...) không chỉ giảm thiểu khai thác nguyên liệu mới mà còn hỗ trợ tái sử dụng nguồn tài nguyên thứ cấp, góp phần bảo vệ các nguồn tài nguyên không tái tạo.

Thi công bê tông bọt không yêu cầu sử dụng các thiết bị đầm nén cường độ cao, do đó giảm thiểu tiếng ồn và rung động trong quá trình xây dựng, hạn chế ảnh hưởng đến môi trường và cộng đồng xung quanh.

## 3. CHẾ TẠO BÊ TÔNG BỌT TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM VÀ TẠI HIỆN TRƯỜNG LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG

### 3.1. Vật liệu sử dụng trong phòng thí nghiệm và tại hiện trường công trình

#### 3.1.1. Vữa xi măng

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng PCB30 The Vissai. Cát vàng sông Lô được sử dụng. Cát này có khối lượng riêng là 2.600 kg/m<sup>3</sup>. Mặc dù việc chế tạo bê tông bọt được khuyến cáo là sử dụng cát hạt mịn, tuy nhiên nhằm mục đích đồng nhất với vật liệu ở các trạm trộn nên cát vàng cũng được lấy từ trạm trộn và sử dụng cho nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Phụ gia hóa dẻo MKS-1500 được sử dụng để đảm bảo tính công tác và giảm hàm lượng nước sử dụng trong hỗn hợp bê tông.

Vữa xi măng được chế tạo với công thức thể hiện trong Bảng 1. Thành phần cấp phối này dựa theo công thức vữa được cung cấp bởi trạm trộn bê tông (đơn vị cung cấp vữa cho công tác thử nghiệm hiện trường).

Bảng 1. Cấp phối vữa xi măng

Xi măng (kg/m <sup>3</sup> ) - X	Cát (kg/m <sup>3</sup> ) - M	Nước (kg/m <sup>3</sup> ) - N	Phụ gia (L/m <sup>3</sup> )	N/X	Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )	Cường độ nén vữa 28 ngày tuổi (MPa)
360	1.847	170	2,88	0,472	2.379	11,7

#### 3.1.2. Chất tạo bọt

Chất tạo bọt được cung cấp bởi Công ty TNHH Thương mại và Đầu tư Thăng Tiến. Chất tạo bọt EABASSOC có nguồn gốc từ Vương quốc Anh, tỷ trọng 1,02 T/m<sup>3</sup>, độ pH 6,7, màu vàng nâu, không mùi. Máy tạo bọt serie Foam Master I cũng được sử dụng để tạo bọt trước khi cho vào trộn cùng vữa xi măng.

### 3.2. Quy trình chế tạo mẫu tại phòng thí nghiệm

Trước tiên cho các vật liệu khô bao gồm xi măng và cát vào trộn trước trong thời gian khoảng 2 phút trong thùng trộn 20 lít, sau đó cho từ từ nước vào và trộn đều đến khi đạt được hỗn hợp đồng nhất. Cho bọt vào máy trộn và trộn đều với tốc độ vừa phải đến khi được hỗn hợp tương đối đồng đều trong vòng từ 4 đến 5 phút. Chú ý rằng, thời gian trộn không nên quá lâu và tốc độ trộn không được quá nhanh để hạn chế các bọt khí bị vỡ trong quá trình trộn. Sau khi trộn đều thì các mẫu được đổ vào khuôn lập phương (15×15×15)cm và chỉ cần rung nhẹ khuôn để bê tông tự đầm đều. Với cùng một công thức vữa bê tông ban đầu thì hàm lượng bọt khác nhau được bơm vào trong thùng trộn để đạt đến các khối lượng riêng khác nhau. Khối lượng riêng của bê tông ở trạng thái lỏng được hướng đến là 1.100 kg/m<sup>3</sup> (mẫu bê tông M1-PTN) và 750 kg/m<sup>3</sup> (mẫu bê tông M2-PTN), với mục tiêu khi khô thì bê tông bọt sẽ có khối lượng khoảng 900 - 1.000 kg/m<sup>3</sup> và từ 600 - 700 kg/m<sup>3</sup> (Bảng 2).

Bảng 2. Bê tông sản xuất trong phòng thí nghiệm

Tên mẫu	Khối lượng thể tích ướt (kg/m <sup>3</sup> )	Khối lượng thể tích khô hướng đến (kg/m <sup>3</sup> )
M1-PTN	1.100	900 - 1000
M2-PTN	750	600 - 700

**3.3. Quy trình tổ chức thực nghiệm tại hiện trường và lấy mẫu**

Trên công trường thi công xây dựng dân dụng, sau khi làm móng bằng thì thay vì đổ cát, bê tông bọt được sản xuất để đổ xuống lấp hố móng thay vì cát. Bê tông bọt được sản xuất và chuẩn bị như sau:

Vữa xi măng theo công thức ở Bảng 1 được cung cấp với Công ty Bê tông Chèm MLS (Đông Anh, Hà Nội). Vữa xi măng được vận chuyển bằng xe bồn đến công trường. Trước móng công trình, bọt được chế tạo và bơm vào thùng xe bồn bê tông và quay đều. Với lượng bọt bơm vào thùng xe bồn khác nhau thì sẽ liên tục lấy mẫu bê tông ướt để kiểm tra khối lượng riêng thể tích khi ướt. Khối lượng thể tích khi ướt tương ứng với khoảng 1.500, 1.100, 750 kg/m<sup>3</sup> thì bê tông được đúc trong khuôn lập phương (15×15×15)cm (gọi là bê tông M3-HT, M4-HT và M5-HT) (Hình 1). Riêng với bê tông có khối lượng thể tích khi ướt khoảng 1.100 kg/m<sup>3</sup> thì được đổ chảy theo máng hờ từ xe bồn xuống hố móng để san lấp hố móng (Hình 2, 3). Khi bê tông trong hố móng đủ 28 ngày tuổi thì tiến hành khoan rút lõi với đường kính 11 cm và thu được các mẫu bê tông lăng trụ (gọi là bê tông M6-HM). Trong quá trình đông cứng thì các mẫu bê tông đều được tưới dưỡng ẩm thường xuyên trên công trường.

Bảng 3. Bê tông sản xuất tại hiện trường công trình xây dựng

Tên mẫu	Khối lượng thể tích ướt (kg/m <sup>3</sup> )	Khối lượng thể tích khô hướng đến (kg/m <sup>3</sup> )	Cách lấy mẫu thí nghiệm
M3-HT	1.500	1.300 - 1.400	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M4-HT	1.100	900 - 1.000	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M5-HT	750	600 - 700	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M6-HM	1100	900 - 1000	Đổ bê tông xuống hố móng và khoan rút lõi lấy mẫu lăng trụ đường kính 11 cm khi bê tông đủ 28 ngày tuổi



Hình 1. Bọt và bê tông bọt ở trạng thái ướt



Hình 2. Xe bồn trút bê tông vào móng



Hình 3. Hố móng khi lấp bằng bê tông

**3.4. Thí nghiệm xác định tính chất của bê tông bọt**

Các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt đông cứng được thí nghiệm trong nghiên cứu này bao gồm: Khối lượng thể tích bê tông khô, cường độ chịu nén và độ rỗng mà nước có thể tiếp cận. Khối lượng của từng mẫu bê tông được cân ở trạng thái khô và trạng thái bão hòa nước sau khi ngâm liên tục trong nước ít nhất 72 giờ. Trên cơ sở kích thước mẫu bê tông và khối lượng có được sau khi cân thì xác định được khối lượng riêng của từng mẫu bê tông và độ rỗng của các mẫu bê tông. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bọt được kiểm tra tại 28 ngày tuổi theo Tiêu chuẩn TCVN 9030:2017. Hình 4 minh họa thí các nghiệm thực hiện trên bê tông bọt. Tất cả các giá trị ghi trong báo cáo này được lấy giá trị trung bình từ ít nhất 3 mẫu thử.



Sấy mẫu trước ở 40°C đến khô, ngâm nước trong ít nhất 72 giờ để khối lượng ổn định, Nén mẫu bê tông

Hình 4. Thí nghiệm xác định tính chất của bê tông bọt

**4. TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG BỌT LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG**

**4.1. Khối lượng riêng, độ rỗng và cường độ chịu nén**

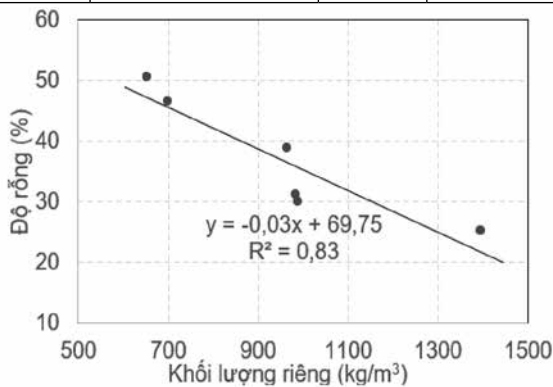
Khối lượng thể tích khô của bê tông khô được trình bày trong Bảng 4. Khối thể tích khô dao động từ 653,0 - 1.393,8 kg/m<sup>3</sup>. Như vậy, sau khi khô, khối lượng thể tích khô giảm trong khoảng từ 7 - 12,5% so với khối lượng thể tích ướt ban đầu. Sự giảm này là do trong cấu tạo của bê tông tồn tại các lỗ rỗng khí có chứa nước và

phần nước này bị bốc hơi dễ dàng khi sấy khô. Tương ứng với khối lượng riêng là độ rỗng, độ rỗng của bê tông tăng lên nhanh chóng khi khối lượng thể tích khô giảm. Quan hệ giữa khối lượng thể tích khô và độ rỗng được thể hiện trên Hình 5 và tương quan giữa hai đại lượng này có thể biểu diễn bằng phương trình hồi quy tuyến tính  $y = -0,03x + 69,75$ .

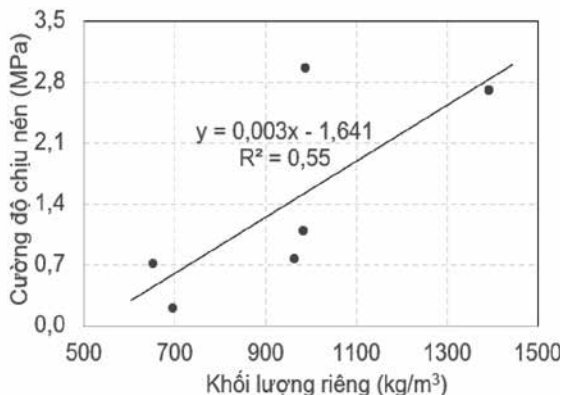
Cường độ chịu nén của bê tông bọt rất thấp, dao động từ 0,20 MPa đến 2,96 MPa (Bảng 4). Khi khối lượng thể tích khô của bê tông bọt giảm, cường độ chịu nén của chúng cũng giảm theo (Hình 6). Cường độ chịu nén của bê tông bọt có liên quan mật thiết đến khối lượng thể tích khô của nó, tuy nhiên cường độ chịu nén cũng chịu nhiều ảnh hưởng bởi sự đồng nhất của kết cấu vật liệu. Kết quả trong nghiên cứu này hoàn toàn tương đồng với các kết quả của các nghiên cứu trước [2, 3, 4], cả về mặt quan hệ giữa các đại lượng lẫn về mặt giá trị.

Bảng 4. Tính chất của bê tông

Tên mẫu	Khối lượng thể tích khô (kg/m <sup>3</sup> )	Độ rỗng (%)	Cường độ chịu nén (MPa)
M1-PTN	989,1	30,1	2,96
M2-PTN	653,0	50,7	0,71
M3-HT	1.393,8	25,3	2,70
M4-HT	983,0	31,3	1,09
M5-HT	697,6	46,6	0,20
M6-HM	963,5	38,9	0,76



Hình 5. Quan hệ khối lượng riêng - độ rỗng



Hình 6. Quan hệ khối lượng riêng - cường độ chịu nén

#### 4.2. Phân tích về bê tông bọt được sử dụng để lấp hố móng

So sánh kết quả cường độ chịu nén của 6 loại bê tông ta nhận thấy rằng, cường độ cơ học của bê tông sản xuất trong phòng thí nghiệm có cường độ cao hơn khi cùng gam khối lượng riêng. So sánh M2-PTN và M5-HT thì bê tông đổ tại hiện trường có cường độ thấp hơn nhiều. Khi thi công trên công trường, vật liệu vữa gốc khó đảm bảo tính đồng nhất, khó kiểm soát liều lượng bọt được bơm vào, phụ thuộc tay nghề công nhân và dưới áp lực thời gian thi công nên đã ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông.

So sánh bê tông M1-PTN, M4-HT và M6-HM thì ta nhận thấy rằng, mặc dù có cùng gam khối lượng riêng nhưng bê tông thu được từ khoan rút lõi hố móng (M6-HM) có cường độ cơ học thấp nhất. Ngoài các lý do đã kể ở trên thì bê tông trong hố móng còn chịu ảnh hưởng của điều kiện thủy lực hố móng, bị mất tính đồng nhất trong quá trình tuôn chảy trong máng vào hố móng và ảnh hưởng bởi điều kiện bảo dưỡng không thuận lợi. Chính vì vậy, cường độ của bê tông thu được từ hố móng là thấp. Bê tông M6-HM mặc dù khối lượng riêng đạt đến 963,5 kg/m<sup>3</sup> nhưng cường độ cơ học chỉ tương đương với bê tông M2-PTN có khối lượng riêng chỉ là 653,0 kg/m<sup>3</sup>.

Mặc dù trong điều kiện thi công thực tế tại hiện trường, cường độ cơ học của bê tông bọt đạt giá trị rất thấp, tuy nhiên khi so sánh với tiêu chuẩn kỹ thuật của vật liệu đắp nền thì cường độ cơ học này vẫn lớn hơn giá trị 100 - 200 kPa là mức cường độ nén tối thiểu cho vật liệu đắp nền.

#### 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này phân tích tính khả thi của việc sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình xây dựng dân dụng ở thành phố. Bê tông bọt thể hiện những ưu việt về mặt kỹ thuật và môi trường so với việc sử dụng các vật liệu san lấp truyền thống như cát. Bê tông bọt có khối lượng riêng nhỏ, có độ rỗng rất lớn và có cường độ cơ học rất thấp so với các vật liệu bê tông truyền thống.

Ngoài ra, trong điều kiện thi công thực tế thì bê tông bọt sẽ bị giảm cường độ cơ học, tuy nhiên vẫn đảm bảo được mức cường độ tối thiểu để làm vật liệu đắp nền. Đồng thời, để đảm bảo cường độ cơ học trong điều kiện thi công thực tế thì cần sử dụng bê tông bọt có khối lượng riêng khô lớn hơn 600 kg/m<sup>3</sup>.

Những nghiên cứu tiếp theo cần đi sâu đánh giá về chi phí của giải pháp sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng và cũng cần nghiên cứu đánh giá các công thức thành phần bê tông khác với hàm lượng cát thấp hơn để vừa đảm bảo hiệu quả kinh tế vừa đảm bảo khả năng ứng dụng đại trà trong giai đoạn sau đó.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thanh Nga (2025), Bức thiết cần sử dụng vật liệu thay thế cát tự nhiên, Báo Xây Dựng - Báo điện tử của Bộ Xây dựng, <http://www.baosexaydung.com.vn/news/vn/vat-lieu/buc-thiet-cansu-dung-vat-lieu-thay-the-cat-tu-nhien.html> (truy cập ngày 01/02/2025).
- [2]. Falliano D., Domenico D.D., Ricciardi G., Gugliandolo E. (2016), Experimental investigation on the compressive strength of foamed concrete: Effect of curing conditions, cement type, foaming agent and dry density, *Construction and Building Materials*, 165, pp.735-749.
- [3]. Mai T.H., Trịnh T.H., Lưu Đ.T. (2022), Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiên cứu mịn trong sản xuất bê tông bọt, Đại học Hồng Đức, Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 78.
- [4]. Amran Y.H.M., Farzadnia N., Ali A.A.A. (2015), Properties and applications of foamed concrete: A review, *Construction and Building Materials*, 101, pp.990-1005.
- [5]. Yajun L.Z.Z., Muhammad N.A., Bilal A., Kaffayatullah K., Siyab U.A., Fadi A. (2024), Foam concrete for lightweight construction applications: A comprehensive review of the research development and material characteristics, *Reviews on Advanced Materials Science*, 63: 20240022.