

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG PHẾ THẢI XÂY DỰNG VÀ THẢI PHẨM CÔNG NGHIỆP CHẾ TẠO GẠCH BÊ TÔNG RỖNG

Ngô Kim Tuấn^{a,*}, Lâm Duy Nhất^a, Nguyễn Trọng Thới^a, Phạm Quang Khải^a, Ngô Văn Khanh^a

^a*Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng,
số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 25/08/2020, Sửa xong 14/09/2020, Chấp nhận đăng 14/09/2020

Tóm tắt

Phế thải từ phá dỡ các công trình ở Việt Nam hiện nay chưa được quản lý chặt chẽ và gây ra nhiều vấn đề ô nhiễm môi trường, lãng phí tài nguyên có thể tái tạo. Bên cạnh đó, một lượng không nhỏ thải phẩm của các nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng như bê tông khí chưng áp (AAC) không được tái sử dụng mà đang chôn lấp hoặc đổ thải. Việc nghiên cứu tái sử dụng phế thải xây dựng và thải phẩm công nghiệp là rất cần thiết và có ý nghĩa lâu dài. Bài báo đưa ra một số kết quả nghiên cứu sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng và thải phẩm công nghiệp là phế phẩm bê tông khí chưng áp (AAC) để chế tạo gạch bê tông rỗng có khả năng thoát nước mưa, ngăn ngừa ngập lụt và góp phần làm giảm hiệu ứng nhiệt đô thị. Kết quả nghiên cứu có lợi ích kép về mặt bảo vệ môi trường. Gạch bê tông rỗng có tổng độ rỗng từ 22,2% đến 41,2% (bao gồm độ rỗng giữa các hạt và độ rỗng bên trong hạt AAC và cốt liệu tái chế), tốc độ thoát nước từ 2,3 mm/s đến 9,1 mm/s, độ hút nước đạt từ 5,1% đến 16,5%, cường độ nén dao động từ 6,5 MPa đến 19,3 MPa tùy theo độ rỗng thiết kế và hàm lượng AAC sử dụng. Gạch bê tông này phù hợp để ứng dụng tại các bãi đỗ xe, vỉa hè, lối đi bộ, tránh được hiện tượng ngập lụt, đọng nước cũng như tác dụng giảm hiệu ứng nhiệt đô thị.

Từ khoá: phế thải xây dựng; bê tông rỗng; hút nước và giữ nước.

UTILIZING RECYCLED AGGREGATE AND AUTOCLAVED AERATED CONCRETE TO DEVELOP PAVING BLOCK CONCRETE

Abstract

Construction and demolition waste in Vietnam is currently not strictly managed and causes numerous issues of environmental pollution and waste of renewable resources. Furthermore, a large number of waste by-products from factories manufacturing construction materials, for example, autoclaved aerated concrete (AAC) factories are not reused, and currently dumped. Researching the reuse of construction and demolition waste (CDW) and industrial waste is very essential and has a long-term meaning. The article presents research results using recycled aggregates from CDW and industrial by-products (autoclaved aerated concrete (AAC) grains) to fabricate paving block concrete with the ability of the management of rainwater, prevention of flooding, and contribute to reduce heat-island effects. The results of the study have dual benefits in terms of environmental protection. Paver block concrete has 22.2 to 41.2% of total porosity (including the porosity between the particles (inter pore) and the porosity of the AAC particle and recycled aggregate (intra pore)), 2.3 mm/s to 9.1 mm/s of the drainage rate, 5.1% to 16.5% of the water absorption reaching, and the compressive strength ranges from 6.5 MPa to 19.3 MPa depending on the design porosity and the used AAC content. This concrete brick is suitable for applications in parking lots, sidewalks, walking way, avoiding flooding area, water stagnation as well as reducing urban heat effects.

Keywords: construction and demolition waste; pervious concrete; water absorption and retention.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(4V\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(4V)-10) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: tuannk@nuce.edu.vn (Tuân, N. K.)

1. Giới thiệu

Theo Viện bê tông Mỹ (ACI), bê tông rỗng (pervious concrete) là loại bê tông gần như không có độ sụt, dùng cấp phối hạt gián đoạn gồm có xi măng Portland, cốt liệu lớn, một lượng nhỏ hoặc không cốt liệu nhỏ, nước và phụ gia. Sau khi rắn chắc từ hỗn hợp vật liệu trên, bê tông sẽ có hệ thống lỗ rỗng thông nhau có kích thước từ 2 mm đến 8 mm, từ đó dễ dàng cho nước chảy qua. Độ rỗng của bê tông có thể thay đổi từ 15% đến 35%, cường độ nén từ 2,8 MPa đến 28 MPa. Tốc độ thoát nước của bê tông này thay đổi tùy theo kích thước cốt liệu và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông, và thường vào khoảng từ 81 đến 730 lít/phút/m² [1]. Bê tông rỗng được dùng để thoát nước qua lớp bề mặt của áo đường và cho phép nước mưa ngấm vào (qua) lớp đất đá (kết cấu nền) hoặc bay hơi, giảm tải đáng kể cho hệ thống cống thoát nước. Ở một số nước có nhiều băng tuyết, bê tông rỗng rất phù hợp để thoát nước do băng tan [2]. Hệ thống lỗ rỗng hở giúp tiếng ồn phát ra từ mặt đường được tiêu tán đi một phần, hơn thế nữa cũng chính hệ thống lỗ rỗng này cho phép hơi nước trong đất đi qua làm giải nhiệt cho bê tông, làm mát môi trường [2]. Tuy nhiên, bê tông rỗng có cường độ không cao, không thể bố trí cốt thép, yêu cầu quá trình bảo trì bảo dưỡng định kỳ tránh làm tắc hệ thống lỗ rỗng, vì vậy cần có những ứng dụng phù hợp để phát huy hết ưu điểm và hạn chế điểm yếu của loại bê tông này.

Độ rỗng và các đặc tính lỗ rỗng quyết định các tính chất của bê tông rỗng. Trong đó, độ rỗng, sự phân bố lỗ rỗng và tính kết nối của các lỗ rỗng theo chiều dọc (theo chiều đổ bê tông) quyết định đến tính thấm nước và khả năng thoát nước. Tốc độ thoát nước tỷ lệ thuận với độ rỗng, quá trình thi công và phương pháp đầm chặt ảnh hưởng đến sự phân bố và tính kết nối của lỗ rỗng [3, 4]. Đối với bê tông rỗng, tăng độ rỗng giúp hiệu quả thoát nước tăng nhưng làm giảm mạnh cường độ [5]. Vì vậy việc tính toán để đảm bảo cường độ phù hợp với mục đích sử dụng, vừa đảm bảo khả năng thoát nước là yêu cầu quan trọng trong quá trình thiết kế.

Có một số nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp để nâng cao cường độ của bê tông rỗng trong khi không làm ảnh hưởng đến độ rỗng thiết kế. Saeid Hesami và cộng sự nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu và cốt sợi đến tính chất của bê tông rỗng tiêu thoát nước. Nghiên cứu chỉ ra rằng khi sử dụng thêm tro trấu và cốt sợi thì làm tăng cường độ của bê tông rỗng tiêu thoát nước. Sử dụng tro trấu giúp cải thiện tính chất của chất kết dính, kết hợp với cốt sợi làm tăng khả năng liên kết giữa các hạt cốt liệu [6]. Trong một nghiên cứu khác, nhóm tác giả sử dụng kết hợp phụ gia khoáng trao bay và silicafume kết hợp với phụ gia siêu dẻo nhằm nâng cao tính chất của chất kết dính [7]. Từ đó cải thiện đặc tính cơ lý của bê tông rỗng, cường độ nén có thể đạt 25 – 30 MPa.

Ở Việt Nam hiện nay, lượng chất thải rắn xây dựng đang ngày một gia tăng trong khi cơ chế quản lý và xử lý còn nhiều bất cập. Lượng phế thải xây dựng được tái chế ở Việt Nam không đáng kể, cho dù có nhiều mục tiêu được đặt ra và đã có các chính sách rõ ràng [8, 9]. Việc sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng để chế tạo bê tông đã khá phổ biến trên thế giới, tuy nhiên ở Việt Nam còn rất hạn chế. Vì vậy, sử dụng cốt liệu tái chế chế tạo bê tông rỗng còn rất mới mẻ ở Việt Nam.

Bê tông rỗng với độ rỗng lớn sẽ khó đạt cường độ cao, khi sử dụng cốt liệu tái chế có chất lượng thấp hoặc trung bình sẽ ảnh hưởng lớn đến đặc tính cơ lý. Cốt liệu tái chế được sử dụng như cốt liệu lớn và có hai loại chính được nghiền từ bê tông và gạch đất sét nung. Cốt liệu tái chế cũng có thể được sử dụng kết hợp với chất kết dính geopolimer đã chế tạo thành công bê tông rỗng [10]. Bê tông này cũng đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và phù hợp với các ứng dụng nhất định. Một số nghiên cứu khác cũng sử dụng cốt liệu tái chế làm bê tông rỗng, nghiên cứu đã chỉ ra rằng có thể sử dụng cốt liệu tái chế như bê tông nghiền, khối xây nghiền để chế tạo loại bê tông rỗng tiêu thoát nước [11].

Quá trình bê tông hóa không chỉ gây ra ngập úng mà hiệu ứng nhiệt đô thị cũng đang là vấn đề đang được quan tâm giải quyết. Hiện nay, nền nhiệt độ ở các đô thị đang cao hơn các khu vực ngoại ô, đặc biệt là trong các ngày nắng nóng do nhiệt độ bị hấp thụ bởi các vật liệu như bê tông, mặt đường

asphalt. Nó có tác động lớn và trực tiếp đến mức tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà cho mục đích làm mát. Một số biện pháp kỹ thuật đã được đề xuất, phát triển và áp dụng thành công, trong đó ảnh hưởng của lớp vật liệu bề mặt đến sự gia tăng hiệu ứng nhiệt đô thị là rất quan trọng. Giảm hiệu ứng nhiệt đô thị chủ yếu dựa trên việc sử dụng các bề mặt có khả năng phản xạ cao đối với bức xạ mặt trời, kết hợp với khả năng phát xạ nhiệt cao hoặc sử dụng nhiệt thu trong quá trình bốc hơi nước để giảm bề mặt và nhiệt độ môi trường xung quanh (mặt đường có khả năng giữ nước) [12].

Mặt đường được bổ sung các vật liệu rỗng có khả năng hút và giữ nước so với mặt đường bê tông rỗng thông thường để cho phép nước chảy qua xuống các lớp nền phía dưới và một phần nước được giữ lại trong vật liệu rỗng. Sử dụng phế thải xây dựng và vật liệu có cấu trúc rỗng như bê tông khí chưng áp AAC chế tạo vật liệu bê tông rỗng thoát nước và giữ nước được coi là một trong những biện pháp mang lại nhiều lợi ích và hiệu quả [13, 14]. Bài báo này trình bày một số kết quả ban đầu về việc chế tạo gạch block bê tông rỗng sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng (phế thải bê tông) và phế phẩm bê tông khí chưng áp với mục tiêu thoát nước bề mặt và giữ nước làm giảm hiệu ứng nhiệt đô thị.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

Gạch block bê tông rỗng được chế tạo từ các loại nguyên vật liệu: cốt liệu lớn, hạt bê tông khí chưng áp AAC, xi măng, nước trộn. Trong đó, cốt liệu lớn được sử dụng là cốt liệu tái chế từ phế thải bê tông, kích thước hạt từ 5 mm đến 10 mm, được đập, nghiền và sàng đúng kích thước (trong quá trình chọn lựa và đập nghiền phế thải không thể tránh khỏi việc có một hàm lượng nhỏ gạch lẫn trong bê tông với hàm lượng từ 2% đến 3%, ảnh hưởng của hàm lượng gạch trong cốt liệu tái chế sẽ được đề cập đến trong các nghiên cứu khác). Tổng hợp các tính chất của xi măng và các tính chất của cốt liệu tái chế được thể hiện trong được thể hiện trong Bảng 1 và 2.

Bảng 1. Các tính chất cơ bản của xi măng pooc lăng PC 40

Tính chất	Đơn vị	Tiêu chuẩn quy định	Kết quả
Lượng sót sàng No.009	%	≤ 10	0,40
Độ mịn Blaine	cm^2/g	≥ 2800	4169
Khối lượng riêng	g/cm^3	...	3,10
Thời gian đông kết:	Phút		
Bắt đầu		≥ 45	150
Kết thúc		≤ 420	230
Cường độ nén:	MPa		
Sau 3 ngày		≥ 18	29,75
Sau 28 ngày		≥ 40	43,00

Phế phẩm bê tông khí AAC được lấy từ nhà máy Bê tông khí Viglacera tại Yên Phong, Bắc Ninh. Các phế phẩm này gồm các đầu thừa khi cắt, các viên gạch block phế phẩm do nứt, vỡ. Nhóm nghiên cứu sử dụng phế phẩm của gạch AAC cấp B4 theo TCVN 7959:2017 [15], có cường độ cường độ chịu nén trên 5 MPa, khối lượng thể tích khô từ $751 \text{ kg}/\text{m}^3$ đến $850 \text{ kg}/\text{m}^3$. Phế phẩm AAC được đập nhỏ và sàng lấy kích thước yêu cầu. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng kích thước hạt từ 2,5 mm đến

Bảng 2. Tính chất của cốt liệu tái chế và cốt liệu tự nhiên

STT	Tính chất thí nghiệm	Đơn vị	Cốt liệu tái chế
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,65
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1310
3	Khối lượng thể tích lên chặt	kg/m ³	1430
4	Khối lượng thể tích hạt ở trạng thái khô hoàn toàn	g/cm ³	2,3
5	Độ hút nước của cốt liệu ở trạng thái bão hòa khô bề mặt	%	6,85
6	Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	3,9

5 mm (kích thước sàng theo TCVN 7570:2006 [16]). Hình ảnh chuẩn bị cốt liệu được thể hiện trong Hình 1.



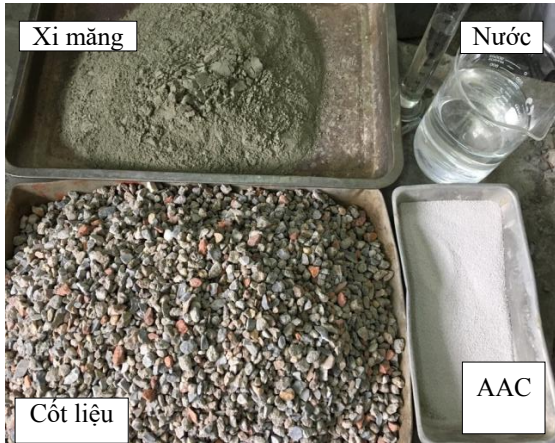
Hình 1. Cốt liệu tái chế và hạt AAC

2.2. Tính toán cấp phối và quy trình trộn

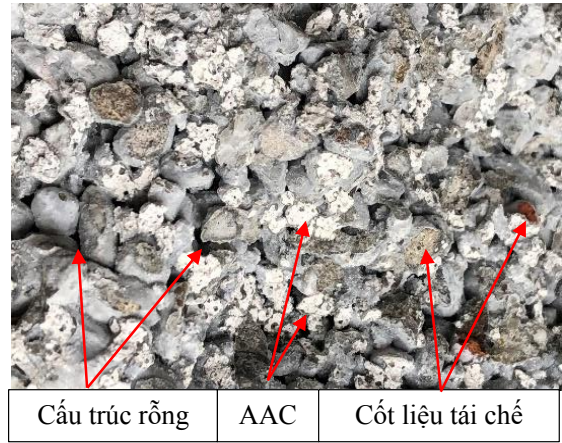
Việc tính toán thiết kế cấp phối bê tông rỗng sử dụng cốt liệu tái chế được thực hiện theo Phụ lục 6 của tài liệu ACI 211.3R-02 [17]. Nguyên tắc chung là dựa trên độ rỗng thiết kế và các bảng tra mối quan hệ giữa độ rỗng thiết kế, kích thước cốt liệu lớn với lượng hồ xi măng. Thể tích cốt liệu (cốt liệu tái chế và hạt AAC) được xác định sau khi biết độ rỗng và thể tích hồ xi măng. Tỷ lệ nước/xi măng được chọn là 0,33 (Theo ACI 522R-10, tỷ lệ N/X thường từ 0,26 đến 0,45 [18]), hạt AAC sử dụng có kích thước từ 2,5 mm đến 5 mm và hàm lượng thay đổi từ 5, 10, và 15% (theo thể tích). Tỷ lệ AAC sử dụng dựa trên kết quả các thí nghiệm thăm dò để đảm bảo cường độ bê tông có thể phù hợp với một số ứng dụng. Độ rỗng thiết kế thay đổi từ 15, 20, và 25% (các mức độ rỗng này đảm bảo khả năng thoát nước và không ảnh hưởng quá lớn đến cường độ [18]). Hình 2 thể hiện thành phần nguyên vật liệu trong cấp phối.

Quy trình trộn bê tông rỗng tương tự như quy trình trộn bê tông thông thường. Tuy nhiên, với cốt liệu tái chế và hạt AAC có độ hút nước lớn (tương ứng 6,85% và 75,7%), cao hơn rất nhiều lần so với cốt liệu tự nhiên, nhóm tác giả đề xuất quy trình trộn hai bước. Bước thứ nhất, trộn ẩm cốt liệu tái chế và hạt AAC với lượng nước bằng 80% đến 90% lượng nước tính theo độ hút nước bão hòa khô bề mặt của từng loại cốt liệu (lượng nước này độc lập với tỷ lệ N/X). Quy trình này có hai tác dụng: một là ngăn cản cốt liệu hút nước của hồ xi măng, dẫn đến mất khả năng kết dính một cách nhanh chóng; hai là ngăn không cho hồ xi măng liên kết sâu vào cấu trúc rỗng của hạt AAC, làm giảm khả năng hút nước của hạt AAC. Bước thứ hai của quy trình trộn được tiến hành theo thứ tự: cốt liệu lớn trộn với xi

măng, sau đó thêm nước và hạt AAC được cho vào cuối cùng. Quá trình trộn đảm bảo các hạt AAC không bị phá vỡ cấu trúc, phân bố đều và nằm giữa khoảng trống các hạt cốt liệu tái chế, lỗ rỗng phân bố đồng đều (Hình 3).



Hình 2. Các thành phần của bê tông rỗng



Hình 3. Cấu trúc mẫu gạch bê tông quan sát bằng mắt thường sau khi uốn gãy

2.3. Chế tạo mẫu và bảo dưỡng

Khuôn mẫu được chế tạo theo viên gạch bê tông tiêu chuẩn (TCVN 6477:2016 [19]) có kích thước $60 \times 100 \times 21\text{mm}$. Hỗn hợp bê tông được cho vào khuôn thành 2 lớp, dùng bay kỹ thuật lèn chặt vào các góc, đầm chặt và làm phẳng bề mặt. Mẫu sau khi được bảo dưỡng trong khuôn một ngày được tháo khuôn và ngâm trong nước đến 28 ngày. Mỗi cấp phối được chế tạo 02 tổ mẫu (6 viên) để xác định các chỉ tiêu và thông số kỹ thuật.

2.4. Phương pháp nghiên cứu

Các viên mẫu có kích thước viên gạch bê tông tiêu chuẩn được thí nghiệm xác định các chỉ tiêu đặc tính cấu trúc (độ rỗng), tính chất cơ lý và các đặc tính thủy lực. Trong đó, xác định cường độ nén bằng cách nén cả viên mẫu, sử dụng các tấm lót cao su khi nén. Cường độ uốn được xác định bằng phương pháp uốn 3 điểm trên viên mẫu. Đặc tính cấu trúc rỗng được xác định bằng phương pháp cân mẫu (đã ngâm bão hòa nước) trong nước, độ rỗng thu được sẽ là độ rỗng tổng, bao gồm độ rỗng giữa các hạt và rỗng trong hạt (hạt AAC và cốt liệu), công thức tính như sau:

$$V_r = \left(1 - \frac{W_2 - W_1}{\delta_x V_0}\right) 100\% \quad (1)$$

trong đó V_r là tổng độ rỗng, W_1 là khối lượng mẫu cân trong nước (g); W_2 là khối lượng mẫu khô (g); V_0 là thể tích mẫu, cm^3 ; δ_x là khối lượng riêng của nước, g/cm^3 .

Phương pháp xác định các đặc tính thủy lực được quy định trong tiêu chuẩn Nhật Bản JIS A5371:2016 [20]:

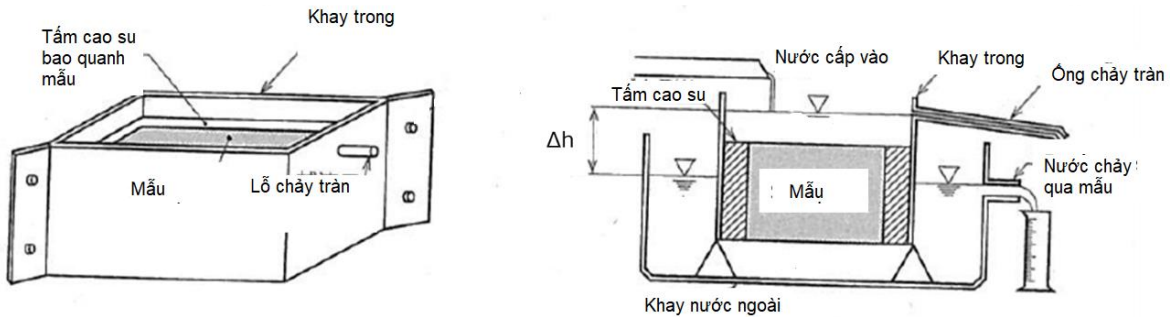
a. Xác định tốc độ thoát nước (tốc độ thấm nước)

Phương pháp thí nghiệm dựa trên lượng nước chảy qua tiết diện mẫu với dòng chảy ổn định (Constant head). Nguyên tắc thí nghiệm được mô tả trong Hình 4. Tốc độ thoát nước được tính toán thông qua lượng nước chảy qua một diện tích bề mặt mẫu trong khoảng thời gian 30 giây.

Công thức tính toán:

$$K = \left(\frac{L \cdot Q}{F \cdot \Delta h \cdot 30 \cdot 100} \right) \text{ (cm/s)} \quad (2)$$

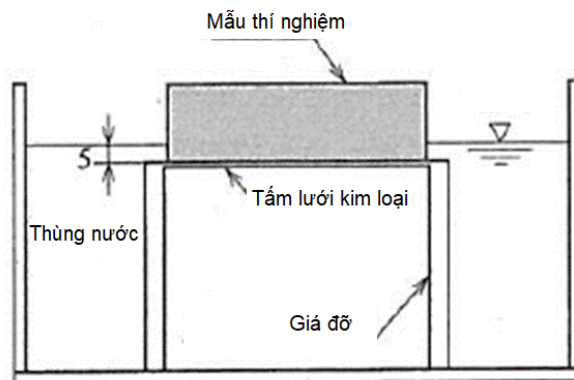
trong đó: K là hệ số thoát nước hay tốc độ thấm nước, F là tiết diện ngang của mẫu gạch bê tông, cm^2 ; L là chiều cao (chiều dài đường thấm) của mẫu, cm ; Δh là chiều cao chênh lệch cột nước (giữa khay trong và khay ngoài), cm ; Q là lượng nước chảy qua mẫu trong 30 giây, cm^3 .



Hình 4. Nguyên lý xác định tốc độ thoát nước

b. Xác định độ hút nước mao quản (khả năng hấp thụ nước)

Mẫu được sấy khô trong lò sấy ở nhiệt độ $105 \pm 5^\circ\text{C}$ cho đến khi khối lượng không đổi. Mẫu được cân sau khi làm nguội đến nhiệt độ thường, được khối lượng khô tuyệt đối, m_d . Mẫu khô được đặt trên thiết bị thử nghiệm như trong Hình 5 và ngâm mẫu trong nước ở mức 5 mm chiều cao (từ đáy) trong 30 phút. Sau 30 phút cân mẫu được khối lượng sau khi hấp thụ nước (m_a).



Hình 5. Thí nghiệm khả năng hấp thụ nước

Tốc độ hấp thụ nước, h_a (%), được tính theo công thức sau:

$$h_a = \frac{m_a - m_d}{m_w - m_d} \times 100 \quad (3)$$

trong đó m_a là khối lượng mẫu sau khi hấp thụ nước (g); m_d là khối lượng mẫu khô tuyệt đối (g); m_w là khối lượng mẫu bão hòa nước (g).

3. Kết quả nghiên cứu

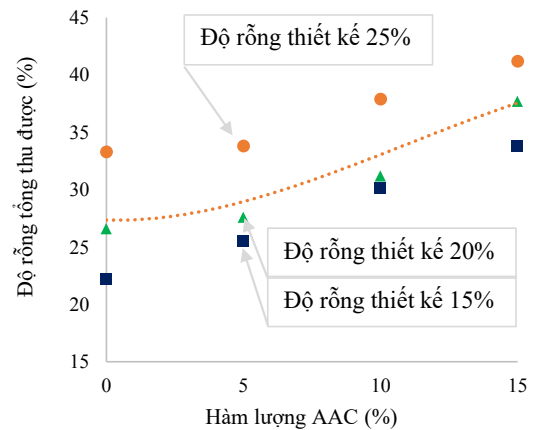
Thành phần cấp phối bê tông rỗng được tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. Tỷ lệ cấp phối bê tông rỗng

STT	Độ rỗng (%)	Hàm lượng AAC (% theo thể tích)	Xi măng (Kg)	Cốt liệu (Kg)	AAC (Kg)	Nước (Lít)
1	15	0	413,7	1384,5	0	136,5
2		5	413,7	1265,1	40	136,5
3		10	413,7	1145,7	80	136,5
4		15	413,7	1025,4	120	136,5
5	20	0	337,1	1384,5	0	111,3
6		5	337,1	1265	40	111,3
7		10	337,1	1145,7	80	111,3
8		15	337,1	1026,4	120	111,3
9	25	0	268,2	1372,5	0	88,5
10		5	268,2	1253,2	40	88,5
11		10	268,2	1133,8	80	88,5
12		15	268,2	1014,5	120	88,5

3.1. Xác định độ rỗng của bê tông

Độ rỗng tổng của bê tông rỗng sử dụng AAC là lớn hơn với bê tông không sử dụng AAC (mẫu 0% AAC). Với quan niệm các hạt AAC sử dụng trong hỗn hợp như là một loại cốt liệu (thay thế cốt liệu tái chế theo thể tích), độ rỗng của bê tông bị ảnh hưởng do kích thước AAC và độ rỗng trong hạt AAC. Nhìn vào kết quả cho thấy, tổng độ rỗng tăng lên khi tăng hàm lượng hạt AAC sử dụng. Điều này có thể giải thích do độ rỗng của hạt AAC rất cao, khả năng hút nước khoảng 75% – 80%, do vậy khi cân khối lượng mẫu trong nước ở trạng thái hút nước bão hòa, tổng độ rỗng được xác định đã bao gồm lỗ rỗng trong hạt AAC và rỗng trong cốt liệu tái chế (lỗ rỗng cho phép nước hút vào và chiếm chỗ). Kết quả cũng cho thấy, độ rỗng thiết kế tăng lên thì tổng độ rỗng thu được cũng tăng tương ứng.



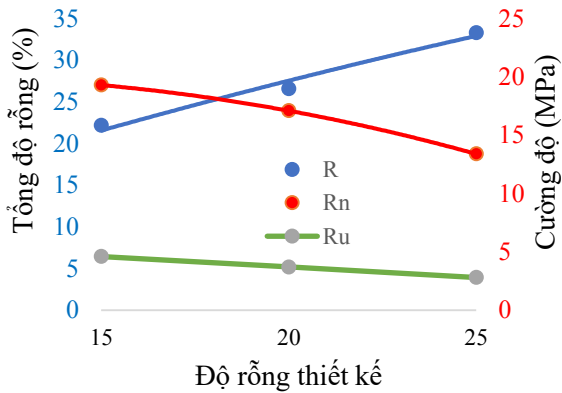
Hình 6. Mối quan hệ giữa hàm lượng AAC và tổng độ rỗng

3.2. Ảnh hưởng của độ rỗng và hàm lượng AAC đến cường độ

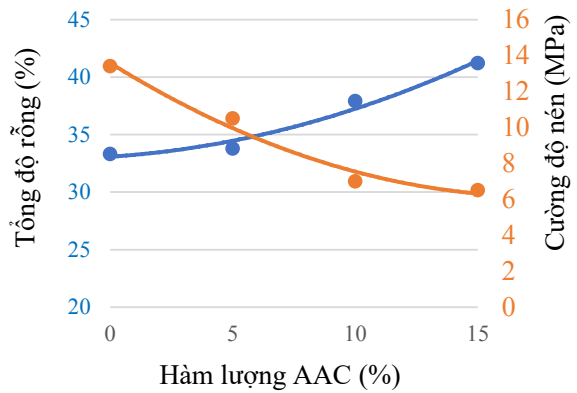
Đặc tính cơ lý phụ nhiều vào các yếu tố: tổng độ rỗng, độ rỗng thiết kế, cường độ của cốt liệu và hàm lượng của hạt AAC. Hình 7 (Hàm lượng AAC 5%) cho thấy khi tăng độ rỗng thì cường độ giảm

manh. Trong đó cường độ nén có xu hướng giảm mạnh hơn cường độ uốn. Quy luật là tương tự với các hàm lượng AAC 10% và 15%.

Ở tất cả các độ rỗng thiết kế khác nhau, khi tăng hàm lượng AAC thay thế cốt liệu tái chế thì cường độ của mẫu giảm trong khi tổng độ rỗng (độ rỗng giữa các hạt và động rỗng trong hạt) tăng lên. Do cường độ hạt AAC là rất yếu, với kích thước hạt nhỏ từ 2,5 – 5 mm, một phần hạt AAC sẽ phân bố giữa khoảng trống giữa các hạt cốt (làm thay đổi cấu trúc rỗng của bê tông), một phần nằm xen kẽ với vai trò như các hạt cốt liệu sẽ làm giảm khả năng chịu lực của bê tông. Lượng AAC càng cao thì ảnh hưởng đến cường độ càng lớn và càng làm tăng tổng độ rỗng của bê tông (Hình 8 - Ứng với độ rỗng thiết kế là 25%). Quy luật này đúng với tất cả các độ rỗng thiết kế khác nhau.



Hình 7. Mối quan hệ giữa độ rỗng thiết kế, tổng độ rỗng và cường độ uốn, nén (Ứng với hàm lượng AAC 5%)

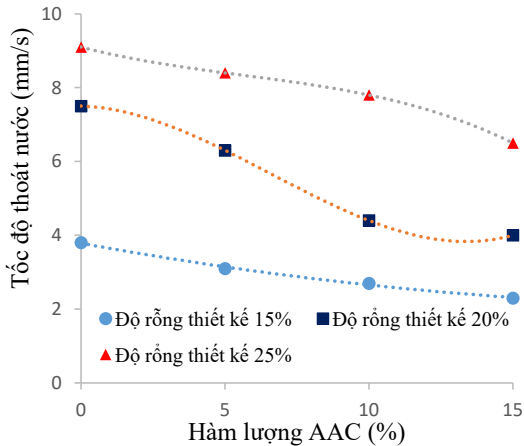


Hình 8. Quan hệ giữa hàm lượng AAC, tổng độ rỗng và cường độ (Ứng với độ rỗng thiết kế 25%)

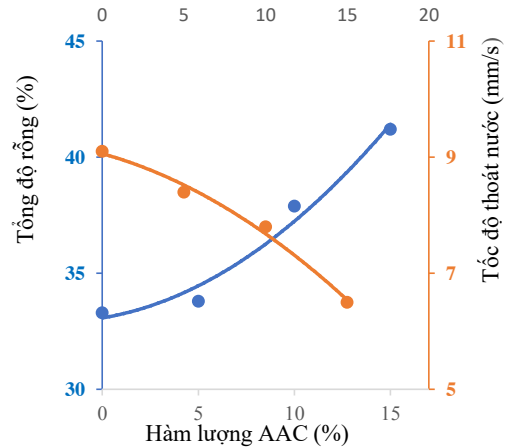
3.3. Ảnh hưởng của độ rỗng và hàm lượng AAC đến tốc độ thoát nước

Hạt AAC thay thế cốt liệu làm tăng tổng độ rỗng, tuy nhiên, tốc độ thoát nước phụ thuộc vào độ rỗng giữa các hạt chứ không phụ thuộc vào độ rỗng trong các hạt. Vì vậy, tác giả phân tích mối quan hệ giữa tổng độ rỗng, tốc độ thoát nước với hàm lượng AAC sử dụng. Khi tăng hàm lượng AAC, tổng độ rỗng tăng lên, tuy nhiên, tốc độ thoát nước lại giảm đi (Hình 10). Điều này có thể giải thích do các hạt AAC một phần đã phân bố ở khoảng trống giữa các hạt cốt liệu, các hạt AAC có kích thước hạt 2,5 – 5 mm thay thế cốt liệu tái chế có kích thước từ 5 đến 10 mm đã làm thanh đổi thành phần hạt và làm giảm độ rỗng giữa các hạt cốt liệu tái chế hoặc làm thanh đổi đặc tính của lỗ rỗng (hệ thống lỗ rỗng thông nhau), do đó làm giảm tốc độ thoát nước. Tổng độ rỗng tăng nên là do độ rỗng trong hạt AAC. Độ rỗng này không góp phần làm tăng tốc độ thoát nước. Để khẳng định nhận xét này, tác giả sẽ phân tích trong các nghiên cứu tiếp theo về vai trò và mối quan hệ giữa của loại độ rỗng với tổng độ rỗng và các tính chất của bê tông.

Hình 9 cho thấy tốc độ thoát nước phụ thuộc rất lớn vào độ rỗng thiết kế (thể hiện qua sự chênh lệch giữa ba đường). Độ rỗng thiết kế 15% chỉ cho tốc độ thoát nước từ 2,3 mm/s đến 3,8 mm/s, trong khi độ rỗng thiết kế 25% cho độ thoát nước từ 6,5 mm/s đến 9,1 mm/s. Tuy nhiên, mối liên hệ giữa tổng độ rỗng, độ rỗng thiết kế và hàm lượng AAC cần được khẳng định trong các nghiên cứu tiếp theo khi đánh giá cụ thể từng thành phần độ rỗng và vai trò của chúng.



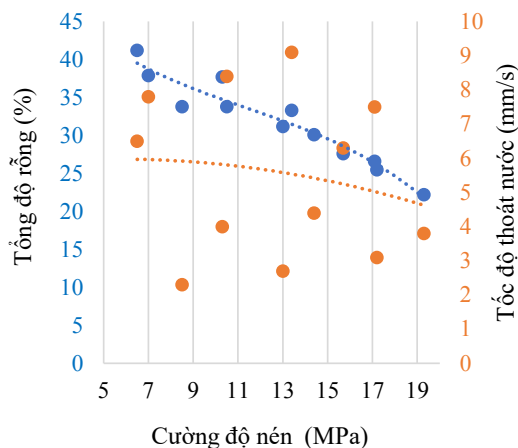
Hình 9. Mối quan hệ giữa tốc độ thoát nước và hàm lượng AAC



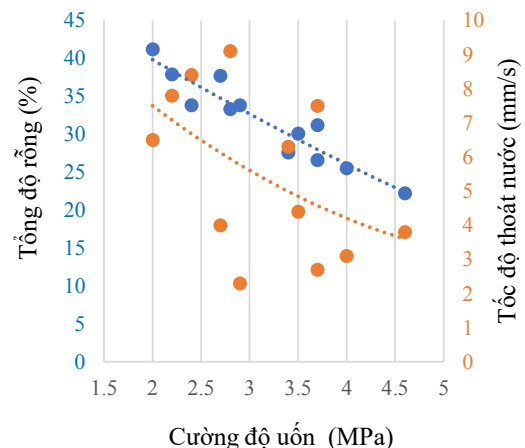
Hình 10. Quan hệ giữa tổng độ rỗng, tốc độ thoát nước và hàm lượng AAC

3.4. Ảnh hưởng của tổng độ rỗng đến cường độ và tốc độ thoát nước của gạch bê tông

Cường độ nén là đại lượng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó độ rỗng có tính chất quyết định. Đối với gạch bê tông rỗng, việc xác định mối quan hệ giữa độ rỗng, cường độ và tốc độ thoát nước là rất quan trọng. Đặc biệt khi sử dụng hạt cốt liệu AAC, độ rỗng trong bê tông đóng hai vai trò thoát nước và giữ nước, vì vậy cần thỏa mãn cả khả năng thoát nước, giữ nước và cường độ của gạch bê tông. Hình 11, 12 thể hiện mối quan hệ giữa các đại lượng nêu trên. Cường độ uốn và nén đều giảm khi tăng tổng độ rỗng. Điều này đúng với quy luật của bê tông, đặc biệt là khi cốt liệu tái chế. Vì vậy, để đáp ứng cường độ chịu uốn, nén phù hợp cho từng ứng dụng, ta cần lựa chọn tổng độ rỗng phù hợp nhưng vẫn đảm bảo tốc độ thoát nước



Hình 11. Quan hệ giữ cường độ nén với tổng độ rỗng và tốc độ thoát nước



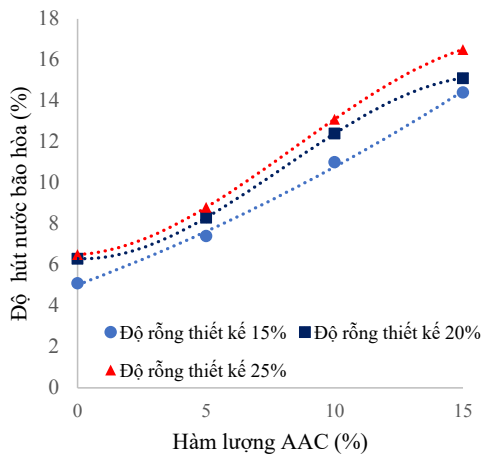
Hình 12. Quan hệ giữ cường độ uốn với tổng độ rỗng và tốc độ thoát nước

Một kết quả đáng chú ý, với cùng một cường độ nén (uốn) có thể có tốc độ thoát nước khác nhau. Điều này phụ thuộc vào độ rỗng thiết kế và hàm lượng hạt AAC sử dụng. Ví dụ, với cường độ nén 10 MPa, có thể có viên gạch tốc độ thoát nước 8,5 mm/s hoặc có viên khác có tốc độ chỉ là 4 mm/s

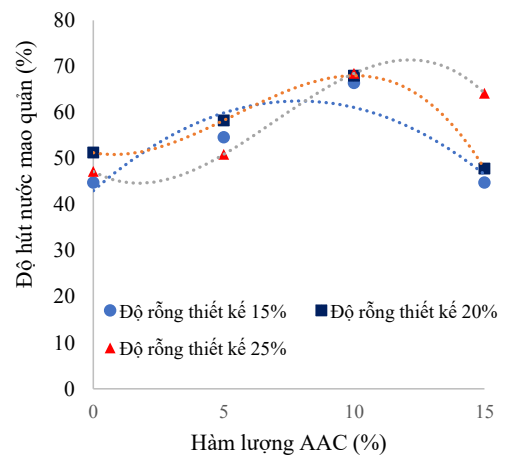
(Hình 11). Vì vậy, muốn chọn cấp phối nào phù hợp cần căn cứ thêm thông số thứ 3 là tổng độ rỗng, hay nói cách khác là yêu cầu về độ hút nước và giữ nước của bê tông.

3.5. Đặc tính thủy lực của gạch bê tông rỗng

Các hạt AAC làm tăng tổng độ rỗng và tăng khả năng hút nước của bê tông. Điều này có ý nghĩa quyết định hiệu quả làm giảm nhiệt bề mặt do quá trình bay hơi của loại bê tông này. Hình 13 thể hiện mối quan hệ giữa độ hút nước bão hòa với hàm lượng AAC sử dụng, ứng với các độ rỗng thiết kế khác nhau. Ở các độ rỗng thiết kế khác nhau, khi tổng độ rỗng tăng (tăng hàm lượng AAC) thì độ hút nước (H_s) và độ hút nước mao quản (H_a) đều tăng. Điều này có thể giải thích do cấu trúc rỗng của hạt AAC mang lại đặc tính thủy lực này. Tuy nhiên, khi tăng hạt AAC lên 15% thì độ hút nước vẫn tăng nhưng hiệu ứng hút nước mao quản giảm xuống (Hình 14). Lý do trong khoảng thời gian 30 phút xác định độ hút nước mao quản, với hàm lượng AAC tăng lên 15%, lượng nước bị hút và giữ lại trong các hạt AAC và hiệu ứng hút nước mao quản trong toàn bộ cấu trúc bê tông bị giảm xuống. Bên cạnh đó, tăng hàm lượng AAC sẽ làm tăng độ hút nước bão hòa (H_s), từ đó làm giảm giá trị H_a (theo công thức (3) mục 2.4 – b).



Hình 13. Độ hút nước bão hòa của bê tông rỗng



Hình 14. Độ hút nước mao quản của bê tông rỗng (khả năng hấp thụ nước)

Nhìn chung, khi sử dụng hạt AAC đến 15%, độ hút nước bão hòa đạt từ 14,4% đến 16,5%, lượng nước này sẽ được giữ trong bê tông và bay hơi, giúp giảm nhiệt độ bề mặt của bê tông và có ý nghĩa quan trọng trong giảm hiệu ứng nhiệt đô thị. Độ hút nước này một phần lớn là do cấu trúc rỗng của AAC và một phần do bản thân cốt liệu tái chế có độ rỗng và độ hút nước cao.

Như vậy, mẫu có khả năng hút nước và giữ nước tốt cần thỏa mãn cả hai điều kiện là độ hút nước lớn và hệ số ha lớn. Để đạt được yêu cầu này cần tối ưu cấp hạt và cấu trúc của lỗ rỗng để tăng khả năng hút nước mao quản. Đối với loại gạch bê tông trong nghiên cứu này, theo yêu cầu kỹ thuật trong tiêu chuẩn JIS 5371:2016 [20] thì chưa đáp ứng được điều kiện $H_a > 70\%$.

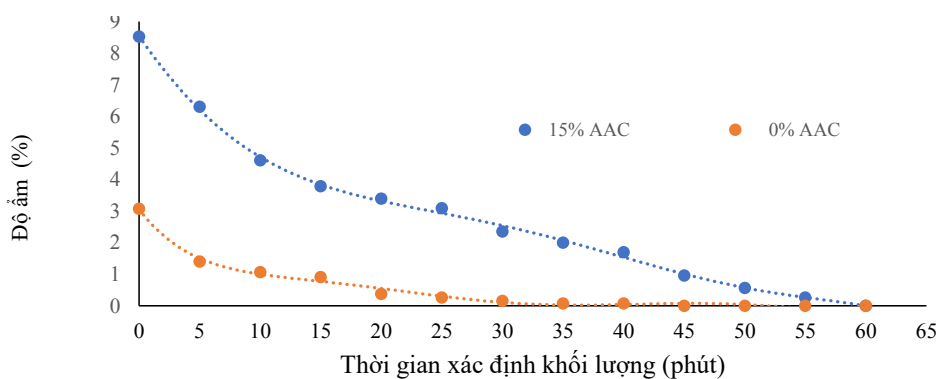
3.6. Xác định tốc độ nhả nước của gạch bê tông rỗng

Việc hút và nhả nước của các hạt AAC đóng vai trò quyết định khả năng làm mát và giảm hiệu ứng nhiệt đô thị của loại bê tông rỗng có sử dụng hạt AAC. Với mục tiêu so sánh khả năng hút nước và bay hơi nước của bê tông rỗng có sử dụng và không có sử dụng hạt AAC, nhóm tác giả đã tiến

hành nghiên cứu sự thay đổi khối lượng của mẫu (đã ngâm bão hòa nước) theo thời gian khi sấy mẫu ở nhiệt độ 105°C. Hàm lượng AAC sử dụng trong nghiên cứu này là 15% theo thể tích, độ rỗng thiết kế là 20%.

Mẫu gạch bê tông rỗng không có AAC có độ hút nước nhỏ và sau mỗi lần cân mẫu khối lượng giảm nhanh, đồng nghĩa với việc nhả nước cũng diễn ra rất nhanh, chủ yếu là nước bay hơi trên bề mặt các hạt và nước được hút trong các hạt cốt liệu tái chế. Do có cấu trúc rỗng nên quá trình sấy đột nóng và bay hơi nước diễn ra nhanh. Sau khoảng 45 đến 50 phút sấy khô, khối lượng mẫu đã không đổi.

Ngược lại, mẫu có sử dụng hạt AAC, 60 phút sau khi sấy khối lượng vẫn tiếp tục giảm. Như vậy lượng nước nằm trong các hạt AAC được nhả ra chậm hơn và lượng nước bay hơi cũng lớn hơn nhiều so với mẫu không có AAC. Kết quả cho thấy bê tông rỗng có sử dụng hạt AAC làm tăng khả năng hút nước và giữ nước, đồng nghĩa với khả năng làm giảm nhiệt độ bề mặt nhờ quá trình bay hơi nước (Hình 15).



Hình 15. Quá trình giảm độ ẩm của các mẫu gạch bê tông rỗng

4. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu sử dụng, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận sau:

- Cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng và thải phẩm công nghiệp hoàn toàn có thể sử dụng để chế tạo gạch bê tông rỗng có khả năng thoát nước và giữ nước. Quy trình trộn hai bước là phù hợp với đặc tính nguyên vật liệu và đảm bảo khả năng tạo hình cũng như khả năng hút và nhả nước của hạt AAC.

- Có thể chế tạo được gạch bê tông rỗng với cường độ nén từ 6,5 MPa đến 19,3 MPa, tốc độ thoát nước từ 2,3 mm/s đến 9,1 mm/s. Tùy vào mục đích sử dụng có thể lựa chọn tỷ lệ AAC và độ rỗng thiết kế phù hợp để vừa đáp ứng cường độ, tốc độ thoát nước và khả năng hút và giữ nước.

- Gạch bê tông rỗng sử dụng AAC có khả năng hút và giữ nước tốt, khi sấy ở nhiệt độ 105°C trong 1 giờ thì khối lượng mẫu vẫn tiếp tục giảm, trong khi mẫu không sử dụng AAC khối lượng thay đổi không đáng kể chỉ sau 40 đến 45 phút.

- Tỷ lệ sử dụng hạt AAC tăng từ 5% đến 15% làm tăng tổng độ rỗng nhưng làm giảm cường độ, giảm khả năng thoát nước của gạch bê tông rỗng, tuy nhiên khả năng hút nước và giữ nước tăng lên.

Một số kiến nghị:

- Tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước hạt AAC và loại cốt liệu tái chế (hàm lượng gạch đỏ) đến các đặc tính của loại bê tông này.

- Cần phân tích định lượng và làm rõ ảnh hưởng của các thành phần độ rỗng (rỗng giữa các hạt và rỗng trong hạt).
- Ảnh hưởng của phương pháp thi công, đầm nén đến các đặc tính nêu trên.

Tài liệu tham khảo

- [1] ACI 522.1-13. *Specification for Pervious Concrete Pavement (ACI 522.1-13)*. ACI Man. Concr. Pract.
- [2] C. (Concrete P. Group). *Handbook for Pervious Concrete Certification in Greater Kansas City*. CPG, Overl. Park. KS, USA.
- [3] Martin III, W. D., Kaye, N. B., Putman, B. J. (2014). [Impact of vertical porosity distribution on the permeability of pervious concrete](#). *Construction and Building Materials*, 59:78–84.
- [4] Neithalath, N., Sumanasooriya, M. S., Deo, O. (2010). [Characterizing pore volume, sizes, and connectivity in pervious concretes for permeability prediction](#). *Materials Characterization*, 61(8):802–813.
- [5] Lian, C., Zhuge, Y., Beecham, S. (2011). [The relationship between porosity and strength for porous concrete](#). *Construction and Building Materials*, 25(11):4294–4298.
- [6] Hesami, S., Ahmadi, S., Nematzadeh, M. (2014). [Effects of rice husk ash and fiber on mechanical properties of pervious concrete pavement](#). *Construction and Building Materials*, 53:680–691.
- [7] Dong, N. V., Hanh, P. H., Tuan, N. V., Minh, P. Q., Phuong, N. V. (2020). [The effect of mineral admixture on the properties of the binder towards using in making pervious concrete](#). *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure*, Springer, 367–372.
- [8] Tuân, N. K., Sơn, T. H., Hiển, N. X., Kiên, N. T., Huy, V. V., Cường, T. V. (2018). [Nghiên cứu hiện trạng quản lý phế thải xây dựng và phá dỡ ở Việt Nam](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐHXD*, 12(7):107–116.
- [9] Quyết định số 609/QĐ-TTg (2014). *Phê duyệt Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
- [10] Sata, V., Wongsas, A., Chindaprasirt, P. (2013). [Properties of pervious geopolymer concrete using recycled aggregates](#). *Construction and Building Materials*, 42:33–39.
- [11] Bhutta, M. A. R., Hasanah, N., Farhayu, N., Hussin, M. W., bin Md Tahir, M., Mirza, J. (2013). [Properties of porous concrete from waste crushed concrete \(recycled aggregate\)](#). *Construction and Building Materials*, 47:1243–1248.
- [12] Santamouris, M. (2013). [Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26:224–240.
- [13] Deng, H., Deng, D., Du, Y., Lu, X. (2019). [Using Lightweight Materials to Enhance Thermal Resistance of Asphalt Mixture for Cooling Asphalt Pavement](#). *Advances in Civil Engineering*, 2019.
- [14] Liu, Y., Li, T., Yu, L. (2020). [Urban heat island mitigation and hydrology performance of innovative permeable pavement: A pilot-scale study](#). *Journal of Cleaner Production*, 244:118938.
- [15] TCVN 7959:2017. *Bê tông nhẹ - Sản phẩm bê tông khí chưng áp - Yêu cầu kỹ thuật*. Tiêu chuẩn quốc gia.
- [16] TCVN 7570:2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [17] ACI 211 Committee (2002). *Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete Reported by ACI Committee 211*. *American Concrete Institute*, 2:1–26.
- [18] ACI (2010). *Report on Pervious Concrete*.
- [19] TCVN 6477:2016. *Gạch bê tông*. Tiêu chuẩn quốc gia.
- [20] JIS A5371:2016. *Precast unreinforced concrete products*.