

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO GẠCH BÊ TÔNG TỰ CHÈN CHO CÔNG TRÌNH BẢO VỆ BỜ SỬ DỤNG PHẾ THẢI TRO-XỈ LÒ ĐỐT RÁC

Huỳnh Trọng Phước¹, Nguyễn Trường Long¹, Lâm Trí Khang¹, Lê Thành Phiêu¹, Lê Văn Quang²

¹ Trường Đại học Cần Thơ

² Viện Vật liệu Xây dựng

Nhận ngày 24/04/2021, thẩm định ngày 01/5/2021, chỉnh sửa ngày 29/05/2021, chấp nhận đăng 22/06/2021

Tóm tắt

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích đánh giá khả năng tái sử dụng nguồn phế thải tro bay và xỉ đáy lò đốt chất thải rắn sinh hoạt tại địa phương vào chế tạo gạch bê tông tự chèn. Trong nghiên cứu này, xỉ đáy được sử dụng để thay thế cát nghiền trong cấp phối gạch ở các tỷ lệ 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % (theo thể tích). Đồng thời, ảnh hưởng của các hàm lượng xỉ đáy khác nhau đến các tính chất kỹ thuật của gạch bê tông tự chèn như cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt cũng được đánh giá theo chỉ dẫn của các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Kết quả thí nghiệm khẳng định nguồn tro-xỉ sử dụng trong nghiên cứu này không phải là phế thải nguy hại. Việc sử dụng xỉ đáy thay thế cát nghiền làm giảm cường độ chịu nén và chịu uốn của gạch trong khi độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của gạch tăng lên khi tăng tỉ lệ thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các mẫu gạch có độ hút nước cao thì cường độ chịu nén thấp và khả năng kháng mài mòn bề mặt cũng thấp tương ứng. Nhìn chung, các mẫu gạch bê tông tự chèn được chế tạo trong nghiên cứu này có các tính chất kỹ thuật thỏa mãn yêu cầu của TCVN 6476:1999.

Từ khóa: Gạch bê tông tự chèn, tro bay lò đốt rác, xỉ đáy lò đốt rác, cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước, độ mài mòn bề mặt.

Abstract

The present study was conducted to evaluate the possibility of recycling local waste incineration fly ash and bottom ash into the production of non-fired interlocking concrete bricks. In this study, bottom ash was used to replace crushed sand in brick mixtures at different levels of 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, and 100 % (by volume). Then, the effects of bottom ash content on the engineering properties of brick samples such as compressive strength, bending strength, water absorption, and surface abrasion were also evaluated following the guidelines of the Vietnamese standards. Experimental results confirm that both fly ash and bottom ash used in this study were not hazardous wastes. The use of bottom ash as a crushed sand replacement reduced the compressive and bending strength of the bricks while the water absorption and surface abrasion of the bricks increased with increasing the bottom ash content. This study also figured out that the bricks with higher water absorption had lower compressive strength and consequent poorer surface abrasion resistance. In general, the interlocking concrete brick samples produced in this study exhibited satisfactory engineering properties as stipulated by the TCVN 6476:1999 standard.

Keywords: interlocking concrete brick, incineration fly ash, incineration bottom ash, compressive strength, bending strength, water absorption, surface abrasion.

1. Giới thiệu

Báo cáo thống kê cho thấy, hiện thế giới có trung bình khoảng 1,3 tỷ tấn chất thải rắn sinh hoạt được thải ra mỗi năm thế nhưng trong số đó chỉ có khoảng 130 triệu tấn (chiếm 10 - 15 % tổng lượng rác thải sinh hoạt) được đốt [1]. Tỷ lệ rác thải sinh hoạt được đốt tại các nước phát triển lên đến 62 %, từ đó sản sinh ra một lượng tro xỉ rất lớn sau khi đốt [2]. Điển hình như ở Pháp, xấp xỉ 3 triệu tấn xỉ đáy lò đốt rác được thải ra hàng năm [3] trong khi con số này ở Thụy Điển và Đài Loan lần lượt là 450000 tấn [4] và khoảng 1 triệu tấn [5]. Như vậy, vấn đề quản lý chất thải tro xỉ thu được sau khi đốt chất thải rắn sinh hoạt đang rất được quan tâm. Ở nhiều nơi, chôn lấp được chọn làm giải pháp chủ yếu để xử lý lượng tro xỉ này. Tuy nhiên, việc chôn lấp có rất nhiều hạn chế điển hình như hao tổn diện tích đất chôn lấp và khó kiểm soát tình trạng ô nhiễm môi trường [1]. Ở Việt Nam, lượng chất thải rắn sinh hoạt tại các thành phố lớn

như Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh và Đà Nẵng chiếm tỷ trọng lớn. Số liệu thống kê năm 2017 cho thấy, tổng khối lượng chất thải rắn sinh hoạt tại Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh lần lượt là 7500 tấn/ngày và 8700 tấn/ngày [6]. Lượng chất thải rắn này có xu hướng tăng nhanh trong thời gian (đến 2030) tới với tốc độ ước tính khoảng 800 tấn/năm [6]. Nếu tổng lượng chất thải rắn sinh hoạt này được đem đi đốt thì sẽ có một lượng rất lớn tro xỉ được thải ra. Và nếu có biện pháp xử lý phù hợp thì lượng tro xỉ này sẽ trở thành nguồn nguyên liệu tiềm năng để thay thế nguồn nguyên liệu có nguồn gốc tự nhiên trong nghiên cứu và sản xuất các loại vật liệu xây dựng mới cho mục đích phát triển bền vững. Đã có một số nghiên cứu cho thấy rằng với biện pháp xử lý phù hợp thì tro xỉ lò đốt rác không phải là loại chất thải nguy hại [7, 8] và có thể tận dụng trong các hoạt động xây dựng, chẳng hạn như dùng trong kết cấu nền đường [9, 10], làm cốt liệu trong bê tông asphalt [11], làm chất kết dính [12, 13], làm

vật liệu san lấp [14], làm cốt liệu trong bê tông xi măng [15] và bê tông nhẹ [16], dùng trong cấp phối vữa xi măng [17], v.v. Việc sử dụng nguồn phế thải tro xỉ từ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt trong các hoạt động xây dựng kể trên mang lại hiệu quả tích cực về môi trường, hạn chế khai thác và sử dụng quá mức nguồn vật liệu tự nhiên và các tác động tiêu cực của hoạt động này đến đời sống [18, 19].

Có thể thấy, nguồn phế thải tro xỉ lò đốt rác được tận dụng như một nguồn vật liệu thay thế tiềm năng trong sản xuất một số loại vật liệu xây dựng như đã đề cập ở trên. Tuy nhiên, các nghiên cứu và ứng dụng loại vật liệu này trong sản xuất gạch bê tông tự chèn còn rất hạn chế. Gạch bê tông tự chèn là một loại sản phẩm gạch không nung phổ biến được dùng trong nhiều công trình xây dựng dân dụng, giao thông và thủy lợi. Loại gạch này được sản xuất chủ yếu từ bê tông, rất đa dạng về mẫu mã, hình dáng, kích thước và yêu cầu chất lượng. Ngoài ra, khả năng ứng dụng loại gạch này cũng rất linh hoạt, có thể sử dụng gạch bê tông tự chèn để lát nền, lát vỉa hè, trang trí, xây tường, làm áo đường, v.v. [20]. Do đó, có thể coi gạch bê tông tự chèn là một loại vật liệu đa năng vì được ứng dụng rất rộng rãi trong nhiều hoạt động xây dựng. Hơn nữa, với định hướng và chủ trương của chính phủ về quy hoạch phát triển và sử dụng vật liệu xây không nung trong các công trình xây dựng [21, 22] thì gạch bê tông tự chèn được xem là loại vật liệu tiềm năng trong thời gian sắp tới. Đây cũng là động lực cho một số nghiên cứu về phát triển loại gạch bê tông tự chèn này. Khan và Deshmukh [23] đã chế tạo các khối gạch bê tông tự chèn từ hỗn hợp nhiều loại vật liệu khác nhau như xi măng đất, xi măng trộn tro trấu và bê tông. Một số kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả cũng chỉ ra rằng các tính chất kỹ thuật của gạch bê tông tự chèn thay đổi đáng kể khi thay thế lượng vật liệu chất kết dính hoặc cốt liệu trong cấp phối gạch bằng các loại vật liệu phế thải khác như tro bay, tro đáy, bột thủy tinh hay cốt liệu bê tông tái chế [24 – 27], tuy nhiên sản phẩm tạo thành vẫn đáp ứng yêu cầu sử dụng.

Tính đến thời điểm hiện tại, các nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến việc tận dụng tro xỉ lò đốt rác như thành phần chất kết dính và cốt liệu trong phát triển gạch bê tông tự chèn còn hết sức khiêm tốn. Chính vì thế, để bổ sung thêm thông tin vào nguồn tài liệu tham khảo, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng chế tạo gạch bê tông tự chèn sử dụng nguồn phế thải tro bay và xỉ đáy của lò đốt chất thải rắn sinh hoạt tại địa phương. Trong đó, tro bay được sử dụng như thành phần chất kết dính và xỉ đáy được sử dụng như thành phần cốt liệu nhỏ trong các cấp phối gạch bê tông tự chèn. Ngoài ra, ảnh hưởng của việc thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy với các hàm lượng khác nhau (theo thể tích) đến các tính chất kỹ thuật của gạch bê tông tự chèn cũng được đánh giá theo quy định của các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành, bao gồm: cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt. Mọi tương quan giữa các tính chất kỹ thuật của gạch bê tông tự chèn cũng được thiết lập và thảo luận trong nghiên cứu này.

2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

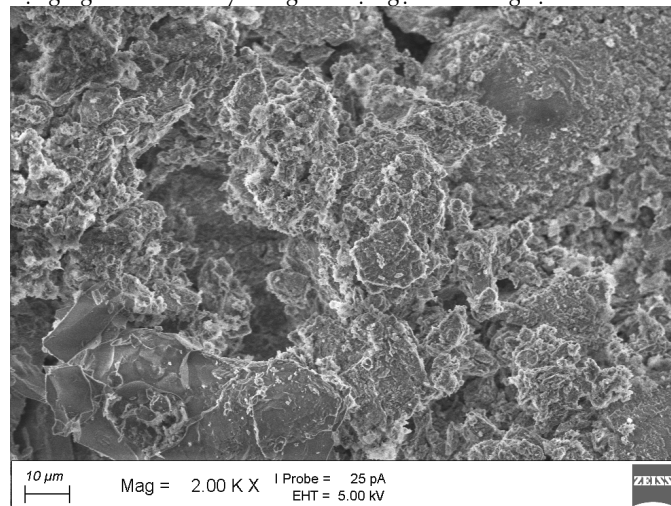
2.1 .Vật liệu thí nghiệm

Bảng 1. Các tính chất của cốt liệu.

Loại cốt liệu	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Độ hút nước (%)	Ghi chú
Xỉ đáy	2243	7,76	Mô đun độ lớn 2,76
Cát nghiền	2747	1,48	Mô đun độ lớn 3,56
Đá mi	2764	0,47	Đường kính lớn nhất 9,5 mm

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp của xi măng Insee PCB40, xỉ lò cao nghiền mịn và tro bay lò đốt chất thải rắn sinh hoạt được dùng như thành phần chất kết dính. Khối lượng riêng của xi măng, xỉ lò cao và tro bay lần lượt là 2835 kg/m³, 2849 kg/m³ và 2138 kg/m³. Cát nghiền và xỉ đáy lò đốt chất thải rắn sinh hoạt được dùng như thành phần cốt liệu nhỏ và đá mi được dùng làm cốt liệu lớn trong cấp phối gạch bê tông tự chèn. Các tính chất của ba loại cốt liệu được trình bày ở Bảng 1.

Có thể thấy, khối lượng riêng của xỉ đáy thấp hơn so với cát nghiền. Từ đó, việc sử dụng xỉ đáy để thay thế cát nghiền được kỳ vọng làm giảm khối lượng của gạch bê tông tự chèn. Tuy nhiên, độ hút nước của xỉ đáy lớn hơn rất nhiều so với cát nghiền (xấp xỉ 6 lần). Điều này chứng tỏ rằng xỉ đáy có cấu trúc hạt xốp và có nhiều lỗ rỗng. Ảnh chụp mẫu xỉ đáy dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) cũng cho thấy rõ cấu trúc này (xem Hình 1). Ngoài ra, hàm lượng kim loại nặng trong tro bay và xỉ đáy cũng được kiểm tra trước khi sử dụng để đảm bảo rằng hai loại vật liệu này không phải là phế thải nguy hại. Kết quả kiểm tra hàm lượng kim loại nặng của tro bay và xỉ đáy được trình bày ở Bảng 2. Có thể thấy rằng hàm các lượng kim loại nặng có trong tro bay và xỉ đáy ở mức rất thấp và dưới ngưỡng giới hạn cho phép của quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng chất thải nguy hại [28]. Kết quả này chứng tỏ rằng hoàn toàn có thể sử dụng nguồn tro-xỉ này trong chế tạo gạch bê tông tự chèn.



Hình 1. Ảnh chụp SEM của mẫu xỉ đáy.

Bảng 2. Hàm lượng kim loại nặng có trong tro bay và xỉ đáy.

Vật liệu	Hàm lượng kim loại nặng (mg/L)					
	As	Cr (VI)	Cd	Pb	Ni	Zn
Tro bay	0,009	0,400	0,002	0,170	0,013	0,279
Xỉ đáy	-	<0,003	0,0003	<0,0007	<0,001	<0,015
Giới hạn cho phép [28]	≤ 2	≤ 5	≤ 0,5	≤ 15	≤ 70	≤ 250

2.2. Phương pháp thí nghiệm

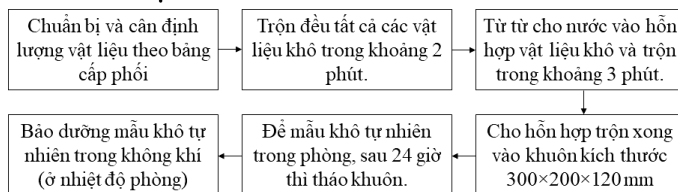
2.2.1. Thiết kế cấp phối

Các cấp phối gạch bê tông tự chèn trong nghiên cứu này được tính toán theo thuật toán thiết kế hỗn hợp lèn chặt (DMDA) trên cơ sở tối ưu hóa các thành phần vật liệu để hỗn hợp đặc chắc và có ít lỗ rỗng nhất. Trình tự các bước tính toán cụ thể có thể tham khảo ở nghiên cứu của Chen và cộng sự [29]. Kết quả tính toán thành phần cấp phối vật liệu cho chế tạo gạch bê tông tự chèn được cho ở Bảng 3. Dựa trên kết quả nghiên cứu trước, hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn được dùng kết hợp với xỉ măng là 30 % (so với tổng lượng xỉ măng và xỉ lò cao) [30]. Hàm lượng tro bay được xác định từ thuật toán thiết kế DMDA. Sáu cấp phối được trình bày ở Bảng 3 với các hàm lượng xỉ đáy thay thế cát nghiền (theo thể tích) lần lượt ở các mức 0 % (X0C10), 20 % (X2C8), 40 % (X4C6), 60 % (X6C4), 80 % (X8C2) và 100 % (X10C0). Tỷ lệ nước/chất kết dính (gồm xỉ măng, xỉ lò cao và tro bay) là 0,3 được áp dụng cho tất cả các cấp phối gạch. Cần lưu ý rằng, tất cả các cốt liệu (gồm cát nghiền, xỉ đáy và đá mi) được sử dụng để chế tạo mẫu gạch bê tông tự chèn đều ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt (SSD).

Bảng 3. Cấp phối vật liệu dùng để chế tạo mẫu gạch.

Cấp phối	Xỉ măng (kg)	Xỉ lò cao (kg)	Tro bay (kg)	Xỉ đáy (kg)	Cát nghiền (kg)	Đá mi (kg)	Nước (kg)
X0C10	462	198	92	0	700	674	226
X2C8	462	198	92	114	560	674	226
X4C6	462	198	92	229	420	674	226
X6C4	462	198	92	343	280	674	226
X8C2	462	198	92	457	140	674	226
X10C0	462	198	92	571	0	674	226

2.2.2. Chuẩn bị mẫu thử



Hình 2. Quy trình chế tạo mẫu gạch.

Các mẫu gạch bê tông tự chèn được chuẩn bị cho nghiên cứu theo quy trình tóm tắt ở Hình 2. Cần lưu ý rằng, sau khi cho hỗn hợp được trộn đều vào khuôn thì các khuôn mẫu gạch được đặt trên bàn rung trong khoảng thời gian 15 giây ở tần số cố định là 8 Hz nhằm mục đích loại bỏ các bọt khí có trong mẫu gạch.

Hình 3 là ảnh chụp các mẫu gạch bê tông tự chèn (điển hình) được chế tạo trong nghiên cứu với định hướng ứng dụng trong các công trình bảo vệ bờ.



Hình 3. Mẫu gạch bê tông tự chèn được chế tạo trong nghiên cứu.

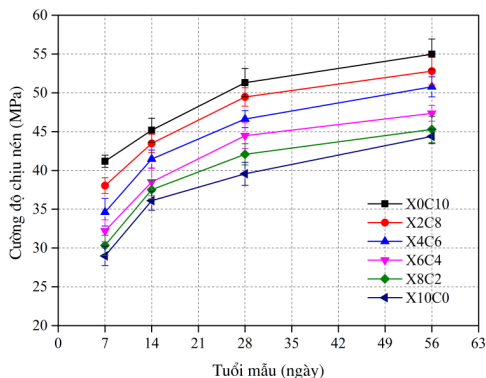
2.2.3. Phương pháp thí nghiệm

Các mẫu gạch bê tông tự chèn được kiểm tra cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn ở các tuổi mẫu 7, 14, 28 và 56 ngày theo chỉ dẫn của các tiêu chuẩn Việt Nam tương ứng là TCVN 6476:1999 [31] và TCVN 6355-3:2009 [32]. Bên cạnh đó, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch cũng được xác định ở các tuổi mẫu 28 và 56 ngày theo chỉ dẫn của TCVN 7744:2013 [33] và TCVN 6065:1995 [34] tương ứng. Ngoài ra, mối tương quan giữa cường độ chịu nén, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch bê tông tự chèn cũng được thiết lập bằng phần mềm Origin.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Cường độ chịu nén

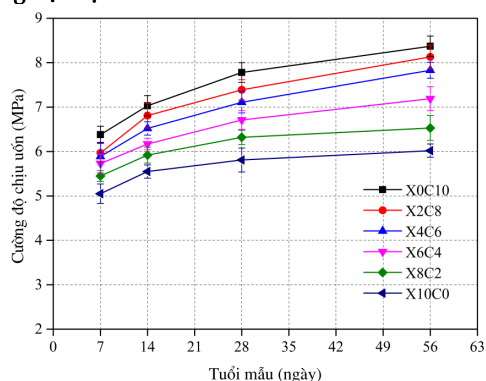
Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu gạch bê tông tự chèn được xác định và trình bày ở Hình 4. Cường độ chịu nén của tất cả các mẫu gạch phát triển liên tục theo thời gian bảo dưỡng nhưng với các tốc độ phát triển khác nhau. Ở 28 ngày tuổi, giá trị cường độ chịu nén cao nhất được ghi nhận là 51,3 MPa ở cấp phối đối chứng không sử dụng xỉ đáy, tiếp theo sau là các giá trị 49,5 MPa; 46,6 MPa; 44,5 MPa; 42,1 MPa và 39,6 MPa tương ứng ở các cấp phối chứa 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % xỉ đáy thay thế cát nghiền. Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận ở các mẫu gạch 56 ngày tuổi. Như vậy, mẫu gạch bê tông tự chèn không chứa xỉ đáy có cường độ chịu nén cao nhất và việc thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy làm giảm khả năng chịu nén của các mẫu gạch. Hàm lượng tro đáy được dùng để thay thế cát nghiền càng cao thì giá trị cường độ chịu nén của các mẫu gạch càng giảm. Nguyên nhân của sự suy giảm cường độ chịu nén có thể là do cường độ của xỉ đáy thấp hơn so với cường độ của cát nghiền [35, 36]. Tính chất chậm phản ứng pozzolan của xỉ đáy có thể là nguyên nhân làm giảm cường độ chịu nén của các mẫu gạch [37]. Hơn nữa, với cấu trúc hạt có nhiều lỗ rỗng (Hình 1) và độ hút nước cao hơn so với cát nghiền (Bảng 1), việc sử dụng xỉ đáy thay thế cát nghiền cũng làm giảm cường độ chịu nén của các mẫu gạch bê tông tự chèn [24].



Hình 4. Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu gạch.

Như vậy, theo phân loại gạch của TCVN 6476:1999 [31] dựa trên giá trị cường độ chịu nén thì các mẫu gạch bê tông tự chèn ở 28 ngày tuổi không chứa xỉ đáy đạt mác gạch M500, các mẫu gạch chứa 20 – 80 % xỉ đáy đạt mác M400, còn lại mẫu gạch thay thế hoàn toàn cát nghiền bằng xỉ đáy đạt mác M300. Các giá trị cường độ chịu nén của các mẫu gạch được quan sát là tiếp tục tăng ở tuổi 56 ngày. Hiện tượng này có thể là do sự đóng góp tích cực của hiệu ứng bảo dưỡng nội tại (do cấu trúc rỗng xốp của tro đáy) và phản ứng pozzolan của các hạt tro đáy mịn [38].

3.2. Cường độ chịu uốn

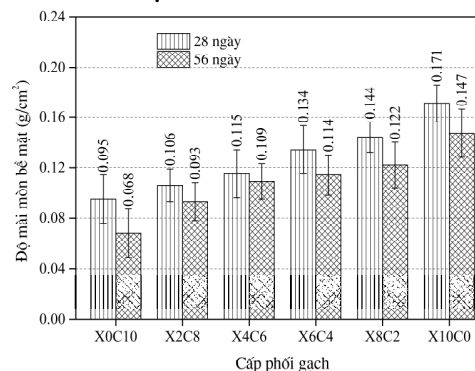


Hình 5. Sự phát triển cường độ chịu uốn của các mẫu gạch.

Sự phát triển cường độ chịu uốn của các mẫu gạch bê tông tự chèn được trình bày ở Hình 5. Tương tự như đối với cường độ chịu nén, tất cả các mẫu gạch đều có xu hướng tăng cường độ chịu uốn theo thời gian và giá trị cường độ chịu uốn của các mẫu gạch giảm dần khi gia tăng tỉ lệ thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy. Nói cách khác, cường độ chịu uốn của các mẫu gạch càng thấp khi hàm lượng xỉ đáy trong cấp phối gạch càng cao. Ở 28 ngày tuổi, giá trị cường độ chịu uốn của các mẫu gạch chứa 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % xỉ đáy lần lượt là 7,8 MPa; 7,4 MPa; 7,1 MPa; 6,7 MPa; 6,3 MPa và 5,8 MPa. Các giá trị này cho thấy khi thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy ở các mức 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % thì giá trị cường độ chịu uốn của các mẫu gạch cũng giảm tương ứng khoảng 5,4 %; 9,9 %; 16,4 %; 23,8 % và 34,5 %. Các nguyên nhân có thể dẫn đến sự sụt giảm cường độ chịu uốn của các mẫu gạch là do mức độ chậm phản ứng pozzolan của xỉ đáy [37], sự gia tăng thể tích rỗng và kém liên kết của các thành phần vật liệu trong cấp phối do sự có mặt của

xỉ đáy có cấu trúc hạt rỗng và khả năng hút nước cao [24]. Hơn nữa, như đã đề cập ở trên, hiệu ứng bảo dưỡng nội tại và phản ứng pozzolan của các hạt tro đáy mịn cũng đã góp phần làm cho cường độ chịu uốn của các mẫu gạch tiếp tục tăng sau 28 ngày [38]. Dựa trên kết quả cường độ chịu uốn của các mẫu gạch, tất cả các mẫu gạch bê tông tự chèn được chế tạo trong nghiên cứu này đều được phân loại gạch Loại 1 theo TCVN 7744:2013 [33] cho loại gạch lát ngoại thất.

3.3. Độ mài mòn bề mặt



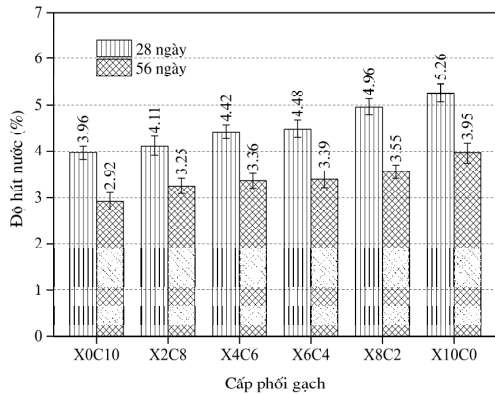
Hình 6. Độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch ở 28 và 56 ngày tuổi.

Kết quả thí nghiệm xác định độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch bê tông tự chèn ở 28 và 56 ngày tuổi được trình bày ở Hình 6. Có thể thấy được độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch bị ảnh hưởng đáng kể bởi việc thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy. Các giá trị độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch ở 28 ngày và 56 ngày được ghi nhận ở các khoảng tương ứng là 0,091 – 0,171 g/cm² và 0,068 – 0,147 g/cm². Tất cả các giá trị này đều thấp hơn rất nhiều so với mức quy định bởi TCVN 6476:1999 [31] là ≤ 0,5 g/cm². Mặc khác, như dự đoán thì độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch tăng khi tăng hàm lượng xỉ đáy trong cấp phối gạch. Các mẫu gạch bê tông tự chèn ở 28 ngày tuổi chứa 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % xỉ đáy có giá trị độ mài mòn bề mặt cao hơn tương ứng khoảng 11,6 %, 21,1 %, 41,1 %, 51,6 % và 80,0 % so với mẫu gạch đối chứng không chứa xỉ đáy. Hiện tượng này có thể được giải thích thông qua sự suy giảm cường độ của gạch khi tăng tỉ lệ thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy như đã đề cập ở trên. Sự suy giảm cường độ chịu nén dẫn đến khả năng kháng mài mòn của gạch cũng giảm [38, 39]. Ở 56 ngày, độ mài mòn của các mẫu có xu hướng tương tự như ở độ tuổi 28 ngày nhưng có giá trị thấp hơn đáng kể do cường độ chịu nén của mẫu gạch được tiếp tục tăng lên, và do đó chống mài mòn của gạch cũng được cải thiện đáng kể. Mối tương quan giữa độ mài mòn và cường độ chịu nén của các mẫu gạch sẽ được thiết lập và phân tích ở phần sau (mục 3.6).

3.4. Độ hút nước

Các giá trị độ hút nước của các mẫu gạch bê tông tự chèn ở 28 và 56 ngày tuổi được trình bày ở Hình 7. Các giá trị độ hút nước của các mẫu gạch ở 28 ngày tuổi dao động trong khoảng 3,96 % đến 5,26 %, trong khi các giá trị độ hút nước ghi nhận ở 56 ngày là từ 2,92 % đến 3,95 %. Tất cả các giá trị này đều thấp hơn 6 % và 8 % quy định cho gạch bê tông tự chèn các mác tương ứng là M500 và M300 – M400 [31]. Nói cách khác, tất cả

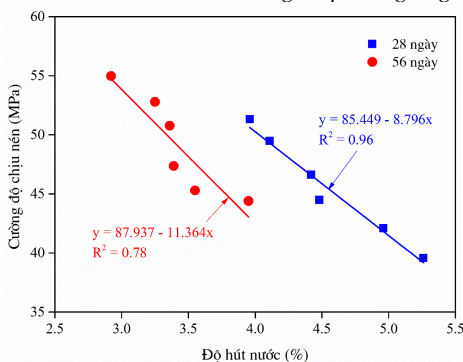
các mẫu gạch được chế tạo trong nghiên cứu này đều thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn về độ hút nước cho gạch bê tông tự chèn. Giá trị độ hút nước của các mẫu gạch ở 56 ngày tuổi thấp hơn rất nhiều so với các giá trị ở 28 ngày tuổi. Điều này chứng tỏ rằng thể tích rỗng bên trong mẫu gạch giảm do đóng góp tích cực của phản ứng pozzolan xảy ra bên trong mẫu gạch, sản sinh ra các hợp chất sau phản ứng để liên kết và lấp đầy các lỗ rỗng bên trong mẫu gạch và từ đó làm giảm khả năng hút nước của các mẫu gạch ở các tuổi muộn [40, 41]. Mặt khác, việc sử dụng xỉ đáy để thay thế cát nghiền cũng làm tăng độ hút nước của các mẫu gạch. Hàm lượng xỉ đáy càng cao thì độ hút nước cũng càng cao tương ứng. Nguyên nhân chính của sự gia tăng này là do cấu trúc lỗ rỗng của hạt xỉ đáy (Hình 1) và mức độ hút nước cao đáng kể của nó so với cát nghiền (Bảng 1).



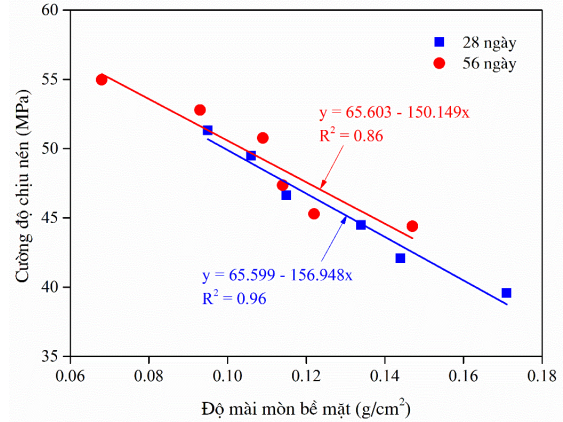
Hình 7. Độ hút nước của các mẫu gạch ở 28 và 56 ngày tuổi.

3.5. Mối liên hệ giữa cường độ chịu nén, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt

Mối tương quan giữa cường độ chịu nén và độ hút nước cũng như mối tương quan giữa cường độ chịu nén và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch ở 28 và 56 ngày tuổi được thể hiện tương ứng ở Hình 8 và Hình 9. Trong đó, mối quan hệ đường thẳng đã được thiết lập với hệ số tương quan tương đối cao ($R^2 = 78 - 96 \%$). Điều này chứng tỏ rằng giữa cường độ chịu nén và độ hút nước/ độ mài mòn bề mặt của gạch có mối quan hệ mật thiết với nhau. Các mối quan hệ này đã củng cố cho các kết quả đã thảo luận ở các phần trước rằng mẫu gạch có độ hút nước càng cao (độ rỗng lớn) thì cường độ sẽ thấp (Hình 8) và khi gạch có cường độ thấp thì độ kháng mài mòn bề mặt của nó cũng thấp tương ứng (Hình 9).



Hình 8. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và độ hút nước của các mẫu gạch.



Hình 9. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đánh giá ảnh hưởng của việc thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy lò đốt chất thải rắn sinh hoạt tại địa phương đến các tính chất kỹ thuật của mẫu gạch bê tông tự chèn, bao gồm: cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt. Mối tương quan giữa cường độ chịu nén, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch cũng đã được xây dựng vào thảo luận. Dựa trên kết quả thí nghiệm thu được, có thể rút ra được một số kết luận chủ yếu như sau:

Kết quả thí nghiệm xác định thành phần kim loại nặng trong nguồn nguyên liệu tro-xỉ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt cho thấy đây không phải loại phế thải nguy hại, hoàn toàn có thể tái sử dụng như một nguồn nguyên liệu tiềm năng trong sản xuất vật liệu xây dựng.

Các tính chất kỹ thuật của gạch bê tông tự chèn bị ảnh hưởng đáng kể khi sử dụng xỉ đáy thay thế cát nghiền trong cấp phối gạch. Khi tăng hàm lượng xỉ đáy thay thế cát nghiền thì các giá trị cường độ chịu nén và chịu uốn của mẫu gạch giảm đi, trong khi các giá trị về độ hút nước và độ mài mòn thì tăng lên.

Trong nghiên cứu này, giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của các mẫu gạch bê tông tự chèn ở 28 ngày tuổi được ghi nhận trong các khoảng tương ứng là 39,6 – 51,3 MPa, 5,8 – 7,8 MPa, 3,96 – 5,26 % và 0,095 – 0,171 g/cm². Như vậy, các mẫu gạch được chế tạo trong nghiên cứu này đạt mức M300 – M500 với độ hút nước và độ chịu mài mòn bề mặt thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho gạch bê tông tự chèn (TCVN 6476:1999). Như vậy, tùy theo mục đích ứng dụng và yêu cầu cụ thể mà lựa chọn cấp phối hợp lý để sản xuất và ứng dụng trong thực tế.

Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra mối liên quan mật thiết giữa cường độ chịu nén, độ hút nước và độ mài mòn của gạch. Các mẫu gạch có độ hút nước cao thì cường độ chịu nén thấp và khả năng kháng mài mòn bề mặt cũng thấp tương ứng. Các kết quả thí nghiệm một lần nữa cho thấy tiềm năng ứng dụng nguồn tro xỉ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt trong chế tạo gạch bê tông tự chèn nói riêng và trong sản xuất vật liệu xây dựng nói chung.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Joseph A. M., Snellings R., den Heede P. V., Matthys S., Belie N. D. (2018), The use of municipal solid waste incineration ash in various building materials: A Belgian point of view, *Materials* 11(1), pp. 141.
- [2]. European Environment Agency (2013), *Managing municipal solid waste – A review of achievements in 32 European countries*, European Environment Agency: Copenhagen, Denmark.
- [3]. Lapa N., Barbosa R., Morais J., Mendes B., Méhu J., Oliveira J. F. S. (2002), Ecotoxicological assessment of leachates from MSWI bottom ashes, *Waste Management* 22, pp. 583-593.
- [4]. Svensson M., Berg M., Ifwær K., Sjöblom R., Ecke H. (2007), The effect of isosaccharinic acid (ISA) on the mobilization of metals in municipal solid waste incineration (MSWI) dry scrubber residue, *Journal of Hazardous Materials* 144, pp. 477-484.
- [5]. Chen C. H., Chiou I. J. (2007), Distribution of chloride ion in MSWI bottom ash and de-chlorination performance, *Journal of Hazardous Materials* 148, pp. 346-352.
- [6]. Báo cáo Môi trường Quốc gia (2017), *Chất thải rắn*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, Việt Nam.
- [7]. Ngô Trà Mai, Bùi Quốc Lập (2015), Nghiên cứu thành phần và đề xuất cách thức sử dụng tro xỉ từ lò đốt rác sinh hoạt phát điện, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 48, tr. 50-56.
- [8]. Nguyen H. M., Huynh T. P., Le T. P., Ngo V. A., Chau M. K., Le N. (2021), Recycling of waste incineration bottom ash in the production of interlocking concrete bricks, *Journal of Science and Technology in Civil Engineering NUCE*, 15(2), (accepted manuscript).
- [9]. Birgisdottir H., Bhandar G., Hauschild M. Z., Christensen T. H. (2007), Life cycle assessment of disposal of residues from municipal solid waste incineration: Recycling of bottom ash in road construction or landfilling in Denmark evaluates in the ROAD-RES model, *Waste Management* 27(8), pp. 75-84.
- [10]. Forteza R., Far M., Segui C., Cerda V. (2004). Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base. *Waste Management* 24(9), pp. 899-909.
- [11]. Eymael M. M. T., Wijs W. D., Mahadew D. (1994). The use of MSWI bottom ash in asphalt concrete. *Studies in Environment Science* 60, pp. 854-862.
- [12]. Garcia-Lodeiro I., Carcelen-Taboada V., Fernández-Jiménez A., Palomo A. (2016) Manufacture of hybrid cements with fly ash and bottom ash from a municipal solid waste incinerator, *Construction and Building Materials* 105, pp. 218-226.
- [13]. Krammart P., Tangtermsirikul S. (2004), Properties of cement made by partially replacing cement raw materials with municipal solid waste ashes and calcium carbide waste, *Construction and Building Materials* 18(8), pp. 579-583.
- [14]. Lin C. L., Weng M. C., Chang C. H. (2012), Effect of incinerator bottom-ash composition on the mechanical behavior of backfill material, *Journal of Environmental Management* 113, pp. 377-382.
- [15]. Müller U., Rübner K. (2006), The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component, *Cement and Concrete Research* 36(8), pp. 1434-1443.
- [16]. Qiao X. C., Ng B. R., Tyrer M., Poon C. S., Cheeseman C. R. (2008), Production of lightweight concrete using incinerator bottom ash, *Construction and Building Materials* 22(4), pp. 473-480.
- [17]. Saikia N., Mertens G., van Balen K., Elsen J., van Gerven T., Vandecasteele C. (2015), Pre-treatment of municipal solid waste incineration (MSWI) bottom ash for utilisation in cement mortar, *Construction and Building Materials* 96, pp. 76-85.
- [18]. Ha Q. H. (2007), The channel change of Dong Nai river by sand exploitation, *Vietnam Journal of Earth Sciences* 29(3), pp. 261-266.
- [19]. Nguyễn Ngọc Quỳnh, Đặng Hoàng Thanh (2017), Vấn đề dự báo diễn biến lòng dẫn sông Hồng khi xét đến khai thác cát trên lòng sông, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, số 39, tr. 1-9.
- [20]. Nguyễn Biên Cương (2013), Nghiên cứu ứng dụng gạch bê tông tính năng cao tự chèn HPC-CBP trong xây dựng hạ tầng giao thông, *Kỷ yếu Hội thảo khoa học của Câu lạc bộ các trường đại học kỹ thuật lần thứ 43*, tr. 119-130.
- [21]. Quyết định 567/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định về việc phê duyệt chương trình phát triển vật liệu không nung đến năm 2020*, ngày 28 tháng 04 năm 2010, Hà Nội, Việt Nam.
- [22]. Thông tư 13/TT-BXD của Bộ Xây dựng, *Thông tư quy định sử dụng vật liệu xây không nung trong các công trình xây dựng*, ngày 08 tháng 12 năm 2017, Hà Nội, Việt Nam.
- [23]. Khan S. S., Deshmukh, A. S. (2015), Mortarless masonry with interlocking blocks, *International Journal of Research in Engineering, Science and Technologies* 1(8), pp. 314-319.
- [24]. Holmes N., O'Malley H., Cribbin P., Mullen H., Keane G. (2016), Performance of masonry blocks containing different proportions of incinerator bottom ash, *Sustainable Materials and Technologies* 8, pp. 14-19.
- [25]. Ali M., Briet R., Chouh N. (2013), Dynamic response of mortar-free interlocking structures, *Construction and Building Materials* 42, pp. 168-189.
- [26]. Santhosh J., Talluri R. (2015), Manufacture of interlocking concrete paving blocks with fly ash and glass powder, *International Journal of Civil Engineering and Technology* 6(4), pp. 55-64.
- [27]. Abdulmatin A., Tangchirapat W., Jaturapitakkul C. (2019), Environmentally friendly interlocking concrete paving block containing new cementing material and recycled concrete aggregate, *European Journal of Environmental and Civil Engineering* 23(12), pp. 1467-1484.
- [28]. QCVN 07:2009/BTNMT (2009), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng chất thải nguy hại*, Hà Nội, Việt Nam.
- [29]. Chen Y. Y., Bui L. A. T., Hwang C. L. (2013), Effect of paste amount on the properties of self-consolidating concrete containing fly ash and slag, *Construction and Building Materials* 47, pp. 340-346.
- [30]. Sathish P., Neeladharan C., Ilakkiya K., Jeevitha N., Mageshwari R., Nivetha P. (2018), Behaviour of light weight foam concrete block by using ggbs and foaming agent, *International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology* 5(5), pp. 109-111.
- [31]. TCVN 6476:1999 (1999), *Gạch bê tông tự chèn*, Hà Nội, Việt Nam.
- [32]. TCVN 6355-3:2009 (2009), *Gạch xây – Phương pháp thử – Phần 3: Xác định cường độ uốn*, Hà Nội, Việt Nam.
- [33]. TCVN 7744:2013 (2013), *Gạch terazo*, Hà Nội, Việt Nam.
- [34]. TCVN 6065:1995 (1995), *Gạch xi măng lát nền*, Hà Nội, Việt Nam.
- [35]. Pera J., Coutaz L., Ambroise J., Chababbet M. (1997), Use of incinerator bottom ash in concrete, *Cement and Concrete Research* 27(1), pp. 1-5.
- [36]. Cheng A. (2012), Effect of incinerator bottom ash properties on mechanical and pore size of blended cement mortars, *Materials and Design* 36, pp. 859-864.
- [37]. Li X. G., Lv Y., Ma B. Q., Chen Q. B., Yin X. B., Jian S. W. (2012), Utilization of municipal solid waste incineration bottom ash in blended cement, *Journal of Cleaner Production* 32, pp. 96-100.
- [38]. Shen P., Zheng H., Xuan D., Lu J. X., Poon C. S. (2020), Feasible use of municipal solid waste bottom ash in ultra-high performance concrete, *Cement and Concrete Composites* 114, pp. 103814.
- [39]. Ghafoori N., Sukandar B. M. (1995), Abrasion resistance of concrete block pavers, *ACI Materials Journal* 92(1), pp. 25-36.
- [40]. Basheer L., Kropp J., Cleland D. J. (2001), Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: A review, *Construction and Building Materials* 15, pp. 93-103.
- [41]. Liu J., Xing F., Dong B., Ma H., Pan D. (2014), Study on water sorptivity of the surface layer of concrete, *Materials and Structures* 47, pp. 1941-1951.