

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG XI LÒ CAO NGHIÊN MỊN TRONG SẢN XUẤT BÊ TÔNG BỘT HOẠT TÍNH

Mai Thị Hồng¹, Nguyễn Văn Dũng¹, Ngô Sĩ Huy¹, Trịnh Thị Hà Phương¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu này sử dụng xi lò cao nghiên mịn để thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông bột hoạt tính. Các mẫu nghiên cứu sử dụng xi lò cao nghiên mịn thay thế từ 15% đến 60% xi măng. Kết quả thí nghiệm cho thấy, sử dụng xi lò cao nghiên mịn góp phần cải thiện tính công tác của bê tông, giảm khối lượng thể tích của bê tông tươi, giảm độ hút nước và tăng khả năng cách nhiệt. Mặc dù giá trị vận tốc truyền xung siêu âm của bê tông giảm khi tăng hàm lượng xi lò cao nghiên mịn, tuy nhiên các mẫu bê tông trong nghiên cứu này vẫn đạt chất lượng tốt với cường độ chịu nén lớn hơn 75 MPa, vận tốc truyền xung siêu âm trên 4200 m/s và độ hút nước nhỏ hơn 3,42%. Dựa trên kết quả thí nghiệm từ nghiên cứu này, hàm lượng xi lò cao nghiên mịn thay thế xi măng phù hợp được đề xuất sử dụng từ 15% đến 30%.

Từ khóa: Bê tông bột hoạt tính, bê tông tiên tiến, xi lò cao nghiên mịn.

DOI: <https://doi.org/10.70117/hdujs.79.09.2025.923>

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, nhu cầu sử dụng thép phục vụ các ngành công nghiệp cũng như xây dựng cơ sở hạ tầng ngày càng gia tăng, nhiều nhà máy sản xuất thép được đầu tư xây dựng. Tuy nhiên, quá trình này cũng thải ra một lượng lớn chất thải rắn trong đó có xi lò cao. Theo thống kê, mỗi năm tại các nhà máy sản xuất thép tại Việt Nam có khoảng 1,12 triệu tấn xi lò cao nghiên mịn được tạo ra [1]. Cũng như các ngành công nghiệp khác, việc xử lý các chất thải rắn luôn là vấn đề cấp thiết vì liên quan trực tiếp đến chi phí xử lý môi trường cũng như chi phí sản xuất. Do đó, việc tái sử dụng các chất thải này cho các mục đích khác, chẳng hạn trong sản xuất vật liệu xây dựng nhận được nhiều sự quan tâm từ các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước. Mặt khác, quá trình sản xuất bê tông cần một lượng lớn xi măng, trong khi để sản xuất xi măng cần tiêu thụ một khối lượng lớn tài nguyên thiên nhiên và đồng thời thải ra khí quyển một lượng CO₂ rất lớn, gây ô nhiễm môi trường, là tác nhân gây ra hiện tượng biến đổi khí hậu [2]. Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về sử dụng xi lò cao nghiên mịn trong sản xuất bê tông [3,4]. Kết quả cho thấy, khi sử dụng với hàm lượng thích hợp, xi lò cao nghiên mịn có thể cải thiện một số tính chất cơ lý của bê tông. Ngoài ra, xi lò cao nghiên mịn cũng được ứng dụng như vật liệu kết dính trong chế tạo vữa xây dựng [5][6], sản xuất bê tông tự lèn [7][8] và bê tông bột [9][10]. Tuy nhiên, việc sử dụng xi lò cao nghiên mịn trong sản xuất vật liệu xây dựng tại Việt Nam vẫn còn hạn chế, đặc biệt là trong một số loại bê tông tiên tiến như bê tông bột hoạt tính [1].

¹ Khoa Kỹ thuật, Công nghệ và Truyền thông, Trường Đại học Hồng Đức; Email: maithihong@hdu.edu.vn

Bê tông bột hoạt tính là một loại bê tông tiên tiến sử dụng chủ yếu các vật liệu dạng bột có độ hoạt tính cao. Các vật liệu này tham gia các phản ứng hóa học tốt và làm cho kết cấu của bê tông đặc chắc và bền vững với môi trường. Các nghiên cứu trước cho thấy bê tông bột hoạt tính có hiệu năng vượt trội so với bê tông thông thường [11][12]. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của loại bê tông này là giá thành cao do sử dụng lượng lớn xi măng và silica fume làm chất kết dính [13]. Hơn nữa, với hàm lượng xi măng lớn, các phản ứng thủy hóa xảy ra mạnh mẽ làm tăng nhiệt độ trong bê tông, gây ra hiện tượng co ngót. Vì vậy, cần nghiên cứu để giảm bớt lượng xi măng trong thành phần cấp phối của bê tông bột hoạt tính.

Như đã đề cập ở trên, với lượng xi lò cao nghiên cứu thử nghiệm ngày càng lớn, trong khi việc tái sử dụng chúng trong sản xuất các loại bê tông tiên tiến ở Việt Nam còn hạn chế. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá thực nghiệm khả năng sử dụng xi lò cao nghiên cứu để thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông bột hoạt tính. Ảnh hưởng của hàm lượng xi lò cao nghiên cứu lên một số tính chất cơ lý của bê tông như độ linh động, khối lượng thể tích bê tông tươi, cường độ chịu nén, vận tốc truyền xung siêu âm, độ hút nước và độ truyền nhiệt được đánh giá. Kết quả thu được góp phần tạo một loại vật liệu có cường độ cao, sử dụng một phần chất thải rắn công nghiệp và giúp tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Xi măng sử dụng là loại PCB40 của nhà máy xi măng Nghi Sơn, có khối lượng riêng là 3,12 tấn/m³. Silica fume được mua từ công ty IPRO, có khối lượng riêng 2,21 tấn/m³, xi lò cao nghiên cứu được lấy từ nhà máy thép Hòa Phát với khối lượng riêng 2,82 tấn/m³. Trong khi xi măng và silica fume là các chất kết dính chính trong thành phần bê tông bột hoạt tính, xi lò cao nghiên cứu được sử dụng để thay thế một phần xi măng nhằm tái sử dụng chất thải rắn công nghiệp cũng như giảm bớt lượng nhiệt phát sinh trong quá trình thủy hóa của bê tông. Cốt liệu sử dụng là cát mịn có nguồn gốc từ sông Mã và được sàng qua các rây sàng để lấy kích cỡ hạt trong khoảng từ 0,15 đến 0,63 mm. Nghiên cứu cũng sử dụng phụ gia siêu dẻo Sikament NN dạng lỏng, màu nâu nhạt, độ pH 8,65, tỷ trọng 1,15 kg/lít để giảm lượng nước trộn và tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông. Hình 1 minh họa các vật liệu không được sử dụng trong nghiên cứu này.

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối của bê tông bột hoạt tính

Cấp phối của các hỗn hợp bê tông được thiết kế cho 1 m³ và được trình bày trong Bảng 1. Mẫu đối chứng XL00 được thiết kế trước với chất kết dính bao gồm 75% xi măng và 25% silica fume, tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) bằng 0,24, tỷ lệ cát/CKD bằng 1,0. Các mẫu tiếp theo sử dụng xi lò cao nghiên cứu để thay thế 15%, 30%, 45% và 60% xi măng theo khối lượng, tương ứng được các mẫu XL15, XL30, XL45 và XL60. Trong đó XL là ký hiệu của xi lò cao nghiên cứu, các số đứng sau (15, 30, 45 và 60) tương ứng chỉ hàm lượng phần trăm xi lò cao nghiên cứu (tính theo khối lượng) thay thế xi măng trong các mẫu thử. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo được dùng điều chỉnh để hỗn hợp bê tông bột hoạt tính có độ chảy xòe trong phạm vi 18 ± 2 cm.



Hình 1. Vật liệu thí nghiệm a) xi măng, b) silica fume, c) xỉ lò cao nghiền mịn và d) cát

Bảng 1. Thành phần cấp phối bê tông bột hoạt tính (kg/m³)

TT	Tên mẫu	N/CKD	Thành phần cấp phối (kg)					Phụ gia siêu dẻo
			Xi măng	Silica fume	Xi lò cao nghiền mịn	Cát	Nước	
1	XL00	0,24	817,1	204,4	0	1021	245,1	14,0
2	XL15		683,6	201,0	120,6	1005	241,3	13,1
3	XL30		553,3	197,6	237,1	988	237,1	14,0
4	XL45		428,4	194,7	350,5	973	233,7	12,2
5	XL60		307,1	191,9	460,7	960	230,3	10,5

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Các loại vật liệu đầu vào được chuẩn bị và cân theo khối lượng như ở Bảng 1 cho 01 mẻ trộn. Các vật liệu khô được cho vào máy trộn trước cho đến khi đều, sau đó cho từ từ hỗn hợp nước và phụ gia siêu dẻo vào trộn cho đến khi được hỗn hợp đồng nhất. Độ linh động của hỗn hợp bê tông tươi được xác định theo TCVN 3121-2022 [16] ngay sau khi trộn. Lưu ý rằng, bê tông bột hoạt tính có thành phần cấp phối là các hạt mịn tương tự như vữa, do vậy các tính chất cơ lý của bê tông bột hoạt tính được xác định dựa trên các tiêu chuẩn thí nghiệm của vữa. Sử dụng phụ gia siêu dẻo để điều chỉnh độ chảy xòe của các hỗn hợp bê tông tươi, sao cho tất cả các hỗn hợp có độ chảy xòe trong khoảng 18 ± 2 cm. Tiếp theo tiến hành xác định khối lượng thể tích bê tông tươi theo TCVN 3121-2022 [16]. Sử dụng các khuôn hình lập phương kích thước $50 \times 50 \times 50$ mm để đúc mẫu xác định cường độ chịu nén và độ hút nước. Sử dụng khuôn hình trụ có đường kính 100 mm, chiều cao 200 mm để đúc mẫu xác định vận tốc truyền xung siêu âm và độ truyền nhiệt. Độ hút nước và độ truyền nhiệt của bê tông được xác định tại 28 ngày tuổi, trong khi cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm được xác định tại 3, 7, 14 và 28 ngày tuổi. Độ truyền nhiệt của bê tông được đo trực tiếp bằng thiết bị ISOMET-2014, trong khi vận tốc truyền xung siêu âm được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C597 [17], các tính chất khác của bê tông được xác định dựa theo TCVN 3121-2022 [14].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các tính chất của bê tông tươi

Độ chảy xòe và khối lượng thể tích bê tông tươi được thể hiện trong Bảng 2. Các hỗn hợp bê tông bột hoạt tính có đường kính độ chảy xòe nằm trong khoảng $16 \div 19,5$ cm, với

hàm lượng phụ gia siêu dẻo được sử dụng từ 1,1÷1,4% khối lượng của chất kết dính. Khi tăng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn ta thấy đường kính chảy xòe của các hỗn hợp bê tông tươi có xu hướng tăng lên hoặc hàm lượng phụ gia siêu dẻo giảm đi. Kết quả này cho thấy độ linh động của hỗn hợp bê tông được cải thiện khi sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn thay thế một phần xi măng, điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Oner và Akyuz [18]. Nguyên nhân, do đường kính hạt của xỉ lò cao nghiền mịn nhỏ hơn xi măng và silica fume, nên làm tăng khả năng chảy của bê tông [19]. Mặt khác, từ Bảng 2 ta thấy, khi tăng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn từ 0% đến 60%, khối lượng thể tích của bê tông tươi giảm nhẹ từ 2185 kg/m³ xuống 2120 kg/m³. Điều này là do khối lượng riêng của xỉ lò cao nghiền mịn thấp hơn xi măng (2,82 tấn/m³ so với 3,12 tấn/m³). Do đó, việc thay thế một phần xi măng bằng xỉ lò cao nghiền mịn không những giúp cải thiện độ linh động của bê tông mà còn giúp giảm khối lượng thể tích của bê tông tươi.

3.2. Cường độ chịu nén

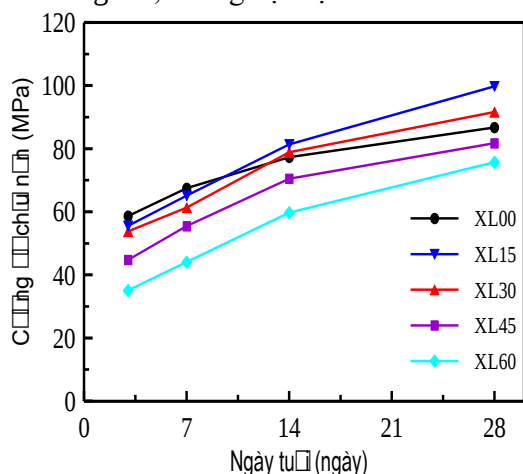
Hình 2 thể hiện sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bột hoạt tính chứa xỉ lò cao nghiền mịn theo thời gian. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bột hoạt tính tại 28 ngày tuổi của mẫu đối chứng XL00 là 86,73 MPa, còn các mẫu sử dụng 15%, 30%, 45% và 60% xỉ lò cao nghiền mịn có cường độ chịu nén lần lượt là 99,78 MPa, 91,63 MPa, 81,82 MPa và 75,70 MPa. Điều này có nghĩa là việc thay thế 15% hoặc 30% xi măng bởi xỉ lò cao nghiền mịn giúp tăng cường độ nén của bê tông bột hoạt tính. Điều này được giải thích là do xỉ lò cao nghiền mịn có kích thước nhỏ giúp chúng có khả năng điền đầy vào các lỗ rỗng bên trong bê tông và các phản ứng puzolanic của nó góp phần làm cho bê tông ngày càng đặc chắc, vì vậy cường độ nén của bê tông tăng [18]. Từ Hình 2 còn cho thấy, ban đầu mẫu XL00 có cường độ cao nhất, tuy nhiên theo thời gian, sự phát triển cường độ của mẫu này có xu hướng chậm dần so với các mẫu XL15 và XL30, điều này là do các phản ứng puzolanic của xỉ lò cao nghiền mịn trong các mẫu XL15 và XL30 xảy ra chậm hơn so với các phản ứng thủy hóa của mẫu XL00. Khi hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn tiếp tục tăng vượt quá 30%, cường độ chịu nén của bê tông giảm còn 81,72 MPa và 75,70MPa tương ứng với hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn sử dụng là 45% và 60% so với mẫu đối chứng có cường độ chịu nén là 86,73 MPa. Hiện tượng này là do lượng xỉ lò cao nghiền mịn sử dụng vượt quá giá trị phù hợp làm mất đi hiệu ứng điền đầy của nó. Tuy nhiên, tất cả mẫu bê tông bột hoạt tính trong nghiên cứu này đều có cường độ chịu nén lớn hơn 75,70 MPa ở 28 ngày tuổi, cao hơn đáng kể so với bê tông thông thường sử dụng trong thực tế với cường độ chịu nén khoảng 20-50 MPa.

Bảng 2. Độ chảy xòe và khối lượng thể tích bê tông tươi

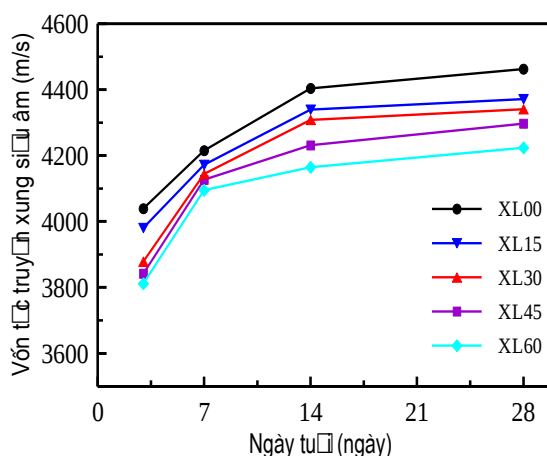
Tên mẫu	Hàm lượng XLCNM (%)	Hàm lượng phụ gia siêu dẻo (%)	Đường kính chảy xòe (cm)	Khối lượng thể tích bê tông tươi (kg/m ³)
XL00	0	1,4	16,0	2185
XL15	15	1,3	16,0	2174
XL30	30	1,4	19,0	2142
XL45	45	1,3	17,5	2140
XL60	60	1,1	19,5	2120

3.3. Vận tốc truyền xung siêu âm

Kết quả xác định vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu bê tông bột hoạt tính với các hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn khác nhau được thể hiện ở Hình 3. Nhìn chung, giá trị vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu bê tông tăng dần theo thời gian và giảm nhẹ khi tăng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn. Theo thời gian, các phản ứng thủy hóa và pozzolan liên tục xảy ra làm cho kết cấu bên trong của bê tông ngày càng đặc chắc, giúp tăng cường độ chịu nén và giá trị vận tốc truyền xung siêu âm. Tại 28 ngày tuổi mẫu XL00 có giá trị vận tốc truyền xung siêu âm là 4462 m/s, còn các mẫu XL15, XL30, XL45 và XL60 có các giá trị vận tốc truyền xung siêu âm giảm dần tương ứng là 4371 m/s, 4341 m/s, 4297 m/s và 4223 m/s. Theo nghiên cứu trước [15], vận tốc truyền xung siêu âm và khối lượng thể tích của bê tông có liên quan chặt chẽ với nhau. Từ Bảng 2 ta thấy, khi tăng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn, khối lượng thể tích bê tông giảm, dẫn đến giá trị vận tốc truyền xung siêu âm cũng giảm. Tuy nhiên, sự khác biệt về giá trị vận tốc truyền xung siêu âm giữa các mẫu XL15 và XL30 so với mẫu đối chứng XL00 là không đáng kể, do khối lượng thể tích bê tông tươi của mẫu XL15 và XL30 nhỏ hơn không đáng kể so với mẫu XL00. Các mẫu XL45 và XL60 có giá trị vận tốc truyền xung siêu âm giảm nhiều hơn so với mẫu đối chứng. Mặt khác, nghiên cứu trước đã sử dụng giá trị vận tốc truyền xung để phân loại chất lượng của bê tông, với các mẫu có giá trị trên 4100 m/s được cho là có chất lượng tốt [16]. Các mẫu bê tông sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn trong nghiên cứu này đều có giá trị vận tốc truyền xung siêu âm lớn hơn 4200 m/s ở 28 ngày tuổi. Mặt khác, có thể nhận thấy mối quan hệ tỉ lệ thuận giữa vận tốc truyền xung siêu âm với cường độ chịu nén của các mẫu bê tông. Khi giá trị vận tốc truyền xung siêu âm tăng, cường độ chịu nén của mẫu bê tông tương ứng cũng tăng, và ngược lại khi giá trị vận tốc truyền xung siêu âm giảm, cường độ chịu nén của mẫu bê tông tương ứng giảm.



Hình 2. Cường độ chịu nén



Hình 3. Vận tốc truyền xung siêu âm

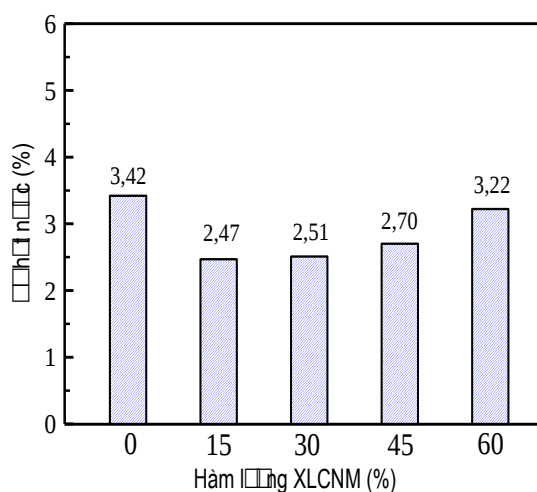
3.4. Độ hút nước

Độ hút nước của các mẫu bê tông bột hoạt tính ở ngày tuổi thứ 28 được thể hiện trong Hình 4, các mẫu sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn đều có độ hút nước thấp hơn so với mẫu đối chứng XL00. Mẫu XL15 có độ hút nước 2,47%, thấp nhất so với các mẫu còn lại. Các mẫu XL30, XL45 và XL60 có độ hút nước tương ứng là 2,51%, 2,70% và 3,22%, trong khi mẫu

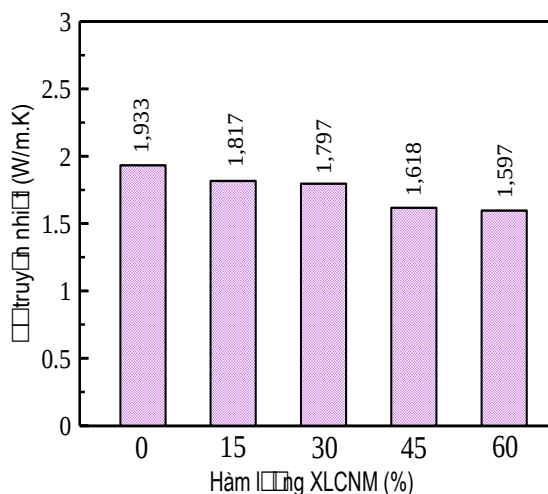
đối chứng XL00 có độ hút nước là 3,42%. Điều này có nghĩa là khi sử dụng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn hợp lý, giúp giảm độ hút nước của bê tông. Hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn hợp lý trong nghiên cứu này được xác định là 15%, tuy nhiên để tăng khả năng tái chế chất thải rắn công nghiệp thì có thể dùng đến 30%. Cả 2 mẫu XL15 và XL30 đều có cường độ chịu nén lớn hơn so với mẫu đối chứng trong khi độ hút nước thấp hơn. Như đã đề cập ở trên, khả năng điền đầy và các phản ứng pozzolan của xỉ lò cao nghiền mịn làm cho kết cấu bê tông đặc chắc hơn, dẫn đến độ hút nước của các mẫu sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn thấp hơn so với mẫu đối chứng [18].

3.5. Độ truyền nhiệt

Độ truyền nhiệt của bê tông được đánh giá thông qua giá trị hệ số truyền nhiệt, hệ số này càng thấp thì khả năng cách nhiệt của bê tông càng cao. Kết quả đo độ truyền nhiệt của các mẫu bê tông ứng với các hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn khác nhau được thể hiện trên Hình 5. Khi tăng hàm lượng xỉ lò cao nghiền mịn, độ truyền nhiệt của các mẫu bê tông giảm. Cũng như giá trị vận tốc truyền xung siêu âm, độ truyền nhiệt của bê tông có liên quan trực tiếp đến khối lượng thể tích của bê tông [17]. Mẫu có khối lượng thể tích càng lớn thì hệ số truyền nhiệt càng cao. Cụ thể, mẫu XL00 có khối lượng thể tích bê tông lớn nhất (2185 kg/m^3), tương ứng có độ truyền nhiệt cao nhất ($1,933 \text{ W/m.K}$). Tương tự, mẫu XL60 có khối lượng thể tích bê tông nhỏ nhất (2120 kg/m^3) có hệ số truyền nhiệt thấp nhất ($1,597 \text{ W/m.K}$). Như vậy, việc sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn giúp cải thiện khả năng cách nhiệt của bê tông bột hoạt tính giảm.



Hình 4. Độ hút nước



Hình 5. Độ truyền nhiệt

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá khả năng sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn, một loại chất thải rắn trong các nhà máy luyện thép, để thay thế một phần xi măng trong một loại bê tông tiên tiến, bê tông bột hoạt tính. Một số kết luận chính được rút ra từ kết quả thực nghiệm như sau:

Sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn thay thế một phần xi măng giúp cải thiện độ linh động, giảm khối lượng thể tích của bê tông tươi, giảm độ hút nước và tăng khả năng cách nhiệt.

Mặc dù sử dụng xi lò cao nghiền mịn làm giảm giá trị vận tốc truyền xung siêu âm, tuy nhiên tất cả các mẫu sử dụng xi lò cao nghiền mịn trong nghiên cứu này đều có giá trị lớn hơn 4200 m/s.

Sử dụng hàm lượng hợp lý xi lò cao nghiền mịn thay thế xi măng giúp tăng cường độ chịu nén của bê tông. Trong phạm vi của nghiên cứu này, hàm lượng xi lò cao nghiền mịn hợp lý dùng để thay thế xi măng được đề xuất trong khoảng từ 15% đến 30%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngo, S.H., Huynh, T.P. (2022), *Effect of paste content on long-term strength and durability performance of green mortars*, Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE)-HUCE, 16 (1) 113-125.
- [2] Belaïd, F. (2022), *How does concrete and cement industry transformation contribute to mitigating climate change challenges?*, Resources, Conservation and Recycling Advances, 15, 200084.
- [3] Ganesh Babu, K., Sree Rama Kumar, V. (2000), *Efficiency of GGBS in concrete*, Cement and Concrete Research, 30, 1031-1036.
- [4] Ahmad, J., Kontoleon, K.J., Majdi, A., Naqash, M.T., Deifalla, A.F., Ben Kahla, N., Isleem, H.F., Qaidi, S.M.A. (2022), *A comprehensive review on the ground granulated blast furnace slag (GGBS) in concrete production*, Sustainability 14, 8783.
- [5] Wan, H., Shui, Z., Lin, Z. (2004), *Analysis of geometric characteristics of GGBS particles and their influences on cement properties*, Cement and Concrete Research, 34, 133-137.
- [6] Siddique, R., Bennacer, R. (2012), *Use of iron and steel industry by-product (GGBS) in cement paste and mortar*, Resources, Conservation and Recycling, 69, 29-34.
- [7] Al-Oran, A.A.A., Safiee, N. A., Nasir, N.A.M. (2019), *Fresh and hardened properties of self-compacting concrete using metakaolin and GGBS as cement replacement*, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 26, 379-392.
- [8] Dinakar, P., Sethy, K.P., Sahoo, U.C. (2013), *Design of self-compacting concrete with ground granulated blast furnace slag*, Materials and Design, 43, 161-169.
- [9] Samson, G., Cyr, M., Gao, X.X. (2017), *Thermomechanical performance of blended metakaolin-GGBS alkali-activated foam concrete*, Construction and Building Materials, 157, 982-993.
- [10] Awang, H., Aljoumaily, Z.S., Hussain, R.R. (2017), *Influence of granulated blast furnace slag on mechanical properties of foam concrete*, Cogent Engineering, 4, 1409853.
- [11] Cwirzen, A., Penttala, V., Vornanen, C. (2008), *Reactive powder based concretes: Mechanical properties, durability and hybrid use with OPC*, Cement and Concrete Research, 38, 1217-1226.
- [12] Sanjuán, M.Á., Andrade, C. (2021), *Reactive powder concrete: Durability and applications*, Applied Sciences, 11, 5629.
- [13] Zhang, M.H., Tam, C.T., Leow, M.P. (2003), *Effect of water-to-cementitious materials ratio and silica fume on the autogenous shrinkage of concrete*, Cement and Concrete Research, 33(10) 1678-1694.

- [14] TCVN 3121 (2022), *Vữa xây dựng - Phương pháp thử*, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [15] Bogas, J. A., Gomes, M. G., Gomes, A. (2013), *Compressive strength evaluation of structural lightweight concrete by non-destructive ultrasonic pulse velocity method*, Ultrasonics, 53(5), 962-972.
- [16] Solís-Carcaño, R., Moreno, E. I. (2008), *Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity*, Construction and Building Materials, 22(6) 1225-1231.
- [17] Uysal, H. Demirboğa, R., Şahin, R., Gül, R. (2004), *The effects of different cement dosages, slumps, and pumice aggregate ratios on the thermal conductivity and density of concrete*, Cement and Concrete Research, 34, 845-848.
- [18] Kou, S. C., Poon, C. S., & Agrela, F. (2011), *Comparisons of natural and recycled aggregate concretes prepared with the addition of different mineral admixtures*, Cement and Concrete Composites, 33(8) 788-795.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE USE OF GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG IN PRODUCING REACTIVE POWDER CONCRETE

Mai Thi Hong, Nguyen Van Dung, Ngo Si Huy, Trinh Thi Ha Phuong

ABSTRACT

This study investigated the use of ground granulated blast furnace slag (GGBFS) to partially replace cement in the production of reactive powder concrete. Studied mixtures were formed by replacing 15%-60% cement with GGBFS. Test results indicated that the presence of GGBFS contributed to enhancing the concrete workability, reduced the unit weight of fresh concrete, decreased the water absorption, and increased the thermal insulation. Although the ultrasonic pulse velocity of concrete reduced with increasing GGBFS content, all concrete mixtures in this study had a good quality with compressive strength of higher than 75 MPa, ultrasonic pulse velocity of above 4200 m/s, and the water absorption of lower than 3.42%. Based on the experimental program in this study, the optimal GGBFS content used to replace cement was suggested as 15%-30%.

Keywords: Reactive powder concrete, innovative concrete, ground granulated blast furnace slag.

** Ngày nộp bài: 13/05/2025; Ngày gửi phản biện: 27/05/2025; Ngày duyệt đăng: 25/9/2025*

** Lời cảm ơn: Xin trân trọng cảm ơn các giảng viên Bộ môn Kỹ thuật công trình - Khoa Kỹ thuật Công nghệ và Truyền thông, Trường Đại học Hồng Đức cùng học viên cao học Lê Công Thức đã hỗ trợ trong suốt quá trình thí nghiệm.*