

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẢN XUẤT GẠCH KHÔNG NUNG TỪ TRO ĐÁY VÀ TRO BAY CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NGHI SƠN

Lưu Đình Thi¹, Lê Thị Thanh Tâm¹

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu các đặc tính kỹ thuật của gạch không nung được sản xuất từ tro đáy và tro bay của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn. Tro bay được sử dụng thay thế 0%, 30%, 50% và 70% xi măng, trong khi tro đáy được sử dụng như cốt liệu nhỏ. Kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ chịu nén của các mẫu gạch đạt mức M10, M7,5 và M5,0 tương ứng với hàm lượng tro bay sử dụng là 30%, 50%, và 70%. Vận tốc truyền xung siêu âm, khối lượng thể tích và hệ số dẫn nhiệt giảm, trong khi độ hút nước của các mẫu gạch tăng khi tăng hàm lượng tro bay. Tuy nhiên, chất lượng các mẫu gạch được đánh giá tương đối tốt tương ứng với giá trị vận tốc truyền xung siêu âm lớn hơn 2200 m/s.

Từ khóa: *Gạch không nung, tro đáy, tro bay, cường độ chịu nén, khối lượng thể tích, độ hút nước, vận tốc truyền xung siêu âm, độ truyền nhiệt.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gạch là một trong những vật liệu xây dựng phổ biến không chỉ ở Việt Nam mà còn trên phạm vi toàn cầu. Hiện nay, gạch không nung được nghiên cứu và phát triển rất đa dạng, chủ yếu sử dụng các loại vật liệu là phế thải trong sản xuất công nghiệp như tro bay, tro trấu nghiền và các rác thải khác từ các mỏ khai thác quặng vàng, đồng,... Trong đó, việc sử dụng tro bay (phế thải của nhà máy nhiệt điện) được nghiên cứu và sử dụng phổ biến nhất [1-4]. Tuy nhiên, chất lượng của gạch phụ thuộc vào chất lượng của tro bay được sử dụng [5]. Trong khi đó, mỗi nhà máy nhiệt điện chạy than thải ra loại tro bay có tính chất khác nhau.

Ở Việt Nam, gạch không nung cũng được nghiên cứu và sử dụng khá phổ biến, mỗi năm khoảng 40 triệu viên được tiêu thụ, phục vụ cho ngành công nghiệp xây dựng. Nguyễn Văn Chánh cùng các cộng sự [6] đã chế tạo thành công gạch không nung sử dụng 40-80% khối lượng là tro bay, còn lại là bùn đỏ. Sản phẩm gạch tạo ra có cường độ đạt 9,8-18,6 MPa, độ hút nước 5,2-12,7%. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu này để đảm bảo các đặc tính vật lý (đặc biệt là cường độ nén) thỏa mãn theo tiêu chuẩn, các tác giả đều phải kết hợp với phụ gia hoạt hóa. Điều này làm cho giá thành sản phẩm cao, hiệu quả kinh tế kém, khó có thể ứng dụng sản xuất trong thực tế. Ngoài những nghiên cứu trên, hiện nay một số tác giả đã hướng đến việc tái sử dụng tro đáy từ các nhà máy nhiệt điện, tuy nhiên những nghiên cứu này còn ít được công bố.

Bài báo này, tác giả nghiên cứu sử dụng đồng thời cả tro bay và tro đáy trong sản xuất gạch không nung. Trong đó, tro bay được sử dụng để thay thế xi măng với hàm lư

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

ợng lần lượt là 30%, 50%, và 70%; tro đáy được sử dụng như cốt liệu nhỏ. Tro bay và tro đáy trong nghiên cứu này được lấy từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Các đặc tính kỹ thuật của gạch không nung được sản xuất chủ yếu từ phế thải của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn (tro đáy và tro bay) như: cường độ chịu nén, khối lượng thể tích, độ hút nước, vận tốc truyền xung siêu âm và độ truyền nhiệt được trình bày trong nghiên cứu này.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Nghiên cứu này sử dụng xi măng Nghi Sơn PCB40 và tro bay của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn làm chất kết dính, khối lượng riêng của chúng lần lượt là 3,12 tấn/m³ và 2,16 tấn/m³. Các thành phần hóa học của xi măng và tro bay được trình bày trong bảng 1. Theo tiêu chuẩn ASTM C618 [6], tro bay sử dụng trong nghiên cứu này là tro bay nhóm F, với tổng hàm lượng (SiO₂+ Al₂O₃ + Fe₂O₃) lớn hơn 70%. Các nghiên cứu trước đây [1-3] sử dụng tro bay tuyển có lượng mất khi nung nhỏ hơn 6%, phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C618 [7]. Tro bay sử dụng trong nghiên cứu này là tro bay thô, với lượng mất khi nung lên đến 15,8%, lớn hơn nhiều so với yêu cầu của tiêu chuẩn ASTM C618. Việc sử dụng tro bay thô chưa qua tuyển chọn trong sản xuất gạch không nung góp phần làm giảm giá thành sản xuất và ảnh hưởng của nó lên các đặc tính kỹ thuật của gạch không nung sẽ được đánh giá trong nghiên cứu này. Tro đáy của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn được sử dụng để làm cốt liệu nhỏ, các tính chất của nó bao gồm: khối lượng riêng 2,1 tấn/m³; khối lượng thể tích khô 1,13 tấn/m³; độ ẩm 5,56%; đường kính hạt lớn nhất 5 mm và mô đun độ lớn 2,09.

Bảng 1. Thành phần hóa học của xi măng và tro bay (% theo khối lượng)

Thành phần (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Khác	Lượng mất khi nung
Xi măng	22,4	5,3	4,0	55,9	2,8	2,1	0,8	0,3	4,5	1,9
Tro bay	48,4	20,4	4,8	2,8	1,4	0,2	1,1	0,8	4,3	15,8

2.2. Thiết kế thành phần gạch không nung

Các mẫu gạch không nung trong nghiên cứu này được thiết kế với tỉ lệ nước - chất kết dính (N/CKD) là 0,38; thành phần các hỗn hợp được trình bày trong bảng 2. Có tất cả 4 mẫu gạch với hàm lượng tro bay thay thế xi măng lần lượt là 0%, 30%, 50% và 70%. Mục đích của việc thiết kế 4 mẫu với hàm lượng tro bay khác nhau nhằm đánh giá hàm lượng tro bay tối ưu có thể thay thế cho xi măng. Tất cả các mẫu gạch đều sử dụng 100% tro đáy làm cốt liệu nhỏ. Cách đặt tên các hỗn hợp gạch không nung như sau: A là kí hiệu mẫu; các số đứng sau (0, 30, 50 và 70) chỉ hàm lượng phần trăm tro bay tương ứng (tính theo khối lượng) được

sử dụng để thay thế xi măng. Ví dụ: A-30 là mẫu gạch không nung sử dụng 30% tro bay thay thế xi măng.

Bảng 2. Thiết kế thành phần gạch không nung (kg/m³)

Mẫu	Tỷ lệ N/CKD	Xi măng	Tro bay	Tro đáy	Nước
A-0	0,38	378,2	0,0	1543,5	143,7
A-30		264,8	113,5		
A-50		189,1	189,1		
A-70		113,5	264,8		

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

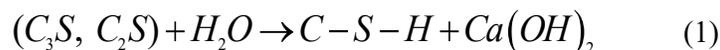
Việc chuẩn bị các mẫu gạch không nung và các thí nghiệm được tiến hành tại xưởng thực hành, khoa Kỹ thuật công nghệ, trường Đại học Hồng Đức. Sử dụng máy trộn vữa để trộn hỗn hợp vật liệu dùng để đúc gạch. Trước tiên cho các vật liệu khô (tro đáy, tro bay, xi măng) vào trộn đều trong khoảng 1-2 phút, tiếp đó cho nước vào trộn cho đến khi được hỗn hợp đồng đều.

Tiến hành đúc mẫu với khuôn thép hình chữ nhật có kích thước 160×85×40 mm, áp lực nén tạo mẫu khoảng 0,5 MPa. Các đặc tính của gạch không nung bao gồm: khối lượng thể tích, cường độ chịu nén, độ hút nước được xác định theo TCVN 6477-2016 [8]. Trong khi vận tốc truyền xung siêu âm của gạch được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM 597 [9], hệ số dẫn nhiệt của gạch được đo trực tiếp bằng máy chuyên dụng ISOMET-2114. Cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm của gạch được xác định tại 3, 7, 14, và 28 ngày tuổi, trong khi các thí nghiệm khác được tiến hành ở ngày tuổi thứ 28 của gạch. Kết quả được trình bày trong bài báo này là giá trị trung bình của 3 mẫu thử.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

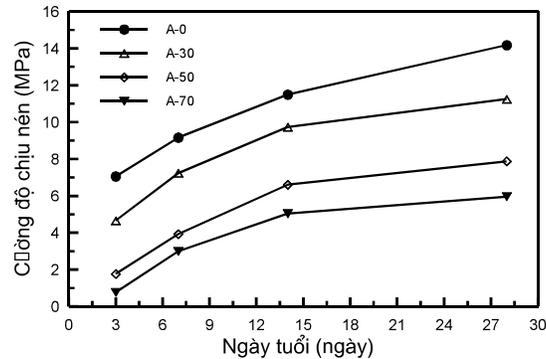
3.1. Cường độ chịu nén

Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu gạch không nung được thể hiện như hình 1. Nhìn chung, cường độ của các mẫu gạch tăng theo thời gian. Các mẫu gạch không sử dụng tro bay có cường độ chịu nén cao nhất. Cường độ chịu nén giảm dần khi hàm lượng tro bay thay thế xi măng trong gạch tăng lên. Điều này được giải thích bởi cường độ chịu nén của mẫu gạch phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng xi măng. Thể hiện bằng phương trình phản ứng thủy hóa của xi măng:



Trong đó: C₃S và C₂S là các ô xít CaO, SiO₂ có sẵn trong thành phần của xi măng như trình bày ở bảng 1. Khi hàm lượng xi măng nhiều, sản phẩm C-S-H (đá nhân tạo) được tạo ra nhiều hơn. Sản phẩm này là thành phần chính tạo nên cường độ của gạch không nung sau

khi đóng rắn, chính vì vậy khi hàm lượng xi măng trong gạch cao sẽ làm cho cường độ chịu nén của gạch lớn hơn.

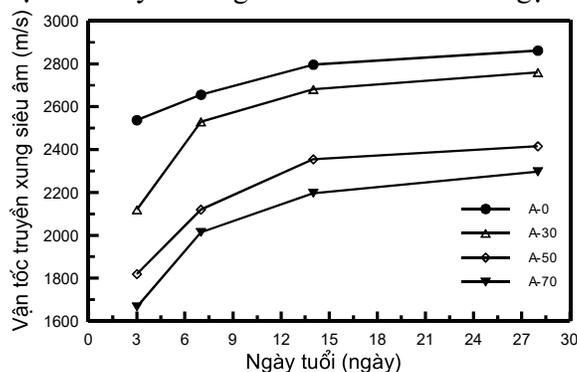


Hình 1. Cường độ nén

Các mẫu gạch sử dụng 30% tro bay thay thế xi măng có cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi đạt giá trị trung bình là 11,25 MPa, lớn hơn 10 MPa, thuộc loại gạch có cường độ nén cao (mác M10) theo TCVN 6477-2016 [8]. Khi hàm lượng tro bay thay thế xi măng tăng lên 50%, cường độ các mẫu gạch ở 28 ngày tuổi giảm xuống, đạt giá trị trung bình 7,88 MPa. Các mẫu gạch này thuộc loại gạch mác M7,5 theo phân loại trong TCVN 6477-2016 [8]. Khi hàm lượng tro bay thay thế xi măng tăng tới 70%, cường độ nén trung bình của gạch ở 28 ngày tuổi đạt giá trị 5,96 MPa thuộc loại gạch mác M5,0 theo phân loại trong TCVN 6477-2016 [8]. Như vậy về mặt cường độ, loại gạch không nung sử dụng 100% tro đáy làm cốt liệu nhỏ kết hợp với tro bay thay thế xi măng từ 30-70% trong nghiên cứu này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu về cường độ chịu nén theo TCVN 6477-2016 [8].

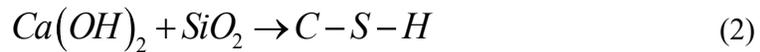
3.2. Vận tốc truyền xung siêu âm

Để đánh giá sự đồng nhất về kết cấu và chất lượng tương đối của gạch không nung cũng như sự có mặt của các lỗ rỗng và vết nứt, thí nghiệm đo vận tốc truyền xung siêu âm trong gạch được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C597 [9]. Vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch được xác định ở các ngày tuổi 3, 7, 14 và 28 ngày. Hình 2 thể hiện kết quả thí nghiệm xác định vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch.



Hình 2. Vận tốc truyền xung siêu âm

Tương tự như cường độ chịu nén, vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch có giá trị tăng dần theo thời gian. Theo nghiên cứu của Ngô Sĩ Huy và các cộng sự [10], chất lượng của gạch không nung đạt chất lượng tốt nếu vận tốc truyền xung siêu âm lớn hơn 1700 m/s. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Hình 2 cho thấy: vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch ở 28 ngày tuổi lớn 2200 m/s, có nghĩa là chất lượng gạch tương đối tốt và tăng dần theo thời gian. Điều này hoàn toàn có thể được giải thích tương tự như với cường độ nén. Nguyên nhân là do sự gia tăng nhanh chóng sản phẩm C-H-S được tạo ra từ các phản ứng thủy hóa xi măng (phương trình 1) và phản ứng puzolan hóa của tro bay

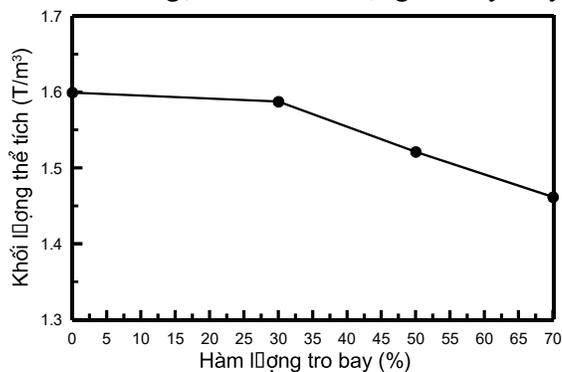


Phương trình 2, làm cho kết cấu bên trong của mẫu được cải thiện đáng kể dẫn đến vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch tăng lên theo ngày tuổi. Lưu ý rằng trong quá trình thủy hóa của xi măng, song song với sản phẩm đá nhân tạo C-S-H, hợp chất $Ca(OH)_2$ có cường độ thấp cũng được tạo thành. Tuy nhiên, nhờ có hàm lượng SiO_2 trong tro bay cao, phản ứng Puzolan (phương trình 2) xảy ra, biến gần như hoàn toàn $Ca(OH)_2$ thành đá nhân tạo, làm tăng thêm cường độ và độ đặc chắc của gạch.

Các mẫu gạch có hàm lượng tro bay thay thế xi măng càng lớn thì có vận tốc truyền xung siêu âm đo được càng nhỏ. Vận tốc truyền xung siêu âm phụ thuộc vào độ đặc chắc của gạch, do đó còn phụ thuộc vào khối lượng đơn vị thể tích của gạch. Nguyên nhân, do tro bay có khối lượng riêng nhỏ hơn xi măng, nên khi thay thế xi măng bởi tro bay, vận tốc truyền xung siêu âm giảm. Kết quả này cũng liên quan đến tốc độ các phản ứng puzolan của tro bay chậm xảy ra hơn so với các phản ứng thủy hóa của xi măng.

3.3. Khối lượng thể tích

Khối lượng thể tích của gạch là thông số quan trọng ảnh hưởng đến kết cấu công trình xây dựng. Gạch càng nhẹ thì tải trọng tác dụng vào công trình càng giảm, dẫn đến kích cỡ kết cấu giảm, làm giảm giá thành xây dựng. Tuy nhiên khối lượng thể tích của gạch lại tỉ lệ thuận với cường độ nén và tỉ lệ nghịch với độ hút nước của gạch. Hình 3 thể hiện tương quan giữa khối lượng thể tích của mẫu gạch với hàm lượng tro bay thay thế xi măng.



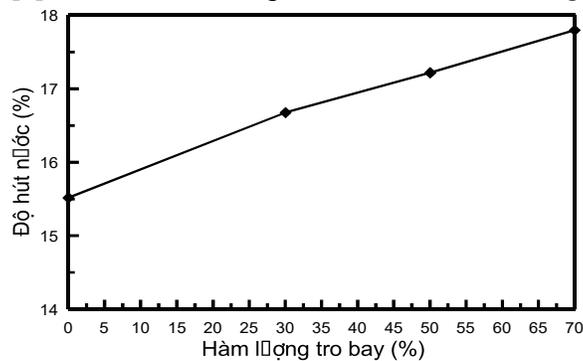
Hình 3. Khối lượng thể tích

Như có thể thấy trên hình 3, khối lượng thể tích của các mẫu gạch trong nghiên cứu này có giá trị từ 1,46 tấn/m³ đến 1,6 tấn/m³, thấp hơn nhiều so với gạch không nung thông thường

sử dụng xi măng và đá mặt ($2,0 - 2,5 \text{ tấn/m}^3$), thậm chí còn thấp hơn cả khối lượng thể tích của gạch đỏ truyền thống hiện nay ($1,8 \text{ tấn/m}^3$). Điều này được giải thích là do khối lượng riêng của xi măng và đá mặt lần lượt là $3,12$ và khoảng $2,6 - 2,7 \text{ tấn/m}^3$, trong khi khối lượng riêng của tro bay và tro đáy lần lượt là $2,16$ và $2,1 \text{ tấn/m}^3$. Chính vì vậy, việc lựa chọn tro bay và tro đáy để thay thế cho các vật liệu truyền thống là xi măng và đá mặt sẽ làm giảm đáng kể khối lượng của viên gạch. Bên cạnh đó, có thể thấy rằng hàm lượng tro bay càng tăng thì khối lượng thể tích của viên gạch càng giảm. Điều này cũng được giải thích bởi khối lượng riêng của tro bay là $2,16 \text{ tấn/m}^3$ thấp hơn nhiều so với $3,12 \text{ tấn/m}^3$ là khối lượng riêng của xi măng.

3.4. Độ hút nước

Độ hút nước là một yếu tố quan trọng của gạch không nung, ảnh hưởng đến sự hấp thụ nước từ vữa, sự dính bám của gạch và vữa trong quá trình xây dựng. Độ hút nước cũng phản ánh gián tiếp tính thấm của gạch. Do đó nó liên quan đến khả năng chống ăn mòn hóa học của gạch. Bởi vậy TCVN 6477 - 2016 [8] yêu cầu độ hút nước của gạch không nung không được vượt quá 14% . Tương quan giữa hàm lượng tro bay thay thế xi măng và độ hút nước của gạch không nung được thể hiện như hình 4. Trong nghiên cứu này, độ hút nước của gạch thay đổi từ $15,5 - 17,8\%$ và tăng theo sự gia tăng của hàm lượng tro bay thay thế xi măng. Điều này được giải thích bởi áp lực tạo mẫu trong nghiên cứu này tương đối thấp, chỉ khoảng $0,5 \text{ MPa}$, làm cho kết cấu có độ đặc chắc kém, lỗ rỗng nhiều làm tăng độ hút nước. Thêm vào, các hạt tro đáy có kết cấu tương đối rỗng [4] khiến cho khả năng hút nước của nó và của gạch không nung tăng.



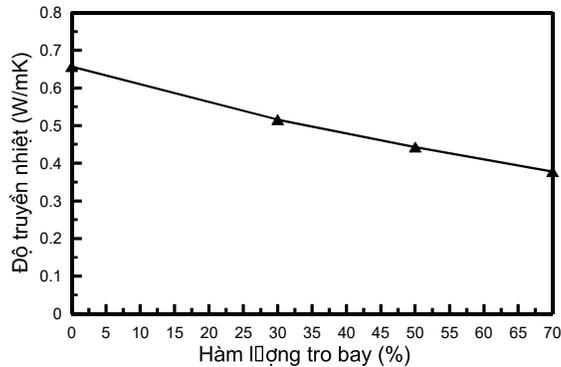
Hình 4. Độ hút nước

Mặc dù độ hút nước của tất cả các mẫu gạch trong nghiên cứu đều có giá trị lớn hơn 14% theo quy định của TCVN 6477 - 2016 [8], tuy nhiên chúng hoàn toàn có thể sử dụng được cho các kết cấu tạm không có yêu cầu khắt khe về chống thấm. Hơn nữa, khi xây dựng, khả năng chống thấm của gạch được gia cường thêm bởi hai lớp vữa xi măng trát. Trong sản xuất thực tế có thể sử dụng lực nén tạo mẫu lớn hơn để giảm độ hút nước của gạch.

3.5. Độ truyền nhiệt

Độ truyền nhiệt là đại lượng đặc trưng cho khả năng dẫn nhiệt của các vật liệu. Hình 5 thể hiện hệ số dẫn nhiệt của các mẫu gạch tại 28 ngày tuổi. Hệ số dẫn nhiệt của các mẫu gạch giảm dần theo sự gia tăng của hàm lượng tro bay thay thế xi măng, đạt giá trị từ $0,378 - 0,657 \text{ W/mK}$. Hệ số dẫn nhiệt có liên quan đến độ ẩm và khối lượng thể

tích của mẫu gạch [4]. Các mẫu gạch có hàm lượng tro bay cao, tương ứng với khối lượng thể tích giảm, dẫn đến hệ số dẫn nhiệt giảm.



Hình 5. Độ truyền nhiệt

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày các kết quả thực nghiệm về các đặc tính của gạch không nung được sản xuất từ tro đáy và tro bay của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn. Một số kết luận chính được rút ra như sau:

Cường độ chịu nén của các mẫu gạch giảm khi tăng hàm lượng tro bay thay thế xi măng, tuy nhiên giá trị tại 28 ngày tuổi đối với các mẫu gạch sử dụng hàm lượng tro bay thay thế xi măng lần lượt là 30%, 50%, 70% vẫn đạt mức tương ứng là M10, M7,5 và M5,0 theo quy định của TCVN 6477 - 2016.

Khi tăng hàm lượng tro bay thay thế xi măng, vận tốc truyền xung siêu âm, độ truyền nhiệt và khối lượng đơn vị thể tích của gạch giảm, trong khi độ hút nước tăng. Tuy nhiên, vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu gạch vẫn lớn hơn 2200 m/s.

Để nâng cao chất lượng đồng thời giảm độ hút nước của gạch, trong sản xuất thực tế nên tăng áp lực nén tạo mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Kumar and S. Kumar (2013), Development of paving blocks from synergistic use of red mud and fly ash using geopolymerization, *Construction and Building Materials*, vol. 38, pp. 865-871.
- [2] C. Chen, Q. Li, L. Shen, and J. Zhai (2012), Feasibility of manufacturing geopolymer bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ASH, *Environmental Technology*, vol. 33, no. 11, pp. 1313-1321.
- [3] C. Freidin (2007), Cementless pressed blocks from waste products of coal-firing power station, *Construction and Building Materials*, vol. 21, no. 1, pp. 12-18.
- [4] S-H Ngo, T-T-T Le, T-P Huynh (2020), Effect of NaOH concentrations on properties of the thermal power plant ashes-bricks by alkaline activation, *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, vol. 35, no. 1, pp. 131-139.

- [5] A. Fernández-Jiménez và A. Palomo (2003), Characterisation of fly ashes. Potential reactivity as alkaline cements, *Fuel*. 82, pp. 2259-2265.
- [6] Nguyễn Văn Chánh, Vũ Huyền Trân, Nguyễn Thị Thanh Thảo (2010), Nghiên cứu chế tạo gạch không nung bằng công nghệ Geopolymer sử dụng tro bay và phế thải bùn đỏ để xây nhà ở, *Tạp chí Người xây dựng*, số tháng 12/2010, Tr. 50 - 53.
- [7] ASTM C618 (2005), *Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*.
- [8] Bộ Xây dựng (2016), *Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6477:2016 - Gạch bê tông*.
- [9] ASTM C597 (2009), *Standard test method for pulse velocity through concrete spe*, USA.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE UNFIRED BUILDING BRICKS PRODUCED FROM BOTTOM ASH AND FLY ASH OF NGHI SON COAL POWER PLANT

Luu Dinh Thi, Le Thi Thanh Tam

ABSTRACT

This paper investigates the properties of the unfired building bricks produced from bottom ash and fly ash from Nghi Son coal power plant. Fly ash was used to replace 0%, 30%, 50%, and 70% cement, while bottom ash was used as fine coarse aggregate. Test results indicate that the compressive strength of these bricks reach grade M10, M7.5 and M5.0 corresponding to fly content of 30%, 50%, and 70%. The ultrasonic pulse velocity, bulk density, and thermal conductivity of the bricks reduces, while water absorption of the bricks increases with increasing fly ash content. However, the quality of these bricks is good with the ultrasonic pulse velocity of above 2200 m/s.

Keywords: *Unfired building brick, bottom ash, fly ash, compressive strength, bulk density, water absorption, ultrasonic pulse velocity, thermal conductivity.*

* Ngày nộp bài: 1/3/2021; Ngày gửi phản biện: 24/3/2021; Ngày duyệt đăng: 11/10/2021