

CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ VÀ CƠ HỌC CỦA VỮA XÂY DỰNG SỬ DỤNG TRO ĐÁY CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAY THẾ CÁT

Trịnh Thị Hiền¹, Nguyễn Văn Dũng¹, Nguyễn Thị Mùi¹, Nguyễn Hữu Tâm²

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu các đặc tính vật lý và cơ học của vữa xây dựng sử dụng tro đáy thay thế cát tự nhiên với hàm lượng tương ứng bằng 25%, 50%, 75% và 100%. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng hàm lượng tro đáy khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô, cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn của các mẫu vữa giảm, trong khi độ hút nước và độ co khô tăng. Các mẫu vữa trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén đạt 15÷40 MPa, thỏa mãn theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4314:2013. Trong điều kiện thiếu hụt cát tự nhiên, có thể sử dụng tro đáy thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên tùy thuộc vào yêu cầu kỹ thuật và điều kiện thực tế của công trình.

Từ khóa: Vữa xây dựng, tro đáy, cát tự nhiên, tính chất vật lý, tính chất cơ học.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với tốc độ công nghiệp hóa và hiện đại hóa ngày càng nhanh, nhu cầu phát triển cơ sở hạ tầng cũng tăng theo để đáp ứng xu hướng đó. Hàng loạt các dự án và công trình xã hội được hình thành dẫn đến việc khan hiếm cũng như cạn kiệt các nguồn tài nguyên trong sản xuất vật liệu xây dựng. Trong đó, cát được xem là cốt liệu nhỏ truyền thống sử dụng trong thành phần cấp phối của vữa xây dựng hoặc bê tông. Theo Quy hoạch tổng thể phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam đến năm 2020 và định hướng đến năm 2030 [1], dự báo nhu cầu sử dụng cát xây dựng của cả nước khoảng 130 triệu m³. Với tốc độ phát triển cơ sở hạ tầng như hiện nay, dự báo sau năm 2020 sẽ không còn đủ lượng cát để sử dụng [2]. Tình hình khan hiếm cát tự nhiên trong xây dựng không chỉ diễn ra ở Việt Nam mà còn ở rất nhiều nước trên thế giới, đặc biệt là các nước đang phát triển. Do vậy, nhu cầu tìm kiếm một loại vật liệu khác để thay thế cát là rất cần thiết và cấp bách.

Ngoài thực trạng thiếu hụt cát trong xây dựng, hiện tượng ô nhiễm môi trường do phế thải công nghiệp vẫn thu hút nhiều sự quan tâm của dư luận, đặc biệt là ô nhiễm do chất thải rắn của các nhà máy nhiệt điện (tro bay và tro xỉ). Theo thống kê, hàng năm các nhà máy nhiệt điện tại Thái Lan, Malaysia và Ấn Độ thải ra lần lượt khoảng 4,0; 8,5; 173 triệu tấn tro bay và tro xỉ [3-5]. Đáng chú ý là trong khi 47% tro bay được tái sử dụng trong sản xuất các loại vật liệu xây dựng thì chỉ có khoảng 5,28% lượng tro đáy được tái sử dụng [6]. Tại Việt Nam, khối lượng tro xỉ phát thải hiện nay của cả nước khoảng 16,4 triệu tấn/năm và con số này đang tăng lên theo thời gian [7]. Với việc chỉ mới có một phần nhỏ tro đáy được tái sử dụng, phần lớn còn lại được lưu trữ tại các bãi chứa, nguy cơ các bãi chứa quá tải dẫn đến rò rỉ các chất thải này ra ngoài gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường và

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

² Học viên lớp cao học K14, ngành Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Hồng Đức

sức khỏe con người. Do vậy, việc tái sử dụng tro đáy thành vật liệu xây dựng đang được Chính phủ khuyến khích đầu tư nghiên cứu và áp dụng. Tuy nhiên, việc sử dụng tro xỉ để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên trong sản xuất vữa còn ít được quan tâm.

Các nghiên cứu trong nước chỉ ra rằng, các hạt tro đáy có kích cỡ tương tự như các hạt cát, do vậy chúng có thể được sử dụng để thay thế cát hoặc đá mịn trong sản xuất bê tông hoặc gạch không nung [7-8]. Ngô Sĩ Huy và cộng sự đã tiến hành nghiên cứu sử dụng tro bay và tro đáy để sản xuất gạch không nung bằng phương pháp kiềm hoạt hóa sử dụng dung dịch NaOH làm chất kiềm kích hoạt. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, với nồng độ dung dịch NaOH lớn hơn hoặc bằng 10M, có thể sử dụng tro bay và tro đáy để sản xuất gạch không nung có cường độ lớn hơn 5 MPa và độ hút nước nhỏ hơn 14% [7], đảm bảo theo TCVN 6477:2016 [9]. Trong một nghiên cứu khác, tro đáy được sử dụng để thay thế cát trong sản xuất bê tông [8]. Kết quả cho thấy các mẫu bê tông có thể đạt cường độ 24 MPa. Ahmad Maliki và các cộng sự [10] đã nghiên cứu sử dụng tro đáy thay thế 0÷100% cát trong thành phần bê tông. Kết quả cho thấy, với hàm lượng tro đáy bằng 60%, cường độ chịu nén đạt giá trị lớn nhất, tương ứng tại 7 và 28 ngày tuổi lần lượt là 36,4 MPa và 46,2 MPa. Tuy nhiên, cường độ chịu cắt cho giá trị lớn nhất khi sử dụng 70% tro đáy. Một số nghiên cứu khác cho rằng, sử dụng tro đáy trong bê tông làm tăng độ hút nước [11], giảm độ co khô [12], giảm khối lượng thể tích và giảm độ linh động [13]. Nghiên cứu sử dụng tro đáy trong lĩnh vực xây dựng đã có khá nhiều nhà khoa học quan tâm. Tuy nhiên đa phần mới sử dụng trong sản xuất gạch không nung và bê tông, việc sử dụng tro đáy để thay thế cát trong vữa xây dựng vẫn còn hạn chế, đặc biệt là việc sử dụng tro đáy của các nhà máy nhiệt điện tại địa phương như nhiệt điện Nghi Sơn 1 tại Thanh Hóa.

Như đã trình bày ở trên, nhu cầu sử dụng cát trong xây dựng ngày càng tăng trong khi nguồn cung ngày càng khan hiếm, nguy cơ không còn đủ cát tự nhiên phục vụ ngành xây dựng ngày càng hiện hữu và cấp bách. Bên cạnh đó một lượng lớn tro đáy (là chất thải rắn của các nhà máy nhiệt điện) đang được lưu trữ tại các bãi chứa, nguy cơ gây ô nhiễm môi trường là rất lớn. Vì vậy việc tái sử dụng chúng thay vì mang đi chôn lấp tại các bãi chứa là cần thiết. Trong khi đó, các nghiên cứu trong nước và quốc tế về tái sử dụng tro đáy thay thế cát làm cốt liệu nhỏ trong sản xuất vữa xây dựng còn hạn chế. Nghiên cứu này sử dụng tro đáy của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn 1 thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên trong sản xuất vữa xây dựng. Ảnh hưởng của hàm lượng tro đáy lên các tính chất vật lý và cơ học của vữa xây dựng như khối lượng thể tích, cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ co khô được tiến hành thông qua quá trình thực nghiệm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

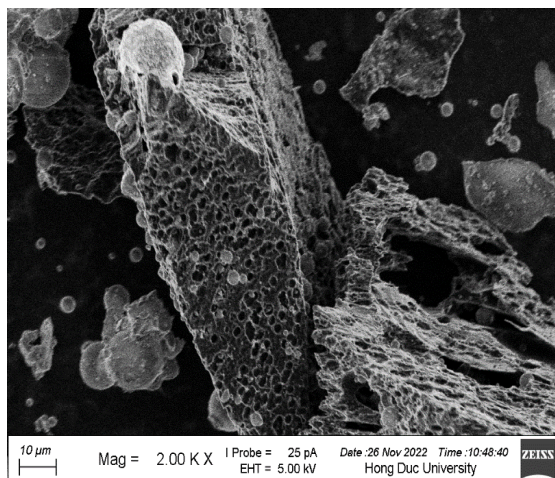
2.1. Vật liệu

Vật liệu sử dụng để chế tạo mẫu vữa xây dựng trong nghiên cứu bao gồm: Xi măng làm chất kết dính, tro đáy và cát tự nhiên làm cốt liệu nhỏ, nước và phụ gia siêu dẻo. Cụ thể, xi măng loại PCB40 được sản xuất từ nhà máy xi măng Nghi Sơn, tro bay loại F được lấy từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn 1, có khối lượng riêng lần lượt là 3,12 T/m³ và 2,16 T/m³.

Thành phần hóa học của xi măng và tro bay được trình bày ở bảng 1. Cát được mua từ các mỏ cát trên sông Mã có khối lượng riêng là $2,62 \text{ T/m}^3$, khối lượng thể tích ở trạng thái khô tự nhiên là $1,45 \text{ T/m}^3$, độ ẩm 0,53% và độ hút nước là 0,42%. Tro đáy được lấy từ nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn 1 có khối lượng riêng là $2,0 \text{ T/m}^3$, khối lượng thể tích ở trạng thái khô tự nhiên là $1,04 \text{ T/m}^3$, độ ẩm 0,44%, độ hút nước là 32%. Cát tự nhiên và tro đáy được sàng để loại bỏ các cỡ hạt nằm trên sàng 1,25 mm và nằm dưới sàng 0,14 mm trước khi đưa vào sử dụng, để đảm bảo chúng có kích thước và thành phần hạt tương tự nhau. Có thể thấy rằng, độ hút nước của cát là 0,42% nhỏ hơn rất nhiều so với độ hút nước của tro đáy (32%). Điều này là do cấu trúc xốp, rỗng của tro đáy được quan sát thấy như ở hình 1 dưới kính hiển vi điện tử quét với độ phóng đại 2000 lần. Chính điều này dẫn đến khối lượng riêng của tro đáy nhỏ hơn nhiều so với cát tự nhiên ($2,0 \text{ T/m}^3$ so với $2,62 \text{ T/m}^3$) và có ảnh hưởng lớn đến các tính chất của vữa xây dựng.

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	Lượng mất khi nung
Xi măng	22,3	6,7	4,7	55,5	2,4	1,3	0,7	0,6	0,45
Tro bay	55,7	21,7	6,6	1,1	2,2	-	2,1	0,2	6,9



Hình 1. Hình ảnh vi cấu trúc của tro đáy ở độ phóng đại 2000 lần

2.2. Thiết kế thành phần vữa xây dựng

Mẫu chuẩn BA00 (BA là ký hiệu của tro đáy - Bottom Ash) được thiết kế với tỷ lệ nước/chất kết dính bằng 0,4, sử dụng cát tự nhiên làm cốt liệu nhỏ với tỷ lệ cát/chất kết dính bằng 2,8, không sử dụng tro đáy. Hàm lượng nước và phụ gia siêu dẻo được xác định dựa trên nhiều lần thử để đảm bảo độ chảy xè của vữa là 175 mm phù hợp với yêu cầu kỹ thuật được quy định trong TCVN 4314:2003 [14]. Tiếp theo lần lượt thay thế cát tự nhiên bởi tro đáy với hàm lượng là 25%, 50%, 75% và 100% theo khối lượng để được các mẫu tương ứng là BA25, BA50, BA75 và BA100 như bảng 2. Chú ý rằng, do độ hút nước của tro đáy cao hơn nhiều so với cát tự nhiên, do vậy lượng nước và phụ gia siêu dẻo cũng

được điều chỉnh theo hướng tăng lên để đảm bảo độ chảy xòe của các mẫu đều đạt khoảng 175 mm. Hiện tượng này xảy ra tương tự như khi sử dụng tro đáy của lò đốt rác [15], do độ rỗng và độ hút nước cao làm ảnh hưởng đến độ linh động của vữa. Để khắc phục hiện tượng này có thể tăng hàm lượng nước và phụ gia siêu dẻo như trong nghiên cứu hoặc sử dụng tro đáy ở trạng thái bão hòa nước bề mặt [16]. Chính vì lượng nước tăng thêm này nên các mẫu sử dụng tro đáy có tỷ lệ nước/chất kết dính tăng lên từ 0,5÷1,1. Trong bảng 2, hai số phía sau ký hiệu BA thể hiện phần trăm tro đáy sử dụng để thay thế cát tự nhiên.

Bảng 2. Thiết kế thành phần vữa xây dựng (kg/m³)

TT	Tên mẫu	Thành phần cấp phối (kg/m ³)					
		Xi măng	Tro bay	Cát	Tro đáy	Nước	Phụ gia siêu dẻo
1	BA00	460.6	81.3	1517.2	0.0	224.7	12.6
2	BA25	425.4	75.1	1051.0	350.3	238.7	15.9
3	BA50	376.2	66.4	619.7	619.7	287.7	16.8
4	BA75	336.3	59.3	276.9	830.8	328.4	17.5
5	BA100	297.2	52.5	0.0	979.1	375.4	17.8

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Các vật liệu được chuẩn bị với thành phần và khối lượng dựa theo bảng 2 đảm bảo đủ cho một mẻ trộn. Các vật liệu khô như xi măng, tro bay, cát và tro đáy được cho vào trộn trước đến khi đều. Tiếp theo cho từ từ nước đã pha cùng phụ gia siêu dẻo vào trộn đến khi được hỗn hợp đồng nhất. Tiến hành thử độ chảy xòe theo TCVN 3121:2003 [17] và không chế tất cả các mẫu có độ chảy xòe trong phạm vi 175 ± 5 mm bằng việc điều chỉnh lượng nước và phụ gia siêu dẻo. Sau khi hỗn hợp đạt độ chảy xòe như trên, tiến hành xác định khối lượng thể tích vữa tươi theo TCVN 3121:2003 [17] và đúc các mẫu thí nghiệm. Sử dụng các khuôn thép có kích thước 4×4×16 cm để đúc các mẫu chuẩn bị cho thí nghiệm xác định cường độ chịu uốn và chịu nén, trong khi các mẫu có kích thước 5×5×5 cm được dùng để xác định khối lượng thể tích khô và độ hút nước. Các thí nghiệm này được thực hiện theo các bước trong TCVN 3121:2003 [17], cường độ chịu nén được xác định tại 3, 7, 14 và 28 ngày tuổi, cường độ chịu uốn xác định tại 14 và 28 ngày tuổi, trong khi khối lượng thể tích khô và độ hút nước được xác định tại 28 ngày tuổi. Kết quả này là giá trị trung bình của ít nhất 3 mẫu thử. Riêng giá trị cường độ chịu nén là giá trị trung bình của 6 mẫu thử bởi vì sau thí nghiệm xác định cường độ chịu uốn trên mẫu 4×4×16 cm, mẫu bị gãy làm đôi và sử dụng 2 nửa mẫu này trên giá nén có tiết diện 4×4 cm để xác định cường độ chịu nén. Do có 3 mẫu thử cường độ chịu uốn nên sẽ có 6 nửa mẫu dùng để xác định cường độ chịu nén. Độ co khô của các mẫu vữa được xác định trên các mẫu có kích thước 2,5×2,5×28,5 cm dựa theo TCVN 8824:2011 [18] và được đo tại 1, 3, 7, 14, 28 và 56 ngày tuổi.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô

Khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô được trình bày trong bảng 3 tương ứng với hàm lượng tro đáy sử dụng để thay thế cát tự nhiên. Kết quả cho thấy, khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô đều giảm khi tăng hàm lượng tro đáy. Cụ thể, khi thay thế 25%, 50%,

75% và 100% cát bời tro đáy, khối lượng thể tích vữa tươi giảm tương ứng là 3%, 17%, 26% và 32%, trong khi khối lượng thể tích vữa khô giảm 4%, 19%, 32% và 46% so với mẫu chuẩn (BA00). Kết quả này là do các hạt tro đáy có độ rỗng lớn như đã quan sát thấy trên hình 1. Do độ rỗng lớn nên khối lượng riêng của tro đáy nhỏ hơn nhiều so với cát tự nhiên, vì vậy khi thay thế cát tự nhiên bời tro đáy, khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô đều giảm. Mặt khác, cũng do các hạt tro đáy rỗng nên độ hút nước cao, khi trộn mẫu, một lượng nước lớn lấp đầy vào các lỗ rỗng này, khi mẫu khô, nước bốc hơi dẫn đến khối lượng thể tích của các mẫu vữa khô giảm nhiều hơn so với khối lượng các mẫu vữa tươi.

Bảng 3. Khối lượng thể tích vữa tươi và vữa khô (kg/m³)

TT	Tên mẫu	Hàm lượng tro đáy (%)	Khối thể tích vữa tươi (kg/m ³)	Khối lượng thể tích vữa khô (kg/m ³)
1	BA00	0	2173	2091
2	BA25	25	2114	2009
3	BA50	50	1853	1752
4	BA75	75	1729	1582
5	BA100	100	1653	1437

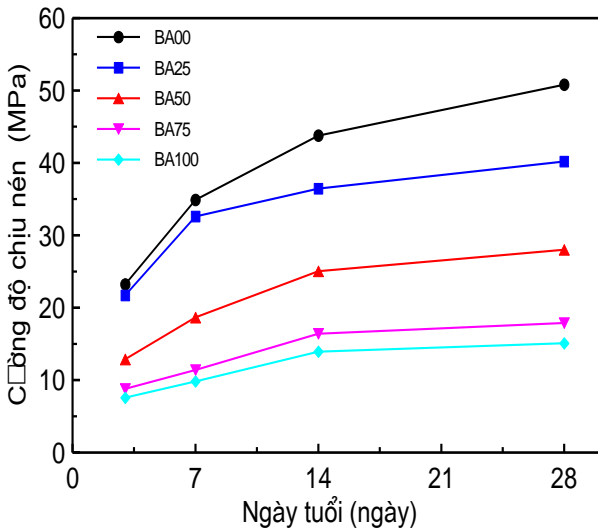
3.2. Cường độ chịu nén

Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu vữa theo thời gian được thể hiện trên hình 2. Có thể thấy rằng, cường độ chịu nén tăng theo thời gian và giảm khi tăng hàm lượng tro đáy. Tại 28 ngày tuổi, cường độ chịu nén của mẫu chuẩn và các mẫu có hàm lượng tro đáy 25%, 50%, 75% và 100% lần lượt là 51 MPa, 40 MPa, 28 MPa, 18 MPa, và 15 MPa. Có nghĩa là khi thay thế cát tự nhiên bời tro đáy, cường độ chịu nén của các mẫu vữa giảm 21÷70%. Trên hình 2 có thể thấy rằng, cường độ chịu nén giảm mạnh khi hàm lượng tro đáy lớn hơn hoặc bằng 50%. Kết quả này có liên quan đến độ rỗng của các hạt tro đáy như đã đề cập phía trên. Do cấu trúc của các hạt tro đáy có độ rỗng cao, khi trộn mẫu sẽ hút một lượng lớn nước, đến khi mẫu khô các hạt nước bay hơi để lại các lỗ rỗng bên trong cấu trúc của vữa. Chính vì vậy khả năng chịu lực của các mẫu vữa giảm, và giảm mạnh khi tăng hàm lượng tro đáy. Hơn nữa, do độ hút nước của các hạt tro đáy cao làm tăng tỷ lệ nước/chất kết dính dẫn đến giảm cường độ chịu nén. Tuy nhiên, tại 28 ngày tuổi, cường độ chịu nén của các mẫu vữa có sử dụng tro đáy đạt 15÷40 MPa. Theo TCVN 4314:2003 [14], cường độ chịu nén của các mẫu vữa thông thường phải nằm trong khoảng 7,5-30 MPa. Mặc dù cường độ chịu nén giảm khi sử dụng tro đáy, tuy nhiên các mẫu vữa trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén đảm bảo theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4314:2003 [14]. Vì vậy, hoàn toàn có thể sử dụng tro đáy để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên trong sản xuất vữa, hàm lượng thay thế phụ thuộc vào yêu cầu thực tế của từng công trình. Các kết quả trên tương tự với kết quả từ nghiên cứu trước [8] khi sử dụng tro đáy thay thế cát tự nhiên trong sản xuất bê tông.

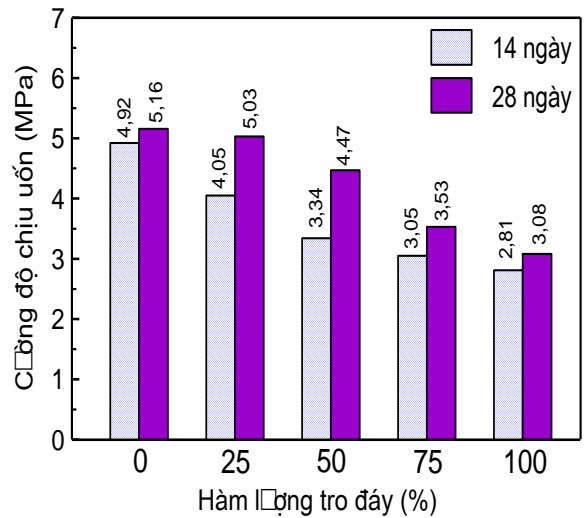
3.3. Cường độ chịu uốn

Cường độ chịu uốn của các mẫu vữa tại 14 và 28 tuổi được biểu thị ở hình 3. Có thể thấy rằng, tương tự như cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn của các mẫu vữa cũng phát triển theo thời gian và giảm khi tăng hàm lượng tro đáy. Tại 28 ngày tuổi, cường độ chịu

uốn của các mẫu vữa đạt từ 3,08 MPa đến 5,16 MPa. Cũng giống như cường độ chịu nén, khi hàm lượng tro đáy thay thế cát 25%, 50%, 75% và 100%, cường độ chịu uốn của các mẫu vữa giảm tương ứng là 2%, 13%, 32% và 40%. Điều này cũng được giải thích là do độ rỗng của tro đáy lớn, độ hút nước cao làm tăng tỷ lệ nước/chất kết dính và làm tăng độ rỗng bên trong kết cấu của vữa, do đó ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng của vữa. Tuy nhiên, cường độ chịu uốn của các mẫu vữa trong nghiên cứu này tương đương với cường độ chịu uốn của các mẫu vữa trong nghiên cứu trước với tỷ lệ nước/chất kết dính bằng 0,4 [19]. Có nghĩa là mặc dù có sự suy giảm cường độ, tuy nhiên các mẫu vữa có sử dụng tro đáy đều có cường độ chịu uốn đảm bảo có thể sử dụng được trong các công trình thực tế.



Hình 2. Cường độ chịu nén



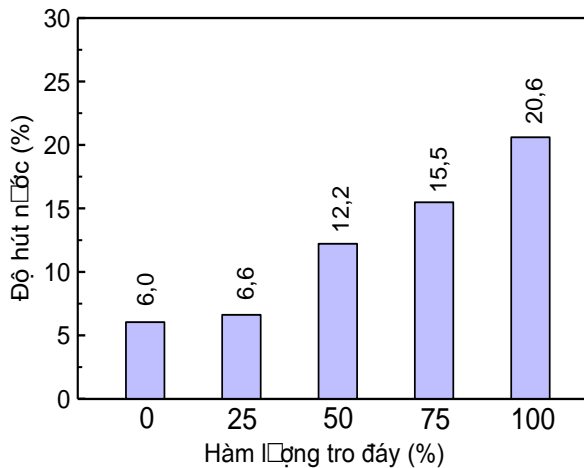
Hình 3. Cường độ chịu uốn

3.4. Độ hút nước

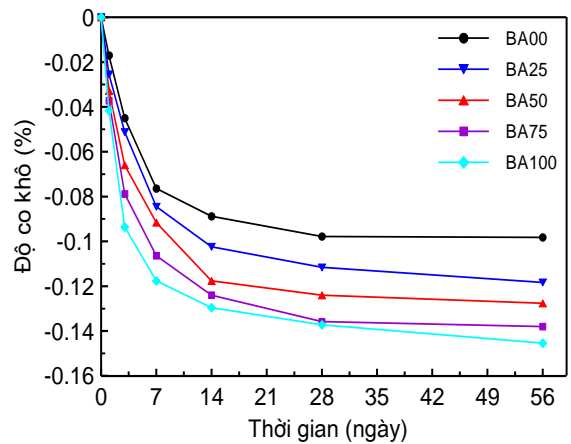
Độ hút nước của các mẫu vữa tại 28 ngày tuổi được thể hiện trên hình 4. Độ hút nước của mẫu chuẩn (BA00) là 6%, khi thay thế 25% cát tự nhiên bởi tro đáy độ hút nước tăng lên 6,6%. Độ hút nước tăng mạnh khi hàm lượng tro đáy sử dụng tăng lên bằng hoặc vượt quá 50%. Cụ thể, độ hút nước của các mẫu vữa có hàm lượng tro đáy 50%, 75% và 100% lần lượt là 12,2%, 15,5% và 20,6%. Các kết quả này liên quan đến kết cấu rỗng và độ hút nước cao của các hạt tro đáy. So với nghiên cứu trước [8] khi sử dụng tro đáy thay thế cát trong sản xuất bê tông, độ hút nước của các mẫu BA00 và BA25 tương đương với độ hút nước của các mẫu bê tông tương ứng. Tuy nhiên, khi hàm lượng tro đáy tăng lên 50% và cao hơn, độ hút nước của các mẫu vữa trong nghiên cứu này lớn hơn nhiều so với các mẫu bê tông tương ứng ở nghiên cứu trước [8]. Điều này được giải thích là do nghiên cứu trước [8] tỷ lệ nước/chất kết dính được cố định là 0,45, trong khi nghiên cứu này tỷ lệ nước/chất kết dính thay đổi trong khoảng 0,4÷1,1 do tăng lượng nước và phụ gia siêu dẻo để các mẫu có độ chảy xè khoảng 175 mm. Khi hàm lượng nước tăng đồng nghĩa với việc cường độ giảm, kết cấu bên trong vữa có nhiều lỗ rỗng do lượng nước còn thừa bay hơi để lại, dẫn đến độ hút nước cao.

3.5. Độ co khô

Theo nghiên cứu của Wong và các cộng sự [20], độ co khô chủ yếu do sự giảm thể tích của vữa trong quá trình mất độ ẩm. Quá trình này thường xảy ra ở giai đoạn đầu, khi đó các phản ứng thủy hóa diễn ra mạnh, tỏa nhiệt và làm bay hơi lượng nước dư thừa trong mẫu, dẫn đến sự giảm kích thước của mẫu. Hơn nữa, ở các ngày tuổi về sau, khi lượng xi măng tham gia phản ứng lớn, các sản phẩm thủy hóa được hình thành sẽ giữ cho kích thước của mẫu ổn định. Hình 5 thể hiện độ co khô của các mẫu vữa theo thời gian. Có thể thấy rằng, độ co khô tăng mạnh ở các ngày tuổi ban đầu (dưới 7 ngày tuổi), sau đó tăng chậm và tiến đến ổn định dần ở các ngày tuổi về sau. Các mẫu có hàm lượng tro đáy càng cao thì độ co khô càng lớn. Như đã trình bày ở trên, độ co khô liên quan nhiều đến quá trình tỏa nhiệt của phản ứng thủy hóa và lượng nước dư thừa trong các mẫu vữa. Các mẫu có hàm lượng tro đáy cao có một lượng lớn nước dư thừa (không tham gia phản ứng hóa học) tồn tại trong các lỗ rỗng của các hạt tro đáy. Chính vì vậy, khi mẫu khô, lượng nước này bay hơi làm giảm kích thước của mẫu và làm tăng độ co khô. Tại 28 ngày tuổi, độ co khô của các mẫu dao động trong khoảng $0,098 \div 0,145\%$.



Hình 4. Độ hút nước



Hình 5. Độ co khô

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày các kết quả thực nghiệm khi nghiên cứu sử dụng tro đáy của nhà máy nhiệt điện thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên trong sản xuất vữa xây dựng.

Khi hàm lượng tro đáy thay thế cát tăng lên thì khối lượng thể tích ướt và khô, cường độ chịu nén và chịu uốn của các mẫu vữa giảm, trong khi độ hút nước và độ co khô tăng. Tuy nhiên các mẫu vữa trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén đạt $15 \div 40$ MPa, thỏa mãn theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4314:2013.

Cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn của các mẫu vữa giảm mạnh trong khi độ hút nước tăng mạnh khi hàm lượng tro đáy bằng hoặc lớn hơn 50%.

Độ co khô của các mẫu vữa tăng mạnh ở các ngày tuổi ban đầu tuy nhiên có xu hướng ổn định ở các ngày tuổi về sau.

Trong điều kiện khan hiếm về các nguồn tài nguyên, đặc biệt là cát, có thể xem xét sử dụng tro đáy để thay thế một phần hoặc toàn bộ cát tự nhiên dựa theo yêu cầu kỹ thuật cụ thể của từng công trình. Tuy nhiên khi sử dụng hàm lượng tro đáy lớn hơn 50% cần có thêm các nghiên cứu cần trọng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Quốc Gia, Trịnh Khắc Kiên (2019), *Thực trạng khai thác sử dụng cát tự nhiên tại Việt Nam và nghiên cứu tính chất cát biển tại một số vùng biển Việt Nam*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 66, trang 151-156.
- [2] Ngo Si Huy, Huynh Trong Phuoc (2022), *Effect of paste content on long-term strength and durability performance of green mortar*, Journal of Science and Technology in Civil Engineering, 16(1), 113-125.
- [3] Chindaprasirt, P., Jaturapitakkul, A., Chalee, W., Rattanasak, U. (2009), *Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers*, Waste Management, 29(2), 539-543.
- [4] Rafieizonoor, M., Mirza, J., Salim, M.R., Hussin, M.W., Khankhaje, E. (2016), *Investigation of coal bottom ash and fly ash in concrete as replacement for sand and cement*, Construction and Building Materials, 116, 15-24.
- [5] Singh, M., Siddique, R. (2016), *Effect of coal bottom ash as partial replacement of sand on workability and strength properties of concrete*, Journal of Cleaner Production, 112, 620-630.
- [6] Kurama, H., Kaya, M. (2008), *Usage of coal combustion bottom ash in concrete mixture*, Construction and Building Materials, 22(9), 1922-1928.
- [7] Ngo Si Huy, Le Thi Thanh Tam, Huynh Trong Phuoc (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, 35(1), 131-139.
- [8] Ngo Si Huy, Nguyen Thi Thanh, Huynh Trong Phuoc (2020), *Effect of coal bottom ash as a fine aggregate substitution on the engineering properties of hardened concrete*, Vietnam Journal of Construction, 59(1), 62-65.
- [9] TCVN 6477:2016 (2016), *Gạch bê tông*.
- [10] Ahamd Maliki, A.I.F., et al, (2017), *Compressive and tensile strength for concrete containing coal bottom ash*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 271, 012055.
- [11] Singh, M., Siddique, R. (2015), *Properties of concrete containing high volumes of coal bottom ash as fine aggregate*, Journal of Cleaner Production, 91, 269-278.
- [12] Kou, S.C., Poon, C.S. (2009), *Properties of concrete prepared with crushed fine stone, furnace bottom ash and fine recycled aggregate as fine aggregates*, Construction and Building Materials, 23, 2877-2886.
- [13] Kim, H.K., Lee, H.K. (2011), *Use of power plant bottom ash as fine and coarse aggregates in high-strength concrete*, Construction and Building Materials, 25, 1115-1122.

- [14] TCVN 4314:2003 (2003), *Vữa xây dựng - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [15] Cheng, A. (2012), *Effect of incinerator bottom ash properties on mechanical and pore size of blended cement mortars*, *Materials and Design*, 36, 859-864.
- [16] Huynh Trong Phuoc, Ngo Si Huy (2022), *Waste incineration bottom ash as a fine aggregate in mortar: An assessment of engineering properties, durability, and microstructures*, *Journal of Building Engineering*, 52, 104446.
- [17] TCVN 3121:2003 (2003), *Vữa xây dựng - Phương pháp thử*.
- [18] TCVN 8824:2011 (2011), *Xi măng - Phương pháp xác định độ co khô của vữa*.
- [19] Arularasi et al. (2021), *Rheological behavior and strength characteristics of cement paste and mortar with fly ash and GGBS admixtures*, *Sustainability*, 13, 9600.
- [20] Wong, A.C.L. et al. (2007), *Simultaneous measurement of shrinkage and temperature of reactive powder concrete at early-age using fibre Bragg grating sensors*, *Cement and Concrete Composites*, 29, 490-497.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT MORTARS USING BOTTOM ASH OF THERMAL POWER PLANT TO REPLACE NATURAL SAND

Trinh Thi Hien, Nguyen Van Dung, Nguyen Thi Mui, Nguyen Huu Tam

ABSTRACT

This study investigated the physical and mechanical properties of cement mortar by using bottom ash to replace natural sand at proportions of 25%, 50%, 75%, and 100%, respectively. Experimental results indicated that increasing the bottom ash content resulted in decreases in the fresh unit weight, dry unit weight, compressive strength, and flexural strength of the mortars, while water absorption and drying shrinkage increased. All mortar samples in this study exhibited compressive strengths ranging from 15 to 40 MPa, meeting the technical requirements specified in TCVN 4314:2013. In situations where natural sand is scarce, bottom ash can be employed to partially or fully substitute natural sand, depending on the project's technical requirements and actual conditions.

Keywords: *Cement mortar, bottom ash, natural sand, physical property, mechanical property.*

** Ngày nộp bài: 25/11/2023; Ngày gửi phản biện: 27/11/2023; Ngày duyệt đăng: 10/12/2023*

** Bài báo này là kết quả nghiên cứu từ đề tài NCKH cấp cơ sở (mã số ĐT-2022-17) của Trường Đại học Hồng Đức.*