

ĐÁNH GIÁ ĐỘ BỀN SUN PHÁT CỦA VỮA XÂY DỰNG CHỨA BỘT GẠCH ĐẤT SÉT NUNG PHẾ THẢI

Phạm Công Minh^a, Lâm Ngọc Trà My^{a,*}

^aKhoa Xây dựng, Trường Đại học Mở TP. Hồ Chí Minh, Hồ Hảo Hớn, Quận 1, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày, Sửa xong, Chấp nhận đăng

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, độ bền sun phát của vữa xây dựng chứa bột gạch đất sét nung phế thải được đánh giá qua sự thay đổi cường độ chịu nén và sự trương nở của vữa khi bị ngâm hoàn toàn vào dung dịch sun phát (Na_2SO_4) nồng độ 5% trong vòng 6 tháng. Bột gạch đất sét nung sử dụng trong nghiên cứu được chế tạo từ gạch đất sét nung được thu thập trên công trình xây dựng. Tại phòng thí nghiệm, gạch đất sét nung sẽ được làm sạch bụi bẩn và nghiền mịn đến cỡ hạt 45 μm , để có thể thay thế 10%, 20%, và 30% xi măng trong vữa. Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng khi thay thế 10% hoặc 20% xi măng bằng bột gạch đất sét nung sự suy giảm cường độ của vữa bị ăn mòn sun phát trong 6 tháng tương đương vữa đối chứng. Khi tỷ lệ thay thế đạt 30%, cường độ vữa giảm mạnh khi bị ăn mòn sun phát trong 6 tháng. Trong khi đó, vữa có chứa bột gạch đất sét nung giảm sự trương nở đáng kể khi bị ăn mòn sun phát. Cụ thể, sau 6 tháng bị ngâm trong dung dịch sunfat 5%, độ trương nở của thanh vữa xi măng là 0,08%. Vữa chứa bột gạch đất sét nung thay thế 10%, 20% hoặc 30% khối lượng xi măng có độ trương nở giảm 80% so với vữa xi măng thông thường.

Từ khoá: cường độ chịu nén; độ bền sun phát; gạch đất sét nung phế thải; trương nở; vữa xây dựng.

AN ASSESSMENT ON SULFATE RESISTANCE OF MORTAR CONTAINING FIRED CLAY BRICK WASTE POWDER

Abstract

This paper presents a study on sulfate resistance of mortar containing fired clay brick waste powder based on its strength change and expansion. In order to assess the sulfate resistance, mortar specimens were immersed in 5% sulfate solution during six months. Fired clay brick powder was produced by grinding clay brick waste sourced from construction and demolition sites. Fired clay brick powder with 45 μm of particle size was replaced by cement at three levels (i.e. 10%, 20%, and 30%) in mortar mixtures. The results indicated that the conventional mortar and the mortar containing 10% or 20% clay brick waste powder showed similar strength change values after 6 months of exposure to sulfate attack. There was a sharp decrease in compressive strength of mortar containing 30% fired clay brick powder after six months of immersion in sulfate solution. However, the clay brick waste powder decreased significantly the expansion of mortar bars. The expansion of conventional mortar was 0,08% after exposure to sulfate solution during six months. A decrease in expansion by 80% was found in the mortar using 10%, 20%, 30% clay brick powder when compared with the conventional mortar.

Keywords: compressive strength; sulfate resistance; fired clay brick waste; expansion; mortar.

© 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

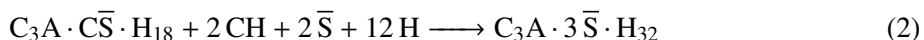
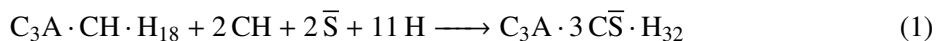
1. Giới thiệu

Việc cải thiện độ bền sun phát của vữa/bê tông khi thay thế một phần xi măng bằng các loại vật liệu có tính pozzolanic như tro bay, xỉ lò cao, tro trấu, v.v... đã được nhiều công bố khoa học chứng

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: my.lnt@ou.edu.vn (My, L. N. T.)

minh. Cụ thể, Torii và Kawamura [1] đã chỉ ra rằng vữa xi măng khi ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 10% sẽ bị trương nở và hư hỏng nặng sau 5 tháng, dẫn đến đứt gãy mẫu sau 7 tháng. Trong khi đó, mẫu vữa chứa 10% tro bay thay thế xi măng sẽ bị gãy sau 2 năm bị ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 10%. Mẫu vữa xi măng chứa 30% tro bay hầu như không trương nở sau 3 năm ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 10%. Lâm và Khánh [2] cho biết rằng có thể sử dụng 25% tro bay để tạo ra xi măng bền sun phát trung bình PCB40-MS. Ngoài ra, khi thay thế 10% tro trấu cho xi măng poóc lăng thì độ trương nở của thanh vữa thí nghiệm theo ASTM C1157 là 0,05% khi bị ăn mòn sun phát trong 6 tháng theo kết quả công bố của Chatveera và Lertwattanaruk [3]. Bên cạnh đó, việc sử dụng 50% xỉ lò cao nghiền mịn kết hợp với xi măng poóc lăng làm giảm 50% sự trương nở của thanh vữa khi so sánh với độ trương nở của thanh vữa xi măng truyền thống [4]. Sự hình thành khoáng ettringite ($\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CS} \cdot \text{H}_{32}$) và gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) khi bị ăn mòn sun phát theo các phản ứng (1), (2), (3) là nguyên nhân chính dẫn đến trương nở, nứt, dẫn đến giảm độ bền của vữa/bê tông [5]. Do đó, độ bền sun phát của vữa/ bê tông được cải thiện khi thay thế một phần xi măng bằng các loại vật liệu pozzolan là do các nguyên nhân sau đây:

- Việc giảm bớt lượng xi măng sử dụng trong vữa/ bê tông sẽ giảm hàm lượng khoáng C3A dẫn đến giảm sự hình thành các khoáng Canxi Aluminate Hydrate trong quá trình thủy hóa xi măng.
- Bằng các phản ứng pozzolanic, các vật liệu pozzolan sẽ phản ứng với hydroxit canxi ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (sản phẩm của quá trình thủy hóa xi măng) để tạo ra các khoáng thứ cấp như C-A-H, C-A-S-H. Việc tiêu thụ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sẽ giảm bớt sự sinh ra gypsum hoặc ettringite khi vữa/bê tông bị ăn mòn sun phát.
- Cấu trúc rỗng trong vữa/ bê tông được cải thiện do các sản phẩm của phản ứng pozzolanic làm cho vữa/ bê tông trở nên đặc chắc hơn, độ thấm giảm đi.



Hàng năm lượng phế thải rắn thải ra môi trường của ngành xây dựng là từ 1,46 – 1,92 triệu tấn [6]. Vì vậy, việc thu gom, xử lý và tái chế phế thải rắn của ngành xây dựng đang là vấn đề cấp thiết. Việc tái sử dụng nguồn phế thải gạch đất sét nung trong chế tạo vữa hoặc bê tông là một giải pháp tiềm năng để góp phần xử lý một phần lượng phế thải này. Asensio và cs. [7] cho biết rằng có thể dùng 20% hoặc 30% gạch đất sét nung sau khi được nghiền mịn đến cỡ hạt dưới 63 μm kết hợp với xi măng poóc lăng để tạo ra xi măng poóc lăng hỗn hợp. Xi măng poóc lăng hỗn hợp chứa bột gạch đất sét nung đạt các yêu cầu chất lượng của xi măng loại II, loại IV theo tiêu chuẩn Châu Âu vì tính pozzolanic của bột gạch đất sét nung. Sử dụng bột gạch đất sét nung có nguồn gốc từ gạch phế thải để thay thế một phần xi măng trong chế tạo vữa, bê tông sẽ giảm thiểu được vấn đề ô nhiễm môi trường do ngành công nghiệp xi măng gây ra và đồng thời giảm chi phí cho công trình xây dựng khi sử dụng vật liệu tái chế.

Về cường độ, nhiều nhà khoa học đã chứng minh bột gạch đất sét cải thiện cường độ của vữa/ bê tông chứa bột gạch đất sét nung ở tuổi muộn do đặc tính pozzolanic của chúng [8 - 11]. Ge và cs. [8] cho biết rằng khi sử dụng 10%, 20%, 30% bột gạch đất sét thay thế xi măng cường độ bê tông tăng ở tuổi muộn do tính pozzolanic của bột gạch đất sét. Bê tông chứa bột gạch đất sét có cường độ nén ở 90 ngày tuổi trên 50 MPa, cường độ chịu uốn ở 28 ngày tuổi đạt từ 10-12 MPa, và cường độ chịu ép chỉ có giá trị từ 1 - 2 MPa [8]. Sự tăng cường độ chịu nén của vữa trong bê tông tự lèn cũng được quan sát thấy trong nghiên cứu của Heikal và cs. [9] khi kết hợp bột gạch đất sét và phụ gia siêu dẻo. Sự cải thiện cường độ chịu nén của vữa chứa bột gạch đất sét cũng được chỉ ra trong công bố Naceri

và Hamina [10], Shao và cs. [11]. Naceri và Hamina [10] cho biết sự thay thế 10% xi măng bằng bột gạch đất sét nung sẽ cải thiện các tính chất cơ học của vữa. Ngoài ra, cường độ nén của vữa có thể đạt 62,2 MPa ở tuổi 90 ngày khi sử dụng 20% bột gạch đất sét trong vữa [11].

Bên cạnh đó, bột gạch đất sét cũng giảm trương nở cho vữa khi tiếp xúc với môi trường sun phát hoặc nước biển do tính pozzolanic của mình [12]. Msinjili và cs. [13] tiết lộ rằng tất cả các loại đất sét sau khi nung đều có tính pozzolanic, bao gồm cả đất sét giàu khoáng kaolinit như đất sét trắng, đất sét cao lanh hay đất sét chứa ít khoáng kaolinit. Do đặc tính pozzolanic của đất sét sau khi nung, các phản ứng pozzolanic của bột gạch đất sét nung làm giảm hàm lượng Ca(OH)_2 , giảm độ rỗng của vữa do sinh ra các sản phẩm C-S-H thứ cấp, dẫn đến tăng độ chống thấm và cải thiện độ bền sun phát. Schackow và cs. [14] nghiên cứu độ bền sun phát của vữa chứa bột gạch đất sét nung bằng cách ngâm mẫu vữa có kích thước $4 \times 4 \times 16$ cm vào dung dịch sun phát trong 2 giờ, sau đó mẫu được sấy khô trong 21,5 giờ và để nguội đến nhiệt độ phòng trong 30 phút. Độ bền sun phát của vữa được đánh giá bằng sự thay đổi khối lượng của mẫu qua mỗi chu kỳ. Kết quả nghiên cứu cho biết rằng mẫu vữa chứa 40% bột gạch đất sét đã giảm 10% khối lượng sau 12 chu kỳ bị ăn mòn sun phát và bị gãy. Schackow và cs. [14] cho rằng sự hình thành khoáng ettringite trong vữa có cấu trúc đặc chắc do chứa bột gạch đất sét là nguyên nhân làm mẫu nứt và gãy. Lucas và cs. [15] chứng minh rằng khi bị ngâm trong dung dịch sun phát, tổng thể tích lỗ rỗng của mẫu hồ xi măng $1 \times 1 \times 6$ cm chứa bột gạch đất sét giảm so với vữa thông thường. Qua các nghiên cứu trên, ta thấy rằng tính pozzolanic của bột gạch đất sét đã ảnh hưởng đến cường độ và độ bền sun phát vữa xi măng. Tuy nhiên, mối liên hệ giữa sự thay đổi cường độ và độ trương nở của vữa xi măng bị ăn mòn sun phát vẫn chưa được thực hiện nghiên cứu đồng thời. Vì vậy, nghiên cứu này đã tiến hành phân tích sự thay đổi về mặt cường độ kết hợp với việc đo đặc độ trương nở của thanh vữa bị ăn mòn khi ngâm trong dung dịch sun phát 6 tháng để đánh giá một cách tổng quát hiệu quả của bột gạch đất sét nung trong vữa xi măng

2. Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu

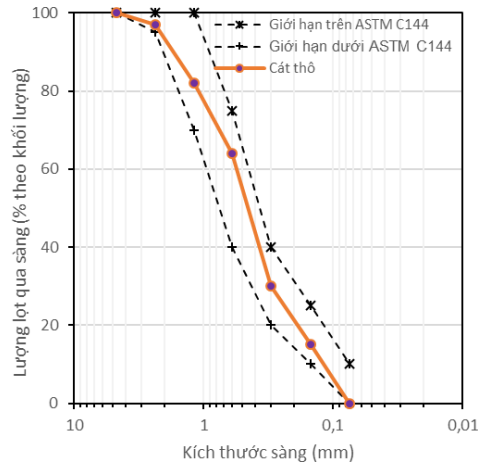
2.1. Nguyên vật liệu

Cát thô có khối lượng riêng $2,61 \text{ g/cm}^3$, khối lượng thể tích xấp xỉ là 1420 kg/m^3 , và mô đun độ lớn 2,12 được sử dụng để chế tạo vữa. Thành phần hạt của cát sử dụng để chế tạo vữa xi măng được trình bày trong Bảng 1. Thành phần hạt của cát sử dụng (Hình 1) đạt yêu cầu về cốt liệu để chế tạo vữa xi măng theo tiêu chuẩn ASTM C144 [16].

Bảng 1. Thành phần hạt của cát

Kích thước sàng (mm)	Lượng lọt sàng (% theo khối lượng)
4,75	100
2,36	97
1,18	82
0,6	64
0,3	30
0,15	15
0,075	0

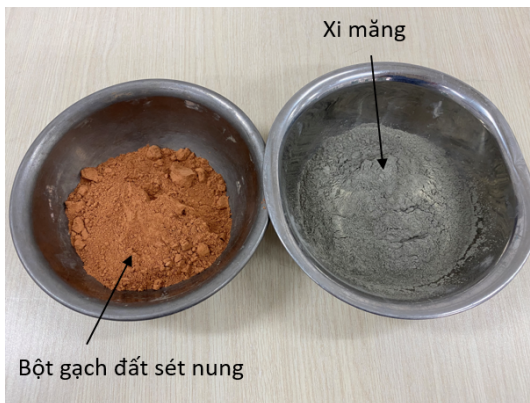
Xi măng poóc lăng Nghi Sơn được sử dụng để chế tạo vữa xây dựng trong nghiên cứu này. Bảng 2 trình bày thành phần hóa học và các chỉ tiêu cơ lý của xi măng Nghi Sơn. Để đánh giá ảnh hưởng của



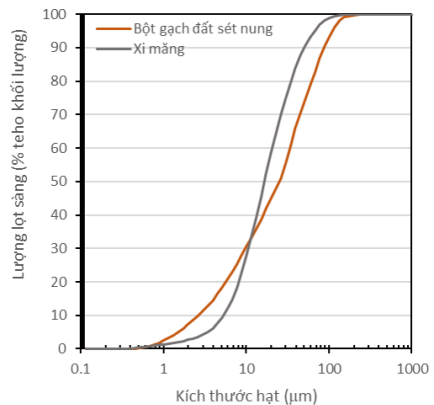
sót lại trên sàng 45 μm (xem Bảng 3) không quá 34%, cho thấy gạch đất sét nung sau quá trình nghiền đạt yêu cầu về kích cỡ hạt cho vật liệu pozzolan theo ASTM C618 [17]. Thành phần hóa học của bột gạch đất sét nung với tổng hàm lượng SiO_2 , Al_2O_3 và Fe_2O_3 lớn hơn 70% được xác định bằng phân tích quang phổ huỳnh quang tia X (XRF) như liệt kê ở Bảng 4.

Bảng 3. Thành phần hạt của bột gạch đất sét nung

Kích cỡ hạt (μm)	Lượng lọt sàng (% theo khối lượng)
262,376	100
229,075	99,899
152,453	99,083
101,46	93,432
44,938	70,242
26,111	50,712
19,904	44,686
10,097	30,588
5,122	18,314
2,599	9,770
1,005	2,452
0,510	0,263
0,445	0,111
0,389	0



(a) Bột gạch đất sét nung và xi măng



(b) Thành phần hạt theo khối lượng của xi măng và bột gạch đất sét nung

Hình 2. Bột gạch đất sét nung, xi măng và thành phần hạt

Theo tiêu chuẩn ASTM C 311 [18], khả năng sử dụng vật liệu pozzolan trong bê tông được đánh giá qua chỉ số hoạt tính cường độ với xi măng poóc lăng (strength activity index with Portland cement, SAI). Chỉ số hoạt tính cường độ SAI được đánh giá qua tỷ số giữa cường độ của mẫu vữa 50 mm lập phương của cấp phối vữa chứa 20% vật liệu pozzolan thay thế xi măng poóc lăng (kí hiệu cấp phối A) và cấp phối vữa đối chứng (kí hiệu cấp phối B) theo công thức (4). Cấp phối vữa dùng để chế tạo mẫu vữa 50 mm lập phương theo tiêu chuẩn ASTM C311 [18] để đánh giá tính pozzolanic của bột

Bảng 4. Thành phần hóa học của bột gạch đất sét nung

Các oxit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	MnO
(% theo khối lượng)	60,43	18,63	0,57	14,20	4,43	1,29	0,13	0,09

gạch đất sét nung trong nghiên cứu này thể hiện trong Bảng 5. Mẫu vữa 50 mm lập phương được chế tạo và xác định cường độ ở 7 ngày và 28 ngày tuổi theo ASTM C109 [19].

$$SAI = \frac{R_A}{R_B} \times 100\% \quad (4)$$

trong đó R_A là giá trị trung bình cường độ nén tổ mẫu của cấp phối A (MPa); R_B là giá trị trung bình cường độ nén tổ mẫu cấp phối B (MPa).

Bảng 5. Cấp phối vữa và cường độ chịu nén của mẫu vữa 50 mm lập phương

Tên cấp phối	Xi măng (g)	Bột gạch đất sét nung (g)	Nước (ml)	Cát tiêu chuẩn theo ASTM C778 (g)	Cường độ chịu nén (MPa)	
					7 ngày	28 ngày
Cấp phối A	400	100	250	1375	44,7	69,1
Cấp phối B	500	0	242	1375	52,6	79,6
SAI (%)	-	-	-	-	85	87

Theo Bảng 5 ta có chỉ số hoạt tính cường độ của bột gạch đất sét nung ở 7 ngày tuổi là 85% và 28 ngày tuổi là 87%. Kết quả này khẳng định bột gạch đất sét nung có tính pozzolanic theo ASTM C618 [17] và chúng có thể dùng để thay thế một phần xi măng để chế tạo vữa/ bê tông.

2.2. Cấp phối vữa

Mẫu vữa đối chứng (kí hiệu CT) được chế tạo với tỷ lệ khối lượng xi măng/ cát/ nước là 1/2,75/0,485. Bột gạch đất sét nung thay thế khối lượng xi măng trong cấp phối vữa là 10%, 20% và 30%. Khối lượng nước trong các cấp phối vữa chứa bột gạch đất sét nung được thay đổi phù hợp, để đảm bảo độ lưu động của vữa bằng độ lưu động của vữa đối chứng. Kết quả thành phần cấp phối vữa cho một mẻ trộn đúc 9 viên mẫu lập phương cạnh 50 mm được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6. Thành phần cấp phối vữa cho 1 mẻ trộn

Tên cấp phối	Chất kết dính (g)		Nước (g)	Cát thô (g)
	Xi măng	Bột gạch đất sét		
CT	740	0	359	2035
G10	666	74	363	2035
G20	592	148	368	2035
G30	518	222	372	2035

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, độ bền sun phát của vữa được đánh giá qua cường độ chịu nén và sự thay đổi chiều dài của thanh vữa bị ngâm hoàn toàn trong dung dịch sun phát 5%. Dung dịch sun phát 5% được chuẩn bị bằng cách hòa tan 50 gram muối khan Na_2SO_4 vào 900 ml nước tinh khiết, sau đó nước được thêm vào cho đủ 1 lít dung dịch Na_2SO_4 .

Mẫu vữa lập phương kích thước cạnh 50 mm (Hình 3(a)) được chế tạo để đánh giá sự suy giảm cường độ chịu nén của vữa khi bị ăn mòn bởi dung dịch sun phát. Sau 3 và 6 tháng ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 nồng độ 5%, mẫu vữa được xác định cường độ nén. Hàng tháng, dung dịch sun phát được thay mới hoàn toàn. Sự thay đổi cường độ nén giữa mẫu bị ngâm trong dung dịch sun phát với mẫu được bảo dưỡng trong nước được tính toán theo công thức (5).

$$\Delta R = \frac{R(S) - R(N)}{R(N)} \times 100\% \quad (5)$$

Trong đó: ΔR sự thay đổi cường độ nén (%), $R(S)$ cường độ nén mẫu ngâm trong dung dịch sun phát, $R(N)$ cường độ nén mẫu bảo dưỡng trong nước.



(a) Mẫu lập phương cạnh 50 mm



(b) Thanh vữa 25 × 25 × 285 mm

Hình 3. Các mẫu vữa trong thí nghiệm độ bền sun phát

Các thanh vữa kích thước 25 × 25 × 285 mm (Hình 3(b)) được dùng để theo dõi sự thay đổi chiều dài của vữa khi bị ăn mòn sun phát. Theo tiêu chuẩn ASTM C1012 [20], các thanh vữa sẽ được ngâm vào dung dịch sun phát 5% khi mẫu lập phương 50 mm có cấp phối tương ứng đạt cường độ 20 MPa. Do đó, các thanh vữa 25 × 25 × 285 mm được ngâm vào dung dịch sun phát vào thời điểm 1 hoặc 2 ngày tuổi, phụ thuộc vào cường độ chịu nén của mẫu lập phương 50 mm như thể hiện trong Bảng 7. Sau khi được ngâm vào dung dịch sun phát, chiều dài thanh vữa được đo định kỳ hàng tuần (xem Hình 4) trong 6 tháng. Dung dịch sun phát được thay mới sau mỗi tháng, để đảm bảo nồng độ dung dịch Na_2SO_4 luôn duy trì ở 5%. Sự thay đổi chiều dài thanh vữa được xác định theo công thức (6).

$$\Delta L = \frac{L_i - L_0}{L_g} \times 100\% \quad (6)$$

trong đó ΔL sự thay đổi chiều dài thanh vữa (%), L_i chiều dài thanh vữa ở tuần thứ i , L_0 chiều dài thanh vữa trước khi ngâm vào dung dịch sunfat, $L_g = 250$ mm là chiều dài thanh ghĩa của thanh vữa.

Bảng 7. Cường độ chịu nén của mẫu lập phương 50 mm và thời gian bảo dưỡng mẫu tương ứng

Tên cấp phối	Thời gian bảo dưỡng (ngày)	Cường độ chịu nén (MPa)
CT	1	24,2
G10	1	22,5
G20	2	23,4
G30	2	21,1



Hình 4. Đo chiều dài thanh vữa

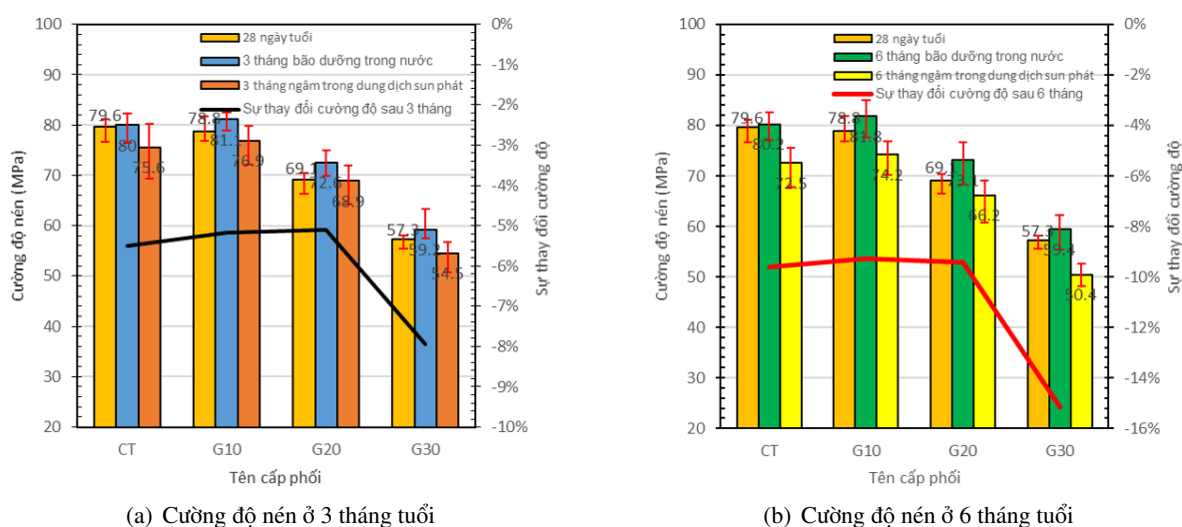
3. Kết quả thí nghiệm

3.1. Cường độ nén

Hình 5 thể hiện cường độ nén của mẫu vữa ở 3 tháng, 6 tháng tuổi khi bảo dưỡng trong nước và ngâm trong dung dịch sun phát 5%. Ở thời điểm 3 tháng tuổi (Hình 5(a)), khi bảo dưỡng trong môi trường nước cường độ nén của vữa G10 có cường độ lớn nhất, đạt 81,1 MPa, trong khi đó cường độ của vữa đối chứng là 80 MPa. Ngược lại, cường độ nén của vữa sử dụng 20% hoặc 30% bột gạch đất sét nung thay xi măng có cường độ thấp hơn cường độ vữa đối chứng. Ở thời điểm 6 tháng tuổi (Hình 5(b)), sự phát triển cường độ nén của vữa rất ít. Cường độ của tất cả các cấp phối vữa được bảo dưỡng trong nước hầu như không tăng so với cường độ sau 3 tháng.

Khi bị ăn mòn sun phát, sự suy giảm cường độ được quan sát thấy ở tất cả các cấp phối vữa. Nguyên nhân chính dẫn đến sự giảm cường độ theo Mehta [21] là do sự phân hủy khoáng C-S-H thông qua quá trình rửa trôi các hợp chất canxi trong quá trình ăn mòn sun phát. Việc giảm lực liên

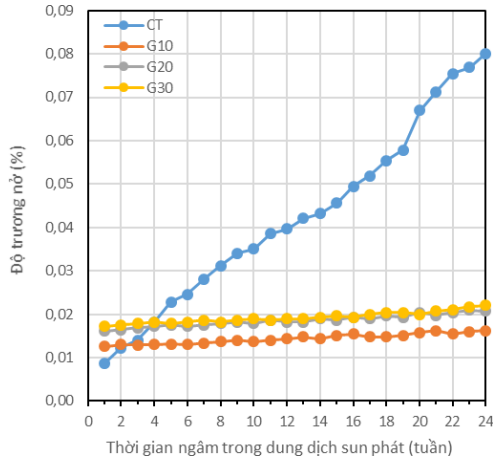
kết giữa các phần tử trong vữa do hình thành các khoáng trương nở như ettringite, do các sản phẩm của quá trình thủy hóa xi măng phản ứng với các ion sun phát cũng góp phần làm suy giảm cường độ [22]. Sau 3 tháng, sự giảm cường độ của vữa đối chứng là 5,5%. Trong khi đó, sự suy giảm cường độ của vữa chứa 10%, 20% và 30% bột gạch đất sét nung lần lượt là 5,2%, 5,1% và 7,9%. Kết quả trên cho thấy sử dụng 10% hoặc 20% bột gạch đất sét nung để thay thế cho xi măng trong chế tạo vữa đã không làm thay đổi độ bền sun phát của vữa, khi so sánh với mẫu vữa đối chứng. Khi thay thế với tỷ lệ 30% sẽ làm cường độ vữa giảm nhiều dẫn đến sự giảm mạnh cường độ khi vữa bị ăn mòn bởi dung dịch sun phát. Kết quả tương tự cũng được quan sát thấy ở các mẫu vữa bị ngâm 6 tháng trong dung dịch sun phát. Độ suy giảm cường độ của vữa xi măng và vữa G10, G20 tương đương nhau. Sự giảm cường độ mạnh nhất là 15,2% được quan sát thấy ở mẫu vữa G30 khi bị ngâm trong dung dịch sun phát suốt 6 tháng. Sự suy giảm cường độ của mẫu vữa chứa 30 % bột gạch đất sét nhiều hơn mẫu vữa chứa 10% hoặc 20% bột gạch đất sét có thể do mẫu vữa G30 có cường độ thấp; chỉ đạt 57,3 MPa ở 28 ngày tuổi.



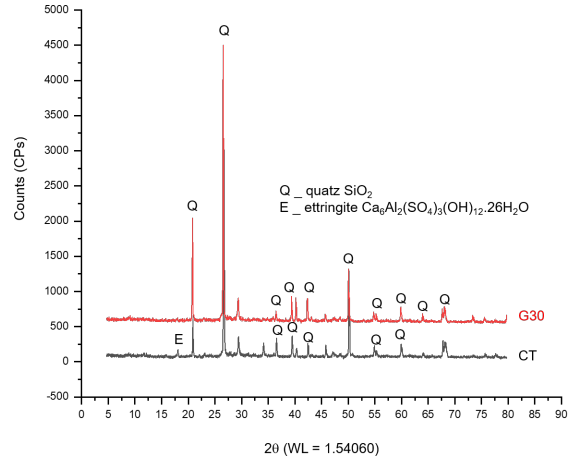
Hình 5. Cường độ nén của vữa khi bảo dưỡng trong nước và trong dung dịch sun phát

3.2. Sự thay đổi chiều dài thanh vữa

Hình 6 thể hiện độ trương nở của các thanh vữa khi ngâm trong dung dịch sun phát 5% trong 6 tháng. Kết quả thí nghiệm cho thấy vữa xi măng (cấp phối CT) liên tục trương nở khi bị ngâm trong dung dịch sun phát. Sau 6 tháng bị ngâm trong dung dịch sun phát, thanh vữa của cấp phối CT có độ trương nở là 0,08%. Sự trương nở của vữa xi măng là kết quả của phản ứng giữa canxi hidroxit (sản phẩm của quá trình thủy hóa xi măng) với các ion sun phát sinh ra khoáng ettringite. Sự trương nở do khoáng ettringite sinh ra trong quá trình ăn mòn sun phát đã được nhiều nhà khoa học chứng minh [21–24]. Quan sát kết quả phân tích nhiễu xạ X-ray (XRD) của mẫu vữa CT sau 6 tháng bị ngâm trong dung dịch sun phát ta thấy đỉnh khoáng ettringite xuất hiện ở vị trí 180 (xem Hình 7). Ngược lại, theo Hình 7 ở vị trí 180 kết quả phân tích nhiễu xạ X-ray của mẫu vữa G30 không phát hiện ra khoáng ettringite. Nhiều nghiên cứu báo cáo rằng các phản ứng pozzolanic giữa bột gạch đất sét nung giúp làm giảm lượng canxi hidroxit, dẫn đến giảm quá trình ăn mòn sun phát [25, 26]. Kết quả là sự thay thế một phần xi măng bằng 10%, 20% hay 30% bột gạch đất sét sẽ giảm sự trương nở của vữa khi bị ăn mòn sun phát.



Hình 6. Độ trương nở của thanh vữa khi bị ngâm trong dung dịch sun phát



Hình 7. Kết quả phân tích nhiễu xạ X-ray (XRD) của vữa CT và G30 sau 6 tháng bị ngâm trong dung dịch sun phát

4. Kết luận

Dựa trên kết quả thí nghiệm và phân tích, có thể rút ra các nhận xét và kết luận sau đây:

- Bột gạch đất sét nung với cỡ hạt nhỏ hơn 45 μm thể hiện tính pozzlonic. Do đó, bột gạch đất sét nung có thể thay thế một phần xi măng để cải thiện độ bền sun phát của vữa;
- Độ suy giảm cường độ chịu nén của vữa xi măng đối chứng và vữa xi măng chứa 10% và 20% bột gạch đất sét nung khi bị ngâm 6 tháng trong dung dịch sun phát xấp xỉ nhau. Khi mức độ thay thế xi măng trong vữa bằng 30% bột gạch đất sét nung, cường độ nén của vữa ở 28 ngày tuổi sẽ giảm mạnh. Vì vậy, hàm lượng bột gạch đất sét nung thay thế xi măng theo khối lượng trong vữa được đề xuất từ 10% đến 20%.
- Bột gạch đất sét nung giảm 80% sự trương nở của vữa so với vữa xi măng đối chứng khi bị ngâm 6 tháng trong dung dịch sun phát.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Bộ Giáo Dục và Đào Tạo, mã số B2021-MBS-01 cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Torii, K., Kawamura, M. (1994). [Effects of fly ash and silica fume on the resistance of mortar to sulfuric acid and sulfate attack](#). *Cement and Concrete Research*, 24(2):361–370.
- [2] Lâm, N. T., Khánh, Đ. Đ. (2015). Độ bền sulfat của xi măng poóc lăng hỗn hợp sử dụng phụ gia khoáng tro bay. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 24(6):34–39.
- [3] Chatveera, B., Lertwattanaruk, P. (2009). [Evaluation of sulfate resistance of cement mortars containing black rice husk ash](#). *Journal of Environmental Management*, 90(3):1435–1441.
- [4] Moon, H.-Y., Lee, S.-T., Kim, H.-S., Kims, S.-S. (2002). [Experimental Study on the Sulfate Resistance of Concrete Blended Ground Granulated Blast-furnace Slag for Recycling](#). *Geosystem Engineering*, 5(3): 67–73.

- [5] Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete - Microstructure, properties and materials*. 3rd edition, McGraw-Hill.
- [6] Nghiem, H. T., Phan, Q. M., Kawamoto, K., Ngo, K. T., Nguyen, H. G., Nguyen, T. D., Isobe, Y., Kawasaki, M. (2020). [An investigation of the generation and management of construction and demolition waste in Vietnam](#). *Detritus*, (12):135–149.
- [7] Asensio, E., Medina, C., Frías, M., de Rojas, M. I. S. (2020). [Fired clay-based construction and demolition waste as pozzolanic addition in cements. Design of new eco-efficient cements](#). *Journal of Cleaner Production*, 265:121610.
- [8] Ge, Z., Wang, Y., Sun, R., Wu, X., Guan, Y. (2015). [Influence of ground waste clay brick on properties of fresh and hardened concrete](#). *Construction and Building Materials*, 98:128–136.
- [9] Heikal, M., Zohdy, K. M., Abdelkreem, M. (2013). [Mechanical, microstructure and rheological characteristics of high performance self-compacting cement pastes and concrete containing ground clay bricks](#). *Construction and Building Materials*, 38:101–109.
- [10] Naceri, A., Hamina, M. C. (2009). [Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar](#). *Waste Management*, 29(8):2378–2384.
- [11] Shao, J., Gao, J., Zhao, Y., Chen, X. (2019). [Study on the pozzolanic reaction of clay brick powder in blended cement pastes](#). *Construction and Building Materials*, 213:209–215.
- [12] O'Farrell, M., Sabir, B. B., Wild, S. (2006). [Strength and chemical resistance of mortars containing brick manufacturing clays subjected to different treatments](#). *Cement and Concrete Composites*, 28(9):790–799.
- [13] Msinjili, N. S., Vogler, N., Sturm, P., Neubert, M., Schröder, H.-J., Kühne, H.-C., Hüniger, K.-J., Gluth, G. J. G. (2021). [Calcined brick clays and mixed clays as supplementary cementitious materials: Effects on the performance of blended cement mortars](#). *Construction and Building Materials*, 266:120990.
- [14] Schackow, A., Stringari, D., Senff, L., Correia, S. L., Segadães, A. M. (2015). [Influence of fired clay brick waste additions on the durability of mortars](#). *Cement and Concrete Composites*, 62:82–89.
- [15] de Lucas, E. A., Medina, C., Frías, M., de Rojas, M. I. S. (2016). [Clay-based construction and demolition waste as a pozzolanic addition in blended cements. Effect on sulfate resistance](#). *Construction and Building Materials*, 127:950–958.
- [16] ASTM C144 (2018). *Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*.
- [17] ASTM C618 (2005). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- [18] ASTM C311 (2008). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete*.
- [19] ASTM C109/C109M (2008). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens)*.
- [20] ASTM C1012 (2004). *Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution*.
- [21] Mehta, P. K. (1983). [Mechanism of sulfate attack on portland cement concrete — Another look](#). *Cement and Concrete Research*, 13(3):401–406.
- [22] Rahman, M. M., Bassuoni, M. T. (2014). [Thaumasite sulfate attack on concrete: Mechanisms, influential factors and mitigation](#). *Construction and Building Materials*, 73:652–662.
- [23] Diamond, S. (1996). [Delayed ettringite formation — Processes and problems](#). *Cement and Concrete Composites*, 18(3):205–215.
- [24] Elahi, M. M. A., Shearer, C. R., Reza, A. N. R., Saha, A. K., Khan, M. N. N., Hossain, M. M., Sarker, P. K. (2021). [Improving the sulfate attack resistance of concrete by using supplementary cementitious materials \(SCMs\): A review](#). *Construction and Building Materials*, 281:122628.
- [25] Filho, R. D. T., Gonçalves, J. P., Americano, B. B., Fairbairn, E. M. R. (2007). [Potential for use of crushed waste calcined-clay brick as a supplementary cementitious material in Brazil](#). *Cement and Concrete Research*, 37(9):1357–1365.
- [26] Schackow, A., Stringari, D., Senff, L., Correia, S. L., Segadães, A. M. (2015). [Influence of fired clay brick waste additions on the durability of mortars](#). *Cement and Concrete Composites*, 62:82–89.