

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG TRO BAY VÀ TỈ LỆ PHỤ GIA HÓA ĐÈO ĐẾN TÍNH CHẤT CƯỜNG ĐỘ CỦA HỖN HỢP VỮA XI MĂNG KẾT HỢP TRO BAY.

ĐINH HẢI ANH, NGUYỄN TRÍ NHÂN, TRẦN HOÀNG MAI,
NGUYỄN THỊ HỒNG, PHẠM GIA BẢO, DƯƠNG VĨNH NHIỀU*

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: duongvinhnhiều@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v76i4.5535>

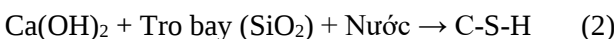
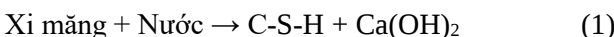
Tóm tắt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và tỉ lệ phụ gia hóa dẻo đến tính chất cường độ và độ lưu động của vữa xây dựng. Trong nghiên cứu này, tro bay thay thế một phần xi măng với hàm lượng thay thế là 0%, 5%, 10% và 15%; cốt liệu nhỏ là cát tự nhiên; tỉ lệ nước trên chất kết dính là 0.3; phụ gia hóa dẻo được thêm vào vữa với các tỉ lệ là 1.0%, 1.5% và 2.0%. Mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện phòng (nhiệt độ $27\pm 2^{\circ}\text{C}$, độ ẩm $95\pm 5\%$) cho đến ngày thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ chịu nén của mẫu 7 ngày tỉ lệ nghịch với hàm lượng tro bay thay thế xi măng. Sau 56 ngày bảo dưỡng, mẫu chứa 5%, 10% và 15% tro bay thay thế xi măng có cường độ chịu nén cao hơn so với mẫu đối chứng. Tỉ lệ phụ gia hóa dẻo cũng ảnh hưởng đến độ lưu động của vữa, khi tăng tỉ lệ phụ gia hóa dẻo thì độ lưu động của vữa tăng lên.

Từ khóa. Vữa xây dựng, xi măng, tro bay, phụ gia hóa dẻo, cường độ chịu nén.

1 GIỚI THIỆU

Vữa xây dựng được sử dụng rộng rãi trong nhiều hoạt động xây dựng khác nhau như dùng để xây trát, kết dính các loại vật liệu xây dựng (gạch, đá), sửa chữa các vết nứt trên kết cấu công trình, gia cố nền đất yếu,... Vữa thường được chế tạo trực tiếp tại công trường bằng cách phối trộn hỗn hợp cốt liệu mịn, chất kết dính, nước và phụ gia theo một tỉ lệ nhất định. Vữa tươi có tính lưu động (còn được gọi là tính dẻo), tính lưu động của vữa ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất thi công xây dựng. Vữa sau khi đóng rắn sẽ có tính chịu lực, tính chất cường độ của vữa ảnh hưởng đến chi phí bảo trì và tuổi thọ thiết kế của công trình [1], [2].

Ở Việt Nam hiện nay, tro bay được sử dụng phổ biến để thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông và vữa xây dựng nhằm giúp giảm chi phí xây dựng công trình [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Tro bay chứa hàm lượng khoáng vật silicate (SiO_2 vô định hình) tham gia phản ứng hóa học với khoáng portlandite (Ca(OH)_2) sinh ra từ quá trình thủy hóa xi măng, gọi là phản ứng pozzolanic, kết quả tạo ra gel calcium silicates hydrates (C-S-H). Theo Ngô Sĩ Huy [9], khi cho thêm một lượng tro bay thay thế xi măng từ 10% đến 20% vào hỗn hợp vữa bê tông sẽ giúp cải thiện lượng gel C-S-H so với chỉ sử dụng chất kết dính xi măng. Gel C-S-H có tác dụng dính kết các hạt cốt liệu lại với nhau, khi lượng gel C-S-H tăng lên thì cường độ của bê tông cũng tăng lên. Quá trình tạo gel C-S-H khi thêm tro bay vào hỗn hợp vữa được thể hiện ở công thức (1) và (2).



Nguyễn Văn Chính và Trần Quang Hưng [10] nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay đến tính chất cơ học của vữa xi măng đã chỉ ra rằng, tro bay làm tăng độ lưu động của hỗn hợp vữa nhưng đồng thời cũng làm giảm cường độ chịu uốn và chịu nén của vữa ở giai đoạn tuổi sớm và mức độ suy giảm này phụ thuộc vào hàm lượng tro bay thay thế xi măng. Nguyễn Văn Vinh [11] nghiên cứu mối quan hệ giữa hàm lượng tro bay và sự phát triển cường độ của vữa xi măng cho biết, độ lưu động của vữa tăng lên khi sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng nhưng tỉ lệ nước trên chất kết dính cao hơn mẫu đối chứng, cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của vữa ở tuổi trước 28 ngày thấp hơn so với mẫu đối chứng. Cường độ của mẫu chứa 10% tro

bay sau 90 ngày bảo dưỡng lớn hơn cường độ của mẫu đối chứng. Tro bay ảnh hưởng đến quá trình đóng rắn của vữa, làm giảm cường độ của vữa trước 28 ngày tuổi.

Phụ gia hóa dẻo có tác dụng cải thiện độ lưu động, giảm nước, tăng cường độ cho bê tông và vữa [12]. Do vậy, khi sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng trong hỗn hợp vữa, có thể thêm phụ gia hóa dẻo để cải thiện tính lưu động và cường độ ở tuổi sớm của vữa. Trong nghiên cứu này, tro bay thay thế một phần xi măng với các hàm lượng 0%, 5%, 10% và 15% và phụ gia hóa dẻo được thêm vào với các tỉ lệ 1.0%, 1.5% và 2.0% theo khối lượng của chất kết dính để tìm hiểu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và tỉ lệ phụ gia đến độ lưu động và sự phát triển cường độ của vữa theo thời gian. Kết quả nghiên cứu giúp xác định được tỉ lệ phụ gia hóa dẻo tối ưu tương ứng với hàm lượng tro bay thay thế xi măng.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu này có nguồn gốc từ nhà máy nhiệt điện Duyên Hải (Trà Vinh). Thành phần hóa học của tro bay được trình bày trong Bảng 1. Theo tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 [8], tro bay có tổng hàm lượng ôxít silic, ôxít nhôm và ôxít sắt lớn hơn 70% thì được xếp vào loại F. Tro bay có độ mịn trên sàng 45 μm chiếm 12.1%, tỷ diện bề mặt là 3822 cm^2/g [13].

Bảng 1: Thành phần hóa học tro bay nhiệt điện Duyên Hải [14].

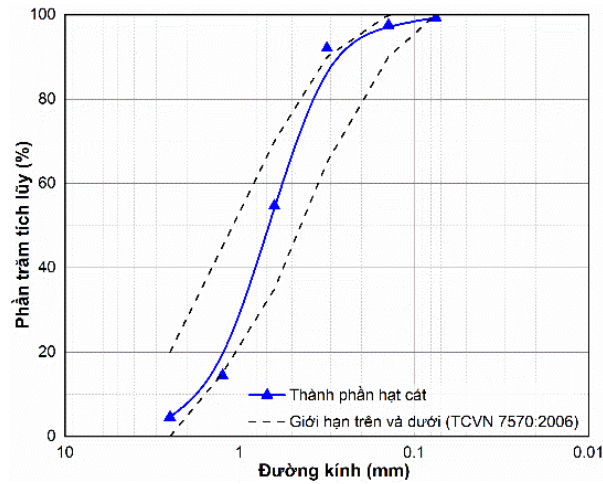
Chỉ tiêu	Kết quả (%)
Hàm lượng mất khi nung (LOI)	8.3
Hàm lượng kiềm có hại	<0.01
Hàm lượng canxi ôxít tự do (CaO)	0.02
Hàm lượng lưu huỳnh, hợp chất lưu huỳnh (SO_3)	0.03
Tổng hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	82.9

Cốt liệu nhỏ là cát sông, có màu vàng nhạt (Hình 1). Thí nghiệm tính chất vật lý của cát cho kết quả, hàm lượng bụi bùn sét chiếm 2.32%, khối lượng riêng là 2.64 g/cm^3 và khối lượng thể tích tự nhiên là 2.52 g/cm^3 . Độ hút nước của cát là 2.56%. Cát có mô đun độ lớn (M_d) là 2.6. Biểu đồ phân tích thành phần hạt của cát được trình bày ở Hình 2.



Hình 1: Vật liệu nghiên cứu (a) tro bay, (b) cát sông.

Xi măng sử dụng là PCB40 Hà Tiên, các tính chất cơ lý của xi măng thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 6260:2009 [15]. Phụ gia hóa dẻo Sikament R-7N có khối lượng thể tích 1.14 kg/l được sử dụng để giảm nước và cải thiện độ lưu động của hỗn hợp vữa (Hình 3). Phụ gia Sikament R-7N có các thông số kỹ thuật đáp ứng yêu cầu tiêu chuẩn TCVN 8826:2011 [16].



Hình 2: Biểu đồ thành phần hạt của cát.



Hình 3: (a) Xi măng PCB40 Hà Tiên, (b) phụ gia hóa dẻo Sikament R-7N.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Dựa theo các tài liệu nghiên cứu trước đây [6], [7], [10], [11], [12], [14] và kết hợp điều chỉnh bằng thực nghiệm, thành phần cấp phối vữa trong nghiên cứu này được trình bày trong Bảng 2. Chất kết dính (CKD) là hỗn hợp của xi măng (X) và tro bay (FA), khối lượng chất kết dính là tổng khối lượng của xi măng và tro bay. Tro bay được sử dụng để thay thế một phần xi măng với hàm lượng thay thế (FA/X) là 0% (mẫu đối chứng), 5%, 10% và 15%. Cát và nước được thêm vào hỗn hợp vữa với tỉ lệ không đổi là 1.5 và 0.3 so với khối lượng của CKD. Phụ gia hóa dẻo được thêm vào vữa với tỉ lệ (PG/CKD) là 1%, 1.5% và 2%.

Bảng 2: Ký hiệu mẫu và tỉ lệ thành phần cấp phối vữa.

Ký hiệu mẫu	Xi măng	Tro bay	Cát	Nước	Phụ gia hóa dẻo
1A	1	0	1.5	0.3	0.01
1B	1	0	1.5	0.3	0.015
1C	1	0	1.5	0.3	0.02
2A	0.95	0.05	1.5	0.3	0.01
2B	0.95	0.05	1.5	0.3	0.015
2C	0.95	0.05	1.5	0.3	0.02
3A	0.9	0.1	1.5	0.3	0.01
3B	0.9	0.1	1.5	0.3	0.015
3C	0.9	0.1	1.5	0.3	0.02
4A	0.85	0.15	1.5	0.3	0.01
4B	0.85	0.15	1.5	0.3	0.015
4C	0.85	0.15	1.5	0.3	0.02

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TRO BAY VÀ PHỤ GIA ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA VỮA...

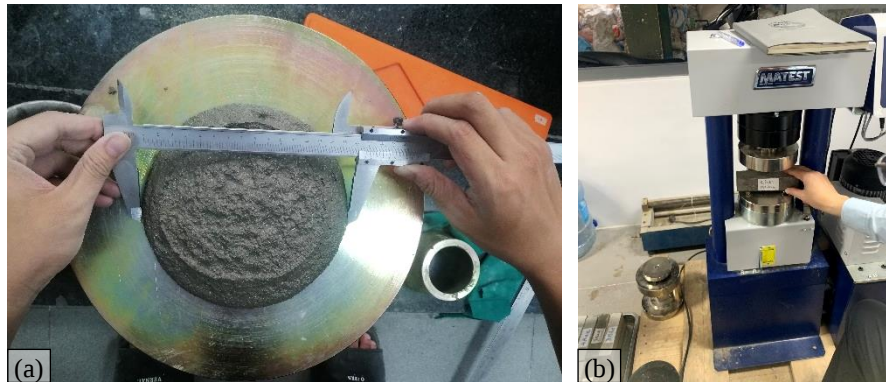
Để đảm bảo sự đồng nhất giữa các mẻ trộn cấp phối vữa, mỗi mẻ trộn được trộn bằng máy trộn tự động theo quy trình sau:

- (1) Xác định cấp phối cần trộn, cân chính xác khối lượng cốt liệu, CKD, nước và phụ gia hóa dẻo.
- (2) Trộn khô hỗn hợp xi măng, tro bay và cát cho đến khi các thành phần phân bố đồng đều, thời gian trộn khô là 60 giây.
- (3) Thêm nước và phụ gia hóa dẻo vào hỗn hợp, tiến hành trộn với tốc độ chậm trong thời gian 30 giây. Sau đó, trộn hỗn hợp với tốc độ cao trong thời gian 90 giây cho đến khi hỗn hợp đồng nhất.
- (4) Sau khi trộn, đưa hỗn hợp vữa tươi vào khuôn kép ba, mẫu thí nghiệm có kích thước $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ và giữ mẫu trong khuôn ít nhất 24 giờ (Hình 4). Sau 24 giờ, lấy mẫu vữa đã đông rắn ra khỏi khuôn, tiến hành bảo dưỡng mẫu ở điều kiện không khí (nhiệt độ $27 \pm 2^\circ \text{C}$ và độ ẩm $95 \pm 5\%$) cho đến tuổi mẫu thí nghiệm. Thời gian bảo dưỡng mẫu là 7 ngày, 28 ngày và 56 ngày. Tổng số mẫu thí nghiệm trong nghiên cứu này là 216 mẫu.



Hình 4: (a) Trộn mẫu bằng máy trộn, (b) đưa vữa tươi vào khuôn, (c) mẫu vữa đông rắn.

Độ lưu động của vữa được xác định ngay sau khi trộn vữa bằng phương pháp bàn dần theo tiêu chuẩn TCVN 3121-3:2022 [17], kết quả thí nghiệm được làm tròn đến 1 mm. Cường độ chịu nén (R_N) và cường độ chịu uốn (R_U) của vữa đông rắn được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 3121-11:2022 [18] (Hình 5). Mỗi tổ mẫu thí nghiệm là 6 mẫu, kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình cộng của 6 giá trị thu được.



Hình 5: (a) Thí nghiệm bàn dần, (b) thí nghiệm nén và uốn vữa.

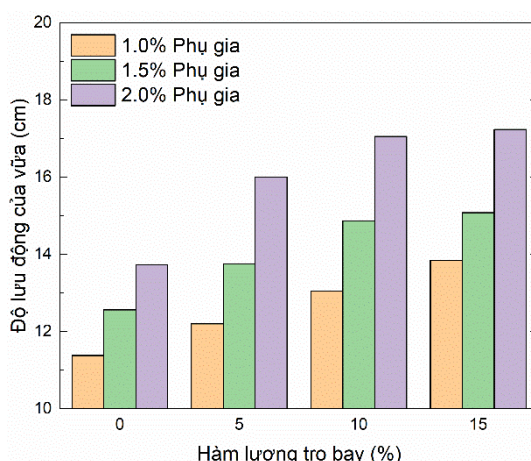
3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Độ lưu động của vữa tươi

Hình 6 trình bày kết quả thí nghiệm độ lưu động của vữa tương ứng với các hàm lượng tro bay thay thế xi măng và tỉ lệ phụ gia hóa dẻo khác nhau. Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi tăng hàm lượng FA/X trong hỗn hợp vữa thì độ lưu động của vữa tăng lên. Đối với các mẫu chứa 1.0% PG/CKD (mẫu 1A, 2A, 3A, 4A), khi hàm lượng FA/X tăng thêm mỗi 5% thì độ lưu động của vữa tăng thêm 7.0%. Tuy nhiên, các mẫu chứa 1.5% PG/CKD (mẫu 1B, 2B, 3B, 4B) và các mẫu chứa 2.0% PG/CKD (mẫu 1C, 2C, 3C, 4C) thì khi tăng từ 10% FA/X lên 15% FA/X, độ lưu động chỉ tăng 1.5%. Theo Nguyễn Trọng Lâm [3], tro bay có hình

dạng hạt cầu và tròn nhẵn nên có tác dụng giảm ma sát của hỗn hợp vữa, từ đó làm tăng độ lưu động của vữa. Tuy nhiên, khối lượng riêng của tro bay thấp hơn của xi măng khoảng 30% nên thể tích của tro bay thêm vào lớn hơn thể tích của xi măng giảm, do vậy khi hàm lượng FA/X tăng lên nhưng tỉ lệ nước trên CKD bị cố định thì sẽ làm tăng ma sát của hỗn hợp vữa.

Phụ gia hóa dẻo làm tăng độ lưu động của vữa bằng cách thông qua chất hoạt động bề mặt là Sodium dodecylbenzenesulfonate (SDBS) bao phủ các hạt xi măng, làm các hạt xi măng đẩy nhau, từ đó giảm ma sát của hỗn hợp vữa. Phụ gia hóa dẻo giúp giảm nước mà vẫn duy trì được độ lưu động của hỗn hợp. Khi tăng hàm lượng FA/X mà tỉ lệ nước trên CKD cố định thì mức độ bao phủ của phụ gia hóa dẻo giảm, dẫn đến độ lưu động của hỗn hợp không thay đổi nhiều [12].



Hình 6: Kết quả thí nghiệm độ lưu động của vữa.

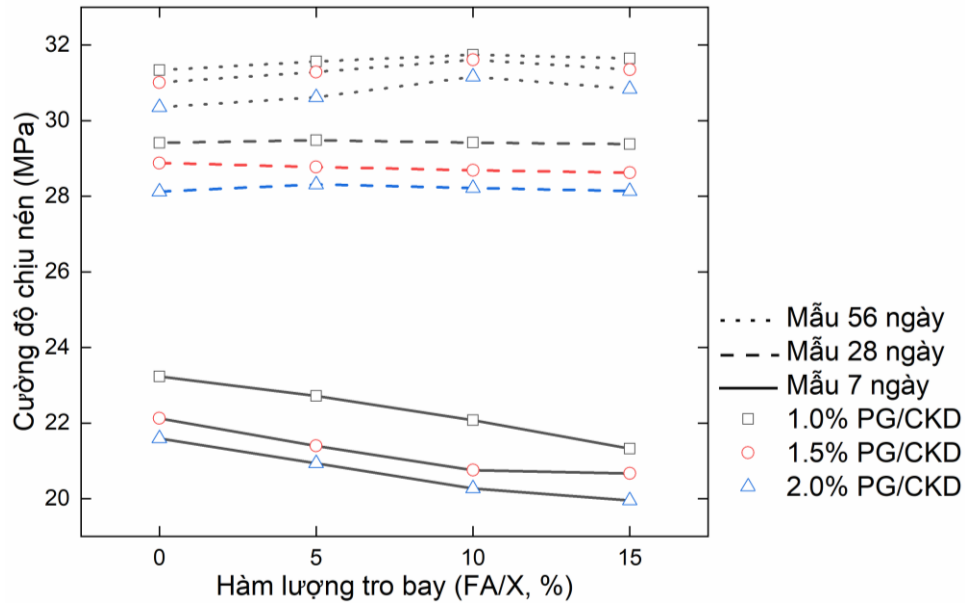
3.2 Cường độ chịu nén của vữa

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén theo thời gian của vữa với các hàm lượng tro bay thay thế xi măng và các tỉ lệ phụ gia hóa dẻo được trình bày trong Hình 7. Có thể thấy rằng, ở tuổi sớm (7 ngày), khi tăng hàm lượng FA/X thì cường độ chịu nén của vữa giảm, mức độ giảm tỉ lệ thuận với hàm lượng tro bay thay thế. Ở cùng một hàm lượng FA/X thì các mẫu chứa 1.0% PG/CKD cho kết quả cường độ chịu nén cao nhất, tiếp theo là các mẫu chứa 1.5% PG/CKD và cường độ chịu nén thấp nhất quan sát thấy ở các mẫu chứa 2.0% PG/CKD. Nguyên nhân gây ra sự suy giảm cường độ ở tuổi sớm của vữa sử dụng tro bay thay thế xi măng là phản ứng pozzolanic phát triển chậm trong giai đoạn đầu đông rắn [19]. Nhìn chung, các cấp phối vữa đều có cường độ chịu nén 7 ngày lớn hơn 20 MPa.

Ở tuổi mẫu 28 ngày, cường độ chịu nén của tất cả các mẫu tro bay thay thế xi măng xấp xỉ cường độ mẫu đối chứng (mẫu 1A, 1B, 1C). Cường độ chịu nén lớn nhất là 29.5 MPa (mẫu 2A), tương đương mác vữa M30 (TCVN 3121-11:2022).

Sau 56 ngày bảo dưỡng, cường độ chịu nén của các mẫu tro bay thay thế xi măng lớn hơn cường độ của mẫu đối chứng. Các mẫu chứa hàm lượng 10% FA/X có mức tăng cường độ lớn nhất, mẫu 3A, 3B và 3C có cường độ chịu nén cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt là 1.3%, 1.9% và 2.6%. Mẫu 3A cho kết quả cường độ chịu nén lớn nhất là 31.7 MPa. Tuy nhiên, khi hàm lượng FA/X vượt quá 10% thì cường độ chịu nén của mẫu bị giảm.

Theo N.T. Dung [6], khi hàm lượng tro bay vượt quá giá trị tối ưu thì lượng tro bay không tham gia vào phản ứng pozzolanic đóng vai trò làm cốt liệu mịn trong hỗn hợp thay vì làm phụ gia. Điều này dẫn đến việc suy giảm cường độ chịu nén của mẫu chứa 15% FA/X. Phụ gia hóa dẻo chứa triethanolamine giúp tăng tốc thủy hóa xi măng. Khi tỉ lệ PG/CKD tăng sẽ hình thành quá mức calcium hydroxide (C-H) và calcium silicate hydrates (C-S-H), ngăn chặn quá trình hydrat hóa của xi măng lấp đầy các lỗ hổng, từ đó làm giảm cường độ của mẫu [20].



Hình 7: Cường độ chịu nén của vữa theo thời gian, hàm lượng tro bay và tỉ lệ phụ gia.

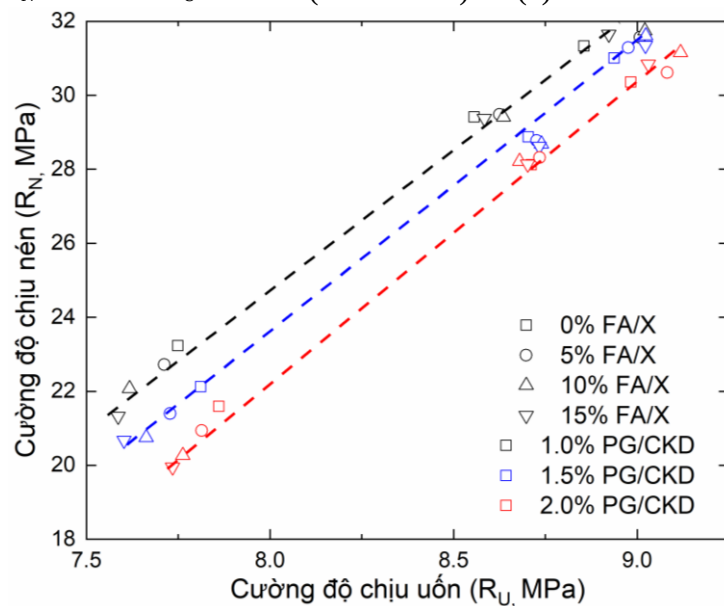
3.3 Mối quan hệ giữa cường độ chịu uốn và chịu nén của vữa

Hình 8 trình bày mối quan hệ giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén của vữa. Cường độ chịu uốn của vữa tăng dần theo thời gian. Ở giai đoạn tuổi sớm, khi tăng hàm lượng FA/X thì cường độ chịu uốn của mẫu giảm, tỉ lệ PG/CKD càng cao thì cường độ chịu uốn càng tăng, kết quả nghiên cứu này tương đồng với các nghiên cứu đã thực hiện trước đây [6], [10], [11]. Cường độ chịu uốn đạt giá trị cực đại là 9.1 MPa (mẫu 3C). Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của vữa có mối quan hệ tuyến tính chặt chẽ, phương trình tương quan được trình bày trong công thức (3), (4) và (5).

Mẫu 1.0% PG/CKD: $R_N = 7.246 \times R_U - 33.131$ ($R^2 = 0.9926$) (3)

Mẫu 1.5% PG/CKD: $R_N = 7.6733 \times R_U - 37.912$ ($R^2 = 0.9959$) (4)

Mẫu 2.0% PG/CKD: $R_N = 8.0285 \times R_U - 41.841$ ($R^2 = 0.9969$) (5)



Hình 8: Mối quan hệ giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén của vữa.

4 KẾT LUẬN

Dựa vào các kết quả thí nghiệm thu được, một số kết luận được rút ra như sau:

- Độ lưu động của vữa sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng lớn hơn so với mẫu đối chứng. Đối với hàm lượng FA/X nhỏ hơn 10%, hàm lượng tro bay thay thế xi măng tăng 5% thì độ lưu động của vữa tăng 7%. Khi tăng tỉ lệ PG/CKD thì độ lưu động của vữa cũng tăng lên.

- Cường độ chịu nén của mẫu tro bay thay thế xi măng nhỏ hơn ở tuổi mẫu 7 ngày, đạt cường độ chịu nén tương đương ở tuổi mẫu 28 ngày và có cường độ chịu nén lớn hơn ở tuổi mẫu 56 ngày so với mẫu đối chứng. Mẫu chứa 1% PG/CKD và 10% FA/X cho giá trị cường độ chịu nén lớn nhất sau 56 ngày bảo dưỡng, cao hơn 1.3% so với mẫu đối chứng. Cường độ chịu nén của tất cả mẫu vữa đều lớn hơn 20 MPa sau 7 ngày, 28 MPa sau 28 ngày và 30 MPa sau 56 ngày.

- Cường độ chịu uốn của vữa tăng dần theo thời gian. Khi tăng hàm lượng FA/X thì cường độ chịu uốn của vữa giảm. Cường độ chịu uốn và chịu nén của vữa có mối quan hệ tuyến tính chặt chẽ.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này. Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh. Bài báo là sản phẩm của Đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên, mã số 23.1XDSV01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. H. Anh and N. X. Chính, *Một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng*, Tạp chí KHCN Xây dựng, vol. 2, 2021.
- [2] TCVN 4314:2022, *Vữa xây dựng - Yêu cầu kỹ thuật*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2022, p. 9.
- [3] N. T. Lâm, N. N. Linh, T. V. Nam, V. D. Kiên, T. V. Khải, and P. Đ. Hiếu, *Ảnh hưởng của tro bay thay thế một phần xi măng đến tính chất của bê tông thương phẩm*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - ĐHXDHN, vol. 14, Sep. 2020, doi: 10.31814/stce.nuce2020-14(4V)-09.
- [4] N. V. Chính and Đ. C. Thuật, *Ảnh hưởng của tro bay, silicafume và môi trường dưỡng hộ đến cường độ chịu nén của bê tông*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - ĐHXDHN, vol. 14, Jul. 2020, doi: 10.31814/stce.nuce2020-14(3V)-06.
- [5] N. T. Lâm, T. T. Kiên, and B. D. Đại, *Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - ĐHXDHN, vol. 15, Nov. 2021, doi: 10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(6V)-01.
- [6] N. T. Dung, T. Van Lam, N. X. Hung, D. Van Phi, H. A. Cuong, and V. K. Dien, *Effect of fly ash on the strength of cement paste at early age (in Vietnamese)*, J. Min. Earth Sci., vol. 61, Dec. 2020, doi: 10.46326/JMES.HTCS2020.02.
- [7] L. X. Lộc, B. P. Trinh, B. N. T. Bình, and P. T. Vũ, *Đánh giá hệ số hiệu quả của tro bay đến cường độ nén theo thời gian của hệ nền xi măng - tro bay*, Tạp chí Vật liệu Xây dựng - Bộ Xây dựng, vol. 12, no. 03, 2022, doi: 10.54772/jomc.03.2022.325.
- [8] TCVN 10302:2014, *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2014, p. 9.
- [9] N. S. Huy, L. T. T. Tam, and H. T. Phuoc, *Effect of fly ash content on the compressive strength development of concrete*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, vol. 2, pp. 31–36, 2017.
- [10] C. Nguyen Van and H. Tran Quang, *Ảnh hưởng của tro bay đến đặc tính cơ học của vữa*, Tạp chí Khoa học Và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, vol. 5, no. 126.2, pp. 6–9, 2017.
- [11] V. Nguyễn Văn, *Ảnh hưởng của tỷ lệ tro bay đến sự phát triển của cường độ vữa xi măng*, Luận án thạc sĩ kỹ thuật công trình xây dựng, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, p. 78, 2018.
- [12] P. A. Garzón-Agudelo, W. Palacios-Alvarado, and B. Medina-Delgado, *Impact of plasticizers on the physical and structural properties of concrete used in constructions*, J. Phys. Conf. Ser., vol. 2046, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2046/1/012069.
- [13] N. T. Bằng and N. T. Trung, *Nghiên cứu đánh giá chất lượng tro bay, xỉ lò cao của các nhà máy nhiệt điện và luyện kim ở Việt Nam*, Tạp chí Khoa học Và Công nghệ Thủy lợi, vol. 57, pp. 27–39, 2019.
- [14] N. V. Chính and Đ. V. Mến, *Ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện Duyên Hải đến cường độ chịu nén và khả năng chống thấm của bê tông*, Tạp chí Khoa học Và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, vol. 17, no. 1, pp. 11–14, 2019.
- [15] TCVN 6260:2009, *Xi măng pooc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2009, p. 8.

- [16] TCVN 8826:2011, *Phụ gia hóa học cho bê tông*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2011, p. 23.
- [17] TCVN 3121-3:2022, *Vữa xây dựng - Phương pháp xác định độ lưu động của vữa tươi (phương pháp bàn dẫn)*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2022, p. 7.
- [18] TCVN 3121-11:2022, *Vữa xây dựng - Phương pháp xác định cường độ uốn và nén của vữa đóng rắn*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2022, p. 3.
- [19] A. L. A. Fraay, J. M. Bijen, and Y. M. de Haan, *The reaction of fly ash in concrete a critical examination*, Cem. Concr. Res., vol. 19, no. 2, pp. 235–246, 1989, doi: [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(89\)90088-4](https://doi.org/10.1016/0008-8846(89)90088-4).
- [20] S. M. El Gamal and H. M. Bin Salman, *Effect of addition of sikament-r superplasticizer on the hydration characteristics of portland cement pastes*, HBRC Journal, vol. 8, pp. 75–80, 2012, doi: 10.1016/j.hbrcj.2012.09.001.

RESEARCH ON THE EFFECT OF FLY ASH CONTENT AND PLASTICIZER ADDITIVE ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF CEMENT-FLY ASH MORTAR

ĐINH HAI ANH, NGUYEN TRI NHAN, TRAN HOANG MAI,
NGUYEN THI HONG, PHAM GIA BAO, DUONG VINH NHIEU*
Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

* Corresponding author: duongvinhnhieu@iuh.edu.vn

Abstract. This paper presents the results of an experimental investigation assessing the impact of fly ash content and plasticizer additives on the strength and flowability characteristics of mortar. In this study, fly ash was used to partially replace cement, with replacement contents of 0%, 5%, 10%, and 15%. The fine aggregate was natural sand, and the water-to-binder ratio was specified as 0.3. The mortar was supplemented with plasticizer at a rate of 1.0%, 1.5%, and 2.0%. The samples were cured in room conditions (temperature $27\pm 2^{\circ}\text{C}$, humidity $95\pm 5\%$) until the day of testing. The results indicated that the compressive strength of the 7-day samples was inversely proportional to the amount of fly ash that replaced cement. After 56 days of curing, the samples containing 5%, 10%, and 15% fly ash replacing cement have higher compressive strength than the control sample without fly ash. The ratio of plasticizers also affects the fluidity of the fresh mortar. When the ratio of plasticizers increases, the fluidity of mortar increases.

Keywords. Mortar, cement, fly ash, plasticizer additive, compressive strength.

Ngày gửi bài: 08/12/2024

Ngày chấp nhận đăng: 05/06/2025