

ẢNH HƯỞNG CỦA TRO BAY THAY THẾ MỘT PHẦN CÁT TỚI TÍNH CHẤT CỦA VỮA XI MĂNG

Nguyễn Thị Bích Thủy^{a,*}, Huỳnh Công Ka^a, Trần Triệu Duy Khánh^a, Nguyễn Tiến Đạt^a

^aKhoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh,
đường Hồ Hảo Hớn, Quận 1, T. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 28/3/2022, Sửa xong 14/7/2022, Chấp nhận đăng 15/7/2022

Tóm tắt

Hiện trạng thiếu hụt cát tự nhiên ngày càng trầm trọng. Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của tro bay thay thế một phần cát trong vữa xi măng. Cấp phối vữa có sử dụng tro bay thay thế cát theo thể tích với những tỉ lệ là 0%, 10%, 20%, 30%, và 50%. Bài báo khảo sát tính công tác của hỗn hợp vữa dựa vào độ chảy xòe khi tỉ lệ nước : xi măng (N/X) là 0,6 và xác định lượng nước yêu cầu của hỗn hợp vữa để độ chảy xòe đạt 110 ± 5 mm. Thí nghiệm cường độ chịu nén được khảo sát trên 2 nhóm mẫu vữa: kiểm soát tỉ lệ N/X và kiểm soát độ chảy xòe đạt 110 ± 5 mm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng lên thì độ chảy xòe giảm dần và lượng nước yêu cầu cũng tăng dần. Khi tỉ lệ tro bay thay thế cát là 50% thì vữa có tính công tác thấp nhất và cần lượng nước yêu cầu cũng cao nhất. Đối với cả hai nhóm mẫu vữa, cường độ chịu nén của vữa đều được cải thiện khi sử dụng tro bay thay thế một phần cát, đặc biệt là ở tuổi muộn. Từ kết quả thu được, tỉ lệ tro bay thay thế cát đến 30% vẫn đảm bảo tính công tác cũng như cường độ cho vữa.

Từ khoá: tro bay; tính công tác; lượng nước yêu cầu; cường độ chịu nén; vữa xi măng.

EFFECT OF FLY ASH AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR SAND ON BASIC PROPERTIES OF MORTAR

Abstract

Nowadays, the deficiency of sand in construction is more serious. This study investigated the effect of fly ash to replace a part of sand by volume in mortar. The fly ash to sand ratios (FA/s) are 0%, 10%, 20%, 30%, and 50%. Mix proportions of mortar are divided into two series. There are a controlled water to cement ratio of 0.6 series and a controlled flow of 110 mm series. The flow, water requirement, and compressive strength of mortar were examined. The test results show that flow of mortar was reduced by using fly ash as sand replacement. When FA/s ratio increases, the water requirement of mortar increase. For both series, the compressive strength of mortar containing fly ash was higher than that of conventional mortar. Based on the test results, the FA/s ratio up to 30% still ensure the workability as well as compressive strength of mortar.

Keywords: fly ash; flow; water requirement; compressive strength; mortar.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(3V\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(3V)-10) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu

Từ trước tới nay, cát vẫn được sử dụng với vai trò là cốt liệu nhỏ trong bê tông. Theo quy hoạch tổng thể phát triển vật liệu xây dựng đến 2020 tầm nhìn 2030 dự báo nhu cầu cát xây dựng đến 2020 của cả nước khoảng 130 triệu m³. Tổng công suất thiết kế của các cơ sở khai thác, chế biến cát xây dựng đạt khoảng 130 – 150 triệu tấn/năm. Do đó, lượng cát tự nhiên sẽ không thể đáp ứng đủ nhu cầu

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: thuy.ntbich@ou.edu.vn (Thủy, N. T. B.)

của thị trường. Hiện nay, lượng phù sa về đồng bằng sông Cửu Long chỉ còn 28 triệu tấn/năm. Trong khi đó, giấy phép cho khai thác cát là 20 triệu tấn/năm. Điều này gây mất cân bằng phù sa và dẫn tới việc sạt lở bờ [1]. Kết quả là, lượng cát tự nhiên vừa khan hiếm và chất lượng cát cũng không cao. Tình hình khan hiếm cát tự nhiên trong sản xuất bê tông không chỉ diễn ra ở Việt Nam mà còn ở rất nhiều nước, đặc biệt là những nước đang phát triển. Để giải quyết bài toán này, những vật liệu thay thế như cát nhân tạo, cát tái chế, tro đáy, quặng sắt... đều được nghiên cứu để thay thế một phần hay toàn bộ cát tự nhiên trong việc sản xuất vữa hay bê tông [2–6].

Ngoài thực trạng thiếu hụt cát tự nhiên trong xây dựng, hiện tượng ô nhiễm môi trường do phế thải công nghiệp cũng vẫn thu hút được nhiều quan tâm của dư luận, đặc biệt là tro bay. Tro bay được biết đến là một trong những phế thải của nhà máy nhiệt điện. Tuy nhiên, tro bay còn được biết đến là phụ gia khoáng hoạt tính trong công nghệ sản xuất xi măng và bê tông, hay là vật liệu lấp đầy trong quá trình gia cố nền đất. Theo số liệu của Bộ Xây dựng, hiện nay cả nước có 25 cơ sở nhiệt điện đốt than, lượng phát thải tro xỉ trong quá trình sản xuất của các cơ sở này khoảng 13 triệu tấn/năm. Dù sản lượng tro bay của Việt Nam rất cao, tuy nhiên, chất lượng tro bay Việt Nam không cao, đặc biệt là hàm lượng mất khi nung của tro bay ở một số nhà máy nhiệt điện lớn với công nghệ cũ vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Theo TCVN 10302:2014 [7] hàm lượng mất khi nung (MKN) tối đa của tro bay loại F dùng cho bê tông nặng có cốt thép và bê tông nặng không có cốt thép lần lượt là 12% và 15%. Trong khi đó, theo ASTM C618 [8], hàm lượng MKN của tro bay khi sử dụng cho bê tông không được vượt 6%. Như vậy, để tro bay có hàm lượng MKN vượt quá giới hạn cho phép vẫn sử dụng được trong công nghệ sản xuất bê tông thì nó phải trải qua quá trình tuyển nổi để giảm hàm lượng MKN trước khi sử dụng cho bê tông. Tro bay sau khi lọc bỏ bột lượng than chưa cháy hết được gọi là tro tuyển. Quá trình tuyển nổi này rất tốn kém và đẩy giá thành của tro bay lên cao. Ngoài ra, tro bay từ một số nhà máy cũng đạt tiêu chuẩn về hàm lượng MKN nhưng sản lượng còn hạn chế. Ở Việt Nam, tro bay thường được dùng để thay thế một phần của xi măng trong bê tông [9, 10].

Ở một số nước, các nhà nghiên cứu cũng đã sử dụng tro bay để thay thế một phần cốt liệu nhỏ trong bê tông. Rajamane và Ambily [11] đã sử dụng tro bay thay thế cát trong bê tông. Cát có thể được thay thế lên tới 60% bởi tro bay mà không ảnh hưởng nhiều tới tính công tác và cường độ yêu cầu của bê tông. Việc sử dụng tro bay thay thế cát trong bê tông vừa thân thiện với môi trường và rất kinh tế. Rivera và cs. [12] đã nghiên cứu bê tông khối lớn có sử dụng tro bay để thay thế xi măng và cốt liệu. Tro bay loại C với hàm lượng CaO lớn dạng viên được sử dụng để thay thế một phần cốt liệu nhỏ. Tro bay này được sử dụng tương tự như cốt liệu nhẹ. Tính chất của bê tông có sử dụng tro bay tương đương khi so sánh với bê tông sử dụng cát xây dựng và cốt liệu nhẹ. Nhưng bê tông sử dụng tro bay có hiệu quả về môi trường vượt trội. Surangi và cs. [13] đã nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay loại F thay thế một phần cát tự nhiên tới tính chất của bê tông ở những nhiệt độ dưỡng hộ khác nhau (30°C, 50°C, và 70°C). Cường độ chịu nén, độ thấm carbonate, kiểm tra nhanh độ thấm clo, và độ kháng sulfate được khảo sát. Kết quả cường độ chịu nén của bê tông ở cả tuổi sớm và tuổi muộn tăng bằng việc sử dụng tro bay. Ngoài ra, khả năng kháng carbonate, kháng ăn mòn clo, và kháng ăn mòn sulfate của bê tông sử dụng tro bay đều được cải thiện khi so sánh với bê tông thông thường.

Tuy nhiên, ở Việt Nam, việc sử dụng tro bay trong bê tông hầu hết để thay thế một phần xi măng đóng vai trò là chất kết dính. Nếu có thể sử dụng tro bay như cốt liệu mịn thay thế một phần cát tự nhiên sẽ vừa giải quyết được bài toán thiếu cát tự nhiên và cũng giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường do tro bay gây ra. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào khảo sát sự ảnh hưởng của tro bay khi thay thế một phần cát tới tính chất của vữa xi măng. Cát được thay thế bởi 0%, 10%, 20%, 30%, và 50% theo thể tích bằng tro bay. Sự ảnh hưởng của tro bay với vai trò là cốt liệu mịn trong vữa xi măng được khảo sát trên một số tính chất cơ bản như: độ chảy xòe, lượng nước yêu cầu của hỗn hợp vữa, và

cường độ chịu nén của vữa. Từ đó đánh giá được tính khả thi của việc sử dụng tro bay thay thế một phần cát trong chế tạo vữa và bê tông.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên vật liệu và cấp phối vữa sử dụng cho nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, hệ nguyên vật liệu bao gồm: xi măng Hà Tiên PC40, tro bay loại F và cát tự nhiên từ sông Đồng Nai. Tro bay được sử dụng như cốt liệu mịn để thay thế một phần cát trong vữa xi măng. Những chỉ tiêu vật lý của vật liệu được thể hiện ở Bảng 1. Độ mịn của xi măng và tro bay theo phương pháp rây sàng lần lượt là 9,65% và 6,25%. Mô đun độ lớn của cát là 2,37. Thành phần hóa học của xi măng và tro bay được xác định dựa vào phân tích quang phổ (XRF), thể hiện ở Bảng 2. Đây là tro bay loại F với hàm lượng canxi oxit (CaO) thấp, dưới 10%. Hàm lượng mất khi nung (MKN) của tro bay là 9,7%. Chỉ số này tương đối cao nhưng vẫn thấp hơn giới hạn cho phép là 12% và 15% cho tro bay loại F sử dụng cho bê tông cốt thép hay bê tông không cốt thép [7].

Bảng 1. Chỉ tiêu vật lý của hệ vật liệu

STT	Chỉ tiêu	Xi măng	Tro bay	Cát
1	Khối lượng riêng (g/cm^3)	3,15	2,28	2,66
2	Độ mịn (%)	9,65	6,25	-
3	Mô đun độ lớn	-	-	-

Bảng 2. Thành phần hóa học của xi măng và tro bay

STT	Thành phần hóa học	Hàm lượng (% theo khối lượng)	
		Xi măng	Tro bay
1	SiO ₂	15,18	50,26
2	Al ₂ O ₃	3,25	22,51
3	Fe ₂ O ₃	3,83	6,96
4	CaO	71,52	2,58
5	MgO	1,36	1,17
6	Na ₂ O	0,07	0,31
7	K ₂ O	0,72	3,98
8	SO ₃	3,18	0,55
9	MKN	-	9,70

Nghiên cứu khảo sát tỉ lệ tro bay thay thế một phần cát theo thể tích là 0%, 10%, 20%, 30%, và 50%. Mẫu đối chứng không sử dụng tro bay có ký hiệu là F00. Mẫu sử dụng tro bay thay thế cát với tỉ lệ 10%, 20%, 30% và 50% có ký hiệu lần lượt là F10, F20, F30, và F50. Tỉ lệ giữa cốt liệu nhỏ so với xi măng là 1 : 3. Nghiên cứu này gồm 2 nhóm mẫu vữa. Nhóm 1 là mẫu vữa xi măng kiểm soát tỉ lệ nước : xi măng (N/X) là 0,6 với mục tiêu là khảo sát độ chảy xòe của hỗn hợp vữa. Nhóm 2 là mẫu vữa xi măng có cùng độ chảy xòe là 110 ± 5 mm với mục tiêu là khảo sát lượng nước yêu cầu (tỉ lệ N/X) của hỗn hợp vữa. Bảng cấp phối của 2 nhóm mẫu vữa được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Cấp phối vữa xi măng

Nhóm mẫu	Tên mẫu	N/X	Độ chảy xòe (mm)	CLN/X (theo khối lượng)	FA/CLN (%)
Nhóm 1	F100	0,6	-	3:1	0
	F110				10
	F120				20
	F130				30
	F150				50
Nhóm 2	F200	-	110±5	3:1	0
	F210				10
	F220				20
	F230				30
	F250				50

Trong đó: N/X là tỉ lệ nước : xi măng; CLN/X là tỉ lệ cốt liệu nhỏ : xi măng; FA/CLN là tỉ lệ tro bay : CLN.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

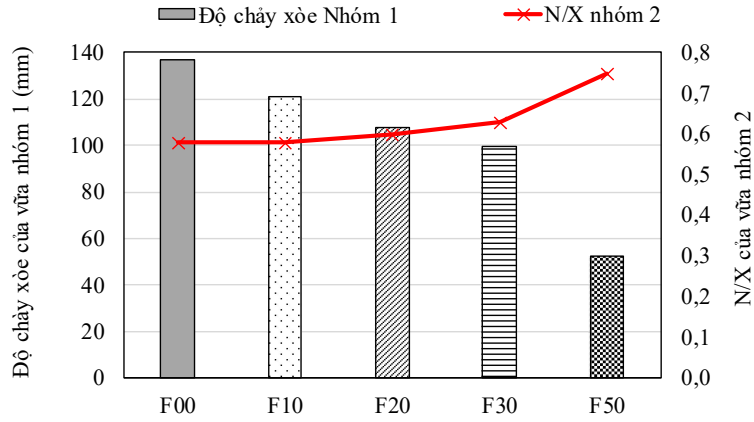
Đối với nhóm mẫu vữa kiểm soát tỉ lệ N/X, tính công tác của vữa xi măng được xác định bằng đường kính của hỗn hợp vữa xi măng trên bàn dần vữa xi măng theo ASTM C1437 [14]. Đối với nhóm mẫu vữa kiểm soát độ chảy xòe, lượng nước yêu cầu được xác định sao cho độ chảy xòe trên bàn dần của hỗn hợp vữa xi măng bằng 110 ± 5 mm. Mẫu vữa cho thí nghiệm xác định cường độ chịu nén có kích thước $50 \times 50 \times 50$ mm. Sau khi tạo hình, mẫu được dưỡng hộ trong khuôn 24 giờ, sau đó, mẫu được tháo ra và dưỡng hộ trong nước. Cường độ chịu nén của mẫu vữa được xác định tại 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày, và 91 ngày sau khi tạo hình.

3. Kết quả và thảo luận

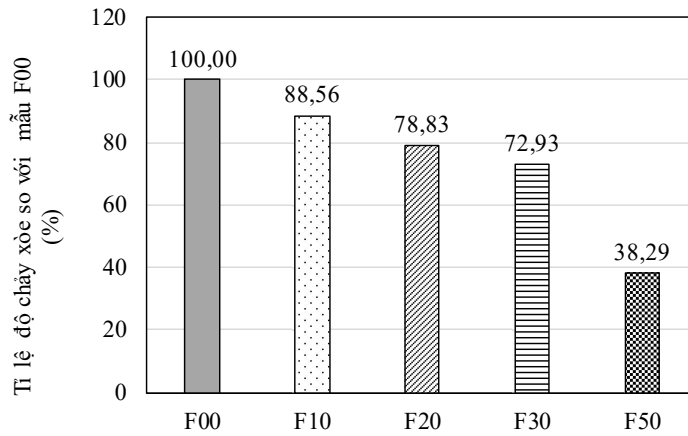
3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay thay thế một phần cát tới tính công tác của vữa

Tính công tác của hỗn hợp vữa khi kiểm soát tỉ lệ N/X là 0,6 được thể hiện qua chỉ số độ chảy xòe ở Hình 1. Khi so sánh mẫu vữa sử dụng tro bay với mẫu đối chứng F00 (mẫu không sử dụng tro bay), độ chảy xòe của hỗn hợp vữa bị giảm khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng lên. Hình 2 thể hiện tỉ lệ giữa độ chảy của vữa sử dụng tro bay với mẫu vữa đối chứng (F00). Khi tỉ lệ tro bay tăng từ 10% đến 30% thì độ chảy xòe của vữa chỉ bằng 88,56% xuống 72,93% so với mẫu F00, đặc biệt đối với mẫu F50 (mẫu vữa sử dụng 50% thay thế cát) tỉ lệ độ chảy xòe so với mẫu F00 chỉ còn lại 38,29%. Điều này dẫn tới việc rất khó thi công hỗn hợp vữa F50. Để độ chảy xòe của hỗn hợp vữa được kiểm soát là 110 ± 5 mm (nhóm vữa 2), khi tỉ lệ tro bay tăng lên thì lượng nước yêu cầu cho vữa cũng tăng lên. Như vậy, độ chảy xòe và lượng nước yêu cầu của vữa có mối quan hệ mật thiết lẫn nhau, xem Hình 1.

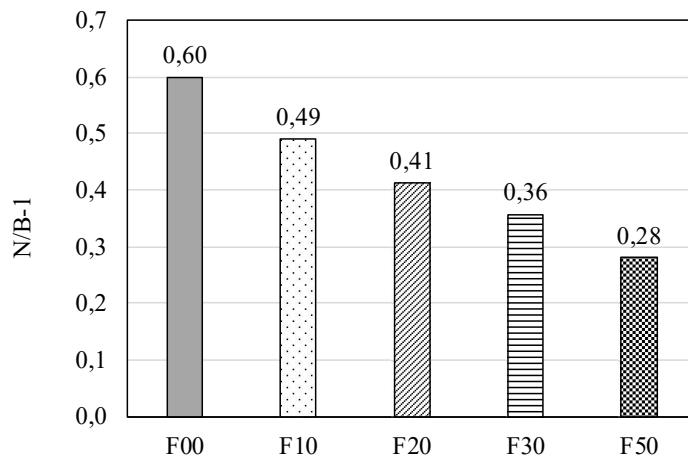
Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng giảm tính công tác của hỗn hợp vữa khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng được đưa ra dưới ba giả thiết sau. Một là, khi tro bay thay thế một phần cát thì đóng vai trò là cốt liệu mịn. Điều đó dẫn đến tổng diện tích bề mặt của hệ vật liệu tăng, khả năng hấp thụ nước trên bề mặt vật liệu tăng lên. Kết quả là làm giảm tính công tác của hỗn hợp vữa khi vữa kiểm soát tỉ lệ N/X là 0,6. Hai là, ngoài có vai trò là cốt liệu mịn, tro bay còn có vai trò làm phụ gia khoáng dạng bột. Do đó, tỉ số nước : bột (N/B) của vữa khi kiểm soát tỉ lệ N/X cũng thay đổi. Hình 3 thể hiện giá trị tỉ số



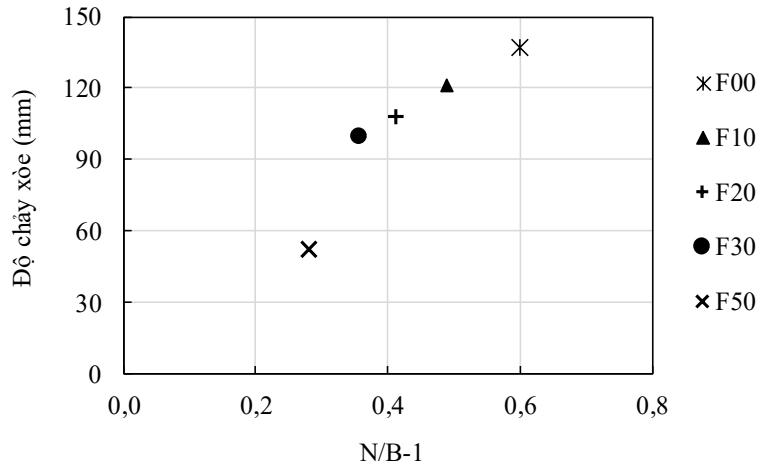
Hình 1. Ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay tới độ chảy xòe của vữa nhóm 1 và lượng nước yêu cầu của vữa nhóm 2



Hình 2. Tỉ lệ độ chảy xòe của hỗn hợp vữa nhóm 1 sử dụng tro bay so với mẫu vữa đối chứng F00



Hình 3. Ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay tới tỉ lệ thực Nước : Bột (N/B-1) của nhóm vữa 1



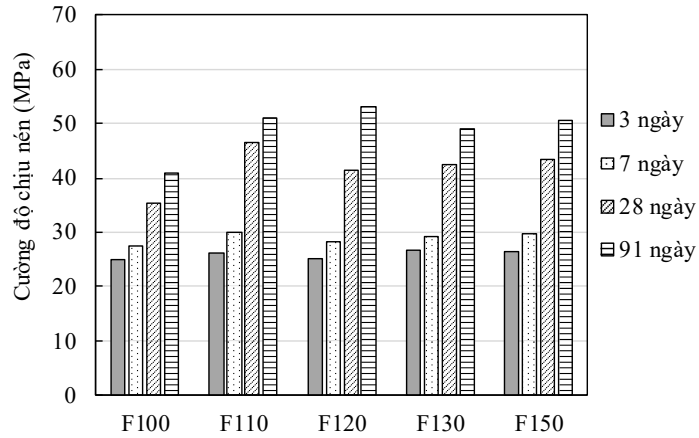
Hình 4. Mối tương quan giữa độ chảy xòe và tỉ lệ thực Nước : Bột (N/B-1) của nhóm vữa 1

N/B-1 thực trong vữa của nhóm 1. Tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng dẫn đến tỉ số N/B-1 thực giảm rõ rệt. Đây cũng là nguyên nhân dẫn đến việc giảm độ chảy xòe của vữa, xem tại Hình 4. Ba là, tro bay có hàm lượng MKN khá cao là 9,7%. Hàm lượng than chưa cháy trong tro bay ảnh hưởng rất lớn tới lượng nước yêu cầu của vữa và bê tông. Thường thì lượng nước yêu cầu của vữa và bê tông tăng lên khi hàm lượng MKN của tro bay tăng lên [? ?]. Khi hàm lượng tro bay trong vữa tăng lên thì lượng than chưa cháy hết cũng cao. Thành phần than chưa cháy hết này có cấu trúc xốp, rỗng, bề mặt nhám, và đặc biệt có khả năng hấp thụ nước rất cao. Đó là lý do độ chảy xòe của hỗn hợp vữa giảm khi hàm lượng tro bay tăng lên.

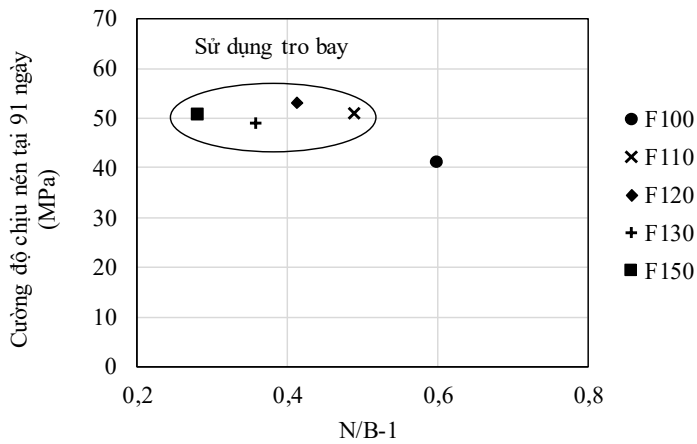
3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay thay thế một phần cát tới cường độ chịu nén của vữa

Giá trị cường độ chịu nén của nhóm mẫu vữa kiểm soát tỉ lệ N/X và nhóm mẫu vữa kiểm soát độ chảy xòe được thể hiện lần lượt trong Hình 5 và Hình 7. Đối với nhóm mẫu vữa kiểm soát tỉ lệ N/X, tại tuần đầu tiên, cường độ chịu nén của vữa dùng tro bay không chịu nhiều ảnh hưởng từ tỉ lệ tro bay thay thế cát. Tuy nhiên, kết quả tại 28 ngày tuổi lại chỉ ra rằng, cường độ chịu nén của vữa giảm khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng lên từ 10% đến 30% và tăng lên khi tỉ lệ tro bay thay thế cát là 50%. Tại 91 ngày tuổi, cường độ chịu nén của vữa đạt giá trị cao nhất tại F20 với tỉ lệ thay thế là 20%. Dù ảnh hưởng của tỉ lệ tro bay thay thế cát tới cường độ chịu nén của vữa ở những ngày tuổi là không giống nhau, nhưng có thể nhận thấy là cường độ chịu nén của vữa ở những tuổi muộn được cải thiện rõ ràng khi so sánh với cường độ chịu nén của mẫu đối chứng F00 không có sử dụng tro bay. Cường độ chịu nén của vữa phụ thuộc rất lớn vào lượng nước nhào trộn. Mặc dù nhóm vữa 1 này có kiểm soát tỉ lệ N/X bằng 0,6 nhưng tỉ lệ nước : bột (xi măng và tro bay) (N/B-1) là khác nhau. Hình 6 thể hiện mối quan hệ giữa tỉ lệ N/B và cường độ chịu nén tại 91 ngày của nhóm vữa 1. Kết quả nhận được rõ ràng những mẫu vữa sử dụng tỉ lệ tro bay thay thế một phần cát sẽ có tỉ lệ N/B thấp hơn so với mẫu đối chứng F100 không sử dụng tro bay dẫn tới cường độ chịu nén của mẫu vữa sử dụng tro bay được cải thiện so với mẫu đối chứng.

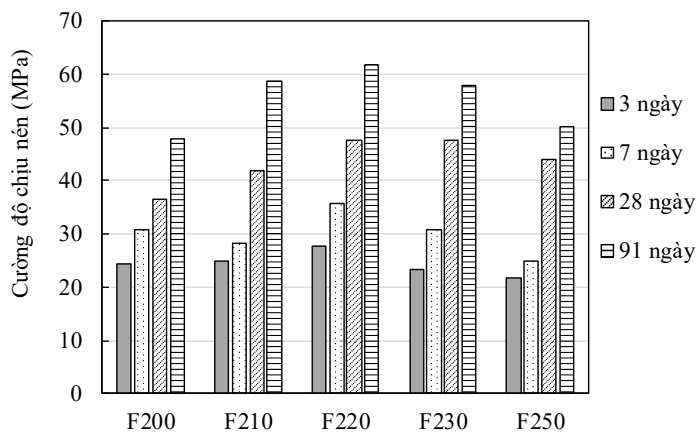
Trong trường hợp nhóm 2 mẫu vữa kiểm soát độ chảy xòe, tại những ngày tuổi sớm, cường độ chịu nén của vữa chưa thể rõ sự khác biệt khi thay đổi tỉ lệ tro bay thay thế cát. Tại 28 ngày tuổi, cường độ chịu nén của mẫu vữa sử dụng tro bay tăng dần khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng từ 0% đến 30% và giảm nhẹ đối với mẫu F50. Xu hướng phát triển cường độ tại 28 ngày tuổi của mẫu F10, F20, và F30



Hình 5. Cường độ chịu nén của nhóm vữa 1 kiểm soát tỉ lệ N/X bằng 0,6



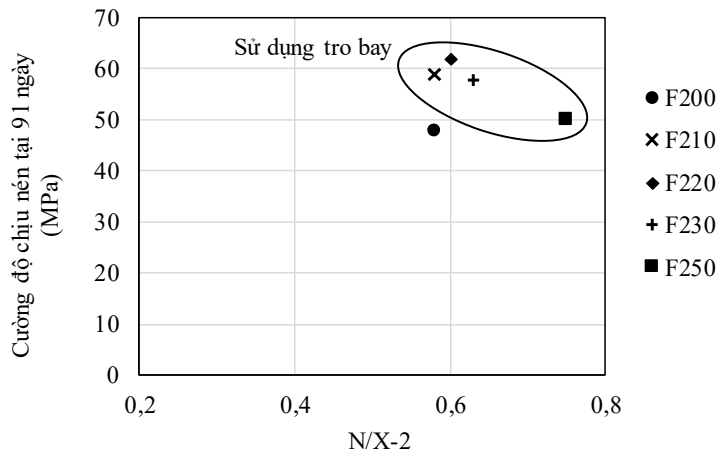
Hình 6. Mối quan hệ giữa tỉ lệ N/B-1 và cường độ chịu nén tại 91 ngày của nhóm vữa 1 với kiểm soát tỉ lệ N/X bằng 0,6



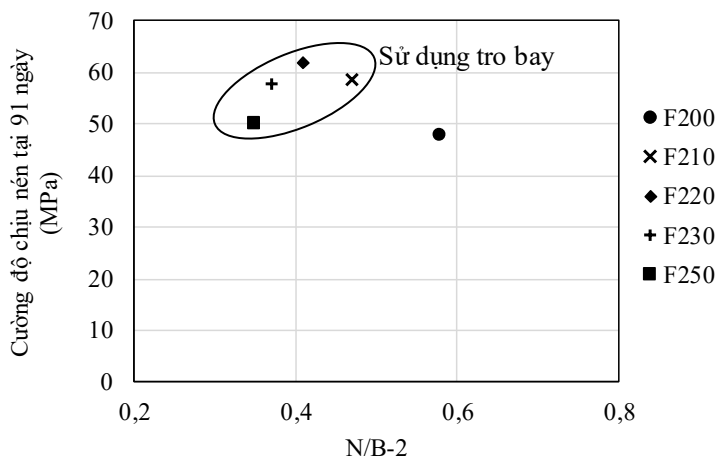
Hình 7. Cường độ chịu nén của nhóm vữa 2 kiểm soát độ chảy xèo

trong trường hợp này ngược với sự phát triển cường độ của 3 mẫu này trong trường hợp vữa kiểm soát tỉ lệ N/X. Tại 91 ngày tuổi, cường độ chịu nén của vữa tăng lên khi tỉ lệ tro bay tăng lên đến 20% và

giảm nhẹ khi tỉ lệ tro bay tăng lên 30% và 50%. Tương tự với trường hợp nhóm mẫu kiểm soát tỉ lệ $N/X = 0,6$, giá trị cường độ chịu nén của vữa đều được cải thiện bằng cách sử dụng tro bay thay thế cát. Trường hợp này nhóm vữa thay đổi tỉ lệ N/X để tất cả các mẫu đạt độ chảy xòe bằng 110 ± 5 mm. Do đó, cả tỉ lệ $N/X-2$ và tỉ lệ $N/B-2$ của nhóm vữa 2 đều thay đổi. Mối quan hệ giữa tỉ lệ $N/X-2$ và $N/B-2$ tới cường độ chịu nén tại 91 ngày của mẫu vữa được thể hiện lần lượt tại Hình 8 và Hình 9. Kết quả nhận thấy rằng, tỉ lệ $N/X-2$ của mẫu vữa sử dụng tro bay cao hơn hẳn so với mẫu vữa đối chứng nhưng tỉ lệ $N/B-2$ của mẫu vữa sử dụng tro bay lại thấp hơn so với mẫu đối chứng. Cường độ chịu nén tại 91 ngày tuổi của mẫu vữa sử dụng tro bay cao hơn so với mẫu vữa không sử dụng tro bay. Như vậy, tỉ lệ N/B ảnh hưởng chính tới cường độ của vữa thay vì tỉ lệ N/X .



Hình 8. Mối quan hệ giữa tỉ lệ $N/X-2$ và cường độ chịu nén tại 91 ngày của nhóm vữa 2 với kiểm soát độ chảy xòe



Hình 9. Mối quan hệ giữa tỉ lệ $N/B-2$ và cường độ chịu nén tại 91 ngày của nhóm vữa 2 với kiểm soát độ chảy xòe

Ngoài yếu tố ảnh hưởng của tỉ lệ N/B , nguyên nhân dẫn đến sự cải thiện cường độ chịu nén khi vữa sử dụng tro bay thay thế một phần cát có thể được lý giải theo hai giả thiết sau. Thứ nhất, tro bay thay thế một phần cát có vai trò làm cốt liệu mịn, tro bay có tác dụng lấp đầy lỗ rỗng làm cấu trúc của

vữa xi măng đặc chắc hơn. Kết quả, cường độ chịu nén của vữa có sử dụng tro bay được cải thiện khi so sánh với mẫu vữa xi măng không sử dụng tro bay. Thứ hai, tro bay cũng là có vai trò là phụ gia khoáng hoạt tính. Trong vữa, ngoài quá trình thủy hóa của xi măng còn xảy ra phản ứng pozzolanic của tro bay, đặc biệt ở tuổi muộn. Hàm lượng các sản phẩm thủy hóa tăng lên dẫn tới cường độ chịu nén của vữa tăng lên. Trong trường hợp của mẫu vữa kiểm soát độ chảy xòe là 110 ± 5 mm, khi tỉ lệ tro bay sử dụng tăng lên thì lượng nước yêu cầu cũng tăng lên. Đặc biệt là mẫu F50 với 50% tro bay cần lượng nước cao nhất là 0,75. Tỉ lệ N/X quá cao cũng là nguyên nhân khiến cường độ chịu nén của vữa bị giảm so với những mẫu vữa sử dụng tro bay với tỉ lệ thấp hơn. Để giải thích cơ chế ảnh hưởng của tro bay trong vữa xi măng rất phức tạp do tro bay vừa là cốt liệu mịn vừa là phụ gia khoáng hoạt tính. Nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục làm rõ cơ chế này trong những nghiên cứu tiếp theo.

Để việc sử dụng tro bay thay thế cát trong chế tạo vữa hay bê tông đạt hiệu quả, vữa hay bê tông cần thỏa mãn được cả tính công tác lẫn cường độ chịu nén. Dựa trên kết quả thí nghiệm, nhóm nghiên cứu khuyến cáo sử dụng tỉ lệ tro bay thay thế cát đến 30% theo thể tích để đảm bảo chất lượng của vữa cả hai trường hợp kiểm soát tỉ lệ N/X và trường hợp kiểm soát tính công tác.

4. Kết luận

Nghiên cứu sử dụng tro bay để thay thế một phần cát tự nhiên trong vữa xây dựng với các tỉ lệ 0%, 10%, 20%, 30%, và 50%. Dựa vào kết quả thí nghiệm về tính công tác và cường độ chịu nén, một số kết luận sau:

- Đối với trường hợp nhóm mẫu vữa kiểm soát tỉ lệ N/X, khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng lên thì độ chảy xòe của hỗn hợp vữa bị giảm đi. Ngược lại, đối với nhóm mẫu vữa kiểm soát độ chảy xòe, khi tỉ lệ tro bay thay thế cát tăng lên thì lượng nước yêu cầu tăng lên. Điều này chứng tỏ lượng nước yêu cầu và độ chảy xòe của vữa có mối quan hệ mật thiết với nhau.

- Tính công tác của hỗn hợp vữa xi măng bị giảm đi khi tỉ lệ tro bay tăng lên là do ba nguyên nhân: một là, tỉ lệ tro bay tăng lên sẽ dẫn đến tổng diện tích bề mặt của hệ cốt liệu tăng, khả năng hấp thụ nước cũng tăng; hai là, tỉ lệ thực N/B trong mẫu vữa xi măng có tro bay thấp hơn mẫu vữa không có tro bay; và ba là, thành phần than chưa cháy hết trong tro bay hấp thụ lượng nước lớn hơn các hạt tro bay.

- Cường độ chịu nén của vữa xi măng có sử dụng tro bay được cải thiện rõ rệt so với mẫu đối chứng. Hai giả thiết để lý giải cho kết quả này là tro bay giúp cấu trúc của vữa đặc chắc hơn với vai trò làm cốt liệu mịn và phản ứng pozzolanic của tro bay tại tuổi muộn khiến hàm lượng sản phẩm thủy hóa trong vữa xi măng sử dụng tro bay cao hơn mẫu đối chứng giúp cho cường độ chịu nén được cải thiện.

- Để vữa vừa đảm bảo tính công tác lẫn cường độ chịu nén, tỉ lệ tro bay thay thế cát đến 30% được khuyến dùng cho cả hai trường hợp kiểm soát tỉ lệ N/X bằng 0,6 và kiểm soát độ chảy xòe.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Mở Thành Phố Hồ Chí Minh cho đề tài: “Tận dụng tro bay để thay thế một phần cốt liệu nhỏ trong vữa xi măng”, mã số E2021.06.2 và đề tài “Nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay thay thế một phần cát tự nhiên tới tính chất cơ bản của vữa xây dựng”, mã số 356.

Tài liệu tham khảo

- [1] Gia, H. Q., cs. (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. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và môi trường*, 9:151–156.
- [2] Hiệp, N. V., cs. (2019). *Nghiên cứu sử dụng cát nghiền thay thế cát tự nhiên trong bê tông mặt đường trên địa bàn huyện Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên Huế*. Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng.
- [3] Kiên, T. T., cs. (2021). Ảnh hưởng của loại phụ gia hóa dẻo đến độ sụt và cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát tái chế thay thế cát tự nhiên. *Tạp chí Xây dựng Việt Nam*.
- [4] Thanh, T. N., Huy, N. N., Triều, D. M., Điền, L. T. (2020). [Đánh giá khả năng chịu nén của bê tông sử dụng cát biển trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 14(1V):60–72.
- [5] Neno, C., de Brito, J., Veiga, R. (2013). [Using fine recycled concrete aggregate for mortar production](#). *Materials Research*, 17(1):168–177.
- [6] TCVN 10302:2004. *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*. Tiêu chuẩn quốc gia.
- [7] ASTM C618 (2004). *Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*. Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [8] Lâm, N. T., Linh, N. N., Nam, T. V., Kiên, V. D., Khải, T. V., Hiếu, P. Đ. (2020). [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 (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 14(4V):96–105.
- [9] Rajamane, N. P., Ambily, P. S. (2013). Fly ash as a sand replacement material in concrete - A study. *Indian Concrete Journal*, 87:1–7.
- [10] Rivera, F., Martínez, P., Castro, J., López, M. (2015). [Massive volume fly-ash concrete: A more sustainable material with fly ash replacing cement and aggregates](#). *Cement and Concrete Composites*, 63: 104–112.
- [11] Surangi, M. L. C., Julnipitawong, P., Tangtermsirikul, S., Ohgi, Y., Ishii, Y. (2021). [Using fly ash a partial replacement for fine aggregate in concrete and its effects on concrete properties under different curing temperatures](#). *ASEAN Engineering Journal*, 10(2):33–49.
- [12] ASTM C1437 (2004). *Standard test method for flow of hydraulic cement mortar*. Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [13] Wesche, K. (2005). *Fly ash in concrete: Properties and performance*. Taylor & Francis.
- [14] Michael, T. *Optimizing the use of fly ash in concrete*. Portland Cement Association.