

## NGHIÊN CỨU VỮA CƯỜNG ĐỘ CAO SỬ DỤNG VẬT LIỆU ĐỊA PHƯƠNG VÀ RÁC THẢI CÔNG NGHIỆP

Ngày nhận bài: 10/05/2015  
Ngày nhận lại: 26/06/2015  
Ngày duyệt đăng: 10/07/2015

*Nguyễn Đình Hùng<sup>1</sup>*

### TÓM TẮT

*Nghiên cứu đưa vật liệu địa phương và chất thải công nghiệp như tro bay hay FCC vào vật liệu xây dựng sẽ làm giảm giá thành và góp phần bảo vệ môi trường. Mẫu vữa đối chứng (không sử dụng tro bay và FCC) sử dụng tỷ lệ thể tích cát địa phương không đủ tiêu chuẩn theo ASTM là 0,5 có thể tạo được vữa có cường độ chịu nén lên đến 44 MPa tại thời điểm 28 ngày. Với vữa có tỷ W/C là 0,4 hoặc 0,42, khi xi măng được thay thế bằng tro bay hoặc FCC từ 5 đến 10% có thể làm cho cường độ chịu nén của vữa tăng từ 10,8 đến 28,5% tại thời điểm 28 ngày và làm cho tính công tác của vữa giảm so với mẫu đối chứng nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu thi công.*

**Từ khóa:** *Vữa cường độ cao, tro bay, FCC, thể tích cát, độ bệt.*

### ABSTRACT

*Experimental study on high performance mortar using local materials and industrial wastes such as fly ash or FCC results in reducing the price of construction materials and contributing to environmental protection. Control mortar using volume of local sand, not following ASTM standard, of 0.5 can create mortar with compressive strength of 44 MPa at 28 days. Mortar with water by cement ratio (W/C) of 0.4 or 0.42 where 5 to 10% of cement is replaced by fly ash or FCC results in increasing compressive strength from 10.8 to 28.5% within 28 days compared with that of control mortar. Cement replaced by fly ash or FCC by 5 to 10% induces reducing in slump, but workability.*

**Keywords:** *High performance mortar, fly ash, FCC, sand volume, slump.*

### 1. Giới thiệu

Vật liệu xây dựng công nghiệp trong xây dựng dân dụng và giao thông ngày càng được quan tâm. Các tính năng của vật liệu xây dựng sử dụng xi măng như vữa và bê tông ngày càng được cải thiện. Sử dụng rác thải công nghiệp như là một phụ gia để cải thiện các tính năng của vữa và bê tông đã và đang được nghiên cứu và đưa vào áp dụng trong thực tế để làm giảm giá thành. Hơn nữa, sử dụng các rác thải công nghiệp còn có thể làm giảm thiểu các tác hại xấu do công nghiệp hóa cho môi trường. Một trong những loại rác thải công nghiệp hay được dùng trong sản xuất vật liệu xây dựng là muội silic, tro bay và xỉ lò cao. Những năm gần đây một loại rác thải

công nghiệp nữa trong ngành công nghiệp lọc dầu là cracking chế độ lưu thể (FCC) cũng đã và đang được nghiên cứu như một loại phụ gia trong sản xuất vật liệu xây dựng, đặc biệt là bê tông và vữa.

Chen et al. (2004) sử dụng các loại FCC như một phụ gia để xây dựng cấp phối vữa có tính năng cao sử dụng cốt liệu tiêu chuẩn, cụ thể là cát Ottawa, với tỷ số nước trên xi măng (W/C) là 0,42. Kết quả chỉ ra rằng khi thay thế xi măng bằng 10% FCC làm cho cường độ chịu nén của vữa tăng từ 10 đến 36% và FCC có tác dụng như khoáng vật puzoland (Pacewska et al. 1998). Trong thực tế, việc tạo ra cốt liệu có cấp phối tiêu chuẩn ASTM C778 (2013) để chế tạo vữa sẽ có thể làm cho

<sup>1</sup>TS, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc Gia TP.HCM.

vữa có các tính năng cao hơn nhưng lại làm tăng giá thành. Do đó, nghiên cứu sử dụng vật liệu địa phương như một ưu tiên để giảm giá thành của vữa mà vẫn đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của vữa. Tuy nhiên, cốt liệu chế tạo vữa ở địa phương thường có cấp phối không đạt tiêu chuẩn. Do đó, bài báo này tập trung nghiên cứu thực nghiệm cấp phối vữa tính năng cao sử dụng cốt liệu cát địa phương để làm giảm giá thành của vữa xây dựng. Vữa cường độ cao này có thể áp dụng trong các kết cấu lắp ghép. Các thông số như tỷ số W/C, tỷ lệ phần trăm thể tích của cốt liệu được dùng để nghiên cứu. Hơn nữa, sử dụng hai loại rác thải công nghiệp là tro bay và FCC thay thế một phần xi măng để xác định cấp phối của vữa cường độ cao có khả năng áp dụng trong xây dựng công trình.

## 2. Thực nghiệm và phân tích

### 2.1. Các loại vật liệu

Cát được sử dụng là cốt liệu địa phương, được rửa sạch và sấy khô đến khối lượng không đổi. Độ hút nước của cát được thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C128 (2007) là 1,25%. Lượng nước hút ẩm của cát phải được kể đến trong quá trình thí nghiệm. Cát được

dùng để thí nghiệm có kích cỡ lọt qua cỡ sàng No.10 (2mm) và sót lại trên cỡ sàng No. 200 (0.075mm). Đường kính lớn nhất là 2 mm để đảm bảo có thể thi công trong không gian nhỏ như vết nứt, các khe hở của kết cấu. Phân tích cấp phối của cát chỉ ra rằng, hàm lượng sót lại trên cỡ sàng No.16 (1,18mm) chỉ chiếm 4%. Trong khi đó, hàm lượng sót lại trên cỡ sàng No.50 (0,355mm) và No.100 (0,15mm) chiếm 75%. Đường cong cấp phối của cát cũng nằm ngoài đường cong cấp phối theo tiêu chuẩn ASTM C778 (2013). Môđun độ lớn của cát được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C125 (2007) là 1,61. Với việc phối trộn để cát đạt cấp phối theo tiêu chuẩn ASTM C778 (2013) và có môđun độ lớn lớn hơn sẽ làm tăng giá thành của vữa.

Xi măng PCB40 trên thị trường được sử dụng trong thí nghiệm này. Xi măng có khối lượng riêng là  $3.15 \text{ t/m}^3$ . Tro bay và FCC được thu tại các nhà máy ở trong nước để làm thí nghiệm. Độ hút ẩm của tro bay là 0.33%, do đó khi thực nghiệm hàm lượng nước hút ẩm của tro bay có thể bỏ qua. Hàm lượng còn sót lại trên cỡ sàng 0.045mm của tro bay là 10%. Độ hút ẩm của FCC cũng được bỏ qua.

**Bảng 1. Cấp phối của mẫu vữa đối chứng**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Cát (g)	Nước, W (ml)	Xi măng, C (g)
0.45	0.35	1290	303	824
	0.38		314	789
	0.4		321	767
	0.42		328	746
0.5	0.3	1290	259	810
	0.35		278	749
	0.38		289	717
	0.4		295	697
0.55	0.42	1959	301	678
	0.35		254	674
	0.4		269	627
	0.42		274	610

**Bảng 2. Cấp phối mẫu vữa sử dụng tro bay**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Cát (g)	Nước, W (ml)	Xi măng, C (g)	Tro bay	
					%	g
0.45	0.4	1959	546	1164	10	129
	0.42	1959	555	1196	5	63
	0.42	1959	557	1133	10	126
	0.42	1959	559	1070	15	189
	0.42	1959	561	1007	20	252
0.5	0.4	2177	501	1058	10	118
	0.4	2177	503	1000	15	176
	0.42	2177	510	1087	5	57
	0.42	2177	511	1030	10	114
	0.42	2177	513	973	15	172
	0.42	2177	515	915	20	229

**Bảng 3. Cấp phối mẫu vữa sử dụng tro bay và FCC**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Cát (g)	Nước, W (ml)	Xi măng, C (g)	Tro bay		FCC	
					%	g	%	g
0.5	0.4	2177	498	1058	0%	0	10%	118
				1000			15%	176
				941	10%	118	10%	118
				882			15%	176
	0.42		508	1030	0%	0	10%	114
				973			15%	172
				1030	5%	57	5%	57
				973			10%	114
915	15%	172						

### 2.2. Thực nghiệm

Tỷ lệ W/C được sử dụng trong thí nghiệm này là 0,35, 0,38, 0,4 và 0,42. Trong giới hạn này, lượng nước sẽ không quá lớn để độ giữa nước và cường độ chịu nén của vữa được đảm bảo, và không quá nhỏ để khó khăn cho công tác thi công. Để xác định cấp phối, thể tích cát trong một đơn vị thể tích của vữa cũng được thay đổi để tìm ra thể tích cát tối ưu khi vữa chịu lực. Cụ thể trong thí nghiệm này, thể tích cát chiếm lần lượt là 0,45, 0,5 và 0,55. Do sử dụng cát không đạt tiêu chuẩn so với nghiên cứu của Chen et al. (2004) nên tro bay hay FCC được sử dụng để thay thế cho xi măng lần lượt được thử nghiệm là 5, 10, 15 và 20% như là thông số để xác định đặc tính của vữa. Lưu ý rằng thể tích cát và các phụ gia khoáng vật như tro bay và FCC càng lớn sẽ càng làm giảm ảnh hưởng của co ngót, từ biến và giá thành của vữa.

Vữa được đánh giá thông qua xác định cường độ chịu nén theo mẫu 5x5x5cm theo tiêu chuẩn ASTM C109 (2007). Cường độ được xác định tại thời điểm 3 ngày, 7 ngày và 28 ngày. Mẫu đối chứng không sử dụng tro bay hoặc FCC. Bảng 1 liệt kê cấp phối vật liệu các mẫu vữa đối chứng được tiến hành thử nghiệm trong bài báo này. Các mẫu sử dụng tro bay được thí nghiệm trước mẫu sử dụng FCC. Do đó có thể làm giảm số lượng mẫu thí nghiệm. Bảng 2 liệt kê cấp phối vật liệu các mẫu sử dụng phụ gia khoáng vật tro bay. Bảng 3 liệt kê các mẫu sử dụng FCC và kết hợp với

tro bay. Độ bệt của vữa được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C230 (2008). Tuy nhiên, không sử dụng bàn dằn để đảm bảo tương tự như điều kiện thi công vữa trong không gian chật hẹp.

### 2.3. Kết quả thực nghiệm

Các mẫu vữa đối chứng được tiến hành thí nghiệm trước. Một số đặc tính của mẫu vữa đối chứng được liệt kê trong Bảng 4. Kết quả chỉ ra rằng, tỷ số W/C càng giảm thì cường độ của vữa càng cao hơn và độ bệt cũng giảm dần. Đối với mẫu có thể tích cát là 0,45, độ bệt khá lớn, do đó rất dễ dàng thi công. Các mẫu vữa có thể tích cát là 0,5 và 0,55 có độ bệt rất nhỏ và gây khó khăn thi công. Chú ý rằng, đường kính của côn thử độ bệt là 9cm. Các mẫu này dù đã được thêm phụ gia siêu dẻo với hàm lượng từ 1,2% đến 1,6% khối lượng của xi măng, nhưng độ bệt vẫn rất nhỏ. Khi thi công, đầm nhẹ được sử dụng để đảm bảo vữa vào khuôn. Kết quả theo cường độ chịu nén tại 28 ngày cho thấy các mẫu vữa có thể tích cát 0,5 cho cường độ lớn hơn các mẫu khác. Hơn nữa kết quả thực nghiệm cho thấy vữa có tỷ số W/C là 0,4 và 0,42 có cường độ không quá nhỏ so với mẫu vữa có W/C nhỏ hơn là 0,3 và 0,35, nhưng lại có tính công tác cao hơn. Do đó khi sử dụng tro bay và FCC, thể tích cát bằng 0,45 và 0,5, tỷ số W/C bằng 0,4 và 0,42 được tiếp tục làm thí nghiệm để đảm bảo việc thi công không quá khó và cường độ chịu nén được cao nhất.

Bảng 5 liệt kê kết quả thí nghiệm của các mẫu vữa sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng như trong Bảng 2. Đối với mẫu có thể tích cát 0,45 và tỷ số W/C là 0,4, việc thay thế 10% khối lượng xi măng bằng tro bay làm độ бет giảm đi 10cm, nhưng đã làm tăng cường độ chịu nén độ tại 28 ngày lên 28,5%. Đối với mẫu có tỷ số W/C là 0,42, khi thay thế từ 5% đến 10% xi măng bằng tro bay độ бет giảm từ 3 đến 12cm. Độ бет này vẫn nằm trong giới hạn yêu cầu của vữa thi công trong điều kiện chật hẹp. Do đó, công tác thi công vẫn còn dễ dàng. Nhưng khi tăng tro bay từ 15 đến 20% vữa gần như không có độ бет nên rất khó thi công trong các điều kiện đòi hỏi tính công tác cao. Cường độ chịu nén tại 28 ngày tăng cao nhất 20,6% đối với trường hợp thay thế xi măng bằng 5% tro bay. Các trường hợp khác tăng không đáng kể.

Bảng 5 cũng chỉ ra rằng, đối với trường hợp thể tích cát là 0,5 và tỷ số W/C là 0,4 thì cường độ chịu nén tại 28 ngày cũng tăng 15,5% khi 10% xi măng được thay thế bằng tro bay. Khi lượng tro bay thay thế tăng lên

15% thì cường độ chịu nén giảm nhẹ. Đối với tỷ số W/C là 0,42 thì cường độ chịu nén tăng lớn nhất là 10,8% khi thay thế 5% xi măng bằng tro bay. Khi tro bay được thay thế lên đến 20% thì cường độ chịu nén của vữa giảm 31%. Khi thay thế tro bay độ бет của vữa giảm đi và gây rất khó khăn cho công tác thi công.

Bảng 6 chỉ ra kết quả thí nghiệm của mẫu vữa sử dụng kết hợp FCC và tro bay thay thế cho xi măng. Đối với trường hợp thể tích cát 0,5 và tỷ số W/C là 0,4, khi thay thế xi măng bằng 10% FCC, kết quả của cường độ chịu nén 28 ngày tương đương với việc thay thế 10% bằng tro bay và tương ứng với mẫu đối chứng. Khi tăng thêm FCC, cường độ và độ бет của vữa giảm so với mẫu đối chứng. Khi thay thế xi măng bằng cả tro bay và FCC từ 20 đến 25%, cường độ chịu nén của vữa và độ бет của vữa giảm đáng kể. Đối với tỷ số W/C là 0,42, khi thay thế 10% xi măng bằng FCC cũng không làm giảm cường độ chịu nén so với mẫu đối chứng, nhưng khi lượng của FCC và tro bay tăng lên thì cường độ của vữa giảm đi đáng kể.

**Bảng 4. Một số đặc tính của đối vữa chứng**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Độ бет (cm)	Cường độ chịu nén (MPa)		
			3 ngày	7 ngày	28 ngày
0.45	0.35	22	28.8	36.0	40.9
	0.38	25	29.3	37.0	40.0
	0.4	27	-	35.3	38.9
	0.42	28	-	35.7	38.8
0.5	0.3	9	-	-	47.1
	0.35	9	-	-	45.3
	0.38	9	-	-	43.3
	0.4	9	-	-	44.3
	0.42	9	-	-	44.8
0.55	0.35	9	24.0	-	34.1
	0.4	10	17.8	-	28.1
	0.42	9	25.3	-	32.5

**Bảng 5. Một số đặc tính của vữa sử dụng tro bay**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Độ бет (cm)	Cường độ chịu nén (MPa)		
			3 ngày	7 ngày	28 ngày
0.45	0.4	12	26.7	32.1	50.0
	0.42	25	21.6	26.8	46.8
	0.42	16	21.8	29.1	38.9
	0.42	9	20.5	24.5	40.7
	0.42	9	19.1	25.7	38.2
	0.5	0.4	11	24.0	30.8
0.4		9	19.4	24.9	43.3
0.42		10	22.0	27.3	49.6
0.42		9	22.2	28.2	41.4
0.42		9	16.4	21.1	37.7
0.42		9	17.6	23.4	30.6

**Bảng 6. Một số đặc tính của vữa sử dụng tro bay và FCC**

Thể tích cát	Tỷ số W/C	Độ бет (cm)	Cường độ chịu nén (MPa)		
			3 ngày	7 ngày	28 ngày
0.5	0.4	15	20.3	22	44
		9	18.7	24	42
		9	17.5	28	34
		9	15.1	22	28
	0.42	12	18.2	-	42
		9	17.6	23	37
		15	18.9	24	36
		9	17.6	23	34
		9	14.4	28	34

#### 2.4. Phân tích kết quả

Cát được thí nghiệm có chất lượng không đáp ứng với yêu cầu theo tiêu chuẩn ASTM C778 với hàm lượng của cỡ hạt có kích thước nhỏ chiếm 75%. Nên khi thể tích cát là 0,45 thì diện tích bề mặt của cát giảm so với mẫu có thể tích cát lớn. Lượng nước còn lại tác dụng với xi măng lớn hơn so các mẫu có thể tích cát lớn hơn và tỷ lệ vữa xi măng trong mẫu vữa cũng lớn hơn. Do đó làm cho độ бет của mẫu có thể tích cát nhỏ lớn hơn các mẫu khác. Trong khi đó, thể tích cát là 0,55 sẽ làm tăng diện tích bề mặt. Lượng nước mang thí nghiệm sau khi bao phủ hết các hạt cát và tro bay hay FCC thì lượng nước còn lại để phản ứng với xi măng giảm đi. Do đó làm vữa xi măng khô hơn các mẫu có thể tích cát ít hơn, dẫn đến làm cho khó khăn trong công tác thi công. Đối với trường hợp thể tích cát là 0,45 và 0,55, cường độ của vữa nhỏ hơn so với mẫu vữa có thể tích cát là 0,5. Từ kết quả của thí nghiệm này có thể thấy thể tích cát chiếm 0,5 là cấp phối thích hợp cho loại cát này.

Vữa sử dụng cát địa phương trong thí nghiệm này và xi măng được thay thế bằng tro bay hoặc FCC đã làm tăng diện tích bề mặt cốt liệu và giảm lượng vữa xi măng. Do đó, độ бет giảm đi đáng kể và sẽ gây khó khăn cho thi công. Cường độ chịu nén tại thời điểm 28 ngày tăng lên đáng kể khi có cấp phối thích hợp. Vữa có thể tích cát là 0,5, tỷ số W/C là 0,42 và xi măng được thay thế bằng từ 5 đến

10% tro bay hay FCC đều làm tăng cường độ chịu nén tại thời điểm 28 ngày từ 10,8 đến 28,5%. Khi 15% xi măng được thay thế bằng tro bay và FCC có thể đảm bảo cường độ như đối với vữa không sử dụng tro bay hay FCC. Khi lượng tro bay hay FCC để thay thế xi măng tăng lên 20% thì cường độ chịu nén của vữa giảm đi đáng kể. Hơn nữa, việc thay thế tro bay và FCC từ các nhà máy trong nước sẽ làm giảm giá thành của vữa và giải quyết được vấn đề rác thải công nghiệp làm sạch môi trường.

#### 3. Kết luận

Nghiên cứu đưa vật liệu địa phương và chất thải công nghiệp của Việt Nam như tro bay hay FCC vào vật liệu xây dựng sẽ làm giảm giá thành và giải quyết vấn đề môi trường. Cát địa phương không có đủ các đặc tính như các yêu cầu trong các tiêu chuẩn của ASTM, nhưng vẫn có thể tạo được vữa có cường độ chịu nén cao. Tỷ lệ thể tích cát địa phương trong thí nghiệm này tối ưu là 0,5. Với tỷ lệ cát này có thể chế tạo mẫu vữa đối chứng có cường độ lên đến 44 MPa. Khi xi măng được thay thế bằng tro bay và FCC từ 5 đến 10% và tỷ số W/C khoảng 0,4 đến 0,42 có thể làm cho cường độ chịu nén của vữa tăng từ 10,8 đến 28,5% so với mẫu đối chứng. Việc thay thế xi măng bằng tro bay và FCC từ 5 đến 10% cũng làm cho tính công tác của vữa giảm so với mẫu đối chứng nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu thi công trong điều kiện chặt

hẹp. Khi 15% xi măng được thay thế bằng tro bay hay FCC có thể đảm bảo cường độ như đối với vữa không sử dụng tro bay hay FCC, nhưng độ bết giảm làm khó khăn cho công tác

thi công. Khi xi măng được thay thế lớn hơn 15% có thể làm cho cường độ chịu nén giảm đi và tính công tác của vữa cũng giảm đi đáng kể.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ASTM International (2007). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. *ASTM C125-07*.
- ASTM International (2007). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). *ASTM C 109/C 109 M-07*.
- ASTM International (2007). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. *ASTM C128-07*.
- ASTM International (2008). Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement. *ASTM C230 / C230M-08*.
- ASTM International (2013). Standard test method for standard sand. *ASTM C778-13*.
- Chen, H. L., Tseng, Y. S. & Hsu, K. C. (2004). Spent FCC catalyst as a pozzolanic material for high-performance mortars. *Journal of Cement & Concrete Composites*, 26, 657-664.
- Pacewska, B., Wilinska, I. & Kubissa, J. (1998). Use of spent catalyst from catalytic cracking in fluidized bed as a new concrete additive. *Thermochim Acta*, 322(2), 175-181.