

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VỮA SỬ DỤNG CHẤT KẾT DÍNH XI KIỂM HOẠT HÓA VÀ CÁT TÁI CHẾ TỪ PHẾ THẢI XÂY DỰNG

Ngày nhận bài: 15/7/2014

Ngày sửa bài: 25/12/2014

Ngày chấp nhận đăng: 12/8/201

**Tổng Tôn Kiên, Lê Trung
Thành, Phạm Thị Vinh Lan, Lưu
Văn Sáng**

TÓM TẮT:

Chất kết dính xi kiểm hoạt hóa là loại chất kết dính có thành phần gồm xi lò cao nghiền mịn và dung dịch kiềm. Vật liệu này đã và đang được nghiên cứu phổ biến, nhằm thay thế xi măng trong sản xuất vữa và bê tông bền vững và thân thiện với môi trường. Nghiên cứu này khảo sát khả năng chế tạo vữa xây dựng từ việc tận dụng đồng thời 2 loại phế thải là xi lò cao nghiền mịn để thay thế xi măng và cát tái chế từ phế thải xây dựng để thay thế cát tự nhiên. Các cấp phối vữa sử dụng 2 loại cát tái chế được nghiên cứu từ phế thải bê tông xi măng (cát BTN) và từ phế thải tường xây gạch đất sét nung (cát TXN). Chất kết dính xi kiểm có tỷ lệ $\text{Na}_2\text{O}/\text{xi lò cao nghiền mịn}$ (hàm lượng kiềm)- $M^+ = 7,5 \div 12,5\%$, dung dịch kiềm kích hoạt là hỗn hợp của dung dịch NaOH và thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) có tỷ lệ $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (mô đun kiềm)- $AM = 0,75 \div 1,5$. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, có thể sử dụng chất kết dính xi kiểm hoạt hóa thay thế hoàn toàn xi măng trong chế tạo vữa sử dụng cát tái chế. Khi hàm lượng kiềm càng tăng thì cường độ nén và cường độ kéo uốn của vữa tăng. Giá trị mô đun kiềm AM tối ưu khoảng 1,25 thì cường độ vữa đạt lớn nhất.

Từ khóa: Cốt liệu tái chế, xi lò cao nghiền mịn, xi kiểm kích hoạt, phế thải xây dựng.

ABSTRACT

Alkali activated slag binder is the binder containing ground granulated blast-furnace slag (GGBS) and alkaline liquid. This material has been studied extensively and shows promising as a greener substitution for ordinary Portland cement in green mortar and concrete productions. This paper focuses on the potential production of mortars with using two kinds of waste materials e.i. ground granulated furnace slag and recycled fine aggregates from construction and demolition waste. The recycled fine aggregates are recycled sands from concrete and from masonry. Ratio of alkali solution/ GGBS (Alkali Dosage) of the binder (M^+) are $7,5 \div 12,5\%$. Alkali activator is a combination solution of sodium hydroxide and water glass with $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Alkali Module- AM) of $0,75 \div 1,5$. Experimental results indicated that using alkali-activated slag binder as a replacement of ordinary portland cement effectively improves the compressive strength. With increasing of M^+ and AM, compressive strength and flexural strength increases gradually. There is an optimum $AM = 1,25$ to gain maximum compressive strength of the alkali-activated slag mortar using recycled aggregates.

Keywords: Recycled Aggregates- RAs; Ground Granulated Blast Furnace Slag- GGBS; Alkali-Activated Slag- AAS; Construction and Demolition Waste- CDW.

¹ NCS. ThS., Khoa Vật liệu xây dựng- Trường Đại học Xây dựng. Email: ; ĐT: 0977966357

² TS., Văn phòng Bộ- Bộ Xây dựng; ³ ThS., Khoa Xây dựng- Trường Cao đẳng Xây dựng số 1- Bộ Xây dựng; ⁴ ThS., Khoa Vật liệu xây dựng- Trường Đại học Xây dựng.

1. Giới thiệu

Việc phát triển bền vững trong công nghiệp sản xuất các loại vật liệu xây dựng nói chung và bê tông nói riêng, đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam quan tâm trong những năm gần đây [8, 14]. Hai biện pháp đơn giản đảm bảo xây dựng bền vững: Thứ nhất là tiết kiệm và bảo tồn các nguồn nguyên liệu tự nhiên; thứ 2 là tái sử dụng các loại phế thải xây dựng (PTXD), phế thải công nghiệp (PTCN) [1].

Như chúng ta đã biết, các nguồn cốt liệu tự nhiên, thường được khai thác từ núi đá hoặc từ lòng sông, ngày càng khan hiếm. Ngoài ra, việc khai thác các nguồn vật liệu tự nhiên có tác động xấu đến môi trường. Trong khi đó, lượng PTXD hàng năm tăng rất nhanh. Việc chôn lấp truyền thống các PTXD chiếm nhiều diện tích và gây ô nhiễm môi trường đang trở thành vấn đề lớn đối với các đô thị lớn trong cả nước. Theo báo cáo môi trường quốc gia, tổng lượng PTXD trên cả nước năm 2009 khoảng 5000 tấn/ ngày (chiếm khoảng 10-15% tổng lượng chất thải rắn) [3]. Theo Nghị quyết của Chính phủ, đến năm 2015 sẽ cơ bản hoàn thành việc phá dỡ, cải tạo các khu chung cư cũ tại các đô thị lớn, nên lượng PTXD sẽ còn tăng mạnh trong thời gian tới. Dự kiến đến năm 2015, lượng PTXD sẽ tăng lên khoảng 8000 tấn/ ngày và 11700 tấn/ ngày vào năm 2020. Vì thế, việc tận dụng cốt liệu tái chế (CLTC) từ PTXD thay thế cốt liệu tự nhiên (CLTN) trong sản xuất vữa và bê tông là giải pháp hữu hiệu nhằm giải quyết được đồng thời các vấn đề nêu trên [9].

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, trong kết cấu bê tông xi măng chịu lực chính chỉ nên sử dụng 30% cốt liệu bê tông tái chế còn lại là 70% CLTN thì sẽ đảm bảo cường độ tương đương bê tông xi măng chỉ dùng CLTN [6, 15]. Một số nghiên cứu khác chỉ ra rằng không nên sử dụng cốt liệu nhỏ từ bê tông tái chế thay thế cát tự nhiên [9]. Nguyên nhân chính là do: các loại CLTC có kích thước càng nhỏ thì càng chứa nhiều hàm lượng tạp chất như bụi, bùn, sét và các hạt cốt liệu này

có cường độ thấp như vữa, gạch đất sét nung,.... Các tạp chất sẽ bám trên bề mặt hạt cốt liệu làm suy giảm khả năng liên kết giữa hạt cốt liệu với đá xi măng. Đồng thời, việc sử dụng cốt liệu nhỏ tái chế sẽ làm tăng mạnh lượng nước nhào trộn của hỗn hợp vữa và bê tông. Kết quả làm giảm mạnh các tính chất cơ học của vữa và bê tông xi măng.

Trong các loại vữa và bê tông, xi măng poóc lăng thường sử dụng làm chất kết dính. Tuy nhiên trong quá trình sản xuất xi măng, lượng CO₂ được dự đoán thải ra xấp xỉ 1,35 tỷ tấn/năm, là nguyên nhân phát thải khoảng 5-10% tổng lượng khí CO₂ do con người tạo ra trên toàn cầu [11]. Gần đây, nhiều nghiên cứu cho thấy loại chất kết dính kiềm hoạt hóa có thể thay thế hoàn toàn xi măng. Chất kết dính kiềm hoạt hóa là loại chất kết dính được tạo thành bằng quá trình đa trùng ngưng các sản phẩm thủy hóa giữa dung dịch kiềm kích hoạt các loại vật liệu chứa silic, canxi và nhôm như: mê ta cao lanh và các loại PTCN (tro bay, xỉ lò cao, silicafume). Dung dịch kiềm kích hoạt có thể là dung dịch kiềm (NaOH, KOH, Ca(OH)₂), muối kiềm của axit yếu (Na₂CO₃, K₂CO₃, CaSO₃), kiềm silicat (Na₂O.nSiO₃, K₂O.nSiO₃),... Sản phẩm phản ứng tùy thuộc cả chất kích hoạt, vật liệu ban đầu và PH của môi trường [4]. Các kết quả nghiên cứu về vữa và bê tông sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa thay thế xi măng cho thấy, lượng khí thải CO₂ có thể giảm 6 lần và năng lượng tiêu thụ trong quá trình sản xuất xi măng giảm mạnh [5].

Các sản phẩm vữa và bê tông sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa có nhiều ưu điểm. Chất kết dính kiềm hoạt hóa rắn chắc được chủ yếu dựa vào quá trình polyme hóa vô cơ, không phụ thuộc vào lượng nước nhào trộn; có thể gắn kết được cả tạp chất bụi trên bề mặt hạt cốt liệu. Vì thế có thể khắc phục được các nhược điểm của cốt liệu nhỏ tái chế trong vữa và bê tông. Bên cạnh đó, loại chất kết dính này còn có khả năng đạt được cường độ cao ở tuổi sớm, ổn định trong các môi trường ăn mòn và chịu được sự thay đổi nhiệt độ tốt hơn so với các vật liệu khác [10, 12]. Về mặt kinh tế, giá của 1 tấn tro bay hoặc xỉ chỉ bằng một phần nhỏ so với giá của 1 tấn xi măng. Cho nên, sau khi tính cả giá thành của dung dịch kiềm kích hoạt thì giá thành của bê tông sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa sẽ thấp hơn khoảng 10-30% so với giá của vữa và bê tông sử dụng xi măng [2, 7].

Do đó, việc nghiên cứu khả năng chế tạo các loại vữa và bê tông sử dụng đồng thời chất kết dính kiềm hoạt hóa và CLTC từ PTXD là cần thiết. Loại vật liệu mới này kết hợp được các ưu điểm của CLTC và chất kết dính kiềm hoạt hóa [13]. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu khả năng chế tạo vữa sử dụng chất kết dính geopolyme trên cơ sở xỉ lò cao nghiền mịn với chất kích hoạt là hỗn hợp dung dịch NaOH và

thủy tinh lỏng. Hai loại cát tái chế sử dụng được tái chế từ phế thải bê tông nghiền (cát BTN) và từ phế thải tường xây nghiền (cát TXN). Kết quả về sự phát triển cường độ nén của mẫu vữa tiêu chuẩn được so sánh với mẫu đối chứng sử dụng cát vàng tự nhiên.

2. Vật liệu sử dụng và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu và thành phần vữa

Cát sử dụng là cát tái chế từ mảnh vỡ của hai loại PTXD là bê tông xi măng nghiền (cát BTN) và tường xây gạch đất sét nung nghiền (cát TXN). Cả hai loại cát tái chế (cát BTN và cát TXN) được gia công tại Xí nghiệp gạch block- Công ty cổ phần Cơ điện và Xây dựng công trình Hà Nội. Cát tự nhiên là cát sông Lô được sử dụng để chế tạo mẫu đối chứng. Các cỡ hạt >5mm được loại bỏ bằng sàng ở phòng thí nghiệm. Các tính chất của cát tự nhiên và tái chế về thành phần hạt, khối lượng riêng, độ hút nước,... được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572: 2006. Kết quả được nêu ở bảng 1. Cả hai loại CLTC đều đáp ứng được hầu hết các yêu cầu để sử dụng cho vữa theo TCVN 9025: 2012. Thành phần hạt của cát đều đạt trong quy phạm nhưng hàm lượng hạt nhỏ của cát vàng (từ 0,14 đến 0,315) lớn hơn nhiều, còn hàm lượng hạt >1,25 lại thấp hơn nhiều so với cát phế thải. Hàm lượng bụi, bùn, sét của cát TXN là 13,8% lớn hơn so với yêu cầu 10%, điều này có thể do cát TXN được nghiền từ kết cấu tường xây gạch có cường độ thấp nên hàm lượng hạt bụi lớn. Kết quả độ hút

nước của cát TXN (10,32%) và cát BTN (8,43%) lớn nhiều so với cát tự nhiên (0,61%), kết quả này do cát TXN có chứa nhiều thành phần vữa, đá xi măng dính vào hạt cốt liệu cùng với lượng lớn các mảnh gạch vỡ có nhiều lỗ rỗng dẫn đến khả năng hút nước cao.

Xỉ lò cao hạt hóa được tạo thành khi làm nguội xỉ nóng chảy bằng nước áp lực cao của Nhà máy luyện gang thép Hòa Phát, Hải Dương, Việt Nam. Xỉ được sấy khô và nghiền trong 90 phút bằng máy nghiền bi ở phòng thí nghiệm. Khối lượng riêng và độ mịn blaine của xỉ lần lượt là 2,89g/cm³ và 4520 cm²/g. Kết quả phân tích thành phần hạt của xỉ nghiền mịn cho thấy, kích thước hạt của xỉ nghiền mịn từ 0,259÷ 300,518 μm, kích thước hạt trung bình là 7,630μm. Theo kết quả phân tích thành phần hóa ở bảng 2 thì hệ số kiểm tính của xỉ là:

$$K = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2} = 1,83$$

Chỉ số độ hoạt tính của xỉ là 77% và 96% tương ứng ở tuổi 7 ngày và 28 ngày, như vậy theo TCVN 4315: 2007 thì xỉ đạt yêu cầu để sản xuất xi măng.

Dung dịch kiềm kích hoạt sử dụng trong nghiên cứu này là hỗn hợp của dung dịch NaOH 32% (có hàm lượng NaOH rắn là 32%, H₂O 68%) và dung dịch thủy tinh lỏng (Na₂SiO₃) có thành phần khối lượng là 26% SiO₂, 11,8% Na₂O và 62,2% H₂O. Cả hai loại dung dịch kiềm này điều

STT	Tính chất	Đơn vị	Kết quả		
			Cát BTN	Cát TXN	Cát vàng
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,491	2,478	2,507
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	g/cm ³	2,050	1,982	2,475
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	g/cm ³	2,223	2,186	2,488
4	Độ hút nước	%	8,43	10,32	0,61
5	Độ ẩm bão hòa bề mặt	%	5,2	8,5	0,52
6	Hàm lượng tạp chất bụi, bùn, sét	%	7,6	13,8	1,2
7	Thành phần hạt	Hàm lượng sót tích lũy, %			
	Đường kính, d (mm)	Theo TCVN 9025: 2012	Cát BTN	Cát TXN	Cát vàng
	2,5	0-20	23,9	17,7	9,2
	1,25	15-45	44,2	30,7	18,0
	0,63	35-70	62,2	48,8	36,9
	0,315	65-90	71,6	62,2	74,1
	0,14	90-100	82,7	76,0	96,3
Lọt sàng 0,075	≤16	8,6	14,7	1,7	

Bảng 1. Tính chất của cát tái chế và cát tự nhiên

có bán sẵn trên thị trường và giá thành tương đối thấp. Do quá trình hoạt hóa xi cũng như mức độ thủy hóa các thành phần khoáng của xi phụ thuộc rất lớn vào hàm lượng kiềm

$$M^+ = \frac{Na_2O}{Xi} \cdot 100\%$$

và mô đun kiềm

$$AM = \frac{Na_2O}{SiO_2}$$

Dựa trên kết quả khảo sát sơ bộ hỗn hợp vữa vữa đảm bảo tính công tác, thời gian đông kết; vữa tạo ra vữa xi kiềm có cường độ cao nhất với lượng dùng chất kích hoạt là ít nhất đảm bảo tính kinh tế. Để tài đã khảo sát các hỗn hợp vữa có $M^+=7,5\%$; $10,0\%$ và $12,5\%$; dung

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O
35,3	32,9	14,5	10,5	2,44	1,35	1,29	0,812	0,428	0,241

Bảng 2. Thành phần hóa của xi lò cao nghiền mịn

dịch kiềm kích hoạt có AM thay đổi là 0,75; 1,0; 1,25 và 1,5.

Thành phần cấp phối của vữa xi kiềm hoạt hóa được thiết kế theo tỷ lệ của vữa tiêu chuẩn, với lượng dùng xi lò cao nghiền mịn và cát tái chế cố định là 450g và 1350g. Theo TCVN 3121-2: 2003, để hỗn hợp vữa phù hợp cho công tác xây và hoàn thiện thì độ dẻo $D=145-205mm$, cho nên tỷ lệ khối lượng $N/Rắn=N/(Xi+Na_2O+SiO_2)$ chọn sơ bộ bằng 0,37. Lượng nước sơ bộ được tính gồm nước trong dung dịch NaOH, dung dịch thủy tinh lỏng và nước thêm vào hỗn hợp kiềm kích hoạt để đảm bảo tỷ lệ $N/Rắn$. Khối lượng SiO_2 được tính theo tỷ lệ thủy tinh lỏng sử dụng, còn khối lượng Na_2O được tính bằng tổng Na_2O trong thủy tinh lỏng và trong dung dịch NaOH quy đổi. Hỗn hợp kiềm kích hoạt được pha trước khi trộn khoảng 2 giờ. Cát tái chế sử dụng trong vữa là cát BTN (kí hiệu vữa BSBTN) hoặc cát TXN (kí hiệu vữa BSTXN). Các mẫu vữa đối chứng có thành phần vật liệu giống như cấp phối số 3, 7 và 11; tuy nhiên cát tái chế đã được thay bằng cát vàng tự nhiên (kí hiệu vữa BSCĐ) (bảng 3).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các tính chất cơ lý của cát tái chế được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572: 2006. Phương pháp xác định chỉ số hoạt tính của xi theo TCVN 6882: 2001. Độ lưu động của hỗn hợp vữa được xác định bằng phương pháp bàn dần theo TCVN 3121-2: 2003. Cường độ uốn và cường độ nén của mẫu vữa 40x40x160mm được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3121-11: 2003 ở các tuổi 3, 7 và 28 ngày bảo dưỡng trong không khí của phòng thí nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Độ dẻo của hỗn hợp vữa

Cấp phối vữa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M^+ , (%)	7,5	7,5	7,5	7,5	10	10	10	10	12,5	12,5	12,5	12,5
AM	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5
Thủy tinh lỏng, (g)	150	113	90	75	200	150	120	100	250	188	150	125
Dung dịch NaOH, (g)	66	84	94	101	88	111	125	135	110	139	157	168
Nước thêm, (ml)	65	71	75	78	31	40	45	48	0	8	14	18
Xi nghiền, (g)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Cát BTN hoặc cát TXN, (g)	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350

Bảng 3. Thành phần cấp phối vữa thí nghiệm

Kết quả độ lưu động (D, mm) và lượng nước bổ sung trong quá trình trộn (N_{bs} , ml) nhằm đảm bảo độ dẻo yêu cầu của các loại hỗn hợp vữa được nêu ở bảng 4.

Từ kết quả trên bảng 4, ta thấy độ dẻo của hỗn hợp vữa sử dụng cát tái chế từ BTN luôn cao hơn so với hỗn hợp vữa sử dụng cát TXN. Điều này có thể do độ hút nước của cát TXN lớn hơn cát BTN nên lượng nước cần đảm bảo độ dẻo cho hỗn hợp vữa tăng lên. Độ dẻo của cả hai loại hỗn hợp vữa sử dụng CLTC (BTN và TXN) thấp hơn so với hỗn hợp vữa đối chứng. Lượng nước bổ sung để đảm bảo độ dẻo của hỗn hợp vữa sử dụng cát TXN luôn nhiều hơn của hỗn hợp vữa sử dụng cát BTN, điều này cũng phù hợp với giá trị độ hút nước cao của cát TXN.

3.2. Ảnh hưởng của thành phần vữa đến cường độ nén

Kết quả cường độ nén của vữa xi kiềm hoạt hóa sử dụng các loại cát tái chế so với vữa sử dụng cát tự nhiên, ở các tuổi bảo dưỡng khác nhau, được thể hiện ở hình 1 và hình 2.

Từ kết quả cường độ nén của vữa trên hình 1 và hình 2 ta thấy:

Cường độ nén của tất cả các loại vữa xi kiềm chịu ảnh hưởng lớn bởi hàm lượng kiềm và giá trị mô đun kiềm. Ứng với mỗi giá trị AM không đổi, khi tăng hàm lượng kiềm M^+ thì cường độ nén của

vữa càng tăng tương đối đều trong khoảng khảo sát. Điều này có thể do hàm lượng kiềm tăng đã làm tăng số lượng các sản phẩm thủy hóa dẫn đến tăng cường độ nén. Tuy nhiên, ứng với mỗi giá trị M^+ , khi mô đun kiềm AM tăng thì cường độ nén cũng tăng nhưng tồn tại tỷ lệ Na_2O/SiO_2 tối ưu trong dung dịch kiềm kích hoạt khoảng 1,25 sẽ cho cường độ nén của mẫu vữa đạt cao nhất.

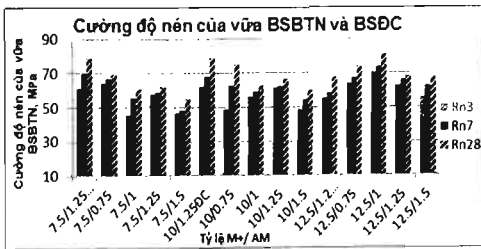
Ở các hàm lượng kiềm $M^+=7,5\%$ và 10% , khi $AM=0,75$ thì cường độ vữa đạt cao hơn hẳn so với các mẫu khác. Tuy nhiên ở hàm lượng kiềm $12,5\%$ thì $AM=1,25$ lại cho cường độ đạt cao nhất.

Cường độ nén của các loại vữa sử dụng cốt liệu tái chế BTN và cát TXN tương đương so với cường độ nén của mẫu vữa đối chứng sử dụng cát tự nhiên. Khi $M^+/AM=7,5/1,25$ và $10/1,25$, cường độ nén của vữa sử dụng cát tái chế thấp hơn 21,3% và 15,7% ứng với vữa sử dụng cát BTN; còn với vữa sử dụng cát TXN là 16,4% và 12,6%. Tuy nhiên, cường độ nén của vữa sử dụng cát tái chế ở $M^+/AM=12,5/1,0$ lại cao hơn so với cường độ nén của vữa đối chứng (12,5/1,25ĐC) là 16,4% và 2,3%, tương ứng với vữa sử dụng cát BTN và cát TXN. Điều này chứng tỏ, có khả năng sử dụng cát tái chế thay thế hoàn toàn cát tự nhiên mà cường độ nén của vữa thu được tương đương.

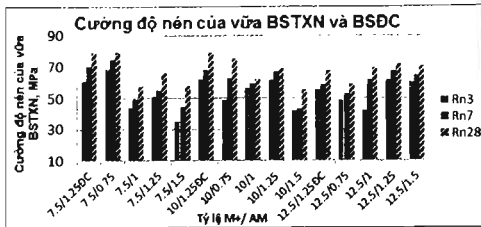
Sự phát triển cường độ nén của vữa sử dụng cát tái chế (BSBTN và BSTXN) đều nhanh hơn so với mẫu vữa sử dụng cát tự nhiên. Cường độ nén ở 3 ngày có thể đạt 80÷98% so với cường độ nén

Cấp phối vữa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vữa BSBTN	N_{bs} (ml)	108	81	42	21								
	D (mm)	166	164	175	150	205	175	200	200	174	186	202	
Vữa BSTXN	N_{bs} (ml)	30	59	75	49	20	13	10	101		18	5	16
	D (mm)	160	165	147	145	165	160	150	146	145	173	168	148
Vữa BSCĐ	N_{bs} (ml)			20				10				10	
	D (mm)			146				152				150	

Bảng 4. Độ lưu động của hỗn hợp vữa xi kiềm hoạt hóa sử dụng cát BTN, cát TXN và cát tự nhiên



Hình 1. Cường độ nén của vữa xi kiềm sử dụng cát BTN và cát tự nhiên



Hình 2. Cường độ nén của vữa xi kiềm sử dụng cát TXN và cát tự nhiên

ở 28 ngày, đạt thấp nhất là 65% ở mẫu BSTXN có M*/AM=10/0,75. Trong khi đó, cường độ nén ở tuổi 3 ngày của vữa đối chứng chỉ đạt 77,8-82,2% so với cường độ nén ở 28 ngày. Điều này có thể do cát tái chế vẫn tiếp tục hút nước trong hỗn hợp vữa, thúc đẩy quá trình đông đặc và polyme hóa dẫn đến tăng tốc độ phát triển cường độ nén ở tuổi sớm của vữa.

Cường độ nén của vữa BSBTN luôn cao hơn cường độ nén của vữa BSTXN ở tất cả các tỷ lệ M*/AM khảo sát và nhưng đều đạt trong khoảng 55÷80MPa ở 28 ngày tuổi. Điều này có thể giải thích là do hỗn hợp cát TXN có nhiều hạt gạch đất sét nung có cường độ thấp nên cường độ của hỗn hợp cát TXN thường thấp hơn của cát BTN.

3.3. Ảnh hưởng của thành phần vữa đến cường độ uốn

Kết quả cường độ uốn của các loại vữa xi kiềm hoạt hóa sử dụng cát tái chế được thể hiện ở hình 3 và hình 4. Qua kết quả cường độ uốn của hai loại vữa trên hình 3 và hình 4 ta thấy:

Trong khoảng M*/AM khảo sát, vữa xi kiềm sử dụng cát BTN có cường độ uốn thay đổi rất nhỏ, đạt 8÷10 MPa. Giá trị tối ưu AM=1,25 không thể hiện rõ. Trong khi đó, vữa xi kiềm sử dụng cát TXN có cường độ uốn dao động rất lớn từ 6÷10 MPa.

Sự phát triển cường độ uốn của vữa xi kiềm sử dụng cát tái chế tương tự như vữa xi kiềm sử dụng cát tự nhiên. Cường độ uốn ở 3 ngày có thể đạt từ 60÷95% so với cường độ uốn ở 28 ngày.

Tỷ lệ cường độ uốn/ cường độ nén của vữa BSBTN hầu hết từ 1/6-1/9, nhỏ nhất đạt 1/5,4 trên mẫu BSBTN2 ở tuổi 3 ngày; của vữa BSTXN có tỷ lệ cường độ uốn/ cường độ nén khoảng

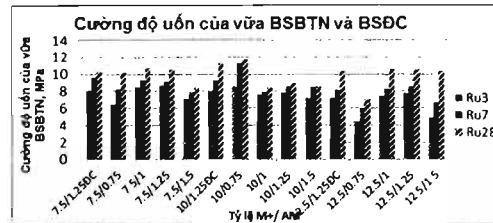
1/5-1/8, giá trị này đạt nhỏ nhất là 1/3,9 trên mẫu BSTXN4 ở tuổi 3 ngày. Các tỷ lệ này tương đương so với vữa đối chứng (1/7-1/7,8). Điều này có thể do đặc tính hình dạng hạt và bề mặt hạt nhám ráp của cát tái chế làm tăng khả năng liên kết bám dính giữa hạt cát tái chế với chất kết dính xi kiềm tốt hơn liên kết của hạt cát tự nhiên.

4. Kết luận

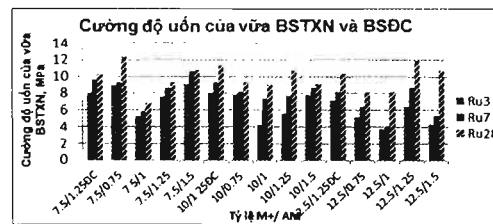
Dựa trên các kết quả thí nghiệm sơ bộ với vữa xi kiềm sử dụng cát tái chế từ PTXD, ta có thể đưa ra một số kết luận:

Có thể chế tạo vữa xi kiềm hoạt hóa sử dụng toàn bộ cát tái chế từ BTN và TXN thay thế cát tự nhiên đạt cường độ nén ở tuổi 28 ngày từ 55÷80 MPa

Cường độ nén và cường độ uốn của vữa xi kiềm chịu ảnh hưởng lớn bởi hàm lượng kiềm và giá trị mô đun kiềm. Mô đun kiềm, AM càng tăng thì cường độ nén của vữa càng tăng và tồn tại



Hình 3. Cường độ uốn của vữa xi kiềm sử dụng cát BTN và cát tự nhiên



Hình 4. Cường độ uốn của vữa xi kiềm sử dụng cát TXN và cát tự nhiên

giá trị AM tối ưu khoảng 1,25 để cường độ vữa xi kiềm tái chế đạt giá trị lớn nhất.

Khi tận dụng phế thải xi lò cao làm chất kết dính xi kiềm hoạt hóa có thể làm giảm ảnh hưởng bất lợi của các cốt liệu nhỏ tái chế đến cường độ của vữa. Tuy nhiên trong nghiên cứu này, độ nghiền mịn của xi lò cao khá lớn, nên cần tiếp tục nghiên cứu lựa chọn độ mịn hợp lý nhằm tăng hiệu quả kinh tế- kỹ thuật của vữa.

5. Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn: sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học xây dựng thông qua đề tài nghiên cứu khoa học số 116-2013/ KHXD-TĐ và Công ty cổ phần hóa chất Đức Minh đã cung cấp các dụng dịch kiềm, Công ty Cổ phần Cơ điện và Xây dựng công trình đã gia công các loại cốt liệu tái chế cho đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Achtemichuk Sasha, et al. (2009) "The utilization of recycled concrete aggregate to produce controlled low-strength materials without using Portland cement". *Cement & Concrete Composites* 31 (2009):564–569.
2. Berndt M.L. (2009) "Properties of sustainable concrete containing fly ash, slag and recycled concrete aggregate". *Construction and Building Materials* 23 (2009):2606–2613.
3. Bộ Tài Nguyên Và Môi Trường (2011), *Báo cáo môi trường quốc gia năm 2011- Chất thải rắn*. (Bộ tài nguyên và môi trường).
4. Chao Li, Sun Henghu & Li Longtu (2010) "A review: The comparison between alkali-activated slag (Si +Ca) and metakaolin (Si +Al) cements". *Cement and Concrete Research* Vol. 40:1341–1349.
5. Davidovits J. (2002) "Environmentally Driven Geopolymer Cement Applications". Geopolymer Institute, 02100 Saint-Quentin, France.
6. Dhir (2007) "Performance Related Approach to Use of Recycled Aggregates in Concrete".
7. Fernandez Jimenez A& Palomo A. (2003) "Characterisation of fly ashes. Potential reactivity as alkaline cements". *Fuel* Vol. 82:2259–2265.
8. Goodier Chris Ian (2013) The Future(s) of construction: a Sustainable Built Environment for Now and the Future. in *The International Conference on Sustainable Built Environment for Now and the Future*, eds Marios Soutsos, Chris Goodier, Thanh Le Trung, & Tuan Nguyen Van (Construction publishing house, Hanoi, Vietnam), pp 27-34.
9. Hansen T.C. (1992), *Demolition and Reuse of Concrete and Masonry: recycling of demolished concrete, recycling of masonry rubble, and localized cutting by blasting of concrete*. (RILEM report 6, E & EN Spon, London): Pp. 316 (in English).
10. Lloyd N. A.& Rangan B. V. (2010) Geopolymer concrete : A review of Development and Opportunities. in *35th Conference on our world in concrete & structures* (Curtin University of Technology, Australia, Singapore).
11. Mehta P. K. (2002) "Greening of the concrete industry for sustainable development". *ACI Concrete International* 24 (7):23–28.
12. Pacheco-Torgal Fernando, Castro-Gomes João& Jalali Said (2008) "Alkali-activated binders: A review Part 1. Historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration products". *Construction and Building Materials* 22 (2008)(2008):1305–1314.
13. Shi X.S., et al. (2012) "Mechanical properties and microstructure analysis of fly ash geopolymeric recycled concrete". *Journal of Hazardous Materials* 237–238 (2012):20–29.
14. Tong Kiên, Le Thành& Pham Lanh (2013) Sustainability in the concrete industry for construction of mega cities. in *New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia-USMCA2013* (Construction publishing house, Hilton, Hanoi, Vietnam), pp 230-239.
15. Yang Jian, Du Qiang& Bao Yiwang (2011) "Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks". *Construction and Building Materials* (Vol. 25):Pp. 1935–1945.