



NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO GẠCH KHÔNG NUNG VÀ VỮA TỪ PHẾ THẢI CÔNG NGHIỆP PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Tổng Tôn Kiên^{1*}, Nguyễn Mạnh Phát², Phạm Hữu Hanh², Lưu Văn Sáng¹

Tóm tắt: Gạch không nung đã và đang được nghiên cứu rất nhiều ở Việt Nam để thay thế gạch đất sét nung, điều đó đưa lại cả hiệu quả về kinh tế và môi trường. Tuy nhiên, để sản xuất loại vật liệu này vẫn phải sử dụng nguồn cốt liệu tự nhiên và chất kết dính xi măng có giá thành cao, phát thải CO₂ cao. Bên cạnh đó lượng lớn phế thải xây dựng (PTXD), phế thải khai thác đá và phế thải công nghiệp khác (như tro bay và xỉ lò cao của công nghiệp nhiệt điện và luyện kim) vẫn chưa được tận dụng hiệu quả. Trong những năm gần đây, chất kết dính có thành phần gồm xỉ lò cao nghiền mịn, tro bay và dung dịch kiềm đã được nhiều nghiên cứu quan tâm sử dụng thay thế xi măng nhằm sản xuất vữa không xi măng và gạch xây không nung sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa thay thế hoàn toàn xi măng từ việc tận dụng đồng thời 2 loại phế thải là xỉ lò cao nghiền mịn kết hợp với tro bay và cát tái chế từ PTXD, phế thải đá mật để thay thế cát tự nhiên. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, cường độ nén của các loại vật liệu này đạt $\geq 5,0$ MPa và chất lượng tương đương với vữa và gạch không nung sử dụng xi măng poóc lăng.

Từ khóa: Cốt liệu tái chế; xỉ lò cao nghiền mịn; kiềm hoạt hóa; phế thải xây dựng.

Summary: Non-fired bricks have been being studied in Vietnam to replace the traditional fired clay bricks, which give both economic and environmental efficiency. However, producing these materials still requires of natural aggregates and cement binder with high cost and high CO₂ emission. Besides, a large amount of construction demolition waste (CDW), quarry waste and industrial wastes (such as fly ash-FA and granulated blast furnace slag-GGBFS from thermal power plant and metallurgy industry), have not yet been utilised effectively. In recent years, geopolymer binder bases on ground granulated blast furnace slag-GGBFS, FA and alkali solutions has been more interested in studying alternative uses for Portland cement in cementless mortar and bricks, these materials are not only sustainable but also friendly environment. Therefore, this paper presents the investigation results of mortar and non-fired concrete bricks block using all industrial wastes based on alkali-activated binder utilised GGBFS combining FA and recycled fine aggregate from CDW. Research results showed that the compressive strength of these materials is over 5,0 MPa and equivalent performance to Portland cement mortar and cement concrete bricks.

Keywords: Recycled aggregates-ras; ground granulated blast furnace slag-GGBFS; alkaline activator; construction demolition waste-CDW.

Nhận ngày 25/5/2016, chỉnh sửa ngày 15/6/2016, chấp nhận đăng 16/01/2017



1. Giới thiệu

Trong quá trình phát triển kinh tế sẽ kéo theo nhu cầu phát triển cơ sở hạ tầng, các công trình cũ, hệ thống giao thông cũ bị hư hỏng và xuống cấp sẽ được xây mới để thay thế hoặc cải tạo mở rộng. Hiện nay nước ta có rất nhiều khu chung cư được xây dựng từ những thập niên 70-80 ngày càng xuống cấp trầm trọng. Riêng tại hai thành phố lớn là Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh có khoảng 2.200 lô chung cư cũ (≈ 6 triệu m² sàn xây dựng), ước tính trên 90% lô chung cư cũ thuộc loại hư hỏng trầm trọng cần được xây dựng lại [10]. Theo Nghị quyết số 34/2007/NQ-CP của Thủ tướng chính phủ [7], phần đầu đến 2015 hoàn thành việc cải tạo, xây dựng lại các chung cư cũ bị hỏng, xuống cấp hoặc đã hết niên hạn sử dụng tại các đô thị trên cả nước. Như vậy, trong những năm tới việc phá dỡ các khu chung cư cũ sẽ tạo ra lượng rất lớn phế thải xây dựng (PTXD) trong các thành phố, đô thị. PTXD ở nước ta hiện nay chưa được tái chế và tái sử dụng mà phần lớn là đổ lẫn trong các bãi chứa rác thải sinh hoạt hoặc đổ bừa bãi ra ven đường, sông, kênh, chỉ có một lượng nhỏ được sử dụng để san lấp. Điều này gây ô nhiễm môi trường, tốn diện tích bãi chôn lấp, đồng thời phải tốn nhiều chi phí cho việc chuyên chở, gây lãng phí nguồn vật liệu mà đáng lẽ ra có thể tái chế sử dụng thay thế cho nguồn CLTN trong vữa và bê tông.

¹ ThS, Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

² PGS. TS, Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

*Tác giả chính. E-mail: kientti@nuce.edu.vn.

Trước đây, bê tông thường dùng xi măng poóc lăng và cốt liệu tự nhiên. Hiện nay, giá thành xi măng ngày càng cao, các loại cốt liệu tự nhiên ngày càng khan hiếm. Trong những năm gần đây, việc tận dụng phế thải công nghiệp để chế tạo chất kết dính (CKD) kiểm hoạt hóa, tái chế phế thải xây dựng (PTXD) làm cốt liệu thay thế cốt liệu tự nhiên (CLTN) là một hướng mới đang được quan tâm nghiên cứu. Việc sử dụng các loại vật liệu này vừa đem lại lợi ích to lớn cả về kinh tế-kỹ thuật và môi trường. Tuy nhiên, ở Việt Nam vấn đề này còn ít được quan tâm.

Trong quá trình sản xuất xi măng, 1 tấn xi măng được sản xuất có thể phát thải khoảng 0,8 tấn khí CO₂ ra môi trường [8]. Lượng khí CO₂ này chiếm khoảng 5-8% tổng lượng khí CO₂ do con người tạo ra và gây hiệu ứng nhà kính [8]. Ở Việt Nam hàng năm, sản xuất khoảng 70 triệu tấn clanhke xi măng (năm 2011) [8]. Bên cạnh đó các loại phế thải công nghiệp (PTCN) như tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao,... có chứa các thành phần hoạt tính có thể tạo chất kết dính kiểm hoạt hóa thay thế xi măng poóc lăng vừa đảm bảo các tính chất xây dựng, hạ giá thành; vừa giảm thiểu khí CO₂ tác động đến môi trường.

Theo Quyết định 567/QĐ2010-TTg [9] về chương trình phát triển vật liệu xây không nung (VLKN), nhu cầu công suất vật liệu xây không nung đến năm 2015 là 7,1-8,8 tỷ viên, đến năm 2020 là 13,9-18,6 tỷ viên (trong đó gạch xi măng cốt liệu chiếm tương ứng 74% vào năm 2015 và 70% vào năm 2020), nhằm thay thế 20-25% (năm 2015) và 30-40% (năm 2020) gạch đất sét nung. Như vậy, hàng năm nếu được sử dụng 15-20 triệu tấn PTCN để sản xuất VLKN sẽ tiết kiệm khoảng 1000ha đất nông nghiệp, hàng trăm ha diện tích đất chứa phế thải, tiết kiệm nhiên liệu than đem lại hiệu quả kinh tế chung cho toàn xã hội.

Xuất phát từ thực trạng trên, việc nghiên cứu chế tạo các loại vữa và gạch sử dụng đồng thời chất kết dính kiểm hoạt hóa và cốt liệu tái chế (CLTC) từ PTXD là cần thiết. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu chế tạo vữa và gạch không nung sử dụng chất kết dính geopolyme trên cơ sở xỉ lò cao nghiền mịn và tro bay với chất kích hoạt là hỗn hợp dung dịch NaOH và thủy tinh lỏng. Loại phế thải sử dụng là cát tái chế từ phế thải tường xây nghiền (cát TXN) và phế thải đá mặt.



2. Vật liệu sử dụng và Phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu sử dụng

Cốt liệu: Bài báo đã sử dụng loại cốt liệu nghiền tái chế từ kết cấu tường xây gạch (cát TXN). Ngoài ra bài báo còn sử dụng cát tự nhiên là cát vàng sông Lô làm mẫu đối chứng. Các tính chất cơ lý cơ bản được thí nghiệm theo TCVN 7572-2006. Kết quả thí nghiệm cho thấy cát TXN và cát tự nhiên có thành phần hạt đạt TCVN 7570-2006. Tính chất cơ lý được trình bày trong Bảng 1. Phế thải đá mặt tại Thủy Nguyên-Hải Phòng được thu gom từ các nhà máy khai thác và gia công đá, thành phần hạt đạt TCVN 9025:2012.

Bảng 1. Các tính chất cơ bản của cát tự nhiên và cát TXN

STT	Các chỉ tiêu thí nghiệm	Cát vàng	Cát TXN	Đá mặt	Phương pháp thí nghiệm
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	2,507	2,478	2,57	TCVN 7572-5: 2006
2	Khối lượng thể tích xốp, kg/m ³	1460	1260	1521	TCVN 7572-6: 2006
3	Khối lượng thể tích lèn chặt, kg/m ³	1659	1360	1614	TCVN 7572-6: 2006
4	Khối lượng thể tích khô, g/cm ³	2,475	1,982	2,431	TCVN 7572-4: 2006
5	Khối lượng thể tích bão hòa khô bề mặt, g/cm ³	2,488	2,186	2,458	TCVN 7572-4: 2006
6	Độ hút nước trong 24h, %	0,52	10,32	1,10	TCVN 7572-4: 2006
7	Hàm lượng bụi, bùn, sét, %	1,2	3,4	1,2	TCVN 7572-8: 2006
8	Mô đun độ lớn	2,34	2,45	2,47	TCVN 7572-2: 2006

Xỉ lò cao của Nhà máy luyện gang thép Hòa Phát, Hải Dương. Xỉ được sấy khô và nghiền bằng máy nghiền bi ở phòng thí nghiệm. Khối lượng riêng và độ mịn blaine của xỉ lần lượt là 2,89 g/cm³ và 4520 cm²/g. Thành phần hóa của xỉ được nêu ở Bảng 2.

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

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

Tro bay Nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Khối lượng riêng 2,45 g/cm³. Dung dịch kiểm 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 (Na₂O.nSiO₂) có thành phần theo khối lượng là 26% SiO₂; 11,8% Na₂O và 62,2% H₂O. Cả hai loại dung dịch này đều có bán sẵn trên thị trường và giá thành tương đối thấp.

2.2 Thành phần cấp phối

Thành phần cấp phối của vữa kiểm hoạt hóa. Thành phần cấp phối vữa được thiết kế theo tỷ lệ của vữa tiêu chuẩn, với lượng dùng chất kết dính 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 $D=145-205\text{mm}$, sơ bộ chọn tỷ lệ theo khối lượng Nước/Rắn= $N/(Xi+Na_2O+SiO_2)=0,5$. Trong đó, lượng nước gồm nước trong dung dịch NaOH, dung dịch thủy tinh lỏng và nước thêm vào hỗn hợp kiểm kích hoạt để đảm bảo tỷ lệ N/Rắn.

Do quá trình hoạt hóa cũng như mức độ thủy hóa các thành phần khoáng của xi-tro bay phụ thuộc rất lớn vào mô đun kiềm $M^+ = \frac{Na_2O}{SiO_2}$ và hàm lượng kiềm $AM = \frac{Na_2O}{CKD} \cdot 100\%$. Dựa vào các nghiên cứu trước [6] và các kết quả khảo sát sơ bộ, hỗn hợp vữa vừa đảm bảo tính công tác và thời gian đông kết, vừa tạo ra được vữa kiểm hoạt hóa có cường độ cao nhất với lượng dùng chất kích hoạt ít nhất đảm bảo tính kinh tế. Bài báo tiến hành nghiên cứu khảo sát các hỗn hợp vữa tiêu chuẩn sử dụng cát tái chế và CKD kiểm hoạt hóa có tỷ lệ theo khối lượng Cát/CKD=3; N/CKD=0,5; dung dịch kiềm kích hoạt có M^+ là 1,25; AM=1,5%; 3,0% và 4,5%. Hàm lượng xi-lan lượt 20%, 40%, 60%, 80% so với tổng khối lượng CKD. Khối lượng SiO_2 được tính theo tỷ lệ thủy tinh lỏng sử dụng và khối lượng Na_2O được tính bằng tổng Na_2O trong thủy tinh lỏng và trong dung dịch NaOH quy đổi. Hỗn hợp kiểm kích hoạt được pha trước khi trộn khoảng 2 giờ. Thành phần cấp phối vữa được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần cấp phối vữa cho 1 mẻ trộn

Ký hiệu CP vữa	AM, (%) (theo khối lượng CKD)	M+	Xi/CKD (%) (theo khối lượng)	N tổng/CKD (theo khối lượng)	Cát/CKD (theo khối lượng)	Khối lượng CKD/m ³
V20/80-1,5%	1,5	1,25	20	0,5	3	450
V40/60-1,5%	1,5	1,25	40	0,5	3	450
V60/40-1,5%	1,5	1,25	60	0,5	3	450
V80/20-1,5%	1,5	1,25	80	0,5	3	450
V20/80-3,0%	3,0	1,25	20	0,5	3	450
V40/60-3,0%	3,0	1,25	40	0,5	3	450
V60/40-3,0%	3,0	1,25	60	0,5	3	450
V80/20-3,0%	3,0	1,25	80	0,5	3	450
V20/80-4,5%	4,5	1,25	20	0,5	3	450
V40/60-4,5%	4,5	1,25	40	0,5	3	450
V60/40-4,5%	4,5	1,25	60	0,5	3	450
V80/20-4,5%	4,5	1,25	80	0,5	3	450

Thành phần cấp phối gạch không nung

Thành phần cấp phối gạch không nung (GXKN) trên cơ sở hỗn hợp vữa kiểm hoạt hóa tại các tỷ lệ: mô đun kiềm $M^+=1,25$; AM thay đổi từ 1,5; 3 và 4,5 %; tỷ lệ XLCNM=60%CKD, lượng dùng cát TXN, đá mặt (ĐM) so với CKD không đổi bằng 4,0 theo khối lượng. Thành phần cấp phối gạch thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Thành phần cấp phối gạch không nung

Kí hiệu CP	Xi /CKD theo khối lượng(%)	Cốt liệu/ CKD (theo khối lượng)	M ⁺	AM (%) theo khối lượng CKD)	Độ ẩm tạo hình dự kiến, W (%)	Khối lượng CKD/m ³
GXKN-TXN1	60	4	1,25	1,5	10	380
GXKN-TXN2	60	4	1,25	3	10	380
GXKN-TXN3	60	4	1,25	4,5	10	380
GXKN-ĐM1	60	4	1,25	1,5	10	380
GXKN-ĐM2	60	4	1,25	3	10	380
GXKN-ĐM3	60	4	1,25	4,5	10	380

2.3 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 xỉ 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.

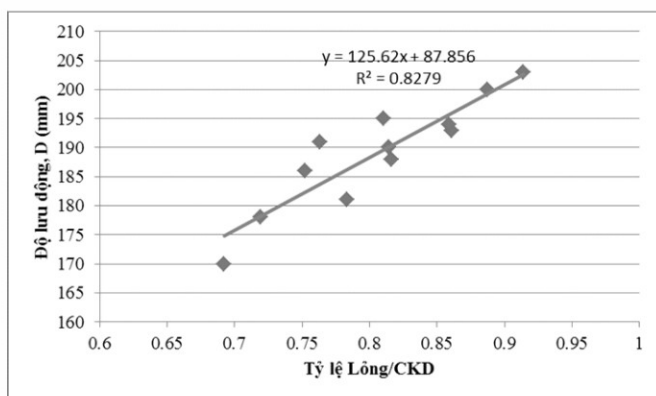


3. Kết quả và thảo luận

3.1 Tính chất vữa không xi măng sử dụng cát tái chế từ phế thải xây dựng

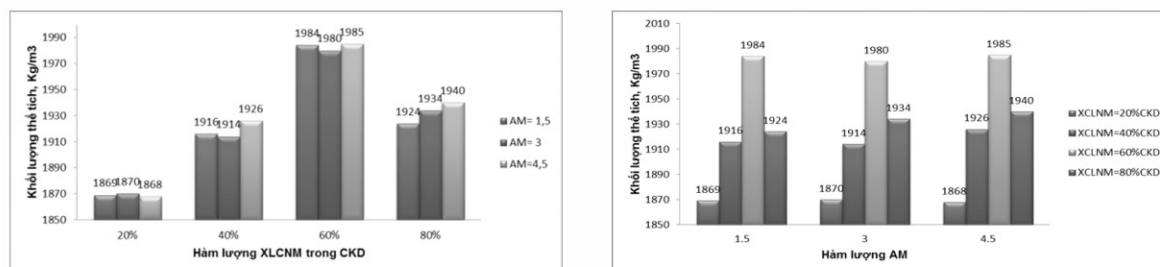
Với mục đích nghiên cứu khảo sát khả năng chế tạo vữa không xi măng sử dụng các loại cốt liệu nhỏ tái chế là cát TXN và CKD kiểm hoạt hóa từ đó đánh giá sự ảnh hưởng tỷ lệ Lồng/CKD, mô đun kiề và hàm lượng kiề đến độ lưu động của hỗn hợp vữa và cường độ uốn, cường độ nén của các loại vữa đã đóng rắn.

Độ lưu động của hỗn hợp vữa: Kết quả nghiên cứu mối quan hệ giữa độ lưu động và tỷ lệ Lồng/CKD được thể hiện ở Hình 1. Độ lưu động của các loại hỗn hợp vữa xỉ sử dụng cát (TXN) nhìn chung đều thỏa mãn trong khoảng 145-205 mm mà không có hiện tượng bị phân tầng và tách nước. Để đảm bảo độ lưu động khảo sát này, tỷ lệ Lồng/CKD (L/CKD) của hỗn hợp vữa sẽ trong khoảng 0,7÷0,85. Độ lưu động của hỗn hợp vữa chất kết dính kiề tăng theo tỷ lệ L/CKD với phương trình tuyến tính $D = 125,62(L/CKD) + 87,856$.



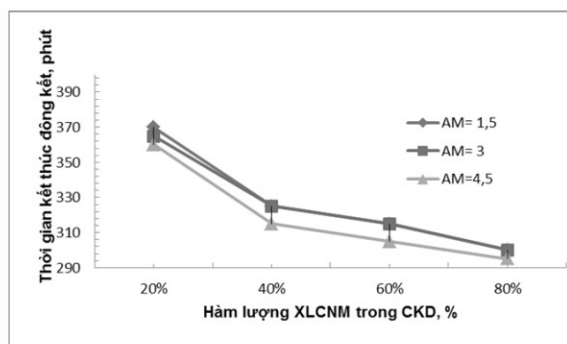
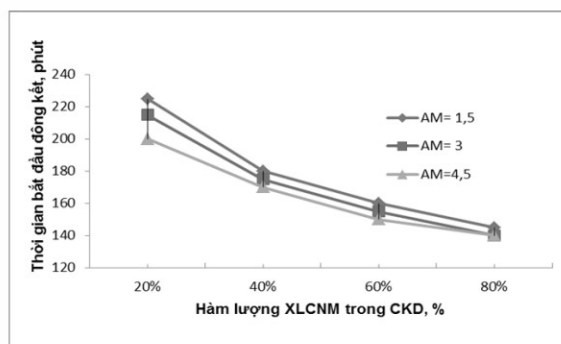
Hình 1. Biểu đồ quan hệ giữa độ lưu động và tỷ lệ Lồng/CKD của các hỗn hợp vữa

Khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa: Ảnh hưởng của hàm lượng kiề và lượng dùng xỉ lò cao đến khối lượng thể tích (KLTT) của hỗn hợp vữa được trình bày trong Hình 2. Kết quả nghiên cứu cho thấy cùng 1 hàm lượng AM thì khi tăng hàm lượng XCLNM từ 20-60%CKD thì KLTT tăng. Nhưng tăng tiếp đến 80% thì KLTT lại giảm (Hình 2b). Cùng một hàm lượng xỉ lò cao nghiên mìn khi thay đổi hàm lượng AM thì khối lượng thể tích thay đổi không lớn (Hình 2a).

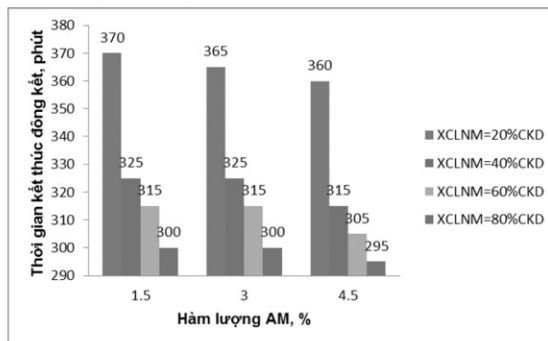
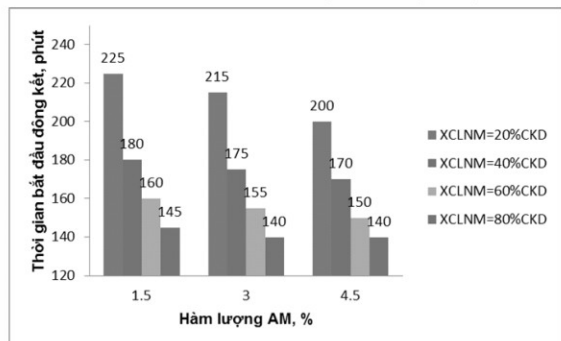


Hình 2. Biểu đồ quan hệ giữa hàm lượng XCLNM (a) và hàm lượng AM (b) đến KLTT hỗn hợp vữa

Thời gian đông kết của hỗn hợp vữa: Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của hỗn hợp vữa được thí nghiệm theo TCVN 3121.9-2003. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng AM và hàm lượng XCLNM trong CKD đến thời gian đông kết các loại vữa, được thể hiện Hình 3 và Hình 4. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng hàm lượng xỉ lò cao thì thời gian đông kết giảm, giảm mạnh nhất khi XCLNM tăng từ 20% lên 40%. Hàm lượng AM tăng thì thời gian đông kết cũng giảm, độ giảm thời gian đông kết lớn khi AM tăng từ 3,0 lên 4,5%. Trong hỗn hợp vữa có XCLNM=40-80% sự giảm thời gian đông kết của hỗn hợp vữa gần như tuyến tính với sự tăng AM.

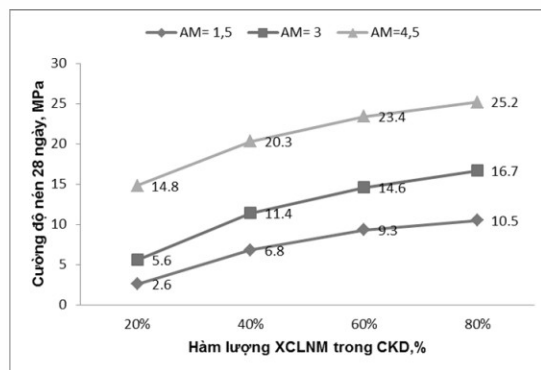
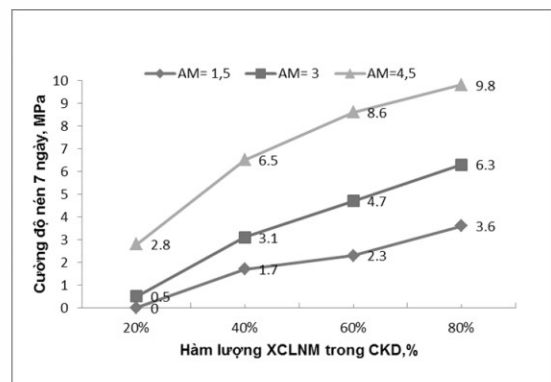


Hình 3. Biểu đồ quan hệ giữa tỷ lệ XCLNM đến thời gian đông kết của hỗn hợp vữa

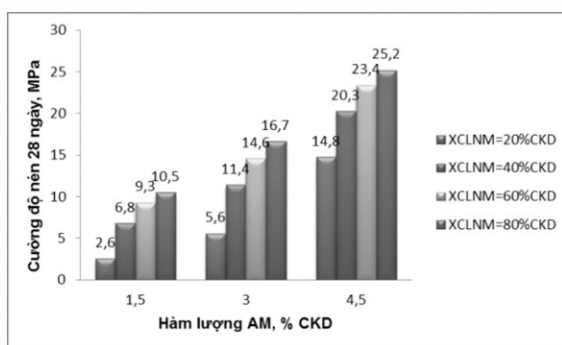
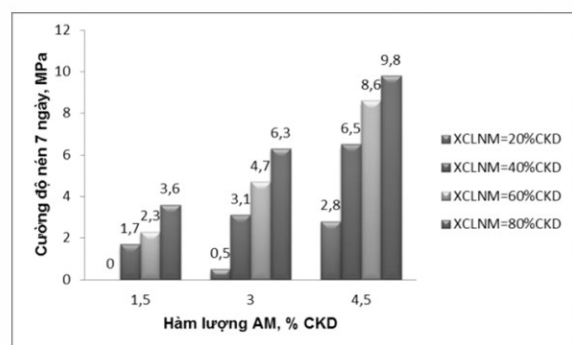


Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa hàm lượng AM đến thời gian đông kết của hỗn hợp vữa

Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm, hàm lượng XCLNM trong CKD đến cường độ nén của vữa: Trên cơ sở số liệu về kết quả cường độ nén, uốn của các loại vữa phụ thuộc vào AM và hàm lượng XCLNM được thể hiện ở Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng XCLNM trong CKD đến cường độ nén của vữa



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm AM trong CKD đến cường độ nén của vữa

Tại cùng một tỷ lệ XLCNM/TB trong CKD, khi hàm lượng kiềm, AM tăng thì cường độ nén của các loại vữa xi kiềm đều tăng. Ở tất cả các hàm lượng kiềm của dung dịch kiềm khảo sát thì cường độ nén thấp nhất khi AM=1,5% và đạt 2,6 MPa; Còn khi AM=4,5% thì cường độ nén của các loại vữa CKD đạt từ 14,8-25,2 MPa, vượt cao hơn nhiều so với giá trị mục tiêu đặt ra (5,0MPa).

Tại cùng một hàm lượng kiềm AM, khi tăng hàm lượng XLCNM trong CKD thì cường độ nén tăng. Cường độ nén của vữa thấp nhất tại tỷ lệ XLCNM=20%CKD đạt 2,6MPa khi AM=1,5 thấp hơn nhiều so với mục tiêu đặt ra (5,0 MPa). Cường độ nén của vữa tăng nhiều nhất khi hàm lượng XCLNM tăng từ 20-40% trong CKD.

Để đảm bảo cường độ vữa thông dụng đạt 5 MPa ở tuổi 7 ngày hàm lượng AM tối thiểu tương ứng AM=3,0; XLCNM=80%CKD. Để đảm bảo cường độ vữa đạt 5MPa ở tuổi 28 ngày hàm lượng AM và XCLNM tối thiểu tương ứng bằng 3,0 và 20% so với CKD.

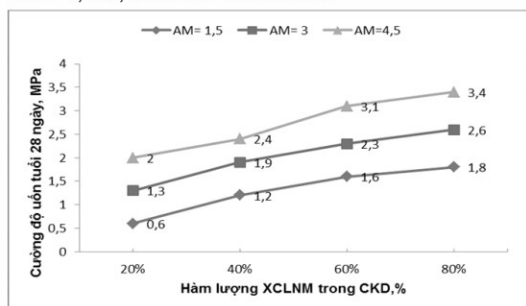
Để đảm bảo cường độ vữa thông dụng đạt 7,5 MPa ở tuổi 7 ngày thì hàm lượng AM và XLCNM tương ứng là: AM= 4,5; XLCNM=80%CKD. Để đảm bảo cường độ vữa thông dụng đạt 7,5 MPa ở tuổi 28 ngày thì AM và XLCNM tương ứng là: AM=3,0; XLCNM=40%CKD hoặc tối thiểu AM=4,5; XLCNM=20%CKD.

Khi hàm lượng kiềm AM tăng thì cường độ nén của các loại vữa đều tăng ở tất cả các giá trị mô đun kiềm. Việc tăng hàm lượng Na₂O đã làm tăng lượng kiềm trong hỗn hợp vữa, từ đó tăng cường quá trình hòa tan xi cũng như khả năng hấp phụ các ion hòa tan trên bề mặt của hạt xi. Kết quả này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu đã công bố đối với hỗn hợp vữa xi kiềm sử dụng cát tự nhiên [1, 3] và cát tái chế từ các loại PTXD [6].

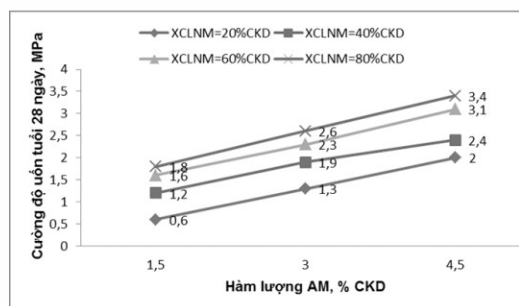
Ứng với mỗi giá trị AM, khi M^{*}=1,25 khi tăng hàm lượng xi lò cao nghiền mịn trong CKD từ 20% đến 80% thì cường độ tăng dần khi M^{*} không đổi. Các ion âm trong thủy tinh lỏng sẽ phản ứng với Ca²⁺ hòa tan từ bề mặt các hạt xi để hình thành nên dạng cấu trúc C-S-H ban đầu, hàm lượng xi càng lớn thì lượng C-S-H bám trên bề mặt hạt xi càng dày, làm cho chất kết dính đóng rắn càng nhanh và cho cường độ càng cao, kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Shi (1989) [2] và Wang (1994) [5].

Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm, hàm lượng XLCNM trong CKD đến cường độ uốn của vữa

Kết quả nghiên cứu cường độ uốn của các loại vữa CKD-kiềm được nêu trong Hình 7 và Hình 8. Khi cố định hàm lượng XLCNM thì cường độ uốn tăng khi hàm lượng AM⁺ tăng. Tại hàm lượng XCLNM=80%CKD cường độ uốn vữa tăng gần như tuyến tính với hàm lượng AM. Tại một tỷ lệ AM cố định, khi tăng hàm lượng XLCNM từ 20-80% CKD thì cường độ uốn của vữa tăng lên. Tại AM=4,5; mức độ tăng cường độ uốn lớn nhất khi tăng hàm lượng XLCNM từ 40-60%CKD. Cường độ uốn ở 28 ngày đạt giá trị lớn nhất là 3,4 MPa ứng với AM=4,5%; XLCNM=80%CKD.



Hình 7. Ảnh hưởng của hàm lượng XCLNM đến cường độ uốn vữa



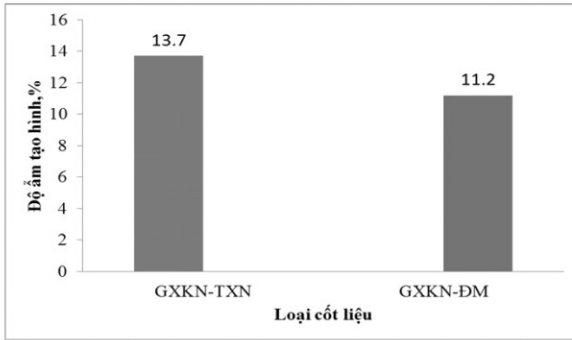
Hình 8. Ảnh hưởng của AM đến cường độ uốn vữa

3.2 Tính chất gạch không nung chế tạo từ vữa CKD kiềm hoạt hóa và cát xây dựng tái chế

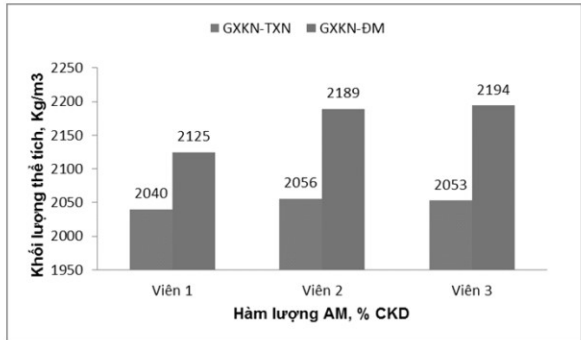
Mẫu được tạo hình trong 4 khuôn 100 x 150 x 250 mm với độ ẩm tạo hình Wth sơ bộ chọn là 10%; mẫu được ép dưới lực ép 1MPa máy rung chấn động khuôn chuyển động lên xuống. Mẫu được tạo hình rung ép và rút khuôn ngay. Sau khi tạo hình, mẫu được bảo dưỡng tự nhiên. Hai loại gạch không nung chế tạo từ cốt liệu tường xây nghiền (GXKN-TXN) và gạch không nung chế tạo từ cốt liệu đá mật (GXKN-ĐM) được tiến hành nghiên cứu

Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến độ ẩm tạo hình và khối lượng thể tích

Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến độ ẩm tạo hình và khối lượng thể tích được trình bày trong Hình 9 và Hình 10. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Độ ẩm tạo hình mẫu gạch từ cốt liệu TXN lớn hơn so với mẫu gạch làm từ đá mật (ĐM) điều này hoàn toàn đúng do độ hút nước của cốt liệu TXN lớn hơn so với đá mật. Khối lượng thể tích của mẫu gạch TXN thấp hơn so với KTLL mẫu gạch ĐM do cát TXN có cấu trúc rỗng xốp. Gạch làm từ cốt liệu ĐM sẽ đặc chắc hơn.



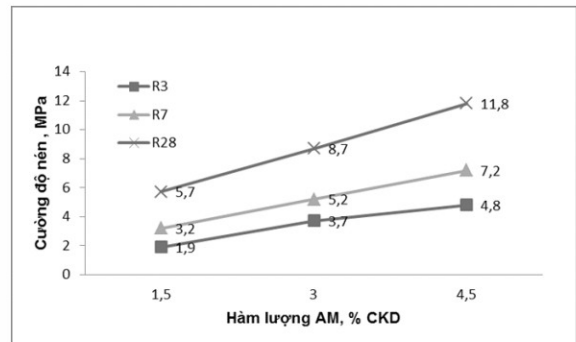
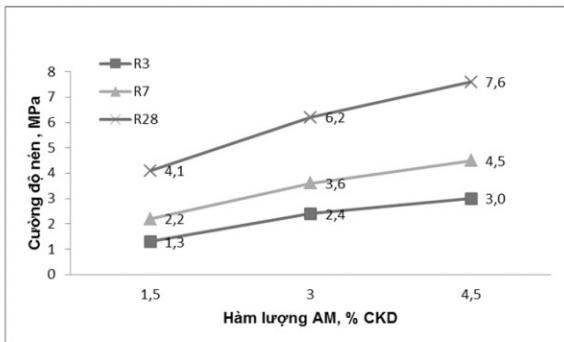
Hình 9. Ảnh hưởng loại cốt liệu đến độ ẩm tạo hình



Hình 10. Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến KLTT gạch

Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm đến cường độ nén của gạch

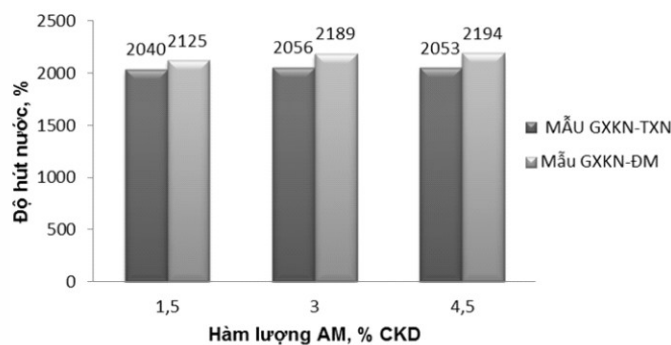
Kết quả ảnh hưởng của hàm lượng kiềm AM đến cường độ nén của gạch từ 3-28 ngày được trình bày trong Hình 11. Đối với gạch sản xuất từ TXN, khi AM tăng thì cường độ nén của mẫu gạch tăng lên. Cường độ nén mẫu gạch thấp nhất là 4,1 MPa (nhỏ hơn yêu cầu 5,0 MPa). Cường độ nén mẫu gạch lớn nhất đạt 7,6 MPa với AM=4,5%. Mẫu gạch có cường độ nén đạt yêu cầu khi AM=3,0%. Đối với gạch sản xuất từ đá mật. Khi AM tăng thì cường độ nén của mẫu gạch cũng tăng lên. Với AM=1,5 cường độ nén mẫu gạch thấp nhất là 5,7 MPa lớn hơn yêu cầu 5,0MPa. Cường độ nén mẫu gạch lớn nhất đạt 11,8 MPa khi AM=4,5%. Cường độ nén của mẫu gạch từ phế thải ĐM luôn cao hơn so với TXN ở tất cả tỷ lệ AM khảo sát. Điều này có thể do cường độ bản thân cốt liệu nhỏ tái chế từ TXN luôn nhỏ hơn cường độ của phế thải đá mật (có nguồn gốc từ đá tự nhiên).



Hình 11. Ảnh hưởng hàm lượng kiềm AM đến cường độ nén của gạch từ 3-28 ngày làm từ TXN (trái) và ĐM (phải)

Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến độ hút nước của gạch

Kết quả ảnh hưởng của loại cốt liệu đến độ hút nước của gạch ở tuổi 28 ngày được thể hiện trên Hình 12. Khi tăng hàm lượng kiềm AM từ 1,5 đến 4,5 thì độ hút nước của mẫu gạch giảm. Đối với gạch sản xuất từ TXN độ hút nước giảm từ 11,1% xuống còn 9,2%. Đối với mẫu gạch sản xuất từ ĐM giảm từ 9,3% xuống còn 7,8%. Độ hút nước của mẫu gạch kiềm hoạt hóa sử dụng cát TXN cao hơn so với gạch sử dụng ĐM điều này do cốt liệu từ cát phế thải nghiền có độ hút nước cao hơn so với đá mật.



Hình 12. Độ hút nước của gạch với các hàm lượng kiềm khác nhau và cốt liệu khác nhau



4. Kết luận

- Có thể chế tạo vữa trên cơ sở hỗn hợp CKD kiểm hoạt hóa thay thế hoàn toàn CKD xi măng và cốt liệu PTXD thay thế toàn bộ cát tự nhiên: Hỗn hợp vữa có độ lưu động đảm bảo phù hợp cho công tác xây và hoàn thiện, $D=170-195\text{ mm}$; cường độ nén của vữa sử dụng CKD kiểm hoạt hóa và cốt liệu tái chế đều đạt $\geq 5,0\text{ MPa}$.

- Ảnh hưởng của thành phần vật liệu đến tính chất của hỗn hợp vữa sử dụng CKD kiểm hoạt hóa và các loại cát tái chế từ PTXD: khi hàm lượng kiềm càng tăng thì cường độ vữa CKD kiểm càng tăng với giá trị $M^*=1,25$. Với cùng tỷ lệ mô đun kiềm và hàm lượng kiềm, cường độ của vữa sử dụng cát TXN tăng khi tăng hàm lượng XLCNM trong CKD.

- Có thể chế tạo gạch không nung không xi măng trên cơ sở CKD kiểm hoạt hóa và các loại cát từ PTXD, ĐM đạt cường độ từ $5,0\text{ MPa}$ trở lên. Cường độ gạch CKD kiểm hoạt hóa sử dụng đá mặt cao hơn so với gạch kiểm hoạt hóa sử dụng cát từ phế thải tường xây. Độ hút nước của gạch sử dụng đá mặt thấp hơn so với độ hút nước của mẫu gạch sử dụng cát TXN.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Xây dựng đã hỗ trợ tài chính thông qua đề tài nghiên cứu khoa học số 124-2015/ KHXD-TĐ và Công ty Cổ phần hóa chất Đức Minh, Công ty Cổ phần Cơ điện và Xây dựng công trình đã hỗ trợ các vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

1. Andi Arham Adam (2009), *Strength and Durability Properties of Alkali Activated Slag and Fly Ash-Based Kiểm hoạt hóa Concrete*, PhD thesis (RMIT University, Melbourne).
2. Shi C., Li Y. & Tang X. (1989) "Studies on the activation of phosphorus slag Supplementary Paper", in *3rd International Conference on the Use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, ed ACI SP-114 (Trondheim, Norway), pp 657–666.
3. Shi X.S., et al. (2012), "Mechanical properties and microstructure analysis of fly ash geopolymetric recycled concrete", *Journal of Hazardous Materials*, 237–238 (2012):20–29.
4. TCVN 4314 (2003), *Vữa xây dựng- Yêu cầu kỹ thuật*.
5. Wang S D., Scrivener K. & Pratt P. (1994) "Factors affecting the strength of alkali-activated slag", *Cement Concrete Research*, 24:1033-1043.
6. Tống Tôn Kiên (2014), *Nghiên cứu chế tạo vữa sử dụng chất kết dính xỉ và CLTC từ PTXD*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp trường trọng điểm, Trường Đại học Xây dựng.
7. QĐ 798/QĐ-TTG (2011), *Phê duyệt chương trình đầu tư xử lý chất thải rắn giai đoạn 2011-2020*, (Quyết Định Của Thủ Tướng Chính Phủ).
8. Bộ Tài Nguyên Và Môi Trường (2011), *Báo cáo môi trường quốc gia năm 2011-Chất thải rắn*.
9. Qđ 567/2010/Qđ-TTG, *Chương trình phát triển vật liệu xây không nung đến năm 2020*, Quyết Định Của Thủ Tướng Chính Phủ.
10. Nguyễn Nga (2011), *90% chung cư cũ ở Việt Nam đã xuống cấp*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, đăng ngày 27/10/2011 tại trang web <http://baohinhphu.vn/Tin-nganh/90-chung-cu-cu-o-Viet-Nam-da-xuong-cap/116054.vgp>