

THỰC NGHIỆM NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO GẠCH KHÔNG NUNG GEOPOLYMER TRO BAY

Lê Phương Thanh¹

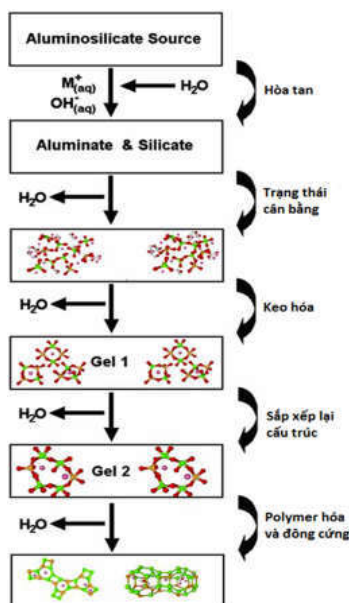
TÓM TẮT

Bài viết đề cập đến việc thực nghiệm chế tạo gạch không nung geopolimer tro bay, với kích thước viên gạch là 220x105x60mm. Gạch không nung geopolimer tro bay được chế tạo từ tro bay và cát sông với các tỷ lệ khác nhau 9:1, 8:2 và 7:3 theo khối lượng. Dung dịch kiềm kích hoạt gồm NaOH 8M và thủy tinh lỏng theo tỷ lệ cố định 1:2,5. Tỷ lệ dung dịch kiềm kích hoạt/ tro bay cố định là 0,25. Các viên gạch được chế tạo và bảo dưỡng ở nhiệt độ 60°C trong thời gian 24 giờ. Các thí nghiệm về độ hút nước và cường độ nén cho thấy gạch geopolimer có cường độ nén cao hơn 10MPa chỉ sau 7 ngày và độ hút nước thấp hơn 4%.

Từ khóa: Gạch geopolimer, tro bay, gạch không nung.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Geopolymer là loại vật liệu dính kết polymer vô cơ, được phát triển đầu tiên bởi nhà khoa học người Pháp Joseph Davidovits từ những năm 1970 [13,14,15]. Phản ứng geopolimer hóa là một phản ứng hóa học diễn ra giữa các oxit của nhôm và silic với dung dịch có tính kiềm mạnh để tạo ra các mạch có cấu trúc ba chiều rắn chắc chứa các liên kết Si-O-Al. Quá trình geopolimer hóa các nguyên liệu được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Quá trình geopolimer hóa

¹Giảng viên khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức

Theo các tài liệu nghiên cứu của các nhà khoa học, bất kỳ dung dịch kiềm mạnh nào cũng có thể được sử dụng để làm chất kích hoạt cho việc tạo ra geopolymer. Các dung dịch kiềm được sử dụng phổ biến nhất là NaOH hoặc KOH và Na_2SiO_3 hoặc K_2SiO_3 . Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Palomo và cộng sự (2004), dung dịch kiềm NaOH có chứa silic hòa tan như dung dịch natri silicat (Na_2SiO_3) hoặc kali silicat (K_2SiO_3), thì phản ứng geopolymer hóa xảy ra ở một tỷ lệ cao hơn so với khi chỉ có hydroxit kiềm được sử dụng để kích hoạt. Mặt khác, tăng nồng độ mol của dung dịch kiềm sẽ tạo ra sự hòa tan lớn hơn của nguyên liệu [11,12,16]. Kết quả là cường độ nén của geopolymer sẽ tăng lên cùng với việc tăng nồng độ mol của dung dịch kiềm. Fernández-Jimenez kết luận rằng sử dụng NaOH 12,5M mang lại cường độ nén cao hơn khi sử dụng NaOH 8M [5].

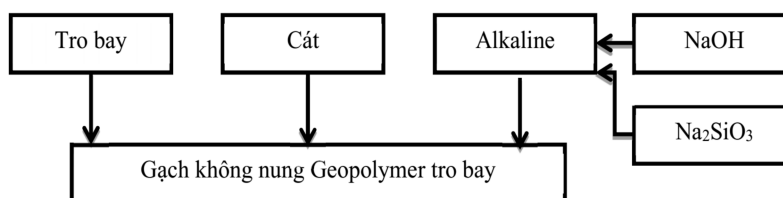
Tro bay là một loại phế thải công nghiệp nguy hại của nhà máy điện chạy than. Hiện nay, các nhà khoa học trong và ngoài nước đã và đang nghiên cứu ứng dụng tro bay trong nhiều lĩnh vực như: xây dựng, nông nghiệp, composite... nhằm giảm thiểu tác động đến môi trường của loại chất thải này. Trong số ứng dụng đó, sản xuất gạch không nung đang được quan tâm nghiên cứu và phát triển. Gạch không nung tro bay kết hợp với xi măng Portland hoặc với vôi và thạch cao đã được nghiên cứu và ứng dụng thành công trên thế giới. Bên cạnh đó đã có một số nghiên cứu chế tạo gạch không nung tro bay geopolymer như: Banupriya và cộng sự (2016), đã tiến hành các thí nghiệm để nghiên cứu ứng xử của gạch geopolymer sử dụng tro bay và xi lò cao. Raghunathan và cộng sự (2010) đã chế tạo gạch sử dụng xi măng, bùn đỏ và cát với tỷ lệ 1:1,7:3,5 thu được cường độ nén 3,73 N/cm². Gạch không nung tro bay chế tạo theo phương pháp geopolymer là một phương pháp xanh, góp phần bảo vệ môi trường [6, 8]. Tuy nhiên số lượng các nghiên cứu còn hạn chế, mặt khác các tính chất của geopolymer phụ thuộc nhiều vào chất lượng của tro bay [4]. Trong khi đó, mỗi nhà máy nhiệt điện chạy than thải ra loại tro bay có tính chất khác nhau [1]. Vì vậy, nghiên cứu thực nghiệm chế tạo gạch không nung geopolymer tro bay của nhà máy nhiệt điện Phả Lại là cần thiết.

2. NỘI DUNG

2.1. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Vật liệu

Nguyên vật liệu để chế tạo gạch không nung geopolymer tro bay bao gồm: tro bay, cát, dung dịch NaOH 8M, thủy tinh lỏng Na_2SiO_3 theo sơ đồ hình 2.



Hình 2. Sơ đồ vật liệu sử dụng chế tạo gạch Geopolymer tro bay

Tro bay (FA)

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu là tro bay Vina F&C lấy từ tro thải của nhiệt điện Phả Lại, thị xã Chí Linh, tỉnh Hải Dương. Thành phần hóa học của tro bay thí nghiệm được kiểm tra tại Viện vật liệu xây dựng (bảng 1), đạt yêu cầu của tro bay loại F theo tiêu chuẩn ASTM C618 -03 (2003).

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay tính theo % khối lượng

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	SO ₃	Loi*
51,74	24,53	5,59	0,81	1,95	4,42	0,11	0,76	0,31	8,98

(*: Lượng mất khi nung)

Bảng 2. Chỉ tiêu vật lý của tro bay

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
1	Độ ẩm	14TCN 108:1999	%	0,31
2	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 4030:2003	kg/m ³	920
3	Khối lượng riêng	TCVN 4030:2003	g/cm ³	2,39
4	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0.08)	TCVN 4030:2003	%	6,93

Cát sông

Cát sử dụng trong nghiên cứu này là cát sông Mã, lấy tại mỏ cát Tào Xuyên, Thanh Hóa. Các chỉ tiêu vật lý được xác định trong bảng 3.

Bảng 3. Chỉ tiêu vật lý của cát

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng khô	TCVN 7572-4 : 2006	g/cm ³	2,63
3	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6 : 2006	T/m ³	1,42
3	Độ hồng	TCVN 7572-6 : 2006	%	49,73
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	TCVN 7572-8 : 2006	%	0,68

Dung dịch kiềm kích hoạt (AK)

Dung dịch kiềm kích hoạt là hỗn hợp của dung dịch kiềm mạnh (NaOH 8M) và thủy tinh lỏng (Na₂SiO₃). Dung dịch xút được điều chế từ NaOH dạng vảy khô (độ tinh khiết 98%) pha với nước để đạt được nồng độ mol yêu cầu. Thủy tinh lỏng sử dụng sản phẩm của nhà máy hóa chất Việt Trì có tỷ lệ Na₂O/SiO₂/H₂O tương ứng là 11,8/28,5/59.7% theo khối lượng. Lựa chọn pha trộn dung dịch kiềm kích hoạt theo tỷ lệ khối lượng Na₂SiO₃/NaOH = 2,5.

2.1.2. Phương pháp chế tạo mẫu

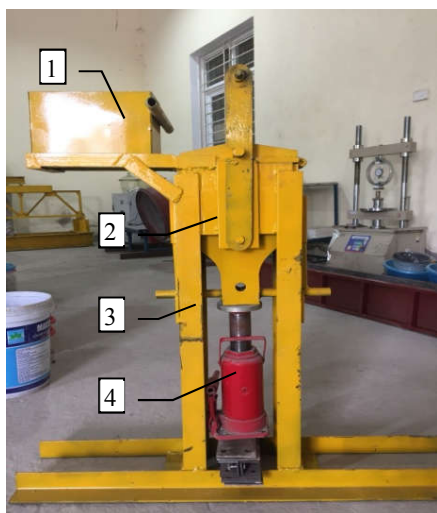
Tỷ lệ phối trộn vật liệu: Tro bay và cát được phối trộn theo một tỷ lệ được đề xuất trong bảng 4.

Bảng 4. Tỷ lệ phối trộn nguyên liệu chế tạo gạch geopolimer tro bay

Tên mẫu	Tro bay (FA) (%)	Cát (Sand) (%)	AK/FA	Ghi chú
M1	90	10	0.25	Nhiệt độ sấy 60°C, 24h
M2	80	20	0.25	
M3	70	30	0.25	

Thiết bị chế tạo mẫu gạch

Thiết bị chế tạo mẫu gồm 4 bộ phận chính: (1) Bộ phận định lượng nguyên liệu làm bằng tôn 2mm, (2) bộ phận khuôn (gồm xilanh và pitton) làm bằng thép 10mm có kích thước 220x105mm, chiều cao xi lanh 160mm, (3) khung ép làm bằng thép V75x75x5mm và (4) kích thủy lực 20 tấn. Thiết bị được chế tạo tại xưởng thực hành khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức (hình 3).

**Hình 3. Thiết bị chế tạo mẫu gạch không nung trong phòng thí nghiệm****Hình 4. Mẫu gạch geopolimer tro bay sau khi chế tạo và bảo dưỡng***Chế tạo mẫu*

Viên gạch chế tạo có kích thước tiêu chuẩn 220x105x60mm. Tro bay và dung dịch alkaline được trộn trước với nhau bằng máy trộn trong thời gian 5 phút sau đó cho cát vào trộn tiếp trong thời gian 2 phút. Sau khi trộn xong hỗn hợp được đưa vào khuôn và được ép tạo mẫu bằng thiết bị ép thủy lực 20 tấn (hình 3). Mỗi mẫu chế tạo 30 viên (hình 4).

2.1.3. Bảo dưỡng mẫu

Mẫu sau khi chế tạo được đưa vào lò sấy ở nhiệt độ 60°C (hình 5) trong thời gian 24h, sau đó được đưa ra lò và ổn định ở nhiệt độ phòng trong vòng 3 ngày trước khi đưa đi thí nghiệm.



Hình 5. Máy sấy 300°C



Hình 6. Thiết bị nén mẫu 100T

2.1.4. Phương pháp thí nghiệm

2.1.4.1. Kích thước, màu sắc và khuyết tật ngoại quan

Kích thước, màu sắc và khuyết tật ngoại quan được xác định theo TCVN 6477 (2016). Sử dụng mắt thường để đánh giá màu sắc và khuyết tật ngoại quan, dùng thước lá có độ chính xác 1mm và thước kẹp có độ chính xác 0,1mm để xác định kích thước mẫu gạch. Mỗi mẫu lấy 3 viên, mỗi viên đo kích thước ở 3 vị trí gồm 2 đầu và giữa.

2.1.4.2. Cường độ nén

Sau thời gian bảo dưỡng các viên gạch được chế tạo từ thiết bị nén tĩnh. Tiến hành kiểm tra cường độ nén của các mẫu bằng máy nén có công suất 1000kN với tốc độ gia tải 0,5MPa/s. Thực hiện nén mẫu thử từng viên đơn lẻ (mỗi mẫu thử nén 3 viên) cho đến khi bị phá hủy đo được lực nén lớn nhất $P_{\max}$ (N). Cường độ nén được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 6477 (2016):

$$R = P_{\max} \frac{K}{S}$$

Trong đó: S là giá trị trung bình cộng diện tích hai mặt chịu nén (mm^2). K là hệ số hình dạng lấy bằng 0,68. Kết quả thí nghiệm cường độ nén là giá trị trung bình của nén 3 viên riêng lẻ.

2.1.4.3. Độ hút nước

Độ hút nước được xác định theo TCVN 6355-4 (2009). Mỗi mẫu thử lấy 5 viên gạch mang sấy khô ở nhiệt độ 105°C đến 115°C cho tới khi khối lượng gạch không đổi giữa hai lần cân liên tiếp (chênh lệch không lớn hơn 0,2%), cân được khối lượng (m_0). Ngâm mẫu thử vào nước sạch trong 24h ở nhiệt độ 27±2°C. Vớt mẫu ra, dùng khăn ẩm thấm bề mặt mẫu thử và cân mẫu ngay lập tức được khối lượng bão hòa nước (m_1). Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 5 viên gạch.

$$\text{Độ hút nước \% tính theo khối lượng} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100$$

2.2. Kết quả và thảo luận

2.2.1. Kích thước, màu sắc và khuyết tật ngoại quan

Bảng 5. Kết quả xác định kích thước, màu sắc và khuyết tật ngoại quan

Mẫu	Dài (mm)	Rộng (mm)	Cao (mm)	Độ cong vênh (mm)	Khuyết tật	Màu sắc
M1	220	105	59,8	0	Không	Xám trắng
M2	220	105	60,0	0	Không	Xám trắng
M3	220	105	60,1	0	Không	Xám trắng

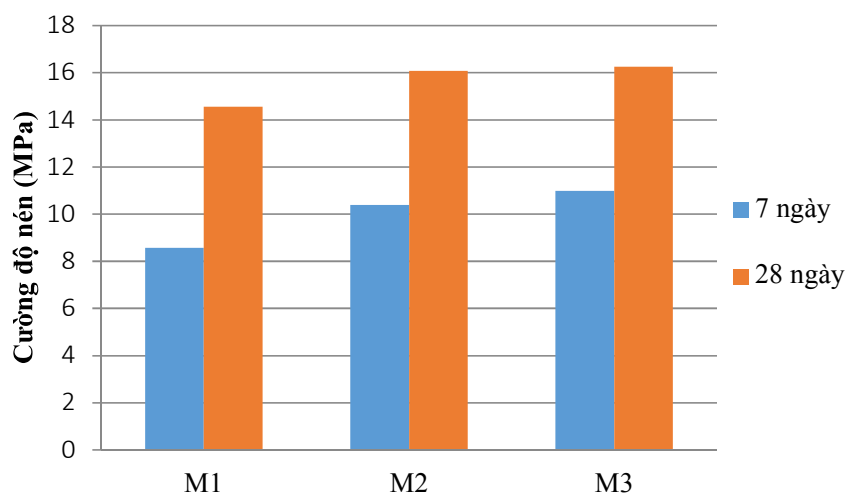
Các mẫu gạch chế tạo có kích thước yêu cầu 220x105x60mm với độ sai số theo chiều cao (bảng 5) ở mẫu M1 (-0,2mm), mẫu M3 (+0,1mm), và không có sai số theo chiều dài, rộng. Các bề mặt của viên gạch có độ phẳng cao, nhẵn, mịn. Như vậy, các viên gạch chế tạo thí nghiệm phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 6477:2016.

2.2.2. Cường độ nén

Cường độ nén được thí nghiệm ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong bảng 4 và hình 7.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm cường độ nén theo thời gian

Tên mẫu	Cường độ nén (MPa)	
	7 ngày	28 ngày
M1	8,56	14,55
M2	10,39	16,07
M3	10,99	16,25



Hình 7. Biểu đồ kết quả thí nghiệm cường độ nén theo thời gian

Nhận xét

Cường độ nén tăng theo thời gian tại tất cả các mẫu, điều này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu đã được công bố về geopolimer (cường độ phát triển theo thời gian tương tự như xi măng portland).

Cường độ nén tăng khi tăng hàm lượng cát từ 10% đến 30%, lý do hàm lượng cát tăng góp phần tăng độ đặc chắc cho các mẫu gạch. Tuy nhiên, theo kết quả thí nghiệm thì cường độ nén mẫu M2 tăng đáng kể so với mẫu M1 và thấp hơn không đáng kể so với mẫu M3.

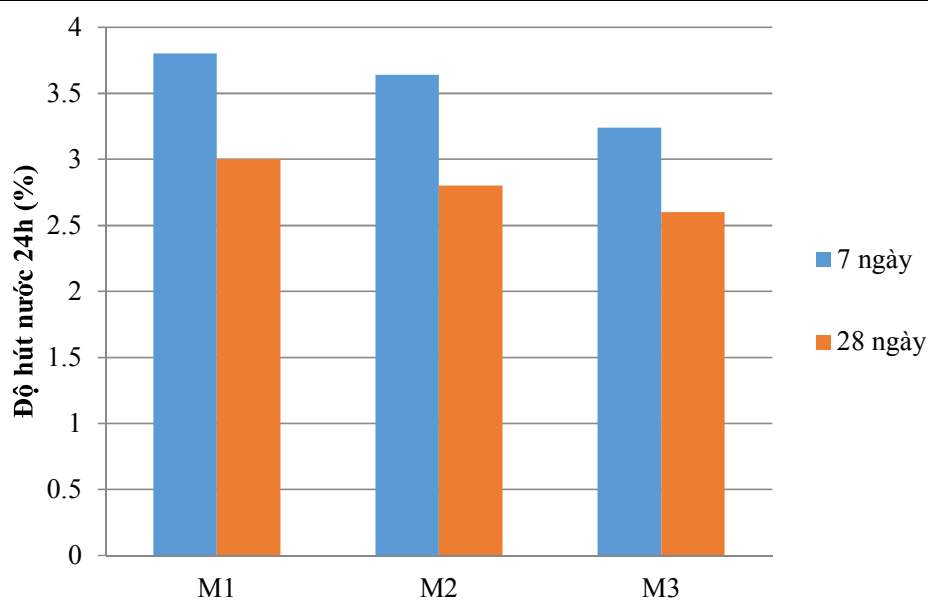
Các mẫu gạch M1 đạt mức M12,5 và các mẫu gạch M2, M3 đạt mức M15 ở tuổi 28 ngày theo TCVN 6477 (2016).

2.2.3. Độ hút nước

Độ hút nước được thí nghiệm cho hai thời điểm 7 ngày và 28 ngày tuổi. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong bảng 5 và hình 8.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm độ hút nước 24h

Tên mẫu	Độ hút nước 24h (%)	
	7 ngày	28 ngày
M1	3,8	3,00
M2	3,64	2,80
M3	3,24	2,60



Hình 8. Biểu đồ kết quả thí nghiệm độ hút nước 24h

Nhận xét: Độ hút nước 24 giờ của các mẫu gạch đều giảm theo thời gian và giảm không đáng kể khi tăng hàm lượng cát từ 10% (mẫu M1) đến 30% (mẫu M3). Các giá trị thí

nghiệm đều cho độ hút nước tương đối thấp (nhỏ hơn 4%) thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 6477 (2016) (độ hút nước yêu cầu < 12%).

3. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm bước đầu chế tạo được các mẫu gạch không nung geopolymere tro bay đạt M12,5 và M15 và thỏa mãn các yêu cầu về độ hút nước 24 giờ, kích thước, khuyết tật ngoại quan theo TCVN 6477:2016.

Do số lượng loại mẫu của thí nghiệm còn ít nên chưa thể đánh giá hết đường cong ảnh hưởng khi thay đổi hàm lượng cát và tro bay cũng như việc thay đổi nồng độ mol của NaOH, tỷ lệ AK/FA, tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ và giá thành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Hữu Duy Quốc, *Phân tích việc sử dụng tro xỉ than thải ra từ các nhà máy nhiệt điện ở Việt Nam*, Viện Khoa học Công nghiệp, Trường Đại Học Tokyo, Nhật Bản.
- [2] TCVN 6355-4:2009 (2009), Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam Xác định độ hút nước.
- [3] TCVN 6477:2016 (2016), *Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam Gạch bê tông*.
- [4] A. Fernández-Jiménez và A. Palomo (2003), *Characterisation of fly ashes. Potential reactivity as alkaline cements*, Fuel. 82, tr. 2259-2265.
- [5] A. M. Fernández-Jiménez, A. Palomo và C. López-Hombrados (2006), *Engineering Properties of Alkali-Activated Fly Ash Concrete*, ACI Materials Journal. 103(No. 2), tr. 106-112.
- [6] A. Palomo, M. W. Grutzeck và M. T. Blanco (1999), *Alkali-activated fly ashes - A cement for the future*, Cement and Concrete Research. 29, tr. 1323-1329.
- [7] A. Palomo, M. T. Blanco-Varela, M. L. Granizo, F. Puertas, T. Vazquez và M. W. Grutzeck (1999b), *Chemical stability of cementitious materials based on metakaolin*, Cement and Concrete Research (29), tr. 997-1004.
- [8] A. Palomo, S. Alonso, A. Fernández-Jiménez, I. Sobrados và J. Sanz (2004), *Alkaline activation of fly ashes: NMR study of the reaction products*, Journal of the American Ceramic Society. 87, tr. 1141-1145.
- [9] ASTM C618-03 (2003), *Standard Specification for Coal Fly ash and raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- [10] C. Banupriya, Sharon John. R, Suresh, E. Divya và D. Vinitha (2016), *Experimental Investigations on Geopolymer Bricks/Paver Blocks*, Indian Journal of Science and Technology. 9, tr. 16.
- [11] H. Xu và J. S. J. van Deventer (2000), *The geopolymerisation of alumino-silicate minerals*, International Journal of Mineral Processing. 59(No.3), tr. 247-266.

- [12] H. Xu và J. S. J. van Deventer (2001), *Effect of Alkali Metals on the Preferential Geopolymerisation of Stilbite/Kaolinite Mixtures*, Industrial and Engineering Chemistry Research. 40, tr. 3749-3756.
- [13] J. Davidovits (1981), *The need to create a new technical language for the transfer of basic scientific information*, Transfer and Exploitation of Scientific and Technical Information, Commission of the European Communities
- [14] J. Davidovits (1991), *Geopolymer - Inorganic polymeric new materials*, Journal of Thermal Analysis. 37, tr. 1633-1656.
- [15] J. Davidovits (2008), *Geopolymer Chemistry and Applications*, Institute Geopolymer.
- [16] J. W. Phair và J. S. J. van Deventer (2001), *Effect of silicate activator pH on the leaching and material characteristics of waste-based inorganic polymers*, Minerals Engineering. 14(No.3), tr. 289-304.
- [17] P. Duxson, Fernández-Jiménez, Provis J. L., Lukey G. C., Palomo A. và Van Deventer J. S. J. (2007), *Geopolymer technology: The current state of the art*, Journal of Materials Science. 42(9), tr. 2917-2933.
- [18] Raghunathan, Gopalsamy P và Elangovan R (2010), *Study on Strength of Concrete with ETP Sludge from Dyeing Industry*, International journal of civil and structural engineering. 1(3), tr. 378-389.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON FLY ASH BASED GEOPOLYMER BRICKS

Le Phuong Thanh

ABSTRACT

This paper presents the experimental study of fly ash based geopolymeric bricks with the size of 220×105×60mm. The bricks were produced from fly ash and river sand with fly ash to sand ratios by weight of 9:1, 8:2, and 7:3. The activated alkaline solution including NaOH 8M and liquid glass in a fixed ratio of 1: 2.5 was used. The activated alkaline solution to fly ash ratio was 0.25. The bricks were made and maintained at a temperature of 60°C for 24 hours. Test results indicates that the compressive strength of bricks are higher than 10 MPa after 7 days and their water absorption is less than 4%.

Keywords: *Geopolymer brick, fly ash, unfired brick.*