

# CƯỜNG ĐỘ GẠCH BÊ TÔNG GEOPOLYMER SỬ DỤNG ĐÁ MI

Đinh Thành Nhân<sup>1</sup>, Trần Nhật Minh<sup>2</sup>, Phan Đức Hùng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Học viên Khoa Xây Dựng, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM.

<sup>2</sup>Khoa Kiến trúc – Xây dựng, Trường Đại học Bình Dương.

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM.

Nhận ngày 12/9/2020, chỉnh sửa ngày 01/11/2020, chấp nhận đăng 10/12/2020

## Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu cường độ của gạch bê tông không nung cốt liệu đá mi sử dụng công nghệ geopolimer thay thế cho chất kết dính xi măng truyền thống. Các thí nghiệm dựa trên sự ảnh hưởng của tỷ lệ đá mi (5-10mm) thay cho cát với tỷ lệ sodium silicate/sodium hydroxide (SS/SH) của dung dịch kiềm hoạt hóa có trong các cấp phối và thời gian dưỡng hộ nhiệt đến cường độ chịu nén. Kết quả thí nghiệm cho thấy cấp phối với tỷ lệ đá mi/cát là 75/25, tỷ lệ SS/SH là 2 và được dưỡng hộ nhiệt trong 10 giờ cho kết quả cao nhất. Sử dụng cấp phối này và điều kiện dưỡng hộ nhiệt tương ứng để đúc mẫu gạch thì sản phẩm gạch không nung geopolimer đá mi đạt các giá trị cường độ chịu nén và chịu kéo lên đến 24,06MPa và 7,51MPa. Bài báo cho thấy sản phẩm gạch không nung geopolimer sử dụng cốt liệu đá mi có thể áp dụng cho các loại tường chịu lực, gạch lát chịu tải cao,...

**Từ khóa:** gạch không nung; geopolimer; đá mi

## Abstract

The paper studies the strength of unburnt concrete brick, using crushed stone and the geopolimer technology instead of the traditional cement. Experiments based on the effect of the ratio of crushed stone (5-10mm) to sand, the ratio of sodium silicate/sodium hydroxide (SS/SH) in the activated alkaline solution and heat curing time to compressive strength. Experimental results show that the proportion with the ratio of crushed stone/sand of 75/25, SS/SH ratio of 2 and 10 hours heat curing gives the highest value. Using this proportion with the same heat curing condition to cast the brick sample, the masonry geopolimer brick products reach compressive and tensile strength values up to 24,06MPa and 7,51MPa, respectively. This study showed that geopolimer unburnt bricks using crushed stone can be applied for bearing wall, high-strength pavement bricks, ...

**Key words:** unburnt bricks; geopolimer; crushed stone

## 1. Giới thiệu

Công nghệ geopolimer [1] đã được nghiên cứu rộng rãi và ngày càng được áp dụng nhiều hơn vào ngành vật liệu xây dựng, trong đó chất dính kết các vật liệu rời rạc được tạo thành từ quá trình hoạt hóa giữa vật liệu alumino – silicate trong môi trường dung dịch kiềm [2]. Các đặc tính cơ học của bê tông geopolimer đã được nhiều tác giả nghiên cứu và so sánh với bê tông xi măng thông thường [2-4]. Các nghiên cứu cũng đã chỉ ra ưu điểm về khả năng giảm hiệu ứng nhà kính 26-45% của vật liệu geopolimer so với bê tông xi măng thông thường cũng như tận dụng được nguồn tro bay là phế liệu của ngành công nghiệp nhiệt điện [3].

Gạch không nung hiện nay được ưu tiên sử dụng với các ưu điểm thân thiện môi trường như quá trình sản xuất giảm thiểu các nguyên nhân gây ô nhiễm, độc hại, giảm thiểu sử dụng tài nguyên như gạch nung truyền thống. Nhiều giải pháp nghiên cứu kết hợp giữa gạch không nung và công nghệ geopolimer được đưa ra nhằm đảm bảo được khả năng chịu lực, tính bền của gạch cũng như việc bảo vệ nguồn tài nguyên [5]. Để ứng dụng gạch không nung vào sản xuất các loại tường chịu lực cao thì việc đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về hình dạng, cường độ theo TCVN là cần thiết [6].

Việc sử dụng đá mi thay cát nhằm cải thiện cường độ của gạch không nung geopolimer đòi hỏi phải nghiên cứu về các tính chất cơ học của gạch. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự thay đổi cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo của vật liệu geopolimer với các tỷ lệ đá mi (5-10mm) thay cát từ 50% đến 90% và tỷ lệ sodium silicate/sodium hydroxide từ 1,5 đến 2,5.

## 2. Nguyên vật liệu và phương pháp thí nghiệm

### 2.1 Nguyên vật liệu

Nguyên vật liệu sử dụng trong thí nghiệm là dung dịch sodium silicate  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  kết hợp với dung dịch NaOH được pha chế từ NaOH tinh khiết dạng vảy rắn để tạo nên dung dịch hoạt hóa Alkaline.

Bên cạnh đó, thí nghiệm sử dụng tro bay loại F theo ASTM C-618, với hơn 70% oxit  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , có khối lượng riêng  $2500\text{kg/m}^3$ , độ mịn 94% lượng lọt qua sàng có cỡ sàng là 0,08mm. Cốt liệu cát, đá được loại bỏ tạp chất, rửa sạch, sàng lọc theo thành phần hạt và được phối lại theo vùng quy phạm của tiêu chuẩn TCVN 7272:2006.

#### 2.1.1 Tro bay

Tro bay (FA) loại F theo ASTM C-618 sử dụng trong thí nghiệm có nguồn gốc từ nhà máy nhiệt điện với thành phần hóa được trình bày trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Thành phần hóa học của tro bay.

Thành phần hoá học	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	MgO	SO <sub>3</sub>	MKN(*)
% khối lượng	51,7	31,9	3,48	1,21	1,02	0,81	0,25	9,63

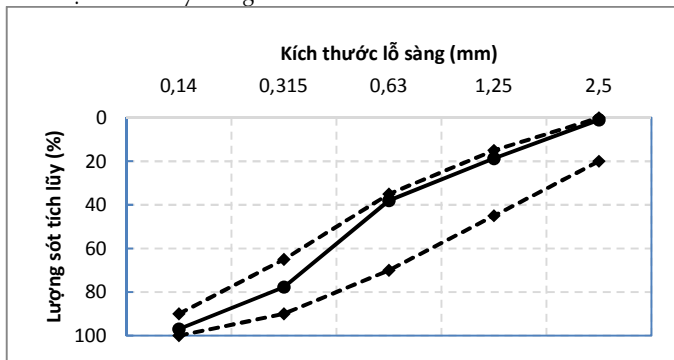
(\*) MKN : mất khi nung

**2.1.2 Dung dịch hoạt hóa**

Dung dịch hoạt hóa là sự kết hợp giữa sodium hydroxide (NaOH) và sodium silicate (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Dung dịch sodium hydroxide có nồng độ 14mol/l được pha chế từ tinh thể rắn với độ tinh khiết 90% có khối lượng riêng 2130kg/m<sup>3</sup>. Dung dịch sodium silicate màu trắng trong, sệt được sử dụng có hàm lượng SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O = 3,2 và tỷ trọng 1,42 ± 0,01g/ml.

**2.1.3 Cát**

Cát được sử dụng là cát sông, được sàng rửa sạch, có khối lượng riêng 2,61g/cm<sup>3</sup>, khối lượng thể tích 1,45g/cm<sup>3</sup>. Thành phần hạt cát được trình bày trong Hình 1.

**Hình 1.** Thành phần hạt của cát.**2.1.4 Đá mi**

Đá mi được rửa sạch và sấy khô trước khi đưa vào sử dụng trong thí nghiệm, có kích thước từ 5-10mm, khối lượng riêng 2,7g/cm<sup>3</sup>, khối lượng thể tích 1,45g/cm<sup>3</sup>.

**2.2 Cấp phối**

Cấp phối sử dụng trong thí nghiệm này được tính cho từng tổ mẫu với thành phần tỷ lệ như sau:

- Tỷ lệ đá mi/cát thay đổi từ 90/10 đến 50/50
- Tỷ lệ sodium silicate/sodium hydroxide thay đổi từ 1,5 đến 2,5
- Tỷ lệ dung dịch hoạt hóa/tro bay là 0,6

Thành phần cấp phối được trình bày trong Bảng 2 với thời gian dưỡng hộ nhiệt ở 100°C của mẫu lần lượt là 6 giờ, 8 giờ, 10 giờ.

**Bảng 2.** Thành phần cấp phối chế tạo mẫu (kg/m<sup>3</sup>).

Ký hiệu	Đá mi	Cát	Tro bay	Dung dịch sodium silicate (SS)	Dung dịch sodium hydroxide (SH)	Tỷ lệ Đá mi/cát	Tỷ lệ SS/SH
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	
A1	1440	160	347,2	124,9	83,3	90/10	1,5
A2	1440	160	347,2	132,6	75,8	90/10	2
A3	1440	160	347,2	138,8	69,4	90/10	2,5
B1	1280	320	347,2	124,9	83,3	80/20	1,5
B2	1280	320	347,2	132,6	75,8	80/20	2
B3	1280	320	347,2	138,8	69,4	80/20	2,5
C1	1200	400	347,2	124,9	83,3	75/25	1,5
C2	1200	400	347,2	132,6	75,8	75/25	2
C3	1200	400	347,2	138,8	69,4	75/25	2,5
D1	1120	480	347,2	124,9	83,3	70/30	1,5
D2	1120	480	347,2	132,6	75,8	70/30	2
D3	1120	480	347,2	138,8	69,4	70/30	2,5
E1	960	640	347,2	124,9	83,3	60/40	1,5
E2	960	640	347,2	132,6	75,8	60/40	2
E3	960	640	347,2	138,8	69,4	60/40	2,5

Ký hiệu	Đá mi	Cát	Tro bay	Dung dịch sodium silicate (SS)	Dung dịch sodium hydroxide (SH)	Tỷ lệ Đá mi/cát	Tỷ lệ SS/SH
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	
F1	800	800	347,2	124,9	83,3	50/50	1,5
F2	800	800	347,2	132,6	75,8	50/50	2
F3	800	800	347,2	138,8	69,4	50/50	2,5

Cấp phối sử dụng chế tạo mẫu gạch với thành phần được trình bày trong Bảng 3 và dưỡng hộ nhiệt ở 100°C.

**Bảng 3.** Thành phần cấp phối chế tạo gạch geopolymer (kg/m<sup>3</sup>).

Ký hiệu	Đá mi	Cát	Tro bay	Dung dịch sodium silicate (SS)	Dung dịch sodium hydroxide (SH)	Tỷ lệ Đá mi/cát	Tỷ lệ SS/SH
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	
TN10	1200	400	347,2	132,6	75,8	75/25	2

## 2.3 Phương pháp thí nghiệm

### 2.3.1 Nhào trộn và đúc mẫu

Các nguyên vật liệu được định lượng và nhào trộn khô cốt liệu cát, đá mi, tro bay. Hỗn hợp sodium hydroxide, sodium silicate được cho vào và trộn trong 2 phút. Sử dụng khuôn đúc trụ tròn 100x200mm cho các mẫu kiểm tra cường độ chịu nén, khuôn đúc 100x100x400mm cho các mẫu kiểm tra cường độ chịu kéo, khuôn đúc 50x100x200mm cho các mẫu gạch.

### 2.3.2 Phương pháp

Các mẫu được tinh định trong 48 giờ và tháo khuôn. Sau đó, mẫu được dưỡng hộ nhiệt ở 100°C trong các khoảng thời gian 6, 8 và 10 giờ.

Xác định cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của mẫu.

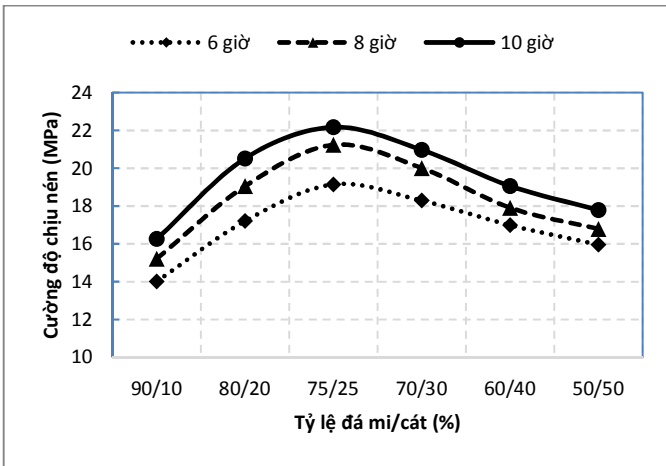
## 3. Kết quả thí nghiệm

### 3.1 Ảnh hưởng của tỷ lệ sodium silicate/sodium hydroxide (SS/SH) và thời gian dưỡng hộ nhiệt đến cường độ chịu nén

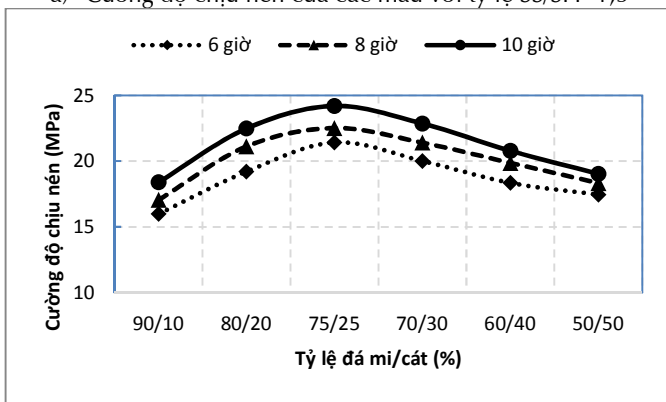
Kết quả thí nghiệm về cường độ chịu nén của mẫu sau khi dưỡng hộ ở các khoảng thời gian 6 giờ, 8 giờ, 10 giờ được thể hiện trong Bảng 4.

**Bảng 4.** Cường độ chịu nén (MPa).

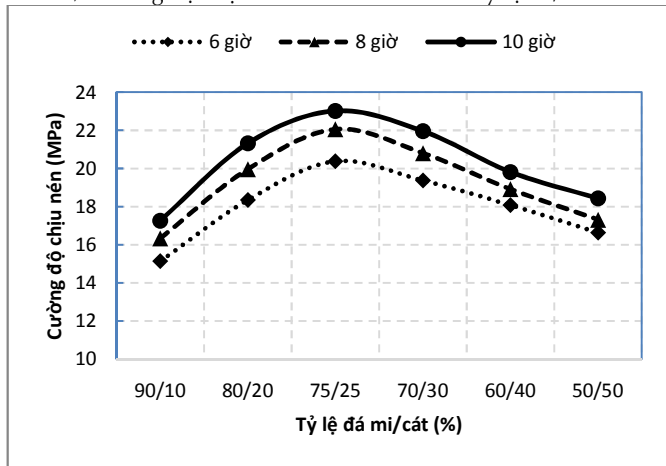
Tỷ lệ SS/SH	Thời gian dưỡng hộ	Tỷ lệ đá mi/cát (%)					
		90/10	80/20	75/25	70/30	60/40	50/50
1,5	6 giờ	14,02	17,21	19,15	18,29	16,99	15,96
	8 giờ	15,22	19,06	21,24	20,01	17,91	16,79
	10 giờ	16,26	20,52	22,17	20,97	19,06	17,79
2	6 giờ	15,99	19,21	21,43	20,02	18,35	17,46
	8 giờ	17,05	21,12	22,52	21,41	19,87	18,34
	10 giờ	18,39	22,48	24,2	22,86	20,79	19,04
2,5	6 giờ	15,14	18,35	20,38	19,37	18,08	16,64
	8 giờ	16,34	19,97	22,06	20,81	18,92	17,32
	10 giờ	17,27	21,32	23,02	21,96	19,82	18,43



a) Cường độ chịu nén của các mẫu với tỷ lệ SS/SH=1,5



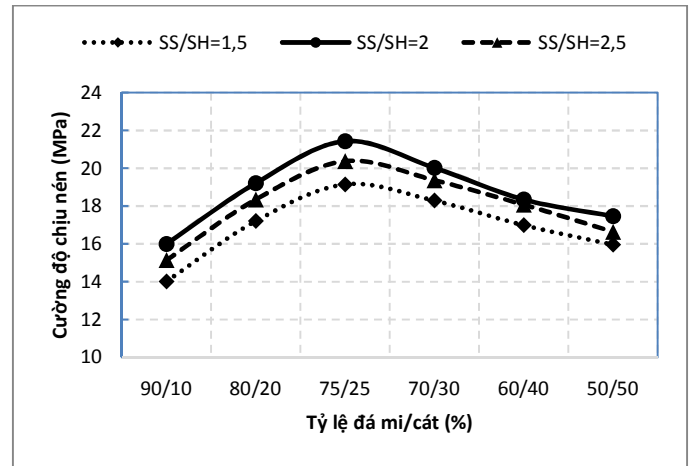
b) Cường độ chịu nén của các mẫu với tỷ lệ SS/SH=2



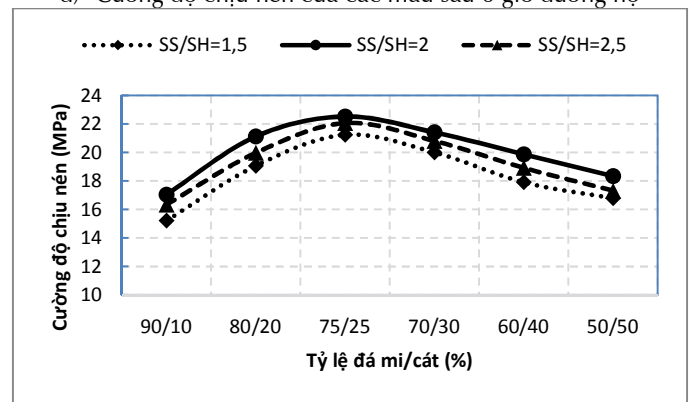
c) Cường độ chịu nén của các mẫu với tỷ lệ SS/SH=2,5

**Hình 2.** Ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ đến cường độ chịu nén của mẫu.

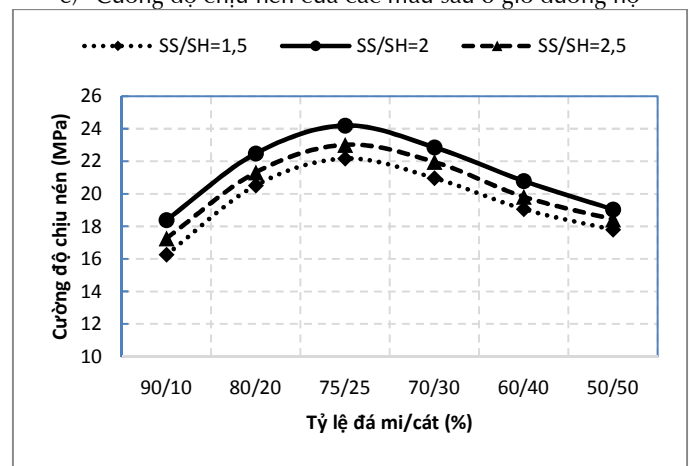
Kết quả thí nghiệm kiểm tra cường độ chịu nén ở Hình 2 cho thấy ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ đến cường độ chịu nén của mẫu. Khi thay đổi thời gian dưỡng hộ từ 6 giờ lên 8 giờ thì cường độ chịu nén của mẫu tăng từ 7,24% đến 8,72% và dưỡng hộ từ 8 giờ lên 10 giờ thì cường độ chịu nén của mẫu tăng từ 5,98% lên 6,34%. Cường độ chịu nén có xu hướng tăng dần theo thời gian dưỡng hộ ở tất cả các cấp phối và đạt cao nhất sau 10 giờ dưỡng hộ.



d) Cường độ chịu nén của các mẫu sau 6 giờ dưỡng hộ



e) Cường độ chịu nén của các mẫu sau 8 giờ dưỡng hộ



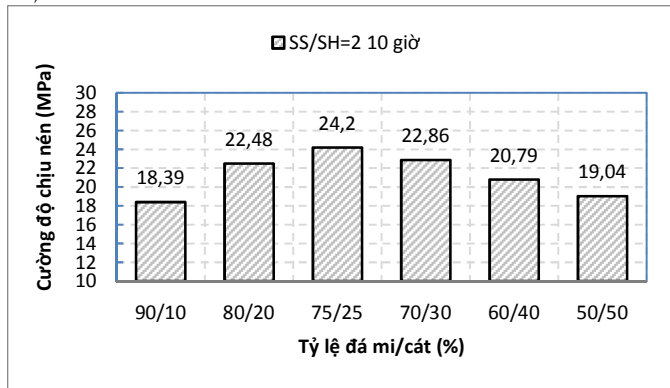
f) Cường độ chịu nén của các mẫu sau 10 giờ dưỡng hộ

**Hình 3.** Ảnh hưởng của tỷ lệ SS/SH đến cường độ chịu nén của mẫu.

Kết quả từ Hình 3 cho thấy rằng, khi thay đổi tỷ lệ SS/SH từ 1,5 đến 2 thì cường độ chịu nén của các mẫu tăng từ 9,77% đến 11,3% nhưng khi tỷ lệ SS/SH thay đổi từ 2 đến 2,5 thì cường độ chịu nén của mẫu có xu hướng giảm từ 4,47% đến 5,05%. Như vậy cường độ chịu nén của các tổ mẫu đạt tối ưu nhất với tỷ lệ dung dịch SS/SH là 2.

**3.2 Ảnh hưởng của tỷ lệ cốt liệu đá mi/cát đến cường độ chịu nén**

Thí nghiệm sử dụng cấp phối có tỷ lệ SS/SH=2 và dưỡng hộ nhiệt 10 giờ để kiểm tra ảnh hưởng của tỷ lệ đá mi/cát đến cường độ chịu nén. Kết quả được thể hiện trên Hình 4 cho thấy rằng cường độ chịu nén đạt cao nhất với tỷ lệ đá mi/cát là 75/25. Cụ thể khi tăng tỷ lệ đá mi/cát từ 75/25 lên 90/10 thì cường độ chịu nén giảm từ 7,1% đến 24%, khi giảm tỷ lệ đất mi/cát từ 75/25 xuống 50/50 thì cường độ chịu nén giảm từ 5,5% đến 21,3%.



Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ đá mi/cát đến cường độ chịu nén trung bình của các tổ mẫu.

**3.3 Cường độ chịu nén, uốn của mẫu gạch**

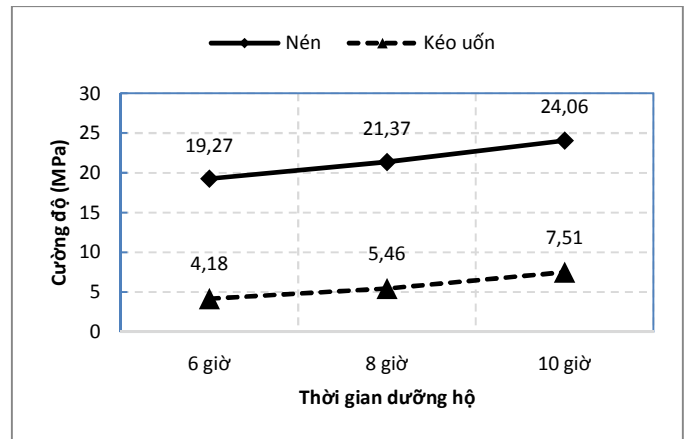


Hình 5. Mẫu gạch 50x100x200mm sử dụng để kiểm tra.

Từ các kết quả phân tích mẫu vừa cho thấy cấp phối C2 với các tỷ lệ đá mi/cát là 75/25, tỷ lệ SS/SH là 2 thì cường độ chịu nén của mẫu đạt cao nhất, nên sử dụng cấp phối C2 để chế tạo mẫu gạch và kiểm tra các chỉ tiêu cơ học. Kết quả cường độ của các tổ mẫu được thể hiện ở Bảng 5. Thí nghiệm theo TCVN 6477:2016-Gạch bê tông và TCVN 6355:2009 Gạch xây – Phương pháp thử.

**Bảng 5.** Cường độ chịu nén, uốn của mẫu gạch (MPa).

Kiểm tra	Thời gian dưỡng hộ	Gạch 50x100x200mm
Cường độ chịu nén (MPa)	6 giờ	19,27
	8 giờ	21,37
	10 giờ	24,06
Cường độ chịu kéo (MPa)	6 giờ	4,18
	8 giờ	5,46
	10 giờ	7,51



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ đến cường độ của gạch.

Kết quả ở Hình 6 cho thấy cường độ chịu nén và kéo uốn của mẫu gạch tăng theo thời gian dưỡng hộ nhiệt. Cụ thể khi thời gian dưỡng hộ thay đổi từ 6 giờ đến 8 giờ thì cường độ chịu nén tăng 10,87% và cường độ chịu kéo tăng 30,68%. Khi thời gian dưỡng hộ thay đổi từ 8 giờ đến 10 giờ thì cường độ chịu nén tăng 12,59% và cường độ chịu kéo cũng tăng 31,51%.

**4. Kết luận**

Bài báo nghiên cứu thực nghiệm các tính chất cơ học của gạch geopolymer sử dụng đá mi thay cát nhằm chế tạo các sản phẩm gạch không nung có cường độ cao, thân thiện với môi trường. Từ các kết quả thí nghiệm có thể rút ra một số kết luận như sau:

Các yếu tố trong thành phần cấp phối như tỷ lệ dung dịch hoạt hóa/tro là 0,6, tỷ lệ đá mi/cát, tỷ lệ SS/SH, thời gian dưỡng hộ nhiệt quyết định cường độ chịu nén của vật liệu. Cường độ chịu nén tối ưu nhất của cấp phối lên đến 24,2MPa khi sử dụng tỷ lệ SS/SH là 2, tỷ lệ đá mi/cát là 75/25 và dưỡng hộ ở 100°C trong 10 giờ.

Sản phẩm gạch không nung được chế tạo từ cấp phối tối ưu đạt cường độ chịu nén là 24,06MPa và cường độ chịu kéo là 7,51MPa. So với các loại gạch trên thị trường hiện nay thì sản phẩm gạch không nung geopolymer này có cường độ khá cao. Sản phẩm gạch có thể ứng dụng cho các loại tường chịu lực hoặc sản xuất gạch lát vỉa hè có khả năng chịu tải cao.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Joseph Davidovits, *Geopolymer Chemistry and Applications*, Geopolymer Institute; 2nd Edition, January 2008.
- [2] Phan Đức Hùng, Lê Anh Tuấn. *Tính chất cơ học của bê tông Geopolymer sử dụng tro bay gia cường sợi Polypropylene*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 1, 2016.
- [3] Tổng Tôn Kiên, Phạm Thị Vinh Lanh, Lê Trung Thành, *Bê tông geopolymer – những thành tựu, tính chất và ứng dụng*, Hội nghị khoa học kỷ niệm 50 năm thành lập viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2013.
- [4] Phan Đức Hùng, Lê Anh Tuấn, *Ảnh hưởng của thành phần hoạt hóa đến cường độ chịu uốn và kéo gián tiếp của bê tông geopolymer*, Tạp chí Xây Dựng, số 3, 2015.
- [5] Trần Nhật Minh, Phan Đức Hùng, *Nghiên cứu về độ bền trong các môi trường ăn mòn của vữa Geopolymer nhẹ có sử dụng hạt xốp EPS*, Tạp chí Khoa học Công nghệ - Trường Đại học Bình Dương, số 3, 2019.
- [6] TCVN 6477:2016 – Gạch bê tông.