

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU KHÔNG NUNG KHÔNG CẦN XI MĂNG – GẠCH LÁT VỈA HÈ TỪ VẬT LIỆU GEOPOLYMER

LÂM QUÝ THƯƠNG*, LÊ HUỖNH KHÁNH ĐOAN, NGUYỄN NGỌC QUỲNH CHI, HOÀNG THANH MAI, BÙI QUỐC BẢO

KHOA KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH, TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÔN ĐỨC THẮNG

Tóm tắt

Gạch thường được sử dụng trong ngành xây dựng. Mặc dù gạch đất sét nung truyền thống có nhiều ưu điểm, nhưng việc sản xuất gạch đất sét nung đã dẫn đến mất đất nông nghiệp và thải ra một lượng lớn CO₂ trong quá trình nung. Do đó, trong những năm gần đây, gạch đất sét nung đã được yêu cầu thay thế bằng gạch không nung. Các loại gạch không nung phổ biến bao gồm gạch xi măng, gạch bê tông khí chưng áp và gạch bê tông nhẹ. Mặc dù những loại gạch này không nung, nhưng lượng xi măng sử dụng vẫn rất đáng kể. Việc sản xuất xi măng Portland thải ra một lượng lớn CO₂, gây ô nhiễm môi trường và góp phần phát thải khí nhà kính. Do đó, việc giảm tác động của xi măng Portland hoặc tìm chất kết dính thay thế xi măng Portland đang được tìm kiếm trên toàn thế giới. Phạm vi chính của cuộc điều tra hiện tại là khám phá ứng dụng của geopolimer để thay thế xi măng trong sản xuất vật liệu không nung, cụ thể là gạch lát vỉa hè (gạch lát sàn, gạch ốp tường). Nhóm nghiên cứu sử dụng tro bay (FA) trong quá trình sản xuất để tạo ra geopolimer. FA là chất thải được tạo ra trong quá trình đốt than tại các nhà máy nhiệt điện. Lượng FA phát thải từ các nhà máy nhiệt điện ở Việt Nam là đáng kể. Việc sử dụng FA trong sản xuất vật liệu xây dựng cũng góp phần tái chế các sản phẩm phụ của công nghiệp, do đó làm giảm tác động đến môi trường. Đầu tiên, thành phần của geopolimer đã được nghiên cứu và tối ưu hóa. Cường độ nén của bột geopolimer thu được là 60MPa. Sau đó, gạch vỉa hè đã được sản xuất từ bột geopolimer. Một số khía cạnh liên quan đến các sản phẩm thu được (hoàn thiện, thẩm mỹ...) được trình bày và thảo luận.

Abstract

Bricks are commonly used in the construction industry. Although traditional clay fired bricks have many advantages, the production of clay fired bricks leads to loss of agricultural land and emits a large amount of CO₂ during the firing process. Therefore, in recent years, fired clay bricks have been required to be replaced by non-fired bricks. Common types of non-fired bricks include cement-based bricks, autoclaved aerated concrete bricks, and lightweight concrete bricks. Although these bricks are non-fired, the cement amount used is still significant. The production of Portland cement emits a large amount of CO₂, causing environmental pollution, and contributing to greenhouse gas emissions. Therefore, reducing the impacts of Portland cement, or finding an alternative binder to replace Portland cement are being sought worldwide. The main scope of the present investigation is to explore the application of geopolimer to substitute cement in the production of non-fired materials, specifically pavement bricks (flooring tiles, wall tiles). The research team utilizes fly ash (FA) in the production process to create geopolimers. FA is the residue produced during the coal combustion process in thermal power plants. The amount of FA emitted from thermal power plants in Vietnam is significant. Utilizing FA in the production of building materials also contributes to the recycling of industrial by-products, thereby reducing the environmental impacts. First, the composition of geopolimer was investigated and optimized. The compressive strength of geopolimer paste obtained was 60MPa. Then, the pavement bricks have been produced from the geopolimer paste. Several aspects relative to the products obtained (finishing, aesthetic...) are presented and discussed.

GIỚI THIỆU

Geopolimer là một loại vật liệu xây dựng ngày càng phổ biến trong nghiên cứu và ứng dụng. Vật liệu của nó thường được làm từ aluminosilicate đóng vai trò là tiền chất. Nó sẽ được kết hợp với chất lỏng hoạt hóa bao gồm natri hydroxit và dung dịch natri silicat [1]. Do đó, giảm phát thải carbon dioxide (CO₂) có thể được coi là một sáng kiến thân thiện với môi trường so với xi măng. Hơn nữa, công nghệ này đang được quan tâm trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau như vật liệu chống cháy, gốm sứ giá rẻ, bộ lọc chịu lửa và tấm nhẹ để cách nhiệt và cách âm [2]. Theo Hiệp hội Năng lượng Việt Nam, tro, xỉ của các Nhà máy Nhiệt điện Duyên Hải đạt chuẩn theo TCVN 12249:2018, QCVN 16:2023/BXD, được cấp giấy chứng nhận hợp chuẩn đạt theo TCVN 12660:2019.

Nghiên cứu này để xuất tạo ra các viên gạch lát nền đường, sân vườn với kích thước như mẫu thực tế, được làm từ vật liệu geopolimer có thành phần nguyên bản nhất bao gồm tro bay loại C, natri hydroxit, dung dịch natri silicat và nước. Nghiên cứu quan sát một số đặc điểm của các viên gạch, xác định một vài vấn đề phát sinh và cải thiện dần chất lượng sản phẩm. Nhằm mục tiêu tìm ra phương án ứng dụng các viên gạch với hoa văn đẹp phù hợp cho không gian ngoại và nội thất.

DỮ LIỆU THÍ NGHIỆM

Vật liệu

Tro bay (FA)

Theo TCVN 10302:2014, tro bazơ, tro có hàm lượng CaO lớn hơn 10%, là tro bay loại C, phù hợp, thuận lợi cho nghiên cứu,

được sử dụng kết hợp trong quá trình tạo ra các loại gạch không nung trong xây dựng. Các chỉ số cơ lý của tro bay tại nhà máy Nhiệt điện Duyên Hải, Trà Vinh được thể hiện trong (bảng 1) [3].

Dung dịch hoạt hóa kiềm (AAS)

Trong quá trình chuẩn bị dung dịch NaOH, NaOH bột rắn được hòa tan trong nước với bình có định lượng tính toán. Nồng độ NaOH được sử dụng trong nghiên cứu này là 8M. Chất hoạt hóa kiềm alkaline activator solution (AAS) với sự kết hợp của NaOH và Na₂SiO₃ được chuẩn bị ngay trước khi trộn với tro bay FA. Việc bổ sung natri silicat là để tăng cường quá trình tạo geopolimer. Tỷ lệ rắn/lỏng được nghiên cứu bằng cách cố định tỷ lệ natri hydroxit (NaOH) với natri silicat (Na₂SiO₃) ở mức 2,5 theo khối lượng, Tỷ lệ khối lượng của Na₂SiO₃/NaOH là 2,5 [4], [5]. Khi tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH tăng từ 1

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	KQ thí nghiệm
1	Độ ẩm	TCVN 7024:2013	%	0.26
2	Khối lượng thể tích xốp		Kg/m ³	940
3	Tỷ trọng	TCVN 4030:2003	g/cm ³	2.21
4	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0.08)	TCVN 4030:2003	%	2.1
5	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 8262:2009	%	8.27
6	Hàm lượng SiO ₂	TCVN 8262:2009	%	81.60
7	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	TCVN 8262:2009	%	81.60
8	Hàm lượng Al ₂ O ₃	TCVN 8262:2009	%	81.60
9	Hàm lượng SO ₃	TCVN 141:2008	%	0.49
10	Hàm lượng CaO	TCVN 141:2008	%	12.00

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm tro bay

đến 2,5 thì cường độ nén giảm [4]. Nhóm nghiên cứu chọn tỷ lệ 2,5 để xác định mức độ bền của các viên gạch geopolimer với khả năng thấp nhất. Về cơ bản, quá trình lưu hóa ban đầu ở nhiệt độ cao (80°C) kích hoạt các quá trình tạo geopolimer.

Tỷ lệ khối lượng của tro bay/chất hoạt hóa kiềm, FA/AAS là 2,5 [6], [7]. Nhóm nghiên cứu chọn tỷ lệ 2,5 để tiết kiệm kinh tế, giảm giá thành vì dùng nhiều thủy tinh lỏng hơn, giá thành mua rẻ so với tro bay. Thủy tinh lỏng Na₂SiO₃ 26% thuận lợi được mua tại các cửa hàng. NaOH dạng bột rắn NaOH 96%, sản xuất tại Trung Quốc. Nước được sử dụng để pha dung dịch NaOH là nước máy, nước sinh hoạt bình thường tại phòng thí nghiệm thực hành. Khối lượng chất rắn NaOH trong dung dịch thay đổi tùy thuộc vào nồng độ của dung dịch được biểu thị theo đơn vị mol (M). Vì nghiên cứu này sử dụng dung dịch NaOH có nồng độ 8M bao gồm 8x40 = 320g chất rắn NaOH (dạng bột) trên một lít dung dịch, trong đó 40 là khối lượng phân tử của NaOH. Khối lượng chất rắn NaOH được đo ở một nghiên cứu thực tế là 262g trên một kg dung dịch NaOH có nồng độ 8M [8]. Vì vậy, lượng nước và NaOH dạng bột sẽ cân đo dựa trên số g NaOH trong một kg dung dịch NaOH ở trên.

Đặc điểm của geopolimer

Sản xuất mẫu geopolimer

Cường độ nén của vữa geopolimer là một thông số quan trọng đối với cường

độ nén của bê tông geopolimer thu được. Để cung cấp thông số này trong mô hình dự đoán cường độ nén, các mẫu có kích thước 4x4x16cm đã được sản xuất. Vì vẫn chưa có tiêu chuẩn cho các thử nghiệm trên vữa/hỗ geopolimer, vữa geopolimer không chứa cát: chỉ sử dụng FA và AAS, bằng cách sử dụng tỷ lệ AAS/FA là 0,4, giống như trường hợp bê tông geopolimer cốt liệu tái chế đã được thử nghiệm [9].

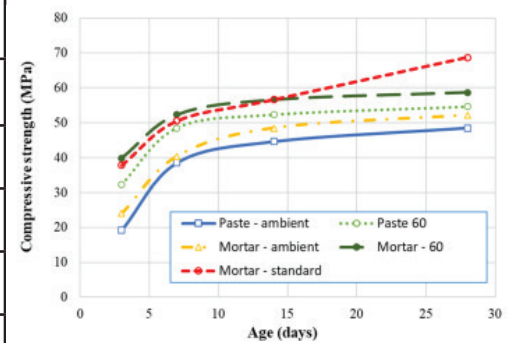
Thí nghiệm nén một trục

Các thí nghiệm đã được tiến hành để xác định cường độ của bột nhào geopolimer với tỷ lệ AAS/FA = 0,4. Cường độ nén ở 3, 7, 14 và 28 ngày được thể hiện trong hình 1 [9], cường độ nén nằm trong khoảng 50-60 MPa. Kết quả cho thấy sự tiến triển chung về cường độ nén của các mẫu vữa và bột nhào theo thời gian; cường độ nén tăng nhanh cho đến ngày thứ 7 đối với các mẫu bột nhào/vữa geopolimer, và sau đó sự tiến triển chậm hơn. Sau đó, ảnh hưởng đáng kể của quá trình xử lý nhiệt đến cường độ nén được quan sát thấy: đối với cả mẫu vữa (có cát) và mẫu bột nhào (không có cát), quá trình xử lý nhiệt làm tăng cường độ nén khoảng 10-12% [9].

Sản xuất vật liệu xây dựng không nung

Sản xuất các viên gạch

Từ mục tiêu nghiên cứu xem xét khả năng ứng dụng những viên gạch geo-



Hình 1. Cường độ nén của vữa geopolimer

polymer có kích thước tương đương với các viên gạch dùng để lát đường, sân vườn trong thực tế, như 400x400mm hay 600x220mm và lựa chọn khuôn đúc phù hợp (sắt, gỗ, nhôm và nhựa), nhóm nghiên cứu đã chọn khuôn nhựa có kích thước phù hợp với hoa văn đẹp (hình 2a), đặc biệt là hoa văn giả gỗ (hình 2b).

Thể tích của vật mẫu nghiên cứu V (m³), các khuôn mẫu có kích thước đầu vào là mm, sẽ được quy đổi sang m để thuận lợi cho các tính toán. Tỷ trọng, khối lượng thể tích D (kg/m³) được dựa vào bảng 1, thông số kỹ thuật của tro bay. Khối lượng mẫu G (kg), được tính theo công thức G=VxD.

Từ lựa chọn hỗn hợp geopolimer phù hợp, nhóm nghiên cứu đã tính toán được khối lượng của 4 thành phần đầu vào là tro bay, natri hydroxit, dung dịch natri silicat và nước (bảng 2). Mỗi viên gạch có khối lượng khác nhau, nên được cân đo từng thành phần riêng, nhưng thời gian thực hiện đúc 3 viên gạch là gần nhau. Dung dịch kiềm AAS (kg) được tính bằng công thức AAS=(G/(FA/AAS)+1). Tro bay FA (kg) được tính theo công thức FA=G-AAS. Tỷ lệ khối lượng của Na₂SiO₃/NaOH là 2,5. Dung dịch NaOH (kg) được tính bằng công thức (Dung dịch NaOH) = AAS/((Na₂SiO₃/NaOH)+1). NaOH rắn dạng bột (kg) được tính bằng công thức NaOH (rắn)= 0,262*(Dung dịch NaOH). Lượng nước được sử dụng được tính qua công thức Nước (kg) = (Dung dịch NaOH)-NaOH(rắn). Cuối cùng thủy tinh lỏng (kg) Na₂SiO₃=AAS-NaOH. Quá trình cân đo và phân loại vật liệu diễn ra trước một ngày để đảm bảo số lượng vật liệu và trang thiết bị đầy đủ.

Nghiên cứu thực hiện trong hai giai đoạn, giai đoạn đầu là 3 mẫu và giai đoạn hai là 3 mẫu có điều chỉnh độ dày viên gạch (bảng 2). Đơn vị tính là mm. Mẫu 1:



Hình 2a. Mẫu khuôn gạch 400x400mm Hình 2b. Khuôn gạch hoa văn gỗ 600x220mm

	Giai đoạn đầu		
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Dài (mm)	400	400	600
Rộng (mm)	400	400	220
Dày (mm)	15	15	20
Thể tích (V) (m ³)	0.0024	0.0024	0.00264
Tỷ trọng, khối lượng thể tích (D) (kg/m ³)	2210	2210	2210
Khối lượng mẫu (G) (kg)	5.304	5.304	5.834
Tỷ lệ FA/AAS	2.5	2.5	2.5
Dung dịch kiềm AAS (kg)	1.515	1.515	1.667
*Tro bay FA=G-AAS (kg)	3.789	3.789	4.167
Tỷ lệ Na ₂ SiO ₃ /NaOH	2.5	2.5	2.5
Dung dịch NaOH	0.433	0.433	0.476
*NaOH thể rắn (kg)	0.133	0.133	0.125
*Nước (kg)	0.320	0.320	0.351
*Thủy tinh lỏng Na ₂ SiO ₃ (kg)	1.082	1.082	1.191

Bảng 2. Kích thước của các viên gạch geopolimer được tạo ra từ khuôn đúc bằng nhựa
*: các nguyên liệu đầu vào cần cân đo để tạo hỗn hợp geopolimer

400x400x30, Mẫu 2: 400x400x30, Mẫu 3: 600x220x30. Tuy nhiên, quá trình nghiên cứu và đúc mẫu, không sử dụng hết độ dày của khuôn, nhằm tìm ra kích thước phù hợp và tiết kiệm nguyên liệu đầu vào.

Vì chưa xác định chính xác mức độ bám dính của hỗn hợp geopolimer vào khuôn nhựa, có thể bị ảnh hưởng đến hoa văn của viên gạch, làm giảm thẩm mỹ của sản phẩm trang trí, nhóm nghiên

cứu đã sử dụng sấp, nung nóng chảy và quét trên cả 3 khuôn nhựa. (hình 2a, 2b)

Dung dịch NaOH được pha thực hiện từ ngày hôm trước, vì dung dịch nóng trên 80°C nên cần thời gian để làm nguội. NaOH dạng bột rắn được cân đo kỹ càng và đặt vào 3 ca nhựa riêng dùng cho 3 mẫu gạch khác nhau. Sau đó pha với nước đúng khối lượng đã tính toán, nước này là nước sinh hoạt, được lấy trực tiếp trong phòng thí nghiệm, không phải là nước cất. Nhóm nghiên cứu muốn xác định hình thành geopolimer trong điều kiện thực tế nên nước sinh hoạt theo chuẩn bình thường được lấy, không đòi hỏi chất lượng như nước cất. NaOH hòa tan mãnh liệt với nước và giải phóng một lượng nhiệt lớn, vì vậy cần để dung dịch giảm nhiệt nhiều trong một ngày. Tuy nhiên, vì để dung dịch NaOH nguội tự nhiên, không làm mát bằng nước đá, không đậy nắp ca nhựa chứa dung dịch, dường như nước đã bay hơi, làm cho dung dịch NaOH bị đông đặc. Lúc này cần dùng thìa thủy tinh để khuấy đều, dung dịch NaOH dần chuyển về dạng lỏng, tuy nhiên vẫn có một phần còn đặc sệt. Vì điều này, nhóm nghiên cứu đã quyết định cân lại NaOH của mẫu gạch số 3, pha với nước và để cho làm mát bằng quạt trong 3 giờ, trước khi pha trộn hỗn hợp dung dịch kiềm AAS và geopolimer.

Tro bay được cân đo xong (như đã tính toán ở bảng 2 và tách riêng cho 3 mẫu gạch) là tiến hành được nghiền ra cho mịn, vì để trong bao, tro bay đóng thành nhiều cục lớn. Quá trình này thực hiện thủ công bằng tay trộn hồ và đập bằng búa cao su. Việc này thực hiện phụ thuộc vào độ tỉ mỉ của nhóm nghiên cứu và để phát sinh rủi ro vẫn còn sót lại một vài cục nhỏ chưa được làm mịn. Vấn đề này ảnh hưởng đến chất lượng viên gạch.

Dung dịch kiềm AAS được pha bằng cách cho thủy tinh lỏng vào dung dịch NaOH, khuấy đều để dung dịch có chất lượng tốt nhất có thể. Quá trình vẫn còn phát sinh nhiệt. Các dung dịch kiềm của từng mẫu gạch được để riêng và được sử dụng theo thứ tự.

Hỗn hợp geopolimer được trộn (Hình 3) bằng cách cho dung dịch kiềm vào tro bay kết hợp tốt với dung dịch kiềm. Mẫu số 1 được trộn với dung dịch NaOH đặc sệt. Mẫu số 3 có độ dày 20 được trộn, làm thủ công chưa có kinh nghiệm xử lý độ



Hình 3. Quá trình cân các thành phần nguyên liệu thô của hỗn hợp geopolimer

	Giai đoạn điều chỉnh		
	Mẫu 4	Mẫu 5	Mẫu 6
Dài (mm)	400	400	600
Rộng (mm)	400	400	220
Dày (mm)	20	20	25
Thể tích (V) (m ³)	0.0032	0.0032	0.0033
Tỷ trọng, khối lượng thể tích (D) (kg/m ³)	2210	2210	2210
Khối lượng mẫu (G) (kg)	7.072	7.072	7.293
Tỷ lệ FA/AAS	2.5	2.5	2.5
Dung dịch kiềm AAS (kg)	2.021	2.021	2.084
*Tro bay FA=G-AAS (kg)	5.051	5.051	5.209
Tỷ lệ Na ₂ SiO ₃ /NaOH	2.5	2.5	2.5
Dung dịch NaOH	0.577	0.577	0.595
*NaOH thể rắn (kg)	0.151	0.151	0.156
*Nước (kg)	0.426	0.426	0.439
*Thủy tinh lỏng Na ₂ SiO ₃ (kg)	1.444	1.444	1.488

Bảng 3. Kích thước của các viên gạch geopolimer được tạo ra từ khuôn đúc bằng nhựa
*: các nguyên liệu đầu vào cân cân đo để tạo hỗn hợp geopolimer

Điều kiện bảo quản	Số ngày			
	3	7	14	28
Môi trường bình thường	19.2	38.5	44.6	48.5

Bảng 4. Cường độ nén của geopolimer

mịn, đặc sệt của hỗn hợp, phát sinh việc tro bay còn vón cục nhỏ, ảnh hưởng đến sản phẩm sau này. Các mẫu số 2, nhóm nghiên cứu thao tác quen tay và kỹ hơn, nên sản phẩm tạo ra không phát sinh vấn đề vón cục tro bay. Các mẫu gạch được để khô tự nhiên, không có quá trình gia nhiệt trong lò nung, cường độ chịu nén của gạch tăng theo thời gian, để sản phẩm như điều kiện thực tế.

Sản xuất các viên gạch lát vỉa hè

Giai đoạn hai được thực hiện sau khi điều chỉnh độ dày của các mẫu gạch. Các bước tính toán và tạo mẫu gạch tương tự như giai đoạn một, thông số kỹ thuật thể hiện qua bảng 3, quá trình chế tạo mẫu (Hình 4).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

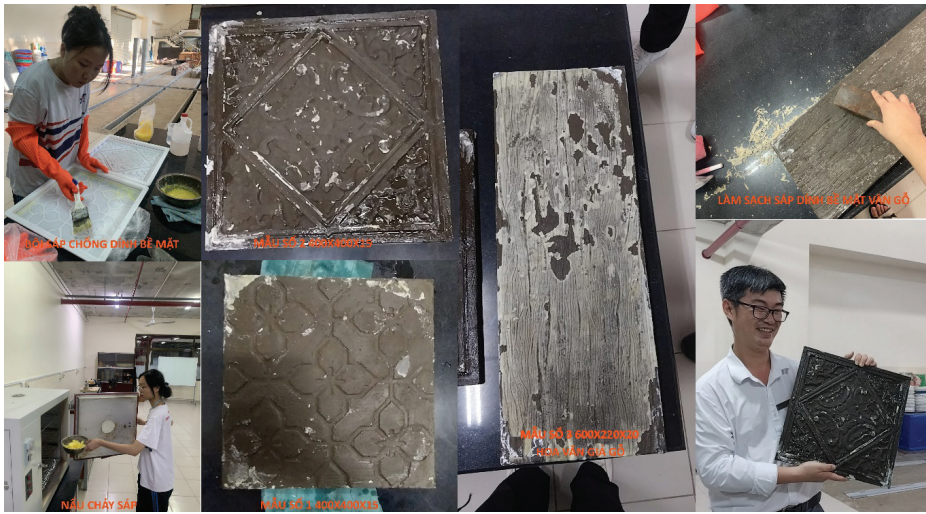
Cường độ nén của geopolimer được nghiên cứu

Cường độ nén của bột nhão geopolimer phải được xác định. Kết quả của bột nhão/vữa geopolimer với AAS/FA = 0,4 (ở 28 ngày). Trong các phương trình tính toán, cường độ nén của nền chất kết dính (xi măng cho bê tông xi măng thông thường) được xác định, do đó đối với bê tông geopolimer, hợp lý là cường độ nén của bột nhão geopolimer (không có cát) cũng xác định tương tự. Kết quả của các mẫu bột nhão geopolimer được trình bày trong Bảng 4 [9].

Kết quả thử nghiệm trên các viên gạch không nung

Sau khoảng 7 ngày không ngâm nước, 7 ngày ngâm nước bảo dưỡng, 15 ngày tháo từng viên gạch ra khỏi khuôn để nơi thoáng mát và các mẫu gạch đã được làm sạch sập còn dính trên hoa văn viên gạch (hình 2a), nhóm nghiên cứu đã tiến hành kiểm tra khả năng chịu lực của các viên gạch khi đặt trên các bề mặt khác nhau (hình 5).

Mẫu số 1 có độ dày 15mm, đặt trên nền bê tông của hầm phòng thí nghiệm. Vì mẫu geopolimer dòn nên khi đặt mạnh, không cẩn thận xuống nền bê tông, rất cứng, viên gạch đã bị bể ngay góc. Sau đó nhóm nghiên cứu đem mẫu gạch đến khu vực cỏ nhân tạo, cứng bên dưới và cỏ nhựa mềm bên trên, chịu khối lượng trên 50kg.



Hình 4. Quá trình chế tạo mẫu

bị bay hơi hoặc tính toán tỉ lệ NaOH bị nhiều hơn thực tế cần, phản ứng với tro bay không hết, dư ra, phản ứng với CO₂ tạo thành muối và nổi trên bề mặt. Thêm nữa do không bảo dưỡng, không đổ nước ngâm trên bề mặt, không hòa tan NaOH dư, làm ảnh hưởng đến thẩm mỹ. Khi được bảo dưỡng thì bề mặt sạch và an toàn cho người sử dụng, không bị xút ăn da.

- Bề mặt bị vết rạn là do sau khi đúc thành viên gạch, vẫn còn phát sinh nhiều nhiệt, không kịp bảo dưỡng bề mặt khi sản phẩm đã bắt đầu đông cứng (khoảng 6h sau khi đúc khuôn), không được ngâm trong nước. Khi được bảo dưỡng, ngâm nước nhiều ngày, bề mặt ít khô, cải thiện hơn.

- Bề mặt nhiều khối nổi lên hoặc có nhiều lỗ, không phẳng là do quá trình đúc khuôn, nhiều khí được sinh ra nhưng không được thoát hết, đến khi đông cứng tạo ra như vậy. Khí này có thể từ dung dịch NaOH hoặc dung dịch kiềm AAS chưa khuấy kỹ, còn sót bong bóng khí và quá trình trộn với tro bay, không khí không thoát ra được. Dù khí này nhẹ, tự nổi lên và thoát đi khi đúc khuôn gạch, nhưng không phải tất cả đều bay ra nhanh hoặc bị bám dính và không nổ kịp. Dẫn đến bề mặt nhiều lỗ hoặc nhiều khối nổi.



Hình 5. Thực nghiệm trên gạch không nung thu được

Mẫu số 2 có độ dày 15mm, đặt lên nền cỏ mềm, bề mặt đất bằng phẳng, viên gạch hài hòa trên mặt đất, sân vườn. Đặt cẩn thận trên các bề mặt cỏ, đất khác nhau đều ổn, gắn gũi với thiên nhiên do màu gạch như màu đất. Với khối lượng khoảng 45-50kg, viên gạch hoàn toàn bình thường, tuy nhiên với khối lượng trên 80kg thì viên gạch vỡ ngay góc.

không đều, viên gạch bị tách đôi ngay lần thử nghiệm đầu tiên. Tuy nhiên, nhờ viên gạch gãy đôi mới phát hiện tro bay còn vón cục, không phản ứng với dung dịch kiềm và ảnh hưởng nhiều đến chất lượng viên gạch. Viên gạch sẽ chịu lực tốt hơn nếu xử lý kỹ độ mịn tro bay và tăng độ dày cho viên gạch.

Thảo luận

3 mẫu gạch đều được để khô tự nhiên, để nơi thoáng mát, không bị ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp. Sau 1 tuần, quan sát thấy có một số vấn đề xuất hiện: mẫu 1 và 2 có nhiều mảng vết màu trắng, mẫu số 2 bề mặt không phẳng, có những cục nổi, mẫu số 1 bề mặt có nhiều vết rạn, không mịn, mẫu số 3 bề mặt nhiều lỗ, không phẳng (hình 6). Những vấn đề trên là do trong quá trình thực hiện đổ khuôn mẫu và bảo dưỡng sản phẩm chưa chuẩn. Cụ thể như sau:

- Những mảng, vết ố trắng chính là bột NaOH dư còn sót lại, có thể do nước

Các vấn đề này hoàn thành có thể khắc phục được khi thao tác pha trộn tốt hơn và bảo dưỡng sau khi đúc khuôn gạch kỹ, đúng thời gian hơn (Hình 7).

Quá trình thực nghiệm tạo mẫu được kiểm soát chặt chẽ hơn, công tác bảo dưỡng tốt hơn và tăng độ dày của viên gạch không nung, chất lượng sản phẩm cải thiện đáng kể. Ban đầu khi dùng tro bay, đã bóp mịn và dùng búa cao su để đập, nhưng không kiểm soát hết một vài viên tro bay còn sót lại, còn vón cục, làm giảm độ bền, nhóm nghiên cứu dùng rây 4.5 để sàng mịn tro bay, đảm bảo không còn những cục nhỏ, đảm bảo độ mịn, tăng khả năng phản ứng tạo hỗn hợp geopolimer. Đối với hỗn hợp NaOH rắn khi pha trộn với nước, sinh ra nhiều nhiệt, ảnh hưởng đến sản phẩm, vì lý do này để dung dịch NaOH giảm nhiệt tự nhiên 24h, phát sinh ra việc bay hơi một lượng nước, ảnh hưởng đến dư NaOH trong phản ứng tạo geopolimer. Để hạn chế việc này,



Hình 6. Các vấn đề bề mặt của viên gạch mẫu nghiên cứu



Hình 7. Cải thiện chất lượng sản phẩm các viên gạch mẫu nghiên cứu

nhóm nghiên cứu đã quạt giảm một phần nhiệt trong vòng 3h rồi cho trộn với thủy tinh lỏng Na_2SiO_3 sớm, giúp tạo hỗn hợp sớm, giảm mất hơi nước và tăng khả năng phản ứng với tro bay. Trong quá trình phản ứng tạo thành geopolymer của hỗn hợp, sinh ra nhiều khí, hình thành bong bóng khí trong viên gạch, nếu để khí nổi lên, thoát ra từ từ tự nhiên, lúc đông cứng biến đổi chất rắn của hỗn hợp geopolymer bị nhiều lỗ trên bề mặt. Giải pháp cho việc này là rung lắc khuôn gạch, cho bong bóng khí mau nổi lên, chất lượng bên trong tốt hơn và bề mặt láng mịn hơn rất nhiều. Viên gạch tăng khả năng chịu lực khi độ dày khoảng 25mm, hạn chế các vết nứt từ chính các vết rãnh hoa văn viên gạch. Bề mặt đặt các viên gạch trong sân vườn cần làm kỹ đảm bảo bằng phẳng, không bị chênh lệch, không làm nứt gãy viên gạch đột ngột. Hoa văn giả gỗ rất phù hợp cho bố trí gạch trang trí trong không gian sân

vườn ngoại, nội thất. Để tăng cường khả năng chịu lực nên kết hợp với cốt liệu tự nhiên khác, làm giảm đi tính giòn của vật liệu thuần geopolymer.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN TƯƠNG LAI

Nghiên cứu trong 2 giai đoạn với độ dày của mẫu gạch không nung từ 15-20mm đến 20-25mm. Dùng những khuôn nhựa có hoa văn đẹp, với kích thước đa dạng (vuông hoặc chữ nhật), bằng cách pha trộn và kiểm soát độ mịn, không bị vón cục của tro bay và hỗn hợp vật liệu geopolymer, khuấy đều và lắc khuôn giúp thoát bong bóng khí sẽ tạo được mẫu gạch lát sân vườn và vỉa hè có độ bền tốt, chịu được va đập và vật nặng chuyển động. Nghiên cứu đã chỉ ra việc lựa chọn vị trí đặt viên gạch lát nền có lớp đất nền có độ mịn, lớp cỏ không bị lẫn lộn với đá và sỏi nhỏ, bề mặt phẳng, xử lý kỹ, không bị nhấp nhô, những điều này sẽ giúp tăng độ bền cho viên

gạch. Viên gạch độ dày phù hợp khoảng 2,5cm sẽ chịu được khối lượng lớn (45-80kg), thậm chí xe máy chạy qua. Việc sử dụng vật liệu geopolymer ứng dụng sản xuất gạch không nung, gạch lát nền cho đường đi, sân vườn hoàn toàn có cơ sở và hợp lý, khả năng ứng dụng cao. Vật liệu geopolymer góp phần giảm phát thải CO_2 ra môi trường. Nếu tiếp tục kết hợp nghiên cứu đưa vật liệu rác thải khác như xốp, nhựa - những thứ được thu gom từ rác sinh hoạt và dọn vệ sinh các bãi biển, dòng kênh rạch - vào trong hỗn hợp geopolymer để trang trí, viên gạch có thể đẹp hơn, giảm được chi phí các thành phần và đặc biệt làm môi trường sạch hơn. Ở mỗi địa phương có điều kiện thổ nhưỡng khác nhau, có thể nghiên cứu kết hợp tro bay với các loại đất để tạo ra các vật liệu cứng hơn và sử dụng trong xây dựng, trang trí các công trình./

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adesanya E, Ohenoja K, Luukkonen T, Kinunen P and Illikainen M (2018), *Journal of Cleaner Production*, 185 168-175
2. Toniolo N and Boccacini A R (2017), *Ceramics International*, 43(17) 14545-14551
3. Phạm Thanh Tùng, Châu Trường Linh, Nguyễn Thành Đạt (2018), Nghiên cứu sử dụng tro bay từ nhà máy nhiệt điện duyên hải làm cốt đất tro bay gia cố nền đất yếu hạ tầng dự án khu đô thị mới phía đông đường mật thân, thành phố Trà Vinh, *Journal of Transportation Science and Technology*, Vol 27+28.
4. M. S. Morsy, S. H. Alsayed, Y. Al-Salloum, T. Almusallam (2013), *Effect of Sodium Silicate to Sodium Hydroxide Ratios on Strength and Microstructure of Fly Ash Geopolymer Binder Arab J Sci Eng DOI 10.1007/s13369-014-1093-8*
5. W M W Ibrahim, R Ahmad, B T Coman, M M A B Abdullah, A Puskas and V S Jaganathan (2020), *The Effects of Solid to Liquid Ratio on Fly Ash Based Lightweight Geopolymer*, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 877
6. Hardjito, D.; Cheek, C.C.; Lee, I.C.H. (2008): *Strength and setting time of low calcium fly ash-based geopolymer mortar*. *Mod. Appl. Sci.* 2, 3–11.
7. Abdullah M M A, Hussin K, Bnhussain M, Ismail K N and Ibrahim W M W (2011), *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol*, 6(1) 35-44
8. Djwantoro Hardjito, B. V. Rangan, *Development and Properties of Low-calcium (2 Fly Ash Based Geopolymer Concrete*, *Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia Article*.
9. Le, H. B., Bui, Q. B., & Tang, L. (2021). *Geopolymer recycled aggregate concrete: From experiments to empirical models*. *Materials*, 14(5), 1180