

NGHIÊN CỨU SÓNG MICROWAVE DÙNG HOẠT HÓA TRO BAY TRONG BÊ TÔNG GEOPOLYMER

Study on microwave energy to improve activation of fly ash on Geopolymer Concrete

Vũ Bách Hùng¹, và Đỗ Đại Thắng²

¹Học viên cao học Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam
vubachhung78@gmail.com

²Đại học Quốc Gia TP.HCM, Việt Nam
ddthang@vnuhcm.edu.vn

Tóm tắt — Nghiên cứu này, sử dụng tro bay hoạt hóa geopolymer với tỷ lệ chất lỏng kiềm và tro bay khác nhau. Trong đó, quá trình dưỡng hộ cho hoạt hóa tro bay bằng nhiệt độ và vi sóng. Năng lượng microwave sử dụng có các mức 100, 200 và 400 W và thời gian dưỡng hộ khác nhau. Kết quả cho thấy trong điều kiện dưỡng hộ trong môi trường năng lượng microwave, cường độ nén đạt được từ 5 đến 7 MPa với mức năng lượng microwave 100W trong khoảng thời gian từ 3 đến 10 phút. Quá trình geopolymer hóa có thể được cải thiện với năng lượng vi sóng và thời gian lưu nhiệt lâu hơn. Khi đó, cường độ nén khoảng 10 Mpa với mức năng lượng microwave 400W trong 10 phút.

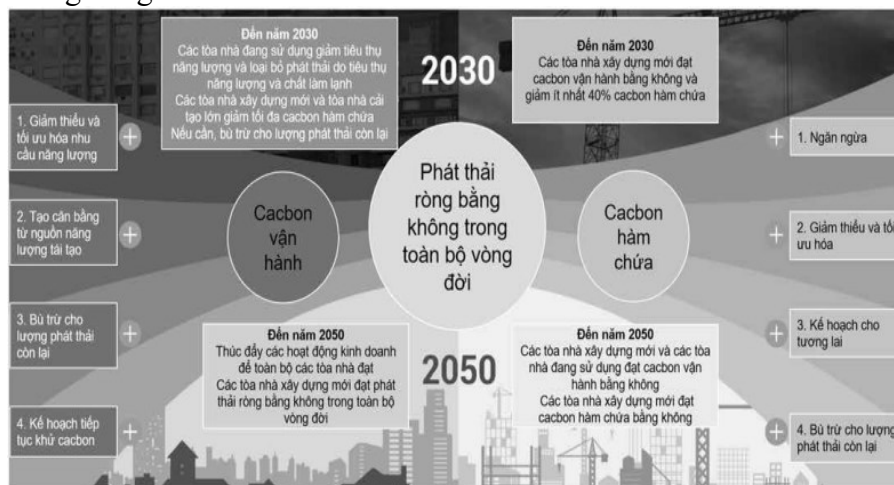
Abstract — In this research, geopolymer is obtained from fly ash coal-thermal power with various ratio of alkaline liquid and fly ash. Moreover, microwave energy in range of 100, 200 and 400 W is used. The results are indicated that the compressive strength is obtained from 5 to 7 MPa with energy 100W in range from 3 to 10 minutes. The geopolymerization can be improved with higher in microwave energy and curing time. Then, compressive strength is about 10 Mpa with energy 400W on 10 minutes curing.

Từ khóa — Tro bay, hoạt hóa, bê tông geopolymer, cường độ, fly ash, activation.

1. Sự cần thiết của đề tài

Biến đổi khí hậu hiện nay không còn là vấn đề trên diễn đàn học thuật mà đã trở thành một thách thức toàn cầu và đang là một nhiệm vụ cấp thiết đối với Việt Nam. Hội đồng Công trình xanh thế giới (WGBC) đã xây dựng tầm nhìn đến năm 2030 về công trình xanh, nhấn mạnh mục tiêu carbon vận hành bằng không và giảm 40% carbon hàm

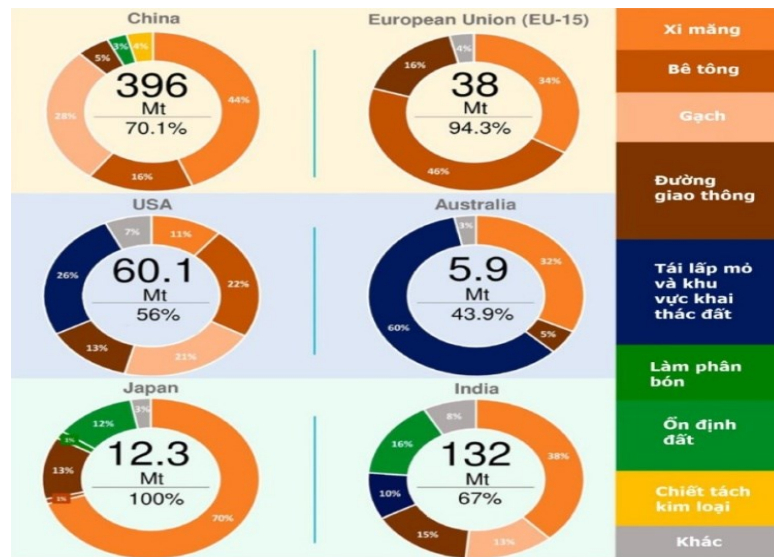
chứa. Đến 2050, mục tiêu là có các công trình với carbon vận hành và hàm chứa bằng không. Chính phủ Việt Nam cũng đã ban hành Nghị định số 06/2022/NĐ-CP về việc giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-zon [2]. Điều này chứng tỏ sự cam kết và quyết tâm của ngành trong việc giảm khí thải và ứng phó với biến đổi khí hậu.



Hình 1. Mô hình phát thải môi trường tiến đến Net-Zero carbon

Trên thế giới, các quốc gia phát triển luôn khuyến khích sử dụng tro bay từ nhà máy nhiệt điện trong nhiều công trình khác nhau hướng đến giảm phát thải cacbon. Về

mục đích khai thác, sử dụng, tro bay chủ yếu được các nước này dùng như nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng, đặc biệt là để sản xuất các sản phẩm xi măng (xi măng và bê tông).



Hình 2. Ứng dụng tro bay trong nhiều lĩnh vực trên thế giới

Giải pháp bê tông xanh là thuật ngữ chỉ loại bê tông được thiết kế nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và tăng tính bền vững của đối tượng xây dựng. Một trong những loại chất thải vừa được nghiên cứu, ứng dụng thành công để chế tạo bê tông xanh là tro bay. Thay thế xi măng với hàm lượng cao trong sản xuất bê tông, tro bay giúp giảm bớt nhu cầu về xi măng trong xây dựng, khi mà quá trình sản xuất xi măng đang gây ô nhiễm ngày càng trầm trọng cho môi trường [4; 5].

Tác giả Das (2009) đã nghiên cứu và nhận định phương pháp dùng năng lượng microwave đang nổi lên như một phương pháp thiêu kết cải tiến cho nhiều vật liệu truyền thống từ đất sét cũng như vật liệu tổng hợp polyme và polyme. Nghiên cứu đã xử lý các vật liệu vô định hình bằng cách gia nhiệt bằng microwave. Bên cạnh đó, người ta đã nỗ lực nghiên cứu đặc tính gia nhiệt của vật liệu trong điện trường và từ trường ở tần số microwave.

Tác giả Somaratna và cộng sự (2010) nghiên cứu và cho thấy rằng gia nhiệt thể tích được cung cấp bởi phương pháp xử lý bằng

microwave giúp phát triển đặc tính nhanh hơn so với phương pháp xử lý bằng nhiệt thông thường. Tác giả Cheng và cộng sự (2022) nghiên cứu sự khác biệt về thông số quá trình và cơ chế thiêu kết giữa thiêu kết microwave và thiêu kết thông thường cho thấy việc sử dụng năng lượng microwave có khả năng thúc đẩy các phản ứng đồng đều và hiệu quả hơn.

Nghiên cứu này sử dụng tro bay làm vật liệu alumino - silicate để hoạt hóa với môi trường dung dịch kiềm nhằm tạo cường độ cho bê tông geopolymere. Quá trình hoạt hóa được thực nghiệm bằng các mức năng lượng microwave khác nhau và thời gian dưỡng hộ khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng đến quá trình geopolymere hóa.

2. Nguyên vật liệu và phương pháp thực nghiệm

2.1. Nguyên vật liệu

- Tro bay được tái sử dụng từ các nhà máy nhiệt điện có khối lượng riêng là 2,5 g/cm³ và độ mịn thỏa điều kiện 94% lọt qua cỡ sàng 0,08 mm. Thành phần hóa trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa của tro bay

Thành phần	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	SO ₃	MKN
%	53,5	34,8	4,1	1,2	0,3	0,83	0,25	8,87

- Đá được sử dụng có D_{max} 20 mm, khối lượng riêng 2,72 g/cm³, khối lượng thể tích 1,62 g/cm³.

- Cát được sử dụng là cát sông, có khối lượng riêng 2,61 g/cm³, khối lượng thể tích 1,45 g/cm³. Mô đun độ lớn 1,8.

- Dung dịch hoạt hóa dùng để tạo phản ứng kết dính vật liệu hỗn hợp chính là dung dịch Natri silicate (Na_2SiO_3) và dung dịch Natri hydroxide (NaOH). Trong dung dịch sodium silicate thì tỷ lệ $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 3,2$.

2.2. Thành phần cấp phối và phương pháp thực nghiệm

Nhào trộn khô các thành phần nguyên liệu sau khi định lượng như đá, cát, tro bay trong vòng 2 phút bằng máy trộn. Dung dịch sodium hydroxit được pha trộn theo tỷ lệ 10 mol/lít bằng cách sử dụng nguyên liệu khô pha với nước và để nguội đến nhiệt độ phòng trong 24 giờ. Hỗn hợp dung dịch hoạt hóa

bao gồm Natri silicate và Sodium hydroxide được định lượng theo tỷ lệ 1-1 và pha trộn để tạo thành dung dịch. Sau đó dung dịch hoạt hóa được cho vào hỗn hợp bê tông đã trộn khô và nhào trộn ướt, quá trình nhào trộn ướt trong khoảng 3 phút bằng máy trộn. Bê tông được chế tạo có cấp độ bền thiết kế B25 theo TCVN 5574:2018. Tro bay được dùng làm nguyên liệu chính cho quá trình hoạt hóa geopolymer với khối lượng 300 kg/m^3 . Dung dịch hoạt hóa geopolymer được thay đổi với tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay lần lượt là 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 và 1 theo khối lượng. Thành phần cấp phối của bê tông được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần cấp phối bê tông geopolymer

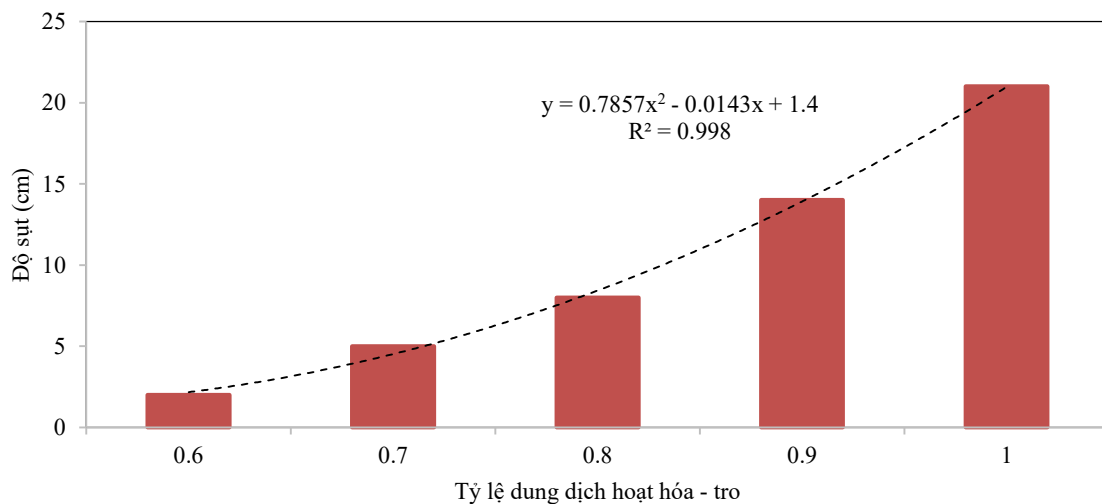
Cấp phối	Tỷ lệ dung dịch/tro	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Dung dịch (lít)
A1	0,6	300	840	1130	180
A2	0,7	300	810	1130	210
A3	0,8	300	780	1130	240
A4	0,9	300	750	1130	270
A5	1	300	720	1130	300

Hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn theo thành phần cấp phối sẽ được xác định độ sụt và tạo mẫu trong khuôn. Bê tông geopolymer được dưỡng hộ thiết bị microwave sử dụng các mức năng lượng trung bình (100 W); mức năng lượng trung bình cao (200 W); mức năng lượng cao (400 W). Thời gian

dưỡng hộ lần lượt là 3 phút, 5 phút, 10 phút. Bê tông geopolymer sẽ được xác định cường độ nén theo TCVN 3118-2022.

3. Kết quả thực nghiệm và đánh giá

3.1. Ảnh hưởng dung dịch hoạt hóa đến độ linh động của hỗn hợp bê tông

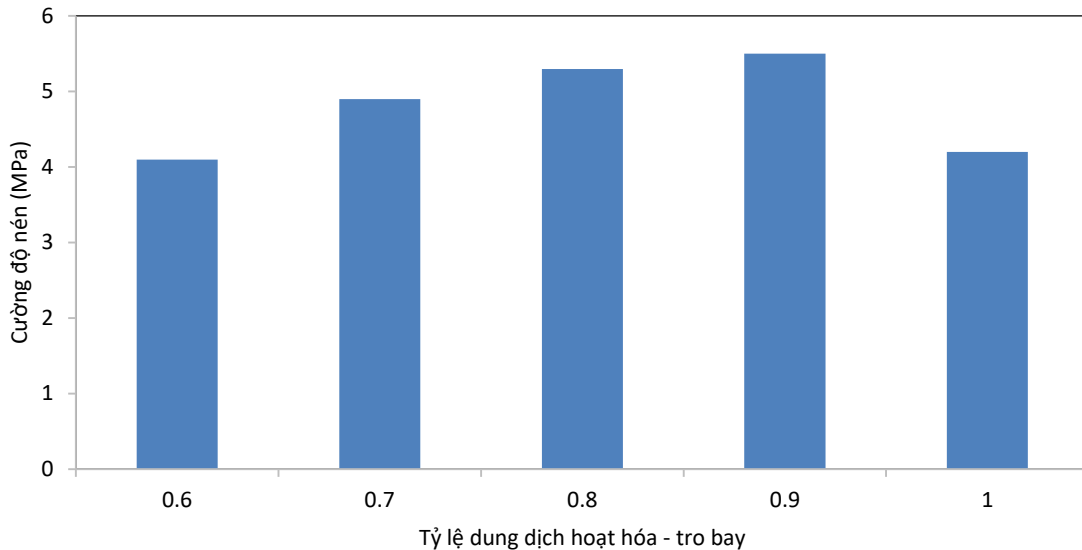


Hình 3. Mối quan hệ giữa dung dịch hoạt hóa và độ sụt hỗn hợp bê tông

Kết quả thực nghiệm hình 3, khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0.6 thì độ sụt đạt 2 cm. Khi tăng tỷ lệ dung dịch hoạt hóa trong cấp phối thì độ dẻo của hỗn hợp bê tông có xu hướng tăng dần. Khi tỷ lệ dung dịch tăng từ 0.6 đến 1 theo khối lượng tro bay thì độ sụt tăng khoảng 10 lần và đạt đến 21 cm. Do đó

độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng tro bay và dung dịch hoạt hóa có xu hướng tăng tuyến tính với tỷ lệ dung dịch sử dụng.

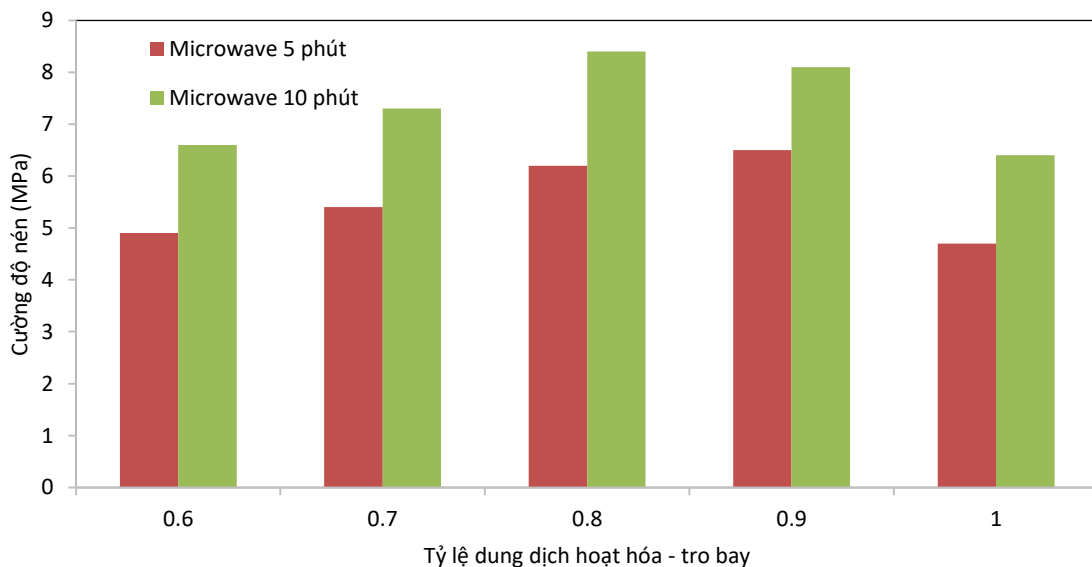
3.2. Ảnh hưởng của năng lượng microwave và thời gian đến khả năng hoạt hóa



Hình 4. Mối quan hệ giữa dung dịch hoạt hóa và năng lượng microwave 100W trong 3 phút

Kết quả thực nghiệm trên hình 4 cho thấy khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0.6 trong môi trường dưỡng hộ bằng sóng microwave với khoảng thời gian 3 phút thì cường độ của bê tông đạt 4,1 MPa. Khi tăng tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay từ 0.6 đến 0.9 thì cường độ có xu hướng tăng dần đến 5,5 MPa. Ở tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 1 thì cường độ của bê tông có xu hướng giảm

đến 20%. Điều này cho thấy tro bay chứa các thành phần aluminosilicate có khả năng hoạt hóa tạo cường độ trong môi trường năng lượng sóng microwave, quá trình này có xu hướng tăng cường các chuỗi polymer do cường độ tăng dần theo hàm lượng dung dịch kiềm. Khi dung dịch kiềm vượt quá khả năng hoạt hóa thì cường độ của bê tông có xu hướng giảm.

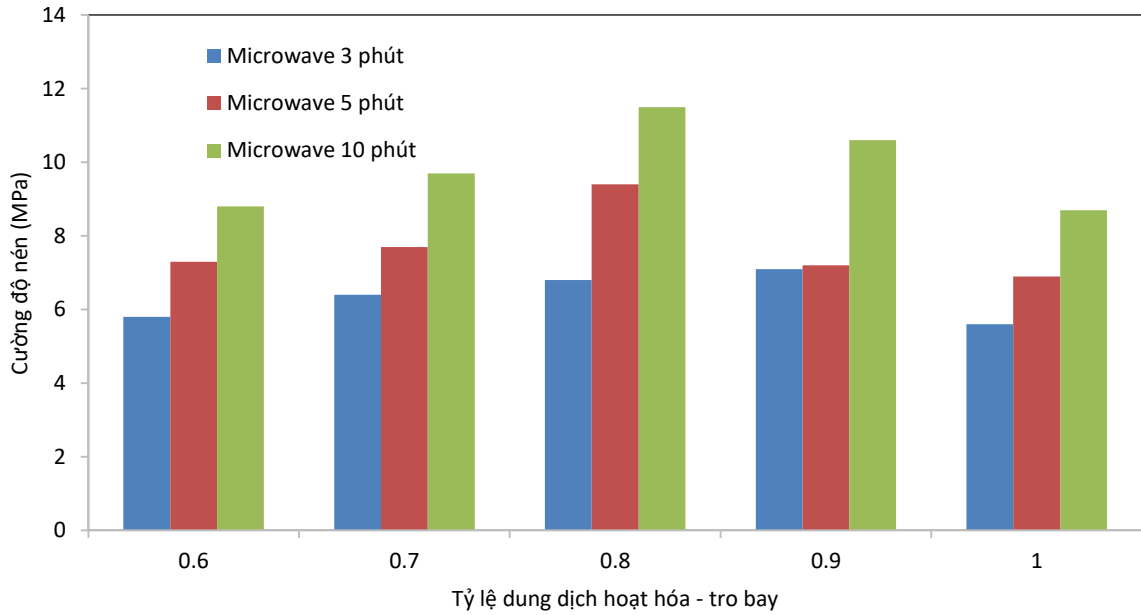


Hình 5. Mối quan hệ giữa dung dịch hoạt hóa và năng lượng microwave 100W trong 5 và 10 phút

Khi sử dụng thực nghiệm với thời gian dưỡng hộ kéo dài thì cường độ bê tông có xu hướng được cải thiện. Hình 5 cho thấy cường độ bê tông đạt đến 4,9 và 6,6 MPa với tỷ lệ dung dịch hoạt hóa 0,6 tăng hơn 20% khi kéo dài thời gian dưỡng hộ microwave đến 5 và 10 phút. Khi tăng dần hàm lượng dung dịch hoạt hóa đến 0,7 và 0,8 so với tro bay thì

cường độ hoạt hóa đều có xu hướng tăng dần đến 30% khi dùng 5 và 10 phút. Khi hàm lượng dung dịch tăng đến 0,9 và 1 với tro bay thì cường độ hoạt hóa lại có xu hướng giảm. Kết quả này cho thấy khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay trong bê tông geopolymer ở mức 0.8 là phù hợp với điều kiện dưỡng hộ bằng sóng microwave 100 W.

3.3. Ảnh hưởng năng lượng microwave khác nhau đến quá trình hoạt hóa

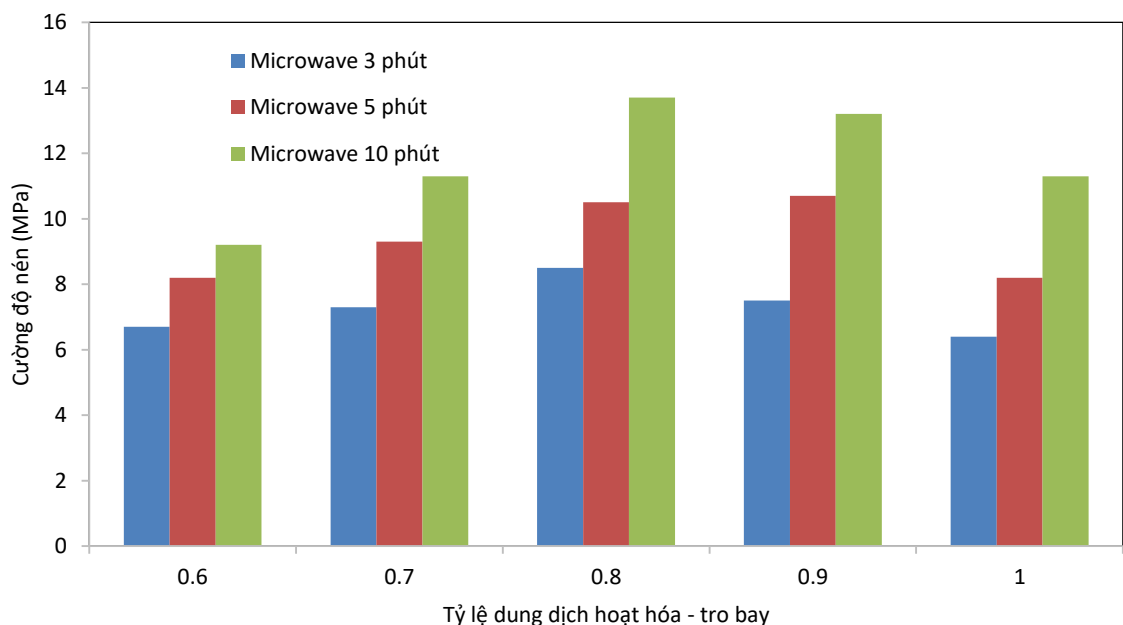


Hình 6. Mối quan hệ giữa dung dịch hoạt hóa và năng lượng microwave 200W

Hình 6 cho thấy khi tăng tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay từ 0.6 đến 0.8 thì cường độ có xu hướng tăng dần ở hầu hết cả các mốc thời gian dưỡng hộ. Khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0.9 thì cường độ của bê tông chỉ tăng ở mốc thời gian 3 phút so với tỷ lệ dung dịch trước đó, còn các thời gian khác thì đều giảm. Ở tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 1 thì cường độ của bê tông chỉ đạt xấp xỉ với tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0.6. Kết quả này cho thấy khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay trong bê tông geopolymer ở mức 0.8

là phù hợp với điều kiện dưỡng hộ bằng sóng microwave 200 W.

Khi tăng tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay từ 0.6 đến 0.8 thì cường độ có xu hướng tăng dần ở hầu hết cả các mốc thời gian dưỡng hộ như trên hình 7. Khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0,9 thì cường độ của bê tông chỉ tăng ở mốc thời gian 5 phút so với tỷ lệ dung dịch trước đó nhưng giá trị tăng không nhiều, còn các mốc thời gian khác thì đều giảm.



Hình 7 Mối quan hệ giữa dung dịch hoạt hóa và năng lượng microwave 400W

Ở tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 1 thì cường độ của bê tông chỉ đạt xấp xỉ với tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0,6. Kết quả này cho thấy khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay trong bê tông geopolimer ở mức 0,8 là phù hợp với điều kiện dưỡng hộ bằng sóng microwave 400 W, cường độ của bê tông đạt cấp độ bền B10.

4. Kết luận

Nghiên cứu sử dụng tro bay phế thải của các nhà máy nhiệt điện dùng thay thế xỉ măng trong bê tông kết hợp với dung dịch hoạt hóa, được dưỡng hộ trong môi trường microwave với thời gian dưỡng hộ khác nhau đạt được các kết quả sau:

- Độ sụt của bê tông geopolimer có xu hướng tăng tuyến tính với tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay. Khi tỷ lệ dung dịch hoạt hóa - tro bay 0.6 thì khả năng linh động của hỗn hợp bê tông rất thấp. Khi tỷ lệ dung dịch - tro bay thay đổi từ 0.6 đến 1 theo khối lượng thì khả năng linh động của hỗn hợp được tăng cường đến 5-6 lần.

- Cường độ của bê tông geopolimer đạt khoảng 5 MPa với năng lượng microwave 100W trong thời gian 3 phút. Khi thực nghiệm tăng thời gian dưỡng hộ lên 5 và 10 phút thì cường độ bê tông có xu hướng cải thiện 15 đến 30%, và đạt đến gần 9 MPa.

- Khi tăng mức năng lượng microwave lên 200 W với thời gian dưỡng hộ 3 phút thì cường độ của bê tông geopolimer đạt gần 7 MPa. Khi thực nghiệm tăng thời gian trong microwave lên 5 và 10 phút thì cường độ bê tông cũng có xu hướng tăng tuyến tính, và có thể đạt gần 12 MPa.

Khi tăng mức năng lượng sóng microwave lên 400 W với thời gian dưỡng hộ 3 phút thì cường độ của bê tông geopolimer

đạt 8.5 MPa. Khi thực nghiệm tăng thời gian trong microwave lên 5 và 10 phút thì cường độ bê tông cũng có xu hướng tăng tuyến tính, và có thể đạt đến cấp độ bền B10. Các cấp phối cho thấy tỷ lệ dung dịch - tro bay là 0.8.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Green Building Council (2023) *Whole Life Carbon Vision*. Truy cập tại: <https://worldgbc.org/advancingnet-zero/whole-life-carbon-vision>.
- [2] Chính Phủ (2022). *Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022 của Chính phủ “Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn”*.
- [3] Bê tông xanh (2019). *giải pháp cho xây dựng bền vững*. Nguồn truy cập tại: <https://thongke.cesti.gov.vn/an-pham-thong-ke/thong-tin-chuyen-de-khoa-hoc-cong-nghe-va-doi-moi-sang-tao/1134-be-tong-xanh-giai-phap-xay-dung-ben-vung>.
- [4] J. Davidovits (2008). *Geopolymer Chemistry and Applications*. Institut, Géopolymère.
- [5] Xu, H. & Van Deventer, J. S. J. (2000), The Geopolymerisation of Alumino-Silicate Minerals. *International Journal of Mineral Processing*, No. 59, pp.247-266.
- [6] S. Das (2009), Prospects of microwave processing- an overview, *Bull. Mater. Sci.*, 32 (1), pp. 1-13.
- [7] J. Somaratna, D. Ravikumar & N. Neithalath (2010), Response of alkali activated fly ash mortars to microwave curing, *Cement Concr. Res.*, 40 (12), pp. 1688-1696.
- [8] J. Cheng et al. (2022) The advantages of microwave in using engineering spoil to sinter bricks, *J. Build. Eng.*, Vol. 57, pp. 104940.

Ngày nhận bài: 30/1/2024

Ngày phản biện: 29/8/2024

Ngày duyệt đăng: 25/9/2024