NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ CHẤT THẢI CÔNG NGHIỆP ĐẾN CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG GEOPOLYMER

STUDY THE EFFECT OF SOME INDUSTRIAL WASTES ON GEOPOLYMER CONCRETE STRENGTH

NGUYỄN TRỌNG NAM[1], PHAN ĐỨC HÙNG[2]
[1]Học viên cao học, Khoa Xây dựng, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM
[2]Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

Tóm tắt: Nghiên cứu này sử dụng nguồn nguyên vật liệu là chất thải từ các ngành công nghiệp khác nhau như: tro bay, bùn đỏ, xỉ thép và RFCC dầu khí để sản suất bê tông Geopolymer. Sản phẩm tạo ra vừa có thể tận dụng tốt nguồn chất thải từ các ngành công nghiệp góp phần hạn chế ô nhiễm môi trường do các chất thải công nghiệp và khí thải từ quá trình sản xuất xi măng gây ra. Qua đó tìm ra ảnh hưởng của các chất thải nói trên đến cường độ bê tông Geopolymer. Sau khi so sánh các kết quả thu được với mẫu đối chứng sử dụng 100% tro bay, nghiên cứu cho thấy khi tăng tỷ lệ bùn đỏ và xỉ thép thì cường độ bê tông Geopolymer có chiều hướng giảm, đặc biệt giảm rõ rệt khi có yếu tố bùn đỏ. Bên cạnh đó, cường độ bê tông Geopolymer sẽ tăng đáng kể khi sử dụng phế thải RFCC dầu khí.

Từ khóa: Geopolymer, Bê tông Geopolymer, Tro bay, Bùn đỏ, Xỉ thép, RFCC dầu khí.

Abstract: This research utilizes materials that are waste from various industries such as fly ash, red mud, steel slag and RFCC to produce Geopolymer concrete. The product can make good use of waste from industries that contribute to limiting environmental pollution caused by industrial wastes and emissions from cement production. Thereby, the effect of the above wastes on the compressive strength of Geopolymer concrete was investigated. After comparing the results with the control sample using 100% fly ash, the study showed that when increasing the rate of red mud and steel slag, the strength of Geopolymer concrete tends to decrease, especially markedly decreases when have red mud. In addition, the strength of Geopolymer concrete will increase significantly when using RFCC.

Key words: Geopolymer, Geopolymer concrete, Fly ash, Red mud, Steel slag, RFCC.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Đồng hành với đóng góp về mặt kinh tế thì chất thải rắn, nước thải, khí thải…từ các ngành công nghiệp cũng chính là nguyên nhân dẫn đến tình trạng ô nhiễm môi trường như hiện nay. Một số nhóm ngành có mức độ gây ô nhiễm lớn như công nghiệp chế biến lương thực, thực phẩm, khai thác khoáng sản, công nghiệp hàn đóng vỏ tàu, khai thác, vận chuyển, chế biến dầu khí... đặc biệt là các nhà máy nhiệt điện sử dụng than và ngành công nghiệp sản xuất xi măng Portland.

Các vấn đề nói trên đã thúc đẩy nhiều nghiên cứu khác nhau nhằm giảm lượng khí CO_2 và tái sử dụng nguồn chất thải từ các ngành công nghiệp. Từ việc sử dụng các CTR công nghiệp làm vật liệu thay thế OPC để phát triển một chất kết dính mới nhằm làm giảm việc sử dụng OPC trong ngành xây dựng. Geopolymer là vật liệu thay thế OPC, được tổng hợp bằng cách kết hợp các nguyên liệu nguồn giàu aluminosilicate với các dung dịch kiềm mạnh và silicat hòa tan.

Khái niệm "Geopolymer" được đưa ra vào những năm 1970 bởi nhà khoa học Pháp giáo sư Joseph Davidovits. Đây là một loại vật liệu rắn được tổng hợp nhờ phản ứng hóa học giữa aluminosilicate dạng bột với dung dịch alkali. Vật liệualuminosilicate được sử dụng là những nguyên liệu có chứa các oxit của silic, nhôm [1]. Bê tông Geopolymer được biết đến như một loại vật liệu xanh, thân thiện với môi trường, trong tương lai có thể được dùng để thay thế bê tông sử dụng xi măng Portland thông thường (OPC).

So với bê tông sử dụng xi măng Portland thông thường thì bê tông Geopolymer không những góp phần làm giảm phát thải khí nhà kính mà còn có thể tận dụng một số chất thải công nghiệp để sản xuất loại bê tông này. Điều đó đã thúc đẩy nhiều nghiên cứu khác nhau góp phần đưa bê tông Geopolymer vào ứng dụng thực tiễn và trở thành vật liệu được sử dụng rộng rãi.

Bài báo này là sự tiếp nối của các công trình nghiên cứu trước nhằm tìm hiểu rõ hơn các nguyên vật liệu có thể dùng để chế tạo bê tông Geopolymer, đặc biệt là các chất thải công nghiệp. Trọng tâm của nghiên cứu xoay quanh việc so sánh ảnh hưởng của các chất thải công nghiệp khác nhau như: tro bay, bùn đỏ dạng khô, xỉ thép và xúc tác thải dầu khí (RFCC) đến cường độ của bê tông Geopolymer.

Nội dung của luận văn này tiến hành nghiên cứu thực nghiệm các mẫu bê tông Geopolymer sử dụng các chất thải công nghiệp khác nhau thay thế cho 20% khối lượng tro bay. Kết quả thực nghiệm được tính toán trên cơ sở TCVN 3118: 1993 [2] sẽ so sánh với kết quả của tổ mẫu đối chứng có thành phần là 100% tro bay, nhằm tìm ra ảnh hưởng của mỗi loại chất thải công nghiệp đến cường độ bê tông Geopolymer.

Bên cạnh đó, các tính chất ảnh hưởng đến cường độ như: thời gian dưỡng hộ, nồng độ Mol NaOH, tỷ lệ TTL/NaOH cũng được xét đến để thấy rõ hơn tính chất của bê tông Geopolymer khi sử dụng các loại chất thải công nghiệp khác nhau.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

2.1. Tro bay

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ nguồn nhà máy nhiệt điện Formosa, là tro bay loại F có hàm lượng CaO ít hơn 6% theo tiêu chuẩn ASTM C618 [3]. Thành phần hóa học của tro bay được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay

Oxit	Hàm lượng (%)
SiO_2	51.7
Al_2O_3	31.9
Fe_2O_3	3.48
CaO	1.21
K_2O và Na_2O	1.02
MgO	0.81
SO_3	0.25
MKN	9.63

2.2. Bùn đỏ

Bùn đỏ sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ nhà máy của Cty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng tại thị trấn Lộc Thắng, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng. Sau khi sấy khô, bùn đỏ sẽ được tán nhuyễn và sàng qua mắt sàng 0.3mm như (Hình 1).

Hình 1: Bùn đỏ sử dụng trong thí nghiệm

Thành phần hóa học của bùn đỏ được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học của bùn đỏ

Oxit	Hàm lượng (%)
SiO_2	8.47
Al_2O_3	27.67
Fe_2O_3	36.28
CaO	0.06
TiO_2	5.39
SO_3	0.22
MnO	0.05
K_2O	0.02
MKN	20.33

2.3. Xỉ thép

Xỉ thép sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ các nhà máy luyện thép trong khu công nghiệp Phú Mỹ 1, Huyện Tân Thành, Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Thành phần hóa học của xỉ thép được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học của xỉ thép

Oxit	Hàm lượng (%)
SiO_2	23.11
Al_2O_3	12.52
Fe_2O_3	22.55

CaO	26.99
K_2O	2.37
Na_2O	2.56
MgO	3.77
SO_3	0.30
MKN	5.83

2.4. RFCC dầu khí

Phế thải xúc tác được dùng từ nguồn nhà máy lọc dầu Dung Quất, có thành phần hạt trung bình từ 60-88 µm [4]. Thành phần hóa của RFCC được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Thành phần hóa học của RFCC

Oxit	Hàm lượng (%)
SiO_2	55
Al_2O_3	39
Fe_2O_3	0.38
CaO	0.5
K_2O và Na_2O	0.21
MgO	-
SO_3	<1
MKN	-

2.5. Đá dăm

Đá dăm được khai thác từ mỏ đá Tân Đồng Hiệp, xã Tân Đông Hiệp, huyện Dĩ An, Bình Dương. Cỡ hạt đá lớn nhất Dmax = 20 mm, khối lượng riêng 2700 kg/cm^3, khối lượng thể tích 1510kg/cm^3.

2.6. Cát

Cát sử dụng cho bê tông Geopolymer đáp ứng theo TCVN 7572 [5]. Cát có khối lượng riêng là 2610kg/m^3, khối lượng thể tích là 1450kg/m^3.

2.7. Dung dịch hoạt hóa

Dung dịch hoạt hóa là sự kết hợp giữa sodium silicate và sodium hydroxide. Sodium silicate có tổng hàm lượng Na_2O và SiO_2 dao động từ 36 đến 38 %, tỷ trọng 1.42 ± 0.01 g/ml. Dung dịch sodium hydroxide được tạo thành từ thành phần rắn có độ tinh khiết trên 90%, khối lượng riêng 2.130 g/cm^3 được hòa tan với nước để tạo nồng độ 14Mol và 16Mol.

2.8. Nước

Nước được sử dụng trong thí nghiệm là nước thủy cục và xác định theo TCVN 4560: 2012 [6].

2.9. Phương pháp thực nghiệm

Thực nghiệm trên các mẫu bê tông Geopolymer sử dụng các chất thải công nghiệp khác nhau thay thế dần cho 20% khối lượng tro bay trong cấp phối đối chứng. Các nhóm cấp phối chính bao gồm: nhóm cấp phối A (100% tro bay), nhóm cấp phối B (20% bùn đỏ), nhóm cấp phối C (20% xỉ thép), nhóm cấp phối D (20% RFCC), nhóm cấp phối E (20% bùn đỏ, 20% xỉ thép), nhóm cấp phối F (20% xỉ thép, 20% RFCC).

Đồng thời thay đổi tỷ lệ sodium silicat - sodium hydroxit lần lượt là 1-2 và 1-3, kết hợp thay đổi nồng độ sodium hydroxide 14 Mol, 16 Mol và thay đổi thời gian dưỡng hộ nhiệt (dưỡng hộ ở 90°C) 8 giờ và 12 giờ.

Thành phần cấp phối nhóm mẫu đối chứng A1-A4 được trình bày trong bảng 5. Cường độ chịu nén của vật liệu được xác định theo TCVN 3118: 1993 [2]

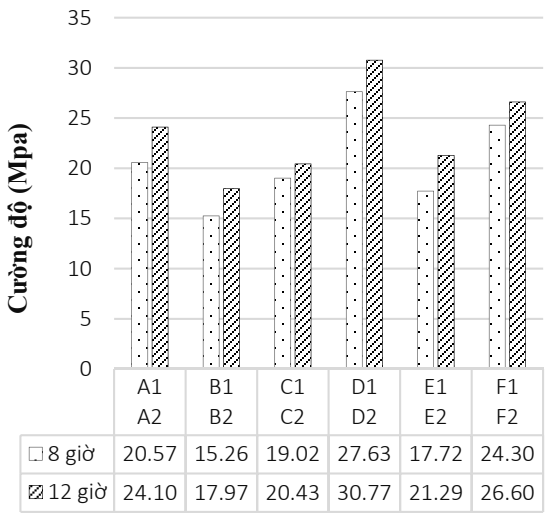
Bảng 5: Cấp phối bê tông Geopolymer cho nhóm tổ mẫu đối chứng A1-A4 (1m^3).

Tổ mẫu	A1	A2	A3	A4
Đá (kg)	1079	1079	1079	1079
Cát (kg)	593	593	593	593
Tro bay (kg)	418	418	418	418
NaOH 14M (kg)	86.67	86.67	65.00	65.00
TTL (kg)	173.3	173.3	195.0	195.0
Tỷ lệ TTL/NaOH	2	2	3	3
Thời gian dưỡng hộ (giờ)	8	12	8	12

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ nhiệt đến cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer sử dụng chất thải công nghiệp.

Ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ nhiệt đến cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer sử dụng các chất thải công nghiệp được khảo sát bằng sự thay đổi thời gian dưỡng hộ giữa 8 giờ và 12 giờ (ở cùng nhiệt độ 90°C). Kết quả thực nghiệm điển hình được trình bày trong (Hình 2).

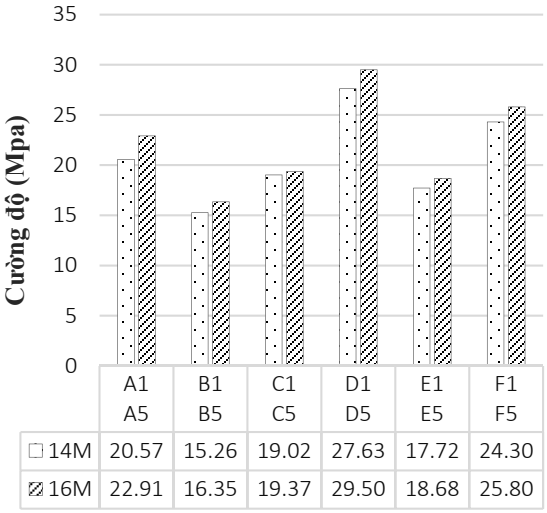


Hình 2: Ảnh hưởng của thời gian dưỡng hộ đến cường độ bê tông Geopolymer.

Cường độ bê tông Geopolymer sử dụng chất thải công nghiệp tăng khi tăng thời gian dưỡng hộ nhiệt. Vì khi tăng thời gian dưỡng hộ nhiệt thì các phản ứng trùng ngưng trong quá trình Geopolymer hóa xảy ra triệt để hơn. Bên cạnh đó, lượng hơi nước trong bê tông thoát ra nhiều hơn, làm cho mẫu đặc chắc và đạt cường độ chịu nén cao [7][8]. Tính chất này cũng giống với tính chất của bê tông Geopolymer sử dụng 100% tro bay.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ mol dung dịch NaOH đến cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer sử dụng chất thải công nghiệp.

Sự thay đổi cường độ chịu nén khi thay đổi nồng độ mol NaOH được thể hiện trong (Hình 3):

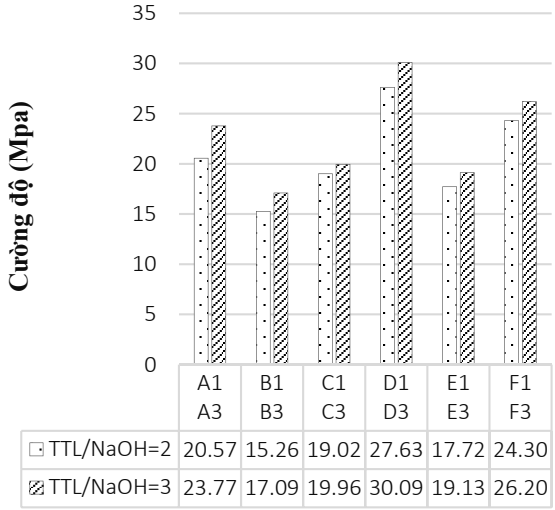


Hình 3: Ảnh hưởng của nồng độ mol dd NaOH đến cường độ bê tông Geopolymer.

Khi tăng nồng độ NaOH, cường độ chịu nén của các mẫu bê tông Geopolymer sử dụng hỗn hợp chất thải công nghiệp cũng gia tăng theo. Tuy nhiên khả năng phát triển cường độ của các mẫu khác nhau, do cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer còn phụ thuộc vào các yếu tố như thời gian dưỡng hộ, tỷ lệ TTL/NaOH và đặc tính thành phần của bê tông.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ TTL/NaOH đến cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer sử dụng phụ phẩm công nghiệp.

Khảo sát sự thay đổi cường độ chịu nén của các mẫu bê tông sử dụng hỗn hợp phụ phẩm công nghiệp bằng cách thay đổi tỷ lệ TTL/NaOH lần lượt là 2 và 3. Kết quả thực nghiệm được trình bày trong (Hình 4).



Hình 4: Ảnh hưởng của tỷ lệ TTL/NaOH đến cường độ bê tông Geopolymer.

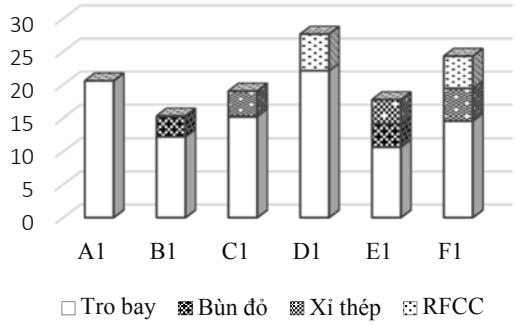
Khi thay đổi tỷ lệ TTL/NaOH cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer cũng thay đổi và đồng biến. Cấp phối có tỷ lệ TTL/NaOH càng cao thì cường độ chịu nén càng cao.

Tuy nhiên có sự chênh lệch đáng kể về việc phát triển cường độ giữa cấp phối có thành phần chất thải CN khác nhau. Ở cấp phối D (tro bay 80% và RFCC 20%) khả năng gia tăng cường độ ổn định dao động từ 7% đến 9% khi nồng độ NaOH là 14M và từ 9-13% khi nồng độ NaOH 16M. Cấp phối E lại có sự phát triển cường độ nhảy vọt (60% tro bay, 20% bùn đỏ và 20% xỉ thép) dao đồng từ 8% đến 15% khi nồng độ NaOH là 14M và từ 9-35% khi nồng độ NaOH 16M.

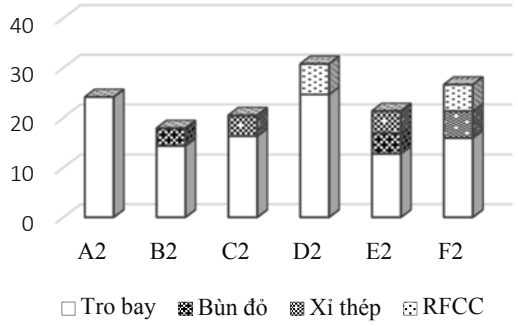
3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ thành phần phụ phẩm công nghiệp đến cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer trong cùng thời gian dưỡng hộ nhiệt, cùng nồng độ NaOH và cùng tỷ lệ TTL/NaOH.

Đây là mục tiêu nghiên cứu chính của bài báo. Ảnh hưởng của chất thải công nghiệp đến cường độ bê tông Geopolymer được khảo sát bằng cách thay đổi tỷ lệ thành phần hỗn hợp các chất thải công nghiệp.

Kết quả thực nghiệm được trinh bày trong (Hình 5,6,7,8,9,10,11,12).

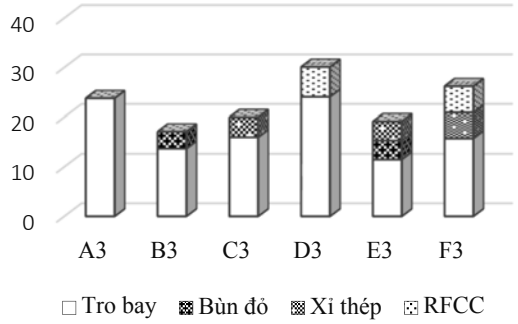


Hình 5: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 8 giờ, sử dụng NaOH 14M và tỷ lệ TTL/NaOH = 2 (MPa).

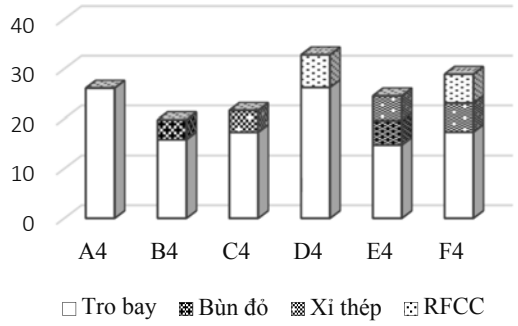


Hình 6: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 12 giờ, sử dụng NaOH 14M và tỷ lệ TTL/NaOH = 2 (MPa).

Các cấp phối khi có thành phần bùn đỏ thì cường độ chịu nén đều thấp hơn cấp phối đối chứng A từ 12% đến 25% và ở các cấp phối có thành phần là xỉ thép thì cường độ thấp hơn cấp phối A từ 12% đến 15%.

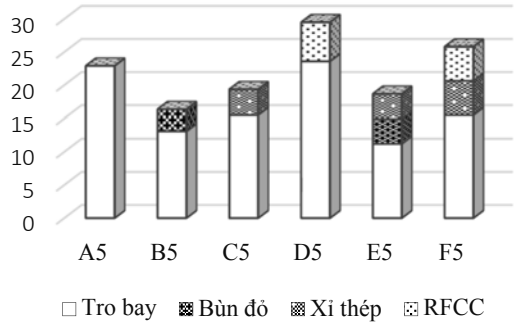


Hình 7: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 8 giờ, sử dụng NaOH 14M và tỷ lệ TTL/NaOH = 3 (MPa).



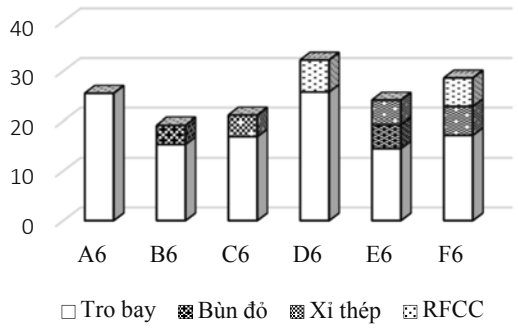
Hình 8: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 12 giờ, sử dụng NaOH 14M và tỷ lệ TTL/NaOH = 3 (MPa).

Có thể nhận thấy rằng ở cấp phối D4 và F4 có thành phần là RFCC thì cường độ chịu nén của các mẫu đều cao hơn so với cấp phối đối chứng A4 từ 11% đến 26%.

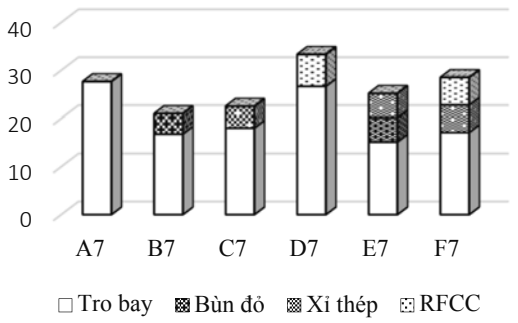


Hình 9: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 8 giờ, sử dụng NaOH 16M và tỷ lệ TTL/NaOH = 2 (MPa).

Từ các kết quả trên có thể nhận thấy các cấp phối D (20% RFCC) luôn có cường độ lớn nhất và cao hơn cấp phối đối chứng từ 18% đến 34%, tiếp đến là cấp phối F (20% xỉ thép và 20% RFCC) từ 3% đến 18%.

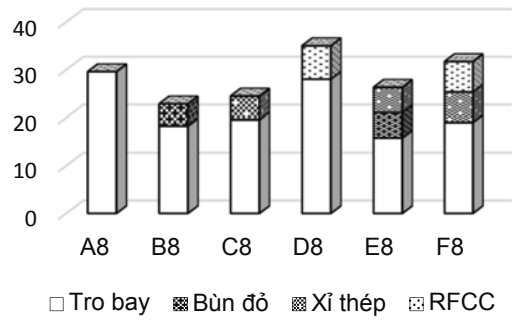


Hình 10: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 12 giờ, sử dụng NaOH 16M và tỷ lệ TTL/NaOH = 2 (MPa).



Hình 11: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 8 giờ, sử dụng NaOH 16M và tỷ lệ TTL/NaOH = 3 (MPa).

Cấp phối E luôn có cường độ thấp hơn cấp phối đối chứng A từ 5% đến 20%, cấp phối B thấp hơn cấp phối A từ 23% đến 29%, cấp phối C thấp hơn cấp phối A từ 8% đến 19%. Có thể lý giải điều này như sau: bùn đỏ và xỉ thép sử dụng trong thí nghiệm tuy đã được sàng qua mắt sàng 0.3 mm nhưng kích thước hạt vẫn lớn hơn tro bay (1µm đến 20µm). Chính vì vậy khả năng phản ứng của bùn đỏ và xỉ thép trong quá trình kiềm hoạt hóa vật liệu alumino-silicate thấp hơn so với tro bay.



Hình 12: Cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer khi dưỡng hộ nhiệt 12 giờ, sử dụng NaOH 16M và tỷ lệ TTL/NaOH = 3 (MPa).

Trong cùng điều kiện dưỡng hộ nhiệt, cùng nồng độ NaOH, cùng tỷ lệ TTL/NaOH các cấp phối có chứa RFCC đều có cường độ cao hơn cấp phối đối chứng A. Cấp phối luôn có cường độ cao hơn cấp phối A từ 18% đến 34%. Cấp phối cũng có cường độ cao hơn cấp phối A (100% tro bay) từ 3% đến 18%. Vì hàm lượng SiO_2 (55%) và Al_2O_3 (39%) chứa trong RFCC cao hơn tro bay (SiO_2 là 51.7% và Al_2O_3 là 31.9%) nên RFCC sẽ cung cấp một hàm lượng đáng kể Silic và Al trong quá trình bẻ gãy các liên kết cộng hóa trị Si-O-Si và Al-O-Si khi nồng độ pH trong dung dịch kiềm tăng cao. Những nguyên tố này sẽ chuyển sang hệ keo, xảy ra sự tích tụ các sản phẩm bị phá hủy cũng như các phản ứng nội tại của chúng. Từ đó tạo ra một cấu trúc ổn định thấp và cuối cùng là quá trình tạo nên cấu trúc đông đặc và hình thành cường độ tốt hơn [9].

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số chất thải công nghiệp đến cường độ bê tông Geopolymer đạt được các kết quả như sau:

- Khi tăng tỷ lệ bùn đỏ trong thành phần thì cường độ bê tông Geopolymer giảm rõ rệt so với bê tông Geopolymer sử dụng 100% tro bay.
- Bê tông Geopolymer có chứa thành phần xỉ thép cường độ cũng giảm so với bê tông Geopolymer sử dụng 100% tro bay, tuy nhiên mức độ giảm vẫn ít hơn so với sử dụng bùn đỏ.
- Bê tông Geopolymer sử dụng các phụ phẩm công nghiệp đạt cường độ chịu nén tối ưu khi tăng hàm lượng RFCC trong cấp phối.

Ngoài ra tính chất cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer sử dụng hỗn hợp các chất thải công nghiệp không thay đổi so với bê tông Geopolymer sử dụng 100% tro bay. Khi tăng thời gian dưỡng hộ nhiệt, tăng nồng độ mol NaOH và tăng tỷ lệ TTL/NaOH thì cường độ chịu nén của bê tông cũng tăng.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] J.Davidovits. Process for the fabrication of sintered panels and panels resulting from the application of this process. *Institut Géopolymère*, 2015.

[2] TCVN 3118: 1993. Bê tông nặng – phương pháp xác định cường độ nén. NXB xây dựng Hà Nội, 1993

[3] ASTM C618-94a. *Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan Use as AMineral Admixture in Portland Cement Concrete*. ASTM International (ASTM), 1994.

[4] Lê Anh Tuấn, Nguyễn Ninh Thụy. Nghiên cứu ảnh hưởng xúc tác thải của quá trình cracking dầu khí đến tính chất của vật liệu không nung sử dụng đá mi bụi, *Tạp chí xây dựng Việt Nam, số 3, 2018.*

[5] TCVN 7572:2006. C*ốt liệu cho bê tông và vữa*. NXB xây dựng Hà Nội, 2006.

[6] TCVN 4560:2012. *Nước trộn bê tông và vữa – yêu cầu kỹ thuật.* NXB xây dựng Hà Nội, 2012.

[7] L.Krishnan, S.Karthikeyan, S.Nathiya, K.Suganya. Geopolymer concrete an eco-friendly construction material, 2014.

[8] B.Vijaya Rangan. Geopolymer concrete for environment protection, 2014.

[9] J.Davidovits. Geopolymers – Inorganic polymeric new materials. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1991.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Trọng Nam

Đơn vị:

Điện thoại: 0935.439.969

Email: nguyentrongnam20091988@gmail.com

Xác nhận của giảng viên hướng dẫn

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.