

Nghiên cứu sử dụng bùn thải của nhà máy nhôm Tân Rai thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trong chế tạo bê tông xanh không sử dụng xi măng định hướng xây dựng công trình nhà cao tầng khu vực Hồ Chí Minh

Nguyễn Hữu Tân^{1*}, Võ Nhật Luân², Tăng Văn Lâm³

¹ Công ty TNHH Đầu Tư Xây Dựng và Kiến Trúc Donahouse

² Trường Đại Học Văn Hiến

³ Trường Đại học Mỏ-Địa chất

TỪ KHÓA

Bùn thải
Tro bay
Xi đáy lò
Bê tông xanh không xi măng
Tính công tác
Cường độ nén

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về khả năng sử dụng bùn thải của công ty cổ phần đồng Tân Rai (Lâm Đồng) thay thế cát trong chế tạo bê tông xanh không xi măng. Qua khảo sát tại nhà máy nhôm Tân Rai (Lâm Đồng) cho thấy, khối lượng các loại bùn thải khai thác quặng nhôm... phát sinh khoảng 650 nghìn tấn mỗi năm tại các hồ chứa và lượng phế thải này rất cần được tái sử dụng để giảm áp lực về dung tích hồ thải lưu chứa. Trong nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp thí nghiệm theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng sử dụng (0 ÷ 50)% bùn thải của Công ty TNHH MTV nhôm Lâm Đồng thay thế cát tự nhiên trong thành phần bê tông xanh không xi măng. Hỗn hợp bê tông xanh thu được có tính công tác tốt, độ sụt từ 14,5 cm đến 20,0 cm, cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày đạt trên 40 MPa. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, việc tận dụng các nguồn chất thải, đặc biệt là bùn thải kết hợp với cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh... là một trong các giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và thúc đẩy ngành công nghiệp khai thác khoáng sản tuần hoàn bền vững ở Việt Nam hiện nay.

KEYWORDS

Sewage sludge
Fly ash
Bottom slag
Green concrete without cement
Workability
Compressive strength

ABSTRACT

This article presents the results of an experimental study on the possibility of using sludge from Tan Rai Copper Joint Stock Company (Lam Dong) to replace natural sand in the manufacture of cement-free green concrete. Through a survey at Tan Rai Aluminum Processing Plant (Lam Dong), it was shown that the volume of sludge, tailings, etc. generated is about 650 thousand tons per year in the reservoirs and this amount of waste needs to be reused to reduce the pressure on the capacity of the storage reservoir. In this study, experimental methods according to current Vietnamese standards were used. The results of the study showed the possibility of using (0 ÷ 50)% of sludge and tailings from Lam Dong Aluminum One Member Co., Ltd. to replace natural sand in the composition of cement-free green concrete. The resulting green concrete mixture has good workability, slump from 14.5 cm to 20.0 cm, average compressive strength at 28 days of age reaching over 40 MPa. The research results show that utilizing waste sources, especially sludge combined with sea sand in Ho Chi Minh City area... is one of the effective solutions in the process of developing and promoting the sustainable circular mineral exploitation industry in Vietnam today.

1. Phần mở đầu

Nghiên cứu phát triển các loại sản phẩm bê tông xanh không sử dụng xi măng, thân thiện với môi trường là nhằm mục tiêu góp phần thực hiện chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước trong chuyển đổi xanh, phát triển kinh tế tuần hoàn, giảm thâm dụng tài nguyên, giảm rác thải, khí thải... Bên cạnh đó, việc sử dụng các nguồn phế thải của các mỏ khoáng sản của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam để thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trong sản phẩm bê tông xanh là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn trong giai đoạn hiện nay.

Nhu cầu cát tự nhiên dùng cho xây dựng ở nước ta rất lớn. Tỷ lệ khai thác cát đang vượt quá tỷ lệ bổ sung cát tự nhiên hàng năm, do vậy nguồn cát tự nhiên ngày càng khan hiếm, dự báo trong tương lai gần sẽ không đáp ứng đủ nhu cầu cát dùng cho xây dựng. Việc sử dụng cát nhân tạo (hay còn gọi là cát nghiền từ phế thải xây dựng, phế thải khai thác khoáng sản) đang trở thành một xu hướng tất yếu. Hiện nay trong nhiều công trình xây dựng có quy mô từ nhỏ đến lớn đã phải sử dụng cát nhân tạo thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trước áp lực của giá thành ngày càng tăng nhưng sản lượng cát tự nhiên, các vùng nguyên liệu khai thác cát tự nhiên ngày càng bị thu hẹp [1].

*Liên hệ tác giả: xdphuckienhung@mail.com

Nhận ngày 13/08/2024, sửa xong ngày 16/10/2024, chấp nhận đăng ngày 21/10/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2024.776>

Nhiều nghiên cứu ở Việt Nam cho thấy lượng cát xây dựng sử dụng ở Việt Nam khoảng 120 ÷ 130 triệu m³/năm nhưng dự báo nguồn cung cát tự nhiên từ các mỏ khai thác hợp pháp chỉ đáp ứng được khoảng 40 ÷ 50 % nhu cầu trong thực tế [2]. Hiện tại, một số tỉnh ở nước ta đã xảy ra tình trạng khan hiếm cát tự nhiên và giá cát tăng cao đã tác động không nhỏ đến hoạt động xây dựng [3, 4]. Do đó, việc nghiên cứu tái sử dụng các loại vật liệu thải từ hoạt động khai thác khoáng sản thay thế vật liệu tự nhiên là một trong những giải pháp không những mang lại hiệu quả to lớn về kinh tế-kỹ thuật mà còn hiệu quả về môi trường sinh thái bền vững cho các hoạt động khai thác khoáng sản ở Việt Nam.

Quá trình khai thác khoáng sản quặng nhôm và quặng bauxite ở nước ta đang thải ra môi trường một lượng rất lớn các nguồn phế thải, phế liệu dưới dạng vật liệu bã thải và bùn thải... Các nguồn phế thải này hiện đang ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường và làm giảm năng suất khai thác của các nhà máy. Hiện nay khoảng 50 quốc gia có tài nguyên bauxite, nhưng chỉ 24 nước có công nghiệp khai thác, trong đó 12 nước khai thác lớn nhất chiếm tới 95 ÷ 97 % sản lượng của thế giới. Tổng tài nguyên khoáng sản bauxite trên thế giới ước tính khoảng 55 ÷ 75 tỷ tấn, phân bố chủ yếu tại các quốc gia nhiệt đới và cận nhiệt đới, châu Phi (32 %), châu Đại Dương (23 %), Nam Mỹ và Caribe (21 %), châu Á (18 %) và các nơi khác (6 %) trong đó Ghi nê, Australia và Việt Nam là các quốc gia có trữ lượng bauxite lớn nhất. Chi tính nhà máy alumin Tân Rai bắt đầu hoạt động từ năm 2011 và nhà máy alumin Tân Rai (Lâm Đồng) đi vào hoạt động từ năm 2014. Hàng năm mỗi nhà máy thải ra khoảng 650 nghìn tấn bùn đỏ và chôn lấp chúng trong các hồ được thiết kế chống thấm đặc biệt. Cho đến nay đã có hàng chục triệu tấn chất thải bùn đỏ được chôn lấp như vậy, không chỉ gây ra chi phí chôn lấp tốn kém đối với các nhà máy, mà còn tiềm ẩn rủi ro gây ô nhiễm đối với môi trường khu vực và hạ lưu sông Đồng Nai [6]. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng) thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trong chế tạo bê tông xanh không xi măng là một trong những vấn đề cấp thiết hiện nay.

Hơn nữa, sự thiếu hụt các loại vật liệu truyền thống trong xây dựng công trình nhà cao tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh càng ngày trở lên trầm trọng hơn. Đặc biệt trong giai đoạn tăng trưởng xanh hiện nay, việc sử dụng các sản phẩm bê tông xanh trong công trình xây dựng đang là xu hướng tất yếu của Việt Nam và các nước phát triển trên khắp thế giới.

Mặt khác, sự phát triển dân số, người nhập cư là rất lớn trong khi quỹ đất rất hạn chế, đó là nguyên nhân dẫn đến nhu cầu xây dựng công trình nhà cao tầng ngày càng tăng ở TP. Hồ Chí Minh.

Mục đích của bài viết này là đánh giá khả năng sử dụng hàm lượng (0-30) % bùn thải thay thế một phần cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh để chế tạo hỗn hợp bê tông xanh có tính công tác tốt, cường độ nén yêu cầu ở tuổi 28 ngày trên 40 MPa định hướng sử dụng trong xây dựng công trình nhà cao tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: i)-Vật liệu bột khoáng hoạt tính: Tro bay nhiệt điện nội bộ 30MW Alumin Tân Rai, xi lò cao Hòa Phát S95, silicafume SF-90; ii)-Cốt liệu: Bùn thải nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm

Đồng), cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh, đá dăm từ đá vôi; iii)-hỗn hợp dung dịch kiềm hoạt hóa: Dung dịch NaOH 12M, dung dịch Na₂SiO₃ có mô đun silic 2,5 và phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 8490. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng bùn thải đã ảnh hưởng đáng kể đến tính chất của bê tông xanh không xi măng ở trạng thái dẻo và trạng thái cứng rắn. Đồng thời, bài viết cũng cho thấy tiềm năng sử dụng bùn thải với vai trò như là cát mịn nhân tạo thay thế cát sông và cát biển là giải hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý ngành công nghiệp khai thác khoáng sản bền vững ở Việt Nam hiện nay.

2. Nguyên vật liệu sử dụng và tiêu chuẩn áp dụng

2.1. Nguyên vật liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này sử dụng các loại vật liệu như sau:

2.1.1. Vật liệu bột khoáng hoạt tính

Vật liệu bột khoáng hoạt tính (BKHT) là loại vật liệu giàu các thành phần Al₂O₃ và SiO₂ hoạt tính. Trong nghiên cứu này đã sử dụng tro bay nhiệt điện nội bộ 30MW Alumin Tân Rai và xi lò cao Hòa Phát kết hợp với Silicafume SF-90 của công ty Elkem Silicon Materials (xem Hình 1).

a) Tro bay (TB) loại F của nhà máy nhiệt điện nội bộ 30MW Alumin Tân Rai - Công ty TNHH MTV nhôm Lâm Đồng thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014 “Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng”.

b) Xi lò cao S95 hoạt hóa nghiền mịn (S95) được mua từ khu liên hợp gang-thép nhà máy Hòa Phát thỏa mãn theo TCVN 11586:2016 “Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa”.

c) Silicafume SF-90 (SF90) là sản phẩm của công ty Elkem Silicon Materials. Đây là phụ gia khoáng có chứa thành phần hạt siêu mịn ôxít Silic dioxit (SiO₂) có hoạt tính cao, sẽ làm tăng độ đặc chắc, tăng cường độ và cải thiện vi cấu trúc của bê tông. Sản phẩm Silicafume SF-90 đáp ứng theo tiêu chuẩn ASTM C1240 – “Yêu cầu kỹ thuật về sử dụng silica fume làm phụ gia khoáng cho bê tông và vữa”.

Từ thực nghiệm đã lựa chọn được thành phần của vật liệu bột khoáng hoạt tính sử dụng trong nghiên cứu như sau: TB = 65% BKHT; S95 = 25% BKHT và SF90 = 10% BKHT theo khối lượng.



Hình 1. Vật liệu bột khoáng hoạt tính.

Bảng 1. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của tro bay nhiệt điện Phả Lại, xỉ lò cao S95 Hòa Phát và silicafume SF-90.

| Loại vật liệu | Tro bay | Xỉ lò cao S95 | Silicafume SF-90 |
|--|---------|---------------|------------------|
| Ký hiệu viết tắt của vật liệu | TB | S95 | SF90 |
| Thành phần hóa học của tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao S95 và Silicafume SF-90 | | | |
| SiO ₂ | 54,2 | 36,3 | 91,6 |
| Al ₂ O ₃ | 23,3 | 12,6 | 2,2 |
| Fe ₂ O ₃ | 9,8 | 3,4 | 2,5 |
| SO ₃ | 2,5 | 5,7 | - |
| K ₂ O | 1,4 | 0,4 | - |
| Na ₂ O | 1,1 | 0,3 | 0,5 |
| MgO | 0,6 | - | - |
| CaO | 1,2 | 40,1 | 0,7 |
| P ₂ O ₅ | 1,4 | - | - |
| Lượng mất khi nung | 4,5 | 1,2 | 2,5 |
| Tính chất vật lý của tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao S95 và Silicafume SF-90 | | | |
| Tỷ diện bề mặt riêng (cm ² /g) | 3700 | 5820 | 10800 |
| Khối lượng riêng (kg/m ³) | 2350 | 2920 | 2150 |
| Khối lượng thể tích xốp (kg/m ³) | 1575 | 1550 | 1620 |

2.1.2. Thành phần cốt liệu

Thành phần cốt liệu (CL) sử dụng trong nghiên cứu gồm có: Bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng), cát biển Khu vực TP. Hồ Chí Minh và đá dăm từ đá vôi.

a) Bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai - Công ty TNHH MTV nhôm Lâm Đồng. Theo báo cáo của nhà máy Alumin Tân Rai Lâm Đồng, trong quá trình khai thác quặng nhôm và quặng bauxite, một lượng lớn các loại bùn thải với hàm lượng khoáng sản thấp đã thải ra các hồ chứa. Với khối lượng các loại bùn thải và bã thải vật liệu... phát sinh 650 nghìn tấn mỗi tháng tại các hồ chứa bùn thải đã đặt ra nhiều thách thức cho nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng). Đặc biệt là các sự cố liên quan đến dung tích hồ chứa và độ an toàn của đập hồ thải quặng bauxite đang là vấn đề rất được công ty quan tâm. Năm 2021-2022, sự cố vỡ bể chứa bùn thải của nhà máy khai thác quặng bauxite đã gây ra nhiều vấn đề phức tạp cho môi trường và người dân xung quanh. Do đó, cần nghiên cứu tái sử dụng triệt để hơn các loại bùn thải phát sinh trong quá trình khai thác quặng bauxite để chế tạo các loại bê tông xanh là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

Bảng 2. Tính chất vật lý của thành phần cốt liệu.

| Loại cốt liệu sử dụng | Kích thước hạt (mm) | Khối lượng riêng (kg/m ³) | Khối lượng thể tích ở trạng thái đầm chặt (kg/m ³) | Độ rỗng ở trạng thái đầm chặt (%) | Độ ẩm (%) | Mô đun độ lớn M _{dl} |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Bùn thải Tân Rai | 0,15 ÷ 5,0 | 2400 | 1610 | 32,9 | 10,2 | 1,15 |
| Cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh | 0,15 ÷ 5,0 | 2650 | 1650 | 37,7 | 5,5 | 2,85 |
| Đá dăm từ đá vôi | 5,0 ÷ 10,0 | 2670 | 1600 | 40,1 | 3,0 | - |

Trong nghiên cứu này, bùn thải (BT) được sử dụng với vai trò là các loại cốt liệu nhỏ và nhằm mục đích thay thế khoảng 0 ÷ 30% vật liệu cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh trong thành phần của bê tông xanh không xi măng. Mẫu bùn thải được lấy từ hồ chứa của nhà máy Alumin Tân Rai - Công ty TNHH MTV Lâm Đồng, sau đó được đưa đi sấy khô trong tủ sấy, được sàng qua sàng có kích thước mắt sàng 5,0 mm để loại bỏ các hạt thô. Kích thước hạt của bùn thải sau sàng trong khoảng 0,15 ÷ 5,0 mm (Hình 2).



a. Mẫu bùn thải Tân Rai b. Bùn thải được sấy khô

Hình 2. Bùn thải khai thác quặng nhôm của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng).

b) Cốt liệu nhỏ là cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh (CB) với chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 (Hình 3a).

Trong giới hạn của nghiên cứu này, hàm lượng bùn thải sử dụng dao động từ 0 % đến 30 % hàm lượng của cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh.

c) Cốt liệu lớn là đá dăm (ĐD) nghiền từ đá vôi với kích thước hạt từ 5 mm đến 10 mm (Hình 3b). Đá dăm với D_{max} = 10 mm, chất lượng tốt, khối lượng riêng 2,65 g/cm³, khối lượng thể tích trung bình ở trạng thái đầm chặt 1600 kg/m³, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.



a. Cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh đã sàng b. Đá dăm 5 ÷ 10 mm

Hình 3. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

Các tính chất vật lý của thành phần cốt liệu sử dụng đã được thể hiện trong Bảng 2.

2.1.3. Dung dịch kiềm hoạt hóa

Hỗn hợp dung dịch kiềm hoạt hóa (DDHH) có vai trò là chất kích hoạt, thúc đẩy quá trình geopolymer hóa, khử nguyên tử Al và Si trong vật liệu bột khoáng hoạt tính, đồng thời tăng mức độ hòa tan các hạt tro bay, xỉ lò cao và silicafume đã sử dụng trong thành phần của hỗn hợp bê tông xanh.

Dung dịch hoạt hóa trong nghiên cứu này sử dụng là hỗn hợp dung dịch Natri hydroxit – NaOH 12M và dung dịch Natri silicat – Na₂SiO₃ có mô đun Silic là M_{Si} = 2,50. Tỷ lệ về hàm lượng DDHH/BKHT = 0,40 (Hình 4).



Hình 4. Natri hydroxyt.

a) Dung dịch Natri hydroxyt

Dung dịch Natri hydroxyt (NaOH) thu được bằng cách pha NaOH dạng dạng rắn vào nước để đạt được nồng độ mol theo yêu cầu. Natri hydroxyt ở dạng rắn (dạng vảy khô) có tên là "Caustic Soda Flake 99 %" được đặt mua tại công ty hóa chất Việt Nhật (Hình 4). Natri hydroxyt có màu trắng đục và độ tinh khiết 99 % thỏa mãn các tiêu chuẩn TCVN 3794:2009 và TCVN 3793:1983. Trong nghiên cứu này, nồng độ mol/lít của dung dịch NaOH được sử dụng là 12 M với thành phần xác định bằng thực nghiệm gồm: 36,1 % NaOH và 63,9% nước (xem trong Bảng 3).

Bảng 3. Thành phần và tính chất của dung dịch NaOH 12M.

| Nồng độ của dung dịch NaOH (mol/lít) | Hàm lượng chất rắn NaOH (%) | Hàm lượng nước nhào trộn (%) | Khối lượng riêng của dung dịch NaOH (kg/m ³) |
|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|
| 12M | 36,1 | 63,9 | 1420 |

b) Dung dịch Natri silicat



Hình 5. Dung dịch Natri silicat.

Dung dịch Natri silicat (Na₂SiO₃) được đặt mua có nguồn gốc từ nhà máy hóa chất Việt Nhật có modun silic SiO₂/Na₂O = 2,5. Thành phần phần trăm theo khối lượng của dung dịch Natri silicat gồm có: %Na₂O = 11,8; %SiO₂ = 29,5 và H₂O = 58,7%(Hình 5).

Trong Bảng 4 đã trình bày các tính chất vật lý và thành phần hóa học của dung dịch Natri silicat.

Bảng 4. Tính chất vật lý và thành phần hóa học của dung dịch Natri silicat.

| 1 | Công thức hóa học | Na ₂ O.2,5.SiO ₂ |
|---|-----------------------|--|
| 2 | Na ₂ O | 11,8% |
| 3 | SiO ₂ | 29,5% |
| 4 | H ₂ O | 58,7% |
| 5 | Trạng thái và màu sắc | Chất lỏng màu vàng nhạt |
| 6 | Khối lượng riêng | 1550 kg/m ³ |

Hỗn hợp dung dịch kiềm kích hoạt cần được chuẩn bị theo 03 bước như sau:

(i). Hòa tan NaOH dạng rắn vào cốc sứ đựng nước theo khối lượng đã xác định để thu được dung dịch có nồng độ yêu cầu, đặc biệt cần lưu ý khuấy trộn để cho NaOH được tan hoàn toàn, không kết tụ dưới đáy cốc.

(ii). Dung dịch Na₂SiO₃ được định lượng theo khối lượng theo từng loại cấp phối của chất kết dính.

(iii). Tiếp đó, hai dung dịch này được hòa trộn vào nhau để thu được một dung dịch đồng nhất. Theo nhiều kinh nghiệm nghiên cứu trước đây, pha chế dung dịch kiềm kích hoạt ít nhất một ngày trước khi sử dụng để trộn vào hỗn hợp thí nghiệm.

Trong giới hạn của nghiên cứu này, tỷ lệ Na₂SiO₃/NaOH = 2,2.

2.1.4. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo (SD) được sử dụng trong nghiên cứu là Sika Viscocrete 8490 của công ty «Sika». Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thế hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate.

Phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 8490 thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011. Để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông, nghiên cứu này đã sử dụng phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 8490 với hàm lượng là 1,0 % hàm lượng vật liệu bột khoáng hoạt tính.

2.1.5. Nước sạch

Nước sạch được sử dụng để hòa tan NaOH (dạng khan) thành dung dịch NaOH 12M và bảo dưỡng mẫu sau khi thí nghiệm, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

Đơn giá các loại nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong Bảng 5

Bảng 5. Đơn giá các loại vật liệu sử dụng trong chế tạo sản phẩm bê tông xanh.

| STT | Tên loại vật liệu | Đơn giá (kể cả tiền công vận chuyển và tiền thuế) |
|-----|--|---|
| 1 | Tro bay nhiệt điện nội bộ 30MW Alumin Tân Rai | 100 đồng/kg |
| 2 | Xi lò cao S90 Hòa Phát | 1.000 đồng/kg |
| 3 | Silicafume SF-90 công ty Elkem Silicon Materials. | 1.000 đồng/kg |
| 4 | Bùn thải Tân Rai Lâm Đồng | 0 đồng/kg |
| 5 | Cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh | 500.000 đồng/m ³ |
| 6 | Đá dăm (5 ÷ 10) mm từ đá vôi | 600.000 đồng/m ³ |
| 7 | Dung dịch NaOH 12M | 3.500 đồng/lít |
| 8 | Dung dịch Na ₂ SiO ₃ | 5.500 đồng/lít |
| 9 | Phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 8490 của “Sika” | 5.000 đồng/lít |
| 10 | Bê tông M200R28 với độ sụt 10 ± 2cm của công ty TNHH bê tông 24/7 ¹ | 1.690.000 đồng/m ³ |
| 11 | Bê tông M250R28 với độ sụt 10 ± 2cm của công ty TNHH bê tông 24/7 ² | 1.740.000 đồng/m ³ |

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối bê tông

Mục tiêu thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông gồm có:

+ Hỗn hợp bê tông xanh được thiết kế với độ sụt dao động từ 15 cm đến 20 cm xác định trên bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn với kích thước 10x20x30 cm;

+ Cường độ nén trung bình yêu cầu của mẫu bê tông xanh sử dụng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng) ở tuổi 28 ngày trung bình đạt 40 MPa được xác trên mẫu hình lập phương kích thước 100x100x100 mm theo yêu cầu của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:2022.

+ Hệ số an toàn K = 1,15 được sử dụng khi xác định cường độ nén yêu cầu trong quá trình tính toán cấp phối hỗn hợp bê tông xanh không xi măng [7].

Để đánh giá khả năng sử dụng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng) thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trong chế tạo bê tông

xanh không xi măng, nghiên cứu này đã khảo sát và sử dụng hàm lượng bùn thải sử dụng dao động lần lượt từ 0 %; 10 %; 20 % và 30 % so với hàm lượng cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Bê tông xanh không xi măng là vật liệu mới, hiện tại chưa có tiêu chuẩn nào hướng dẫn lựa chọn và tính toán thành phần cấp phối. Quá trình tính toán thiết kế thành phần cấp phối của bê tông xanh sử dụng bùn thải thay thế một phần cốt liệu nhỏ được thực hiện theo trình tự trong yêu cầu theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998 “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” [8]. Tuy nhiên, quá trình thực nghiệm đã điều chỉnh thành phần cấp phối dựa vào tính chất của các loại vật liệu sử dụng thực tế.

Dựa vào hàm lượng của bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng) dao động từ 0 %; 10 %; 20 % đến 30 %, nghiên cứu đã tính toán và thu được 04 cấp phối hỗn hợp bê tông, trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Thành phần cấp phối vật liệu của hỗn hợp bê tông xanh sử dụng bùn thải.

| Ký hiệu mẫu bê tông | Các tỷ lệ, (%) | | Thành phần cấp phối cho 1 m ³ bê tông xanh (kg) | | | | | | | | |
|---------------------|----------------|----|--|-----|----|----------|------|------|--------------------|-----|------------------|
| | | | Vật liệu bột khoáng | | | Cốt liệu | | | Dung dịch hoạt hóa | | Phụ gia siêu dẻo |
| | | | CB | BT | TB | S95 | SF90 | CB | BT | ĐD | |
| BTX-01 ³ | 100 | 0 | 286 | 110 | 44 | 500 | 0 | 1200 | 55 | 121 | 4,4 |
| BTX-02 | 90 | 10 | 286 | 110 | 44 | 450 | 50 | 1200 | 55 | 121 | 4,4 |
| BTX-03 | 80 | 20 | 286 | 110 | 44 | 400 | 100 | 1200 | 55 | 121 | 4,4 |
| BTX-04 | 70 | 30 | 286 | 110 | 44 | 350 | 150 | 1200 | 55 | 121 | 4,4 |

Độ sụt và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xanh được xác định ngay sau khi nhào trộn xong hỗn hợp vật liệu. Giá trị khối lượng thể tích tự nhiên và độ hút nước bão hòa theo khối lượng được xác định tại tuổi mẫu 28 ngày. Cường độ nén của bê tông xanh sử dụng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai (Lâm Đồng) được xác định cường

độ chịu nén ở các tuổi 1, 3, 7, 14 và 28 ngày, mỗi tuổi mẫu gồm 06 tổ mẫu, mỗi tổ mẫu gồm 03 viên mẫu hình lập phương cạnh 100x100x100 mm theo yêu cầu của TCVN 3118:2022 [9]. Các mẫu sau khi tạo hình, được bảo dưỡng 1 ngày trong khuôn, sau đó mẫu được tháo khuôn và được đưa đi ngâm trong bể nước để bảo dưỡng đến tuổi thí nghiệm.

¹ <https://betong247.com/gia-be-tong-tuoi-tai-lam-dong/>

² <https://betong247.com/gia-be-tong-tuoi-tai-lam-dong/>

³ Mẫu bê tông xanh không xi măng ký hiệu BTX-01 là mẫu bê tông xanh không xi măng đối chứng với thành phần cấp phối không chứa bùn thải.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Nghiên cứu đã sử dụng các tiêu chuẩn thí nghiệm như sau:

- Lấy mẫu, chế tạo hỗn hợp bê tông và bảo quản mẫu thử sau khi tạo hình được thực hiện theo yêu cầu của TCVN 3105:2022.
- Độ sụt của hỗn hợp bê tông được xác định trên bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3106:2022 (Hình 6).



Hình 6. Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông xanh.

- Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông thí nghiệm sau khi nhào trộn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3108:2022 (Hình 7);
- Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày sau khi nhào trộn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3115:2022 (Hình 8);



Hình 7. Xác định khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xanh.



Hình 8. Xác định khối lượng thể tích của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày.

- Độ hút nước theo khối lượng của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3113:2022;
- Cường độ nén của mẫu bê tông sử dụng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai ở các tuổi 1 ngày; 3 ngày; 7 ngày; 14 ngày và 28 ngày được xác theo trình tự của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:2022.

Trong giới hạn của điều kiện thí nghiệm, cường độ nén của mẫu bê tông đã xác trên mẫu hình lập phương kích thước 100x100x100 mm (Hình 9).



Hình 9. Mẫu bê tông thí nghiệm hình lập phương kích thước 10x10x10cm.

- Giá trị cường độ nén của mẫu bê tông xanh ở các tuổi khác nhau được xác định trên hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9 với tốc độ gia tải là 1000 N/s.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu

Kết quả thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm của hỗn hợp bê tông và bê tông xanh không xi măng đã được trình bày chi tiết trên Bảng 7 và Bảng 8.

Bảng 7. Tính chất của hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn

| STT | Tính chất | Hỗn hợp bê tông xanh sử dụng bùn thải | | | | | | | |
|-----|---|---------------------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | BTX-01 | | BTX-02 | | BTX-03 | | BTX-04 | |
| | | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn |
| 1 | Độ sụt của hỗn hợp bê tông xanh (cm) | 20,0 | 1,8 | 19,5 | 2,0 | 17,0 | 1,5 | 14,5 | 1,3 |
| 2 | Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn (kg/m ³) | 2320 | 3,5 | 2300 | 3,5 | 2295 | 3,2 | 2286 | 3,0 |

Bảng 8. Tính chất cơ lý của mẫu bê tông xanh sau khi rắn chắc.

| STT | Tính chất | Mẫu bê tông xanh sử dụng bùn thải | | | | | | | |
|-----|--|-----------------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | | BTX-01 | | BTX-02 | | BTX-03 | | BTX-04 | |
| | | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn |
| 1 | Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m ³) | 2306 | 4,5 | 2290 | 4,6 | 2285 | 4,0 | 2271 | 3,5 |
| 2 | Độ hút nước bão hòa theo khối lượng ở tuổi 28 ngày (%) | 9,45 | 0,8 | 9,05 | 1,0 | 8,38 | 0,9 | 8,05 | 0,8 |
| 3 | Cường độ nén trung bình (MPa) tại các tuổi dưỡng hộ: | | | | | | | | |
| | 1 ngày | 10,7 | 2,0 | 11,2 | 1,7 | 10,5 | 2,0 | 10,1 | 2,2 |
| | 3 ngày | 21,8 | 2,2 | 23,1 | 1,8 | 21,4 | 2,0 | 20,5 | 2,1 |
| | 7 ngày | 36,7 | 2,3 | 38,8 | 2,0 | 36,5 | 1,8 | 34,5 | 2,5 |
| | 14 ngày | 47,3 | 2,3 | 51,2 | 2,1 | 46,9 | 1,9 | 44,8 | 2,0 |
| | 28 ngày | 52,1 | 2,1 | 55,5 | 2,2 | 51,5 | 2,4 | 49,8 | 2,4 |
| 4 | Giá thành tính toán cho 1m ³ bê tông xanh (đồng/m ³) | 1.664.000 | | 1.649.000 | | 1.634.000 | | 1.619.000 | |

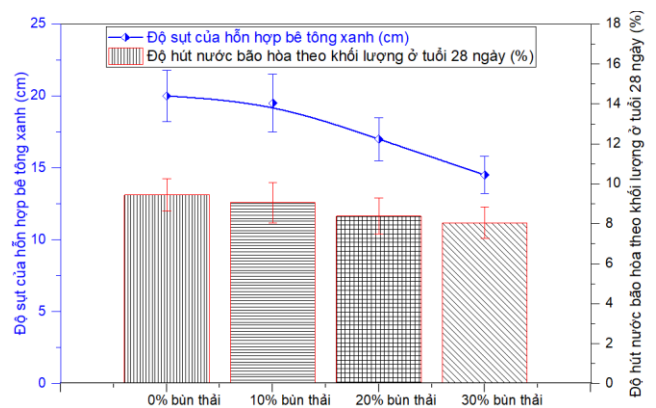
3.2. Thảo luận

Sau khi nhào trộn hỗn hợp bê tông xanh sử dụng bùn thải Alumin Tân Rai có độ dẻo cao, tính công tác tốt, không bị phân tầng tách lớp. Điều này được giải thích là do hỗn hợp bê tông xanh đã sử dụng 1,5% phụ gia siêu dẻo SIKA VISCOCRETE 8490. Mặc dù tỷ lệ DDHH/BKHH = 0,45, lượng nước trộn rất nhỏ, nhưng do thành phần chất kết dính hoàn toàn không chứa xi măng, lượng nước không bị mất đi trong quá trình thủy hóa như trong bê tông xi măng. Đó cũng là một nguyên nhân để hỗn hợp bê tông xanh có độ đồng nhất và tính công tác rất tốt mặc dù lượng dung dịch hoạt hóa sử dụng có hàm lượng nhỏ.

Bên cạnh đó, khi sử dụng bùn thải Alumin Tân Rai thay thế từ (10-30)% hàm lượng cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh thì tính công tác và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xanh có xu hướng giảm. Về hiệu ứng này được giải thích như sau, bùn thải có lượng hạt mịn lớn. Theo TCVN 7570:2006 thì bùn thải được xếp vào loại cát mịn vì có Mô đun độ lớn từ 0,7 đến 2,0. Thành phần hạt mịn đã tăng lượng cần nước thấm ướt bề mặt của cốt liệu, do đó đang giảm nước lượng tạo ra độ chảy dẻo của hỗn hợp bê tông. Vì vậy độ sụt của hỗn hợp bê tông đã giảm từ 20,0 cm xuống chỉ còn 14,5 cm. Từ kết quả nghiên cứu này có thể thấy rằng, khi sử dụng bùn thải với vai trò là cốt liệu nhỏ (cát mịn nhân tạo) trong thành phần của bê tông, cần xem xét tăng thêm lượng dung dịch nhào trộn để đảm bảo tính công tác của hỗn hợp bê tông không bị suy giảm (Hình 10).

Mặt khác, từ thực nghiệm đã các định được mẫu bùn thải thí nghiệm sau khi sấy khô còn chứa nhiều tạp chất với khối lượng riêng khoảng 2420 kg/m³, trong khi đó giá trị khối lượng riêng của cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh khoảng 2650 kg/m³ (xem trong Bảng 2). Giá trị khối lượng riêng này nhỏ hơn khối lượng riêng của cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh. Đó chính là nguyên nhân làm giảm giá trị khối lượng

thể tích của bê tông xanh cả ở trạng thái dẻo và trạng thái cứng rắn. Khối lượng thể tích ở trạng thái dẻo của mẫu không chứa bùn thải khoảng 2,317 tấn/m³ nhưng khi sử dụng bùn thải đã giảm được khối lượng thể tích xuống chỉ còn khoảng 2,286 tấn/m³ (Bảng 6). Ở trạng thái cứng rắn tại tuổi 28 ngày trong điều kiện thường, mẫu bê tông không xi măng chứa 100% cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh có khối lượng thể tích khoảng 2,306 tấn/m³ nhưng khi sử dụng bùn thải đã giảm được khối lượng thể tích xuống chỉ còn khoảng 2,278 tấn/m³ (Bảng 7).



Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng bùn thải Tân Rai đến độ sụt của hỗn hợp bê tông xanh và độ hút nước bão hòa của mẫu bê tông sau khi rắn chắc.

Với hàm lượng bùn thải có chứa một phần các hạt mịn hoạt tính đã ảnh hưởng đến độ đặc vi cấu trúc của sản phẩm. Trong phạm vi nghiên cứu này, mẫu bê tông xanh sử dụng bùn thải quặng có độ hút

nước bão hòa giảm dần từ 9,45 % xuống chỉ còn 8,05 %. Với kết quả này đã cho thấy độ đặc của vi cấu trúc trong bê tông xanh đã được cải thiện đáng kể, các lỗ rỗng mao quản, lỗ rỗng gel đã được điền đầy bởi thành phần hạt mịn của bùn thải. Với hiệu ứng này đã thu được sản phẩm bê tông xanh có độ hút nước bão hòa giảm xuống đáng kể so với bê tông xanh sử dụng cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Cường độ chịu nén của mẫu thí nghiệm thay đổi đáng kể theo hàm lượng của bùn thải sử dụng. Từ giá trị thực nghiệm trong Bảng 7 cho thấy, giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày của bê tông sử dụng bùn thải Alumin Tân Rai đều đạt trên 40 MPa, đạt cường độ yêu cầu để ra có tính đến hệ số an toàn 1,12. Tuy nhiên, theo hàm lượng của bùn thải được sử dụng thay cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh thì cường độ nén của bê tông có sự khác biệt khá lớn. Cấp phối bê tông sử dụng 10% bùn thải và 90% cốt liệu nhỏ tự nhiên có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất với giá trị là 55,5MPa. Điều này có thể được giải thích thành phần hạt mịn và các thành phần hoạt tính như SiO₂, Al₂O₃ của bùn thải đóng một vai trò quan trọng, làm đặc chắc cấu trúc, tăng các khoáng kết dính nhờ các phản ứng pozzolanic... nhờ đó mà mẫu bê tông xanh chứa 10% bùn thải và 90% cốt liệu nhỏ tự nhiên có giá trị cường độ nén cao nhất. Đứng trên góc độ cơ học vật liệu, hàm lượng hạt mịn và siêu mịn được hình thành trong quá trình đập, nghiền quặng nhôm đã bổ sung và hoàn thiện thành phần hạt của cốt liệu trong bê tông xanh. Với thành phần hạt cốt liệu hợp lý, độ rỗng cốt liệu giảm, tăng độ ổn định của bộ khung chịu lực của bê tông, đó cũng là một trong những nguyên nhân để tăng cường độ của mẫu bê tông xanh từ 52,1 MPa lên 55,5 MPa.

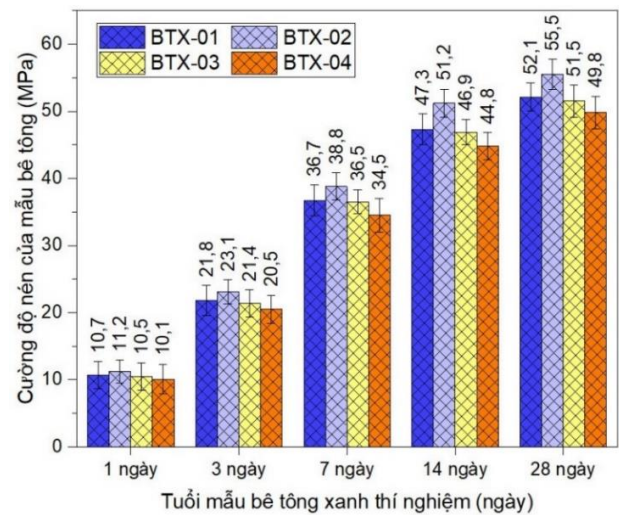
Mặt khác, thành phần phụ gia khoáng hoạt tính 20% silicafume SF-90VN kết hợp với 1,5% phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 8490 cũng là một trong các nguyên nhân tăng cường độ nén của mẫu bê tông xanh ở các tuổi thí nghiệm. Kết quả này tương tự với nhiều nghiên cứu về bê tông cường độ cao đã công bố trước đây [10, 11, 12].

Sau đó, khi hàm lượng bùn thải của nhà máy Alumin Tân Rai tăng lên đến 20% và 30% thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm dần. Điều này cho thấy, thành phần hạt không đồng đều, bùn thải nhiều hạt mịn nhưng thoi dẹt, đặc tính bề mặt nhám và nhiều góc cạch của bùn thải là nguyên nhân dẫn tới giảm độ ổn định của bộ khung cốt liệu. Kết quả thực nghiệm cho thấy, cường độ nén của mẫu bê tông thí nghiệm ở tuổi 28 ngày đã giảm nhẹ từ 55,5 MPa xuống còn 49,8 MPa. Để hạn chế sự suy giảm cường độ của bê tông xanh khi sử dụng bùn thải thay cốt liệu tự nhiên có thể sử dụng thêm các thành phần phụ gia điều chỉnh, hoặc tăng các thành phần vật liệu bột khoáng hoạt tính cao hơn.

Sự ảnh hưởng của hàm lượng bùn thải Alumin Tân Rai đến cường độ nén của mẫu bê tông xanh ở các tuổi mẫu khác nhau được thể hiện cụ thể trên Hình 11.

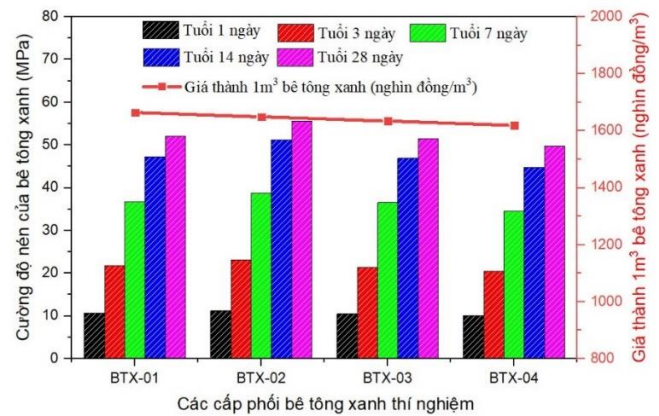
Mặc dù hàm lượng bùn thải hạt mịn thay đổi khác nhau từ 0 % đến 30 % theo khối lượng cốt liệu nhỏ nhưng tốc độ phát triển cường độ nén theo thời gian của các mẫu BTX-01; BTX-02; BTX-03 và BTX-04 thay đổi không đáng kể. Giá trị cường độ nén trung bình ở các tuổi 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đã đạt được trên

20 %, 40 %; 70 % và 90 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Tính chất này tương tự như các loại bê tông xi măng sử dụng phụ gia khoáng mịn thông thường [13, 14]. Tốc độ rắn chắc, cũng như quá trình phát triển cường độ của sản phẩm bê tông xanh không xi măng với thành phần có chứa bùn thải thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên là một trong những cơ sở quan trọng để thấy được khả năng ứng dụng hiệu quả sản phẩm này trong công nghệ thi công hỗn hợp bê tông hiện có ở nước ta hiện nay.



Hình 11. Cường độ nén của các mẫu bê tông thí nghiệm theo thời gian bảo dưỡng.

Tính toán giá thành của các mẫu bê tông xanh sử dụng bùn thải Tân Rai thay thế một phần cát biển khu vực thành phố Hồ Chí Minh đã được trình bày trên Hình 12.



Hình 12. Giá trị cường độ nén và giá thành của các mẫu bê tông xanh sử dụng bùn thải.

Từ đơn giá của các nguyên vật liệu thực tế tại tháng 8/2024 có thể thấy rằng, mỗi khối bê tông xanh có giá thành dao động từ 1,62 đến 1,65 triệu đồng. Khi so sánh với đơn giá thực tế khu vực Lâm Đồng cho thấy, bê tông xanh trong nghiên cứu này có giá thành thấp hơn các

loại Bê tông xi măng truyền thống mác M200R28 và M250R28 với độ sụt 10 ± 2 cm của công ty TNHH bê tông 24/7. Với việc có giá thành phù hợp và đã giải quyết được một việc rất lớn các loại phế thải công nghiệp, bê tông xanh đã cho thấy được nhiều ưu điểm vượt trội và tiềm năng ứng dụng sản phẩm vật liệu xanh này trong các công trình xây dựng nhà cao tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Với những kết quả bước đầu thu được trong nghiên cứu này có thể thấy rằng, việc sử dụng bùn thải của các nhà máy khai thác khoáng sản thay thế một phần và tiến tới sẽ thay thế toàn bộ cốt liệu nhỏ tự nhiên trong chế tạo bê tông và vữa xây dựng là một trong những giải pháp mang lại nhiều hiệu quả to lớn trong quá trình phát triển khai thác khoáng sản bền vững và quản lý tốt hơn các nguồn chất thải độc hại phát sinh trong quá trình chế biến khoáng sản, thúc đẩy chuyển đổi xanh, tạo động lực mạnh mẽ chuyển dịch nền kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam hiện nay.

4. Kết luận

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng bùn thải nhà máy Alumin Tân Rai để thay thế cốt liệu nhỏ tự nhiên trong chế tạo bê tông xanh không xi măng đã rút ra một số kết luận như sau:

- Thành phần cấp phối bê tông xanh sử dụng bùn thải được tính toán dựa trên “Chi dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998. Hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn có tính công tác tốt, độ sụt từ 14,5 cm đến 20,0 cm. Mẫu bê tông xanh không xi măng với thành phần vật liệu bột khoáng hoạt tính và (0 ÷ 30) % hàm lượng bùn thải, sau khi rắn chắc ở tuổi 28 ngày đều có cường độ nén trung bình đạt trên 40 MPa, thỏa mãn mục tiêu về giá trị cường độ nén thiết kế ban đầu.

- Khi hàm lượng bùn thải Alumin Tân Rai tăng lên từ 0 % đến 30 % thì tính công tác của hỗn hợp bê tông xanh giảm mạnh, cụ thể là độ sụt của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn đã giảm từ 20,0 cm xuống chỉ còn 14,5 cm. Từ kết quả nghiên cứu này có thể thấy rằng, khi sử dụng bùn thải với vai trò là cát mịn nhân tạo trong thành phần của bê tông, cần xem xét tăng thêm lượng dung dịch nhào trộn để đảm bảo tính công tác của hỗn hợp bê tông không bị suy giảm.

- Do khối lượng riêng của bùn thải nhỏ hơn đáng kể so với khối lượng riêng của cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh, do là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng giảm giá trị khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông xanh ở tuổi 28 ngày từ 2,306 tấn/m³ xuống còn 2,278 tấn/m³ trong phạm vi nghiên cứu này.

- Thành phần bùn thải có hàm lượng hạt mịn cao do quá trình đập, nghiền quặng nhôm, quặng bauxite. Thành phần hạt mịn này có vai trò “nêm chặt” các lỗ rỗng gel, lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn. Kết quả là đã làm tăng độ đặc chắc của vi cấu trúc và giảm độ hút nước bão hòa của bê tông xanh từ 9,45 % xuống còn 8,05 % ở tuổi 28 ngày.

- Do bùn thải Tân Rai có thành phần hạt không đồng đều, nhiều hạt dẹt, bề mặt hạt không tròn nhẵn như cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh đó là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi cường độ nén của mẫu bê tông xanh ở các tuổi khác nhau. Cấp phối bê tông sử dụng 10% bùn

thải kết hợp 90 % cát biển khu vực TP. Hồ Chí Minh có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất là 55,5 MPa. Khi hàm lượng bùn thải tăng lên đến 20% và 30% thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm dần do bộ khung cốt liệu kém ổn định hơn.

- Giá trị cường độ nén trung bình ở các tuổi 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đã đạt được trên 20 %, 40 %; 70 % và 90 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày.

Tái sử dụng các nguồn vật liệu thải phát sinh trong quá trình khai thác khoáng sản là việc làm rất cần thiết hiện nay. Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu về thành phần pha, cấu trúc vi mô, lực liên kết với cốt thép, đánh giá hiệu quả kinh tế... của sản phẩm bê tông xanh không xi măng sử dụng bùn thải... để kiểm chứng và làm rõ mức độ ảnh hưởng và khả năng sử dụng bùn thải đến các đặc tính cơ-lý-hóa của bê tông xanh không xi măng. Việc tận dụng các nguồn chất thải, đặc biệt là bùn thải khai thác quặng nhôm... là giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và thúc đẩy ngành công nghiệp khai thác khoáng sản tuần hoàn bền vững ở Việt Nam hiện nay.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bạch Đình Thiên (2020). Cốt liệu nhân tạo dùng trong công tác bê tông và san lấp công trình. Tạp chí Xây dựng. Số 11- 2020. Trang 8-12.
- [2]. Lê Viết Dũng, Tống Tôn Kiên, Đỗ Trọng Thành, and Nguyễn Bá Lâm (2021). Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng cát nghiền nguồn gốc đá vôi cho cốt BTCT chịu nén. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHGXND)-ĐHXDHN 15, No. 3V (2021). Trang 93-103.
- [3]. Nguyễn Hồng Chương, Phùng Văn Lợi, Nguyễn Mạnh Phát (2009). Nghiên cứu sử dụng đá mặt trong sản xuất bê tông nghèo xi măng. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng, 3(1). Trang 11-19.
- [4]. Hoàng Phạm Đình Huy, Nguyễn Thanh Sang, Vũ Bá Đức (2020). Ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu tái chế từ gạch đất sét nung và bê tông phế thải đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải 71, No. 8 (2020). Trang 944-955.
- [5]. Lê Văn Quang (2019). Nghiên cứu chế tạo gạch xây không nung hệ geopolymer từ bùn đỏ Tân Rai Lâm Đồng. Luận án tiến sĩ. Hà Nội, năm 2019. 151 trang.
- [6]. Lưu Đức Hải (2020). Xử lý bùn đỏ của các nhà máy alumin thành gạch gốm xây dựng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 12 năm 2020. Trang 38-40.
- [7]. Vũ Ngọc Trụ, Tăng Văn Lâm, Hồ Anh Cường, Lại Ngọc Hùng (2024). Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện rác ngôi sao xanh để chế tạo bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm. Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng - Bộ Xây dựng. Trang 113-119.
- [8]. Bộ xây dựng (1998). Chi dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại. Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998, 60 trang.
- [9]. Bộ xây dựng (2023). TCVN 3118:2022 Bê tông – Phương pháp xác định cường độ chịu nén, 13 trang.
- [10]. T.V. Lam, B. Bulgakov, Y. Bazhenov, O. Aleksandrova, P.N. Anh (2018). Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 365 (2018), doi:10.1088/1757-899X/365/3/032007. Pp. 1-15.
- [11]. Ngô Văn Toàn (2012). Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu cấp phối gián đoạn với cát mịn. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 3/2012. Trang 12-15.

- [12]. Lâm N.T., Kiên T.T., Đại B.D. (2021). Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh. Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDHN, 15(6V). Trang 1-11.
- [13]. Lê Hùng Anh, Cao Văn Chơn (2012). Nghiên cứu tái chế tro- xi từ lò đốt làm bê tông nặng. Hội nghị khoa học trẻ lần 4. Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh. Năm 2022. Trang 31-35.
- [14]. Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh (2020). Lý thuyết bê tông. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 trang.