

Ảnh hưởng bột gốm sứ TOTO đến tính chất của bê tông cường độ cao hạt mịn sử dụng cát nghiền từ đá vôi

Tăng Văn Lâm^{1*}, Nguyễn Văn Mạnh¹, Bulgakov Boris Igorevich²

¹Trường Đại học Mỏ-Địa chất

² Trường Đại học Xây dựng Quốc gia Mát-cơ-va, Liên bang Nga

TỪ KHOẢ

Bê tông cường độ cao hạt mịn
Cát nghiền từ đá vôi
Bột gốm sứ
Cát tự nhiên
Cường độ nén

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu sử dụng các loại cát nhân tạo để thay thế cát tự nhiên trong thành phần bê tông và vữa là một trong những giải pháp hiệu quả không những về kinh tế mà còn cả về môi trường sinh thái. Bên cạnh đó, các nhà máy công nghiệp, đặc biệt là các nhà máy sản xuất gốm sứ, đang thải ra môi trường lượng lớn các loại phế thải rắn đã gây ra nhiều ảnh hưởng xấu đến môi trường. Mục đích của bài báo này là đánh giá khả năng chế tạo bê tông cường độ cao hạt mịn sử dụng cát nghiền từ đá vôi kết hợp với bột gốm sứ TOTO. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: Xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40; cát nhân tạo được nghiền từ đá vôi của mỏ đá Kiện Khê (Hà Nam); bột gốm sứ TOTO nghiền mịn và các loại phụ gia cần thiết. Hỗn hợp bê tông nghiên cứu có tính công tác tốt, cường độ nén trung bình của mẫu ở tuổi 28 ngày trên 70 MPa.

KEYWORDS

High-strength fine-grained concrete
Crushed sand from limestone
Ceramic powder
Natural sand
Compression strength

ABSTRACT

In recent years, the research and use of artificial sands to replace natural sand in concrete and mortar components is one of the effective solutions not only in terms of economy but also in terms of ecological environment. In addition, industrial plants, especially ceramic factories, emit a large amount of solid waste, which has caused many negative impacts on the environment. The purpose of this paper is to evaluate the possibility of making fine-grained high-strength concrete using crushed sand from limestone combined with TOTO ceramic powder. Materials used in the study include But Sơn Portland Cement PC40; artificial sand is crushed sand from the limestone of Kien Khe quarry (Ha Nam); finely ground TOTO ceramic powder and necessary additives. The studied concrete mixture has good workability, the average compressive strength of the sample at the age of 28 days is over 70 MPa.

1. Đặt vấn đề

Theo báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường đến tháng 03/2020 cả nước đã sử dụng 2,1 tỷ m³, tuy nhiên lượng cát trong nước mới đáp ứng được 25% so với nhu cầu của thực tế [1]. Điều đó cho thấy, nhu cầu cát tự nhiên dùng cho xây dựng ở nước ta rất lớn. Hiện nay, sản lượng 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. Theo số liệu từ Chi cục Hải quan cửa khẩu quốc tế Vĩnh Xương (Thị xã Tân Châu, An Giang), tới giữa tháng 8/2023 có hơn 2,4 triệu tấn cát và hơn 1,5 triệu m³ cát nhập khẩu từ Campuchia [1]. Việc sử dụng cát nghiền từ đá vôi, cuội sỏi và phế thải xây dựng đang trở thành một xu hướng tất yếu của Việt Nam và thế giới khi mà nhiều công trình xây dựng đã sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên.

Trước áp lực của tăng sản lượng cát sử dụng, nhiều khu vực trong nước đang thiếu cát trầm trọng. Đặc biệt tỉnh Lâm Đồng hiện tại không có nguồn cát tại chỗ để cung cấp cho công trình xây dựng nên

vật liệu cát phải mua từ Ninh Thuận và Bình Thuận với giá cao gấp 2 – 3 lần. Hơn nữa, việc khai thác cát ở ạt, trái phép đã tác động xấu tới môi trường và biến đổi khí hậu cũng như vùng nguyên liệu khai thác cát tự nhiên ngày càng bị thu hẹp [2]. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng cát nghiền nhân tạo để thay thế cát tự nhiên là một trong những giải pháp hiệu quả không những về kinh tế-kỹ thuật mà còn cả về môi trường sinh thái bền vững [3, 4].

Các loại cát nhân tạo được nghiền từ đá vôi có ưu điểm nổi bật là mô đun độ lớn cao, thành phần hạt đồng đều, dễ điều chỉnh và hợp lý hơn cát tự nhiên nên góp phần giảm độ rỗng trong hỗn hợp bê tông. Với ưu điểm này, cát nhân tạo góp phần quan trọng tạo ra bộ khung chịu lực, tiết kiệm hàm lượng xi măng, rút ngắn thời gian thi công, tăng cường độ và độ bền cho các công trình xây dựng [5, 6].

Ở Việt Nam, tiềm năng sản xuất cát nghiền rất lớn với nguồn tài nguyên khoáng sản, đặc biệt là đá vôi, cuội sỏi được phân bố đồng đều ở khắp các tỉnh. Tuy nhiên, sản xuất và sử dụng cát nghiền ở nước ta hiện chưa phổ biến, còn gặp nhiều khó khăn do sự quản lý thiếu đồng bộ quá trình khai thác cát tự nhiên, thiếu các tài liệu hướng dẫn sản

*Liên hệ tác giả: lamvantang@gmail.com

Nhận ngày 30/08/2023, sửa xong ngày 11/12/2023, chấp nhận đăng 18/12 /2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2023.559>

xuất và sử dụng cát nghiền trong bê tông và vữa, các chính sách ưu đãi [7]. Sản lượng cát nhân tạo được sử dụng trong bê tông và vữa xây dựng mới chiếm khoảng 5-10% so với sản lượng cát tự nhiên [8]. Vì vậy, rất cần phải áp dụng nhiều công nghệ sản xuất cát nghiền để từng bước sử dụng phổ biến hơn trong các công trình xây dựng ở Việt Nam.

Bên cạnh đó, các nhà máy sản xuất thiết bị vệ sinh đã và đang thải ra môi trường một lượng lớn các loại phế thải rắn. Nhà máy gốm sứ TOTO trong quá trình sản xuất các sản phẩm sứ vệ sinh như: Bồn rửa mặt, bồn tắm và các loại xí bệt... đã thải ra môi trường một lượng lớn các loại phế thải rắn các loại. Theo thống kê, trung bình mỗi tháng sản xuất nhà máy TOTO (Đồng Anh – TP. Hà Nội) đã thải ra môi trường khoảng trên 2.000 tấn chất thải rắn các loại và các nguồn phế thải rắn từ các sản phẩm lỗi rất cần được tái sử dụng để giảm áp lực về kho bãi [9].

Mục đích của bài viết này là đánh giá khả năng chế tạo bê tông cường độ cao hạt mịn sử dụng cát nghiền từ đá vôi và bột gốm sứ TOTO. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: Xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40; cát nhân tạo được nghiền từ đá vôi của mỏ đá Kiện Khê (Hà Nam); silica fume và phụ gia siêu dẻo giảm nước. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng bột gốm sứ TOTO và cát nghiền ảnh hưởng đáng kể đến tính chất của bê tông ở trạng thái dẻo và trạng thái cứng rắn. Đồng thời, bài viết cũng cho thấy việc sử dụng bột gốm sứ và cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên là giải hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên bền vững ở Việt Nam hiện nay.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng:

2.1.1. Chất kết dính

Chất kết dính (CKD) sử dụng trong nghiên cứu gồm các thành phần sau: xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40, bột gốm sứ TOTO và silica fume SF-90;

+ Xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40 (X) thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682:2009 [10] (Hình 1a). Thành phần hóa học, thành phần khoáng vật và các tính chất cơ lý của xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40 được xác định trong phòng thí nghiệm và được trình bày trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 1. Thành phần hóa học, (% khối lượng).

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Lượng mất khi nung
62,23	22,27	5,37	4,12	2,4	2,626	0,984

Bảng 2. Thành phần khoáng vật, (% khối lượng).

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Thành phần khác
56,3	23,4	4,7	12,4	3,2

Bảng 3. Tính chất cơ lý của xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40.

Khối lượng riêng (g/cm ³)	Lượng sót trên sàng N0,09	Tỷ diện bề mặt (cm ² /g)	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ nén (MPa)			Độ dẻo tiêu chuẩn (%)
			Bắt đầu đông kết	Kết thúc đông kết	3 ngày	7 ngày	28 ngày	
3,15	3,5	3640	120 ± 5	260 ± 5	29,8	40,2	51,7	30,0

+ Bột gốm sứ TOTO (BG) nhận được bằng cách nghiền mịn phế thải và các mảnh vỡ, sản phẩm lỗi của các thiết bị sứ vệ sinh của nhà máy gốm sứ TOTO. Kích thước hạt của bột gốm sau khi nghiền nhỏ hơn 0,5mm và khối lượng riêng là 2,65 g/cm³ (Hình 1b).

+ Silica fume SF-90 (SF90) của Vina Pacific với một phần kích thước hạt nano, chứa 91,5 % SiO₂ hoạt tính và khối lượng riêng là 2,15 g/cm³. Silica fume SF-90 sử dụng trong nghiên cứu thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật trong TCVN 8827:2011 (Hình 1c) [11].

Thành phần hóa học của bột gốm sứ TOTO và silica fume SF-90 được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Thành phần hóa học của bột gốm sứ TOTO và silica fume SF-90.

Loại vật liệu sử dụng	Bột gốm sứ TOTO	Silica Fume SF-90
Ký hiệu viết tắt	BG	SF90
SiO ₂ (%)	64,5	91,0
Al ₂ O ₃ (%)	19,5	2,8
Fe ₂ O ₃ (%)	4,35	2,5
Tổng (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	88,35	96,3
SO ₃ (%)	0,11	-
K ₂ O (%)	2,16	-
Na ₂ O (%)	0,73	0,5
MgO (%)	0,75	-
CaO (%)	4,56	0,7
P ₂ O ₅ (%)	0,17	0
Lượng mất khi nung (%)	3,17	2,5



a- Xi măng Poóc lăng Vicem Bút Sơn PC40



b- Bột gốm sứ TOTO



c- Silica fume SF-90

Hình 1. Chất kết dính sử dụng trong nghiên cứu.

2.1.2. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng là cát nghiền từ đá vôi tại mỏ đá vôi Kiện Khê (Hà Nam). Cát nghiền (CN) từ đá vôi của nhà máy sản xuất cát nghiền của Cty TNHH Quang Vân có chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của các tiêu chuẩn TCVN 7570 : 2006 [12] và TCVN 9205:2012

“Cát nghiền cho bê tông và vữa” [13] (Hình 2). Các tính chất vật lý của cát nghiền được trình bày trong Bảng 5.

- Phụ gia siêu dẻo (SD) sử dụng là SR 5000F của Silkroad (Hàn Quốc) có gốc Polycarboxylate Ether, có khối lượng riêng $1,12 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$ và độ giảm nước khoảng $20 \div 30\%$. Phụ gia siêu dẻo SR 5000F thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011 [14] (Hình 3).

- Các thông số kỹ thuật của phụ gia siêu dẻo SR 5000F:
- + Trạng thái và màu sắc là chất lỏng có màu vàng đậm.
 - + Tỷ trọng = $1,12 \text{ g/cm}^3$ ở nhiệt độ $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - + pH = 06 ở nhiệt độ $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Bảng 5. Tính chất vật lý của cát nghiền.

Stt	Các chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm
1	Kích thước hạt	mm	0,14 ÷ 5,0
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,65
3	Khối lượng thể tích xấp xỉ tự nhiên	kg/m^3	1620
4	Độ rỗng	%	36,9
5	Độ ẩm	%	2,8
6	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	3,5
7	Mô đun độ lớn (M_k)	-	3,55
8	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
9	Hàm lượng hạt < 0,14mm	%	7,95



Hình 2. Cát nghiền từ đá vôi của công ty TNHH Quang Vân (Hà Nam)



Hình 3. Phụ gia siêu dẻo SR5000F của Silkroad.

- Nước. Trong nghiên cứu này, nước (N) sử dụng trong nghiên cứu là nước máy sinh hoạt. Các chỉ tiêu chất lượng của nước phù hợp với nước trộn bê tông theo TCVN 4506 :2012 [15].

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Do mẫu bê tông hạt mịn chỉ có chứa cốt liệu nhỏ với kích thước từ 0,14 mm đến 5 mm nên trong nghiên cứu này đã sử dụng một số tiêu chuẩn của vữa xây dựng để xác định tính chất của bê tông hạt mịn. Trong điều kiện thiết bị của phòng thí nghiệm Trường Đại học Mô-Địa chất còn nhiều hạn chế, nghiên cứu đã xác định một số tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông hạt mịn cường độ cao như sau:

1. Thành phần hạt của cát được xác định trên bộ sàng tiêu chuẩn có kích thước mắt sàng lần lượt là: 0,14 mm; 0,315 mm; 0,63 mm; 1,25 mm; 2,5 mm; 5 mm theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006 và TCVN 9205:2012 [12, 13] (Hình 4).

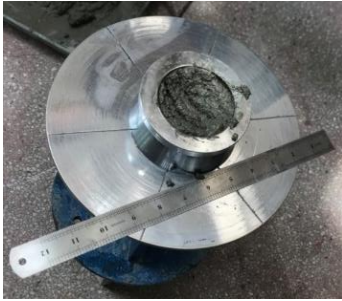


Hình 4. Bộ sàng tiêu chuẩn xác định thành phần hạt của cát nghiền từ đá vôi.

2. Thành phần hỗn hợp bê tông cường độ cao hạt mịn được tính toán và xác định theo phương pháp thể tích tuyệt đối kết hợp với việc điều chỉnh bằng thực nghiệm, để thu được các giá trị yêu cầu phù hợp với tính công tác và cường độ nén yêu cầu của mẫu bê tông hạt mịn cường độ cao. Bên cạnh đó, thành phần cấp phối của bê tông hạt mịn sử dụng cát nghiền còn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 9382:2012. “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền” [16].

3. Tính công tác của hỗn hợp bê tông hạt mịn được xác định bằng độ xòe của côn hình nón cụt mini với kích thước 100x70x60 mm phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 3121:2003 [17] và TCVN 12209:2018 [18] (Hình 5).

4. Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông hạt mịn được xác định bằng phương pháp cân khối lượng và đo thể tích trong thùng đong tiêu chuẩn (có thể tích 1 lít), phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 3106:1993 [19] (Hình 6). Bên cạnh đó, khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm sau khi đã cứng rắn được xác định bằng phương pháp cân mẫu và đo thể tích trực tiếp trên mẫu thí nghiệm, phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 3115:1993 [20].



Hình 5. Bộ cân mini hình nón cụt có kích thước 100x70x60mm.



Hình 6. Xác định khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông hạt mịn.

5. Giá trị độ hút nước trung bình của mẫu bê tông hạt mịn ở tuổi 28 ngày được xác định theo TCVN 3113:1993 [21].

6. Cường độ nén của mẫu thí nghiệm được xác định trên mẫu hình lập phương kích thước 5100x50x50 mm tại các tuổi 1, 3, 7, 14 và 28 ngày phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 3118:1993 [22] (Hình 7 và Hình 8). Kết quả cường độ mẫu thí nghiệm được xác định với tốc độ gia tải 1000 N/S trên hệ thống máy nén thủy lực tự động ADVANTEST 9 (Controls - Italia) (Hình 9).



Hình 7. Bộ khuôn mẫu thí nghiệm kích thước 50x50x50 mm.



Hình 8. Mẫu bê tông thí nghiệm hình lập phương kích thước 50x50x50 mm.



Hình 9. Hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9.

Các mẫu thí nghiệm hình lập phương với kích thước 50x50x50 mm. 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.

2.3. Tính chất cần thiết của hỗn hợp bê tông và bê tông cường độ cao

- Theo tiêu chuẩn TCVN 10306:2014 [23], bê tông cường độ cao là bê tông có cường độ chịu nén đặc trưng 55 MPa hoặc lớn hơn ở tuổi 28 ngày theo tiêu chuẩn ASTM C39 và thí nghiệm trên mẫu thí nghiệm tiêu chuẩn. Từ cơ sở đó, trong nghiên cứu này đã khảo sát và tính toán thiết kế thành phần cấp phối của bê tông cường độ cao hạt mịn có cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày trên 70 MPa có kích thước 50x50x50 mm, tính công tác tốt với độ xòe 15 ÷ 25 cm, được xác định trên bộ cân mini hình nón cụt có kích thước 100x70x60 mm.

- Silica fume SF-90 với kích thước hạt mịn cỡ nano và chứa đến 91,0 % SiO₂ hoạt tính đã được sử dụng với mục đích giảm lượng Ca(OH)₂ tự do trong bê tông và tăng độ đặc của vi cấu trúc. Hàm lượng silica fume đã được sử dụng là 10% hàm lượng chất kết dính [24, 25].

- Bột gốm sứ TOTO được sử dụng với hai mục đích chính:

(i) Phụ gia mịn, bổ sung thành phần hạt trợ với kích thước nhỏ hơn 0,14 mm, như một phần cốt liệu mịn để tăng độ đặc chắc của bộ khung xương chịu lực và giảm co ngót của hỗn hợp bê tông khi rắn chắc;

(ii) Thay thế một phần xi măng Poóc lăng để giảm lượng nhiệt thủy hóa, giảm sự hình thành vết nứt trên kết cấu và giảm giá thành sản phẩm. Trong nghiên cứu này, hàm lượng bột gốm sứ Toto được khảo sát từ 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % hàm lượng chất kết dính.

- Hàm lượng cốt liệu nhỏ là cát nghiền (CN) từ đá vôi của Cty TNHH Quang Văn được tính toán và lựa chọn bằng 1,3 hàm lượng chất kết dính (CN/CKD = 1,3) [26, 27].

- Hàm lượng nước nhào trộn được sử dụng để xi măng thủy hóa, thấm ướt bề mặt của cốt liệu. Trong nghiên cứu này đã lựa chọn tỷ lệ Nước/Chất kết dính (N/CKD) = 0,30 để tạo ra mẫu bê tông hạt mịn cường độ nén ở tuổi 28 ngày trên 70 MPa [27, 28].

- Lượng phụ gia siêu dẻo lấy bằng 1,5% hàm lượng chất kết dính [26, 29]. Hàm lượng không khí trong hỗn hợp bê tông là A = 1% thể tích hỗn hợp bê tông [25, 30].

2.4. Tính toán cấp phối của bê tông hạt mịn cường độ cao theo phương pháp thể tích tuyệt đối

Thiết kế cấp phối bê tông theo phương pháp thể tích tuyệt đối đã được áp dụng trong nhiều nghiên cứu về bê tông cường độ cao, bê tông chất lượng siêu cao ở Việt Nam [9, 25, 28, 30] cũng như trên thế giới [26, 27, 29, 31]. Theo phương pháp thể tích tuyệt đối, thể tích 1m³ bê tông đã lên chặt coi như là tổng thể tích của xi măng, cốt liệu, nước, phụ gia khoáng, phụ gia siêu dẻo và thể tích lỗ rỗng do không khí cuốn vào trong quá trình nhào trộn.

Do đó:

$$\frac{X}{Y_X} + \frac{BG}{Y_{BG}} + \frac{SF90}{Y_{SF90}} + \frac{CN}{Y_{CN}} + \frac{SR5000}{Y_{SR5000}} + \frac{N}{Y_N} + A = 1000 \quad (1)$$

Trong đó:

X, GB, SF90, CN, SR5000, N - là khối lượng xi măng, bột gốm, silica fume, cát nghiền, phụ gia siêu dẻo và nước.

$\gamma_X, \gamma_{BG}, \gamma_{SF90}, \gamma_{CN}, \gamma_{SR5000}, \gamma_N$ - là khối lượng riêng của xi măng, bột gốm, silica fume, cát nghiền, phụ gia siêu dẻo và nước.

A: là thể tích lỗ rỗng do không khí cuốn vào trong hỗn hợp bê tông.

Các giá trị khối lượng riêng của vật liệu sử dụng trong nghiên cứu này đã được xác định và trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Khối lượng riêng của các vật liệu sử dụng.

Loại vật liệu	Xi măng Poóc-lăng Vicem Bút Sơn PC40	Bột gốm sứ TOTO	Silica fume SF90	Cát nghiền từ đá vôi	Nước nhào trộn	Phụ gia siêu dẻo SR5000F
Khối lượng riêng của vật liệu, g/cm ³	3,15	2,65	2,15	2,65	1,0	1,12

Trên cơ sở kết quả đã công bố trong nhiều nghiên cứu [9, 25, 26, 28, 30] và các kết quả khảo sát thực nghiệm sơ bộ trong điều kiện thí nghiệm, bài báo đã chọn gốc các hệ số tỷ lệ vật liệu sử dụng như trong Bảng 7.

Bảng 7. Các tỷ lệ vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

Tỷ lệ vật liệu sử dụng	$\frac{BG}{CKD}$	$\frac{CN}{CKD}$	$\frac{N}{CKD}$	$\frac{SF90}{CKD}$	$\frac{SR5000}{CKD}$	A
Giá trị	0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30	1,3	0,30	0,10	0,015	1%

Ghi chú: *Chất kết dính:* $CKD = X + BG + SF90$.

Tính toán theo phương pháp thể tích tuyệt đối dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu trong Bảng 7, đã thu được 05 cấp phối hỗn hợp bê tông hạt mịn có thành phần như trong Bảng 8.

Bảng 8. Cấp phối vật liệu cho 1 m³ bê tông hạt mịn cường độ cao sử dụng cát nghiền.

STT	$\frac{BG}{CKD}$	Thành phần vật liệu cho 1 m ³ bê tông (kg)						
		CKD	X	BG	CN	SF90	N	SD
CN-01	0,10	867	693	86,7	1127	86,7	260	13,0
CN-02	0,15	865	648	130	1124	86,5	259	13,0
CN-03	0,20	862	604	172	1121	86,2	259	12,9
CN-04	0,25	860	559	215	1118	86,0	258	12,9
CN-05	0,30	858	515	257	1115	85,8	257	12,9

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này đã được trình bày chi tiết trong Bảng 9 và Bảng 10.

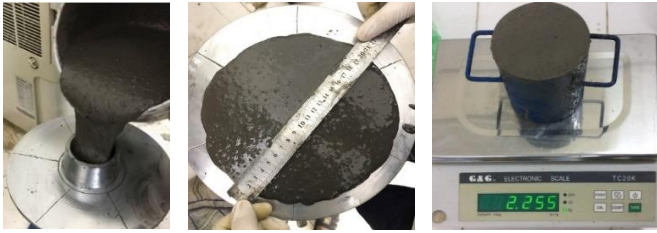
Bảng 9. Tính chất cơ lý của bê tông hạt mịn.

Mẫu bê tông thí nghiệm	Độ xòe của hỗn hợp bê tông (cm)	Các tính chất của mẫu thí nghiệm			
		Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn (kg/m ³)	Khối lượng thể tích khô của mẫu bê tông rắn chắc ở tuổi 28 ngày (kg/m ³)	Độ hút nước theo khối lượng ở tuổi 28 ngày (%)	
CN-01	Giá trị trung bình	20,5	2265	2240	6,25
	Độ lệch chuẩn	2,0	4,5	3,7	1,3
CN-02	Giá trị trung bình	19,0	2255	2237	6,05
	Độ lệch chuẩn	2,5	4,0	3,5	1,6
CN-03	Giá trị trung bình	18,5	2250	2232	5,88
	Độ lệch chuẩn	1,8	3,8	4,0	2,2
CN-04	Giá trị trung bình	18,2	2245	2227	4,92
	Độ lệch chuẩn	2,2	3,5	3,8	2,1
CN-05	Giá trị trung bình	18,0	2225	2215	4,87
	Độ lệch chuẩn	2,0	3,2	3,1	2,3

Mặt khác, các giá trị cường độ nén trung bình của mẫu bê tông thí nghiệm ở các tuổi khác nhau đã được xác định và trình bày trong Bảng 10.

Bảng 10. Cường độ nén trung bình của mẫu bê tông cường độ cao hạt mịn.

Mẫu bê tông thí nghiệm		Giá trị cường độ nén trung bình (MPa) tại các tuổi				
		1 ngày	3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày
CN-01	Giá trị trung bình	10,8	25,9	46,9	66,7	75,8
	Độ lệch chuẩn	1,2	1,5	1,9	2,0	2,5
CN-02	Giá trị trung bình	11,4	26,8	47,9	67,1	76,2
	Độ lệch chuẩn	1,6	1,5	1,9	2,0	2,5
CN-03	Giá trị trung bình	11,9	27,9	49,4	68,5	77,3
	Độ lệch chuẩn	2,1	2,4	2,2	2,5	2,6
CN-04	Giá trị trung bình	11,2	26,1	46	66,2	74,9
	Độ lệch chuẩn	3,1	3,2	3,3	3,1	3,4
CN-05	Giá trị trung bình	10,5	24,7	45,1	63,8	70,9
	Độ lệch chuẩn	3,2	3,1	2,5	3,0	2,8

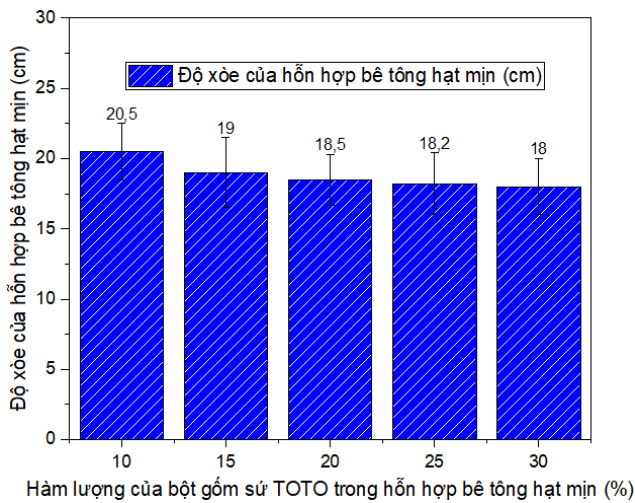


Hình 10. Xác định độ xòe, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và đổ mẫu bê tông.

3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông

Hỗn hợp bê tông hạt mịn không có cốt liệu lớn, tỷ lệ N/CKD = 0,30 nhưng hỗn hợp sau khi nhào trộn xong có độ dẻo cao, tính công tác rất tốt, hoàn toàn có thể tự san phẳng dưới tác dụng của trọng lượng bản thân. Điều này được giải thích là một phần do hiệu ứng tăng dẻo của 1,5 % phụ gia siêu dẻo SR 5000F.

Mặt khác, do đặc tính bề mặt của cát nghiền nhiều góc cạnh hơn so với cát tự nhiên và chứa nhiều hạt mịn với kích thước hạt nhỏ hơn 0,14 mm (xem trong Bảng 5). Do đó hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền sau khi nhào trộn có độ quán cao và giá trị độ xòe dao động từ 18 cm đến 20,5 cm (xem trên Hình 11).



Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng bột gốm sứ TOTO đến độ xòe hỗn hợp bê tông.

Bên cạnh đó, hàm lượng bột gốm sứ TOTO có ảnh hưởng đáng kể đến độ xòe của hỗn hợp bê tông hạt mịn. Độ xòe đã giảm từ 20,5cm xuống còn khoảng 18cm khi hàm lượng bột gốm sứ TOTO tăng từ 10% lên 30%. Điều này còn được biện giải là do hàm lượng hạt mịn và siêu mịn trong thành phần của bột gốm sứ TOTO với tỷ diện bề mặt cao, vì vậy lượng cần nước để thấm ướt bề mặt bột gốm tăng lên. Do đó, lượng nước dư thừa để tạo ra tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm nên độ xòe của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn đã giảm 14%.

Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông hạt mịn sử dụng cát nghiền và bột gốm sứ TOTO có giá trị giảm đáng kể đối với bê tông xi

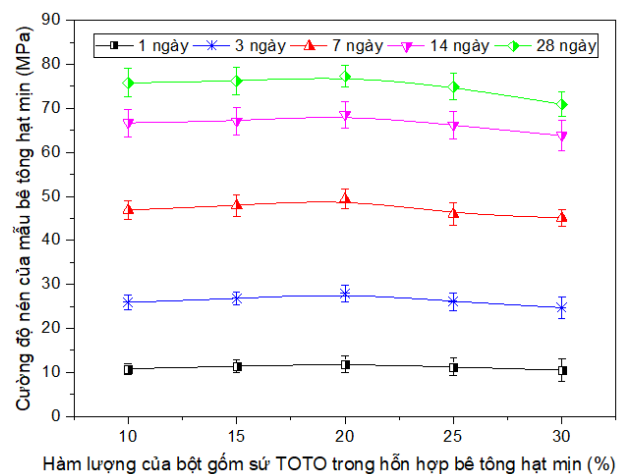
măng sử dụng cốt liệu lớn là đá dăm hoặc sỏi. Nguyên nhân về việc này được chỉ ra là do thành phần của hỗn hợp bê tông hạt mịn không có cốt liệu lớn, thành phần cốt liệu nhỏ bằng 1,3 lần tổng khối lượng chất kết dính, mà khối lượng riêng, khối lượng thể tích của thành phần chất kết dính có giá trị giảm đáng kể (xem trong Bảng 6) nên giá trị khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn khoảng 2249 kg/m³ và giá trị khối lượng thể tích trung bình của mẫu bê tông hạt mịn sau khi rắn chắc ở tuổi 28 ngày khoảng 2229 kg/m³.

3.2. Độ hút nước và cường độ nén của mẫu bê tông sau khi rắn chắc

+ Về độ hút nước, mẫu bê tông sử dụng cát nghiền và bột gốm sứ TOTO có độ hút nước giảm từ 6,25% xuống 4,87% khi hàm lượng bột gốm tăng từ 10% lên 30%. Ngoài ra, phụ gia siêu dẻo SR5000F và silica fume SF90 cũng đã góp phần tăng độ đặc chắc, cải thiện cấu trúc của bê tông. Hiệu ứng này đã giảm độ hút nước của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày.

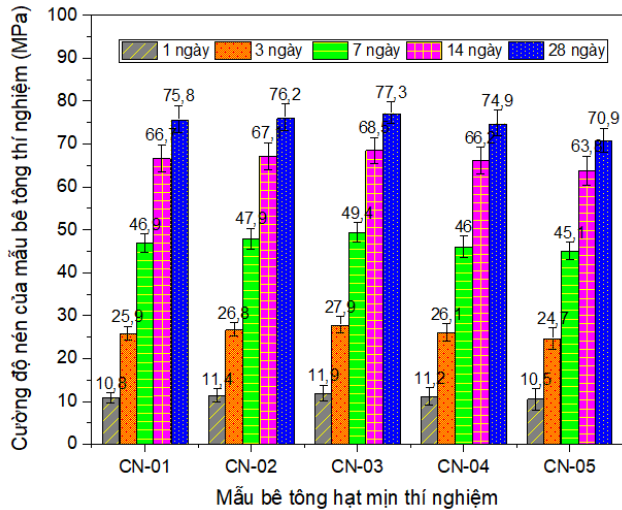
+ Về giá trị cường độ nén, mẫu bê tông thí nghiệm với tỷ lệ N/CKD = 0,30; sử dụng 10% phụ gia siêu mịn silica fume SF90 và bột gốm sứ TOTO có cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày tăng từ 74,9 MPa lên đến 77,3 MPa. Cường độ chịu nén của mẫu bê tông cát nghiền thay đổi đáng kể khi hàm lượng bột gốm thay đổi, giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt lớn nhất là 77,3MPa. Từ giá trị trong Bảng 10 cho thấy, giá trị cường độ nén của mẫu bê tông hạt mịn tăng dần khi hàm lượng bột gốm tăng từ 10% lên 20% sau đó cường độ nén có xu hướng giảm dần trong khi bột gốm sứ tăng từ 20% đến 30%. Ngoài ra, thành phần phụ gia khoáng hoạt tính là silica fume SF-90 đã bổ sung SiO₂ hoạt tính, tạo ra phản ứng pozzolanic với CaO tự do, cũng đóng một vai trò quan trọng để mẫu bê tông cát nghiền trong nghiên cứu này có cường độ cao trên 70 MPa.

Sự ảnh hưởng của hàm lượng bột gốm sứ TOTO đến cường độ nén của mẫu bê tông hạt mịn thí nghiệm còn được quan sát rõ trên Hình 12.



Hình 12. Ảnh hưởng của hàm lượng bột gốm sứ TOTO đến cường độ nén của mẫu bê tông hạt mịn.

Bên cạnh đó, với việc sử dụng cát nghiền từ đá vôi và bột gốm sứ TOTO đã có tác động tích cực, thúc đẩy quá trình đông kết và rắn chắc của hỗn hợp bê tông. Tốc độ rắn chắc của mẫu bê tông hạt mịn cường độ cao theo thời gian được trình bày trên Hình 13.



Hình 13. Tốc độ phát triển cường độ nén của các bê tông theo thời gian bảo dưỡng.

Khi hàm lượng bột gốm sứ TOTO tăng từ 10 % đến 30 %, cường độ nén trung bình ở tuổi 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đã đạt được khoảng 14,8 %; 35,0 %; 62,7% và 88,6 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Với tỷ lệ N/CKD = 0,30, lượng nước nhào trộn nhỏ đã làm cấu trúc lớp hồ xi măng cát nghiền đặc chắc, tăng cường độ của lớp đá xi măng. Mặt khác, với bề mặt của cát nghiền nhiều góc cạnh đã cải thiện đáng kể cường độ bám dính cốt liệu - xi măng. Đó là những nguyên nhân làm tăng cường độ của mẫu bê tông hạt mịn sử dụng cốt liệu nhỏ là cát nghiền, silica fume, bột gốm và phụ gia siêu dẻo giảm nước. Nhiều nghiên cứu [25, 26, 28] cũng đã cho thấy, trong bê tông sử dụng cát nghiền, cường độ bám dính giữa hạt cát và đá xi măng cao hơn và phát triển nhanh hơn so với trong bê tông sử dụng cát tự nhiên.

Với những kết quả thu được trong nghiên cứu này có thể thấy được rằng, việc sử dụng các loại cát nhân tạo có nguồn gốc từ đá vôi hoàn toàn có thể thay thế cho cát tự nhiên trong chế tạo bê tông hạt mịn cường độ cao và các loại vữa xây dựng. Đó là một trong những giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý bền vững tài nguyên và môi trường ở Việt Nam hiện nay.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng chế tạo bê tông cường độ cao hạt mịn sử dụng cát nghiền từ đá vôi và bột gốm sứ TOTO đã đạt được một số kết quả như sau:

- Tính toán thành phần cấp phối bê tông cường độ cao hạt mịn

được tính toán và xác định theo phương pháp thể tích tuyệt đối kết hợp với việc điều chỉnh bằng thực nghiệm đã thu được hỗn hợp bê tông hạt mịn với tính công tác tốt, độ xòe từ 18 cm đến 20,5 cm. Mặt khác, thành phần phụ gia khoáng hoạt tính silica fume SF-90 kết hợp với phụ gia siêu dẻo SR 5000F là nguyên nhân để thu được mẫu bê tông có giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày trên 70 MPa.

- Giá trị độ xòe của hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền và bột gốm thay đổi khá nhiều khi hàm lượng bột gốm sứ TOTO tăng. Độ xòe của hỗn hợp bê tông đã giảm từ 20,5 cm xuống còn khoảng 18 cm khi hàm lượng bột gốm sứ TOTO tăng từ 10 % lên 30 %. Điều này còn được biện giải là do hàm lượng hạt mịn và siêu mịn trong thành phần của bột gốm sứ TOTO với tỷ diện bề mặt cao, vì vậy lượng cần nước để thấm ướt bề mặt bột gốm tăng lên. Do đó, lượng nước dư thừa để tạo ra tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm nên độ xòe của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn đã giảm 14 %.

- Mẫu bê tông sử dụng cát nghiền và bột gốm sứ TOTO có độ hút nước giảm từ 6,25 % xuống 4,87 % khi hàm lượng bột gốm tăng từ 10 % lên 30 %. Ngoài ra, phụ gia siêu dẻo SR5000F và silica fume SF90 cũng đã góp phần tăng độ đặc chắc, cải thiện cấu trúc của bê tông. Hiệu ứng này đã giảm độ hút nước của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày.

- Mẫu bê tông thí nghiệm với tỷ lệ N/CKD = 0,30; sử dụng 10 % phụ gia siêu mịn silica fume SF90 và bột gốm sứ TOTO có giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày tăng từ 74,9 MPa lên đến 77,3 MPa. Giá trị cường độ nén của mẫu bê tông hạt mịn tăng dần khi hàm lượng bột gốm tăng từ 10 % lên 20 % sau đó cường độ nén có xu hướng giảm dần trong khi bột gốm sứ tăng từ 20 % đến 30 %, giá trị cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt lớn nhất là 77,3 MPa.

- Trong bê tông hạt mịn sử dụng cát nhân tạo, cường độ bám dính giữa hạt cát và đá xi măng cao hơn và phát triển nhanh hơn so với trong bê tông sử dụng cát tự nhiên. Giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đã đạt được khoảng 14,8 %; 35,0 %; 62,7 % và 88,6 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày.

- Cần nghiên cứu và làm rõ thêm mức độ ảnh hưởng tính chất của bột gốm sứ TOTO, cát nghiền, công nghệ sản xuất cát nghiền, điều kiện chế tạo mẫu, chế độ bảo dưỡng đến sự ổn định đặc tính cơ lý của bê tông hạt mịn cường độ cao khi sử dụng cát nghiền có nguồn gốc từ đá vôi thay thế cho cát tự nhiên. Việc sử dụng các loại cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên là giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý bền vững tài nguyên tự nhiên ở Việt Nam hiện nay.

5. Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ năm 2023, mã số B2023-MDA-07. Tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Bộ môn Xây dựng công trình ngầm và Mò, Khoa Xây dựng cùng các sinh viên Võ Đình Trọng, Nguyễn Trung Hiếu và Nguyễn Xuân Công - Bộ môn Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tham gia giúp đỡ thực hiện các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. <https://thanhmien.vn/mien-tay-dut-gay-nguon-cung-cat-18523082100545181.htm>
- [2]. Bạch Đình Thiên: *Cốt liệu nhân tạo dùng trong công tác bê tông và san lấp công trình*. Lê Viết Dũng, Tống Tôn Kiên, Đỗ Trọng Thành, 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 (KHCCNXD)-ĐHXDHN 15, No. 3V (2021): 93-103.
- [3]. Bạch Đình Thiên: *Cốt liệu nhân tạo dùng trong công tác bê tông và san lấp công trình*. Tạp chí Xây dựng. Số 11 – 2020.
- [4]. Nguyễn Hồng Chương, Phùng Văn Lự, 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):11-19.
- [5]. 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): 944-955..
- [6]. Wigum, B. J., Danielsen, S. W. (2009). *Production and Utilisation of Manufactured sand*. State-of-the-art report, COIN project report 12 - 2009, Norway.
- [7]. Nguyễn Văn Đoàn (2018). *Sử dụng cát nghiền để chế tạo bê tông và vữa xây dựng*. Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường, NXB Xây dựng, 116-129.
- [8]. Hoàng Hồng Vân, Hà Huy Hiếu, Nguyễn Mạnh Cường, Phạm Văn Thịnh, Nguyễn Duy Hiếu, Trương Thị Kim Xuân, Đỗ Trọng Toàn (2018). *Nghiên cứu ảnh hưởng của hỗn hợp cát nhân tạo và cát thiên nhiên đến tính chất cơ bản của bê tông*. Tạp chí khoa học Kiến trúc – Xây dựng. 90-94.
- [9]. Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Xuân Công, Võ Đình Trọng, Đặng Quang Minh, Trương Văn Cường (2023). *Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông nhẹ sử dụng bột nhôm và chất kết dính Geopolymer từ hỗn hợp tro bay, xỉ lò cao và phế thải nhà máy gốm sứ TOTO dùng trong công trình dân dụng và công nghiệp*. Đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên lần thứ 36 - Trường Đại học Mô-Địa chất, tháng 06/2023.
- [10]. TCVN 2682:2009. *Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [11]. TCVN 8827:2011. *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – Silica fume và tro trấu nghiền mịn*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [12]. TCVN 7570:2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa. Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [13]. TCVN 9205:2012. *Cát nghiền cho bê tông và vữa*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [14]. TCVN 8826:2011. *Phụ gia hoá học cho bê tông - Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [15]. TCVN 4506:2012. *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [16]. TCVN 9382:2012. *Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [17]. TCVN 3121:2003. *Vữa xây dựng - Phương pháp thử*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [18]. TCVN 12209:2018. *Bê tông tự lèn - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [19]. TCVN 3106:1993. *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [20]. TCVN 3115:1993. *Bê tông nặng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [21]. TCVN 3113 : 1993. *Bê tông nặng – Phương pháp xác định độ hút nước*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [22]. TCVN 3118:1993. *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [23]. TCVN 10306:2014. *Bê tông cường độ cao - Thiết kế thành phần mẫu hình trụ*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [24]. Tống Tôn Kiên, Trần Hoàng Hân, Cao Thị Hương (2018). *Nghiên cứu khả năng sử dụng các sản phẩm từ đá cát kết thay thế cát tự nhiên trong xây dựng các công trình*. Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường, NXB Xây dựng, 83-91.
- [25]. Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh (2020). *Lý thuyết bê tông*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 Tr.
- [26]. Баженов Ю.М. *Технология бетона*. М.: Изд. АСВ., 2011, 528 с.
- [27]. Танг Ван Лам, Ву Ким Зиен, Нго Суан Хунг, Булгаков Б.И., (2019). *Влияние комплексной органико-минеральной добавки на деформацию гидротехнических бетонов*. Журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2019. №4(79). С. 7 - 19.
- [28]. Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Công Thắng, Lê Trung Thành, Văn Viết Thiên Ân, Hoàng Tuấn Nghĩa, (2018). *Bê tông chất lượng siêu cao*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 300 Tr.
- [29]. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. *Модифицированные высококачественные бетоны*. М.: Изд. АСВ. 2006, 370 с.
- [30]. Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Văn Tuấn, (2006). *Nghiên cứu chế tạo bê tông mác cao dùng trong công trình biển – Bê tông trọng lực*. Hội thảo khoa học quốc tế: Một số thành tựu mới trong nghiên cứu Vật liệu xây dựng hiện đại. Hà Nội, 46-63.
- [31]. Sahmaran, M., Kasap, O., Duru, K., and Yaman, I. O. (2007). *Effects of mix composition and water–cement ratio on the sulfate resistance of blended cements*. Cement and Concrete composites, 29(3), 159-167.