

Ảnh hưởng của việc tận dụng bùn thải thay thế một phần xi măng đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao

Dương Ngọc Phi Long^{1,2}, Nguyễn Thịnh^{1,2}, Bùi Phương Trinh^{1,2}, Lưu Xuân Lộc^{1,2*}, Vũ Đức Thắng³

¹Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM (HCMUT), 268 Lý Thường Kiệt Quận 10 TP.HCM

²Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Công ty CP Đầu tư và Kinh doanh nước sạch Sài Gòn (SWIC)

TỪ KHÓA

Bê tông cường độ cao
Bùn thải
Cường độ nén
Độ hút nước
Độ sụt

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung đánh giá ảnh hưởng của việc tận dụng bùn thải từ nhà máy cấp nước Thủ Đức đến các tính chất kỹ thuật của bê tông cường độ cao, bao gồm độ sụt, cường độ nén, độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở. Hàm lượng bùn thay thế xi măng dùng trong nghiên cứu lần lượt là 0 %, 5 %, 10 %, 15 % và 20 % theo khối lượng. Mục tiêu là chế tạo bê tông đối chứng không sử dụng bùn với cường độ nén thiết kế ở 28 ngày tuổi đạt 70 MPa và duy trì độ sụt đối với tất cả cấp phối là 14 ± 2 cm. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng cường độ nén ở 28 ngày tuổi của bê tông đối chứng đạt cường độ thiết kế, trong khi bê tông với hàm lượng bùn thay thế 5 %, 10 % và 15 % có cường độ nén trên 60 MPa, đạt chỉ tiêu về bê tông cường độ cao. Hàm lượng bùn càng tăng, độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông càng tăng. Cường độ nén của bê tông tỉ lệ nghịch với độ hút nước và thể tích lỗ rỗng ở 28 ngày tuổi.

KEYWORDS

High strength concrete
Waste sludge
Compressive strength
Water absorption
Slump

ABSTRACT

This study focuses on evaluating a utilization of waste sludge from Thu Duc water supply plant on the engineering properties of high strength concrete, including slump, compressive strength, water absorption, and void volume. The replacements of cement by waste sludge used in the study were 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, and 20 % by mass. The objectives were to manufacture control concrete using no waste sludge with a designed compressive strength at 28 days of 70 MPa and to maintain a designed slump of 14 ± 2 cm for all mixture proportions. The experimental results showed that the compressive strength at 28 days of the control concrete reached the designed strength, while the concrete with sludge replacements of 5 %, 10 %, and 15 % had compressive strength higher than 60 MPa, meeting a specification of high strength concrete. The higher the waste sludge replacement, the higher the water absorption and void volume of the concrete. The compressive strength of concrete was inversely proportional to the water absorption and the void volume at 28 days.

1. Giới thiệu

Các công trình hiện đại ngày nay với quy mô lớn luôn đòi hỏi vật liệu xây dựng có khả năng chịu lực cao. Chính vì lẽ đó, bê tông cường độ cao ngày càng được ứng dụng nhiều trong xây dựng. Để chế tạo bê tông cường độ cao, việc sử dụng xi măng, thành phần chủ yếu trong bê tông, càng nhiều bên cạnh việc bổ sung các phụ gia khoáng có phản ứng hóa học, góp phần tạo ra sản phẩm hydrat hóa (tức khoáng C-S-H) có khả năng lấp đầy các lỗ rỗng và từ đó làm cho cấu trúc bê tông trở nên đặc chắc [1]. Điều này dẫn đến nhu cầu sử dụng xi măng trong ngành xây dựng ngày càng cao, kéo theo việc sản xuất lượng xi măng đáng kể, cụ thể mỗi năm có đến 4,6 tỷ tấn xi măng truyền thống (OPC) được sản xuất trên thế giới [2]. Việc sản xuất xi măng lại gây ảnh hưởng đến môi trường và đời sống con người. Ước tính mỗi năm ngành công nghiệp sản xuất xi măng thải ra 2,2 tấn CO₂, tương đương chiếm 8 % lượng khí thải CO₂ toàn cầu năm 2016 [3]. Do đó, việc tìm kiếm các nguồn vật liệu

thay thế một phần xi măng là điều cấp thiết hiện nay, hướng đến sự phát triển bền vững.

Mặt khác, việc xử lý bùn thải đang là một vấn đề đáng được quan tâm. Tại nhà máy cấp nước Thủ Đức, mỗi ngày thải ra khoảng 60 tấn bùn thải (tùy theo mùa), lượng bùn thải từ nhà máy chưa có biện pháp xử lý triệt để, chủ yếu chỉ dùng để chôn lấp [4]. Bùn thải chứa nhiều kim loại nặng như Zn, Ni, Cu, Mn, Cd, Pb, Hg, Fe,... [5], và có nhiều vi sinh vật gây mùi nên nếu không được xử lý tốt sẽ gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

Các nghiên cứu trên thế giới chủ yếu sử dụng bùn thải để thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông như trong nghiên cứu của Zhao và cộng sự [5], bùn được nạo vét ở Cảng Dunkirk (Pháp) đã được tận dụng để thay thế một phần xi măng cho việc chế tạo bê tông và kết quả cho thấy khi hàm lượng bùn thay thế tăng thì độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm, cường độ nén và cường độ kéo khi uốn ở 7 và 28 ngày tuổi giảm. Safhi và cộng sự [6] cũng sử dụng bùn ở Cảng Dunkirk (Pháp) để thay thế một phần xi măng và kết quả cho thấy hàm lượng bùn tối ưu để thay

*Liên hệ tác giả: lxloc@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 09/06/2022, sửa xong ngày 15/08/2022, chấp nhận đăng 10/12/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2023.354>

thể xi măng là 10 %. Trong khi đó, Tống và cộng sự [7] đã sử dụng bùn vôi của nhà máy giấy để chế tạo gạch không nung đạt mức từ M5.0 đến M10.0. Nguyễn và cộng sự [8] sử dụng bùn đỏ để làm nguyên liệu thay thế đất sét trong sản xuất ngói và kết quả cho thấy sử dụng 50 % bùn trong phối liệu sản xuất là tối ưu. Võ và cộng sự [4] đã sử dụng bùn từ nhà máy cấp nước Thủ Đức thay thế một phần xi măng ở mức 10 %, 20 % và 30 % nhưng chỉ áp dụng để chế tạo bê tông có cường độ nén ở 28 ngày tuổi là 45 MPa. Tóm lại, các đề tài nghiên cứu trong nước trước đây về sử dụng bùn thay thế xi măng trong việc chế tạo bê tông cường độ cao vẫn còn đang rất hạn chế. Do đó, đề tài này hướng tới việc sử dụng bùn thải từ nhà máy cấp nước Thủ Đức nhằm thay thế một phần xi măng trong việc chế tạo bê tông cường độ cao ứng dụng cho các công trình cao tầng, đáp ứng nhu cầu xã hội.

2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

2.1 Vật liệu thí nghiệm

Nguyên liệu được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm xi măng Portland PC40 loại I của Công ty Nghi Sơn phù hợp với TCVN 2682:2020 [9] và bùn phế thải được lấy từ nhà máy cấp nước Thủ Đức. Thành phần hóa học và các chỉ tiêu cơ lý của xi măng và bùn được thể hiện trong Bảng 1 và 2.

Cát sông được rửa sạch, phơi khô và dùng làm cốt liệu nhỏ cho nghiên cứu. Trong khi đó, đá dăm được rửa sạch, phơi khô và dùng làm cốt liệu lớn cho nghiên cứu. Cát sông và đá dăm được thí nghiệm các chỉ tiêu vật lý theo TCVN 7572:2006 [10] và thỏa với TCVN 7570:2006 [11]. Các chỉ tiêu vật lý và thành phần hạt của cát sông và đá dăm được thể hiện trong Bảng 3, Hình 1 và 2. Dựa vào Hình 1 và 2 có thể thấy, thành phần hạt của cát sông sử dụng trong nghiên cứu có cỡ hạt 0,14 mm; 1,25 mm và 2,5 mm nằm trong phạm vi cho phép, trừ cỡ hạt 0.63 mm và 0.315 mm nằm hơi lệch ra ngoài vùng phạm vi cho phép theo TCVN 7570:2006 [11] nhưng không đáng kể. Trong khi đó, đá dăm có cỡ hạt 5 mm và 12.5 mm nằm trong vùng phạm vi cho phép, trừ cỡ hạt 20 mm nằm ngoài vùng cho phép theo TCVN 7570:2006 [11] nhưng không đáng kể. Do đó, cát sông và đá dăm được đánh giá là có thể được sử dụng để chế tạo bê tông trong nghiên cứu này.

Bảng 1. Thành phần hóa học của xi măng và bùn.

Thành phần hóa	Bùn (% khối lượng)	Xi măng (% khối lượng)
SiO ₂	36,50	17,50
Fe ₂ O ₃	36,50	3,83
Al ₂ O ₃	19,00	4,33
CaO	3,84	68,30
TiO ₂	1,55	0,70
K ₂ O	0,89	0,87
MgO	0,73	0,43
SO ₃	0,30	3,61
MnO	0,33	0,43
P ₂ O ₅	0,36	0,00

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ lý của xi măng và bùn.

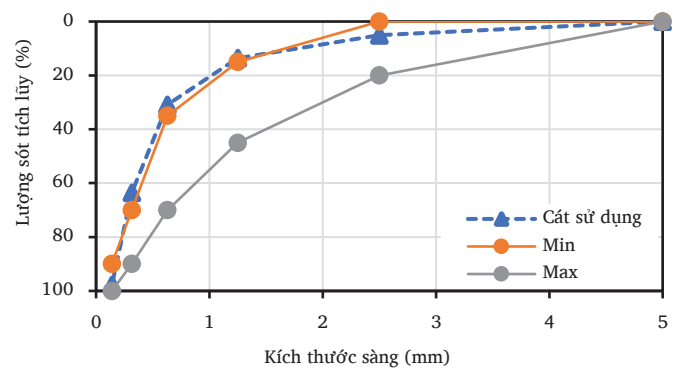
Chỉ tiêu	Đơn vị	Xi măng	Bùn
Khối lượng riêng	g/cm ³	3,1	2,52
Lượng sót trên sàng 0,09 mm	%	0,3	12,95
Cường độ nén ở 28 ngày tuổi	N/mm ²	58,3	-

- : không thí nghiệm

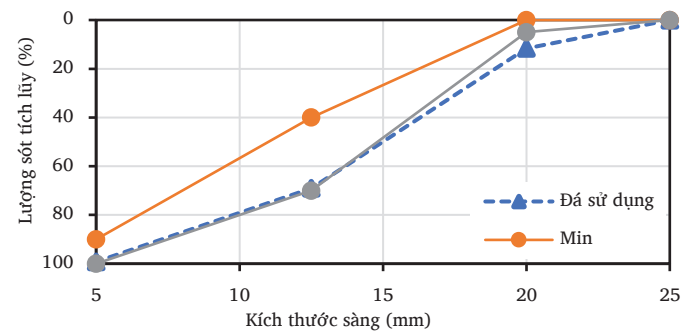
Bảng 3. Chỉ tiêu vật lý của cốt liệu.

Chỉ tiêu vật lý	Đơn vị	Cát sông	Đá dăm
Khối lượng thể tích	g/cm ³	1,51	1,44
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,63	2,69
Module độ lớn, M _{dl}		2,11	-

- : không thí nghiệm



Hình 1. Thành phần hạt của cát sông.



Hình 2. Thành phần hạt của đá dăm.

Nước được sử dụng để nhào trộn là nước thủy cục, không lẫn tạp chất, không chứa váng dầu mỡ, không màu, không mùi phù hợp theo TCVN 4506:2012 [12]. Phụ gia siêu dẻo được sử dụng trong nghiên cứu là Master Glenium SKY 8719 phù hợp với ASTM C494 loại F và G [13] nhằm để đảm bảo độ sụt của tất cả hỗn hợp bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng.

2.2 Thành phần cấp phối

Cấp phối bê tông đối chứng được thiết kế theo TCVN 10306:2014 [14] với cường độ nén thiết kế ở 28 ngày tuổi tối thiểu 70 MPa và độ

sụt thiết kế là 14 ± 2 cm. Hàm lượng bùn thay thế xi măng dùng trong nghiên cứu lần lượt là 0 %, 5 %, 10 %, 15 % và 20 % theo khối lượng. Lượng phụ gia được điều chỉnh tương ứng với từng cấp phối nhằm để đảm bảo độ sụt là 14 ± 2 cm. Cấp phối bê tông trong nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Cấp phối bê tông.

Kí hiệu cấp phối	Đá (kg)	Nước (lít)	Xi măng (kg)	Bùn (kg)	Cát (kg)	Phụ gia (% theo xi măng)
B-00	1000	200	525	0	677	0,40
B-05	1000	200	499	26	672	0,75
B-10	1000	200	473	53	667	1,05
B-15	1000	200	446	79	662	1,30
B-20	1000	200	420	105	657	1,55

Chú thích:

B-00, B-05, B-10, B-15 và B-20: mẫu thay thế xi măng bằng bùn với hàm lượng thay thế lần lượt là 0 %, 5 %, 10 %, 15 % và 20 %.

2.3. Quy trình nhào trộn

Sau khi cân tất cả các nguyên liệu của mỗi cấp phối ở Bảng 4, tiến hành nhào trộn bằng việc sử dụng máy trộn cưỡng bức theo các bước sau: (1) làm ẩm tất cả các dụng cụ cần sử dụng cho quá trình trộn, (2) cho cát và chất kết dính gồm xi măng và bùn (nếu có) vào trộn khoảng 30 giây (Hình 3 (a) và (b)), (3) đổ nước không chứa phụ gia vào và tiếp tục trộn trong 30 giây, (4) cho đá dăm vào trộn tiếp trong 30 giây (Hình 3 (c)) và (4) đổ phần nước có chứa phụ gia vào và tiếp tục trộn trong 60 giây (Hình 3 (d)).



Hình 3. Quy trình nhào trộn hỗn hợp bê tông bao gồm trộn khô hỗn hợp cát, xi măng và bùn (a), cát, xi măng và bùn sau khi trộn 30 giây (b), cho đá dăm vào trộn (c) và cho phần nước có phụ gia vào trộn (d).

2.4. Kiểm tra độ sụt, tiến hành đúc và dưỡng hộ mẫu

Hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn được kiểm tra độ sụt theo TCVN 3106:1993 [15].

Quy trình đúc mẫu được thực hiện theo TCVN 3105:1993 [16] sử dụng khuôn thép có kích thước $100 \times 100 \times 100$ mm sau khi được lau nhớt để chống dính mặt bên trong khuôn theo các bước sau: (1) tiến hành đổ hỗn hợp bê tông vào bên trong khuôn thành hai lớp, (2) dùng thanh thép tròn đâm đều từng lớp theo hình xoắn ốc từ ngoài vào trong, lớp một đâm tới đáy khuôn, lớp sau đâm xuyên lớp trước, (3) dùng búa cao su gõ nhẹ xung quanh thành khuôn để hồ xi măng chảy đều và tránh rỗ mặt khi tháo khuôn, (4) dùng bay gạt mặt và xoa phẳng bề mặt của mẫu và (5) dùng tấm nilong che phủ toàn bộ bề mặt của mẫu và dưỡng hộ trong phòng thí nghiệm trong 24 giờ.

Sau 24 giờ đúc, mẫu được tháo khỏi khuôn, ghi kí hiệu mẫu và cho vào bể dưỡng hộ nước ở điều kiện nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$ cho đến ngày tuổi thí nghiệm.

2.5. Kiểm tra cường độ nén

Cường độ nén của mẫu được kiểm tra theo TCVN 3118:1993 [17] ở các độ tuổi 3, 7 và 28 ngày tuổi bằng máy nén thủy lực với tốc độ gia tải $0,6 \pm 0,4$ N/mm². Giá trị cường độ nén của mỗi cấp phối bê tông ở từng độ tuổi là giá trị trung bình của ba mẫu tương ứng.

2.6. Xác định độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở

Độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở của mẫu bê tông ở 28 ngày tuổi được xác định theo ASTM C642-06 [18] với quy trình sau: (1) mẫu thí nghiệm được sấy khô ở nhiệt độ 100 – 110 °C trong lò sấy, không ít hơn 24 giờ, sau khi lấy ra khỏi lò, để nguội mẫu trong không khí đến khi nhiệt độ từ 20 – 25 °C và cân khối lượng (A); (2) tiến hành ngâm mẫu trong nước ở nhiệt độ 21 °C không dưới 48 giờ và sau đó làm khô bề mặt mẫu và tiến hành cân khối lượng (B); (3) đặt mẫu vào bể điều nhiệt, đổ nước đầy và đun sôi trong 5 giờ và sau đó, để nguội không dưới 14 giờ đến khi nhiệt độ cuối cùng từ 20 – 25 °C, tiếp theo tiến hành loại bỏ độ ẩm bề mặt bằng khăn và cân khối lượng mẫu (C) và (4) cân khối lượng của mẫu trong nước để có giá trị D.

Độ hút nước của bê tông được xác định theo công thức (1):

$$\% \text{Độ hút nước} = [(B - A)/A] \times 100 \% \quad (1)$$

Thể tích lỗ rỗng hở của bê tông được xác định theo công thức (2):

$$\% \text{Thể tích lỗ rỗng hở} = [(C - A)/(C - D)] \times 100 \% \quad (2)$$

Trong đó:

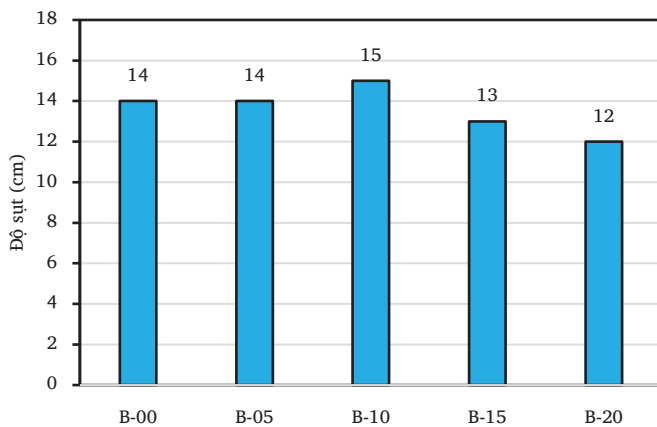
- A: Khối lượng của mẫu được cân trong không khí sau khi sấy khô (g).
- B: Khối lượng mẫu ở trạng thái khô bề mặt được cân trong không khí sau khi ngâm trong nước (g).
- C: Khối lượng mẫu ở trạng thái khô bề mặt được cân trong không khí sau khi ngâm và đun sôi (g).
- D: Khối lượng mẫu được cân trong nước sau khi ngâm và đun sôi (g).

Giá trị độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở của mỗi cấp phối bê tông ở 28 ngày tuổi là giá trị được xác định theo công thức (1) và (2) với trung bình khối lượng của ba mẫu tương ứng.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1 Độ sụt

Kết quả độ sụt của hỗn hợp bê tông ở các cấp phối được thể hiện trong Hình 4. Bằng cách giữ nguyên lượng nước và tăng lượng phụ gia siêu dẻo khi hàm lượng thay thế bùn tăng (xem Bảng 4), độ sụt của các cấp phối có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng đều đạt được độ sụt thiết kế, tức 14 ± 2 cm.

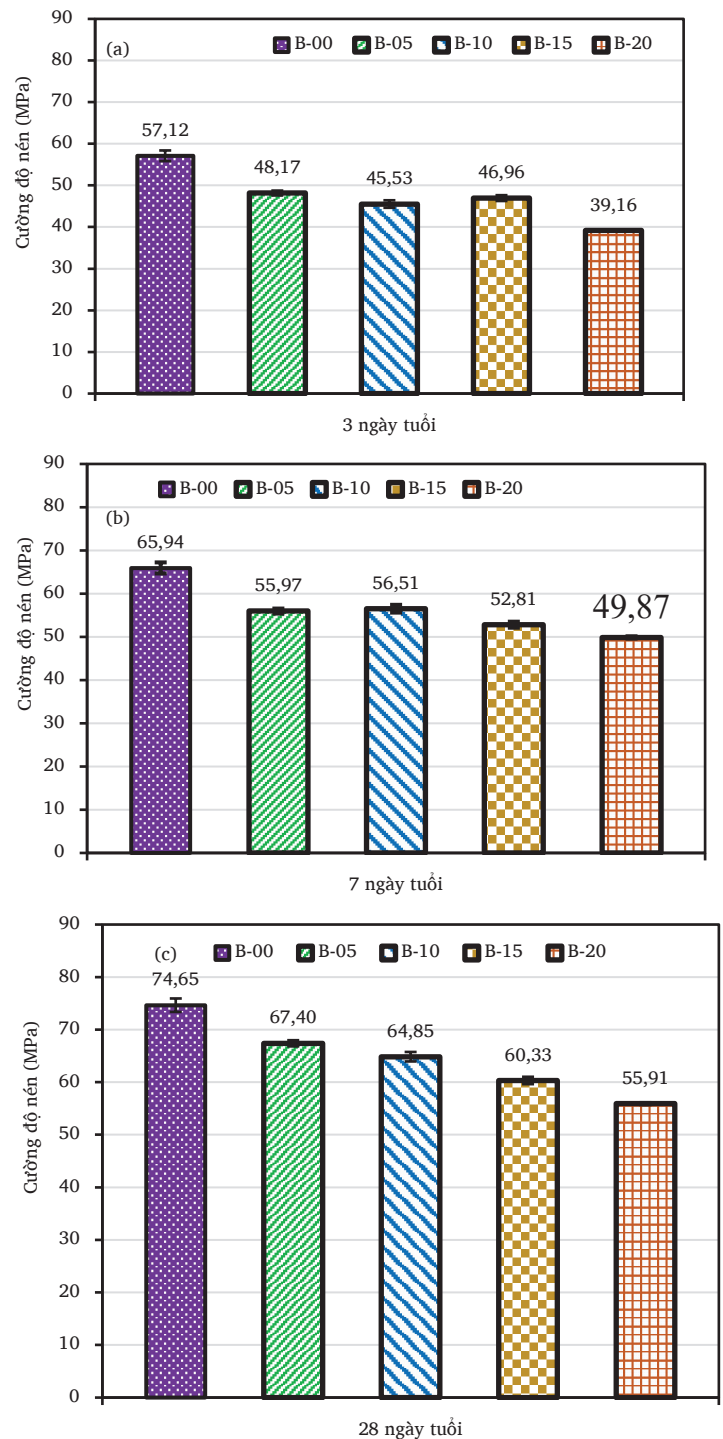


Hình 4. Độ sụt của hỗn hợp bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng.

3.2 Cường độ nén của bê tông

Hình 5 (a), (b) và (c) thể hiện lần lượt cường độ nén của các mẫu bê tông ở 3, 7 và 28 ngày tuổi. Nhìn chung, hàm lượng bùn thay thế đã ảnh hưởng đến cường độ nén của bê tông. Đối với mẫu đối chứng, cường độ nén ở 28 ngày tuổi là 74,65 MPa, đạt mức thiết kế 70 MPa. Trong khi đó, cường độ nén của các cấp phối giảm dần khi hàm lượng thay thế xi măng bằng bùn tăng lên ở tất cả các độ tuổi. Tại 3 ngày tuổi, cường độ nén của mẫu đối chứng (B-00) cao nhất và đạt được 57,12 MPa; trong khi đó, cường độ nén của tất cả các mẫu bê tông sử dụng bùn đều thấp hơn so với mẫu đối chứng, cụ thể: mẫu thay thế 5 %, 10 %, 15 % và 20 % xi măng bằng bùn lần lượt đạt 48,17; 45,53; 46,96 và 39,16 MPa (xem Hình 5 (a)). Tương tự như 3 ngày tuổi, tại 7 ngày tuổi, cường độ nén của mẫu đối chứng có giá trị cao nhất và đạt 65,94 MPa; trong khi đó, các mẫu thay thế 5 %, 10 %, 15 % và 20 % xi măng bằng bùn lần lượt đạt 55,97; 56,51; 52,81 và 49,87 MPa (xem Hình 5 (b)). Tại 28 ngày tuổi, cường độ nén của mẫu bê tông đối chứng cho kết quả cao nhất với giá trị 74,65 MPa, đạt mức thiết kế là 70 MPa; trong khi đó, các mẫu thay thế 5 %, 10 %, 15 % và 20 % xi măng bằng bùn lần lượt đạt 67,40; 64,85; 60,33 và 55,91 MPa (xem Hình 5 (c)). Mặc dù việc sử dụng bùn thay thế xi măng đã làm

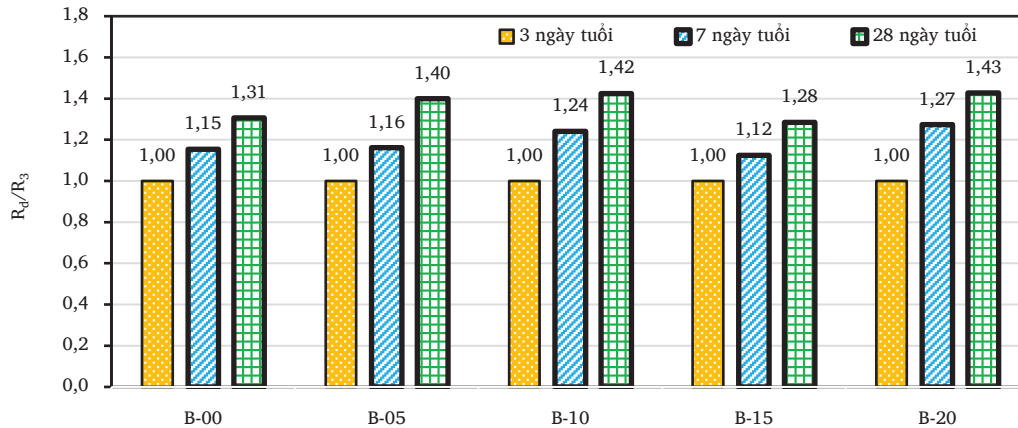
giảm cường độ nén của bê tông nhưng các mẫu thay thế 5 %, 10 % và 15 % xi măng bằng bùn đều có cường độ nén lớn hơn 60 MPa; do đó vẫn được đánh giá là bê tông cường độ cao. Cường độ nén của các mẫu bê tông thay thế xi măng bằng bùn có xu hướng giảm khi hàm lượng bùn thay thế tăng lên, kết quả này có xu hướng tương tự như nghiên cứu của Võ và cộng sự [4] và Zhao và cộng sự [5].



Hình 5. Cường độ nén của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 3 (a), 7 (b) và 28 (c) ngày tuổi.

Hình 6 thể hiện tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông ở 7 và 28 ngày tuổi so với 3 ngày tuổi. Tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng tại 7 ngày tuổi từ 1,12 – 1,27 và trong đó, mẫu thay thế 20 % xi măng bằng bùn có tốc độ phát triển cường độ cao nhất và đạt 1,27. Tại

28 ngày tuổi, tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng từ 1,28 – 1,43 và trong đó, mẫu thay thế 20 % xi măng bằng bùn vẫn là mẫu có tốc độ phát triển cường độ cao nhất và đạt 1,43.



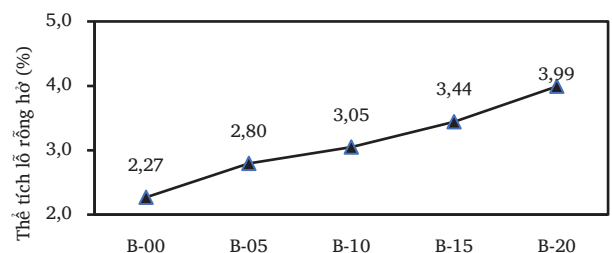
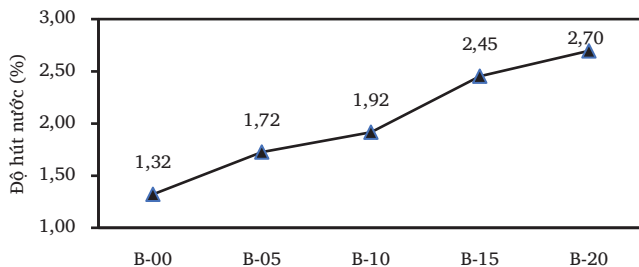
Hình 6. Tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 7 và 28 ngày tuổi so với 3 ngày tuổi.
Chú thích:

R_7/R_3 : tỷ số cường độ nén ở từng độ tuổi (3, 7 và 28 ngày tuổi) so với cường độ nén ở 3 ngày tuổi

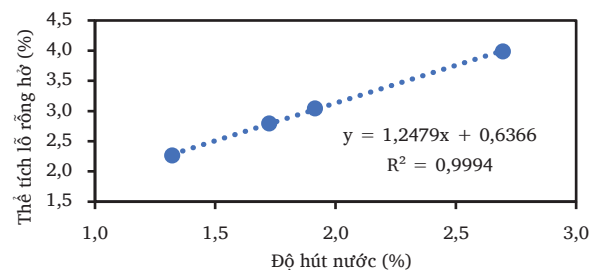
3.3 Độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở

Hình 7 thể hiện độ hút nước của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 28 ngày tuổi. Kết quả cho thấy với hàm lượng bùn thay thế xi măng là 20 %, độ hút nước của mẫu bê tông có giá trị lớn nhất là 2,70 %. Trong khi đó, mẫu đối chứng (B-00) có độ hút nước thấp nhất là 1,32 %. Các mẫu bê tông có hàm lượng bùn thay thế xi măng 5 %; 10 % và 15 % có độ hút nước lần lượt là 1,72 %; 1,92% và 2,45% (xem Hình 7). Tóm lại, độ hút nước của bê tông tăng dần khi hàm lượng bùn thay thế cho xi măng tăng, kết quả này cũng có xu hướng tương tự như trong nghiên cứu của Võ và cộng sự [4].

lượng bùn thay thế xi măng 5 %; 10 % và 15 % có giá trị thể tích lỗ rỗng hở lần lượt là 2,80 %; 3,05 % và 3,44 % (xem Hình 8). Có thể thấy giá trị của thể tích lỗ rỗng hở tăng dần khi hàm lượng bùn thay thế xi măng tăng, tương tự như nghiên cứu của Võ và cộng sự [4]. Từ đây, nhận thấy độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở ở 28 ngày tuổi của bê tông có mối quan hệ thuận (xem Hình 9), tức thể tích lỗ rỗng hở càng tăng thì độ hút nước của bê tông càng tăng.



Hình 8. Thể tích lỗ rỗng hở của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 28 ngày tuổi.



Hình 9. Mối liên hệ giữa độ hút nước với thể tích lỗ rỗng hở của mẫu bê tông ở 28 ngày tuổi.

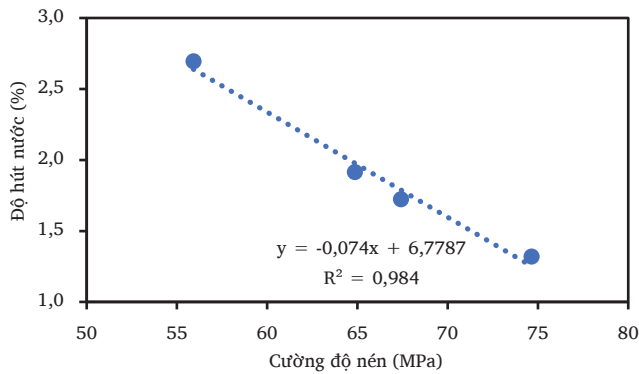
Hình 7. Độ hút nước của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 28 ngày tuổi.

Hình 8 thể hiện thể tích lỗ rỗng hở của các mẫu bê tông có và không có sử dụng bùn thay thế xi măng ở 28 ngày tuổi. Tương tự với kết quả độ hút nước, thể tích lỗ rỗng hở của mẫu bê tông thay thế 20 % xi măng bằng bùn có giá trị lớn nhất là 3,99 %. Trong khi đó, mẫu đối chứng (B-00) có giá trị thấp nhất là 2,27 %. Các mẫu bê tông có hàm

3.4 Mối liên hệ giữa cường độ nén đối với độ hút nước, thể tích lỗ rỗng hở

3.4.1 Mối liên hệ giữa cường độ nén đối với độ hút nước

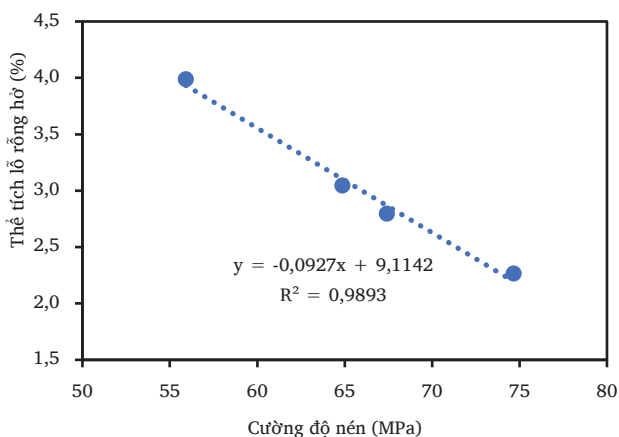
Mối liên hệ giữa cường độ nén và độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi được thể hiện trong Hình 10. Kết quả cho thấy độ hút nước tỉ lệ nghịch với cường độ nén của bê tông, tức là độ hút nước càng tăng thì cường độ nén của bê tông càng giảm.



Hình 10. Mối liên hệ giữa cường độ nén và độ hút nước của mẫu bê tông ở 28 ngày tuổi.

3.4.2 Mối liên hệ giữa cường độ nén đối với thể tích lỗ rỗng hở

Hình 11 thể hiện mối liên hệ giữa cường độ nén và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông ở 28 ngày tuổi. Kết quả cũng cho thấy thể tích lỗ rỗng hở tỉ lệ nghịch với cường độ nén của bê tông, tức thể tích lỗ rỗng hở càng tăng thì cường độ nén của bê tông càng giảm.



Hình 11. Mối liên hệ giữa cường độ nén và thể tích lỗ rỗng hở của mẫu bê tông ở 28 ngày tuổi.

Nguyên nhân dẫn đến việc cường độ nén của bê tông giảm, độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở tăng lên khi hàm lượng bùn thay thế tăng là do (1) kích thước hạt của bùn sử dụng trong nghiên cứu còn khá lớn so với các hạt xi măng (xem Bảng 2), (2) bê tông sử dụng bùn có hàm lượng xi măng thấp hơn so với mẫu bê tông đối chứng không

sử dụng bùn và (3) phản ứng pozzolanic của bùn xảy ra chậm hơn so với xi măng [19].

4. Kết luận

Từ những kết quả thực nghiệm, có thể rút ra những kết luận sau:

+ Hàm lượng bùn thay thế xi măng càng tăng thì cường độ nén của bê tông càng giảm, độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở càng tăng.

+ Hàm lượng bùn thay thế xi măng trong việc chế tạo bê tông cường độ cao trong khoảng 5 % đến 15 % mang tính khả thi do cường độ nén ở 28 ngày tuổi của bê tông lần lượt là 67,40; 64,85 và 60,33 MPa, đều lớn hơn yêu cầu cho bê tông cường độ cao (với giá trị trên 60 MPa) có thể ứng dụng cho các công trình cao tầng.

+ Cường độ nén của bê tông tỉ lệ nghịch với độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở ở 28 ngày tuổi.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số đề tài C2022-20-33. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. O. Büyükoztürk and D. Lau, "High performance concrete : fundamentals and application," *Proc. Int. Conf. New Dev. Concr. Technol.*, no. September, pp. 177–198, 2002.
- [2]. E. Worrell, L. Price, N. Martin, C. Hendriks, and L. O. Meida, "Carbon dioxide emissions from the global cement industry," *Carbon N. Y.*, vol. 26, pp. 303–329, 2001.
- [3]. J. Gale, N. Mahasenan, S. Smith, and K. Humphreys, "The cement industry and global climate change: current and potential future cement industry CO₂ emissions," *Greenh. Gas Control Technol.*, vol. II, no. 1, pp. 995–1000, 2003.
- [4]. N. D. Vo, B. T. Mai, N. P. L. Duong, P. T. Bui, and X. L. Luu, "Effect of partial replacement of cement by waste sludge from water supply plant on compressive strength and water absorption of hardened concrete," *ICSCA 2021 - Proc. Second Int. Conf. Sustain. Civ. Eng. Arch.*, 2021.
- [5]. Z. Zhao, M. Benzerzour, N.-E. Abriak, D. Damidot, L. Courard, and D. Wang, "Use of uncontaminated marine sediments in mortar and concrete by partial substitution of cement," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 93, no. June, pp. 155–162, 2018, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2018.07.010.
- [6]. A. el M. Safhi, P. Rivard, A. Yahia, and M. Benzerzour, "Valorization of dredged sediments in self-consolidating concrete: Fresh, hardened, and microstructural properties," *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121472, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121472.
- [7]. T. K. Tống, T. V. L. Phạm, and D. Đ. Bùi, "Nghiên cứu sử dụng phế thải bùn vôi của nhà máy giấy đê," *Tạp chí Xây Dựng*, vol. 12, pp. 54–58, 2020.
- [8]. H. T. Nguyễn, V. T. Nguyễn, H. C. Ngô, and T. L. Q. Nguyễn, "Nghiên cứu sử dụng bùn đỏ làm nguyên liệu thay thế đất sét trong sản xuất gạch lát nền và ngói lợp," *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, vol. 6, pp. 87–94, 2021.

- [9]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 2682:2020 Xi măng poóc lăng - yêu cầu kỹ thuật,” 2020.
- [10]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 7572-1 ÷ 20:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử,” 2006.
- [11]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa yêu cầu kỹ thuật,” 2006.
- [12]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 4506:2012 Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật,” 2012.
- [13]. ASTM International, “ASTM C494/C494M - Chemical Admixtures for Concrete.” 2001.
- [14]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 10306:2014 Bê tông cường độ cao - Thiết kế thành phần mẫu hình trụ.” 2014.
- [15]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 3106:1993 Phương pháp thử độ sụt.” 1993.
- [16]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 3015:1993 Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng – Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử,” 1993.
- [17]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, “TCVN 3118:1993 Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén,” 1993.
- [18]. ASTM International, “ASTM C642-06 Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete,” 2008.
- [19]. Y. Liu *et al.*, “The potential use of drinking water sludge ash as supplementary cementitious material in the manufacture of concrete blocks,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 168, no. August, p. 105291, 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105291.