

Khảo sát thực nghiệm sự thay đổi đặc tính cơ-lý của bê tông nước biển cát biển theo thời gian

Đặng Đăng Tùng^{1,2}, Lê Hồng Hải³, Trần Quốc Toàn^{1,2,4}, Nguyễn Minh Long^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu thực nghiệm sự thay đổi của một số đặc tính cơ - lý của bê tông nước biển cát biển theo thời gian và so sánh với bê tông nặng thông thường. Các đặc trưng cơ - lý của bê tông được khảo sát bao gồm cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi ép chế, mô-đun đàn hồi và độ co ngót thông qua chương trình thực nghiệm trên 123 mẫu. Kết quả cho thấy cường độ chịu nén và ép chế của bê tông nước biển cát biển có xu hướng phát triển nhanh hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 7 ngày tuổi nhưng sau đó chậm dần và nhỏ hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 28 đến 180 ngày tuổi. Việc tăng mô-đun độ lớn của cát (từ 1,3 đến 1,6) và sự thay đổi độ mặn của nước biển (0,78% và 2,34%) ảnh hưởng không đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông. Mô-đun đàn hồi của bê tông nước biển cát biển ở 28 ngày tuổi lớn hơn nhẹ (xấp xỉ 6,9%) so với của bê tông nặng thông thường. Biến dạng co ngót của bê tông gia tăng rất nhanh từ 03 cho đến 21 ngày tuổi, nhưng chậm dần ở giai đoạn sau đó. Biến dạng co ngót của bê tông nước biển cát biển không khác biệt đáng kể so với của bê tông nặng thông thường mặc dù nó nhỏ hơn so với của bê tông nặng thông thường trong giai đoạn từ 03 đến 21 ngày tuổi và lớn hơn trong giai đoạn từ 21 đến 70 ngày tuổi.

Từ khoá: bê tông nước biển cát biển, cường độ, mô đun đàn hồi, độ co ngót, thời gian, thực nghiệm

ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông là loại vật liệu xây dựng được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất trong ngành xây dựng; tuy vậy, việc sản xuất bê tông đòi hỏi cần một lượng nước sạch khổng lồ, xấp xỉ 2 tỷ tấn, tương đương với 9% tổng nhu cầu nước của tất cả các ngành công nghiệp toàn cầu¹. Trong ngành xây dựng, đặc biệt ở các quốc gia phát triển, hiện đang có sự quan tâm lớn trong việc tìm kiếm các giải pháp phù hợp để giảm bớt lượng nước sạch sử dụng trong việc chế tạo bê tông. Dự đoán đến năm 2050, xấp xỉ 75% lượng nước cần thiết cho việc chế tạo bê tông sẽ tập trung vào các khu vực đối mặt với nguy cơ thiếu nước². Trong bối cảnh của sự khan hiếm nước sạch trên toàn cầu ngày càng tăng và các vấn đề môi trường liên quan đến việc khử mặn, việc sử dụng nước biển có thể là giải pháp hợp lý và đầy hứa hẹn để chế tạo bê tông³. Bên cạnh nguồn nước sạch, cát là thành phần quan trọng để sản xuất bê tông; tuy nhiên, trong khi lượng cát bồi đắp do thượng nguồn của các con sông chuyển về ngày càng ít đi do sự xuất hiện của hàng loạt hệ thống đập đầu nguồn. Việc khai thác cát ở ạt phục vụ cho xây dựng công trình càng làm trầm trọng hơn tình hình sụt lún, xói mòn và phá vỡ hệ sinh thái sông ngòi. Do thiếu nguồn cung, giá cát tăng cao đột biến đã khiến chi phí đầu tư xây dựng tăng

cao và ảnh hưởng nghiêm trọng đến tình hình phát triển kinh tế - xã hội của khu vực và cả nước. Trước thực trạng trên, việc nghiên cứu phát triển vật liệu xây dựng phù hợp cho các vùng ven biển và hải đảo đã được Bộ Xây dựng xác định là nhiệm vụ quan trọng và cấp bách nhằm không những khuyến khích việc an cư, hoàn thiện và đảm bảo hạ tầng kỹ thuật, cơ sở vật chất một cách đồng bộ mà còn đảm bảo mục tiêu vừa phát triển kinh tế vừa gắn với bảo vệ chủ quyền lãnh thổ.

Các nghiên cứu về các đặc tính cơ - lý ngắn hạn của bê tông nước biển cát biển đã được bắt đầu từ khá sớm. Nishida và cộng sự⁴ đã tiến hành đánh giá tổng quan về khoảng 85 tài liệu có liên quan đến việc sử dụng nước biển cho bê tông được công bố từ năm 1974 đến năm 2013. Kết quả cho thấy sự khả quan và tính khả thi của bê tông dùng nước biển, đặc biệt là trong trường hợp sử dụng phụ gia khoáng như xỉ lò cao^{4,5}. Một số nghiên cứu tiếp theo cho thấy bê tông nước biển cát biển có cường độ, mô-đun đàn hồi thấp hơn, và độ ăn mòn tương đương hoặc cao hơn so với của bê tông nước sạch; nhưng mức chênh lệch là không đáng kể⁶. Đa số các nghiên cứu đều có nhận định chung rằng, bê tông nước biển cát biển có sự phát triển cường độ chịu nén sớm (từ 7 - 14 ngày) nhưng cường độ lại giảm (từ 7% đến 10%) so với của bê tông

¹Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG HCM; Địa chỉ: 268 Lý Thường Kiệt, Phường Diên Hồng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh; Địa chỉ: đường Võ Trường Toản, Phường Linh Xuân, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Tây Đô; Địa chỉ: 68 Trần Chiên, khu vực Thanh Mỹ, Phường Cái Răng, Thành phố Cần Thơ, Việt Nam

⁴Trường Đại học Tôn Đức Thắng; Địa chỉ: 19 Nguyễn Hữu Thọ, Phường Tân Hưng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Nguyễn Minh Long, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG HCM; Địa chỉ: 268 Lý Thường Kiệt, Phường Diên Hồng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh; Địa chỉ: đường Võ Trường Toản, Phường Linh Xuân, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
Email: nguyeminhlolong@hcmut.edu.vn

Trích dẫn bài báo này: Tùng D D, Hải L H, Toàn T Q, Long N M. Khảo sát thực nghiệm sự thay đổi đặc tính cơ-lý của bê tông nước biển cát biển theo thời gian. VNUHCM J. Eng. Technol. 2026; 9(3):3389-3397.

Lịch sử

- Ngày nhận: 30-05-2025
- Ngày sửa đổi: 07-09-2025
- Ngày chấp nhận: 13-07-2026
- Ngày đăng: 25-09-2026

DOI : <https://doi.org/10.32508/vnuhcmj-et.v9i3.1521>



Bản quyền

© Tạp chí ĐHQG-HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

nước sạch sau tuổi 28 ngày^{2,7,8} chủ yếu là do tác dụng tăng tốc của ion clorua lên quá trình hydrat hóa⁹ và sự kết tinh của muối¹⁰. Khatibmasjedi và cộng sự⁶ chỉ ra rằng sự phát triển của cường độ của bê tông nước biển cát biển chịu tác động đáng kể bởi các điều kiện dưỡng hộ khác nhau. Cũng liên quan đến cường độ, Liu và cộng sự¹¹ phát hiện ra rằng cường độ bê tông nặng thông thường lại vượt trội hơn cường độ của bê tông nước biển cát biển sau 28 ngày do hiện tượng cacbonat hóa; theo đó, sự hiện diện của các ion clorua từ nước biển và cát biển ảnh hưởng đến tốc độ cacbonat hóa và sự phát triển cường độ. Pan và cộng sự⁷ kết luận rằng cát biển nước biển ảnh hưởng đến mô-đun đàn hồi của bê tông và mức độ ảnh hưởng này là không đáng kể. Tuy nhiên, nghiên cứu mới đây của Guan và cộng sự¹² phát hiện rằng cát biển nước biển ảnh hưởng đáng kể đến quan hệ ứng suất - biến dạng nén dọc trục của bê tông. Biến dạng co ngót thường dẫn đến sự xuất hiện của các vết nứt và làm giảm độ bền của bê tông; vì vậy nó thường xuyên là chủ đề nghiên cứu được cộng đồng khoa học quan tâm. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng độ co ngót của bê tông nước biển cao hơn (xấp xỉ 5%) so với của bê tông nặng thông thường². Nguyên nhân là do nước biển làm tăng tốc phản ứng hydrat hóa, thúc đẩy nhanh quá trình đông cứng và tăng áp suất lên các mao dẫn; các yếu tố này làm trầm trọng thêm sự co ngót tự nhiên, đặc biệt là trong giai đoạn co ngót nhanh⁹.

So với các nghiên cứu ngắn hạn, các nghiên cứu dài hạn về các đặc tính cơ lý của bê tông nước biển là rất hạn chế cho đến hiện nay. Mohammed và cộng sự¹³ thực hiện nghiên cứu trên các mẫu bê tông được chế tạo từ những hỗn hợp khác nhau và ngâm trong bể nước biển với môi trường thủy triều được mô phỏng trong phòng thí nghiệm. Các mẫu được nén ở độ tuổi khác nhau 28 ngày, 01 năm, 05 năm, 10 năm và 20 năm. Kết quả cho thấy có sự gia tăng của cường độ chịu nén của mẫu trong 05 năm đầu tiên; sau đó, cường độ bê tông trở nên ổn định cho đến năm thứ 10. Từ 10 đến 20 năm, kết quả nghiên cứu cho thấy cường độ chịu nén của bê tông không có sự thay đổi rõ ràng. Các nghiên cứu liên quan đến các đặc tính khác như mô-đun đàn hồi và độ co ngót của bê tông nước biển cát biển theo thời gian gần như chưa được làm rõ theo tìm hiểu tốt nhất của các tác giả. Bên cạnh đó, không giống như cát sông, cát biển thường có mô-đun độ lớn nhỏ hơn đáng kể và điều này có thể ảnh hưởng đến các cấu trúc của bê tông nước biển cát biển, từ đó ảnh hưởng đến các đặc tính cơ - lý của nó. Tất cả các vấn đề vừa nêu trên cho thấy các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực này, đặc biệt là các nghiên cứu thực nghiệm, là rất cần thiết để có thể cung cấp thêm thông tin, làm sáng tỏ hơn và làm giàu thêm sự hiểu

biết cho cộng đồng khoa học và các kỹ sư xây dựng về loại bê tông có nhiều tính năng thân thiện với môi trường này.

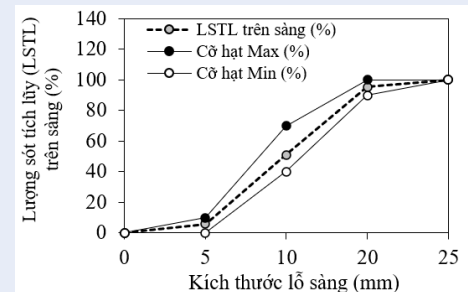
Bài báo này trình bày một nghiên cứu thực nghiệm về sự thay đổi của một số đặc tính cơ - lý của bê tông nước biển cát biển bao gồm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ, mô-đun đàn hồi và độ co ngót theo thời gian và so sánh với bê tông nặng thông thường. Chương trình thực nghiệm được tiến hành trên 123 mẫu. Các tham số được khảo sát gồm thời gian (180 ngày), cấp độ bền của bê tông B20 (M250) và B25 (M350), mô-đun cát biển (1,3 và 1,6) và độ mặn của nước biển (0,78% và 2,34%).

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Vật liệu

Các mẫu thí nghiệm dùng xi-măng PCB40 và cốt liệu lớn là đá tự nhiên 1'2 theo tiêu chuẩn TCVN 7570-2006¹⁴ với thành phần hạt thể hiện trên Hình 1.

Cát biển được khai thác tự nhiên tại bãi biển Thừa Đức (huyện Bình Đại, tỉnh Bến Tre) với mô-đun cỡ hạt 0,8 (Hình 2). Cát có mô-đun tương đối nhỏ nên không phù hợp với tiêu chuẩn cát dùng cho bê tông theo TCVN 7570:2006¹⁴ và TCVN 13754:2023¹⁵. Nghiên cứu đề xuất sử dụng một lượng cát sạch nhỏ có mô-đun cỡ hạt 2,4 (Hình 3) phối trộn với cát biển theo tỉ lệ trong Bảng 1 để có được thành phần mô-đun cỡ hạt 1,3 và 1,6 (Hình 4 và Hình 5) phù hợp cho chế tạo mẫu bê tông.



Hình 1: Phân tích thành phần hạt của cốt liệu đá tự nhiên 1x2 (nguồn: Nhóm tác giả)

Nước sạch sử dụng nước máy. Nước biển được khai thác tại ven và xa bờ biển Thừa Đức (tỉnh Bến Tre) với thành phần hóa lý được phân tích và tổng hợp trong Bảng 2. Kết quả đo nhanh độ mặn của nước biển là 0,78 và 2,34%. Các mẫu dùng bê tông với cấp phối theo Bảng 3.

Bảng 1: Tỷ lệ pha trộn cát biển và cát sông để xuất (nguồn: Nhóm tác giả)

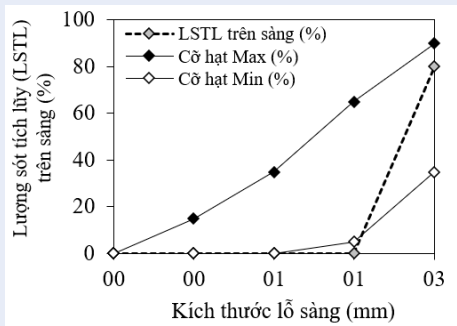
Mô-đun độ lớn cát	Tỷ lệ phối trộn	
	Cát sông mô-đun 2,4	Cát biển mô-đun 0,8
Cát biển phối trộn - mô-đun 1,3	1/3	2/3
Cát biển phối trộn - mô-đun 1,6	1/2	1/2

Bảng 2: Thành phần hóa của nước biển (nguồn: Nhóm tác giả)

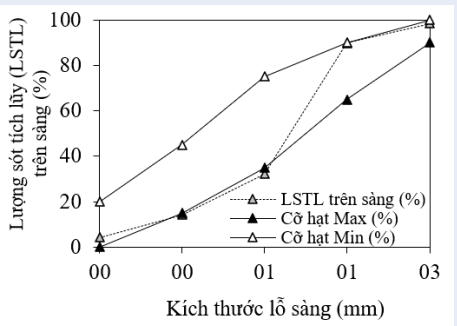
Mẫu nước	Clorua (Cl ⁻)	Sun-phát (SO ₂ -4)	Độ kiềm	Tổng chất rắn hòa tan	pH tại 280C	Độ mặn
	(mg/L)	(mg/L)	(me/L)	(mg/L)		(%)
Nước biển độ mặn thấp (LSW)	–	–	–	–	–	0,78
Nước biển độ mặn cao (HSW)	12592,6	2023,4	2,18	23063,6	7,2	2,34

Bảng 3: Cấp phối bê tông (nguồn: Nhóm tác giả)

Cường độ thiết kế	Xi măng PCB 40, (kg)	Đá 1x2 (kg)	Cát biển/ cát sông (kg)	Nước biển/ nước sạch (lít)	Độ sụt (cm)
B20 (M250)	402	1218	562	195	7±1
B25 (M350)	360	1226	547	195	7±1



Hình 2: Thành phần hạt của cát biển mô-đun 0,8 (nguồn: Nhóm tác giả)



Hình 3: Thành phần hạt của cát sông mô-đun 2,4 (nguồn: Nhóm tác giả)

Mẫu thí nghiệm

a) Mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

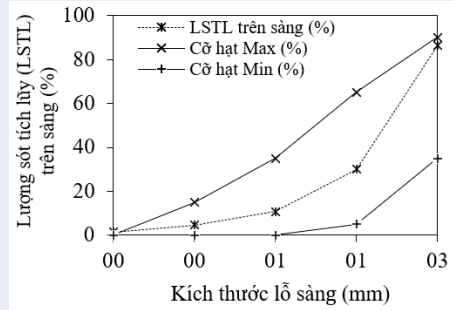
Cường độ chịu nén bê tông được thực hiện trên mẫu lập phương (150'150'150 mm). Mẫu có cấp độ bền B20 (M250) gồm 16 tổ (48 mẫu) và mẫu B25 (M350) gồm 08 tổ (24 mẫu). Thông số khảo sát bao gồm loại nước (nước sạch và nước biển với độ mặn là 0,78 và 2,34%) và mô-đun cát (1,3 và 1,6). Cường độ chịu nén được đánh giá ở 7, 28, 90 và 180 ngày.

b) Mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi ép chế

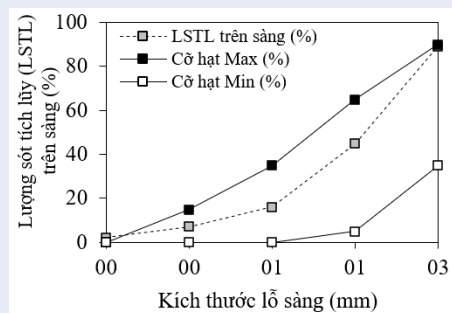
Cường độ ép chế của bê tông được thí nghiệm trên 12 tổ (36 mẫu) mẫu lập phương (150'150'150 mm) ở độ tuổi 28 ngày và 90 ngày.

c) Mẫu thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi

Mô-đun đàn hồi của bê tông nước biển cát biển được xác định trên 09 mẫu lập phương (150x150x150 mm) của cấp phối B25 (M350) lần lượt ở độ tuổi 7, 28 và 90 ngày. Trong phạm vi nghiên cứu này, kích thước mẫu dùng để xác định mô-đun đàn hồi phù hợp với các



Hình 4: Thành phần hạt của cát biển phối trộn để đạt mô-đun 1,3 (nguồn: Nhóm tác giả)



Hình 5: Thành phần hạt của cát biển phối trộn để đạt mô-đun 1,6 (nguồn: Nhóm tác giả)

mẫu thí nghiệm cường độ nén và kéo chế để đánh giá ảnh hưởng của nước biển cát biển đến mô-đun đàn hồi bê tông.

d) Mẫu thí nghiệm xác định độ co ngót

Độ co ngót của bê tông nước biển cát biển được thí nghiệm trên 03 mẫu kích thước 100'100'400 (mm). Độ co ngót bê tông được khảo sát ở các độ tuổi 1, 7, 14, 21, 28, 35 và 70 ngày. Các mẫu sau khi đúc 24 giờ được tiến hành tháo ván khuôn và được giữ ở điều kiện nhiệt ẩm giống nhau, tránh không làm bê tông bị mất ẩm. Sau đó, lắp đặt khung đo vào mẫu thử và tiến hành ghi nhận chỉ số ban đầu của biến dạng kể¹⁶.

Phương pháp thí nghiệm

a) Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và cường độ kéo khi ép chế

Giá trị cường độ chịu nén và chịu kéo khi ép chế của bê tông mỗi tổ được xác định trung bình từ 03 mẫu lần lượt theo TCVN 3118:2022¹⁷ "Bê tông - Phương pháp xác định cường độ nén" và TCVN 8662-2011¹⁸ "Xác định cường độ kéo khi ép chế của vật liệu liên kết bằng chất kết dính" (Hình 6 và Hình 7).



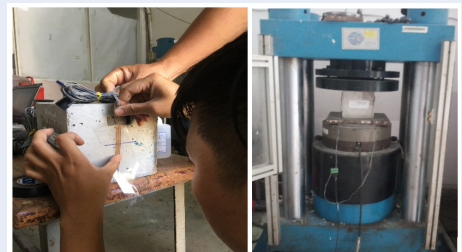
Hình 6: Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông (nguồn: Nhóm tác giả)



Hình 7: Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi ép chế của bê tông (nguồn: Nhóm tác giả)

b) Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi

Mô-đun đàn hồi bê tông được xác định từ biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng khi nén dọc trục. Lực tác dụng được xác định thông qua lực kế của máy nén và biến dạng của bê tông được xác định bằng hai cảm biến điện trở dán trên bề mặt mẫu (Hình 8) kết nối với thiết bị ghi nhận số liệu và máy tính xách tay.

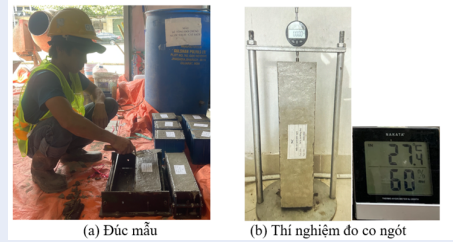


Hình 8: Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi bê tông (nguồn: Nhóm tác giả)

c) Thí nghiệm xác định độ co ngót bê tông

Biến dạng co ngót khô của bê tông được đo theo tiêu chuẩn TCVN 3117:2022¹⁶ như Hình 9. Hai chốt kim loại được lắp đặt cố định ở hai đầu trong quá trình đúc mẫu. Khoảng cách ban đầu của hai chốt được xác định ở độ tuổi 1 ngày; sau đó, tiếp tục đo khoảng cách hai chốt ở các độ tuổi tiếp theo 3, 7, 14, 21, 28, 35 và 70 ngày. Các mẫu bê tông được đặt trong phòng kín

với nhiệt độ giữ ổn định ở mức 25°C trong suốt thời gian thí nghiệm. Biến dạng co ngót của bê tông tại mỗi thời điểm đo được xác định bằng giá trị chênh lệch giữa khoảng cách ban đầu với khoảng cách của hai chốt tại thời điểm đo. Giá trị độ co ngót bê tông được tính trung bình trên 03 mẫu.

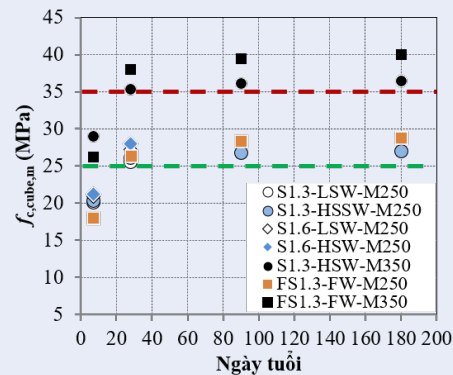


Hình 9: Công tác đúc mẫu và thí nghiệm xác định biến dạng co ngót bê tông (nguồn: Nhóm tác giả)

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

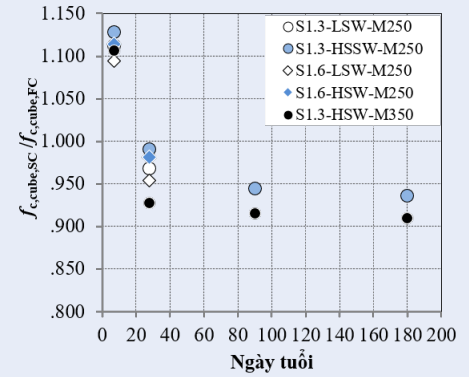
Cường độ chịu nén

Bảng 4 tổng hợp cường độ chịu nén của các mẫu thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ chịu nén của bê tông nặng thông thường ở 7 ngày tuổi đạt từ 67 đến 69% của 28 ngày tuổi; trong khi, con số này ở bê tông nước biển cát biển là từ 77 đến 82%. Ở 90 và 180 ngày tuổi, cường độ chịu nén của bê tông nặng thông thường tăng lần lượt từ 7 đến 9% (mẫu cấp phối B20) và từ 4 đến 5% (mẫu cấp phối B25); trong khi, cường độ chịu nén của bê tông nước biển cát biển tăng không đáng kể lần lượt từ 2 đến 3%.



Hình 10: Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông theo thời gian (nguồn: Nhóm tác giả)

Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông nước biển cát biển có xu hướng lớn hơn từ 8 đến 13% so với của



Hình 11: So sánh cường độ chịu nén của bê tông nước biển cát biển với của bê tông nặng thông thường theo thời gian (nguồn: Nhóm tác giả)

mẫu bê tông nặng thông thường ở 7 ngày tuổi nhưng giảm nhẹ từ 6 đến 7% ở 28 ngày tuổi (Hình 10). Nhìn chung, cường độ chịu nén của bê tông nước biển cát biển có xu hướng phát triển nhanh hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 7 ngày tuổi nhưng sau đó chậm dần và nhỏ hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 28 ngày tuổi cho đến 180 ngày tuổi (Hình 11). Nguyên nhân có thể là do ion clorua có trong cát biển nước biển đã giúp đẩy nhanh lên quá trình hydrat hóa trong bê tông^{2,9,10}. Sự thay đổi độ mặn của nước (0,78 hoặc 2,34‰) ảnh hưởng không đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông ở độ tuổi 7 và 28 ngày (dưới 2%). Sự thay đổi tăng mô-đun độ lớn cát từ 1,3 đến 1,6 làm tăng nhẹ cường độ chịu nén của bê tông nặng thông thường (từ 6 đến 8%) và bê tông nước biển cát biển (xấp xỉ từ 4 đến 7%) (Hình 11).

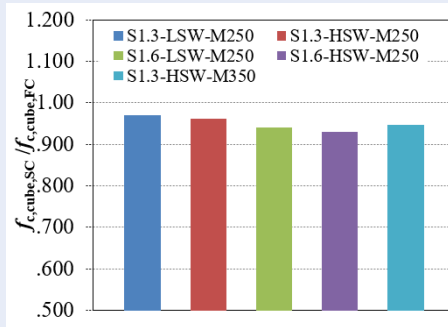
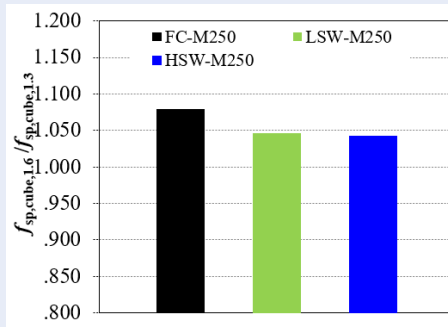
Cường độ chịu kéo khi ép chẻ

Cường độ chịu kéo khi ép chẻ tại 28 ngày tuổi của các mẫu bê tông nước biển cát biển có xu hướng giảm nhẹ so với của mẫu bê tông nặng thông thường (xấp xỉ từ 3% đến 5%) (Hình 12). Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy sự thay đổi độ mặn nước biển 0,78 hoặc 2,34‰ không ảnh hưởng nhiều đến khả năng chịu kéo khi ép chẻ của bê tông. Mặt khác, sự thay đổi tăng mô-đun cát từ 1,3 lên 1,6 làm tăng cường độ kéo khi ép chẻ lên 8,1% đối với các mẫu truyền thống, và tăng nhẹ từ 4,3 đến 4,7% đối với các mẫu cát biển nước biển ở tuổi 28 ngày (Hình 13). Tại tuổi 3 tháng, mẫu nhóm M250 nước biển 2,34‰ với mô-đun cát biển 1,3 (S1.3-HSW-M250) có cường độ chịu kéo khi ép chẻ tăng 15% so với tuổi 28 ngày (Bảng 4).

Bảng 4: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén và chịu kéo khi ép chế của các mẫu (nguồn: Nhóm tác giả)

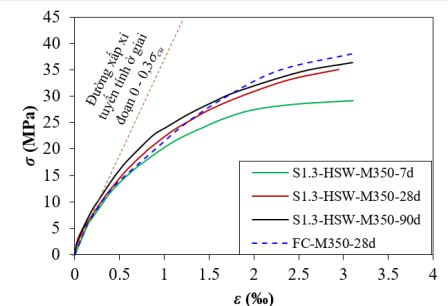
Ký hiệu mẫu	$f_{c,cube,m}$				$f_{sp,cube,m}$	
	MPa				MPa	
Ngày tuổi	7	28	90	180	28	90
FS1.3-FW-M250	18,03	26,39	28,35	28,87	2,73	2,81
S1.3-LSW-M250	20,05	25,56	–	–	2,52	–
S1.3-HSW-M250	20,35	26,14	26,78	27,02	2,65	2,75
FS1.6-FW-M250	19,06	28,55	–	–	2,76	–
S1.6-LSW-M250	20,86	27,23	–	–	2,51	–
S1.6-HSW-M250	21,24	28,01	–	–	2,66	–
FS1.3-FW-M350	26,25	38,05	39,48	40,04	3,98	3,81
S1.3-HSW-M350	29,04	35,28	36,15	36,43	3,67	3,45

Ghi chú: FS1.3 và FS1.6 là ký hiệu cát sông có mô-đun độ lớn lần lượt là 1,3 và 1,6; S1.3 và S1.6 là ký hiệu cát biển có mô-đun độ lớn lần lượt là 1,3 và 1,6; FW, LSW và HSW lần lượt là nước sạch, nước biển có độ mặn thấp (0,78%) và cao (2,34%); M250 và M350 là bê tông có cấp độ bền B20 (M250) và B25 (M350); $f_{c,cube,m}$ là cường độ chịu nén trung bình; $f_{sp,cube,m}$ là cường độ chịu kéo khi ép chế trung bình.

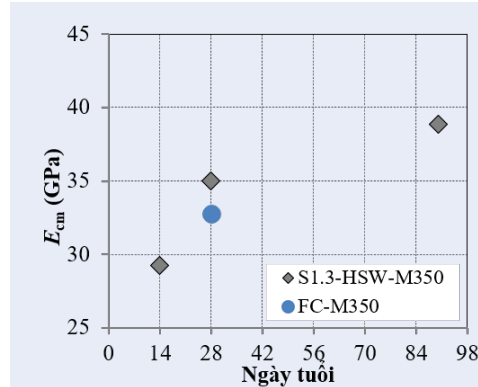
**Hình 12:** So sánh cường độ chịu kéo khi ép chế của bê tông nước biển cát biển với của bê tông cát nước sạch ở 28 ngày tuổi (nguồn: Nhóm tác giả)**Hình 13:** So sánh cường độ chịu kéo khi ép chế của bê tông nước biển cát biển mô-đun 1,6 với của bê tông nước biển cát biển mô-đun 1,3 ở 28 ngày tuổi (nguồn: Nhóm tác giả)

Quan hệ ứng suất - biến dạng nén dọc trục và mô-đun đàn hồi bê tông

Quan hệ ứng suất - biến dạng của 03 mẫu cát biển nước biển độ mặn 2,34% (S1.3-HSW-M350) tại tuổi 14, 28 và 90 ngày và của mẫu bê tông nặng thông thường ở 28 ngày tuổi (FC-M350) được thể hiện ở Hình 14. Kết quả thí nghiệm cho thấy quan hệ này có dạng gần như tuyến tính ở cấp tải 0 đến $0,3\sigma_{cu}$ với σ_{cu} là ứng suất nén lớn nhất đạt được của mẫu. Trong giai đoạn này, tuổi mẫu ảnh hưởng không đáng kể đến biến dạng của bê tông. Sau giai đoạn này, quan hệ ứng suất và biến dạng của các mẫu trở nên phi tuyến rõ ràng và tốc độ biến dạng của bê tông nước biển cát biển có sự khác biệt đáng kể theo độ tuổi của mẫu thí nghiệm. Biến dạng phá hủy của các mẫu đạt xấp xỉ 3‰.

**Hình 14:** Quan hệ ứng suất – biến dạng nén dọc trục của mẫu bê tông S1.3-HSW-M350 ở 14, 28 và 90 ngày tuổi và bê tông FC-M350 ở 28 ngày tuổi (nguồn: Nhóm tác giả)

Mô-đun đàn hồi của các mẫu bê tông nước biển cát biển ở 14, 28 và 90 ngày tuổi lần lượt là 29,2, 35 và 38,8 GPa (Hình 15). Mô-đun đàn hồi của mẫu bê tông nước biển cát biển ở 28 ngày tuổi tăng 19,8% so với của 14 ngày tuổi; trong khi, mô-đun đàn hồi của mẫu bê tông nước biển cát biển ở 90 ngày tuổi có xu hướng tăng chậm lại so với của 28 ngày tuổi (11,1%). So với mô-đun đàn hồi của mẫu bê tông nặng thông thường (FC - M350) ở 28 ngày tuổi (32,74 GPa), mô-đun đàn hồi bê tông nước biển cát biển 2,34% lớn hơn nhẹ, xấp xỉ 6,9%.

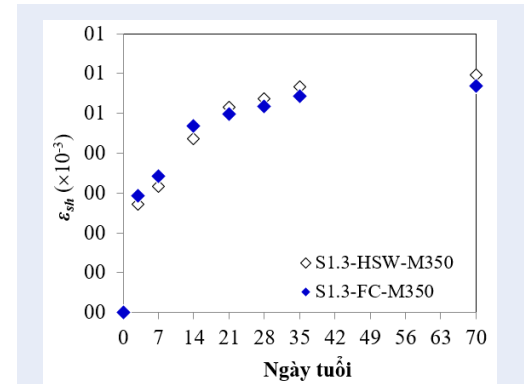


Hình 15: Mô-đun đàn hồi của mẫu bê tông S1.3-HSW-M350 ở 14, 28 và 90 ngày tuổi và của bê tông FC-M350 ở 28 ngày tuổi (nguồn: Nhóm tác giả)

Biến dạng co ngót khô

Biến dạng co ngót của mẫu bê tông nước biển cát biển với độ mặn 2,34‰ (S1.3-HSW-M350) và mẫu bê tông nặng thông thường (S1.3-FC-M350) theo thời gian được thể hiện trên Hình 16. Nhiệt độ trung bình trong ngày của phòng chứa mẫu được đảm bảo bằng hệ thống điều hòa, đo được dao động từ 25 đến 27 °C. Độ ẩm trung bình trong ngày của phòng chứa mẫu đo được thay đổi từ 70 đến 74%. Biến dạng co ngót tương đối trung bình của các mẫu S1.3-HSW-M350 thay đổi từ $2,7.10^{-4}$ đến $5,96.10^{-4}$ theo độ tuổi từ 03 đến 70 ngày; trong khi, biến dạng co ngót trung bình của các mẫu S1.3-FC-M350 dao động từ 0,293 đến $5,69.10^{-4}$. Kết quả này cho thấy có sự gia tăng nhanh của biến dạng co ngót từ 03 ngày tuổi cho đến 21 ngày tuổi (xấp xỉ 90% đối với mẫu S1.3-HSW-M350 và 76,6% đối với mẫu S1.3-FC-M350); tuy nhiên, sau độ tuổi này, từ 21 ngày tuổi đến 70 ngày tuổi, mức độ gia tăng của biến dạng co ngót của mẫu bê tông chậm dần, chỉ còn 15,7% đối với mẫu S1.3-HSW-M350 và 14,4% đối với mẫu S1.3-FC-M350. Điều thú vị là biến dạng co ngót của các mẫu bê tông nước biển cát biển (S1.3-HSW-M350) có xu hướng nhỏ hơn so với của mẫu bê

tông nặng thông thường (S1.3-FC-M350) trong giai đoạn từ 03 đến 21 ngày tuổi (từ 6,9 đến 8,2%) nhưng lại lớn hơn trong giai đoạn từ 21 đến 70 ngày tuổi (từ 3,5 đến 4,8%)² (Hình 16).



Hình 16: Biến dạng co ngót của mẫu bê tông nước biển cát biển S1.3-HSW-M350 và bê tông nặng thông thường S1.3-FC-M350 theo thời gian (nguồn: Nhóm tác giả)

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này tập trung xây dựng cấp phối bê tông nước biển cát biển, đánh giá và so sánh một số đặc tính cơ - lý gồm cường độ chịu nén và kéo khi ép chế, mô-đun đàn hồi và độ co ngót của bê tông nước biển cát biển với của bê tông nặng thông thường. Chương trình thực nghiệm nghiên cứu hai loại cấp phối bê tông có cấp độ bền B20 (M250) và B25 (M350) với tổng số lượng mẫu là 123 mẫu. Dựa trên kết quả đạt được, một số kết luận chính có thể được rút ra như sau:

- Cường độ chịu nén của bê tông nước biển cát biển có xu hướng phát triển nhanh và lớn hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 7 ngày tuổi (từ 8 đến 13%) nhưng sau đó chậm dần và nhỏ hơn so với của bê tông nặng thông thường ở 28 ngày tuổi cho đến 180 ngày tuổi (từ 6 đến 7%). Độ mặn nước biển (0,78‰ và 2,34‰) và mô-đun độ lớn cát biển (1,3 và 1,6) có ảnh hưởng nhẹ trên cường độ chịu nén bê tông.
- Cường độ chịu kéo khi ép chế tại 28 ngày tuổi của các mẫu bê tông nước biển có xu hướng giảm nhẹ so với của mẫu bê tông bê tông nặng thông thường (xấp xỉ từ 3% đến 5%). Sự thay đổi độ mặn nước biển (0,78‰ và 2,34‰) và mô-đun độ lớn cát biển (1,3 và 1,6) ảnh hưởng nhẹ đến cường độ chịu kéo bê tông.

- So với mô đun đàn hồi của mẫu bê tông nặng thông thường ở 28 ngày tuổi, mô-đun đàn hồi bê tông nước biển cát biển độ mặn 2,34% lớn hơn nhẹ, xấp xỉ 6,9%.
- Biến dạng co ngót của của các mẫu bê tông nước biển cát biển có xu hướng nhỏ hơn so với của mẫu bê tông nặng thông thường trong giai đoạn từ 03 đến 21 ngày tuổi (từ 6,9 đến 8,2%) nhưng lại lớn hơn trong giai đoạn từ 21 đến 70 ngày tuổi (từ 3,5 đến 4,8%).

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) thông qua đề tài mã số B2024-20-10. Các tác giả chân thành cảm ơn Phòng Thí nghiệm Kết cấu Công trình, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP.HCM đã hỗ trợ kỹ thuật cho nghiên cứu thực nghiệm trong bài báo này.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả khẳng định rằng không có bất kì tranh chấp nào liên quan đến bài báo và công trình nghiên cứu này.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Minh Long: Cán bộ hướng dẫn, định hướng, chỉnh sửa hoàn thiện bài báo và là tác giả liên hệ.

Đặng Đăng Tùng: Cán bộ hướng dẫn, định hướng và chỉnh sửa hoàn thiện bài báo.

Lã Hồng Hải: Lập đề cương, thực hiện thí nghiệm, phân tích kết quả và viết bản thảo bài báo.

Trần Quốc Toàn: Lập đề cương, thực hiện thí nghiệm và phân tích kết quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bodur B, Bayraktar OY, Benli A, Kaplan G, Tobbala DE, Tayeh B. Effect of using wastewater from the ready-mixed concrete plant on the performance of one-part alkali-activated GBFS/FA composites: Fresh, mechanical and durability properties. *Journal of Building Engineering*. 2023;76. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107167>.
2. Younis A, Ebead U, Suraneni P, Nanni A. Fresh and hardened properties of seawater-mixed concrete. *Construction Building Materials*. 2018;190:276–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.126>.
3. Saha A, Tonmoy TM, Sobuz MH, Aditto FS, Mansour W. Assessment of mechanical, durability and microstructural performance of sulphate-resisting cement concrete over portland cement in the presence of salinity. *Construction Building Materials*. 2024;420. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135527>.
4. Nishida T, Otsuki N, Ohara H, Garba-Say ZM, Nagata T. Some considerations for applicability of seawater as mixing water in concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2015;27(7). Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001006](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001006).
5. Truong HC, Vuong LT, Le HT. Study on the use of sea sand and seawater in geopolymer concrete production in Ha Tien City, Kien Giang province; 2024. Available from: <https://doi.org/10.31130/ud-jst.2024.536E>.
6. Khatibmasjedi M, Ramanathan S, Suraneni P, Nanni A. Durability of commercially available GFRP reinforcement in seawater-mixed concrete under accelerated aging conditions. *Journal of Composites for Construction*. 2020;24(4). Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0001035](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0001035).
7. Pan D, Yaseen SA, Chen K, Niu D, Leung CK, Li Z. Study of the influence of seawater and sea sand on the mechanical and microstructural properties of concrete. *Journal of Building Engineering*. 2021;42. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103006>.
8. Duy NP, Đồng LV. Nghiên cứu thực nghiệm một số tính chất của bê tông sử dụng cát biển; 2021.
9. Mohamed AM, Tayeh BA, Majeed SS, Aisheh YIA, Salih MNA. Fresh, hardened, durability and microstructure properties of seawater concrete: A systematic review; 2024. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2024.102815>.
10. Kazemi H, Yekrangnia M, Shakiba M, Bazli M, Oskouei AV. Bond-slip behaviour between GFRP/steel bars and seawater concrete after exposure to environmental conditions. *Engineering Structures*. 2022;268. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114796>.
11. Liu J, Fan X, Liu J, Jin H, Zhu J, Liu W. Investigation on mechanical and micro properties of concrete incorporating seawater and sea sand in carbonized environment. *Construction Building Materials*. 2021;307. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124986>.
12. Mechanical properties of concrete prepared using seawater, sea sand and spontaneous combustion coal gangue. *Structures*. Elsevier; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.12.089>.
13. Mohammed TU, Hamada H, Yamaji T. Performance of seawater-mixed concrete in the tidal environment. *Cement and Concrete Research*. 2004;34(4):593–601. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.09.020>.
14. TCVN-7570:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam; 2006.
15. TCVN-13754:2023. Cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam; 2023.
16. TCVN-3117:2022. Bê tông - Phương pháp xác định độ co: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam; 2022.
17. TCVN-3118:2022. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ nén: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam; 2022.
18. TCVN-8862:2011. Xác định cường độ kéo khi ép chèn của vật liệu liên kết bằng chất kết dính: Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam; 2011.

Experimental study on the time-dependent changes in the mechanical and physical properties of sea sand seawater concrete

Tung Dang-Dang^{1,2}, Hai La-Hong³, Toan Tran-Quoc^{1,2,4}, Long Nguyen-Minh^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, Dien Hong Ward, Ho Chi Minh city, Vietnam

²Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vo Truong Toan Street, Linh Xuan Ward, Ho Chi Minh City, Viet Nam

³Faculty of Engineering - Technology, Tay Do University (TDU), 68 Tran Chien Street, Thanh My Area, Cai Rang Ward, Can Tho city, Vietnam

⁴Faculty of Civil Engineering, Ton Duc Thang University (TDTU), 19 Nguyen Huu Tho Street, Tan Hung Ward, Ho Chi Minh city, Vietnam

Correspondence

Long Nguyen-Minh, Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, Dien Hong Ward, Ho Chi Minh city, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vo Truong Toan Street, Linh Xuan Ward, Ho Chi Minh City, Viet Nam

Email: nguyenminhlong@hcmut.edu.vn

History

- Received: 30-05-2025
- Revised: 07-09-2025
- Accepted: 13-07-2026
- Published Online: 25-09-2026

DOI : <https://doi.org/10.32508/vnuhcmj-et.v9i3.1521>



Check for updates

Copyright

© VNUHCM Journal. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

ABSTRACT

This paper presents an experimental study on the time-dependent changes in certain mechanical and physical properties of seawater sea sand concrete, compared with those of fresh water river-sand concrete. The investigated properties include compressive strength, splitting tensile strength, elastic modulus, and shrinkage strain, based on an experimental tests conducted on 123 specimens. The results show that the compressive and splitting tensile strengths of seawater sea sand concrete tend to develop more rapidly than those of fresh water river-sand at 7 days, but subsequently slow down and become lower than those of fresh water river-sand between 28 and 180 days. Increasing the sand fineness modulus (from 1.3 to 1.6) and variations in seawater salinity (0,78% và 2,34%) have a negligible effect on the compressive strength of the concrete. At 28 days, the elastic modulus of seawater sea sand concrete is slightly higher (approximately 6.9%) than that of fresh water river-sand. Concrete shrinkage strain increases rapidly from day 3 to day 21 and then gradually slows down. The shrinkage strain of seawater sea sand concrete does not differ significantly from that of fresh water river-sand, although it is lower during the 3 to 21 - day period and higher during the 21 to 70 - day period.

Key words: seawater sea sand concrete, strength, elastic modulus, shrinkage, time, testing

Cite this article : Dang-Dang T, La-Hong H, Tran-Quoc T, Nguyen-Minh L. **Experimental study on the time-dependent changes in the mechanical and physical properties of sea sand seawater concrete** . VNUHCM J. Eng. Technol. 2026; 9(3):3389-3397.