

Cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi phân tán trong điều kiện môi trường đặc trưng ven biển của vùng đồng bằng sông Cửu Long

■ **TS. NGUYỄN LÊ THI; KS. NGUYỄN HOÀNG BẢO LINH**

Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3

■ **TS. HOÀNG ĐỨC THẢO**

Công ty Cổ phần Khoa học công nghệ Việt Nam (BUSADCO)

■ **TS. ĐỖ THẮNG**

Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi phân tán trong môi trường tự nhiên ven biển đồng bằng sông Cửu Long. Kết quả nghiên cứu trên mẫu bê tông có cường độ chịu nén nằm trong khoảng từ 70 - 80 MPa (với cốt sợi phân tán, silica fume, phụ gia siêu dẻo) cho thấy cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc chủ yếu vào cường độ chịu nén của chất kết dính và tăng theo thời gian cùng cường độ chịu nén của chất kết dính, nhưng mức tăng nhanh hơn. Cường độ chịu nén của bê tông sau 2 năm chưa bị ảnh hưởng nhiều dưới tác động của môi trường tự nhiên ven biển. Vấn đề này cần được nghiên cứu thêm.

TỪ KHÓA: Bê tông, cốt sợi polyme, cường độ chịu nén, môi trường tự nhiên ven biển.

ABSTRACT: The paper presents the results of experimental research of compressive strength of fiber concrete in coastal environment characteristics conditions of the Mekong Delta. Research results on concrete specimens with compressive strength ranging from 70 to 80 MPa (with polypropylene fiber reinforcement, silica fume, superplasticizer admixture) show that the compressive strength of concrete depends mainly on the compressive strength of the binder and increased over time with the compressive strength of the binder, but faster. After two years, the compressive strength of concrete has not been affected much by the impact of the natural coastal environment. These environmental influences need to be investigated further.

KEYWORDS: Fiber concrete, polypropylene fiber, compressive strength, coastal environment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu bê tông làm việc ở khu vực ven biển có móng dưới mực nước ngầm nhiễm mặn, việc hút nước và mao dẫn

có thể gây ra hiện tượng siêu bão hòa và kết tinh trong bê tông. Điều này có thể dẫn đến tấn công sun phát hóa học, tấn công muối vật lý hoặc cả hai. Ngoài ra, sự ăn mòn trầm trọng của cốt thép trong bê tông có thể được tạo ra bởi ion clorua có trong nước biển. Do vậy, yêu cầu về độ thấm thấp là điều cần thiết không chỉ để trì hoãn tác động của sự tấn công của sun phát mà còn đủ khả năng bảo vệ cốt thép với lớp phủ bê tông tối thiểu theo khuyến nghị của ACI 357.1R [1] khi tiếp xúc với nước biển. Yêu cầu độ thấm thấp có thể đạt được bằng cách sử dụng bê tông có tỉ lệ N/CKD thấp được đầm nén tốt và đóng rắn thích hợp. Sử dụng tro bay thay thế xi măng kết hợp với xỉ lò cao (Slag) hay Silica Fume có thể chế tạo bê tông cường độ cao, bền trong môi trường biển, ven biển cho các công trình ở Việt Nam [2]. Ở điều kiện dưỡng hộ thông thường, tỉ lệ N/CKD = (0,20 - 0,24) khi kết hợp với silica fume 10%, hàm lượng tro bay 35% sẽ cho bê tông có cường độ chịu nén lên đến 80 MPa, có các tính chất cơ học bao gồm độ bền uốn, độ thấm nước, độ thâm nhập ion clorua và khả năng chống mài mòn vượt trội khi được so sánh với bê tông thông thường được sử dụng cho các công trình trong môi trường biển Việt Nam.

Bê tông được chế tạo từ chất kết dính kết hợp xi măng và silica fume hoặc kết hợp giữa xi măng, xỉ và silica fume cũng có tính thấm thấp hơn và hiệu quả tốt khi tiếp xúc với nước biển [3]. Ngoài ra, bê tông phải đạt cường độ không nhỏ hơn 35 MPa sau 28 ngày khi tiếp xúc hoàn toàn với nước biển [4]. Theo TCVN 9436:2012 [5] và TCVN 12041:2017 [6], để chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông cốt thép vùng biển thủy triều lên xuống, cần sử dụng bê tông có cường độ (50 - 60) MPa, độ chống thấm nước W10- 12 (N/CKD 0,40 - 0,45, $X \geq 350 \text{ kg/m}^3$, $\text{Cl}^- \leq 0,6 \text{ kg.m}^3$), chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép tương ứng 60 mm khi dùng bê tông cường độ 40 MPa và 50 mm khi dùng bê tông cường độ 50 MPa.

Ở Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu về quy luật phát triển cường độ chất kết dính, cường độ bê tông theo thời gian và khả năng chống ăn mòn của bê tông. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu ứng xử của vật liệu bê tông trong điều kiện ăn mòn thực tế, đặc biệt là chỉ tiêu cường độ chịu

nén trên loại bê tông cường độ cao cốt sợi phân tán và trong điều kiện ăn mòn của môi trường ven biển. Vì vậy, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về cường độ chịu nén của bê tông theo thời gian trên loại bê tông cốt sợi phân tán có cường độ chịu nén nằm trong khoảng từ 70 - 80 MPa và dự báo tuổi thọ của kết cấu bê tông cốt thép khi xét đến ảnh hưởng của một số yếu tố như vật liệu chế tạo bê tông, tuổi bê tông, tác động của môi trường nước tự nhiên ven biển đồng bằng sông Cửu Long.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu (X) là xi măng PCB 40 phù hợp TCVN 6260:2009 [7]; cốt liệu nhỏ C (cát mịn là cát sông - có mô-đun độ lớn là 2,2 phối hợp với cát thô - cát đồi có mô-đun độ lớn là 3,5) và cốt liệu lớn là Đá dăm $D_{max} = 20$ mm, phù hợp TCVN 7570:2006 [8]; phụ gia khoáng hoạt tính silica fume (S) phù hợp TCVN 8827:2011 [9], phụ gia hóa học siêu dẻo thể hệ 3, gốc cacbonylate phù hợp TCVN 8826:2011 [10]. Cốt sợi polypropylene (PP) loại 54 mm phù hợp theo TCVN 12392-2:2018 [11]. Tính chất cơ lý của cốt sợi phân tán PP cho ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Tính chất cơ lý của sợi PP

TT	Tên chỉ tiêu	Kết quả thử nghiệm
1	Đường kính danh nghĩa, mm	2,20
2	Đường kính thực tế, mm	2,18
3	Giới hạn bền kéo, MPa	570
4	Độ giãn dài, %	16,5
5	Mô-đun đàn hồi, GPa	6,5

Trong nghiên cứu đã sử dụng hàm lượng xi măng 350 kg/m³ có tăng cường hàm lượng sợi PP 6,0kg/m³ bê tông, phụ gia khoáng hoạt tính silicafume hàm lượng thay đổi lần lượt là 2,6%, 3,0%, 5,0%, 7,0% và 7,4% để cải thiện cấu trúc đá xi măng, cố định hàm lượng phụ gia siêu dẻo 0,8 L/100 kg xi măng và độ sụt (4±2) cm, N/CKD trong khoảng (0,38 - 0,40) [12,13,14]. Chi tiết cấp phối bê tông cốt sợi cho ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thành phần cấp phối bê tông cốt sợi

TT	Cấp phối	Thành phần cho 1 m ³ bê tông					
		X kg	C _p kg	C _s kg	Đ kg	N L	S _i kg
1	2,6%	350	510	340	1050	145	9,1
2	3,0%	350	500	340	1040	145	10,5
3	5,0%	350	500	340	1040	144	17,5
4	7,0%	350	500	340	1040	144	24,5
5	7,4%	350	500	340	1040	143	25,9

Mức độ ăn mòn của nước biển đối với bê tông cốt thép tùy thuộc vào hàm lượng các muối chứa ion clo (Cl⁻) và ion sunphat (SO₄²⁻), độ pH và nhiệt độ của nước biển. Ngoài ra, còn có tác động do ăn mòn cơ học như tác động của thủy triều, sóng đánh hay chu trình khô - ướt. Mẫu được bảo dưỡng trong vùng thủy triều lên xuống và sóng tấp tại 5 địa phương có phần diện tích bờ biển tương đối lớn để nghiên cứu là: Kiên Giang, Sóc Trăng, Bến Tre, Bạc Liêu và Cà Mau. Mức độ ăn mòn của các môi trường trên được đánh giá theo tiêu chí tổng hợp [15] gồm: nhiệt độ trung

bình, tổng số giờ nắng/ngày, độ mặn trung bình và chiều cao sóng trung bình của từng địa phương, theo thống kê khí tượng, thủy văn năm 2016 nêu ở Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Tính chất và thành phần hóa của nước biển

TT	Tên địa điểm	Kết quả thống kê trung bình năm 2016			
		Nhiệt độ, °C	Tổng số giờ nắng/ngày, h	Độ mặn, g/kg	Chiều cao sóng, cm
1	Rạch Giá - Kiên Giang	28	7	11,6	12,0
2	Trần Đề - Sóc Trăng	28	7	13,5	20,4
3	Bình Đại - Bến Tre	27	7	15,4	21,2
4	Gành Hào - Bạc Liêu	28	7	17,4	22,5
5	Sông Đốc - Cà Mau	28	6	28,5	18,7

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm [16] để nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường đến sự phát triển cường độ bê tông trong môi trường thực tế ven biển đồng bằng sông Cửu Long so với đối chứng trong phòng thí nghiệm. Trong thí nghiệm, hàm mục tiêu được đặt là cường độ chịu nén bê tông, cường độ chịu nén chất kết dính và hàm lượng ion Cl⁻ & SO₄²⁻ có trong mẫu bê tông, các biến số cụ thể là:

- TG (Z₁): Tuổi thử nghiệm: Min 3 tháng (90 ngày) và max 21 tháng (630 ngày).

- SF (Z₂): Hàm lượng phụ gia silica fume: min 3% và max 7% theo hàm lượng xi măng.

- MT (Z₃): Điều kiện ăn mòn: Min - ngâm trong môi trường ít khắc nghiệt nhất và max - ngâm trong môi trường khắc nghiệt nhất của 5 địa phương. Việc phân loại và xếp hạng mức độ môi trường của từng địa phương dựa trên số liệu quan trắc cho ở Bảng 2.3. Sắp xếp theo thứ tự xâm thực từ thấp đến cao: Kiên Giang, Sóc Trăng, Bến Tre, Bạc Liêu và Cà Mau.

Thông số nghiên cứu tối ưu hóa được chọn là cường độ chịu nén của bê tông. Các mức cơ sở và khoảng biến thiên của các yếu tố cho ở Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Các mức cơ sở và khoảng biến thiên của các yếu tố

Ký hiệu	Biến mã hóa	Yếu tố	Các mức cơ sở			Khoảng biến thiên
			-1	0	+1	
TG	x ₁	Tuổi thử nghiệm (Z ₁), ngày	90	360	630	270
SF	x ₂	Hàm lượng silica fume (Z ₂), %	3	5	7	2,0
MT	x ₃	Điều kiện môi trường (Z ₃)	2	3	4	1,0

Mô hình được lựa chọn để nghiên cứu là mô hình trực giao, bậc 2 có tâm, 3 yếu tố:

$$y' = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_{11}x_1x_2 + \dots + b_{12}x_1x_3 + \dots + b_{22}x_1^2 + \dots + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

Quy hoạch thực nghiệm các yếu tố toàn phần TYP có số lượng mẫu: 2³ + 6 + 1 = 15 mẫu. Trong đó, có 8 thí nghiệm nhân phương án, bổ sung 2k điểm sao (*) và 1 thí nghiệm ở tâm phương án. Ngoài ra, còn thí nghiệm thêm 3 thí nghiệm ở tâm phương án và các thí nghiệm trên mẫu đối chứng bảo dưỡng trong điều kiện phòng thí nghiệm để so sánh. Mẫu thử có kích thước (150x150x150) mm được mô tả ở Hình 2.1. Mẫu thử được đúc, bảo dưỡng 28 ngày trong phòng thí nghiệm, sau đó được tiếp tục lưu giữ trong môi trường nước biển ven bờ tại 5 địa điểm đã được chọn như mô tả ở Hình 2.2. Các mẫu đối chứng được ngâm nước trong phòng thí nghiệm trong thời gian từ tháng 7/2018 đến 7/2020.



Hình 2.1: Thử nghiệm độ sụt và đúc mẫu thử cường độ chịu nén của bê tông



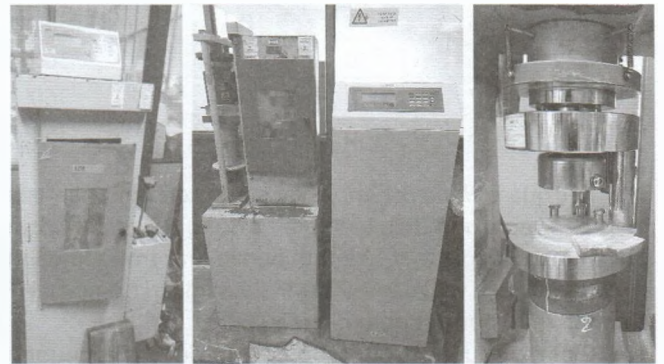
Hình 2.2: Bảo dưỡng các mẫu thử tại Gành Hào, Bạc Liêu và Bình Đại, Bến Tre

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thực nghiệm

Máy thử nén bê tông có thang đo 3.000 kN và máy thử nén chất kết dính có thang đo 250 kN độ chính xác 1% cho ở Hình 3.1. Chỉ tiêu cần đánh giá so sánh là cường độ chịu nén của bê tông, khi ngâm trong môi trường thực tế tại hiện trường cửa biển (HT) và môi trường đối chứng (ĐC). Trong đó, các cấp phối sử dụng 5% silica fume được đúc lặp lại 2 tổ mẫu ở cùng điều kiện bảo dưỡng để so sánh. Cường độ chịu nén của bê tông và chất kết dính được tính bằng MPa, dựa trên lực nén phá hủy (F) và kích thước tiết diện mẫu tiêu chuẩn. Mẫu điển hình sau khi thử cường độ chịu nén của bê tông ở Hình 3.2 cho thấy dạng phá hủy của các mẫu bê tông là phù hợp với mẫu đồng nhất và chưa có dấu hiệu bị ăn mòn. Sử dụng mẫu sau khi thử nén để phân tích hàm lượng các ion Cl^- & SO_4^{2-} ở lớp cách bề mặt từ (0 - 10) mm của mẫu bê tông. Cường độ chất kết dính được thực hiện trên mẫu vữa tiêu chuẩn (40x40x160) mm.

Kết quả thử cường độ chịu nén của bê tông, chất kết dính và hàm lượng ion Cl^- , SO_4^{2-} cho ở Bảng 3.1.



Hình 3.1: Thiết bị thử cường độ chịu nén của bê tông và chất kết dính



Hình 3.2: Mẫu bê tông trước và sau khi thử nén

Bảng 3.1. Kết quả thử cường độ chịu nén của bê tông và chất kết dính

TT	Ký hiệu mẫu	Giá trị mã hóa			Giá trị thực			Cường độ chịu nén, MPa			
		x ₁	x ₂	x ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Bê tông		Chất kết dính	
								y	y ₁	y	y ₁
1	M1	+	+	+	630	7	4	84,6	88,9	72,7	84,5
2	M2	-	+	+	90	7	4	76,5	79,6	68,7	70,5
3	M3	+	-	+	630	3	4	84,3	88,5	73,1	78,5
4	M4	-	-	+	90	3	4	76,1	79,5	69,5	69,7
5	M5	+	+	-	630	7	2	84,3	88,9	72,1	84,5
6	M6	-	+	-	90	7	2	78,2	79,6	69,6	70,5
7	M7	+	-	-	630	3	2	84,7	88,5	72,4	78,5
8	M8	-	-	-	90	3	2	77,1	79,5	67,4	69,7
9	M9	+1,215	0	0	688	5	3	86,3	89,2	72,9	84,7
10	M10	-1,215	0	0	32	5	3	74,3	76,8	68,2	72,5
11	M11	0	+1,215	0	360	7,4	3	79,7	82,8	71,9	82,2
12	M12	0	-1,215	0	360	2,6	3	80,2	82,5	69,5	78,3
13	M13	0	0	+1,215	360	5	5	83,4	85,8	69,6	76,7
14	M14	0	0	-1,215	360	5	1	83,9	85,4	69,9	78,8
15	M15	0	0	0	360	5	3	82,9	85,3	71,7	73,8
16	M16	0	0	0	360	5	3	83,6	85,8	69,2	76,7
17	M17	0	0	0	360	5	3	84,2	86,1	71,1	77,0
18	M18	0	0	0	360	5	3	83,1	85,6	69,6	78,8

Kết quả ở Bảng 3.1 cho thấy cường độ chịu nén của mẫu bê tông trong điều kiện hiện trường (HT, giá trị y) và đối chứng (ĐC, giá trị y₁) biến thiên lần lượt trong khoảng (74,3 - 86,3) MPa và (76,8 - 89,2) MPa. Các giá trị trên mẫu HT có phần thấp hơn kết quả trên mẫu ĐC.

Giải hệ phương trình (1) ở trên ta được các phương trình hồi quy tương thích với thực nghiệm của cường độ chịu nén của bê tông y' và độ suy giảm cường độ chịu nén của mẫu ở hiện trường so với mẫu đối chứng (Δy') như sau:

$$y' = 81,1 + 4,07x_1 - 1,18(x_1^2 - 0,73) - 1,42(x_2^2 - 0,73) \quad (2)$$

$$\Delta y' = 2,95 - 0,65x_1 + 0,65(x_1^2 - 0,73) + 0,65(x_2^2 - 0,73) \quad (3)$$

So sánh kết quả cường độ chịu nén của bê tông trong điều kiện môi trường nghiên cứu, tính toán theo phương trình (2) và trong môi trường đối chứng cho ở Hình 3.3. Tương quan giữa cường độ chịu nén của mẫu bê tông chuẩn (150x150x150) mm (R_B) và cường độ chịu nén trên mẫu vữa (40x40x160) mm (R_V) trong điều kiện hiện trường cho ở Hình 3.4 với phương trình tính toán điển hình:

$$R_B = 2,14 R_V - 69,85 \quad (4)$$

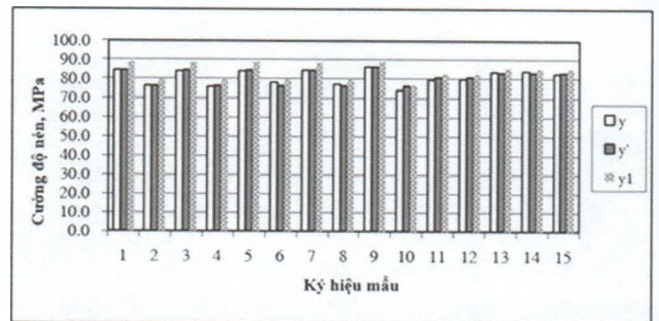
Biểu đồ 3D biểu diễn cường độ chịu nén và độ suy giảm cường độ chịu nén của bê tông theo các biến mã hóa x₁, x₂ (ứng với x₃ = 0) cho ở Hình 3.5. Chuyển đổi các biến mã hóa x₁ sang biến thực Z₁ theo ký hiệu (TG = Z₁ tuổi thử nghiệm; SF = Z₂ hàm lượng silica fume và MT = Z₃ điều kiện môi trường), ta có các phương trình hồi quy theo ký hiệu biến thực tế:

$$R = 66,60 + 0,0268TG - 0,0162 \cdot 10^{-3}TG^2 + 3,55SF - 0,355SF^2 \quad (5)$$

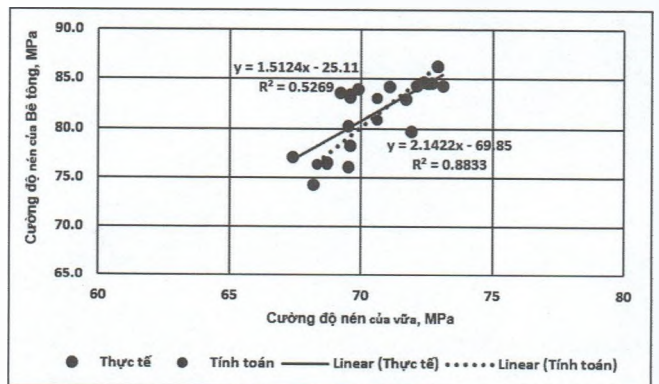
$$\Delta R = 8,09 - 0,0088TG + 0,0089 \cdot 10^{-3}TG^2 - 1,625SF + 0,1625SF^2 \quad (6)$$

Giải phương trình (2), cho thấy y' đạt giá trị cực đại 88,1 MPa ứng với x₁ = 1,215, x₂ = 0 tương ứng với giá trị thực thời

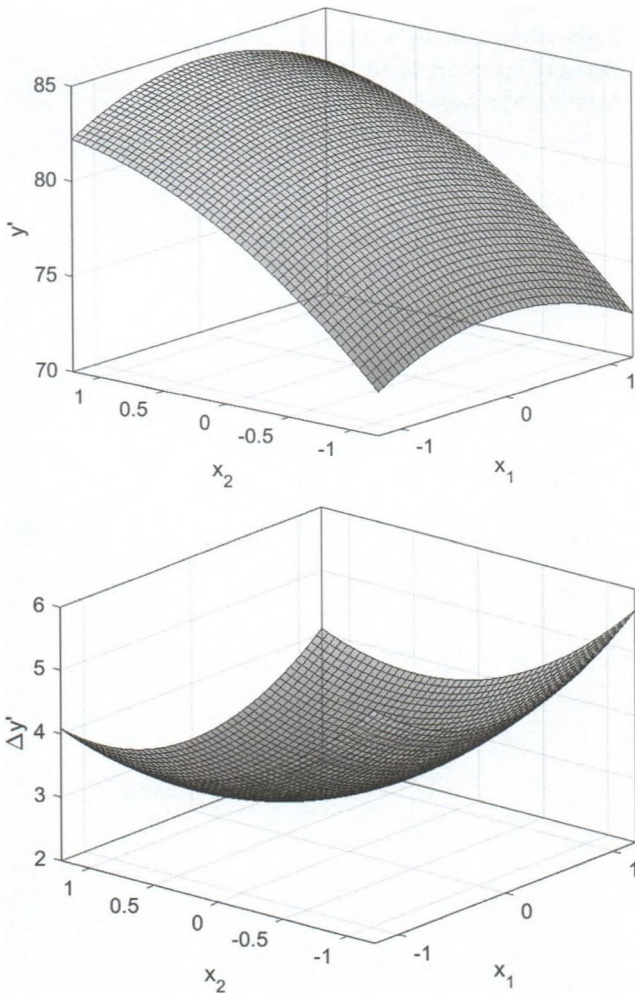
gian ngâm bê tông 688 ngày tuổi, hàm lượng silica fume bằng 5,0%, trong đó thời gian là tham số chính, đóng góp sự gia tăng cường độ chịu nén của bê tông 3,25 MPa, tức 3,69%, silica fume góp 0 MPa, tức 0%.



Hình 3.3: So sánh cường độ chịu nén thực tế, tính toán và đối chứng



Hình 3.4: Tương quan giữa cường độ chịu nén bê tông và chất kết dính



Hình 3.5: Biểu đồ 3D cường độ chịu nén và mức độ suy giảm

3.2. Thảo luận

3.2.1. Ảnh hưởng của hàm lượng silica fume tới cường độ chịu nén của bê tông

So sánh 3 số liệu thí nghiệm 11, 12, 15 ở Bảng 3.1, có thể thấy cường độ chịu nén ở 360 ngày ứng với hàm lượng silica fume 7,4%, 2,6% và 5,0% lần lượt bằng 79,7, 80,2 và 82,9 MPa. Nghĩa là, về giá trị tuyệt đối, cường độ chịu nén với 5,0% silica fume là lớn nhất nhưng xét về giá trị tương đối so với giá trị trung bình 81,1 MPa thì sự thay đổi là nhỏ, chỉ chênh so với trung bình lần lượt là 1,7%, 1,1% và 2,2%. Điều này có thể do việc thay đổi hàm lượng silica fume (2% mỗi mức) trong nghiên cứu chưa đủ lớn để làm thay đổi đáng kể cường độ chịu nén của bê tông.

3.2.2. Ảnh hưởng của mức xâm thực môi trường tới cường độ bê tông

Phương trình (2) cho thấy ảnh hưởng của môi trường biển các tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long (Tây Nam bộ), tuy có khác nhau về mức độ ăn mòn theo chỉ tiêu tổng hợp, nhưng hầu như không ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông. Điều này có thể giải thích do bê tông cường độ chịu nén cao (từ 70 - 80 MPa) nên trong 2 năm môi trường tuy có mức độ ăn mòn khác nhau, nhưng chưa thể xâm nhập sâu đủ để gây ảnh hưởng tới liên kết cốt liệu - chất kết dính của bê tông.

3.2.3. Ảnh hưởng của thời gian tới cường độ bê tông

Phương trình hồi quy (2) cho thấy ảnh hưởng của thông số này từ - 4,4 tới 3,8 MPa, tức 4,7 tới 5,4% so với cường độ chịu nén trung bình 81,1 MPa. So sánh kết quả 3 thí nghiệm 10, 16 và 9 ứng với tuổi mẫu 32, 360 và 688 ngày, cường độ chịu nén bê tông đạt tương ứng 74,3, 83,6 và 86,3 MPa thì có thể thấy sự thay đổi theo thời gian của cường độ chịu nén của bê tông so với 32 ngày tuổi khá lớn (tăng 12,5% ở 360 ngày và 16,2% ở tuổi 688 ngày). Điều này có thể giải thích là do cấu trúc đá xi măng của bê tông trở nên đặc chắc hơn theo thời gian (khoảng mới tăng, lỗ rỗng giảm).

3.2.4. Mức suy giảm cường độ chịu nén của bê tông trong môi trường ăn mòn so với đối chứng

Từ phương trình (3) có thể thấy cường độ chịu nén của tập hợp các mẫu trong môi trường ăn mòn biển (với các cấp phối khác nhau, ở các thời gian khác nhau) có bị suy giảm, với mức suy giảm từ 1,4 đến 4,6 MPa, trung bình là 3,0 MPa, tức 3,6 %, so với cường độ chịu nén trung bình của tập mẫu đối chứng (84,1 MPa). $\Delta y'$ đạt giá trị cực tiểu là xấp xỉ 0,9 MPa ứng với $x_1 = 0,5$ và $x_2 = 0$ tương ứng với giá trị thực là mức độ suy giảm cường độ chịu nén của bê tông là thấp nhất ở độ tuổi bê tông đạt 495 ngày và hàm lượng silica fume bằng 5,0%. Tuy vậy, mức độ suy giảm này cũng thay đổi không đáng kể so với mức độ suy giảm trung bình và so với giá trị cường độ trung bình của tập mẫu đối chứng.

3.2.5. Ảnh hưởng của cường độ chất kết dính tới cường độ bê tông

Từ phương trình (4), cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc theo tương quan bậc nhất với cường độ chất kết dính (trên mẫu vữa tiêu chuẩn). Điều này cho phép có thể sử dụng tương quan này để nghiên cứu cường độ và một số tính chất cơ lý trên mẫu vữa thay cho mẫu bê tông để tiết kiệm thời gian và chi phí.

So sánh kết quả 3 thí nghiệm 10, 16 và 9 ứng với tuổi mẫu chất kết dính ở 32, 360 và 688 ngày, cường độ chịu nén trên mẫu vữa đạt tương ứng 68,2, 69,2 và 72,9 MPa thì có thể thấy sự thay đổi theo thời gian của cường độ chịu nén của mẫu vữa chất kết dính so với 32 ngày tuổi khá nhỏ (tăng 1,5% ở 360 ngày và 6,9% ở tuổi 688 ngày).

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả nghiên cứu 2 năm cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi phân tán trong điều kiện môi trường ven biển của đồng bằng sông Cửu Long và trên mẫu đối chứng, có thể rút ra các kết luận và kiến nghị như sau:

- Cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi từ 70 - 80 MPa trong môi trường biển phụ thuộc chủ yếu vào cường độ chịu nén của chất kết dính, gia tăng theo thời gian cùng cường độ chịu nén của chất kết dính, nhưng với mức tăng mạnh hơn. So với 32 ngày tuổi, nếu cường độ chịu nén chất kết dính sau 360 và 688 ngày tăng 1,5% và 6,9 % thì cường độ chịu nén của bê tông tăng tương ứng 12,5% và 16,2 %.

- Hàm lượng Silica fume từ 2,6 - 7,4% so với xi măng có gây ảnh hưởng tới cường độ chịu nén của bê tông và khả năng chống ăn mòn trong môi trường xâm thực. Về giá

trị tuyệt đối, cường độ chịu nén với 5,0% silica fume là lớn nhất nhưng xét về giá trị tương đối so với giá trị trung bình 81,1 MPa thì sự thay đổi là nhỏ, chỉ chênh lệch so với trung bình lần lượt là 1,7%, 1,1% và 2,2 %.

- Cường độ chịu nén của bê tông trong môi trường ăn mòn nhìn chung có dấu hiệu suy giảm đôi chút so với mẫu đối chứng bảo dưỡng trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, mức độ và quy luật chưa thật sự rõ ràng nên cần được nghiên cứu đầy đủ hơn, nhất là trong điều kiện bê tông cốt thép bị tác dụng lâu dài trong môi trường biển.

Lời cảm ơn: Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đến BUSADCO & QUATEST 3 đã cho phép chúng tôi sử dụng số liệu nghiên cứu của Đề tài "Ứng dụng giải pháp bê tông cốt phi kim nhằm tăng cường tính bền vững cho các công trình kê chắn sóng ven biển ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động của biến đổi khí hậu" để hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. ACI 357R-84, *Guide for the Design and Construction of Fixed Offshore Concrete Structures*.
- [2]. Hanh H. Pham, Kien T. Tong, Thanh T. Le., *High strength concrete using fly ash for the structures in Vietnamese marine environment for sustainability, Innovation and sustainable construction in developing countries*, Ben (Edit). Construction Publishing House.
- [3]. Fidjestol, P. and Frearson, J (1994), *High-Performance Concrete Using Blended and Triple Blended Binders, High-Performance Concrete*, Proceedings of the Second ACI International Conference, SP-149, V. M. Malhotra, ed., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, pp.135-158.
- [4]. ACI 201.2R-08, *Guide to Durable Concrete*.
- [5]. TCVN 9346:2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*.
- [6]. TCVN 12041:2017, *Kết cấu bê tông cốt thép - Yêu cầu chung về thiết kế độ bền lâu và tuổi thọ trong môi trường xâm thực*.
- [7]. TCVN 6260:2009, *Xi măng poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [8]. TCVN 7570 : 2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [9]. TCVN 8827:2011, *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silicafume và tro trấu nghiền mịn*.
- [10]. TCVN 8826:2011, *Phụ gia hóa học cho bê tông*.
- [11]. TCVN 12392-2:2018, *Sợi cho bê tông cốt sợi - Phần 2: Sợi polyme*.
- [12]. ACI 440.1R-06, *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars*.
- [13]. ACI 211.4R-08, *Guide for selecting proportions for high strength concrete using Portland cement and other cementitious materials*.
- [14]. ACI 234R-06, *Guide for use of silica fume in concrete*.
- [15]. *Atlas công nghệ thuộc Dự án phát triển dựa trên công nghệ của khu vực châu Á & Thái Bình Dương*, 1989.
- [16]. Nguyễn Cảnh (2011), *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

Ngày nhận bài: 19/4/2021

Ngày chấp nhận đăng: 11/5/2021

Người phản biện: GS. TS. Vũ Đình Phụng

TS. Nguyễn Anh Tuấn