

Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao từ nguồn vật liệu địa phương phục vụ xây dựng công trình hạ tầng ven biển khu vực Kiên Giang

Research on the high-strength concrete using local materials for infrastructure construction in the coastal areas of Kien Giang

> LÊ HOÀNG SƠN¹, VÕ NHẬT LUÂN², TĂNG VĂN LÂM³, HỒ THANH PHONG⁴

¹Trường Đại học Kiên Giang, Email: lhson@vnkgu.edu.vn

² Trường Đại học Văn Hiến, Email: luanvn@vhu.edu.vn

³Trường Đại học Mở - Địa chất Hà Nội Email: lamvantang@gmail.com

⁴Công ty Cổ phần ACC 245, TP.HCM, Email: Bkthanhphong@gmail.com

TÓM TẮT

Kiên Giang là một tỉnh ven biển nằm ở phía Tây Nam của Việt Nam với đường bờ biển dài khoảng 200 km. Qua khảo sát, sự ăn mòn và phá hủy những kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (BTCCT) đã diễn ra rất phổ biến trong các công trình vùng ven biển tại đây. Do đó việc nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao (BTCĐC) từ nguồn vật liệu địa phương phục vụ xây dựng công trình hạ tầng ven biển khu vực Kiên Giang là rất cần thiết. Mặt khác, BTCĐC có sử dụng các thành phần hạt mịn và siêu mịn đã hình thành cấu trúc có độ đặc chắc lớn, ít thấm và khả năng chống ăn mòn tốt trong môi trường xâm thực. Vì vậy, BTCĐC là vật liệu được ưu tiên sử dụng trong các công trình hạ tầng khu vực ven biển và hải đảo của tỉnh Kiên Giang. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu một số tính chất cơ lý của BTCĐC sử dụng các nguồn vật liệu địa phương. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy các mẫu BTCĐC chứa tro bay nhiệt điện Duyên Hải I và silica fume SF-90 với nhiều tỷ lệ phối trộn khác nhau đều có tính công tác tốt (độ chảy xê 430 ÷ 630 mm và độ sụt: 16 ÷ 21 cm) và cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày từ 53,7 MPa đến 70,7 MPa. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã xác định được thời gian phá hoại mẫu trong thí nghiệm khả năng bảo vệ cốt thép theo tiêu chuẩn NT Build 356-2009. Kết quả thực nghiệm thu được cho thấy, với mẫu BTCĐC có 10% silica fume thì đạt được thời gian phá hoại mẫu lâu nhất, đạt tới 80 ngày. Kết quả này cho thấy các loại BTCĐC chế tạo từ hỗn hợp vật liệu sẵn có tại địa phương có thể đáp ứng các yêu cầu để sử dụng trong các công trình hạ tầng khu vực ven biển của Kiên Giang.

Từ khóa: Bê tông cường độ cao; tro bay; silica fume; công trình hạ tầng; ven biển và hải đảo.

ABSTRACT

Kien Giang is a coastal province located in the southwest of Vietnam with a coastline of about 200 km. Through surveys, corrosion and destruction of concrete and reinforced concrete structures have occurred very commonly in coastal constructions here. Therefore, the research and production of high-strength concrete from local materials for the construction of coastal infrastructure in Kien Giang is very necessary. On the other hand, high-strength concrete uses fine and ultra-fine particles, which have formed a structure with high density, low permeability and good corrosion resistance in corrosive environments. Therefore, high-strength concrete is the preferred material for use in coastal and island infrastructure projects in Kien Giang province (Vietnam). This paper presents the results of a study on some physical and mechanical properties of high-strength concrete using local materials. The experimental results show that high-strength concrete samples containing Duyen Hai I thermal power plant fly ash and silica fume SF-90 with different mixing ratios all have good workability (spread 430 ÷ 630 mm and slump: 16 ÷ 21 cm) and compressive strength at 28 days from 53.7 MPa to 70.7 MPa. In addition, the study has determined the failure time of samples in the test of steel protection capacity according to NT Build 356-2009 standard. The experimental results show that the high-strength concrete sample with 10% silica fume has the longest failure time, about 80 days. These results show that high-strength concrete made from locally available material mixtures can meet the requirements for use in infrastructure projects in coastal areas of Kien Giang.

Keywords: High-strength concrete; fly ash; silica fume; infrastructure projects; coastal and islands.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kiên Giang là một tỉnh ven biển nằm ở phía Tây Nam của Việt Nam, với đường bờ biển dài khoảng 200 km, trải dài từ TP Hà Tiên đi ngang địa giới hành chính huyện Kiên Lương, Hòn Đất, TP Rạch Giá, An Biên và An Minh đến giáp tỉnh Cà Mau. Các công trình giao thông ven biển ở Kiên Giang có vai trò rất quan trọng đối với quá trình phát triển kinh tế và xã hội của tỉnh. Tuy nhiên, các công trình bằng bê tông và BTCT bị ăn mòn, xâm thực nghiêm trọng trong môi trường nước biển, ven biển làm giảm độ bền, giảm tuổi thọ và có thể phá hoại kết cấu trong một thời gian ngắn. Qua nghiên cứu, đánh giá chất lượng kết cấu BTCT một số công trình hạ tầng ven biển khu vực Kiên Giang có thể chỉ ra một số tác nhân chính dẫn đến sự xâm thực kết cấu BT và BTCT bao gồm: thành phần trong bê tông bị hòa tan, đặc biệt là vôi tự do - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bị cuốn theo dòng thấm ra ngoài làm khối bê tông bị rỗng xốp; môi trường nước biển và khí quyển biển có chứa các ion Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} ... gây ra ăn mòn trương nở thể tích và ăn mòn cốt thép cho bê tông và BTCT [1]. Ngoài ra, chất lượng thi công hỗn hợp bê tông không đảm bảo cũng là một trong các nguyên nhân khác làm đẩy nhanh quá trình xâm thực, giảm độ bền và tuổi thọ của các cấu kiện bê tông và BTCT trong môi trường xâm thực... [2, 3].

Hiện tượng ăn mòn các công trình ven biển tại tỉnh Kiên Giang đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng, ảnh hưởng đến sự an toàn và bền vững của các công trình xây dựng tại khu vực này [4, 5]. Kiên Giang là một tỉnh ven biển với nhiều khu vực tiếp giáp với biển và khí hậu nhiệt đới gió mùa đặc trưng. Điều này tạo ra các điều kiện thuận lợi cho quá trình ăn mòn diễn ra nhanh chóng trên các kết cấu hạ tầng. Kiên Giang có đường bờ biển dài, tiếp xúc trực tiếp với biển, dẫn đến tác động của hơi muối biển. Nước biển chứa nhiều ion muối như Natri clorua, khi kết hợp với độ ẩm cao sẽ tạo thành dung dịch điện ly, thúc đẩy quá trình ăn mòn kim loại trên các công trình như cầu, cảng biển, và các công trình BTCT. Khi các kết cấu kim loại bị ăn mòn, độ dày của chúng sẽ giảm đi, dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến sự an toàn của các công trình như cầu, đường bộ, và các khu nhà xưởng [6, 7].

Qua khảo sát tại các khu vực ven biển tỉnh Kiên Giang cho thấy, các công trình tại đây đang phải đối mặt với hiện tượng ăn mòn BTCT nghiêm trọng, đặc biệt là các công trình hạ tầng quan trọng như cầu trên tuyến đường bộ, đường đô thị ven biển, cầu cảng, bến tàu, và các khu vực nuôi trồng thủy sản. Một số công trình ven biển tiêu biểu bao gồm: (i) Cảng An Thới (Phú Quốc): Cảng An Thới là một trong những điểm trung tâm của hoạt động giao thông hàng hải và vận chuyển vật liệu xây dựng tại Phú Quốc. Tại đây, các cấu trúc BTCT của cảng chịu ảnh hưởng mạnh từ hơi muối và độ ẩm cao, gây ra hiện tượng rỉ sét trên các thanh cốt thép bên trong, dẫn đến nứt vỡ bề mặt bê tông. (ii) Cầu Tô Châu (Hà Tiên): Cầu Tô Châu bắc qua cửa sông Giang Thành tiếp giáp biển, nằm ở TP Hà Tiên, Kiên Giang, là một trong những cây cầu quan trọng kết nối giao thông trong khu vực. Do vị trí gần biển và sông, cầu này thường xuyên chịu tác động của độ ẩm và nước mặn, khiến các thanh thép bên trong bê tông bị ăn mòn, làm giảm tuổi thọ của công trình. (iii) Cảng cá Tắc Cậ (Châu Thành): Đây là một trong những cảng cá lớn của tỉnh Kiên Giang, nơi tập trung nhiều hoạt động khai thác và chế biến thủy sản. Các cấu trúc BTCT tại đây cũng bị ảnh hưởng nặng nề bởi môi trường nước biển, đặc biệt là trong các bến tàu và khu vực tiếp nhận hàng hóa, nơi độ ẩm cao thúc đẩy quá trình ăn mòn (Hình 1).

Nhiều nghiên cứu cho thấy, với cấu trúc bê tông có độ đặc chắc cao luôn đi kèm theo đó là khả năng chịu lực tốt và độ bền cao. Sản phẩm bê tông này có mối liên hệ mật thiết với độ thấm nước rất nhỏ, góp phần ức chế quá trình ăn mòn bởi các ion rất khó khuếch tán vào trong cấu trúc của bê tông [8, 9]. Trong TCVN 9346:2012 đã

đưa ra các yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông để tăng độ bền cho các công trình hạ tầng ven biển [10]. Trong đó tiêu chuẩn này đã nêu cụ thể các yêu cầu về mác bê tông tối thiểu, mác chống thấm, cũng như chủng loại xi măng được sử dụng. Mặc dù vậy, ngay cả các loại bê tông và BTCT sử dụng xi măng chịu mặn, xi măng bền ăn mòn, nhưng khi thử nghiệm trong môi trường xâm thực của nước biển, sử dụng trong các kết cấu hạ tầng ven biển cũng vẫn bị ăn mòn cốt thép, nứt vỡ, thậm chí còn làm hư hại hoàn toàn lớp bê tông bảo vệ [5, 6, 7]. Chính vì những lý do trên, việc nghiên cứu chế tạo BTCĐC với khả năng chống ăn mòn tốt từ nguồn vật liệu địa phương phục vụ xây dựng công trình hạ tầng khu vực ven biển khu vực Kiên Giang là rất cần thiết và có tính thực tiễn cao.



Hình 1. Ăn mòn công trình BTCT tại các công trình ven biển khu vực Kiên Giang.

Trong bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về tính chất cơ lý của BTCĐC được chế tạo từ hỗn hợp phụ gia tro bay của nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 1 (Trà Vinh) và silica fume SF-90 kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước. Từ kết quả thực nghiệm thu được đã cho thấy tiềm năng chế tạo BTCĐC từ nguồn vật liệu sẵn có tại địa phương để phục vụ xây dựng công trình hạ tầng khu vực ven biển tỉnh Kiên Giang.

2. VẬT LIỆU VÀ CẤP PHỐI

2.1. Vật liệu sử dụng để chế tạo BTCĐC

a). Xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40.MS Vicem Hà Tiên (XM) thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682 : 2009 [11], TCVN 7711: 2013 [12]. Thành phần hóa học và tính chất cơ lý của xi măng PCB40.MS Vicem Hà Tiên được giới thiệu trong Bảng 1 và Bảng 2.

b). Tro bay (TB) của nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 1 (Trà Vinh) thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014 [13], ASTM C618-03 [14] với tỷ diện bề mặt riêng là $5820 \text{ cm}^2/\text{g}$ và khối lượng riêng là $2,32 \text{ g/cm}^3$. Đây là loại tro bay có hàm lượng SiO_2 hoạt tính là 55,3%, tổng hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 87,5\%$ và lượng mất khi nung là 4,5%, thỏa mãn yêu cầu tro bay loại F. Thành phần hóa học của tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 được giới thiệu trong Bảng 1.

c). Silica fume SF-90 (Si) của Vina Pacific với kích thước hạt nano, có chứa 90,8% SiO_2 hoạt tính, tỷ diện bề mặt riêng là $14450 \text{ cm}^2/\text{g}$ và khối lượng riêng là $2,18 \text{ g/cm}^3$. Thành phần hóa học của silica fume SF-90 được giới thiệu trong Bảng 1.

d). Cốt liệu lớn là đá dăm (ĐD) từ đá vôi Cacbonat có $D_{\text{max}} = 20\text{m}$ của mỏ đá Hòn Sóc (Kiên Giang) có độ nén dập trong xi lanh ở điều kiện bão hòa nước là 7,2%. Cốt liệu nhỏ sử dụng trong bê tông là cát vàng (CV) từ sông Hậu (An Giang). Đây là loại hạt thô, chất lượng tốt và mô đun độ lớn $M_k = 3,0$. Các loại cốt liệu sử dụng thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 [15], GOST 8736-2014 [16] và được sử dụng làm cốt liệu trong hỗn hợp bê tông. Các tính chất vật lý của cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ sử dụng đã được thể hiện trong Bảng 3.

e). Phụ gia siêu dẻo Sikament® NN «SilkRoad» (SD) có giá trị khối lượng riêng trung bình $1,12 \text{ g/m}^3$ ở nhiệt độ $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Đây là loại phụ gia giảm nước thế hệ mới có thành phần chính là gốc hữu cơ Polycarboxylate.

f). Nước sạch (NS) được sử dụng để làm nước trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 4506:2012 [17].

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1, silica fume SF-90 và xi măng PCB40-MS Vicem Hà Tiên sử dụng trong nghiên cứu

Loại vật liệu sử dụng	Thành phần hóa học (% theo khối lượng) của vật liệu									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	Lượng mất khi nung
Tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1	55,3	22,8	9,8	2,5	1,4	0,7	0,6	1,2	1,4	4,3
Silica fume SF90	90,8	2,2	2,0	-	-	0,5	-	0,7	0,0	3,8
Xi măng PCB40-MS Vicem	33,5	3,7	4,2	2,2	1,2	0,3	-	51,8	-	2,9

Bảng 2. Tính chất cơ lý của xi măng PCB40-MS Vicem Hà Tiên

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 trung bình (MPa)			Độ dẻo tiêu chuẩn (%)
			Bắt đầu đông kết	Kết thúc đông kết	3 ngày	7 ngày	28 ngày	
3,10	0,2	3850	195	200	23	36,2	42,5	30,5

Bảng 3. Tính chất vật lý của cốt liệu sử dụng

Loại cốt liệu	Các tính chất vật lý của cốt liệu sử dụng				
	Kích thước (mm)	Khối lượng thể tích xốp (kg/m ³)	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Khối lượng thể tích đầm chặt (kg/m ³)	Độ hút nước (%)
Đá dăm từ đá vôi	5,0 ÷ 10,0 và 10,0 ÷ 20,0	1620	2,65	1680	0,44
Cát vàng sông Hậu	0,14 ÷ 5,0	1650	2,65	1700	0,75

Để tính toán so sánh giá thành của các hỗn hợp bê tông, trong nghiên cứu này đã sử dụng các đơn giá vật liệu theo thị trường tại địa phương. Đơn giá các loại nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Đơn giá các loại vật liệu sử dụng trong chế tạo sản phẩm BTCĐC

STT	Tên loại vật liệu	Đơn giá (kể cả tiền công vận chuyển và tiền thuế)
1	Xi măng PCB40-MS Vicem Hà Tiên	1.200 đồng/kg
2	Tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 (Trà Vinh)	250 đồng/kg
3	Silica fume SF-90 công ty Vina Pacific	3.000 đồng/kg
4	Cát vàng sông Hậu (An Giang)	500.000 đồng/m ³
5	Đá dăm (5÷20) mm từ đá khai thác của mỏ đá Hòn Sóc (Kiên Giang)	500.000 đồng/m ³
6	Phụ gia siêu dẻo Sikament® NN «Sika»	42.000 đồng/lít
7	Bê tông M350 với độ sụt 10±2cm Công ty TNHH Trường Phát ¹	2.271.818 đồng/m ³

2.2. Thiết kế cấp phối BTCĐC

Theo TCVN 10306:2014 [18], sản phẩm BTCĐC là BT có cường độ chịu nén đặc trưng trên 55 MPa ở tuổi 28 ngày trên mẫu hình trụ có đường kính D=150mm và chiều cao H=300 mm.

Từ yêu cầu đó, nghiên cứu đã tính toán thiết kế thành phần cấp phối của BTCĐC có yêu cầu như sau:

i) Tính công tác tốt với độ chảy xèo hỗn hợp bê tông trong côn tiêu chuẩn dao động từ 300 đến 600 mm và độ sụt tương ứng từ 15 đến 20 cm;

ii) Cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày tối thiểu là 60 MPa đối với mẫu thí nghiệm chứa 100% xi măng Poocăng.

+ Trong nghiên cứu này, hàm lượng tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 được khảo sát dao động từ 0%, 10%, 20% và 30% theo thành phần khối lượng của xi măng PCB40-MS Vicem Hà Tiên.

+ Hàm lượng silica fume SF-90 Công ty Vina Pacific được khảo sát dao động từ 0%, 5% và 10% theo thành phần khối lượng của xi măng PCB40 Vicem Hà Tiên.

+ Tỷ lệ nước trên tổng hàm lượng chất kết dính (N/CKD) được khảo sát trong nghiên cứu này là: N/CKD = 0,25;

+ Hàm lượng phụ gia siêu dẻo Sikament® NN được sử dụng là 1,5% tổng hàm lượng của chất kết dính.

Thành phần cấp phối BTCĐC được xác định theo tiêu chuẩn ACI 211.4R-08 [19] dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu sử dụng kết hợp với việc điều chỉnh từ thực nghiệm, đã thu được 10 cấp phối BTCĐC thí nghiệm có thành phần như trong Bảng 5.

Bảng 5. Các cấp phối của BTCĐC sử dụng trong nghiên cứu

Ký hiệu mẫu thí nghiệm	Các tỷ lệ vật liệu sử dụng (%)		Vật liệu thí nghiệm cho 1 m ³ BTCĐC (kg/m ³)						
			XM	TB	Si	ĐD	CV	SD	NS
ID-01 ²	0%TB	0%Si	680	0	0	1057	605	10,2	170
ID-02	10%TB	0%Si	612	68	0	1062	588	10,2	170
ID-03	20%TB	0%Si	544	136	0	1050	575	10,2	170
ID-04	30%TB	0%Si	476	204	0	1047	563	10,2	170
ID-05	10%TB	5%Si	591	59	30	1043	578	10,2	170
ID-06	20%TB	5%Si	544	109	27	1052	566	10,2	170
ID-07	30%TB	5%Si	504	151	25	1051	556	10,2	170
ID-08	10%TB	10%Si	567	57	57	1054	570	10,2	170
ID-09	20%TB	10%Si	523	105	52	1051	558	10,2	170
ID-10	30%TB	10%Si	486	146	49	1053	550	10,2	170

¹ <https://sxd.kien Giang.gov.vn/Lists/TinTuc/Attachments>

² Mẫu bê tông đối chứng không phụ gia.

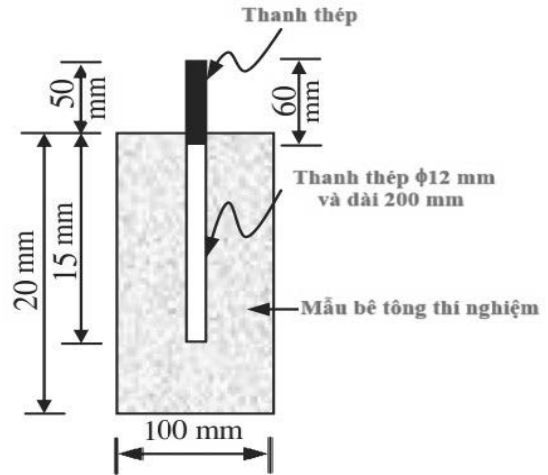
3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU CÁC TÍNH CHẤT CỦA BTCĐC

- Sử dụng tiêu chuẩn ACI 211.4R-2008 [19] và kết hợp việc hiệu chỉnh bằng thực nghiệm để tính toán thành phần BTCĐC.

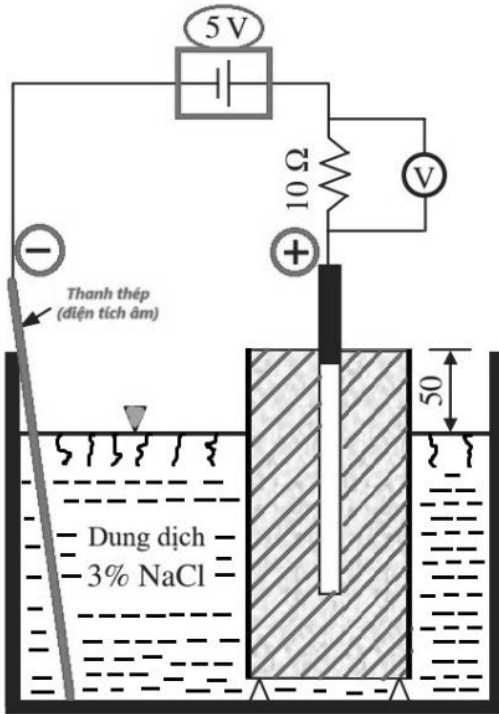
- Tính công tác của hỗn hợp bê tông (HHBT) được xác định bằng độ chảy xòe và độ sụt của côn tiêu chuẩn với kích thước 10x20x30 cm theo TCVN 3106:2007 [20].

- Giá trị cường độ kháng nén của bê tông cường độ cao được xác định trên mẫu hình trụ có kích thước DxH=150x300 mm theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 3118:2022 [21].

- Để đánh giá khả năng bảo vệ cốt thép trong BTCĐC, nghiên cứu đã sử dụng tiêu chuẩn NT Build 356-2009 [22]. Theo phương pháp này, môi trường xâm thực sử dụng là dung dịch nước biển nhân tạo có nồng độ NaCl 3,0%. Mẫu thí nghiệm được sử dụng có dạng hình trụ với kích thước DxH=100x200 mm và ở tâm được đặt một thanh thép đường kính Φ12, cách đáy mẫu 50mm. Sơ đồ thí nghiệm theo NT Build 356-2009 được thể hiện cụ thể trong Hình 2 và Hình 3.



Hình 3. Vị trí và kích thước mẫu thí nghiệm theo tiêu chuẩn NT Build 356-2009 [22]

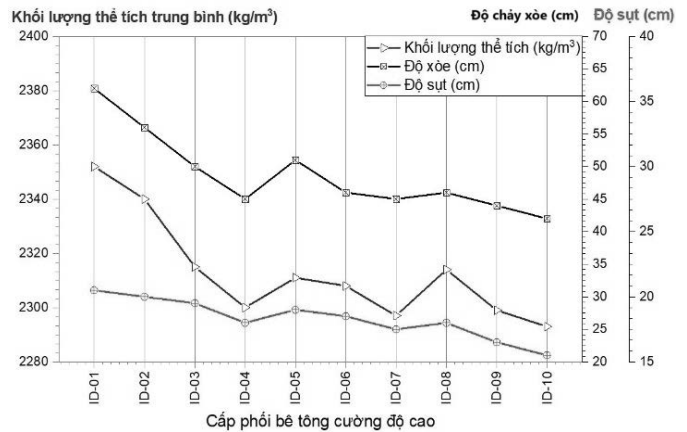


Hình 2. Sơ đồ chuẩn bị thí nghiệm ăn mòn nhanh theo phương pháp gia tốc NT Build 356-2009[22]

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Tính chất của BTCĐC ở trạng thái dẻo

Sau quá trình thí nghiệm, các kết quả thực nghiệm đã được xử lý số liệu theo yêu cầu của TCVN 6702:2013 [23]. Các giá trị thực nghiệm không hợp lý được lược bỏ, sau đó tính giá trị trung bình kết quả của từng mẫu thí nghiệm. Giá trị trung bình của khối lượng thể tích và tính công tác HHBT cường độ cao trong nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 6 và trên Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ các giá trị trung bình của khối lượng thể tích, độ chảy xòe và độ sụt của HHBT cường độ cao

Bảng 6. Khối lượng thể tích, độ chảy xòe và độ sụt của hỗn hợp BTCĐC

Ký hiệu mẫu	Các tỷ lệ vật liệu sử dụng (%)		Tính chất của hỗn hợp bê tông		
			Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (kg/m³)	Độ chảy xòe trong côn tiêu chuẩn (mm)	Độ sụt SN (cm)
ID-01	0%TB	0%Si	2355	630	21,0
ID-02	10%TB	0%Si	2343	570	20,5
ID-03	20%TB	0%Si	2318	520	19,5
ID-04	30%TB	0%Si	2303	480	18,5
ID-05	10%TB	5%Si	2314	515	19,5
ID-06	20%TB	5%Si	2311	469	18,0
ID-07	30%TB	5%Si	2300	455	17,5
ID-08	10%TB	10%Si	2317	462	18,5
ID-09	20%TB	10%Si	2302	446	17,5
ID-10	30%TB	10%Si	2296	430	16,0

Từ các giá trị thực nghiệm trong bảng 6 và hình 4 cho thấy với các mẫu chỉ chứa tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1, khi hàm lượng tro bay trong bê tông biến đổi từ 0% đến 30% đã gây ra ảnh hưởng đáng kể đến tính công tác của HHBT. Hàm lượng hạt mịn trong tro bay nhiệt điện đã làm tăng lượng cần nước của hỗn hợp vật liệu. Kết quả là độ sụt của HHBT đã giảm từ 21,0 cm xuống chỉ còn 18,5 cm. Mặt khác, khi bổ sung thêm hàm lượng (0% đến 10%) silica fume SF-90 có thành phần hạt siêu mịn cỡ Nano, nên ảnh hưởng nhiều đến tính công tác của HHBT. Độ chảy xòe đã giảm từ 630 mm xuống còn 430 mm, độ sụt HHBT đã giảm mạnh từ 21,0 cm xuống chỉ còn 16,0 cm. Ảnh hưởng tương hỗ giữa lượng cần nước của kích thước hạt siêu mịn trong thành phần tro bay và silica fume SF-90 với phụ gia siêu dẻo SD được thể hiện rõ nét trong các cấp phối thí nghiệm ID-04, ID-07 và ID-10. Quan sát HHBT cường độ cao sau khi nhào trộn đã thấy được độ đồng nhất của HHBT tươi rất tốt, không có hiện tượng phân tầng, không xuất hiện tách nước tại mép rìa ngoài của

Bảng 7. Giá trị cường độ nén trung bình, thời gian phá hủy mẫu bê tông thí nghiệm và giá thành tính cho mỗi mét khối BTCĐC

Ký hiệu mẫu	Các tỷ lệ vật liệu sử dụng (%)		Cường độ nén của mẫu bê tông hình trụ kích thước 15x30 cm (MPa) ở tuổi					Thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm (ngày)	Giá thành tính toán cho 1m ³ bê tông cường độ cao (đồng/m ³)
			3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	90 ngày		
ID-01	0%TB	0%Si	17,5	54,9	63,8	70,7	74,5	78	1.828.872
ID-02	10%TB	0%Si	16,3	49,8	60,9	69,1	70,1	75	1.759.953
ID-03	20%TB	0%Si	15,3	41,5	50,3	58,6	66,7	68	1.687.167
ID-04	30%TB	0%Si	14,1	41,6	47,1	53,7	60,3	55	1.617.503
ID-05	10%TB	5%Si	16,1	50,8	59,6	65,4	71,3	73	1.993.191
ID-06	20%TB	5%Si	14,5	34,2	49,0	58,5	62,6	61	1.920.931
ID-07	30%TB	5%Si	14,2	27,9	45,9	56,2	61,4	55	1.861.674
ID-08	10%TB	10%Si	16,6	43,2	58,6	63,4	72,3	82	2.207.527
ID-09	20%TB	10%Si	15,6	40,9	51,6	62,0	68,0	62	2.116.664
ID-10	30%TB	10%Si	14,3	31,9	46,4	57,3	61,7	45	2.053.372

a). Giá trị cường độ nén của mẫu BTCĐC ở các tuổi khác nhau

Kết quả thực nghiệm đã cho thấy, cường độ nén của các mẫu bê tông thí nghiệm ở tuổi 28 ngày dao động từ 53,7 MPa đến 70,7 MPa. Khi hàm lượng tro bay và silica fume thay thế lượng xi măng càng nhiều thì cường độ nén của BTCĐC có xu hướng giảm nhẹ. Điều này là đúng theo quy luật chung của sản phẩm bê tông sử dụng phụ gia khoáng thay thế xi măng. Sự suy giảm cường độ nén của mẫu BTCĐC trong nghiên cứu này được giải thích như sau: Thành phần tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 có thành phần hoạt tính thấp, hàm lượng SiO₂ chỉ đạt khoảng 55,3%. Do đó vật liệu này có vai trò chủ yếu là chất độn mịn. Thành phần silica fume SF-90 có chứa 90,8% SiO₂ hoạt tính, có khả năng phản ứng với sản phẩm thủy hóa Ca(OH)₂ của xi măng để tạo ra các khoáng vật Hidro-Canxi-Silicat (C-S-H) thứ cấp, bổ sung thành phần gel có tính chất kết dính và làm giảm cấu trúc lỗ rỗng gel của các mẫu bê tông [6, 7]. Tuy nhiên, do hàm lượng phụ gia khoáng thay thế đến 40% hàm lượng xi măng nên các gel thứ cấp C-S-H này không thể bù đắp lượng C-S-H của xi măng tạo thành khi phản ứng thủy hóa với nước.

Biểu đồ tốc độ phát triển cường độ chịu nén của các mẫu BTCĐC từ tuổi 3 ngày đến tuổi 90 ngày được trình bày trong Hình 5.

Từ biểu đồ trên hình 5 cho thấy, mẫu BTCĐC chứa đến 30% hàm lượng tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 và 10% silica fume SF90 kết hợp với 1,5% phụ gia siêu dẻo Sikament® NN có tốc độ phát triển cường độ nhanh, sau 7 ngày đã đạt được từ 55% đến 79% cường độ thiết kế. Đây cũng là lợi thế cho quá trình thi công các công trình hạ tầng ven biển trong môi trường nước và có yêu cầu sớm được đưa vào khai thác và sử dụng. Tuy nhiên, khi hàm lượng tro bay tăng, cường độ và tốc độ phát triển cường độ của bê tông giảm đi. Nguyên nhân này là do sự sụt giảm mạnh hàm lượng xi măng (giảm

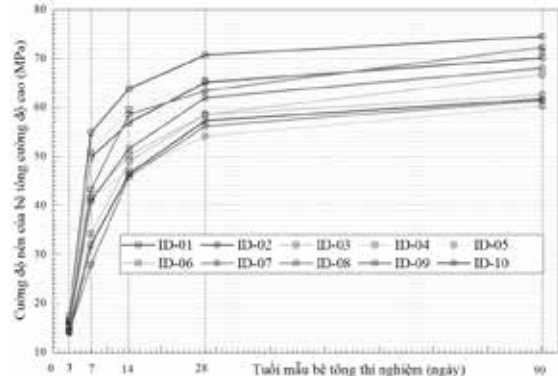
hỗn hợp sau khi trộn và trong quá trình làm thí nghiệm kiểm tra độ sụt. Giá trị độ chảy xòe và độ sụt của HHBT cường độ cao lần lượt dao động trong khoảng 430 ÷ 630mm và 16,0 ÷ 21,0 cm.

Hơn nữa, kết quả thực nghiệm thu được giá trị khối lượng thể tích của HHBT giảm từ 2.355 kg/m³ xuống chỉ còn 2.296 kg/m³. Điều này chứng tỏ ảnh hưởng của hàm lượng tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 và silica fume SF-90 là khá lớn. Nguyên nhân này là do khối lượng riêng của tro bay và silica fume lần lượt là 2,32 g/cm³ và 2,18 g/cm³, trong khi đó khối lượng riêng của xi măng PCB40-MS Vicem Hà Tiên là 3,1 g/cm³.

4.2. Tính chất của BTCĐC ở trạng thái cứng rắn

Các kết quả thí nghiệm đo giá trị cường độ chịu nén, thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm và giá thành tính cho mỗi mét khối BTCĐC được trình bày chi tiết trong Bảng 7.

đến 40%) đã ảnh hưởng đến các phản ứng thủy hóa của các khoáng trong xi măng, các mầm tinh thể của gel C-S-H sinh ra không đồng nhất trong không gian giữa các hạt cốt liệu và đồng thời sự giảm hàm lượng của khoáng Portlandite (Ca(OH)₂) trong bê tông cũng ảnh hưởng lớn đến phản ứng pozzolanic của SiO₂ trong Silica fume.



Hình 5. Biểu đồ tốc độ phát triển cường độ chịu nén của các mẫu BTCĐC

b) Khả năng bảo vệ cốt thép của BTCĐC trong môi trường xâm thực

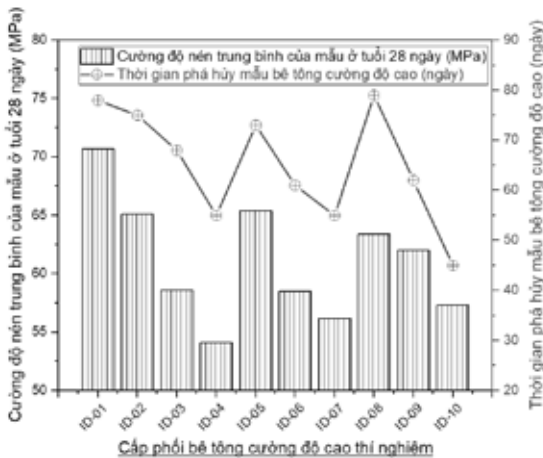
Trong nghiên cứu này khả năng bảo vệ cốt thép của các mẫu BTCĐC đã được đánh giá qua thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm trong môi trường nước biển nhân tạo NaCl 3%.

Trong nghiên cứu này, BTCĐC đã kết hợp sử dụng tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1, silica fume SF90 và phụ gia siêu dẻo Sikament® NN đã mang lại hiệu ứng tương tác kép trong vi cấu trúc của sản phẩm BTCĐC.

(1) - làm giảm hệ thống lỗ rỗng và do đó làm tăng độ đặc chắc của vi cấu trúc của đá xi măng.

(2) - cải thiện vi cấu trúc vùng tiếp giáp giữa cốt liệu - đá xi măng trong BTCĐC.

Do tác dụng của hai cơ chế trên, bê tông trở nên ít thấm nước, tăng cường độ, tăng độ bền với môi trường, đặc biệt tăng khả năng chống ăn mòn cốt thép của bê tông trong môi trường nước biển. Thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn NT build 356-2009 tăng từ 45 ngày lên đến 78 ngày đối với mẫu đối chứng không chứa phụ gia tro bay, silica fume và đạt 82 ngày đối với mẫu có chứa 10% tro bay và 10% silica fume. Biểu đồ sự tương quan giữa cường độ nén ở tuổi 28 ngày và thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm được trình bày trong Hình 6.



Hình 6. Tương quan giữa cường độ nén ở tuổi 28 ngày và thời gian phá hủy mẫu thí nghiệm

Từ đơn giá của các nguyên vật liệu thực tế tại tháng 8/2024 có thể thấy rằng, mỗi khối BTCĐC có giá thành dao động từ 1,68 triệu đồng/m³ đến 2,20 triệu đồng/m³. Khi so sánh với đơn giá thực tế cho thấy, BTCĐC trong nghiên cứu này có giá thành không cao hơn so với các loại bê tông xi măng truyền thống mác M350 bền sun phát với độ sụt 10±2cm theo bảng giá vật liệu xây dựng trên địa bàn do Sở Xây dựng Kiên Giang công bố có giá 2,27 triệu đồng/m³ nhưng có cường độ chịu nén cao hơn từ 64% đến 80%. Với việc có giá thành phù hợp và đã giải quyết được một việc rất lớn các loại phế thải công nghiệp, BTCĐC đã cho thấy được nhiều ưu điểm vượt trội và tiềm năng ứng dụng sản phẩm vật liệu chất lượng cao để phục vụ công tác thi công các công trình ven biển của tỉnh Kiên Giang.

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu và phân tích như trên, có thể rút ra những kết luận sau:

- Sử dụng các loại vật liệu thông thường sẵn có ở địa phương, có thể chế tạo được hỗn hợp BTCĐC có tính công tác tốt và cường độ kháng nén ở tuổi 28 ngày dao động từ 53,7 MPa đến 70,7MPa phù hợp để thi công các công trình ven biển khu vực Kiên Giang theo yêu cầu TCVN 9346:2012 "Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển".

- Hỗn hợp bê tông có tính công tác rất tốt, độ chảy xè từ 430 mm đến 630 mm, độ sụt từ 16,0 cm đến 21,0 cm. Điều này cho phép sử dụng nhiều phương pháp thi công hỗn hợp bê tông khác nhau khi sử dụng trong các công trình hạ tầng ven biển khu vực Kiên Giang.

- Các mẫu BTCĐC chứa từ 0% đến 30% hàm lượng tro bay nhiệt điện Duyên Hải 1 và từ 0% đến 10% silica fume kết hợp với 1,5% phụ gia siêu dẻo Sikament® NN có vi cấu trúc đặc hơn. Chính vì thế, thời gian phá hoại mẫu theo phương pháp ăn mòn nhanh, xác định bởi tiêu chuẩn NT build 356-2009, trong khoảng từ 45 ngày đến 82 ngày

trong môi trường nước biển nhân tạo NaCl 3,0%... phù hợp ứng dụng thi công cho các công trình chịu ăn mòn trong hạ tầng ven biển của tỉnh Kiên Giang.

- Vật liệu địa phương có thể sản xuất BTCĐC có giá thành phù hợp, nhiều ưu điểm vượt trội và tiềm năng ứng dụng xây dựng công trình trong vùng ven biển, hải đảo Kiên Giang. Với việc có giá thành phù hợp và đã giải quyết được một việc rất lớn các loại phế thải công nghiệp, BTCĐC đã cho thấy được nhiều ưu điểm vượt trội và tiềm năng ứng dụng sản phẩm vật liệu chất lượng cao để phục vụ công tác thi công các công trình ven biển của tỉnh Kiên Giang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đổng Kim Hạnh, Dương Thị Thanh Hiền, 2011. "Tình trạng ăn mòn bê tông cốt thép và giải pháp chống ăn mòn cho công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển Việt Nam". Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Viện KHTLVN, tr. 44-49.
- [2]. Nguyễn Thanh Bằng, 2011. "Nguyên nhân gây xâm thực bê tông và bê tông cốt thép công trình thủy lợi - Giải pháp khắc phục phòng ngừa". Tạp chí KH&CN Thủy lợi, Viện KHTLVN, số 3, tr. 56-60.
- [3]. Trần Việt Liên và các cộng tác viên, 1996. "Ăn mòn khi quyền đối với bê tông và bê tông cốt thép vùng ven biển Việt Nam". Viện Khí tượng Thủy văn. Hà Nội, số 2, tr. 46-50.
- [4]. Phạm Văn Khoan và Nguyễn Nam Thắng, 2010. "Tình trạng ăn mòn bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam và một số kinh nghiệm sử dụng chất ức chế ăn mòn canxi nitrit". Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2, 2010, tr. 15-22.
- [5]. Lâm Thanh Quang Khải, 2015. "Nghiên cứu giải pháp chống ăn mòn cốt thép trong bê tông bằng vật liệu polymer". Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số 6, tr. 32-48.
- [6]. Nguyễn Mạnh Phát, 2007. "Lý thuyết ăn mòn và chống ăn mòn bê tông - bê tông cốt thép trong xây dựng". NXB Xây dựng. 150tr.
- [7]. Nguyễn Mạnh Tuấn, 2018. "Sản xuất bê tông bền trong môi trường biển từ nguồn nguyên liệu tại chỗ". Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam, số 3, tr. 26-28.
- [8]. Phạm Duy Hữu, Nguyễn Ngọc Long, Đào Văn Đông, Phạm Duy Anh, 2008. "Bê tông cường độ cao và chất lượng cao". NXB Giao thông vận tải. 250tr.
- [9]. Nguyễn Thị Thu Hương, 2014. "Nghiên cứu đề xuất phương pháp thí nghiệm thấm nước phù hợp cho bê tông có độ bền cao". Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Viện KHTLVN, số 47, tr. 40-48.
- [10]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2012. TCVN 9346: 2012 "Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển" 9 tr.
- [11]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2009. TCVN 2682 : 2009 "Xi măng poóc lăng - yêu cầu kỹ thuật". 6tr.
- [12]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2013. TCVN 7711: 2013 "Xi măng pooc lăng hỗn hợp bền sun phát (sulfat)". 7tr.
- [13]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2014. TCVN 10302:2014 "Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng". 14tr.
- [14]. American standard, 2017. ASTM C618-03 "Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete". 18p.
- [15]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006. TCVN 7570:2006 "Cốt liệu cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật". 6tr.
- [16]. Russian standard, 2014. GOST 8736-2014 "Sand for construction works. Specifications". 16p.
- [17]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2012. TCVN 4506:2012 "Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật". 7tr.
- [18]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2014. TCVN 10306:2014 " Bê tông cường độ cao- thiết kế thành phần mẫu hình trụ". 24tr.
- [19]. American standard, 2008. ACI 211.4R-08 "Guide for selecting proportions for high-strength concrete using portland cement and other cementitious mater" 25p.
- [20]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022. TCVN 3106:2022 "Hỗn hợp bê tông nặng - phương pháp thử độ sụt". 3tr.
- [21]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2022. TCVN 3118:2022. "Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ chịu nén". 13tr.
- [22]. American standard, 2009. NT Build 356-2009 "Concrete, repairing materials and protective coating: embedded steel method. Chloride permeability nordtest method". 3p.
- [23]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2013. TCVN 6702:2013 "Xử lý kết quả thử nghiệm để xác định sự phù hợp với yêu cầu kỹ thuật". 24tr.