

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SỰ LÀM VIỆC CỦA DẦM BÊ TÔNG
CÁT NHIỄM MẶN CỐT THÉP PHỦ SƠN EPOXY**
EXPERIMENTAL STUDY ON BEHAVIOR OF SALT-CONTAMINATED SAND
CONCRETE BEAM WITH EPOXY COATED REINFORCEMENT

NGUYỄN NAM THẮNG^{a*}, PHAN VĂN CHƯƠNG^a, PHẠM TRUNG THÀNH^a

^aViện KHCN Xây dựng

*Tác giả liên hệ: e-mail: namthangibst@yahoo.com.vn

Ngày nhận bài: 2/12/2022, Sửa xong: 28/12/2022, Chấp nhận đăng: 29/12/2022

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả so sánh sự làm việc tức thời trong giai đoạn trước khi cốt thép chảy dẻo, của dầm bê tông cốt thép (BTCT) cốt liệu cát nhiễm mặn và dầm BTCT cốt liệu cát sạch. Nhóm tác giả thực hiện tính toán theo lý thuyết và thí nghiệm khả năng chịu lực của ba cặp dầm (dầm cát nhiễm mặn – dầm cát sạch) tương ứng với bê tông có cấp độ bền B20, B30 và B45. Bê tông cốt liệu cát nhiễm mặn có sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn và cốt thép được sơn phủ epoxy dày $175\pm 18\mu\text{m}$. Cốt liệu cát nhiễm mặn Thuận An - Huế, Trà Khúc - Quảng Ngãi và Bãi Dài - Vân Đồn (Quảng Ninh), cốt liệu cát sạch là cát vàng Sông Lô. Dầm BTCT được tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2018 và được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 9347-2012.

Từ khóa: Dầm bê tông cát nhiễm mặn, sơn phủ cốt thép, chất ức chế ăn mòn.

Abstract: This paper presents the results of comparing the instantaneous working performance in the period before the plastic reinforcement, of the saline aggregate reinforced concrete beams and the clean sand aggregate reinforced concrete beams. The authors performed theoretical and experimental calculations on the bearing capacity of three pairs of beams (salinated sand beams – clean sand beams) corresponding to concrete with strength levels B20, B30 and B45. Concrete with salt-contaminated sand aggregates using corrosion inhibitors and reinforced steel is coated with epoxy coating with thickness $175\pm 18\mu\text{m}$. Saline sand aggregates Thuan An - Hue, Tra Khuc - Quang Ngai and Bai Dai - Van Don (Quang Ninh), clean sand aggregates are Song Lo yellow sand. Concrete beams are calculated according to TCVN 5574-2018 standard and tested according to TCVN 9347-2012.

Keywords: Salt-contaminated sand concrete beam, coated reinforced concrete, inhibitors

1. Mở đầu

Cát nhiễm mặn dùng trong kết cấu BTCT cho thấy cốt thép thường bị ăn mòn sớm, do vậy cần lựa chọn biện pháp bảo vệ, chống ăn mòn cho cốt thép phù hợp. Kết quả nghiên cứu [1, 2] đã chỉ ra rằng sơn phủ epoxy có khả năng chống ăn mòn tốt nhất cho cốt thép trong các phương án lựa chọn (sử dụng chất ức chế, nâng cao chất lượng bê tông, tăng chiều dày bê tông bảo vệ...). Tuy nhiên, một số nghiên cứu [3, 4, 5] và đánh giá theo tiêu chuẩn ASTM A755 [6] cho rằng, sơn epoxy làm giảm cường độ bám dính giữa bê tông và cốt thép.

Để có cơ sở áp dụng biện pháp bảo vệ cốt thép bằng sơn epoxy trước khi đổ bê tông cho kết cấu bê tông cốt thép có cốt liệu cát nhiễm mặn trong thực tế, cần thiết phải đánh giá khả năng chịu lực của cấu kiện khi áp dụng biện pháp này. Theo đó, ba cặp dầm bê tông cốt thép được chế tạo tương ứng cấp bền bê tông B20, B30 và B45 trong đó ba dầm bê tông cốt thép có cốt liệu cát nhiễm mặn đồng thời sử dụng chất ức chế ăn mòn trong bê tông và sơn phủ epoxy cho cốt thép; ba dầm còn lại là dầm đối chứng sử dụng cát sạch. Khả năng chịu lực của các dầm được tính toán theo lý thuyết trước khi thí nghiệm. Quá trình thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm công trình (LAS XD-01) thuộc Viện chuyên ngành Kết cấu công trình xây dựng. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để ứng dụng biện pháp bảo vệ cốt thép bằng sơn phủ epoxy trong bê tông cát nhiễm mặn khi xây dựng công trình nhà 2 tầng khung bê tông cốt thép diện tích sàn 50m^2 tại Thừa Thiên - Huế.

2. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Xi măng sử dụng là PCB 40 Bút Sơn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 2682: 2009.

Cốt liệu lớn: Đá dăm Kiện Khê - Hà Nam có $D_{\text{max}} = 20\text{ mm}$ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

Cốt liệu nhỏ: gồm 3 loại cát nhiễm mặn Thuận An - Huế, Trà Khúc - Quảng Ngãi và Bãi Dài - Vân Đồn (Quảng Ninh); cát vàng sạch Sông Lô có tính chất cơ lý trong Bảng 1 như sau:

Bảng 1. Tính chất cơ lý của cát vàng và một số loại cát nhiễm mặn nghiên cứu

STT	Các chỉ tiêu	Kết quả			
		Cát vàng Sông Lô	Thuận An-Huế	Trà Khúc-Quảng Ngãi	Bãi Dài-Vân Đồn
1	Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,59	2,66	2,66	2,63
2	Khối lượng thể tích bão hòa (g/cm ³)	2,67	2,66	2,65	2,64
3	Khối lượng thể tích khô (g/cm ³)	2,66	2,65	2,64	2,63
4	Độ hút nước (%)	0,1	0,10	0,10	0,10
5	Khối lượng thể tích xốp (kg/m ³)	1480	1330	1330	1370
6	Lượng bùn, bụi, sét (%)	0,5	0,40	0,40	0,60
7	Hàm lượng sét cục (%)	0,1	0,08	0,20	0,20
8	Tạp chất hữu cơ	Sáng hơn màu chuẩn			
9	Hàm lượng mica (%)	0,1	0,10	0,10	0,10
10	Mô đun độ lớn của cát	2,6	1,2	2,6	2,3
11	Hàm lượng Cl ⁻ tan trong axit (%)	0,001	0,19	0,116	0,270

Các kết quả thử nghiệm cho thấy mô đun độ lớn của cát vàng Sông Lô và cát nhiễm mặn từ 1,2 đến 2,6; các tính chất cơ lý của cát ở Bảng 1 cơ bản đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006, hàm lượng clorua tan trong acid của cát nhiễm mặn dao động từ 0,116% đến 0,27% (cao hơn quy định trong TCVN 7570:2006).

Phụ gia siêu dẻo MC-PowerFlow: thể hệ mới dạng lỏng, màu nâu, với thành phần bao gồm các hợp chất polyme polycarboxylate ether cải tiến, tỷ trọng 1,06 kg/lít; pH 4,65. Phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép PCI 3000 của hãng Silkroad có gốc Canxi Nitrit, tỷ trọng 1,05 kg/lít; pH 6,55. Hai loại phụ gia này đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 8826:2011.

Sơn epoxy: 2 thành phần gồm nhựa và chất đóng rắn. Nhựa epoxy là hỗn hợp của nhựa epoxy

diglycidyl ete bisphenol-A với các hóa chất đa chức có trọng lượng phân tử thấp. Chất đóng rắn B là hỗn hợp của các aliphatic và cycloaliphatic amine có độ nhớt trung bình. Tỷ lệ (theo khối lượng) giữa nhựa và chất đóng rắn là 4:1, hàm lượng chất khô ≥ 65%, tỷ trọng: 1,3 kg/lít, độ nhớt của nhựa ở 25°C: 110 giây, độ nhớt của chất đóng rắn ở 25°C: 75 giây.

Cốt thép: đường kính 12 mm; cốt thép được sơn epoxy trước khi đổ bê tông.

Cát nhiễm mặn Thuận An, Trà Khúc và Vân Đồn được dùng để trộn bê tông với cấp độ bền B20, B30 và B45. Cát vàng sạch Sông Lô theo tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 được sử dụng cho bê tông cùng mác. Bê tông có cấp phối như Bảng 2 được đúc, bảo dưỡng và thí nghiệm sau 28 ngày.

Bảng 2. Cấp phối bê tông đối chứng và bê tông cốt liệu cát nhiễm mặn

Cấp bền bê tông	Thành phần cấp phối thiết kế					
	XM Bút Sơn PCB 40, kg	Cát, kg	Đá, kg	Nước, lít	PG MC-PowerFlow 5298, lít	PG PCI 3000
B20 (Cát vàng)	315	835	1080	187	1,89	-
B30 (Cát vàng)	390	816	1067	172	3,12	-
B45 (Cát vàng)	575	775	950	170	5,18	-
B20 (Cát Thuận An)	345	690	1209	177	-	3,8
B30 (Cát Trà Khúc)	395	810	1065	173	-	4,35
B45 (Cát Vân Đồn)	590	739	971	172	1,18	6,49

3. Đánh giá khả năng chịu lực của dầm BTCT

3.1. Thí nghiệm đặc trưng cơ lý của bê tông và cốt thép

Nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi, cường độ nén trung bình cho bê tông tại 28 ngày tuổi của 6 cấp phối nêu trong Bảng

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

2; đồng thời thí nghiệm khả năng chịu kéo của 03 mẫu thép tròn vằn có đường kính 12 mm. Kết quả

thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3, Bảng 4 và Bảng 5 sau đây:

Bảng 3. Mô đun đàn hồi sau 28 ngày của các mẫu bê tông

Nhóm	Loại dầm	Mô đun đàn hồi E_b (GPa)		
		B20	B30	B45
1	Dầm đối chứng	24,8	34,2	38,2
2	Dầm cốt liệu cát nhiễm mặn các loại	23,8	33,8	37,6

Bảng 4. Cường độ nén trung bình sau 28 ngày của các mẫu bê tông

Nhóm	Loại dầm	Cường độ nén trung bình (MPa)		
		B20	B30	B45
1	Dầm đối chứng	25,4	41,6	60,4
2	Dầm cốt liệu cát nhiễm mặn các loại	26,1	44,1	62,4

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu thép đường kính D12

Mẫu thử nghiệm				Kết quả thử nghiệm kéo				
Kích cỡ, ký hiệu	Đ. kính thực đo	Kh. lượng đơn vị	Diện tích danh nghĩa	Lực chảy trên	Ứng suất chảy trên	Lực bền	Ứng suất bền	Độ giãn dài tương đối
	d_{TN} mm	Q/L kg/m	S_n mm ²	F_{eH} N	R_{eH} N/mm ²	F_m N	R_m N/mm ²	A_5 %
(CB300-V)		0,835 ÷ 0,941	113,0	-	300 Min	-	450 Min	16 Min
d12	11,8	0,862	113,0	37800	334,5	51800	458,4	21,6
	11,8	0,859		38300	338,9	52300	462,8	20,0
	11,8	0,856		37300	330,1	51400	454,9	21,6

3.2. Tính toán khả năng chịu lực 06 mẫu dầm

Sơ đồ tính toán và chất tải của dầm xem chi tiết tại Hình 1.

Cường độ chịu nén bê tông có cấp bền B20 của dầm đối chứng: Kết quả thí nghiệm nén 03 mẫu bê tông hình lập phương 150x150x150 mm được đúc trong quá trình đổ bê tông dầm, ở tuổi 28 ngày, có giá trị trung bình có $R_b = 25,4$ MPa.

Cường độ chịu kéo của cốt thép: kết quả thí nghiệm 03 mẫu có thép đường kính D12 (dùng làm

cốt thép chịu lực trong dầm) có giá trị trung bình $R_s = 335$ MPa;

Tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018, khả năng chịu uốn của mẫu dầm thí nghiệm được xác định theo công thức: $M_u = R_b b x (h_0 - 0,5x)$

Với chiều cao vùng bê tông chịu nén (bỏ qua sự làm việc của cốt thép chịu nén) như sau:

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b}$$

Chiều cao làm việc của dầm: $h_0 = h - a_{bv} - 0,5d$

Thay số ta có: $x = \frac{R_s A_s}{R_b b} = \frac{335 \times 226}{25,4 \times 120} = 24,9(mm)$

$$h_0 = h - a_{bv} - 0,5d = 200 - 15 - 0,5 \times 12 = 179(mm)$$

$$M_u = 25,4 \times 120 \times 24,9 \times (179 - 0,5 \times 24,9) = 12621853 Nmm = 12,6 kN$$

Giá trị của tải trọng tập trung cách gối tựa một đoạn có chiều dài 750 mm là:

$$P_u = \frac{M_u}{0,75} = \frac{12,6}{0,75} = 16,8(kN)$$

Như vậy nếu dùng kích thủy lực kết hợp hệ dầm phân tải để phân chia tải trọng đều kích thành 2 lực

tập trung bằng nhau ($P/2$) tác dụng lên dầm thì giá trị tải trọng của kích sẽ là:

$$P = 2 \times P_u = 16,8 \times 2 = 33,7(kN)$$

Tính toán tương tự ta có kết quả khả năng chịu lực của 06 mẫu dầm thí nghiệm như sau:

Bảng 6. Tổng hợp kết quả tính toán khả năng chịu lực của 06 dầm

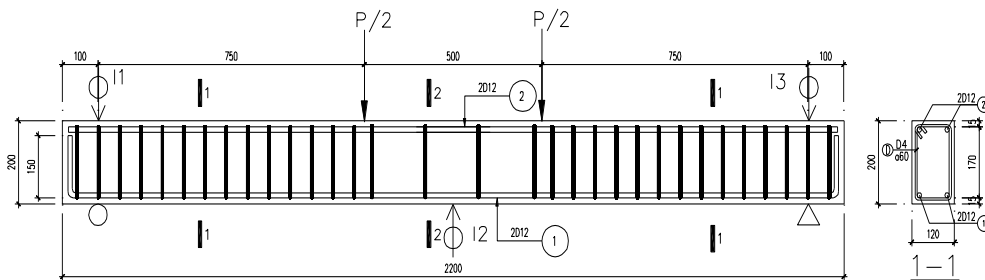
STT	Cấp bền bê tông	Khả năng chịu lực của dầm (giá trị tải trọng đầu kích P (kN))	
		Dầm đối chứng	Dầm nhiễm mặn
1	B20	33,7	33,7
2	B30	34,6	34,7
3	B45	35,1	35,1

3.3. Thí nghiệm thử tải khả năng chịu lực 06 mẫu dầm

a. Công tác thí nghiệm

Dầm thí nghiệm là dầm đơn giản: Hai gối tựa cố định tại hai đầu dầm, tổng chiều dài dầm là 2,2m. Khi thí nghiệm kết cấu BTCT làm việc chịu uốn,

chọn sơ đồ tác dụng gồm 2 tải trọng tập trung có cùng độ lớn và cách đều gối tựa mỗi bên. Sơ đồ này tạo ra vùng uốn thuần túy giữa hai tải tập trung có mô men uốn không đổi và lực cắt bằng không. Kích thước hình học, cấu tạo cốt thép và sơ đồ bố trí dụng cụ đo Hình 1.



Hình 1. Kích thước hình học, cấu tạo cốt thép, sơ đồ bố trí dụng cụ đo (tại 2 gối tựa và giữa nhịp)



Hình 2. Sơ đồ bố trí dụng cụ đo và quá trình thử nghiệm

b. Kết quả thí nghiệm

Phân bố vết nứt trên kết cấu bê tông cốt thép: Các vết nứt trên kết cấu BTCT xảy ra khi ứng suất kéo trong bê tông vượt quá cường độ chịu kéo. Quan sát sự phát triển vết nứt và phân bố vết nứt trong quá trình thí nghiệm cho thấy vết nứt xuất hiện trong vùng bê tông chịu kéo (vùng có mô men uốn lớn) tại giữa dầm sau đó phát triển dần đến vùng bê tông chịu nén. Dạng

phá hoại này còn được gọi là phá hoại dẻo, sự phá hoại bắt đầu bằng việc cốt thép vùng chịu kéo bị chảy dẻo, sau đó bê tông vùng nén bị ép vỡ.

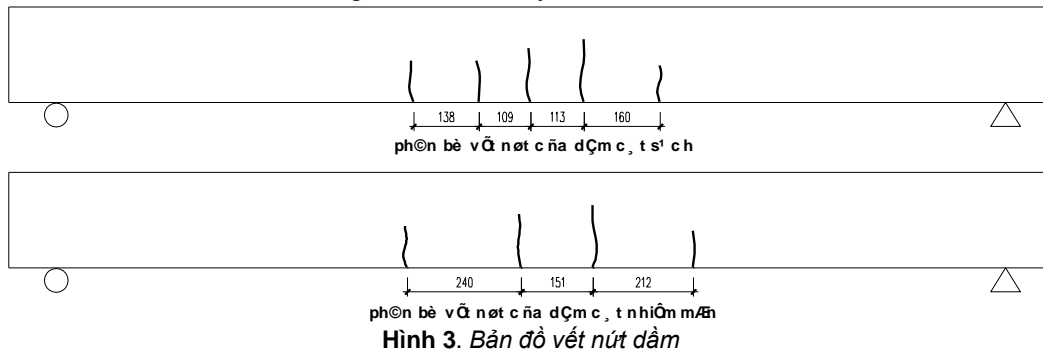
Theo kết quả thí nghiệm thực tế ta có thể nhận thấy dầm BTCT có cốt liệu cát nhiễm mặn sẽ có ít vết nứt, khoảng cách giữa các vết nứt xa hơn và bề rộng lớn hơn so với dầm BTCT có cốt liệu cát sạch (xem Hình 3 và Bảng 7).

Bảng 7. So sánh bề rộng vết nứt dầm đối chứng (cốt liệu cát nhiễm mặn) và dầm cát sạch

STT	Cấp bền bê tông	Tải trọng (kN)	Bề rộng vết nứt a_{cr} (mm)	
			Dầm đối chứng	Dầm nhiễm mặn
1	B20	36	0,35	0,40
2	B30	36	0,20	0,25
3	B45	38	0,20	>0,30

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

Bản đồ vết nứt dầm được thể hiện trong Hình 3 sau đây:



Một số hình ảnh thực tế thí nghiệm dầm và vết nứt dầm được thể hiện trong Hình 4:



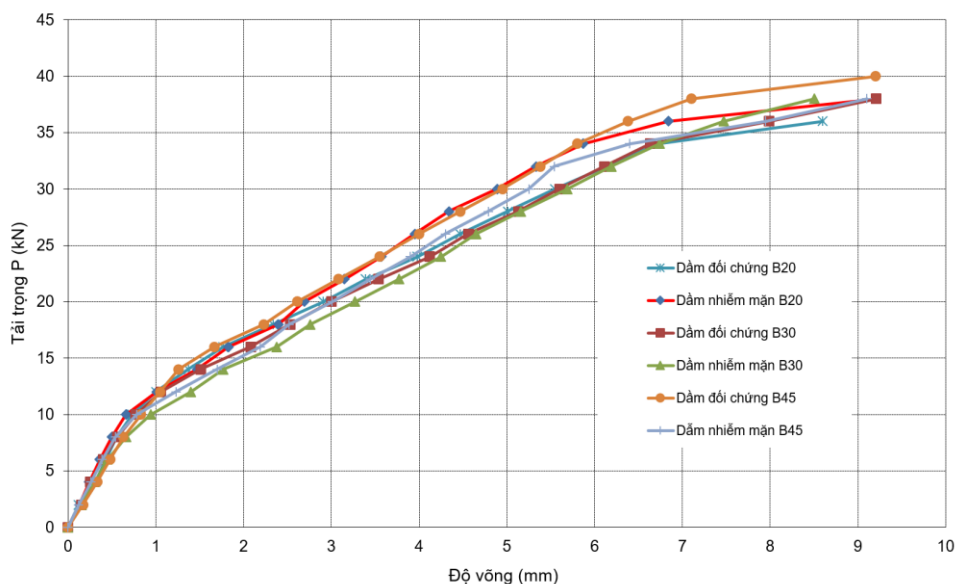
Dầm cốt liệu cát nhiễm mặn Vân Đồn



Dầm cốt liệu cát nhiễm mặn Thuận An

Hình 4. Sơ đồ vết nứt trên dầm BCTC bị phá hoại do mô men uốn

Quan hệ tải trọng – độ võng:



Hình 5. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ võng của 06 dầm thí nghiệm

Các biểu đồ trên Hình 5 cho thấy ứng xử của các mẫu dầm BTCT thí nghiệm phù hợp với trường hợp dầm BTCT bị phá hoại do mô men uốn gây ra. Từ biểu đồ quan hệ trên có thể xác định được các giai đoạn làm việc của dầm như sau:

Giai đoạn đàn hồi (chưa xuất hiện vết nứt), quan hệ tải trọng và độ võng là tuyến tính. Biểu đồ quan hệ tải trọng và chuyển vị của dầm nhóm 1 (cát sạch) và nhóm 2 (cát mặn) là trùng khớp với nhau, có nghĩa là 2 nhóm dầm này có khả năng làm việc

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

tương đương nhau. Trong giai đoạn này cốt thép bắt đầu chịu kéo và chưa bị trượt khỏi bê tông.

Giai đoạn sau khi dầm bị nứt và trước khi cốt thép chảy dẻo, quan hệ tải trọng và độ võng là phi tuyến. Theo kết quả thí nghiệm có thể thấy dầm nhóm 1 (cát sạch) chịu tải trọng lớn hơn dầm nhóm 2 (dầm cốt liệu cát nhiễm mặn, có cốt thép được sơn epoxy chống ăn mòn) khoảng 10%. Trong giai đoạn này vùng chịu nén của bê tông bị giảm dần và cốt thép chịu kéo của dầm đã bắt đầu trượt khỏi bê tông. Các vết nứt bê tông phân bố ở giữa dầm và ở thớ dưới của dầm do kết cấu dầm bị uốn. Kết quả thí nghiệm cho thấy cốt thép dầm nhóm 2 có xu hướng trượt khỏi bê tông nhiều hơn cốt thép của

dầm nhóm 1 dẫn đến dầm nhóm 2 có chuyển vị lớn hơn dầm nhóm 1 tại cùng một cấp tải trọng (chênh lệch khoảng 10%).

Giai đoạn làm việc của bê tông vùng chịu nén (sau khi cốt thép chảy dẻo): Khi vùng nén của bê tông thu hẹp tới hạn dầm bị phá hoại (chuyển vị tăng mà tải trọng không tăng). Cốt thép vùng chịu kéo làm việc tối đa khả năng chịu kéo, lúc này cốt thép hoàn toàn trượt khỏi bê tông, dẫn đến yếu tố liên kết giữa thép và bê tông không còn ý nghĩa, tải trọng phá hoại của 2 loại dầm sẽ tương đương nhau. Điều này được thực nghiệm chứng minh tải trọng phá hoại của dầm nhóm 1 và nhóm 2 là như nhau (Bảng 8).

Bảng 8. So sánh tải trọng phá hoại P_{ui} (kN)

Nhóm	Loại dầm	Cấp độ bền bê tông		
		B20	B30	B45
1	Dầm BTCT đối chứng	38kN	38kN	40kN
2	Dầm BTCT cốt liệu cát nhiễm mặn, cốt thép được sơn epoxy chống ăn mòn dày $175 \pm 18\mu\text{m}$	38kN	38kN	38kN

Các giá trị tải trọng cực hạn (tải trọng cực hạn xác định tại thời điểm cốt thép chịu kéo bị chảy dẻo và bê tông vùng nén bị ép vỡ), ký hiệu P_{tn} được xác

định từ thực nghiệm tổng hợp trong Bảng 9 và được so sánh với tải trọng cực hạn theo tính toán lý thuyết P_{lt} .

Bảng 9. So sánh khả năng chịu lực của mẫu dầm theo lý thuyết và thực nghiệm

STT	Mẫu dầm	P_{lt} (kN)	P_{tn} (kN)	P_{tn}/P_{lt}
1	B20-Cát sạch	33,7	34	1,01
2	B20-Cát mặn	33,7	34	1,01
3	B30-Cát sạch	34,6	36	1,04
4	B30-Cát mặn	34,7	36	1,04
5	B45-Cát sạch	35,1	38	1,08
6	B45-Cát mặn	35,1	36	1,03

Tỷ số P_{tn}/P_{lt} phản ánh tương quan giữa kết quả thực nghiệm và kết quả tính toán. Với kết quả thu được cho thấy khả năng chịu lực thực tế của các mẫu dầm đều lớn hơn so với tính toán lý thuyết, đồng thời chênh lệch giữa các kết quả là nhỏ, không vượt quá 10%. Kết quả này cùng với kết quả quan hệ giữa tải trọng và độ võng của các mẫu dầm thí nghiệm là cơ sở quan trọng để đánh giá được độ tin cậy của các số liệu thí nghiệm.

Như vậy, các dầm như đã thiết kế đảm bảo khả năng chịu lực theo tính toán lý thuyết. Dầm BTCT đối chứng và dầm BTCT cát nhiễm mặn sơn phủ cốt thép có khả năng làm việc tương đương nhau trong giai đoạn đàn hồi, ảnh hưởng của sơn epoxy chống ăn mòn cốt thép đến yếu tố liên kết giữa cốt

thép và bê tông là không đáng kể. Hai loại dầm này có thể được tính toán khả năng chịu uốn như dầm BTCT thông thường theo TCVN 5574:2018.

4. Kết luận

Quan hệ cường độ chịu nén - mô đun đàn hồi của hai loại bê tông có khác biệt. Mô đun đàn hồi của bê tông nhóm 1 cao hơn khoảng 1.5% đến 4% so với mô đun đàn hồi của bê tông nhóm 2.

Đường cong tải trọng - độ võng nhận được từ các thí nghiệm có một dạng tương tự, chia làm ba giai đoạn rõ ràng: (i) trước khi nứt, (ii) sau khi nứt - trước khi cốt thép chảy dẻo, (iii) và sau khi cốt thép chảy dẻo.

Tải trọng gây nứt và tải trọng phá hoại của dầm nhóm 1 và dầm nhóm 2 với cùng cường độ chịu

nén của bê tông là không khác biệt nhiều. Các kết quả giá trị tải trọng thí nghiệm tương ứng khá phù hợp với các giá trị tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574: 2018.

Dầm bê tông nhóm 2 võng nhiều hơn dầm bê tông nhóm 1 (với cùng một cường độ bê tông và hàm lượng cốt thép chịu kéo). Sự khác biệt là khá rõ trước khi khe nứt đầu tiên xuất hiện, nhưng là nhỏ khi tải trọng tăng lên.

Tại thời điểm xuất hiện khe nứt đầu tiên và khi cốt thép bắt đầu chảy dẻo, giá trị độ võng thực nghiệm của dầm nhóm 2 lớn hơn khoảng 10% so với dầm nhóm 1. Nguyên nhân một phần do mô đun đàn hồi của bê tông nhóm 2 thấp hơn mô đun đàn hồi của bê tông nhóm 1 (từ 1,5% đến 4%).

Phân bố vết nứt và dạng phá hoại của dầm nhóm 2 là tương tự với dầm nhóm 1. Cả 6 dầm thí nghiệm đến khi bị phá hoại xảy ra do cốt thép chảy dẻo, sau đó thứ bê tông chịu nén ngoài cùng bị vỡ.

Kết luận chung: Nghiên cứu này trong phạm vi đánh giá khả năng chịu lực theo trạng thái giới hạn về cường độ ngắn hạn của dầm BTCT chế tạo từ cát nhiễm mặn. Kết quả cho thấy dầm nhóm 1 và nhóm 2 có khả năng làm việc tương đương nhau trong giai đoạn đàn hồi, ảnh hưởng của sơn epoxy chống ăn mòn cốt thép có chiều dày $175 \pm 18\mu\text{m}$ đến yếu tố liên kết giữa cốt thép và bê tông là không đáng kể. Dầm BTCT cốt liệu cát nhiễm mặn, cốt thép được sơn epoxy chống ăn mòn dày $175 \pm 18\mu\text{m}$ có thể được tính toán khả năng chịu uốn như dầm BTCT thông thường theo TCVN 5574: 2018.

5. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ đề tài cấp nhà nước mã số 34/19- ĐTDL.CN.CNN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Nam Thắng, Phan Văn Chương (11/2022), "Nghiên cứu giải pháp sơn phủ bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn", Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 3/2022.
- [2] Phan Văn Chương (3/2022), "Nghiên cứu ứng dụng sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông vùng biển Việt Nam", Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện KHCN Xây dựng.
- [3] Đặng Văn Phú và ctv (1990), Báo cáo tổng kết toàn diện kết quả nghiên cứu đề tài "Nghiên cứu các biện pháp chống ăn mòn bê tông cốt thép bảo vệ công trình vùng ven biển", 26B.03.03, Viện Khoa học Kỹ thuật Xây dựng.
- [4] Phạm Kinh Cương và ctv (1994), "Nghiên cứu một số biện pháp kỹ thuật và công nghệ bảo vệ các công trình xây dựng dưới tác động ăn mòn của khí hậu vùng ven biển Việt nam", 02.14.04.R116, Viện Khoa học Kỹ thuật Xây dựng.
- [5] Cao Duy Tiến và ctv (1999), "Nghiên cứu các điều kiện kỹ thuật đảm bảo độ bền lâu cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép xây dựng ở vùng ven biển Việt nam", ĐTDL 40/94, Viện KHCN Xây dựng".
- [6] ASTM A775/A775M-01, "Standard Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars".
- [7] Nguyễn Trung Hiếu (2022), *Nghiên cứu thực nghiệm kết cấu công trình*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.