

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP SƠN PHỦ BẢO VỆ CỐT THÉP TRONG BÊ TÔNG CÁT NHIỄM MẶN

STUDY ON SOLUTION OF PROTECTIVE COATING FOR REINFORCEMENT IN CONCRETE SALT-CONTAMINATED SAND

NGUYỄN NAM THẮNG, PHAN VĂN CHƯƠNG

Viện KHCN Xây dựng

Email: namthangibst@yahoo.com.vn

Tóm tắt: Kết quả nghiên cứu, khảo sát, đánh giá một số công trình đã sử dụng cát nhiễm mặn cho kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) cho thấy cốt thép thường bị ăn mòn sớm. Cát nhiễm mặn sử dụng cho kết cấu BTCT trong công trình dân dụng cần đảm bảo đồng thời các yêu cầu kỹ thuật chống ăn mòn (chất lượng bê tông, độ chống thấm nước, chiều dày lớp bê tông bảo vệ...) và giải pháp bảo vệ hỗ trợ phù hợp vì thông thường hàm lượng clorua trong cát nhiễm mặn cao hơn theo quy định. Tuy nhiên hiện nay chưa có tiêu chuẩn hay chỉ dẫn kỹ thuật nào quy định vấn đề sử dụng cát nhiễm mặn. Bài báo này xem xét đến khả năng sử dụng cát nhiễm mặn cho kết cấu BTCT trên cơ sở khảo sát một số tính chất cơ lý của cát; nghiên cứu một số giải pháp bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép như sơn, chất ức chế đem lại hiệu quả chống ăn mòn và phù hợp với tiêu chuẩn và đề xuất giải pháp bảo vệ cốt thép trên công trình.

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

Abstract: The results of some researches, investigation, and evaluation of various projects, which was use saline sand for concrete structures, indicated that reinforcement often corroded prematurely. The saline sand used for concrete structures in the civil projects must be ensure both technical requirements for anti-corrosion (concrete quality, waterproofing, thickness of the cover layer...) and appropriate supportive protection method, because normally the chloride content in sand is higher than regulations. However, nowadays, there are not have any standards or technical recommendations mentioned this problem. This paper considered possibility of using saline sand as aggregate for concrete structures based on investigation of some mechanical properties of

sand, studied several corrosion protection for reinforcement as coating reinforced, inhibitors provide effective anti-corrosion accordance with the standard, and proposed solutions protecting reinforcement in the projects.

Keywords: concrete salt-contaminated sand, coating reinforced concrete, inhibitors

1. Thực trạng sử dụng vật liệu nhiễm mặn cho kết cấu BTCT

1.1. Trên thế giới

Nghiên cứu của tác giả M. Kusinoki [6] khi khảo sát các công trình BTCT ở đảo Gimkanjima, Nhật Bản được xây dựng từ năm 1916 [9]. Kết quả khảo sát thấy rằng các công trình đã sử dụng cát biển hoặc sỏi biển để làm cốt liệu, nước biển trộn bê tông (BT). Một số cấu kiện kiểm tra cho thấy cốt thép chỉ bị ăn mòn mức độ nhẹ mặc dù BT có hàm lượng Cl⁻ cao (trên 3 kg/m³ BT), nguyên nhân cơ bản được xác định là do lớp BT bảo vệ có chiều dày trên 60 mm. Một số cấu kiện tòa nhà số 31 (xây dựng 1957) thường xuyên bị ẩm ướt thì mức độ ăn mòn lớn hơn so với cấu kiện ở nơi khô ráo (Hình 1-a).

Công trình bờ kè đảo Gunkanjima nằm trong môi trường rất khắc nghiệt, thường bị ảnh hưởng bởi các đợt thủy triều cao do bão và do điều kiện địa lý. Hệ thống kè bao gồm kè số 1, số 2 và số 3. Trong đó kè số 2 được gia cố bằng BTCT đã được 81 năm [5]. Kết quả khảo sát nhận định nhiều khả năng BT bị nhiễm mặn ngay từ đầu do sử dụng nước biển (hoặc sử dụng kết hợp với cát biển chưa rửa) để trộn BT khi xây dựng bờ kè trên đảo. Hàm lượng clorua ban đầu trong BT được xác định từ (3,1÷4,6) kg/m³, chiều dày lớp BT bảo vệ (400÷600) mm (Hình 1-b).



a, Trên đảo Gimkanjima [7]



b, Bờ kè đảo Gunkanjima [6]



c, Đền Murudeshwara [8]

Hình 1. Một số công trình sử dụng vật liệu nhiễm mặn trên thế giới

Koichi Kishitani [8] đã nghiên cứu sự xuống cấp do ăn mòn BTCT ở trường tiểu học Wakasa, thành phố Naha. Hàm lượng clorua được xác định khoảng $(2,1 \div 15,3)$ kg/m^3 . Trường trung học Kammoyama hàm lượng clorua khoảng $(2,97 \div 3,92)$ kg/m^3 , nguyên nhân ăn mòn cốt thép được cho là BT nhiễm mặn cao do sử dụng cát biển. Kết quả nghiên cứu đã xác định rằng khi sử dụng cát biển với hàm lượng clorua cao, nếu không có biện pháp bảo vệ thì ăn mòn cốt thép xảy ra nhanh khi chiều dày BT bảo vệ mỏng.

Yamakawa và các cộng sự [10] đã phân tích hàm lượng Cl^- tại các vị trí BT bảo vệ bị bong tróc, cốt thép bị ăn mòn của 15 khu phức hợp ở Okinawa và kết luận rằng BT có hàm lượng clorua gần 3 kg/m^3 là do sử dụng cát biển chưa rửa ngay từ đầu. Các vị trí ăn mòn cốt thép, bong tróc lớp BT bảo vệ xảy ra khi chiều dày lớp BT bảo vệ nhỏ hơn 20 mm.

Báo cáo của Viện bê tông Nhật Bản đánh giá về vấn đề nhiễm mặn của BT do sử dụng vật liệu nhiễm mặn (nước biển) cho BT và BTCT [11] cũng đã nhận định rằng nếu BT đảm bảo các điều kiện đầy đủ như chống thấm nước, chất lượng BT, chiều dày lớp BT bảo vệ, thi công đảm bảo thì có thể hạn chế ăn mòn cốt thép do nhiễm mặn gây ra. Tác giả Neville và Akatsuka trong báo cáo [11] cũng chỉ rõ các kết cấu BTCT bị nhiễm mặn từ đầu nên giữ ở trạng thái khô hoàn toàn hoặc ngập trong nước (có nghĩa là cách ly kết cấu khỏi môi trường ôxy và nước). Đây là kết luận quan trọng dựa trên các kết quả nghiên cứu và khảo sát của các nhóm kỹ sư thuộc Viện.

Công trình ngọn hải đăng Huntington Light house tại Mỹ (xây dựng năm 1912) và đền Murudeshwara (ở Ấn độ) là ví dụ về sử dụng cát

biển để chế tạo BTCT [7], hiện nay vẫn còn tồn tại (Hình 1-c).

Tóm lại, kết quả nghiên cứu, khảo sát một số công trình BTCT trên thế giới có hàm lượng clorua cao do sử dụng cát biển hoặc nước biển, nhưng ngay từ đầu việc thiết kế và thi công đã áp dụng các giải pháp kỹ thuật nâng cao độ bền chống ăn mòn cho cốt thép (chiều dày bê tông bảo vệ từ $60 \div 100$ mm). Nhờ vậy, các công trình này vẫn có niên hạn sử dụng tới trên 50 năm, đây là dẫn chứng thực tiễn quan trọng khi nghiên cứu giải pháp sử dụng cát nhiễm mặn.

1.2. Tại Việt Nam

Kết quả khảo sát các công trình ven biển Việt Nam do Viện KHCN Xây dựng thực hiện [1, 3, 4] cho thấy ở nước ta cũng đã có một số công trình có hàm lượng Cl^- cao từ đầu do sử dụng cát nhiễm mặn hoặc nước biển chế tạo bê tông.

Báo cáo khảo sát công trình khu tập thể Góc Bàn ở mỏ than Cao Sơn Cẩm Phả - Quảng Ninh [3] cho thấy, công trình được thi công vào tháng 4/1987, đưa vào sử dụng tháng 9/1987. Năm 1996 (sau 10 năm sử dụng) đã xuất hiện những hư hỏng và xuống cấp nghiêm trọng. Hàm lượng clorua của BT dao động trong khoảng $(4,55 \div 7,6)$ kg/m^3 BT do công trình đã sử dụng cát nhiễm mặn ngay từ đầu hoặc nước biển để trộn BT, chiều dày lớp BT bảo vệ từ $(5 \div 30)$ mm; các lớp vữa trát bên ngoài có hàm lượng clorua cao (hàm lượng ion Cl^- lớn hơn $3,0 \text{ kg/m}^3$ BT), cường độ chịu nén BT khoảng $(16 \div 20)$ MPa. Do chưa đáp ứng được yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn nên một số cấu kiện đã bị hư hỏng nặng, tuy nhiên một số cấu kiện có chiều dày BT bảo vệ trên 50 mm thì cốt thép chỉ bị gỉ nhẹ.

Báo cáo khảo sát công trình bệnh viện chống lao Quảng Ninh (K67) [2] cho thấy, công trình được hoàn thành 1990 và đưa vào sử dụng năm 1993. Đến tháng 12/1993 đã phát hiện thấy dấu hiệu hư hỏng như gỉ cốt thép làm nứt BT bảo vệ ở các panel sàn, dầm, cột. Hàm lượng clorua dao động từ (0,3÷7) kg/m³, đặc biệt trong panel sàn (6÷7) kg/m³. Các mức nhiễm mặn này là do lượng Cl⁻ lẫn trong cát và nước trộn BT. Theo kết quả khảo sát, một số cấu kiện như cột, dầm có chiều dày lớp BT bảo vệ rất mỏng, dao động (5÷10) mm, cường độ chịu nén trung bình 19 MPa, mức nhiễm mặn dao động trong khoảng (1,42÷6,8) kg/m³ cốt thép gỉ nặng, nứt BT bảo vệ và không có biện pháp bảo vệ chống ăn mòn. Chỉ có một số cấu kiện cột được phủ một lớp granito với xi măng mác cao, nên trong quá trình khảo sát cốt thép tại một số vị trí chưa bị ăn mòn hoặc mới chớm gỉ. Như vậy lớp granito đặc chắc cũng có tác dụng ngăn cản quá trình xâm nhập ôxy và hơi nước vào trong BT làm chậm quá trình hình thành gỉ thép.

Như vậy, kết quả khảo sát, đánh giá một số công trình BTCT ở Việt Nam có hàm lượng clorua cao do sử dụng cát biển hoặc nước biển và không đảm bảo khả năng chống ăn mòn cho cốt thép (chiều dày bê tông bảo vệ dưới 25 mm, mác bê tông khoảng 20 MPa). Đây là vấn đề cần được nghiên cứu tìm giải pháp sử dụng cát nhiễm mặn.

2. Cơ sở khoa học lựa chọn biện pháp bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép trong BT cát nhiễm mặn

Nguyên tắc chính là lấy bê tông bảo vệ cốt thép. Các vật liệu sử dụng cần đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN 7570:2006, thiết kế và thi công cần đáp ứng các yêu cầu tối thiểu trong Bảng 1 của tiêu chuẩn TCVN 9346: 2012. Tuy nhiên với bê tông cốt liệu cát nhiễm mặn thì hàm lượng clorua ban đầu có thể đã vượt ngưỡng tiêu chuẩn (TCVN 7570:2006) do vậy mặc dù nâng cao chất lượng bê

tông bảo vệ (tăng độ chống thấm nước, nâng cao cường độ BT hoặc kết hợp cả hai...) tuy nhiên vẫn tiềm ẩn nguy cơ ăn mòn do clorua đã tích tụ ngay trên bề mặt cốt thép. Do vậy, phương án bảo vệ cốt thép đề xuất là sơn epoxy phủ cốt thép trước khi đổ bê tông. Biện pháp này phù hợp nguyên tắc 11 của EN 1504 – 9 [13] là kiểm soát vùng anot (control anodic areas), áp dụng cho kết cấu tích tụ nhiều clorua. Tiêu chuẩn SP 349.1325800.2017 [12] “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn sửa chữa và gia cường” quy định tại phụ lục K biện pháp bảo vệ khung cốt thép trong bê tông theo nguyên tắc 9.2 gọi là Kiểm soát vùng anot (контроль анодных участков арматурного каркаса в бетоне) bằng lớp phủ sơn (Покрытие арматуры барьерного (защитного) типа), theo đó sơn epoxy được xác định như một màng chắn theo nguyên lý này. Biện pháp được khuyến cáo áp dụng cho kết cấu bê tông cốt thép làm mới khi không thể đảm bảo chiều dày bê tông bảo vệ theo tiêu chuẩn. Sơn phủ hiệu quả trong việc bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn, tuy nhiên vẫn có thể có những khuyết tật trên màng sơn trong quá trình thi công, khuyết tật này do dung môi bay đi để lại lỗ rỗng hoặc do quá trình tạo màng bề mặt không liên tục... Sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn là giải pháp kết hợp, hỗ trợ sơn phủ tại các vị trí lớp sơn bị khuyết tật. Sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 9346 :2012 và tiêu chuẩn TCVN 12251 : 2020 và đã được nhiều nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam sử dụng.

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

- Xi măng PCB 40 Bút Sơn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 2682 : 2009;

- 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 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

STT	Các chỉ tiêu	Kết quả			
		Cát vàng Sông Lô	Thuận An-Huế	Trà Khúc-Quảng Ngãi	Bãi Dài-Vân Đồn
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	Modul 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 modul 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).

- Cốt liệu lớn: Đá dăm Kiện Khê - Hà Nam có $D_{max} = 20$ mm đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn 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 $\geq 65\%$, 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: $\Phi 14$ của Hòa Phát được tiện thành $\Phi 10$ để diện tích bề mặt cốt thép đều nhau khi thử nghiệm ăn mòn.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu sử dụng 02 phương pháp nghiên cứu gia tốc:

- Phương pháp đường cong phân cực Tafel đo mật độ dòng ăn mòn cốt thép, áp dụng để nghiên cứu sơn phủ bảo vệ cốt thép sau khi mẫu được gia tốc theo chu kỳ khô - ẩm (3 ngày ngâm nước, 4 ngày để khô tự nhiên), đo thế ăn mòn E_{corr} (mV), dòng ăn mòn I_{corr} (μA), mật độ dòng ăn mòn i_{corr} ($\mu A/cm^2$) từ đó tính toán được tốc độ ăn mòn của đường kính cốt thép P (mm/năm) tại thời điểm 12 tháng;

- Phương pháp gia tốc ăn mòn cốt thép bằng dòng điện ngoài theo tiêu chuẩn NT Build 356, áp dụng cho nghiên cứu chống ăn mòn cốt thép bằng chất lượng bê tông bảo vệ.

4. Giải pháp công nghệ sơn phủ bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn

Nghiên cứu sử dụng cát nhiễm mặn Thuận An, Trà Khúc và Vân Đồn trên mẫu bê tông mác M250, M400, M600, cốt thép được sơn epoxy trước khi đổ bê tông, chiều dày bê tông bảo vệ là 25 mm. Cát vàng 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 thử cường độ nén đạt mác ở tuổi 28 ngày.

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

Mác thiết kế	Thành phần cấp phối thiết kế					N/X	R_{28} , MPa
	XM Bút Sơn PCB 40, kg	Cát, kg	Đá, kg	Nước, lít	PG MC-PowerFlow 5298, lít		
M250 (Cát vàng)	315	835	1080	187	1,89	0,60	33,2
M400 (Cát vàng)	390	816	1067	172	3,12	0,45	43,3
M600 (Cát vàng)	575	775	950	170	5,18	0,30	65,9
M250 (Cát Thuận An)	345	690	1209	177	2,76	0,52	32,6
M400 (Cát Trà Khúc)	395	810	1065	173	3,16	0,45	42,8
M600 (Cát Vân Đồn)	590	739	971	172	5,31	0,30	65,3

Kết quả đo mật độ dòng ăn mòn bằng phương pháp đường cong phân cực Tafel tại chu kỳ 12 tháng được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo ăn mòn cốt thép trong bê tông tại thời điểm 12 tháng

STT	Mẫu đo	Mác BT	E_{corr} (mV)	I_{corr} (μ A)	i_{corr} (μ A/cm ²)	P (mm/năm)
1	Cát vàng	M250	-366,2	82,6	1,725	0,0138
2	Cát NM Thuận An		-427,7	193,0	4,030	0,0322
3	Cát NM Thuận An sơn epoxy 1 lớp		-377,5	71,1	1,485	0,0119
4	Cát NM Thuận An sơn epoxy 2 lớp		-138,4	6,5	0,136	0,0011
5	Cát NM Thuận An sơn epoxy 3 lớp		-236,9	1,3	0,027	0,0002
6	Cát vàng	M400	-295,9	67,7	1,414	0,01129
7	Cát NM Trà Khúc		-373,1	75,7	1,581	0,01262
8	Cát NM Trà Khúc sơn epoxy (1 lớp)		-310,4	34,3	0,716	0,00572
9	Cát NM Trà Khúc sơn epoxy (2 lớp)		-260,8	6,21	0,130	0,00104
10	Cát NM Trà Khúc sơn epoxy (3 lớp)	-292,8	3,29	0,069	0,00055	
11	Cát vàng	M600	-278,3	38,0	0,79357	0,00634
12	Cát NM Vân Đồn		-318,0	688	1,43678	0,01147
13	Cát NM Vân Đồn sơn epoxy (1 lớp)		-182,4	7,17	0,14973	0,00120
14	Cát NM Vân Đồn sơn epoxy (2 lớp)		-168,8	1,06	0,02214	0,00018
15	Cát NM Vân Đồn sơn epoxy (3 lớp)		-166,5	0,701	0,01464	0,00012

Kết quả đo ăn mòn tại thời điểm 12 tháng cho thấy:

- Tốc độ ăn mòn cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn nhanh hơn so với bê tông sử dụng cát vàng, do trong bê tông cát nhiễm mặn hàm lượng clorua của cát đã vượt ngưỡng cho phép, trong cùng điều kiện thử nghiệm, khi có đủ ôxy và nước thì tốc độ ăn mòn sẽ xảy ra nhanh hơn. Cụ thể, tốc độ ăn mòn tăng 2,33 lần (0,0322/0,0138); 1,11 lần (0,01262/0,01129) và 1,8 lần (0,01147/0,00634) tương ứng với mác bê tông M250, M400 và M600;

- Bê tông cát nhiễm mặn mác M250: Khi sơn cốt thép bằng epoxy 1 lớp, 2 lớp, 3 lớp làm giảm tốc độ ăn mòn cốt thép so với mẫu BT cát nhiễm mặn là: 2,71 lần (0,0322/0,0119), 29 lần (0,0322/0,0011), 161 lần (0,0322/0,0002);

- Bê tông cát nhiễm mặn mác M400: Khi sơn cốt thép bằng epoxy 1 lớp, 2 lớp, 3 lớp làm giảm tốc độ ăn mòn cốt thép so với mẫu BT cát nhiễm mặn là: 2,21 lần (0,01262/0,00572), 12,13 lần (0,01262/0,00104), 22,9 lần (0,01262/0,00055);

- Bê tông cát nhiễm mặn mác M600: Khi sơn cốt thép bằng epoxy 1 lớp, 2 lớp, 3 lớp làm giảm tốc độ ăn mòn cốt thép so với mẫu BT cát nhiễm mặn là:

9,6 lần (0,01147/0,00120), 63,7 lần (0,01147/0,00018), 95,58 lần (0,01147/0,00012).

Như vậy, hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của sơn epoxy thí nghiệm trên 3 mác bê tông cho thấy: sơn epoxy (2-3) lớp làm giảm tốc độ ăn mòn mạnh, ví dụ: tốc độ ăn mòn cốt thép của bê tông cát nhiễm mặn M250 sơn epoxy 3 lớp giảm 161 lần so với bê tông cát nhiễm mặn cùng mác, không sơn. Sơn epoxy đã đóng vai trò như một màng chắn, ngăn cách cốt thép tiếp xúc trực tiếp với môi trường clorua. Kết quả nghiên cứu này cho thấy sơn epoxy cốt thép là biện pháp bảo vệ chống ăn mòn hiệu quả cho bê tông cát nhiễm mặn.

5. Giải pháp công nghệ sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn

Trong nghiên cứu này, cấp phối bê tông sử dụng như Bảng 4. Phương pháp nghiên cứu gia tốc theo tiêu chuẩn NT Build 356. Mẫu bê tông hình trụ, đường kính 100mm cao 200mm, bảo dưỡng và thử cường độ nén đạt mác ở tuổi 28 ngày sau đó thí nghiệm ăn mòn cốt thép. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 4. Cấp phối bê tông sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn

Mác thiết kế	Thành phần cấp phối thiết kế						N/X	R ₂₈ , MPa
	XM Bút Sơn PCB 40, kg	Cát, kg	Đá, kg	Nước, lít	PG MC-PowerFlow 5298, lít	PG ức chế AM PCI 3000, lít		
M250 (Cát vàng)	315	835	1080	187	1,89	-	0,60	33,2
M400 (Cát vàng)	390	816	1067	172	3,12	-	0,45	43,3
M600 (Cát vàng)	575	775	950	170	5,18	-	0,30	65,9
M250 (Cát Thuận An)	345	690	1209	179	-	3,8	0,53	30,5
M400 (Cát Trà Khúc)	395	810	1065	174	-	4,35	0,45	44,8
M600 (Cát Vân Đồn)	590	739	971	171	1,18	6,49	0,30	68,2

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm ăn mòn cốt thép bằng phương pháp gia tốc NT Build 356

STT	Mác BT	Loại cát	Chiều dày lớp BT bảo vệ (mm)	Thời gian nứt mẫu (bảo vệ cốt thép), ngày
1	M250	Cát vàng	45,0	36
2		Cát NM Thuận An	45,0	7
3		Cát NM Thuận An, PCI 3000	45,0	12
4	M400	Cát vàng	45,0	40
5		Cát NM Trà Khúc	45,0	11
6		Cát NM Trà Khúc, PCI 3000	45,0	21
7	M600	Cát vàng	45,0	47
8		Cát NM Vân Đồn	45,0	19
9		Cát NM Vân Đồn, PCI 3000	45,0	20

Kết quả thí nghiệm ăn mòn cốt thép bằng phương pháp gia tốc trong Bảng 5 cho thấy:

- Bê tông cát nhiễm mặn có khả năng bảo vệ cốt thép giảm (tốc độ ăn mòn cốt thép tăng) tương ứng 5,14 lần (36 ngày/7ngày), 3,66 lần (40ngày/11ngày), 2,47 lần (47ngày/19ngày) lần so với bê tông đối chứng cùng mác từ M250 lên M400 và M600. Do mẫu bê tông cốt thép có hàm lượng ion clorua càng cao khi có dòng điện kích thích thì mật độ ion clorua trên bề mặt cốt thép thâm nhập qua khuyết tật của màng thụ động bảo vệ cốt thép càng lớn, thúc đẩy quá trình ăn mòn diễn ra càng nhanh;

- Khi sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn, thời gian cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn bị ăn mòn dài hơn so với mẫu bê tông không sử dụng phụ gia. Điều đó chứng tỏ hiệu quả bảo vệ cốt thép của bê tông, làm chậm quá trình ăn mòn cốt thép. Phụ gia ức chế ăn mòn làm tăng khả năng bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn tương ứng là 1,71 lần (12ngày/7ngày); 1,9 lần (21ngày/11ngày); 1,05 lần (20ngày/19ngày) tương ứng với mác bê tông M250, M400, M600. Kết quả này cũng chứng tỏ rằng sử

dụng phụ gia ức chế ăn mòn PCI 3000 có hiệu quả bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn.

Như vậy bằng phương pháp đường cong phân cực Tafel đo mật độ dòng ăn mòn trong môi trường khô - ẩm gia tốc và phương pháp gia tốc theo tiêu chuẩn NT Build 356 đã chứng minh được hiệu quả của giải pháp công nghệ sơn epoxy cốt thép và sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn.

6. Kết luận

Tổng hợp đánh giá một số công trình dân dụng trên thế giới và Việt Nam dùng cát nhiễm mặn cho kết cấu BTCT cho thấy một số công trình ăn mòn cốt thép diễn ra nhanh, số khác do kỹ thuật thi công chống ăn mòn đảm bảo (BT bảo vệ có chiều dày cao, chất lượng BT và thi công tốt...) nên tuổi thọ kết cấu kéo dài đáp ứng yêu cầu sử dụng.

Kết quả thử nghiệm tính chất cơ lý của cát nhiễm mặn vùng biển Việt Nam cho thấy có thể lựa chọn sử dụng một số loại cát nhiễm mặn như: cát Thuận An - Huế, Trà Khúc - Quảng Ngãi, Bãi Dài - Vân Đồn (Quảng Ninh) phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006, riêng hàm lượng

clorua cao hơn quy định nên khi sử dụng bắt buộc phải áp dụng biện pháp chống ăn mòn và bảo vệ cốt thép cũng như giới hạn phạm vi sử dụng cho công trình cụ thể.

Cơ sở khoa học và giải pháp công nghệ sơn phủ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế hiện hành. Sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 9346:2012 và TCVN 12251:2020. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, trong điều kiện không thể xử lý hàm lượng clorua vượt ngưỡng cho phép của cát nhiễm mặn thì sơn (2 - 3) lớp epoxy phủ cốt thép, đề xuất biện pháp sơn (2 - 3) lớp epoxy phủ cốt thép kết hợp chất ức chế chống ăn mòn cốt thép trong bê tông là các giải pháp công nghệ hiệu quả để bảo vệ cốt thép trong bê tông cốt liệu cát nhiễm mặn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ đề tài cấp nhà nước "Nghiên cứu sử dụng cát nhiễm mặn làm cốt liệu cho kết cấu bê tông cốt thép dùng trong công trình dân dụng", mã số 34/19- ĐTĐL.CN.CNN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trịnh Xuân Sén, Đặng Văn Phú, Phạm Văn Khoan (7/1999), "Ăn mòn và bảo vệ các công trình xây dựng trong môi trường xâm thực", Báo cáo tổng quan, Viện KHCN Xây dựng.
- [2] Lê Quang Hùng (11/1995), "Báo cáo khảo sát, đánh giá nguyên nhân hư hỏng và biện pháp sửa chữa công trình K67- bệnh viện chống lao tỉnh Quảng Ninh", Viện KHCN Xây dựng.
- [3] Lê Quang Hùng (1996), "Báo cáo khảo sát hư hỏng công trình nhà văn hóa, nhà khách mỏ than Cao Sơn- Quảng Ninh", Viện KHCN Xây dựng.
- [4] Phạm Văn Khoan (1996), "Báo cáo khảo sát, đánh giá nguyên nhân hư hỏng và kiến nghị biện pháp sửa chữa công trình nhà ở khu tập thể gốc bang mỏ than Cao Sơn Cẩm Phả- Quảng Ninh", Viện KHCN Xây dựng.
- [5] Takahiro Sakai Yosfaikazu Akira, Ryoichi Tanaka, Kenji Sasaki, Kiyomiya Osamu (2013), "A study on the quality of the concrete revetments in Gunkanjima that have been in service for a long time, repair and reinforcement of concrete structures", report collection of upgraded papers.
- [6] K. Imamoto M. Kusinoki, T. Noguchi, T. Fuknyama, and K. Shimoszawa (2013), "Deterioration of concrete structures in Gunkan Island, Rehabilitation and Restoraion of Structure", Proceedings of the Mermiioiml Conference held at DTT Madras, Cheonai, India, tr. pp.583-594.
- [7] A Review "An Examination of Possible Usage of Mumbai Creek Sand for Making Concrete".
- [8] Koichi Kishitani (1974), "Corrosion aspect for Reinforcements and Concrete of School Buildings in Okinawa", Concrete Journal. v.10, tr. pp. 66-71.
- [9] Hidemi Shiga Yoshitaka Akui (1984), "Gunkanjima Field Measurement Book", Tokyo Denki University Press.
- [10] T etsub Yamakawa Stageo Iraha, Stagera Mcrinap, Norio Nakaza (1997), "An investigation and Prediction of 1/C Pubic Apartment Houses Damaged by Chloride Attack in Okinawa", Proceedings of the Japan Concrete.
- [11] "Technical committee report on the use of seawater in concrete, JCI" (9/2015).
- [12] SP 349.1325800.2017, "Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления".
- [13] EN 1504- 9 "Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems".

Ngày nhận bài: 24/10/2022.

Ngày nhận bài sửa: 7/11/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 9/11/2022.