

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP GIA TỐC ĐỂ ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ ĂN MÒN CỐT THÉP TRONG BÊ TÔNG CÁT NHIỄM MẶN

ThS. PHAN VĂN CHƯƠNG, TS. PHẠM VĂN KHOAN, TS. NGUYỄN NAM THẮNG
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Theo các nghiên cứu trong và ngoài nước, khi sử dụng cát nhiễm mặn có hàm lượng ion Cl⁻ vượt ngưỡng cho phép thì ăn mòn cốt thép có nguy cơ xảy ra sớm. Để đánh giá quá trình ăn mòn cốt thép theo các tiêu chuẩn thử nghiệm thông thường, thời gian thử có thể kéo dài nhiều năm. Trong nghiên cứu này, phương pháp gia tốc quá trình ăn mòn cốt thép theo NT Build 356 đã được áp dụng. Kết quả thí nghiệm trên cát nhiễm mặn Nha Trang của Việt Nam (Cl⁻ = 0,33% khối lượng cát) cho thấy, trong 9 ngày, NT Build 356 đã cho phép so sánh mức ăn mòn cốt thép trong bê tông chứa tổng lượng ion Cl⁻ khác nhau từ 0,6 đến 2,4 kg/m³.

Abstract: According to the domestic and overseas researches, if the salty sand with the content of ion Cl⁻ higher than criteria value is used, the early rebar corrosion may be occurred. To assess the process of rebar corrosion according to common standard, testing time can be taken many years. In this study, the standard to accelerate the rebar corrosion NT Build 356 was applied. Test results on Nha Trang salty sand of Vietnam show that, during 9 days, NT Build 356 allowed to compare rebar corrosion level in concrete, containing several total amount Cl⁻ from 0,6 to 2,4 kg/m³.

1. Đặt vấn đề

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9346: 2012 [12] quy định, đối với bê tông cốt thép thông thường trong môi trường biển, không cho phép sử dụng cát nhiễm mặn có hàm lượng ion Cl⁻ hoặc lớn hơn 0,05 % khối lượng cát khi xét độ nhiễm mặn riêng biệt của cát, hoặc lớn hơn 0,6 kg/m³ khi xét tổng khối lượng ion Cl⁻ trong 1 m³ bê tông. Lý do chủ yếu là khi hàm lượng Cl⁻ lớn hơn 0,6 kg/m³, cốt thép có thể bị ăn mòn sớm và kết cấu bê tông cốt thép có thể bị phá hủy nhanh hơn tuổi thọ dự kiến. Hiện nay, cát sông đang dần bị khan hiếm và việc khai thác chúng thường gây sạt lở kè bờ, ảnh hưởng tới môi trường sống. Trong khi đó, nguồn cát nhiễm mặn còn khá

đồi dào và chủ yếu mới được khai thác để xuất khẩu, nên việc tận dụng vật liệu này để chế tạo bê tông có ý nghĩa thực tiễn lớn.

Trên thế giới và ở Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu, sử dụng cát biển, nước biển để chế tạo bê tông, bê tông cốt thép [1 - 10]. Tuy nhiên, còn ít nghiên cứu sử dụng phương pháp gia tốc ăn mòn cốt thép đến trạng thái phá hủy mẫu đối với bê tông sử dụng cát nhiễm mặn cao, khi mà hàm lượng ion Cl⁻ trong bê tông lớn hơn 0,6 kg/m³, vượt quy định của tiêu chuẩn [12]. Một trong các phương pháp nhanh theo hướng trên được đề tài nghiên cứu áp dụng là phương pháp gia tốc quá trình ăn mòn cốt thép do Hội thử nghiệm Bắc Âu (NORDTEST) soạn thảo dưới tên gọi NT Build 356 [11].

Qua khảo sát cát biển tại một số vị trí ở Việt Nam như Vân Đồn, Đồ Sơn, Thuận An, Vũng Tàu, Nha Trang,... đề tài đã chọn cát có hàm lượng ion Cl⁻ cao nhất tại Nha Trang (ion Cl⁻ = 0,33% khối lượng cát). Cát này đã được dùng để chế tạo bê tông với tổng lượng ion Cl⁻ trong bê tông thay đổi từ 0,6 đến 2,4 kg/m³, trong đó mẫu có hàm lượng ion Cl⁻ = 0,6 kg/m³ (ngưỡng tiêu chuẩn cho phép) được lấy làm đối chứng.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

2.1.1. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PCB40 Bút Sơn. Các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 2682:2009.

2.1.2. Cát

Đề tài sử dụng cát biển Nha Trang có mô đun độ lớn $M_n = 2,1$. Các chỉ tiêu cơ lý của cát biển Nha Trang đạt tiêu chuẩn TCVN 7570:2006. Kết quả thí nghiệm thành phần hóa của cát biển Nha Trang được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa của cát biển Nha Trang

TT	Chỉ tiêu thử	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Hàm lượng mất khi nung	%	0,94	TCVN 7131:2002
2	Hàm lượng SiO ₂	%	88,80	
3	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	%	0,48	
4	Hàm lượng Al ₂ O ₃	%	5,10	
5	Hàm lượng CaO	%	2,24	
6	Hàm lượng MgO	%	0,81	
7	Hàm lượng SO ₃	%	0,10	
8	Hàm lượng Cl ⁻	%	0,33	

Hàm lượng ion Clo trong cát 0,33%, lớn hơn giá trị 0,05% được giới hạn trong tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 và TCVN 9346:2012.

2.1.3. Đá

Đề tài sử dụng đá dăm Hòa Bình. Các chỉ tiêu kỹ thuật đáp ứng yêu cầu TCVN 7570:2006.

2.1.4. Nước trộn bê tông

Nước trộn bê tông là nước máy, các chỉ tiêu đáp ứng theo yêu cầu kỹ thuật TCVN 4506 : 2012.

2.1.5. Phụ gia siêu dẻo

Trong nghiên cứu sử dụng phụ gia BIFI HV252. Đây là phụ gia siêu dẻo thế hệ mới dạng lỏng, màu

nâu, với thành phần bao gồm các hợp chất polymer polycarboxylate ether cải tiến có khả năng giảm nước cao, giúp bê tông có độ chảy cao với lượng nước thấp. Hàm lượng sử dụng theo khuyến cáo của nhà sản xuất từ 0,6 lít đến 1,2 lít cho 100kg chất kết dính. Tính chất cơ bản: Tỷ trọng: 1,06kg/lít ; Độ pH: 4,65. Phụ gia này được nhà sản xuất công bố thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật trong tiêu chuẩn TCVN 8826 :2011.

2.1.6. Cốt thép

Cốt thép sử dụng là thép có gờ CT3 Hòa Phát Φ14 được gia công tiện thành Φ10 trơn. Các chỉ tiêu cơ lý được trình bày trong bảng 2.

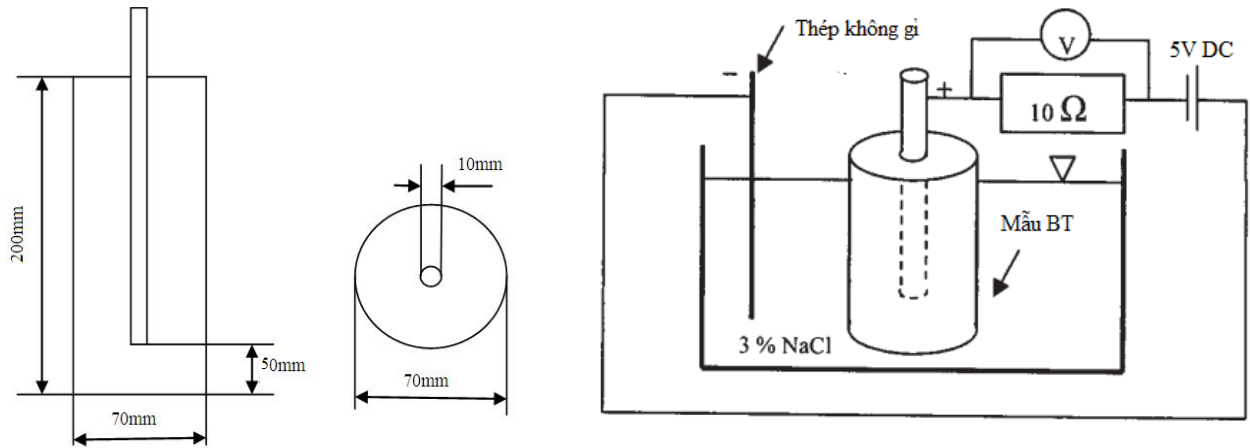
Bảng 2. Kết quả thử tính chất cơ lý của cốt thép

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Giới hạn chảy	MPa	358,3	TCVN 197:2002 TCVN 198:2008
2	Giới hạn bền	MPa	517,9	
3	Độ giãn dài	%	31,0	

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Áp dụng tiêu chuẩn NT Build 356 [11], theo đó các mẫu bê tông cốt thép bắt đầu được thí nghiệm gia tốc khi đủ tuổi 28 ngày, mẫu được ngâm trong dung dịch NaCl 3% sao cho luôn giữ mực nước cách đỉnh mẫu là 3cm, cốt thép được nối với cực dương của nguồn điện 1 chiều có

điện thế không đổi 5V, cực âm nối với một điện cực khác bằng thép không gỉ cùng nhúng trong dung dịch. Dưới tác động của dòng điện, tốc độ khuếch tán ion Cl⁻ vào trong bê tông tăng nhanh và quá trình ăn mòn cốt thép tăng tốc mạnh, tạo gỉ gây nứt mẫu. Sơ đồ và mẫu thí nghiệm thể hiện trên hình 1 và hình 2.



Hình 1. Cấu tạo mẫu và sơ đồ thí nghiệm



Hình 2. Thí nghiệm ăn mòn cốt thép bằng phương pháp gia tốc

3. Kết quả thí nghiệm và biện luận

Mẫu bê tông thí nghiệm có mác M300, hình trụ tròn đường kính 70 mm, cao 200 mm, chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép là 30mm. Cốt thép CT3 có đường kính 10mm được đặt chính tâm, cách đáy mẫu 50mm. Cấp phối bê tông được

trình bày trong bảng 3, trong đó mẫu 4 có hàm lượng ion $Cl^- = 2,4 \text{ kg/m}^3$ được chế tạo bằng cát Nha Trang tự nhiên, các mẫu 1,2,3 có hàm lượng ion Cl thấp hơn, tương ứng 0,6; 1,2; 1,8 kg/m^3 được chế tạo cũng bằng cát Nha Trang, nhưng được lọc rửa bột muối.

Bảng 3. Cấp phối bê tông M300 dùng trong nghiên cứu

STT	Ký hiệu mẫu	Thành phần vật liệu trong 1m^3 BT						R_{28} , MPa
		Xi măng, kg	Cát kg	Đá, kg	Nước, lít	Phụ gia, lít	Cl^- , kg/m^3 BT	
1	M30.3.0.6	348	725	1165	185	3,83	0,6	33,2
2	M30.3.1.2	348	725	1165	185	3,83	1,2	33,9
3	M30.3.1.8	348	725	1165	185	3,83	1,8	34,4
4	M30.3.2.4	348	725	1165	185	3,83	2,4	34,8

3.1 Kết quả thí nghiệm

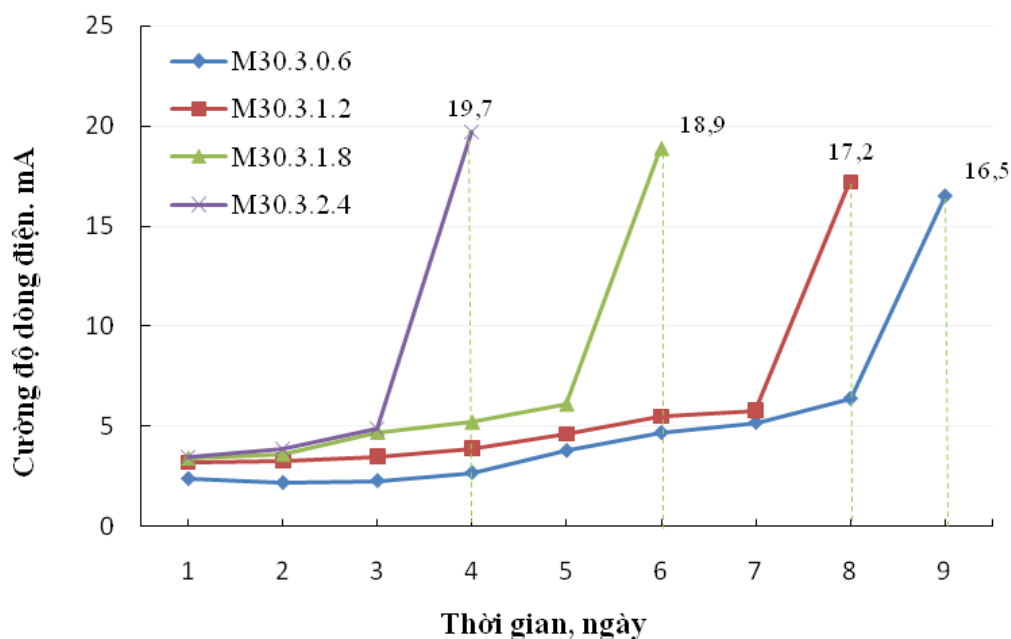
Quá trình thí nghiệm và đo đạc được thực hiện tại phòng thí nghiệm LAS XD-05 Trung tâm Tư vấn Chống ăn mòn và xây dựng của Viện Khoa học công nghệ xây dựng (IBST).

Quá trình thử nghiệm được kết thúc khi bê tông bọc ngoài cốt thép bị nứt và cường độ dòng điện tăng đột biến. Các kết quả nghiên cứu được trình bày trong bảng 4, bảng 5, hình 3 và hình 4.

Bảng 4. Cường độ dòng điện mẫu bê tông dùng cát có độ nhiễm mặn khác nhau

Ngày thử mẫu	Cường độ dòng điện, mA			
	M30.3.0.6	M30.3.1.2	M30.3.1.8	M30.3.2.4
1	2,4	3,2	3,4	3,5
2	2,2	3,3	3,6	3,9
3	2,3	3,5	4,7	4,9
4	2,7	3,9	5,2	19,7*
5	3,8	4,6	6,1	
6	4,7	5,5	18,9*	
7	5,2	5,8		
8	6,4	17,2*		
9	16,5*			

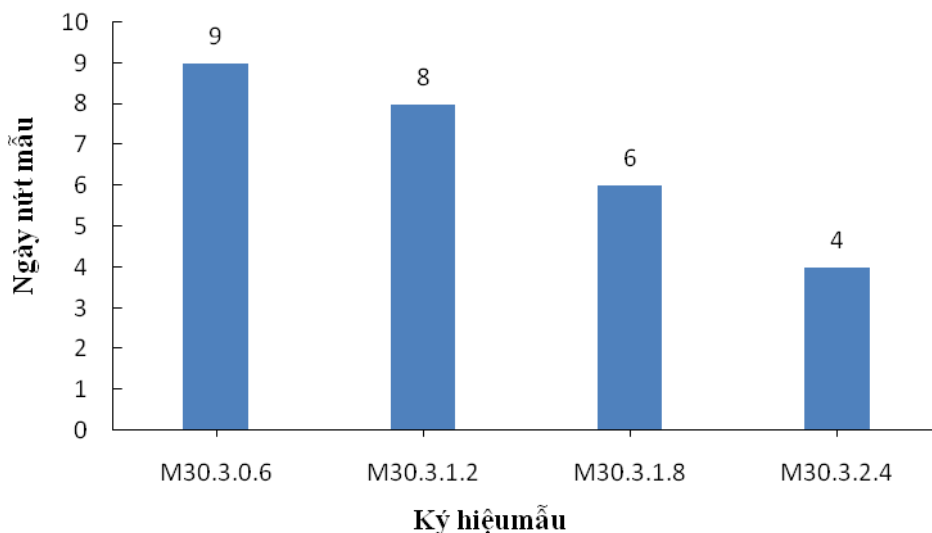
Ghi chú: * Cường độ dòng điện tại thời điểm nứt mẫu.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng ion Cl trong bê tông M300 dùng cát nhiễm mặn đến sự thay đổi cường độ dòng điện mẫu theo thời gian

Bảng 5. Thời điểm nứt mẫu, cường độ dòng điện trước và sau khi nứt mẫu bê tông có hàm lượng ion Cl khác nhau

STT	Ký hiệu mẫu	Hàm lượng ion Cl, kg/m ³ BT	Thời điểm nứt mẫu, ngày	Cường độ dòng điện trung bình trước khi nứt mẫu, mA	Cường độ dòng điện tại thời điểm nứt mẫu, mA
1	M30.3.0.6	0,6	9	3,71	16,5
2	M30.3.1.2	1,2	8	4,25	17,2
3	M30.3.1.8	1,8	6	4,60	18,9
4	M30.3.2.4	2,4	4	4,10	19,7



Hình 4. Ảnh hưởng hàm lượng Cl^- trong bê tông cát nhiễm mặn tại thời điểm nứt mẫu



Hình 5. Mẫu sau thí nghiệm



Hình 6. Bề mặt cốt thép khi phá mẫu

3.2. Biện luận kết quả thí nghiệm

Kết quả bảng 4, bảng 5, hình 3 và hình 4 cho thấy, trạng thái các mẫu bê tông với hàm lượng ion $Cl^- = 1,2; 1,8$ và $2,4 \text{ kg/m}^3$ so với mẫu bê tông đối chứng (ion $Cl^- = 0,6 \text{ kg/m}^3$) như sau:

- Sau ngày đầu, cường độ dòng điện ở các mẫu có hàm lượng ion $Cl^- = 1,2; 1,8$ và $2,4 \text{ kg/m}^3$ đều được duy trì ở mức thấp, nhưng vẫn cao hơn so với đối chứng (tương ứng 3,2; 3,4; 3,5 mA so với 2, 4 mA đối chứng), bê tông có khả năng bảo vệ cốt thép khác nhau tuy không nhiều;

- Từ ngày thứ 2 tới ngày trước khi bê tông bị nứt, cường độ dòng điện tăng dần, nhưng với tốc độ tăng và ngày xuất hiện rất khác nhau. Mẫu bê tông có hàm lượng ion $Cl^- = 1,2; 1,8$ và $2,4 \text{ kg/m}^3$ có cường độ dòng điện tương ứng 5,8; 6,1 và 4,9 mA ở các tuổi tương ứng 7, 5 và 3 ngày so với 6,4 mA, tuổi 8 ngày ở mẫu đối chứng;

- Tại thời điểm nứt mẫu, cường độ dòng điện tăng đột ngột, giá trị cao nhất tăng theo mức ngậm muối trong bê tông, mẫu bê tông có hàm lượng ion $Cl^- = 1,2; 1,8$ và $2,4 \text{ kg/m}^3$ có cường độ dòng điện tương ứng 17,2; 18,9 và 19,7 mA ở các tuổi tương ứng 8, 6 và 4 ngày so với 16,5 mA tuổi 9 ngày ở mẫu đối chứng. Tại thời điểm này, các mẫu đều xuất hiện những vết nứt tại lớp bê tông bảo vệ theo chiều của thanh cốt thép, kèm theo đó là gỉ vàng xuất hiện từ bên trong cốt thép tiết ra ngoài. Các mẫu đã ở trạng thái phá hoại, lớp bê tông không còn năng lực bảo vệ cốt thép, dung dịch điện ly đã tiếp xúc trực tiếp với cốt thép làm điện trở giảm nhanh, cường độ dòng điện tăng đột biến.

Quy luật chung xác định được là mẫu bê tông cốt thép có hàm lượng ion Cl^- càng cao thì thời gian nứt mẫu do cốt thép bị ăn mòn diễn ra càng nhanh. Các kết quả này có thể được giải thích là do mẫu bê tông cốt thép có hàm lượng ion Cl^- càng cao thì mật

độ ion Cl^- tại miền cận cốt thép càng lớn. Khi có dòng điện kích thích, bê tông càng chứa nhiều ion Cl^- thì mật độ ion Cl^- trên bề mặt cốt thép càng lớn (ion Cl^- bao gồm cả trong bê tông lẫn xâm nhập từ dung dịch), màng thụ động bảo vệ cốt thép càng bị phá vỡ nhanh và quá trình ăn mòn cốt thép càng xảy ra nhanh hơn. Phương pháp gia tốc NT Build 365 trong thời gian 9 ngày đã cho phép xác định được quy luật ăn mòn ở các mẫu có lượng ion Cl^- khác nhau.

4. Kết luận

Kết quả áp dụng phương pháp gia tốc ăn mòn theo NT Build 365 của Hội thử nghiệm Bắc Âu NORDTEST cho thấy, khi hàm lượng ion Cl^- trong bê tông cốt liệu cát nhiễm mặn thay đổi từ 0,6 đến 2,4 kg/m^3 , trong đó mẫu chứa lượng ion $Cl^- = 0,6 kg/m^3$ được lấy làm đối chứng, cường độ dòng điện của mẫu bê tông có lượng ion $Cl^- = 1,2; 1,8$ và 2,4 kg/m^3 ở mọi thời điểm đều cao hơn so với đối chứng (giá trị cao nhất tương ứng 17,2; 18,9 và 19,7 mA, so với 16,5 mA ở mẫu đối chứng), thời gian nứt mẫu do gỉ cốt thép ngắn hơn so với đối chứng (tương ứng 8, 6, 4 ngày so với 9 ngày ở mẫu đối chứng).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp gia tốc theo NT Build 365 có thể áp dụng để nghiên cứu so sánh hiệu quả bảo vệ cốt thép của các lớp bê tông khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn Bách (2006), Nghiên cứu sử dụng cát biển Bình Thuận và Vũng Tàu làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô-tô, luận án tiến sĩ kỹ thuật, ĐHGTVT TP. Hồ Chí Minh.
2. Lê Quang Hùng và ctv (11/1995), Báo cáo khảo sát, đánh giá nguyên nhân hư hỏng và biện pháp sửa chữa công trình bệnh viện chống lao tỉnh Quảng Ninh, Viện KHCN Xây dựng.
3. Phạm Văn Khoan và ctv (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.

4. Nguyễn Mạnh Kiểm (5/1992), Nghiên cứu sử dụng cát biển làm cốt liệu trong bê tông, Tuyển chọn các công trình nghiên cứu khoa học 1960-1975, Hà Nội.
5. Yi Jiang et al (2015), "Study on the properties of sea sand concrete with fly ash", *Advanced Materials Research tr. 1854-1857*.
6. Zhenhai Zhang et al (2013), "Experimental Research on Durability of Concrete Made by Seawater and Sea-Sand", *Advanced Materials Research, tr. 385-388*.
7. S. Premkumar and A. Ambika (2014), "Replacement of Beach Sand to River Sand in Cement Concrete", *International Journal of Applied Environmental Sciences 9, tr. 1199- 1208*.
8. Nobufumi Takeda Keisaburo Kanato, Yoshikazu Ishizeki and Keishiro Iriia (8/2013), Properties and Application of Concrete Made with Sea Water and Un-washed Sea Sand, *Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Kyoto Research Park, Kyoto, Japan*.
9. Do-Gyeum Kim (May 2013), The Effects of Chloride on Durability of Concrete Mixed With Sea Sand, ISSN 2161-623X, chủ biên, , US-China Education Review A.
10. Hidenori Hamada Tarek Uddin Mohammed, Toru Yamaji (2004), "Performance of seawater-mixed concrete in the tidal environment", *Cement and Concrete Research 34*.
11. NT Build 365 (11/1989), "Concrete, repairing materials and protective coating: embedded steel method, Chloride permeability".
12. TCVN 9346:2012, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển.

Ngày nhận bài: 02/12/2019.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 04/12/2019.