

SO SÁNH MỨC ĂN MÒN CỐT THÉP TRONG BÊ TÔNG CÓ ĐỘ NHIỄM MẶN VÀ CHỐNG THẤM NƯỚC KHÁC NHAU

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

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả so sánh mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông với các mức nhiễm mặn và độ chống thấm nước khác nhau bằng phương pháp gia tốc, trong đó bê tông có độ chống thấm nước B10 (M300) độ nhiễm mặn là 0,6 kg/m³ được dùng làm mẫu đối chứng. Các mẫu có mức nhiễm mặn từ 0,6 đến 2,4 kg/m³, độ chống thấm nước B12 (M400) và B16 (M500) và với cùng chiều dày bảo vệ 30mm đã được thí nghiệm so sánh với mẫu đối chứng. Kết quả cho thấy khi bê tông bị nhiễm mặn cao hơn so với mẫu đối chứng, nhưng có độ chống thấm nước cao hơn thì mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông có thể tương đương hoặc thấp hơn trong mẫu đối chứng.

Abstract: This paper compares the corrosion rate of the rebars in the concrete with different the salinity and waterproofing levels by the acceleration method, in which the waterproofing level B10 (M300) and salinity 0.6kg/m³ was used as control samples. The samples, which have the salinity from 0.6 to 2.4 kg/m³ and waterproofing level B12 (M400) to B16 (M500) with the same cover thickness as 30mm, were used to compare. The result indicated that when the salinity of concrete is higher than that of the control sample, but waterproofing level is higher, the corrosion rate of rebar is similar or lower in comparison to control samples.

1. Đặt vấn đề

Để hạn chế mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông, tiêu chuẩn thường khống chế tổng lượng muối chứa ion Cl⁻ (gọi tắt là độ nhiễm mặn) dưới 0,6 kg/m³ [1, 3]. Đối với các mức xâm thực mạnh yếu khác nhau của môi trường bê tông còn đòi hỏi phải có độ chống thấm nước và chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép thích hợp để hạn chế sự xâm nhập muối, ôxy từ môi trường tới ngưỡng có thể phá hoại màng thụ động bảo vệ cốt thép. Vấn đề được đặt ra là, trong một số trường hợp cụ thể, nếu bê tông bị nhiễm mặn cao hơn mức chuẩn (0,6 kg/m³) nhưng bê tông lại có độ chống thấm nước cao hơn, thì mức độ ăn mòn cốt thép có tương đương không?

Để làm rõ vấn đề này, nghiên cứu đã dùng mẫu chuẩn là bê tông có độ chống thấm nước B10 (M300), độ nhiễm mặn là 0,6 kg/m³. Các mẫu so sánh với chúng là bê tông có độ chống thấm nước B12 (M400) và B16 (M500), độ nhiễm mặn lần lượt là 0,6; 1,2; 1,8 và 2,4 kg/m³. Các mẫu đều có cùng chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép là 30 mm và được thí nghiệm theo phương pháp gia tốc.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu sử dụng

a. 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.

b. Cát

Sử dụng cát biển Nha Trang có mô đun độ lớn $M_n = 2,1$. 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 .

c. Đá

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

d. Nước trộn bê tông

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

e. Phụ gia siêu dẻo

Trong nghiên cứu sử dụng phụ gia BIFI HV252. Phụ gia này được nhà sản xuất công bố thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật trong tiêu chuẩn TCVN 8826 :2011.

f. Cốt thép

Cốt thép sử dụng là thép có gờ CT3 Hòa Phát $\Phi 14$ được gia công tiện thành $\Phi 10$ trơn.

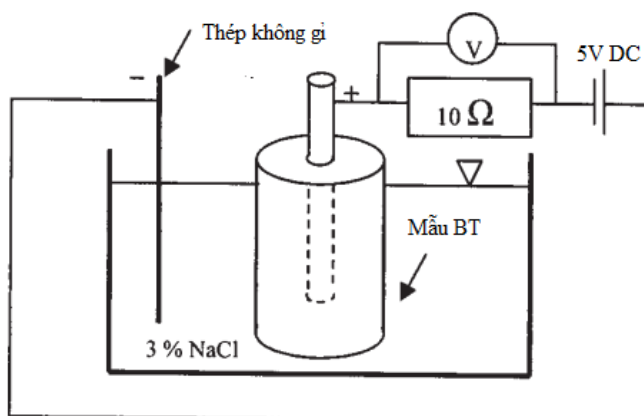
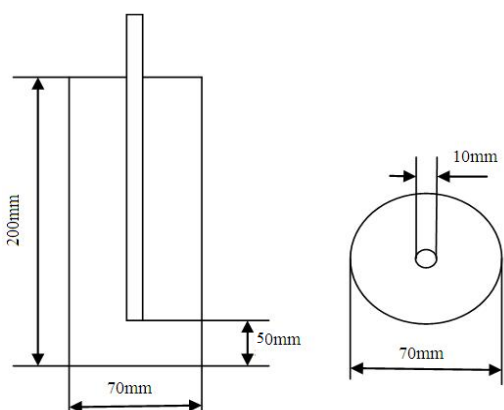
2.2 Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu, phương pháp gia tốc ăn mòn cốt thép theo tiêu chuẩn NT Build 356 [4, 6] đã được sử dụng. Các mẫu bê tông cốt thép (hình 1)

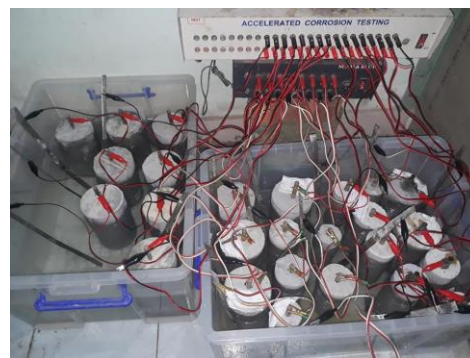
VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

được bảo dưỡng 28 ngày, sau đó thí nghiệm gia tốc. 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. Cường độ dòng điện được đo liên tục sau từng 24 h đồng thời quan sát trạng thái bề mặt của mẫu. Tại thời điểm cường độ dòng điện tăng đột

biến thường xuất hiện trạng thái nứt mẫu kèm theo gỉ thép tiết ra mặt ngoài theo chiều dọc của thanh thép. Tại thời điểm này giá trị cường độ dòng điện tăng đột biến. Mức độ ăn mòn cốt thép càng mạnh thì khoảng thời gian tính từ khi thí nghiệm đến khi cường độ dòng điện tăng đột biến càng giảm. Khoảng thời gian này được lấy làm căn cứ để so sánh mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông khi bê tông có độ nhiễm mặn và độ chống thấm nước khác nhau. Sơ đồ và mẫu thí nghiệm thể hiện trên hình 1 và hình 2. Cấp phối bê tông sử dụng nghiên cứu như trong bảng 1.



Hình 1. Cấu tạo mẫu và sơ đồ thí nghiệm



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

Bảng 1. Cấp phối bê tông dùng cho nghiên cứu

STT	Mác bê tông	Ký hiệu mẫu	Thành phần vật liệu trong 1m ³ BT					Hàm lượng Cl ⁻ , kg/m ³ BT
			Xi măng, kg	Cát, kg	Đá, kg	Nước, lít	Phụ gia, lít	
1	M30	M30.3.0.6	348	725	1165	185	3,83	0,6
2	M40	M40.3.0.6	429	678	1147	183	4,72	0,6
3		M40.3.1.2	429	678	1147	183	4,72	1,2
4		M40.3.1.8	429	678	1147	183	4,72	1,8
5		M40.3.2.4	429	678	1147	183	4,72	2,4
6	M50	M50.3.0.6	507	634	1130	181	5,58	0,6
7		M50.3.1.2	507	634	1130	181	5,58	1,2

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

STT	Mác bê tông	Ký hiệu mẫu	Thành phần vật liệu trong 1m ³ BT					Hàm lượng Cl ⁻ , kg/m ³ BT
			Xi măng, kg	Cát, kg	Đá, kg	Nước, lít	Phụ gia, lít	
8		M50.3.1.8	507	634	1130	181	5,58	1,8
9		M50.3.2.4	507	634	1130	181	5,58	2,4

3. Kết quả nghiên cứu và biện luận

3.1 Kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu được trình bày trong bảng 2, 3. Ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép phụ thuộc độ nhiễm mặn và độ chống thấm nước của bê tông được thể hiện trên các hình 3 - 6.

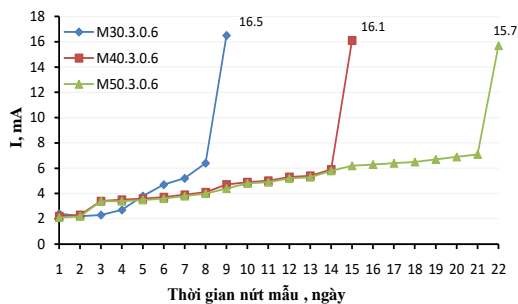
Bảng 2. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén và độ chống thấm nước

STT	Mác bê tông	Ký hiệu mẫu	Cường độ chịu nén, R28, MPa	Cấp chống thấm nước
1	M300	M30.3.0.6	33,2	B10
2	M400	M40.3.0.6	43,2	B12
3		M40.3.1.2	44,8	B12
4		M40.3.1.8	45,5	B12
5		M40.3.2.4	46,1	B12
6		M500	M50.3.0.6	52,1
7	M50.3.1.2		53,6	B16
8	M50.3.1.8		55,2	B16
9	M50.3.2.4		55,7	B16

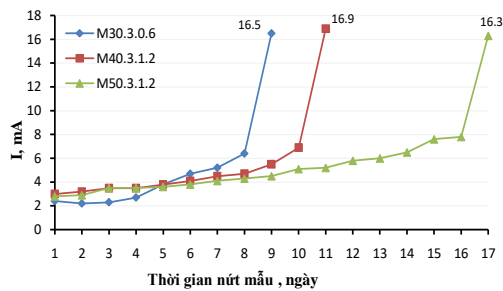
Bảng 3. Kết quả thí nghiệm ăn mòn gia tốc theo NT Build 356

Thời gian thí nghiệm, ngày	Cường độ dòng điện, mA									
	M30.3.0.6	M40.3.0.6	M40.3.1.2	M40.3.1.8	M40.3.2.4	M50.3.0.6	M50.3.1.2	M50.3.1.8	M50.3.2.4	M50.3.2.4
1	2.4	2.2	3	3.3	3.4	2.1	2.8	3	3.2	
2	2.2	2.3	3.2	3.3	3.5	2.2	2.9	3.1	3.3	
3	2.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.4	3.5	3.6	3.7	
4	2.7	3.5	3.5	3.8	3.9	3.4	3.5	3.7	3.8	
5	3.8	3.6	3.8	3.9	4	3.5	3.6	3.8	3.9	
6	4.7	3.7	4.1	4.2	18.9*	3.6	3.8	3.9	4.1	
7	5.2	3.9	4.5	4.3		3.8	4.1	4.2	4.5	
8	6.4	4.1	4.7	17.8*		4	4.3	4.7	18.2*	
9	16.5	4.7	5.5			4.4	4.5	4.9		
10		4.9	6.9			4.8	5.1	5.2		
11		5.0	16.9*			4.9	5.2	5.4		
12		5.3				5.2	5.8	16.8*		
13		5.4				5.3	6			
14		5.9				5.8	6.5			
15		16.1*				6.2	7.6			
16						6.3	7.8			
17						6.4	16.3*			
18						6.5				
19						6.7				
20						6.9				
21						7.1				
22						15.7*				

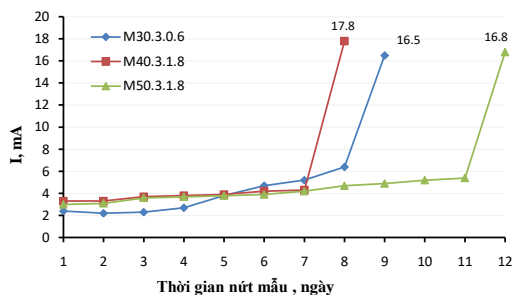
Ghi chú: * Cường độ dòng điện tại thời điểm nứt mẫu.



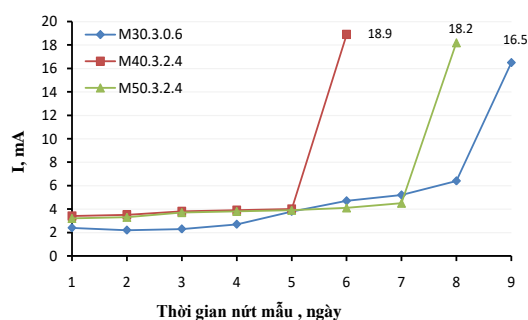
Hình 3. Ảnh hưởng của độ chống thấm B10 (M300), B12(M400) và B16(M500), $C_t=0,6 \text{ kg/m}^3\text{BT}$ đến thời gian nứt mẫu



Hình 4. Ảnh hưởng của độ chống thấm B10 (M300), B12(M400) và B16(M500), $C_t=1,2 \text{ kg/m}^3\text{BT}$ đến thời gian nứt mẫu



Hình 5. Ảnh hưởng của độ chống thấm B10 (M300), B12(M400) và B16(M500), $C_t=1,8 \text{ kg/m}^3\text{BT}$ đến thời gian nứt mẫu

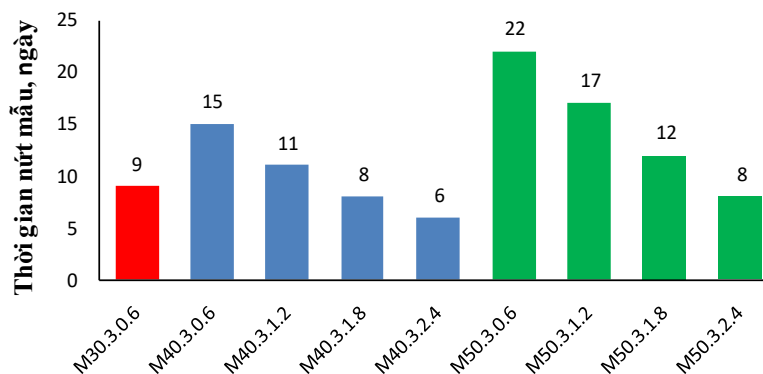


Hình 6. Ảnh hưởng của độ chống thấm B10 (M300), B12(M400) và B16(M500), $C_t=2,4 \text{ kg/m}^3\text{BT}$ đến thời gian nứt mẫu

Bảng 4 và hình 7 là kết quả tổng hợp ảnh hưởng của độ chống thấm (mác bê tông) có hàm lượng C_t khác nhau đến thời gian nứt mẫu bê tông do gỉ cốt thép.

Bảng 4. Tổng hợp kết quả thí nghiệm về thời gian nứt mẫu, cường độ dòng điện trước và sau khi nứt mẫu BT có độ chống thấm B10 (M300), B12 (M400), B16 (M500) có hàm lượng C_t khác nhau

STT	Ký hiệu mẫu	Thời gian 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	9	3,71	16,5
2	M40.3.0.6	15	4,13	16,1
3	M40.3.1.2	11	4,27	16,9
4	M40.3.1.8	8	3,78	17,8
5	M40.3.2.4	6	3,72	18,9
6	M50.3.0.6	22	4,88	15,7
7	M50.3.1.2	17	4,81	16,3
8	M50.3.1.8	12	4,14	16,8
9	M50.3.2.4	8	3,78	18,2



Ký hiệu mẫu

Hình 7. So sánh thời gian nứt mẫu của bê tông có độ chống thấm B10 (M300), B12 (M400) và B16 (M500) với mức nhiễm mặn khác nhau

3.2 Biện luận kết quả nghiên cứu

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm trình bày trong bảng 2 - 4, hình 4 - 7 có thể nhận xét như sau:

- Khi bê tông có cùng độ nhiễm mặn $Cl^- = 0,6kg/m^3$, mẫu M40.3.0.6 (độ chống thấm nước B12) và mẫu M50.3.0.6 (độ chống thấm nước B16) có thời gian nứt mẫu tương ứng là 15 và 22 ngày, bằng 167% và 244% so với mẫu đối chứng M30.3.0.6 (độ chống thấm nước B10). Như vậy với cùng độ nhiễm mặn thì bê tông có độ chống thấm nước cao hơn, có mức độ ăn mòn cốt thép thấp hơn khá nhiều so với mẫu chuẩn;
- Khi bê tông có độ nhiễm mặn $Cl^- = 1,2 kg/m^3$ (cao hơn mẫu chuẩn 2 lần), mẫu M40.3.1.2 (độ chống thấm nước B12) và mẫu M50.3.1.2 (độ chống thấm nước B16) có thời gian nứt mẫu tương ứng là 11 và 17 ngày, bằng 122% và 189% so với mẫu chuẩn M30.3.0.6 (độ chống thấm nước B10). Như vậy với độ nhiễm mặn cao hơn 2 lần mẫu chuẩn thì bê tông có độ chống thấm nước B12 và B16 (cao hơn mẫu chuẩn 1 cấp và 3 cấp) đều có mức độ ăn mòn cốt thép thấp hơn so với mẫu chuẩn;
- Khi bê tông có độ nhiễm mặn $Cl^- = 1,8 kg/m^3$ (cao hơn mẫu chuẩn 3 lần), mẫu M40.3.1.8 (độ chống thấm nước B12) và mẫu M50.3.1.8 (độ chống thấm nước B16) có thời gian nứt mẫu tương ứng là 8 và 12 ngày, bằng 89% và 133% so với mẫu chuẩn M30.3.0.6 (độ chống thấm nước B10). Như vậy với độ nhiễm mặn cao hơn 3 lần mẫu chuẩn thì bê tông có độ chống thấm nước B12 (cao hơn mẫu chuẩn 1 cấp) có mức độ ăn mòn cốt thép cao hơn so với mẫu chuẩn, bê tông có độ chống

thấm nước B16 (cao hơn mẫu chuẩn 3 cấp) có mức độ ăn mòn cốt thép thấp hơn so với mẫu chuẩn;

- Khi bê tông có độ nhiễm mặn $Cl^- = 2,4 kg/m^3$ (cao hơn mẫu chuẩn 4 lần), mẫu M40.3.2.4 (độ chống thấm nước B12) và mẫu M50.3.2.4 (độ chống thấm nước B16) có thời gian nứt mẫu tương ứng là 6 và 8 ngày, bằng 67% và 89% so với mẫu chuẩn M30.3.0.6 (độ chống thấm nước B10). Như vậy với độ nhiễm mặn cao hơn 4 lần mẫu chuẩn thì bê tông có độ chống thấm nước B12 (cao hơn mẫu chuẩn 1 cấp) và B16 (cao hơn mẫu chuẩn 3 cấp) đều có mức độ ăn mòn cốt thép cao hơn so với mẫu chuẩn.

Các kết quả trên được giải thích như sau: Tại phụ lục F trong tiêu chuẩn TCVN 12251:2019 [2] đã đưa ra tương quan giữa độ chống thấm nước, hệ số thấm của bê tông và hệ số khuếch tán clorua. Theo đó, bê tông có độ chống thấm B10 đến B14 có hệ số thấm lớn hơn từ 5.10^{-11} đến $10.10^{-11} cm/s$ (hệ số khuếch tán clorua từ 5.10^{-9} đến $10.10^{-9} cm^2/s$), trong khi đó tăng độ chống thấm từ B16 đến B20 thì hệ số thấm nhỏ hơn $5.10^{-11} cm/s$ (hệ số khuếch tán clorua nhỏ hơn $5.10^{-9} cm^2/s$). Như vậy khi bê tông có độ chống thấm nước cao hơn thì cấu trúc bê tông đặc chắc hơn nên khả năng ngăn cản các tác nhân xâm thực bao gồm muối, O_2 , H_2O sẽ tốt hơn dẫn đến hệ số thấm và hệ số khuếch tán clorua giảm đáng kể, do đó có thể hạn chế mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông có độ nhiễm mặn cao hơn. Đó là nguyên nhân vì sao khi bê tông có độ nhiễm mặn cao hơn mẫu chuẩn, nhưng lại có độ chống thấm nước cao hơn thì mức độ ăn mòn cốt thép có thể thấp hơn mẫu chuẩn

4. Kết luận

So với mẫu bê tông có độ nhiễm mặn nằm trong giới hạn của tiêu chuẩn [1] (tổng hàm lượng ion Clo $0,6 \text{ kg/m}^3$), độ chống thấm nước B10 (M300), bê tông có độ nhiễm mặn cao hơn cũng có khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép ở mức tương đương hoặc thấp hơn khi bê tông có độ chống thấm nước (hoặc mác) ở mức cao hơn. Theo kết quả thí nghiệm ăn mòn gia tốc [4] trên các mẫu có cùng chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép 30 mm, mẫu nhiễm mặn $1,2 \text{ kg/m}^3$, độ chống thấm nước B12 (M400) và mẫu nhiễm mặn $1,8 \text{ kg/m}^3$, độ chống thấm nước B16 (M500) đều có mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông thấp hơn so với đối chứng (thời gian gỉ cốt thép gây nứt bê tông bảo vệ tương ứng tăng 122 và 133% so với đối chứng). Tuy nhiên, khi bê tông bị nhiễm mặn cao ($2,4 \text{ kg/m}^3$), việc tăng độ chống thấm nước của bê tông từ B10 (M300) lên B12 – B16 (M400 – M500) không làm giảm được mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông (thời gian gỉ cốt thép gây nứt bê tông chỉ đạt 67% – 89% so với đối chứng).

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, trong một số trường hợp cụ thể, khi độ nhiễm mặn khó khống chế ở mức ổn định phù hợp tiêu chuẩn thì việc nâng cao độ chống thấm nước của bê tông (hoặc tăng

chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép) có thể là giải pháp hữu ích.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 9346:2012, Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển.
2. TCVN 12251:2019, Bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu xây dựng.
3. 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, *ĐTĐL 40/94, Viện KHCN Xây dựng*.
4. NT Build 356 (11/1989), "Concrete, repairing materials and protective coating: embedded steel method, Chloride permeability".
5. G. J. Verbeck (1975), "Mechanisms of corrosion in concrete, Corrosion of Metals in Concrete", *SP-49 American Concrete Institute*, tr. pp. 21-38.
6. Phan Văn Chương, Phạm Văn Khoan, Nguyễn Nam Thắng (2019), "Nghiên cứu áp dụng phương pháp gia tốc để đánh giá mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn". *Tạp chí KHCN Xây dựng*, số 4/2019.

Ngày nhận bài: 13/3/2019.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 31/3/2020.