

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 NITRÍT

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

Tóm tắt: Ăn mòn cốt thép là nguyên nhân phổ biến làm hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép trong môi trường biển. Sử dụng chất ức chế ăn mòn là một trong số những biện pháp ngăn ngừa ăn mòn do clorua kéo dài tuổi thọ của kết cấu. Chất ức chế ăn mòn được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau từ hàng trăm năm nay. Nhưng nghiên cứu sử dụng chất ức chế trong bê tông còn chưa được quan tâm đầy đủ. Mặc dù có rất nhiều chất ức chế có hiệu quả ức chế ăn mòn nhưng chỉ có canxi nitrit được chứng minh có khả năng ức chế ăn mòn đồng thời không ảnh hưởng đến tính chất cơ học của bê tông. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng có hiệu quả chất ức chế canxi nitrit cho một số công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Trong môi trường biển Việt Nam do đặc thù điều kiện khí hậu nóng ẩm chứa hàm lượng ion Cl⁻ cao nên kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) thường bị ăn mòn và phá hủy nhanh, đặc biệt nghiêm trọng là vùng nước lên xuống, khí quyển biển và ven biển. Kết quả khảo sát thực tế cho thấy các công trình BTCT sau một thời gian sử dụng đều có dấu hiệu gỉ cốt thép ở mức độ khác nhau dẫn tới hư hỏng sớm không đảm bảo tuổi thọ công trình [1, 2]. Vì vậy cần thiết phải làm rõ thực trạng và tìm các giải pháp bảo vệ chống ăn mòn clorua cho kết cấu BTCT phù hợp điều kiện đặc thù Việt Nam.

2. Khái quát về tình trạng ăn mòn bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam

Tổng hợp các số liệu khảo sát cho thấy thực trạng ăn mòn BTCT trong vùng biển Việt Nam như sau:

Ăn mòn BTCT là hiện tượng phổ biến và là nguyên nhân chủ yếu gây phá hủy kết cấu và làm giảm đáng kể tuổi thọ các công trình xây dựng ở vùng biển.

Tình trạng ăn mòn và hư hỏng các công trình BTCT là nghiêm trọng và ở mức báo động. Tốc độ ăn mòn làm hư hỏng công trình diễn ra khá nhanh. Hiện nay bên cạnh một số công trình có tuổi thọ trên 30 ÷ 40 năm có nhiều công trình đã bị ăn mòn và hư hỏng nặng sau 20 ÷ 25 năm sử dụng, thậm chí nhiều kết cấu bị phá hủy nặng nề chỉ sau 10÷15 năm sử dụng (hình 1, 2).



Hình 1. Cảng Thương vụ - Vũng Tàu sau 15 năm sử dụng



Hình 2. Cảng Cửa Cấm - Hải Phòng, cách biển 25 km, sau 30 năm sử dụng

Thiệt hại do ăn mòn BTCT gây ra là đáng kể và nghiêm trọng, chi phí cho sửa chữa khắc phục hậu quả ăn mòn có thể chiếm tới 30 ÷ 70% mức đầu tư xây dựng công trình.

Hiện nay và trong những năm tới đây nhu cầu đầu tư xây mới và sửa chữa công trình ở vùng biển sẽ rất lớn. Vì vậy, cần sớm triển khai các giải pháp kỹ thuật chống ăn mòn nhằm đảm bảo chất lượng và tuổi thọ lâu dài cho công trình.

3. Các giải pháp chống ăn mòn cho BTCT trong môi trường biển Việt Nam

Tiêu chuẩn TCXDVN 327: 2004 đã đưa ra các yêu cầu kỹ thuật về: thiết kế, lựa chọn vật liệu, thi công nhằm đảm bảo khả năng chống ăn mòn cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép [6]. Yêu cầu thiết kế trong tiêu chuẩn chỉ rõ ở bảng 1, quy định các yêu cầu tối thiểu về thiết kế áp dụng cho các công trình có tuổi thọ tới 50 năm. Đối với các công trình yêu cầu có niên hạn sử dụng cao hơn tới 100 năm cần áp dụng các biện pháp bảo vệ hỗ trợ như sau:

- Tăng mác bê tông thêm 10 MPa và độ chống thấm thêm một cấp hoặc tăng chiều dày lớp bê tông (BT) bảo vệ thêm 20 mm;
- Tăng cường bảo vệ mặt ngoài kết cấu bằng một lớp bê tông phun khô có mác bằng bê tông kết cấu dày tối thiểu 15mm;
- Tăng cường thêm lớp sơn chống ăn mòn phủ mặt cốt thép trước khi đổ bê tông;
- Quét sơn chống thấm bề mặt kết cấu, dùng chất ức chế ăn mòn cốt thép hoặc bảo vệ trực tiếp cốt thép bằng phương pháp bảo vệ catốt.

Bảng 1. Các yêu cầu tối thiểu về thiết kế bảo vệ kết cấu chống ăn mòn trong môi trường biển

STT	Yêu cầu thiết kế	Kết cấu làm việc trong vùng												
		Ngập nước ⁽⁴⁾		Nước lên xuống		Khí quyển								
						Trên mặt nước			Trên bờ, 0÷1 km cách mép nước			Gần bờ, 1÷30 km cách mép nước		
1	Mác bê tông, MPa ⁽¹⁾	30	40	40	50	30	40	50	25	30	40	25	30	40
2	Độ chống thấm nước, at ⁽²⁾	8	10	10	12	8	10	12	6	8	10	6	8	10
3	Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép, mm ⁽³⁾ - Kết cấu ngoài trời - Kết cấu trong nhà - Nước biển - Nước lợ cửa sông	50	40	70	60	60	50	40	50	40	30	40	30	25
		40	30	60	50	50	40	30	40	30	25	30	25	20
4	Bề rộng khe nứt giới hạn, mm ⁽⁵⁾ - Kết cấu ngoài trời - Kết cấu trong nhà	≤ 0,1		≤ 0,05		≤ 0,1			≤ 0,1			≤ 0,1		
		-		-		≤ 0,1			≤ 0,15			≤ 0,15		
5	Cấu tạo kiến trúc	- Bề mặt kết cấu phẳng, không gây đọng nước, không gây tích tụ ẩm và bụi; - Hạn chế sử dụng kết cấu BTCT dạng thanh mảnh (chóp, lan can chắn nắng); - Có khả năng tiếp cận tới mọi vị trí để kiểm tra, sửa chữa.												

Chú thích:

- Đối với kết cấu bê tông không có cốt thép ở vùng khí quyển biển không bắt buộc thực hiện yêu cầu về mác bê tông theo bảng 1;
- Đối với kết cấu bê tông không có cốt thép ở vùng khí quyển biển không bắt buộc thực hiện yêu cầu về độ chống thấm nước theo bảng 1;
- Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép được tính bằng khoảng cách gần nhất từ mặt ngoài kết cấu tới mặt ngoài cốt thép đai;
- Kết cấu trong đất ở vùng ngập nước và vùng nước lên xuống được bảo vệ tương tự như kết cấu trong vùng ngập nước;
- Bề rộng khe nứt giới hạn cho trong bảng ứng với tác dụng của toàn bộ tải trọng, kể cả dài hạn và ngắn hạn. Đối với kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước không cho phép xuất hiện vết nứt.

4. Một số kinh nghiệm sử dụng chất ức chế ăn mòn canxi nitrít ở Việt Nam

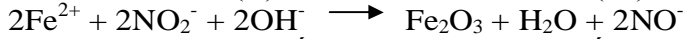
Trong số các biện pháp bảo vệ hỗ trợ đưa ra trong TCXDVN 327:2004 thì sử dụng chất ức chế được xem là một biện pháp hiệu quả, dễ áp dụng và phù hợp với điều kiện kỹ thuật và

kinh tế của Việt Nam. Canxi nitrit (CN) đã được ứng dụng làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép phổ biến trên thế giới khoảng trên 30 năm nhưng ở Việt Nam cho tới năm 2002 gần như chưa ứng dụng CN trong thực tế, chủ yếu là do chưa nghiên cứu ứng dụng CN một cách đầy đủ trong điều kiện Việt Nam để có cơ sở vững chắc cho việc ứng dụng rộng rãi trong thực tế.

4.1. Cơ chế ức chế ăn mòn cốt thép của canxi nitrit

Cơ chế ngăn ngừa ăn mòn cốt thép của CN đã được lý giải khá rõ ràng, theo đó CN bảo vệ ăn mòn theo 4 phương pháp sau [3, 4, 5]:

- CN oxi hoá sắt (II) oxit kém bền thành sắt (III) oxit theo phản ứng sau:



- Ion nitrite sẽ củng cố lớp màng thụ động sắt (III) oxit bằng cách hấp phụ lên bề mặt thép và làm vững chắc thêm lớp màng thụ động này;

- Ion nitrite còn phủ toàn bộ xung quanh các vị trí bị khuyết tật sắt (II) oxit, làm giảm tối đa khả năng thâm nhập của ion clorua qua lớp màng bảo vệ;

- Nếu ion Cl⁻ tìm được một vị trí khuyết tật trên bề mặt cốt thép, ăn mòn bắt đầu xảy ra. Khi đó hợp chất clorua sắt (gi) sẽ tách khỏi bề mặt thép, các ion sắt (II) mới sẽ tiếp tục bị lộ ra trong môi trường bê tông. Ion NO₂⁻ có thể nhanh chóng bao bọc quanh các ion sắt (II) mới bảo vệ chúng khỏi bị sự xâm nhập của ion Cl⁻.

4.2. Nghiên cứu khả năng ức chế ăn mòn cốt thép của CN trong phòng thí nghiệm

Bên cạnh những vấn đề đã rõ ràng như: cơ chế ức chế, ảnh hưởng của CN đến cấu trúc hồ xi măng [3, 4, 5]... đã nghiên cứu làm rõ những vấn đề sử dụng CN trong điều kiện thực tế của Việt Nam đó là:

- CN về cơ bản không có ảnh hưởng xấu tới tính chất cơ lý của hỗn hợp BT và BT;

- Xác định được CN có tác dụng ức chế hoàn toàn quá trình gỉ cốt thép hoặc lùi thời điểm gỉ so với trường hợp không có nó và hàm lượng hiệu quả của CN áp dụng trong bê tông đáp ứng tỷ lệ $[\text{Cl}^-]/[\text{NO}_2^-] \leq 2,0$;

- Hàm lượng NO₂⁻ trong bê tông bị suy giảm theo thời gian. Mức suy giảm này tỷ lệ nghịch với mác bê tông (độ đặc chắc) và chiều dày lớp bảo vệ;

- Xác định CN có thể ức chế ăn mòn cốt thép ngay tại khe nứt bê tông và với các chiều rộng khe nứt cụ thể trong nghiên cứu này xác định được tỷ số chiều rộng khe nứt/ chiều dày lớp bảo vệ có CN để cốt thép không bị gỉ lớn gấp 1,6 lần tỷ số này trong bê tông không có canxi nitrit;

- Xác định CN hạn chế khả năng ăn mòn cốt thép ở vị trí tiếp giáp giữa bê tông mới và cũ khi sửa chữa bê tông cốt thép bị ăn mòn.

4.3. Ứng dụng canxi nitrit làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép



a. Công trình xây mới cầu tàu 20.000 T
cảng Nha Trang – Khánh Hoà



b. Công trình nâng cấp cảng
Cửa Cấm - Hải Phòng

Hình 5. Thi công ứng dụng CN làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép trong thực tế

4.3.1. Công trình xây mới cầu tàu 20.000T cảng Nha Trang - Khánh Hoà

Tại công trình này chúng tôi đã triển khai ứng dụng được 800,8m³ bê tông chống ăn mòn M40 (liều lượng CN sử dụng là 6,2l/m³ bê tông) cho kết cấu dầm, bản sàn cầu tàu vùng khí quyển trên mặt nước biển.

Tóm tắt quy trình thi công ứng dụng bê tông chống ăn mòn gồm các bước sau:

- Kiểm tra vật liệu, chỉ tiêu kỹ thuật về tính công tác và cường độ bê tông chống ăn mòn tối thiểu phải đạt yêu cầu kỹ thuật của bê tông thường theo chỉ định của thiết kế;

- Chế tạo bê tông chống ăn mòn trên dây chuyền sản xuất bê tông thường tại hiện trường và sử dụng CN như phụ gia đưa vào nước trộn bê tông theo liều lượng quy định;

- Thi công bê tông chống ăn mòn: tương tự như kỹ thuật thi công bê tông thường, trong đó chú trọng việc đảm bảo chiều dày và độ đặc chắc của lớp bê tông bảo vệ và xử lý khuyết tật rỗng, rỗ ngay sau thi công xong;

- Lắp đặt đầu đo ăn mòn trong phần bê tông ứng dụng để theo dõi dài ngày hiệu quả chống ăn mòn và bảo vệ công trình: Mỗi cấu kiện lắp 2 đầu đo gắn chặt vào cốt thép chịu lực, tiến hành kiểm tra cường độ bê tông, khoan lấy mẫu bột để phân tích hàm lượng nitrit trong bê tông và đo điện thế ăn mòn cốt thép tại thời điểm đầu khi bê tông được 28 ngày tuổi và theo định kỳ 2 năm /lần, tới 40-50 năm.

Kết quả kiểm tra tại hiện trường sau hơn 6 năm ứng dụng: cường độ bê tông kết cấu công trình $R_{ht} = 47\text{MPa}$ đạt yêu cầu về cường độ chịu nén theo TCXDVN 239:2006, hàm lượng nitrit phân tích được trong bê tông ở độ sâu 3-5cm (vùng cận cốt thép) chưa xác định được có sự suy giảm so với hàm lượng đưa vào bê tông ban đầu, điện thế cốt thép dao động từ -80mV đến -150mV, theo tiêu chuẩn TCXDVN 294: 2003 thì cốt thép chưa bị ăn mòn. Như vậy kết quả kiểm tra cho thấy việc ứng dụng CN làm phụ gia ức chế ăn mòn cho bê tông đã đạt hiệu quả tốt sau một số năm đầu sử dụng.

4.3.2. Công trình nâng cấp cảng Cửa Cấm - Hải Phòng

Tại công trình này, chúng tôi đã triển khai ứng dụng được 845m³ bê tông chống ăn mòn M30 (liều lượng CN sử dụng là 5,7l/m³ bê tông) cho toàn bộ kết cấu dầm dọc, dầm ngang và bản sàn cầu tàu nằm trong vùng khí quyển trên mặt nước.

Quy trình thi công ứng dụng bê tông chống ăn mòn: tương tự như quy trình thi công chống ăn mòn tại công trình cảng Nha Trang.

Kết quả kiểm tra tại hiện trường sau hơn 6 năm ứng dụng: cường độ bê tông kết cấu công trình $R_{ht} = 36\text{MPa}$ đạt yêu cầu về cường độ chịu nén theo TCXDVN 239:2006, hàm lượng nitrit phân tích được trong bê tông ở độ sâu 3-5cm (vùng cận cốt thép) chưa xác định được có sự suy giảm so với hàm lượng đưa vào bê tông ban đầu, điện thế cốt thép dao động từ -70mV đến -130mV, theo tiêu chuẩn TCXDVN 294: 2003 thì cốt thép chưa bị ăn mòn. Như vậy kết quả kiểm tra cho thấy việc ứng dụng CN làm phụ gia ức chế ăn mòn cho bê tông đã đạt hiệu quả tốt sau một số năm đầu sử dụng.

5. Kết luận

- Ăn mòn kết cấu BTCT là dạng ăn mòn nguy hiểm và rất phổ biến đối với công trình BTCT vùng biển nước ta;

- Các giải pháp chống ăn mòn cho kết cấu BTCT trong môi trường biển đã được cụ thể hoá trong TCXDVN 327:2004;

- Việc sử dụng CN làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép trong bê tông đã qua thực tế áp dụng và chứng minh có hiệu quả;

- Trên cơ sở tổng kết ứng dụng thực tiễn cho thấy sử dụng CN làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép trong bê tông là một trong số những giải pháp đơn giản và hiệu quả có khả năng ứng dụng cao trong thực tiễn ở nước ta.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. CAO DUY TIẾN, PHẠM VĂN KHOAN, LÊ QUANG HÙNG và ctv, Báo cáo tổng kết dự án KT-KT Chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông và bê tông cốt thép vùng biển, Viện KHCN Xây dựng, 11/2003.

2. NGUYỄN NAM THẮNG, Nghiên cứu ứng dụng canxi nitrít làm phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép cho bê tông cốt thép trong điều kiện Việt Nam, *Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội, 2007.*
3. BERKE N. S., PFEIFER D., DONAL W. and THOMAS G. W., Protection Against Chloride - Induced Corrosion, *Concrete International, December 1988, pp 45-55.*
4. ROBERGE P. R., Handbook of Corrosion Engineering, *McGraw-Hill, 2000, 1129 p*
5. LIN LUO, Influence of Corrosion Inhibitors on Concrete Properties: Microstructure, Transport Properties and Rebar Corrosion, *Ghent University, Belgium, 2006, 234p.*
6. TCXDVN 327: 2004 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển.