

TÁC DỤNG ỨC CHẾ ẲN MÒN CỐT THÉP CỦA CANXI NITRÍT TẠI KHE NỨT BÊ TÔNG

ThS. **NGUYỄN NAM THẮNG**, TS. **PHẠM VĂN KHOAN**

Viện KHCN Xây dựng

TS. **LÊ QUANG HÙNG**

Cục GĐNN về chất lượng CTXD

1. Đặt vấn đề

Khả năng chống ăn mòn của kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) trong môi trường biển phụ thuộc vào chất lượng bê tông, khi lớp bê tông bảo vệ có đủ chiều dày, đặc chắc, không bị nứt, thép trong bê tông sẽ được bảo vệ tốt không bị ăn mòn ngay cả ở trong điều kiện xâm thực ion Cl⁻ khắc nghiệt. Tuy nhiên khi bê tông xuất hiện khe nứt thì khả năng chống ăn mòn giảm đi rõ rệt [1, 2, 3]. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tác dụng của chất ức chế ăn mòn canxi nitrit (CN) tại khe nứt bê tông, và xác định rằng CN có khả năng ức chế ăn mòn cốt thép tại khe nứt có giới hạn chiều rộng nhất định.

2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

• Vật liệu thí nghiệm

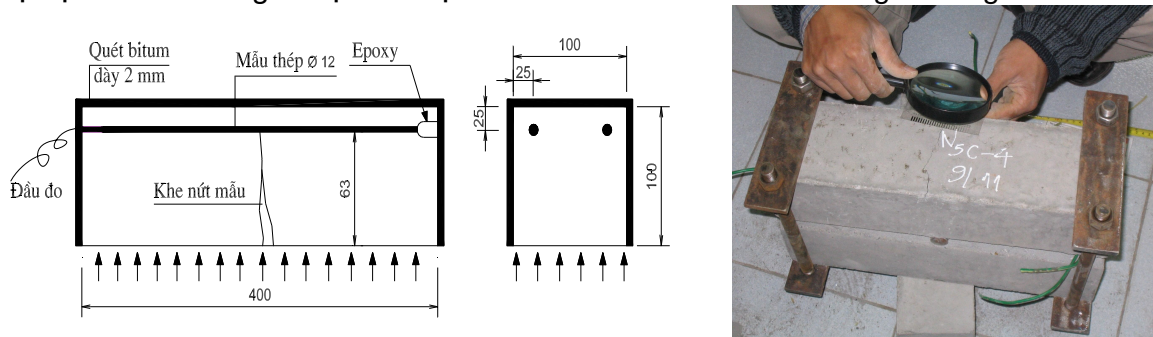
- Xi măng (XM): Hoàng Thạch PCB 30 để chế tạo bê tông mác M30. Các chỉ tiêu cơ lý của các loại xi măng này đáp ứng TCVN 4031 : 1985 và TCVN 4032: 1985.
- Cát vàng: sông Lô có mô đun độ lớn $M_n = 2,5$ đáp ứng TCVN 1770 : 1986.
- Đá: $D_{max} = 20\text{mm}$ lấy tại mỏ đá Kiện Khê, thỏa mãn TCVN 1771:1986.
- Chất ức chế ăn mòn cốt thép CN : dạng dung dịch lỏng chứa 30% canxi nitrit.

• Phương pháp thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm theo phương pháp của Nhật Bản [4, 5]. Mô hình thí nghiệm được trình bày trong hình 1. Chế tạo 3 loại mẫu BTCT:

- Mẫu đối chứng không có chất ức chế và không gia tải (N_0);
- Mẫu đối chứng không có chất ức chế và gia tải chưa gây nứt (N_{ogt});
- Mẫu so sánh có (N_c) và không có CN (N_k) gia tải tạo nứt.

Mẫu BTCT kích thước 10cmx10cmx40cm, cấp phối bê tông như trong bảng 1, đặt 2 thanh thép $\Phi 12$ và chiều dày của lớp bê tông tạo nứt là 63mm. Một đầu của mỗi thanh thép được nối 1 dây dẫn để đo điện thế ăn mòn cốt thép, đầu còn lại được phủ epoxy để ngăn ngừa ăn mòn. Bề mặt của mẫu được phủ kín bằng sơn bitum dày trung bình 2mm ngoại trừ mặt tạo khe nứt để giới hạn bề mặt cho ion Cl⁻ thẩm thấu vào trong bê tông.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm khả năng ức chế ăn mòn cốt thép của CN tại khe nứt

Bảng 1. Thành phần cấp phối bê tông

| Ký hiệu mẫu | Mác TK (MPa) | Thành phần vật liệu cho 1 m ³ bê tông | | | | |
|---------------------|--------------|--|----------|---------|------------|----------|
| | | XM (kg) | Cát (kg) | Đá (kg) | Nước (lít) | CN (lít) |
| N_0, N_{ogt}, N_k | 30 | 445 | 610 | 1120 | 200 | 0 |
| N_c | 30 | 445 | 610 | 1120 | 175 | 25 |

Các mẫu BTCT được uốn nứt 5 ngày sau khi chế tạo bằng một bộ gông, điều chỉnh chiều rộng khe nứt bề mặt bê tông là: 0,1; 0,3; 0,5; 1mm. Sau 28 ngày đúc, các mẫu được đưa vào điều kiện môi trường nước muối - khô liên tục như sau:

- 7 ngày ngâm mẫu trong nước muối 3% NaCl;
- 7 ngày để khô với $t^0 = 20-30^{\circ}\text{C}$, độ ẩm $W = 65-70\%$.

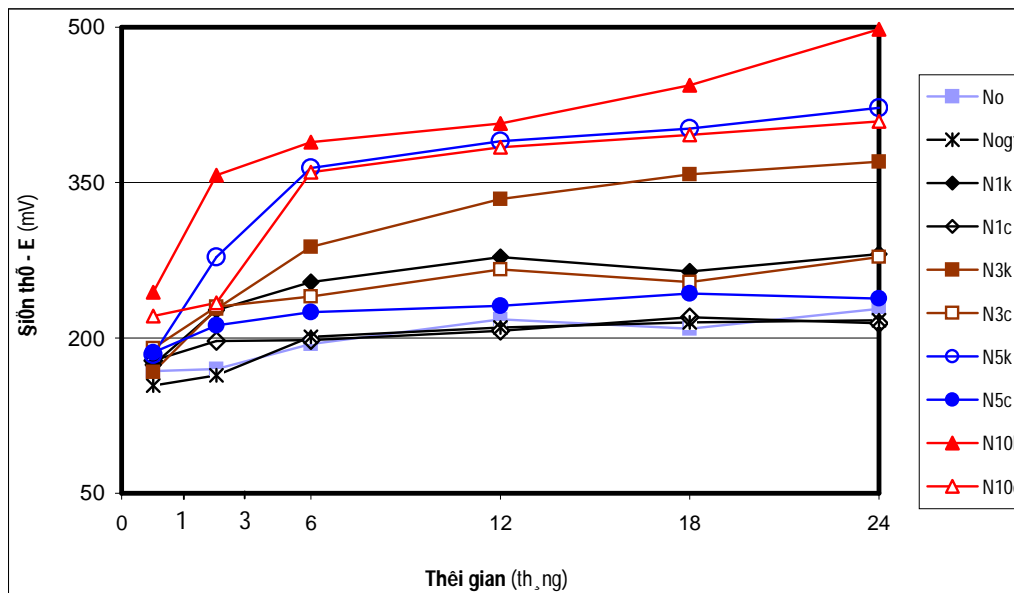
Tiến hành đo điện thế ăn mòn theo tiêu chuẩn TCXDVN 294:2003 tại các thời điểm 1, 3, 6, 12, 18 và 24 tháng. Phá mẫu kiểm tra bằng trực quan, chụp ảnh phóng đại bề mặt cốt thép tại thời điểm sau 24 tháng thí nghiệm.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Nghiên cứu sự thay đổi điện thế ăn mòn CT

Bảng 2. Kết quả đo điện thế ăn mòn cốt thép trong bê tông

| TT | Ký hiệu mẫu | Điện thế - E tại thời điểm (mV) | | | | | |
|----|------------------|---------------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| | | 1 tháng | 3 tháng | 6 tháng | 12 tháng | 18 tháng | 24 tháng |
| 1 | N _o | 168 | 170 | 194 | 218 | 209 | 228 |
| 2 | N _{ogt} | 154 | 164 | 201 | 210 | 215 | 217 |
| 3 | N _{1k} | 174 | 227 | 254 | 278 | 264 | 281 |
| 4 | N _{1c} | 178 | 197 | 198 | 207 | 220 | 214 |
| 5 | N _{3k} | 167 | 228 | 288 | 334 | 358 | 370 |
| 6 | N _{3c} | 190 | 230 | 240 | 266 | 254 | 278 |
| 7 | N _{5k} | 184 | 278 | 364 | 390 | 402 | 422 |
| 8 | N _{5c} | 186 | 212 | 225 | 231 | 243 | 238 |
| 9 | N _{10k} | 244 | 357 | 389 | 407 | 444 | 498 |
| 10 | N _{10c} | 221 | 234 | 360 | 384 | 396 | 409 |



Hình 2. Sự thay đổi điện thế ăn mòn cốt thép

Đồ thị hình 2 biểu thị sự thay đổi điện thế ăn mòn cốt thép của mẫu BTCT không và có chất ức chế CN trong thời gian 24 tháng thí nghiệm.

Kết quả đo điện thế ăn mòn cốt thép của mẫu đối chứng N_o và N_{ogt} không có dấu hiệu bị ăn mòn. Điện thế ăn mòn trung bình khoảng - 200mV.

Khi chiều rộng khe nứt là 0,1mm, giá trị điện thế ăn mòn cốt thép của mẫu BTCT không và có CN (N_{1k} và N_{1c}) đo được âm hơn so với mẫu đối chứng tuy nhiên chưa đạt đến giới

hạn ăn mòn, đồng thời chưa thấy được rõ vai trò của CN tại khe nứt so với mẫu không có CN.

Khi chiều rộng khe nứt là 0,3mm, giá trị điện thế ăn mòn cốt thép của mẫu (N_{3k}) âm khá lớn có thời điểm đã vượt giá trị giới hạn -350mV, cốt thép đã bị ăn mòn. Cùng chiều rộng khe nứt và các điều kiện thí nghiệm khác nhau nhưng các mẫu có CN (N_{3k}) giá trị điện thế ăn mòn dương hơn rõ rệt nhờ vai trò ức chế ăn mòn của CN.

Tương tự đối với mẫu có chiều rộng 0,5mm cũng thấy được rõ ràng vai trò của CN thông qua giá trị điện thế ăn mòn đo được.

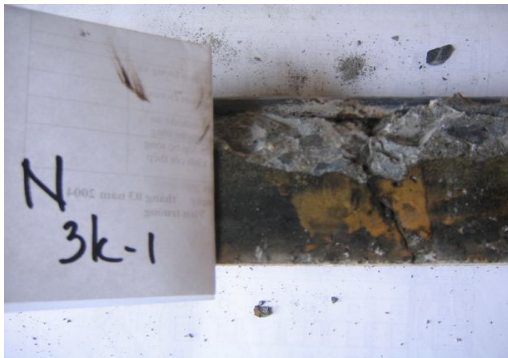
Khi chiều rộng khe nứt tăng lên tới 1mm, hiệu quả của CN vẫn được thể hiện qua giá trị điện thế ăn mòn của các mẫu không có CN (N_{10k}) âm hơn so với các mẫu có CN (N_{10c}). Tuy nhiên xem đồ thị hình 2 có thể thấy điện thế của mẫu N_{10c} từ sau thời điểm 12 tháng đã vượt quá giới hạn ăn mòn (-350mV). Điều đó cho thấy với chiều rộng khe nứt lớn ≥ 1 mm, hiệu quả ức chế ăn mòn cốt thép tại khe nứt đã có chiều hướng giảm rõ rệt.

3.2. Kiểm tra trực quan bề mặt cốt thép bằng phương pháp phá hoại mẫu

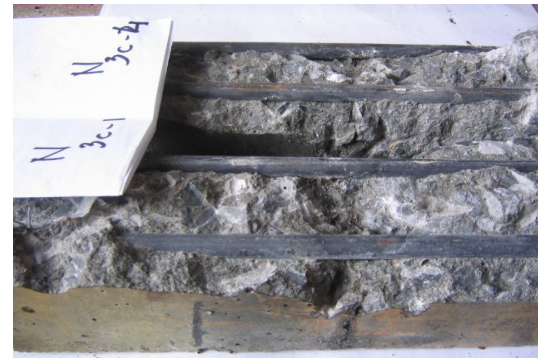
Tổng hợp tình trạng ăn mòn cốt thép xác định được bằng phương pháp phá hoại mẫu sau 24 tháng thí nghiệm được thể hiện trong bảng 3 và các ảnh chụp mẫu dưới đây:

Bảng 3. Tình trạng ăn mòn cốt thép trong bê tông

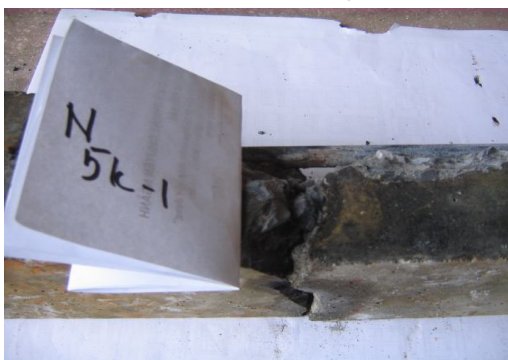
| TT | Ký hiệu | Chiều rộng khe nứt (mm) | Loại bê tông | Tình trạng cốt thép | Chiều dài lan truyền gỉ (cm) |
|----|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1 | N_0 | - | Đôi chứng không nứt | Không gỉ | Không |
| 2 | N_{0gt} | - | Gia tải không nứt | Không gỉ | Không |
| 3 | N_{1k} | 0,1mm | Không có chất ức chế CN | Không gỉ | Không |
| 4 | N_{1c} | 0,1mm | Có chất ức chế CN | Không gỉ | Không |
| 5 | N_{3k} | 0,3mm | Không có chất ức chế CN | Gỉ nhẹ | 3 |
| 6 | N_{3c} | 0,3mm | Có chất ức chế CN | Không gỉ | Không |
| 7 | N_{5k} | 0,5mm | Không có chất ức chế CN | Gỉ hạt | 3 |
| 8 | N_{5c} | 0,5mm | Có chất ức chế CN | Không gỉ | Không |
| 9 | N_{10k} | 1,0mm | Không có chất ức chế CN | Gỉ vẩy | 5 |
| 10 | N_{10c} | 1,0mm | Có chất ức chế CN | Gỉ nhẹ | 1 |



Hình 3. Bề mặt cốt thép mẫu N_{3k}



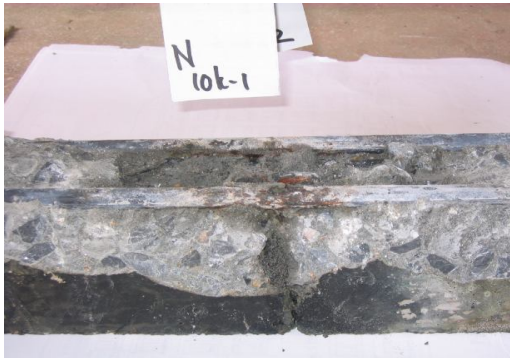
Hình 4. Bề mặt cốt thép mẫu N_{3c}



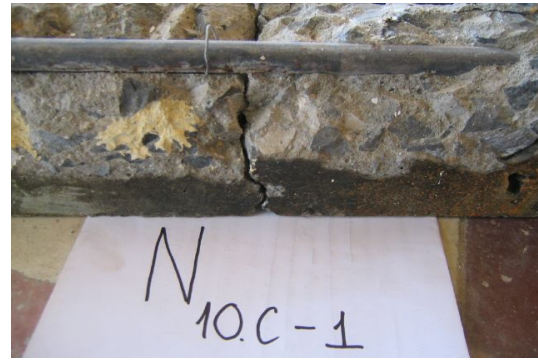
Hình 5. Bề mặt cốt thép mẫu N_{5k}



Hình 6. Bề mặt cốt thép mẫu N_{5c}



Hình 7. Bề mặt cốt thép mẫu N_{10k}



Hình 8. Bề mặt cốt thép mẫu N_{10c}

- Đối với mẫu đối chứng và mẫu gia tải chưa nứt, không có dấu hiệu gỉ cốt thép.
- Khi chiều rộng khe nứt là 0,1mm cả hai loại mẫu không và có chất ức chế CN chưa thấy dấu hiệu gỉ cốt thép.
- Khi chiều rộng khe nứt là 0,3mm (hình 3 và 4), mẫu N_{3k} có dấu hiệu ăn mòn cốt thép rõ rệt phía mặt dưới thanh thép tại vị trí khe nứt trực tiếp tiếp xúc với nước muối ngấm từ ngoài vào (bị gỉ vàng, hơi sùi bề mặt dài khoảng 3cm). Trong khi đó bề mặt cốt thép của mẫu N_{3c} thép vẫn giữ nguyên trạng thái ban đầu khi đổ bê tông, không có dấu hiệu ăn mòn.
- Khi chiều rộng khe nứt là 0,5mm (hình 5 và 6) mẫu N_{5k} có dấu hiệu ăn mòn cốt thép rõ rệt tại vị trí khe nứt phía mặt dưới thanh thép trực tiếp tiếp xúc với nước muối ngấm từ ngoài vào (gỉ, sùi bề mặt dài khoảng 3cm). Trong khi đó bề mặt cốt thép của mẫu N_{5c} thép hầu như vẫn giữ nguyên trạng thái ban đầu khi đổ bê tông, không có dấu hiệu ăn mòn. Như vậy đối với mẫu có chiều rộng khe nứt 0,5mm đã thấy rõ hiệu quả của CN.
- Khi chiều rộng khe nứt là 1mm (hình 7 và 8) mẫu N_{10k} có dấu hiệu ăn mòn cốt thép rất rõ xung quanh thanh thép tại vị trí khe nứt trực tiếp tiếp xúc với nước muối ngấm từ ngoài vào nứt (gỉ, hình thành vảy bề mặt dài khoảng 5cm). Mặt khác quan sát bề mặt cốt thép của mẫu N_{10c} nhận thấy bề mặt cốt thép tại khe nứt bê tông chớm bị gỉ vàng nhẹ. Như vậy đối với mẫu có chiều rộng khe nứt tới 1mm hiệu quả của CN tại khe nứt bê tông có dấu hiệu suy giảm, bằng chứng là mẫu có chất ức chế CN cũng đã bị ăn mòn.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Khi bê tông chưa bị nứt (gia tải hoặc không gia tải) cốt thép trong bê tông không bị ăn mòn ;
- Khi bê tông bị nứt chiều rộng từ 0,3mm trở lên (không có CN) cốt thép bị ăn mòn sau khoảng 6 tháng thí nghiệm, mức độ ăn mòn tăng theo chiều rộng khe nứt ;
- Khi bê tông sử dụng CN, có khả năng ức chế ăn mòn cốt thép tới chiều rộng khe nứt $\leq 0,5\text{mm}$, ở chiều rộng lớn hơn có thể xảy ra ăn mòn cốt thép nhưng mức độ nhẹ hơn nhiều so với mẫu không có CN ;
- Như vậy CN có tác dụng ức chế ăn mòn cốt thép khi chiều rộng khe nứt $\leq 0,5\text{mm}$ và giảm thiểu mức độ ăn mòn ở chiều rộng tới 1mm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Berke N. S., Dal I aire M. P., Hicks M. C., and Hoopes R. J. Corrosion of Steel in Cracked Concrete. Corrosion 49, 11 (1993), pp 934-943.
2. Raupach M. and Dauberschmidt C. Investigations on the Harmlessness of a Calcium-Nitrite-based Corrosion Inhibitor in Cracked Concrete Structures. Sixth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, Thessaloniki, Greece, 2003, pp. 1-11.
3. SchieBel P. and Raupach M. Laboratory studies and calculations on the influence of crack width on chloride-induced corrosion of steel in concrete. ACI Mater J 1997, pp. 56-62.
4. Tarek U. M. and Hamada H. Several Factors Regarding Sustainability of Marine Concrete Structures. Sixth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, Thessaloniki, Greece, 2003.
5. Yamaji T., Hirasaki T. and Takahashi R.. Corrosion Study of Stainless Steel Bars in Cracked Concrete. Sixth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, Thessaloniki, Greece, 2003.