

CHỐNG ĂN MÒN CHO CỐT THÉP ĐẶT TRONG BÊ TÔNG NHẸ KẾT CẤU CÁCH NHIỆT

TS. HOÀNG MINH ĐỨC
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Ứng dụng bê tông nhẹ trong chế tạo các cấu kiện bê tông cốt thép đòi hỏi phương án khả thi bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép. Nghiên cứu trình bày trong bài báo này cho thấy khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ tăng đáng kể khi tăng khối lượng thể tích của bê tông. Với cùng khối lượng thể tích, bê tông polystyrol bảo vệ cốt thép tốt hơn so với bê tông khí. Cốt thép trong bê tông nhẹ có khối lượng thể tích dưới 700 kg/m^3 cần được bảo vệ chống ăn mòn bằng các biện pháp bổ sung như sơn phủ bề mặt. Nghiên cứu ảnh hưởng của các lớp sơn phủ cho thấy khả năng bảo vệ của các lớp sơn tăng dần theo thứ tự: hồ xi măng, hồ xi măng-polymer, hồ xi măng-Bara® Lastic, Barra® Fer-S.

Abstract: Utilization of lightweight concrete in reinforced concrete element requires the feasible method of steel bar protection. Study in this paper shows the improvement of the protection ability of lightweight concrete when the unit weight of concrete increases. With equal unit weight, polystyrene concrete protect the steel bar better than aerated concrete. Reinforcement in lightweight concrete with unit weight less than 700 kg/m^3 need to be protected by mean of protecting cover layer. Test results show that the protection ability of the cover layer increase in the following order: cement paste, polymer-cement paste, cement paste with Barra® Lastic and Barra® Fer-S.

Key words: lightweight concrete, steel bar, protection ability, unit weight

1. Mở đầu

Đến nay, bê tông nhẹ đã và đang được sử dụng rộng rãi trong các kết cấu bê tông cốt thép chịu lực cũng như tự chịu lực. Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 có quy định chiều dày tối thiểu của lớp bê tông bảo vệ nhằm đảm bảo sự làm việc đồng thời của cốt thép và bê tông cũng như bảo vệ cốt thép khỏi tác động của môi trường xung quanh. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ được chỉ định phụ thuộc vào loại cốt thép và đặc điểm kết cấu. Các yêu cầu bổ sung

cũng được quy định đối với trường hợp sử dụng bê tông nhẹ, bê tông rỗng cấp nhỏ hơn B7,5 và bê tông tổ ong.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ kém hơn bê tông nặng thông thường do bê tông cốt liệu nhẹ và bê tông tổ ong có cấu trúc bao gồm các lỗ rỗng (trong cốt liệu hoặc đá xi măng) nên độ thấm khí, thấm nước cao hơn dẫn đến việc các tác nhân gây ăn mòn dễ tiếp cận với bề mặt cốt thép hơn [1]. Khối lượng thể tích của bê tông nhẹ càng thấp thì thể tích lỗ rỗng trong bê tông nhẹ càng lớn, độ hút nước tăng và khả năng bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép càng suy giảm. So với bê tông nhẹ kết cấu với cường độ lớn hơn 15 MPa, khối lượng thể tích trong khoảng 1400 kg/m^3 đến 2000 kg/m^3 thì bê tông nhẹ kết cấu cách nhiệt với cường độ nhỏ hơn 15 MPa và khối lượng thể tích trong khoảng từ 500 kg/m^3 đến 1000 kg/m^3 sẽ có khả năng bảo vệ chống ăn mòn thấp hơn. Tuy nhiên, bê tông nhẹ kết cấu cách nhiệt đang được ứng dụng khá phổ biến trong các kết cấu tấm tường có cốt thép. Việc đảm bảo chống ăn mòn cho cốt thép đặt trong bê tông nhẹ kết cấu cách nhiệt là một yêu cầu cấp thiết nhằm đảm bảo chất lượng và khả năng làm việc lâu dài cho cấu kiện trên.

Ăn mòn cốt thép trong bê tông, về bản chất, là phản ứng điện hoá xảy ra trên bề mặt cốt thép bao gồm quá trình oxy hoá kim loại và khử chất oxy hoá của môi trường ăn mòn. Do đó ta có thể đánh giá tình trạng ăn mòn bằng các phương pháp điện hoá thông qua đánh giá thế ăn mòn, dòng ăn mòn và tốc độ ăn mòn cốt thép trong bê tông [2, 3]. Trong trường hợp tổng quát, quá trình điện hoá xảy ra tuân theo phương trình Tafel. Tuy nhiên, một hệ ăn mòn luôn bao gồm hai quá trình xảy ra tại catốt và anốt, vì vậy phương trình Tafel cho cả hệ có thể kết hợp với phương trình Butler-Volmer và có dạng sau:

$$I = I_{corr} \times \left(e^{\frac{2,303 \times (E - E_{corr})}{\beta_a}} - e^{\frac{2,303 \times (E - E_{corr})}{\beta_c}} \right) \quad (1)$$

trong đó: I, I_{corr} - dòng điện đo được và dòng ăn mòn, A;

E, E_{corr} - điện thế đo được và điện thế ăn mòn, V;

β_a, β_c - hệ số Tafel của anốt và của catốt, V.

Trong phần lớn các trường hợp, biểu đồ Tafel có dạng tuyến tính. Khi đó ta có thể tính được dòng ăn mòn bằng cách ngoại suy các đoạn tuyến tính của đồ thị log dòng điện theo điện thế và tìm giao điểm của chúng. Trên thực tế nhiều hệ ăn mòn có vùng tuyến tính không đủ để ngoại suy chính xác. Khi đó có thể sử dụng phương pháp tính toán để tìm phương trình hồi quy mô tả phương trình Butler-Volmer. Phần lớn các thiết bị đo ăn mòn hiện đại đều được trang bị phần mềm trợ giúp tính toán đường hồi quy và phân tích Tafel.

Các phân tích về dòng và thế ăn mòn cho ta biết tình trạng ăn mòn của cốt thép tại thời điểm thí nghiệm. Trong quá trình ăn mòn các điện tử chuyển dịch từ cực âm sang cực dương kèm theo sự biến đổi kim loại sang dạng oxit. Áp dụng định luật Faraday ta có thể tính toán được khối lượng mẫu tham gia phản ứng điện hoá và từ đó tính được tốc độ ăn mòn theo công thức:

$$CR = \frac{I_{corr} \times K \times EW}{\rho \times A} \quad (2)$$

trong đó: CR - tốc độ ăn mòn, mm/yr;

K - hằng số cho bởi đơn vị tính tốc độ ăn mòn, mm.kg/A.m.yr;

EW - trọng lượng đương lượng;

ρ - khối lượng riêng, kg/m³;

A - diện tích xảy ra quá trình ăn mòn, m².

Dòng ăn mòn ở đây được xác định tương ứng với điện thế mạch hở và đặc trưng cho quá trình dịch chuyển điện tử trong hệ. Điều đó có nghĩa là nó sẽ quyết định tốc độ xảy ra quá trình ăn mòn. Giá trị dòng ăn mòn và tốc độ ăn mòn đã được sử dụng để đánh giá mức độ ăn mòn cốt thép trong bê tông [4, 5]. Theo đó, cốt thép được đánh giá có mức độ ăn mòn không đáng kể nếu $I_{corr} \leq 0,1 \mu A/cm^2$ hoặc $CR \leq 1 \mu m/yr$; có mức độ ăn mòn thấp nếu $0,1 < I_{corr} \leq 0,5 \mu A/cm^2$ hoặc $1 < CR \leq 5 \mu m/yr$; có mức độ ăn mòn trung bình nếu $0,5 < I_{corr} \leq 1,0 \mu A/cm^2$ hoặc $5 < CR \leq 10 \mu m/yr$ và có mức độ ăn mòn cao nếu $I_{corr} > 1,0 \mu A/cm^2$ hoặc $CR > 10 \mu m/yr$.

Khả năng bảo vệ cốt thép của nhiều loại bê tông nhẹ khác nhau và biện pháp bảo vệ cốt thép trong bê tông nhẹ đã được các nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu từ nhiều năm trước [1, 6]. Trong số các biện pháp chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông, việc sử dụng các chất ức chế ăn mòn và sơn phủ cốt thép bằng các loại sơn bảo vệ là hai biện pháp phổ biến. Đối với bê tông nhẹ với hệ cấu trúc rỗng thì biện pháp thứ hai có tính khả thi cao hơn. Bề mặt cốt thép được che phủ bằng một lớp vật liệu với chiều dày không lớn nhưng có khả năng hạn chế sự xâm nhập của tác nhân ăn mòn tới bề mặt cốt thép. Lớp phủ này cũng cần có khả năng bám dính tốt với cốt thép, với bê tông nhẹ, cũng như có thể thuận tiện, linh hoạt trong thi công. Về bản chất, lớp phủ có thể là vật liệu gốc hữu cơ, vô cơ hoặc kết hợp. Trong đó, phương án sử dụng vật liệu gốc xi măng kết hợp với phụ gia hữu cơ vừa có khả năng bảo vệ cao, vừa tương thích với hệ bê tông xi măng. Ngoài ra, khi chế tạo lớp phủ, để nâng cao khả năng bảo vệ cốt thép có thể bổ sung phụ gia ức chế ăn mòn. Các vật liệu phủ này đã được một số công ty nước ngoài sản xuất và cung cấp trên thị trường dưới dạng sản phẩm thương mại.

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài RDN 06/01 về khả năng bảo vệ cốt thép của một số loại bê tông nhẹ polystyrol, bê tông khí và biện pháp chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông nhẹ bằng cách sử dụng các lớp sơn phủ.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp thí nghiệm

Khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ được thí nghiệm với bê tông khí không chưng áp có khối lượng thể tích D700, D1000 và bê tông polystyrol có khối lượng thể tích D400, D700, D1000. Các kết quả được so sánh với mẫu đối chứng làm từ bê tông nặng thông thường mác M200.

Bê tông polystyrol sử dụng xi măng PCB40 Nghi Sơn, tro tuyển Phả Lại và hạt polystyrol phồng nở $D_{max}=4$ mm có khối lượng thể tích xấp 25,7 kg/m³. Tỷ lệ tro tuyển trong hỗn hợp chất kết dính là 30%, tỷ lệ N/X của các cấp phối với khối lượng thể tích D400, D700, D1000 lần lượt là 0,53; 0,50 và 0,47. Để chế tạo bê tông khí chưng áp, đã sử dụng hỗn hợp chất kết dính gồm xi măng và vôi tôi. Tỷ lệ khối lượng vôi trên xi măng là 5%. Tỷ lệ cát nghiền trên chất kết dính là 1:1. Bê tông nặng M200 sử dụng cát sông Lô và đá cacbonat $D_{max}=20$ mm có tỷ lệ X/N bằng 1,68.

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

Các biện pháp bảo vệ cốt thép được nghiên cứu bao gồm sơn phủ bề mặt cốt thép bằng hồ ximăng (N/X=0,4), hồ ximăng trộn latex gốc styrene butadien, bằng sơn hai thành phần gốc xi

măng Barra® Lastic và Barra® Fer S của BASF. Mẫu đối chứng là các mẫu không được sơn phủ bề mặt. Ký hiệu các mẫu thí nghiệm trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Ký hiệu các mẫu thí nghiệm

| Phương pháp bảo vệ cốt thép | Ký hiệu mẫu thí nghiệm ăn mòn | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-------|--------|---------------------|--------|--------------|
| | Bê tông polystyrol có KLTT | | | Bê tông khí có KLTT | | Bê tông nặng |
| | D400 | D700 | D1000 | D700 | D1000 | |
| Không xử lý | P4 | P7 | P10 | K7 | K10 | BT |
| Hồ ximăng | P4/X | P7/X | P10/X | K7/X | K10/X | - |
| Hồ xm + polimer SB | P4/P | P7/P | P10/P | - | - | - |
| Barra® Lastic | P4/BL | P7/BL | P10/BL | K7/BL | K10/BL | - |
| Barra® Fer S | P4/BS | P7/BS | P10/BS | K7/BS | K10/BS | - |

Mẫu bê tông các loại được đúc trong khuôn hình trụ có đường kính 75 mm, chiều cao 152 mm. Cốt thép được chế tạo từ thép AIII có đường kính 10 mm. Cốt thép được tẩy gỉ và sơn phần đầu bằng sơn epoxy-poliamid sao cho phần còn lại có chiều dài 76 mm. Đối với các mẫu thép được xử lý chống ăn mòn, sau khi tẩy gỉ và sơn epoxy, tiến hành sơn các chất bảo vệ lên phần còn lại của thanh thép. Cốt thép được định vị tại tâm của mẫu trụ bê tông. Đầu ngập trong bê tông của thanh thép cách đáy 30 mm. Tiến hành đổ bê tông sau khi lớp sơn phủ cốt thép đã khô và đạt yêu cầu.

Sau khi đổ bê tông 24 giờ tiến hành tháo khuôn. các mẫu bê tông được dưỡng hộ trong phòng dưỡng hộ trong 28 ngày. Sau đó mẫu được lưu giữ

trong điều kiện phòng thí nghiệm. Tiến hành đo dòng, thế và tốc độ ăn mòn của cốt thép tại thời điểm 28 ngày. Các giá trị này được coi là chu kỳ 1. Tiến hành đo sau mỗi tháng lưu mẫu.

Các thí nghiệm xác định dòng, thế và tốc độ ăn mòn được tiến hành tại Viện KHCN Xây dựng trên thiết bị đo ăn mòn CMS100 hệ DC105 của Gamry Instrument Inc., theo phương pháp trình bày tại ASTM G59-97 (2014) [7]. Tốc độ ăn mòn được đánh giá theo ASTM G102-89 (2015) [8].

3. Kết quả và bình luận

Kết quả đo điện thế, cường độ dòng điện và tính toán tốc độ ăn mòn sau các chu kỳ của các tổ mẫu được trình bày tại bảng 2.

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

| Mẫu đo | Chỉ tiêu | Chu kỳ đo, thứ | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| BT | E_{corr} , mV | -164,7 | -203,6 | -129,6 | -123,2 | -81,1 | -24,8 | -75,3 | -101,8 | -17,4 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,2 | 0,1 |
| P4 | E_{corr} , mV | -263,5 | -219,1 | -166,8 | -247,0 | -376,9 | -379,8 | -354,9 | -428,5 | -384,0 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,88 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 10,2 |
| P4/X | E_{corr} , mV | -159,8 | -266,3 | -143,7 | -137,3 | -148,2 | -233,9 | -265,6 | -270,4 | -385,3 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,35 | 1,48 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,1 | 1,2 | 1,4 | 1,9 | 4,0 | 17,2 |
| P4/P | E_{corr} , mV | -144,6 | -217,6 | -62,5 | -98,0 | -111,3 | -111,0 | -212,5 | -520,7 | -435,7 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,15 | 0,88 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 1,8 | 10,2 |
| P4/BL | E_{corr} , mV | -352,3 | -315,4 | -190,7 | -124,3 | -184,2 | -164,7 | -238,3 | -430,7 | -356,8 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,12 | 0,16 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 1,4 | 1,9 |
| P4/BS | E_{corr} , mV | -165,3 | -157,2 | -90,7 | -71,6 | -79,5 | -192,2 | -64,3 | -74,1 | -64,3 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| P7 | E_{corr} , mV | -123,3 | -152,4 | -151,7 | -115,3 | -129,0 | -70,9 | -140,3 | -144,7 | -116,5 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,6 |
| P7/X | E_{corr} , mV | -249,6 | -270,2 | -159,5 | -165,7 | -158,4 | -138,9 | -172,5 | -269,8 | -265,1 |

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

| Mẫu đo | Chỉ tiêu | Chu kỳ đo, thứ | | | | | | | | |
|------------|---------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,04 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,5 |
| | E_{corr} , mV | -188,7 | -156,6 | -126,5 | -127,6 | -138,8 | -168,5 | -188,6 | -151,0 | -210,7 |
| P7/P | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| | E_{corr} , mV | -185,8 | -123,3 | -132,7 | -114,4 | -119,4 | -116,5 | -111,5 | -161,6 | -120,7 |
| P7/ BL | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| | E_{corr} , mV | -174,2 | -189,2 | -159,1 | -91,1 | -162,7 | -183,5 | -130,0 | 181,3 | -158,8 |
| P7/ BS | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | E_{corr} , mV | -154 | -192,1 | -156,1 | -132,9 | -100,6 | -104,8 | -162,4 | -202,7 | -214,1 |
| P10 | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,04 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,5 |
| | E_{corr} , mV | -134,5 | -187,3 | -103,4 | -142,7 | -115,7 | -136,8 | -107,5 | -151,3 | -185,5 |
| P10/X | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| | E_{corr} , mV | -121,7 | -143,6 | -132,3 | -127,4 | -161,7 | -171,2 | -168,3 | -173,4 | -117,3 |
| P10/P | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| | E_{corr} , mV | -172,8 | -149,1 | -130,2 | -143,7 | -116,6 | -152,9 | -138,0 | -118,1 | -142,2 |
| P10 /BL | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,3 |
| | E_{corr} , mV | -155,8 | -179,2 | -204,1 | -250,0 | -126,4 | -118,8 | -141,5 | -143,5 | -118,4 |
| P10/ BS | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| | E_{corr} , mV | -211,6 | -123,2 | -249,4 | -420,7 | -648,4 | -557,3 | -585,2 | -524,6 | -462,4 |
| K7 | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 1,35 | 1,40 | 1,84 | 5,45 | 17,66 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 15,7 | 16,2 | 21,3 | 63,3 | 204,9 |
| | E_{corr} , mV | -225,2 | -156,4 | -110,1 | -151,1 | -225,5 | -520,4 | -617,3 | -595,5 | -366,8 |
| K7/X | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,44 | 0,76 | 1,37 | 5,46 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 1,0 | 5,1 | 8,8 | 15,9 | 63,4 |
| | E_{corr} , mV | -240,5 | -235,7 | -371,9 | -279,1 | -229,4 | -483,8 | -462,3 | -454,4 | -326,2 |
| K7/ BL | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0,24 | 1,75 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 1,4 | 1,4 | 2,8 | 20,3 |
| | E_{corr} , mV | -205,4 | -206,5 | -314,1 | -394 | -283 | -348,8 | -373,7 | -408,6 | -297,6 |
| K7/ BS | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,08 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,9 |
| | E_{corr} , mV | -258,7 | -232,8 | -275,3 | -152,5 | -129,1 | -149,7 | -166,9 | -276,5 | -283,7 |
| K10 | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,05 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 0,5 |
| | E_{corr} , mV | -117,1 | -168,3 | -142,7 | -132,4 | -192,7 | -180,6 | -127,4 | -137,9 | -191,1 |
| K10/X | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,5 |
| | E_{corr} , mV | -165,5 | -107,9 | -149,9 | -134,3 | -171,7 | -159,6 | -158,4 | -220,7 | -204,1 |
| K10/ BL | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| | E_{corr} , mV | -29,2 | -152,1 | -122,3 | -125,3 | -95,8 | -174,9 | -153,6 | -141,9 | -63,9 |
| K10/ BS | I_{corr} , $\mu A/cm^2$ | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | CR, mm/yr | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Phân tích các kết quả thu được cho thấy cốt thép trong các mẫu bê tông đối chứng M200 không có dấu hiệu bị ăn mòn trong suốt thời gian thí nghiệm. Trong khi đó cốt thép trong các mẫu bê tông nhẹ, tùy theo chủng loại và khối lượng thể tích cũng như biện pháp xử lý cốt thép, bắt đầu có dấu hiệu bị ăn mòn từ tháng thứ 7 và ngày càng gia tăng

So sánh giá trị dòng ăn mòn trong các mẫu bê tông cùng chủng loại nhưng có khối lượng thể tích

khác nhau cho thấy khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ tăng khi tăng khối lượng thể tích. Nhận xét này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây của Alekseev S.H. và Moskvina V.M [1, 3] tiến hành trên bê tông nhẹ cốt liệu rỗng và bê tông khí.

Tại cùng một chu kỳ thí nghiệm các mẫu có khối lượng thể tích lớn hơn có dòng ăn mòn nhỏ hơn, Mức độ khác biệt dòng ăn mòn của các mẫu có khối

lượng thể tích khác nhau càng lớn khi thời gian lưu mẫu càng lớn. Đó là do khi thời gian lưu mẫu càng lớn, thì khả năng cốt thép trong mẫu bê tông có khối lượng thể tích nhỏ bị ăn mòn càng lớn, dẫn đến tăng đột biến dòng ăn mòn.

Sau 9 tháng theo dõi dòng ăn mòn của cốt thép không xử lý trong bê tông polystyrol D400 vượt qua mức $0,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ và đạt $0,88 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Dòng ăn mòn của cốt thép không xử lý trong bê tông polystyrol D700, D1000 sau 9 tháng lưu mẫu vẫn chưa vượt quá giới hạn $0,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$.

Tương tự như vậy, đối với bê tông khí, dòng ăn mòn cốt thép trong mẫu bê tông D700 với cốt thép không được xử lý sau 5 tháng lưu giữ đã vượt mức $0,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ và đến tháng thứ 9 đạt mức $17,66 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Mẫu này có giá trị tốc độ ăn mòn lớn nhất và bằng $205 \mu\text{m}/\text{yr}$. Trong khi đó, với D1000 giá trị dòng tương ứng tại tháng thứ 9 là $0,05 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, chứng tỏ chưa có dấu hiệu ăn mòn cốt thép.

Khối lượng thể tích của bê tông nhẹ có quan hệ mật thiết đến cấu trúc rỗng và độ hút nước của bê tông. Nhìn chung đối với một loại bê tông nhẹ, khi khối lượng thể tích càng nhỏ thì tỷ lệ lỗ rỗng càng lớn và độ hút nước càng cao. Khả năng tác nhân ăn mòn xâm nhập vào bê tông càng lớn. Mặt khác hơi nước cũng là điều kiện thiết yếu để xảy ra phản ứng oxy hoá khử gây ăn mòn kim loại. Do đó một trong những biện pháp bảo vệ cốt thép hữu hiệu là nâng cao khối lượng thể tích của bê tông bảo vệ.

Mỗi loại bê tông nhẹ có đặc điểm cấu trúc khác nhau và do đó tính chất cơ lý cũng như khả năng bảo vệ cốt thép của chúng cũng khác nhau. So sánh khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông polystyrol và bê tông khí cho thấy với cùng một khối lượng thể tích thì khả năng bảo vệ của bê tông polystyrol tốt hơn. Cốt thép trong mẫu bê tông khí D700 bắt đầu bị ăn mòn sau 5 tháng lưu giữ trong khi sau 9 tháng cốt thép trong bê tông polystyrol D700 vẫn chưa có dấu hiệu ăn mòn (dòng ăn mòn $0,05 \mu\text{A}/\text{cm}^2$).

Hơn nữa, khi cốt thép cùng được xử lý như nhau thì trong bê tông khí chúng cũng bị ăn mòn sớm hơn là trong bê tông polystyrol cùng khối lượng thể tích. Trong bê tông khí D700, cốt thép được xử lý bằng sơn ximăng hoặc sơn ximăng:

baralastic, bắt đầu bị ăn mòn sau 7 và 9 tháng. Đối với bê tông polystyrol, cốt thép xử lý theo hai cách trên và cả không xử lý đều không bị ăn mòn sau 9 tháng lưu mẫu.

Điều này có thể giải thích bởi sự khác biệt giữa cấu trúc của hai loại bê tông. Bê tông khí có cấu tạo bao gồm các lỗ rỗng được ngăn cách bằng vách hồ ximăng. Các lỗ rỗng này hình thành trong giai đoạn tạo hình dưới tác động của tác nhân gây nở. Tỷ lệ lỗ rỗng hở trong bê tông khí là khá lớn. Bề mặt của cốt thép trong bê tông khí không được bao bọc bởi màng hồ ximăng liên tục.

Khác với bê tông khí, phần rỗng trong bê tông polystyrol tạo nên bởi các hạt cốt liệu nhẹ có cấu trúc lỗ rỗng kín. Mặt khác hồ ximăng trong bê tông polystyrol có độ đặc chắc cao, không bị gián đoạn bởi các bọt khí. Trong quá trình đổ và đầm, hồ ximăng hình thành trên bề mặt cốt thép một lớp màng liên tục có tác dụng bảo vệ. Tuy nhiên, chiều dày của lớp ximăng bảo vệ này phụ thuộc rất lớn vào tỷ lệ hồ ximăng có trong bê tông, nói cách khác, phụ thuộc vào hệ số dư vữa của hỗn hợp hay khối lượng thể tích của bê tông.

Đánh giá khả năng bảo vệ cốt thép của các loại sơn phủ đã áp dụng cho thấy các biện pháp này làm chậm thời điểm bắt đầu xảy ra và làm chậm quá trình ăn mòn cốt thép. Trong bê tông polystyrol D400, sơn cốt thép bằng hồ ximăng+baralastic, barofer S làm giảm mật độ dòng ăn mòn tại tháng thứ 9 từ $0,88 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ xuống còn tương ứng $0,16$ và $0,01 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Tác dụng của sơn ximăng và sơn xi măng polimer trong trường hợp này thể hiện không rõ nét. Có thể đó là do khi tạo mẫu bê tông polystyrol bản thân cốt thép cũng đã được bao phủ bởi một lớp hồ ximăng.

Đối với bê tông khí, hiệu quả của lớp sơn bằng hồ ximăng thể hiện khá rõ khi làm giảm mật độ dòng ăn mòn cốt thép ở tháng thứ 9 từ $17,66 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ xuống còn $5,46 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Tốc độ ăn mòn cũng giảm từ $205 \mu\text{m}/\text{yr}$ xuống $64 \mu\text{m}/\text{yr}$. Khi sử dụng sơn ximăng+baralastic và barofer S, giá trị tương ứng là $1,75 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ và $0,08 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ đối với mật độ dòng ăn mòn, $20,3 \mu\text{m}/\text{yr}$ và $0,9 \mu\text{m}/\text{yr}$ đối với tốc độ ăn mòn. Điều này chứng tỏ hiệu quả cao của hai loại sơn này.

Hiệu quả bảo vệ cốt thép của lớp sơn phủ phụ thuộc vào bản chất của lớp sơn và độ thấm nước của nó. Sử dụng baralastic làm tăng độ cản nước của lớp sơn so với khi dùng polimer tạo dính hoặc không dùng phụ gia. Lớp barofer S có chứa tác nhân ức chế ăn mòn nên có tác dụng thụ động hoá bề mặt cốt thép. Trong số các lớp sơn, đây là loại cho hiệu quả cao nhất.

Do thời gian theo dõi hạn chế nên chưa tiến hành đánh giá kỹ được hiệu quả của các loại sơn phủ cốt thép trong khoảng thời gian lưu mẫu dài hơn. Nhưng qua các kết quả có được có thể sơ bộ đánh giá hiệu quả của các lớp sơn phủ theo thứ tự giảm tăng dần như sau hồ ximăng, hồ ximăng-polimer, hồ ximăng-baralastic, barofer S.

Trong vòng 9 tháng lưu giữ, cốt thép trong tất cả các mẫu bê tông polystyrol D700, D1000 và bê tông khí D1000 đều chưa có dấu hiệu ăn mòn. Giá trị tuyệt đối dòng ăn mòn đối với mỗi loại có khác biệt nhưng đều lớn hơn hoặc xấp xỉ mẫu đối chứng bê tông nặng M200.

Số liệu thí nghiệm trong 9 tháng đầu cho thấy, cốt thép trong bê tông polystyrol D400, bê tông khí D700 cần được bảo vệ bằng các biện pháp bổ sung. Trong đó biện pháp có hiệu quả cao là sơn phủ cốt thép bằng barofer S.

4. Kết luận

Khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ kém hơn so với bê tông thường. Khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông nhẹ phụ thuộc vào loại bê tông và khối lượng thể tích của bê tông. Khi tăng khối lượng thể tích khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông được cải thiện đáng kể. Với cùng khối lượng thể tích, bê tông polystyrol có khả năng bảo vệ cốt thép tốt hơn so với bê tông khí.

Cốt thép trong bê tông nhẹ có khối lượng thể tích dưới 700kg/m³ cần được bảo vệ chống ăn mòn bằng các biện pháp bổ sung như sơn phủ bề mặt.

Nghiên cứu ảnh hưởng của các lớp sơn phủ cho thấy khả năng bảo vệ của các lớp sơn phủ tăng

dần theo thứ tự hồ ximăng, hồ ximăng-polimer, hồ ximăng-baralastic, barofer S. Với lớp sơn phủ phù hợp, cốt thép trong bê tông nhẹ có thể duy trì được trạng thái thụ động như trong bê tông nặng thông thường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Алексеев С.Н., Степанова В.Ф (1981). Пути повышения коррозионной стойкости конструкций из легких бетонов. -Тез. Докл. сем. "Эффективные конструкции из легких бетонов". -М.
2. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н. (1980), Гусев Е.А. Коррозия бетона и железобетона - Методы их защиты. -М.: Стройиздат, -536с.
3. Trịnh Xuân Sén (2006). Ăn mòn và bảo vệ kim loại. NXB ĐH Quốc gia, Hà Nội, 183 tr.
4. Andrade, C. and González, J. A (1978). Quantitative measurements of corrosion rate of reinforcing steels embedded in concrete using polarization resistance measurements. *Materials and Corrosion, Volume 29, Issue 8, 515-519.*
5. Andrade C., Alonso C. et al (2004). Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method. *Materials and Structures. Volume 37, Nov., pp 623-643.*
6. Руководство по обеспечению сохранности арматуры в конструкциях из бетона на пористых заполнителях в агрессивных средах/ НИИЖБ. -М., 1979.
7. ASTM G59-97 (2014) Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurement.
8. ASTM G102-89 (2015) Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.

Ngày nhận bài: 27/11/2019.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 02/12/2019.