

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG ĐẾN KHẢ NĂNG HẠN CHẾ ĂN MÒN CỐT THÉP TRONG MÔI TRƯỜNG CLORUA

TS. NGUYỄN NGỌC TÂN

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, ba tổ mẫu thí nghiệm được chế tạo bằng các loại bê tông thường có cấp độ bền thiết kế lần lượt là B25, B40 và B50, và các thanh cốt thép có đường kính danh nghĩa 12 mm. Thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa đã được thực hiện trên các mẫu thí nghiệm trong 312 giờ để thu được một số mức độ ăn mòn khác nhau theo khối lượng của các thanh cốt thép, có giá trị trung bình thay đổi trong khoảng 1,6% đến 13,7%. Những kết quả thu được chỉ ra rằng bê tông bảo vệ có cường độ cơ học càng lớn thì khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép càng hiệu quả. Các mẫu chế tạo bằng bê tông B50 có tác dụng làm giảm rõ rệt mức độ ăn mòn cốt thép so với các mẫu chế tạo bằng bê tông B25.

Từ khóa: Bê tông cốt thép, cường độ chịu nén, ăn mòn cốt thép, mức độ ăn mòn, thí nghiệm gia tốc ăn mòn.

Abstract: In this study, three sets of concrete samples with the design strength classes of B25, B40 and B50 and steel rebars with a nominal diameter of 12 mm were placed in the middle of each sample. The accelerated corrosion test by electrochemical method was carried out on the tested samples in 312 hours with different corrosion rates to obtain the corroded steel bars with the average corrosion value from 1.6% to 13.7%. The results showed that the greater the design strength of concrete cover, the more less corrosion occurred on the steel reinforcement. The concrete samples with B50 class had a significant effect on reducing the corrosion of steel rebars in compared to those of B25 concrete class.

Keywords: Reinforced concrete, concrete compressive strength, reinforcement corrosion, corrosion level, accelerated corrosion test.

1. Mở đầu

Việt Nam là quốc gia có đường bờ biển dài 3260 km với nhiều đảo, quần đảo chạy dọc từ Bắc

vào Nam, với 29/63 tỉnh, thành phố tiếp giáp biển trong đó có nhiều đô thị lớn và quan trọng. Những điều kiện khí hậu môi trường ở nước ta có thể làm cho quá trình ăn mòn cốt thép trên các kết cấu công trình thực tế diễn ra nhanh hơn so với dự đoán. Một số đặc điểm về điều kiện khí hậu có thể kể ra đó là: (i) độ ẩm của không khí ở mức cao, dao động trung bình từ 75 – 80%; (ii) nhiệt độ vùng biển tương đối cao, trung bình trong khoảng 22,5 – 27,2 °C và tăng dần từ Bắc vào Nam; (iii) bức xạ mặt trời có cường độ tương đối cao, vùng ven biển nhận từ 100 – 150 kcal/cm²/năm, làm thúc đẩy quá trình bay hơi nước, mang theo các ion clorua vào trong không khí. Ngoài ra, độ mặn của vùng biển nước ta tương đương với các vùng biển trên thế giới, có độ mặn trung bình là 3,5% [1].

Cùng với quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, hệ thống cơ sở hạ tầng đã được đầu tư xây dựng và phát triển, trong đó có các công trình cầu đường, các công trình biển và ven biển. Nhiều công trình đã được xây dựng bằng kết cấu bê tông cốt thép và đều áp dụng theo quy phạm xây dựng thông thường, và ít quan tâm đến những yêu cầu về bảo vệ chống ăn mòn cốt thép. Đến nay, một số lượng lớn công trình bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi quá trình ăn mòn cốt thép sau một thời gian đưa vào sử dụng. Sự ăn mòn cốt thép gây ra những hư hỏng trên bề mặt kết cấu, lớp bê tông bảo vệ bị nứt và bong tróc, gây ảnh hưởng đến thẩm mỹ và kiến trúc của công trình. Đồng thời, những cốt thép bị ăn mòn cũng bị mất mát khối lượng, giảm tiết diện làm việc so với tính toán, gây nguy hiểm cho người và quá trình sử dụng, vận hành. Hình 1 giới thiệu một công trình thực tế bị xuống cấp và xuất hiện những hư hỏng do quá trình ăn mòn cốt thép. Các số liệu thu thập được cho thấy tần suất và các chi phí sửa chữa công trình cho những hư hỏng và xuống cấp do ăn mòn ngày một tăng cao [2]. Thực tế này đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc thực hiện các nghiên cứu liên

quan đến chủ đề ăn mòn cốt thép trên kết cấu công trình xây dựng. Tiêu chuẩn TCVN 9346:2012 [3] đã được ban hành nhằm quy định các yêu cầu

về thiết kế, vật liệu và thi công để đảm bảo các yêu cầu về chống ăn mòn đối với kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.



Hình 1. Công trình bị hư hỏng và xuống cấp do sự ăn mòn cốt thép [1]

Hai nguyên nhân chính gây ra sự ăn mòn cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép, đó là: (i) Sự cacbonat hóa bê tông do sự xâm nhập của khí CO_2 ; (ii) Sự xâm nhập của các ion clorua [2, 4]. Đối với nguyên nhân thứ nhất, khí CO_2 trong không khí xâm nhập vào trong kết cấu thông qua mạng lưới các lỗ rỗng và khe nứt của bê tông. Với sự có mặt của pha lỏng trong bê tông và các sản phẩm thủy hóa của xi măng, đặc biệt là $\text{Ca}(\text{OH})_2$, các phản ứng cacbonat hóa xảy ra tạo thành CaCO_3 . Độ pH của môi trường giảm từ khoảng 12,5 – 13,5 xuống xấp xỉ 9, dẫn đến sự phá vỡ lớp màng thụ động bảo vệ cốt thép. Đối với nguyên nhân thứ hai, nhờ có pha lỏng, các ion clorua xâm nhập vào trong kết cấu, làm thay đổi điều kiện môi trường bảo vệ của bê tông đối với cốt thép, dẫn đến thay đổi hình thái lớp màng thụ động, và từ đó thúc đẩy quá trình ăn mòn diễn ra trong kết cấu. Nghiên cứu này chỉ tập trung xem xét sự ăn mòn cốt thép do tác nhân là các ion clorua.

Trước đây, các nghiên cứu trong nước về hiện tượng ăn mòn chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp khảo sát để đánh giá hiện trạng kết cấu công trình và mức độ ăn mòn cốt thép, mà chưa làm rõ được ứng xử cơ học của kết cấu dưới tác động của quá trình ăn mòn cốt thép, cũng như độ bền vững của công trình. Thời gian gần đây, một số các nghiên cứu đã được thực hiện trong phòng thí nghiệm nhằm thiết lập mô hình thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa

[4], cho phép tạo ra được các kết cấu thí nghiệm với trạng thái ăn mòn cốt thép mong muốn trong thời gian ngắn hơn nhiều so với thực tế. Từ đó, các nghiên cứu thực nghiệm đã được tiến hành để kiểm tra lực bám dính giữa bê tông và cốt thép bị ăn mòn [5], phân tích sự làm việc chịu uốn của các kết cấu dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn [6]. Đồng thời, các nghiên cứu về mô hình hóa cũng đã được thực hiện nhằm dự đoán khả năng chịu lực còn lại của kết cấu bị ăn mòn [7].

Trong nghiên cứu này, các mẫu thí nghiệm đã được chế tạo bằng bê tông cốt thép, sử dụng các loại bê tông có cấp độ bền thiết kế B25, B40 và B50. Thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa đã được thực hiện trên các mẫu thí nghiệm trong cùng một thời gian và cùng các điều kiện môi trường (nhiệt độ, độ ẩm) với tác nhân gây ăn mòn là các ion clorua. Mức độ ăn mòn cốt thép được xác định thông qua khối lượng kim loại bị mất đi do ăn mòn. Các kết quả thí nghiệm thu được sẽ được phân tích để xác định sự ảnh hưởng của cường độ bê tông đến khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép.

2. Vật liệu sử dụng và mẫu thí nghiệm

2.1 Bê tông

Trong nghiên cứu này, các mẫu thí nghiệm được chế tạo bằng ba loại bê tông có cấp độ bền thiết kế lần lượt là B25, B40 và B50. Thành phần

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

cấp phối vật liệu của từng loại bê tông được trình bày chi tiết trong bảng 1. Các loại bê tông đều sử dụng cùng một nguồn gốc vật liệu, trong đó chất kết dính là xi măng PCB40, cát vàng sông Lô, cốt liệu lớn là đá xanh có đường kính lớn nhất là 20 mm. Đối với hai loại bê tông B40 và B50, do tỷ lệ nước/xi măng nhỏ nên trong thành phần cấp phối có bổ

sung thêm phụ gia siêu dẻo Viscocrete 30M-2000 để tăng tính công tác của bê tông. Hơn nữa, trong thành phần cấp phối của các loại bê tông, không sử dụng các loại phụ gia khoáng như tro bay, xỉ, muội silic... để hạn chế tối đa các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ ăn mòn cốt thép, và chỉ khảo sát yếu tố ảnh hưởng là cường độ chịu nén bê tông.

Bảng 1. Thành phần cấp phối của một m³ vật liệu bê tông

Cấp độ bền	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Đá dăm (kg)	Nước (lít)	Phụ gia (lít)	N/X
B25	477	596	1250	185	-	0,39
B40	510	720	1050	168	5,0	0,33
B50	550	750	980	154	6,5	0,28

Đối với mỗi loại bê tông, cường độ chịu nén thực tế được kiểm tra trên một tổ mẫu hình lập phương có kích thước 150x150x150 mm ở 28 ngày tuổi tuân theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:1993 [8]. Các kết quả thí nghiệm nén bê tông được tổng hợp trong bảng 2, bao gồm các chỉ tiêu

đó là: cường độ chịu nén trung bình (R_n , MPa), độ lệch chuẩn (s , MPa) và hệ số biến động (cv , %). Các kết quả thu được chỉ ra rằng các loại bê tông đều đạt yêu cầu về cấp độ bền thiết kế. Sự biến động về cường độ giữa các mẫu thí nghiệm trong cùng một tổ mẫu là tương đối nhỏ.

Bảng 2. Cường độ chịu nén của bê tông ở 28 ngày tuổi

Cấp độ bền	Cường độ trung bình R_n (MPa)	Độ lệch chuẩn s (MPa)	Hệ số biến động cv (%)
B25	34,1	1,3	3,7
B40	52,8	1,6	3,0
B50	65,9	1,6	2,4

2.2 Cốt thép

Cốt thép sử dụng là thép thanh vằn có đường kính danh nghĩa $d = 12$ mm và thuộc nhóm thép CB300-V theo tiêu chuẩn TCVN 1651-2:2008 [9]. Các mẫu thí nghiệm trong cùng một tổ mẫu sử dụng các đoạn cốt thép được cắt trên cùng một thanh thép, để đảm bảo chúng có cùng các đặc tính về cơ lý và hóa học. Trước khi tiến hành chế tạo mẫu thí nghiệm, các đoạn cốt thép đều được đo chiều dài với độ chính xác đến 0,1 mm và cân khối lượng thực tế với độ chính xác đến 0,1 gram.

2.3 Mẫu thí nghiệm

Các mẫu thí nghiệm có dạng hình trụ với các kích thước $D \times H = 150 \times 300$ mm. Ở chính giữa của mỗi mẫu thí nghiệm được đặt một thanh cốt thép có chiều dài khoảng 40 cm, cách đáy mẫu 50 mm. Đối

với mỗi mẫu thí nghiệm, chiều dài của thanh thép nằm trong bê tông là $l = 25$ cm. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ dọc theo thanh cốt thép là $a = 69$ mm, nhằm đảm bảo yêu cầu cấu tạo đối với các kết cấu chịu tác động của tác nhân gây ăn mòn theo tiêu chuẩn TCVN 9346:2012 [3]. Mỗi tổ mẫu gồm có 6 mẫu thí nghiệm được chế tạo trong cùng một mẻ trộn bê tông và được bảo dưỡng trong cùng điều kiện nhiệt độ và độ ẩm của phòng thí nghiệm. Trong nghiên cứu này, ba tổ mẫu đã được chế tạo sử dụng các loại bê tông có cấp độ bền lần lượt là B25, B40 và B50. Các tổ mẫu này sẽ được tiến hành thí nghiệm gia tốc ăn mòn điện hóa để xác định sự ảnh hưởng của cường độ chịu nén bê tông đến tốc độ ăn mòn cốt thép thông qua đại lượng khảo sát là khối lượng kim loại bị mất mát do ăn mòn.



Hình 2. Chế tạo các mẫu thí nghiệm

3. Thí nghiệm gia tốc ăn mòn điện hóa trên các mẫu bê tông cốt thép

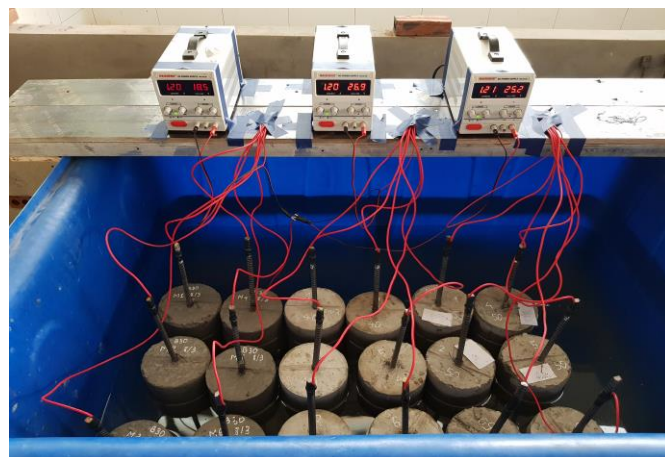
3.1 Mục đích thí nghiệm

Trong thực tế, dưới tác động của các tác nhân gây ra ăn mòn, quá trình ăn mòn cốt thép diễn ra chậm trên các kết cấu công trình thực tế, tính bằng đơn vị năm cho đến hàng chục năm. Trong nghiên cứu này, thí nghiệm gia tốc ăn mòn điện hóa được tiến hành trong phòng thí nghiệm trên các mẫu thử để thu được các mẫu bê tông cốt thép ở mức độ ăn mòn mong muốn trong thời gian tương đối ngắn tính bằng đơn vị ngày. Thời gian thí nghiệm được dự đoán dựa trên định luật Faraday và các hệ số điều chỉnh được chỉ ra trong nghiên cứu của Nguyễn Ngọc Tân và cộng sự [5]. Mức độ ăn mòn cốt thép được xác định thông qua khối lượng kim loại bị mất đi do ăn mòn. Những kết quả thí nghiệm cho phép phân tích khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép của lớp bê tông bảo vệ khi thay đổi cường độ chịu nén của nó.

3.2 Mô hình thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa được minh họa trong hình 3. Các mẫu thí nghiệm được ngâm trong dung dịch nước muối NaCl có nồng độ 3,5%, tương đương hàm lượng muối 35 gram/lít nước. Dung dịch này đóng vai trò là dung dịch chất điện ly, và mô tả môi trường nước biển Việt Nam, có nồng độ mặn tương đương. Mỗi tổ mẫu gồm 6 mẫu thí nghiệm được nối với một máy biến áp theo sơ đồ mạch điện song song. Máy biến áp có tác dụng biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều, hiệu điện thế có thể thay đổi trong khoảng 0 –

32 V, cường độ dòng điện có thể thay đổi trong khoảng 0 – 10 A. Cực dương của máy biến áp nối với các thanh thép của các mẫu thí nghiệm. Cực âm nối với một thanh đồng đặt trong dung dịch chất điện ly. Trong quá trình thực hiện thí nghiệm, tất cả các mẫu đều chịu cùng các điều kiện môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, tác nhân gây ăn mòn là nước muối biển.



Hình 3. Mô hình thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa

3.3 Quy trình thí nghiệm

Thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép được tiến hành trên các mẫu thí nghiệm theo quy trình gồm các bước cơ bản như sau:

Bước 1: Tại thời điểm bê tông đạt 28 ngày tuổi, các mẫu thí nghiệm được cho vào bể đựng dung dịch nước muối biển NaCl. Mục nước cách mép trên của mẫu khoảng 1 cm để phần thanh thép ở phía trên của mẫu (nằm ngoài bê tông) không tiếp xúc trực tiếp với nước muối. Tất cả các mẫu được ngâm ngập trong nước trong thời gian 48 giờ để bê tông đạt trạng thái bão hòa nước. Mục đích của bước này là làm cho tất cả các mẫu thí nghiệm có cùng một trạng thái bão hòa nước.

Bước 2: Tiến hành kết nối các mẫu thí nghiệm với máy biến áp theo sơ đồ trong hình 3. Mỗi máy biến áp được nối với một tổ mẫu. Bật máy biến áp để xác định cường độ dòng điện ban đầu có thể đạt được. Trong nghiên cứu này, cường độ dòng điện trên máy biến áp được chọn là $I = 1,2A$, là cường độ tổng trên 6 mẫu thí nghiệm. Do đó, cường độ dòng điện trên mỗi thanh thép là 0,2 A. Máy biến áp tự động thay đổi hiệu điện thế để luôn luôn duy trì

cường độ dòng điện không thay đổi trong suốt quá trình thí nghiệm.

Bước 3: Tiến hành thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng cách duy trì cường độ dòng điện trên máy biến áp tác dụng lên từng tổ mẫu. Đồng thời, các mẫu thí nghiệm thường xuyên được quan sát bằng mắt thường để xác định thời điểm mẫu bắt đầu xuất hiện các vết nứt do ăn mòn. Chu kỳ quan sát được thực hiện sau mỗi 6 giờ vào ban ngày và 12 giờ vào ban đêm.

Bước 4: Trong nghiên cứu này, sau tổng thời gian thí nghiệm ăn mòn điện hóa là 312 giờ (tương đương 13 ngày). Các mẫu thử bê tông cốt thép được lấy ra khỏi bể thí nghiệm và tiến hành đập vỡ để lấy các thanh thép bị ăn mòn. Các mẫu thép

được tẩy rửa sạch gỉ sắt bằng dung dịch chuyên dụng theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn ASTM G1-03 [10] và tiến hành cân để xác định khối lượng kim loại còn lại sau khi bị ăn mòn. Thanh thép chỉ bị ăn mòn trên đoạn nằm trong bê tông và tiếp xúc với dung dịch chất điện ly.

3.4 Kết quả ăn mòn cốt thép

Hình 4 giới thiệu trạng thái của các mẫu thí nghiệm sau khi bị ăn mòn điện hóa. Cốt thép chỉ bị ăn mòn trên đoạn nằm trong bê tông và tiếp xúc với dung dịch chất điện ly. Khi kết thúc thí nghiệm, vết nứt bê tông dọc theo chiều dài thanh thép xuất hiện trên tất cả các mẫu thí nghiệm, nhưng lớp bê tông bảo vệ chưa bị bong tách khỏi cốt thép. Các sản phẩm ăn mòn như gỉ sắt xuất hiện trên bề mặt mẫu.



Hình 4. Các mẫu thí nghiệm sau khi bị ăn mòn điện hóa

Mức độ ăn mòn của cốt thép, ký hiệu c (%), được xác định theo công thức (1), trong đó: m_1 (g) là khối lượng của thanh thép trước khi ăn mòn, m_2 (g) là khối lượng của thanh thép sau khi bị ăn mòn, m_0 là khối lượng trước khi ăn mòn của đoạn thép nằm trong bê tông có chiều dài $l = 25$ cm, Δm (g) là khối lượng kim loại bị mất đi do ăn mòn. Do thanh thép chỉ bị ăn mòn trên đoạn nằm trong bê tông, nên mức độ ăn mòn chỉ được tính toán cho đoạn thép này. Giá trị c thay đổi trong khoảng từ 0 – 100%, giá trị càng lớn thì cốt thép bị ăn mòn càng nhiều.

$$c(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_0} = \frac{\Delta m}{m_0} \quad (1)$$

(a) Đối với các mẫu thí nghiệm sử dụng bê tông B25

Các mẫu thí nghiệm chế tạo bằng bê tông B25 được ký hiệu từ M1 đến M6. Các kết quả đo khối lượng thanh thép trước và sau khi bị ăn mòn được tổng hợp trong bảng 3. Những kết quả thu được chỉ ra rằng các mẫu cốt thép bị ăn mòn ở mức độ từ 11,1% đến 17,5%. Đối với tổ mẫu này, mức độ ăn mòn cốt thép có giá trị trung bình là $c = 13,7\%$, với một hệ số biến động là $cv = 18,4\%$.

Bảng 3. Mức độ ăn mòn cốt thép trong các mẫu sử dụng bê tông B25

Mẫu TN	m_0 (g)	m (g)	Δm (g)	c (%)
M1	367,0	328,5	38,5	17,5
M2	355,5	323,5	32,0	14,5
M3	360,5	336,0	24,5	11,1
M4	363,0	337,5	25,5	11,6
M5	356,0	329,5	26,5	12,0
M6	360,5	326,5	34,0	15,5

(b) Đối với các mẫu thí nghiệm sử dụng bê tông B40

Bảng 4 tổng hợp kết quả đo đặc khối lượng các thanh thép trước và sau khi bị ăn mòn điện hóa đối với các mẫu thí nghiệm chế tạo bằng bê tông B40, được ký hiệu từ M7 đến M12. Những kết quả thu

được chỉ ra rằng mức độ ăn mòn cốt thép của các mẫu thí nghiệm này có giá trị trong khoảng 7,0% đến 9,3%. Mức độ ăn mòn cốt thép có giá trị trung bình là $c = 7,9\%$, với một hệ số biến động là $cv = 11,0\%$.

Bảng 4. Mức độ ăn mòn cốt thép trong các mẫu sử dụng bê tông B40

Mẫu TN	m_0 (g)	m (g)	Δm (g)	c (%)
M7	359,5	342,0	17,5	8,0
M8	366,5	350,5	16,0	7,3
M8	361,0	345,0	16,0	7,3
M10	361,0	340,5	20,5	9,3
M11	361,0	342,5	18,5	8,4
M12	365,5	350,0	15,5	7,0

(c) Đối với các mẫu thí nghiệm bằng bê tông B50

Bảng 5 giới thiệu kết quả đo đặc khối lượng các thanh thép trước và sau khi bị ăn mòn điện hóa đối với các mẫu thí nghiệm chế tạo bằng bê tông B50, được ký hiệu từ M13 đến M18. Những kết quả thu được chỉ ra rằng mức độ ăn mòn cốt

thép của các mẫu thí nghiệm này có giá trị trong khoảng 0,7% đến 2,7%. Mức độ ăn mòn cốt thép có giá trị trung bình là $c = 1,6\%$, với một hệ số biến động là $cv = 51,0\%$. Đối với tổ mẫu này, mức độ ăn mòn cốt thép là rất biến động giữa các mẫu thí nghiệm.

Bảng 5. Mức độ ăn mòn cốt thép trong các mẫu sử dụng bê tông B50

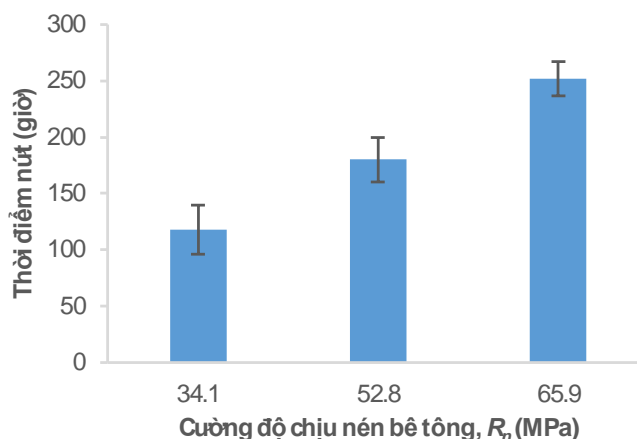
Mẫu TN	m_0 (g)	m (g)	Δm (g)	c (%)
M13	365,5	364,0	1,5	0,7
M14	363,0	359,0	4,0	1,8
M15	366,0	364,5	1,5	0,7
M16	362,5	356,5	6,0	2,7
M17	363,5	360,0	3,5	1,6
M18	357,0	352,0	5,0	2,3

4. Phân tích kết quả

4.1 Ảnh hưởng của cường độ chịu nén bê tông đến thời điểm nứt do ăn mòn

Bê tông là vật liệu có cấu trúc ba pha, bao gồm pha rắn, pha lỏng và pha khí. Các ion clorua từ môi trường xâm nhập vào trong bê tông thông qua hệ thống lỗ rỗng hoặc các vết nứt (nếu có) tồn tại trên bề mặt cấu kiện. Quá trình ăn mòn do clorua làm phá hủy lớp màng thụ động bảo vệ cốt thép, hình thành các sản phẩm ăn mòn là oxit sắt và hydroxit sắt có thể tích phân tử lớn hơn nguyên tử sắt. Sự hình thành các sản phẩm ăn mòn gây ra sự trương nở thể tích, dẫn đến xuất hiện ứng suất kéo trong bê tông. Khi ứng suất kéo sinh ra vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông thì lớp bê tông bảo vệ cốt thép bắt đầu bị nứt. Các vết nứt làm tăng sự xâm nhập của ion clorua vào trong kết cấu và tăng tốc độ ăn mòn. Ở mức độ ăn mòn lớn, sự bám dính giữa cốt thép và bê tông bị phá hủy, có thể dẫn đến sự bong tróc lớp bê tông bảo vệ.

Sự xuất hiện vết nứt bê tông do ăn mòn chỉ được xác định theo phương pháp thử công bằng cách quan sát bề mặt của các mẫu thử trong quá trình thực hiện thí nghiệm ăn mòn điện hóa. Vết nứt do ăn mòn thường xuất hiện theo chiều cao của mẫu, dọc theo chiều dài của thanh cốt thép. Thời điểm xuất hiện vết nứt được ghi nhận cho từng mẫu thử. Đối với mỗi tổ mẫu, thời điểm xuất hiện vết nứt là giá trị trung bình của sáu mẫu được chế tạo trong cùng một mẻ trộn và cùng cường độ chịu nén.

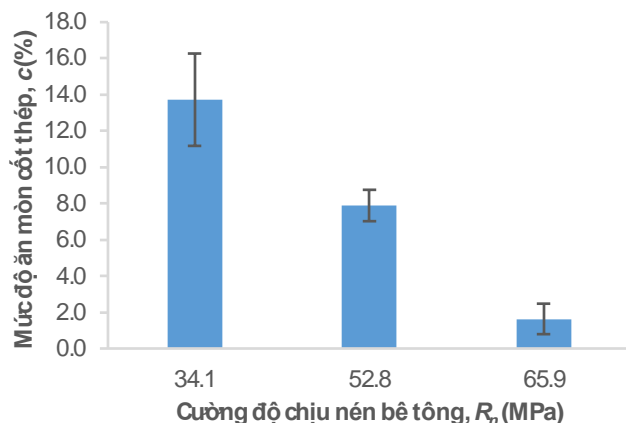


Hình 5. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén bê tông và thời điểm nứt do ăn mòn

Hình 5 giới thiệu kết quả về mối quan hệ giữa cường độ chịu nén bê tông và thời điểm nứt do ăn mòn. Đối với các mẫu thử của bê tông B25 ($R_n = 34,1$ MPa), thì thời điểm nứt được xác định có giá trị trung bình là 118 giờ với hệ số biến động bằng 18,6% giữa các mẫu thử. Đối với các mẫu thử của bê tông B40 ($R_n = 52,8$ MPa), thì thời điểm nứt có giá trị trung bình là 180 giờ với hệ số biến động bằng 11,1% giữa các mẫu thử. Trong khi đó, các mẫu thử của bê tông B50 ($R_n = 65,9$ MPa) thì thời điểm nứt có giá trị trung bình là 252 giờ với hệ số biến động bằng 6,0%. Như vậy, những kết quả thu được chỉ ra rằng nếu các mẫu BTCT có cùng chiều dày lớp bê tông bảo vệ thì thời điểm nứt bê tông do ăn mòn tăng khi cường độ chịu nén tăng. Hơn nữa, thời điểm nứt có hệ số biến động lớn hơn trên các mẫu thử có cường độ bê tông thấp hơn.

4.2 Ảnh hưởng của cường độ chịu nén bê tông đến mức độ ăn mòn cốt thép

Từ những kết quả thu được, mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của lớp bê tông bảo vệ và mức độ ăn mòn cốt thép đã được thiết lập như trong hình 6. Khi cấp độ bền của bê tông tăng từ B25 lên B40, tương ứng với cường độ chịu nén tăng từ 34,1 MPa lên 52,8 MPa, thì mức độ ăn mòn cốt thép giảm từ $c = 13,7\%$ xuống 7,9%, nghĩa là giảm khoảng 1,73 lần. Khi sử dụng bê tông có cấp bền B50, tương ứng với cường độ chịu nén là 62,9 MPa thì khả năng hạn chế sự ăn mòn cốt thép tăng lên rất đáng kể, mức độ ăn mòn cốt thép giảm rõ rệt, xuống giá trị $c = 1,6\%$, tương đương với mức giảm khoảng 8,56 lần.



Hình 6. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén bê tông và mức độ ăn mòn cốt thép

Trong cùng một thời gian chịu tác động của tác nhân gây ăn mòn là các ion clorua, lớp bê tông bảo vệ có cường độ cơ học càng cao thì càng có khả năng hạn chế sự ăn mòn xảy ra trên các thanh cốt thép. Như vậy, đối với các kết cấu chế tạo bằng bê tông có cấp độ bền trong khoảng B25 đến B50 và cốt thép bị ăn mòn nhỏ hơn 16%, thì mối quan hệ giữa mức độ ăn mòn cốt thép và cường độ chịu nén của bê tông là gần tuyến tính. Những kết quả này có thể được giải thích bởi hai nguyên nhân sau đây:

- Khi cường độ cơ học tăng (cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo) thì cấu trúc vật liệu của bê tông càng đặc chắc, độ rỗng giảm, làm hạn chế quá trình xâm nhập của tác nhân gây ăn mòn là các ion clorua;
- Trên các mẫu bê tông có cường độ thấp hơn thì các vết nứt do sự trương nở thể tích của các sản phẩm ăn mòn xuất hiện sớm hơn. Vết nứt xuất hiện càng sớm thì quá trình ăn mòn diễn ra càng nhanh do cốt thép tiếp xúc trực tiếp với tác nhân gây ra ăn mòn.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, thí nghiệm gia tốc ăn mòn cốt thép bằng phương pháp điện hóa đã được thực hiện trên các mẫu bê tông cốt thép được chế tạo bằng ba loại bê tông có cấp độ bền nén lần lượt là B25, B40 và B50. Mức độ ăn mòn cốt thép được xác định thông qua khối lượng kim loại bị mất mát do ăn mòn. Sau khoảng thời gian 312 giờ tiến hành thí nghiệm gia tốc ăn mòn, các thanh cốt thép trong các mẫu thí nghiệm có mức độ ăn mòn trung bình lần lượt là 13,7%, 7,9% và 1,6% tương ứng với cường độ chịu nén của bê tông là 34,1, 52,8 và 65,9 MPa. Những kết quả thực nghiệm thu được chỉ ra rằng bê tông bảo vệ có cường độ cơ học càng lớn thì khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép càng hiệu quả. Các mẫu chế tạo bằng bê tông B50 có tác dụng làm giảm rõ rệt mức độ ăn mòn cốt thép so với các mẫu chế tạo bằng bê tông B25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cao Duy Tiến, Phạm Văn Khoan, Lê Quang Hùng và ctv (2003). Báo cáo tổng kết dự án KT – KT chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông và BTCT vùng biển, Viện KHCN Xây dựng, 11.

2. Ollivier J. P., Vichot A. (2008). La durabilité des bétons: bases scientifiques pour la formulation de bétons durables dans leur environnement. *Presses des Ponts*, 844 p.
3. TCVN 9346:2012. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển.
4. Nguyễn Ngọc Tân (2018). Nghiên cứu thiết lập mô hình thí nghiệm đẩy nhanh tốc độ ăn mòn cốt thép trong bê tông phục vụ đánh giá độ bền vững công trình biển đảo. *Đề tài cấp trường trọng điểm, mã số 150-2017/KHXD-TĐ, Trường Đại học Xây dựng, tháng 7.*
5. Nguyễn Ngọc Tân, Trần Anh Dũng, Nguyễn Công Thế, Trịnh Bá Tuấn, Lương Tuấn Anh (2018). Nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép đến ứng suất bám dính giữa bê tông và cốt thép. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 12 (6): 29-38.
6. Nguyen Ngoc Tan, Nguyen Dang Nguyen (2019). An experimental study on flexural behavior of corroded reinforced concrete beams using electrochemical accelerated corrosion metho. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, 13 (1): 1-11.
7. Nguyễn Đăng Nguyên, Nguyễn Ngọc Tân (2019). Dự báo khả năng chịu lực còn lại của cột BTCT chịu nén lệch tâm phẳng có cốt thép dọc bị ăn mòn. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 13 (2V): 53-62.
8. TCVN 3118:1993. Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén của bê tông.
9. TCVN 1651-2:2008. Thép cốt bê tông – Phần 2: Thép thanh vằn.
10. ASTM G1-03 (2017). Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens. *ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.*

Ngày nhận bài: 18/6/2020.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 12/8/2020.

Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của cường độ bê tông đến khả năng hạn chế ăn mòn cốt thép trong môi trường clorua