

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĂN MÒN TRONG KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP VÀ GIẢI PHÁP CHỐNG ĂN MÒN CHO CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC THÀNH ĐÔNG

Hoàng Văn Biên^{1*}

¹Trường đại học Thành Đông

*Tác giả liên hệ: bienhv@thanhdong.edu.vn

TÓM TẮT

Trong kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), cốt thép được bảo vệ bởi lớp bê tông bao quanh, giúp hình thành màng thụ động chống oxy hóa. Tuy nhiên, dưới tác động lâu dài của môi trường xâm thực như ion chloride, CO₂, độ ẩm cao, sulfate và biến động nhiệt độ, lớp bảo vệ này có thể suy giảm, dẫn đến ăn mòn cốt thép. Tại Trường Đại học Thành Đông, nhiều công trình xây dựng mới được triển khai và chịu ảnh hưởng của khí hậu đặc trưng Hải Phòng – vùng nhiệt đới gió mùa với mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều và mùa đông lạnh, ít mưa. Nhiệt độ trung bình năm từ 23–30°C, độ ẩm cao (78–87%) cùng với hơi nước từ sông Bắc Hưng Hải làm gia tăng nguy cơ ăn mòn trong kết cấu BTCT. Do đó, việc nghiên cứu ảnh hưởng của ăn mòn và đề xuất giải pháp phù hợp là cần thiết. Sử dụng phụ gia khoáng nhằm tăng khả năng chống thấm, chống xâm thực, hạn chế nứt và nâng cao độ bền là giải pháp hiệu quả, góp phần kéo dài tuổi thọ công trình và giảm chi phí bảo trì, sửa chữa.

Từ khóa: Ăn mòn, kết cấu bê tông cốt thép, công trình xây dựng, Trường Đại học Thành Đông.

STUDY ON CORROSION EFFECTS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND ANTI-CORROSION SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION PROJECTS AT THANH DONG UNIVERSITY

ABSTRACT

In reinforced concrete (RC) structures, steel reinforcement is protected by the surrounding concrete cover, which forms a passive film that prevents oxidation. However, under prolonged exposure to aggressive environments such as chloride ions, CO₂, high humidity, sulfates, and temperature fluctuations, this protective layer may deteriorate, leading to reinforcement corrosion. At Thanh Dong University, many new construction projects have been implemented and are affected by the typical climate of Hai Phong a tropical monsoon region with hot, humid summers and heavy rainfall, and cold, dry winters. The average annual temperature ranges from 23°C to 30°C, and the high humidity (78–87%), together with moisture from the Bac Hung Hai River, increases the risk of corrosion in RC structures. Therefore, studying the effects of corrosion and proposing appropriate solutions is necessary. The use of mineral admixtures to enhance impermeability, improve resistance to aggressive agents, limit cracking, and increase durability is considered an effective solution, contributing to extending the service life of structures and reducing maintenance and repair costs.

Keywords: Corrosion; reinforced concrete structures; construction works; Thanh Dong University.

Ngày nhận bài: 23/10/2025 Ngày nhận bài sửa: 31/12/2025 Ngày duyệt đăng bài: 06/01/2026

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ăn mòn cốt thép làm hư hỏng kết cấu BTCT là vấn đề khá phổ biến trong xây dựng,

Tốc độ ăn mòn làm hư hỏng công trình diễn ra khá nhanh, một số công trình có tuổi thọ trên 30 năm đã bị hư hỏng nặng sau 20-25 năm sử dụng, thậm chí sau 10-15 năm sử dụng. Chi phí

cho việc sửa chữa khắc phục chiếm 30-70% mức đầu tư xây dựng công trình. Trong môi trường xâm thực, hiện tượng ăn mòn cốt thép và bê tông dẫn đến làm rạn nứt và phá hủy kết cấu BTCT, làm BTCT sớm bị hư hỏng, không đảm bảo tuổi thọ công trình.

Khi cốt thép bị ăn mòn, nó có ảnh hưởng kép đến ứng xử cơ học của kết cấu: làm giảm khả năng chịu lực do diện tích cốt thép bị giảm so với bố trí ban đầu; làm giảm độ cứng của cấu kiện do giảm diện tích cốt thép và giảm lực dính giữa bê tông và cốt thép; làm giảm độ võng khi kết cấu bị phá hoại. Do đó việc nghiên cứu ảnh hưởng của việc ăn mòn cốt thép tới sự làm việc của kết cấu bê tông cốt thép là rất cần thiết. Trường Đại học Thành Đông được thành lập năm 2009, trong những năm gần đây cùng với sự phát triển mạnh mẽ của nhà trường, số lượng sinh viên theo học ngày càng tăng việc xây dựng các công trình ngày càng nhiều. Các công trình đã xây dựng trong trường Đại học Thành Đông nằm trong điều kiện thời tiết của TP Hải Phòng, do điều kiện thời tiết thay đổi thất thường, nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa được chia thành 4 mùa rõ rệt Xuân, Hạ, Thu, Đông với mùa đông lạnh, ít mưa và mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều. Nhiệt độ trung bình hàng năm của tỉnh giao động trong khoảng từ 23 đến 30 độ C. Độ ẩm không khí khá cao từ 78 đến 87%, Lượng mưa trung bình 1 năm khoảng 1300 đến 1700 mm, thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 9 và mưa nhiều nhất vào tháng 8. Với sự thay đổi của thời tiết các công trình nằm trong trường Đại học Thành Đông dễ bị ăn mòn cốt thép. Trong khi tại thành phố Hải Phòng các đề tài nghiên cứu về ăn mòn bê cốt thép còn hạn chế nhất là trong môi trường thời tiết đặc trưng cho tỉnh. Để tăng độ bền và tuổi thọ cho công trình, hạn chế việc duy tu sửa chữa thì việc lựa chọn biện pháp phòng chống ăn mòn cho các công trình xây dựng là rất cần thiết nhất là các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông.

2. MỤC TIÊU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

- Mục tiêu tổng quát:

Nghiên cứu ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép đến sự làm việc của kết cấu bê tông cốt thép và đề xuất giải pháp chống ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép cho các công trình xây dựng tại trường đại học Thành Đông.

- Mục tiêu cụ thể:

+ Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng ăn mòn đến lực dính giữa bê tông và cốt thép.

+ Đánh giá ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép trên một số bộ phận công trình xây dựng.

+ Thực nghiệm lực bám dính giữa cốt thép và bê tông được thử nghiệm ở các tuổi 20, 30, 40, 50, 60 ngày tại phòng thí nghiệm.

+ Đề xuất giải pháp chống ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép cho các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp khảo sát từ các công trình đã xây dựng tại trường Đại học Thành Đông về các hư hỏng và ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép, phân tích đánh giá các hư hỏng và ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép của các công trình đã khảo sát. Phương pháp phân tích các tài liệu, số liệu liên quan, thu thập các thông tin, tài liệu liên quan đến ăn mòn cốt thép; tình hình ăn mòn các kết cấu bê tông cốt thép tại Việt Nam và thế giới. Phương pháp thí nghiệm về nội dung nghiên cứu:

- Thí nghiệm: Thí nghiệm về lực dính bám giữa cốt thép và bê tông

Thí nghiệm sử dụng 10 tổ mẫu BTCT (mỗi tổ 3 mẫu) được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022, khuôn mẫu hình lập phương có kích thước 150x150x150mm. cường độ của bê tông thiết kế (35Mpa), chúng ta tiến hành đúc mẫu thử cường độ. Lực bám dính giữa cốt thép và bê tông được thử nghiệm ở các tuổi 20, 30, 40, 50, 60 ngày tại phòng thí nghiệm công trình. Khi kéo trục của cốt thép trùng với trục của máy kéo, gia tải với tốc độ

500N/s cho đến khi cốt thép trượt hoàn toàn khỏi bê tông.

- Thí nghiệm giải pháp chống ăn mòn kết cấu BTCT bằng cách sử dụng phụ gia khoáng

Bê tông cốt thép thông thường: Cấp phối đối chứng 1 (ĐC1) chất kết dính chỉ gồm xi măng.

Bê tông cốt thép sử dụng phụ gia khoáng: Chất kết dính (CKD) bao gồm xi măng và silica fume (SF) (với cấp phối số 1 và 2), chất kết dính bao gồm xi măng, silica fume (SF) và tro bay (FA) (với cấp phối số 3 và 4); chất kết dính bao gồm xi măng xi lò cao hạt hóa nghiền mịn (GGBFS) và silica fume (SF)

Phương pháp xử lý, phân tích số liệu: Số liệu, kết quả thí nghiệm được phân tích sử dụng phần mềm Microsoft Excel lập bảng biểu sơ đồ để phân tích so sánh và đưa ra kết luận



Hình 3.1. Ngâm nước muối tạo gỉ thép



Hình 3.2. Mẫu thí nghiệm

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Thí nghiệm: Thí nghiệm sử dụng 10 tổ mẫu BTCT (mỗi tổ 3 mẫu) được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022, khuôn mẫu hình lập phương có kích thước 150x150x150mm. Các tổ mẫu kí hiệu MA, MB, MC, MD tương ứng với các mẫu thử BTCT có mức độ gỉ là A, B, C, D. Chế tạo mẫu thử: Để có cường độ của bê tông như thiết kế (35Mpa), tiến hành đúc mẫu thử cường độ chia hỗn hợp bê tông vào trong khuôn thành 3 lớp. Sau đó dùng 1 thanh thép ϕ 16 có chiều dài

khoảng 60cm chọc đều vào từng lớp. Lớp đầu tiên chọc sâu đến gần đáy, lớp thứ 2 chọc sâu gần vào lớp thứ 1, cứ thế cho đến lớp cuối cùng. Sau đó ta cho khuôn lên bàn rung, cho đen khi bọt khí lớn thoát hết ra, sau đó ta dùng bay gạt phần thừa và làm phẳng bề mặt mẫu. Sau khi đổ bê tông thì sau khoảng 24h-48h ta có thể tháo khuôn mẫu và bảo dưỡng mẫu ở nhiệt độ 27 ± 2 oC và độ ẩm là từ 95-100% cho đến ngày thử mẫu.



Hình 3.3. Mẫu bê tông cốt thép thí nghiệm



Hình 3.4. Mẫu sau khi kéo

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Kết quả thí nghiệm có:

$$R_n = k \cdot \frac{P}{F} = 1,2 \cdot \frac{4.P}{\pi \cdot d^2} = 49(Mpa)$$

Ta thấy kết quả trên là đạt cường độ so với thiết kế đề ra. Ta bắt đầu tiến hành đúc các tổ hợp mẫu MA, MB, MC, MD tương ứng với các mẫu BTCT sử dụng có mức độ gỉ loại A, B, C, D với trình tự tương tự như quá trình đúc mẫu thử theo các tuổi thí nghiệm 20, 30, 40, 50, 60 ngày. Quá trình nén mẫu thử để xác định cường độ thiết kế: Tiến hành thử: Lực bám dính giữa

cốt thép và bê tông được thử nghiệm ở các tuổi 20, 30, 40, 50, 60 ngày tại phòng thí nghiệm LAS-XD 26.06 thuộc trung tâm giám định chất lượng xây dựng của sở Xây Dựng Hải Phòng. Khi kéo trục của cốt thép trùng với trục của máy kéo, gia tải với tốc độ 500N/s cho đến khi cốt thép trượt hoàn toàn khỏi bê tông.

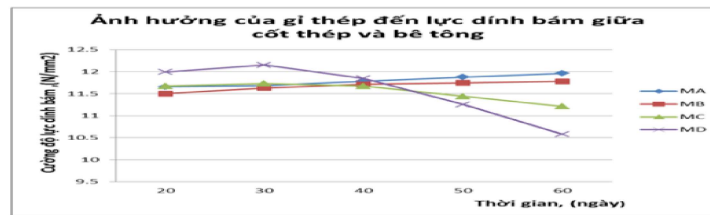
Kết quả thí nghiệm: MA, MB, MC, MD là các mẫu bê tông cốt thép với mức độ gỉ thép loại A, B, C, D. Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của gỉ thép đến lực bám dính giữa bê tông và cốt thép được trình bày trên bảng và trên đồ thị:

Bảng 3.1. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của gỉ thép đến lực dính bám giữa cốt thép và bê tông

TT	Kí hiệu mẫu	Cường độ dính bám giữa cốt thép và bê tông, N/mm ²				
		20 ngày	30 ngày	40 ngày	50 ngày	60 ngày
1	MA	11.655689	11.679	11.784111	11.878384	11.961533
2	MB	11.502473	11.629	11.710403	11.745534	11.780771
3	MC	11.673632	11.732	11.67334	11.439873	11.211076
4	MD	11.994077	12.15	11.84625	11.253938	10.578701

(Ghi chú: MA, MB, MC, MD là các mẫu bê tông cốt thép với mức độ gỉ thép loại A, B, C, D)

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả



Hình 3.5. Đồ thị ảnh hưởng của gỉ thép tới lực bám dính giữa cốt thép và bê tông

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Trên cơ sở trình bày trong bảng 3.1 và hình 3.5 có thể rút ra một số nhận xét sau: Đối với mẫu kí hiệu MA: Theo kết quả thí nghiệm ở tuổi mẫu từ 20 -60 ngày cho ta thấy khi sử dụng cốt thép chưa bị gỉ thì lực dính bám của cốt thép và bê tông có xu hướng tăng dần theo thời gian. Lực bám dính ở tuổi 60 ngày so với tuổi 20 ngày khoảng 2.62%.

Đối với mẫu kí hiệu MB: Lực bám dính giữa cốt thép và bê tông cũng có xu hướng tăng dần theo thời gian nhưng cùng độ tuổi thí nghiệm đều có giá trị thấp hơn so với mẫu MA.

Đối với mẫu kí hiệu MC: Trong phạm vi các khoảng độ tuổi thí nghiệm nhận thấy lực

bám dính giữa cốt thép và bê tông tăng tới 30 ngày tuổi sau đó lực bám dính có xu hướng giảm xuống rõ rệt. Trong đó ở độ tuổi 20 và 30 ngày lực bám dính của mẫu MC cao hơn so với mẫu MA, còn ở các độ tuổi 40,50 và 60 ngày giảm xuống liên tục

Đối với mẫu kí hiệu MD: có hiện tượng tăng và giảm lực bám dính giữa cốt thép và bê tông tương tự như mẫu MC. Chỉ khác một điều là thời gian 30 ngày đầu cao hơn mẫu MC, có thể giải thích là do cốt thép gỉ loại D có rất nhiều gỉ vảy dày tạo ra nhiều gai thép hơn so với mẫu MC nên có tác dụng tăng lực bám dính ở thời kì đầu nhưng lại gây hậu quả xấu hơn ở thời gian sau này. Đặc biệt hiện tượng giảm lực

bám dính sau 30 ngày có xu hướng xảy ra nhanh và mạnh hơn so với mẫu MC.

3.2. Khảo sát hiện trạng các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông

3.2.1. Khảo sát hiện trạng nhà hiệu bộ A

3.2.1.1. Hiện trạng công trình

Qua quan sát mặt tiền, các cột, dầm, trần mái hiên, tường bao quanh tầng 1-3 của Nhà



Hình 3.6. Nứt tại tường cột đứng nhà hiệu bộ A



Hình 3.8 Nứt và gỉ sét tại khu vực lắp điều hòa nhà hiệu bộ A

Trần mái hiên sảnh: Có nhiều vết nứt rạn ngang – dọc, kèm theo mảng sơn bong, vết hoen ố màu nâu → biểu hiện nước thấm kéo dài. Một số vị trí vết nứt sâu, có khả năng ảnh hưởng lớp bê tông bảo vệ. Khu vực lắp đặt máy điều hòa: Gỉ sét xuất hiện quanh giá đỡ kim loại và các vị trí ống xả → nước thải từ điều hòa góp phần làm ẩm liên tục bề mặt tường. Xuất hiện vết rỉ sét chảy dài, cho thấy có khả năng ăn mòn cốt thép bên trong tại khu vực tiếp giáp. Khu vực mặt sau cầu thang tầng 2-3 nhà hiệu bộ A: Xuất hiện vết nứt kéo dài, lan rộng, có xu hướng phát triển theo chiều cao mép tường. Màu sơn bong tróc hoen ố, rêu mốc bám

hiệu bộ, kết cấu chính: Bê tông cốt thép kết hợp với tường xây, kết cấu phụ trợ ta thấy tường và cột đứng xuất hiện vết nứt chân chim và nứt đứng theo phương thẳng đứng dọc theo vị trí các cột chịu lực. Một số vết nứt kéo dài, lan rộng, có xu hướng phát triển theo chiều cao cột. Màu sơn bong tróc, rêu mốc bám quanh các đường nứt → dấu hiệu của thấm nước



Hình 3.7. Vết nứt sâu và loang lổ tại mái hiên sảnh nhà hiệu bộ A

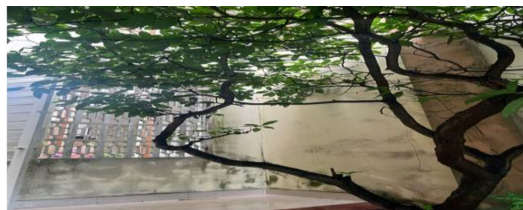


Hình 3.9. Mặt tường sau cầu thang tầng 2-3 nhà hiệu

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

quanh các đường nứt → dấu hiệu của thấm nước và ăn mòn bê tông cốt thép

Khu vực lối vào bên hông nhà hiệu bộ A: Xuất hiện rêu mốc và các vết nứt màu sơn loang lổ do hiện tượng sương muối và ngấm nước ảnh hưởng đến bề mặt tường. Tường xuất hiện dấu hiệu của sự ẩm mốc ở khu vực góc trên, thể hiện sự rò rỉ nước hoặc độ ẩm cao trong không khí tác động vào tường. Việc cây cối mọc gần tường có thể là một nguyên nhân làm tăng độ ẩm khu vực này. Nếu tường không được xử lý chống thấm hiệu quả, nước có thể thấm qua các bức tường và tiếp xúc với cốt thép bê tông, dẫn đến sự ăn mòn cốt thép.



Hình 3.10 Lối vào bê tông nhà A

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

3.2.1.2. Phân tích – Đánh giá ảnh hưởng đến bê tông cốt thép

Ảnh hưởng của thấm và ẩm lâu ngày: Khi nước mưa, hơi ẩm xâm nhập qua các vết nứt nhỏ → tiếp xúc trực tiếp với lớp bê tông bảo vệ cốt thép. Độ ẩm cao gây tăng tốc quá trình cacbonat hóa → làm giảm pH của bê tông → mất khả năng bảo vệ cốt thép. Kết quả: Cốt thép bị ăn mòn, tạo sản phẩm rỉ sét có thể tăng thể tích 5–7 lần, gây nứt toác thêm bê tông bảo vệ.

Ảnh hưởng của rỉ sét từ giá đỡ kim loại và nước điều hòa: Rỉ sét chảy xuống bề mặt là chỉ báo có nguồn nước xâm thực liên tục → tăng độ ẩm bề mặt. Nếu khu vực này trùng với vị trí cốt thép bên trong, nguy cơ ăn mòn sẽ cao hơn so với khu vực khô ráo.

Ảnh hưởng đến khả năng chịu lực: Nứt theo phương dọc cột cho thấy có thể ảnh hưởng đến lớp bê tông bảo vệ cốt thép chịu nén – uốn. Nếu để lâu, sự ăn mòn lan sâu sẽ làm giảm tiết diện cốt thép chịu lực, dẫn đến: Mất liên kết giữa cốt thép – bê tông; Suy giảm khả năng chịu tải; Nguy cơ sập cục bộ tại các vị trí yếu.

Nhận xét: Công trình Nhà hiệu bộ Trường Đại học Thành Đông có nhiều dấu hiệu xuống cấp bề mặt, trong đó hiện tượng thấm nước – rỉ sét – nứt bề mặt kéo dài là nguyên nhân chính dẫn đến nguy cơ ăn mòn bê tông cốt thép. Nếu không xử lý kịp thời, quá trình ăn mòn sẽ tiếp diễn, gây giảm tuổi thọ công trình và tiềm ẩn rủi ro an toàn kết cấu.

3.2.2. Đối với Giảng đường nhà B

3.2.2.1. Hiện trạng công trình

Qua quan sát trực tiếp và hình ảnh chụp thực tế tại khu vực hành lang, phòng học và cửa sổ nhà B – giảng đường, có thể nhận thấy một số dấu hiệu hư hại và xuống cấp như sau:

Tường và cột bê tông: Bề mặt tường và cột xuất hiện nhiều vị trí bong tróc, nứt nẻ, phồng rộp lớp sơn và vữa trát, đặc biệt tập trung ở chân tường, gần sàn hoặc tại các khu vực tiếp giáp cửa sổ, góc tường. Nhiều vị trí có hiện tượng ẩm mốc, loang màu và thấm nước, cho thấy bê tông bên trong đã hút ẩm trong thời gian dài. Một số vị trí tại chân tường có lớp vữa bị bóc tách hoàn toàn, làm lộ lớp nền và ảnh hưởng trực tiếp đến lớp bảo vệ cốt thép bên trong.



Hình 3.11. Tường cột trong phòng học giảng đường nhà B bị phồng rộp



Hình 3.12. Chân tường phòng học nhà B bị ẩm mốc loang màu thấm nước

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Cửa sổ và lan can kim loại: Các thanh lan can sắt và khung cửa thép bị gỉ sét nghiêm trọng, xuất hiện lớp gỉ đỏ, bong tróc lớp sơn

bảo vệ. Điều này phản ánh môi trường có độ ẩm cao và chu kỳ ẩm – khô lặp lại, làm tăng tốc độ oxy hóa kim loại



Hình 3.13. Lan can sắt và khung cửa thép bị gỉ trong phòng học giảng đường nhà B



Hình 3.14. Bong tróc tại nền tường phòng học giảng đường nhà B

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Nền sàn khu vực tiếp giáp tường: Có dấu hiệu thấm nước ngược từ dưới nền lên (thường do nước mưa hoặc hơi ẩm từ tầng dưới, hoặc hệ thống thoát nước không tốt). Các mạch gạch gần chân tường bị đổi màu, ố mốc.

3.2.2.2. Phân tích nguyên nhân và mối liên hệ với ăn mòn bê tông cốt thép

Ảnh hưởng của độ ẩm và thấm nước: Khu vực TP Hải Phòng có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm, độ ẩm trung bình năm cao (80–85%), đặc biệt mùa nồm (tháng 2–4) gây đọng hơi nước trên bề mặt tường và trần. Khi độ ẩm thấm sâu vào bê tông, nước mang theo các ion Cl^- , SO_4^{2-} và CO_2 , xâm nhập qua các vi mao quản và vết nứt nhỏ. Các ion này phản ứng với sản phẩm thủy hóa xi măng, gây cacbonat hóa bê tông và mất tính kiềm bảo vệ cốt thép, từ đó thúc đẩy ăn mòn điện hóa trên thanh thép.

Hiện tượng bong tróc và phồng rộp: Sự ăn mòn thép trong bê tông tạo ra sản phẩm rỉ có thể tích lớn hơn thép gốc 2–6 lần, gây áp lực nội sinh làm nứt và bong lớp bê tông bảo vệ bên ngoài. Các vùng bị bong tróc tại chân tường và cột thể hiện rõ quá trình giãn nở do gỉ thép và nồm ẩm.

Ảnh hưởng của vật liệu kim loại ngoài trời: Các lan can sắt, khung cửa thép bị rỉ là dấu hiệu cảnh báo môi trường ăn mòn cao, bởi các chi tiết này tiếp xúc trực tiếp với hơi ẩm và không khí chứa CO_2 , SO_2 từ giao thông đô thị. Gỉ sét lan truyền qua vùng tiếp giáp bê tông – thép, làm suy giảm liên kết, gây thấm và lão hóa nhanh hơn. Nguyên nhân gián tiếp khác:



Hình 3.15. Trần hành lang khoa Y Dược nhà C bị loang ố ẩm mốc



Hình 3.16 Mặt đứng đằng sau khoa Y Dược

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Thi công ban đầu có thể chưa xử lý tốt lớp chống thấm và thoát nước chân tường. Sơn phủ bảo vệ tường không có khả năng kháng ẩm, dễ bị phá hủy trong môi trường nồm ẩm kéo dài. Việc bảo trì công trình chưa được thực hiện định kỳ, khiến các vết nứt nhỏ phát triển thành hư hại lớn.

3.2.2.3. Đánh giá mức độ ảnh hưởng đến kết cấu bê tông cốt thép

Mức độ hư hại hiện tại: chủ yếu là ăn mòn bề mặt và suy giảm lớp bảo vệ bê tông, tuy chưa gây nứt vỡ cấu trúc nghiêm trọng nhưng là giai đoạn đầu của quá trình ăn mòn cốt thép.

Nếu không được xử lý kịp thời, độ ẩm và ion clorua sẽ tiếp tục xâm nhập, dẫn đến rỉ cốt thép bên trong, gây mất khả năng chịu lực và giảm tuổi thọ công trình.

Các hiện tượng rỉ sét lan can và tường ẩm mốc là dấu hiệu rõ ràng của môi trường ăn mòn cao, cần đánh giá định lượng (bằng đo điện thế ăn mòn, đo độ ẩm và cacbonat hóa) để có phương án xử lý triệt để.

3.2.3 Giảng đường khoa Y Dược nhà C

3.2.3.1. Hiện trạng quan sát được qua hình ảnh

Trần và dầm hành lang: Xuất hiện các vết loang ố, bong tróc sơn và lớp vữa trát trên trần bê tông. Một số khu vực có dấu hiệu ẩm mốc và đổi màu, cho thấy nước thấm từ sàn mái hoặc mạch ngừng bê tông. Không thấy nứt lớn gây nguy hiểm, nhưng có hiện tượng bề mặt xuống cấp, ảnh hưởng đến độ bám dính của lớp phủ bảo vệ

Mặt đứng bên ngoài: Các mảng tường ngoài có vết nứt chân chim, bong rộp lớp sơn phủ và rêu mốc, đặc biệt tại các vị trí chân cột, khe tiếp giáp cửa sổ, và chân tường tầng thấp. Tại vị trí máy điều hòa, nước thải từ dàn lạnh gây loang ri sét và vết ăn mòn chảy dọc tường. Một số khu vực màu sơn phai và bị bong từng mảng lớn, chứng tỏ lớp sơn và lớp vữa bảo vệ bị phá hủy bởi độ ẩm và tia UV.



Hình 3.17. Tường trong phòng học khoa Y Dược

Bên trong phòng học: Xuất hiện vết mốc đen, ố vàng và bong tróc lớp sơn tường, đặc biệt ở góc tường gần cửa sổ. Có hiện tượng muối trắng— dấu hiệu của việc hơi ẩm di chuyển qua bê tông và hòa tan muối trong vật liệu. Một số mảng tường ẩm kéo dài, có thể do thấm từ ngoài vào hoặc do ngưng tụ hơi ẩm trong phòng.



Hình 3.18. Cột hành lang khoa Y Dược nhiều vết nứt dọc

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Cột và lan can hành lang: Cột hành lang có nhiều vết nứt dọc nhỏ và bong sơn theo mảng, chân cột có dấu hiệu ẩm và đọng nước.

Khu vực tiếp giáp nền hành lang có vết rêu xanh và muối trắng, cho thấy thấm ngược từ sàn lên



Hình 3.19. Khu vực tiếp giáp nền tường và cầu thang tầng 3-4 khoa Y Dược

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

3.2.3.2. Phân tích nguyên nhân và mức độ ăn mòn bê tông cốt thép

Nguyên nhân chính: Thấm nước lâu dài do lớp chống thấm kém, các khe tiếp giáp bị hở, hoặc lớp sơn bảo vệ xuống cấp; Tác động môi trường do ánh nắng, mưa, gió, thay đổi nhiệt độ liên tục gây co ngót bề mặt bê tông và nứt; Hơi ẩm trong không khí cao, đặc biệt ở khu vực gần cửa sổ và tường ngoài, dẫn đến ẩm mốc và ăn mòn lớp hoàn thiện; Rỉ sét từ thiết bị kim loại (máy lạnh, lan can, giá đỡ) gây lan truyền vết gỉ xuống tường và bề mặt bê tông.

Cơ chế ăn mòn bê tông cốt thép: Khi nước và CO₂, O₂ xâm nhập qua vết nứt và lớp phủ xuống bê tông, phản ứng cacbonat hóa xảy ra làm giảm pH bê tông, mất lớp bảo vệ kiềm cho cốt thép. Nước chứa ion Cl⁻ (từ môi trường hoặc hơi nước mưa) xâm nhập vào bê tông, phá vỡ màng thụ động trên cốt thép, dẫn đến ăn mòn điện hóa. Quá trình ăn mòn sinh ra rỉ sét (Fe₂O₃, Fe(OH)₃) có thể tăng thể tích lên 2–6 lần, tạo lực nở phá hủy lớp bê tông bảo vệ, hình thành nứt và bong tróc. Tình trạng này tiếp diễn gây giảm tiết diện cốt thép, giảm khả năng chịu lực và tuổi thọ công trình.

Bảng 2. Đánh giá mức độ ảnh hưởng

Hạng mục	Hiện trạng	Mức độ ảnh hưởng
Trần hành lang	Loang ố, bong tróc sơn, ẩm nhẹ	Ảnh hưởng thẩm mỹ, có nguy cơ thấm vào lớp cốt thép nếu không xử lý

Tường ngoài	Nứt chân chim, rêu mốc, rỉ sét chảy	Ăn mòn bề mặt, có thể dẫn tới xâm nhập ẩm sâu vào bê tông
Tường trong	Ấm mốc, muối trắng	Gây giảm độ bền bề mặt, nguy cơ ăn mòn từ trong ra ngoài
Cột và lan can	Nứt, bong sơn, ẩm chân cột	Có khả năng ảnh hưởng trực tiếp đến lớp bê tông bảo vệ cốt thép

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Nhận xét: Công trình nhà C – Khoa Y Dược, Trường Đại học Thành Đông đang có dấu hiệu xuống cấp lớp hoàn thiện, thấm ẩm và ăn mòn bê tông cốt thép ở mức độ nhẹ đến trung bình. Nếu không được bảo trì và xử lý sớm, quá trình thấm và cacbonat hóa sẽ làm giảm tuổi thọ kết cấu, ảnh hưởng đến an toàn và thẩm mỹ công trình.

3.3. Tổng hợp và phân tích các biện pháp chống ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép

3.3.1. Nhóm biện pháp phòng ngừa (giai đoạn thiết kế – thi công)

Lựa chọn vật liệu bê tông bền lâu: Sử dụng xi măng chống xâm thực (xi măng poóc-lăng bền sunfat, xi măng poóc-lăng hỗn hợp) giúp tăng khả năng chống lại ion Cl^- và SO_4^{2-} , hạn chế phản ứng hóa học gây ăn mòn. Dùng phụ gia khoáng hoạt tính: như silica fume, tro bay (fly ash), xi lò cao (GGBS) → Làm giảm độ rỗng mao dẫn, giảm thấm ion Cl^- và CO_2 . Giảm tỷ lệ nước/xi măng (w/c) nhỏ hơn 0,45 để đảm bảo bê tông đặc chắc, ít thấm nước. Sử dụng cốt liệu sạch, không nhiễm muối; Tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép: Lớp bê tông bảo vệ càng dày, khả năng xâm nhập của khí, nước, ion Cl^- càng chậm. Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018, chiều dày lớp bảo vệ được khuyến nghị: Môi trường trong nhà khô: ≥ 20 mm; Môi trường ẩm hoặc ngoài trời: $\geq 25-40$ mm; Môi trường biển, nước mặn: ≥ 50 mm; Sử dụng cốt thép chống ăn mòn: Thép mạ kẽm tạo lớp bảo vệ kẽm hi sinh, ngăn oxy hóa thép nền; Thép không gỉ có chứa Cr, Ni, Mo → tạo màng thụ động bền vững, tuổi thọ cao (dù giá thành lớn); Thép phủ epoxy: phủ một lớp polymer cách điện, ngăn tiếp xúc giữa thép và môi trường xâm thực; Thép composite không bị ăn mòn, nhẹ, tuy nhiên giá cao và khó

thi công; Kiểm soát chất lượng thi công: Đầm chặt bê tông kỹ lưỡng, tránh rỗ tổ ong, khe hở; Bảo dưỡng ẩm đúng thời gian, tránh co ngót sớm; Không dùng phụ gia, nước trộn chứa ion Cl^- ; Đảm bảo neo, nối cốt thép đúng kỹ thuật để không tạo điểm tập trung ứng suất, tránh nứt

3.3.2. Nhóm biện pháp bảo vệ trong quá trình sử dụng

Phủ bề mặt chống thấm và chống xâm thực: Sơn phủ polymer, epoxy, polyurethane tạo lớp màng ngăn nước và ion Cl^- thấm vào. Phủ silicate hoặc silane-siloxane thấm sâu vào mao dẫn, tăng khả năng kỵ nước nhưng vẫn cho phép thoát hơi. Sơn gốc xi măng biến tính (cementitious coating) dùng cho bề nước, tầng hầm, hồ thang, cầu kiện ngầm; Bảo vệ catốt theo nguyên lý: tạo dòng điện đối nghịch ngăn quá trình oxy hóa của thép. Gồm 2 loại: Bảo vệ catốt bằng điện cực hi sinh; Bảo vệ catốt có nguồn điện ngoài; Kiểm soát môi trường xung quanh kết cấu: Hạn chế tiếp xúc với nước muối, hóa chất, khí CO_2 : bằng tường chắn, thoát nước, hoặc hệ thống thông gió. Giữ độ ẩm ổn định, tránh chu kỳ khô – ẩm liên tục làm tăng tốc độ ăn mòn. Sử dụng vật liệu cách nhiệt hoặc che chắn đối với cầu, cảng biển, mái nhà tiếp xúc trực tiếp với nắng và hơi muối; Theo dõi và đánh giá định kỳ: Dùng thiết bị đo thế điện cực nửa pin đo điện trở bề mặt, siêu âm, GPR để phát hiện ăn mòn sớm. Khi phát hiện nứt hoặc rỉ: xử lý bằng vữa polymer, epoxy injection, tránh lan rộng.

3.3.3. Nhóm biện pháp phục hồi và sửa chữa kết cấu bị ăn mòn

Loại bỏ và thay thế bê tông hư hỏng: Đục bỏ phần bê tông bong tróc, nứt hoặc bị xâm thực. Làm sạch rỉ bằng chổi thép, phun cát,

hoặc hóa chất ức chế rỉ. Bù lại bằng vữa polymer, bê tông siêu tính năng (UHPC) hoặc vữa không co ngót; Sử dụng hóa chất ức chế ăn mòn: Ức chế loại anodic: (ví dụ nitrite, chromate) tạo màng thụ động mới quanh thép. Ức chế loại cathodic giảm tốc độ phản ứng khử oxy. Ức chế hỗn hợp: vừa giảm phản ứng anodic vừa cathodic, hiệu quả cao hơn; Phương pháp khử clo điện hóa: Đặt điện cực ngoài bề mặt, cho dòng điện DC chạy qua kết cấu → ion Cl⁻ bị đẩy ra ngoài bê tông. Hiệu quả cao với công trình ven biển, cầu cảng → Giảm đáng kể lượng Cl⁻, kéo dài tuổi thọ kết cấu thêm 10–20 năm; Gia cường cấu kiện: Khi kết cấu đã suy giảm khả năng chịu tải do ăn mòn → cần gia cường bằng dán tấm FRP (Carbon/Glass Fiber), bọc thép, bọc bê tông mới (jacketting), gia cường dự ứng lực ngoài.

3.4. Lựa chọn giải pháp chống ăn mòn cho các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông

3.4.1. Lựa chọn giải pháp chống ăn mòn cho các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông

Qua khảo sát thực tế tại nhà hiệu bộ A, nhà giảng đường B, nhà giảng đường C khoa Y Dược và một số khu vực khác trong Trường Đại học Thành Đông, nhận thấy hiện tượng ẩm mốc, thấm nước và nứt bề mặt bê tông diễn ra ở nhiều vị trí, tiềm ẩn nguy cơ ăn mòn cốt thép trong kết cấu công trình. Đây là hiện tượng rất phổ biến ở các công trình chịu ảnh hưởng của điều kiện môi trường ẩm ướt, không thông thoáng và có nhiều cây xanh gần tường. Nhằm nâng cao độ bền công trình và đảm bảo an toàn kết cấu lâu dài, cần lựa chọn giải pháp chống ăn mòn hiệu quả và bền vững. Một trong những hướng đi phù hợp là sử dụng phụ gia khoáng trong sản xuất và sửa chữa bê tông.

3.4.2. Thí nghiệm sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính trong bê tông tại phòng thí nghiệm

Tiến hành so sánh ảnh hưởng của ăn mòn bê tông giữa bê tông cốt thép thông thường và bê tông sử dụng phụ gia khoáng.

3.4.2.1. Cấp phối của bê tông

Bê tông cốt thép thông thường: Cấp phối đối chứng 1 (ĐC1) chất kết dính chỉ gồm xi măng

Bảng 3. Tính chất cơ lý của xi măng

Tính chất	Đơn vị	Giá trị	Quy phạm	Phương pháp thí nghiệm
Độ mịn				
- Lượng sót sàng N°009	%	0,6	≤ 10	TCVN 4030-2003
- Độ mịn Blaine	cm ² /g	3870	≥ 2800	
Độ dẻo tiêu chuẩn	%	29,5	-	TCVN 6017-2015
Giới hạn bền nén				
- Sau 3 ngày	MPa	29,8	≥ 21,0	TCVN 6016-2012
- Sau 28 ngày		52,2	≥ 40,0	

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Bê tông sử dụng phụ gia khoáng: Chất kết dính (CKD) bao gồm xi măng và silica fume (SF) (với cấp phối số 1 và 2), chất kết dính bao gồm xi măng, silica fume (SF) và tro bay (FA)

(với cấp phối số 3 và 4); chất kết dính bao gồm xi măng xi lò cao hạt hóa nghiền mịn (GGBFS) và silica fume (SF) (với cấp phối số 5 và 6).

Bảng 4. Thành phần hóa của xi măng và phụ gia khoáng

Vật liệu	Thành phần hóa học, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Xi măng	21,2	4,94	3,32	63,18	2,12	0,16	0,03	1,15
SF	92,3	1,91	0,86	0,32	0,85	0,38	1,22	0,3
FA	46,82	12,3	25,29	1,2	1,16	1,09	2,5	0,6
GGBFS	34,52	0,66	12,38	41,54	7,25	0,43	0,24	-

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Bảng 5. Tỷ lệ thành phần vật liệu

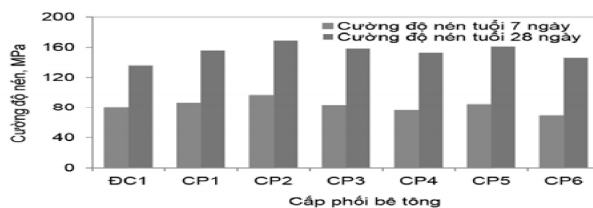
STT	N/CKD	C/CKD	SF, %	GGBFS, %	FA, %	SD, %
CP1	0,16	1	10			1,0
CP2	0,16	1	20			1,1
CP3	0,16	1	10		10	0,9
CP4	0,16	1	10		20	0,8
CP5	0,16	1	10	20		0,75
CP6	0,16	1	10	40		0,55
ĐC1	0,16	1				1,3

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

3.4.2.2. So sánh cường độ chịu nén giữa bê tông thông thường và bê tông sử dụng phụ gia khoáng.

Ảnh hưởng của phụ gia khoáng đến cường độ nén của bê tông thể hiện ở Hình 3.20. Việc sử dụng phụ gia khoáng silica fume cho cường độ nén của bê tông đạt trên 150 MPa, cường độ

nén của bê tông khi sử dụng đến 20% cho cường độ nén cao hơn khoảng 8% so với mẫu bê tông sử dụng 10% silica fume. Với mẫu sử dụng tro bay đến 20% cường độ nén của bê tông đạt trên 150MPa. Trong khi đó với mẫu bê tông sử dụng 40% xỉ lò cao hạt hóa nghiền mịn cho cường độ nén đạt trên 145MPa.



Hình 3.20. Cường độ nén của bê tông cường độ cao

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Nhận xét: Khi bê tông có sử dụng các loại phụ gia khoáng silica fume (SF), tro bay (FA), xỉ lò cao hạt hóa nghiền mịn (GGBFA) với hàm lượng hợp lý cho kết quả cường độ chịu nén cao hơn so với mẫu bê tông cốt thép thông thường nên khi sử dụng các phụ gia khoáng bê tông sẽ ít bị ăn mòn hơn so với sử dụng bê tông thông thường

4. KẾT LUẬN

Thông qua thí nghiệm trên đề xuất số liệu áp dụng tại trường Đại học Thành Đông khi sử dụng phụ gia khoáng phòng chống ăn mòn cho các công trình

Bảng 6. Số liệu sử dụng phụ gia khoáng phòng chống ăn mòn cho công trình tại Trường Đại học Thành Đông

Hạng mục	Phụ gia khoáng khuyến nghị	Tỷ lệ sử dụng (so với xi măng)	Mục đích chính
Kết cấu chịu lực (sàn, cột, dầm)	Tro bay loại F hoặc xỉ lò cao	20 – 30%	Chống ăn mòn, giảm nhiệt thủy hóa
Vữa sửa chữa tường, vách	Silicafume + metakaolin	5 – 10%	Tăng độ đặc chắc, chống thấm
Khu vực nền, sàn nhà ẩm thấp	Xi lò cao nghiền mịn	25 – 35%	Tăng kháng ion sunfat và clo
Công trình mới xây	Kết hợp tro bay + GGBFS	30 – 40%	Giảm độ thấm toàn diện

Nguồn: Nghiên cứu của tác giả

Khi sử dụng phụ gia khoáng để chống ăn mòn bê tông cốt thép cho các công trình xây dựng tại trường Đại học Thành Đông sẽ đạt được các kết quả sau:

Tăng khả năng chống thấm và chống xâm thực: Các phụ gia khoáng hoạt động theo cơ chế phản ứng pozzolanic với vôi tự do trong xi măng, tạo ra các sản phẩm phụ lấp đầy các lỗ rỗng mao dẫn trong bê tông. Nhờ đó, khả năng xâm nhập của nước, ion Cl^- và CO_2 (tác nhân chính gây ăn mòn cốt thép) sẽ giảm mạnh.

Tăng độ bền lâu và tuổi thọ công trình: Giảm thiểu các phản ứng hóa học có hại trong môi trường ẩm ướt, từ đó bảo vệ cốt thép khỏi bị gỉ sét. Cải thiện khả năng kháng axit, sunfat – phù hợp với môi trường có độ ẩm cao như khu vực nhà hiệu bộ và các vị trí tiếp xúc cây xanh, nước mưa.

Tiết kiệm chi phí bảo trì – sửa chữa: Kéo dài chu kỳ bảo trì kết cấu. Giảm chi phí do không cần can thiệp sâu trong thời gian dài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Phạm Văn Khoan, & Trần Nam. (2004). Giải pháp chống ăn mòn và bảo vệ cốt thép chịu tác động xâm thực clo trong môi trường. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (10).

Nguyễn Công Thắng. (2016). *Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao sử dụng phụ gia khoáng và vật liệu sẵn có ở Việt Nam* (Luận án tiến sĩ). Đại học Xây dựng, Hà Nội.

Nguyễn Thị Thu Hương. (2013). Nguyên nhân gây nứt và giải pháp giảm nứt cho bê tông và bê tông cốt thép các công trình bảo vệ bờ biển. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, (9).

Lâm Thanh Quang Khải. (2015). Nghiên cứu giải pháp chống ăn mòn cốt thép trong bê tông bằng vật liệu bê tông polymer. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (10).

Nguyễn Công Luyến. (2018). Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng ăn mòn cốt thép đến kết cấu bê tông cốt thép bằng mô hình 3D-

RBSM. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, (62).

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2020). *TCVN 2682:2020 Xi măng pooclang – Yêu cầu kỹ thuật*.

Bộ Xây dựng. (2012). *TCXDVN 9205:2012 Cát nghiền cho bê tông và vữa*.

Bộ Xây dựng. (2011). *TCXDVN 8790:2011 Sơn thiết bị và kết cấu thép trong xây dựng*