

NGHIÊN CỨU ĐỘ BỀN ĂN MÒN THÉP KẾT CẤU TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC MẶN TẠI HIỆN TRƯỜNG

TS. Nguyễn Đình Tân
Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Cửa van thép trên công trình thủy lợi ven biển có tuổi thọ không cao. Nguyên nhân hư hỏng chủ yếu là do ăn mòn. Vật liệu kết cấu thép cửa van rất đa dạng như thép các bon, thép bền khí quyển, thép không gỉ... Tuy nhiên đến nay vẫn còn rất thiếu các tài liệu về độ bền ăn mòn của thép kết cấu trong môi trường nước mặn làm cơ sở cho việc lựa chọn vật liệu thích hợp khi thiết kế chế tạo cửa van vùng triều. Báo cáo sau đây trình bày một số kết quả nghiên cứu độ bền ăn mòn của thép kết cấu tại hiện trường cống Trà Linh và Diêm Điền, Thái Thụy, Thái Bình.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hơn 100 năm qua, hàng ngàn công trình thủy lợi đã được xây dựng dọc theo hơn 3000 km bờ biển nước ta với nhiệm vụ ngăn mặn, giữ ngọt, tiêu úng, thoát lũ và đảm bảo giao thông thủy. Trong điều kiện làm việc vừa chịu tải trọng làm việc nặng nề, vừa chịu tác dụng xâm thực trực tiếp của môi trường nước mặn làm cho một số bộ phận kết cấu thép bị hư hỏng do ăn mòn. Tuổi thọ của hệ thống cửa van vùng mặn thấp làm ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác công trình [1,2]. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ăn mòn cửa van:

- + Kết cấu và cấu tạo kết cấu chưa hợp lý
- + Sử dụng vật liệu kết cấu thép chưa hợp lý
- + Hiệu quả các phương pháp chống ăn mòn kết cấu thép cửa van chưa cao

Vật liệu thép chế tạo cửa van rất phong phú và thay đổi qua từng thời kỳ. Các kết quả khảo sát hiện trạng làm việc của van công trình Thủy lợi cho thấy vật liệu thép kết cấu có ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ cửa van. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có nhiều tài liệu về độ bền ăn mòn của thép kết cấu cửa van trong môi trường nước lợ này làm cơ sở cho việc lựa chọn thép kết cấu chế tạo cửa van.

Vì vậy việc nghiên cứu độ bền ăn mòn của thép kết cấu trong môi trường nước lợ là hết sức

cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn. Trong phạm vi bài báo này tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu độ bền ăn mòn thép kết cấu trong môi trường nước mặn tại hiện trường.

II. NHIỆM VỤ CỤ THỂ VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

1. Nhiệm vụ cụ thể

- Các kết quả nghiên cứu độ bền ăn mòn tại hiện trường là cơ sở cho việc lựa chọn vật liệu kết cấu thép trong thiết kế chế tạo cửa van. Do đó, tất cả các các mác thép kết cấu hiện đang có ở Việt Nam và các mác thép đang được sử dụng trong công trình đều được quan tâm như thép các bon thường (CT3), thép hợp kim thấp 09Mn2Si, thép Pháp, thép vỏ tàu A32, thép không gỉ SUS304.

- Việc nghiên cứu được tiến hành trong môi trường nước mặn vùng ven biển phía Bắc. Để đánh giá ảnh hưởng nồng độ môi trường của vùng mặn việc thử nghiệm cần được tiến hành đồng thời ở hai vùng có nồng độ NaCl và độ dẫn điện khác nhau.

- Thủy triều có ảnh hưởng lớn đối với quá trình ăn mòn kết cấu thép. Vì vậy, để có thể đánh giá định lượng ảnh hưởng của thủy triều, các nghiên cứu độ bền ăn mòn được thực hiện đồng thời trong vùng ngập nước và vùng thủy triều.

2. Phương pháp thực nghiệm

a. Chuẩn bị mẫu:

Các mẫu thép kết cấu chế tạo cửa van được lấy tại công trình Thủy lợi hoặc cơ sở sản xuất:

- Mẫu thép của Pháp lấy tại cửa số 1 công trình Đập Đá được xây dựng từ năm 1936.
- Mẫu thép CT3 lấy tại cửa số 4 công trình Đập Đá được sửa chữa năm 1972.
- Mẫu thép 09Mn2Si, SUS304 được lấy tại

khe van và cửa van nhà máy Thủy điện Sơn La do Công ty Cơ Điện Thủy lợi chế tạo.

- Mẫu thép vỏ tàu lấy tại công ty Tổng công ty Công nghiệp Tàu thủy Nam Triệu.

Thành phần hoá học của thép được trình bày trong bảng 1. Các mẫu thép được gia công theo kích thước 100x150x5mm sau đó được gắn lên tấm Composit. Các tấm Composit này sau đó được gắn lên bản mặt cửa van ở hiện trường.

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép kết cấu thép kết cấu chế tạo cửa van

Nguyên tố %	Thép CT3 (Đập Đá)	Thép A32 (Công ty Nam Triệu)	Thép Pháp		Thép 09Mn2Si (Cửa xả Sơn La)	Thép không gỉ SUS 304 (Cửa xả Sơn La)
			Cửa Đập Đá	Cửa Nhâm Lang		
C	0.1530	0.1023	0.0391	0.0416	0.1031	0.0377
Si	0.1414	0.6491	0.0004	0.0005	0.5114	0.3582
Mn	0.6191	1.8356	0.7166	0.4638	1.4050	1.5597
P	0.0114	0.0125	0.1033	0.1207	0.0156	0.0229
S	0.0060	0.0033	0.0188	0.0609	0.0165	0.0053
Cr	0.0314	0.0196	0.0115	0.0010	0.0381	19.3180
Ni	0.0290	0.0128	0.0782	0.0184	0.0408	8.3276
Mo	0.0003	0.0010	0.0037	0.0049	0.0163	0.1007
Cu	0.0463	0.0242	0.0396	0.1477	0.0175	0.0301
Ti	0.0022	0.0028	0.0024	0.0022	0.0133	0.0037
Fe	98.8813	97.1502	98.9258	99.0480	97.7400	70.0008

b. Địa điểm và thời gian thử nghiệm:

Qua khảo sát hiện trường ở các tỉnh ven biển phía Bắc chúng tôi chọn cống Trà Linh, Thái Thụy, Thái Bình có cửa van cùng khẩu độ lớn cách biển 7 km làm địa điểm treo mẫu nghiên cứu chính, môi trường nước có độ dẫn điện $\chi = 22,8$ mS/cm và cống Diêm Điền, Thái Thụy, Thái Bình có cửa van phẳng khẩu độ nhỏ cách

biển 2 km có độ mặn cao hơn với độ dẫn điện là $\chi = 29,2$ mS/cm. Các mẫu thép được gắn lên bản mặt ở vùng ngập nước và vùng thủy triều. Thời gian thử nghiệm là 6, 12, 18 tháng. Hình 1 trình bày các mẫu thép kết cấu sau khi gia công được gắn lên tấm composit và sau đó gắn lên giá mẫu hàn sẵn trên bản mặt cửa van.



(1)Thép CT3 (2)Thép A32 (3)Thép 09Mn2Si (4)Thép Pháp (5)Thép SUS 304

Hình 1. Các mẫu thép sau khi gia công được gắn lên tấm composit và treo tại hiện trường

c. Thiết bị đo và thí nghiệm:

+ Thành phần hóa học thép kết cấu được xác định trên máy quang phổ phát xạ Metal-Lab 75-80J (ITALY), phòng thí nghiệm Vật liệu Viện CKNL và Mỏ.

+ Cơ tính của thép kết cấu được xác định trên Fast Track 8801(ANH), phòng thí nghiệm Vật liệu Viện CKNL và Mỏ.

+ Hình thức ăn mòn được quan sát và chụp ảnh kỹ thuật số và phân tích trên máy tính với độ phóng đại 3-10 lần.

+ Độ bền ăn mòn được xác định bằng phương pháp tổn thất khối lượng. Thép sau thời gian thử nghiệm hiện trường được làm sạch bùn đất và ngâm trong dung dịch EDTA để hòa tan lớp han rỉ, sấy khô và xác định khối lượng trên cân phân tích TE 214S (USA).

$P_{kl} = (m_1 - m_2) / S \cdot t$ [g/m².năm] và $P_{tm} = P_{kl} / \rho$ [μm/năm]

Trong đó P_{kl} tốc độ ăn mòn khối lượng; m_1 khối lượng mẫu thép trước khi thử nghiệm; m_2 khối lượng mẫu thép sau khi thử nghiệm; S bề mặt mẫu; ρ khối lượng riêng, t thời gian [3,4].

+ Thành phần pha của lớp han rỉ được xác định trên máy nhiễu xạ Ronghen D8 Advance (BRD), phòng thí nghiệm Vật liệu Viện CKNL và Mỏ

III. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

1. Thành phần hóa học

Thép kết cấu chế tạo cửa van chủ yếu gồm các nhóm thép các bon thường (CT3), thép hợp kim thấp (9Mn2Si, thép Pháp) và thép không gỉ (SUS304). Thép Pháp có hàm lượng C siêu thấp (0,04%C) hàm lượng P hoặc Cu khá cao, tương tự nhóm thép bền khí quyển. Thép không gỉ có

hàm lượng Ni, Cr rất cao (bảng 1). Về tổ chức tế vi thì thép Pháp có tổ chức chủ yếu 1 pha Ferit, thép CT3, 09Mn2Si. A32 có tổ chức 2 pha Ferit và Xementit, thép không gỉ có tổ chức 1 pha Austenit. Thép A32 có tổ chức hạt nhỏ mịn hơn hẳn thép CT3 và 09Mn2Si. Xét về mặt tổ chức tế vi thì thép có tổ chức 1 pha bền ăn mòn hơn thép tổ chức 2 pha. Thép có tổ chức hạt nhỏ mịn thì ăn mòn đều hơn thép có tổ chức hạt thô to. Các mác thép đều có tính hàn tốt do hàm lượng các bon < 0,2% [4].

2. Tính chất cơ học thép kết cấu

Tính chất cơ học thép kết cấu được trình bày trong bảng 2. Các kết quả cho thấy thép hợp kim thấp có độ bền cao hơn nhóm thép các bon và thép Pháp. Thép vỏ tàu không chỉ có độ bền cao mà độ dẻo rất tốt. Các mác thép nói trên nhìn chung là có khả năng thay thế nhau. Song hết sức lưu ý là độ bền và độ dẻo khác nhau khá lớn. Giới hạn chảy của thép A32 lớn hơn thép CT3 gần 1,6 lần. Vì vậy, việc áp dụng thép A32 thay thế CT3 không chỉ làm tăng khả năng chịu lực mà còn giảm khối lượng kết cấu thép. Cho nên khi thay thế cần có sự tính toán rất cụ thể. Thép 09Mn2Si có độ bền tốt, song độ dẻo kém hơn.

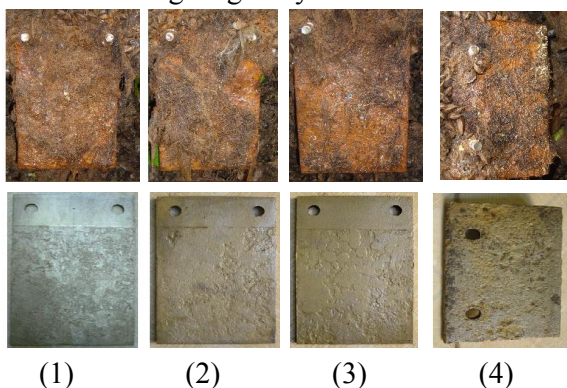
Bảng 2: Tính chất cơ học thép kết cấu

Thép kết cấu	σ_{ch} (Mpa)	σ_b (Mpa)	δ (%)	ψ (%)
Thép Pháp	315	461	32	60,6
Thép CT3	299	453	29,6	60,5
Thép A32	475	569	27	61
Thép 09Mn2Si	421	532	25	48
Thép SUS 304	394	633	59	62

3. Hình thức và độ bền ăn mòn thép kết cấu

a. Hình thức ăn mòn:

Hình trình bày bề mặt mẫu sau 18 tháng treo tại hiện trường trước và sau khi làm sạch. Quan sát sự thay đổi bề mặt mẫu tại hiện trường, chúng ta thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa nhóm thép không rỉ và thép các bon. Trong nhóm thép các bon thì sau 1 tháng treo mẫu cũng có thể quan sát rõ là các trung tâm ăn mòn của thép CT3 nhiều hơn các mẫu thép khác. Sau 18 tháng chúng ta thấy các mẫu đều bị han rỉ mạnh, hầu như bám vào bề mặt mẫu. sau khi làm sạch thấy các mẫu đều bị ăn mòn không đều làm cho bề mặt bị lồi lõm. Các mẫu thép A32 ăn mòn đều hơn thép CT3, thép Pháp. Bề mặt thép SUS304 hầu như không có gì thay đổi.

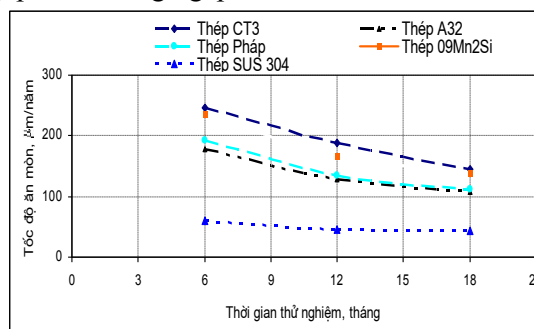


Hình 2. Bề mặt mẫu thép tại hiện trường và sau khi làm sạch (18 tháng)

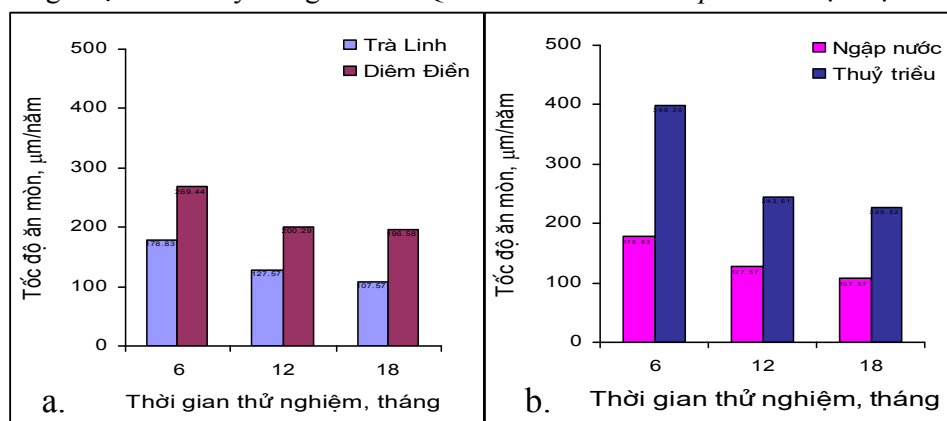
b. Tốc độ ăn mòn

Tốc độ ăn mòn thép sau thời gian thử nghiệm 6, 12, 18 tháng được trình bày trong hình 3. Qua

đó chúng ta thấy, tốc độ ăn mòn thép giảm dần theo thời gian thử nghiệm do sản phẩm ăn mòn có ảnh hưởng đến tốc độ ăn mòn. Thép không rỉ có độ bền ăn mòn hơn hẳn nhóm thép các bon. Trong nhóm thép các bon thì thép vỏ tàu A32 và thép Pháp có độ bền ăn mòn tốt hơn thép CT3 và thép 09Mn2Si. Hình 4 trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của độ mặn và thủy triều đến tốc độ ăn mòn của thép A32. Thống nhất với các kết quả đã được công bố, trong môi trường có nồng độ NaCl cao hơn và độ dẫn điện cao hơn thì tốc độ ăn mòn sẽ tăng, nguyên nhân chủ yếu là do tác động trực tiếp của Cl^- và khả năng dịch chuyển của Ion trong môi trường nước mặn. Cơ chế ảnh hưởng của thủy triều đến tốc độ ăn mòn tương đối phức tạp. Do tác động của hiện tượng khô ướt theo chu kỳ làm vùng này có mật độ Oxy cao hơn và mật độ NaCl cũng cao hơn, nên tốc độ ăn mòn của vùng này gấp 2 lần vùng ngập nước.



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian đến tốc độ ăn mòn thép kết cấu tại hiện trường



Hình 4. Ảnh hưởng nồng độ môi trường (a) và thủy triều đến tốc độ ăn mòn (b) thép A32

Bảng 3: Thành phần pha sản phẩm ăn mòn thép kết cấu thử nghiệm tại hiện trường

Mác	Pha tinh thể	Kiểu mạng	Hằng số mạng (Å)	Hàm lượng (%)
CT3	Maghemite-C, syn-Fe ₂ O ₃	Lập phương đơn giản	a=b=c=8.35150	49,76
	Magnetite-Fe ₃ O ₄	Lập phương tâm mặt	a=b=c=8.38730	15,53
	Goethite, alpha-Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	Trục thoi đơn giản	a=4.59600 b=9.95700 c=3.02100	30,69
A32	Maghemite-C, syn-Fe ₂ O ₃	Lập phương đơn giản	a=b=c=8.35150	45,79
	Magnetite- Fe ₃ O ₄	Lập phương tâm mặt	a=b=c=8.38470	22,59
	Goethite- Fe ₂ O ₃ .H ₂ O.xH ₂ O	-	-	24,60
Thép Pháp	Maghemite-C, syn-Fe ₂ O ₃	Lập phương đơn giản	a=b=c=8.35150	46,75
	Magnetite, Fe ₃ O ₄	Lập phương tâm mặt	a=b=c=8.39900	20,85
	Goethite, syn-FeO(OH)	Trục thoi đơn giản	a=4.61580 b=9.95450 c=3.02330	30,38
09Mn2Si	Maghemite-C, syn-Fe ₂ O ₃	Lập phương đơn giản	a=b=c=8.35150	48,55
	Magnetite-Fe ₃ O ₄	Lập phương tâm mặt	a=b=c=8.39900	18,77
	Goethite- Fe ₂ O ₃ .H ₂ O.xH ₂ O	-	-	25,66

4. Sản phẩm ăn mòn

Kết quả phân tích thành phần pha sản phẩm ăn mòn trình bày trong bảng 3 cho thấy, tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào thành phần các pha trong lớp han rỉ. Hàm lượng các pha có mức độ xít chặt cao có khả năng ngăn cản sự thâm nhập của Oxy tốt hơn sẽ có tác dụng chống ăn mòn tốt hơn. Pha Magnetite-Fe₃O₄ có mạng lập phương tâm mặt có mật độ nguyên tử cao nên có tác dụng bảo vệ tốt. Thành phần pha lớp han rỉ của thép A32 có hàm lượng pha Magnetite-Fe₃O₄ (22,59%) cao hơn các mác thép khác.

IV. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu độ bền ăn mòn của thép kết cấu tại hiện trường, chúng ta có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Do ảnh hưởng của lớp han rỉ, nên thời gian thử nghiệm tại hiện trường tăng, tốc độ ăn mòn thép kết cấu giảm. Độ mặn của môi trường tăng thì tốc độ ăn mòn cấu thép kết cấu tăng. Tốc độ ăn mòn vùng triều lớn gấp 2 lần vùng ngập nước.

- Trong nhóm thép các bon và thép hợp kim thấp, thép vỏ tàu A32 có độ bền ăn mòn ăn đảm bảo, cơ tính tốt có thể sử dụng chế tạo cửa van thép vùng mặn.

- Thép không rỉ có độ bền ăn mòn cao hơn hẳn thép các bon trong môi trường nước mặn, song giá thành cao.
- Việc sử dụng đồng thời thép không rỉ và thép kết cấu các bon có thể dẫn đến làm tăng ảnh hưởng của ăn mòn tiếp xúc, vì vậy việc tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng ăn mòn tiếp xúc là rất cần thiết [6].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Văn Hứa; Vũ Thành Hải; Nguyễn Đình Tân: Báo cáo kết quả điều tra khảo sát: Sự ăn mòn kim loại cửa van trong hệ thống công trình Thủy lợi năm 2003-2005.
- [2] Đỗ Văn Hứa; Vũ Thành Hải; Nguyễn Đình Tân: Thực trạng ăn mòn cửa van thép trong công trình Thủy lợi; Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường; Số 2.09-2003.
- nước mặn. Tuyển tập báo cáo khoa học, Trường Đại học Thủy lợi, 11-2009.
- [3] W.A. Schultze, Phan Lương Cầm: Ăn mòn và bảo vệ kim loại.
- [4] Trương Ngọc Liên: Ăn mòn và bảo vệ kim loại. NXB KHKT. 2004
- [5] Nguyễn Đình Tân: Vật liệu thép kết cấu trên các công trình Thủy lợi Việt Nam. Tuyển tập báo cáo khoa học, Trường Đại học Thủy lợi, 11-2009.
- [6] Nguyễn Đình Tân: Nghiên cứu tính chất điện hóa của thép kết cấu trong môi trường.

Summary:

RESEARCH ON THE CORROSION RESISTANCE OF STRUCTURAL STEELS IN SALT WATER

The life of steel gates on waterworks in coastal area is not long. Damage is caused mainly by corrosion. Structural materials of steel gates is as carbon steel, atmosphere steel, stainless steel ... But information on durability of steel corrosion in salt water is so far still lacking for the selection of materials suitable for design and manufacturing of steel gates. The present report introduces some research results on the corrosion resistance of structural steel on waterworks Tra Linh and Diem Dien, Thai Thuy, Thai Binh province.