

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(Số 39 tháng 8 năm 2013)

**Ấn phẩm chung của Liên đoàn thép Nhật Bản
và Hiệp hội xây dựng thép Nhật Bản**

Bản tiếng Việt

Bản tiếng Anh của *Xây dựng thép Hôm nay và Ngày mai* được xuất bản ba lần một năm và được phát hành trên toàn thế giới tới các doanh nghiệp và các công ty có quan tâm trong tất cả các ngành công nghiệp và các tổ chức quản lý. Mục đích chính của ấn phẩm là giới thiệu các tiêu chuẩn và chi tiết kỹ thuật liên quan đến xây dựng thép, các thí dụ về dự án xây dựng tiên tiến, các công nghệ và vật liệu xây dựng tiên tiến và các vấn đề tương tự trong xây dựng nhà và xây dựng công trình.

Nhằm giúp đọc giả Việt Nam dễ hiểu hơn các bài báo này, một bản tiếng Việt đã được làm và đi kèm với bản tiếng Anh. Về phần hình ảnh, hình minh họa và bảng biểu trong bản tiếng Việt này, chỉ các tiêu đề được dịch sang tiếng Việt. Do đó, bạn đọc có thể tham khảo bản tiếng Anh để biết nội dung. Ngoài ra, khi cần khẳng định thêm về mặt kỹ thuật của văn bản hoặc các chi tiết kỹ thuật khác, xin hãy tham khảo thêm ở bản tiếng Anh.

Số 39 tháng 8 năm 2013: Nội dung

Bảo dưỡng các công trình trong cảng	1
Quản lý vòng đời dự án cho các kết cấu thép trong cảng	4
Ảnh hưởng của các lỗi và điều kiện phơi đến sự suy giảm lớp phủ do ăn mòn các cọc và tấm thép trong môi trường biển	7
Đánh giá khả năng chịu tải thực tế của các kết cấu thép bị ăn mòn và dự đoán hiệu suất tương lai	10
Kỹ thuật đánh giá hiệu suất vòng đời của các kết cấu thép trong cảng tập trung vào hiệu suất sau sửa chữa	13
Phương pháp đánh giá cường độ thực tế của các kết cấu thép bị hư hỏng do ăn mòn trong cảng	16

Phiên bản tiếng Việt: ©Liên đoàn Thép Nhật Bản
2013

Liên đoàn Thép Nhật Bản

3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo
103-0025, Japan

Fax: 81-3-3667-0245 Phone: 81-3-3669-4815

Mail address: sunpou@jisf.or.jp

URL <http://www.jisf.or.jp>

(Trang 1~3)

Bảo dưỡng các công trình trong cảng

Tác giả Naoki Endo, phòng Quản lý cảng, ban Kế hoạch kỹ thuật, Cục Cảng, Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch

Mở đầu

Hầu hết các công trình cảng của Nhật Bản đều được xây dựng hoặc nâng cấp trong thập niên 70 và 80 nên sẽ sớm đồng loạt hết hạn phục vụ trong thời gian tới. Giống như các cơ sở hạ tầng xã hội khác, cần có các biện pháp phù hợp cho các công trình cảng để chống lại sự lão hóa của kết cấu.

Tuy nhiên, Nhật Bản phải đối mặt với nhiều vấn đề: các hạn chế nghiêm ngặt về tài chính đối với chính quyền trung ương và địa phương; dân số suy giảm, tỷ lệ sinh giảm và một xã hội già. Do đó, khó thực hiện được những biện pháp truyền thống nhằm chống lại sự hết hạn phục vụ của cơ sở hạ tầng xã hội quốc gia. Để đối phó với tình trạng này, Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch (MLIT) đã thành lập Ủy ban chiến lược về Bảo dưỡng cơ sở hạ tầng xã hội và một số các ủy ban khác để nghiên cứu các biện pháp cần thiết chống lão hóa công trình. Bài báo này giới thiệu dự án bảo dưỡng dự phòng cho các công trình trong cảng là một trong những biện pháp như vậy.

Từ bảo dưỡng sau đến bảo dưỡng dự phòng

Cầu tàu công cộng đóng vai trò quan trọng trong các công trình trong cảng. Đến cuối tháng 3 năm 2013, khoảng 8% công trình đã hoạt động được ít nhất 50 năm kể từ khi xây dựng. Tuy nhiên, tỷ lệ này được dự báo sẽ tăng đến 58% sau 20 năm nữa đến cuối tháng 3 năm 2033 (Hình 1). Vì ngày càng nhiều công trình đang bị hư hại hoặc xuống cấp do quá trình lão hóa (Hình 2) nên những lo lắng không chỉ về sự suy giảm chức năng mà còn về khả năng tai nạn cũng tăng lên.

Hình 1 Xây dựng cầu cảng công cộng ở Nhật Bản

Hình 2 Các ví dụ về cầu cảng hết hạn tuổi thọ

Hết hạn tuổi thọ ngày càng tăng gây ra hai vấn đề: chi phí vòng đời dự án tăng lên (chi phí bảo dưỡng và cải tạo trong tương lai) và khả năng phục vụ công cộng bị giảm sút do các tai nạn và các yếu tố bất lợi do lão hóa gây ra. Để đối phó với tình trạng này, chúng tôi thấy cần phát triển một phương pháp cơ bản

mới để bảo dưỡng: cụ thể là chuyển đổi từ bảo dưỡng sau, vốn chỉ cần đến các biện pháp sửa chữa cần thiết khi phải thực hiện công tác cải tạo lớn, sang bảo dưỡng dự phòng quan tâm chủ yếu đến việc kéo dài tuổi thọ sử dụng và giảm thiểu chi phí vòng đời dự án (tham khảo Hình 3).

Chúng tôi cũng thấy rõ các tổ chức quản lý cảng cần phải thực hiện bảo dưỡng dài hạn, ngăn ngừa các tai nạn có thể xảy ra và sự suy giảm chức năng công trình do hết hạn tuổi thọ gây ra.

Hình 3 Bảo dưỡng dự phòng và bảo dưỡng sau

Các biện pháp đặc biệt do Cục Cảng và công trình biển thúc đẩy

Để thúc đẩy công tác bảo dưỡng định trước phù hợp nhằm chống lại sự hết hạn tuổi thọ công trình, Cục Cảng và công trình biển đã cố gắng soạn thảo các luật định và bổ sung nhiều biện pháp trong phạm vi kỹ thuật và ngân sách để chuẩn bị cho kế hoạch bảo dưỡng và thực thi công tác bảo dưỡng phù hợp dựa trên kế hoạch đề ra.

Khi kế hoạch bảo dưỡng được đưa ra có nội dung phù hợp với các công trình riêng lẻ trong cảng, các nghiên cứu vẫn còn được thực hiện xét đến việc làm giảm chi phí dưới dạng các công trình trong cảng hoặc xét đến sự cân bằng các chi phí dự án hàng năm. Do đó, Cục đã đưa ra một “kế hoạch bảo dưỡng dự phòng” cho phép nghiên cứu toàn diện cho từng cảng một.

Kế hoạch bảo dưỡng dự phòng

Kế hoạch bảo dưỡng dự phòng dành cho nhiều công trình khác nhau trong cảng, đưa ra các biện pháp cụ thể cho tình trạng hết hạn tuổi thọ của các công trình và đưa ra cơ sở của dự án kéo dài gần 5 năm dựa trên các biện pháp cụ thể đó. Kế hoạch được phát triển cho từng cảng riêng biệt. Các cơ quan chủ yếu có liên quan đến việc chuẩn bị kế hoạch bao gồm chính phủ trung ương (các cơ quan chính phủ phụ trách trực tiếp quản lý các cảng) và các đơn vị quản lý cảng. Kế hoạch được thực hiện dựa trên các điều chỉnh cần thiết được cả hai bên thống nhất. Kế hoạch được cụ thể hóa trong “các hướng dẫn thực hiện” các nội dung cơ bản xác định khi nào cần áp dụng các biện pháp chống lại hết hạn tuổi thọ (xem Bảng 1).

Bảng 1 Kế hoạch bảo dưỡng dự phòng (thiết kế)

Các quyết định được đưa ra bằng “các hướng dẫn thực hiện” dựa trên cái nhìn tổng thể có xét đến các điều kiện xã hội xung quanh công trình mục tiêu (các điều kiện khai thác hiện nay, kiểm tra kế hoạch chuyển đổi khai thác hoặc không kiểm tra chuyển đổi thay thế, giả thiết về sự sử dụng khẩn cấp hoặc không có giả thiết, yêu cầu của chủ công trình cảng) và các điều kiện vật lý (mức độ hết hạn tuổi thọ, các đặc điểm kết cấu).

Ngoài ra, trong các quyết định do “các hướng dẫn thực hiện” khuyến nghị, cần phải kiểm tra cả các công trình bổ sung trong các biện pháp xử lý sự hết hạn tuổi thọ và các công trình sẽ được chuyển đổi sang mục đích khác hoặc cho các biện pháp không liên tục. Ví dụ như việc bảo dưỡng dự phòng không áp dụng cho các công trình đặt trên vị trí dành cho khai hoang hoặc cho các công trình để chuyển đổi sang các mục đích sử dụng khác do không còn là công trình neo thuyền nữa. Như vậy, cần phải chú ý trong công tác lập kế hoạch bảo dưỡng dự phòng để việc phát triển kế hoạch hợp lý có xét đến sự giảm thiểu chi phí vòng đời dự án cho tất cả công trình trong cảng mục tiêu. Ngoài ra, kế hoạch phải cho phép việc bảo dưỡng phù hợp các công trình trong cảng dự trữ đồng thời với việc đảm bảo mọi chức năng cần thiết. Kế hoạch phải được dự kiến và có nội dung chiến lược.

Kết luận

Kế hoạch bảo dưỡng dự phòng được bắt đầu năm 2013. Để chuẩn bị tốt hơn cho kế hoạch, chúng tôi chủ định tái kiểm tra kế hoạch bằng việc xét đến những thay đổi xu hướng xã hội khẩn cấp và các mục tiêu đa dạng có liên quan đến việc thực hiện các dự án bảo dưỡng dự phòng. Tại Cục Cảng và công trình biển chúng tôi đang nỗ lực thúc đẩy các biện pháp chống lại có hiệu quả sự quá hạn tuổi thọ của các công trình cảng và biển. Những nỗ lực này bao gồm: thực thi kế hoạch bảo dưỡng dự phòng hiện có xét tới các hoạt động của ủy ban kiểm tra đang tiếp tục cân nhắc về kế hoạch và các biện pháp bảo dưỡng dựa trên hệ thống luật mới; hợp tác với các ủy ban quản lý cảng và các tổ chức có liên quan. Mục đích của chúng tôi là đảm bảo dịch vụ xã hội chất lượng tốt.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 4~6)

Quản lý vòng đời dự án cho các kết cấu

thép trong cảng

Tác giả giáo sư Hiroshi Yokota, Phòng thí nghiệm công trình vòng đời, Đại học Hokkaido

Giới thiệu

Một kết cấu cảng có tuổi thọ dài phải đảm bảo các yêu cầu không dự đoán trước được trong suốt tuổi thọ. Bê-tông và thép là các vật liệu kết cấu chính có thể bị hư hỏng do các tác động vật lý và hóa học trong môi trường biển khắc nghiệt, hiệu suất của kết cấu suy giảm hoặc thậm chí kết cấu bị sụp đổ. Ở giai đoạn thiết kế ban đầu, các nhà thiết kế đưa ra một số giả thiết vốn là những điều kiện xấu nhất xem xét với một số mức độ dự trữ an toàn nhất định sao cho kết cấu vẫn đảm bảo sự làm việc trong những cấp độ yêu cầu tương ứng. Mặc dù vậy, thiết kế không đủ độ bền với các giả thiết kém an toàn và/hoặc thiếu công tác bảo dưỡng phù hợp có thể gây ra những hư hỏng nghiêm trọng của các bộ phận kết cấu.

Để thỏa mãn các yếu tố này, việc kết nối giữa thiết kế và bảo dưỡng là đặc biệt quan trọng. Công tác quản lý vòng đời dự án là một hệ thống được tổ chức để hỗ trợ việc đưa ra các quyết định kỹ thuật cho việc đảm bảo sự làm việc kết cấu phù hợp và tuổi thọ tại hạng mục thiết kế, bảo dưỡng và những công việc có liên quan trong suốt tuổi thọ của kết cấu.

Quản lý vòng đời dự án

Tuổi thọ sử dụng của kết cấu được xác định dựa trên tất cả các hoạt động trong công tác quy hoạch, thiết kế cơ bản và chi tiết, thực hiện bao gồm việc lựa chọn vật liệu, sản xuất và xây dựng, bảo dưỡng bao gồm đánh giá và thực hiện và ngừng hoạt động như được trình bày tại Hình 1. Quản lý vòng đời dự án là một khái niệm tổng hợp để trợ giúp trong các hoạt động quản lý vòng đời tổng thể của các kết cấu một cách bền vững. Phát triển bền vững là một trong những từ khóa quan trọng không chỉ cho các kết cấu cảng mà còn cho tất cả các kết cấu hạ tầng cơ sở dân sinh khác.

Trong quản lý vòng đời dự án, công tác quan trọng nhất là định hình và cập nhật các kịch bản quản lý vòng đời (kịch bản LCM). Kịch bản nên được xác định trên cơ sở các yếu tố sau đây:

- Mô tả đặc điểm môi trường;
- Giả thiết trong các thiết kế;
- Kết quả kiểm toán;
- Tiêu chuẩn;
- Dự toán ban đầu;

- Kịch bản và các phương pháp bảo dưỡng cho quản lý vòng đời;
- Các yêu cầu hoạt động;
- Dự toán vòng đời dự án;
- Chi phí về môi trường;
- Và lão hóa công trình, phá dỡ và tái sử dụng.

Hình 1 Vòng đời của một kết cấu

Hình 2 Hệ thống quản lý vòng đời

Trong giai đoạn thiết kế ban đầu, công tác thiết kế tuổi thọ sử dụng công trình được áp dụng để dự báo sự bền vững và sự suy giảm hoạt động. Hình 3a cho thấy trong nhiều lựa chọn tồn tại, khái niệm cơ bản về cách đảm bảo sự làm việc kết cấu phải được xem xét dựa trên các điều kiện, tuổi thọ sử dụng thiết kế, các đặc tính kết cấu, các đặc tính vật liệu, các khó khăn trong công tác đánh giá và thực hiện, tầm quan trọng về xã hội và kinh tế, v.v... Với các kết cấu cảng bằng thép, sự ăn mòn thép là một nguyên nhân chính gây ra suy giảm hoạt động được xem xét trong thiết kế ban đầu. Vì vậy, bản thân sự ăn mòn của thép và/hoặc sự hư hỏng của hệ thống chống ăn mòn phải được xem xét toàn bộ. Nhìn chung, chúng ta không phải lo lắng tới hiện tượng môi của thép với các kết cấu cảng.

Bảo dưỡng là một biện pháp quan trọng để chống sự suy giảm kết cấu, được tiến hành để đánh giá các điều kiện hiện tại của kết cấu và để xác định cấp độ hoạt động của kết cấu. Ngoài ra, để dự báo quá trình phát triển tiếp theo của sự suy giảm hoạt động kết cấu, phải lựa chọn biện pháp thực hiện phù hợp nhất để giảm thiểu chi phí vòng đời dự án hoặc hồi phục tối đa sự làm việc kết cấu trong khuôn khổ ngân sách, như thể hiện trong Hình 3b. Trong suốt giai đoạn bảo dưỡng, các kỹ sư bảo dưỡng phải theo dõi từ đầu kịch bản đã được giả định trong giai đoạn thiết kế. Như đã đề cập ở trên, để thực hiện công tác bảo dưỡng chiến lược, kế hoạch bảo dưỡng phải được định hình phù hợp như kịch bản LCM. Thiết kế tuổi thọ sử dụng hay thiết kế bền vững được tiến hành dựa trên nhiều giả thiết trong thiết kế ban đầu. Theo đó, những kết quả thiết kế phải được kiểm tra với công tác bảo dưỡng vì quá trình hư hỏng do ăn mòn không đúng như các giả thiết thiết kế. Điều này gắn với công tác cập nhật kịch bản LCM. Kịch bản phải được cập nhật để phản ánh được tình huống thực tế của kết cấu và những thay đổi về điều kiện của kết cấu.

Hình 3 Các kịch bản LCM

Kịch bản LCM

Phần này trình bày một ví dụ về sự định hình kịch bản LCM với trường hợp một cầu tàu ngoài biên trên cọc cừ mở trình bày trong Hình 4. Kết cấu phần dưới của cầu tàu là các cọc ống thép có đường kính 1500mm, chiều dày 19mm cho phần trên DL-18m và đường kính 1500mm, chiều dày 15mm cho phần dưới. Theo tốc độ ăn mòn của thép, đồ thị thể hiện trong Hình 5 được đo đạc tại một cầu tàu lân cận trong 26 năm. Quá trình ăn mòn phụ thuộc vào vị trí khác nhau. Vì thế, như trong hình, các giá trị cực đại, trung bình và cực tiểu phải được xem xét để thực hiện phương pháp xác suất.

Bốn kịch bản LCM được đưa ra để chống ăn mòn:

- S1: Không chống ăn mòn
- S2: Phủ (DL+2.5~-1.0m)
- S3: kết hợp S2 và S4
- S4: Bảo vệ ca-tốt (DL-1.0~-12m)

Tuổi thọ thiết kế của các hệ lớp phủ và bảo vệ ca-tốt được ấn định là 50 năm. Trên thực tế, có thể xem xét nhiều kịch bản phụ thuộc vào tuổi thọ thiết kế của hệ chống ăn mòn. Bảo vệ ca-tốt được ấn định có hiệu quả chống ăn mòn là 90%.

Hiệu suất kết cấu được kiểm tra bằng cách sử dụng phân tích “push-over” và các phân tích ứng xử động lực học cho các dịch chuyển nền động đất cấp 1 và cấp 2. Xác suất phá hủy của cầu tàu tăng lên do các cọc thép bị ăn mòn. Hình 6 cho thấy xác suất phá hủy theo thời gian với (a) dịch chuyển nền cấp 1 và (b) dịch chuyển nền cấp 2. Các giá trị cho phép lớn nhất của xác suất phá hủy là 0.0038 với dịch chuyển cấp 1 và 0.01 với dịch chuyển cấp 2. Vì thế, trước khi xác suất phá hủy của kết cấu đạt tới các giá trị này, cần phải tăng cường để phục hồi hoạt động của kết cấu. Theo kịch bản S1, cần tăng cường 3 lần (năm thứ 16 và 30 với dịch chuyển cấp 1 và năm thứ 44 với dịch chuyển cấp 2) theo tuổi thọ thiết kế 50 năm. Kịch bản S2 cần tăng cường 2 lần ở năm thứ 36 với dịch chuyển cấp 1 và năm thứ 45 với dịch chuyển cấp 2. Khi không cần tăng cường, kịch bản S4 chỉ cần 2 lần ở năm thứ 16 và 33 với dịch chuyển nền cấp 1. Trong tính toán này, biện pháp tăng cường là hàn thép tấm. Nhờ đó, khả năng chịu tải của kết cấu có thể được phục hồi tốt nhưng độ dẻo giảm khoảng 40% giá trị ban đầu do sử dụng mối hàn ướt dưới nước.

Người thiết kế phải lựa chọn kịch bản tốt nhất trong các kịch bản. Căn cứ tốt nhất để lựa chọn phải được xác định cho đánh giá khách quan. Chi phí vòng đời dự án cũng sẽ là một trong các căn cứ và sẽ được trình bày ở phần sau.

Hình 4 Cầu tàu cọc cừ mở

Hình 5 Sự thay đổi tốc độ ăn mòn

Hình 6 Tăng xác suất phá hủy do ăn mòn cọc thép

Đánh giá

Khi sự suy giảm hoạt động của một kết cấu thép trong cảng chủ yếu do ăn mòn thép gây ra, quá trình ăn mòn phải được quan trắc trong tuổi thọ phục vụ. Quá trình ăn mòn khác nhau phụ thuộc vào vị trí vì các đặc trưng không đồng đều của vật liệu và sự đa dạng của các điều kiện môi trường. Bằng việc sử dụng các thông số ăn mòn thực tế, phải được cập nhật kịch bản LCM.

Việc phát hiện hư hỏng do tuổi thọ của kết cấu là rất quan trọng để hiểu được điều kiện của kết cấu. Sự hư hỏng của lớp phủ và các hệ thống chống ăn mòn khác có thể được tìm ra đầu tiên khi xuất hiện hư hỏng trên bề mặt. Mức độ xem xét và kiểm tra có ảnh hưởng tới phương pháp đánh giá sự làm việc kết cấu.

Việc đánh giá có thể được thực hiện bằng cách dựa trên điều kiện và sự làm việc của kết cấu. Khái niệm dựa trên sự làm việc nên được áp dụng trong đánh giá sự làm việc nhưng không nên áp dụng cho các đánh giá về chi phí cần thiết chung, các kỹ thuật tiên tiến, v.v... Do đó, đánh giá dựa trên điều kiện sẽ lựa chọn khả thi bắt buộc. Hệ phân cấp thường được áp dụng với trạng thái hư hỏng được đánh giá và kết luận bằng việc sử dụng cấp hư hỏng.

Kiểm tra bằng mắt thường được áp dụng để phân cấp điều kiện kết cấu và đưa ra kết luận có cần điều tra chi tiết hơn hay không. Để phân cấp chính xác, phải tiến hành điều tra định kỳ. Nếu cấp độ hư hỏng đi kèm với hoạt động kết cấu, phải đánh giá hoạt động một cách gián tiếp. Điều tra bằng mắt thường chỉ phù hợp để đưa ra những thay đổi về bên ngoài của bộ phận kết cấu, nhưng phải đánh giá chính xác nhất có thể hoạt động kết cấu. Nếu tìm ra mối quan hệ giữa hoạt động kết cấu (khả năng kết cấu) và cấp độ hư hỏng phạm tới độ dự trữ hư hỏng, cần bàn bạc việc can thiệp căn cứ vào cấp độ hư hỏng.

Khi kiểm tra bằng mắt thường là không đủ để đưa ra các thông số chính xác cho công tác đánh giá, cần tiến hành kiểm tra chi tiết. Kiểm tra hoặc điều tra chi tiết bao gồm việc xác định cấp độ hư hỏng với các kỹ thuật phá hủy hoặc không phá hủy, v.v... Trong trường hợp thông số chất lượng đủ để phân tích số học, có thể tiến hành đánh giá trực tiếp. Như đã đề cập ở trên, hư hỏng vốn đa dạng nên cần được xác định chính xác.

Cập nhật kịch bản

Một số quy luật lý thuyết, mô hình mô phỏng, công thức kiểm toán, v.v... được sử dụng để dự đoán quá trình hư hỏng. Nhưng xu hướng quan sát được nhờ công tác bảo dưỡng định kỳ, ví dụ như tốc độ ăn mòn đo được, có thể sử dụng được cho quá trình hư hỏng và/hoặc suy giảm sau này trong suốt giai đoạn bảo dưỡng. Dựa trên các thông số và kết quả đánh giá, quy luật và quá trình hư hỏng và/hoặc suy giảm hoạt động phải được điều chỉnh và cập nhật kịch bản để dự đoán sâu hơn.

Chi phí vòng đời dự án

Nếu các bộ phận hư hỏng gây ra mất an toàn, các hư hỏng có thể xảy ra phải được phân cấp theo hậu quả gây ra. Để giảm nguy cơ phá hủy xuất hiện trong tuổi thọ thiết kế khi hậu quả phá hủy được đánh giá là nguy hiểm, cần yêu cầu tuổi thọ đặc biệt cho các bộ phận kết cấu đặc trưng hoặc tăng cường các yêu cầu cho điều tra và bảo dưỡng. Để xác định kịch bản LCM bao gồm thời gian và phương pháp can thiệp chính xác, một trong những căn cứ tốt nhất là dự toán chi phí vòng đời. Chi phí vòng đời được tính toán dựa trên nhiều giả thiết nhưng đem đến những thông tin quan trọng cần cho việc đưa ra các quyết định về phương hướng bảo dưỡng trong tương lai. Tính toán bao gồm có chi phí ban đầu, chi phí bảo dưỡng bao gồm chi phí điều tra, chi phí can thiệp dự kiến.

Dự toán chi phí vòng đời cho phép đánh giá chi phí tương đối căn cứ trên một chu kỳ thời gian cụ thể. Khả năng có thể so sánh chi phí của các kịch bản LCM khác nhau cho phép lựa chọn được chiến lược tổng thể kinh tế nhất.

Các tính toán chi phí vòng đời của bốn kịch bản LCM được trình bày trong Hình 7. Vì cần chi phí cho công tác tăng cường nên ngay trước khi kết cấu đạt tới giá trị cực đại cho phép của xác suất phá hoại thì các chi phí tương ứng tăng lên. Hình vẽ cho thấy chiến lược bảo dưỡng dự phòng có chi phí thấp nhất, chỉ bằng khoảng 1/3 kịch bản có chi phí cao nhất. Trong 50 năm, kịch bản kinh tế nhất là S3, sau đó là S4, S2 và S1. Như vậy, hiệu quả của việc ngăn ngừa ăn mòn (biện pháp ngăn ngừa) là kịch bản tốt nhất về giá thành. Tuy nhiên, nếu tuổi thọ phục vụ dự kiến ngắn hơn 50 năm, giải pháp tốt nhất nên được thay đổi dựa trên tuổi thọ phục vụ của kết cấu.

Hình 7 Tính toán chi phí vòng đời

Kết luận

Hệ thống quản lý chi phí vòng đời bao gồm công tác đánh giá sự làm việc kết cấu và dự đoán quá trình hư hỏng là một trong những công cụ tốt nhất cho việc xây dựng và bảo dưỡng các kết cấu. Tác giả thấy việc thực hiện công tác bảo dưỡng hợp lý và hiệu quả có thể làm giảm chi phí vòng đời dự án và tối ưu hóa sự làm việc của kết cấu. Điều này cho phép sự phát triển bền vững các kết cấu cảng. Để phát triển hệ thống hơn nữa, cần tiến hành nghiên cứu kiểm toán làm việc kết cấu chính xác của các kết cấu hiện có bao gồm phương pháp kiểm tra, nghiên cứu và dự báo chính xác quá trình hư hỏng và suy giảm hoạt động trong tương lai.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 7 ~ 9)

Ảnh hưởng của các lỗi và điều kiện phơi đến sự suy giảm lớp phủ do ăn mòn các cọc và tấm thép trong môi trường biển

Tác giả: Giáo sư Nobuaki Otsuki và trợ lý giáo sư Takahiro Nishida, Viện Công nghệ Tokyo

Ăn mòn kết cấu thép ngoài khơi trong môi trường biển

Vì các kết cấu thép ngoài khơi làm việc trong các môi trường ăn mòn mạnh nên cần phải hiểu được quá trình hư hỏng kết cấu do ăn mòn của thép phủ sơn và tiến hành biện pháp dự báo sự suy giảm hoạt động kết cấu. Khuyến nghị thực hiện thí nghiệm gia tốc để đánh giá quá trình hư hỏng dài hạn trong một chu kỳ thời gian ngắn tương đối

Tuy nhiên, ảnh hưởng của các điều kiện phơi và gia tốc đối với sự phát triển suy giảm chất lượng vẫn chưa được làm rõ. Hiện tại, “phóng đại gia tốc”, tức là mối quan hệ giữa chu kỳ của thí nghiệm gia tốc và thời gian phơi trong một môi trường ăn mòn thực tế, vẫn chưa được tìm hiểu rõ ràng. Cụ thể là có nhiều ví dụ trong các nghiên cứu hiện nay có nhắc tới sự ăn mòn đều (ăn mòn tế bào vi mô) xuất hiện trên các sản phẩm thép nhưng không có nhiều ví dụ nghiên cứu xem xét quá trình hư hỏng do ăn mòn cục bộ (ăn mòn tế bào vĩ mô).

Chúng tôi đã nghiên cứu các vấn đề này trên phương diện suy giảm lớp phủ và các kết quả được

trình bày trong các phần tiếp theo.

Ăn mòn các sản phẩm thép trong môi trường biển

Có nhiều ví dụ nghiên cứu về ăn mòn các sản phẩm thép không sơn trong môi trường biển. Ví dụ, các kết quả nghiên cứu trong Hình 1 (a) cho thấy tốc độ ăn mòn tăng lên trong phần HWL phía trên (vùng bắn nước) và trong vùng dưới LWL. Theo đó, sự ăn mòn các sản phẩm thép không sơn trong môi trường biển phát triển do sự ăn mòn tế bào vi mô xuất hiện chủ yếu trong (1) các khu vực a-nốt có tốc độ ăn mòn tăng và (2) các khu vực ca-tốt có tốc độ ăn mòn giảm. Để ngăn chặn ăn mòn này xuất hiện, cần áp dụng các biện pháp chống ăn mòn ví dụ như phủ sơn các kết cấu thép ngoài khơi.

Các cơ chế bảo vệ ăn mòn chính của sơn phủ là loại bỏ các chất gây ăn mòn như Cl⁻, O₂, H₂O và triệt tiêu sự hình thành các vị trí phản ứng của các sản phẩm ăn mòn. Thường thấy khi tiến hành sơn phủ phù hợp, sự suy giảm lớp phủ khó xuất hiện và khi va xô tàu bè hoặc với một kết cấu khác gây khuyết tật cho các kết cấu thép ngoài khơi, ăn mòn (chủ yếu là ăn mòn tế bào vi mô) sẽ xuất hiện tại khu vực hư hỏng. Những các kết quả thí nghiệm phơi cho thấy trong môi trường áp dụng thực tế tại vịnh Suruga trong 20 năm như trình bày trong Hình 1(b), phỏng rộp, xé rách và các dạng suy giảm lớp phủ khác xuất hiện trong các môi trường áp dụng thực tế và trong khu vực ăn mòn lan rộng.

Chúng tôi đánh giá nguyên nhân của các hiện tượng ăn mòn đó là do sự ăn mòn tế bào vĩ mô và đã tiến hành nghiên cứu bằng các mẫu thí nghiệm đặc biệt cho phép đo đạc ăn mòn tế bào vĩ mô hiện có trên các sản phẩm thép riêng biệt được trình bày trong phần tiếp theo.

Hình 1 Phân bố ăn mòn trên các tấm thép trong môi trường biển

Ảnh hưởng của ăn mòn các sản phẩm thép đến sự suy giảm lớp phủ và cơ cấu phát triển

Hình 2 Trình bày khái niệm về ăn mòn tế bào vi mô và vĩ mô

Như trong hình vẽ, trong ăn mòn tế bào vi mô xuất hiện đồng đều các phản ứng a-nốt và ca-tốt: các phản ứng a-nốt có xảy ra phân rã sắt và các phản ứng ca-tốt có sự kết hợp oxy và nước tạo thành các ion hydroxit. Để đánh giá ăn mòn tế bào vi mô trong các trường hợp này, phương pháp thường được áp dụng dựa trên sức kháng phân cực sử dụng trở kháng AC và các phương

pháp khác. Trong bài này, áp dụng phương pháp của M. Stern và A.L. Geary để biến đổi sức kháng phân cực thành mật độ dòng tế bào vi mô.

Trong ăn mòn tế bào vi mô, các phản ứng a-nốt xuất hiện cục bộ gây ra ăn mòn. Để đánh giá được các ăn mòn tế bào vi mô, cần phải đo đặc dòng từ ca-tốt đến a-nốt. Tuy nhiên, khó đo được dòng trực tiếp trong một sản phẩm thép. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã thực hiện các mẫu thí nghiệm riêng biệt như trong Hình 3 và đề nghị một phương pháp đánh giá trực tiếp dòng từ ca-tốt đến a-nốt được sử dụng để đánh giá ăn mòn tế bào vi mô.

Hình 4 cho thấy sự thay đổi theo thời gian của mật độ dòng tế bào vi mô của mẫu thử (a) và mẫu thử (b) đều được sơn phủ dạng axit phthalic (chiều dày 150 μm) và có các khuyết tật. Từ hình vẽ này, thấy rằng mật độ dòng vi mô trong phần bị hư hỏng xuất hiện ở giai đoạn phơi ban đầu và mật độ dòng âm (mật độ dòng ca-tốt) trong phần lớp phủ tăng đều và khi chu kỳ phơi tăng lên, mật độ dòng tế bào vi mô trong phần bị hư hỏng tiếp tục tăng. Hơn nữa, khi đo độ pH trong các vết phỏng rộp, thấy xuất hiện môi trường kiềm cao có độ pH từ 10 đến 13, cho thấy khả năng OH sinh ra và tích tụ dưới phần được sơn phủ do phản ứng ca-tốt. Xét tới các kết quả này, chúng tôi tin rằng các vết phỏng rộp, cắt và các dạng suy giảm lớp phủ khác ảnh hưởng lớn tới phản ứng ca-tốt trong ăn mòn tế bào vi mô.

Kiểm tra ứng xử này cho thấy sự hư hỏng các sản phẩm thép sơn phủ phát triển như trình bày trong Hình 1. Cụ thể là vì chu kỳ xuất hiện phỏng rộp chủ yếu liên quan đến sự lan rộng hơn các vùng ăn mòn, việc xác định được chu kỳ này là đặc biệt quan trọng. Sau đó, chúng tôi cố gắng tính toán sự phóng đại gia tốc trong thí nghiệm gia tốc trong môi trường phơi thực tế bằng cách so sánh các kết quả thu được với các kết quả thí nghiệm phơi thực tế.

Hình 2 Tóm tắt về ăn mòn tế bào vi mô và vi mô

Hình 3 Tóm tắt về các mẫu tấm thép rời

Hình 4 Thay đổi theo thời gian của ăn mòn tế bào vi mô và vi mô trong các mẫu thử bằng thép sơn phủ với các khuyết tật

Bảng 1: Quá trình ăn mòn xung quanh các hư hỏng của thép sơn phủ

Kiểm tra căn cứ chuyển đổi chu kỳ phơi thực tế từ các kết quả thí nghiệm gia tốc

Bảng 2 tóm tắt chu kỳ xuất hiện phỏng rộp trong các thí nghiệm gia tốc tiến hành trên các sản phẩm

thép sơn phủ có khuyết tật (50°C , ngâm trong muối) và các bộ phận phơi trong môi trường thực tế. Như trình bày trong bảng, các giá trị dự báo từ các kết quả thí nghiệm gia tốc phù hợp với các giá trị từ thí nghiệm phơi thực tế. Vì thế, phương pháp chúng tôi đề nghị như đã trình bày ở trên được coi là hợp ý để chuyển đổi các kết quả thí nghiệm phơi thực tế từ các kết quả thí nghiệm gia tốc.

Bảng 2 Độ lớn các hệ số đơn lẻ và toàn phần, so sánh các giá trị thời gian các chu kỳ ủ bệnh ước tính và thực tế của thép sơn phủ có khuyết tật

Đẩy mạnh nghiên cứu về bảo vệ ăn mòn các kết cấu thép ngoài khơi

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày các kết quả trong những kiểm tra gần đây nhất của chúng tôi về ăn mòn sản phẩm thép trong môi trường biển, đặc biệt là ảnh hưởng của các khuyết tật trên sản phẩm thép và các điều kiện phơi tới sự suy giảm lớp phủ. Nhưng vì nhiều yếu tố khác liên quan đến sự ăn mòn vẫn chưa được làm rõ, việc đẩy mạnh nghiên cứu về sự ăn mòn các kết cấu thép phơi trong các môi trường ứng dụng thực tế là một vấn đề thôi thúc dành cho các kỹ sư. Chúng tôi sẽ rất vui nếu các kết quả trong nghiên cứu của mình và kiến nghị chúng tôi được sự có ích cho việc cấu trúc các hệ thống bảo dưỡng tương lai và kéo dài tuổi thọ phục vụ các kết cấu hạ tầng xã hội.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 10 ~ 12)

Đánh giá khả năng chịu tải thực tế của các kết cấu thép bị ăn mòn và dự đoán sự làm việc tương lai

Tác giả: Giáo sư Katashi Fujii, Khoa Công trình và môi trường kỹ thuật, Trường sau đại học Kỹ thuật, Đại học Hiroshima

Vì các kết cấu ven bờ và đặc biệt là các kết cấu ngoài khơi phải làm việc trong các môi trường ăn mòn khắc nghiệt nên sự mất mát cường độ do giảm chiều dày tường do ăn mòn đem đến những vấn đề về sự an toàn kết cấu. Những nội dung sau đây trình bày cách đảm bảo an toàn kết cấu cho các kết cấu thép bị mòn

trong môi trường biển thông qua nghiên cứu của chúng tôi về sự đánh giá khả năng chịu tải của các cọc ống thép bị mòn và dự đoán sự làm việc tương lai của các bộ phận.

Điều tra về các điều kiện ăn mòn

Để đánh giá chính xác hoặc dự báo khả năng chịu tải còn lại của một kết cấu, cần phải tìm hiểu về các điều kiện ăn mòn hiện tại cũng như chiều dày tường, các kích thước ba chiều của một bề mặt không đều bị ăn mòn. Khi đánh giá cường độ còn lại của một bộ phận, các giá trị thống kê của các chiều dày tấm ăn mòn, ví dụ như chiều dày trung bình và độ lệch tiêu chuẩn được sử dụng làm các chỉ số đại diện và khi công tác đo đạc các điều kiện ăn mòn ngày càng chi tiết và chính xác, các giá trị thống kê cũng chính xác hơn. Ví dụ, mặc dù có thể đo được chi tiết kích thước của bề mặt không đều của tường với độ chính xác cao bằng các phép đo lade 3 chiều (Ảnh 1), tần số thực tế hiện tại sử dụng để đo chiều dày tường được lấy từ các máy đo chiều dày siêu âm. Nhưng sử dụng các máy đó gây khó khăn cho việc đo đạc nhiều điểm.

Trong trường hợp đánh giá chiều dày trung bình tại mặt cắt ngang của ống thép, khi thực hiện các đo đạc đơn lẻ cho tổng 20 điểm trên từng phần (4 vị trí x 5 điểm; xem Hình 1) và khi chiều dày trung bình t_y trong phần có thể xác định bằng công thức $t_r = t_{avg} - S$ thì có thể tiến hành đánh giá gần như an toàn. Ở đây, t_{avg} và S là giá trị trung bình và độ lệch chuyển tại từng điểm lần lượt trên 20 điểm của chiều dày tường.

Ảnh 1 Các tọa độ bề mặt đo được bằng dụng cụ la-de ba chiều

Hình 1 Các điểm đo chiều dày tường tại mặt cắt ngang của cọc thép ống

Đánh giá khả năng chịu tải thực tế

Có thể nói phần tử hữu hạn là phương pháp hiệu quả và tin cậy nhất hiện nay để đánh giá cường độ thực tế của các kết cấu hoặc bộ phận bằng thép tấm bị mòn. Hình 2 và 3 so sánh các kết quả lý thuyết và thực nghiệm của cường độ nén dọc trục thực tế của 6 cọc thép ống phơi trong các điều kiện ngoài khơi trong 19 năm. Các kết quả phân tích thu được từ phân tích phần tử hữu hạn biến dạng lớn đàn dẻo. Trong phân tích này, các số liệu thu được đo trên các khoảng cách 1mm được dùng làm tọa độ phần tử mòn. Từ các hình vẽ này, có thể thấy có thể đánh giá chính xác cả cường độ thực tế và dạng sụp đổ trong các trường hợp khi phân tích sử dụng các đo đạc chính xác bề mặt bị mòn.

Hình 2 So sánh cường độ nén dọc trục thực tế của các cọc thép ống bị mòn theo phân tích phần tử hữu hạn và thực nghiệm

Hình 3 Điều kiện sụp đổ do oằn của các cọc thép ống bị mòn (vùng bắn nước)

Ngoài ra, có thể tính toán dễ dàng cường độ nén dọc trục thực tế bằng đường cong cường độ oằn khi không có ăn mòn. Trong trường hợp này, có thể tính được cường độ thực tế bằng cách thay thế chỉ số thống kê (chiều dày đại diện) bằng đường cong cường độ oằn khi có ăn mòn, trong đó chiều dày đại diện được biểu diễn bằng chiều dày trung bình và độ lệch tiêu chuẩn từ các chiều dày đo được. Hình 5 cho thấy cường độ nén dọc trục thực tế của các cọc ống bị mòn tính bằng phương pháp đã nêu với các chiều dày đại diện để tính toán được lấy bằng giá trị trung bình trừ đi 0.8 lần độ lệch tiêu chuẩn của các chiều dày tường đo được và thay thế giá trị này cho hệ số tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày R_t . Ứng suất nén dọc trục σ_u có thể tính từ đường cong cường độ oằn không mòn.

Tuy nhiên, cần chú ý tới vấn đề sau: phân tích phần tử hữu hạn cho phép tính toán cường độ thực tế xét tới từng dạng oằn khi sụp đổ nhưng khi sử dụng một công thức tính toán đơn giản, có thể tính toán cường độ thực tế chỉ đặc trưng cho dạng oằn nhất định. Như trong hình 4, chỉ tính được cường độ oằn cục bộ của các cọc thép ống đã cho mà không tính được cường độ oằn toàn bộ.

Hình 4 Dự đoán đơn giản cường độ nén dọc trục thực tế bằng đường cong oằn không ăn mòn

Dự đoán khả năng chịu tải thực tế

Để thực hiện giảm thiểu chi phí vòng đời cho các kết cấu thép, cần phải dự đoán các thay đổi (tuổi thọ) trường kỳ trong khả năng chịu tải thực tế và đưa ra các kế hoạch bảo dưỡng cho tương lai. Nếu các mô hình đơn giản có thể dùng để biểu diễn các thay đổi trường kỳ về hình dạng không đều bề mặt của tấm thép do một hư hỏng trong chức năng bảo vệ ăn mòn và ăn mòn kéo theo, có thể dự đoán được các suy giảm cường độ trong tương lai.

Trong mô hình phát sinh bề mặt bị mòn (Hình 5), bề mặt của tấm thép được chia thành lưới và bề mặt mòn được biểu diễn bằng chiều sâu ăn mòn tại các nút lưới. Trong mô hình này, có bốn yếu tố giả định như sau: (1) hai dạng yếu tố là yếu tố hư hỏng và yếu tố ăn mòn có cường độ nhất định và vùng ảnh hưởng nhất định sẽ bong tróc ngẫu nhiên trên bề mặt; (2) yếu tố

hư hỏng giảm chức năng bảo vệ ăn mòn; (3) khi chức năng bảo vệ ăn mòn thấp hơn ngưỡng bảo vệ ăn mòn, ăn mòn bắt đầu trên bề mặt thép; (4) bề mặt bị đục thủng do yếu tố ăn mòn như trình bày trong Hình 6. Có thể xác định được các thông số của yếu tố hư hỏng và yếu tố ăn mòn (cường độ, bán kính ảnh hưởng, số bong tróc hàng năm) từ các đo đạc điều kiện ăn mòn thực tế. Từ đó có thể sử dụng mô hình này để dự đoán bề mặt bị mòn và khi có thể tính toán cường độ của kết cấu bằng phân tích phần tử hữu hạn có xét đến hình dáng bề mặt bị mòn và dự đoán, có thể dự đoán được khả năng chịu tải thực tế trong tương lai của kết cấu. Trong lúc đó, khi tiến hành sơn phủ lại, các giá trị của các chức năng bảo vệ ăn mòn được thay mới.

Ảnh 3 trình bày điều kiện bề mặt sau khi sơn phủ giai đoạn ban đầu một vài năm và kim loại gốc đã bị lộ. Ảnh 4 cho thấy các đường đồng mức mô tả chiều dày tường thực tế thu được từ các mô phỏng. Hình 6 trình bày các kết quả của phân tích cường độ nén dọc trực tiếp hành trên các cọc thép ống sử dụng các kết quả dự đoán bề mặt ăn mòn. Hình 9 cho thấy có thể dự đoán hợp lý khả năng chịu tải thực tế của các kết cấu thép bằng phương pháp đã nêu.

Ở thời điểm thiết kế kết cấu ban đầu, độ tin cậy của các dự đoán có thể là thấp nhất vì các dự đoán phát triển ăn mòn dựa hoàn toàn trên các hệ số giả định. Tuy nhiên, khi các thông số của mô hình được thay đổi phù hợp với các điều kiện ăn mòn thực tế đo được ở từng giai đoạn kiểm tra định kỳ, có thể dự đoán được chính xác và tin cậy hơn cường độ cập nhật của kết cấu. Chúng tôi thấy rằng trong các trường hợp khi tiến hành một kế hoạch bảo dưỡng dựa trên phương pháp dự đoán nêu trên, có thể giảm thiểu được chi phí vòng đời của các kết cấu thép.

Hình 5 Mô hình hóa sự hình thành chiều sâu ăn mòn
Ảnh 2 Các ví dụ về phân tích điều kiện hư hỏng lớp sơn phủ (các khu vực tối: kim loại gốc bị phơi ra)
Ảnh 3 Chu kỳ sơn phủ lại và các kết quả mô hình hóa chiều dày tường còn lại sau 100 năm (vùng ngập nước)

Hình 6 Các kết quả dự báo mất mát cường độ ảnh hưởng do chu kỳ sơn phủ lại (vùng ngập nước)

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện với nguồn hỗ trợ nghiên cứu đặc biệt từ Liên đoàn Sắt và Thép Nhật Bản và là cầu nối trong các hoạt động của Ủy ban Chịu trách nhiệm Đánh giá về Bảo vệ ăn mòn và Sự bền vững của thép và các Kết cấu liên hợp trong các

Môi trường ngoài khơi (chủ tịch E. Watanabe), Ủy ban Kết cấu thép của Hội Kỹ sư dân dụng Nhật Bản. Chúng tôi xin cảm ơn các thành viên ủy ban và các tổ chức có liên quan đã hỗ trợ và hợp tác.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 13~15)

Kỹ thuật đánh giá hiệu suất vòng đời của các kết cấu thép trong cảng tập trung vào hiệu suất sau sửa chữa

Tác giả: Giáo sư Yoshito Itoh, Trợ lý giáo sư Yasuo Kitane và Trợ lý giáo sư Mikhito Hirohata, Khoa Công trình, Trường Kỹ thuật sau đại học, Đại học Nagoya

Kéo dài tuổi thọ sử dụng của các kết cấu thép lâu đời trong cảng

Để kéo dài tuổi thọ sử dụng của các kết cấu thép lâu đời trong cảng bằng các biện pháp bảo dưỡng hợp lý hóa, việc đánh giá chính xác hoạt động trước và sau sửa chữa, đánh giá hoạt động vòng đời trong tuổi thọ sử dụng thiết kế, điều tra và bảo dưỡng phù hợp là rất quan trọng. Tập trung vào các cọc ống thép hư hại hoạt động do ăn mòn, chúng tôi đã nghiên cứu khả năng chịu tải sau khi sửa chữa và sự bền vững của các cọc sửa chữa bằng hàn tấm thép. Các phần tiếp theo trình bày tóm tắt về nghiên cứu này.

Khả năng chịu tải của các cọc ống thép sau khi sửa chữa bằng hàn tấm thép

Hình 1 trình bày phương pháp sửa chữa hàn tấm thép là một phương pháp điển hình để sửa chữa và tăng cường cho ống thép và cọc ván bị mòn. Trong phương pháp này, phần bị ăn mòn được bọc bằng tấm dãi thép được hàn với bộ phận thép cũ bằng đường hàn vòng. Khi phần bị mòn nằm trong nước biển, thường sử dụng mối hàn ướt dưới nước. Các môi trường hàn khô hay ướt đều có thể ảnh hưởng các đặc tính hàn. Biết rằng nhiều lỗi hàn xuất hiện trong khi hàn dưới nước và trong khi độ cứng của mối hàn dưới nước cao hơn so với mối hàn trên cạn, độ dẻo của mối hàn dưới nước lại thấp hơn. Từ các thí nghiệm cường độ của các mối hàn vòng trên ống thép và cọc ván thép, thu được các kết quả tương tự. Như trong Hình 2, các mối hàn vòng dưới nước có cường độ tĩnh lớn hơn

nhưng lại có độ dẻo thấp hơn các mối hàn trên cạn, thấy rằng các hiệu ứng này trong thép cọc ván là rõ ràng trong thép cọc ống.

Hình 1 Cọc ống thép đã sửa chữa

Hình 2 Những thay đổi tương đối về cường độ và độ dẻo của các mối hàn trên cạn so với các mối hàn dưới nước

Hơn nữa, các thí nghiệm được tiến hành với các sửa chữa hàn tấm thép dựa trên phương pháp thiết kế hiện tại được áp dụng cho các ống thép có chiều dày tường bị giảm đi bằng cách cắt và với hiệu suất kết cấu sau sửa chữa của ống được kiểm tra dưới tác dụng của tải trọng nén hoặc uốn. Các thí nghiệm này cho thấy rõ ràng khi độ cứng và khả năng chịu tải của ống thép đã sửa chữa chịu tải trọng nén hoặc uốn được phục hồi gần như đạt mức ban đầu trước khi xuất hiện phá hoại ăn mòn, độ dẻo tương ứng giảm so với giai đoạn trước ăn mòn. Hình 3 trình bày đường cong tải trọng – chuyển vị của các thí nghiệm tải trọng uốn.

Như đã trình bày ở trên, cường độ tĩnh của ống thép sau sửa chữa có thể phục hồi như giai đoạn trước khi ăn mòn nhưng các ống thép sửa chữa sẽ phải chịu tải trọng chu kỳ khi động đất nên đặt ra câu hỏi liệu ống thép sửa chữa có khả năng hấp thụ năng lượng phù hợp hay không.

Hình 4 trình bày đường cong tải trọng – chuyển vị của bốn loại ống thép chịu tải trọng uốn chu kỳ trong phân tích phần tử hữu hạn phi tuyến: (a) ống nguyên vẹn (đường kính ngoài 216.3mm, chiều dày tường 12.7mm); (b) ống thép có chiều dày tường giảm đều 6mm trên phần dài 150mm; (c) ống thép có chiều dày tường giảm đều 6mm và được hàn sửa bằng tấm dải dày 6mm; (d) ống thép có chiều dày tường giảm đều 6mm và được hàn sửa bằng tấm dải dày 9mm.

Trên hình vẽ này, ta thấy rằng để phục hồi khả năng hấp thụ năng lượng cho cọc ống thép bị ăn mòn như cọc nguyên vẹn cần sử dụng tấm dải thép có chiều dày lớn hơn chiều dày tường đã bị mất đi do ăn mòn.

Hình 3 Mối quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị của các ống thép dưới tải trọng uốn

Hình 4 Đường cong tải trọng – chuyển vị của các ống thép dưới tải trọng uốn chu kỳ

Kiểm tra các đặc tính ăn mòn của mối hàn bằng thí nghiệm sôi nước biển

Để biểu diễn hiệu suất vòng đời, cần nắm được sức kháng ăn mòn sau khi sửa chữa. Trong thực tế, các lớp

phủ bảo vệ ăn mòn được bố trí trên các cọc ống thép đã được sửa chữa bằng đường hàn tấm dải thép. Ảnh 1 thể hiện một ví dụ về cọc ống thép có lớp phủ dầu mỡ và bọc FRP bên ngoài lớp phủ. Hệ bảo vệ ăn mòn như vậy được coi là có hiệu quả trong khoảng 20 năm nhưng trong nhiều trường hợp khi lớp bọc FRP bị hư hỏng do các vật nổi và một phần của lớp phủ dầu mỡ bị tróc, phần sửa chữa lại bị phơi ra môi trường ăn mòn. Có nhiều nghiên cứu về các đặc tính ăn mòn của các bộ phận thép trong nước biển đã được tiến hành nhưng chưa có nhiều nghiên cứu để so sánh các phần chung của các bộ phận thép liên kết hàn ngầm chứng tỏ những khác biệt trong các đặc tính hàn.

Với sự thiếu hụt về thông tin này, chúng tôi đã sử dụng thí nghiệm gia tốc ăn mòn sôi (dung dịch NaCl 3% ở 50°C trong 28 ngày) để kiểm tra các đặc tính ăn mòn của các mối nối hàn thép. Hình 5 thể hiện tóm tắt dụng cụ thí nghiệm sử dụng. Hai loại tấm cơ bản là SY295 và SYW295 được sử dụng làm mẫu thí nghiệm còn tấm thép SM490 được dùng làm tấm dải hàn. Các tấm dải và tấm cơ bản được liên kết hàn bằng mối hàn vòng bằng các điện cực hàn E4319.

Trong thí nghiệm, cấu tạo bề mặt trước và sau thí nghiệm được đo đạc và so sánh bằng một cảm ứng chuyển vị la-de để xác định mất mát ăn mòn trong các mối hàn. Hình 6 thể hiện mất mát ăn mòn trong mối hàn của một mẫu thí nghiệm với mối nối hàn vòng có ăn mòn đều và không có vị trí ăn mòn cục bộ nguy hiểm nào do các phần không đều của bề mặt đường hàn hay do chân đường hàn. Ngoài ra, không tìm thấy khác biệt đáng kể trong mất mát ăn mòn dọc theo mối hàn (mối hàn vòng dọc hoặc ngang), kiểu thép của tấm cơ bản hoặc của môi trường hàn (trên cạn hoặc dưới nước). Thêm vào đó, thấy rằng mất mát ăn mòn trong các mối hàn là tương tự với mất mát ăn mòn tròn tấm thép.

Ảnh 1 Cọc ống thép được sửa chữa bằng các tấm dải với lớp phủ dầu mỡ và bọc FRP

Hình 5 Hệ thí nghiệm phơi gia tốc cho ăn mòn dưới nước

Hình 6 Thay đổi cấu tạo bề mặt của mối hàn do ăn mòn

Hiệu suất vòng đời của các kết cấu thép trong cảng

Với mục tiêu tăng cường quản lý vòng đời cho các kết cấu thép trong cảng, chúng tôi đã kiểm tra khả năng chịu tải của các cọc ống thép bị ăn mòn đã được sửa chữa bằng cách hàn tấm thép để hiểu hơn về hiệu

suất vòng đời của các cọc ống thép. Mục tiêu trong tương lai của chúng tôi là đánh giá khả năng chịu tải sau khi sửa chữa của các kết cấu trụ/ke bổ sung cho các cọc ống thép đơn.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 16 ~ Bìa cuối)

Phương pháp đánh giá cường độ thực tế của các kết cấu thép bị hư hỏng do ăn mòn trong cảng

Tác giả: Giáo sư Kunitomo Sugiura, Khoa Công trình và Kỹ thuật tài nguyên trái đất, Trường Kỹ thuật, Đại học Kyoto

Mở đầu

Nhật Bản được biển bao bọc từ mọi hướng, các công trình cảng đóng một vai trò quan trọng trong việc phát triển ổn định kinh tế và xã hội. Là một loại công trình giao thông, các công trình cảng thường gồm có các cầu tàu và những công trình neo đậu khác, các lạch nước và bề như các đê chắn sóng và khu vực neo đậu, và đê chắn sóng và các công trình bảo vệ khác để đảm bảo an toàn cho các khu vực cảng. Các cảng, vốn được xây dựng cách đây 30 đến 50 năm, đóng vai trò đảm bảo hoạt động đầy đủ và kết nối có hiệu quả cho các công trình này. Như vậy, các chi phí bảo dưỡng sẽ tăng lên chắc chắn trong tương lai và việc bảo dưỡng phù hợp các công trình cảng là một nhiệm vụ quan trọng

Đặc biệt ở Nhật Bản, các cơ sở hạ tầng xã hội như đường cao tốc, sông, các công trình cảng được xây dựng nhiều trong giai đoạn kinh tế phát triển tốt. Bộ Cơ sở hạ tầng, Đất đai, Giao thông và Du lịch (MILT) đã ước tính chi phí cần thiết để bảo dưỡng và hồi phục trong tương lai dựa trên sự tái đầu tư quá khứ, hướng đến các cơ sở hạ tầng do MILT quản lý (đường cao tốc, cảng, sân bay, nhà công cộng cho thuê, hệ thống nước thải, công viên đô thị, các công trình chính trị sông, cảng). Tính toán thử nghiệm cho thấy không thể cung cấp được chi phí bảo dưỡng/hồi phục yêu cầu sẽ vượt quá mức đầu tư trong năm 2037 và bằng chi phí hồi phục cần cho 50 năm từ năm tài chính 2011 đến 2016 (khoảng 190 nghìn tỷ Yên), trong đó công tác hồi phục chiếm khoảng 30 nghìn tỷ Yên (16% tổng chi phí). Thực tế này đưa đến sự cần thiết phải bổ sung

bảo dưỡng định kỳ và chiến lược với chi phí nhỏ nhất có thể. Theo đó, cần phải thực hiện ngay kỹ thuật thiết kế/quản lý vòng đời như một biện pháp sử dụng hiệu quả các công trình hiện có và kéo dài tuổi thọ sử dụng cả các kết cấu bằng cách áp dụng các biện pháp sửa chữa phù hợp.

Để đạt được điều này, không chỉ công tác thiết kế, thi công và quản lý các công trình mới dễ dàng cho việc kiểm tra và quan sát mà còn cả thực hiện “bảo dưỡng dự phòng” là quan trọng để kéo dài tuổi thọ sử dụng của toàn bộ các công trình bằng cách phát hiện sớm các hư hỏng và sửa chữa các công trình hiện có. Cần phải sử dụng các vật liệu và kết cấu có độ bền vững cao, đưa ra và thực hiện các biện pháp nhằm đem lại tuổi thọ sử dụng dài hơi, kéo dài tuổi thọ sử dụng của toàn bộ cơ sở hạ tầng xã hội. Mục đích cuối cùng là giảm tổng chi phí (tham khảo Hình 1).

Hình 1 Các biện pháp kéo dài tuổi thọ sử dụng của công trình

Ở Nhật Bản, việc áp dụng các cọc ván thép trong xây dựng các cầu tàu và những công trình cảng khác bắt đầu từ năm 1926 và áp dụng cọc ống thép từ nửa cuối thập kỷ 50. Các sản phẩm thép này cho phép xây dựng nhanh chóng trong khu vực bờ biển nên đã được sử dụng rộng rãi. Các công trình thép trong cảng tiếp xúc với nước biển vào phơi trong các môi trường khắc nghiệt như chênh lệch mực nước, bắn nước thủy triều trực tiếp nên có các ứng xử ăn mòn khác biệt với các kết cấu thép trên bờ. Cùng với việc áp dụng ngày càng nhiều sản phẩm thép trong các công trình cảng, việc kiểm tra được thực hiện để làm rõ cơ chế ăn mòn, các biện pháp bảo vệ ăn mòn khác nhau, các biện pháp sửa chữa và tăng cường. Trước khi thiết lập các công nghệ bảo vệ ăn mòn, hầu hết các kết cấu bảo vệ không ăn mòn được thiết kế bằng việc cho phép ăn mòn (không loại bỏ ăn mòn nhưng làm tăng chiều dày tường) được thi công nhưng các hệ thống bảo vệ ăn mòn hiện nay như bảo vệ ca-tốt hay bọc/son phủ đang được áp dụng ngày càng nhiều trong xây dựng các công trình thép mới. Các kết cấu này đảm bảo chức năng bảo vệ ăn mòn trong giai đoạn ổn định nhất định nên phải thực hiện điều tra (kiểm tra) định kỳ và luôn nắm được sự hoạt động thực tế để sự làm việc yêu cầu của kết cấu không bị giảm sút cho các sản phẩm thép bị ăn mòn.

Trong lúc đó, chúng ta biết rằng chiều dày tấm của các bộ phận thép trong kết cấu cảng thép bị giảm đi do ăn mòn gây ra sự suy giảm khả năng chịu tải không

chỉ của từng bộ phận kết cấu mà còn của toàn thể kết cấu. Vì vậy, công tác bảo dưỡng cần đánh giá chính xác sự làm việc thực tế của kết cấu thép bị ăn mòn. Khi đánh giá khả năng chịu tải thực tế của các kết cấu căng, nhiều thông số trong các phương pháp phân tích và thực nghiệm được đưa ra để đánh giá khả năng chịu tải của các bộ phận thép chịu tác dụng của các lực tương ứng. Tuy nhiên, hầu hết các phương pháp thực nghiệm và phân tích này đều chỉ áp dụng cho từng bộ phận kết cấu nên việc đánh giá cho toàn bộ kết cấu không được áp dụng thường xuyên.

Trong phần tiếp theo, trên một cầu tàu đặt trên cọc ống thép và bản bê-tông cốt thép (mô hình có 3 trụ cho việc chuẩn bị khung phẳng, Hình 2) thu được các kết quả kiểm tra về tác động của các trụ bị suy giảm hoạt động do ăn mòn (Hình 3) lên khả năng chịu tải theo phương ngang. Trong kiểm tra, mẫu ống thép được lấy từ các cọc ăn mòn phơi 19 năm trong một môi trường biển, bề mặt ăn mòn được đo đạc bằng thiết bị la-de đo chuyển vị và bề mặt ăn mòn được sử dụng làm đặc trưng ăn mòn của các cọc ống thép.

Hình 2 Ví dụ về cầu bờ kiểu cọc thẳng

Hình 3 Xu hướng ăn mòn theo phương thẳng đứng trong kết cấu ngoài khơi

Phân tích phần tử hữu hạn (FEM) cho trụ kiểu cọc thẳng với các cọc ống bị suy giảm hoạt động do ăn mòn

Kết cấu khung phẳng (cao 10.2m, khoảng cách giữa các cọc 6.5m) có 3 cọc (đường kính ngoài 800mm, chiều dày tường 16mm) bố trí song song với cùng một khoảng cách được dùng làm mô hình trụ toàn thể có cọc ống thép bị suy giảm hoạt động do ăn mòn và hiệu ứng khung phẳng của các cọc ống thép về khả năng chịu tải theo phương ngang được phân tích bằng cách thay đổi cả mô hình hư hỏng do ăn mòn. Đồng thời, tiến hành phân tích phần tử hữu hạn bằng phần mềm ABQUS (phiên bản 6.10). Hình 4 trình bày mô hình khung phẳng của trụ cọc ống ăn mòn trong phân tích FEM. Đế cọc ống có đường kính lớn hơn 2.75 lần đường kính ngoài của ống và đỉnh cọc ống có đường kính lớn hơn 2.25 lần đường kính ngoài được mô hình hóa bằng các phần tử vỏ (phần tử vỏ tích hợp giảm 4 nút) và phần trung gian được mô hình hóa bằng các phần tử dầm. Phần tử vỏ và dầm được nối cứng với nhau tại nút, chức năng tham gia theo phương chu vi ống thép của phần tử vỏ và lưới theo phương dọc trục phần tử dầm được lấy bằng 150. Bản bê-tông cốt thép được coi là đàn hồi và nối cứng với

khu vực vỏ của đỉnh cọc ống. Cạnh đế cọc ống được cố định hoàn toàn về điều kiện biên và chuyển vị ngang cực đại 1000mm được ấn định cho toàn bộ bản theo phương ngang trong mặt phẳng. Ống thép sử dụng thép cấp SKK490 với chiều dày tường là số liệu đầu vào tại mỗi nút của phần tử vỏ. Phần tử dầm có mặt cắt ngang tròn rỗng với cùng đường kính được đưa vào với chiều dày trung bình của mỗi phần tử.

Hình 4 Bố trí phần tử của kết cấu khung phẳng của trụ

Tiến hành phân tích trên ba trường hợp: Mô hình A có một cọc; Mô hình Khung B-1 có yếu tố ăn mòn với ba cọc cùng bị ăn mòn như nhau; Mô hình Khung B-2 chỉ có một cọc gây mất mát ăn mòn lớn. Trong Mô hình A, cọc tương tự đã dùng trong mô hình phẳng được sử dụng với cạnh đỉnh của cọc được chọn là mặt cứng, phần tử cứng được gắn lên cạnh đỉnh và cố định quay. Tiến hành phân tích cho đến khi chuyển vị ngang cực đại đạt tới 1000mm. Khi phân tích, mất mát do ăn mòn trong mỗi mô hình được thay đổi bằng 0 lần (không ăn mòn), 1.0 lần, 1.2 lần, 1.4 lần, 1.6 lần, 1.8 lần tiêu chuẩn ăn mòn thu được trong các đo đạc chiều dày tường thực tế. Các cấp độ ăn mòn được phân loại thành a, b, c, d, e, f và trường hợp mô hình phân tích được đánh dấu bằng B-[○]-[△]-[□] (○: cọc trái; △: cọc giữa; □: cọc phải, yếu tố ăn mòn cho các cọc này được biểu diễn bằng ký hiệu a~f). Vì điều kiện ăn mòn thay đổi khác nhau theo phương chu vi cọc nên cường độ ngang trong Mô hình A được khẳng định bằng cách thay đổi phương tải trọng ngang các bước 45°. Cường độ ngang trung bình là 548kN (cực đại 559kN, cực tiểu 537kN), phạm vi độ lệch trong khoảng 4% giá trị trung bình.

Hình 5 trình bày ví dụ về mối quan hệ giữa tải trọng ngang và chuyển vị ngang (Mô hình B-1). Khả năng chịu tải giảm khoảng 14.2% từ cấp độ tốt (B-a-a-a) do quá trình ăn mòn (B-b-b-b) trong 19 năm phơi. Khả năng chịu tải còn giảm 18.3% từ cấp độ tốt khi mất mát ăn mòn tăng 1.2 lần (B-c-c-c) và giảm 25.7% từ cấp độ tốt khi mất mát ăn mòn tăng 1.4 lần (B-d-d-d). Đồng thời chuyển vị khi tải trọng cực đại nhỏ hơn giá trị ở cấp độ tốt khi mất mát ăn mòn tăng lên. Ngoài ra, khi quá trình ăn mòn tăng lên, quan sát được những thay đổi khác nhau về lực dọc tại từng cọc và tìm thấy sự khác nhau lớn nhất giữa ứng xử oằn cọc bộ và khả năng chịu tải. Từ đó thấy rằng cần phải đánh giá sự làm việc kết cấu của toàn bộ kết cấu.

Trong lúc đó, với việc lựa chọn cọc ống bị ăn mòn

trong Mô hình B-1, ngay cả khi ăn mòn phát triển đáng kể chỉ tại một cọc, các cọc còn lại vẫn sinh ra lực. Vì thế thấy rằng khả năng chịu tải của một kết cấu toảng bộ phụ thuộc vào mất mát ăn mòn tổng thể của toàn bộ kết cấu.

Hình 5 Ví dụ về mối quan hệ tải trọng – biến dạng

Đánh giá sự làm việc của cọc bị ăn mòn dựa trên đo đạc tại hiện trường

Giả sử tiến hành đo đạc tại hiện trường trên chiều dày tường dựa trên “Sổ tay tăng cường: Bảo vệ ăn mòn của các kết cấu thép trong cảng” phổ biến hiện nay, xác định được chiều dày tường đại diện của các cọc ống thép ăn mòn của các mô hình trụ trong nghiên cứu này. Trong quá trình giảm chiều dày, khu vực mặt cắt có chiều dày nhỏ nhất được lựa chọn từ khu vực mặt cắt trong các vùng bắn nước, thủy triều và ngập nước. Các điểm tâm đo 4 hoặc 8 chiều trong một vùng mặt cắt xác định được lựa chọn với các điểm chiều dày nhỏ nhất làm điểm xuất phát (Hình 6). Hơn nữa, trong khu vực vuông cạnh 10cm, 5 điểm bao gồm 4 điểm cách đều nhau 3.2cm theo phương dọc và ngang từ điểm xuất phát được trích ra và chiều dày trung bình thu được được lấy làm chiều dày đo đạc tại hiện trường để đánh giá (hình 7).

Hình 6 Ví dụ vị trí đo đạc theo phương thẳng đứng và phương chu vi

Hình 7 Phương đo đạc chiều dày tường trong khu vực vuông cạnh 10cm

Phân tích tập trung vào cọc 1 (đường kính ngoài 406.4mm, dài 10.5m, chiều dày ban đầu 9mm, cấp thép SKK490). Trong các mô hình phân tích, ký hiệu “Ave-[]” trong hình 8 biểu thị mô hình có chiều dày trung bình ở mỗi phần thể hiện trong hình; ký hiệu “4d” biểu thị mô hình có 4 điểm đo đạc chiều dày được lựa chọn theo phương chu vi tại thời điểm lựa chọn điểm đo trung tâm với chiều dày nhỏ nhất là điểm xuất phát; ký hiệu “8d” biểu thị mô hình có 8 điểm được lựa chọn. Ngoài ra, ký hiệu B-[]-[]-[] (ví dụ B-4-4-4) trong hình biểu thị mô hình không sử dụng chiều dày trung bình tại mỗi phần những tách rời phần theo phương dọc dựa trên phương đo chiều dày. Chiều dày tường được tính toán như giá trị đo đạc tại mỗi phần riêng biệt là số liệu đầu vào trong tính toán. Ký hiệu [] biểu diễn số phương đo đạc chiều dày trong vùng bắn nước, thủy triều và ngập nước (từ trái sang phải). Ký hiệu s-Det thể hiện mô hình có bề mặt ăn

mòn được tái tạo chi tiết và khi phần bao gồm chiều dày trung bình, nội suy tuyến tính và các giả thiết khác khi không thực hiện đo đạc chiều dày. Trường hợp phân tích này được giả định là trường hợp có đo đạc chiều dày được thực hiện ở các chi tiết cao nhất và khả năng chịu tải ngang của các cọc ống được tính toán với độ chính xác cao nhất.

Hình 8 trình bày mối quan hệ tải trọng – chuyển vị trong từng mô hình phân tích. Dự trữ sai số về khả năng chịu tải ngang so sánh với s-Det là khoảng 16.8% với Ave-4d và 13.1% với B-4-4-4. Khi đo đạc tại hiện trường trên 4 điểm mỗi khu vực mặt cắt trong sổ tay hiện hành, có thể thấy từ nội dung đã trình bày khả năng chịu tải của mô hình được đánh giá so sánh an toàn (ở cấp thấp) khi so sánh với khả năng chịu tải thực tế. Đó là do chiều dày của vùng mặt cắt có chiều dày nhỏ nhất là số liệu đầu vào như chiều dày tường của cọc trong vùng bắn nước hoàn toàn, vì thế áp dụng chiều dày nhỏ hơn chiều dày thực tế trên toàn bộ các vùng. Để đánh giá chính xác khả năng chịu tải, cần phải tái sinh cường độ cục bộ trong vùng bắn nước chịu ảnh hưởng lớn của hiện ứng mô-men uốn xuất hiện tại đó khi có sự thay đổi lớn về chiều dày.

Hình 8 Mối quan hệ tải trọng – chuyển vị của mô hình cọc ống dựa trên đo đạc ảo

Ngoài ra, khi kiểm tra các kết quả có số vùng mặt cắt đo đạc trong khu vực bắn nước và thủy triều tăng lên 2 hoặc 3 và khi so sánh kết quả đo đạc với s-Det thì đường cong tải trọng – chuyển vị sát với đường cong của s-DET có thể được lấy bằng cách tăng số khu vực mặt cắt đo. Điều này được coi là do chiều dày trung bình trong mỗi phần có độ chính xác nhất định có thể được tính toán bằng cách tăng số lượng các vùng mặt cắt đo đạc. Để đạt được điều đó, khi đo đạc tại hiện trường có khó khăn, có thể sử dụng nhiều khu vực mặt cắt để đo đạc chiều dày bằng mỗi phần có các đặc tính ăn mòn được coi là như nhau và có thể coi đo đạc chiều dày trên 4 điểm trong phạm vi 90^0 trong một mặt cắt là đủ.

Kết luận

Từ kết quả của phân tích khung phẳng trụ kiểu cọc ống thép thẳng, thấy rằng ảnh hưởng của vị trí cọc ống bị ăn mòn tới khả năng chịu tải là nhỏ và khả năng chịu tải của toàn bộ kết cấu phụ thuộc vào mất mát ăn mòn của toàn bộ kết cấu. Đồng thời, từ kết quả đánh giá khả năng chịu tải thực tế bằng cách đo đạc chiều dày tường cọc ống thép tại hiện trường theo sổ tay

hiện này, thấy rằng khi giới hạn hư hỏng lớn hơn hoặc bằng 13% so với khả năng chịu tải khi ăn mòn được mô hình chi tiết, có thể tìm được khả năng chịu tải an toàn.

Ngoài ra, khi đo đạc chiều dày tại 4 điểm trong một vùng mặt cắt là đủ, đặc biệt trong vùng bản nước khi chiều dày tường thực tế thay đổi nhiều, nên xem xét lại chiều dày đo đạc bằng độ lệch tiêu chuẩn và nên đo đạc chiều dày trong nhiều khu vực mặt cắt. Các kiểm tra chi tiết đang được thúc đẩy của phương pháp đo đạc tại hiện trường lý tưởng trong đó khả năng chịu tải thực tế của kết cấu trụ có thể được đánh giá chính xác bằng cách áp dụng các kết quả hạn chế về đo đạc tại hiện trường.