

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(Số 33 tháng 7-2011)

**Ấn phẩm chung của Liên đoàn thép Nhật Bản
và Hiệp hội Kết cấu thép Nhật Bản**

Phiên bản tiếng Việt

Phiên bản tiếng Anh của *Kết cấu Thép Hôm nay và Ngày Mai* được xuất bản ba số một năm và được phát hành trên toàn thế giới tới các công ty, nghiệp đoàn quản trị có liên quan tới lĩnh vực công thương và các tổ chức hành chính. Mục đích chính của ấn phẩm này là để giới thiệu những quy trình và tiêu chuẩn có liên quan tới kết cấu thép, ngoài ra còn có một số ví dụ về các dự án, vật liệu và công nghệ xây dựng tiên tiến trong lĩnh vực xây dựng dân dụng.

Nhằm giúp cho độc giả người Việt dễ dàng nắm bắt nội dung của những bài báo này, bản dịch tiếng Việt đã được chuẩn bị và được đính kèm với phiên bản tiếng Anh. Những hình vẽ, tranh ảnh và các bảng biểu minh họa sẽ chỉ ghi phần tựa đề. Ngoài ra, một số từ ngữ, chi tiết hay thuật ngữ kỹ thuật cần đề nguyên gốc, do vậy bạn đọc cần tham khảo thêm trong bản tiếng Anh.

Số 33 tháng 7-2011: Nội dung

Nội dung đặc biệt

Cọc ống thép và cọc ván thép

Cọc ván thép và cọc ống thép dành cho các công trình
cảng bằng thép: Công nghệ bảo vệ ăn mòn _____ 1

Cọc ống thép và cọc ván thép: Công nghệ sửa chữa và
tăng cường _____ 6

Cầu Nhật Tân – Việt Nam: Thiết kế cầu và thi công kết
cấu phần dưới _____ 10

Cầu Tokyo Gate: Thiết kế và thi công nền móng giếng
cọc ván ống thép _____ 14

Động đất và sóng thần lớn ở phía Đông Nhật Bản-----
Bìa cuối

(Pages 1~5)

Cọc ván thép và cọc ống thép cho các công trình cảng băng thép

- Công nghệ bảo vệ ăn mòn : Hôm nay và Ngày mai-

Tác giả Hidenori Hamada (Giáo sư Tiến sỹ Đại học Kyushu)

Toru Yamaji (Tiến sỹ Trưởng nhóm Viện nghiên cứu Cảng và Sân bay)

Yoshikazu Akira (Tiến sỹ Nghiên cứu viên Viện nghiên cứu Cảng và Sân bay)

Các công nghệ bảo vệ ăn mòn ở Nhật Bản đã có lịch sử hơn 50 năm. Vì thế, các công nghệ đã phát triển đáng kể đạt tới sự hoàn thiện việc bảo vệ ăn mòn cho các kết cấu cảng. Điều kiện ảnh hưởng tới việc áp dụng các công nghệ bảo vệ ăn mòn là khác nhau ở mỗi nước nên các phương pháp sử dụng cũng khác nhau nhưng kinh nghiệm phong phú trong lĩnh vực này ở Nhật Bản có thể áp dụng được ở nhiều nước khác. Bài báo này trình bày về các công nghệ bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng băng thép ở Nhật Bản. Chúng tôi hy vọng bài báo sẽ đóng góp vào sự phát triển đúng đắn của các công nghệ bảo vệ ăn mòn cho kết cấu thép trên thế giới.

Các công trình Cảng băng thép ở Nhật Bản

• Lịch sử

Công trình cảng băng thép cổ nhất Nhật Bản là một cầu tàu sử dụng cọc vít bằng thép ở cảng Kobe xây dựng năm 1876, tiếp theo là Cảng Yokohama, Nagoya, Osaka và Tsuruga. Trong giai đoạn cuối của kỷ nguyên Taisho (từ 1912 đến 1926), cọc ván thép được dùng để sửa chữa hư hỏng do trận động đất Kanto Lớn gây ra. Bến neo kiểu cọc ván thép đầu tiên được thi công năm 1926 ở Cảng Osaka.

Bước vào kỷ nguyên Showa (từ 1926 đến 1989), nhập khẩu cọc ván thép tăng, ước tính khoảng 25000 đến 35000 tấn mỗi năm. Năm 1929, việc chế tạo thử nghiệm cọc ván thép được tiến hành tại Công xưởng thép Yawata do nhà nước quản lý và việc sản xuất hoàn toàn được bắt đầu năm 1930. Năm 1931, các bến neo kiểu cọc ván thép được thi công ở thời kỳ đầu kỷ nguyên Showa tại Osaka, Nagoya, Fushiki, Hakodate và Rumoi.

Trong giai đoạn sau chiến tranh, cọc ống thép được mở rộng sử dụng cho các công trình cảng. Ứng dụng

cọc cho kết cấu nền móng cầu tàu được nhân rộng sau khi cảng Shiogama được thi công năm 1954. Bến neo kiểu ô đầu tiên sử dụng cọc ván thép phẳng được thi công ở cảng Shiogama (từ 1954 đến 1959), sau đó là cảng Tobata, Nagoya, Naoetsu, Aomori và Yokohama.

Bước vào thập kỷ 60, cầu tàu cọc thép được phát triển và ngày càng được sử dụng nhiều cho các bến neo tải trọng lớn ở nhiều cảng. Cầu tàu Yamashita ở cảng Yokohama và cầu tàu Mây ở cảng Kobe là các công trình điển hình.

Gần đây, các kết cấu thép kiểu giàn này càng được ứng dụng nhiều cho các công trình cảng. Bến hàng hóa Ooi và đường băng mới D ở sân bay quốc tế Tokyo là những ví dụ tiêu biểu.

• Các đặc trưng của công trình cảng băng thép

Ngày nay, gần một nửa các bến neo ở Nhật Bản được thi công từ các sản phẩm thép. Đây là một đặc trưng của các cảng Nhật Bản. Lý do chính cho việc sử dụng nhiều sản phẩm thép ở Nhật Bản là sự phát triển của ngành công nghiệp thép Nhật Bản vốn là yếu tố cốt lõi cho sự phát triển kinh tế nhanh chóng của đất nước trong thập kỷ 60. Sự phát triển này đòi hỏi các công trình cảng phải được cải tạo nhanh chóng nên khả năng thi công nhanh là một lý do nữa cho việc áp dụng nhiều các công trình băng thép. Sự mở rộng toàn bộ các bến neo sử dụng kết cấu thép đạt tới 490km. Ở cảng Tokyo, tỷ lệ kết cấu thép tăng nhanh vượt qua 150 km trên toàn bộ 200km các công trình trong cảng (bao gồm đê chắn sóng).

• Các công trình cảng băng thép điển hình

—Bến kiểu cọc ván thép

Bến tàu kiểu cọc ván thép được thi công bằng cách đóng cọc ván thép xuống đất để tạo nên tường chắn đất (Hình 1). Bến tàu kiểu cọc ván thép thông dụng nhất sử dụng thanh giằng để nối tường cọc ván thép với kết cấu chống (cọc thép, cọc ván, thép hình, v.v...) lắp bên trong tường. Phụ thuộc vào tỷ lệ lực chống, có hai loại cọc được dùng làm tường cọc – thường dùng loại cọc ván thép chữ U và cọc ống thép có mối nối. Khi tải trọng tác dụng nhỏ như trong cảng nước nông, áp dụng kết cấu tường tự chống không cần kết cấu chống và thanh giằng. Ngay cả khi sử dụng cọc ván thép hoặc cọc ống thép thì mặt trước của tường cọc vẫn phải chịu điều kiện môi trường biển ăn mòn cao.

Hình 1 Kết cấu điển hình của bến neo kiểu cọc ván thép

—Bến neo kiểu trụ

Bến neo kiểu trụ được thi công bằng cách đặt kết cấu trên lên các phần tử cột (Hình 2). Bến kiểu trụ gồm một trụ thường bằng thép ở phía trước bến và một kết cấu chắn đất ở phía sau. Dầm bê-tông cốt thép hoặc bê-tông đúc sẵn và tấm sàn được lắp đặt trên kết cấu trên. Trong các công trình cảng, kết cấu trên bằng bê-tông cốt thép là nơi các hư hỏng kết cấu do phá hoại do muối thường xuất hiện nhất.

Hình 2 Kết cấu điều hình của bến neo kiểu cọc ống thép

Các đặc trưng về ăn mòn trong môi trường biển

Các môi trường làm việc của các công trình cảng bằng thép được phân chia thành 5 vùng là vùng khí quyển, vùng bắn nước, vùng thủy triều, vùng ngập nước và vùng ngập bùn. Khi các sản phẩm thép dài như cọc ván thép và cọc ống thép kéo dài qua nhiều môi trường (vùng thủy triều, vùng ngập nước và vùng ngập bùn) thì sự ăn mòn ô lớn có thể là do những khó khăn của môi trường. Khu vực bị hư hỏng do ăn mòn thép không có các biện pháp bảo vệ ăn mòn ở lân cận ngay dưới vùng bắn nước và mực nước thấp trung bình (M.L.W.L). Hình 3 giới thiệu các xu hướng ăn mòn do môi trường gây ra

• Vùng khí quyển

Trong hầu hết các trường hợp, tốc độ ăn mòn (mất mát do ăn mòn) cho các công trình như vậy khoảng 0,1mm/năm.

• Vùng bắn nước

Trong vùng bắn nước, kết cấu luôn phải chịu nước biển bắn lên và do đó một lượng lớn nước biển và oxy có thể bám lên bề mặt thép. Vì thế vùng bắn nước là môi trường bị ăn mòn nhiều nhất. Nhìn chung, tốc độ ăn mòn của vùng này lên đến 0,3mm/năm. Theo khảo sát trong khu vực Okinawa, có những trường hợp tốc độ ăn mòn đạt tới 0,5 đến 0,6mm/năm do hậu quả của nhiệt độ cao và độ ẩm lớn.

Hình 3 Các ví dụ tiêu biểu cho tỷ lệ ăn mòn theo phương thẳng đứng của cọc ván thép và cọc ống thép

• Vùng thủy triều

Vùng thủy triều là khu vực kết cấu ngập theo chu kỳ trong nước biển và phơi trong không khí do hoạt động của thủy triều. Trong vùng này, tốc độ ăn mòn ở

xung quanh mực nước biển trung bình (M.S.L) là nhỏ nhưng tốc độ ăn mòn ở lân cận ngay dưới M.L.W.L là khá lớn do sự hình thành của một ô lớn với khu vực ca-tốt xung quanh M.S.L (độ tập trung oxy hòa tan cao) và vùng a-nốt ngay dưới M.L.W.L (độ tập trung oxy hòa tan thấp). Có những trường hợp tốc độ ăn mòn ở vùng lân cận ngay dưới M.L.W.L đạt bằng tốc độ ăn mòn của vùng bắn nước. Hiện tượng này gọi là “sự ăn mòn tập trung” và đã gây sụp đổ một số công trình cảng bằng thép.

• Vùng ngập nước và vùng ngập bùn

Sự ăn mòn trong vùng ngập nước gần như đồng đều. Tốc độ ăn mòn từ chiều sâu -1m trở xuống là khoảng 0,1 đến 0,2mm/năm. Trong vùng ngập bùn, vì lượng oxy giảm thấp hơn vùng ngập nước nên tốc độ ăn mòn nhỏ hơn, khoảng 0,03 đến 0,05mm/năm.

Các công nghệ bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng bằng thép

• Lịch sử của các công nghệ bảo vệ ăn mòn

Khái niệm thông dụng nhất về bảo vệ ăn mòn trước đây là “cho phép ăn mòn”. Theo đó, chiều dày của sản phẩm thép được tăng lên dự trữ cho phần mất mát do ăn mòn gây ra. Bảo vệ ca-tốt lần đầu tiên được áp dụng vào năm 1953 trên một công trình cảng bằng thép là cảng Amagasaki có hệ thống a-nốt bằng hợp kim magie với hệ thống nguồn dòng điện ngoài.

Bước vào thập niên 60, nhiều công trình cảng đã được bố trí hệ thống bảo vệ ca-tốt (hệ nguồn dòng điện ngoài). Khoảng từ 1960 đến 1970, sơn dầu và sơn nhựa epoxy bitum được phát triển và sử dụng nhiều để bảo vệ ăn mòn cho các vùng phía trên vùng ngập nước. Với biện pháp bảo vệ ăn mòn lớp phủ/sơn phủ, sơn giàu kẽm được phát triển sử dụng như một lớp lót cho lớp phủ nhựa epoxy bitum. Ngoài ra còn có biện pháp bao phủ phần trên của các cọc ống thép bằng bê-tông để bảo vệ ăn mòn cho các kết cấu phía trên mực nước biển là khu vực phương pháp bảo vệ ca-tốt không có hiệu quả. Khoảng năm 1970, sơn cao su clorit được phát triển và bắt đầu ứng dụng toàn phần phương pháp bảo vệ ăn mòn bằng a-nốt. Cũng khi đó công nghệ hàn dưới nước được phát triển giúp giảm được thời gian làm việc và tăng độ an toàn khi lắp đặt các a-nốt hợp kim nhôm.

Bắt đầu từ năm 1980 và trong một vài năm sau đó, nhiều phương pháp bảo vệ ăn mòn lớp phủ/sơn phủ độ bền cao khác nhau được phát triển, trong đó có phương pháp bọc vữa xi-măng/FRP, phương pháp phủ mỡ dầu mỏ và phương pháp phủ kiểu hóa cứng dưới nước.

Khoảng năm 1982, lớp phủ polyetylen và polyurethane (còn gọi là phương pháp bảo vệ ăn mòn công suất lớn) được phát triển. Trong hệ thống kiểu lớp phủ, sơn nhựa epoxy kiểu siêu nặng/ dày và sơn nhựa flo có sức kháng thời tiết cao được phát triển.

Tuy nhiên, trong lúc đó, các hệ thống bảo vệ ăn mòn vẫn không được áp dụng bắt buộc cho tất cả các công trình cảng mà hệ thống “cho phép ăn mòn” vẫn còn. Kết quả là năm 1983 đã xảy ra một tai nạn ở cảng Yokohama liên quan đến một công trình cảng bị lún. Thúc tỉnh sau tai nạn này, năm 1984 bảo vệ ca-tốt được ban hành là phương pháp bảo vệ ăn mòn tiêu chuẩn cho các kết cấu thép đã có trong vùng ngập nước và ngập bùn còn bảo vệ lớp phủ/sơn phủ là phương pháp bảo vệ ăn mòn tiêu chuẩn cho các kết cấu thép đã có trong vùng thủy triều, vùng bắn nước và vùng khí quyển.

Trong cùng thời kỳ này, ứng dụng titan làm vật liệu bảo vệ ăn mòn bắt đầu được tiến hành thực tế dưới dạng sơn phủ titan cho các tấm thép chính là lớp phủ thép không rỉ chống ăn mòn. Vật liệu titan được ứng dụng cho các công trình thực tế như trụ cầu của Đường cao tốc xuyên Vịnh Tokyo (với chiều sâu nước thay đổi từ -2 đến +3m) và cầu Yumemai (nổi, dạng quay). Sơn phủ thép không rỉ chống nước biển được áp dụng làm phương pháp bảo vệ ăn mòn cho các bến kiểu giàn để tăng cường cho Bến Ooi (chiều sâu nước từ -1m trở lên).

Hơn nữa trong sách “Các tiêu chuẩn kỹ thuật cho công trình cảng” xuất bản tháng 4/1999, các phương pháp bảo vệ ăn mòn dựa trên sự cho phép ăn mòn được loại bỏ và bắt buộc áp dụng bảo vệ ca-tốt cho các vùng bên dưới mực thủy triều trung bình và bảo vệ lớp phủ / sơn phủ cho các vùng từ 1m dưới mực thủy triều trung bình trở lên.

● **Khái niệm về các phương pháp bảo vệ ăn mòn tiêu chuẩn**

Thật khó để phát hiện được sự xuất hiện ăn mòn tập trung ở vùng lặn cận ngay dưới M.L.W.L, và để sửa chữa sự ăn mòn bằng sơn phủ. Vì thế cần phải có biện pháp xử lý bổ sung. Ba hệ thống bảo vệ ăn mòn tiêu chuẩn được sử dụng để xử lý sự ăn mòn tập trung (Hình 4) là/

(A): Phương pháp này áp dụng bảo vệ ăn mòn lớp phủ/sơn phủ cho phần trên mực nước L.W.L -1m và bảo vệ ca-tốt cho phần bên dưới mực nước M.L.W.L. Đây là phương pháp được áp dụng rộng rãi nhất.

(B): Phương pháp này áp dụng bảo vệ ăn mòn lớp phủ/sơn phủ của phương pháp (A) cho các phần sâu

dưới đáy biển. Đây là phương pháp kinh tế và hiệu quả nhất khi cần mật độ dòng điện bảo vệ ăn mòn lớn của bảo vệ ca-tốt trong các biển mở và trong các khu vực chịu dòng thủy triều lớn. Phương pháp (B) đã được áp dụng cho nhiều cầu nhịp lớn và cửa xả.

(C): Phương pháp này áp dụng bảo vệ ăn mòn lớp phủ /sơn phủ cho các phần của vùng bắn nước là nơi xuất hiện ăn mòn nặng nề nhất, vùng thủy triều, vùng ngập nước và vùng ngập bùn. Nhìn chung, áp dụng phương pháp này cho các tường ngăn cọc ván thép lắp đặt trong các vùng nước nông. Khi đó, phương pháp lớp phủ /sơn phủ sẽ đem lại sự bảo vệ ăn mòn tuyệt hảo và lâu dài. Thông thường, sử dụng sơn phủ polyetylen và uretan đàn hồi cho các kết cấu mới với chiều sâu áp dụng giới hạn là đến mực nước G.L -1m còn sơn phủ mỡ dầu mỏ và vữa cho các kết cấu đã có. Phương pháp bảo vệ ăn mòn không được áp dụng cho vùng ngập bùn từ mực nước G.L -1m trở xuống. Khi đó, cần phải sử dụng sản phẩm thép có chiều dày cần thiết lớn hơn để dự trữ cho mất mát do ăn mòn ở vùng biển tương ứng.

Hình 4 Các phương pháp bảo vệ ăn mòn tiêu chuẩn cho các công trình cảng bằng thép

● **Các vật liệu cho bảo vệ ăn mòn lớp phủ /sơn phủ**

Năm biện pháp bảo vệ ăn mòn lớp phủ / sơn phủ được áp dụng cho các công trình cảng bằng thép là lớp phủ, sơn phủ hữu cơ, sơn phủ mỡ dầu mỏ, phủ vữa và phủ kim loại.

Hệ lớp phủ tiêu biểu sử dụng sơn giàu kẽm dạng màng dày / mỏng cộng với sơn nhựa epoxy. Sơn phủ hữu cơ có sức kháng ăn mòn cao hơn. Loại áp dụng cho các công trình cảng bằng thép là sơn phủ polyetylen, sơn phủ urethane đàn hồi, sơn phủ dạng màng siêu dày / mỏng và sơn phủ dưới nước. Sơn phủ dưới nước có hai loại là dạng ma-tit có vật liệu sơn ở trạng thái giống ma-tit được sơn thủ công và dạng sơn có vật liệu sơn bằng ống lăn và chổi. Một trong những đặc điểm của hệ sơn phủ dưới nước là có thể sơn cho các kết cấu hình dáng phức tạp như các phần mối cọc ván thép.

Sơn phủ mỡ dầu mỏ được ứng dụng cho nhiều công trình và là phương pháp hiệu quả để bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng bằng thép. Trong hệ thống này, sơn phủ kiểu mỡ dầu mỏ được dính chặt lên bề mặt sản phẩm thép được bảo vệ bằng lớp bọc nhựa gia cường hoặc không gia cường hoặc lớp bọc kim loại chống ăn mòn. Có những trường hợp vật liệu đệm được chèn vào giữa vật liệu mỡ dầu mỏ và lớp bọc. Hệ thống kết hợp này phù hợp để sử dụng dưới nước, để áp dụng cho các

bề mặt trượt và không phải chờ sau khi sơn phủ.

Phủ vữa là phương pháp bảo vệ ăn mòn nhờ sự hình thành một màng trợ dày trên bề mặt sản phẩm thép do sử dụng toàn phần chất alkalin trong xi-măng. Vì lớp phủ này đi với bê-tông nên phương pháp gọi tên là phủ vữa. Phủ vữa đã được áp dụng để bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng bằng thép. Khi hư hỏng hình thành dưới dạng nứt vỡ, bong tróc, hình thành sự tập trung hóa của vữa phủ, sự làm việc chống ăn mòn của lớp phủ bị mất đi. Để xử lý hiện tượng này, nhiều biện pháp được áp dụng như tăng chiều dày lớp phủ, trộn sợi polymer hữu cơ và sợi thép, lớp phủ bề mặt và sử dụng thiết bị bảo vệ như khuôn FRP và thép.

Phủ kim loại đặc biệt có hiệu quả để tăng sức kháng động và sức kháng mài mòn, có sức kháng ăn mòn cao. Thép và titan không rỉ chống ăn mòn cao được dùng làm các vật liệu phủ kim loại.

• Bảo vệ ca-tốt

- Nội dung chính

Trong hệ thống bảo vệ ca-tốt, dòng trực tiếp lớn hơn dòng ăn mòn từ sản phẩm thép vào môi trường điện phân (nước biển) là dòng liên tục từ một nguồn bên ngoài vào sản phẩm thép để chống sự ion hóa (ăn mòn) trong sản phẩm thép. Có hai dạng bảo vệ ca-tốt: hệ nguồn dòng ngoài và hệ a-not hy sinh. Trong hệ a-not hy sinh, các vật liệu kim loại có xu hướng ion hóa lớn/nhỏ và/hoặc cao/thấp như nhôm, kẽm, magie, v.v... được sử dụng để gắn vào thép và bị ion hóa (ăn mòn dần) thay cho thép để bảo vệ sản phẩm thép không bị ăn mòn.

- Ứng dụng

Phạm vi ứng dụng cho phương pháp bảo vệ ca-tốt là phần từ mực nước M.L.W.L trở xuống. Phương pháp này rất hiệu quả trong việc bảo vệ ăn mòn tập trung xuất hiện trong các sản phẩm thép đặt ngay dưới mực nước M.L.W.L, trong đó hệ a-not hy sinh sử dụng các a-not bằng hợp kim nhôm thường được sử dụng nhiều nhất nhờ những ưu điểm như không cần sử dụng nguồn dòng khi hệ đã được lắp đặt (trái với hệ nguồn dòng bên ngoài), không cần tiêu hao năng lượng và khả năng kiểm tra, bảo dưỡng nhờ việc đo đặc định kỳ điện thế.

Những nội dung mới về Công nghệ bảo vệ Ăn mòn

- Sân bay quốc tế Tokyo (Sân bay Haneda) -

Hình 5 cho thấy sân bay Haneda hiện nay với đường băng mới thứ 4 (vẫn đang xây dựng trong năm

2009). Đặc điểm của đường băng này là bao gồm phần cải tạo (dài 2.020m) và phần trên mặt nước (dài 1.100m). Với kinh nghiệm trong “Công trình cảng bằng thép” đã nêu ở trên, yêu cầu đặt ra cần phải áp dụng tốt công nghệ bảo vệ ăn mòn cho phần trên mặt nước trong suốt tuổi thọ khai thác thiết kế là 100 cho đường băng mới thứ 4. Trên công trình rất quan trọng này, các cọc thép tạo thành dàn thép được bảo vệ bằng tấm thép không rỉ dày 0,4mm ở phần nằm trong vùng thủy triều và vùng bắn nước (Hình 6). Các dầm thép tạo thành khung của kết cấu phía trên được bảo vệ bằng sơn phủ nhựa epoxy. Tuổi thọ khai thác thiết kế 100 năm là một thử thách cho công trình hàng hải bằng thép vốn làm việc trong môi trường rất khắc nghiệt. Chính vì vậy, công nghệ bảo vệ ăn mòn mức độ cao nhất được áp dụng cho kết cấu thép kiểu giàn. Mặc dù vậy vẫn cần phải có biện pháp bảo dưỡng phù hợp để đạt được tuổi thọ khai thác 100 năm.

Hình 5 Sân bay Haneda mới với đường băng thứ 4
Hình 6 Kết cấu bên dưới của đường băng trên mặt nước

Tương lai của thiết kế và bảo dưỡng theo sự làm việc của công nghệ bảo vệ ăn mòn

Nhìn chung, trong lịch sử của công nghệ bảo vệ ăn mòn ở Nhật Bản, trong thập kỷ 80, “lý thuyết cho phép ăn mòn” đã bị xóa bỏ và “các phương pháp bảo vệ ăn mòn” như bảo vệ ca-tốt và bảo vệ lớp phủ/sơn phủ được thiết lập. Trong những năm 2000, nội dung chính của việc quản lý cơ sở hạ tầng chuyển từ các công trình xây mới sang việc bảo dưỡng các công trình hiện có và hệ thống thiết kế chuyển dần sang phương pháp theo sự làm việc. Định nghĩa về sự hoạt động của hệ thống bảo vệ ăn mòn là “trong tuổi thọ khai thác thiết kế, không cho thép bị ăn mòn (rỉ)”.

Tuổi thọ khai thác thiết kế của các công trình bằng thép nói chung hầu hết là 50 năm, trừ đường băng mới của sân bay Haneda là 100 năm. Bảng 1 trình bày phương pháp sơn hoặc lớp phủ và tuổi thọ khai thác dự kiến. Ở điều kiện công nghệ hiện tại, 50 năm là tuổi thọ cao nhất trong khi thông thường 20 năm hoặc 30 năm là mức độ dự kiến. Điều này có nghĩa là cần có hệ thống bảo dưỡng phù hợp để đạt được tuổi thọ lớn hơn 50 năm cho các công trình hàng hải bằng thép. Trong thập kỷ này, những bàn cãi chính tập trung vào hệ thống bảo dưỡng cho các công trình cảng bằng bê-tông (cốt thép, thép DWL và thép – bê-tông hỗn hợp) và bằng thép (cọc ván thép, cọc ống thép, kiểu giàn).

Hình 7 trình bày đường cong suy giảm hoạt động và hiệu quả bảo dưỡng. Trong hình này có ba mức độ bảo

dưỡng khác nhau. Mức độ bảo dưỡng cao nhất là “cấp độ I”, trung bình là “cấp độ II” và thấp nhất là “cấp độ III”. Các cấp độ này được đặt cho từng kết cấu xét tới những yếu tố quan trọng như “mức độ quan trọng của kết cấu”, “điều kiện môi trường” và “điều tra / khảo sát khó khăn”. Công tác bảo dưỡng cần được dựa trên khái niệm LCM của riêng kết cấu. Một chuỗi bảo dưỡng bao gồm “kiểm tra định kỳ”, “điều tra cần thiết” và “đánh giá hư hỏng hoặc giảm hoạt động” và nếu cần là “sửa chữa và tăng cường” và “xây dựng cơ sở dữ liệu cho hệ thống bảo dưỡng cấp độ cao chi phí thấp”.

Ở thời điểm 2011 hiện nay, công nghệ bảo vệ ăn mòn khá phát triển ở một số mức độ nhưng trong tương lai cần nâng cấp và thiết lập: 1) hệ thống thiết kế hướng hoạt động và cho hệ thống bảo vệ ăn mòn và 2) hệ thống bảo dưỡng cấp độ cao.

Bảng 1 Phương pháp sơn phủ hoặc lớp phủ và tuổi thọ khai thác dự kiến

Hình 7 Đường cong suy giảm hoạt động và hiệu quả bảo dưỡng

Kết luận và cảm ơn

Chúng tôi bày tỏ sự cảm ơn sâu sắc tới Viện nghiên cứu Cảng và Sân bay đã cung cấp nhiều số liệu và cơ sở quý giá cho bài báo này. Cho dù các công nghệ bảo vệ ăn mòn đã có những bước tiến lớn nhưng các công nghệ hiện tại vẫn chưa hoàn thiện. Ở Nhật Bản, những nỗ lực nghiên cứu và phát triển mới trong lĩnh vực này đang được thúc đẩy và các tác giả hy vọng sẽ đóng góp được phần nào vào những nỗ lực đó. Vì thế, chúng tôi rất hân hạnh được cộng tác với các kỹ sư, các nhà nghiên cứu trên toàn thế giới về bảo vệ ăn mòn trong xây dựng các công trình cảng bằng thép.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 6~9)

Cọc ống thép và cọc ván thép - Công nghệ sửa chữa và tăng cường -

Tác giả: Kazuhiro Masuda (Công ty Yoshikawa-Kaiji), Hiroshi Shiraishi (Công ty Bảo vệ ăn mòn ở akabohtec), và Atsuo Moriwake (Tổng công ty Toa), ở hóm ở ghiên cứu về các biện pháp bảo vệ ăn mòn và sửa chữa cho các công trình hàng hải bằng thép.

Những vấn đề liên quan đến ăn mòn

Vi các công trình cảng bằng thép phải làm việc

trong những môi trường ăn mòn khắc nghiệt nên việc thực hiện bảo vệ và bảo dưỡng ăn mòn không phù hợp sẽ gây hư hỏng lớn cho kết cấu, ví dụ như làm giảm đáng kể khả năng chịu tải. Trong giai đoạn phát triển kinh tế mạnh ở ả hạt Bản từ nửa cuối thập kỷ 50 đến thập kỷ 60, nhiều công trình cảng và các dạng kết cấu thép khác được xây dựng. Ở thời điểm đó, các công nghệ bảo vệ ăn mòn cho các kết cấu này chưa được thiết lập trái ngược với quá trình phát triển nhanh chóng hiện nay của các công nghệ. Vì thế trong những công trình được xây dựng sau đó, có một số phải chịu hư hỏng lớn do ăn mòn tập trung.

Ảnh 1 cho thấy một ví dụ về ăn mòn tập trung xuất hiện trên một sản phẩm thép lắp đặt dưới nước. Ảnh 2 giới thiệu một ví dụ về ăn mòn rỗ trên lớp bọc bảo vệ ăn mòn trong vùng bắn nước của một sản phẩm thép. Trong những điều kiện làm việc như ở các ví dụ này, nếu kiểm soát bảo dưỡng hợp lý không được áp dụng đúng lúc thì hư hỏng sẽ còn phát triển thêm và không thể tránh khỏi phá hoại kết cấu nghiêm trọng.

Ảnh 1 Ví dụ về ăn mòn tập trung trên kết cấu thép dưới nước

Ảnh 2 Ví dụ về ăn mòn rỗ trên lớp bọc bảo vệ ăn mòn

Sự phát triển của các công nghệ bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng bằng thép ở ả hạt Bản được trình bày trong Hình 1¹⁾. Từ nửa cuối thập kỷ 50 đến thập kỷ 60, nhiều công trình cảng được xây dựng với bảo vệ ăn mòn ca-tốt dựa trên nguồn năng lượng ngoài áp dụng cho các kết cấu ngập nước và áp dụng phương pháp thiết kế cho phép ăn mòn cho kết cấu nằm phía trên vùng thủy triều.

Hình 1 Sự phát triển của Công nghệ bảo vệ ăn mòn cho các công trình cảng bằng thép ở ả hạt Bản¹⁾

Trong giai đoạn đó, vì tầm quan trọng của bảo dưỡng vẫn chưa được nhận ra ảnh hưởng tới hiện nay đã có những trường hợp các kết cấu thép phải chịu phá hoại nghiêm trọng do ăn mòn tập trung và ăn mòn rỗ như đã trình bày ở trên. Một ví dụ điển hình về phá hoại nghiêm trọng như thế xảy ra năm 1981 khi ăn mòn tập trung gây oằn cọc ống thép rồi làm sụp đổ kết cấu phần trên của cầu tàu Yamashita trong cảng Yokohama.

Thức tỉnh nhờ sự cố này mà tầm quan trọng của công nghệ bảo vệ ăn mòn được thừa nhận và thúc đẩy sự phát triển của các công nghệ tiên tiến, cùng thời

điểm đó Sở tay về Bảo vệ và sửa chữa ăn mòn cho các công trình Cảng bằng thép²⁾ được soạn thảo. Hiện nay, nhờ đó điều khoản bảo vệ ăn mòn cho các công trình thép mới lắp ráp được thực hiện tiêu chuẩn và bắt buộc phải bổ sung công tác bảo dưỡng phù hợp cho các kết cấu này.

Tuy nhiên, một số kết cấu thép được thiết kế theo tiêu chuẩn cho phép ăn mòn vẫn đang được sử dụng và ngoài ra sự ăn mòn vẫn xuất hiện trên các sản phẩm thép do công tác bảo dưỡng được áp dụng trước đó không phù hợp. Do đó, các kết cấu thép vẫn phải chịu những phá hoại nghiêm trọng. Chính vì thế, cần phải sửa chữa và tăng cường các kết cấu này theo Sổ tay về Bảo vệ và sửa chữa ăn mòn.

Bài báo này trình bày các công nghệ mới nhất trong sửa chữa và tăng cường các kết cấu thép đã bị ăn mòn.

Sửa chữa và Tăng cường bằng Bê-tông cốt thép

• Các nội dung cơ bản trong Thiết kế

Nội dung cơ bản của phương pháp này là sử dụng các bộ phận bằng bê-tông cốt thép để sửa chữa và tăng cường các phần thép kết cấu đã bị giảm khả năng thiết kế trên mặt cắt ngang do ăn mòn nghiêm trọng đến mức làm giảm lực thiết kế trong bộ phận (tham khảo đường chấm trong Hình 2). Trong trường hợp này, việc sửa chữa và tăng cường được thực hiện sao cho Phương trình (1) được thỏa mãn.

$$\gamma_i S_d / R_d \leq 1.0(1)$$

Trong đó

S_d : Lực thiết kế trong bộ phận

R_d : Khả năng thiết kế trên mặt cắt ngang

γ_i : Hệ số kết cấu (trong trường hợp áp dụng bê-tông cốt thép)

Hình 2 Bản vẽ khái niệm về sự giảm nghiêm trọng khả năng trên mặt cắt ngang do ăn mòn gây ra

Đặc biệt là bê-tông cốt thép được gắn chặt vào phần còn tốt của cọc ống thép hoặc cọc ván thép bằng đinh dưới nước, đôi tượng sửa chữa và tăng cường, để kết hợp bê-tông và cọc sao cho bê-tông cốt thép đảm bảo chắc chắn được cường độ mặt cắt.

Hình 3 trình bày bản vẽ khái niệm về phương pháp sửa chữa và tăng cường bằng bê-tông cốt thép. Các đinh dưới nước được liên kết hàn với cả hai mặt của bộ phận cần sửa chữa và tăng cường

và bê-tông cốt thép dưới nước được bố trí cốt thép thỏa mãn phương trình (1).

Khả năng mang tính khái niệm trên mặt cắt ngang của bộ phận sử dụng phương pháp tăng cường này được thể hiện bằng đường chấm trong Hình 4.

Hình 3 Bản vẽ khái niệm về phương pháp Sửa chữa và Tăng cường bằng Bê-tông cốt thép
Hình 4 Bản vẽ khái niệm về sự phục hồi khả năng trên mặt cắt ngang của sản phẩm thép sau khi sửa chữa và tăng cường

• Các bước thực hiện chính

Để triển khai phương pháp này cần loại bỏ các sinh vật biển và rỉ bong gắn trên kết cấu bằng thanh cạo hoặc mài bằng khí nén và chuẩn bị bề mặt khu vực mặt cắt nổi bu-lông đinh đảm bảo đạt yêu cầu hàn được (Ảnh 3).

Vì các đinh dưới nước là các bộ phận quan trọng để kết hợp cọc ống hoặc cọc ván thép với bê-tông cốt thép nên phải áp dụng phương pháp hàn đinh dưới nước đảm bảo (Ảnh 4). Để đảm bảo được chất lượng toàn bộ mối hàn đinh dưới nước, phương pháp áp dụng đảm bảo chất lượng hàn sử dụng dòng điện sóng điện từ trong quá trình hàn.

Bước tiếp theo lắp đặt các thanh cốt thép lên cọc bằng phương pháp thông thường như trên mặt đất.

Bê-tông thường sử dụng loại bê-tông dưới nước nhưng trong những trường hợp yêu cầu xét tới chất lượng nước xung quanh khu vực biển thì sử dụng bê-tông dưới nước chống rửa trôi với sức kháng chống phân rã cao.

Ảnh 5 thể hiện chất lượng bê-tông sau khi tháo ván khuôn. Như trong ảnh cho thấy công tác kết hợp có thể được tiến hành mà không ảnh hưởng đến cấu hình của cọc ống hoặc cọc ván thép và vì thế, khi tiến hành bảo dưỡng có thể thực hiện kiểm tra bằng mắt thường như với các cọc khác đã lắp đặt.

Ảnh 3 Thực hiện bố trí hàn đinh và chuẩn bị bề mặt

Ảnh 4 Hàn đinh dưới nước

Ảnh 5 Bê-tông cốt thép sau khi hoàn thành

Sửa chữa và Tăng cường bằng Tấm thép

• Các nội dung cơ bản trong Thiết kế

Trong phương pháp này, thép tấm được sử dụng thay thế cho bê-tông. Đặc biệt là thép tấm có chiều dày yêu cầu được gắn vào phần cọc ống hoặc cọc ván thép bị ăn mòn làm giảm cường độ dự trữ thấp hơn giá trị thiết kế mặt cắt. Tấm thép được gắn với phân bị hư hỏng bằng liên kết hàn dưới nước ở cả hai đầu của cọc ống hoặc cọc ván thép cần sửa chữa hoặc tăng cường.

Các điều kiện cơ bản cho việc giảm và phục hồi cường độ bộ phận khi sử dụng thép tấm cũng giống như khi sử dụng bê-tông cốt thép. Tuy nhiên, có một đặc trưng quan trọng trong phương pháp này là vì chiều dày của tấm thép nhỏ hơn bê-tông nên ứng suất sinh ra trong cọc ống hoặc cọc ván thép sau khi sửa chữa và tăng cường là tương đương với lúc trước khi thực hiện nên gây ra một vài hiệu ứng ngược.

● Các bước thực hiện chính

Sau khi sử dụng khí nén hoặc biện pháp khác để loại bỏ các sinh vật biển và rỉ bong gấn trên sản phẩm thép cần sửa chữa hoặc tăng cường, tấm thép tiền chế sử dụng để sửa chữa và tăng cường được lắp đặt vào vị trí cần thiết. Thấm thép tăng cường được gắn vào cọc ống thép được chế tạo thành hai mảnh (Ảnh 6).

Sau đó, tấm thép tiền chế được liên kết hàn với cọc ống hoặc cọc ván thép bằng phương pháp hàn dưới nước kiểu ướt (Ảnh 7). Khi liên kết hàn, vì chất lượng hàn phụ thuộc vào trình độ hàn và các điều kiện thủy văn nên cần phải đảm bảo chiều dài hàn đủ và an toàn. Để thỏa mãn, giá trị đặc trưng của ứng suất chảy cho các mối hàn dưới nước kiểu ướt được lấy bằng 70% giá trị tương ứng của mối hàn thực hiện tại xưởng. Tuy nhiên trong những trường hợp điều kiện môi trường khó khăn do tác động của sóng hoặc khi cọc ống/ván thép chịu ứng suất lớn, ứng suất lắp thì giá trị 70% đôi lúc không phù hợp nên cần đặc biệt chú ý tới công tác hàn.

Trong khi đó, vì phương pháp cần có biện pháp bảo vệ chống ăn mòn nên cần phải áp dụng bảo vệ chống ăn mòn ca-tốt cho các cọc thép dưới nước và lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn cho các cọc thép trong vùng thủy triều và vùng trên mặt nước theo Sách hướng dẫn Bảo vệ chống Ăn mòn và Sửa chữa.

Ảnh 6 Lắp đặt thép tấm để sửa chữa và tăng cường
Ảnh 7 Phân kết hợp cọc thép và tấm thép sửa chữa

/ tăng cường

Sách hướng dẫn Bảo vệ chống ăn mòn và Sửa chữa cho các công trình cảng bằng thép

Hiện nay nhiều cọc ống và cọc ván thép đang sử dụng cần được sửa chữa và tăng cường nhưng vì lý do kinh tế khó khăn nên khó thực hiện cho tất cả các cọc trong một thời gian ngắn.

Chính vì thế, Sách hướng dẫn Bảo vệ chống Ăn mòn và Sửa chữa cho các Công trình Cảng bằng Thép (2009)²⁾ xuất bản tháng 11 năm 2009 không chỉ nêu lên tầm quan trọng của công tác bảo dưỡng các công trình cảng bằng thép mà còn trình bày các biện pháp thực hiện. Khi chi phí vòng đời dự án của các kết cấu thép trước đây ít được bảo dưỡng phù hợp thì nếu Sách hướng dẫn được sử dụng phù hợp để tiến hành sửa chữa và tăng cường sẽ đem lại cơ sở hạ tầng xã hội an toàn. Chúng tôi hy vọng bài báo này sẽ có ích cho những nỗ lực như vậy.

Lời cảm ơn

Trong quá trình chuẩn bị bài báo này, các tác giả đã tham khảo các kết quả trong phần sửa đổi của Sách hướng dẫn Bảo vệ chống Ăn mòn và Sửa chữa cho các Công trình Cảng bằng Thép (2009), Nhóm nghiên cứu về Sự bảo vệ chống Ăn mòn và Các phương pháp Sửa chữa cho Công trình Cảng bằng thép đã kết hợp với Viện nghiên cứu về Công nghệ Phát triển cảng. Các tác giả cũng tham khảo các kết quả nêu trong phần sửa đổi của Sổ tay Thực hành Bảo vệ chống Ăn mòn và Bảo dưỡng³⁾ (dự kiến xuất bản trong mùa thu năm 2011 do nhóm nghiên cứu Bảo vệ chống Ăn mòn và các Phương pháp Sửa chữa cho Công trình Cảng bằng thép thực hiện). Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc vì sự cộng tác nhiệt tình tới các cá nhân của các tổ chức này.

Tham khảo

- 1) Masami Abe: “Sự phát triển của các Công nghệ bảo vệ chống ăn mòn cho công trình cảng bằng thép”, Số. 60, trang 3-8, 2011
- 2) Viện nghiên cứu về Công nghệ Phát triển cảng: Sách hướng dẫn Bảo vệ chống Ăn mòn và Sửa chữa cho các Công trình Cảng bằng Thép (2009), tháng 11/2009
- 3) Nhóm nghiên cứu Bảo vệ chống Ăn mòn và các Phương pháp Sửa chữa cho Công trình Cảng: Sổ tay Thực hành Chẩn đoán, Bảo vệ

chống Ăn mòn và Bảo dưỡng cho các công trình cảng bằng thép.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 10~13)

Cầu Nhật Tân ở Việt Nam

- Thiết kế công trình và thi công kết cấu phần dưới -

Tác giả Hiroki Ikeda, Shigeyoshi Ando, Tsukasa Akiba and Harukazu Ohashi – Công ty tư vấn công trình Nippon

Tóm tắt dự án

Dự án cầu Nhật Tân là công trình cầu cao tốc dài 8,5km vượt qua sông Hồng và trải rộng từ phía nam đến phía bắc của Hà Nội, thủ đô nước Việt Nam. Dự án kỷ niệm 1000 năm Hà Nội trở thành thủ đô của đất nước (tháng 10/2010). Công trình cầu mới có kết cấu dây văng năm cột tháp sẽ là biểu tượng cho mối quan hệ giữa Việt Nam và Nhật Bản.

Thiết kế và kiểm soát triển khai dự án do liên doanh gồm Công ty Chodai và Công ty tư vấn công trình Nippon thực hiện. Gói thi công 1 bao gồm thi công cầu chính được liên doanh gồm Tổng công ty IHI và Công ty xây dựng Sumitomo Mitsui thực hiện được cấp vốn vay bằng yên STEP (Nội dung hợp tác kinh tế đặc biệt) là vốn vay ODA đặc biệt do chính phủ Nhật Bản cấp. Công tác thi công bắt đầu từ tháng 10/2009.

Phần tiếp theo trình bày các nội dung chính về thiết kế và thi công các nền móng giếng cọc ống ván thép của các cột tháp cầu chính.

Sơ đồ và thiết kế cầu chính Nhật Tân

● Tóm tắt

- Chủ đầu tư: Bộ Giao thông Việt Nam, Ban quản lý 85
- Chiều dài cầu: 1.500m
- Chiều dài nhịp: 150 m + 4 × 300 m + 150 m
- Kết cấu:

Kết cấu phần trên: Cầu dây văng sáu nhịp liên tục liên hợp dầm I kép

Bản mặt cầu: Bản bê-tông cốt thép DUL

Cột tháp chính: Tháp chữ A bê-tông cốt thép

Nền móng: giếng cọc ống ván thép

(Tham khảo Hình 1 ~2)

Hình 1 Kết cấu phần trên

Hình 2 Bản vẽ bố trí chung Cột tháp chính P12

● Lựa chọn kiểu cầu

Sông Hồng chảy từ phía tây sang đông của Hà Nội, trong khu vực thi công cầu dòng chảy từ tây sang đông kẹp giữa một bãi cát. Theo các số liệu đã có thì đáy sông có xét tới vị trí của dòng chảy và bãi cát thay đổi theo thời gian. Vì vậy, dịch chuyển tương lai của dòng chảy sông và bãi cát được xét đến khi lựa chọn sơ đồ cầu dây văng sáu nhịp liên tục có chiều dài bằng nhau (Hình 3, 4).

Hình 3 Cao độ toàn cầu

Hình 4 Phối cảnh cầu Nhật Tân khi hoàn thành (Bản vẽ máy tính)

● Các tiêu chuẩn áp dụng

Cầu được thiết kế theo Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN-272-05 của Việt Nam dựa trên tiêu chuẩn AASHTO-LRFD của Mỹ. Ngoài ra, những hạng mục như nền móng giếng cọc ống ván thép và gối cách chân không được xét đến trong Tiêu chuẩn được thiết kế theo các tiêu chuẩn của Nhật Bản.

● Các vật liệu kết cấu chính

Các vật liệu kết cấu chính gồm có:

- Các sản phẩm thép: SS400, SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570
- Cáp: bó sợi song song đường kính 7mm sợi thép mạ kẽm (cường độ kéo 1.770MPa)
- Cọc ống ván thép: SKY400, SKY490
- Cường độ thiết kế tiêu chuẩn của bê-tông: 40 MPa (cột tháp, bản mặt cầu); 30 MPa (mũ trụ, cọc khoan nhồi); 25MPa (bản nắp của nền móng cọc ống ván thép).
- Thép thường: SD390
- Thép DWL : SWPR7BL

● Kết cấu đường

Đường có kết cấu tính từ tâm: hai làn xe ô-tô (rộng 3,75m), một làn xe bus (rộng 3,75m), một làn xe máy xe đạp (rộng 3,3m) và một lề người đi (rộng 0,75m) dọc theo cạnh ngoài.

● Kết cấu phần trên

Kết cấu phần trên nhịp liên tục dài 1.500m. Kết cấu chính gồm hai dầm chủ I đặt dọc theo hai cạnh của đường xe chạy tới dầm ngang đỡ bản mặt cầu bố trí cách nhau 4m. Cáp dây văng được neo vào mặt ngoài của sườn dầm chủ. Các dầm chủ và dầm ngang tạo thành một kết cấu dầm liên hợp có bản mặt cầu đúc sẵn liên kết chốt. Các bộ phận phụ được lắp đặt trên mép

ngoài của bản để tăng cường ổn định chống gió.

Cáp có các tao sợi song song bố trí dày dạng rẽ quạt và dầm hẫng dạng mặt phẳng kép từ cột tháp chính.

• Cột tháp chính

Các cột tháp chính bằng bê-tông cốt thép dạng chữ A để đảm bảo độ cứng thẳng đứng cho trục cầu. Bên dưới dầm ngang đỡ phân trên, các chân tháp thu hẹp lại làm giảm khoảng cách giữa các chân giúp giảm kích thước móng.

Vì lực kéo dọc trục tác dụng lên dầm ngang nên bố trí kết cấu bê-tông DWL. Các hộp neo lắp thép tấm được gắn gắn đỉnh cột tháp và các cáp được neo vào các khung đệm bên trong cột tháp.

• Nền móng giếng cọc ống ván thép

Để tăng cường chất lượng thi công cọc khoan nhồi thường được áp dụng ở Việt Nam, nền móng giếng cọc ống ván thép được thực hiện lần đầu tiên ở Việt Nam. Đây là kiểu nền móng được phát triển ở Nhật Bản nên đã áp dụng hai tiêu chuẩn thiết kế và thi công của Nhật Bản là Các tiêu chuẩn cho Cầu trên đường cao tốc IV (2002) và Sách hướng dẫn Thiết kế và Thi công các Nền móng cọc ống ván thép (1997).

Chiều cao xói xét đến trong thiết kế được ước tính tối đa tới 15m từ đáy sông. Phương pháp đào để thi công cọc được áp dụng để đảm bảo khả năng chịu lực an toàn. Các cọc được đóng vào tầng đệm là lớp sỏi cuội có $N > 50$, tới chiều sâu lớn hơn năm lần đường kính cọc. Bề mặt trên của tấm đỉnh được lắp ở vị trí bằng với mực nước biển 3m, có xét đến sự thay đổi của đáy sông.

Lựa chọn cọc đường kính 1.200m, chiều dày vách 16~21mm. Nền móng giếng hình ô-van trên mặt bằng với kích thước 48.7 m × 16.9 m. Chiều dài lớn nhất của nền móng giếng cọc ống ván thép tính cả giếng chìm tạm là 50m. Số lượng cọc ống sử dụng, cả vách ngăn và cọc bên trong là 632 cọc. Sử dụng phương pháp chống bằng thanh tăng cường để nối tấm đỉnh (Tham khảo Hình 5).

Hình 5 Sơ đồ giếng P13

Quá trình thi công

Cuối tháng 5/2011, việc thi công các nền móng cột tháp chính được tiến hành từ P13 đến P15 và hoàn thành đóng cọc ống ván thép và đào dưới nước, lắp đặt tấm bản dưới và trên, v.v... được thực hiện tại P12 và P16 (Ảnh 1, 2).

Ảnh 1 Toàn cảnh công trường thi công

Ảnh 2 Thi công trên mặt đất ở bãi cát

• Bãi thi công và máy móc

Bãi cát sông Hồng tại vị trí thi công P14 được sử dụng làm bãi tập kết vật liệu, chế tạo thanh tăng cường và bãi di tản khẩn cấp. Tại P12, P13 và P15 nằm trên sông, việc thi công dưới nước được thực hiện bằng tàu cần trục, xà lan chuyên chở vật liệu và các xà lan khác (Ảnh 3).

Ảnh 3 Các xà lan để thi công dưới nước

• Đóng cọc ống thép

Để thi công các nền móng cỡ lớn, đóng và khóa các cọc ván ống thép với chiều dài tối đa 50m, cần phải đặc biệt thực hiện chính xác đóng cọc thẳng đứng. Ở bãi thi công, các cọc ống được đóng bằng búa rung thủy lực kết hợp với phương pháp xói nước. Phương pháp đóng cọc này được áp dụng để đóng các cọc có chiều sâu đến 6D (D: đường kính cọc) trên mũi cọc, trong đó lần đóng cuối cùng vào địa tầng chống được thực hiện bằng búa diesel (Tham khảo Ảnh 4, 5).

Mỗi nền móng được đóng một cọc thử và khả năng chống được xác định bằng phương pháp PDA (phân tích đóng cọc).

Ảnh 4 Vòi xói nước

Ảnh 5 Đóng cuối cùng bằng búa diesel

• Vòng vây tạm

Trong giai đoạn thiết kế, dựa vào số liệu mực nước lịch sử của sông Hồng để tính toán mực nước trong giai đoạn thi công cách mặt nước biển 9,5m, ngoại trừ hai tháng mùa hè nước chảy đạt tới mực nước tối đa. Vì có sự khác nhau lớn giữa các mực nước đỉnh nên tiến hành nhiều đo đạc để làm giảm ứng suất dư trong các cọc đóng bao gồm các nghiên cứu và cải tiến bố trí gối nhiều bước, điều chỉnh mực nước, bố trí giai đoạn đặt tấm đáy và các thiết bị khác.

Trong quá trình thi công thực tế, mực nước dâng đến khoảng mực nước biển +7m do khô hạn trong năm 2010. Vì thế, công tác thi công được tiếp tục mà không bị gián đoạn trong mùa hè và có thể giảm được 1m chiều cao của vòng vây so với cao độ thiết kế.

• Đào dưới nước

Phương pháp đào dưới nước trong giếng cọc ván ống thép là sử dụng bơm để hút nước và cát đáy sông (Ảnh 6, 7).

Ảnh 6 Bên trong nền móng giếng

Ảnh 7 Hồ xả của bơm khoan dưới nước

• Các quá trình tiếp theo

Sau khi đào, tiến hành bố trí dưới nước tấm bê-tông đáy, hàn đỉnh, bố trí thanh tăng cường và đổ bê-tông bản trên. Sau đó thi công cột tháp chính. Các quá trình tiếp theo sẽ được giới thiệu ở số tiếp theo (Tham khảo Ảnh 8).

Ảnh 8 Mô hình tỷ lệ thật để kiểm tra việc lắp đặt khung cốt thép ở phần chân cột tháp chính

Công nghệ Nhật Bản tiêu chuẩn cao

Hai năm rưỡi tiếp theo được tiếp tục trên công trường, công tác thi công có độ chính xác cao như thi công các cột tháp chính, lắp đặt hộp neo trên đỉnh cột tháp và lắp hẫng các dầm chính. Chúng tôi hy vọng rằng với khả năng công nghệ tiên tiến của Nhật Bản, cầu Nhật Tân sẽ hoàn thành an toàn và thông xe. Cây cầu sẽ thúc đẩy sự phát triển của nền kinh tế Việt Nam

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin bày tỏ sự cảm ơn sâu sắc tới ông Yamaji, Giám đốc dự án và ông Mimura, Giám đốc thiết kế của Văn phòng công trường cầu Nhật Tân của Công ty xây dựng Sumitomo Mitsui đã hợp tác nhiệt tình trong quá trình kiểm tra công tác thi công tại các nền móng cọc ván ống thép.

■ ■ ■ ■ ■

(Trang 14~18)

Cầu Tokyo Gate

- Thiết kế và thi công nền móng cọc ván ống thép -

Tác giả: Tiến sỹ Osamu Kiyomiya

Giáo sư đại học Waseda

Tóm tắt dự án

Ở Cảng Tokyo, dự án xây dựng được bắt đầu trên phần Đường cao tốc đường thủy Cảng Tokyo rộng 8km để mở rộng cảng hàng hóa quốc tế giữa Cảng Tokyo và các thành phố duyên hải. Cầu Tokyo Gate, một phần của đường cao tốc này, là một công trình lớn gồm một cầu chính (cầu liên hợp dầm – hộp ba nhịp liên tục) vượt qua kênh đào số 3 của Cảng Tokyo và hai cầu dẫn

(cầu dầm hộp bản thép nhiều nhịp liên tục) ở mỗi bên của cầu chính. Cầu có tổng chiều dài 2,9km và dự kiến sẽ hoàn thành vào năm tài chính 2011.

Vì khu vực thi công của cầu Cảng Tokyo đặt trên lớp sét bồi tích (giá trị $N_{60} \approx 0$) dày từ 30m trở lên nên nền móng của cầu đặt trên các địa tầng chống của cát và sỏi nằm ở phần sâu nhất của địa tầng số 7. Vì nền móng nằm sâu ít nhất 65m dưới mực bùn biển nên phải được xây dựng như một kết cấu có chiều sâu lớn. Nền móng phải có khả năng biến dạng do động đất gây ra phù hợp để chịu được dịch chuyển động đất dự kiến từ 534,7 Gal đến -434,2 Gal và phải xây dựng các phần kết cấu kinh tế nên lựa chọn dạng nền móng giếng cọc ván ống thép đường kính lớn (đường kính cọc ống: 1.500m; tấm thép chia ô và mối nối khóa trong chèn vữa cường độ cao).

Bài báo này trình bày tóm tắt về nền móng giếng cọc ván ống thép đường kính lớn được áp dụng để thi công cầu Tokyo Gate và biện pháp thi công nền móng này.

Hai đặc điểm phải xét đến khi xây dựng cầu Tokyo Gate là cầu vượt qua kênh đào số 3 của Cảng Tokyo (chiều rộng vượt khoảng 310m, tịnh không bên dưới dầm: A.P 54,6m) và khu vực thi công bị hạn chế bởi chiều cao khống chế xung quanh Sân bay quốc tế Tokyo (A.P +98,1m). Để thỏa mãn những hạn chế này ở cả giai đoạn thiết kế và thi công, đảm bảo thi công an toàn và đạt chất lượng cao thỏa mãn tương quan giữa kết cấu và kinh tế, cần phải áp dụng các công nghệ cầu hiện đại nhất: bản thép có sườn kích thước lớn, mối hàn gián không sử dụng tấm đệm, các sản phẩm BHS (thép tính năng cao cho cầu), gổ cách chân kích thước lớn, v.v...

Việc thiết kế nền móng giếng cọc ống thép được thực hiện thỏa mãn *Các tiêu chuẩn cho cầu trên đường cao tốc* (Hiệp hội đường bộ Nhật Bản) và *Thiết kế và Thi công cọc ống thép* (Hiệp hội cọc ống thép Nhật Bản). Các tiêu chuẩn này yêu cầu sự làm việc của nền móng phải luôn thỏa mãn với lực gối và lực lật để trong dịch chuyển động đất cấp độ I thì các vật liệu kết cấu vẫn trong ứng suất cho phép và chuyển vị ngang không vượt quá 50mm, trong dịch chuyển động đất cấp độ II, vật liệu vẫn nằm trong giới hạn giá trị chảy và độ chảy của đất nền không vượt quá 40%.

Các kết cấu nền móng

Kết cấu phần dưới của cầu Tokyo Gate (tổng chiều dài 2,9km) gồm có hai mô và 21 trụ (Hình 1) trong đó 9 trụ đặt trên phần ngoài khơi (mở rộng: khoảng 1,6m) của kết cấu phần dưới. Trong các trụ ngoài khơi, các

trụ chính (MP2, 3) dạng tường bê-tông cốt thép (Ảnh 1) và trụ nhịp bên (MP1, 4) dạng rỗng bằng bê-tông cốt thép

Hình 1 Bản vẽ toàn bộ cầu Tokyo Gate

Ảnh 1 Đóng cọc ống thép tại trụ MP2

Như thể hiện trong Hình 2, một lớp sét bồi tích mềm (lớp AC2, giá trị $N \approx 0$) bao phủ lên đất nền lân cận xung quanh nền móng giếng ống thép. Ngoài ra, các lớp làm việc như các địa tầng chống cho trụ nằm ở chiều sâu lớn: lớp sỏi (lớp Gg1) từ trụ CP9 đến trụ MP2 nằm từ độ sâu A.P-75,5m trở xuống và lớp cát (lớp Ds2) từ trụ MP3 đến trụ WP6 nằm từ độ sâu A.P-50m trở xuống. Lớp sỏi ở độ sâu A.P-75,5m hầu hết làm việc như địa tầng chống của trụ CP9 đến trụ MP2 và lớp cát từ cao độ A.P-54,5m đến -50,5m, lỏng hơn bên trên, làm việc như địa tầng chống cho các trụ từ PM3 đến WP6

Ảnh 2 cho thấy công tác đóng cọc ống. Đầu tiên từng cọc được đóng xuống tầng chống bằng búa rung rồi bằng búa thủy lực IHC-S280 và IHC-S200. Chiều dài đóng dự kiến tới tầng chống là 3,0 đến 3,2 lần đường kính cọc. Đường kính ngoài của cọc ống thép 1.500mm, chiều dày vách tại mũi cọc là 17mm. Ảnh 3 thể hiện công tác thi công nền móng giếng cọc ván ống thép.

Hình 2 Kết cấu nền móng và đặc trưng đất nền

Ảnh 2 Đóng cọc ống thép

Ảnh 3 Thi công nền móng giếng cọc ván ống thép

Thí nghiệm chất tải kiểm tra khả năng chống thẳng đứng

Để sử dụng cọc ván ống thép (đường kính 1.500mm) thi công cầu Tokyo Gate, thí nghiệm chất tải được tiến hành năm 2003 trước khi thi công công trình. Mục tiêu của thí nghiệm này là làm sáng tỏ cơ cấu chống của các cọc ván ống thép đường kính lớn vốn đã từng gây ra những sự cố trong các công trình tương tự trong vịnh Tokyo, để cho phép thiết kế hợp lý và quản lý thi công nền móng.

Ba dạng thí nghiệm chất tải được tiến hành là thí nghiệm chất tải động (DLT), thí nghiệm chất tải tĩnh (SLT) (ngang và ấn) và thí nghiệm chất tải nhanh (STN) đem đến các kết quả sau đây:

- Sức kháng mũi cọc phù hợp với phân tích từ thí nghiệm động
- Sức kháng ma sát thành bên từ thí nghiệm chất tải tĩnh
- Tỷ lệ bố trí (tỷ lệ giữa sức kháng tĩnh mũi cọc khi

đóng cọc và sức kháng mũi sau khi đất nền hồi phục) của sức kháng mũi từ thí nghiệm chất tải tĩnh và động

- Mối quan hệ giữa sức kháng ma sát thành bên và giá trị N từ thí nghiệm chất tải nhanh (Tham khảo Bảng 1, 2 và Hình 3)

Bảng 1 Cọc thí nghiệm và các loại thí nghiệm chất tải

Bảng 2 Loại và mục tiêu của thí nghiệm chất tải

Hình 3 Mối quan hệ giữa chiều dày địa tầng chống và giá trị N tại vị trí thí nghiệm

Liên quan đến thiết kế nền móng giếng cọc ống thép, trình bày chiều dài đóng của cọc ống thép xuống lớp nền móng và tỷ lệ thất ở mũi cọc. Ngoài ra, khẳng định hệ số phản lực đất nền, phản lực nền theo phương thẳng đứng và các hệ số khác được trình bày trong *Các tiêu chuẩn cho cầu trên đường cao tốc*. Hình 4 thể hiện thí nghiệm chất tải tĩnh. Sử dụng bốn cọc ống làm cọc phản lực được ấn vào địa tầng chống tới chiều sâu bằng 3 lần đường kính cọc bằng hệ nhiều chu kỳ với búa thủy lực. Búa thủy lực tải trọng 48.000kN cho cọc ④ và 56.000 kN cho cọc ⑤.

Hình 4 cho thấy mối quan hệ giữa tải trọng tác dụng và chuyển vị thẳng đứng của cọc ⑤. Tải trọng đối đa là 36.000kN và chuyển vị tối đa là 280mm. Tìm thấy chuyển vị lên đến 60mm trong phạm vi đàn hồi và tải trọng chảy là 2.000kN. Biến dạng được đo tại 13 mặt cắt cọc và tính toán phân bố lực dọc trục và sức kháng ma sát thành bên từ các kết quả đo được. Hình 5 thể hiện sự phân bố lực dọc trục trong cọc. Lực dọc được tính toán từ bộ đo biến dạng trong cọc ống. Sự khác nhau về lực dọc trục với giá trị đo được tại các mặt cắt có thể chuyển thành sức kháng ma sát. Sức kháng ma sát thành bên khá nhỏ trong lớp sét trên nhưng lớn trong lớp bên dưới. Hình 6 thể hiện mối quan hệ giữa khả năng chống mũi cọc và chuyển vị tải trọng toàn phần thu được từ lực tổng cộng. Có thể thấy rằng sức kháng ma sát thành bên khá lớn so với khả năng chống mũi ở cọc ⑤. Ngoài ra, sức kháng ma sát ở cả bên trong và bên ngoài bề mặt cọc có thể tách ra từ sức kháng ma sát ở mũi cọc. Từ thí nghiệm thấy rằng sức kháng ma sát mặt trong khá lớn so với sức kháng ma sát mặt ngoài và cát, sỏi bên trong cọc bị nén lại.

Ảnh 4 Thí nghiệm chất tải tĩnh

Hình 4 Các kết quả thí nghiệm chất tải tĩnh

Hình 5 Khả năng chống mũi cọc và khả năng chống toàn phần

Như thể hiện trong Hình 7, trong thí nghiệm chất tải nhanh, khối nặng phản lực 16 tấn gắn lên đầu cọc được nâng lên với một gia tốc khoảng 20G bằng áp lực cháy của quả nỏ và tải trọng giả động tác dụng lên đầu cọc bằng phản lực sinh ra do nâng khối nặng lên trong thời gian khoảng 0,1 giây. Thí nghiệm này có những ưu điểm như thời gian thí nghiệm ngắn và không phải bố trí cọc phản lực. Ảnh 5 thể hiện thiết bị tải trọng. Phân bố tải trọng dọc trục và gia tốc được tính toán với ô lực, thiết bị đo biến dạng và gia tốc kể gắn trên cọc. Hình 8 thể hiện mối quan hệ giữa tải trọng đo và chuyển vị. Việc tính toán được thực hiện bằng cách coi cọc ống là vật thể đàn hồi và nối với nền xung quanh, lò xo và giảm xóc và thay đổi hằng số đất nền bằng cách sử dụng tải trọng tác dụng ở đầu cọc để hình dạng sóng đo đạc và tính toán là trùng nhau. Hình 8 thể hiện các thay đổi theo thời gian của cả tải trọng và chuyển vị tính toán cùng với các kết quả đo đạc. Ngoài ra, sóng đầu vào (tải trọng búa) và sóng phản hồi (sức kháng đất nền) có thể tính được từ lực dọc trục và gia tốc. Các giá trị này được trình bày trong Hình 10.

Ảnh 5 Thiết bị chất tải

Hình 7 Kết cấu của thiết bị thí nghiệm chất tải nhanh

Hình 8 Điều kiện phù hợp về dạng sóng

Hình 9 Mô hình tính toán khả năng chống đầu cọc và sức kháng ma sát thành bên

Hình 10 Hình dạng sóng đầu vào F_d và hình dạng sóng kháng F_u

Hình 11 thể hiện lực dọc trục và sức kháng ma sát thành bên của cọc thu được từ hình dạng sóng phù hợp với phân tích. Thiết kế nền móng giếng cọc ván ống thép dựa chủ yếu trên phương pháp nêu trong *Các tiêu chuẩn cho cầu trên đường cao tốc* còn các giá trị áp dụng trong thiết kế được thay đổi dựa trên các kết quả thí nghiệm chất tải. Các thay đổi được thực hiện chủ yếu như sau:

- Chiều sâu đóng cọc ống với đường kính ngoài $D=1.500m$ là 3D. Tỷ lệ thất biểu kiến là 53% trong lớp cát và 74% trong lớp sỏi. Khi sườn ngang được gắn vào mũi cọc thì sức kháng mũi cọc tăng lên khoảng 30%.
- Sức kháng ma sát thành bên được ước tính thêm vào sức kháng bên trong cọc và nhận các giá trị nêu trong Bảng 3
- Thấy rằng thí nghiệm chất tải ngang có hệ số biến dạng của đất nền lớn hơn 2 đến 3 lần giá trị nêu trong *Các tiêu chuẩn cho cầu trên đường cao tốc*

Hình 11 Các kết quả phân tích phù hợp dạng sóng
Bảng 3 Cố định sức kháng ma sát thành bên

Thí nghiệm chất tải cho mỗi nối cọc ván ống thép cường độ cao

Thông thường, cường độ biến dạng của giếng cọc ván ống thép thu được từ độ cứng chống uốn của kết cấu cọc ván ống thép và sức kháng cắt của mỗi nối khóa trong. Trong trường hợp thông thường áp dụng cho mỗi nối giữa các cọc, cọc ống được khóa với nhau bằng ống thép có đường kính 165,2mm và vữa có cường độ nén khoảng 20MPa được chèn vào mỗi nối khóa ống. Trong dự án cầu Tokyo Gate hiện nay, cần phải tăng độ cứng của các mối nối để chuyển vị ngang của nền móng giếng cọc ống ván thép vẫn trong giới hạn cho phép khi động đất xảy ra.

Để tăng độ cứng của cọc ván ống thép, vữa cường độ cao được dùng để chèn vào khe nối (Hình 12) để làm tăng dính kết giữa vữa và mối nối ống. Trong dự án hiện nay, cường độ của vữa chèn được tăng hơn gấp đôi (40MPa)

giá trị thông thường và tấm thép kê ô được dùng làm vật liệu nối ống nhằm tăng kết dính, nhờ đó đạt được sức kháng cắt lớn phù hợp.

Kết quả của thí nghiệm chất tải mô hình là thu được giá trị sức kháng cắt tối đa khoảng 1.640kN/m như nêu trong Hình 13. Các giá trị thu được trong thí nghiệm lớn gấp 6 lần giá trị trên (200kN/m) của sức kháng cắt nêu trong các tiêu chuẩn thiết kế chung cho vật liệu nối ống thép (*Sổ tay Thiết kế và Thi công nền móng cọc ván ống thép*, Hiệp hội đường bộ Nhật Bản).

Hình dáng của nền móng giếng cọc ván ống thép thiết kế trong giai đoạn ban đầu được giảm xuống nhiều do sử dụng chính xác các kết quả chất tải và tải kiểm tra các hệ số nền giúp tăng tính kinh tế cho công trình (Bảng 4).

Hình 12 Kết cấu khóa trong và thiết bị thí nghiệm chất tải

Hình 13 Mối quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị

Bảng 14 So sánh về thiết kế nền móng giếng cọc ván ống thép

Giảm giá thành xây dựng và nâng cao chất lượng

Nền móng giếng cọc ván ống thép của cầu Tokyo Gate được thi công trên nền đất yếu và hơn nữa, yêu cầu lực mặt cắt và khả năng biến dạng lớn khi động đất trong khi thi công. Vì thế trong giai đoạn thiết kế, kết cấu nền móng cần phải có hình dạng kết cấu khá lớn.

Sau khi hiểu được cơ cấu chống tại vị trí thi công từ

các thí nghiệm chất tải thực hiện trên cọc ván ống thép đường kính lớn, đã xem xét lại các nhiều hệ số thiết kế. Từ đó xác định được hình dạng nền móng gọn gàng hơn nhờ sử dụng kết hợp cọc ống thép đường kính lớn và mối nối khóa trong bằng thép tấm ô chèn vừa cường độ cao. Tương tự, các quá trình quản lý thi công cũng được xác định nhờ việc sử dụng hợp lý các kết quả thí nghiệm tải trọng. Nhờ đó, kích thước kết cấu của nền móng cọc ván ống thép được giảm nhỏ, giúp giảm giá thành thi công và nâng cao chất lượng kết cấu.

■ ■ ■ ■ ■

(Bìa cuối)

Động đất và sóng thần lớn ở phía Đông Nhật Bản

Tác giả Takeshi Oki

Chủ tịch Ủy ban Phát triển thị trường hải ngoại – Liên đoàn Sắt và Thép Nhật Bản

Trận động đất lớn ở phía Đông Nhật Bản diễn ra vào lúc 14h46 ngày 11/3/2011 có độ lớn 9,0 là trận động đất lớn nhất được ghi nhận tại Nhật Bản gây ra thiệt hại chưa từng thấy về độ lớn và phạm vi chủ yếu dọc theo vị Thái Bình Dương ở phía Đông Nhật Bản (quận Iwate, Miyagi, Fukushima and Ibaragi). Số lượng người chết và mất tích lên đến gần 27.000 và số lượng các tòa nhà bị phá hủy hoàn toàn vượt quá 65.000.

Trận động đất nghiêm trọng này có dạng xuyên địa tầng (interplate) với tâm chấn ở điểm dưới mực nước biển 24km ngoài vịnh Sanriky ở Thái Bình Dương (cách Oshika Peninsula khoảng 130km về phía đông – đông nam). Thang động đất theo dõi thay đổi từ độ 7 trên thang độ mạnh bảy cấp của Nhật Bản đến 6- trên khu vực rộng trải dài từ quận Iwate đến quận Ibaraki. Theo chuyên vị ban đầu của phay tại tâm chấn ngoài khơi vịnh Sanriky, chuyên vị phẳng phay xuất hiện sau đó trong vùng tại tâm trên mặt đất của trận động đất ban đầu, bao trùm một khu vực trải rộng ngoài khơi từ quận Iwate đến quận Ibaraki dài 500km từ nam tới bắc và 200km từ đông tới tây. Ngay sau chấn động chính, một số dư chấn lớn với độ lớn 7,0 hoặc lớn hơn xuất

hiện liên tiếp nhanh chóng trong khu vực.

Sóng thần tàn phá tiếp sau động đất còn gây ra phá hủy nặng nề hơn. Sóng thần cao đến 3m đánh vào các cảng chính dọc theo Thái Bình Dương gây ra thiệt hại đáng kể. Quan sát được một sóng thần cao 9,5m quét tới trong cảng Ofunato. Theo bản vẽ biểu đồ diện tích ngập lụt do Cơ quan thông tin Địa thám của Nhật Bản thuộc Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch, diện tích đất từ bờ biển vào sâu 5km bị ngập lụt, bao trùm một khu vực rộng lớn trải dài từ Ishinomaki ở quận Miyagi đến công viên trung tâm quận Fukushima.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin được bày tỏ sự quan tâm lo lắng tới tất cả người dân và các gia đình phải chịu ảnh hưởng lớn do trận động đất lớn ở phía Đông Nhật Bản gây ra. Nhiều người dân Nhật Bản và cả quốc tế đã gửi những bức thư bày tỏ sự đồng cảm và khích lệ vượt qua những hoàn cảnh khó khăn. Chúng tôi muốn nhân cơ hội này được bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới tất cả mọi người, cả các bạn đọc, đã dành cho chúng tôi sự hỗ trợ và lòng ân cần lớn lao.

Liên đoàn Sắt và Thép Nhật Bản cung cấp nhiều phương pháp và công nghệ thi công thép đa dạng trong lĩnh vực công trình và xây dựng dân dụng, sẽ có ích cho công tác khôi phục và tái xây dựng các khu vực bị ảnh hưởng. Trong tương lai, chúng tôi sẽ thực hiện những khảo sát và nghiên cứu về phá hủy do động đất và sóng thần gây ra, phấn đấu phát triển và mở rộng việc thi công kết cấu thép như một trong nhiều nỗ lực thúc đẩy hơn nữa các biện pháp ngăn chặn thảm họa. (Ảnh)

Tàu lớn chạy trên bến trong Sendai do sóng thần gây ra
Toàn cảnh một khu vực bị ảnh hưởng của sóng thần gần sông Natori, quận Miyagi
Phiên bản tiếng Việt: bản quyền thuộc Liên đoàn Sắt và thép Nhật Bản.