

Phụ lục 5 : Sửa chữa và gia cường tường chắn cọc ván thép bị suy giảm cường độ do ăn mòn

1. Giới thiệu

Hiện nay tại Nhật Bản, nguyên tắc bảo vệ chống ăn mòn cho các kết cấu thép công trình cảng là áp dụng bảo vệ catốt ở khu vực dưới mực nước triều thấp trung bình, và áp dụng lớp phủ bảo vệ ở khu vực cao hơn 1 m so với mực nước triều thấp trung bình.¹⁾ Ngày nay, nhiều công trình đã được trang bị các biện pháp chống ăn mòn phù hợp như vậy. Tuy nhiên, vẫn còn một số kết cấu thép chưa được bảo vệ, hoặc không được bảo trì đúng mức, dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực do ăn mòn.

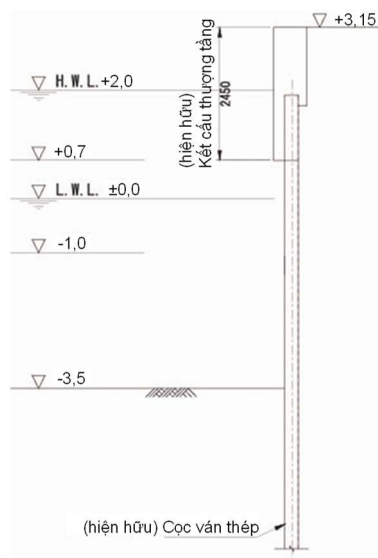
Bài viết này trình bày một nghiên cứu điển hình về sửa chữa và gia cường một tường chắn cọc ván thép bị suy giảm cường độ do ăn mòn. Phương pháp được giới thiệu là “phương pháp gia cường bê tông cốt thép mới bằng hàn đính dưới nước”, gọi là phương pháp CRUS (New Reinforced Concrete System with the Underwater Welding-Stud).²⁾

2. Tổng quan về công trình và tình trạng hư hỏng

Công trình được sửa chữa và gia cường trong nghiên cứu này là một tuyến kè cọc ván thép được xây dựng khoảng năm 1975. Tại thời điểm khảo sát, công trình đã vận hành gần 40 năm và tình trạng xuống cấp đã tiến triển đáng kể. Mặt cắt điển hình của công trình được thể hiện ở Hình 1.

Trong công trình này, phần kết cấu phía trên bằng bê tông cốt thép được bố trí trên cao độ L.W.L. +0,7 m. Mặc dù phần ngập nước đã được áp dụng bảo vệ catốt, nhưng giả định rằng trong quá khứ công trình đã trải qua một thời gian dài không có biện pháp chống ăn mòn. Ngoài ra, do hiện tượng sụt lún phía sau kè do đất đắp bị cuốn trôi đôi khi xảy ra, một cuộc khảo sát tình trạng ăn mòn của cọc ván thép đã được tiến hành khoảng 40 năm sau khi xây dựng.

Chiều dày còn lại của cọc ván thép được đo bằng máy đo siêu âm (Ảnh 1). Kết quả đo điển hình về chiều dày còn lại tại các vị trí đại diện được thể hiện ở Hình 2.



Hình.1 Mặt cắt điển hình của tường kè



Ảnh 1 Đo đạc chiều dày của cọc ván thép

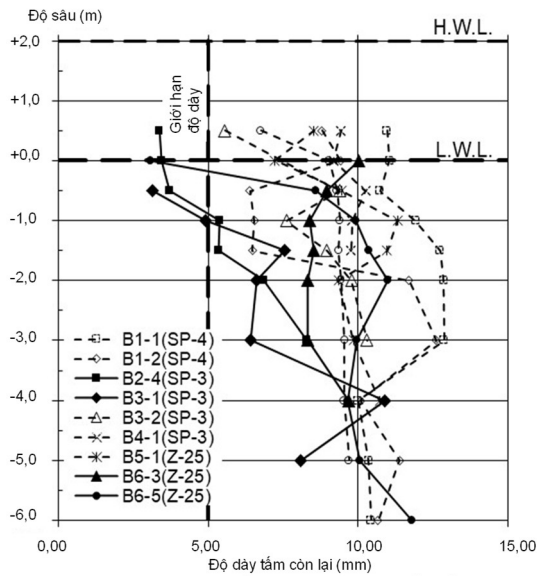


Ảnh 2 Lỗ do ăn mòn gây ra

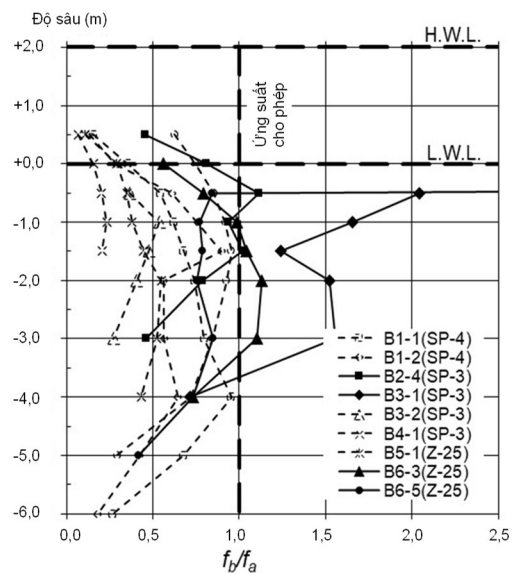
Trong chú giải của hình này, B-1 đến B-7 biểu thị số hiệu các khối của tuyến kè, và các ký hiệu trong ngoặc (S, Z) biểu thị loại mặt cắt cọc ván thép. Cần lưu ý rằng khi chiều dày trung bình còn 5 mm hoặc nhỏ hơn, khả năng chịu lực còn lại được xem như bằng 0³⁾, vì vậy giới hạn chiều dày 5 mm được thể hiện bằng

đường nét đứt trong hình.

Tại các vị trí B2-4, B3-1, B3-2, B6-5 và B7-1, đã quan sát thấy xu hướng ăn mòn cục bộ trong khoảng cao độ từ L.W.L. +0,5 m đến -0,5 m. Hơn nữa, kiểm tra trực quan chi tiết do thợ lặn thực hiện xác nhận rằng nhiều lỗ thủng lớn do ăn mòn đã hình thành trên các cọc ván thép (Ảnh 3).



Hình 2 Kết quả đo chiều dày của cọc ván thép



Hình 3 Tỷ số ứng suất uốn của cọc ván (f_b/f_a)

3. Đánh giá mức độ an toàn kết cấu và xem xét biện pháp xử lý

3.1 Đánh giá mức độ an toàn kết cấu

Tuyến kè được chia thành nhiều loại (khối) khác nhau, tùy theo loại cọc ván thép và độ sâu thiết kế của mực nước. Vì vậy, đối với từng loại kè, đã tiến hành so sánh giữa các tải trọng tác dụng từ bên ngoài — như áp lực đất phía sau — và khả năng chịu lực hiện tại của cọc ván đã bị ăn mòn, theo phương pháp thiết kế ứng suất cho phép.

Hình 3 thể hiện tỷ số giữa ứng suất uốn của cọc ván (f_b) và ứng suất cho phép (f_a), ký hiệu là f_b/f_a . Trong hình, khi f_b/f_a lớn hơn 1, điều đó cho thấy cọc ván không còn đủ cường độ chịu lực. Các đoạn thể hiện bằng đường liền được xác định là cần sửa chữa và gia cường để đảm bảo khả năng chịu lực. Ngược lại, các đoạn thể hiện bằng đường nét đứt vẫn còn đủ khả năng chống lại tải trọng tác dụng, nhưng được đánh giá là cần áp dụng biện pháp chống ăn mòn nhằm ngăn ngừa suy giảm cường độ trong tương lai và duy trì độ bền lâu dài.

Tổng chiều dài đoạn cần xử lý khoảng 195 m, trong đó khoảng 118 m được xác định cần sửa chữa và gia cường. Phần còn lại 77 m chỉ áp dụng biện pháp chống ăn mòn nhằm hạn chế tiếp tục xuống cấp.

3.2 Lựa chọn phương pháp sửa chữa

(1) Các loại phương pháp sửa chữa

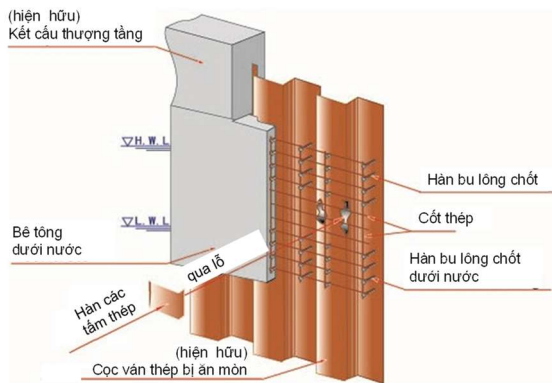
Hai phương pháp chính có thể áp dụng để sửa chữa và gia cường cọc ván thép là: phương pháp bọc bê tông cốt thép (Hình 4) và phương pháp hàn bản thép (Hình 5)*.

Phương pháp CRUS, thuộc nhóm bọc bê tông cốt thép, là phương pháp hàn và lắp đặt các đinh neo (stud) lên bề mặt cọc ván thép hoặc cọc ống thép, như thể hiện ở Hình 4. Nhờ các đinh neo này, các cấu kiện thép được liên kết làm việc đồng thời với lớp bê tông cốt thép đóng vai trò vật liệu bọc và sửa chữa. Trong

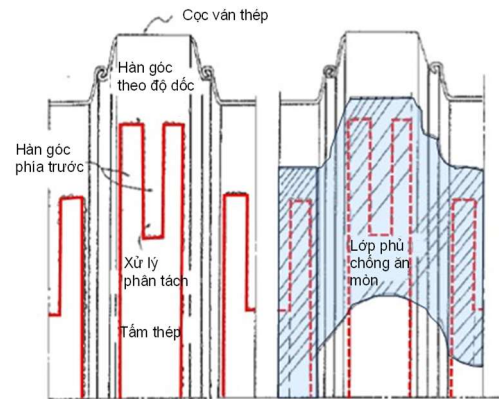
phương pháp CRUS, định neo đóng vai trò quan trọng trong việc truyền ứng suất giữa cấu kiện thép và bê tông cốt thép. Phương pháp này có thể áp dụng cho cả những kết cấu có hình dạng phức tạp, và nhờ tác dụng chống ăn mòn của môi trường kiềm trong bê tông đối với thép, có thể kỳ vọng độ bền khoảng 30 năm hoặc hơn.

Phương pháp hàn bản thép, như thể hiện ở Hình 5, là phương pháp hàn các bản thép có rãnh lên cọc ván thép hoặc cọc ống thép để đảm bảo chiều dài đường hàn yêu cầu. Phương pháp này có thể giúp giảm chi phí ban đầu khi phạm vi sửa chữa nhỏ. Tuy nhiên, nó có những hạn chế như khó đảm bảo chất lượng khi hàn dưới nước lên các cấu kiện thép đã bị ăn mòn nặng, và độ bền của mối hàn dưới nước còn nhiều bất định. Hơn nữa, nếu chỉ sử dụng riêng phương pháp hàn bản thép, hiện tượng ăn mòn có xu hướng tiến triển nhanh do ảnh hưởng nhiệt khi hàn; vì vậy cần kết hợp thêm biện pháp sơn phủ hoặc bảo vệ catốt.

Hình.4 Phương pháp CRUS



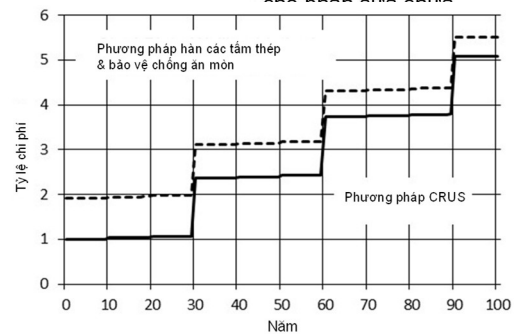
Hình 5 Phương pháp hàn bản thép



Hàn các tấm thép Bảo vệ chống ăn mòn cho phần sửa chữa

(2) So sánh chi phí vòng đời (Life-Cycle Cost – LCC)

Khi lựa chọn phương pháp sửa chữa, đã tiến hành tính toán chi phí vòng đời (LCC) bằng cách đánh giá cả chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo trì, với giả định tuổi thọ khai thác trong tương lai là 100 năm. Hình 6 thể hiện so sánh LCC của hai phương pháp, lấy chi phí ban đầu của phương pháp CRUS bằng 1 làm chuẩn. Do chi phí ban đầu của phương pháp hàn bản thép cao hơn, LCC của phương pháp CRUS được xác định là nhỏ hơn.



Hình 6 So sánh chi phí vòng đời

Các điều kiện sau được áp dụng khi tính toán LCC:

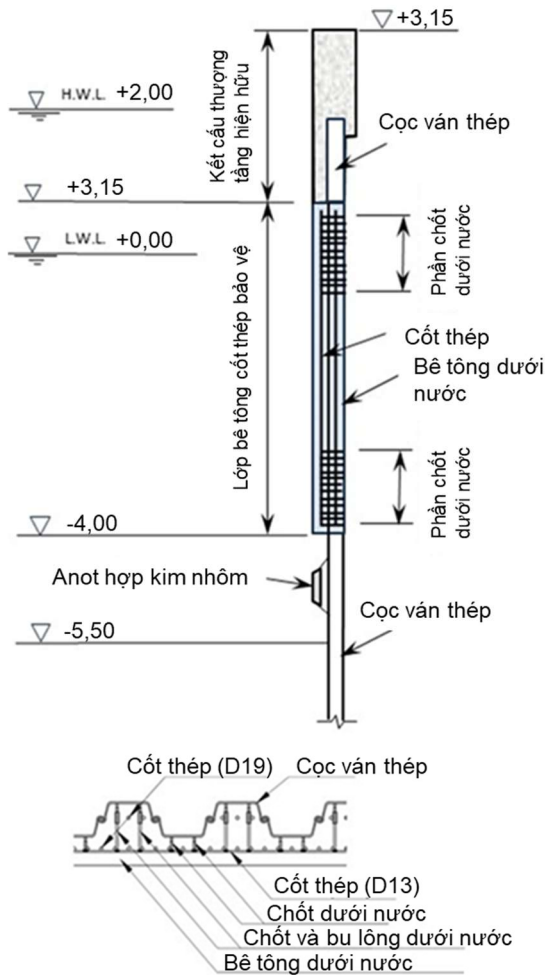
- Đối với phương pháp hàn bản thép, kết hợp sử dụng lớp phủ sáp dầu (petrolatum) làm biện pháp chống ăn mòn bằng sơn phủ..
- Phần dưới khu vực phủ bảo vệ của cả hai phương pháp đều áp dụng bảo vệ catốt (tuổi thọ: 30 năm)
- Với phương pháp CRUS, toàn bộ các bộ phận được tháo bỏ và lắp mới sau mỗi 30 năm.
- Với phương pháp hàn bản thép, lớp phủ petrolatum được tháo bỏ hoàn toàn và thi công lại sau mỗi 30 năm
- Về chi phí bảo trì, kiểm tra chi tiết được thực hiện 10 năm một lần. Trong các năm không có thi công, sửa chữa hoặc kiểm tra chi tiết, kiểm tra trực quan tổng thể được thực hiện mỗi năm một lần.

4. Triển khai biện pháp sửa chữa và gia cường

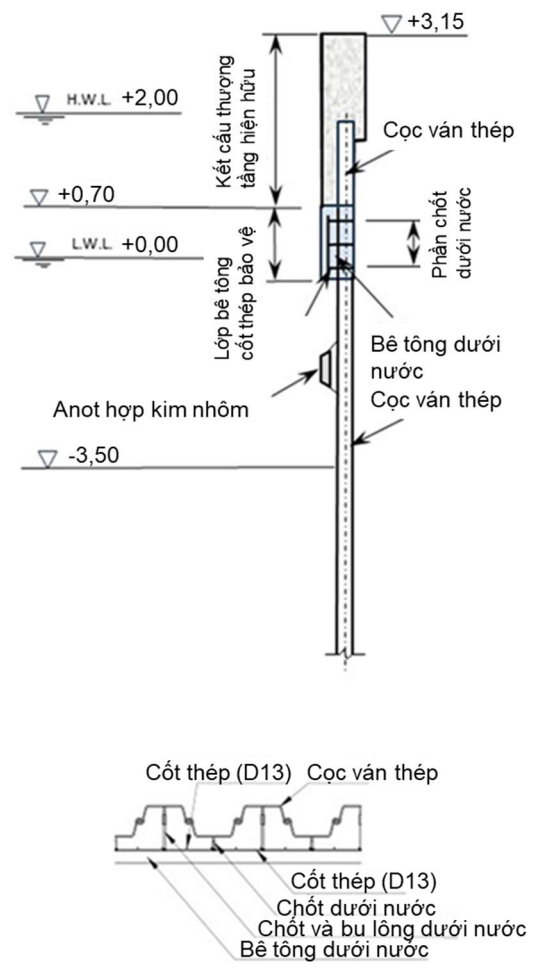
Kết quả đánh giá về khả năng thi công và chi phí vòng đời (LCC) cho thấy phương pháp CRUS — phương pháp bọc bê tông cốt thép — được lựa chọn làm biện pháp sửa chữa và gia cường cho tuyến kè cọc ván thép này.

4.1 Tổng quan phương pháp CRUS

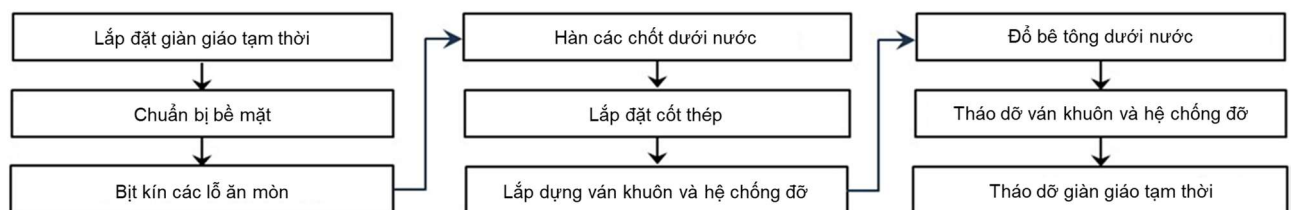
Đối với các đoạn mà khả năng chịu lực của cọc ván thép không còn đáp ứng yêu cầu do ăn mòn, cấu hình gia cường theo phương pháp CRUS như thể hiện ở Hình 7 đã được áp dụng. Ở các đoạn khác, nhằm bảo vệ cọc ván khỏi ăn mòn, giảm chi phí và duy trì sự đồng nhất về mặt thẩm mỹ tổng thể, phương pháp CRUS (áp dụng cho mục đích chống ăn mòn) cũng được triển khai ở khu vực phía trên cao độ L.W.L. -1,0 m (Hình 8).



Hình 7 Mặt cắt phần sửa chữa và gia cường



Hình 8 Mặt cắt phần bảo vệ chống ăn mòn



Hình 9 Quy trình thi công của phương pháp CRUS

4.2 Trình tự thi công phương pháp CRUS

Quy trình thi công tiêu chuẩn (dòng công việc) của phương pháp CRUS được thể hiện ở Hình 9. Trong đó, các công đoạn then chốt của phương pháp này là hàn đính dưới nước và thi công bê tông dưới nước, được mô tả dưới đây.

Hàn đính (stud welding) là phương pháp gắn bu lông vào vật liệu nền bằng cách hàn bằng súng hàn chuyên dụng. Phương pháp CRUS là phiên bản cải tiến nhằm loại bỏ ảnh hưởng của nước, cho phép áp dụng kỹ thuật hàn này cho các kết cấu dưới nước như công trình cảng. Chiều dày bản thép tối thiểu của vật liệu nền để hàn đính phải bằng ít nhất 1/3 đường kính thân đính và không nhỏ hơn 5 mm. Vì vậy, trong thiết kế cần xem xét kỹ khu vực hàn đính và đường kính thân đính.

(2) Vật liệu sử dụng trong phương pháp CRUS

Vật liệu đính dùng cho hàn dưới nước có tính chất cơ học tương đương với loại sử dụng cho hàn trên cạn. Trong phương pháp CRUS, các vật liệu phù hợp với tiêu chuẩn JIS B 1198:2011 “Chốt hàn có đầu” (Headed Studs) hoặc tiêu chuẩn cũ JIS B 1197:1987 “Chốt hàn có ren” (Threaded Studs) được sử dụng (Bảng 1).

Bảng 1 Tính chất cơ học của đính hàn có ren (Tiêu chuẩn JIS B 1197 cũ)

Cấp độ bền : Mục 4.8				
Cường độ kéo		N/mm ²	Tối thiểu : 392	Tối đa : 539
Độ cứng ⁽¹⁾	Độ cứng Brinell	HB	Tối thiểu : 110	Tối đa : 170
	Độ cứng Rockwell	HRB	Tối thiểu : 62	Tối đa : 88
Giới hạn chảy hoặc ứng suất chảy ⁽²⁾		N/mm ²	Tối thiểu : 314	
Độ giãn dài		%	Tối thiểu : 14	

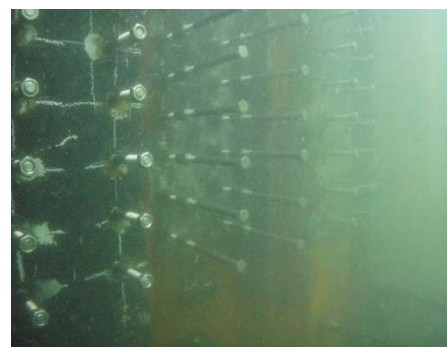
Chú thích : (1) Độ cứng phải phù hợp với hoặc độ cứng Brinell hoặc độ cứng Rockwell..

(2) Đối với vật liệu có giới hạn chảy rõ ràng, sử dụng giá trị đó. Đối với vật liệu không có giới hạn chảy rõ ràng, sử dụng ứng suất chảy tại biến dạng dư 0,2% (ứng suất chảy quy ước).

Trong trường hợp này, các đính hàn có đường kính thân tiêu chuẩn 16 mm (M16) đã được sử dụng. Trong phương pháp CRUS, cần phải liên kết cốt thép với các đính hàn để đảm bảo truyền tải ứng suất phát sinh trong cọc ván thép sang cốt thép nằm trong lớp bê tông bọc. Do tồn tại khoảng cách vài trăm milimét giữa phần lõm của cọc ván và cốt thép, các đính hàn dưới nước dài khoảng 100 mm với đầu ren đã được lắp đặt. Sau đó, các đai ốc dài và bu lông được nối vào phần đầu ren để tạo liên kết với cốt thép.

(3) Thi công phương pháp CRUS

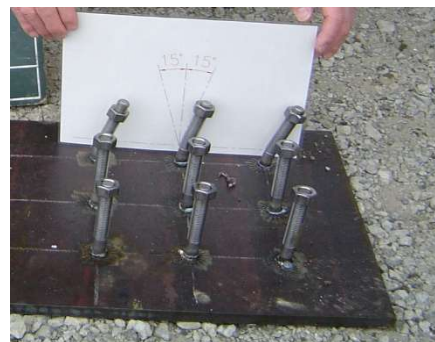
Khu vực hàn đính dưới nước được xử lý bề mặt bằng các dụng cụ như máy chà nhám khí nén. Nếu gỉ hoặc tạp chất lẫn vào mối hàn dưới nước, rất dễ phát sinh khuyết tật hàn và không đạt được cường độ yêu cầu. Vì vậy, sau khi xử lý bề mặt, các đính hàn dưới nước được hàn càng nhanh càng tốt. Ảnh 3 cho thấy tình trạng hoàn thành lắp đặt đính hàn dưới nước.



Ảnh 3 Đặt đính hàn dưới nước

(4) Kiểm soát chất lượng hàn đính dưới nước

Trước khi thi công, các thí nghiệm kéo và uốn bằng mẫu thử đã được tiến hành theo tiêu chuẩn JIS B 1197:1987 để xác nhận cường độ và độ dẻo uốn của mối hàn. Kết quả thí nghiệm uốn được thể hiện ở Ảnh 5. Ngoài ra, trong quá trình thi công, dòng điện hàn được đo và chất lượng hàn của toàn bộ các đính được đánh giá dựa trên dạng sóng dòng điện để xác định đạt hay không đạt yêu cầu.



Ảnh 4 Mẫu thử sau khi thử uốn

4.3 Bê tông dưới nước chống rửa trôi

(1) Đặc điểm của bê tông dưới nước chống rửa trôi

Do bê tông bọc được thi công dưới nước bên trong ván khuôn, loại bê tông chống rửa trôi có độ chảy cao và khả năng chống phân tầng vật liệu đã được sử dụng.

Trong phương pháp CRUS, ngay từ khi được phát triển vào năm 1983, quy trình thi công tiêu chuẩn là bơm bê tông từ cửa nạp ở đáy ván khuôn lắp đặt dưới nước. Cách này giúp giảm thiểu tiếp xúc với nước biển và cho phép thi công kết cấu bê tông chất lượng cao.

(2) Cấp phối bê tông dưới nước chống rửa trôi

Trong phương pháp CRUS, cường độ tiêu chuẩn thiết kế của bê tông thường được chọn là 24 N/mm²; tuy nhiên, trong công trình này, cường độ thiết kế được đặt ở mức 33 N/mm². Độ chảy mục tiêu là 500 ± 50 mm, và kích thước lớn nhất của cốt liệu thô là 20 mm.

Cấp phối bê tông được trình bày trong Bảng 3, trong khi tình trạng thi công và trạng thái sau khi hoàn thành được thể hiện ở Ảnh 5 và Ảnh 6.

Bảng 3 Cấp phối bê tông dưới nước chống rửa trôi

W/C (%)	s/a (%)	Thể tích đơn vị (kg/m ³)						
		C	W	S	G	Ad① ^{※1}	Ad② ^{※2}	Ad③ ^{※3}
38,9	40,0	553	215	586	910	2,0	5,53	13,83

※1 Ad①: Phụ gia chống rửa trôi cho bê tông dưới nước

※2 Ad②: Phụ gia cuốn khí và giảm nước (loại tiêu chuẩn I)

※3 Ad③: Phụ gia siêu dẻo (loại tiêu chuẩn I)



Ảnh 5 Thi công cấp phối bê tông



Ảnh 6 Sau khi hoàn thành

5. Kết luận

Kể từ khi được phát triển vào năm 1983, phương pháp CRUS đã được áp dụng cho nhiều công trình thép biển và cảng trên khắp Nhật Bản. Hơn nữa, trong các thử nghiệm phơi nhiễm thực địa dài hạn của phương pháp CRUS, được tiến hành như một phần của nghiên cứu chung về các phương pháp bảo vệ chống ăn mòn cho cọc ống thép với Viện Nghiên cứu Cảng và Sân bay cùng các tổ chức khác, độ bền lâu dài của

phương pháp này vẫn đang tiếp tục được kiểm chứng.

Nhận thức về sự cần thiết phải áp dụng các phương pháp bảo vệ chống ăn mòn cho các kết cấu thép trong cơ sở hạ tầng cảng và các môi trường tương tự đã tăng lên so với trước đây. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều kết cấu thép trong công trình biển và công trình cảng cần được sửa chữa và gia cường. Phương pháp sửa chữa và gia cường được mô tả ở đây được kỳ vọng sẽ hữu ích cho những công trình thép cảng như vậy..

Tham khảo

- 1) Coastal Development Institute of Technology: "Manual for Corrosion Protection and Repair of Port Steel Structures (Revised Edition)", p.189, April 1997. (*Viện Công nghệ Phát triển Ven biển: "Sổ tay về bảo vệ chống ăn mòn và sửa chữa kết cấu thép cảng (Ấn bản sửa đổi)", tr.189, tháng 4 năm 1997.*)
- 2) Research Group on Corrosion Protection of Steel Pipe Piles: "Corrosion Protection Technology for Marine Steel Structures", Gihodo Shuppan, pp.9–14, March 2010. (*Nhóm nghiên cứu về bảo vệ chống ăn mòn cọc ống thép: "Công nghệ bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu thép biển", Nhà xuất bản Gihodo, tr.9–14, tháng 3 năm 2010.*)
- 3) Research Group on Corrosion Protection of Steel Pipe Piles: "Corrosion Protection Technology for Marine Steel Structures", Gihodo Shuppan, pp.48–49, March 2010. (*Nhóm nghiên cứu về bảo vệ chống ăn mòn cọc ống thép: "Công nghệ bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu thép biển", Nhà xuất bản Gihodo, tr.48–49, tháng 3 năm 2010.*)
- 4) Coastal Development Institute of Technology: "Manual for Corrosion Protection and Repair of Port Steel Structures (Revised Edition)", pp.187–188, April 1997. (*Viện Công nghệ Phát triển Ven biển: "Sổ tay về bảo vệ chống ăn mòn và sửa chữa kết cấu thép cảng (Ấn bản sửa đổi)", tr.187–188, tháng 4 năm 1997.*)