

3. Phương pháp sửa chữa và phục hồi

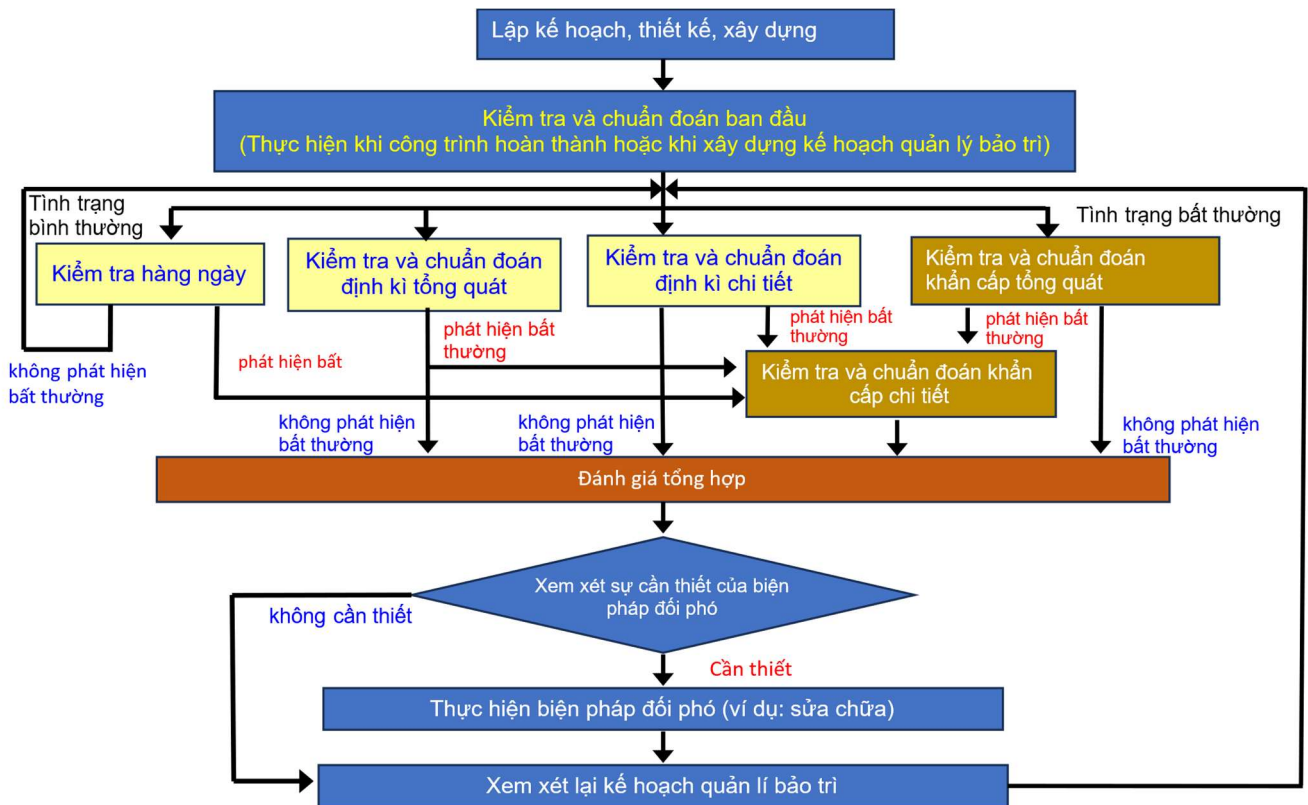
3.1 Tổng quan

Một trong những đặc điểm của công trình cảng biển là chúng thường xuyên chịu tác động của môi trường biển khắc nghiệt, nơi các tải trọng như sóng và động đất kết hợp với các yếu tố môi trường phức tạp. Kết quả là nhiều dạng suy thoái kết cấu xảy ra, dẫn đến suy giảm các chức năng khai thác khác nhau. Do các công trình này đặt trong môi trường biển, chúng đặc biệt dễ bị hư hại do muối (ăn mòn cốt thép bởi ion clorua). Vì vậy, công tác sửa chữa hoặc gia cố nhằm khắc phục sự xuống cấp do tác động của muối cũng là một đặc trưng quan trọng trong bảo trì và nâng cấp các công trình cảng.

Mối quan hệ giữa sự suy thoái do nhiều tác động khác nhau lên công trình cảng và ảnh hưởng của nó đến tính năng được gọi là chuỗi biến dạng (deformation chain). Hiểu rõ chuỗi biến dạng này là cực kỳ quan trọng khi lựa chọn các hạng mục kiểm tra, xác định nguyên nhân suy thoái, và lựa chọn biện pháp sửa chữa hoặc gia cố. **TCVN 13330:2021** cung cấp tài liệu tham khảo hữu ích về chuỗi biến dạng này.

Quy trình cơ bản của công tác bảo trì công trình cảng được thể hiện trong **Hình 3.1.1**. Dựa trên đánh giá tổng hợp từ các kết quả kiểm tra và chẩn đoán, cần lựa chọn các biện pháp xử lý phù hợp và hợp lý.

Mặc dù các phương pháp kiểm tra và khảo sát chi tiết về suy thoái của từng loại kết cấu đã được trình bày trong **Chương 2**, phần này tập trung vào các biện pháp khắc phục khi suy thoái đã được xác nhận. Các biện pháp được mô tả dựa trên kiến thức tích lũy rộng rãi tại Nhật Bản. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các yếu tố như tải trọng tác động lên công trình cảng, điều kiện nền đất, chất lượng nước và các yếu tố khác có sự khác biệt so với Nhật Bản, có thể gây ra những ảnh hưởng khác nhau đến công trình. Do đó, khi sử dụng tài liệu này, cần phải hiểu rõ các yếu tố ảnh hưởng đến công trình trong điều kiện Việt Nam.



Lưu ý: chẩn đoán chứ không phải chuẩn đoán (đề nghị sửa trong hình trên)

Hình 3.1.1 Quy trình bảo trì và quản lý công trình cảng biển

3.2 Các loại và lựa chọn biện pháp khắc phục

Trong các công trình cảng, công tác kiểm tra và khảo sát được thực hiện trong giai đoạn bảo trì, và nhiều biện pháp khắc phục khác nhau sẽ được áp dụng dựa trên kết quả kiểm tra, đánh giá. Các biện pháp này bao gồm sửa chữa và gia cố thông thường, quan trắc theo dõi, hạn chế hoặc tạm dừng khai thác công trình, cũng như các biện pháp khác. Việc lựa chọn biện pháp phù hợp cần được thực hiện trên cơ sở xem xét tổng hợp nhiều tiêu chí, chẳng hạn như mức độ xuống cấp của kết cấu, mức độ quan trọng của công trình, và các yếu tố kinh tế. Bảng 3.2.1 trình bày phân loại các biện pháp khắc phục. Ngoài ra, tùy theo điều kiện khai thác của công trình đang xét và các công trình lân cận, những biện pháp như hạn chế hoặc tạm dừng sử dụng công trình và cấm ra vào khu vực cũng có thể được xem xét như các biện pháp khắc phục.

Bảng 3.2.1 Phân loại các biện pháp khắc phục

Loại biện pháp khắc phục	Chi tiết biện pháp khắc phục
Tiếp tục theo dõi	Khi các hạng mục kiểm tra và tần suất không thay đổi, tiếp tục thực hiện như trước.
Điều chỉnh kế hoạch kiểm tra và chẩn đoán	Khi cần thay đổi hạng mục kiểm tra hoặc tần suất kiểm tra.
Sửa chữa	Khi cần khôi phục khả năng làm việc và độ bền về mức ban đầu.
Gia cố	Khi cần nâng cao khả năng làm việc và độ bền vượt mức ban đầu.
Hạn chế sử dụng	Trong trường hợp công trình bị hạn chế hoặc tạm ngừng sử dụng, hoặc cấm tiếp cận.
Nâng cấp	Khi việc thay thế hợp lý hơn so với sửa chữa hoặc gia cố.
Loại bỏ	Khi công trình không còn nhu cầu sử dụng.

Một trong các biện pháp khắc phục có thể được xem xét là không tiến hành sửa chữa hoặc gia cố ngay, mà tiếp tục thực hiện các đợt kiểm tra và chẩn đoán định kỳ, với lý do mức độ suy thoái của kết cấu chưa tiến triển. Trong trường hợp này, cần xác định dựa trên kết quả của lần kiểm tra và chẩn đoán định kỳ gần nhất xem có cần thay đổi hạng mục kiểm tra hoặc tần suất kiểm tra hay không.

Khi quyết định phương pháp sửa chữa hoặc gia cố, hoặc khi xác định phạm vi kết cấu cần áp dụng biện pháp khắc phục, nếu thông tin thu được từ kiểm tra và chẩn đoán định kỳ là chưa đủ, thì cần tiến hành một cuộc khảo sát chi tiết riêng biệt.

3.3 Biện pháp khắc phục cho luồng tàu và bề cảng

3.3.1 Tổng quan

Để đảm bảo độ sâu nước cần thiết cho các khu nước của công trình cảng, việc hiểu rõ xu hướng bồi lắng và các hiện tượng liên quan thông qua kiểm tra và chẩn đoán thích hợp là rất quan trọng, đồng thời cần triển khai các biện pháp khắc phục kịp thời và đúng cách.

Đối với công tác kiểm tra luồng tàu và khu neo đậu, cần xem xét kỹ cơ chế bồi lắng, lựa chọn phương pháp kiểm tra và thời điểm thực hiện phù hợp để có thể phát hiện sớm các dấu hiệu giảm độ sâu nước do bồi lắng đáy biển.

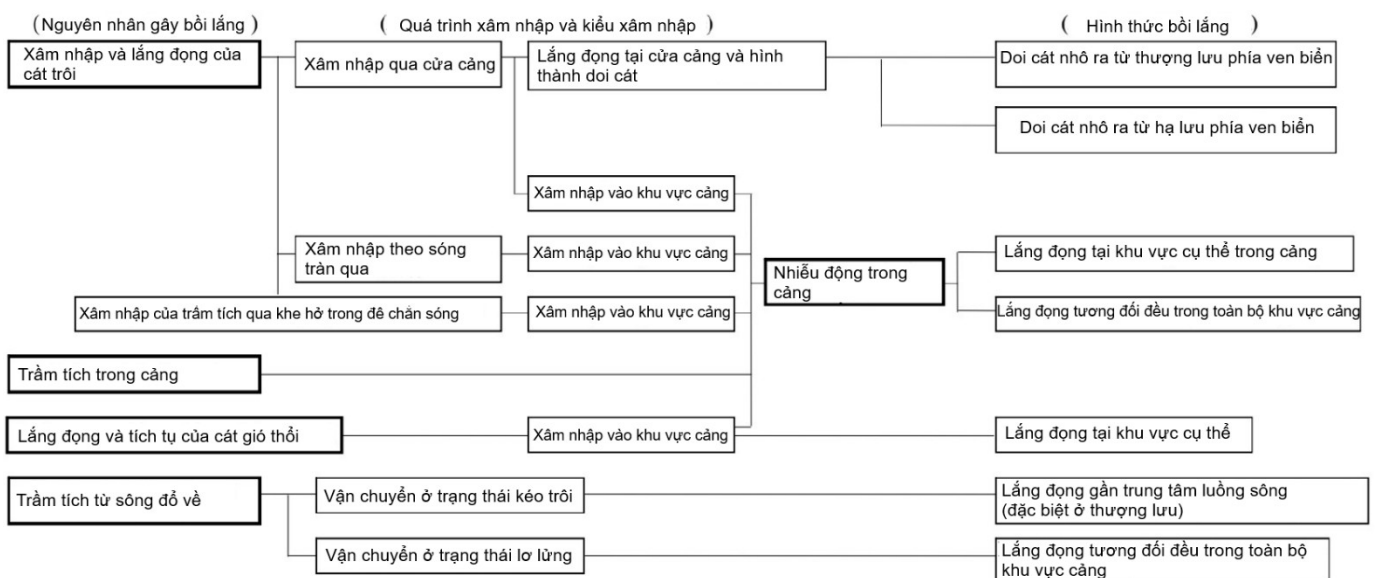
Nếu kết quả kiểm tra cho thấy nguy cơ tiềm ẩn về việc không đủ độ sâu nước do bồi lắng, cần tiến hành điều tra nguyên nhân một cách kỹ lưỡng, phân tích trạng thái bồi lắng, và triển khai các biện pháp xử lý thích hợp, có xét đến mức độ ảnh hưởng và tính khả thi kinh tế.

Đặc biệt, đối với các công trình có xu hướng bồi lắng rõ rệt, nên thực hiện dự báo diễn biến bồi lắng và xác định hợp lý thời điểm và tần suất kiểm tra, chẩn đoán. Do cơ chế bồi lắng khác nhau tùy từng công trình, khuyến nghị kết hợp dữ liệu thu được từ kiểm tra và chẩn đoán với mô phỏng số phù hợp để tiến hành dự báo diễn biến bồi lắng.

Nguyên nhân bồi lắng tại luồng tàu và khu neo đậu có thể tóm tắt như sau:

1. Xâm nhập và tích tụ cát trôi do sóng hoặc dòng chảy.
2. Lắng đọng và tích tụ phù sa do sông mang đến.
3. Xâm nhập và tích tụ cát gió thổi.
4. Di chuyển trầm tích và thay đổi khu vực lắng đọng do các tác động bên trong cảng (như sạt lở mái bờ luồng, hình thành sóng cát, và sự dịch chuyển trầm tích do tàu thuyền đi lại).

Đối với các công trình vùng nước nằm trong cảng được che chắn bởi đê chắn sóng và các kết cấu khác, quá trình hình thành và phát triển bồi lắng được tổ chức thành chuỗi hiện tượng suy thoái, như thể hiện trong Hình 3.3.1. Như hình minh họa, vì trạng thái bồi lắng khác nhau tùy nguyên nhân, điều này cần được xem xét đầy đủ khi lập kế hoạch và lựa chọn biện pháp xử lý.



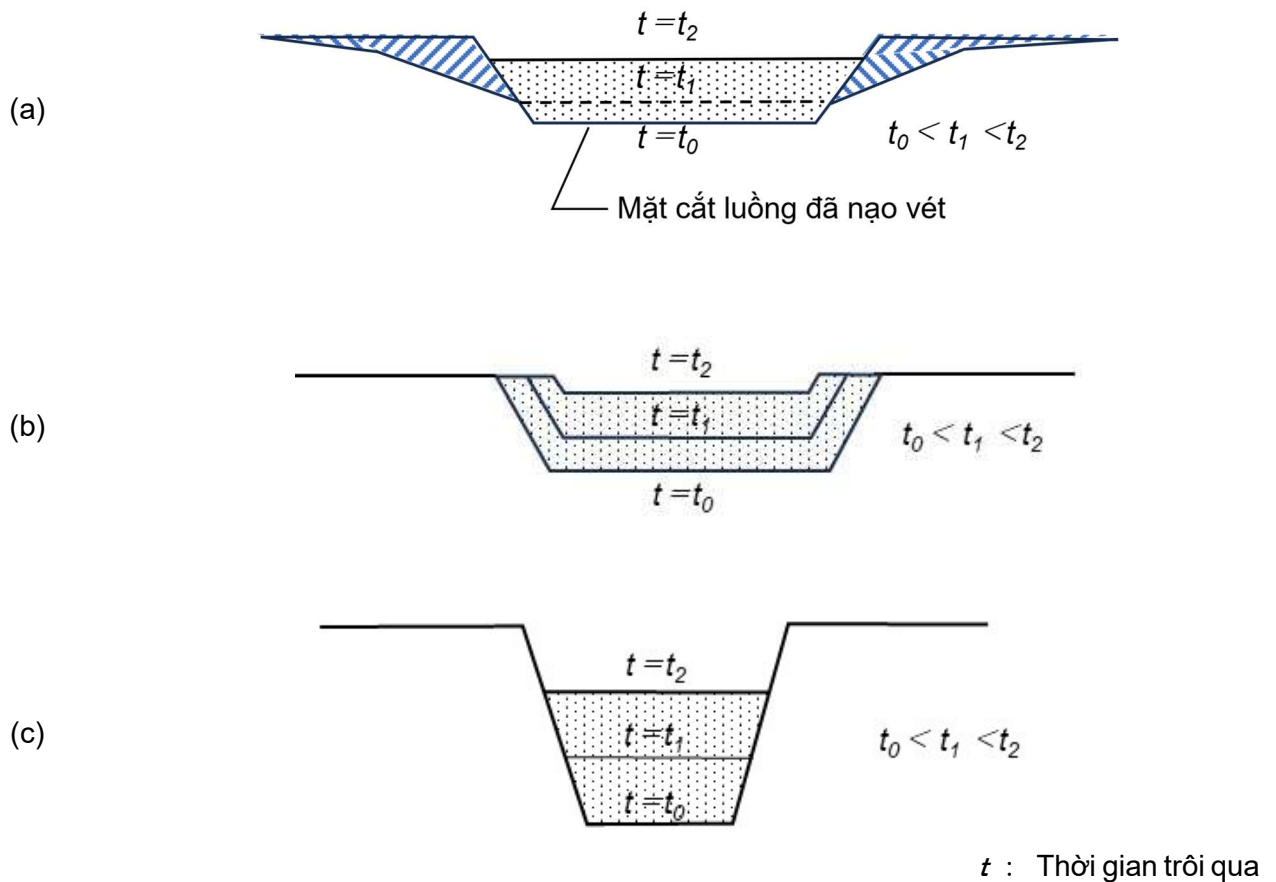
Hình 3.3.1 Chuỗi suy thoái do bồi lấp ảnh hưởng đến luồng tàu và bề cảng ¹⁾

Về hiện tượng bồi lắng (shoaling) tại các khu vực nước không được bảo vệ bên ngoài cảng, có thể nhận diện các dạng sau:

- 1) Khi sóng là lực tác động chính và đáy biển gồm đất cát hoặc bùn cát, trong các luồng nạo vét có độ sâu tương đối nông, hiện tượng bồi lắng thường xảy ra kèm theo xói lở ở các khu vực lân cận

(xem Hình 3.3.2(a)).

- 2) Khi đáy biển là bùn mềm và độ sâu nạo vét của luồng tương đối nông, hiện tượng bồi lắng có xu hướng xảy ra đồng đều, bao gồm cả trên mái dốc hai bên (xem Hình 3.3.2(b)).
- 3) Trong các luồng có độ sâu nạo vét lớn hơn so với khu vực xung quanh, hiện tượng bồi lắng thường tập trung mạnh ở đáy (xem Hình 3.3.2(c)).
- 4) Tại các eo biển và khu vực tương tự, nơi các doi cát tự nhiên bị cắt qua để tạo luồng nạo vét, hiện tượng bồi lắng thường xảy ra theo cách khôi phục lại địa hình doi cát ban đầu.
- 5) Trong các luồng nạo vét qua đáy biển có sóng cát tự nhiên tồn tại, các sóng cát có xu hướng tái xuất hiện ở đáy luồng.



Hình 3.3.2 Các dạng bồi lắng trong khu vực nước không được bảo vệ ³⁾

3.3.2 Biện pháp khắc phục với hiện tượng bồi lắng tại luồng tàu và khu neo đậu

Khi kết quả khảo sát kiểm tra, chẳng hạn như đo độ sâu luồng tàu và khu neo đậu, cho thấy có nguy cơ không đủ độ sâu nước do bồi lắng, cần tiến hành xem xét kỹ nguyên nhân bồi lắng và phân tích các dạng bồi lắng. Ngoài ra, khi lựa chọn biện pháp khắc phục thích hợp, cần xem xét toàn diện các tác động phát sinh từ biện pháp, tính khả thi về kinh tế, và hiệu quả khôi phục khả năng khai thác.

Ba phương pháp sau có thể được coi là biện pháp khắc phục với hiện tượng bồi lắng. Khi lựa chọn giữa các phương pháp này, điều quan trọng là phải hiểu rõ cơ chế và điều kiện thực tế của bồi lắng, đồng thời tham khảo các nghiên cứu trường hợp trước đây và kết quả thí nghiệm mô hình. Ngoài ra, cần chú ý đầy đủ đến tác động tiềm ẩn của biện pháp khắc phục đối với môi trường xung quanh.

1. Phương pháp ngăn chặn bồi lắng vĩnh viễn hoặc bán vĩnh viễn bằng cách xây dựng các công trình như đê chắn sóng (xem Bảng 3.3.1).
2. Phương pháp thu giữ trầm tích hiệu quả thông qua nạo vét vượt mức (over-dredging) hoặc nạo vét hố (pocket dredging), kết hợp với nạo vét duy tu.
3. Thực hiện nạo vét duy tu khi cần thiết.

Bảng 3.3.1 Các công trình sử dụng như biện pháp bán vĩnh viễn chống bồi lắng

Biện pháp xử lý với vận chuyển trầm tích dọc bờ (longshore sediment transport)	Ngăn cát xâm nhập từ cửa cảng	Đê chắn sóng, Đê dẫn dòng (Groin / Training jetty)
	Ngăn cát xâm nhập do sóng tràn	Nâng cao đê chắn sóng
	Ngăn cát xâm nhập qua thân đê chắn sóng	Công trình kiểm soát cát
Công trình kiểm soát xói lở sông	Tăng khả năng vận chuyển trầm tích của sông	Tường chỉnh trị sông
	Ngăn trầm tích từ sông	Đê phân dòng
	Giảm lượng trầm tích từ sông	Đập phân lưu
Công trình phòng chống cát gió thổi	Giảm lượng cát gió thổi	Trồng cây, Rừng chắn cát
	Ngăn cát gió thổi xâm nhập	Hàng rào chắn cát

Trong các trường hợp nạo vét duy tu không được xem xét trên cơ sở bán vĩnh viễn, có thể tham khảo các biện pháp xử lý với bồi lắng được mô tả trong *Tiêu chuẩn kỹ thuật và chú giải cho công trình cảng và bến cảng tại Nhật Bản (OCDI2020)*.

Ngoài ra, đối với các công trình vùng nước, chức năng của chúng có thể bị suy giảm do chướng ngại vật nổi hoặc do đổ thải trầm tích và các vật liệu khác; vì vậy, cũng cần chú ý đến thông tin do người sử dụng công trình và các bên liên quan cung cấp. Vì lý do này, khuyến nghị tiến hành tham vấn, lấy ý kiến từ người sử dụng công trình khi cần thiết.

3.4 Biện pháp khắc phục cho kết cấu bê tông

3.4.1 Tổng quan

Trong phần này, các phương pháp sửa chữa và gia cường chính cho kết cấu bê tông – loại kết cấu chủ yếu trong lĩnh vực cảng biển – được trình bày, kèm theo tóm tắt các phương pháp và những lưu ý quan trọng khi áp dụng cho công trình cảng. Khi lựa chọn phương pháp sửa chữa và gia cường cho kết cấu bê tông, cần chú ý đến hai điểm sau:

(1) Đối với kết cấu bê tông, cần lựa chọn biện pháp khắc phục (sửa chữa hoặc gia cường) phù hợp với từng yếu tố suy thoái.

Kết cấu bê tông có thể xuất hiện vết nứt ngay từ giai đoạn đầu sau khi đưa vào sử dụng, ngay cả khi không phải do ăn mòn cốt thép bởi ion clorua hoặc phản ứng kiềm-silic (ASR). Nguyên nhân chính của các vết nứt này bao gồm tải trọng và co ngót dẻo do quá trình bê tông đông cứng và khô. Ngoài ra, kết cấu bê tông có thể tồn tại khuyết tật do thi công kém chất lượng, chẳng hạn như mạch ngừng (cold joints). Nếu các vết nứt hoặc khuyết tật khác không được xử lý, các yếu tố suy thoái như ion clorua và nước có thể dễ dàng xâm nhập vào bê tông, làm tăng tốc độ suy thoái do ăn mòn cốt thép hoặc ASR. Do đó, chương này cũng trình bày ngắn gọn về các biện pháp phòng ngừa khuyết tật như vết nứt. Đối với hướng dẫn chi tiết về khảo sát, sửa chữa và gia cường kết cấu bê tông bị nứt, có thể tham khảo tài liệu “Hướng dẫn Thực hành về Khảo sát, Sửa chữa và Gia cường Kết cấu Bê tông” (*Practical Guideline for Investigation, Repair, and Strengthening of Concrete Structures*)

(2) Trong nhiều trường hợp, khó có thể lựa chọn biện pháp khắc phục dựa trên đánh giá định lượng về tính năng. Trong những trường hợp này, biện pháp khắc phục phải được lựa chọn dựa trên mức độ suy thoái của kết cấu. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng khi thực hiện, vật liệu và phương pháp phải được lựa chọn dựa trên cơ chế suy thoái.

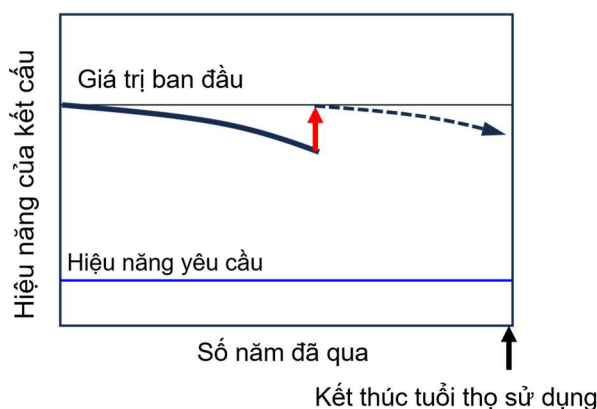
3.4.2 Định nghĩa về sửa chữa và gia cường

Sửa chữa và gia cường được định nghĩa như trong Bảng 3.4.1.

Ngoài ra, các sơ đồ khái niệm về sửa chữa và gia cường cho kết cấu bê tông và các bộ phận bê tông lần lượt được trình bày trong Hình 3.4.1 và Hình 3.4.2²⁾.

Bảng 3.4.1 Định nghĩa về sửa chữa và gia cường

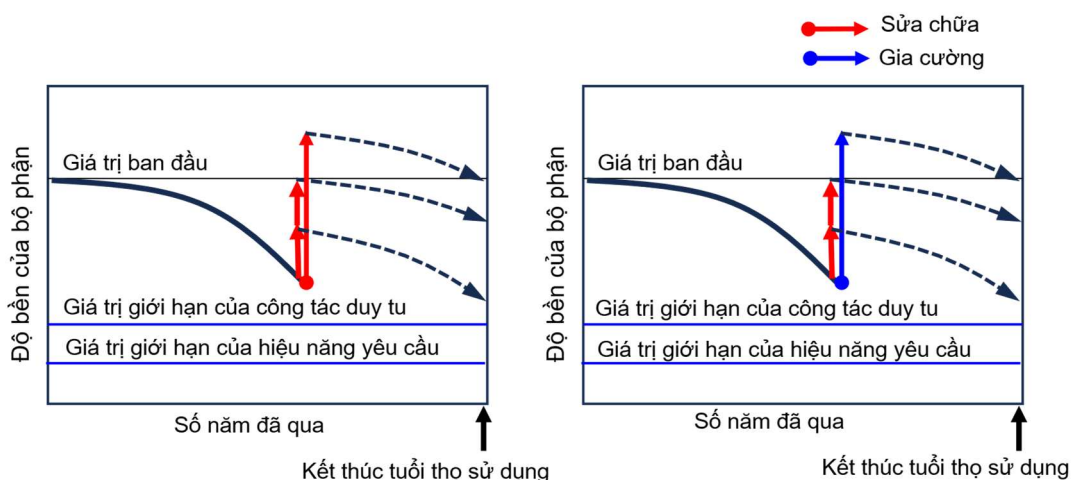
Sửa chữa	Các hành động nhằm khôi phục khả năng chịu lực, độ bền, hoặc cả hai của kết cấu hoặc bộ phận đã bị suy giảm do hư hỏng, về mức không vượt quá trạng thái ban đầu, hoặc nhằm tăng độ bền vượt mức ban đầu. Điều này cũng bao gồm các hành động nhằm ngăn ngừa sự suy thoái thêm của hiện trạng hiện hữu.
Gia cường	Các hành động nhằm tăng khả năng chịu lực vượt mức mà bộ phận vốn có ban đầu.



Hình 3.4.1 Khái niệm sửa chữa kết cấu bê tông ³⁻¹⁾

(a) Sửa chữa bộ phận bê tông

(b) Gia cường bộ phận bê tông



Hình 3.4.2 Khái niệm sửa chữa và gia cường bộ phận bê tông ³⁻¹⁾

3.4.3 Lựa chọn phương pháp sửa chữa và gia cường

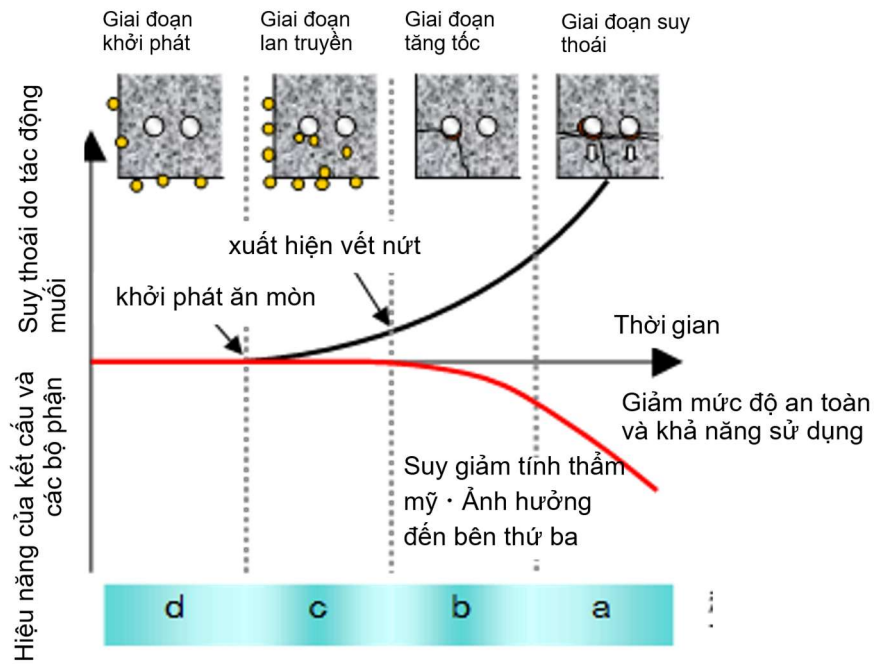
Đối với việc sửa chữa và gia cường kết cấu bê tông cảng biển, cần lựa chọn phương pháp sửa chữa và gia cường thích hợp cho các bộ phận bê tông cấu thành, có xét đến tính năng yêu cầu của kết cấu và thời gian sử dụng dự kiến sau khi sửa chữa hoặc gia cường.

Khi lựa chọn phương pháp sửa chữa và gia cường, cần chú ý đến:

- ① Nguyên nhân khuyết tật (cơ chế suy thoái) và mức độ suy thoái của bộ phận,
- ② Điều kiện môi trường tự nhiên, và
- ③ Đặc điểm của phương pháp, cũng như sự khác biệt về loại kết cấu giữa bê tông cốt thép (RC) và bê tông ứng suất trước (PC).

Hình 3.4.3 thể hiện mối quan hệ giữa tình trạng suy thoái, tính năng còn lại, và mức độ suy thoái của kết cấu trên của cầu cảng bị ảnh hưởng bởi sự xâm nhập chloride. Vì tính năng của kết cấu – chẳng hạn như an toàn và khả năng sử dụng – thay đổi tùy theo mức độ suy thoái, nên cần lựa chọn phương pháp sửa chữa và gia cường có xét đến tính năng cần khôi phục và mức độ phục hồi yêu cầu.

Trong Hình 3.4.3, các ký hiệu a, b, c, và d biểu thị các mức độ suy thoái của kết cấu và bộ phận, và tiêu chí đánh giá được trình bày trong Bảng 3.4.2.

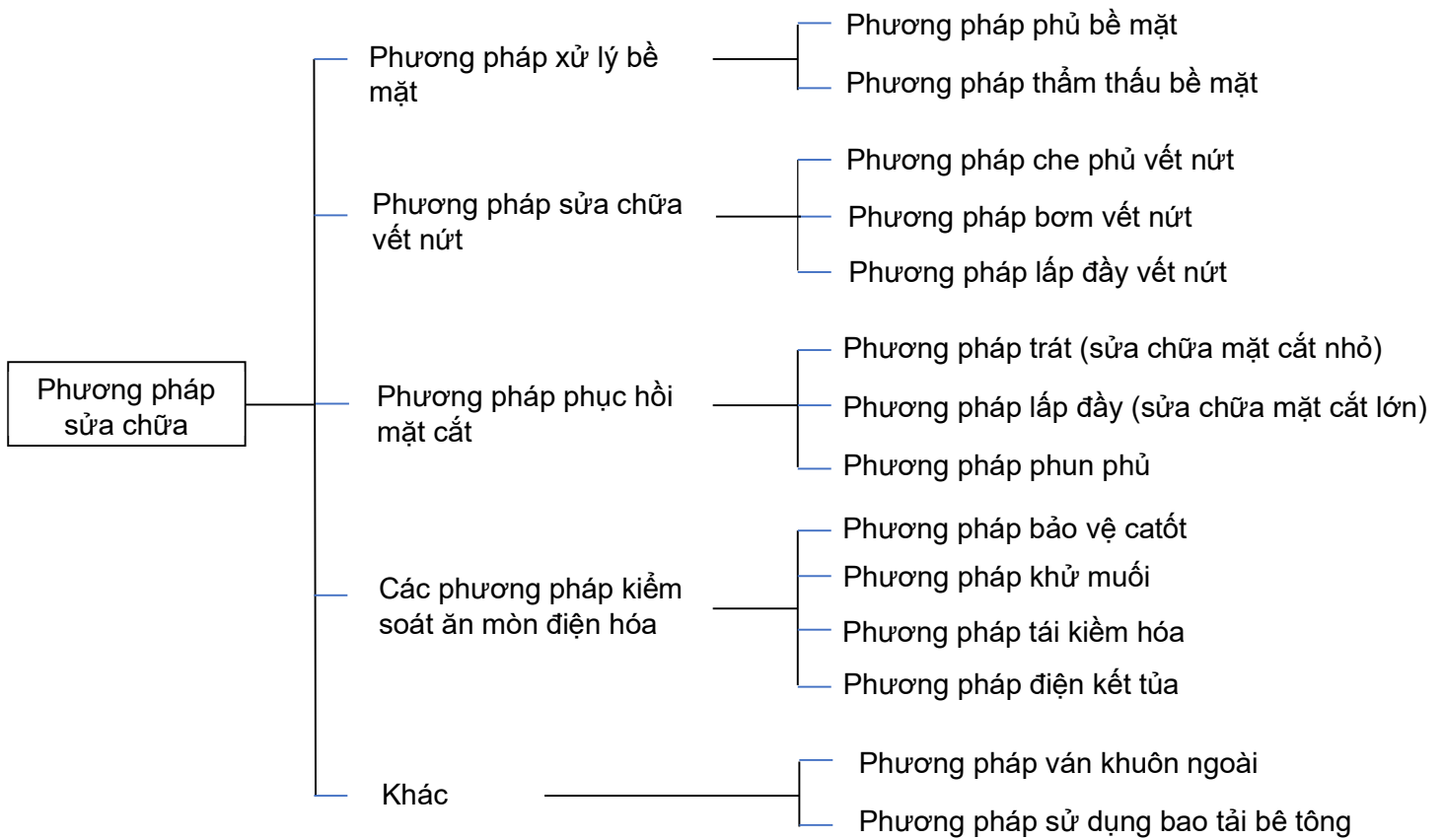


Hình 3.4.3 Mối quan hệ giữa mức độ suy thoái và hiệu năng còn lại của kết cấu trên của cầu cảng

Bảng 3.4.2 Mô tả kết quả kiểm tra

Đánh giá mức độ suy thoái	Tình trạng của bộ phận hoặc cấu kiện
a	Tính năng của bộ phận đã suy thoái nghiêm trọng
b	Tính năng của bộ phận đã suy thoái
c	Tính năng của bộ phận chưa suy thoái, nhưng có biến dạng xảy ra
d	Không phát hiện biến dạng

Phân loại các phương pháp sửa chữa và gia cường áp dụng cho các bộ phận bê tông của kết cấu cảng biển được thể hiện trong Hình 3.4.4 và Bảng 3.4.3. Các giải thích về những phương pháp tiêu biểu trong số đó được trình bày trong Bảng 3.4.4.



Hình 3.4.4 Phân loại các phương pháp sửa chữa đối với tính năng độ bền của kết cấu bê tông cảng biển

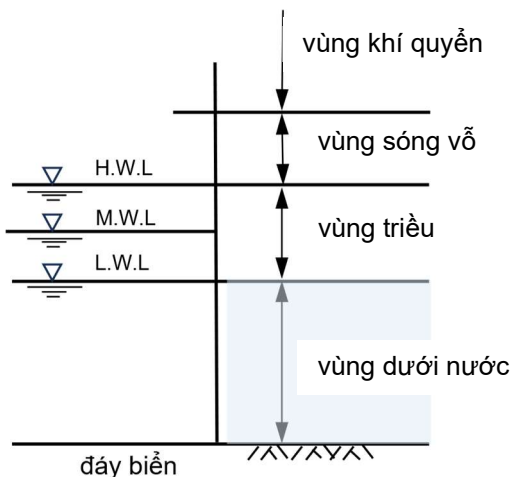
Bảng 3.4.3 Phân loại các phương pháp gia cường cho kết cấu bê tông

Thay thế bộ phận	Phương pháp thay thế
Bổ sung mặt cắt bê tông	Phương pháp phủ bề mặt
	Phương pháp áo bê tông gia cường (jacketing)
Phương pháp dán kết và áo gia cường	Phương pháp dán tấm thép
	Phương pháp dán tấm sợi liên tục
	Phương pháp áo gia cường bằng tấm thép
	Phương pháp áo gia cường bằng tấm sợi liên tục
Áp dụng ứng suất trước	Phương pháp cáp ngoài
Bổ sung bộ phận	Phương pháp bổ sung bộ phận Bổ sung dầm/giàn Bổ sung trụ cầu

Bảng 3.4.4 Ví dụ về các phương pháp sửa chữa và gia cường áp dụng cho bộ phận của kết cấu bê tông cảng biển

Loại	Tổng quan về phương pháp sửa chữa
Phương pháp xử lý bề mặt	Bằng cách phủ vật liệu lên bề mặt bê tông, sự xâm nhập các tác nhân gây ăn mòn tới cốt thép bên trong được hạn chế.
Phương pháp phục hồi tiết diện	Các khu vực bê tông bị suy thoái hoặc hư hỏng, cũng như bê tông chứa nhiều yếu tố gây ăn mòn cốt thép, được loại bỏ và sửa chữa bằng vật liệu như vữa xi măng polymer. Phương pháp sửa chữa phù hợp được áp dụng tùy theo kích thước khu vực cần sửa.
Phương pháp bảo vệ catốt	Điện cực (anode) được lắp đặt bên trong hoặc trên bề mặt bê tông, và dòng điện tử được cung cấp về phía cốt thép bên trong để ức chế phản ứng ăn mòn.
Phương pháp khử muối	Điện cực được lắp đặt trên bề mặt bê tông, và một dòng điện tương đối lớn (lớn hơn dòng điện dùng trong bảo vệ catốt) được áp dụng để loại bỏ ion clorua khỏi bê tông.
Phương pháp sửa chữa vết nứt	Có các phương pháp như phủ, trong đó nhựa hoặc các vật liệu khác được phủ lên bề mặt dọc theo vết nứt (phương pháp phủ); bơm, trong đó nhựa hoặc các vật liệu khác được bơm vào bên trong vết nứt (phương pháp bơm); và lấp đầy, trong đó bê tông dọc theo vết nứt được cast thành hình chữ U và lấp đầy bằng vật liệu sửa chữa (phương pháp lấp đầy).
Phương pháp thay thế	Các bộ phận bị suy thoái hoặc hư hỏng được loại bỏ và xây dựng lại mới.
Phương pháp cốt pha ngoài	Lắp đặt cốt pha bên ngoài (phía biển) của khu vực bị thủng trên tường ngoài của thùng chìm. Bê tông được đổ vào khu vực thủng và lỗ được bịt kín.
Phương pháp bê tông bao tải	Khu vực bị thủng được phủ bằng bê tông bao tải từ phía trong (phía khoang) của thùng chìm để ngăn mất vật liệu chèn bên trong thùng chìm.
Phương pháp phủ	Bằng cách bổ sung bê tông cốt thép, tiết diện của bộ phận được tăng lên nhằm khôi phục khả năng chịu lực đã giảm hoặc ngăn ngừa hư hỏng thêm.
Phương pháp dán tấm thép	Gắn tấm thép lên bề mặt bộ phận để khôi phục khả năng chịu lực đã giảm.
Phương pháp dán tấm sợi liên tục	Dán các vật liệu gia cố bằng sợi liên tục (như sợi carbon) lên bề mặt bộ phận để khôi phục khả năng chịu tải đã giảm.
Phương pháp cáp ngoài	Bố trí cáp ứng suất trước (PC tendons) bên ngoài bộ phận bê tông, và đưa ứng suất trước vào để khôi phục khả năng chịu tải đã giảm.
Phương pháp bơm vữa gia cố	Bằng cách làm rắn chắc cát chèn trong thùng chìm, khả năng chống va đập của tường thùng chìm được cải thiện. Phương pháp này được áp dụng như một biện pháp bảo trì phòng ngừa, đặc biệt khi hư hỏng thùng xảy ra thường xuyên.

Các vùng vị trí nơi kết cấu cảng biển được bố trí có thể được phân loại thành vùng ngập nước (submerged zone), vùng triều (tidal zone), vùng sóng vỗ (splash zone), và vùng khí quyển trên mặt biển (atmospheric zone above the sea), như thể hiện trong Hình 3.4.5. Cần lưu ý rằng một số phương pháp hoặc vật liệu sửa chữa và gia cường có thể không áp dụng được tùy thuộc vào vùng vị trí. Như một tài liệu tham khảo, Bảng 3.4.5 cho thấy ví dụ về sự tương ứng giữa các vùng vị trí và các phương pháp sửa chữa áp dụng đối với sự suy thoái do chloride.



Hình 3.4.5 Phân loại vị trí trong môi trường biển

Bảng 3.4.5 Ví dụ về các vùng vị trí và phương pháp sửa chữa áp dụng đối với sự suy thoái do chloride

Phương pháp sửa chữa Vị trí	Sửa chữa vết nứt ^{※1}	Xử lý bề mặt	Phục hồi mặt cắt	Bảo vệ catốt ^{※2}
Vùng khí quyển	○	○	○	○
Vùng sóng vỗ	△	△	△	○
Vùng triều	△	△	△	△
Vùng ngập nước	△	△	△	△

Trong bảng, ký hiệu ○ cho biết hạng mục có thể áp dụng, và ký hiệu △ cho biết cần xem xét đầy đủ trước khi áp dụng hạng mục đó.

※1 : Phương pháp sửa chữa vết nứt được sử dụng như một biện pháp bảo trì phòng ngừa hoặc như phương pháp hỗ trợ cho các phương pháp phủ bề mặt, phương pháp bảo vệ catốt, và các phương pháp khác.

※2 : Trong trường hợp nghi ngờ có phản ứng kiềm-silic (ASR), cần xem xét tính khả thi và phương pháp thực hiện của phương pháp bảo vệ catốt.

Về khả năng áp dụng của các phương pháp sửa chữa và gia cường khác nhau đối với kết cấu (bộ phận), Bảng 3.4.6 được sử dụng như tài liệu tham khảo. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các phương pháp này còn được phân chia chi tiết hơn, và cũng có những phương pháp không được mô tả ở đây.

Bảng 3.4.6 Khả năng áp dụng các phương pháp sửa chữa và gia cường đối với kết cấu (các bộ phận kết cấu)

Loại phương pháp sửa chữa	Kết cấu (bộ phận) mục tiêu				
	Phần trên của cầu cảng (RC)	Phần dưới của cầu cảng (PC)	Thùng chìm đê chắn sóng	Mũ tường của bến cọc ván thép	Phần trên của đê chắn sóng
Phương pháp xử lý bề mặt	○	○	△	△	×
Phương pháp phục hồi tiết diện	○	○	○	○	○
Phương pháp bảo vệ catốt	○	○	△*	△*	×
Phương pháp khử muối	△	△	×	×	×
Phương pháp sửa chữa vết nứt	○	○	○	○	○
Phương pháp thay thế	○	○	△	○	○
Phương pháp cốp pha ngoài	×	×	○	×	×
Phương pháp bê tông bao tải	×	×	○	×	×
Phương pháp phủ	△	△	×	×	×
Phương pháp dán tấm thép	△	△	×	×	×
Phương pháp dán tấm sợi liên tục	△	△	×	×	×
Phương pháp cáp ngoài	△	○	×	×	×
Phương pháp bơm vữa gia cố	×	×	○	×	×

○: Phương pháp tiêu chuẩn △: Áp dụng có điều kiện. ×: Không áp dụng

※ : Áp dụng trong trường hợp hệ thống anot điện hóa (galvanic anode system).

3.4.4 Phương pháp sửa chữa

3.4.4.1 Phương pháp xử lý bề mặt

Phương pháp phủ bề mặt bao gồm việc hình thành một lớp phủ trên bề mặt bê tông nhằm giảm sự thâm nhập của các tác nhân ăn mòn (như ion clorua, oxy, và nước) vào các vật liệu thép bên trong (cốt thép, v.v.), từ đó ức chế sự ăn mòn của thép bên trong hoặc sự suy thoái và xói mòn của chính bê tông. Phương pháp này bao gồm phương pháp phủ bề mặt, trong đó bề mặt bê tông được phủ bằng các vật liệu hữu cơ hoặc vô cơ (Hình 3.4.1), và phương pháp thẩm thấu bề mặt, trong đó các vật liệu thẩm thấu không màu và trong suốt được áp dụng lên bề mặt bê tông bằng cách phun, lăn hoặc quét (Hình 3.4.2).

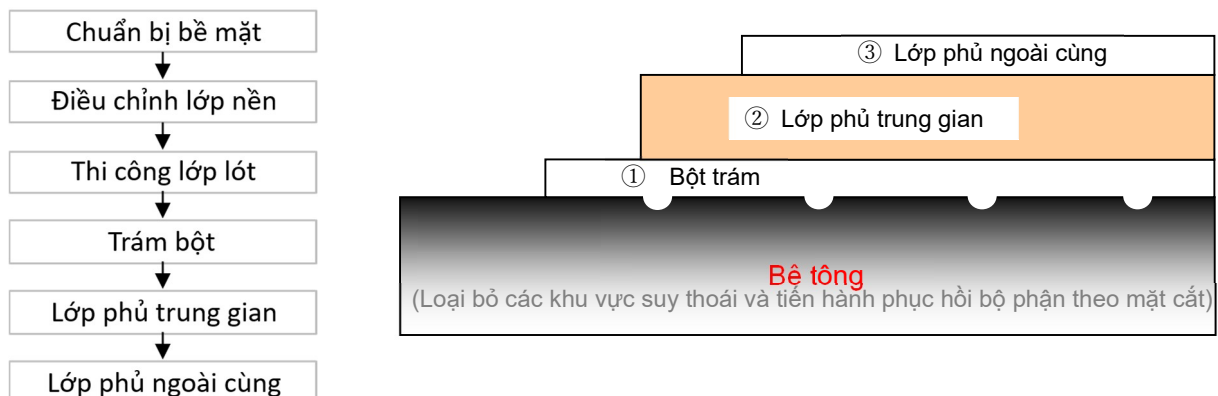


Hình 3.4.1 Ứng dụng vật liệu phủ bề mặt



Hình 3.4.2 Ứng dụng vật liệu thẩm thấu bề mặt và trạng thái chống thấm nước

Các vật liệu sử dụng cho phương pháp phủ bề mặt bao gồm vật liệu hữu cơ và vô cơ, và lớp phủ có thể được áp dụng dưới dạng một lớp đơn hoặc nhiều lớp. Trong phương pháp phủ bề mặt tổng quát được thể hiện ở Hình 3.4.6, lớp phủ trung gian không chỉ phải có khả năng ngăn chặn sự xâm nhập của các yếu tố gây suy thoái từ môi trường bên ngoài mà, trong trường hợp các bộ phận bê tông cốt thép (RC), còn phải có khả năng thích ứng với sự thay đổi độ rộng của vết nứt. Do đó, lớp phủ này được áp dụng dưới dạng một màng tương đối dày, và trong một số trường hợp, các vật liệu linh hoạt được sử dụng. Lớp phủ ngoài cùng phải có khả năng chống lại sự suy thoái do tia cực tím và các yếu tố khác gây ra, và thường sử dụng các vật liệu phủ chứa nhựa có khả năng chống thời tiết tốt cùng với các sắc tố tạo màu. Việc lựa chọn vật liệu phải tính đến các yếu tố suy thoái cần xử lý, điều kiện môi trường, và hiệu quả dự kiến. Đối với kết cấu bê tông cảng biển, các điểm then chốt trong việc lựa chọn vật liệu bao gồm khả năng chống thấm clo vượt trội, khả năng thích ứng tốt với vết nứt, và độ bám dính mạnh với bê tông hiện hữu hoặc vật liệu phục hồi tiết diện.



Hình 3.4.6 Quy trình thi công tổng quát và sơ đồ mặt cắt ngang của phương pháp phủ bề mặt

Trong phương pháp thẩm thấu bề mặt, các vật liệu có khả năng thâm nhập vào lớp bề mặt của bê tông để tạo ra canxi silicat và các hợp chất khác nhằm làm đặc vi cấu trúc, hoặc các vật liệu tạo tính chất chống thấm nước cho bề mặt bê tông (chẳng hạn như vật liệu gốc silane), thường được sử dụng. Ngoài ra, các phương pháp kết hợp cả hai loại vật liệu này cũng đã được phát triển.

Phương pháp phủ bề mặt có thể được sử dụng riêng khi sự suy thoái chưa tiến triển; tuy nhiên, khi các vết nứt ăn mòn trong cốt thép bên trong do ion clorua đã xuất hiện, thì cần phải sử dụng kết hợp với phương pháp phục hồi tiết diện (section repair method).

Điều này là do, một khi ion clorua đã thâm nhập vào bê tông đến mức ăn mòn cốt thép đã bắt đầu, thì việc ngăn chặn sự xâm nhập của các tác nhân ăn mòn từ bề mặt bê tông không thể ngăn chặn sự ăn mòn tiếp diễn của cốt thép bởi các ion clorua đã thâm nhập, và có thể dẫn đến sự suy thoái tái diễn.

Ảnh 3.4.3 cho thấy một trường hợp suy thoái tái diễn, trong đó mặc dù đã áp dụng phương pháp phủ bề mặt, sự ăn mòn của cốt thép vẫn tiến triển do các ion clorua đã thâm nhập bên trong, và các vết nứt xuất hiện trên vật liệu phủ bề mặt khi các vết nứt phát triển và mở rộng. Khi áp dụng phương pháp phủ bề mặt, cần xem xét cẩn thận thời điểm thi công và mức độ thâm nhập của ion clorua.

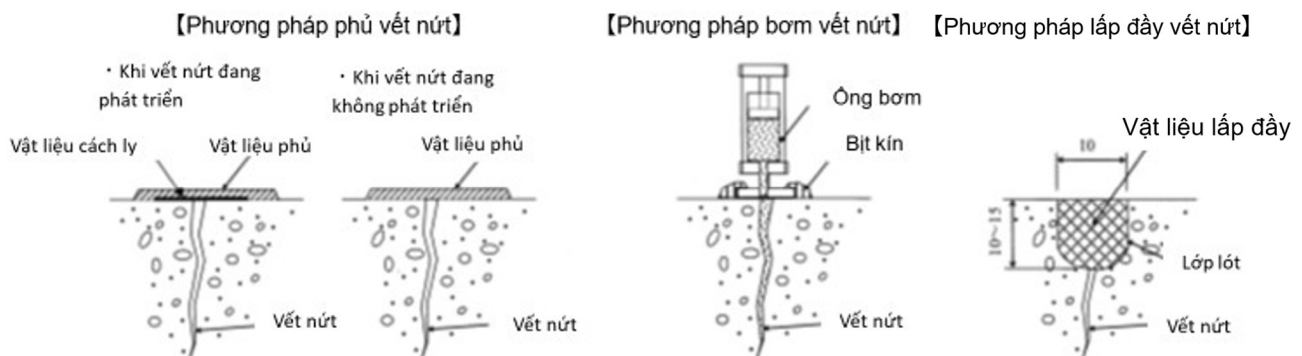


Hình 3.4.3 Xuất hiện vết nứt do suy thoái tái diễn sau khi áp dụng phương pháp phủ bề mặt

3.4.4.2 Phương pháp sửa chữa vết nứt

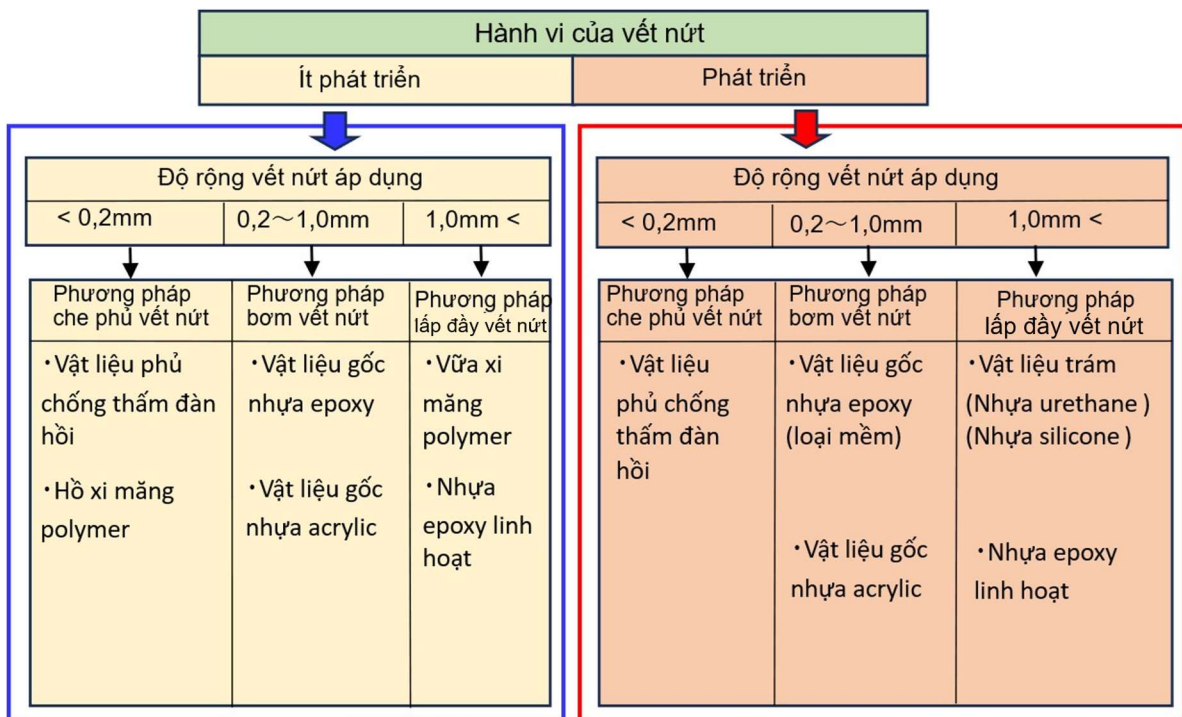
Các phương pháp sửa chữa vết nứt được sử dụng để khôi phục khả năng chống thấm và độ bền cho các vết nứt ban đầu như vết nứt do nhiệt độ và vết nứt do co ngót khô, cũng như các vết nứt gây ra bởi ngoại lực. Như thể hiện trong Hình 3.4.7, các phương pháp sửa chữa vết nứt bao gồm phương pháp phủ bề mặt vết nứt, phương pháp bơm, và phương pháp lấp đầy, trong đó việc lựa chọn phải dựa trên mức độ biến thiên độ rộng vết nứt và độ sâu của vết nứt.

Trong trường hợp các vết nứt gây ra bởi sự ăn mòn cốt thép do tác động của ion clorua, các phương pháp sửa chữa vết nứt nhìn chung không áp dụng được vì một lượng lớn ion clorua đã thâm nhập đến vị trí của cốt thép. Ngoài ra, khi tiến hành phục hồi tiết diện, cần hết sức thận trọng trong việc xác định khu vực sửa chữa và lựa chọn vật liệu sửa chữa, bởi sự ăn mòn của cốt thép hiện hữu có xu hướng tiến triển do sự hình thành pin ăn mòn (macro-cell) giữa bê tông hiện hữu và bê tông sửa chữa.



Hình 3.4.7 Các loại phương pháp sửa chữa vết nứt

Một ví dụ về việc lựa chọn phương pháp sửa chữa vết nứt được thể hiện trong Hình 3.4.8. Theo hướng dẫn chung, khi độ rộng vết nứt là 0,2 mm hoặc nhỏ hơn, phương pháp phủ bề mặt vết nứt thường được áp dụng; khi độ rộng vết nứt nằm trong khoảng từ 0,2 mm đến 1,0 mm, phương pháp bơm thường được sử dụng; và khi độ rộng vết nứt vượt quá 1,0 mm, phương pháp lấp đầy thường được áp dụng. Các vật liệu sử dụng cho sửa chữa vết nứt thường được lựa chọn dựa theo độ rộng vết nứt, ứng xử của vết nứt, và phương pháp sửa chữa. Nếu độ rộng vết nứt thay đổi do tải trọng, thay đổi nhiệt độ, v.v., thì nên sử dụng các vật liệu có khả năng thích ứng với sự biến đổi của vết nứt. Trong trường hợp các kết cấu căng biển, do việc thi công thường được thực hiện dưới nước hoặc trong môi trường ẩm ướt và các kết cấu phải chịu tác động của các điều kiện này, việc lựa chọn vật liệu cần đảm bảo có thể áp dụng trong các điều kiện đó đồng thời đáp ứng được các yêu cầu về tính năng (như độ bám dính và khả năng thi công).



Hình 3.4.8 Ví dụ về việc lựa chọn phương pháp sửa chữa vết nứt ³⁾

(1) Phương pháp che phủ vết nứt

Phương pháp che phủ vết nứt bao gồm việc phủ một lớp vật liệu lên bề mặt vết nứt, và chủ yếu được sử dụng khi độ rộng vết nứt nhỏ và phương pháp bơm vết nứt không thể áp dụng. Theo hướng dẫn chung, phương pháp này áp dụng cho các vết nứt có độ rộng 0,2 mm hoặc nhỏ hơn. Khi sử dụng dọc theo vết nứt, một nhược điểm là dấu vết vẫn còn nhìn thấy trên bề mặt, làm giảm tính thẩm mỹ. Trong một số trường hợp, chẳng hạn như khi bê tông còn tương đối mới hoặc khi đã tiến phục hồi tiết diện, vật liệu cũng có thể được phủ lên toàn bộ bề mặt bê tông để hạn chế sự xâm nhập của các yếu tố gây suy thoái. Do vật liệu sửa chữa không lấp đầy bên trong vết nứt, nếu vết nứt tiếp tục phát triển hoặc độ rộng vết nứt thay đổi đáng kể, và vật liệu không thể theo kịp sự chuyển dịch này, thì chính vật liệu sửa chữa có thể bị nứt, khiến các yếu tố gây suy thoái dễ dàng thâm nhập hơn. Để ngăn chặn sự xâm nhập này, nên phủ thêm một lớp bảo vệ bên ngoài lớp phủ.

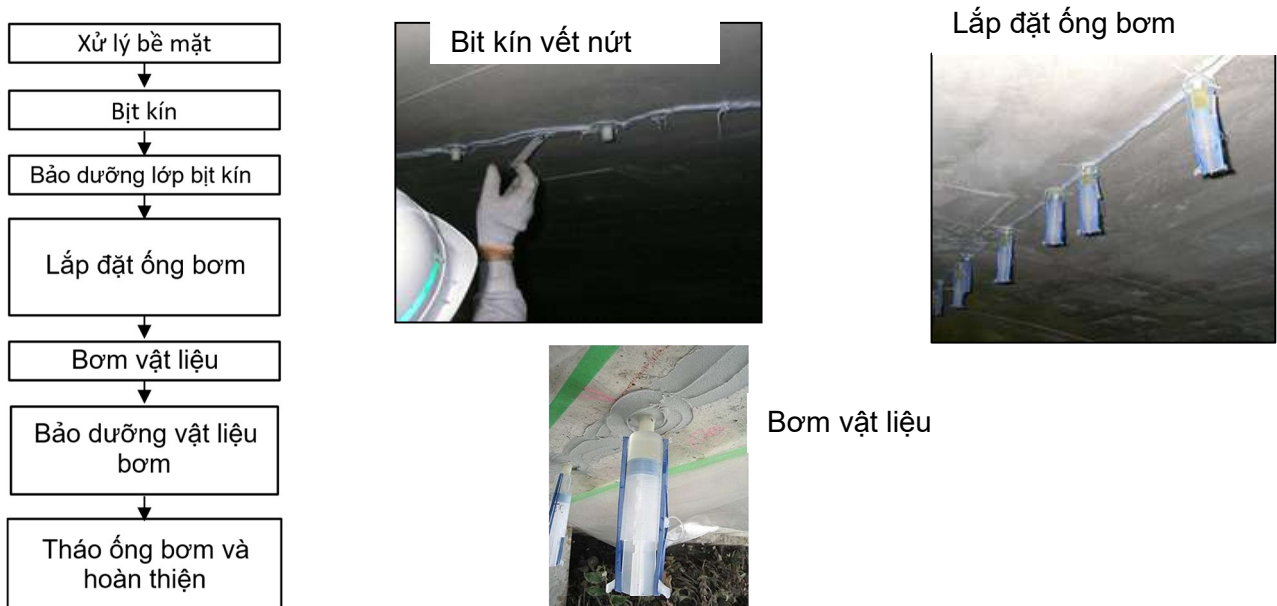
(2) Phương pháp bơm

Phương pháp bơm vết nứt phổ biến hiện nay là phương pháp bơm tự động áp suất thấp, trong đó vật liệu bơm được đưa vào ở áp suất thấp từ bề mặt. Tuy nhiên, khi độ sâu vết nứt lớn, phương pháp bơm áp suất cao, bao gồm việc khoan lỗ vào kết cấu và bơm vật liệu vào vết nứt từ bên trong, sẽ phù hợp hơn. Theo hướng dẫn, độ sâu vết nứt tối đa phù hợp cho bơm áp suất thấp là khoảng 15 đến 30 cm, tương ứng với khoảng cách giữa các lỗ bơm vật liệu sửa chữa.

Các vật liệu bơm sử dụng trong các phương pháp bơm vết nứt thường áp dụng cho kết cấu bê tông cảng biển có thể được phân loại rộng rãi thành vật liệu gốc nhựa (hữu cơ) và vật liệu gốc xi măng (vô cơ). Trong số này, nhựa epoxy – một loại vật liệu gốc nhựa có độ bám dính và độ bền cao – là loại được sử dụng phổ biến nhất trong môi trường dưới nước và ẩm ướt.

Tuy nhiên, khi sửa chữa các phần dưới nước của kết cấu như thùng chìm đê chắn sóng, nơi phương pháp bơm tự động áp suất thấp khó áp dụng, thì việc sử dụng phương pháp bơm nhựa thủ công hoặc phương pháp bơm nhựa cơ học là phổ biến.

Quy trình và điều kiện của phương pháp bơm tốc độ thấp, áp suất thấp – vốn là phương pháp bơm vết nứt chủ đạo – được thể hiện trong Hình 3.4.10. Ngoài ra, khoảng cách giữa các lỗ bơm cần được điều chỉnh theo độ rộng vết nứt, với các giá trị hướng dẫn chung được thể hiện trong Bảng 3.4.7.



Hình 3.4.10 Quy trình thi công của phương pháp bơm vết nứt

Bảng 3.4.7 Hướng dẫn về khoảng cách các lỗ bơm trong phương pháp bơm vết nứt

Độ rộng vết nứt (mm)	Khoảng cách các lỗ bơm (mm)
< 0,3	50 ~ 100
0,3 ~ 0,5	100 ~ 200
0,5 ~ 1,0	150 ~ 250
1,0 <	200 ~ 300

(3) Phương pháp lấp đầy

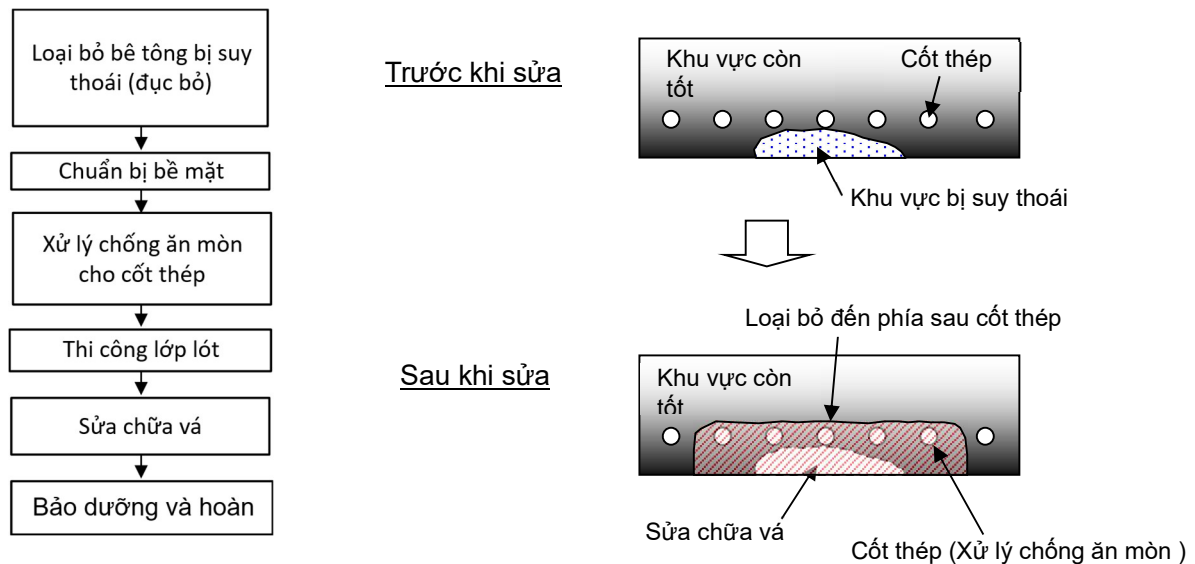
Khi độ rộng vết nứt vượt quá 1,0 mm, phương pháp lấp đầy là phù hợp. Trong phương pháp này, một rãnh hình chữ U (U-cut) hoặc hình chữ V (V-cut) được cắt dọc theo vết nứt trên bề mặt bê tông,

và rãnh sau đó được lấp đầy bằng vật liệu lấp đầy và vật liệu phụ trợ. Cần lưu ý rằng so với rãnh chữ V, rãnh chữ U có ưu điểm là ít có khả năng làm vật liệu lấp đầy bị bong ra.

Tuy nhiên, mặc dù tính thẩm mỹ có thể không phải là vấn đề lớn đối với các kết cấu bê tông cảng biển thông thường, phương pháp lấp đầy vẫn để lại dấu vết sửa chữa. Do đó, tại những vị trí mà yếu tố thẩm mỹ quan trọng, có thể xem xét kết hợp phương pháp này với phương pháp phủ bề mặt.

3.4.4.3 Phương pháp phục hồi tiết diện

Phương pháp phục hồi tiết diện là một kỹ thuật trong đó các phần bê tông bị suy thoái của kết cấu hiện hữu, nơi hư hỏng đã trở nên rõ ràng hoặc nơi các yếu tố gây suy thoái như ion clorua vượt quá giới hạn cho phép, được loại bỏ, và phần mất mát được sửa chữa bằng vật liệu sửa chữa bộ phận. Theo đó, bằng cách loại bỏ và sửa chữa các khu vực thích hợp, có thể cải thiện hiệu suất kết cấu và độ bền. Sơ đồ tổng quan về thi công phục hồi tiết diện (mặt cắt ngang) và quy trình thi công được thể hiện trong Hình 3.4.11.



Hình 3.4.11 Quy trình thi công của phương pháp phục hồi tiết diện ²⁾

Trong bê tông có chứa lượng lớn ion clorua, nếu chỉ sửa chữa các phần bị suy thoái nhìn thấy được, thì sẽ xảy ra sự chênh lệch điện thế trong cốt thép nằm gần ranh giới giữa phần đã sửa chữa và phần chưa sửa chữa. Kết quả là sự ăn mòn nhanh chóng của phần chưa sửa chữa, được gọi là “ăn mòn pin vĩ mô (macro-cell corrosion)”, có thể xảy ra, và điều này có thể làm tăng tốc đáng kể quá trình ăn mòn của cốt thép trong bê tông hiện hữu. Do đó, trong phục hồi tiết diện, cần không chỉ sửa chữa các phần suy thoái nhìn thấy được mà còn phải loại bỏ bê tông phía sau và xung quanh cốt thép có nồng độ ion clorua vượt quá ngưỡng khởi phát ăn mòn, để mỗi nối được thực hiện tại các khu vực có nồng độ ion clorua thấp.

Các phương pháp phục hồi tiết diện có thể được phân loại rộng rãi thành ba loại: phương pháp trát (plaster method), phương pháp lấp đầy (filling method), và phương pháp phun (spray method) (xem Ảnh 3.4.4). Nói chung, phương pháp trát được áp dụng khi diện tích sửa chữa tương đối nhỏ (sửa chữa quy mô nhỏ), trong khi phương pháp lấp đầy và phương pháp phun được áp dụng khi diện tích sửa chữa lớn (sửa chữa quy mô lớn). Khi lựa chọn phương pháp thi công, cần xem xét các yếu tố như

môi trường và loại kết cấu bê tông được áp dụng, vị trí và bộ phận (bao gồm cả hướng thi công, chẳng hạn như hướng lên hoặc hướng xuống), cũng như kích thước của khu vực sửa chữa. Đặc điểm của ba phương pháp phục hồi tiết diện được thể hiện trong Bảng 3.4.8.



Phương pháp trát

Hình 3.4.4



Phương pháp lấp đầy

Ví dụ của các phương pháp phục hồi tiết diện



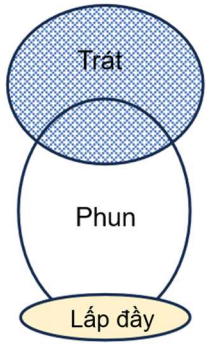
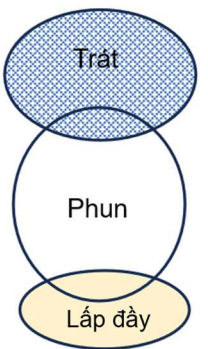
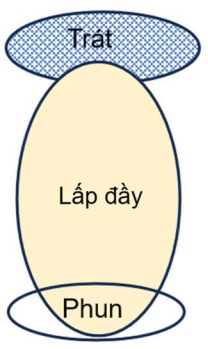
Phương pháp phun

Bảng 3.4.8 Đặc điểm của ba phương pháp phục hồi tiết diện

Loại	Đặc điểm
Phương pháp trát	<ul style="list-style-type: none"> • Thường được sử dụng cho các sửa chữa vá quy mô nhỏ dưới 100 m². Phương pháp này bao gồm việc trát nhiều lớp và hoàn thiện bằng bay. • Khuyến nghị mỗi lớp có độ dày không quá 10 mm. Tổng độ dày thi công trong một ngày không nên vượt quá 30 mm.
Phương pháp lấp đầy	<ul style="list-style-type: none"> • Thường được sử dụng cho các sửa chữa vá quy mô lớn từ 100 m² trở lên. • Độ dày của khu vực sửa chữa vá thường từ 30 mm trở lên. • Việc bơm được thực hiện từ vị trí thấp lên vị trí cao để tránh tạo bọt khí, và các lỗ thoát khí cần được bố trí hợp lý tại các vị trí cao. • Vật liệu sửa chữa vá cần được bơm liên tục để tránh tạo mạch ngừng thi công. • Để ngăn ngừa hiện tượng phân tầng vật liệu, không được rung bằng đầm rung hoặc gõ vào ván khuôn trong quá trình bơm.
Phương pháp phun	<ul style="list-style-type: none"> • Thường được sử dụng cho các sửa chữa vá quy mô trung bình đến lớn từ 10 đến 100 m². <p>【Phương pháp phun ướt】</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lượng văng bật (rebound) và bụi phát sinh là tối thiểu. Phương pháp này cũng có thể kết hợp với hoàn thiện bằng bay, mang lại khả năng thi công tốt. • Độ dày mỗi lần phun nên ≤ 30 mm đối với thi công hướng lên và ≤ 50 mm đối với thi công ngang. <p>【Phương pháp phun khô】</p> <ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp này có hiệu quả thi công cao và khả năng phát triển cường độ vừa nhanh, rất thuận lợi cho các khu vực thi công lớn. • Có thể phun với độ dày từ 10 cm trở lên chỉ trong một lần thi công.

Ví dụ về việc lựa chọn phương pháp phục hồi tiết diện, Bảng 3.4.8 cho thấy sự phân loại các phương pháp áp dụng theo vị trí của khu vực cần sửa chữa, hướng thi công, và kích thước của khu vực sửa chữa. Ngoài ra, vì vật liệu sửa chữa thích hợp khác nhau tùy thuộc vào các yếu tố như độ dày, diện tích, và vị trí sửa chữa, nên cần lựa chọn vật liệu với sự cân nhắc đầy đủ về điều kiện thi công.

Bảng 3.4.8 Phạm vi áp dụng của các phương pháp phục hồi tiết diện (sơ đồ minh họa) ²⁾

Vị trí phần sửa chữa	Mặt dưới	Mặt bên	Mặt trên
Hướng thi công	Hướng lên	Ngang	Hướng xuống
Khu vực sửa chữa			
<p>Nhỏ</p> <p>↕</p> <p>Lớn</p>			

Khác với phương pháp lấp đầy, phương pháp trát và phương pháp phun không yêu cầu lắp đặt ván khuôn; tuy nhiên, chất lượng – chẳng hạn như việc đảm bảo khả năng lấp đầy đầy đủ – chịu ảnh hưởng lớn bởi trình độ tay nghề của công nhân (kỹ thuật viên).

Vật liệu sửa chữa sử dụng trong các phương pháp phục hồi tiết diện phải có đủ cường độ và độ đặc chắc, không được nứt do co ngót khô hoặc nhiệt thủy hóa, phải có độ bám dính tốt với bê tông hiện hữu, phải có tính thi công tốt (khả năng chảy và khả năng áp dụng), phải có độ bền đủ trước nước biển, và nên có hệ số khuếch tán ion clorua càng nhỏ càng tốt.

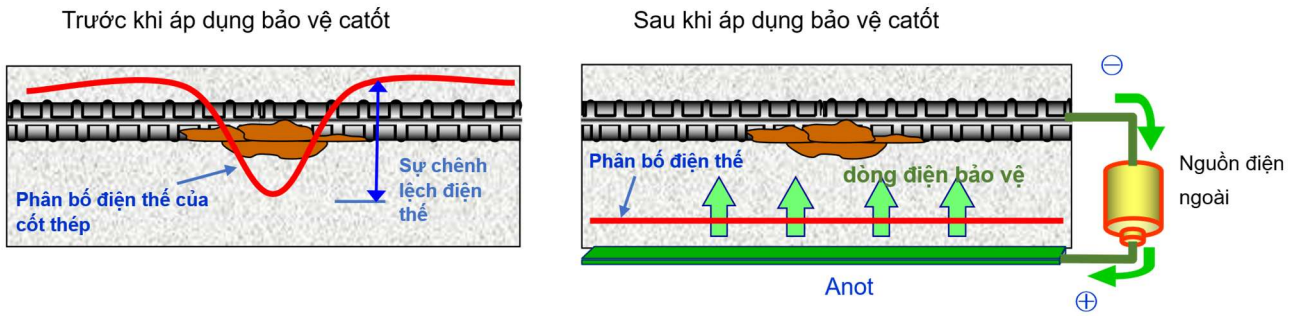
Trong phương pháp lấp đầy, do vật liệu sửa chữa được bơm vào một không gian kín, vật liệu phải có khả năng chảy tốt, và cần chú ý đến việc bố trí các điểm bơm và lỗ thoát khí để tránh tạo ra các khoảng rỗng do khí bị giữ lại.

Ngoài ra, trong phương pháp lấp đầy, ván khuôn bê tông đúc sẵn hoặc ván khuôn FRP đôi khi được sử dụng như ván khuôn vĩnh cửu, giúp loại bỏ nhu cầu tháo dỡ ván khuôn và đồng thời ngăn chặn sự xâm nhập của các yếu tố gây suy thoái sau khi phục hồi tiết diện, từ đó cải thiện độ bền.

3.4.4.4 Phương pháp kiểm soát ăn mòn điện hóa

Có một số phương pháp kiểm soát ăn mòn điện hóa, bao gồm bảo vệ catốt (cathodic protection), khử muối (desalination), tái kiềm hóa (re-alkalization), và điện kết tủa (electrodeposition). Các phương pháp này ngăn ngừa sự ăn mòn của cốt thép bên trong bê tông bằng cách sử dụng các phản ứng điện hóa. Để biết chi tiết về các phương pháp này, tham khảo *Thư viện Bê tông số 157 của Hội Kỹ sư Xây dựng Nhật Bản: Hướng dẫn về các phương pháp kiểm soát ăn mòn điện hóa*. Trong số đó, phương pháp được sử dụng phổ biến nhất trong lĩnh vực cảng biển là phương pháp bảo vệ catốt, được trình bày dưới đây.

Trong bảo vệ catốt, đối với các trường hợp mà màng thụ động của cốt thép trong bê tông đã bị phá hủy do sự thâm nhập của ion clorua và phản ứng ăn mòn đang tiến triển, một vật liệu anot được lắp đặt trên bề mặt bê tông, và một dòng điện một chiều bảo vệ được áp dụng hướng về phía cốt thép đóng vai trò là catốt. Khái niệm của phương pháp bảo vệ này được minh họa trong Hình 3.4.12. Khi cốt thép bên trong bê tông bị ăn mòn, sự khác biệt về phân bố điện thế sẽ xảy ra; tuy nhiên, bằng cách áp dụng dòng điện bảo vệ thông qua phương pháp bảo vệ catốt, sự chênh lệch điện thế của cốt thép được loại bỏ và phản ứng ăn mòn được ức chế. Do đó, về nguyên tắc, bảo vệ catốt là biện pháp đáng tin cậy nhất chống lại sự suy thoái do ion clorua gây ra.



Hình 3.4.12 Sơ đồ khái niệm về bảo vệ chống ăn mòn bằng phương pháp bảo vệ catốt

Ưu điểm của phương pháp bảo vệ catốt bao gồm: khả năng áp dụng ngay cả đối với bê tông chứa lượng lớn ion clorua; trong quá trình chuẩn bị bề mặt cho phục hồi tiết diện, chỉ cần loại bỏ các khu vực suy thoái cản trở dòng điện, chẳng hạn như các phần bị bong tách hoặc lỏng lẻo - không cần loại bỏ bê tông phía sau cốt thép; không cần xử lý chống ăn mòn cho cốt thép; và có thể kiểm chứng định lượng hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn thông qua việc theo dõi điện thế của cốt thép.

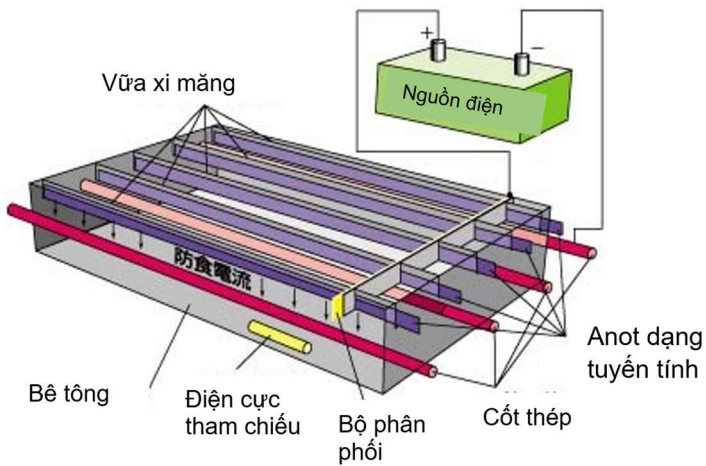
Các phương pháp cung cấp dòng điện bảo vệ có hai loại:

1. Phương pháp dòng điện cưỡng bức

- Thiết bị cung cấp dòng điện một chiều (DC) được lắp đặt bên ngoài.
- Vật liệu anot (ví dụ: lưới titan phủ oxit kim loại hỗn hợp) được đặt trên bề mặt bê tông hoặc chôn trong vữa.
- Dòng điện một chiều liên tục được cung cấp (mật độ dòng: 1–30 mA/m², điện áp áp dụng: 1–5 V).
- Hiệu quả bảo vệ được xác nhận bằng cách đo điện thế của cốt thép hoặc theo dõi sự thay đổi điện thế do dòng điện áp dụng gây ra.
- Ưu điểm: Dòng điện có thể được kiểm soát và điều chỉnh chính xác.
- Ứng dụng điển hình: Bảo vệ lâu dài trong môi trường biển bị ô nhiễm chloride nghiêm trọng.

2. Phương pháp anot hy sinh (Sacrificial Anode Method)

- Vật liệu anot có xu hướng ion hóa lớn hơn sắt (ví dụ: hợp kim kẽm, nhôm, magie) được nối trực tiếp với cốt thép.
- Bản thân anot sẽ bị ăn mòn (hy sinh) và cung cấp dòng điện bảo vệ.
- Ưu điểm: Hệ thống đơn giản, không cần nguồn điện ngoài.
- Hạn chế: Dòng điện đầu ra tương đối nhỏ và phụ thuộc vào môi trường.
- Ứng dụng điển hình: Các công trình sửa chữa cục bộ hoặc khu vực có mức độ ô nhiễm chloride vừa phải.



Bộ nguồn điện ngoài



Hình 3.4.13 Phương pháp bảo vệ catốt bằng hệ thống dòng điện cưỡng bức

Trong hệ thống dòng điện cưỡng bức, vật liệu anot được chế tạo từ titan làm vật liệu nền. Tùy theo hình dạng, chúng được phân loại thành anot dạng tấm, anot dạng tuyến tính (Ảnh 3.3.5), và anot điểm. Trong hệ thống anot hy sinh, anot dạng tấm (Ảnh 3.3.6) thường được sử dụng.



(Anot dạng tấm)



(Anot dạng tuyến tính)

Hình 3.4.5 Điều kiện lắp đặt anot dạng tấm, anot dạng tuyến tính



Hình 3.4.6 Điều kiện lắp đặt anot trong hệ thống anot hy sinh

3.4.4.5 Phương pháp sửa chữa sử dụng ván khuôn ngoài

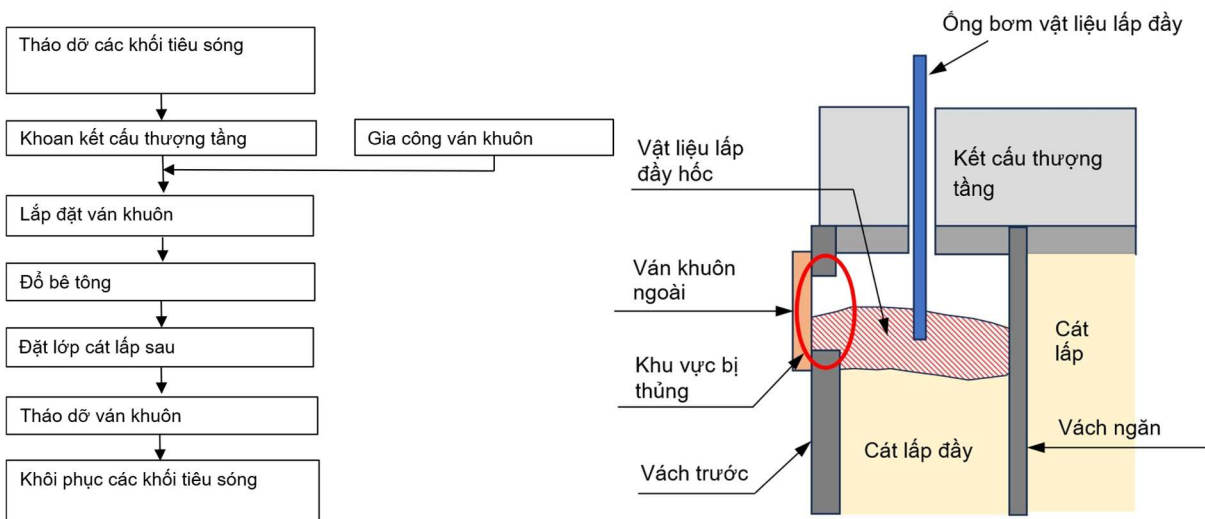
Trong các thùng chìm để chắn sóng và các kết cấu tương tự, các khối tiêu sóng được lắp đặt phía trước thùng chìm có thể va đập lặp đi lặp lại vào thùng chìm do tác động của sóng, đôi khi gây ra hư hỏng thủng trên các vách bên. Khi xảy ra hư hỏng thủng như vậy, vật liệu lấp đầy có thể bị rò rỉ ra ngoài, dẫn đến giảm độ ổn định của thùng chìm. Do đó, việc sửa chữa được thực hiện bằng phương pháp ván khuôn ngoài, với mục tiêu ngăn chặn sự thoát ra của vật liệu lấp đầy.

Phương pháp ván khuôn ngoài bao gồm việc lắp đặt ván khuôn ở phía ngoài vách bên của thùng chìm, khoan từ phần kết cấu trên vào các khoang bên trong nơi xảy ra thủng, và đổ bê tông vào các hốc để bịt kín lỗ thủng và đảm bảo khối lượng tổng thể của thùng chìm.

Tuy nhiên, trong các trường hợp khu vực sửa chữa nằm ở độ sâu đáng kể, nên áp dụng các phương pháp khác để cân nhắc tính khả thi và an toàn. Phương pháp này phù hợp hơn cho các tình huống mà khu vực hư hỏng nằm ở độ sâu tương đối nông.

Khi đổ bê tông vào các hốc, do nước biển vẫn tồn tại bên trong khoang, bê tông phải được đổ dưới nước. Vì lý do này, cần sử dụng bê tông dưới nước hoặc bê tông chống rửa trôi dưới nước có đủ cường độ. Thiết kế cấp phối và các đặc tính khác của bê tông phải đảm bảo các đặc tính cường độ bằng hoặc cao hơn bê tông gốc.

Quy trình thi công và tổng quan về phương pháp ván khuôn ngoài, như được trình bày trong *Sổ tay sửa chữa kết cấu bê tông cảng biển*, được thể hiện trong Hình 3.4.14. Một ví dụ về ván khuôn được lắp đặt trên vách bên của thùng chìm được thể hiện trong Ảnh 3.4.7.



Hình 3.4.14 Quy trình thi công và sơ đồ nguyên lý của phương pháp ván khuôn ngoài ²⁾



Hình 3.4.7 Ví dụ về lắp đặt ván khuôn ngoài ²⁾

Tương tự như phương pháp ván khuôn ngoài, còn có phương pháp bê tông bao, nhằm mục đích ngăn chặn sự thoát ra của vật liệu lấp đầy từ các vách bên của thùng chìm.

Phương pháp bê tông bao bao gồm việc bịt kín các phần bị thủng bên trong khoang - nơi vật liệu lấp đầy đã bị rò rỉ - bằng cách đặt các bao bê tông. Một ưu điểm lớn của phương pháp này là nhìn chung không cần phải tháo dỡ các khối tiêu sóng ở phía trước thùng chìm.

3.4.5 Phương pháp gia cường kết cấu

Mối quan hệ tổng quát giữa các phương pháp gia cường chính đối với kết cấu bê tông và các cấu kiện kết cấu có thể áp dụng được trình bày trong Bảng 3.4.9. Trong số các phương pháp này, một số cần được đặc biệt lưu ý khi áp dụng cho công trình cảng.

Bảng 3.4.9 Ví dụ về các phương pháp gia cường chính và các cấu kiện áp dụng

Mục tiêu của biện pháp	Loại biện pháp	Ví dụ về phương pháp gia cường	Cấu kiện áp dụng			
			Dầm	Cột	Bản	Tường
Cấu kiện bê tông	Dán vật liệu gia cố	Phương pháp dán	◎	○	◎	○
	Tạo ứng suất trước	Phương pháp dự ứng lực ngoài	◎	○	○	
	Tăng kích thước tiết diện	Phương pháp bọc bê tông	○	○	◎	○
	Thay thế cấu kiện	Phương pháp thay thế	○	○	◎	◎
Kết cấu	Bổ sung dầm (dầm chính)	Phương pháp xây dựng bổ sung	◎		◎	
	Bổ sung tường	Phương pháp xây dựng bổ sung				◎
	Bổ sung gối đỡ	Phương pháp xây dựng bổ sung	◎		◎	

(Lưu ý) ◎ : Phương pháp đã được áp dụng trong thực tế với số lượng tương đối lớn,
○ : Phương pháp được xem là có thể áp dụng

3.4.5.1 Phương pháp bọc bê tông

Phương pháp bọc bê tông nhằm khôi phục khả năng chịu lực bằng cách bố trí các vật liệu gia cố như cốt thép ở mặt trên hoặc mặt dưới của cấu kiện bê tông hiện hữu, đổ thêm lớp bê tông hoặc vữa, và liên kết đồng nhất phần tiết diện được tăng cường với bê tông cũ.

Khi mục đích là gia cố bản bê tông, có hai biến thể: phương pháp bọc mặt trên, trong đó phần tăng chiều dày được bố trí phía trên bản, và phương pháp bọc mặt dưới, trong đó phần tăng chiều dày được bố trí ở phía dưới. Trong cả hai trường hợp, yêu cầu quan trọng là phải đảm bảo phần tiết diện được tăng cường làm việc đồng nhất với bê tông hiện hữu. Do đó cần đặc biệt chú ý đến bê tông hoặc vữa dùng cho phần tăng chiều dày, nhất là các điểm sau:

- Khả năng bám dính tốt với bê tông hiện hữu
- Biến dạng co ngót nhỏ

Cũng cần lưu ý rằng phương pháp bọc bê tông làm tăng tải trọng bản thân của kết cấu trên, do đó phải xem xét ảnh hưởng của nó đối với kết cấu phần dưới.

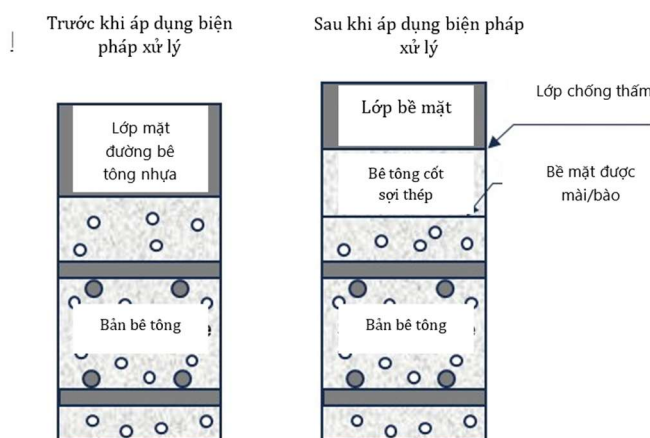
(1) Phương pháp bọc mặt trên

Phương pháp bọc mặt trên bao gồm hai cách tiếp cận: một là đổ bê tông cốt sợi thép lên bề mặt trên

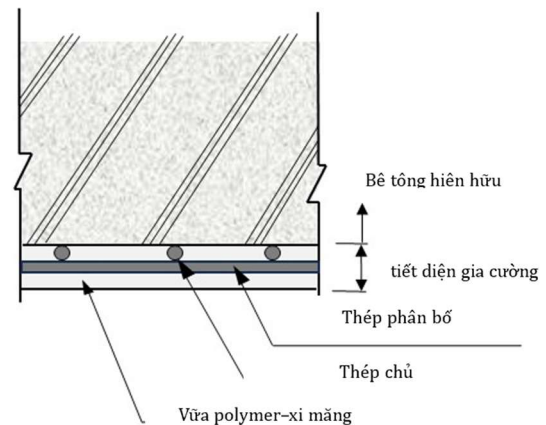
của bê tông hiện hữu và liên kết đồng nhất với bê tông cũ, hai là bố trí cốt thép trong phần bê tông được tăng chiều dày. Bê tông cốt sợi thép được sử dụng cho phương pháp bọc mặt trên vì việc bổ sung sợi thép giúp cải thiện khả năng chống mỏi. Các ví dụ tiêu biểu về mặt cắt thi công được trình bày trong Hình 3.4.15.

Phương pháp bọc mặt trên được kỳ vọng sẽ nâng cao khả năng chịu lực đối với phá hoại chọc thủng (punching shear). Ngoài ra, việc tăng chiều dày làm dịch chuyển trục trung hòa của tiết diện lên phía trên, qua đó cải thiện khả năng chịu uốn, đồng thời làm tăng độ cứng tổng thể của kết cấu, góp phần giảm độ võng của dầm.

Bê tông tăng chiều dày sử dụng trong phương pháp bọc mặt trên thường được sản xuất tại các trạm trộn lớn tại hiện trường, do có các yêu cầu như: (i) sử dụng xi măng đông kết siêu nhanh, (ii) trộn sợi thép, và (iii) giảm co ngót khô bằng cách dùng bê tông có độ sụt khoảng 5 cm.



Hình 3.4.15 Ví dụ mặt cắt của phương pháp bọc mặt trên



Hình 3.4.16 Ví dụ mặt cắt của phương pháp bọc mặt dưới

(2) Phương pháp bọc mặt dưới

Phương pháp bọc mặt dưới là một kỹ thuật gia cố trong đó các vật liệu gia cố, như cốt thép, được bố trí ở mặt dưới của bản bê tông hiện hữu, và tiết diện được tăng chiều dày bằng vữa có độ bám dính cao nhằm liên kết đồng nhất với bê tông hiện có. Nhờ đạt được sự làm việc đồng nhất này, khả năng chịu uốn được cải thiện, đồng thời độ võng của bản hiện hữu, ứng suất trong cốt thép và bề rộng khe nứt đều được giảm, qua đó nâng cao khả năng chống mỏi. Ví dụ điển hình về mặt cắt của phương pháp bọc mặt dưới được trình bày trong Hình 3.4.16.

3.4.5.2 Phương pháp dán

Phương pháp dán là một kỹ thuật gia cố trong đó các vật liệu gia cố dạng tấm hoặc dạng bản được dán lên các cấu kiện bê tông hiện hữu để chúng làm việc đồng nhất với bê tông hiện có.

Tùy theo loại vật liệu gia cố sử dụng, phương pháp dán có hai biến thể: phương pháp dán tấm sợi liên tục (FRP) và phương pháp dán bản thép. Trong cả hai trường hợp, nếu bê tông hiện hữu đã bị suy thoái hoặc vết nứt đã phát triển mạnh, sự làm việc đồng nhất giữa vật liệu gia cố và bê tông hiện hữu sẽ không đảm bảo, và hiệu quả gia cố kỳ vọng sẽ không đạt được. Vì vậy, cần phải thực hiện sửa chữa ban đầu phù hợp.

Ngoài ra, do các vật liệu polyme như keo dán có thể không phát huy đầy đủ tính năng trong một số

điều kiện môi trường thi công nhất định – chẳng hạn như nhiệt độ và độ ẩm – nên cần kiểm soát chất lượng nghiêm ngặt. Ví dụ, nhựa epoxy có thể không đóng rắn đúng cách ở nhiệt độ thấp hoặc khi có độ ẩm. Do đó, thông thường khuyến nghị thi công trong điều kiện nhiệt độ môi trường từ 5 °C trở lên, độ ẩm không khí không quá 85%, và độ ẩm bề mặt bê tông không quá 10%.

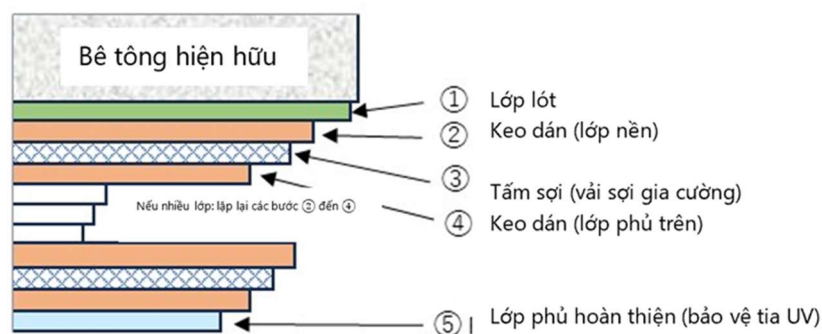
(1) Phương pháp dán tấm sợi liên tục (FRP)

Phương pháp dán tấm sợi liên tục là một kỹ thuật gia cố trong đó các tấm sợi liên tục được dán nhiều lớp lên bề mặt cấu kiện bê tông hiện hữu đồng thời thấm nhựa keo và để đóng rắn, qua đó làm cho chúng làm việc đồng nhất với cấu kiện hiện có.

Phương pháp này có các đặc điểm sau: do tấm sợi liên tục nhẹ, có thể cắt theo mọi hình dạng và dễ tạo hình tại hiện trường, nên có thể thi công ngay cả ở những không gian bị hạn chế nghiêm trọng; trong đa số trường hợp, sợi carbon cường độ cao, mô đun đàn hồi cao được sử dụng làm tấm sợi cho phương pháp này.

Khi lo ngại hiện tượng suy giảm tính năng của nhựa epoxy dùng làm keo thấm do bức xạ tử ngoại, cần lựa chọn vật liệu phủ hoàn thiện bề mặt có khả năng chịu thời tiết cao.

Đối với mặt dưới của kết cấu trên của bến, độ ẩm nói chung rất cao do ảnh hưởng của sóng, và bề mặt bê tông thường ẩm với hàm lượng ẩm lớn. Nếu dán trong những điều kiện như vậy, sự bóc tách giữa bê tông hiện hữu và tấm sợi có thể xảy ra dễ dàng do áp lực giãn nở của hơi nước bão hòa. Vì vậy, khi áp dụng phương pháp dán tấm sợi cho mặt dưới của bến trong môi trường ẩm như vậy, không chỉ cần làm khô đầy đủ bê tông nền trước khi thi công, mà còn phải ngăn không cho ẩm xâm nhập từ phía trên của bê tông kết cấu trên thông qua các vết nứt và khuyết tật khác.



Hình 3.4.17 Ví dụ mặt cắt của phương pháp dán tấm sợi liên tục²⁾

(2) Phương pháp dán bản thép

Phương pháp dán bản thép là một kỹ thuật gia cố trong đó các bản thép được liên kết đồng nhất với các cấu kiện bê tông hiện hữu bằng cách hoặc là quét keo dán lên bề mặt bê tông hiện có rồi dán bản thép, hoặc là bơm keo vào khe hở giữa bản thép và bê tông.

Chiều dày bản thép được xác định bằng tính toán thiết kế; tuy nhiên trong thực tế thường sử dụng bản có chiều dày từ 4,5 mm trở lên, vì bản quá mỏng dễ bị không phẳng, khó đảm bảo tiếp xúc đều khi ép dán, và khi bơm keo dễ xảy ra biến dạng võng quá mức dưới áp lực. Vì lý do thi công, chiều dày bản tối đa thường khoảng 12 mm. Về keo dán, thường sử dụng vật liệu gốc nhựa epoxy.

Bản thép thường là bản phẳng; tuy nhiên, do khối lượng lớn, việc áp dụng ở mặt dưới kết cấu trên của bến sẽ gặp khó khăn trong vận chuyển, lắp đặt và cũng đòi hỏi chú ý nhiều đến an toàn. Hơn nữa, do các công trình bê tông cảng biển chịu tác động môi trường xâm thực clo rất khắc nghiệt, các bản thép

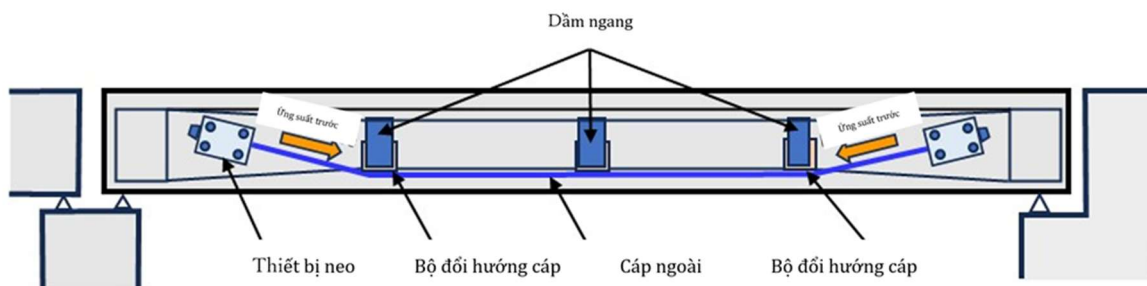
dán và bu lông neo dễ bị ăn mòn. Ngay cả khi đã phủ lớp bảo vệ lên bản thép thì lớp phủ này cũng bị suy giảm theo thời gian, cần bảo trì thường xuyên. Do đó, khi áp dụng phương pháp này cho công trình cảng, cần hết sức thận trọng.

3.4.5.3 Phương pháp cáp ngoài

Phương pháp cáp ngoài là một kỹ thuật gia cố trong đó các bó cáp dự ứng lực được bố trí ở bên ngoài cấu kiện bê tông hiện hữu, được kéo căng và neo lại để tạo ứng suất trước trong cấu kiện, từ đó tăng cường khả năng chịu uốn và chịu cắt. Phương pháp này đã được áp dụng rộng rãi để gia cường khi tải trọng sử dụng tăng lên và khi cốt thép dự ứng lực bị suy giảm do ăn mòn do clo.

Trong phương pháp cáp ngoài, cần bố trí cáp sao cho có thể chống lại các tác động bên ngoài như hoạt tải và tải trọng bản thân. Sơ đồ nguyên lý của phương pháp này được minh họa trong Hình 3.4.18, và một ví dụ gia cố được thể hiện trong Ảnh 3.4.8. Phương pháp cáp ngoài có các đặc điểm sau:

- Hiệu quả gia cố được thể hiện rõ ràng về mặt cơ học.
- Công tác bảo trì sau khi gia cố tương đối dễ dàng.
- Độ cứng của cấu kiện không được cải thiện.



Hình 3.4.18 Sơ đồ khái niệm của phương pháp cáp ngoài



Ảnh 3.4.8 Ví dụ gia cố bằng phương pháp cáp ngoài

3.5 Các biện pháp khắc phục cho kết cấu thép

3.5.1 Tổng quan

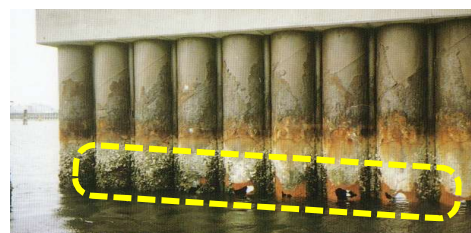
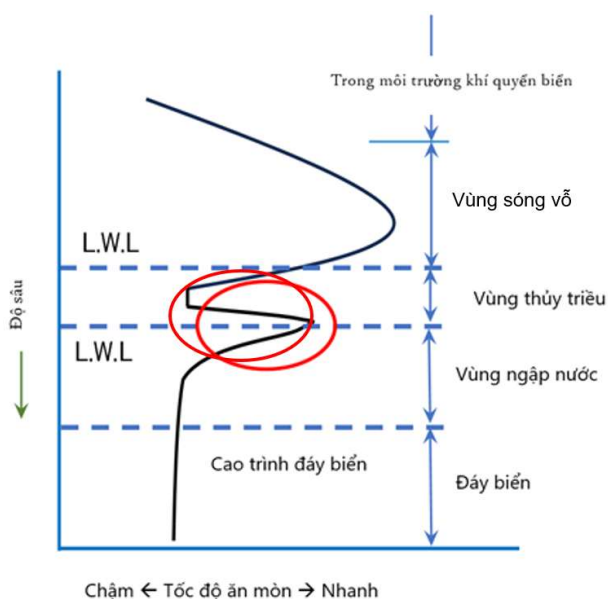
Vì các kết cấu thép cảng biển phải làm việc trong môi trường biển rất khắc nghiệt nên ăn mòn thép, đặc biệt do ion clo, trở thành một vấn đề lớn. Khảo sát ăn mòn (Corrosion investigation) với các hạng mục như đo thế điện của thép, đo chiều dày còn lại... đã được trình bày chi tiết ở Chương 2; trong mục này sẽ trình bày các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn, phương pháp sửa chữa và phương pháp gia cố đối với vật liệu thép.

Cần lưu ý rằng các biện pháp nêu ra ở đây dựa trên khối tri thức thực nghiệm phong phú thu được tại Nhật Bản. Tuy nhiên, tại Việt Nam, ngoài các tải trọng tác dụng lên công trình cảng, các yếu tố như điều kiện địa chất nền và đặc trưng nước biển tiếp xúc với công trình khác với Nhật Bản, và có thể gây ra những ảnh hưởng khác nhau lên kết cấu. Do đó, khi sử dụng sổ tay này, cần hiểu đúng và đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng khác nhau đến công trình trong điều kiện Việt Nam.

Trong quá khứ, khi thiết kế các cấu kiện thép sử dụng trong môi trường biển, chiều dày cấu kiện thép thường được cố ý tăng lên ngay từ giai đoạn thiết kế mới, sao cho ngay cả khi tiết diện bị giảm do ăn mòn thì khả năng chịu lực vẫn không bị suy giảm. Ở Nhật Bản, đến nay vẫn còn nhiều kết cấu thép được thiết kế, thi công theo quan điểm này đang trong quá trình khai thác.

Phân bố theo phương đứng của tốc độ ăn mòn đối với kết cấu thép đặt trong môi trường biển được thể hiện trong Hình 3.5.1. Như được minh họa, ăn mòn pin macro (macro-cell) rất nghiêm trọng xảy ra ngay dưới mực nước triều thấp trung bình, hiện tượng này được gọi là ăn mòn cục bộ (localized corrosion). Ảnh 3.5.1 cho thấy ví dụ các lỗ thủng hình thành trên cừ ván thép và cọc ống thép do loại ăn mòn cục bộ này; kiểu ăn mòn này có thể dẫn đến sụt lở mặt bển (quay apron) và thậm chí gây sập kết cấu trên.

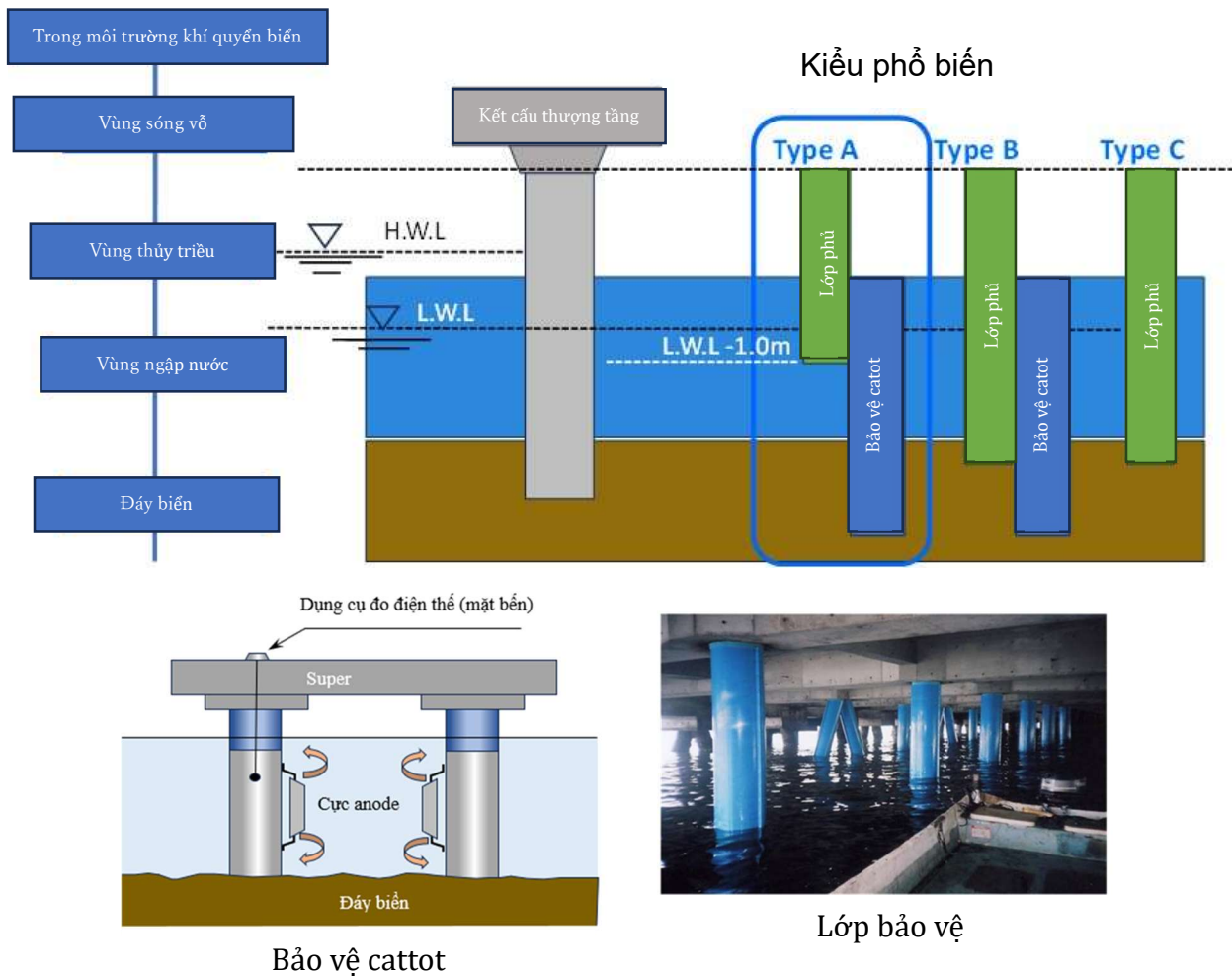
Để ngăn ngừa ăn mòn cục bộ như vậy và bảo vệ vật liệu thép nói chung, thông thường bảo vệ catot được áp dụng cho phần dưới nước, còn biện pháp phủ/bọc bảo vệ được áp dụng từ vùng ngập nước cho tới vùng khí quyển. Bảo vệ catot ngăn cản ăn mòn thép về mặt điện hoá, trong khi biện pháp sơn/phủ tạo một lớp bảo vệ trên bề mặt thép nhằm ngăn chặn tác nhân xâm thực xâm nhập. Thường sử dụng hệ thống kết hợp bảo vệ catot và phủ/bọc, như minh họa trong Hình 3.5.2; trong đa số trường hợp, lớp phủ bảo vệ được áp dụng từ khoảng 1 m dưới mực nước triều thấp trở lên.



Ảnh 3.5.1 Ví dụ thép bị thủng do ăn mòn cục bộ⁵⁾



Ảnh 3.5.2 Sập kết cấu trên



Hình 3.5.2 Phương pháp kết hợp bảo vệ catot và bảo vệ bằng lớp phủ (sơn/phủ bảo vệ)

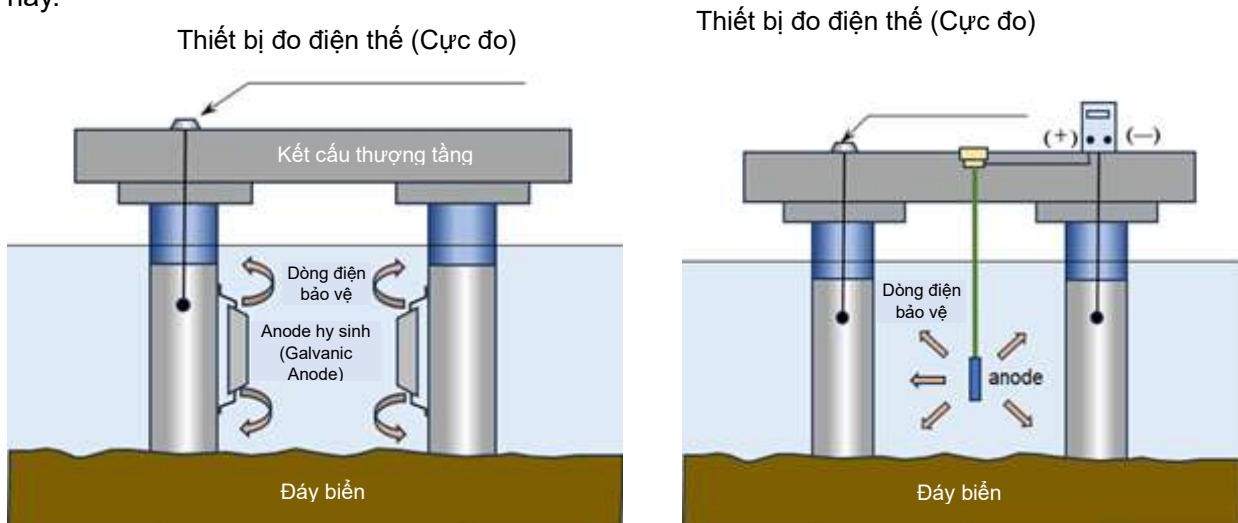
Về tổng thể, đối với kết cấu thép, nếu các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn như bảo vệ catot hoặc bảo vệ bằng lớp phủ (sơn/phủ bảo vệ) hoạt động tốt thì được xem là khả năng làm việc của kết cấu sẽ không bị suy giảm do ăn mòn. Trong số đó, bảo vệ catot cho phép đánh giá định lượng mức độ hiệu quả tương đối dễ dàng, nhờ vậy cũng đơn giản hơn trong việc quyết định có cần triển khai biện pháp ứng phó (như thay thế anot) hay không và xác định thời điểm thực hiện.

Ngược lại, với bảo vệ bằng lớp phủ, thường khó lựa chọn biện pháp ứng phó và xác định thời điểm can thiệp dựa trên đánh giá định lượng. Trong những trường hợp như vậy, việc lựa chọn biện pháp và xác định thời điểm tiến hành có thể dựa vào mức độ suy giảm, hư hỏng thực tế của kết cấu.

Nếu kết cấu không được áp dụng biện pháp bảo vệ chống ăn mòn nào, thì không chỉ cần lựa chọn các biện pháp bảo vệ phù hợp có xét tới phân loại môi trường ăn mòn và hiện trạng ăn mòn hiện tại, mà còn phải xem xét cả các biện pháp gia cố để khắc phục việc chiều dày cấu kiện thép không còn đủ.

3.5.2 Chẩn đoán và sửa chữa hệ thống bảo vệ catot

Có hai loại bảo vệ catot là hệ anot điện hoá và hệ dòng điện cưỡng bức như minh họa trong Hình 3.5.3. Đối với nội dung chi tiết về các phương pháp kiểm tra và khảo sát, tham khảo Chương 2 của sổ tay này.



Hình 3.5.3 Hệ anot điện hoá và hệ dòng điện cưỡng bức

Không tồn tại mối quan hệ trực tiếp giữa mức độ suy giảm khả năng chịu lực cơ học của kết cấu thép và thế điện của vật liệu thép. Tuy nhiên, nếu hệ bảo vệ catot được áp dụng cho kết cấu thép hoạt động hiệu quả, ăn mòn thép sẽ được kiểm chế và vì vậy khả năng chịu lực của thép sẽ không bị suy giảm. Do đó, miễn là thế điện của thép trong trạng thái được bảo vệ catot thỏa mãn các giá trị quy định, việc theo dõi thế điện có thể được xem như một cách gián tiếp để xác nhận rằng khả năng chịu lực của thép vẫn được duy trì.

Đối với hệ anot điện hoá, công tác kiểm tra và khảo sát anot nói chung được thực hiện thông qua đo thế điện, và Bảng 3.5.1 trình bày các tiêu chí đánh giá mức độ suy giảm dựa trên kết quả đo thế. Ngoài ra, khi cần thiết có thể tiến hành lặn kiểm tra chi tiết nhằm xác nhận tình trạng lắp đặt anot sau bão, xem xét mức độ tiêu hao và ước tính thời gian sử dụng còn lại của anot (xem Chương 2).

Bảng 3.5.1 Tiêu chí đánh giá mức độ suy giảm dựa trên kết quả đo thế điện ¹⁾

Phương pháp kiểm tra	Tiêu chí đánh giá mức độ suy giảm	
Đo thế điện	a	<input type="checkbox"/> Thế không chế ăn mòn (-800 mV so với Ag/AgCl [sw]) không được duy trì
	b	-----
	c	-----
	d	<input type="checkbox"/> Thế không chế ăn mòn (-800 mV so với Ag/AgCl [sw]) được duy trì

※ Ag/AgCl[sw] : điện cực bạc/bạc clorua trong nước biển

Nếu kết quả kiểm tra anot cho thấy mức suy giảm ở cấp a thì cần tiến hành sửa chữa cục bộ hoặc toàn bộ để khôi phục khả năng bảo vệ catot, ngay cả khi thế bảo vệ (-800 mV so với Ag/AgCl [sw]) vẫn đang được duy trì. Nếu do tiêu hao anot hoặc các nguyên nhân khác mà trạng thái được bảo vệ không được duy trì đúng trong một thời gian dài, trước hết phải đo chiều dày còn lại của thép để xác nhận xem thép có còn đáp ứng được khả năng chịu lực yêu cầu hay không. Sau khi xác nhận là vẫn đáp ứng yêu cầu, cần nhanh chóng lắp đặt anot mới. Trong trường hợp anot bị tiêu hao sớm hơn tuổi thọ thiết kế, phải điều tra nguyên nhân và thực hiện các biện pháp khắc phục, chẳng hạn như điều chỉnh mật độ dòng bảo vệ thiết kế.

Nếu việc thay thế anot được thực hiện sau khi anot đã bị tiêu hao hoàn toàn thì lớp phủ điện (màng điện kết tủa) sẽ bị mất, do đó cần một phần dòng bảo vệ bổ sung để tái hình thành lớp phủ điện này. Hơn nữa, nếu thời kỳ không được bảo vệ kéo dài (2-3 năm), một phần dòng bảo vệ sẽ bị tiêu hao dưới dạng dòng khử của lớp gỉ hình thành trên bề mặt thép. Vì vậy, cần giả thiết mật độ dòng bảo vệ ban đầu lớn hơn khoảng 1,1 đến 1,2 lần, có xét đến tỷ lệ giữa dòng bảo vệ cần thiết và dòng khử gỉ, cũng như tuổi thọ của anot.

Ngược lại, nếu thay anot trước khi anot bị tiêu hao hoàn toàn thì lớp phủ điện hình thành trên bề mặt thép vẫn còn, và dòng bảo vệ tiêu hao tại thời điểm thay anot có thể được giảm bớt. Do đó, việc thay anot trước khi bị tiêu hao hết là lựa chọn ưu tiên.

Đối với hệ dòng điện cưỡng bức, nếu phát hiện có suy giảm khả năng làm việc thì cũng phải áp dụng các biện pháp phù hợp. Bảng 3.5.2 trình bày các dạng hỏng hóc vận hành điển hình của thiết bị nguồn điện một chiều, các nguyên nhân có thể, phương pháp khảo sát và hướng dẫn lựa chọn biện pháp khắc phục.

Bảng 3.5.2 Chẩn đoán, khảo sát và biện pháp khắc phục các bất thường của nguồn điện một chiều ⁵⁾

Tình trạng bất thường	Nguyên nhân có thể	Phương pháp khảo sát	Biện pháp khắc phục đề xuất
<ul style="list-style-type: none"> Không có dòng điện chảy vào bất kỳ mạch nào từ nguồn điện. Thường xuyên xảy ra sự cố vận hành 	Hỏng cách điện của máy biến áp	Nghi ngờ hư hỏng phần tử chỉnh lưu, vì vậy cần kiểm tra máy biến áp và các phần tử chỉnh lưu	Trong nhiều trường hợp, việc chỉ thay thế linh kiện hoặc sửa chữa cục bộ là không đủ, cần sửa chữa triệt để như thay thế tủ nguồn
<ul style="list-style-type: none"> Chỉ thị của thiết bị đo không hiển thị Giá trị đầu ra và giá trị chỉ thị từ các điện cực dao động mạnh 	<ul style="list-style-type: none"> Thiết bị đo bị trục trặc Lỗi dây dẫn trong mạch đầu ra 	Nghi ngờ hư hỏng điện cực đang được cấp điện, do đó thợ lặn cần kiểm tra điện cực và đo điện trở cách điện của dây dẫn	Thay thế các bộ phận như thiết bị đo và điện cực
Đèn báo vận hành có thể cháy, cầu chì có thể đứt	<ul style="list-style-type: none"> Bóng đèn hết hạn sử dụng Cầu chì bị đứt do quá dòng 	Nếu cầu chì liên tục bị đứt, cần đo điện trở cách điện của mạch	Thay thế các bộ phận như đèn và cầu chì

3.5.3 Chẩn đoán và sửa chữa hệ thống bảo vệ bằng lớp phủ (sơn/phủ bảo vệ)

Như đã nêu ở Chương 2 của sổ tay này, có nhiều loại phương pháp bảo vệ bằng lớp phủ. Trong số đó, các phương pháp được xem là có thể áp dụng tại Việt Nam được trình bày trong Bảng 3.5.3. Các phương pháp này bao gồm cả việc sơn/phủ bảo vệ cho cọc ống thép và cừ ván thép ngay sau khi được chế tạo tại nhà máy, cũng như việc sơn/phủ cho cọc ống thép và cừ ván thép sau khi đã được lắp đặt ngoài hiện trường. Đồng thời, nhiều loại vật liệu khác nhau cũng được sử dụng cho hệ lớp phủ.

Khi sửa chữa các lớp phủ đã bị suy giảm hoặc hư hỏng, cần xem xét cẩn trọng không chỉ phương pháp thi công lớp phủ và đặc tính của vật liệu sử dụng mà còn cả điều kiện thi công tại thời điểm sửa chữa.

Bảng 3.5.3 Các phương pháp sơn/phủ bảo vệ có thể áp dụng tại Việt Nam

Loại biện pháp bảo vệ chống ăn mòn		Loại phương pháp và tên gọi			
Phương pháp bảo vệ catot		Phương pháp anot điện hoá			
		Phương pháp dòng điện cưỡng bức			
Phương pháp sơn/phủ bảo vệ chống ăn mòn	Sơn/phủ tại nhà máy	Sơn phủ		Màng nhựa epoxy dày dùng cho môi trường biển	
		Lớp phủ hữu cơ	Lớp phủ chống ăn mòn nặng	Lớp phủ polyetylen	
				Lớp phủ đàn hồi polyurethane	
	Sơn/phủ tại hiện trường	Lớp phủ hữu cơ	Lớp phủ thi công dưới nước	Sơn phủ	
				Lớp phủ dạng bột trét (putty)	
				Lớp phủ dùng cho vùng ẩm ướt	
		Lớp phủ petrolatum		Lớp phủ bảo vệ bằng nhựa	
				Phủ bằng vật liệu bảo vệ kim loại chịu ăn mòn	
		Lớp phủ vô cơ	Lớp phủ vữa		Vỏ bảo vệ bằng nhựa
					Lớp phủ bảo vệ bằng kim loại chống ăn mòn
Lớp phủ bê tông cốt thép			Loại tháo ván khuôn		
		Loại ván khuôn lưu lại (không tháo)			

Khi sửa chữa hệ thống bảo vệ bằng lớp phủ, phương pháp sửa chữa cần được lựa chọn có xét đến các điều kiện như tình trạng suy giảm của khu vực phải sửa và khả năng tương thích khi sơn chồng (overcoating) lên lớp phủ hiện hữu. Bảng 3.5.4 trình bày các ví dụ cơ bản về biện pháp ứng phó tương ứng với từng mức độ suy giảm của lớp phủ bảo vệ.

Đối với sửa chữa cục bộ, thông thường sẽ sử dụng cùng loại phương pháp với hệ lớp phủ đang có. Tuy nhiên, tùy theo loại lớp phủ, tình trạng suy giảm, mức độ chuẩn bị bề mặt và điều kiện môi trường, có thể khó hoặc không phù hợp nếu tiếp tục dùng đúng vật liệu hay phương pháp như trước. Đặc biệt, với sơn phủ hoặc các lớp phủ hữu cơ, cần lựa chọn phương pháp sửa chữa sau khi cân nhắc kỹ các yếu tố như diện tích sửa chữa, tình trạng suy giảm, mức độ chuẩn bị bề mặt và tính tương thích khi sơn chồng.

Đối với sửa chữa tổng thể (thi công lại toàn bộ hệ lớp phủ bảo vệ), cần xác định phương pháp sửa chữa trên cơ sở xem xét các yếu tố như lịch sử khai thác, điều kiện hiện trường, độ bền của vật liệu phủ (tuổi thọ kỳ vọng) và tuổi thọ còn lại dự kiến của công trình.

Bảng 3.5.4 Ví dụ các biện pháp cơ bản ứng với từng mức độ suy giảm của lớp phủ bảo vệ ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Ví dụ về biện pháp ứng phó
a	Cần tiến hành sửa chữa tổng thể hệ lớp phủ bảo vệ.
b	Sửa chữa các khu vực bị suy giảm, đồng thời xem xét các biện pháp như rút ngắn thời gian giữa các kỳ kiểm tra và chẩn đoán định kỳ tiếp theo.
c	Chưa cần biện pháp sửa chữa đặc biệt, nhưng do quá trình suy giảm đã bắt đầu nên, tùy theo loại hệ lớp phủ bảo vệ, nên xem xét rút ngắn thời gian giữa các kỳ kiểm tra, chẩn đoán.
d	Tiếp tục thực hiện kiểm tra và chẩn đoán định kỳ như bình thường.

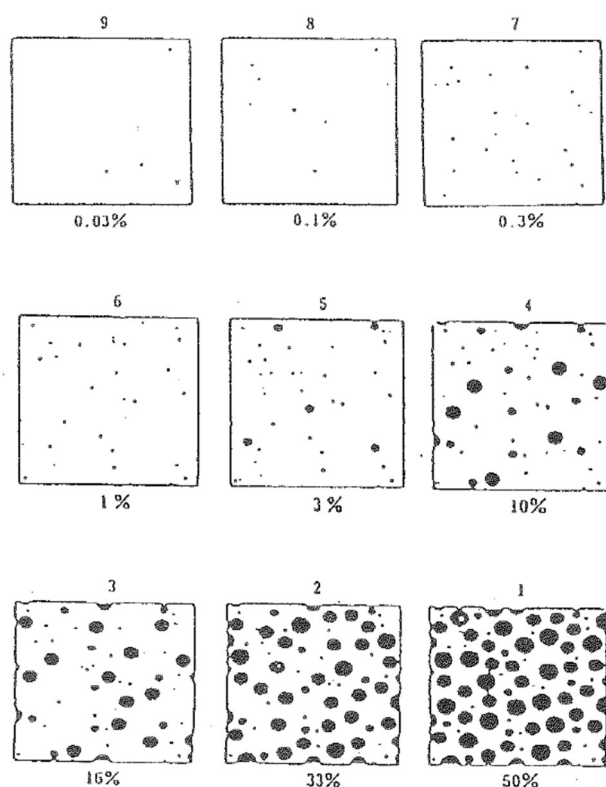
3.5.3.1 Phương pháp sơn phủ

Một ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của công tác sơn dựa trên kết quả kiểm tra được thể hiện trong Bảng 3.5.5; trong đó, các biện pháp ứng phó như sửa chữa phải được thực hiện phù hợp với mức độ suy giảm.

Bảng 3.5.5 – Ví dụ đánh giá mức độ suy giảm của công tác sơn ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Kết quả kiểm tra
a	<ul style="list-style-type: none"> Xuất hiện rỉ và phòng rộp trên diện rộng. Bong tróc, nứt màng sơn kèm theo rỉ xảy ra trên phạm vi rộng. Tỷ lệ diện tích bị rỉ từ 10% trở lên.
b	<ul style="list-style-type: none"> Hiện tượng rỉ và phòng rộp khá rõ rệt. Bong tróc kèm theo rỉ xảy ra trên một vùng tương đối lớn. Tỷ lệ diện tích bị rỉ từ 0,3% đến dưới 10%.
c	<ul style="list-style-type: none"> Rỉ và phòng rộp xuất hiện rải rác. Bong tróc, nứt màng sơn xuất hiện rải rác. Tỷ lệ diện tích bị rỉ từ 0,03% đến dưới 0,3%.
d	<ul style="list-style-type: none"> Hầu như không có thay đổi so với trạng thái ban đầu, điều kiện còn tốt. Tỷ lệ diện tích bị rỉ nhỏ hơn 0,03%.

Để đánh giá mức độ rỉ sét, phòng rộp, nứt và bong tróc, có thể sử dụng các phương pháp như chấm điểm dựa trên ảnh tiêu chuẩn (phân loại kích thước và mật độ xuất hiện thành nhiều cấp), hoặc định lượng bằng tỷ lệ phần trăm diện tích bị ảnh hưởng. Hình 3.5.4 trình bày các giá trị tham khảo về tỷ lệ diện tích khuyết tật theo ASTM D 610.



Hình 3.5.4 – Tỷ lệ diện tích rỉ theo ASTM D 610

Đối với sửa chữa cục bộ lớp phủ trong vùng khí quyển phía trên mặt biển, thông thường áp dụng các phương pháp sơn phủ. Trong các trường hợp này, nếu không có vấn đề về khả năng tương thích khi sơn chồng lên lớp sơn cũ, phạm vi sửa chữa có thể giới hạn ở việc loại bỏ phần sơn bị suy giảm hoặc hư hỏng, tiến hành chuẩn bị bề mặt thích hợp và thi công lại cùng loại sơn đã sử dụng cho lớp phủ hiện hữu.

Đối với sửa chữa cục bộ lớp phủ trong vùng sóng vỗ (splash zone), vùng triều và khu vực ngập nước, việc áp dụng các phương pháp sơn phủ thông thường thường khó khăn; do đó, thường sử dụng các phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước.

Trong trường hợp sửa chữa toàn diện (sơn lại hệ bảo vệ), cần xác định phương pháp sửa chữa trên cơ sở xem xét lịch sử làm việc, điều kiện hiện trường, độ bền của vật liệu phủ, tuổi thọ công trình và chi phí sửa chữa. Đối với sửa chữa toàn diện lớp phủ, áp dụng các phương pháp sơn phủ trong vùng khí quyển phía trên mặt biển, trong khi các phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước, lớp phủ petrolatum hoặc lớp phủ vữa được áp dụng cho vùng sóng vỗ, vùng triều và khu vực ngập nước. Các ví dụ về phân loại và phương pháp sửa chữa lớp phủ được nêu trong Bảng 3.5.6.

Bảng 3.5.6 Ví dụ phân loại và phương pháp sửa chữa lớp phủ ⁵⁾

Loại sửa chữa Vị trí	Sửa chữa cục bộ	Sửa chữa toàn diện
Vùng khí quyển biển	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp sơn phủ • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp sơn phủ • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước
Vùng sóng vỗ	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ vữa
Vùng triều		
Vùng ngập nước		

3.5.3.2 Lớp phủ hữu cơ

Một ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của hệ lớp phủ hữu cơ (lớp phủ bảo vệ nặng) dựa trên kết quả kiểm tra được trình bày trong Bảng 3.5.7; các biện pháp sửa chữa hoặc biện pháp ứng phó khác phải được thực hiện phù hợp với mức độ suy giảm.

Bảng 3.5.7 Ví dụ đánh giá mức độ suy giảm của lớp phủ hữu cơ (lớp phủ bảo vệ nặng) ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Kết quả kiểm tra
a	Tồn hại lớp phủ ở mức nghiêm trọng, thép nền đã bị ăn mòn.
b	Hư hỏng lớp phủ đã lan tới thép nền tại một số vị trí và quan sát thấy hiện tượng ăn mòn thép.
c	Xuất hiện nhiều vị trí hư hỏng lớp phủ nhưng chưa ăn sâu tới thép nền.
d	Tình trạng hầu như không thay đổi so với ban đầu và được xem là còn tốt.

Các ví dụ về phân loại và phương pháp sửa chữa cho lớp phủ polyethylene và lớp phủ urethane elastomer lần lượt được trình bày trong Bảng 3.5.8 và Bảng 3.5.9.

Đối với sửa chữa cục bộ trong vùng khí quyển phía trên mặt biển, với lớp phủ polyethylene thường sử dụng phương pháp dán đắp (stick method) và phương pháp vá (patch method), trong khi đối với lớp phủ urethane elastomer thường áp dụng sửa chữa bằng vật liệu sửa chữa polyurethane.

Cần lưu ý rằng khi sử dụng các phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước để sửa chữa lớp phủ polyethylene, khả năng bám dính giữa hai hệ phủ không cao; vì vậy cần áp dụng các biện pháp như tăng tần suất kiểm tra sau sửa chữa.

Bảng 3.5.8 Ví dụ phân loại và phương pháp sửa chữa lớp phủ bảo vệ nặng ⁵⁾ (lớp phủ polyethylene)

Loại sửa chữa Vị trí	Sửa chữa cục bộ	Sửa chữa toàn diện
Vùng khí quyển biển	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp dán đắp • Phương pháp vá • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước
Vùng sóng vỗ	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ petrolatum 	
Vùng triều	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	
Vùng ngập nước	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	

Bảng 3.5.9 Ví dụ phân loại và phương pháp sửa chữa lớp phủ bảo vệ nặng ⁵⁾ (lớp phủ urethane elastomer)

Loại sửa chữa Vị trí	Sửa chữa cục bộ	Sửa chữa toàn diện
Vùng khí quyển biển	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp sử dụng vật liệu polyurethane sửa chữa • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp sử dụng vật liệu polyurethane sửa chữa • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước
Vùng sóng vỗ	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ petrolatum 	
Vùng triều	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	
Vùng ngập nước	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước 	

Một ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của các phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước được trình bày trong Bảng 3.5.10; các biện pháp sửa chữa hoặc biện pháp ứng phó khác phải được thực hiện phù hợp với mức độ suy giảm.

Bảng 3.5.10 Ví dụ đánh giá mức độ suy giảm của phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Kết quả kiểm tra
a	Lớp phủ bị hư hỏng nghiêm trọng, thép nền đã bị ăn mòn.
b	Hư hỏng lớp phủ đã lan tới thép nền tại một số vị trí và có thể quan sát thấy hiện tượng ăn mòn thép.
c	Xuất hiện nhiều vị trí hư hỏng lớp phủ nhưng chưa ăn sâu tới thép nền.
d	Tình trạng hầu như không thay đổi so với ban đầu và được đánh giá là còn tốt.

Ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của các phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước được trình bày trong Bảng 3.5.11; các công tác sửa chữa hoặc biện pháp ứng phó khác phải được thực hiện phù hợp với mức độ suy giảm.

Bảng 3.5.11 Ví dụ về phương pháp sửa chữa đối với lớp phủ đóng rắn dưới nước ⁵⁾

Loại sửa chữa	Sửa chữa cục bộ	Sửa chữa toàn diện
Vị trí		
Vùng khí quyển biển	Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp lớp phủ đóng rắn dưới nước • Phương pháp lớp phủ petrolatum • Phương pháp lớp phủ vữa
Vùng sóng vỗ		
Vùng triều		
Vùng ngập nước		

3.5.3.3 Phương pháp lớp phủ petrolatum

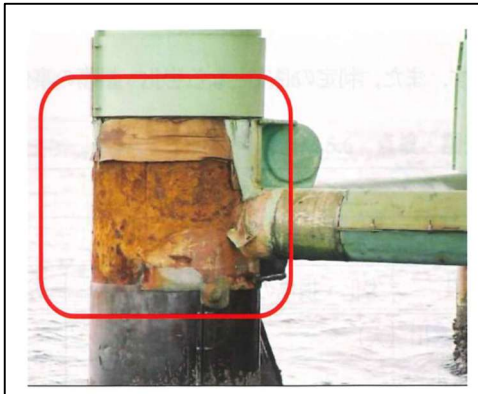
Một ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của phương pháp lớp phủ petrolatum dựa trên kết quả kiểm tra được trình bày trong Bảng 3.5.12; các công tác sửa chữa hoặc biện pháp ứng phó khác phải được thực hiện phù hợp với mức độ suy giảm.

Bảng 3.5.12 Ví dụ đánh giá mức độ suy giảm đối với phương pháp lớp phủ petrolatum ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Kết quả kiểm tra
a	• Do lớp vỏ bảo vệ bị bong tách nên vật liệu chống ăn mòn gốc petrolatum bị lộ ra hoặc đã bong mất, và quan sát thấy rỉ trên bề mặt thép
b	<ul style="list-style-type: none"> • Quan sát thấy vết nứt hoặc hư hỏng trên vỏ bảo vệ hoặc bản đệm. • Hiện tượng xô dịch, lệch vị trí của vỏ bảo vệ. • Ăn mòn, hư hỏng nghiêm trọng trên bu lông, đai ốc và các chi tiết tương tự. • Có vết nứt hoặc bong tách cục bộ tại vị trí bịt kín đầu, kèm theo vết ố rỉ
c	<ul style="list-style-type: none"> • Vỏ bảo vệ bị đổi màu hoặc xuất hiện hiện tượng phún hóa. • Có các vết nứt nhỏ hoặc bong tróc trên bề mặt vỏ bảo vệ. • Bu lông, đai ốc, đai quấn... bị lỏng. • Ăn mòn nhẹ trên bu lông, đai ốc và các chi tiết tương tự. • Bong tróc cục bộ tại vị trí bịt kín đầu.
d	• Tình trạng hầu như không thay đổi so với ban đầu và được đánh giá là còn tốt.

Với phương pháp lớp phủ petrolatum, về nguyên tắc, việc sửa chữa nên được thực hiện bằng chính phương pháp lớp phủ petrolatum. Lý do là vật liệu chống ăn mòn gốc petrolatum bám dính rất chắc lên bề mặt thép, khiến công tác chuẩn bị bề mặt trở nên phức tạp nếu áp dụng các phương pháp khác.

Trong phương pháp lớp phủ petrolatum, phương pháp lớp phủ vô cơ và các phương pháp tương tự, thường lắp đặt các vỏ bảo vệ để bảo vệ vật liệu lớp phủ. Các vỏ bảo vệ này lại dễ bị suy giảm và hư hỏng. Một ví dụ về sự suy giảm của vỏ bảo vệ được thể hiện trong Ảnh 3.5.1.



• Lớp vỏ bảo vệ bị bong tách do va chạm với các vật thể trôi dạt (mức độ suy giảm : a)



• Hư hỏng vỏ bảo vệ do va chạm với các vật thể trôi dạt (mức độ suy giảm : a)



• Vỏ bảo vệ bị xô dịch/lệch vị trí (mức độ suy giảm : b)



• Mất vỏ bảo vệ (mức độ suy giảm: b)

Ảnh 3.5.1 Ví dụ suy giảm và hư hỏng của vỏ bảo vệ trong phương pháp lớp phủ petrolatum

3.5.3.4 Lớp phủ vô cơ (lớp phủ vữa)

Ví dụ về đánh giá mức độ suy giảm của lớp phủ vữa được trình bày trong Bảng 3.5.13. Mức độ suy giảm được xác định dựa trên kết quả kiểm tra, khảo sát lớp phủ vữa và công tác sửa chữa được thực hiện tương ứng với mức độ suy giảm đó.

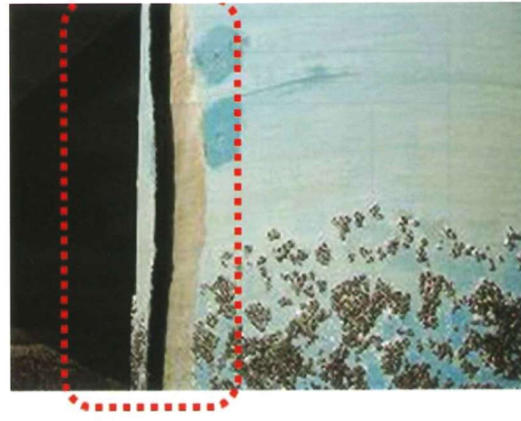
Bảng 3.5.13 Ví dụ đánh giá mức độ suy giảm của lớp phủ vữa ⁵⁾

Mức độ suy giảm	Kết quả kiểm tra
a	<ul style="list-style-type: none"> • Lớp vỏ bảo vệ bị bong tách trên phạm vi rộng • trên bề mặt lớp vữa xuất hiện vết ó rì

	<ul style="list-style-type: none"> • lớp vữa bị bong tróc và bề mặt thép đã hình thành rỉ • sau khi tháo bỏ vật liệu che phủ và lớp vữa, quan sát thấy giảm chiều dày thép
b	<ul style="list-style-type: none"> • Có vết nứt trên vỏ bảo vệ và vật liệu lấp đặt, đồng thời bong tách cục bộ vỏ bảo vệ • xuất hiện một số vết ố rỉ nhẹ nhưng chưa có hiện tượng chảy rỉ rõ • sau khi tháo bỏ vật liệu che phủ, nhiều vết nứt và ố rỉ trong lớp vữa
c	<ul style="list-style-type: none"> • Vỏ bảo vệ bị đổi màu, xuất hiện hiện tượng phún hóa • có các vết nứt trên bề mặt nhưng diện tích nứt nhỏ hơn 1% tổng diện tích • các chi tiết cố định như bu lông, đai ốc, đai quấn... có hiện tượng bị lỏng
d	<ul style="list-style-type: none"> • Tình trạng hầu như không thay đổi so với ban đầu và được đánh giá là còn tốt.



• Hư hỏng vỏ bảo vệ
(mức độ suy giảm: a)



• Nứt và bong tróc vỏ bảo vệ
(mức độ suy giảm: a)



• Hư hỏng vỏ bảo vệ và bong tróc lớp vữa
(mức độ suy giảm: a)



• Hư hỏng vỏ bảo vệ và bong tróc lớp vữa
(mức độ suy giảm: a)

Ảnh 3.5.2 Ví dụ về sự suy giảm và hư hỏng của các lớp vỏ bảo vệ trong phương pháp phủ vữa

Các ví dụ về sự suy giảm và hư hỏng của lớp vỏ bảo vệ trong phương pháp phủ vữa được thể hiện trong Ảnh 3.5.2.

Sự suy giảm của lớp phủ vữa nói chung tiến triển qua một số giai đoạn: trường hợp chỉ vật liệu che phủ bị suy giảm; trường hợp không chỉ vật liệu che phủ mà cả lớp vữa cũng bị suy giảm; và trường hợp ăn mòn các cấu kiện thép đã tiến triển do lớp vữa mất chức năng bảo vệ chống ăn mòn. Trong các kết cấu có phủ vữa được xây dựng trong quá khứ, người ta cho rằng sự suy giảm của lớp vữa đôi khi đã dẫn đến ăn mòn các vật liệu thép.

Ở mức độ suy giảm c, khi chỉ vật liệu che phủ bị suy giảm và giả định rằng suy giảm chưa lan tới lớp vữa, thì không cần thiết phải sửa chữa đặc biệt. Tuy nhiên, nếu thời điểm xuất hiện suy giảm sớm hơn dự kiến, có thể cần phải điều chỉnh sớm hơn thời điểm thực hiện các lần kiểm tra, chẩn đoán định kỳ tiếp theo. Mặc dù vậy, trong các trường hợp sử dụng ống Hume (ống bê tông cốt thép) làm vật liệu che phủ, hoặc có bố trí cốt thép phòng ngừa bên trong lớp phủ vữa, thì nên xem xét thực hiện sửa chữa từ góc độ bảo trì phòng ngừa.

Ở các mức độ suy giảm a và b, phương pháp sửa chữa khác nhau đáng kể tùy theo kết quả điều tra chi tiết. Nếu điều tra chi tiết xác định rằng mức độ suy giảm của lớp vữa là nhỏ, thì chỉ cần sửa chữa vật liệu che phủ là đủ. Tuy nhiên, nếu xác nhận có suy giảm của lớp vữa, biện pháp đối sách sẽ thay đổi tùy theo tuổi thọ còn lại và phạm vi suy giảm.

[Sửa chữa cục bộ: khi tuổi thọ còn lại ngắn hoặc phạm vi suy giảm hạn chế]

Trong vùng khí quyển, phần lớp vữa bị suy giảm được loại bỏ, bề mặt thép được làm sạch, sau đó tiến hành phục hồi tiết diện bằng vữa không co ngót hoặc các vật liệu tương tự, rồi lấp lại lớp vật liệu vỏ bảo vệ bề mặt. Nếu vật liệu vỏ bảo vệ là sản phẩm bê tông đúc sẵn như ống Hume, thì việc phục hồi tiết diện được thực hiện bao gồm cả vật liệu che phủ.

[Sửa chữa toàn bộ: khi tuổi thọ còn lại dài hoặc phạm vi suy giảm rộng]

Nếu ngay cả khi đã sửa chữa cục bộ lớp vữa bị suy giảm như trên mà vẫn không thể kỳ vọng đảm bảo được khả năng bảo vệ chống ăn mòn lâu dài, thì toàn bộ lớp phủ vữa sẽ được bóc bỏ và áp dụng một lớp bảo vệ phủ mới. Trong trường hợp này, tuy có thể bóc bỏ lớp phủ vữa hiện có và gia cố lại bằng phủ vữa, nhưng cũng nên xem xét áp dụng các phương pháp bảo vệ phủ khác, chẳng hạn như phương pháp phủ đóng rắn dưới nước hoặc phương pháp phủ petrolatum, có tính đến khả năng thi công và các yếu tố liên quan khác.

Đối với lớp phủ vữa nằm dưới mực nước trung bình (M.S.L.), nếu vữa bám dính chặt vào bề mặt thép thì có thể coi như ăn mòn thép hầu như chưa tiến triển. Nguyên nhân là do lớp vữa ngăn cản sự chuyển động của nước biển trên bề mặt, từ đó kìm hãm nguồn cung cấp oxy cần thiết cho quá trình ăn mòn, làm tốc độ ăn mòn của thép giảm mạnh. Do đó, khi xác nhận có suy giảm nhẹ ở lớp phủ vữa dưới M.S.L., có thể xem xét các biện pháp sửa chữa nhằm đảm bảo độ bền, chẳng hạn như lấp đặt vật liệu che phủ để ngăn chuyển động của nước biển tại khu vực đó.

Các ví dụ về phân loại sửa chữa và phương pháp sửa chữa cục bộ, sửa chữa toàn bộ cho lớp phủ vữa được trình bày trong Bảng 3.5.14.

Bảng 3.5.14 Các ví dụ về phương pháp sửa chữa lớp phủ vữa⁵⁾

Loại sửa chữa	Sửa chữa cục bộ	Sửa chữa toàn diện
Vị trí		
Vùng khí quyển biển	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp phủ vữa (Tháo lớp vỏ bảo vệ, sửa chữa phần vữa bị suy giảm/hư hỏng, sau đó lấp lại lớp vỏ bảo vệ đã tháo.) • Phương pháp phủ đóng rắn dưới nước (Sửa chữa cục bộ các phần vỏ bảo vệ bị suy giảm/hư hỏng.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Phương pháp phủ vữa (Bao gồm cả phần vỏ bảo vệ.) • Phương pháp phủ đóng rắn dưới nước • Phương pháp phủ petrolatum (Sau khi bóc bỏ lớp phủ vữa đã bị suy giảm/hư hỏng.)
Vùng sóng vỗ		
Vùng triều		
Vùng ngập nước		

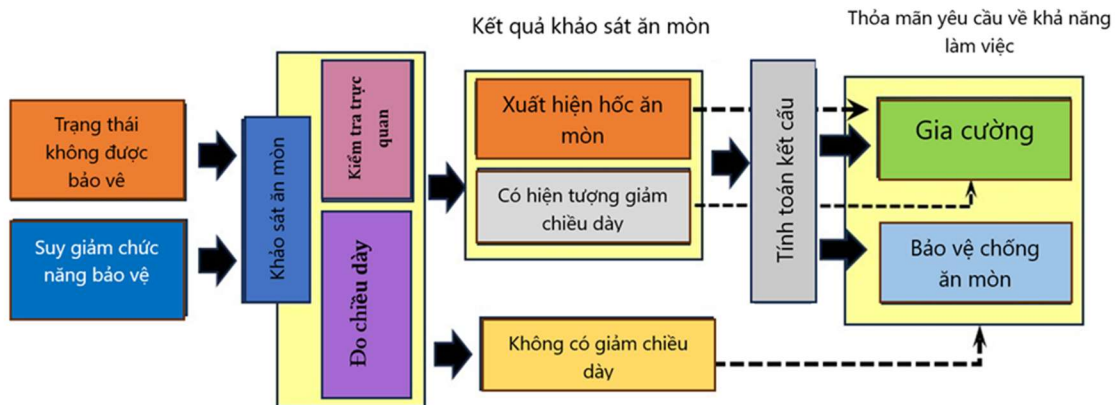
3.5.4 Sửa chữa các cấu kiện thép bị ăn mòn

Trong trường hợp thép không được áp dụng bất kỳ lớp phủ bảo vệ hay biện pháp chống ăn mòn nào (trạng thái không bảo vệ), ăn mòn cục bộ dạng rỗ (pitting) có xu hướng xảy ra tại vùng triều, như minh họa ở Ảnh 3.5.6. Hiện tượng ăn mòn dạng rỗ này khi gây tổn thất tiết diện hoặc làm giảm chiều dày bản thép sẽ khiến kết cấu không còn duy trì được khả năng chịu lực ban đầu. Do đó, tùy theo tầm quan trọng của công trình, tuổi thọ còn lại và tình trạng khai thác sử dụng, thường tiến hành gia cố để nâng cao khả năng chịu lực của kết cấu thép.



Ảnh 3.5.6 Ăn mòn rỗ do ăn mòn cục bộ trong kết cấu thép không được bảo vệ ⁵⁾

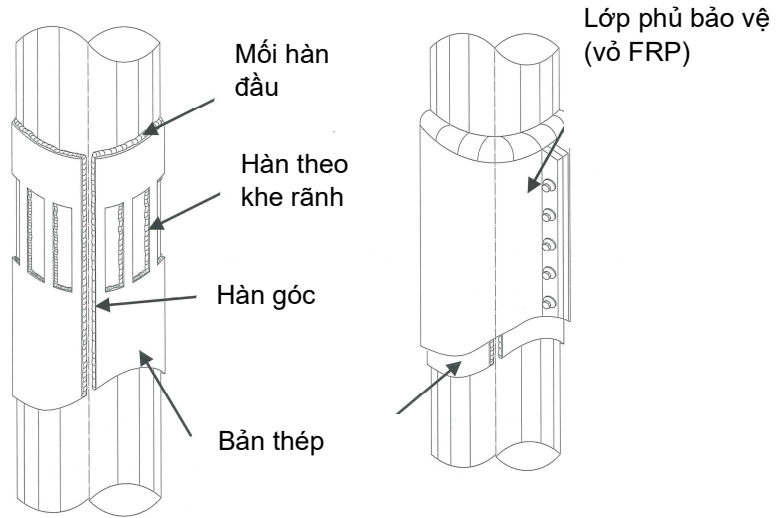
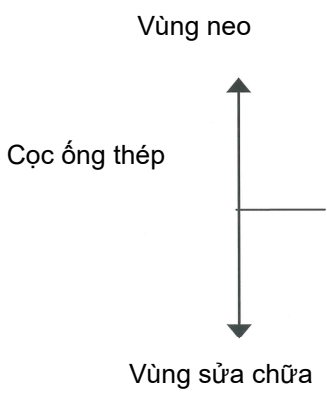
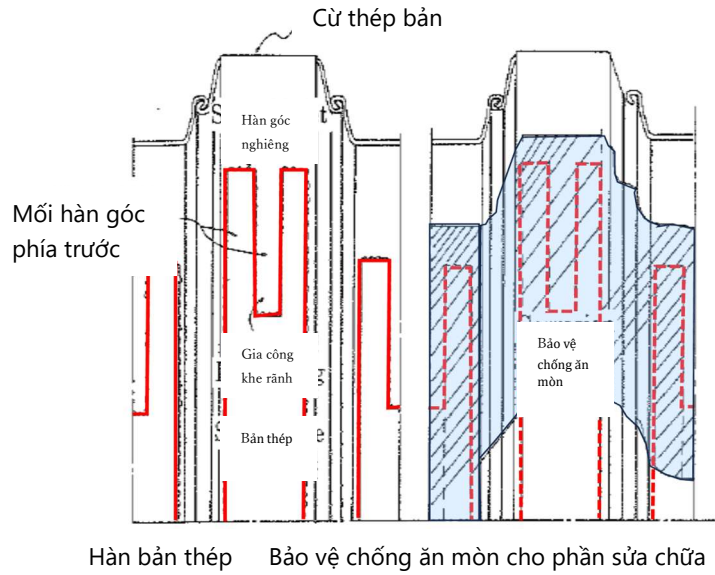
Để xác định mức độ phục hồi khả năng chịu lực (mức độ sửa chữa/gia cố), cần tiến hành khảo sát ăn mòn (ví dụ như đo chiều dày bản thép bằng phương pháp siêu âm) nhằm đánh giá mức độ giảm chiều dày, sau đó quyết định biện pháp sửa chữa/gia cố dựa trên kết quả tính toán kết cấu. Quy trình các biện pháp sửa chữa và gia cố đối với kết cấu thép không được bảo vệ được thể hiện trong Hình 3.5.5.



Hình 3.5.5 Quy trình các biện pháp sửa chữa và gia cố đối với kết cấu thép không được bảo vệ

Khi xuất hiện lỗ thủng trên cừ thép bản (steel sheet piles) hoặc cọc ống thép (steel pipe piles), khả năng chịu lực của kết cấu bị suy giảm, dẫn đến giảm mức độ an toàn. Trong trường hợp này, một biện pháp sửa chữa/gia cố điển hình là bịt kín phần bị thủng và lắp bản thép gia cố tại vùng bị mất tiết diện nhằm khôi phục khả năng chịu lực ban đầu. Các ví dụ về sửa chữa và gia cố đối với cừ thép bản và cọc ống thép được minh họa trong Hình 3.5.6.

【Cọc ván thép】

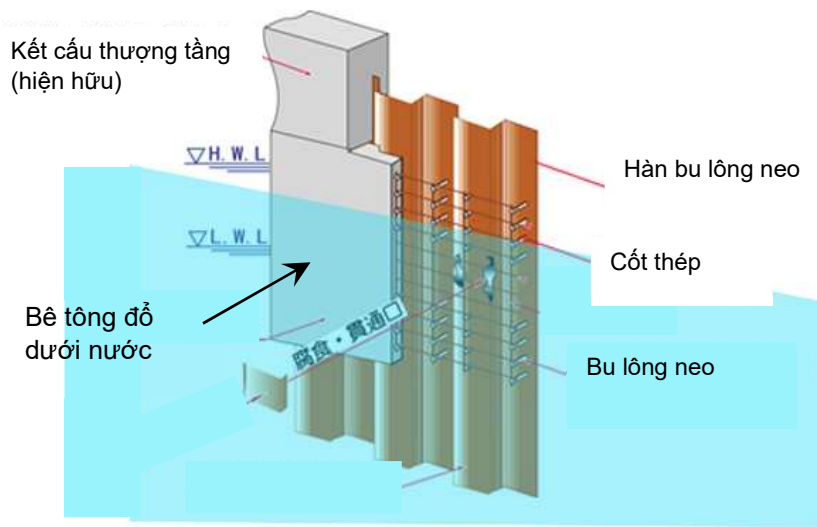


Hình 3.5.6 Ví dụ về phương pháp sửa chữa và gia cường cừ thép bản và cọc ống thép bằng bản thép

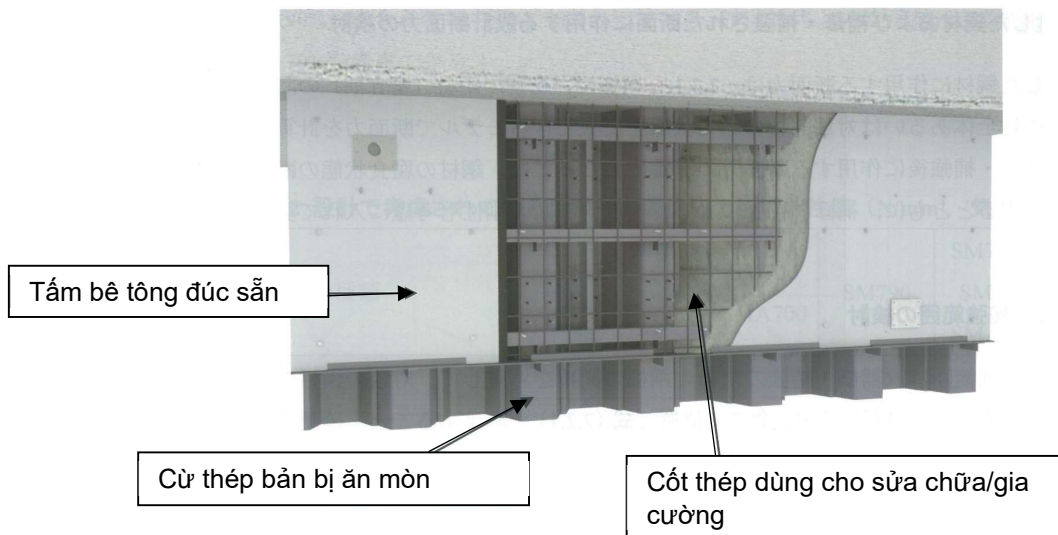
Đối với các kết cấu cừ thép bản trong điều kiện không được bảo vệ, khi đã bị giảm khả năng chịu lực do ăn mòn cục bộ và các dạng hư hỏng khác, đôi khi không chỉ cần khôi phục khả năng chịu lực mà còn phải đảm bảo độ bền lâu dài. Vì mục đích đó, Hình 3.5.7 minh họa một trường hợp sửa chữa và gia cố bằng cách tăng bề dày bằng bê tông cốt thép, đồng thời đóng vai trò lớp bảo vệ chống ăn mòn. Trong trường hợp này, cốt thép và ván khuôn được lắp đặt phía trước tường cừ thép, sau đó bê tông dưới nước (chống rửa trôi) được đổ tại chỗ trong phạm vi ván khuôn; sau khi bê tông đông cứng, ván khuôn được tháo dỡ.

Ngược lại, trong ví dụ ở Hình 3.5.8, các tấm bê tông đúc sẵn (PCa) có độ bền cao được sử dụng như ván khuôn vĩnh cửu, qua đó đơn giản hóa quy trình lắp dựng và tháo dỡ ván khuôn theo phương pháp

truyền thống.

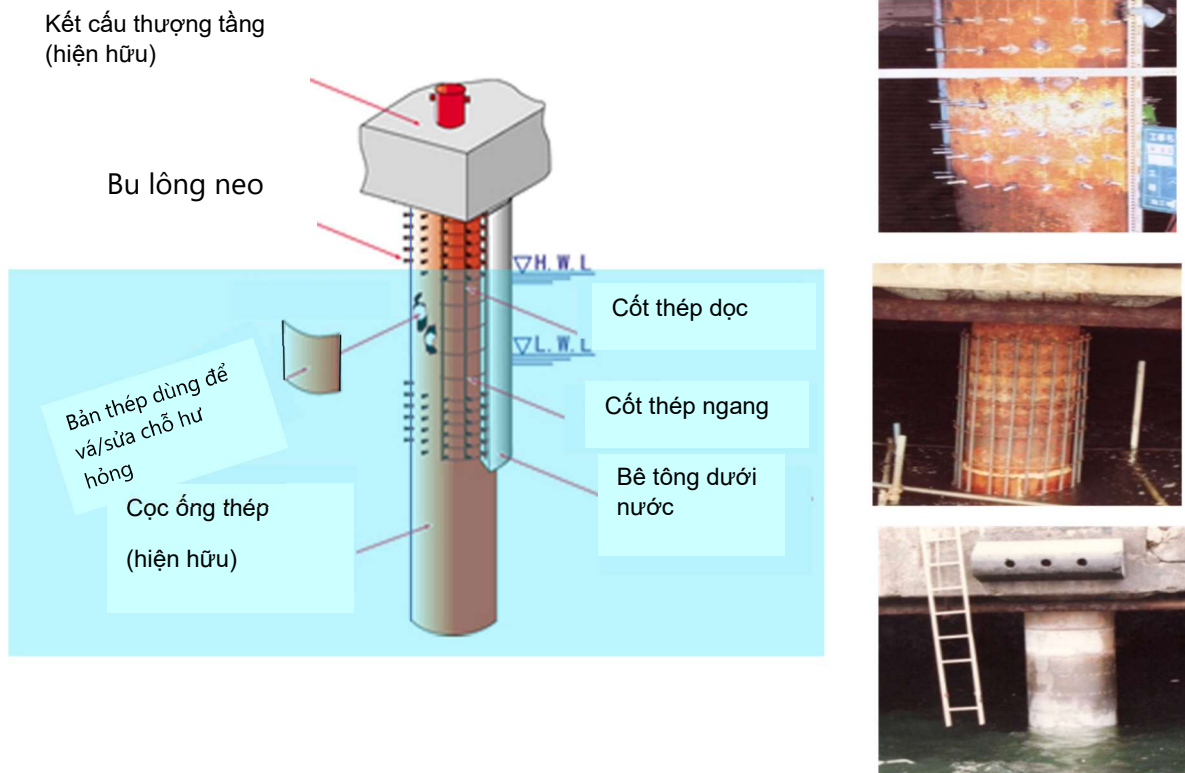


Hình 3.5.7 Ví dụ về sửa chữa và gia cố cừ thép bản bằng cách tăng bề dày bằng bê tông cốt thép



Hình 3.5.8 Ví dụ về sửa chữa và gia cố cừ thép bản bằng tấm bê tông đúc sẵn (PCa) sử dụng như ván khuôn vĩnh cửu

Một ví dụ gia cố cọc ống thép bị ăn mòn bằng áo bê tông cốt thép được minh họa trong Hình 3.4.10. Trong trường hợp này, các đinh neo (stud dowel) được lắp đặt vào cọc ống thép hiện hữu để đảm bảo sự làm việc đồng thời giữa lớp bê tông áo gia cố và cọc ống thép hiện có, sử dụng phương pháp cho phép thi công lắp đặt đinh neo trong điều kiện dưới nước.



Hình 3.5.9 Ví dụ sửa chữa và gia cường cọc ống thép bằng áo bê tông cốt thép

3.6 Sửa chữa các hốc rỗng dưới mặt bến (apron) do ăn mòn cừ thép bản

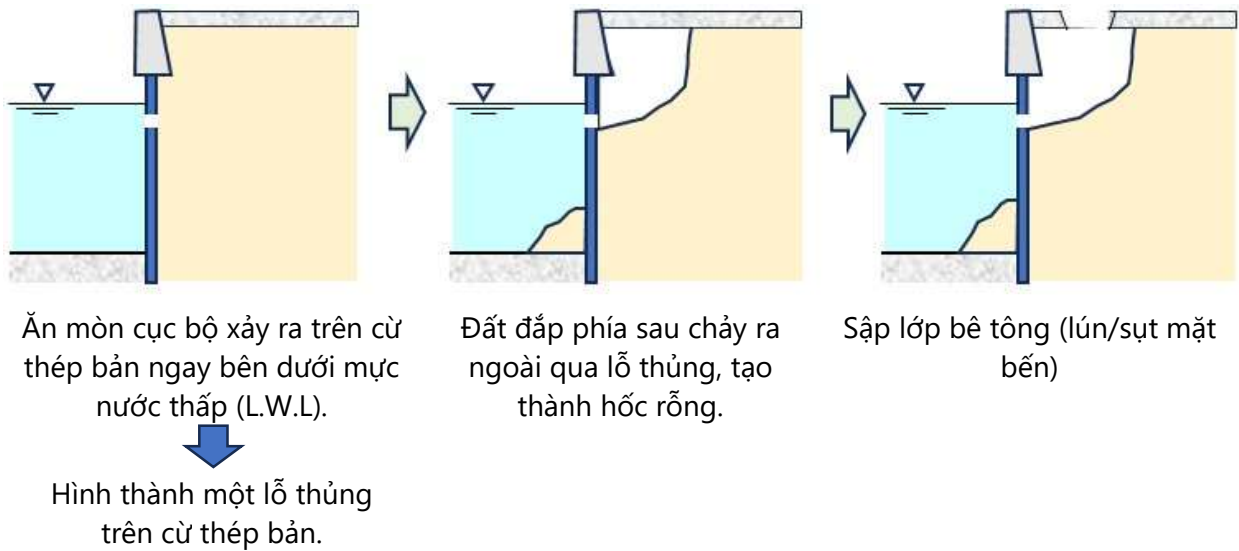
3.6.1 Tổng quan

Trong các tường bến sử dụng cừ thép bản, khi do ăn mòn mà trên bản cừ xuất hiện các lỗ thủng, đất đắp phía sau tường sẽ bị chảy trôi qua các lỗ này ra vùng nước biển phía trước. Kết quả là hình thành các hốc rỗng bên dưới mặt bến, và điều này rất dễ dẫn đến sự cố như sụp lún, sập mặt bến, như minh họa ở Ảnh 3.6.1.

Cơ chế sụp lún mặt bến được mô tả trong Hình 3.6.1. Nguyên nhân nằm ở chỗ xuất hiện các lỗ thủng trên cừ thép bản do ăn mòn, qua đó đất đắp bị rửa trôi. Để ngăn chặn hiện tượng này, cần bảo vệ cừ thép bản chống ăn mòn, từ đó ngăn ngừa sự hình thành các lỗ thủng.



Ảnh 3.6.1 Ví dụ về hiện tượng sập mặt bến



Hình 3.6.1 Cơ chế sập mặt bến do ăn mòn cừ thép bản

3.6.2 Sửa chữa các hốc rỗng

Các phương pháp khảo sát hốc rỗng hình thành bên dưới mặt bến (apron) được trình bày trong Chương 2. Khi trong quá trình kiểm tra phát hiện có hốc rỗng dưới mặt bến, cần áp dụng ngay các biện pháp đảm bảo an toàn, chẳng hạn như hạn chế sử dụng cục bộ hoặc trên diện rộng, hoặc nhanh chóng tiến hành sửa chữa (bơm lấp đầy các hốc rỗng).

Đã đề xuất một số phương pháp khác nhau để bơm lấp hốc rỗng bằng vật liệu chèn lấp. Vật liệu chèn có thể là bê tông, vữa hoặc đất hóa lỏng. Ảnh 3.6.2 minh họa hiện trường bơm lấp các hốc rỗng.



(a) Bơm lấp (hốc rỗng) bằng xe bơm bê tông

(b) Đổ/bơm lấp trực tiếp từ xe trộn bê tông

Ảnh 3.6.2. Tình trạng bơm lấp hốc rỗng bằng đất hóa lỏng (Nguồn: <https://www.tokura.co.jp/>)