Chương 3
ĂN MÒN VÀ CHỐNG ĂN MÒN BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN

3.1. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG BIỂN VIỆT NAM

Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, với đặc tính cơ bản là nóng ẩm và phân bố theo mùa. Vùng biển Việt Nam nằm trải dài trên 3200km, từ 8° - 24° Vĩ Bắc. Dựa theo tính chất xâm thực của môi trường biển, vị trí làm việc của kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), có thể phân chia ảnh hưởng của môi trường biển Việt Nam thành các vùng nhỏ có ranh giới khá rõ sau đây.

- Vùng ngập nước biển: Bao gồm các bộ phận kết cấu ngập hoàn toàn trong nước biển.
- Vùng nước lên xuống (bao gồm cả phần sóng táp): Bao gồm các bộ phận kết cấu làm việc ở vị trí giữa mực nước thuỷ triều lên xuống thấp nhất và cao nhất, tính cả phần bị sóng đánh vào.

Hình 3.1: Phân vùng môi trường biển Việt Nam

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

• Vùng khí quyển trên biển và ven biển: Bao gồm các bộ phận kết cấu làm việc trong vùng không khí trên biển và ven biển vào sâu trong đất liền tới 20km.

Sau đây là một số đặc điểm của từng vùng

3.1.1. Vùng ngập nước biển

Nước biển của các đại dương trên thế giới chứa khoảng 3,5% tổng các lượng muối hoà tan: cụ thể là 2,73% NaCl; 0,32% $MgCl_2$; 0,22% $MgSO_4$; 0,13% $CaSO_4$; 0,02% $KHCO_3$ và một lượng nhỏ CO_2 và O_2 hoà tan. Độ pH của nước biển đạt 8,0. Do vậy, nước biển của các đại dương mang tính xâm thực mạnh đối với kết cấu bê và bê tông cốt thép.

Nước biển Việt Nam có thành phần hoá học, độ mặn và tính xâm thực tương đương nước biển của nơi khác trên thế giới. Riêng vùng gần bờ độ mặn có suy giảm ít nhiều do ảnh hưởng của các con sông chảy ra biển. Thành phần hoá và độ mặn của nước biển Việt Nam được thể hiện ở bảng 3.1 và bảng 3.2.

Bảng 3.1. Thành phần hoá nước biển Việt Nam và trên thế giới

Chỉ tiêu	Đơn vị	Vùng biển Hòn Gai	Vùng biển Hải Phòng	Biển Bắc Mỹ	Biển Ban Tích
pH	-	7,8 - 8,4	7,5 - 8,3	7,5	8,0
Cl^-	G/l	6,5 - 18,0	9,0 - 18,0	18,0	19,0
Na^+	G/l	-	-	12,0	10,5
SO_4^{2-}	G/l	1,4 - 2,5	0,002-2,2	2,6	2,6
Mg^{2+}	G/l	0,2 - 1,2	0,002-1,1	1,4	1,3

Bảng 3.2. Độ mặn nước biển tầng mặt trong vùng biển Việt Nam

Trạm	Tháng						Trung bình năm
	Mùa đông			Mùa hè			
	12	1	2	6	7	8	
Cửa Ông	29,2	30,0	30,4	25,3	23,4	21,3	26,6
Hòn Gai	30,8	31,5	31,6	32,2	30,8	29,3	30,9
Hòn Dấu	26,3	28,1	28,1	17,1	11,9	10,9	21,2
Vân Lý	25,9	18,3	29,5	25,4	20,1	19,0	24,4
Cửa Tùng	22,8	27,2	29,3	31,8	31,3	31,7	17,4
Sơn Trà	8,7	17,6	22,8	-	21,2	26,9	-
Vũng Tàu	30,4	33,1	34,7	29,8	29,8	27,6	30,1

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

3.1.2. Vùng khí quyển trên biển và ven biển

Khí quyển trên biển và ven biển Việt Nam có một số các đặc trưng sau đây:

• Nhiệt độ không khí.

Vùng biển Việt Nam có nhiệt độ không khí tương đối cao, trung bình từ 22,5 đến 22,7°C, tăng dần từ Bắc vào Nam. Miền Bắc có 2 đến 3 tháng mùa đông, nhiệt độ dưới 20°C. Miền Nam nhiệt độ cao đều quanh năm, biên độ dao động 3 đến 7°C.

• Bức xạ mặt trời

Việt Nam là nước nằm trong vành đai nội chí tuyến nên bức xạ mặt trời nhận được trên vùng ven biển là khá lớn từ 100 đến 150 kcal/cm^2. Lượng nhiệt bức xạ tăng dần từ Bắc vào Nam và đạt cao nhất tại cực Nam Trung Bộ. Với lượng bức xạ cao như vậy đã thúc đẩy quá trình bốc hơi nước biển mang theo ion Cl^- vào khí quyển.

• Độ ẩm không khí

Độ ẩm tương đối của không khí ở mức cao so với các vùng biển khác trên thế giới, dao động trung bình từ 75 đến 80%. Cụ thể là:

- Vùng ven biển Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ: 83 ÷ 86%.
- Vùng ven biển Trung và Nam Trung bộ: 75 ÷ 82%.
- Vùng ven biển Nam bộ: 80 ÷ 84%.

• Thời gian ẩm ướt bề mặt

Tổng thời gian ẩm ướt bề mặt kết cấu trung bình trong năm ở vùng ven biển các tỉnh phía Bắc dao động từ 1300 đến 1850 giờ/năm tập trung chủ yếu vào mùa xuân, còn các tỉnh miền Nam từ 450 đến 950 giờ/năm, tập trung vào các tháng mưa mùa hạ. Đây là đặc điểm mang tính đặc thù của khí hậu Việt Nam, có ảnh hưởng lớn đến ăn mòn khí quyển biển.

• Hàm lượng ion Cl^- trong không khí

Khí quyển trên biển và ven biển có chứa hàm lượng ion Cl^- phân tán cao, tại trạm đo sát mép nước ở các tỉnh miền Bắc dao động từ 0,4 đến 1,3 mgCl^-/m^2, ở các tỉnh miền Nam khoảng từ 1,3 đến 2,0 mg Cl^-/m^3. Nồng độ ion Cl^- giảm mạnh ở cự li 200 đến 250m tính từ sát mép nước, sau đó tiếp tục giảm dần khi đi sâu vào trong đất liền. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của nhiều đợt gió mùa thổi từ biển vào lục địa nồng độ ion Cl^- có thể cao hơn.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

3.1.3. Vùng nước lên xuống và sóng đánh

Đây là vùng giao thoa giữa vùng ngập nước và vùng khí quyển trên biển. Do nước biển lên xuống thường xuyên dẫn tới quá trình khô ướt xẩy ra liên tục theo thời gian, tác động từ ngày này qua ngày khác lên trên bề mặt kết cấu cùng với nhiệt độ môi trường cao làm tăng khả năng tích tụ ion Cl^-, H_2O và O_2 từ nước biển và không khí vào trong bê tông thông qua quá trình khuếch tán nồng độ và lực hút mao dẫn.

Ngoài ra vùng này còn chịu ảnh hưởng xâm thực của hà, sò biển, tác động cơ học của sóng biển. Vì vậy, vùng này được xem là có tính chất và mức độ xâm thực mạnh nhất.

3.2. ĂN MÒN VÀ PHÁ HUỶ CÁC CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP XÂY DỰNG TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN VIỆT NAM

Theo tài liệu khảo sát các công trình do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng và các cơ quan khác thực hiện tại hàng trăm công trình bê tông cốt thép đã xây dựng từ đầu thế kỉ XX đến nay, ở các vùng biển Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình, Vinh, Đà Nẵng, Nha Trang, Vũng Tàu v. v... có thể cho ta thấy hiện tượng ăn mòn và phá huỷ các công trình bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam là rất phổ biến và đã ở mức báo động. Thiệt hại do ăn mòn gây ra là nghiêm trọng. Tốc độ ăn mòn làm hư hỏng công trình diễn ra khá nhanh, chi phí cho vấn đề sửa chữa ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép có thể chiếm tới 30 đến 70% giá thành xây mới công trình.

Sau đây là những hình ảnh khái quát về ăn mòn, phá hỏng kết cấu bê tông cốt thép tại các vùng trong môi trường biển:

3.2.1. Vùng ngập nước biển

Cho nến nay nước ta chỉ có một số công trình như cầu cảng, kè chắn sóng được xây dựng ở vùng ngập nước ven bờ. Phân tích kết quả điều tra, khảo sát cho thấy. Dạng phá huỷ chính của kết cấu BTCT là ăn mòn sunfat bê tông gây ra bởi ion SO_4^{2-} có trong nước biển, tạo ra khoáng ettringit trương nở thể tích làm nứt vỡ bê tông. Ngoài ra còn xảy ra ăn mòn rửa trôi, ăn mòn do vi sinh vật bám vào bề mặt công trình. Tuy vậy, các khảo sát gần đây nhất cho thấy, sự ăn mòn sunfat trong nước biển diễn ra rất chậm và không ảnh hưởng nhiều tới độ bền của kết cấu bê tông cốt thép ngập hẳn trong nước biển.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

3.2.2. Vùng nước thuỷ triều lên xuống và sóng đánh

Nhìn chung, các kết cấu BTCT đã xây dựng và có niên hạn làm việc khoảng 10 đến 15 năm trong môi trường này có thể phát hiện các vết nứt với kích thước khác nhau phát triển dọc theo các thanh cốt thép chịu lực, nhiều vị trí đã bong tách hẳn lớp bê tông bảo vệ do lớp gỉ cốt thép quá dầy gây trương nở thể tích, tiết diện cốt thép có thể bị giảm tới 40 đến 60%, cốt đai nằm ở phía ngoài thường bị gỉ nặng và đứt nhiều.

Các kết quả kiểm tra ăn mòn điện hoá và hoá học cho thấy, với các kết cấu có niên hạn sử dụng như trên, điện thế cốt thép thường nằm trong khoảng -300 đến - 900mV. Miền bê tông sát cốt thép có độ pH ≤ 11,5. Hàm lượng ion Cl^- tích tụ từ môi trường bên ngoài vào khá cao, dao động trong khoảng 1,5 đến 13,5 kg/m^3 bê tông.

Tại vùng này, quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông gây ra bởi ion Cl^-, H_2O, O_2 và CO_2 có trong nước biển và khí quyển biển. Ngoài ra, công trình còn bị ăn mòn và phá huỷ do vi sinh vật.

Tổng hợp và phân tích các kết quả khảo sát cho thấy: Dạng kết cấu bị hư hỏng và phá huỷ chủ yếu là do cốt thép bị ăn mòn, tạo lớp gỉ sắt kèm theo sự trương nở thể tích làm nứt vỡ bê tông và làm suy giảm dần khả năng chịu lực của kết cấu.

3.2.3. Vùng khí quyển trên biển và vùng ven biển

Phần kết cấu bê tông cốt thép nằm ở vùng này chiếm khoảng 70% khối lượng công trình bê tông cốt thép trong vùng biển đã xây dựng ở nước ta.

Ở vùng này hiện tượng ăn mòn và phá huỷ kết cấu thường xảy ra mạnh đối với kết cấu nằm ở vị trí trực diện với gió biển hoặc thường xuyên hứng chịu mưa gió và khô ẩm như các kết cấu của khu phụ, ban công, cầu thang, dầm, cột v.v.. phía mặt ngoài công trình. Còn các kết cấu nằm ở vị trí khác, khô ráo và không bị ẩm ướt thường ít bị hư hỏng do ăn mòn hơn.

Hiện tượng ăn mòn gây phá huỷ kết cấu phổ biến là: Đối với kết cấu do sử dụng cát hoặc nước biển bị nhiễm mặn để chế tạo bê tông thì sau khoảng 5 đến 7 năm, còn các kết cấu khác thì sau khoảng 15 đến 20 năm sử dụng trên bề mặt lớp bê tông bảo vệ thường xuất hiện các vết nứt bề rộng 5 đến 25mm chạy dọc theo thanh cốt thép chịu lực, nhiều chỗ lớp bê tông bảo vệ bong tách hẳn do lớp gỉ thép quá dầy, tiết diện cốt thép có thể bị giảm tới 20

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

đến 60%, cốt đai nằm ở phía ngoài thường bị gỉ nặng hơn và đứt nhiều, các kết cấu dạng bản, sàn thường bị bong tách từng mảng lớn bê tông bảo vệ, cốt thép lộ ra ngoài và bị gỉ rất nặng.

Các kết quả kiểm tra khả năng chịu tải theo các yêu cầu của TCVN hiện hành, có tính đến mức độ suy giảm tiết diện bê tông và cốt thép do ăn mòn thì ở nhiều kết cấu không còn đảm bảo khả năng chịu lực.

Căn cứ vào các số liệu đã thu được từ thực tế có thể đưa ra nhận xét về hiện trạng hư hỏng các công trình bê tông cốt thép thường gặp trong môi trường biển Việt Nam như sau (xem bảng 3.3).

Bảng 3.3. Niên hạn hư hỏng các kết cấu bê tông cốt thép thường gặp trong môi trường biển Việt Nam

STT	Điều kiện môi trường	Tuổi thọ kết cấu (năm)		
		Thiết kế (trung hạn)	Thực tế	% so với thiết kế
1	Kết cấu bị nhiễm mặn do sử dụng cát biển hoặc nước biển	50	5 - 10	10 - 20
2	Vùng thủy triều lên xuống và sóng đánh	50	10 - 15	20 - 30
3	Vùng trên biển và mép nước (< 0,25km)	50	15 - 20	30 - 40
4	Vùng ven biển (0,25 ÷ 20km)	50	15 - 20	40 - 50

Ghi chú: *Niên hạn hư hỏng trung bình thường gặp của kết cấu bê tông cốt thép trong môi trường biển Việt Nam trình bày ở bảng 3.3 được tính đối với các kết cấu đã xuất hiện các dạng hư hỏng do ăn mòn cốt thép hoặc bê tông và khả năng chịu lực của kết cấu không còn đảm bảo theo yêu cầu của các TCVN liên quan hiện hành.*

3.3. NGUYÊN NHÂN GÂY ĂN MÒN VÀ PHÁ HỦY CÁC CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP XÂY DỰNG TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN VIỆT NAM

3.3.1. Tác động xâm thực của môi trường

Kết quả khảo sát độ bền thực tế trên các công trình bê tông cốt thép đã xây dựng ở vùng biển nước ta, cho phép khẳng định rằng trong môi trường

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

biển Việt Nam có tác động xâm thực mạnh dẫn tới ăn mòn và phá huỷ các công trình bê tông cốt thép. Mức độ xâm thực phụ thuộc vào vị trí và điều kiện làm việc cụ thể của từng kết cấu trong công trình. Môi trường biển Việt Nam có đặc thù khí hậu nóng ẩm mưa nhiều tạo ra sự ăn mòn khí quyển biển rất mạnh đối với các kết cấu bê tông cốt thép.

Bằng chứng rõ nét nhất về sự tác động ảnh hưởng của môi trường biển tới độ bền công trình bê tông cốt thép tạo bởi các quá trình sau.

- Quá trình thấm ion Cl^- vào bê tông gây phá huỷ màng thụ động cốt thép.
- Quá trình khuếch tán ôxy, hơi ẩm vào trong bê tông trong điều kiện môi trường nhiệt độ không khí cao là các điều kiện xảy ra phản ứng ăn mòn cốt thép và đẩy nhanh quá trình phá huỷ kết cấu bê tông cốt thép.
- Quá trình thấm ion SO_4^{2-} vào bê tông, tương tác với các sản phẩm thuỷ hoá của đá xi măng tạo ra khoáng ettringit trương nở thể tích gây phá huỷ kết cấu.
- Quá trình cacbonát hoá làm giảm độ pH bê tông theo thời gian làm phá vỡ màng thụ động bảo vệ cốt thép, góp phần đẩy nhanh quá trình ăn mòn cốt thép làm phá huỷ kết cấu.

Sau đây là kết quả phân tích tác động của các quá trình nêu trên lên kết cấu BTCT trên các công trình thực tế:

3.3.1.1. Quá trình thấm ion Cl^- vào bê tông gây ăn mòn cốt thép

Sự có mặt ion Cl^- trong miền bê tông cận cốt thép khi hàm lượng vượt quá một giới hạn nhất định (0,6 kg/m^3 bê tông) có thể phá vỡ màng thụ động Fe_2O_3 gây ăn mòn và phá huỷ cốt thép theo cơ chế sau:

Anốt: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

Catốt $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

Sản phẩm ăn mòn lần lượt được hình thành dưới các dạng Fe_3O_4; $Fe(OH)_2$; $Fe(OH)_3$; $Fe(OH)_3.3H_2O$ v.v... Kèm theo quá trình này là sự tích tụ sản phẩm ăn mòn trên bề mặt kim loại có thể tích gấp 4 đến 6 lần so với ban đầu. Chính sự trương nở thể tích này đã gây ra nội ứng suất phá vỡ lớp bê tông bảo vệ và làm suy giảm tiết diện cốt thép, dẫn tới phá huỷ kết cấu.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Hình 3.2: *Cơ chế ăn mòn cốt thép*

Hàm lượng ion Cl^- xâm nhập vào miền bê tông cận cốt thép theo hai con đường:

- Do vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông bị nhiễm mặn ngay từ đầu.
- Do khuếch tán từ môi trường bên ngoài vào.

Thực tế đã chứng minh rằng, đối với các công trình đã sử dụng vật liệu bị nhiễm mặn vừa nêu trên, hiện tượng ăn mòn và phá huỷ xảy ra rất sớm, chỉ sau 3 đến 5 năm kể từ khi công trình đưa vào sử dụng.

Thông thường với vật liệu đầu vào dùng để chế tạo bê tông không bị nhiễm mặn, tổng hàm lượng ion Cl^- ban đầu trong bê tông ở vào khoảng 0,1 đến 0,4 kg/m^3 bê tông. Theo phân tích ở trên, hàm lượng ion Cl^- nằm ở dưới giới hạn có thể gây ăn mòn cốt thép, vậy nếu không có sự tích tụ thêm ion Cl^- từ môi trường bên ngoài vào và độ pH của bê tông luôn được duy trì ở giá trị không thấp hơn 11,5 thì cốt thép trong bê tông sẽ được bảo vệ ở trạng thái thụ động và chúng không bị ăn mòn và phá huỷ.

Trên thực tế, bê tông vốn là vật liệu không hoàn toàn đặc chắc, trong cấu trúc thường tồn tại các lỗ rỗng mao quản có thể cho các chất khí, nước và hơi ẩm thấm vào. Đó chính là đường thấm ion Cl^-, O_2, H_2O và chất xâm thực khác từ môi trường bên ngoài vào bê tông. Thêm vào đó, theo thời gian độ pH của bê tông có thể bị giảm do bị cacbonát hoá. Tổng hợp các yếu tố đó

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

có thể dẫn đến sự ăn mòn cốt thép và phát triển gỉ nhanh chóng, tạo ra nội ứng suất phá vỡ lớp bê tông bảo vệ, làm suy giảm dần khả năng chịu lực và cuối cùng là phá huỷ kết cấu.

Mức độ xâm nhập ion Cl^- vào miền bê tông cận cốt thép phụ thuộc chủ yếu vào:

- Điều kiện môi trường làm việc cụ thể của kết cấu: Vùng ngập nước, vùng nước lên xuống, vùng khí quyển trên biển và ven biển.

- Khả năng ngăn cản ion Cl^- của lớp bê tông bảo vệ cốt thép: Có thể đánh giá khả năng này thông qua mác chống thấm và chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép.

3.3.1.2. Quá trình khuếch tán oxy và hơi ẩm vào trong bê tông

Trên cơ sở các kết quả khảo sát các công trình thực tế, có thể thấy hiện tượng ăn mòn và phá huỷ kết cấu bê tông cốt thép xảy ra chủ yếu ở vị trí kết cấu thường xuyên bị khô ẩm bề mặt luân phiên như các kết cấu ở vùng nước thủy triều lên xuống và sóng đánh, các kết cấu nằm ở phía ngoài công trình, chịu mưa gió, sương mù. Kết cấu càng chịu nhiều chu kì khô ẩm luân phiên thì càng có khả năng bị ăn mòn và phá huỷ mạnh. Ngược lại ở vị trí khô ráo, quá trình ăn mòn xảy ra chậm.

Như vậy, ăn mòn cốt thép trong bê tông thực chất là một quá trình điện hoá, trong đó O_2 và H_2O là điều kiện để xảy ra phản ứng, Cl^-, CO_2 phá vỡ màng thụ động bảo vệ cốt thép, làm tăng nhanh tốc độ ăn mòn. Điều này giải thích tại sao trong thực tế hiện tượng ăn mòn và phá huỷ kết cấu BTCT chủ yếu xảy ra ở vị trí kết cấu bị khô ẩm thường xuyên.

3.3.1.3. Quá trình cacbonát hoá làm giảm độ pH bê tông

Khi mới chế tạo, độ pH ban đầu của nước chiết bê tông ở vào khoảng 12,5 đến 13,0 ở môi trường này cốt thép được bảo vệ bằng màng thụ động. Do tác động của CO_2 có trong thành phần không khí, độ pH của bê tông giảm dần theo thời gian. Khi độ pH của miền bê tông cận cốt thép thép giảm xuống < 11,5 màng thụ động bảo vệ cốt thép bị phá vỡ, quá trình ăn mòn bắt đầu xảy ra. Quá trình cácbonát hoá làm giảm pH bê tông miền cận cốt thép phụ thuộc chủ yếu vào:

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- Độ đặc chắc của bê tông (xác định thông qua mác chống thấm).
- Chiều dầy của lớp bê tông bảo vệ cốt thép.

3.3.2. Thiết kế, thi công, quản lí sử dụng công trình

Độ bền (tuổi thọ) kết cấu công trình BTCT trong môi trường biển là kết quả tổng hợp của các công đoạn thiết kế, thi công, giám sát chất lượng và quản lí sử dụng công trình. Vấn đề này liên quan đến trình độ khoa học - công nghệ xây dựng của nước ta. Vì vậy, để nâng cao độ bền công trình BTCT trong môi trường biển Việt Nam cần đi sâu xem xét và nhìn nhận các nguyên nhân đã dẫn đến ăn mòn và phá huỷ kết cấu thể hiện rõ sau đây:

3.3.2.1. Về thiết kế

- Chưa lựa chọn được vật liệu đảm bảo yêu cầu chống ăn mòn, đảm bảo độ bền lâu dài cho công trình trong môi trường biển Việt Nam:

Tuổi thọ công trình xây dựng từ bê tông cốt thép theo yêu cầu thiết kế trung bình là 50 đến 60 năm, công trình đặc biệt là 80 đến 100 năm. Vấn đề đặt ra là khi thiết kế thì vật liệu đã được lựa chọn như thế nào, có đảm bảo khả năng chống ăn mòn nhằm duy trì độ bền lâu dài cho kết cấu có trong môi trường xâm thực hay không.

Như ta đã biết, độ bền trung bình thực tế của nhiều kết cấu bê tông cốt thép chỉ đạt 30 đến 50% tuổi thọ theo yêu cầu thiết kế. Nguyên nhân sâu xa là do khi thiết kế các công trình xây dựng chúng ta chưa lường hết được tác động ăn mòn và phá huỷ kết cấu trong môi trường biển nước ta, thường chỉ chú ý đến khả năng chịu tải, tính toán sao cho an toàn về tải trọng, còn rất xem nhẹ khâu thiết kế lựa chọn vật liệu có khả năng chống ăn mòn lâu dài cho kết cấu công trình.

Trong một thời gian rất dài chúng ta đã sử dụng bê tông mác thấp M200 đến M250 với chiều dầy bảo vệ trung bình là 2cm để thiết kế với độ bền trung hạn 50 đến 60 năm cho công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển. Thực tế đã chứng minh rằng, về mặt chịu lực được tính toán đảm bảo, nhưng về khả năng chống ăn mòn trong môi trường biển thì với công nghệ thi công và vật liệu đã sử dụng cho các công trình tốt nhất cũng chỉ có khả năng đảm bảo độ bền cho kết cấu bê tông cốt thép trong khoảng 30 đến 40 năm.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Thực chất vấn đề là chúng ta chưa xây dựng được tiêu chuẩn, quy phạm xây dựng riêng cho môi trường biển mang tính đặc thù của Việt Nam. Đặc biệt thiếu các tiêu chuẩn thử nghiệm đánh giá nhanh độ bền kết cấu bê tông cốt thép làm việc trong môi trường xâm thực vùng biển, nên đã không có đủ cơ sở để lựa chọn và kiểm tra khả năng chống ăn mòn của vật liệu, kết cấu trước khi đưa vào công trình. Do vậy từ khâu thiết kế đã không thể lựa chọn vật liệu phù hợp với độ bền kết cấu công trình trong môi trường xâm thực.

- Về kiến trúc: Mặt ngoài công trình chưa thiết kế được hình thái phù hợp với môi trường vùng biển, tất cả các kết cấu nằm ở vị trí chịu ảnh hưởng xâm thực mạnh của môi trường chưa được tăng cường các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn.

3.3.2.2. Về thi công

- Chất lượng thi công xây dựng công trình chưa cao, nhiều công đoạn còn làm thủ công nên khó đảm bảo chất lượng xây lắp. Cường độ bê tông được kiểm tra tại nhiều kết cấu công trình sau 10 ÷ 20 năm vẫn còn thấp hơn so yêu cầu thiết kế ban đầu từ 30 ÷ 50 daN/cm^2. Lớp bê tông bảo vệ của nhiều kết cấu bê tông chưa đảm bảo, nhiều chỗ mỏng hơn 10cm, nên không thể đủ khả năng chống ăn mòn cho kết cấu trong khoảng thời gian từ 50 ÷ 60 năm.

- Công tác giám sát thi công, quản lí chất lượng và nghiệm thu công trình chưa được duy trì chặt chẽ, thường xuyên. Đặc biệt là trong một số công trình đã sử dụng cát biển và nước biển để chế tạo bê tông thì chỉ sau 5 ÷ 7 năm công trình đã bị hư hỏng nặng tới mức phải sửa chữa lớn.

3.3.2.3. Về quản lí sử dụng

- Chưa có các quy định pháp lí về kiểm tra định kì công trình, nhằm phát hiện các nguyên nhân và mầm mống gây hư hỏng kết cấu công trình để có biện pháp duy tu sửa chữa kịp thời.

- Chưa áp dụng các biện pháp công nghệ bảo trì và khắc phục hư hỏng cục bộ do ăn mòn cho các công trình đã xây dựng.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Chương 4

CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP CHỐNG ĂN MÒN

4.1. PHƯƠNG PHÁP BẢO VỆ BÊ TÔNG KHỎI SỰ ĂN MÒN HOÁ HỌC

Vấn đề nghiên cứu nhằm bảo vệ các công trình bê tông và bê tông cốt thép từ nhiều năm nay đã được nhiều nhà khoa học quan tâm, nghiên cứu, thử nghiệm và đã đưa ra nhiều phương pháp khác nhau. Do tính chất ăn mòn của môi trường đối với bê tông và bê tông cốt thép là rất phức tạp nên việc áp dụng giải pháp kĩ thuật chống lại sự ăn mòn hoá học là một vấn đề khó. Dưới đây là một số biện pháp khi sử dụng sẽ có hiệu quả cao:

4.1.1. Thay đổi thành phần khoáng của xi măng

Việc giảm các khoáng C_3A và C_3S khi thuỷ hoá sinh ra các sản phẩm $Ca(OH)_2$ và C_3AH_6 đem lại hiệu quả rất cao trong lĩnh vực chống ăn mòn cho các công trình dùng xi măng. Tuy nhiên, khi giảm các khoáng này thường làm thay đổi các tính chất kĩ thuật chung của xi măng. Việc giảm C_3A ảnh hưởng ít tới các tính chất cơ học của bê tông xi măng, nhưng khi giảm C_3S lại làm giảm đáng kể cường độ của các sản phẩm dùng xi măng. Do những hậu qủa này, các nhà khoa học đã khuyến cáo rằng phương pháp này chỉ dùng với những công trình có sự ăn mòn mạnh và kết cấu có yêu cầu độ chịu lực nhỏ.

Việc thay đổi thành phần khoáng của xi măng để thích hợp với môi trường có tính chất ăn mòn có thể dẫn tới thay đổi loại xi măng. Cần xác định rõ bản chất và mức độ xâm thực mà từng phần bê tông của công trình phải tiếp xúc để chọn loại xi măng thích hợp. Theo tài liệu [1] phần bê tông và bê tông cốt thép của các công trình trong điều kiện nước triều lên xuống (nghĩa là phần bê tông bị tác dụng của môi trường sunfat trong điều kiện nóng lạnh, khô ẩm thay đổi theo chu kì) thì sử dụng xi măng bền sunfat. Khi bê tông và bê tông cốt thép làm việc thường xuyên dưới đất hoặc trong môi trường biển thì dùng xi măng pooclăng puzulan, xi măng pooclăng xỉ đủ thoả mãn độ bền.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Xi măng hỗn hợp đã được quan tâm đặc biệt trong những năm gần đây, do độ bền cao trong môi trường ăn mòn.

4.1.2. Nâng cao độ đặc của bê tông

Các lỗ rỗng và mao quản trong đá xi măng là nơi để các tác nhân của môi trường lỏng xâm nhập vào, hoà tan các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng, tương tác với chúng, tạo ra các sản phẩm mới tan mạnh hơn hoặc lắng đọng trong lòng các lỗ rỗng, hoặc nở thể tích phá vỡ kết cấu. Việc nâng cao độ đặc sẽ làm triệt tiêu hoặc giảm đáng kể sự xâm nhập của các tác nhân môi trường vào trong lòng bê tông. Tuy nhiên việc nâng cao độ đặc cũng là vấn đề khó, nó phải kết hợp chặt chẽ việc thiết kế thành phần bê tông với việc thi công bê tông. Để đạt được độ đặc chắc tối đa khi thi công (không có các lỗ rỗng không khí sau tạo hình), thì ngoài lượng nước cần thiết cho thuỷ hoá xi măng còn cần một lượng nước đủ cho hỗn hợp bê tông có tính lưu động hợp lí (lượng nước nhào trộn thường gấp 1,5 - 2 lần lượng nước cần thiết cho thuỷ hoá xi măng). Vì lí do đó nên sau khi rắn chắc lượng nước không thuỷ hoá xi măng bay hơi để lại các lỗ rỗng (độ rỗng của bê tông thường khoảng 10 - 15%). Ngày nay với việc chế tạo được các loại phụ gia SP nên có khả năng nâng cao được hiệu quả của phương pháp này. Kết hợp việc thiết kế cấp phối tốt, thi công tốt và sử dụng SP, độ rỗng của bê tông chỉ còn khoảng 3-5%.

SP MFS-92A của viện hoá kĩ thuật - Viện Kĩ thuật Quân sự, Sikament 163EX của hãng Sika và Darex super 20 của hãng Grace có tác dụng dẻo hoá cao hỗn hợp bê tông, nên cho phép giảm nhiều tỉ lệ N/X, do đó làm tăng đáng kể độ đặc bê tông, giảm độ co ngót, nâng cao độ bền, khả năng chống thấm và khả năng bảo vệ cốt thép trong môi trường nước, đặc biệt là môi trường có hàm lượng hoá chất cao (môi trường biển, môi trường của các nhà máy hoá chất).

Vấn đề cốt lõi khi dùng SP là tăng độ dẻo của hỗn hợp bê tông. Khi giữ nguyên độ dẻo thì có thể giảm được 20 - 30% lượng nước nhào trộn, tăng được độ đặc chắc, và từ đó tăng được độ chống thấm, độ bền chống ăn mòn của bê tông. Độ đặc chắc còn phải được đảm bảo bằng việc thi công tốt, nhất là việc đầm chắc hỗn hợp bê tông sau khi đổ khuôn, để loại bỏ các bọt khí và triệt tiêu các lỗ rỗng trong bê tông khi ngừng công tác đầm chặt.

Độ đặc chắc của bê tông luôn luôn là một yếu tố được đánh giá cao trong việc bảo vệ bê tông và bê tông cốt thép khỏi bị ăn mòn.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.1.3. Biến đổi các sản phẩm thuỷ hoá

Phương pháp chống ăn mòn này từ lâu đã được áp dụng rộng trên toàn thế giới. Ý nghĩa khoa học của nó là chuyển các sản phẩm thuỷ hoá có tính tan và hoạt động hoá học mạnh sang dạng sản phẩm mới tí tan hơn, và ít hoạt động hoá học hơn nhiều so với các sản phẩm thuỷ hoá ban đầu. Nội dung khoa học của phương pháp này là dùng các loại phụ gia khoáng hoạt tính như puzolan, xỉ hạt lò cao nghiền mịn và các thải phẩm công nghiệp khác. Trong các phụ gia khoáng có thành phần chủ yếu là SiO_2 ở dạng vô định hình.

Khi pha các phụ gia này vào bê tông, sinh ra phản ứng sau đây:

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 \text{ (vô định hình)} \rightarrow CaO.nSiO_2.aq$$

Sản phẩm mới sinh ra vừa không tan trong nước vừa có cường độ cao, và có tác dụng chống ăn mòn. Phản ứng này được gọi là phản ứng puzolan.

Muội silic là một trong các phụ gia khoáng làm giảm đáng kể tính thấm nước của bê tông. Nó cũng có tác dụng làm cho lỗ rỗng nhỏ hơn và ít liên tục hơn, do đó giảm sự thẩm thấu của ion Clo vào bê tông. Khi pha phụ gia muội silic vào bê tông, độ pH có giảm đi một chút do đó giảm sự thụ động của lớp oxyt bảo vệ cốt thép, vì thế đôi khi được coi là bất lợi. Tuy nhiên qua thực tế thấy rằng, khi thay thế xi măng bằng muội silic với tỉ lệ đến 20% khối lượng xi măng, việc giảm độ pH không gây bất lợi lớn cho việc bảo vệ cốt thép. Ngoài ra, đối với cùng nồng độ clorua, tốc độ ăn mòn không thay đổi khi có mặt hay không có mặt muội silic.

Một biện pháp khác vừa có tác dụng biến đổi sản phẩm thuỷ hoá sang dạng bền vững, vừa có tác dụng nâng cao độ đặc chắc trên bề mặt sản phẩm, ngăn cản sự xâm nhập của các tác nhân ăn mòn là biện pháp cacbonat hoá bề mặt sản phẩm. Khi bê tông được bảo dưỡng trong môi trường có khí cacbonic trước khi đưa vào sử dụng, thì giữa hydroxyt canxi có trong đá xi măng sẽ phản ứng với khí cacbonic theo phản ứng:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

Sản phẩm cacbonat canxi kết tinh dạng bản tạo thành lớp vỏ chặt xít ngăn cản không cho các tác nhân của môi trường xâm nhập vào bên trong, phá hoại bê tông. Tuy nhiên khi nồng độ khí cacbonic cao hoặc trong quá trình sử dụng lâu dài, khí CO_2 trong nước sẽ tác dụng với sản phẩm này tạo ra cácbonat canxi axit ($Ca(HCO_3)_2$), tan mạnh vào môi trường làm mất khả năng bảo vệ kết cấu và sự ăn mòn bê tông lại tăng lên.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.1.4. Ngăn cách bê tông với môi trường nước ăn mòn

Các phương pháp khác ngăn cách bê tông với môi trường, cải thiện tính chất của nguồn nước cũng có tác dụng nhất định đến việc bảo vệ công trình khỏi sự ăn mòn của môi trường, nhưng hiệu quả không cao bằng các phương pháp đã trình bày ở trên.

Sơn mặt ngoài kết cấu là một biện pháp ngăn cách bê tông với môi trường ăn mòn. Trong trường hợp cần thiết có thể tăng cường thêm năng lực chống ăn mòn bằng cách quét sơn chống thấm. Các loại sơn này có thể từ hệ polime, xi măng polime và các hoá phẩm hữu cơ khác. Có thể quét mặt bê tông bằng nhũ tương bitum hoặc dung dịch bitum cũng có tác dụng chống ăn mòn đáng kể.

Ngoài ra, có thể ốp hoặc dán, tạo lớp phủ trên bề mặt kết cấu. Lớp phủ phải không thấm nước và bền hoá, có tác dụng bảo vệ bê tông và cả cốt thép bên trong bê tông.

Việc xử lí bề mặt bê tông để chống thấm nước có thể bằng bốn phương pháp: (a) tạo màng mỏng liên tục; (b) trát lớp dày; (c) tạo lớp kị nước: (d) bịt các lỗ rỗng. Các loại xử lí bề mặt này được thể hiện trên hình 4.1, và được giải thích như sau:

Hình 4.1: *Các phương pháp xử lí bề mặt bê tông*

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Biện pháp (a): Màng mỏng phải không thấm nước, hơi nước, oxy và dioxyt cacbon. Màng được tạo thành bằng sơn dầu, nhựa tổng hợp hoặc phủ bằng nhựa epoxy. Lớp phủ này chỉ có độ bền vài năm là phải làm lại.

Biện pháp (b): Trát một lớp dầy vữa xi măng và có thể cải thiện vữa bằng polime

Biện pháp (c): Để đạt được bề mặt kị nước cần dùng các vật liệu gốc silicon. Các vật liệu này tác dụng với nước (ẩm) để tạo thành nhựa silicon và dính kết với bề mặt của xi măng. Bề mặt kị nước ngăn cản nước thấm vào lỗ rỗng do có góc tiếp xúc lớn giữa nước và bề mặt bê tông (> 90°) (xem hình 4.2). Có các loại loại vật liệu gốc silicon được dùng để làm lớp kị nước bề mặt bê tông là silan, siloxan và siliconat.

Hình 4.2: *Tương tác của nước với bê tông khi có chất kị nước*

Biện pháp (d): Tạo phản ứng hoá học của fluorosilicat manhê (hoặc kẽm) với xi măng là một ví dụ về việc xử lí bịt lỗ rỗng. Các chất này phản ứng với hợp chất canxi trong đá xi măng để tạo thành fluorit và lỗ rỗng bị bịt kín bởi axilic hoặc chất thuỷ hoá alumin, chúng được tạo thành trong quá trình phản ứng. Silicat natri hoặc silicat ethyl cũng dùng để bịt lỗ rỗng do có silic dạng keo kết tủa. Silicat natri tan trong nước được hoạt hoá do tiếp xúc với dioxyt cacbon và silicat ethyl tan trong rượu có thể được xúc tác axit hoặc kiềm để thuỷ phân. Phản ứng chung có thể như sau:

$$Na_4SiO_4 + 2CO_2 \rightarrow SiO_2 + 2Na_2CO_3$$

Hoặc: $$Si(OC_2H_5)_4 + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 4C_2H_5OH$$

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.1.5. Một số biện pháp tổng hợp

Để chống ăn mòn có hiệu quả, đã có những kiến nghị cụ thể đối với bê tông, khi trong môi trường nước có hàm lượng dioxyt cacbon khác nhau (bảng 4.1), và khi có chỉ số độ pH khác nhau (bảng 4.1 và bảng 4.2):

Bảng 4.1. Các phương pháp tổng hợp chống ăn mòn cho bê tông

Hàm lượng dioxyt cacbon	Kiến nghị đối với bê tông
< 10mg/*l*	Hàm lượng ximăng tối thiểu 330 kg/m^2, tỉ lệ N/X cực đại là 0,5, bảo vệ bê tông mới đổ khỏi bị nước ăn mòn cho đến khi bê tông đạt cường độ yêu cầu.
10 ÷ 15mg/*l*	Hàm lượng ximăng tối thiểu 330 kg/m^2, tỉ lệ N/X cực đại là 0,5, bảo vệ bê tông mới đổ khỏi bị nước ăn mòn cho đến khi bê tông đạt cường độ yêu cầu. Dùng cốt liệu đá vôi chứa cacbonat là có lợi.
> 15 mg/*l*	Hàm lượng ximăng tối thiểu 330 kg/m^2, tỉ lệ N/X cực đại là 0,5, bảo vệ bê tông mới đổ khỏi bị nước ăn mòn cho đến khi bê tông đạt cường độ yêu cầu. Dùng thêm biện pháp bảo vệ bằng lớp phủ atfan, hoặc bitum, hoặc xử lí bề mặt bê tông bằng fluorit, silicat hoặc fluorosilicat.

Bảng 4.2. Các phương pháp tổng hợp chống ăn mòn cho bê tông

Kiến nghị	Trị số độ pH		
	6,5 ÷ 5,5	5,5 ÷ 4,5	< 4,5
Tỉ lệ N/X cực đại	0,55	0,50	0,45
Hàm lượng xi măng tối thiểu, kg/m^3	300	330	370
Bề dày tối thiểu của lớp bê tông bảo vệ (m)	55	50	50
Biện pháp bảo vệ phụ thêm, lớp phủ	Không cần	Không cần	Không cần

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3993 quy định việc chống ăn mòn cho Kết cấu bê tông cốt thép, quy định hai hình thức bảo vệ sơ cấp và thứ cấp:

Bảo vệ sơ cấp chống ăn mòn là việc nâng cao khả năng bê tông và bê tông cốt thép chống ăn mòn bằng thay đổi thành phần cấu trúc của chúng trước và trong khi đổ bê tông.

Bảo vệ thứ cấp chống ăn mòn là hạn chế hoặc loại trừ tác động của môi trường ăn mòn khỏi bê tông và bê tông cốt thép sau khi đã chế tạo kết cấu. Khi thiết kế bảo vệ, chống ăn mòn phải dự tính dùng hình thức bảo vệ sơ cấp

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

hoặc phối hợp với hình thức bảo vệ thứ cấp như trong bảng 4.3. Khi thiết kế bảo vệ sơ cấp chống ăn mòn phải tính đến các đặc trưng của vật liệu dùng để chế tạo bê tông và bê tông cốt thép.

Bảng 4.3

Mức độ ăn mòn	Hình thức bảo vệ
Ăn mòn yếu	Bảo vệ sơ cấp
Ăn mòn trung bình	Phối hợp bảo vệ
Ăn mòn mạnh	Phối hợp bảo vệ

Để bảo vệ thứ cấp chống ăn mòn, phải dùng các vật liệu để xử lí bảo vệ bê tông bằng cách cho thấm vào bê tông hoặc tạo lớp phủ trên bề mặt bê tông. Các vật liệu phải có tính tương hợp về mặt hoá học và trong điều kiện khai thác không gây ra ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép.

4.2. PHƯƠNG PHÁP BẢO VỆ CỐT THÉP KHỎI ĂN MÒN

Có nhiều phương pháp được đề xuất bảo vệ cốt thép không bị ăn mòn cho cốt thép trong bê tông như:

- Dùng thép không gỉ, thép hợp kim thấp. Biện pháp này tốt nhưng thép không gỉ đắt và hiếm do đó việc dùng thép này sẽ làm tăng đáng kể giá thành xây dựng công trình.

- Mạ cốt thép có tác dụng chống ăn mòn vì kẽm có tác dụng bảo vệ cốt thép. Khi có mặt chất điện li, một dòng điện sẽ chạy từ sắt sang kẽm. Kẽm trở thành anôt và sắt trở thành catôt. Kẽm bị ăn mòn trước, nhưng ion Cl^- có tác dụng ăn mòn kẽm nhỏ hơn đối với sắt nên chúng bảo vệ được bề mặt cốt thép và làm tăng tuổi thọ công trình.

- Quét sơn trên thép là một biện pháp bảo vệ cốt thép. Sử dụng các loại sơn chống gỉ có nguồn gốc từ epoxy, xi măng và xi măng polime. Yêu cầu sơn chống gỉ phải có khả năng liên kết, dính bám tốt với bê tông và cốt thép.

- Ức chế ăn mòn cốt thép. Vấn đề ức chế ăn mòn cốt thép bằng các chất ức chế ăn mòn đã được sử dụng từ lâu. Theo định nghĩa của ISO 8044, chất ức chế ăn mòn là hợp chất hoá học làm giảm độ ăn mòn của cốt thép. Việc pha chất ức chế vào bê tông được coi là một biện pháp bảo vệ cốt thép chống ăn mòn. Chất ức chế ăn mòn cốt thép DCI do hãng Grace của Mỹ sản xuất

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

có chứa nitrit natri, nó tương tác với cốt thép trong bê tông để bảo vệ chống ăn mòn của muối. Bằng phản ứng hoá học với sắt nó tạo ra rào cản trên bề mặt cốt thép, ngăn ngừa sự thấm của ion Clo, mặt khác nó cải thiện được các tính chất của bê tông và có tác dụng làm tăng nhanh sự đông cứng bê tông như một phụ gia rắn nhanh theo tiêu chuẩn Mỹ ASTM C494.

- Phương pháp bảo vệ catôt là một biện pháp hiệu quả được dùng để chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông trong thời gian gần đây. Bảo vệ catôt cho công trình bê tông cốt thép là duy trì màng thụ động hoặc thụ động lại cốt thép khi màng thụ động đã bị phá vỡ khi độ pH < 11 hoặc hàm lượng ion clo trên bề mặt cốt thép khoảng 0,2 - 0,4% tính theo khối lượng xi măng. Ngoài ra, dòng điện bảo vệ catôt còn làm cho ion Clo đi ra xa khỏi bề mặt cốt thép và vì vậy giảm tác động phá hoại màng thụ động của ion clo.

Phương pháp bảo vệ catôt được áp dụng cho công trình bê tông cốt thép ở trong nước, trong đất và cả trong không khí. Phương pháp bảo vệ catôt bằng dòng ngoài được dùng nhiều hơn đối với các công trình trong không khí, còn phương pháp bảo vệ catôt bằng anôt hy sinh được dùng cho các kết cấu nằm trong nước. Trong phương pháp áp dòng ngoài mật độ dòng được dùng để phân cực catôt cốt thép (làm dịch chuyển điện thế của cốt thép về phía âm) từ 3 đến 15 mA/m^2. Anôt hy sinh có thể là hợp kim nhôm hoặc hợp kim kẽm.

Các phương pháp nêu trên được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi trên thế giới. Chúng có tác dụng chống ăn mòn các loại I, loại II, loại III, đối với bê tông và chống ăn mòn thép trong kết cấu bê tông cốt thép ở các môi trường khí, lỏng và rắn trong điều kiện ẩm ướt hoặc môi trường không khí ẩm. Tuy nhiên, mỗi biện pháp chỉ đem lại hiệu quả cho một số loại hình cụ thể.

Hiện nay, chúng ta chưa thể chế tạo được loại bê tông cốt thép có độ bền và đặc chắc một cách lí tưởng, để hoàn toàn ngăn cản sự tiếp xúc của cốt thép trước môi trường xâm thực. Tuy nhiên, với vật liệu và công nghệ hiện có, chúng ta có thể chế tạo được loại bê tông cốt thép có chất lượng cao, với đặc tính là kết cấu có độ bền cơ học lớn, vỏ bê tông có khả năng bảo vệ cốt thép, độ đặc chắc cao, chống thấm nước tốt, ít bị thấm khí O_2, CO_2, ion Cl^- và các tác nhân xâm thực khác, khi đó bê tông sẽ có đủ khả năng bảo vệ cốt thép, đảm bảo độ bền kết cấu trong môi trường xâm thực. Hoặc ngăn chặn các phản ứng ăn mòn xảy ra khi các tác nhân xâm thực tiếp xúc với bề mặt cốt thép.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.2.1. Ưu - nhược điểm của các phương pháp bảo vệ cốt thép chống ăn mòn

+ Sử dụng thép hợp kim bền làm cốt thép.

- *Ưu điểm:* Chống ăn mòn và phá huỷ cốt thép, không gây ảnh hưởng nhiều tới thời gian thi công.

- *Nhược điểm:* Tạo giá thành công trình tăng lên, chất lượng kết cấu bêtông cốt thép giảm xuống.

+ Phủ lớp bảo vệ cốt thép trước khi đổ bê tông.

- *Ưu điểm:* Cốt thép được bảo vệ chắc chắn.

- *Nhược điểm:* Thi công tốn nhiều thời gian, ảnh hưởng khả năng bám dính của bê tông với cốt thép.

+ Tạo lớp vỏ bê tông đặc chắc có năng lực bảo vệ cao.

- *Ưu điểm:* Thi công nhanh, không ảnh hưởng chất lượng công trình, khả năng áp dụng thực tế tốt.

- *Nhược điểm:* Đòi hỏi công nghệ chế tạo cao, tiêu chuẩn kĩ thuật phức tạp.

+ Bảo vệ bằng phương pháp điện hoá.

- *Ưu điểm:* Triển khai nhanh.

- *Nhược điểm:* Khả năng áp dụng ngoài thực tế không cao.

Các biện pháp trên được xem là các biện pháp bảo vệ cơ bản nhất, nhằm đảm bảo độ bền cho bê tông cốt thép trong thời gian phục vụ. Đồng thời với các giải pháp trên, có thể sử dụng các biện pháp bổ sung. Hiện nay, có nhiều biện pháp bổ sung được áp dụng như:

+ Sử dụng các loại phụ gia:

- Phụ gia hoá dẻo, giảm nước, chống thấm.

- Phụ gia khoáng hoạt tính, phụ gia mịn.

- Phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép.

Mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm của nó. Tuy nhiên phương pháp dùng chất ức chế quá trình ăn mòn cốt thép kết hợp với việc dùng phụ gia siêu dẻo, nhằm giảm lượng dùng nước và tăng khả năng chống thấm cho kết cấu bê tông cốt thép hiện là một trong biện pháp tối ưu, bởi chúng không làm ảnh hưởng tới thời gian thi công và tính chất của kết cấu bê tông cốt thép.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.2.2. Phương pháp bảo vệ cốt thép bằng chất ức chế ăn mòn

Chất ức chế được định nghĩa đơn giản là chất làm chậm ăn mòn kim loại, bất kể chúng có ảnh hưởng đến diễn biến của phản ứng nào. Chất ức chế đã được nghiên cứu và đưa vào sử dụng từ rất lâu và ngày càng được ứng dụng rộng rãi.

Chất ức chế ăn mòn là chất chỉ cần đưa một lượng nhỏ vào môi trường ăn mòn, thì có tác dụng làm giảm hoặc ngăn cản phản ứng giữa kim loại và môi trường ăn mòn hay nói cách khác là nó có tác dụng làm giảm tốc độ ăn mòn.

a) Phân loại chất ức chế

Các chất ức chế có thể phân loại theo nhiều cách khác nhau:

- Theo bản chất hoá học: Các chất ức chế vô cơ, hữu cơ, cao phân tử v.v...

- Theo tính chất môi trường: Chất ức chế trong môi trường axit, môi trường trung tính, môi trường kiềm.

- Theo trạng thái tác dụng: Ức chế tiếp xúc, ức chế bay hơi.

- Theo tính chất hoá học: Chất ức chế có tính ôxy hoá mạnh, chất ức chế có tính oxy hoá yếu, chất ức chế không có tính oxy hoá.

- Theo cơ chế điện hoá: Chất ức chế anốt, chất ức chế catốt, chất ức chế hỗn hợp.

Dưới đây mô tả vắn tắt sự phân loại chất ức chế (xem hình 4.3);

Hình 4.3: *Sơ đồ phân loại chất ức chế*

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

b) Cơ chế bảo vệ kim loại của chất ức chế

Cho đến nay việc giải thích tác dụng của chất ức chế ăn mòn kim loại trong các môi trường ăn mòn thường được giải thích bằng hai cơ chế sau:

** Cơ chế tạo màng:*

Ta biết rằng kim loại bị ăn mòn là do phản ứng ở vùng anôt như sau:

$$Me + mH_2O \rightarrow Me^{-n}.mH_2O + ne$$

Theo thuyết màng, khi kim loại bị thụ động hoá, thì phản ứng trên không xảy ra, mà giữa bề mặt kim loại và môi trường tác dụng với nhau tạo thành sản phẩm dạng ôxit, hidroxit hoặc muối theo phản ứng sau như sau:

$$nMe + m.nOH^- = Me_mO_{0,5m.n} + 0,5\ m.nH^+$$

hoặc

$$mMe + m.nOH^- = Me_m(OH)_{m.n} + m.ne$$

Màng thụ động tạo thành rất mỏng không thể nhìn thấy được, nó bao phủ kín bề mặt kim loại, hoặc ban đầu chỉ bao phủ những vùng hoạt động nhất của bề mặt kim loại (đầu mút các cạnh sắc nhọn). Sau đó phần màng thụ động đã được tạo thành sẽ đóng vai trò catôt, còn phần bề mặt kim loại chưa được phủ màng thụ động sẽ là anôt. Vì một phần anôt bị bao phủ nên mật độ dòng anôt tăng lên. Dưới tác dụng của mật độ dòng điện cao, các nguyên tử kim loại ở lỗ xốp của màng đóng vai trò anôt đó bị oxi hoá rất mạnh, trở thành các ion hoá trị cao hơn. Trong điều kiện nhất định, trên vùng anôt đó tạo nên các sản phẩm dạng oxi hoá trị cao, không hoà tan và có tính chất bảo vệ.

Xét cơ cấu và quá trình hình thành màng thụ động ta thấy rằng: Màng thụ động là màng rất mỏng, không thể trông thấy được, bám trực tiếp trên vùng anốt và ngăn cản quá trình anôt.

Các chất ức chế được đưa vào môi trường ăn mòn có thể tương tác với kim loại và môi trường tạo nên những màng bảo vệ trên bề mặt kim loại.

Màng không có lỗ xốp, ngăn cản hoàn toàn kim loại với môi trường ăn mòn. Trong trường hợp sản phẩm bị ăn mòn là loại màng có lỗ rỗng xốp tức có xảy ra quá trình hoà tan kim loại, nhưng tốc độ chậm lại.

** Cơ chế hấp phụ:*

Thuyết hấp phụ giải thích hiện tượng thụ động của kim loại theo hai quan điểm khác nhau: Quan điểm hoá học và quan điểm điện hoá.

- Quan điểm hoá học: Theo quan điểm hoá học, thì ở trạng thái thụ động, trên bề mặt kim loại hấp phụ 1 lớp đơn phân tử oxit, lớp phân tử chất ôxi hoá

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

hoặc lớp phân tử các chất khác. Lớp hấp phụ này có thể bao phủ kín bề mặt kim loại hoặc chỉ bao phủ những vùng hoạt động nhất trên bề mặt kim loại (theo quan điểm điện hoá chính là vùng anốt). Các phân tử hấp phụ này bám trên bề mặt kim loại, liên kết với nguyên tử kim loại và bão hoà hoá trị của kim loại. Do đó các nguyên tử kim loại mất khả năng hoạt động.

Tính chất của các hợp chất phân tử hấp phụ tạo thành trên bề mặt kim loại ở trạng thái thụ động khác hẳn tính chất của hợp chất đó ở điều kiện thông thường. Lớp hấp phụ ôxit trên bề mặt kim loại tạo nên lớp đơn phân tử ôxit nhưng nó khác với lớp ôxit thông thường ở chỗ độ bền hoá học của nó cao hơn.

- Quan điểm điện hoá: Theo quan điểm điện hoá thì ở trạng thái thụ động lớp ôxi hoá phụ trên bề mặt kim loại sẽ nhận điện tử từ bề mặt kim loại và trở thành ion lưỡng cực. Đầu mang điện tích dương của ion lưỡng cực ôxi sẽ hướng vào bề mặt kim loại.

Lớp điện tích kép khi chưa bị thụ động hoá thì có cấu tạo đơn giản, nhưng khi bị thụ động hoá sẽ trở thành phức tạp. Rõ ràng là sau khi bị thụ động hoá năng lượng cần thiết để 1 ion kim loại vượt qua lớp điện tích kép phức tạp để vào dung dịch sẽ phải lớn hơn. Do đó tốc độ ăn mòn kim loại trong trường hợp này sẽ giảm đi. Quá trình ăn mòn điện hoá do khống chế quá trình anôt hoà tan kim loại tất nhiên làm tăng điện thế điện cực chung của hệ thống.

Lí thuyết màng và lí thuyết hấp phụ không mâu thuẫn nhau, ngược lại nó bổ sung cho nhau để giải thích các hiện tượng xảy ra khi các kim loại bị thụ động hoá. Trong nhiều trường hợp, phải sử dụng cả hai thuyết mới có thể giải thích được hiện tượng thụ động hoá của kim loại.

Theo giả thuyết thì khi thụ động, trên bề mặt thép không rỉ hình thành lớp màng bảo vệ rất mỏng. Phía dưới lớp màng và trong lỗ xốp của màng có các nguyên tử ôxi hoặc ở dạng ion ôxi (được hoạt hoá do bề mặt kim loại nhường điện tử). Vùng bề mặt kim loại có màng bảo vệ sẽ đóng vai trò catốt còn ở vùng hoạt động của màng (lỗ xốp) sẽ đóng vai trò anốt. Kết quả hoạt động của cặp nguyên tố ganvanic đó là: các nguyên tử ôxy được hoạt hoá sẽ chuyển từ vùng anốt (lỗ xốp) vào sâu trong vùng chuyển tiếp giữa lớp màng bảo vệ và bề mặt kim loại. Lớp nguyên tử oxy hoạt hoá khi đó sẽ đóng vai trò là lớp trung gian, làm tăng cường mối liên kết giữa lớp bảo vệ và bề mặt kim loại. Sự hoạt động như vậy là đưa ôxy hấp phụ vào màng, làm cho lớp màng hấp phụ thành màng pha, lớp màng bao phủ dần vùng hoạt động của kim loại và đưa nó đến trạng thái thụ động.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

c) Những yếu tố ảnh hưởng đến tác dụng bảo vệ của chất ức chế

* *Ảnh hưởng của bản chất kim loại*

+ Khả năng nhường và nhận điện tử: Khả năng nhận điện tử càng lớn thì sự hấp phụ các hợp chất có cặp điện tử tự do càng dễ dàng.

+ Tính linh động của các nguyên tử trên bề mặt kim loại: Tần số dao động của các nguyên tử trên bề mặt kim loại càng lớn thì khả năng hấp phụ càng kém.

+ Mạng lưới tinh thể của kim loại không hoàn chỉnh do khiếm khuyết vùng biên dễ hấp phụ chất ức chế do bề mặt năng lượng cao.

* *Ảnh hưởng của bản chất chất ức chế.*

Đặc trưng và tính chất của chất ức chế có ảnh hưởng đến tác dụng của chất ức chế. Dưới đây là một số yếu tố ảnh hưởng;

+ Các hợp chất có nhiều điện tử tự do thì liên kết chặt chẽ với bề mặt kim loại.

+ Kích thước của phân tử.

+ Mức độ ôxy hoá của chất ức chế và các yếu tố môi trường khác.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

PHỤ LỤC

TCXDVN 327 : 2004

KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP YÊU CẦU BẢO VỆ CHỐNG ĂN MÒN TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN

1. PHẠM VI ÁP DỤNG

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu tối thiểu về thiết kế, chọn lựa vật liệu, thi công xây mới và sửa chữa nhằm bảo vệ chống ăn mòn cho các kết cấu bê tông, bê tông cốt thép thông thường và ứng suất trước) xây dựng ở biển và ven biển, đảm bảo tuổi thọ của chúng tới 50 năm.

Đối với các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thuộc các công trình có yêu cầu tuổi dài hơn 50 năm, tiêu chuẩn cũng đưa ra các khuyến cáo cho việc tăng cường thêm mức bảo vệ.

2. CÁC TIÊU CHUẨN VÀ TÀI LIỆU KĨ THUẬT TRÍCH DẪN

2.1. Tiêu chuẩn thiết kế

- TCVN 5574: 1991: Kết cấu bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCVN 4116: 1985: Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thuỷ công. Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCVN 2737: 1995: Tải trọng và tác động. Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCXD 40: 1987: Kết cấu xây dựng và nền. Nguyên tắc cơ bản về tính toán.

2.2 Tiêu chuẩn yêu cầu kĩ thuật đối với vật liệu

- TCVN 2682: 1992 : Xi măng pooclăng. Yêu cầu kĩ thuật
- TCVN 6260: 1997 : Xi măng pooclăng hỗn hợp. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 6067: 1997 : Xi măng pooclăng bền sunfat. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 4316: 1986 : Xi măng pooclăng xỉ hạt lò cao. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 4033: 1995 : Xi măng pooclăng puzolan. Yêu cầu kĩ thuật.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- TCVN 1770: 1986 : Cát xây dựng. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 1771: 1987 : Đá dăm, sỏi và sỏi dăm dùng trong xây dựng. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 4506: 1987 : Nước cho bê tông và vữa. Yêu cầu kĩ thuật.
- TCVN 1681: 1985 : Thép cốt bê tông cán nóng.
- TCVN 6284: 1997 : Thép cốt bê tông dự ứng lực. Phần 1 - Yêu cầu chung.
- TCVN 6284: 1997 : Thép cốt bê tông dự ứng lực. Phần 2 - Dây kéo nguội
- TCVN 6284: 1997 : Thép cốt bê tông dự ứng lực. Phần 3 - Dây tôi và ram.
- TCVN 6284: 1997 : Thép cốt bê tông dự ứng lực. Phần 4 - Dảnh.
- ASTM C 494-92 : Chemical Admixture for Concrete.
- ASTM C 1059-90 : Latex Bonding Agent for Bonding Fresh to Hardened Concrete.
- ACI 503.2.79 : Standard Specification for Bonding Plastic. Concrete to Hardened Concrete with a Multicomponent System Epoxy Adhesive.
- ASTM D 3963/D 3963M-93a: Standard Specification for Epoxy - Coated Reinforcing Steel.

2.3. Tiêu chuẩn phương pháp thử

- ASTM C 289-94: Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregate (Chemical Method).
- ASTM C 227-90: Test Method for Alkali Reactivity Potenial of Cement - Aggregate Combination (Mortar - Bar Method).
- ASTM C 586-92: Tes Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rock for Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method).
- ASTM C1152-87: Acid-soluble Chloride in Mortar and Concrete.
- ASTM C 88-90: Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate of Maganesium Sulfate.
- TCVN 3105:1993: Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng. Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- TCVN 3116:1993: Bê tông nặng. Phương pháp xác định độ chống thấm nước.
- TCVN 3118:1993: Bê tông nặng. Phương pháp xác định cường độ nén.
- TCVN 3113:1993: Bê tông nặng. Phương pháp xác định độ hút nước.
- 20TCN 162-87: Bê tông nặng. Phương pháp xác định cường độ bằng các loại súng bật nẩy.
- TCXD 225:1998: Bê tông nặng. Đánh giá chất lượng bê tông. Chỉ dẫn phương pháp xác định vận tốc sung siêu âm.
- ASTM D 1293-95: Standard Test Method for pH of Water.
- BS 1881: part 204: 1988: Testing concrete. Recommendation on the Use of Electromagnetic Cover Meters.

2.4. Tiêu chuẩn thi công

- TCVN 4453: 1995: Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối. Quy phạm thi công và nghiệm thu.
- TCVN 5592: 1991: Bảo dưỡng bê tông. Yêu cầu kĩ thuật.
- Chỉ dẫn kĩ thuật chọn thành phần bê tông các loại, ban hành theo quyết định 778/1998/QĐ-BXD ngày 5-9-1998.

2.5. Quy phạm, chỉ dẫn kĩ thuật sửa chữa

- Bê tông phun khô - Chỉ dẫn kĩ thuật thi công và nghiệm thu, ban hành theo quyết định 20/1999/QĐ-BXD ngày 6/7/1999.
- Bê tông - Chỉ dẫn kĩ thuật thi công xử lí các vết nứt, rỗ, thấm nước bằng công nghệ bơm ép hồ, vữa xi măng, ban hành theo quyết định 20/1999/QĐ-BXD ngày 6/7/1999.

3. PHÂN LOẠI KẾT CẤU THEO CÁC VÙNG XÂM THỰC CỦA MÔI TRƯỜNG BIỂN

3.1. Căn cứ vào tính chất và mức độ xâm thực của từng vùng trong môi trường biển Việt Nam đối với bê tông và bê tông cốt thép, kết cấu được phân loại theo vị trí của chúng như sau:

3.1.1. Trong vùng ngập nước: Các kết cấu nằm ngập hoàn toàn trong nước biển;

3.1.2. Trong vùng nước lên xuống: Các kết cấu nằm ở vị trí giữa mức nước lên xuống của thuỷ triều, kể cả ở các khu vực bị sóng táp;

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

3.1.3. Trong vùng khí quyển: Các kết cấu nằm trên không khí, chia thành các tiểu vùng;

3.1.3.1. Khí quyển trên mặt nước biển và sát bờ: Các kết cấu ở trong và mặt ngoài công trình, nằm hoàn toàn trên mặt nước biển ngoài khơi hoặc sát bờ;

3.1.3.2. Khí quyển trên bờ: Các kết cấu ở trong và mặt ngoài công trình, nằm hoàn toàn trên bờ trong phạm vi ≤ 1km cách mép nước;

3.1.3.3. Khí quyển gần bờ: Các kết cấu ở trong và mặt ngoài công trình, nằm trên bờ trong phạm vi 1-20km cách mép nước.

3.2. Tuỳ thuộc vào vị trí kết cấu ở vùng nào mà lựa chọn biện pháp bảo vệ chống ăn mòn tương thích. Đối với một kết cấu lớn nằm đồng thời ở nhiều vùng khác nhau cần phân đoạn kết cấu theo các vùng đó để chọn biện pháp bảo vệ. Đối với kết cấu nhỏ nằm đồng thời ở nhiều vùng khác nhau, chọn vùng có tính xâm thực mạnh hơn để lập biện pháp bảo vệ.

Chú thích: *Vùng nước lên xuống được coi là tính xâm thực mạnh nhất đối với bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển. Vùng ngập nước biển có khả năng ăn mòn mạnh với bê tông. Vùng khí quyển biển chủ yếu gây ăn mòn cốt thép với mức độ giảm dần theo cự li cách mép nước vào bờ.*

4. BẢO VỆ KẾT CẤU XÂY MỚI

Kết cấu xây mới được bảo vệ chống ăn mòn thông qua các công đoạn thiết kế, lựa chọn vật liệu sử dụng, thi công và vận hành theo các quy định kĩ thuật của Tiêu chuẩn nay.

4.1. Yêu cầu thiết kế

Tính toán kết cấu được thực hiện theo các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành: TCVN 5574: 1991, TCVN 4116: 1985, TCVN 2737: 1995 hoặc các tiêu chuẩn quy phạm chuyên ngành khác. Trong thiết kế cần áp dụng các biện pháp chống ăn mòn quy định ở điều 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5 và 4.1.6.

4.1.1. Các yêu cầu tối thiểu về mác bê tông và độ chống thấm của bê tông, chiều dày lớp bê tông bảo vệ, độ mở rộng vết nứt và cấu tạo kiến trúc của kết cấu và công trình được quy định ở bảng 1.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.1.2. Các kết thi công bằng phương pháp đổ bê tông dưới nước (cọc nhồi, dài móng) cần tăng 20mm chiều dày lớp bê tông bảo vệ so với yêu cầu tối thiểu ghi ở bảng 1. Mối nối hàn các cọc đóng cần được bảo vệ bằng 3 lớp bitum nóng mác III hoặc IV.

4.1.3. Đối với các kết cấu khó có thể cấu tạo được chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép theo yêu cầu ở bảng 1 thì thiết kế chiều dày lớp bảo vệ tối thiểu 20mm, phần còn thiếu so với chiều dày yêu cầu được thay thế bằng lớp bê tông phun khô hoặc vữa trát. Cụ thể theo các quy định dưới đây:

Bảng 1. Các yêu cầu tối thiểu về thiết kế bảo vệ kết cấu chống ăn mòn trong môi trường biển

STT	Yêu cầu thiết kế	Kết cấu làm việc trong vùng									
		Ngập nước[4]		Nước lên xuống		Khí quyển					
						Trên mặt nước biển		Trên bờ, 0-1 km cách mép nước		Gần bờ, 1-20km cách mép nước	
1	Mác bêtông M[1] và độ chống thấm B[2]	M300 B8	M400 B10	M400 B10	M500 B12	M300 B8	M400 B10	M300 B8	M400 B10	M250 B6	M300 B8
2	Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép mm [3]										
	- Kết cấu ngoài trời					50	40	40	30	40	30
	- Kết cấu trong nhà					40	30	30	25	30	25
	- Nước biển	50	40	65	55						
	- Nước lợ	40	30	55	45						
3	Độ mở rộng vết nứt, mm [5]	Không nứt		Không nứt							
	- Kết cấu ngoài trời					0		≤ 0,1		≤ 0,1	
	- Kết cấu trong nhà					0		≤ 0,15		≤ 0,15	
4	Cấu tạo kiến trúc	- Bề mặt kết cấu phẳng, không gây đọng nước, không gây tích hơi ẩm và bụi. - Hạn chế sử dụng kết cấu BTCT dạng thanh mảnh (chớp, lan can chắn nắng) - Có khả năng tiếp cận tới mọi vị trí để kiểm tra, sửa chữa.									

Chú thích:

1) Đối với bê tông không cốt thép trong vùng khí quyển biển không bắt buộc thực hiện yêu cầu về mác bê tông theo bảng 1;

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

2) Có thể chỉ định độ hút nước H (%) thay độ chống thấm nước: B6 thay bằng H = 4,9 ÷ 5,5, B8 thay bằng H = 4,2 ÷ 4,8, B10 thay bằng H = 3,8 ÷ 4,1, B12 thay bằng H = 3,4 ÷ 3,7;

3) Chiều dày lớp bê tông bảo vệ được tính bằng khoảng cách gần nhất giữa mặt ngoài kết cấu tới mặt ngoài cốt đai.

4) Kết cấu trong đất ở vùng ngập nước và nước lên xuống (nước biển hoặc nước lợ) được bảo vệ tương tự như kết cấu trong vùng ngập nước.

5) Đối với mọi kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước áp dụng không nứt.

- Nếu bê tông phun khô có mác bằng bê tông kết cấu, 10mm chiều dày bê tông phun không thay thế tương đương 15mm chiều dày bê tông kết cấu bị thiếu hụt. Chiều dày lớp bê tông phun khô tối thiểu là 10mm;

- Nếu bê tông phun khô có mác lớn hơn bê tông kết cấu 100 đơn vị, 10mm chiều dày bê tông phun khô thay thế tương đương 20mm chiều dày bê tông kết cấu bị thiếu hụt. Chiều dày lớp bê tông phun khô tối thiểu là 10mm;

- Nếu vữa trát có mác, độ hút nước, độ co ngót tương đương với bê tông kết cấu, chiều dày lớp vữa phải bằng chiều dày lớp bê tông bị thiếu hụt. Chiều dày lớp vữa tối thiểu là 20mm;

- Nếu vữa trát có mác cao hơn bê tông kết cấu 100 đơn vị, độ co ngót, độ hút nước tương đương với bê tông kết cấu, 10mm chiều dày vữa trát đủ để thay thế 15mm chiều dày bê tông bị thiếu hụt. Chiều dày lớp vữa tối thiểu là 20mm.

4.1.4. Đối với cáp ứng suất trước đặt trong kết cấu ngoài việc được bảo vệ bằng lớp bê tông theo quy định ở bảng 1 còn cần được bơm chèn vữa xi măng không co ngót và không tách nước với mác tối thiểu 400 vào trong ống luồn cáp. Cáp ứng suất trước đặt ngoài kết cấu được bảo vệ trong dầu trong ống luồn cáp theo chỉ dẫn riêng.

4.1.5. Đối với các kết cấu trong vùng ngập nước hoặc nước lên xuống có yêu cầu tuổi thọ dài hạn đến 80 năm nên áp dụng một trong các biện pháp bảo vệ hỗ trợ với mức tối thiểu như sau:

4.1.5.1. Tăng cường mác bê tông thêm 100 đơn vị và độ chống thấm thêm một cấp kèm theo tăng 15 - 20mm chiều dày lớp bê tông bảo vệ so với quy định ở bảng 1. Yêu cầu về cấp nứt giữ nguyên theo quy định ở bảng 1;

4.1.5.2. Thực hiện theo các quy định bảng 1. Tăng cường bảo vệ mặt ngoài bằng một lớp bê tông phun khô có mác bằng bê tông kết

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

cấu dày 30mm hoặc một lớp bê tông phun khô có mác cao hơn bê tông kết cấu 100 đơn vị với chiều dày tối thiểu 20mm;

4.1.5.3. Thực hiện theo các quy định ở bảng 1. Tăng cường bảo vệ trực tiếp cốt thép bằng phương pháp catot theo chỉ dẫn riêng.

4.1.6. Đối với các kết cấu trong vùng khí quyển có yêu cầu tuổi thọ dài tới 80 năm nên áp dụng một trong các biện pháp sau:

4.1.6.1. Thực hiện các quy định ở bảng 1. Tăng cường thêm lớp sơn chống rỉ trực tiếp trên bề mặt cốt thép trước khi đổ bê tông. Chất liệu sơn, quy trình cũng như các yêu cầu kĩ thuật khác có liên quan tới sơn phủ cốt thép trong bê tông phù hợp tiêu chuẩn ASTM D3963/D3963 M-93a.

4.1.6.2. Tăng cường mác bê tông thêm 100 đơn vị, độ chống thấm thêm một cấp hoặc tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ 15 ÷ 20mm;

4.1.6.3. Thực hiện theo các quy định bảng 1. Tăng cường bảo vệ mặt ngoài bằng lớp bê tông phun khô có mác bằng bê tông kết cấu dày 10 ÷ 15mm.

4.2. Yêu cầu vật liệu

4.2.1. Vật liệu để chế tạo bê tông và bê tông cốt thép cần đảm bảo yêu cầu kĩ thuật theo các TCVN hiện hành và một số yêu cầu bổ sung được tổng hợp ở bảng 2.

Bảng 2. Yêu cầu kĩ thuật đối với vật liệu làm bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển

STT	Tên vật liệu	Yêu cầu kĩ thuật
1	Xi măng	*1.1. Kết cấu trong vùng khí quyển:* - Pooclăng thường theo TCVN 2682: 1992; - Pooclăng hỗn hợp theo TCVN 6260: 1997. *1.2. Kết cấu trong vùng nước thay đổi:* - Pooclăng bền sunphat thường theo TCVN 6067: 1995; - Pooclăng thường theo TCVN 2682:1992 (C_3A clinke ≤ 10%); - Pooclăng hỗn hợp theo TCVN 6260:1997 (C_3A clinke ≤ 10%); *1.3. Kết cấu trong vùng ngập nước* - Pooclăng bền sunphat thường theo TCVN 6067: 1995;

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

STT	Tên vật liệu	Yêu cầu kĩ thuật
		- Pooclăng xỉ theo TCVN 4316: 1986; - Pooclăng puzolan theo TCVN 4033: 1995; - Pooclăng thường, TCVN 2682: 1989 (C_3A clinke ≤ 10%); - Pooclăng hỗn hợp theo TCVN 6260: 1997 (C_3A clinke ≤ 10%);
2	Cát	*2.1. Kết cấu trong vùng khí quyển:* - Môđun độ lớn ≥ 2,0; - Không gây phản ứng kiềm - silic (thử theo ASTM C 289-94, ASTM C 227-90); - Lượng Cl^- hoà tan ≤ 0,05% khối lượng cát cho bê tông cốt thép thường, ≤ 0,01% cho bê tông cốt thép ứng suất trước (thử theo ASTMC 1152-90); - Các chỉ tiêu khác theo TCVN 1770:1986. *2.2. Kết cấu trong vùng ngập nước và nước thay đổi:* - Như 2.1 ở bảng này; - Hao hụt trọng lượng ≤ 18% khi thử trong dung dịch $MgSO_4$ theo ASTM C88-1990; - Lượng SO_3 ≤ 0,5% khối lượng cát
3	Đá (sỏi)	*3.1. Kết cấu trong vùng khí quyển:* - D_{max} ≤ 40 cho bê tông có chiều dày lớp bảo vệ > 40mm; - D_{max} ≤ 20 cho bê tông có chiều dày lớp bảo vệ ≤ 40mm; - Không gây phản ứng kiềm - silic (thử theo ASTM C 289-94, ASTM C 277-90); - Không gây phản ứng kiềm - cacbonat (ASTM C 586-90); - Lượng Cl^- hoà tan ≤ 0,01% khối lượng cốt liệu lớn thử (thử theo ASTM C 1152-90); - Các chỉ tiêu khác theo TCVN 1771:1987. *3.2. Kết cấu trong vùng ngập nước:* - Như 3.1 ở bảng này; - Hàm lượng SO_3 ≤ 0,5% khối lượng cốt liệu lớn; - Hao hụt trọng lượng ≤ 18% khi thử trong dung dịch $MgSO_4$ theo ASTM C88-1990. *3.3. Kết cấu trong vùng nước thay đổi:* - Như 3.2 ở bảng này; - Độ mài mòn bằng Mn I ÷ Mn II theo TCVN 1771: 1987

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

STT	Tên vật liệu	Yêu cầu kĩ thuật
4	Nước trộn bê tông	*4.1. Kết cấu trong vùng khí quyển:* - Độ pH từ 6,5 ÷ 12,5; Hàm lượng Cl^- ≤ 500mg/*l* cho bê tông cốt thép thường và ≤ 350mg/*l* cho bê tông cốt thép ứng suất trước; - Các chỉ tiêu khác theo TCVN 4506: 1987. *4.2. Kết cấu trong vùng nước thay đổi và ngập nước:* - Như 4.1 ở bảng này; - Hàm lượng SO_3 ≤ 1000mg/*l*; - Tổng lượng muối hoà tan ≤ 2000mg/*l*.
5	Phụ gia	*Cho mọi vùng xâm thực:* Khuyến khích sử dụng phụ gia không chứa Cl^- các loại: dẻo hoá, siêu dẻo, silicafume, chất ức chế ăn mòn hệ $Ca(NO_3)_2$, nhũ tương polime... Chất lượng phụ gia hoá học phải đáp ứng các yêu cầu kĩ thuật của tiêu chuẩn ASTM C 494-92.
6	Cốt thép	*Cho mọi vùng xâm thực:* - Cốt thép thường loại C I, C II, C III theo TCVN 1651: 1985; - Cáp ứng suất trước theo TCVN 6284: 1997 phần 1, 2, 3, 4; - Khuyến khích dùng cốt thép hợp kim có khả năng chống ăn mòn.

Chú thích: *Hàm lượng Cl^- và SO_3 có thể khống chế riêng biệt cho từng loại vật liệu như quy định ở bảng 2 hoặc khống chế tổng khối lượng của chúng trên tất cả vật liệu trong bê tông như sau:*

- Hàm lượng Cl^- hoà tan thử theo ASTM C1152-90 không vượt quá 0,6kg/m³ đối với bê tông thường và 0,3 kg/m³ đối với bê tông ứng suất trước;

- Hàm lượng SO_3 không vượt quá 4% khối lượng xi măng.

Lượng Cl^- ghi trong bảng 2 không áp dụng cho bê tông không cốt thép khi không có yêu cầu chống loang lở bề mặt kết cấu.

4.2.2. Để đảm bảo đồng thời mác bê tông theo cường độ nén và độ chống thấm (bảng 1) thành phần bê tông cần được thiết kế theo "Chỉ dẫn kĩ thuật chọn thành phần bê tông các loại" ban hành theo quy định 778/1998/QĐ-BXD ngày 5/9/1998. Ngoài ra còn phải đảm bảo một số yêu cầu, kĩ t huật sau đây:

- Hàm lượng xi măng tối thiểu trong 1m³ bê tông ở trong vùng khí quyển và vùng ngập nước là 350 kg/m³, trong vùng nước thay đổi 400 kg/m³;

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- Hỗn hợp bê tông nên dùng loại có độ sụt thấp 3-4cm hoặc 6-8cm. Trường hợp phải dùng hỗn hợp bê tông có độ sụt cao để thực hiện công nghệ thi công đặc biệt (bơm bê tông đổ cọc nhồi...) thì nên sử dụng kết hợp với phụ gia dẻo hoá hoặc siêu dẻo.

4.3. Yêu cầu thi công

Công tác thi công các kết cấu bê tông, bê tông cốt thép trong môi trường biển được thực hiện theo TCVN 4453: 1995 và các quy phạm chuyên ngành khác. Trong quá trình thi công cần tuân thủ một số yêu cầu kĩ thuật bổ sung được quy định ở điều 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3.

4.3.1. Bảo quản và lắp dựng cốt thép, lắp dựng ván khuôn

4.3.1.1. Bảo quản cốt thép trong kho kín có mái che. Không để cốt thép bị ướt nước mưa và bị tác động trực tiếp của gió biển.

4.3.1.2. Trước khi đổ bê tông (hoặc lắp dựng cốt thép) cốt thép phải được kiểm tra đánh gỉ thật sạch, không còn các vết gỉ màu đỏ trên bề mặt.

4.3.1.3. Từ lúc đánh gỉ xong tới lúc đổ bê tông nên khống chế thời gian chờ ≤ 6 giờ đối với kết cấu nằm từ mép nước ra biển; ≤ 12 giờ đối với kết cấu ở trong phạm vi ≤ 1 km vào bờ; ≤ 24 giờ đối với kết cấu nằm ở cự li 1 - 20km cách mép nước. Các kết cấu khối lớn cần được phân ra các phần nhỏ để lắp dựng cốt thép xong có thể cho đổ bê tông ngay.

4.3.1.4. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ được đảm bảo bằng các con kê. Con kê được chế tạo từ bê tông hạt nhỏ (D_{max} = 10mm), có mác và độ chống thấm tương đương với bê tông kết cấu. Kích thước con kê bằng 40 × 40mm hoặc 50 × 50mm và chiều dày bằng chiều dày lớp bê tông bảo vệ yêu cầu (sai số về chiều dày cho phép ± 5mm). Đối với kết cấu cột, dầm con kê được đặt tại các nút thép đai và thép chủ, tì vào thép đai. Đối với kết cấu sàn, tường con kê được đặt tại nút ngang của lưới cốt thép và tì vào mặt ngoài của sợi thép gần nhất với ván khuôn. Con kê được phân bố cách nhau ở khoảng cách bằng 40-50 lần đường kính cốt thép chủ. Cách lắp đặt con kê được minh hoạ ở hình 1.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Hình 1: *Cách đặt các con kê*

4.3.1.5. Ván khuôn phải được thiết kế và lắp dựng chắc chắn, không bị sụp đổ hoặc biến dạng trong quá trình thi công dưới tác động của tải trọng.

Không được dùng cốt thép chịu lực làm điểm tựa để gông ván khuôn.

Trong trường hợp sử dụng bulông xuyên qua kết cấu để gông ván khuôn thì phải được đặt trong ống nhựa để rút ra khỏi kết cấu sau khi đổ. Nếu các bu lông này phải để lại trong bê tông thì phải cắt bỏ hai đầu bulông, đục sâu vào bê tông và phục hồi lại lớp bảo vệ (hình 2).

4.3.2. Thi công bê tông

Thực nghiệm, nghiêm ngặt các quy định thi công theo TCVN 4435: 1995, ngoài ra cần lưu ý tuân thủ các yêu cầu sau:

4.3.2.1. Xi măng, cát, đá cần được phân lô và bảo quản tránh tác động trực tiếp của nước biển. Nếu cốt liệu được vận chuyển tới bằng đường biển hoặc lưu bãi lâu trên bờ biển thì nhất thiết phải kiểm tra lại hàm lượng Cl^- của cốt liệu trước khi đổ bê tông cho dù trước đó đã có kết quả kiểm tra đạt yêu cầu;

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

4.3.22. Biện pháp tổ chức thi công phải xét tới và phòng ngừa được các sự cố gây ảnh hưởng chất lượng bê tông như mất điện, mưa, nắng nóng, trục trặc về thiết bị...

4.3.2.3. Công nghệ chế tạo bê tông cần khống chế sao cho mức dao động về cường độ bê tông V giữa các mẻ trộn tính theo công thức (1) thông qua các mẫu đúc bê tông kiểm tra nghiệm thu tại hiện trường so với cường độ trung bình không vượt quá 0,1:

Hình 2: *Phục hồi lớp bê tông bảo vệ ở các đầu bulông gông ván khuôn*

$$V = -\frac{1}{\overline{R}}\sqrt{\frac{(R_1-\overline{R})^2+(R_2+\overline{R})^2+...+(R_n-\overline{R})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Trong đó:

$R_1, R_2,... R_n$ - cường độ bê tông trung bình của tổ mẫu 1, 2,..., n ở tuổi 28 ngày cho một hạng mục nhiều chi tiết kết cấu hay một kết cấu lớn, daN/cm^2;

$\overline{R}$ - Cường độ bê tông trung bình của các tổ mẫu, daN/cm^2;

Trong trường hợp bê tông có hệ số biến động V lớn hơn 0,1 thì phải điều chỉnh cấp phối nâng cường độ bê tông trung bình đạt giá trị vượt cường độ bê tông yêu cầu xác định theo công thức (2)

$$R_{yc} = \frac{R}{1-1,64V} \quad (2)$$

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Trong đó:

R - mác bê tông thiết kế (bảng 1), daN/cm^2;

R_{yc} - cường độ bê tông yêu cầu, daN/cm^2;

V - hệ số biến động về chất lượng giữa các tổ mẫu, xác định theo công thức (1).

4.3.2.4. Cường độ bê tông được coi là đạt yêu cầu bảo vệ kết cấu khỏi bị ăn mòn khi thi công đạt $V \leq 0,1$, cường độ trung bình của các tổ mẫu $\overline{R}$ lớn hơn hoặc bằng cường độ bê tông quy định ở bảng 1, không tổ mẫu nào có cường độ dưới 85% giá trị cường độ bê tông ghi ở bảng 1 hoặc khi thi công có $V > 0,1$; cường độ trung bình $R > R_{yc}$, không có tổ mẫu nào có cường độ dưới 85% cường độ ghi ở bảng 1;

4.3.2.5. Vị trí đặt mạch ngừng thi công có thể áp dụng theo TCVN 4453: 1995. Để đảm bảo độ kín thít của bê tông tại mạch ngừng, cần phải thực hiện các công việc sau:

- Đánh sờm và rửa sạch bề mặt bê tông cũ.
- Đổ một lớp vữa xi măng - cát (tỉ lệ lấy như phần vữa của bê tông) dày 20-30mm, đầm kĩ sau đó mới đổ áp hoặc đè bê tông mới lên;

Đối với mạch ngừng hoặc khe co dãn chắn nước nên dùng bằng cách nước làm từ các vật liệu không bị rỉ, như cao su, đồng, inốc...

4.3.2.6. Bảo dưỡng bê tông được thực hiện theo TCVN 5592:1991. Không dùng nước biển hay nước lợ để bảo dưỡng bê tông. Đối với kết cấu bê tông cốt thép được thi công tại chỗ trong vùng nước lên xuống hoặc sát trên mặt biển cần có biện pháp che chắn để bề mặt kết cấu không bị thấm nước biển trong vòng 3 ngày đầu bảo dưỡng.

4.3.2.7. Đổ bê tông trong nước biển hoặc nước lợ thực hiện theo quy trình đổ bê tông trong nước.

4.3.3. Khắc phục các khiếm khuyết trong quá trình thi công.

Trong quá trình thi công và trong thời gian bảo hành công trình thường xuất hiện một số hư hỏng cần được khắc phục ngay là:

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- Thấm nước hoặc đọng nước trên mái, ban công, ô văng, sênô, khu vệ sinh;
- Nứt kết cấu với chiều rộng lớn hơn quy định ghi ở bảng 1 (không phải nứt do ăn mòn cốt thép);
- Rỗ bê tông, rỗ và thấm tại mạch ngừng thi công.

Đối với trường hợp thấm hoặc đọng nước, đầu tiên cần có biện pháp thoát nước triệt để; sau đó tiến hành sửa chữa chống thấm cục bộ hoặc toàn diện tuỳ thuộc vào dạng thấm.

Vết nứt cần bịt kín để bảo vệ cốt thép bên trong được làm theo cách mô tả ở 5.3.3.2.2.

Sửa chữa các vị trí mạch ngừng, bê tông bị rỗ, nứt nhằm vừa gia cố kết cấu vừa bảo vệ cốt thép thực hiện theo chỉ dẫn: "Bêtông - chỉ dẫn kĩ thuật thi công xử lí các vết nứt, rỗ, thấm nước bằng công nghệ bơm ép hồ, xi măng" (Quyết định 20/1999/QĐ-BXD ngày 6/7/1999).

4.4. Vận hành công trình

Khi sử dụng công trình cần đảm bảo:

- Kết cấu, bộ phận công trình cũng như toàn bộ công trình phải được sử dụng đúng công năng thiết kế quy định;
- Các khiếm khuyết như đã nêu ở 4.3.3 nếu tiếp tục phát hiện thấy trong quá trình sử dụng phải được khắc phục sửa chữa ngay;
- Theo dõi, kiểm tra định kì hàng năm bằng quan sát nhằm phát hiện các dấu hiệu hư hỏng do ăn mòn như mô tả ở 5.1. Khắc phục sửa chữa ngay các hư hỏng cục bộ. Nếu dấu hiệu hư hỏng là phổ biến trên nhiều kết cấu thì phải khảo sát chi tiết để có phương án sửa chữa thích hợp.

5. SỬA CHỮA KẾT CẤU ĐÃ BỊ HƯ HỎNG DO ĂN MÒN

Sau một thời gian sử dụng kết cấu bê tông, bê tông cốt thép có thể bị hư hại do ăn mòn. Để sữa chữa cần tiến hành theo trình tự các bước: Xác định dấu hiệu hư hỏng, khảo sát, đánh giá mức độ hư hỏng, thiết kế và thi công sửa chữa.

5.1. Dấu hiệu hư hỏng

5.1.1. Các kết cấu bê tông được xác định là có hư hỏng do ăn mòn khi quan sát thấy một trong các hiện tượng sau:

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- Bề mặt bê tông bị hao mòn để lộ cốt liệu trên diện rộng;
- Bề mặt bê tông bị nứt, phồng rộp hoặc bong tróc cục bộ từng mảng.

5.1.2. Các kết cấu bê tông cốt thép được xác định là có hư hỏng do ăn mòn khi quan sát thấy một trong các hiện tượng sau:

- Các dấu hiệu hư hỏng bê tông như ở 5.1.1;
- Các dấu hiệu hư hỏng cốt thép:

+ Thấy rỉ sắt màu vàng đỏ tiết ra từ trong lòng bê tông;

+ Có các vết nứt lớp bê tông bảo vệ dọc theo các thanh thép;

+ Bong rộp lớp bê tông bảo vệ để lộ cốt thép bị rỉ.

5.2. Khảo sát đánh giá mức độ hư hỏng

5.2.1. Khảo sát sơ bộ bằng quan sát, căn cứ vào các biểu hiện và mức hư hỏng bên ngoài, phần kết cấu thành nhóm cấu kiện có cùng mức và dạng hư hỏng. Từ mỗi nhóm chọn ra 10 - 15% cấu kiện làm đại diện để khảo sát chi tiết.

Đối với kết cấu lớn được phân vùng thành từng nhóm có cùng mức và dạng hư hỏng khác nhau. Từ các nhóm này chọn 10 - 15% số vùng hoặc diện tích làm đại diện để khảo sát chi tiết.

5.2.2. Khảo sát chi tiết kết cấu bê tông

5.2.2.1. Xác định các tính chất cơ lí của bê tông - Khoan lấy mẫu theo TCVN 3105:1993. Đại diện một cấu kiện hoặc vùng hư hỏng lấy 1-2 tổ mẫu, mỗi tổ 2-3 viên. Dùng mẫu khoan để xác định các tính chất cơ lí của bê tông: cường độ nén theo TCVN 3118: 1993, độ hút nước theo TCVN 31 - 1993. Đối chứng với hồ sơ hoàn công nếu có.

5.2.2.2. Xác định độ đồng nhất về cường độ bê tông - Dùng súng bật nẩy hoặc siêu âm theo 20TCN 162:1987 và TCXD 225:1998 xác định độ đồng nhất về cường độ của bê tông trên toàn bộ cấu kiện đại diện. Hiệu chỉnh đường chuẩn bằng các mẫu khoan sau khi gia công trong phòng thí nghiệm. Xác định cường độ trung bình thực tế của bê tông trên toàn cấu kiện và tính toán hệ số biến động của cường độ bê tông.

5.2.2.3. Lượng chất xâm thực theo chiều sâu - Dùng khoan lấy bột tới chiều sâu 100mm phân thành từng lớp 20-30mm. Phân tích các

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

chỉ tiêu cơ bản như pH, Cl^-, SO_4^{2-} ... của nước chiết từ bột khoan ở từng lớp theo ASTMD 1293-95, ASTM C 1152-94.

5.2.3. Khảo sát chi tiết kết cấu bê tông cốt thép

5.2.3.1. Phần khảo sát bê tông tiến hành như 5.2.2. Xác định bổ sung chiều dày bê tông bảo vệ và sự đồng đều của chiều dày bê tông bảo vệ trên kết cấu bằng các thiết bị điện từ theo BS 1881: part 204: 1988. Kết hợp đục cục bộ một vài vị trí để kiểm định các kết quả đã đo.

5.2.3.2. Dùng thiết bị điện từ xác định đường kính cốt thép nằm trong bê tông theo BS 1881: part 204: 1988 hoặc đục lộ cốt thép ở một vài vị trí để xác định đường kính thực tế. So sánh với hồ sơ hoàn công nếu có.

5.2.3.3. Dùng thiết bị chuyên dụng đo điện thế cốt thép (CANIN hoặc các thiết bị tương đương) kết hợp với đục lộ cốt thép để xác định mức độ rỉ cốt thép theo ASTM C 876-91. Tại các vị trí cốt thép đã bị hở, cạo sạch rỉ và đo đường kính còn lại bằng thước kẹp cơ khí.

5.2.3.4. Dùng kính phóng đại có vạch đo chính xác tới 0,001mm xác định độ rộng các vết nứt nhìn thấy.

5.2.4. Đánh giá mức độ hư hỏng

5.2.4.1. Xác định khả năng chịu lực còn lại của kết cấu

Dựa vào cường độ bê tông trung bình của cấu kiện, độ đồng nhất về cường độ theo 5.2.2.2. Xác định giá trị cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán của bê tông trên cấu kiện thực theo TCVN 5574: 1991.

Căn cứ vào sơ đồ làm việc, hiện trạng hư hỏng của kết cấu, đường kính cốt thép còn lại, chiều dày lớp bảo vệ thực tế đã xác định trên các cấu kiện đại diện, tiến hành kiểm tính xác định khả năng chịu lực còn lại của kết cấu. Trên cơ sở đó phân các cấu kiện hoặc bộ phận kết cấu thành 2 nhóm:

- Cần gia cố tăng cường khả năng chịu lực, bao gồm các cấu kiện đã bị ăn mòn và hư hỏng nặng;
- Không cần gia cố tăng cường khả năng chịu lực, bao gồm các cấu kiện hư hỏng nhẹ hoặc chưa bị hư hỏng.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

5.2.4.2. Xác định mức độ và khả năng phòng chống ăn mòn của kết cấu.

5.2.4.2.1. Đối với kết cấu bê tông không cốt thép, phân thành 3 mức:

- Đá bị ăn mòn: Khi xuất hiện các dấu hiệu hư hỏng như đã nêu ở 5.1.1 hoặc chưa có các dấu hiệu này nhưng hàm lượng SO_3 trong bê tông vượt quá 6% khối lượng xi măng;
- Không còn đủ năng lực phòng chống ăn mòn: Khi các tính chất cơ lí của bê tông không thoả mãn yêu cầu ở bảng 1.
- Chưa bị ăn mòn, đủ năng lực đảm bảo độ bền lâu dài: Khi chưa thấy các hư hỏng bên ngoài, cường độ, độ chống thấm (hoặc hút nước) của bê tông thoả mãn yêu cầu ở bảng 1.

5.2.4.2.2. Đối với kết cấu bê tông cốt thép, phân thành 3 mức:

- Đã bị ăn mòn hoặc bê tông không còn khả năng bảo vệ cốt thép: Khi xuất hiện các dấu hiệu hư hỏng như đã nêu ở 5.1.2 hoặc chưa có các dấu hiệu này nhưng hàm lượng SO_4^{2-} quy đổi ra SO_3 trong bê tông đã vượt quá 6% khốilượng xi măng, tại vùng cận cốt thép hàm lượng $Cl^- > 1{,}0 kg/m^3$ hoặc pH < 11,0; cốt thép xác định theo 5.2.3.3 đã bị rỉ trên diện rộng và có vị trí hao tổn tiết diện trên 5%;
- Không còn đủ năng lực phòng chống ăn mòn: Khi cường độ, độ chống thấm (hoặc hút nước) của bê tông, chiều dày lớp bảo vệ, chiều rộng vết nứt không thoả mãn yêu cầu ở bảng 1; cốt thép xác định theo 5.2.3.3. bị rỉ cục bộ nhưng chưa có vị trí hao tổn tiết diện tới 5%.
- Chưa bị ăn mòn, đủ năng lực đảm bảo độ bền lâu dài: Khi chưa thấy các hư hỏng bên ngoài; thép chưa bị rỉ cục bộ, bê tông đảm bảo yêu cầu ở bảng 1.

5.2.4.3. Đánh giá về điều kiện làm việc của kết cấu, phân làm 2 loại:

- Có yếu tố gây tăng tốc độ ăn mòn như kết cấu làm việc, trong điều kiện không đúng quy định của thiết kế ban đầu, bị thấm dột, quá tải, đọng nước, tích tụ bụi bẩn, ẩm ướt kéo dài...;
- Không có các yếu tố trên.

5.3. Thiết kế sửa chữa

Thiết kế sửa chữa kết cấu đã bị hư hỏng và phòng chống ăn mòn kết cấu cần thực hiện đồng thời các bước sau đây:

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

5.3.1. Đảm bảo điều kiện làm việc của kết cấu:

Để đưa kết cấu về điều kiện làm việc bình thường, trong phương án thiết kế cần có biện pháp ngăn chặn hoặc loại bỏ các yếu tố đã gây tăng tốc độ ăn mòn như đã nêu ở 5.2.4.3.

5.3.2. Gia cố phục hồi lại khả năng chịu lực của kết cấu

Căn cứ vào tính toán theo 5.2.4.1 xác định mức độ gia cố kết cấu cần thực hiện. Các phương án gia cố thường dùng đối với bê tông cốt thép như sau:

5.3.2.1. Bổ sung cốt thép chịu lực bị hư hỏng cục bộ (không mở rộng tiết diện):

- Diện tích cốt thép cần bổ xung xác định theo tính toán;
- Liên kết với thép cũ bằng hàn hoặc buộc, chiều dài hàn hoặc buộc theo quy phạm. Thực hiện cho cả thép đai và chủ (ví dụ minh hoạ ở hình 3);

Hình 3: *Bổ sung cốt thép bị hư hỏng cục bộ nhưng không mở rộng tiết diện kết cấu*

5.3.2.2. Gia cố bằng thép hình hoặc thép tròn có mở rộng tiết diện. Áp dụng khi phải gia cố toàn bộ cấu kiện hoặc kết cấu chịu lực lớn (hình 4):

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Hình 4: *Gia cố có mở rộng tiết diện kết cấu*

5.3.2.3. Gia cố bằng thép kéo căng

- Khoan xuyên kết cấu tạo hố luồn cáp và mố neo, luồn cáp vào cấu kiện và thực hiện căng cáp trong kết cấu, sau đó bơm chèn vữa xi măng vào hố cáp để bảo vệ cáp.
- Lắp đặt các mố neo, ống luồn cáp ngoài và thực hiện căng cốt thép bên ngoài kết cấu. Cốt thép được bảo vệ bằng dầu (mỡ) bơm vào trong ống luồn cáp.

5.3.3. Phòng chống ăn mòn lâu dài cho kết cấu.

5.3.3.1. Đối với kết cấu bê tông không cốt thép:

- Trường hợp bê tông đã bị ăn mòn (đánh giá theo 5.2.4.2.1): Đục bỏ phần bê tông đã bị ăn mòn, tạo lớp bê tông mới (tính năng thỏa mãn yêu cầu ở bảng 1) chèn lấp lại vị trí đã đục bỏ.
- Trường hợp bê tông không còn đủ năng lực chống ăn mòn (xem 5.2.4.2.1). Tạo lớp bê tông bảo vệ bổ sung ở mặt ngoài kết. Cách làm tương tự như đối với bê tông cốt thép theo 5.3.3.2.2.

5.3.3.2. Đối với kết cấu bê tông cốt thép:

5.3.3.2.1. Trường hợp kết cấu đã bị ăn mòn hoặc bê tông không còn khả năng bảo vệ cốt thép

- Xử lí hư hỏng cục bộ: Đục tẩy các phần bê tông đã bị bong lở xung quanh khu vực cốt thép bị gỉ, tẩy gỉ cốt thép, chú ý loại bỏ cả phần bê tông đã bị nhiễm mặn sau cốt thép tối thiểu

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

20-30mm (xem hình 3). Chèn đầy vị trí đã đục bỏ bằng đổ lại bê tông, bê tông phun khô, vữa trát có mác và độ chống thấm cao, bê tông phun khô kết hợp vữa trát, vữa bơm. Bê tông hoặc vữa mới phải có tính năng thoả mãn yêu cầu ở bảng 1.

- Trong trường hợp bê tông mất khả năng bảo vệ cốt thép ở trên diện rộng tại nhiều vị trí của kết cấu, đặc biệt là khi bê tông bị nhiễm mặn nặng thì phải thiết kế chống ăn mòn cốt thép cho toàn bộ kết cấu theo các biện pháp thông dụng có thể áp dụng như sau:

+ Bảo vệ mặt ngoài kết cấu. Thực hiện bằng một trong các phương án:

• Bằng lớp bê tông thường có lưới thép cấu tạo. Lưới thép dùng loại ϕ4-6mm ô đan 150-200mm liên kết tốt với kết cấu cũ. Chiều dày bê tông đổ mới tối thiểu 60mm, trong đó riêng chiều dày bê tông bảo vệ lưới thép cấu tạo không nhỏ hơn giá trị ở bảng 1. Mác bê tông, độ chống thấm phù hợp với yêu cầu bảng 1 (xem hình 5a). Phương án này nên áp dụng cho sửa chữa kết cấu nền, kết cấu bản hoặc mặt khối đổ nghiêng ≤ 30°.

• Bằng lớp bê tông phun khô có lưới thép cấu tạo. Lưới thép dày loại ϕ1 ô đan 15 - 25mm được liên kết tốt với kết cấu cũ. Chiều dày lớp bê tông phun tối thiểu tính tới lưới thép cấu tạo và mác bê tông phun phù hợp với yêu cầu ở bảng 1 và 4.1.2. Phương án này nên áp dụng cho các kết cấu đứng, kết cấu trần;

• Bằng bê tông phun khô kết hợp vữa trát có lưới thép cấu tạo. Lưới thép dùng loại ϕ1 ô đan 15-25mm liên kết tốt với kết cấu bên trong. Chiều dày lớp bê tông và vữa tối thiểu tính tới lớp lưới thép cấu tạo và mác bê tông, mác vữa phù hợp với yêu cầu ở bảng 1 và 4.1.2 (xem hình 5b). Phương án này nên áp dụng cho kết cấu đứng, kết cấu trần có yêu cầu hoàn thiện bề mặt cao.

+ Bảo vệ catốt: Áp dụng trong các trường hợp kết cấu khó xử lí bằng các phương án thông thường. Thực hiện theo chỉ dẫn riêng.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

a) Ví dụ cho nền

b) Ví dụ cho cột dầm, tường

Hình 5: *Bảo vệ mặt ngoài kết cấu bằng lớp bê tông/vữa chống thấm*

5.3.3.2.2. Trường hợp kết cấu không còn đủ năng lực phòng chống ăn mòn (điển hình là các trường hợp chiều dày bê tông bảo vệ mỏng, không đạt mác và độ chống thấm):

- Đối với kết cấu có lớp bê tông bảo vệ mỏng, không đạt mác theo yêu cầu ở bảng 1 thì bảo vệ mặt ngoài bằng lớp bê tông phun khô, vữa trát chống thấm hoặc sơn chống thấm để ngăn chặn sự xâm nhập của nước, ôxy và các chất xâm thực vào kết cấu.

  Chiều dày lớp bê tông/vữa chống thấm mới được tính toán sao cho tổng cộng lớp bê tông bảo vệ cũ và lớp bảo vệ mới đạt yêu cầu bảo vệ tối thiểu theo quy định ở bảng 1. Trước tiên quy đổi lớp bê tông bảo vệ cũ về lớp bê tông bảo vệ tương đương có mác M300, M400 và M500 theo hướng dẫn ở bảng 3. Từ đây so sánh với chiều dày lớp bảo vệ cần phải có theo bảng 1 (cùng mác). Phần chiều dày bị thiếu hụt được thay thế bằng lớp bê tông/vữa mới theo cách làm ghi ở 4.1.2.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Bảng 3. Quy đổi chiều dày bê tông bảo vệ theo các mác khác nhau về chiều dày bảo vệ tương đương của mác 300, 400, 500

Mác bê tông của kết cấu thực	Chiều dày trên kết cấu thực	Chiều dày bảo vệ tương đương của M300	Chiều dày trên kết cấu thực	Chiều dày bảo vệ tương đương của M400	Chiều dày trên kết cấu thực	Chiều dày bảo vệ tương đương của M500
200	2	1	2,5	1	3	1
250	1,5	1	2,0	1	2,5	1
300	1	1	1,5	1	2	1
400	0,75	1	1	1	1,5	1

Chú thích: *Bê tông có mác dưới 200 không xét khả năng bảo vệ*

Phương án bảo vệ bằng sơn chống thấm phủ bề mặt được thiết kế theo chỉ dẫn riêng xem ACI 515.1R-79a).

- Đối với các vết nứt rộng quá giới hạn cho phép, để bảo vệ cốt thép cần trám bịt kín vết nứt ngăn không cho chất xâm thực, không khí, hơi ẩm từ ngoài vào trực tiếp gây gỉ cốt thép. Tuỳ thuộc vào khả năng tiếp tục biến dạng, độ rộng và chiều sâu của vết nứt có thể lựa chọn một trong các cách làm như sau:

+ Trám miệng vết nứt bằng vữa xi măng mác cao, vữa epoxy vào các vết nứt nông, không biến dạng (hình 6);

+ Bơm keo epoxy độ nhớt nhỏ vào vết nứt nhỏ, sâu, khô ráo (hình 7);

+ Bơm keo polyurethane nở khi gặp nước vào vết nứt nhỏ, sâu, bị thấm nước;

+ Xảm keo polime đàn hồi polyurethane, polysulfide, silicon... vào vết nứt còn tiếp tục biến dạng (hình 8).

- Đối với các vết nứt lớn ≥ 0,5mm; các vết rỗ, mạch ngừng thấm nước có khuyết tật lớn có thể kết hợp gia cố kết cấu và bảo vệ cốt thép bằng bơm ép hồ, vữa xi măng theo chỉ dẫn kèm quyết định 20/1999/QĐ-BXD.

a) Hiện trạng vết nứt b) Đục miệng vết nứt c) Trám vết nứt

Hình 6: *Phương pháp trám miệng vết nứt bằng vữa xi măng không co, keo epoxy*

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

***Hình 7:** Phương pháp bơm chèn keo epoxy vào vết nứt*

***Hình 8:** Phương pháp xảm keo đàn hồi vào vết nứt*

5.4. Thi công sửa chữa

Trong sửa chữa các kết cấu bị ăn mòn, các công việc thông thường như lắp dựng coppha, cốt thép và đổ bê tông được thực hiện theo các quy phạm hiện hành có bổ sung thêm các yêu cầu ghi ở 4.3.

Ngoài ra cần lưu ý tới các việc sau đây:

5.4.1. Chống đỡ kết cấu

Khi thực hiện việc sửa chữa hoặc gia cố kết cấu, đặc biệt là đối với các kết cấu đã bị giảm yếu khả năng chịu lực, nhất thiết phải tiến hành chống đỡ kết cấu và giải phóng hoàn toàn hoặc một phần kết cấu cần sửa chữa khỏi trạng thái chịu lực. Các kết cấu chịu lực tải lớn có thể chia ra xử lí từng phần thiết diện.

5.4.2. Tẩy rỉ cốt thép

Cốt thép phải được đánh sạch rỉ bằng bàn chải, chổi sắt hoặc phun cát.

Khi cần sơn chống rỉ cốt thép, sơn bảo vệ cốt thép phải đáp ứng yêu cầu kĩ thuật theo ASTM D 3963/D 3963 M-93a.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

5.4.3. Tăng cường bám dính giữa bê tông/vữa mới và bê tông cũ.

Cách làm như sau:

- Đục nhám bề mặt bê tông cũ, rửa sạch bề mặt bằng nước, để ráo nước;
- Quét một lớp hồ xi măng sệt với tỉ lệ N/X ≤ 0,3 hoặc hồ xi măng polime acrylic, xi măng polime styrenbutadien bề mặt bê tông cũ (tỉ lệ polime 15-20% khối lượng xi măng). Polime tạo dính hệ latex phải đáp ứng yêu cầu kĩ thuật theo ASTM C 1509-90;

Ghi chú: *Việc phun hoặc đổ bê tông, bơm hay trát vữa lên bề mặt bê tông cũ cần được thực hiện ngay khi hồ xi măng tạo dính còn chưa khô.*

Có thể sử dụng chất tao dính bằng keo epoxy theo ACI 503.2-79.

5.4.4. Thi công bê tông và vữa sửa chữa

- Đổ bê tông: Thực hiện theo TCVN 4453: 1995. Chú ý sử dụng cốt liệu kích thước D_{max} không vượt quá 1/3 kích thước nhỏ nhất của khối đổ và tạo liên kết tốt với bê tông cũ. Xử lí các hư hỏng cục bộ ở kết cấu đứng tham khảo hình 9.

Hình 9: *Phương pháp đổ chèn bê tông trong sửa chữa kết cấu*

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

- Bơm vữa xi măng lỏng không co. Thực hiện theo "Bê tông - Chỉ dẫn kĩ thuật và xử lí các vết nứt và thấm bằng công nghệ bơm ép hồ vữa xi măng" (ví dụ minh hoạ ở hình 10).
- Phun bê tông khô: Thực hiện theo "Bê tông phun khô - Chỉ dẫn kĩ thuật thi công và nghiệm thu" (ví dụ minh hoạ hình 11).
- Trát vá: Áp dụng để sửa chữa các khuyết tật nhỏ và cục bộ. Trám thành nhiều lớp, chiều dày mỗi lớp trát khống chế 10 ÷ 20mm (ví dụ minh hoạ ở hình 12).
- Bảo dưỡng bê tông và vữa: Thực hiện theo TCVN 5592:1991.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

WWW.DAYKEMQUYNHON.UCOZ.COM WWW.FACEBOOK.COM/DAYKEM.QUYNHON

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phùng Văn Lự, Phan Khắc Trí, Phạm Duy Hữu. *Vật liệu Xây dựng*. Nhà xuất bản Giáo dục 2002.
2. GS.TS Dương Đức Tín. *Vật liệu và công nghệ trong sửa chữa công trình bê tông*. Nhà xuất bản Nông nghiệp 2002.
3. TS. Nguyễn Mạnh Phát. *Nghiên cứu nâng cao khả năng chống ăn mòn cho bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển*. Luận án PTS Khoa học, 1997.
4. TS Cao Duy Tiến. *Hiện tượng ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép dưới tác động khí hậu ven biển Việt Nam*. Hội thảo quốc tế bê tông bền biển 1994.
5. АлексеевС.Н. Коррозионная Стойкость железобетонных Конструкций в агрессивной промышленной среда. Розенталь Н.К (1976).
6. Москвин В.М.- Иванов Ф.М.- Алексеев С.Н. Гузеев Е.А (1980) строиздат, Москва. Коррозия ветна и железоветона, методы их защиты.
7. Микульский В.Т - Горгаков И.Г. строительные Материалы (1996) Москва.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Đóng góp PDF bởi GV. Nguyễn Thanh Tú WWW.BOIDUONGHOAHOCQUYNHON.BLOGSPOT.COM

WWW.DAYKEMQUYNHON.UCOZ.COM WWW.FACEBOOK.COM/DAYKEM.QUYNHON

MỤC LỤC

Trang

Phần mở đầu. Tổng quan về nghiên cứu ăn mòn và biện pháp chống ăn mòn cho bê tông và bê tông cốt thép

0.1. Tình hình nghiên cứu chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trên thế giới 5

0.2. Tình hình nghiên cứu chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép ở Việt Nam 6

Chương 1. Lí thuyết chung về ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép

1.1. Khái niệm về ăn mòn 9

1.2. Đặc trưng của quá trình ăn mòn 11

Chương 2. Vật liệu xây dựng - đối tượng bị ăn mòn

A. Các yêu cầu chung đối với bê tông xi măng pooclăng 32

2.1. Khái quát 32

2.2. Vật liệu 32

2.3. Yêu cầu về cường độ nén 35

2.4. Yêu cầu về điều kiện bảo dưỡng bê tông 36

B. Cấu trúc và cường độ của bê tông xi măng 37

2.5. Cấu trúc vi mô của bê tông 37

2.6. Các giai đoạn hình thành cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông 42

Chương 3. Ăn mòn và chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển

3.1. Đặc điểm môi trường biển Việt Nam 44

3.2. Ăn mòn và phá huỷ các công trình bê tông cốt thép xây dựng trong môi trường biển Việt Nam 47

3.3. Nguyên nhân gây ăn mòn và phá hủy các công trình bê tông cốt thép xây dựng trong môi trường biển Việt Nam 49

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Đóng góp PDF bởi GV. Nguyễn Thanh Tú WWW.BOIDUONGHOAHOCQUYNHON.BLOGSPOT.COM

Chương 4. Các Biện pháp bảo vệ kết cấu bê tông và bê tông cốt thép chống ăn mòn

4.1. Phương pháp bảo vệ bê tông khỏi sự ăn mòn hoá học 55

4.2. Phương pháp bảo vệ cốt thép khỏi ăn mòn 61

Phụ lục. TCXDVN 327 : 2004 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển 68

Tài liệu tham khảo 93

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

WWW.DAYKEMQUYNHON.UCOZ.COM WWW.FACEBOOK.COM/DAYKEM.QUYNHON

LÍ THUYẾT ĂN MÒN VÀ CHỐNG ĂN MÒN BÊ TÔNG - BÊ TÔNG CỐT THÉP TRONG XÂY DỰNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:
BÙI HỮU HẠNH

Biên tập: TẠ HẢI PHONG
Chế bản: PHẠM HỒNG LÊ
Sửa bản in: TẠ HẢI PHONG
Trình bày bìa: VŨ BÌNH MINH

In 500 cuốn khổ 17 × 24cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng kí kế hoạch xuất bản số 18-2007/CXB/87-83/XD ngày 26/12/2006. In xong và nộp lưu chiểu tháng 9/2007.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRẦN HƯNG ĐẠO TP.QUY NHƠN

Đóng góp PDF bởi GV. Nguyễn Thanh Tú WWW.BOIDUONGHOAHOCQUYNHON.BLOGSPOT.COM