NÂNG CAO TUỔI THỌ CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP

Phạm Văn Nhơn[1]

Tóm tắt: *Nghiên cứu về ăn mòn và chống ăn mòn cho bê tông - bê tông cốt thép để tăng cường độ bền và kéo dài tuổi thọ cho các công trình xây dựng đang là một vấn đề được nhiều nhà khoa học và cơ quan trong cả nước quan tâm.Vấn đề nâng cao chất lượng và tuổi thọ cho công trình cũng được xem là nâng cao khả năng chống ăn mòn cho bê tông và cốt thép trong các kết cấu xây dựng. Các nghiên cứu đều có những kết luận thống nhất về nguyên nhân ăn mòn là do các sản phẩm thủy hóa của xi măng bị hòa tan vào môi trường hoặc tác dụng với các muối, acid có trong môi trường tạo ra những hợp chất có tính tan mạnh hoặc nở thể tích gây nên sự phá hủy cấu trúc nội bộ của bê tông. Ở nước ta vấn đề ăn mòn và chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép chỉ mới tập trung cho các công trình trong môi trường biển và ven biển mà chưa quan tâm nhiều đến vấn đề chống ăn mòn cho công trình bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường khác. Cùng với sự ăn mòn bê tông bởi các tác nhân của môi trường, còn có cả sự ăn mòn cốt thép trong môi trường bê tông là quá trình oxyt hóa, theo đó là sự phá vỡ màng bảo vệ thụ động của cốt thép do sự xâm nhập của ion chlorur hoặc CO_2. Ngoài ra còn có cả sự ăn mòn do quá trình điện phân trong bê tông cốt thép. Sự ăn mòn này bộc phát khi đạt đến một giá trị giới hạn ngưỡng. Trong phạm vi bài viết sẽ trình bày cơ bản về các cơ chế của loại ăn mòn này và áp dụng các giải pháp để nâng cao tuổi thọ công trình bê tông cốt thép theo EN 1054.*

Từ khóa: *Ăn mòn cốt thép trong bê tông, tuổi thọ công trình.*

Abstract: *Research on corrosion and anti-corrosion for concrete, reinforced concrete to enhance durability and prolong the life span of structures is a matter of concern to many scientists and agencies throughout the country. The raise of quality and life time of buildings is also considered to improve the corrosion resistance for concrete and steel in reinforced concrete structures. Many studies have reached a unified conclusion about the cause of corrosion is due to the hydration products of cement dissolved in the environment or interact with salts, acids in environment to create compounds with properties of strong melting or volume expansion causes destruction of the internal structure of concrete. In our country the issue of corrosion and corrosion protection of concrete and reinforced concrete structures has only focused on constructions in the marine and coastal environment but has not paid much attention to the corrosion protection issues for concrete and reinforced concrete constructions in other environments. Along with the concrete erosion by environmental agents, there is also a corrosion of reinforcement in concrete environment. That is an oxidation process, followed by the breakdown of passive protection layer of reinforcement due to penetration of chlorur ion or carbon dioxide. At the iniation this corrosion does not happen on the surface of steel, but only propagates when a threshold limit value is reached. Within the scope of this article, basic mechanisms of these types of corrosion will be displayed and solutions to improve the service life of reinforced concrete structures according to EN 1054 will be applied.*

Key words: *Corrosion of steel in concrete, life span/service life of structures*

[1] Thạc sĩ - Trường Đại học Nam Cần Thơ

1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG QUAN TÂM VỀ CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

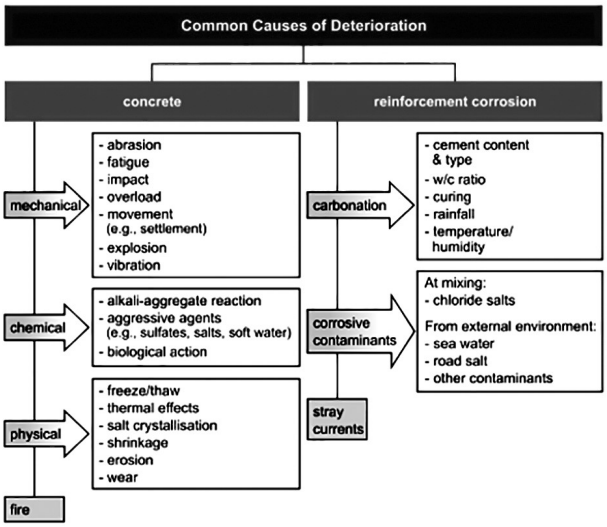
1.1. Quản lý chất lượng công trình xây dựng trong giai đoạn hiện nay

Ngày 26/10/2016, Bộ Xây dựng đã ban hành Thông tư 26/2016/TT-BXD quy định một số nội dung về Quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng. Thông tư quy định về *Nghiệm thu thiết kế xây dựng công trình*; *Chế độ và trách nhiệm giám sát thi công xây dựng công trình; Nội dung giám sát thi công xây dựng; Nghiệm thu công việc xây dựng; Nghiệm thu hoàn thành hạng mục công trình, công trình xây dựng đưa vào sử dụng; Nhật ký thi công xây dựng công trình; Bản vẽ hoàn công; Quy định về lưu trữ hồ sơ hoàn thành công trình và hồ sơ phục vụ quản lý, vận hành, bảo trì công trình; Kiểm tra công tác nghiệm thu công trình xây dựng* theo quy định tại Điều 32 Nghị định 46/2015/NĐ-CP*;*

Theo TCVN 12041:2017 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - yêu cầu chung về thiết kế độ bền lâu và tuổi thọ trong môi trường xâm thực (Concrete and reinforced concrete structures - General requirements for design durability and service life in corrosive environments), quản lý chất lượng công trình xây dựng luôn là vấn đề được quan tâm. Các công trình qui mô càng lớn, kỹ thuật phức tạp thì yêu cầu cao hơn về tiêu chuẩn chất lượng. Trong khi đó, trình độ kỹ thuật và kỹ năng quản lý chưa đáp ứng yêu cầu; cơ chế quản lý và những yếu tố thị trường chưa đồng bộ và hoàn chỉnh. Quản lý không tốt chất lượng công trình xây dựng sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới độ bền vững, tuổi thọ công trình tổn hại rất lớn cho quá trình đầu tư và phát triển. Các nhà thiết kế đôi khi thường chỉ quan tâm đến cường độ, ổn định công trình, vấn đề độ bền lại rất ít quan tâm dẫn đến chất lượng công trình bị suy giảm (Degree of deterioration) nhiều so với yêu cầu cấp công trình.

1.2. Tuổi thọ (Life Span) và bệnh học công trình (Construction Pathology)

Tuổi thọ công trình là thời gian của công trình từ khi đưa vào sử dụng cho tới khi đạt trạng thái giới hạn. Tuổi thọ công trình phụ thuộc vào tính chất riêng của từng loại vật liệu hình thành kết cấu công trình; môi trường nơi công trình tồn tại và hàng loạt các yếu tố ảnh hưởng do quản lý con người gây ra (Hình 1).



Hình 1. Những nguyên nhân phổ biến gây nên những khiếm khuyết của bê tông theo EN1504-9

Tuổi thọ công trình xây dựng được xác định trên cơ sở độ bền vững của công trình quy định tại Mục 2.2.1.8 của QCVN 03:2012/BXD, cụ thể:

- Bậc I: Niên hạn sử dụng trên 100 năm
- Bậc II: Niên hạn sử dụng từ 50 năm đến 100 năm.
- Bậc III: Niên hạn sử dụng từ 20 năm đến dưới 50 năm.
- Bậc IV: Niên hạn sử dụng dưới 20 năm.

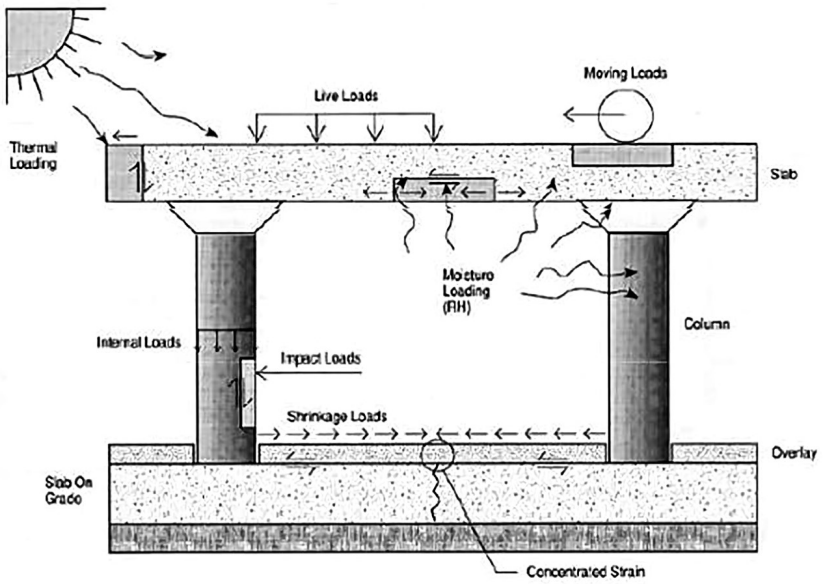
Theo quy định tại Khoản 4, Điều 80 Luật Xây dựng qui định thời hạn sử dụng và quy trình vận hành, bảo trì công trình. Độ bền công trình được đặc trưng bởi độ đặc chắc và điện trở suất cao của bê tông và chất lượng cốt thép. Trong quá trình sử dụng công trình nhiều tham số cơ bản bị suy giảm tác động ảnh hưởng trực tiếp tới khả năng chịu lực của cấu kiện hoặc cả hệ kết cấu. Về mặt lý thuyết quá trình suy giảm do lão hóa của một tham số đặc trưng nào đó của một bộ phận công trình có thể biểu đạt bằng công thức $R_t = R_0 e^{-\lambda t}$.

R_0 - Đặc trưng cường độ ban đầu của kết cấu

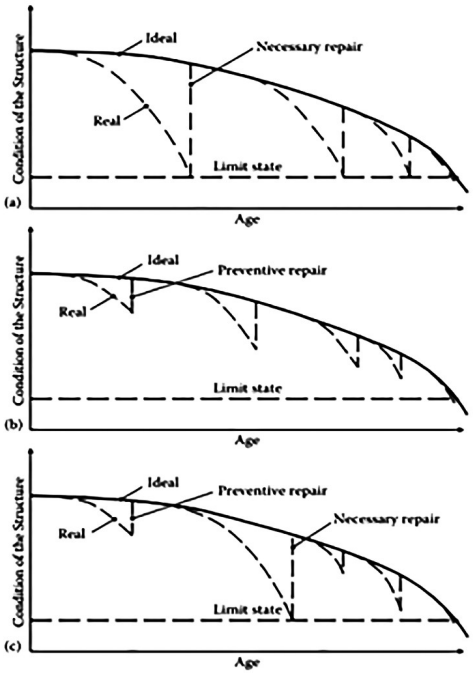
R_t - Đặc trưng cường độ tại thời điểm t

λ - hằng số thực nghiệm.

Về bệnh học công trình trong suốt quá trình tồn tại, công trình xây dựng chịu tác động của nhiều nguồn tác động khác nhau. Đó là các nguyên nhân gây ra bệnh hay suy giảm khả năng làm việc, chất lượng của công trình (Hình 2).



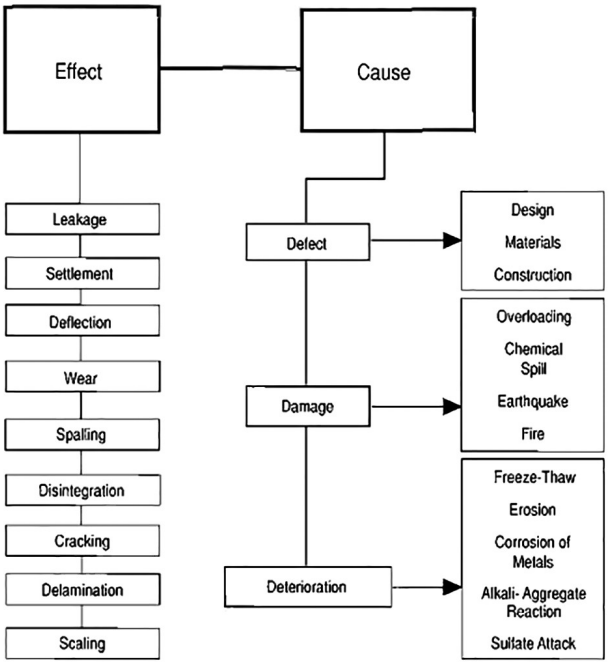
Hình 2. Các nguồn gây "bệnh" làm suy giảm độ bền cho công trình



Hình 3. Độ bền công trình phụ thuộc vào quan niệm bảo trì.
(From Frangopol, DM., in Proceedings of the 6th International Worshop on Material Properties and Science).
Source: Concrete Repair to EN 1504 Diagnosis, Design, Principles and Practice

1.3. Ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép khi chịu các tác động

Trong quá trình làm việc bê tông cốt thép không ứng xử như chúng ta kỳ vọng (do bản chất bê tông là vật liệu xốp, nhiều lỗ rỗng) như sự nát vỡ, nứt vỡ, nứt thấm, hao mòn, co ngót, biến dạng, lún. Các tác nhân trên đều là nguyên nhân làm hư hỏng, giảm tuổi thọ công trình. (Hình 4).



Hình 4. Sơ đồ ứng xử của bê tông cốt thép khi chịu hệ quả từ các tác động

1.3.1. Sự phá hoại do chịu tải trọng

Bê tông và cốt thép cùng chịu tải trọng cho đến khi kết cấu bị phá hoại (kể cả không đủ lượng cốt thép hoặc cốt thép quá nhiều). Với thanh chịu kéo, sau khi bê tông bị nứt, cốt thép chịu toàn bộ lực kéo và thanh bị xem là bị phá hoại khi ứng suất trong cốt thép đạt giới hạn chảy. Với thanh chịu nén, sự phá hoại bắt đầu khi ứng suất trong bê tông đạt cường độ chịu nén. Sự phá hoại của dầm chịu uốn có thể bắt đầu từ cốt thép ở vùng kéo khi ứng suất trong nó đạt giới hạn chảy hoặc bắt đầu từ vùng nén khi ứng suất trong bê tông đạt cường độ chịu nén.

1.3.2. Sự hư hỏng do các tác dụng cơ học, hóa học và sinh học của môi trường.

1.3.2.1. Về mặt cơ học

Bê tông có thể bị bào mòn do mưa và dòng chảy, đặc biệt là trong công trình thủy lợi, giao thông. Để chống lại các tác dụng cơ học, cần bảo đảm cường độ cần thiết cho bê tông và độ đặc chắc ở bề mặt công trình.

1.3.2.2. Về mặt sinh học (Microbiologically Influenced Corrosion):

Về sinh học, các loại rong, rêu, hà, vi khuẩn ở sông, biển đều gây tác dụng phá hoại bề mặt bê tông.

1.3.2.3. Về mặt hóa học:

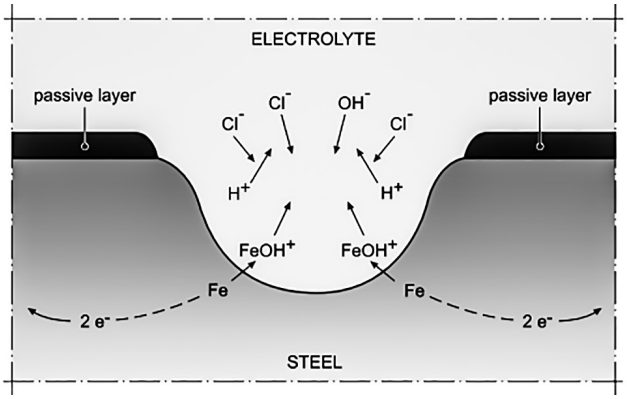
Tác động của các ion Cl^-

Sự có mặt ion **Cl^-** trong vùng 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 lớp phủ kết dính được gọi là màng bảo vệ thụ động hình thành do độ kiềm của bê tông. Lớp phủ này bao gồm các hợp chất của Fe^{2+} và Fe^{3+}, (Protective Pasive layer/film). Nếu nồng độ clorua tới hạn hoặc do quá trình cacbonat hóa, màng này hòa tan làm cho sự ăn mòn cốt thép tăng lên nhanh chóng và gây nứt và suy thoái lực dính của bê tông. Cơ chế ăn mòn và phá hủy cốt thép cơ chế sau:

Anode: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

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

Ngoài sự xâm thực (penetration) do tác dụng hóa học, nhất là sự xâm thực của các ion clorua (**Cl^-**) ở môi trường biển (môi trường ngoài), cốt thép còn chịu tác dụng điện phân của môi trường một cách tự nhiên (carbonation - môi trường bên trong). (Xem hình 5)



Hình 5. Schematic representation of the conditions within an anodic pit induced by the action of chlorides. (From Page, C.L., Havdahl,). Materiaux et Constructions 18 (1985. No. 103, s. 41-47.)

1.3.3. Ăn mòn cốt thép bên trong bê tông

1.3.3.1. Ăn mòn do điện phân

Ăn mòn cốt thép trong bê tông là một phản ứng điện hóa. Chúng được hình thành theo 2 cách, khi có sự thay đổi đặc trưng bề mặt cốt thép (2 loại có điện thế khác nhau) hoặc trong vùng cận có sự tập trung dòng điện hình thành do sự tập trung các ion hòa tan như kiềm và clorua (alkalies and chlorides). Hai cách đó hình thành hiện tượng ăn mòn điện hóa (pin điện) trong đó môi trường bê tông là chất điện phân.

Giải thích tiến trình ăn mòn: Trong bê tông cốt thép, cốt thép có thể có nhiều khu vực riêng biệt ở các mức năng lượng khác nhau. Bê tông đóng vai trò là chất điện phân (Electrolyte), và kết nối kim loại bởi các dây buộc, hoặc thanh cốt thép. Ăn mòn là một quá trình điện hóa (Electrochemical Process) liên quan đến dòng điện tích (Electrons và ions). Tại các vị trí hoạt động trên thanh, được gọi là cực dương, các nguyên tử sắt bị mất electron và di chuyển vào bê tông xung quanh dưới dạng các ion sắt (ferrous ion). Quá trình này được gọi là phản ứng oxy hóa (oxidation reaction) hay phản ứng anode (Anodic process - Dissolution of irons) (Hình 6), và được biểu diễn dưới dạng:

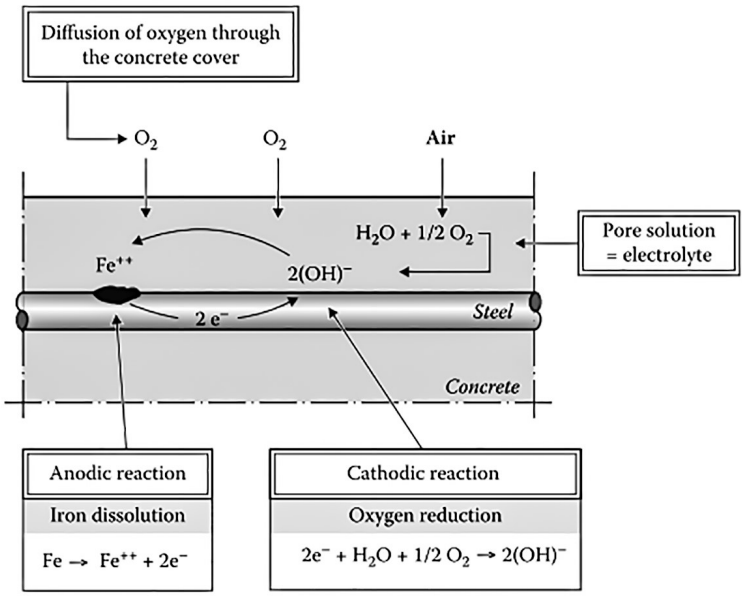
$$2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^{-}$$

Các electron vẫn ở trong thanh di chuyển đến các vị trí được gọi là cathode (Cathodic process - Consumption of electrons), ở đó chúng kết hợp với nước và oxy trong bê tông. Phản ứng ở cực âm được gọi là phản ứng khử (Reduction Reaction). Một phản ứng khử phổ biến là:

$$2H_2O + O_2 + 4e^{-} \rightarrow 4(OH)^{-}$$

Để duy trì tính trung tính điện, các ion sắt di chuyển qua nước lỗ rỗng bê tông đến các vị trí cathode này, ở đó chúng kết hợp với nhau để tạo thành hydroxit sắt (ion hydroxides), hay rỉ sét:

$$2Fe^{2+} + 4(OH)^{-} \rightarrow 2Fe(OH)_2$$

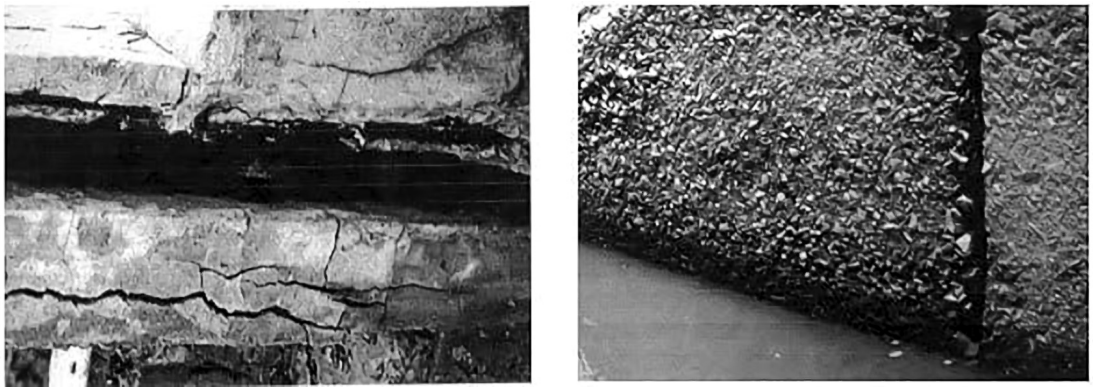


Hình 6. Minh họa cơ chế ăn mòn cốt thép bên trong môi trường bê tông

Khi cốt thép bị gỉ, thể tích lớp gỉ tăng lên nhiều lần so với thể tích kim loại ban đầu, nó chèn ép lên bê tông, gây ra vết nứt, phá hỏng lớp bảo vệ. Sự xuất hiện vết nứt quá rộng làm cho cốt thép dễ bị rỉ. Trong môi trường có hơi nước mặn, môi trường có nhiệt độ và độ ẩm cao, cốt thép bị rỉ nhanh hơn. Cốt thép ứng suất cao, sự gia công nguội cũng làm cho cốt thép dễ bị rỉ.

Nhiều sự cố công trình mà nguyên nhân chủ yếu là do ăn mòn cốt thép trong bê tông hoặc ăn mòn thép ứng lực trước trong kết cấu bê tông cốt thép ứng lực trước (Hình 7, Hình 8). Chống rỉ cho cốt thép là một yêu cầu hết sức quan trọng. Việc làm sạch bề mặt cốt thép và dùng nước sạch là điều bắt buộc khi thi công đổ bê tông.

Hình 7. Sự ăn mòn cốt thép được xem là nguyên nhân chính dẫn đến hư hỏng của kết cấu BTCT trong môi trường biển.



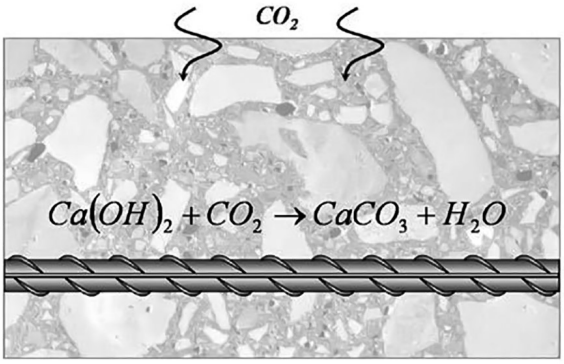
Hình 8. Ăn mòn bê tông Cống Vàm Đồn - Bến Tre

1.3.3.2. Quá trình carbonat hóa

Khi bê tông cốt thép còn chưa bị carbonat hóa, bê tông có tính chất kiềm, nồng độ pH luôn giữ từ 12 đến 13. Trong môi trường có tính kiềm cao như vậy cốt thép không thể bị ăn mòn. Khi đặt cốt thép trong môi trường bê tông đặc chắc, môi trường kiềm trong bê tông cao, tạo điều kiện hình thành trên bề mặt cốt thép một lớp màng oxyt mỏng được gọi là màng "thụ động". Sự vận động của pha lỏng trong các kẽ hở của bê tông do sự chuyển đổi của các hợp chất bị thủy hóa. Phản ứng carbonation của bê tông do oxyt carbon (CO_2) có trong không khí

thấm sâu vào lớp bê tông bảo vệ dẫn đến độ pH bị giảm, thì màng thụ động trên cốt thép bị yếu, dẫn đến cốt thép bị ăn mòn (pH < 9).

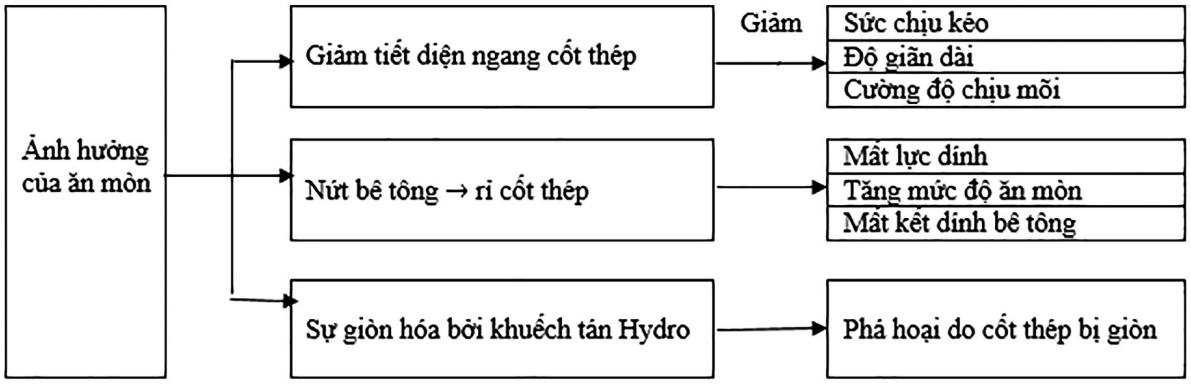
Bắt đầu từ thời điểm này cốt thép trong bê tông không còn được bảo vệ tốt để chống lại ăn mòn nữa. Do sự thẩm thấu của nước, các tạp chất có tính oxy hóa cao (đặc biệt là môi trường chứa ion CL^-) tác động trực tiếp vào cốt thép làm oxy hóa cốt thép. Sản phẩm của quá trình oxy hóa cốt thép là hỗn hợp $Fe_2O_3.H_2O$, $Fe(OH)_2$. Oxy hóa cốt thép đến một mức độ nào đó nó sẽ tạo thành một lớp rỉ sắt, lớp rỉ sắt này xốp có thể tích lớn gấp 2 đến 7 lần thể tích sắt tạo ra nó. Carbonat hóa cũng như clorua hóa, các tác nhân này đều phá hủy màng bảo vệ thụ động của cốt thép. Carbonat hóa không làm ảnh hưởng đến tốc độ ăn mòn; tuy nhiên, quá trình này thúc đẩy sự ăn mòn của các ion chlorur.



Hình 9. Sự xâm nhập CO_2 xảy ra phản ứng hóa học làm giảm độ kiềm trong môi trường bê tông

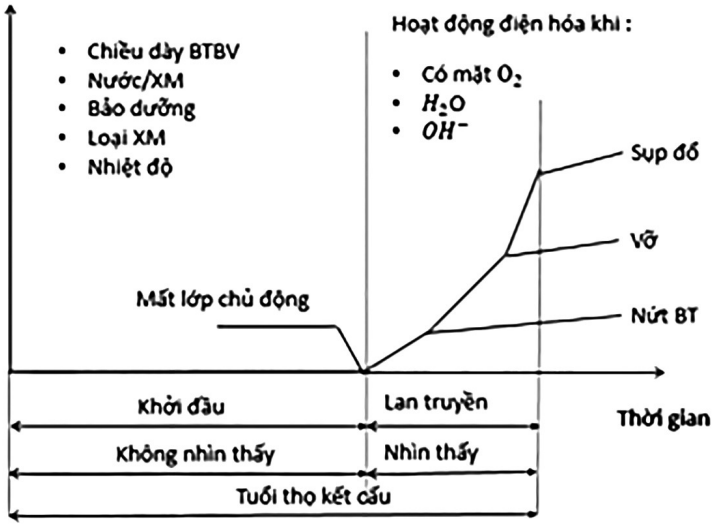
Ngoài ra, bê tông còn bị hư hỏng do quá trình lão hóa dẫn đến sự suy thoái của lực dính; vật liệu có thể trở thành rời rạc, làm mất khả năng chịu lực của bêtông. Sự suy thoái của vật liệu thường được biểu lộ qua vết nứt bề mặt (Surface cracking) và sự phá vỡ (Spalling) của bê tông. Quan sát các dạng vết nứt có thể chỉ cho ta biết sơ bộ nguyên nhân của các vết nứt. Còn nguyên nhân của phá hoại kết cấu cần phải được xem xét bằng cả những thí nghiệm hiện trường và ở phòng thí nghiệm để xác định chính xác.

1.3.4. Hệ quả do tác động của ảnh hưởng ăn mòn *(Hình 9)*



Hình 10. Sơ đồ hệ quả của sự ăn mòn - giảm khả năng chịu tải và tăng thể tích gây giãn nở dẫn đến nứt và vỡ bê tông.

Đối với thép trong bê tông, tốc độ ăn mòn thụ động thường là 0.1µm mỗi năm. Khi tỉ số phân tử gram CL^-/OH^- cao hơn 0.6, thép không còn được bảo vệ bởi lớp bảo vệ thụ động oxyt sắt (iron - oxide film). Khi lượng chlorur lớn hơn, bê tông có khuynh hướng giữ ẩm làm tăng nguy cơ ăn mòn cốt thép do hạ thấp điện trở suất của bê tông. Khi không còn màng bảo vệ thụ động, thép sẽ ăn mòn với tốc độ cao hơn ít nhất 1.000 lần (ACI).



Hình 11. Iniation and propagation periods for corrosion in a reinforced concrete structures (From Tuutti's model)

Ngoài những nguyên nhân trên, công trình bê tông cốt thép còn bị hư hỏng do những sai lầm chủ quan của con người trong thiết kế, thi công và quản lý như cháy, nổ, địa chấn.

Ngày nay với những thành tựu mới về phương pháp kiểm tra chất lượng vật liệu, với những thiết bị đo truyền sóng siêu âm, sự xuất hiện của vật liệu polyme, công nghệ chế tạo cấu kiện ứng lực trước v.v... đã xuất hiện một lĩnh vực công nghệ mới về gia cố, phục hồi khả năng chịu lực của kết cấu bê tông cốt thép, đem lại giá trị kinh tế, kỹ thuật rất lớn.

Luật Xây dựng được Quốc hội nước Cộng hòa XHCN Việt Nam khóa XIII, kỳ họp Thứ 7 thông qua ngày 18 tháng 6 năm 2014, tại Điều 112 - Quyền và nghĩa vụ của chủ đầu tư trong việc thi công xây dựng công trình - qui định "Thuê tổ chức tư vấn có đủ năng lực hoạt động xây dựng để kiểm định chất lượng công trình khi cần thiết". Với nội dung hoạt động kiểm định gồm việc khảo sát bằng thiết bị các tham số đặc trưng liên quan tới đánh giá chất lượng; Phân tích (giải đoán) chất lượng của bê tông. Các chẩn đoán kiểm định đúng đắn, kịp thời tìm ra những nguyên nhân tác động ăn mòn của bê tông cốt thép để khắc phục, công trình duy trì được tuổi thọ theo kỳ vọng.

2. CƠ CHẾ TĂNG CƯỜNG ĐỘ BỀN VÀ BIỆN PHÁP SỬA CHỮA

2.1. Tăng cường độ bền của bê tông

Chúng ta đã thấy cơ chế ăn mòn bê tông, thép trong bê tông trên thực tế cơ bản là các tác nhân bên ngoài và các tính chất của vật liệu bắt nguồn từ cấu trúc bên trong của nó. Về nguyên tắc sửa đổi cấu trúc bên trong một cách phù hợp đã được sử dụng để phát triển một số kim loại, vật liệu tổng hợp và các vật liệu khác. Cải thiện độ bền của bê tông vẫn là một lĩnh vực nghiên cứu tích cực cho các nhà công nghệ bê tông nỗ lực liên tục để tăng cường độ bền của kết cấu

bê tông, bê tông cường độ cao/siêu cao (Ultra high/High Performance Concrete - HPC) và bê tông tự lèn chống ăn mòn (Self - Compacting Concrete - SCC) đã được phát triển. Trong bê tông cường độ cao/siêu cao, các phụ gia thường được sử dụng là muội silic (Silica Fume/Microsillica) và tro bay (Fly Ash). Những vật liệu này cải thiện cấu trúc vi mô của bê tông bằng hoạt tính Pozzolanic. Cường độ cao của bê tông cường độ cao chủ yếu là do tinh chỉnh cấu trúc lỗ rỗng của bê tông. Công nghệ đã được chứng minh bê tông cường độ cao có thể cho phép các công trình tăng gấp đôi tuổi thọ hữu ích (service life) so với các công trình được thiết kế bằng bê tông thông thường.

Tỷ lệ nước - xi măng (w/c) là 0.4 theo khối lượng là cần thiết để hydrat hóa (hydration) hoàn toàn tất cả các hạt xi măng và cho các sản phẩm hydrat hóa để lấp đầy tất cả không gian bị chiếm bởi nước trộn. Nếu w/c cao hơn 0.4 ngay cả khi tất cả các hạt xi măng hydrat hóa, sẽ luôn có một số không gian chứa đầy nước ban đầu còn sót lại có thể chứa nước. Nếu w/c thấp hơn 0.4 một số xi măng sẽ luôn bị mất nước; nhưng, trên lý thuyết, tất cả các không gian chứa đầy nước trộn có thể được lấp đầy. Tuy nhiên, lượng nước đi vào kết hợp hóa học với xi măng Portland tương đương với khoảng w/c là 0.2 theo khối lượng. Lượng nước bổ sung, tức là 0.2 w/c là cần thiết để lấp đầy lỗ mao mạch cấu trúc gel; lượng nước bổ sung này phải có sẵn nếu sản phẩm hydrat hóa được hình thành. Với sự phát triển của chất siêu dẻo đã cách mạng hóa công nghệ và đã tạo ra bê tông có thể gia công và rất khả thi với tỷ lệ nước - xi măng rất thấp, thậm chí dưới 0.2. Bê tông như vậy không chỉ đạt được cường độ cao mà còn sở hữu độ bền được cải thiện đáng kể.

Việc sử dụng một số phụ gia khoáng, như tro bay than hoạt động như một chất độn ngoài việc đóng góp hoạt động pozzolanic và lấp đầy các khoảng trống bị chiếm trong nước trong lỗ mao mạch và làm cho chúng không liên tục. Do đó, hình thái của xi măng ngậm nước thay đổi có lợi cho hầu hết các tính chất cơ học của bê tông so với bê tông thông thường.

2.2. Nguyên tắc gia cố sửa chữa bê tông - EN 1504

2.2.1. Nguyên tắc sửa chữa và bảo vệ hư hỏng của bê tông

Chặn lối vào (lớp phủ chống thấm)

Điều chỉnh độ ẩm (lớp phủ chống thấm)

Phục hồi bê tông

Gia cố kết cấu (Carbon fiber, thêm thép)

Tăng khả năng vật lý - Chống va đập, mài mòn

Chống hóa chất

2.2.2. Nguyên tắc bảo vệ chống lại ăn mòn của cốt thép

Ngăn chặn và phục hồi màng thụ động (tăng pH)

Tăng điện trở suất bê tông (chống thấm làm khô)

Điều chỉnh cathode (ngăn phản ứng tại cathode)

Bảo vệ cathode (cung cấp điện)

Điều chỉnh anode (quét lớp bọc tạo màng trên thép)

3. KẾT LUẬN

Để kết cấu bê tông cốt thép có tuổi thọ dài, cấu trúc vi mô của bê tông phải được cải thiện bằng cách sử dụng hợp lý các khoáng chất, như flyash, silica fume và các pozzolans hoạt tính khác. Điện trở suất của bản thân của bê tông nâng cao tăng cường độ bền, chống thấm tốt hơn và giảm khả năng ăn mòn cốt thép trong bê tông. Các hỗn hợp hóa học thế hệ mới, đã mang lại hy vọng cho các cấu trúc bê tông cốt thép có tuổi thọ hơn 100 năm. Ngoài ra, một thế hệ cốt thép mới cần được nghiên cứu giảm thiểu quá trình oxy hóa trong môi trường bê tông khi độ kiềm giảm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tiêu Chuẩn Quốc Gia (TCVN 5574-2012). Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế (Concrete and reinforced concrete structures - Design standard). Hà Nội. 2012.

[2] Tiêu Chuẩn Quốc Gia (TCVN 5575-2012). Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế (Steel structures - Design standard). Ha Noi. 2012.

[3] Bộ Xây dựng. 2004. TCXDVN 327: 2004 "Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển".

[4] Hách Vương. 2000. Sổ tay xử lý sự cố công trình xây dựng - tập 1, 2 và 3. Nhà XB Xây dựng.

[5] Kiểm Lê Văn. 2000. Hư hỏng sửa chữa gia cường công trình. NXB Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.

[6] Phát Nguyễn Mạnh. 2007. Lý thuyết ăn mòn và chống ăn mòn bê tông - bê tông cốt thép trong xây dựng. Nhà XB Xây dựng.

[7] Phú Nguyễn Trọng, Nguyễn Đắc Đức. 2008. Kiểm tra và bảo trì cầu bê tông cốt thép. Nhà XB Giao thông vận tải. Hà Nội.

[8] Graham A. Bettis. 2019. Concrete Repair Manual. Texas Department of Transportation.

[9] Luca Bertolini, Bernhard Elsener, Pietro Pedeferri, Elena Redaelli, and Rob Polder. 2013. Corrosion of Steel in Concrete - Prevention, Dianosis, Repair. Second edition.

[10] Peter H. Emmons. 1994. Concrete repair and maintenance illustrated problems analysis, repair strategy and techniques. R. S Means Company, Inc. Contruction Publishers & Consultants, 100 Construction Plaza, P.O. Box 800, Kingston, MA 02364-0800.

[11] Michael Raupach, Till Büttner. 2014. Concrete repair to EN 1504 - Diagnosis, design, priciples and practice. CRC Press.