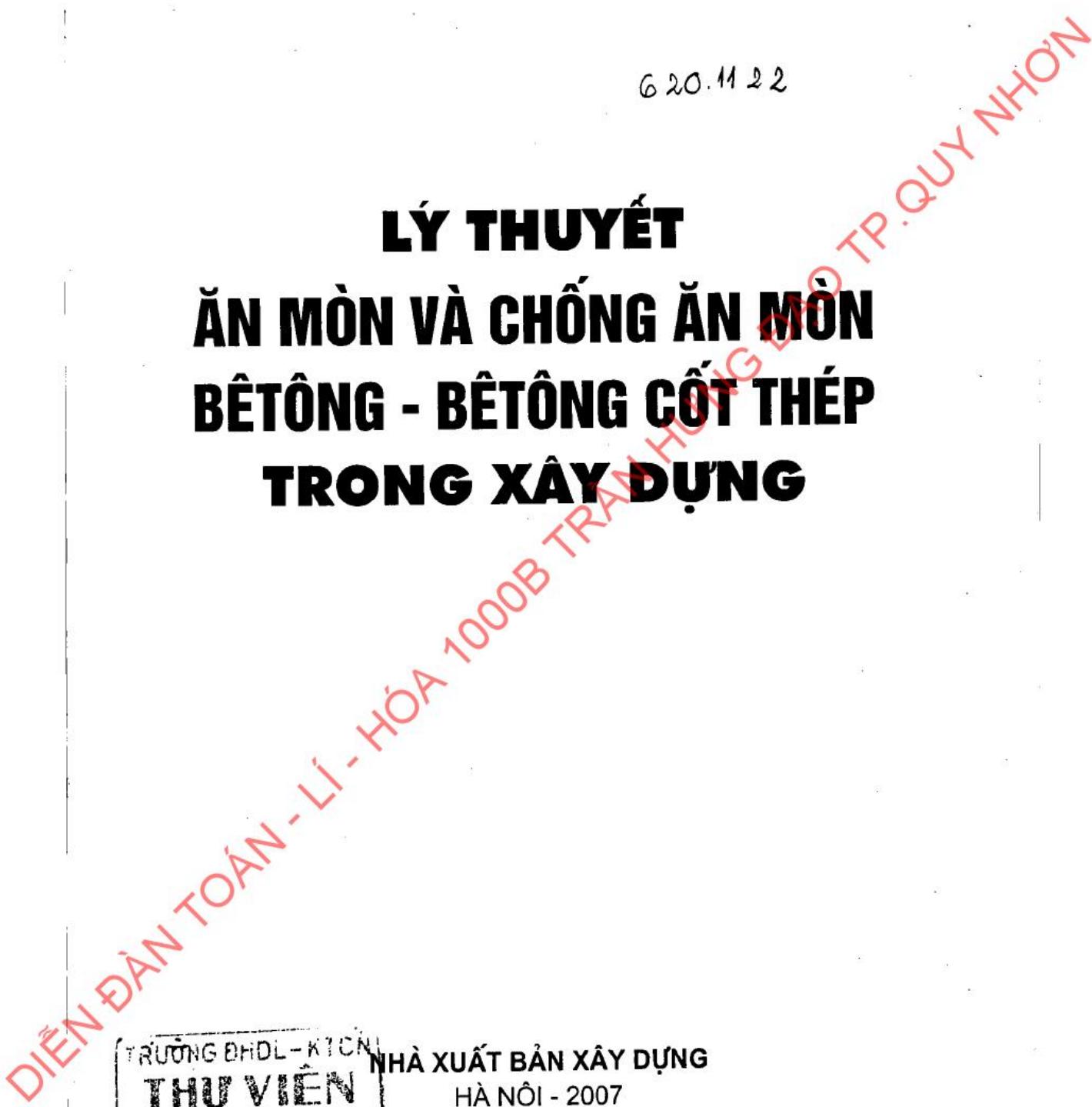


TS. NGUYỄN MẠNH PHÁT

6.20.11.22

**LÝ THUYẾT
ĂN MÒN VÀ CHỐNG ĂN MÒN
BÊTÔNG - BÊTÔNG CỐT THÉP
TRONG XÂY DỰNG**



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

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, vấn đề nâng cao chất lượng và tuổi thọ cho các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình xây dựng ở vùng biển và khu vực ven biển luôn có một ý nghĩa hết sức to lớn. Nhìn chung đối với các công trình xây dựng, việc sử dụng vật liệu một cách hợp lý, quá trình thi công đảm bảo chất lượng và trong từng trường hợp cụ thể có chú trọng đến các biện pháp bảo vệ thích hợp thì tuổi thọ sẽ được nâng lên đáng kể. Trên cơ sở đó, cho phép khai thác được triệt để tính năng sử dụng của vật liệu, giảm bớt được các chi phí về tu bổ sửa chữa hằng năm sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cao.

Trên thực tế, để giải quyết vấn đề nâng cao chất lượng và tuổi thọ cho các công trình xây dựng cũng có nghĩa là phải giải quyết nâng cao khả năng chống ăn mòn cho bê tông và bê tông cốt thép trong các kết cấu xây dựng. Thực chất đó là vấn đề phải nắm được những hiểu biết về các quá trình ăn mòn, biết cách khắc phục những nhược điểm của loại vật liệu này khi sử dụng trong các môi trường có tác động ăn mòn, từ đó đề ra các biện pháp cải thiện tính năng của vật liệu theo hướng nâng cao tính bền của chúng trên cơ sở nguyên vật liệu sẵn có trong nước và phù hợp với điều kiện thực tế của Việt Nam.

Chính vì vậy nghiên cứu về ăn mòn và chống ăn mòn cho bê tông- bê tông cốt thép nhằm tăng cường độ bền và kéo dài tuổi thọ cho các công trình xây dựng đang là một trong những nhiệm vụ cấp thiết được nhiều cơ quan nghiên cứu trong cả nước quan tâm.

Cuốn sách đề cập đến vấn đề này chủ yếu được dùng làm tài liệu học tập cho các sinh viên ngành công nghệ vật liệu xây dựng, các học viên cao học chuyên ngành vật liệu xây dựng. Ngoài ra, có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật làm việc trong lĩnh vực xây dựng nói chung.

Mặc dù đã rất cố gắng tích góp kinh nghiệm và tham khảo ý kiến của những nhà nghiên cứu đi trước, song không thể tránh khỏi những hạn chế cả về nội dung lẫn hình thức. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của đồng nghiệp và đồng đảo bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện hơn trong lần tái bản sau. Mọi góp ý xin gửi về: Phòng Biên tập sách Khoa học Kỹ thuật - Nhà xuất bản Xây dựng, 37 Lê Đại Hành - Hà Nội. Điện thoại: 04.9741954.

Xin chân thành cảm ơn!

Tác giả

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

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**

Việc nghiên cứu về độ bền của bê tông và bê tông cốt thép đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Theo V.M. Moskvin, công trình của Vika "nghiên cứu nguyên nhân hoá học phá huỷ và các biện pháp nâng cao khả năng chống ăn mòn của các chất kết dính rắn trong nước" là công trình nghiên cứu khoa học đầu tiên về ăn mòn. Những năm đầu của thế kỉ XX Viện nghiên cứu độ bền các công trình thuỷ lợi biển của Nga do những kỹ sư xây dựng nổi tiếng như A.R. Shuliachenko, V.I. Charnomskij đã khảo sát những công trình bê tông và bê tông cốt thép tại các hải cảng châu Âu và nước Nga. Họ đã đi đến kết luận rằng bằng xi măng pooclăng không thể chế tạo bê tông cốt thép bền vững trong môi trường biển. Sự nâng cao độ đặc bê tông chỉ có thể mang lại tuổi thọ cho các công trình đến 20, 30 năm. Những nghiên cứu về sử dụng bê tông và bê tông cốt thép trong các xí nghiệp công nghiệp được thực hiện vào đầu thế kỉ XX như công trình nghiên cứu của E. Rabal'd [5]. Đặc biệt là công trình nghiên cứu của A.A. Bajkov là công trình nghiên cứu có giá trị lớn trong lĩnh vực này. Ông đã phân tích nguyên nhân gây ăn mòn bê tông và những biện pháp áp dụng trong thực tế chống ăn mòn. Kavatosi trong công trình nghiên cứu của mình đã đưa ra loại phụ gia tổng hợp siêu dẻo (Furylcol - Ca(NO₃)₂) để chế tạo vữa bền trong môi trường chịu tác động xâm thực của các muối gây ăn mòn. G. Bachacop trong một công trình khác đã công bố việc sử dụng dầu nhựa thông với hàm lượng 0,15% để chế tạo vữa và bê tông có khả năng chống ăn mòn cao [6].

Các nghiên cứu đều có những kết luận thống nhất về nguyên nhân ăn mòn là do các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng bị tan vào môi trường hoặc tác dụng với các muối, axít có trong môi trường tạo ra những hợp chất có tính tan mạnh hoặc nở thể tích gây nên sự phá huỷ kết cấu nội bộ các công trình. Các công trình nghiên cứu cũng đánh giá được hiệu quả của các biện pháp chống ăn mòn: Dùng phụ gia vô cơ hoạt tính, dùng xi măng đặc biệt... Các bình luận về nguyên nhân gây ăn mòn và giới hạn độ bền của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép dùng trong các môi trường này vẫn còn nhiều vấn đề phải tranh cãi kéo dài cho đến nay.

0.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU CHỐNG ĂN MÒN BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP Ở VIỆT NAM

Nhiều công trình xây dựng bằng bê tông cốt thép ở nước ta sau một thời gian khai thác đã bị ăn mòn và phá hoại trong các môi trường có tính chất ăn mòn. Điều đó đòi hỏi phải có các biện pháp phòng ngừa để hạn chế sự ăn mòn của các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Nhà nước ta đã ban hành các tiêu chuẩn nhà nước: TCVN 3993 : 85 "Chống ăn mòn trong xây dựng, kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Nguyên tắc cơ bản để thiết kế"; TCVN 3994 : 85 "Chống ăn mòn trong xây dựng - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Phân loại ăn mòn"; TCXD 149-86 "Bảo vệ kết cấu xây dựng khỏi bị ăn mòn". Tuy nhiên, các Tiêu chuẩn này chưa đề cập đến tất cả các loại ăn mòn, các môi trường ăn mòn, do đó việc áp dụng cũng bị hạn chế và chưa phát huy được tác dụng trong thực tế.

Nhận thức được tính cấp bách của việc chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép, ở nước ta có nhiều cơ quan khoa học đã nghiên cứu vấn đề này. Các đề tài nghiên cứu chưa quan tâm nghiên cứu về lý thuyết, mà chủ yếu đi vào các biện pháp cụ thể chống ăn mòn cho công trình kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Các nghiên cứu tập trung vào việc chống ăn mòn của môi trường lỏng, chủ yếu là môi trường biển, vì ở nước ta có hơn 2000 km bờ biển và càng ngày càng có nhiều công trình quan trọng được xây dựng trong môi trường biển.

Trong những năm cuối thập kỉ 60 có một số nhà nghiên cứu đã tiến hành khảo sát hư hỏng của các kết cấu bê tông cốt thép ở cảng Hòn Gai và Hải Phòng được xây dựng từ năm 1914 [4], và cũng đưa ra nhận xét là cần phải có quy định riêng cho công tác thiết kế và thi công bê tông và bê tông cốt

thép vùng biển, phải khác với kết cấu nằm sâu trong nội địa. Về vật liệu xi măng, khi đó chúng ta chỉ có hai loại xi măng là xi măng pooclăng và xi măng pooclăng puzolan, do đó tác giả kiến nghị nên dùng xi măng pooclăng puzolan trong công trình biển. Những nghiên cứu đầu tiên nhằm tìm ra biện pháp bảo vệ công trình biển cũng đã được tiến hành từ những năm đầu của thập kỉ 80, nhưng sau đó không được triển khai áp dụng.

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (VKHCNXD) - Bộ Xây dựng từ những năm đầu của thập kỉ 80 đã triển khai nghiên cứu lĩnh vực chống ăn mòn bê tông bảo vệ cốt thép, đã đạt được một số thành quả nhất định theo hướng sử dụng phụ gia ức chế ăn mòn và sơn phủ bề mặt kết cấu đối với công trình biển. Năm 1994, Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường đã giao cho VKHCNXD nghiên cứu tổng thể các điều kiện kĩ thuật cần thiết để bảo vệ chống ăn mòn và đảm bảo độ bền lâu cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép xây dựng ở vùng biển phù hợp với điều kiện tự nhiên, kinh tế và xã hội Việt Nam (đề tài mang mã số ĐTDL - 40/94). Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu này, đã biên soạn những chỉ dẫn kĩ thuật cần thiết cho công tác xây dựng và sửa chữa công trình làm bằng bê tông và bê tông cốt thép ở vùng biển nước ta. VKHCNXD cũng đã xây dựng tiêu chuẩn ngành về vấn đề này, nhưng cho tới nay vẫn chưa được ban hành [4].

Viện Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải trong một số công trình nghiên cứu về ăn mòn bê tông đã đưa ra nhiều ý kiến phân tích tình hình hư hỏng kết cấu bê tông và bê tông cốt thép do ăn mòn, chỉ ra các nguyên nhân và đề ra biện pháp bảo vệ như là: dùng các phụ gia kị nước (dầu thảo mộc), nước thải bã giấy nhằm nâng cao độ chắc cho bê tông. Tăng cường bảo vệ mặt ngoài kết cấu bê tông bằng các lớp sơn phủ chống thấm như: Sơn bitum - cao su, sơn bitum - epoxy.

Viện Khoa học Thuỷ lợi Quốc gia đã thành công trong đề tài sử dụng phụ gia bentônit tăng chống thấm, giảm ăn mòn cốt thép đối với các công trình thuỷ lợi.

~~X~~ vào những năm cuối của thập kỉ 90 có một đề tài về công nghệ vật liệu mang mã số KC-05-13A về triển khai chế tạo các tổ hợp bê tông và vữa có phụ gia ức chế ăn mòn và bảo vệ cốt thép trong môi trường biển Việt Nam. Đề tài này bao gồm các nhánh đề tài: Nghiên cứu chất ức chế ăn mòn cốt thép, nghiên cứu dùng phụ gia ZKJ, nghiên cứu dùng phụ gia bentônit cải tiến, nghiên cứu dùng phụ gia khoáng SISEX, nghiên cứu dùng SP melamin

foocmaldehit sunfomat [MFS], nghiên cứu dùng phụ gia polyme trong bê tông.

Mục đích đưa các loại phụ gia trên vào bê tông là để tăng cường độ đặc chắc, độ chống thấm cho bê tông, từ đó ngăn ngừa hoặc hạn chế ăn mòn. Các phương pháp úc chế ăn mòn, bảo vệ catốt thường phối hợp với các phương pháp chống ăn mòn bê tông, nhằm bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu bê tông cốt thép nói chung.

Liên tục trong các năm từ 1995 đến năm 2000 đã có nhiều hội nghị khoa học về chống ăn mòn cho các công trình xây dựng được tổ chức ở các cơ quan như VKHCNXD, VKHCNGTVT, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Tuy nhiên các đề tài đều tập trung vào công tác chống ăn mòn cho các công trình biển, chưa có một hội nghị chính thức nào nói về ăn mòn của công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp.

Ngoài những đề tài trên, còn có một số nghiên cứu khác về chống ăn mòn và tăng tuổi thọ cho công trình bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển và ở vùng ven biển. Trước đây nhà nước ta đã cử một số cán bộ khoa học sang các nước bạn (Liên Xô, Ba Lan, Tiệp Khắc, Rumania...) làm nghiên cứu sinh, nghiên cứu các đề tài về ăn mòn bê tông trong nước biển.

Tuy đã có một số kết quả nghiên cứu về bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển ở nước ta nhưng cho đến nay vẫn chưa triển khai áp dụng được nhiều vào sản xuất. Chúng ta đã nghiên cứu sản xuất được một số loại xi măng bền trong môi trường nước biển như: Xi măng chống sunfat, xi măng bari và đã được sử dụng ở một số công trình bê tông cốt thép trong nước mặn hoặc chịu ảnh hưởng của nước mặn.

Năm 2000 nhà nước đã cho phép VKHCNXD thực hiện một số dự án kĩ thuật, kinh tế về chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông và bê tông cốt thép vùng biển. Đề tài này được triển khai hai năm 2000 - 2001. Hy vọng rằng các dự án được thực hiện sẽ có thêm nhiều kết quả ứng dụng vào các công trình xây dựng.

Như vậy, nước ta đã và đang quan tâm nhiều đến vấn đề ăn mòn và chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép. Tuy nhiên vấn đề này mới chỉ tập trung vào các công trình xây dựng ở môi trường biển, mà chưa quan tâm đến vấn đề chống ăn mòn cho các công trình xây dựng ở các môi trường khác.

Chương 1
LÍ THUYẾT CHUNG VỀ ĂN MÒN
BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP

1.1. KHÁI NIỆM VỀ ĂN MÒN

Bê tông xi măng sau khi đã cứng rắn bao gồm hai thành phần: Đá xi măng và bộ khung cốt liệu. Hai thành phần này liên kết với nhau tạo thành một khối vững chắc và có khả năng chịu lực. Khi bê tông sử dụng trong môi trường có tác động xâm thực, nếu không có những biện pháp bảo vệ nó sẽ bị ăn mòn. Trước hết thành phần đá xi măng bị phá hoại vì nó dễ bị ăn mòn hơn cốt liệu. Khi đá xi măng bị ăn mòn thì liên kết giữa đá xi măng với cốt liệu cũng bị phá hoại và cuối cùng bê tông bị phá huỷ. Do vậy, có thể nói ăn mòn đá xi măng cũng có nghĩa là ăn mòn đối với bê tông.

Bê tông có thể bị ăn mòn hoá học ở cả ba môi trường sử dụng: Lỏng, rắn và khí.

- Ăn mòn trong môi trường lỏng xảy ra khi bê tông tiếp xúc với nước biển, nước chua phèn, nước khoáng, nước ngầm hoặc nước thải của các nhà máy và xí nghiệp công nghiệp. Các loại nước này thường chứa các nhân tố có tính chất gây ăn mòn. Ăn mòn trong môi trường lỏng là loại ăn mòn rất phổ biến đối với các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình xây dựng ở môi trường biển, các công trình làm việc trong nước, dưới đất có nước ngầm. Các nhà máy, xí nghiệp sản xuất có sử dụng hóa chất. Đó là đối tượng nghiên cứu được rất nhiều người quan tâm.

- Ăn mòn trong môi trường khí xảy ra khi bê tông tiếp xúc với các loại khí có chứa tác nhân gây ăn mòn, thường gặp ở các khu vực xung quanh các nhà máy có sử dụng và chế biến hóa chất hoặc các công trình có tiếp xúc với không khí biển và trong môi trường khí hậu ven biển.

- Ăn mòn trong môi trường rắn xảy ra khi bê tông tiếp xúc với một số loại hóa chất như phân khoáng, thuốc trừ sâu. Nhưng ăn mòn trong điều kiện này cũng chỉ diễn ra khi các hóa chất bị ẩm [3].

Ăn mòn bê tông sẽ ảnh hưởng lớn đến độ bền của kết cấu công trình bê tông và bê tông cốt thép. Sự phá hoại công trình xây dựng do bị ăn mòn gây nên tổn thất rất lớn về kinh tế. Chính vì vậy, đã có nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu và đề cập đến các vấn đề có liên quan đến ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trong nhiều tài liệu khoa học.

Tuỳ theo tác dụng của các tác nhân ăn mòn nhiều hay ít, sự ăn mòn được phân ra ba mức độ: Ăn mòn mạnh, ăn mòn trung bình và ăn mòn yếu [6]. Sự ăn mòn bê tông rất đa dạng và diễn ra rất phức tạp, các quá trình ăn mòn này xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau. Sự ăn mòn có thể do tác động xói mòn của dòng chảy, ăn mòn do sinh vật bám trên bề mặt kết cấu bêtông, do thay đổi các điều kiện vật lí hoặc có sự tác động của hiện tượng điện hoá. Tuy nhiên, nguyên nhân chủ yếu gây ăn mòn bê tông là do có sự thay đổi về mặt hoá học trong thành phần của đá xi măng dưới tác động của các hợp chất hoá học có trong môi trường. Trong thành phần của đá xi măng có các sản phẩm thuỷ hoá như $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và C_3AH_6 dễ hoà tan, chúng tan vào nước, làm cho cấu trúc bê tông bị rỗng, do đó cường độ bê tông giảm và có thể bị phá huỷ. Mặt khác, chúng có tính hoạt động hoá học mạnh, dễ tương tác với một số hợp chất hoá học của môi trường (các axit và muối...), tạo thành các sản phẩm mới dễ tan trong nước hơn hoặc nở thể tích nhiều, gây nội ứng suất phá hoại kết cấu bêtông, hoặc tạo thành các chất vô định hình, rời rạc, không có tính chất kết dính.

Quá trình ăn mòn diễn ra mạnh hay yếu tuỳ thuộc vào đặc tính của xi măng, loại và lượng dùng phụ gia trong xi măng, nồng độ của các tác nhân hoá học trong môi trường ảnh hưởng đáng kể đến quá trình ăn mòn. Các yếu tố như trạng thái và nhiệt độ môi trường, mức tải trọng làm việc của các kết cấu... cũng có ảnh hưởng đáng kể đến mức độ ăn mòn.

Trong các yếu tố kể trên thì đặc tính của xi măng và độ đặc của bê tông là yếu tố có ảnh hưởng rất lớn đến sự ăn mòn. Khi bê tông bị rỗng, sự thấm thấu của nước tăng lên, dẫn đến sự xâm nhập của các tác nhân ăn mòn, do đó có điều kiện tiếp xúc và tương tác với các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng. Các sản phẩm thuỷ hoá càng dễ bị ăn mòn thì ăn mòn bê tông càng mạnh hơn. Khi bê tông bị rỗng cũng tạo điều kiện để các tác nhân ăn mòn cốt thép trong bê tông.

Sự ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép rất đa dạng và diễn ra phức tạp, tuy nhiên sự ăn mòn thường tồn tại ở ba dạng cơ bản là ăn mòn loại I, ăn mòn loại II và ăn mòn loại III [6]. Khi xét bản chất các quá trình ăn mòn bêtông,

ta thấy rằng sự ăn mòn diễn ra không đơn thuần ở một loại riêng biệt, mà quá trình phá huỷ thường quy tụ hai hoặc cả ba loại ăn mòn, nhưng ở mức độ khác nhau, trong đó có một loại ăn mòn diễn ra mạnh hơn. Sự phân loại ở đây dựa trên tính vượt trội của mỗi loại ăn mòn trên. Khi nghiên cứu một cách đầy đủ về ăn mòn cần phải tính đến ăn mòn chính và phụ đồng thời diễn ra. Cùng với sự ăn mòn bê tông bởi các tác nhân của môi trường còn ăn mòn cốt thép trong lòng bê tông. Dưới đây trình bày một số vấn đề cơ bản về các loại ăn mòn đó.

1.2. ĐẶC TRUNG CỦA QUÁ TRÌNH ĂN MÒN

1.2.1. Ăn mòn loại I

Ăn mòn loại I diễn ra do sự hoà tan của các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng (chủ yếu là các hydroxyt canxi và aluminat canxi ngâm nước) bị hoà tan, đặc biệt hydroxyt canxi tan mạnh nhất, do đó loại ăn mòn này còn được gọi là quá trình khử kiềm.

Đá xi măng có đặc trưng là kết cấu không đồng nhất về cả cấu trúc và các thuộc tính của chúng, trong đó có thuộc tính bị hoà tan. Khi hydroxyt canxi tan vào dung dịch làm dịch chuyển trạng thái cân bằng của các sản phẩm thuỷ hoá trong hệ xi măng - nước. Độ hoà tan của hydroxyt canxi trong nước ở nhiệt độ 20°C là 1,18g/l, tính theo lượng CaO. Theo Moskvin sự có mặt của các muối trong dung dịch có ảnh hưởng đáng kể đến tính hoà tan của hydroxyt canxi. Khi các muối chứa một trong các ion OH⁻ hoặc H⁺ thì độ hoà tan giảm đi, còn khi các muối chứa các ion khác loại thì sẽ làm tăng độ hoà tan của hydroxyt canxi. Điều này được khẳng định, khi tăng NaCl hoặc KCl, độ tan của hydroxyt canxi tăng lên rõ rệt.

Sự hoà tan của các sản phẩm thuỷ hoá vừa làm kết cấu đá xi măng bị rỗng vừa làm mất ổn định các sản phẩm thuỷ hoá khác. Theo Ivanov [6], 2CaO.SiO₂.aq là kém bền nhất trong các silicat canxi ngâm nước được tạo ra do sự thuỷ hoá xi măng. Nó chỉ bền vững trong dung dịch bão hòa vôi. 3CaO.2SiO₂. aq là khoáng có độ bền ở môi trường có nồng độ hydroxit canxi ≥ 1,1 g/l. Hợp chất CaO.SiO₂.aq bền trong các dung dịch có nồng độ hydroxyt canxi thấp hơn, nhưng nó chỉ hoàn toàn bền vững trong dung dịch có độ C_{CaO} ≥ 0,05 g/l (độ pH = 11). Khi nồng độ của hydroxyt canxi nhỏ hơn giá trị

này thì các sản phẩm sẽ phân huỷ và tách ra $\text{Ca}(\text{OH})_2$, hydroxyt canxi mới tách ra lại tiếp tục tan, làm cho kết cấu giảm độ chịu lực. Nếu giảm nồng độ hydroxyt canxi xuống dưới 0,05 g/l thì các silicat canxi hoàn toàn bị phân huỷ, kết cấu bêton hoàn toàn bị phá hoại.

Trong số các aluminat canxi ngâm nước, loại kém bền nhất là $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$. Ngược lại, $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ có độ hoà tan nhỏ nhất. Giới hạn độ bền của nhóm các khoáng này như sau:

Loại khoáng:	Nồng độ $\text{Ca}(\text{OH})_2$:
$2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,17 - 0,315g/l
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,315-1,15g/l
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$	> 1,15g/l

Từ đây, có thể đưa ra nhận xét rằng các sản phẩm silicat canxi ngâm nước và aluminat canxi ngâm nước có hàm lượng oxyt canxi thấp bền vững hơn. Tuy nhiên, các sản phẩm thuỷ hoá thường tồn tại ở các dạng cơ bản là $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ và $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Đó là nguyên nhân dẫn đến sự mất ổn định của đá xi măng khi nồng độ của hydroxyt canxi giảm đi, hay nói cách khác là hiện tượng ăn mòn hoà tan diễn ra.

Vấn đề quan trọng của ăn mòn loại I là tốc độ hoà tan. Vì vậy, để đánh giá cường độ của ăn mòn loại I, các nhà khoa học đã đưa ra biện pháp xác định tốc độ hoà tan. Phương pháp được nhiều nhà khoa học thực hiện là phương pháp nghiền nhỏ đá xi măng rồi xử lí bằng lượng nước dư hoặc dòng nước thay đổi. Để có kết quả xác định gần với điều kiện làm việc của công trình bê tông và bê tông cốt thép, người ta tiến hành bằng cách cho nước thẩm qua mẫu bê tông thí nghiệm và dội rửa bề mặt mẫu.

Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình ăn mòn loại I

Thành phần khoáng của xi măng pooclăng gây ảnh hưởng lớn nhất tới tốc độ ăn mòn và tính liên tục của quá trình ăn mòn loại I. Khi xi măng có nhiều khoáng C_3S và CaO tự do, sự hoà tan càng mạnh. Mặt khác, vi cấu trúc của clinke xi măng cũng ảnh hưởng tới sự ăn mòn vì chúng có ảnh hưởng tới quá trình thuỷ hoá của xi măng.

Loại phụ gia cho vào xi măng ảnh hưởng đáng kể tới tốc độ ăn mòn loại I. Khi dùng xi măng pooclăng pha cát nghiền, trộn trepen và trộn puzolan-cát

nghiên thì khả năng bị ăn mòn nhỏ hơn so với xi măng pooclăng. Khi dùng xi măng pooclăng - puzolan có hiệu quả lớn nhất, mặt khác nó còn nâng cao tính chống thấm V.A. Kind [5] đã thí nghiệm và xác định được lượng hydroxyt canxi trong đá xi măng được chế tạo từ các loại xi măng khác nhau qua 28 ngày đêm đông cứng như sau:

Loại xi măng	Lượng CaO, %
Xi măng pooclăng không phụ gia	9,37
70% ximăng pooclăng + 30% trepen	2,92
60% ximăng pooclăng + 40% trepen	1,5
50% ximăng pooclăng + 50% trepen	0,85

Các yếu tố công nghệ khác như thời gian đông cứng, nhiệt độ của môi trường bảo dưỡng và nhiệt độ của môi trường tiếp xúc với bêtông có tác động lớn đến tốc độ hoà tan của $\text{Ca}(\text{OH})_2$, vì các nhân tố này ảnh hưởng tới sự tạo thành các sản phẩm thuỷ hoá, cũng như sự hình thành cấu trúc của bêtông. Thời gian rắn chắc càng dài, nhiệt độ bảo dưỡng càng cao thì khả năng chống ăn mòn loại I càng được cải thiện. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến lượng hydroxyt canxi có trong đá ximăng được giới thiệu ở bảng 1.1.

Bảng 1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến độ bền của xi măng

Loại xi măng Pooclăng	Độ khử kiềm (CaO), g/kg sau 2 ngày rắn chắc ở $T^{\circ}\text{C}$		
	20 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	80 $^{\circ}\text{C}$
Không có phụ gia	21	24	30
Có 30% trepen	18	14	8

Kết quả trong bảng 1.1 cho thấy: Ở nhiệt độ bảo dưỡng cao đã xảy ra phản ứng silicát hoá để chuyển từ hydroxyt canxi tự do thành silicat canxi ngâm nước, bền trong môi trường ăn mòn loại I.

Phương pháp bảo dưỡng cũng ảnh hưởng đến mức độ ăn mòn hoà tan khi dùng các loại ximăng khác nhau (bảng 1.2).

Việc chưng hấp đặc biệt có hiệu quả làm giảm mức độ ăn mòn đối với xi măng pha cát nghiên. Điều này hoàn toàn dễ hiểu, bởi vì ở điều kiện chưng hử ở nhiệt độ cao phản ứng silicat hoá diễn ra mạnh.

Bảng 1.2. Ảnh hưởng của chung hấp bêtông đến độ ăn mòn loại I

Loại xi măng pooclăng (X.P)	Nồng độ CaO, mg/l, bảo dưỡng trong điều kiện	
	Chứng hấp	Điều kiện thường
Ximăng không có phụ gia	393	555
X.P cát (25% cát nghiền)	220	602
X.P. puzolan (25% trepen)	152	416
X.P. xỉ (25% xỉ nghiền)	122	139

Thời gian rắn chắc cũng ảnh hưởng tới sự thay đổi độ bền của bê tông xi măng khi chịu tác động ăn mòn loại I. Qua thí nghiệm, Moskvin đã đưa ra kết luận: Khi tuổi của bêtông tăng lên, xi măng pooclăng không phụ gia sẽ không ảnh hưởng tới độ bền của chúng, nếu loại bỏ được hiện tượng cacbonat hoá bề mặt. Ngược lại, độ bền của bê tông xi măng pooclăng pha phụ gia được nâng lên (bảng 1.3).

Bảng 1.3. Ảnh hưởng của loại xi măng tới sự khử kiềm ở các tuổi khác nhau

Loại xi măng	Tuổi bảo dưỡng mẫu, ngày đêm			
	30	60	90	180
Ximăng pooclăng không phụ gia	1	1	1	1
Ximăng pooclăng puzolan	1,15	1,26	0,82	0,45
Ximăng pooclăng puzolan-cát	1,22	1,01	0,75	0,73

Ngoài các yếu tố cơ bản có ảnh hưởng tới độ bền của vữa ximăng và bêtông dưới tác động ăn mòn loại I như đã trình bày ở trên thì sự ăn mòn các kết cấu bêtông dạng này còn chịu ảnh hưởng bởi tính chất mài mòn của dòng nước, độ cứng của nước...

1.2.2. Ăn mòn loại II

1.2.2.1. Bản chất của ăn mòn loại II

Ăn mòn loại II được phân biệt khác với ăn mòn loại I ở chỗ nó không chỉ là sự hoà tan của các sản phẩm của đá xi măng, mà chủ yếu do tương tác của các axit hoặc muối trong môi trường với các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng tạo ra các hợp chất tan mạnh hơn các sản phẩm thuỷ hoá ban đầu, không có cường độ. Mức độ phá hoại mạnh của ăn mòn loại II là do sự tác động đồng thời của các quá trình hoá học đến sự phân huỷ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ làm tăng đáng kể mức độ phá hoại kết cấu bêtông.

Trong số các tác nhân gây ăn mòn loại này thì axit là tác nhân phá hoại mạnh nhất, tiếp theo là các muối axit và các hợp chất có khả năng tương tác với các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng có tính hoạt động hoá học mạnh. Dưới đây trình bày một số vấn đề cơ bản về các quá trình ăn mòn loại II:

1.2.2.2. Ăn mòn do axit cacbonic

Sự tác dụng giữa dioxit cacbon trong không khí với hydroxyt canxi trong đá xi măng là phổ biến nhất của quá trình ăn mòn loại II. Khi trong nước có hàm lượng khí CO_2 nhỏ chúng sẽ tác dụng với hydroxyt canxi để tạo ra cacbonat canxi (CaCO_3) kết tinh bền vững trên bề mặt bê tông làm cho sự ăn mòn giảm đi, nó lấp đầy các lỗ rỗng và bao bọc quanh cốt thép của bê tông, bảo đảm độ ổn định cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Khi nồng độ của CO_2 tăng lên nhiều, CaCO_3 lại biến thành $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Sản phẩm mới sinh này có độ tan lớn hơn nhiều so với hydroxyt canxi. Hơn thế nữa, phản ứng giữa axit cacbonic và cacbonat canxi diễn ra nhanh trong khi sự khuếch tán của $\text{Ca}(\text{OH})_2$ từ trong ra để bù đắp cho sự mất lớp màng phủ cacbonat canxi lại diễn ra chậm. Trong trường hợp này kết cấu bê tông bị phá hoại nhanh hơn..

Những nghiên cứu do I.E. Orlov [6] thực hiện và lí thuyết do ông đưa ra về tác dụng phá huỷ cacbonat được hình thành trong nước chứa axit cacbonic chỉ ra rằng: Tốc độ của phản ứng tỉ lệ với bình phương hàm lượng axit cacbonic.

Cường độ phá hoại của axit cacbonic phụ thuộc vào các yếu tố như: Lượng khí CO_2 , lực ion dung dịch, loại xi măng, thời gian bảo dưỡng bêtông và diện tích mặt tiếp xúc của đá xi măng với các tác nhân gây ăn mòn.

Tốc độ ăn mòn do axit cacbonic trong môi trường muối Na_2SO_4 1,5% còn phụ thuộc vào các yếu tố như lượng khí CO_2 , lực ion trong dung dịch.

Nghiên cứu của nhiều tác giả cho thấy sự rửa trôi của $\text{Ca}(\text{OH})_2$ trong bê tông dùng xi măng pooclăng nhanh hơn ở bêtông dùng xi măng pooclăng puzolan, vì bê tông dùng xi măng pooclăng puzolan sinh ra ít hydroxyt canxi hơn. Xi măng pooclăng pha bột đá vôi cũng có độ bền trong axit cacbonic cao hơn xi măng pooclăng thường.

Thời gian bảo dưỡng càng dài thì độ ăn mòn càng khó diễn ra do lớp cacbonat hoá càng dày. Theo những quan sát của Moskvin, các công trình

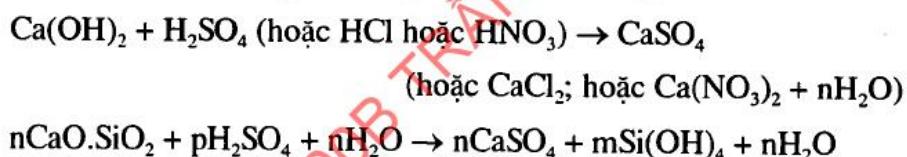
bê tông và bê tông cốt thép sau khoảng 3 tháng rắn chắc ngoài không khí, lớp cacbonat hoá trên bề mặt kết cấu có chiều dày chừng vài cm. Bằng những số liệu thực nghiệm Moskvin đã chỉ ra rằng diện tích mặt phản ứng ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ cực đại của bicacbonat, nghĩa là nó có ảnh hưởng rõ nét đến sự ăn mòn kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.

1.2.2.3. Ăn mòn của các axit khác

Trong số những axit vô cơ thường gặp (trừ axit cacbonic) tác dụng lên đá xi măng và bê tông như axit clohydric, axit sunfuric, axit nitoric và các axit hữu cơ như axit axctic, axit lactic... khi bị tác dụng bởi các axit này đá xi măng sẽ bị phá huỷ.

Theo mức độ ăn mòn của các axit phân ra ba nhóm theo mức độ giảm dần như sau:

+) Nhóm I là các axit, khi phản ứng với các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng hình thành các sản phẩm dạng gel như dioxit silic, hydroxyt sắt, hydroxyt nhôm và một lượng không đáng kể các chất trong suốt như muối canxi. Các axit này là axit clohydric, axit sunfuric và axit nitoric. Phản ứng của các axit này với các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng diễn ra như sau:



+) Nhóm II là các axit với độ tan của sản phẩm tạo thành nhỏ hơn 1 g/l và có nồng độ thấp. Các sản phẩm thuộc nhóm này là H_2SiO_4 , Fe(OH)_3 , Al(OH)_3 ... Khi có mặt của các muối canxi, những axit này sẽ làm cho độ ăn mòn đá xi măng giảm đi.

+) Nhóm III bao gồm các axit chứa gốc muối canxi mà độ hoà tan nhỏ hơn 0,002g/l như axit oxalic, hydrofluoric và fluoxilic. Các axit này, khi tương tác với các hợp chất của đá xi măng, sinh ra sản phẩm dạng gel, có tác dụng ngăn cản sự xâm nhập của tác nhân gây ăn mòn làm chậm đáng kể tốc độ hư hỏng công trình.

Tốc độ ăn mòn thay đổi tuỳ thuộc vào độ hoà tan của các sản phẩm tạo thành. Độ hoà tan của các sản phẩm này càng mạnh thì tốc độ phá huỷ càng nhanh. Sản phẩm thuỷ hoá của đá xi măng là không thay đổi, nên tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào loại axit có trong môi trường.

Khi so sánh độ bền của bêtông dùng các loại ximăng khác nhau Moskvin đã đưa ra kết quả thí nghiệm được giới thiệu ở bảng 1.4 và minh họa trên biểu đồ thực nghiệm (hình 1.1).

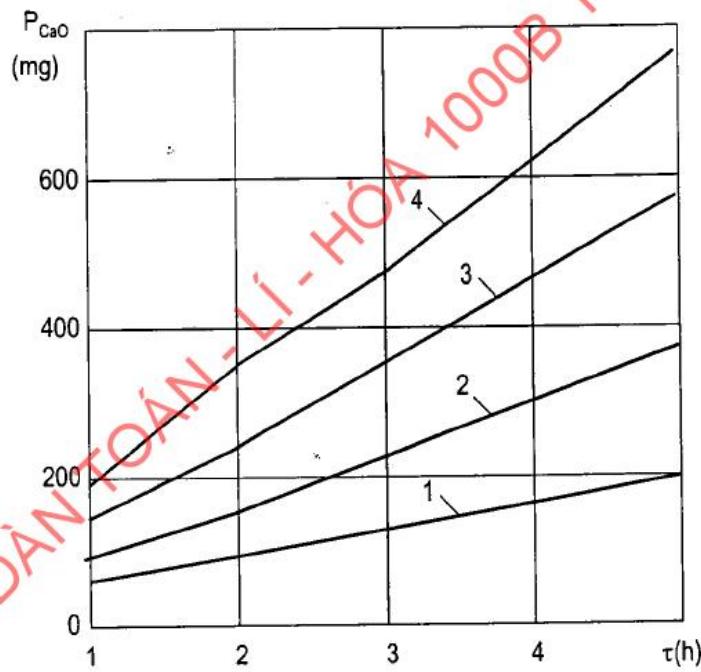
Bảng 1.4. So sánh tốc độ ăn mòn với các loại xi măng khác nhau

Loại chất kết kính	Khi có tác dụng của loại axit	
	HCl	H ₂ SO ₄
Ximăng poocläng	1	1
Ximăng pooläng puzolan	1	0,94
Ximăng aluminat	0,81	0,68
Ximăng chịu axit	0,12	0,08

Ghi chú: Tốc độ ăn mòn tính theo lượng CaO với 3 loại ximăng đều, tính bằng lượng Na₂O đổi với ximăng chịu axit.

Từ bảng số liệu trên ta thấy ximăng poocläng có độ bền kém nhất, xi măng poocläng puzolan có độ bền cao hơn không đáng kể so với ximăng poocläng thường, còn xi măng chịu axit có độ chống ăn mòn tốt nhất.

Một yếu tố khác ảnh hưởng tới tốc độ ăn mòn của các axit vô cơ là nồng độ của axit và tốc độ dòng nước chảy qua bề mặt đá ximăng.



Hình 1.1: Sự phụ thuộc của tổng lượng CaO tách ra từ đá xi măng vào tốc độ thấm dung dịch HCl (pH = 2)

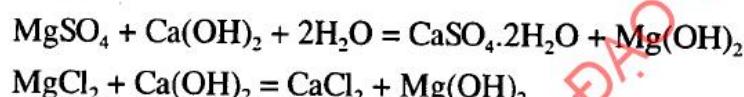
- 1 - 100ml/giờ;
- 2 - 300ml/giờ;
- 3 - 600ml/giờ;
- 4 - 800ml/giờ

ĐIỂN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA 1000B TRUNG ĐỘ QUY NHƠN

Khi chịu tác động của axit có nồng độ đậm đặc ($\text{pH} = 1$), bêtông dùng xi măng pooclăng puzolan có độ bền nhỏ hơn với bêtông dùng xi măng pooclăng. Ngược lại khi nồng độ của axit yếu ($\text{pH} \geq 4$) độ bền của ximăng pooclăng puzolan lại lớn hơn khi dùng xi măng pooclăng. Tốc độ dòng chảy càng nhanh thì sự ăn mòn diễn ra càng mạnh.

1.2.2.4. Ăn mòn của các dung dịch muối manhê

Muối manhê cơ bản là hai loại muối clorua manhê và sunfat manhê. Chúng thường có trong nước ngầm, nước biển. Sự ăn mòn của loại muối này chủ yếu do chúng tương tác với hydroxyt canxi có trong đá ximăng. Những phản ứng chính diễn ra giữa hydroxyt canxi có trong đá ximăng với các muối manhê như sau:



Trong hai trường hợp này hydroxyt manhê được tạo ra có độ hoà tan rất nhỏ (18,2 mg/l) nên chúng kết tủa lại. Những quan sát về trạng thái của các kết cấu bị phá huỷ do muối manhê chỉ ra rằng trên bề mặt và trong các lỗ rỗng tích tụ các chất vô định hình màu trắng (hydroxyt manhê). Bêtông càng bị thấm nhiều và hàm lượng hydroxyt canxi trong đá ximăng càng nhiều thì chất vô định hình màu trắng này được tạo ra càng nhiều và các tính chất cơ học của kết cấu bêtông càng bị suy giảm. Tuy nhiên, cũng có một số tác giả khảo sát và chỉ ra rằng, trong một số trường hợp hydroxyt manhê có tác dụng làm chèn kín các lỗ rỗng trong bêtông, góp phần nâng cao cường độ của nó.

Sự ăn mòn của các muối manhê cũng chịu ảnh hưởng bởi các loại xi măng khác nhau. Khi so sánh các loại ximăng đã dùng nêu ở trên chịu tác dụng của muối clorua manhê, thì ximăng aluminat có độ bền cao nhất, còn đối với hai loại ximăng pooclăng và ximăng pooclăng puzolan thì sự so sánh lại phụ thuộc vào nồng độ của muối tác động vào bêtông. Khi nồng độ muối thấp (1-2%) thì hai loại ximăng có độ bền tương đương, nhưng khi ở nồng độ cao (khoảng trên 5%) thì độ bền của ximăng pooclăng lại cao hơn xi măng pooclăng puzolan. Điều này có thể được giải thích rằng, khi dung dịch muối xâm nhập vào bên trong đá xi măng, hydroxyt canxi sẽ tương tác với chúng, tạo ra hydroxyt manhê, lấp các mao quản, có tác dụng cản trở sự xâm nhập của dung dịch muối xâm nhập tiếp vào trong, nhưng lượng sản phẩm

này sinh ra từ xi măng pooclăng puzolan không đủ cản trở sự xâm nhập mạnh mẽ của muối manhê có nồng độ cao. Có thể nói sự ăn mòn đá xi măng phát triển nhanh khi dung dịch $MgCl_2$ có nồng độ trên 2% và có thể cho phép sử dụng bêtông trong môi trường muối này với nồng độ không vượt quá 5000mg/l.

1.2.2.5. Ăn mòn của dung dịch kiềm

Theo những tài liệu đã công bố thì bản thân kiềm không có tác dụng ăn mòn bêtông, nhưng khi bêtông ở trong dung dịch kiềm loãng, sau đó tiếp xúc với không khí, trong bêtông sẽ bị cacbonat hoá sinh ra các muối cacbonat (Na_2CO_4) kết tinh phá vỡ cấu trúc bêtông. Trong dung dịch kiềm đặc, tuy độ hòa tan của $Ca(OH)_2$ có giảm đi rõ rệt, nhưng lượng OH sinh ra lại làm cho các oxit và silicat bị hoà tan, từ đó dẫn đến phá hoại bê tông. Như vậy có thể nói ăn mòn do kiềm có trong đá xi măng xảy ra trong lòng khối bê tông, giữa các cấu tử với nhau. Bản thân clinke luôn chứa một lượng các chất kiềm (Na_2O , K_2O). Trong cốt liệu bê tông, đặc biệt là trong cát thường chứa oxit silic vô định hình (opan, chanxelon, thuỷ tinh núi lửa), chúng có thể tác dụng với kiềm trong xi măng ở ngay nhiệt độ thường, làm cho bề mặt hạt cốt liệu nở ra, tạo ra một hệ thống các vết nứt. Sự phá hoại này xảy ra sau khi hoàn thành công trình xây dựng khoảng 10-15 năm.

1.2.3. Ăn mòn loại III

Loại ăn mòn này là sự tích tụ các muối, được hình thành từ sự tương tác của các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng với các hợp chất của môi trường hoặc được xâm nhập từ bên ngoài, làm tăng thể tích nhiều, gây nội ứng xuất phá hoại kết cấu đá xi măng. Đặc tính cơ bản của ăn mòn loại III là ở thời kì đầu sản phẩm xuất hiện do tương tác của các hợp chất của môi trường và sản phẩm thuỷ hoá của xi măng còn ít, chúng kết tủa trong các lỗ rỗng và mao quản trong cấu trúc bê tông, nâng cao độ đặc chắc và góp phần làm tăng độ bền của kết cấu. Nếu sản phẩm này không tăng thêm thì kết cấu không bị phá hoại. Nhưng về sau sản phẩm sinh ra càng nhiều, chúng gây nội ứng suất, phá hoại kết cấu và mở đường cho các tác nhân ăn mòn xâm nhập tiếp vào sâu bên trong bê tông và nhanh chóng phá hoại bê tông.

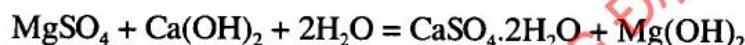
Sự phổ biến của loại ăn mòn này là sự xâm nhập của các hợp chất tự nhiên và công nghiệp hoá chất chứa đựng các hợp chất sunfat.

1.2.3.1. Ăn mòn của các muối sunfat

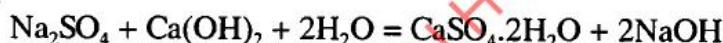
Muối sunfat thường gặp trong đa số các loại nước tự nhiên. Trong nước sông, hàm lượng sunfat tính theo ion SO_4^{2-} thường không vượt quá 100mg/l. Trong nước khoáng ngầm hàm lượng này tăng lên rất lớn. Đặc biệt trong nước biển với độ mặn 33-35g/l lượng SO_4^{2-} thường là 2,5 - 2,7g/l. Một số ngành sản xuất hóa chất có dùng axit sunfuric như ngành luyện cốc, sản xuất sunfat amon, sản xuất phân khoáng và nhiều ngành công nghiệp khác cũng gặp dạng ăn mòn này. Tuy nhiên, sự ăn mòn chỉ đáng kể khi nồng độ SO_4^{2-} lớn hơn 250mg/l.

Quá trình ăn mòn hoá học diễn ra như sau:

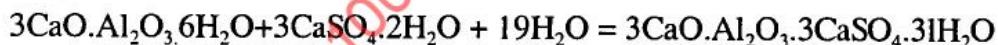
Đầu tiên là sự tương tác của sunfat manhê với hydroxit canxi theo phương trình:



Khi trong môi trường có chứa muối Na_2SO_4 , thì đầu tiên là tương tác của sunfat natri với hydroxit canxi theo phương trình:



Sản phẩm $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ được hình thành tăng thể tích 2,34 lần so với hydroxit canxi. Sau khi được tạo ra, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ lại tương tác với $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tạo ra $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ (muối ettringit) theo phương trình:



Ettringit kết tinh và nằm lại trong các lỗ rỗng của đá xi măng và bê tông, tăng thể tích gấp khoảng 4,8 lần so với tổng thể tích của các hợp chất sinh ra nó. Chính vì sự nở thể tích của các sản phẩm này mà cấu trúc của bê tông có thể bị phá vỡ.

1.2.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới ăn mòn sunfat

Mức độ ăn mòn đá xi măng và bê tông của các chất gốc sunfat chịu ảnh hưởng của nhiều nhân tố.

Hàm lượng C₃A có ảnh hưởng lớn nhất đến tính ăn mòn sunfat của xi măng vì sự có mặt của chúng sẽ tạo ra phản ứng với các muối sunfat để tạo thành ettringit. Lượng C₃A càng nhiều thì lượng ettringit sinh ra càng lớn, cấu trúc bê tông càng bị phá hoại nhanh chóng. Xi măng pooclăng có hàm

lượng C_2S cao sẽ có độ bền chống sunfat tốt hơn so với loại xi măng pooclăng có nhiều khoáng C_3S . Điều này được giải thích là do trong xi măng alit, aluminat canxi ngâm nước đã được thuỷ hoá trước không tan trong dung dịch hydroxyt canxi bão hòa, vì vậy chúng phản ứng với thạch cao tạo ra ettringit, tăng thể tích, phá vỡ kết cấu bê tông (bảng 1.5).

Do những ảnh hưởng lớn của thành phần khoáng của xi măng đến tính chất ăn mòn sunfat nên nhiều quốc gia đã đưa ra tiêu chuẩn khống chế hàm lượng khoáng: $C_3A \leq 5\%$; $C_3A + C_4AF \leq 22\%$; $C_3S \leq 50\%$ cho xi măng chống ăn mòn trong môi trường này.

Các nhà khoa học qua thí nghiệm đã kết luận rằng không chỉ thành phần khoáng của clinke có ảnh hưởng tới độ bền sunfat của bê tông mà tính chất vi cấu trúc của chúng (thành phần pha) cũng có ảnh hưởng tới tính chất này. Điều kiện về công nghệ sản xuất, nhất là chế độ làm nguội, có ảnh hưởng lớn tới độ bền sunfat của các loại xi măng.

Bảng 1.5. Ảnh hưởng của thành phần khoáng trong clinke xi măng pooclăng, %, đến độ bền sunfat của bê tông

C_3A	C_4AF	C_3S	C_2S	Độ bền sunfat
15	8	25	52	Thấp
15	8	50	27	-
15	8	70	7	-
5	15	25	55	Cao
5	15	50	30	-
5	15	70	10	-

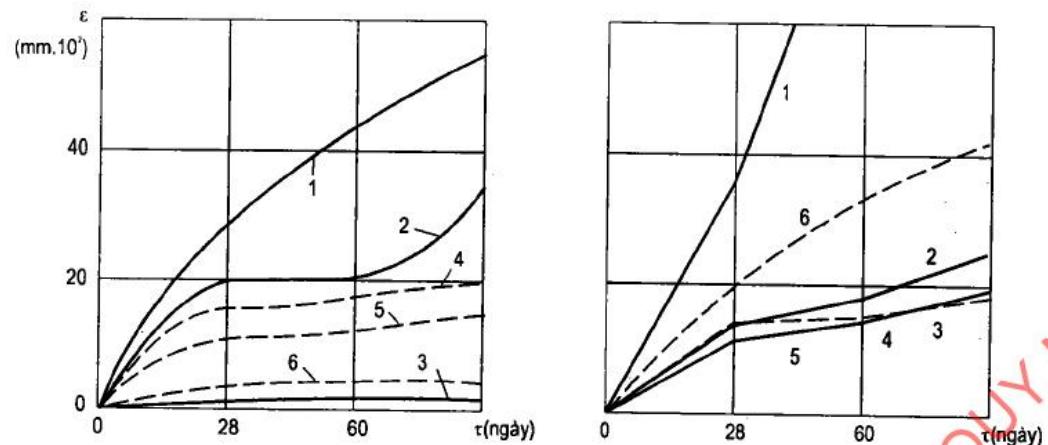
Để đánh giá ảnh hưởng của các loại phụ gia khoáng hoạt tính, các nhà khoa học đã thí nghiệm so sánh sự ăn mòn của ba loại xi măng: xi măng pooclăng, xi măng pooclăng puzolan và xi măng pooclăng xỉ thông qua việc xác định độ biến dạng của các mẫu thí nghiệm sau 3 tháng ngâm ngập trong các dung dịch muối sunfat natri và sunfat manhê (hình 1.2).

Các kết quả thí nghiệm cho thấy độ bền của các mẫu từ xi măng pooclăng puzolan cao hơn so với xi măng pooclăng, còn xi măng pooclăng xỉ cho độ bền tốt nhất. Điều này có thể giải thích: Khi dùng các phụ gia khoáng hoạt tính,

chúng đã làm giảm hàm lượng hydroxyt canxi trong đá xi măng.

THƯ VIỆN

số 1 - 7701



Hình 1.2: Tính biến dạng của các mẫu $30 \times 30 \times 100\text{mm}$ trong dung dịch nồng độ 5% của các muối:

a) Trong sunfat natri, b) Trong sunfat manhê;

1, 2, 3 - khi hàm lượng C_3A ban đầu 10,3%; 4, 5, 6 - khi hàm lượng C_3A ban đầu là 7,8%;

1,4 - xi măng pooclăng; 2,5 - xi măng pooclăng puzolan (20% puzolan);

3,6 - xi măng pooclăng xi (50% xi).

Khi xét sự ảnh hưởng của nồng độ và loại muối sunfat đến sự ăn mòn đá xi măng cho thấy: các loại muối có nồng độ $> 250 \text{ mg/l}$ mới có khả năng ăn mòn rõ rệt, vì khi nồng độ các muối càng cao thì sự tạo thành hydro sulfo aluminat tricanxit càng nhiều. Trong các loại muối sunfat thì muối sunfat canxi có tốc độ ăn mòn lớn hơn các loại muối sunfat khác. Điều này được giải thích bằng sự tạo thành nhiều $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tạo điều kiện để sinh ra nhiều ettringit. Sự tạo thành hydro sulfo aluminat tricanxit làm cho cấu trúc của đá xi măng trở nên柔软.

Về ảnh hưởng của các loại muối V.V. Kind [5] đã khẳng định rằng, trong 3 loại muối: sunfat natri, sunfat canxi và sunfat manhê thì tốc độ ăn mòn của loại muối thứ ba lớn nhất. Ông đã đưa ra số liệu so sánh khi ngâm các mẫu đá xi măng chế tạo từ xi măng pooclăng có hàm lượng C_3A 10% trong các môi trường muối có nồng độ 2% thì mẫu ngâm trong sunfat manhê bị phá hoại trước, chỉ sau chưa đầy 3 năm.

Cũng xét sự ảnh hưởng của các loại muối gốc sunfat tới sự ăn mòn đá xi măng và bêtông A.I. Panpherova đã chỉ ra rằng sự ăn mòn của muối amoni sunfat là nguy hiểm hơn. Điều này được giải thích là khi bị sunfat amon tác dụng thì nồng độ của cation tăng lên vì sự có mặt của NH_4^+ , từ đó thúc đẩy phản ứng giữa sunfat amon với hydroxyt canxi tạo ra $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ và

$2\text{NH}_4\text{OH}$. Hydroxyt amon tan nhanh vào môi trường và một phần tách ra khí amoniac bay hơi.

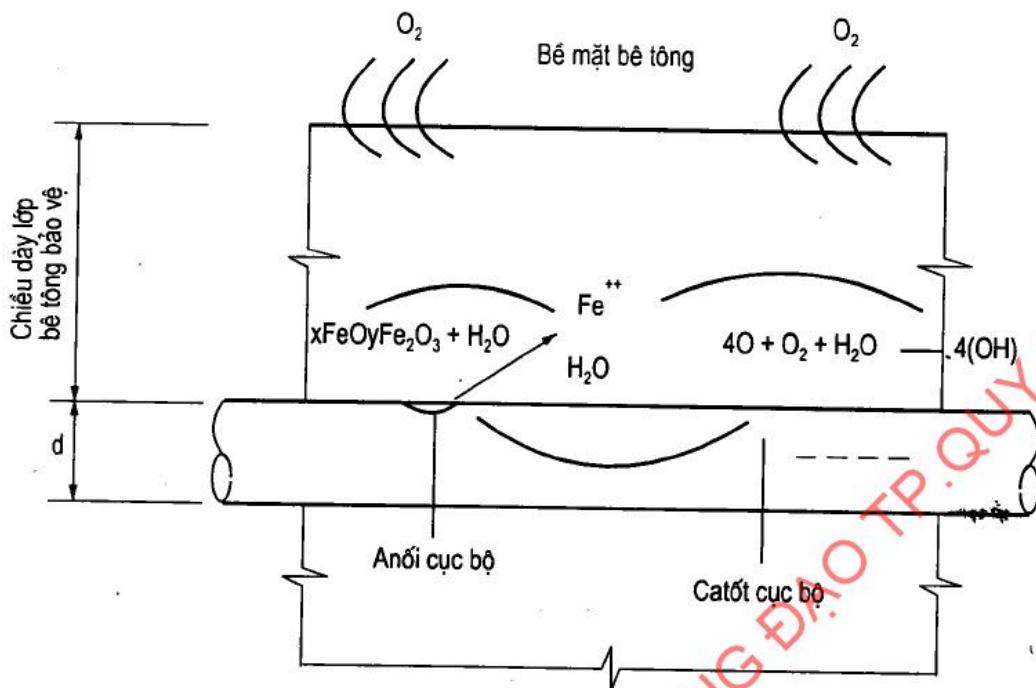
Các yếu tố điều kiện môi trường như tính khô ẩm có chu kỳ liên tục, nhiệt độ không khí và tính chuyển động của dòng nước... cũng có ảnh hưởng đến sự ăn mòn. Tính khô ẩm liên tục làm tăng đáng kể tốc độ ăn mòn. Khi nhiệt độ thay đổi, cũng như khi có sự chuyển động của dòng chảy thì mức độ ăn mòn sẽ tăng lên.

1.2.4. Ăn mòn cốt thép trong bê tông

Ngoài hiện tượng ăn mòn bê tông, trong các môi trường sử dụng, đặc biệt là môi trường nước biển và nước ngầm còn xảy ra hiện tượng ăn mòn cốt thép. Cốt thép trong bê tông bị ăn mòn chủ yếu là ăn mòn điện hoá. Trong môi trường biển ăn mòn cốt thép còn do tác dụng xâm thực của các ion Cl^- ngấm vào bê tông cốt thép từ môi trường bên ngoài, hoặc do lẩn trong vật liệu chế tạo bê tông (cát, đá).

Khi cốt thép được đặt trong bê tông đặc chắc chưa bị cacbonat hoá, môi trường kiềm trong bê tông cao là điều kiện thuận lợi hình thành trên bề mặt cốt thép một lớp oxít mỏng ngăn cản quá trình gỉ thép (ăn mòn). Lớp màng oxit mỏng này được gọi là màng "thụ động", khi đó bề mặt cốt thép tồn tại ở dạng thụ động. Hiện tượng ăn mòn chỉ xảy ra khi lớp màng "thụ động" bị xuyên thủng (lớp bê tông bảo vệ bị rỗng). Việc ăn mòn cốt thép sẽ dẫn đến nở thể tích, làm nứt vỡ lớp bê tông bảo vệ và phá huỷ toàn bộ bê tông cốt thép

+ Ăn mòn cốt thép trong bê tông thường diễn ra ở dạng ăn mòn điện hoá. Ở dạng ăn mòn này các nguyên tử sắt trong cốt thép tách khỏi mạng lưới tinh thể và trở thành ion mạch điện trong dung dịch, dưới tác dụng của ion OH^- trong môi trường tạo ra các sản phẩm gỉ khác nhau dưới dạng công thức chung: $x\text{FeO} \cdot y\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Các sản phẩm gỉ sắt này có thể là $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Các sản phẩm này có tính xốp, tích tụ trên bề mặt cốt thép với thể tích lớn gấp 4 - 6 lần so với các thành phần ban đầu, chính vì vậy đã gây nội ứng suất phá hoại cấu trúc bê tông dọc theo vị trí đặt thép, làm cho các tác nhân xâm thực dễ dàng xâm nhập vào bên trong, tăng nhanh quá trình ăn mòn bê tông và cốt thép. Quá trình gỉ chỉ có thể xảy ra nếu như bê tông đủ khả năng dẫn điện nhờ một lượng ngậm nước nhất định vì lúc này đã có sự phân cực cách biệt giữa catôt và anôt (hình 1.3).

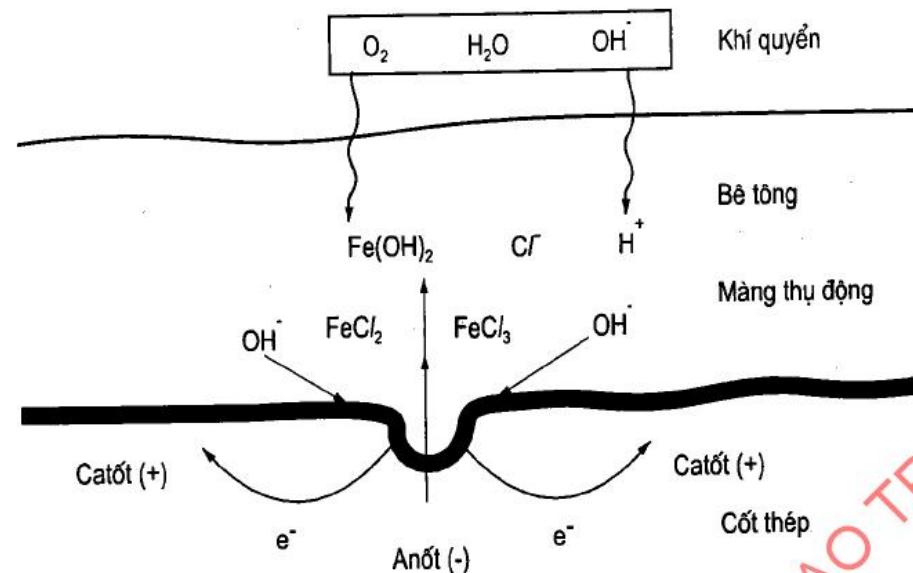


Hình 1.3: Sơ đồ quá trình gỉ cốt thép do ăn mòn điện hóa

Qua đây, chúng ta thấy rất rõ khả năng chống thấm của lớp bê tông bảo vệ đóng vai trò rất quan trọng đối với quá trình gỉ của cốt thép. Bê tông không đủ độ chặt, lớp bảo vệ không đủ chiều dày cần thiết hiện tượng gỉ càng mạnh. Ở môi trường khô ráo, do bê tông không đủ khả năng dẫn điện nên cốt thép ít bị gỉ, còn trong môi trường ngấm nước hoàn toàn thì bê tông có thể dẫn điện, nhưng nước lại ngăn cản sự thâm nhập của oxy qua bê tông nên cốt thép cũng ít bị gỉ.

+ Ăn mòn cốt thép trong bê tông còn có thể do thấm ion Cl^- . Sự có mặt của ion Cl^- trong môi trường biển là nguyên nhân chủ yếu làm tăng tốc độ ăn mòn cốt thép trong bê tông. Tốc độ ăn mòn thép lớn do ion Cl^- làm giảm điện trở của dung dịch điện li trong bê tông. Mặc khác, khi ion Clo khuếch tán đến bề mặt cốt thép, chúng có thể tạo nên sự ăn mòn bằng cách tan lớp thu động hoặc khuếch tán qua lớp oxy này. Sơ đồ cơ chế quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông có mặt ion clo được trình bày ở hình 1.4.

Đặc trưng ăn mòn thép khi có Clo tạo ra các "lỗ" trên bề mặt kim loại (micropilc), làm tỉ lệ điện tích catôt/anôt lớn nên mật độ dòng ăn mòn cục bộ rất cao. Chỉ có ion Clo ở dạng tự do mới gây ra ăn mòn cốt thép và sự khuếch tán của chúng trong cấu trúc xốp của bê tông. Càng tiềm ẩn nguy cơ ăn mòn cốt thép mạnh mẽ hơn.



Hình 1.4: Cơ chế ăn mòn điện hoá thép trong bê tông khi có mặt ion Clo

Cũng giống như quá trình cacbonat hoá, tốc độ thâm ion Clo phụ thuộc vào bản chất xi măng, các phụ gia khoáng, và chất lượng bê tông (đặc trưng bởi độ bền chống thấm). Khả năng thâm ion Clo tỉ lệ với hàm lượng khoáng C₃A có trong xi măng. Vì vậy, xi măng pooclăng có khả năng bảo vệ cốt thép cao hơn xi măng bền sunfat. Về nguyên tắc, các phụ gia khoáng tro bay, tro xỉ hoặc muội silic đưa vào xi măng pooclăng sẽ làm giảm tỉ lệ thành phần C₃A nên giảm khả năng cố định ion clo. Song yếu tố quan trọng hơn là bê tông có tro bay, tro xỉ hoặc muội silic có hệ số khuếch tán ion nhỏ hơn nhiều so với bê tông xi măng pooclăng. Vì vậy bê tông có phụ gia khoáng có khả năng bảo vệ cốt thép cao hơn nhiều so với bê tông xi măng pooclăng. Sự khô ẩm liên tiếp là một trong những điều kiện khắc nghiệt nhất kích thích sự ăn mòn.

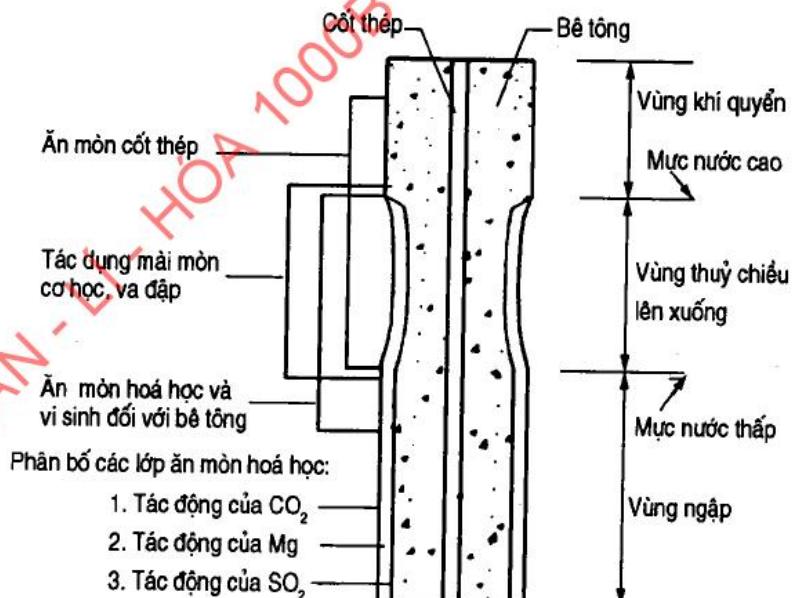
Sự ăn mòn cốt thép cũng chịu tác động của hiện tượng cacbonat hoá bê tông. Độ bền lâu của công trình bê tông cốt thép được bảo đảm nhờ lớp bê tông bảo vệ về mặt vật lý và hoá học để cốt thép không bị ăn mòn. Bản chất của sự ngăn cản quá trình ăn mòn là do có môi trường kiềm cao của nước chiết bê tông ($\text{pH} \geq 13$). Sự giảm độ kiềm của môi trường trong lớp bê tông bảo vệ đến ngưỡng thu động của sắt ($\text{pH} \leq 11,4$) xảy ra do quá trình rửa trôi kiềm hoặc quá trình cacbonat hoá bê tông. Từ đó giảm khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông.

Cơ chế cacbonat hoá bêtông gây ăn mòn cốt thép là hiện tượng chung đối với mọi công trình BTCT khi bê tông tiếp xúc với môi trường không khí, hoặc trong nước chứa khí CO_2 . Trong không khí luôn chứa chất dioxyt cacbon (CO_2) với tỉ lệ trung bình là 0,03% theo thể tích, hàm lượng khí CO_2 này tuỳ thuộc vào áp suất và nhiệt độ của môi trường không khí. Khí CO_2 trong khí quyển tác động trên các vùng chứa vôi ở vữa xi măng để tạo ra cacbonat canxi (CaCO_3) và dẫn đến sự sụt giảm tính kiềm (pH) của bê tông xuống. Các sản phẩm của quá trình cacbonat hoá làm thay đổi cấu trúc xốp của bê tông và làm giảm độ chống thấm, dẫn đến sự ăn mòn cốt thép trong bê tông.

1.2.5. Ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển. Nói chung, còn nhiều ý kiến khác nhau về bản chất của quá trình ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép. Điều này có thể được giải thích: Do quá trình ăn mòn trong môi trường này diễn ra chậm và theo những cơ chế khác nhau. Các kết quả thí nghiệm nhanh chưa diễn tả đúng bản chất của hiện tượng phá huỷ kết cấu trong thực tế.

Theo K. Mohta [6], ăn mòn trong môi trường biển được chia làm ba vùng chính (hình 1.5):



Hình 1.5: Sơ đồ mô tả ăn mòn bê tông cốt thép trong môi trường biển

- Vùng thường xuyên ngập nước: Ở đây chủ yếu xảy ra ăn mòn hoá học và ăn mòn vi sinh ở mức độ nhỏ đối với bê tông.

- Vùng thuỷ triều lên xuống (giữa hai mức nước): Ở đây xảy ra quá trình ăn mòn hoá học và ăn mòn vi sinh đối với bê tông, ăn mòn cốt thép, tác động phá huỷ vật lí và va đập, mài mòn cơ học.

- Vùng không khí biển (không khí có chứa các muối phân tán): Chủ yếu là ăn mòn cốt thép, dẫn tới làm nứt nẻ, phá hoại lớp bê tông bảo vệ.

Bê tông và bê tông cốt thép được xây dựng trong nước biển hoặc vùng ven biển chịu tác dụng trực tiếp của các yếu tố xâm thực của môi trường biển mà đặc trưng là bốn loại yếu tố xâm thực sau:

- Các yếu tố hoá học: Nước biển có chứa các ion khác nhau của các loại muối đã kể trên.

- Các yếu tố biến động của nước biển và thời tiết: Nước thuỷ triều lên xuống nên một số bộ phận bị khô ẩm liên tiếp.

- Các yếu tố vật lí: Nhiệt độ biến đổi.

- Các yếu tố cơ học: Tác động của sóng xói mòn trên bề mặt bê tông.

Tác động phối hợp của các yếu tố này làm cho bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển bị ăn mòn mạnh. Xét về bản chất có một số dạng ăn mòn chính sau đây:

- Ăn mòn hoá học bê tông trong nước biển.

- Ăn mòn cốt thép trong khí quyển biển và vùng có mực nước lên xuống.

- Ăn mòn bê tông do vi sinh vật biển.

Trong các dạng ăn mòn này thì ăn mòn hoá học của bê tông trong môi trường biển là nguy hiểm nhất vì nó vừa phá vỡ cấu trúc bê tông vừa tạo điều kiện để các tác nhân hoá học xâm nhập vào ăn mòn cốt thép.

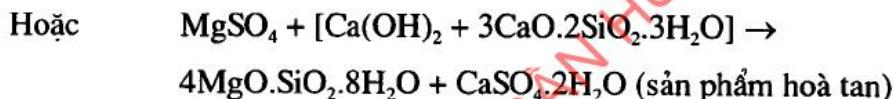
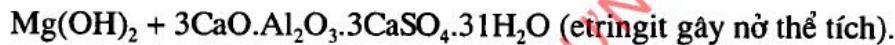
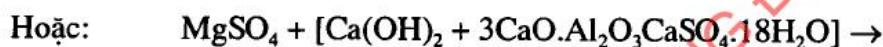
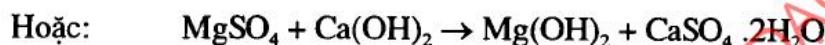
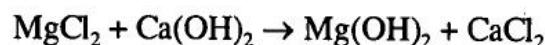
Các công trình bê tông cốt thép khi sử dụng trong môi trường biển, nếu không có biện pháp bảo vệ có hiệu quả thì bị ăn mòn mạnh, vì môi trường nước biển có chứa các hợp chất hóa học có tính chất ăn mòn cao đối với cả bê tông và cốt thép. Có thể nói đây là loại ăn mòn tổng hợp.

Đặc điểm của nước biển là chứa nhiều muối, tổng hàm lượng các muối hoà tan trong các đại dương khoảng 34 - 35%, và tương quan hàm lượng của chúng rất bền vững. Lượng muối hoà tan trong nước biển nhỏ hơn so với ở đại dương và biến đổi trong một giới hạn rộng. Hàm lượng muối (%) lớn

DIỄN ĐÀN
TÔM HỌC
TRUNG ĐAOTP.QUYNHON

nhất là NaCl (77-79), sau đến MgCl₂ (10,5 - 10,9), MgSO₄ (4,4 - 4,8), CaSO₄ (3,4 - 3,6). Tổng lượng muối clorua là 88-89% và các muối sunfat là 10,5%: độ pH = 8,2 - 8,3.

Ngoài ra trong nước biển còn có các hợp chất hoá học như nitrit, nitrat, photphat, đioxit silic, cũng như các loại muối bromua, iotua... Quá trình ăn mòn bê tông trong môi trường nước biển do nhiều phản ứng đồng thời và phụ thuộc lẫn nhau với các cơ chế khác nhau: Hoà tan khi ngâm chiết; các phản ứng trao đổi kiềm; kết tủa các hợp chất hòa tan; kết tinh các muối giàn nở. Căn cứ vào các muối hòa tan chủ yếu trong nước biển (MgCl₂, MgSO₄) các phản ứng chính gây ra phá huỷ bê tông được trình bày tóm tắt:



Đối với bê tông ngâm trong nước biển, Moskovin đã đưa ra sơ đồ phân vùng theo sự ưu tiên tác động của các ion khác nhau. Điều đáng chú ý là tác dụng của mỗi loại ion không có tính tan, chẳng hạn monoclorualuminat canxi ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), khi có mặt của SO_4^{2-} trở nên không ổn định và phân huỷ tạo thành ettringit ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{lH}_2\text{O}$). Khi có mặt của muối cacbonat và silic hòa tan thì ettringit lại chuyển thành hợp chất mới, (CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$). Chính từ sự giao thoa của các ion khác nhau nên mức độ xâm thực của nước biển yếu hơn nhiều so với nước chứa ion sunfat. Mức độ xâm thực yếu của nước biển còn được giải thích do vai trò của ion clo làm tăng độ tan của thạch cao và ettringit, nên hạn chế sự kết tinh chúng, hạn chế độ giàn nở lớn gây phá huỷ bê tông.

Nguyên nhân chính làm phá huỷ bêtông trong môi trường biển là do các muối sunfat ăn mòn đá xi măng. Về mặt nguyên tắc, độ bền ăn mòn sunfat của bêtông tăng khi giảm thành phần C₃A và phụ thuộc không nhiều vào hàm lượng C₃S của ximăng.

1.2.6. Ăn mòn của nước thải công nghiệp

1.2.6.1. Nước thải công nghiệp và sự ăn mòn bê tông

Trong nước thải công nghiệp, nhất là nước thải của các nhà máy phân khoáng thường chứa các hợp chất hoá học có tính ăn mòn mạnh, có tác động phá hoại bê tông rất đa dạng. Tuy nhiên, theo quan điểm phân loại của Moskvin thì ăn mòn trong môi trường nước thải công nghiệp có thể là ăn mòn loại I như ở các công trình tháp làm nguội, bể chứa, ống dẫn nước..., ăn mòn loại II như axit vô cơ và hữu cơ, muối của các axit mạnh v.v. Các công trình có tính chất ăn mòn loại III như kiềm, một số monome (bị trùng hợp tăng thể tích)... Sự ăn mòn có thể tồn tại đồng thời cả hai loại, và đôi khi cả ba loại. Thành phần các hợp chất ăn mòn trong nước thải công nghiệp tùy thuộc từng ngành sản xuất.

Kết cấu bê tông cốt thép trong môi trường công nghiệp cũng chịu tác động ăn mòn của môi trường hữu cơ lỏng (ví dụ như các axit béo). Sự ăn mòn của nước thải công nghiệp cũng có thể không do tương tác với hợp chất của đá xi măng, nhưng lại ảnh hưởng đến độ bền do thuộc tính hấp phụ. Các hợp chất có tính hấp phụ này hấp phụ trên bề mặt pha rắn của đá xi măng. Sau một thời gian chúng tạo thành lớp đơn hoặc đa phân tử, chúng hấp phụ thâm nhập vào các phân khuyết tật, các khe hở của vật rắn cho nên độ đặc của chúng bị giảm đi. Các hợp chất có tính hấp phụ là dung dịch nước của các chất hoạt tính bề mặt (xà phòng, các chất tẩy rửa vệ sinh, cũng như các sản phẩm của ngành hoá dầu).

Tuy nhiên theo đánh giá của nhiều nhà khoa học thì sự ăn mòn ở các môi trường công nghiệp như ở các nhà máy có dùng axit và các nhà máy sản xuất phân bón là nguy hiểm nhất.

1.2.6.2. Tính chất của nước thải công nghiệp Việt Nam

Qua khảo sát về tính chất của nước thải ở các nhà máy và xí nghiệp công nghiệp ở Việt Nam cho thấy: Đa số các công trình xây dựng bằng bê tông và bê tông cốt thép trong các nhà máy và các xí nghiệp công nghiệp nói chung và các nhà máy phân khoáng nói riêng sau một thời gian sử dụng ngắn đều đã bị hư hỏng nặng. Nguyên nhân dẫn đến sự phá huỷ các công trình là do chúng tiếp xúc với nước thải có chứa hàm lượng các hoá chất lớn, với các

hoá chất ở trạng thái ẩm ướt hoặc tiếp xúc với các hoá chất ở dạng khí. Đặc biệt ở Nhà máy Phân đạm và Hoá chất Hà Bắc, sự phá hoại của các tác nhân hoá học của môi trường diễn ra rất nhanh. Phân xưởng sản xuất lưu huỳnh mới được xây dựng và đưa vào sản xuất cuối những năm 1970, đến năm 1992 đã phải sửa chữa lớn, đến năm 2002 phải xây dựng lại.

Theo số liệu khảo sát của trung tâm môi trường - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, tính chất của nước thải ở một số nhà máy và xí nghiệp khu vực Hà Nội có một số đặc tính như sau:

Bảng 1.6. Tính chất của nước thải các nhà máy khu vực Hà Nội

Loại nhà máy	Tính chất nước thải		
	pH	Tổng hàm lượng muối mg/l	Nồng độ muối lớn nhất, mg/l
Nhà máy dệt nhuộm	4-10	đến 3850	NH ⁺ , 21-29
Nhà máy CN thực phẩm	6,4-7,8	đến 2600	NaCl, 78
Nhà máy cơ khí hoá chất	7,0-8,2	-	H ₂ S, 332
Nhà máy phân khoáng	7,3-11,2	đến 10 800	NH ⁺ , 8820

Theo báo cáo tổng hợp tình hình công nghiệp ô nhiễm trọng điểm tại Thành phố Hồ Chí Minh của Ủy ban Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh thì sự ô nhiễm nước thải của các nhà máy thuộc phía Nam tương đối đa dạng, tuy nhiên các thông số liên quan đến ăn mòn bê tông cũng tương tự như nước thải ở khu vực Hà Nội. Diễn hình như ở Nhà máy sản xuất bột giặt VISO độ pH đến 9,0 Cl⁻ 415mg/l, và SO₄²⁻ là 170 mg/l. Ở xí nghiệp Rượu Bình Tây có pH là 4,7.

Bê tông trong các nhà máy phân khoáng thường bị phá hoại nghiêm trọng bởi nhiều nguyên nhân khác nhau, trong đó sự ăn mòn hoá học là nặng nhất. Theo kết quả nghiên cứu của Mohan Rai [6] sự phá hỏng các kết cấu bêtông trong một số nhà máy sản xuất phân khoáng ở Ấn Độ rất trầm trọng và thường diễn ra theo ba dạng đặc trưng từ ba dạng phân khoáng là Nitrat Amon, Sunfat Amon và đặc biệt là Clorua Amôn. Kết quả phân tích thành phần hoá học của các mẫu vữa xi măng bị phá hoại trong môi trường muối amon được chỉ ra ở bảng 1.7.

Bảng 1.7. Kết quả phân tích thành phần mẫu bê tông trong các môi trường

a) Trong sunfat amon, %	
Tổng CaO	22 - 44
CaO tự do	1,8 - 3,8
SO ₃	7,2 - 5,0
Ettringit	2,0 - 2,5
pH	9,5 - 10,5
b) Trong clorua amon, %	
Tổng CaO	44,5 - 53
CaO tự do	1,7 - 2,5
Cl	9,5 - 5,0
3CaO.Al ₂ O ₃ .CaCl ₃ .xH ₂ O	6,5 - 3,5
pH	9,5 - 10,00
c) Trong nitrat amon, %	
Tổng CaO	42,0 - 55,5
CaO tự do	2,0 - 2,5
NO ₃	4,0 - 2,5
3CaO.Al ₂ O ₃ .Ca(NO ₃) ₂ .xH ₂ O	3,5 - 2,5
pH	10,0 - 10,5

Xét về tính chất hoá học, các hợp chất này sẽ tác dụng với các sản phẩm thuỷ hoá của đá xi măng tạo thành các hợp chất dễ ăn mòn.

Sự ăn mòn trong các nhà máy phân khoáng đồng thời tồn tại cả ba dạng ăn mòn loại I, loại II và loại III, nhưng diễn ra mạnh hơn là hai dạng ăn mòn loại II và loại III.

Các phản ứng ăn mòn của ba dạng phân khoáng này đều có sự hiện diện của nước (H₂O) và phải có nước thì các phản ứng đó mới xảy ra. Như vậy, ăn mòn chất rắn chỉ xảy ra trong môi trường lỏng, hoặc trong môi trường không khí ẩm, và chất rắn đó phải có tính hoà tan. Đồng thời, vai trò của độ thấm bê tông đóng vai trò cực kì quan trọng.

Chương 2

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - ĐỐI TƯỢNG BỊ ĂN MÒN

A. CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI BÊ TÔNG XI MĂNG POOCLĂNG

2.1. KHÁI QUÁT

Bê tông xi măng pooclăng có thành phần là xi măng pooclăng, cốt liệu nhỏ, cốt liệu thô, các chất phụ gia và nước, định lượng theo tỉ lệ trộn, vận chuyển theo quy định tiêu chuẩn công trình.

Bê tông xi măng pooclăng được phân loại trong TCVN và ACI tuổi chịu nén là 28 ngày và tính dẽ gia công của bê tông phải đáp ứng các yêu cầu thiết kế yêu cầu kĩ thuật hoặc trong các quy định đặc biệt. Bê tông cổ điển có cường độ từ 10 - 50 MPa, còn bê tông chất lượng cao và rất cao có cường độ từ 50 - 200MPa.

2.2. VẬT LIỆU

Để có bê tông đảm bảo yêu cầu chất lượng vật liệu phải được chú ý đầu tiên. Yêu cầu về vật liệu được quy định cho từng vật liệu chế tạo bê tông với công nghệ chế tạo bê tông thích hợp.

2.2.1. Xi măng pooclăng

Xi măng pooclăng phải phù hợp với yêu cầu tiêu chuẩn quốc gia hoặc theo các tiêu chuẩn khác cho tất cả các bê tông xi măng.

Loại xi măng đặc biệt phù hợp với các yêu cầu trong các quy định đặc biệt. Nếu không có yêu cầu nào được nêu trong các quy định đặc biệt xi măng phải phù hợp với yêu cầu của AASHTO M85 loại I hoặc loại II hoặc TCVN...

Tất cả xi măng dùng trong việc chế tạo bê tông đúc tại chỗ đối với các bề mặt của các bộ phận giống nhau của một kết cấu phải dùng một loại.

Xi măng được bảo vệ chống ẩm trước khi dùng, vận chuyển sử dụng tại công trường.

Người sản xuất bê tông trộn sẵn, sản phẩm đúc sẵn phải đảm bảo các phương tiện thích hợp để giữ cho xi măng đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn xi măng, giữ riêng biệt với các xi măng khác để ngăn ngừa không cho xi măng ngoài quy định lọt vào công trình. Cần lấy mẫu thử xi măng tại phễu cân hoặc trong tuyến cấp liệu ngay trước khi đưa vào phễu.

Người kĩ sư phải xác định các tỉ lệ hỗn hợp trên cơ sở các thử nghiệm thực hiện với các vật liệu được sử dụng trong công trình. Các tỉ lệ phải đảm bảo để sản xuất bê tông với hàm lượng xi măng nằm trong dung sai $\pm 2,5\%$ đối với các loại bê tông đang sản xuất. Lượng xi măng dùng phải lớn hơn lượng xi măng tối thiểu và nhỏ hơn lượng xi măng tối đa do tiêu chuẩn quy định để sản xuất được bê tông có độ dẻo và tính dễ gia công quy định mà không vượt hàm lượng nước tối đa.

Hàm lượng xi măng, hàm lượng nước, cỡ cốt liệu thô, độ sệt và trọng lượng gần đúng của cốt liệu nhỏ và thô đối với mỗi loại bê tông phải theo chỉ dẫn.

2.2.2. Cốt liệu

Khối lượng cốt liệu nhỏ và thô được xác định trong thiết kế và dựa trên các phương pháp tính và thí nghiệm quy định.

Các khối lượng tương đối của cốt liệu nhỏ và thô được tính với đơn vị xi măng dựa trên việc sử dụng cát thiên nhiên có môđun độ mịn trong phạm vi 2,50 - 2,90 và các phương pháp đổ bê tông không cần đến tần số chấn động cao.

Khi dùng cát có cỡ hạt thô, lượng tương đối cốt liệu nhỏ phải tăng lên. Đối với cát mịn hơn, lượng tương đối cốt liệu nhỏ phải giảm.

Khối lượng cốt liệu được tính bằng kilôgam hàm lượng xi măng và số lít nước cần thiết cho mỗi loại bê tông quy định, các tỉ lệ này không được thay đổi trong khi tiến hành dự án xây dựng.

Khối lượng theo mẻ của các cốt liệu đã được thiết kế cần được hiệu chỉnh khối lượng đối với độ ẩm thực tế.

Khi định lượng cốt liệu đối với các kết cấu có khối lượng bê tông không lớn ($15m^3$) nếu không thể đạt được tính dễ đổ và dễ gia công mong muốn có thể thay đổi khối lượng cốt liệu hoặc dùng phụ gia nhưng không có trường hợp nào hàm lượng xi măng chỉ định ban đầu bị thay đổi.

2.2.3. Nước

Trong công tác bê tông nước để bảo dưỡng, để rửa cốt liệu và để trộn không được có dầu và không được chứa quá 1g/lít clorit như Cl, cũng không chứa quá 1,3 g/lít sunphát như SO₄.

Ngoài các yêu cầu trên, nước để bảo dưỡng bê tông không được chứa các tạp chất với lượng đủ để làm mất màu bê tông hoặc ăn mòn bề mặt.

2.2.4. Phụ gia

Hiện nay thường dùng các loại phụ gia tăng dẻo giảm nước và làm chậm rắn chắc đối với bê tông xi măng Pooclăng, bê tông ứng suất trước các kết cấu đúc sẵn và ống bê tông cốt thép. Lượng phụ gia sử dụng phải phù hợp với liều lượng do nhà sản xuất quy định, với sự chấp thuận của người kĩ sư. Lượng phụ gia sử dụng phải trong phạm vi 0,15 tới 0,25% tổng lượng xi măng cho một mẻ đơn vị của bê tông trộn và cho phép giảm hàm lượng xi măng tối đa 10% của lượng quy định với các yêu cầu cường độ nén.

Các phụ gia hoá chất, khi sử dụng phải phù hợp với các yêu cầu của AASHTO M194.

Không được dùng các phụ gia hoá chất đặc biệt để thay xi măng, các phụ gia chứa clorit như Cl quá 1% theo trọng lượng, không được sử dụng trong bê tông ứng suất trước và bê tông cốt thép. Nếu dùng phụ gia để hút không khí, để giảm tỉ lệ nước - xi măng, để làm chậm hoặc làm tăng nhanh thời gian đông cứng, hoặc để tăng nhanh sự phát triển cường độ chúng phải được sử dụng với tỉ lệ liều lượng do nhà sản xuất khuyến cáo theo quy định trong các quy định đặc biệt theo chỉ dẫn của người kĩ sư.

Liều lượng các phụ gia phải được cân đong chính xác cho từng mẻ bê tông bằng các phương pháp được chấp thuận.

Trừ khi có quy định khác đối với chất hút không khí, các mẫu phụ gia kiến nghị sử dụng phải do nhà thầu nộp cho người kĩ sư trước về ý đồ sử dụng và làm thử nghiệm xác định sự phù hợp với các tính chất cần có. Các phụ gia chưa qua thử nghiệm không được sử dụng.

Mỗi loại phụ gia bất kì đều phải ổn định về tính chất trong toàn bộ quá trình sử dụng nó vào công trình. Nếu thấy rằng chất phụ gia cung cấp không ổn định về tính chất phải ngừng ngay việc sử dụng.

Phụ gia pha chế ở dạng lỏng, phụ gia lỏng phải có đủ khả năng để đổ một lần toàn bộ khối lượng cần thiết cho một mẻ trộn. Phụ gia lỏng được cho vào

nước trước khi đổ vào một mẻ trộn. Nếu dùng nhiều hơn một loại phụ gia lỏng, mỗi loại phải được pha chế bằng thiết bị riêng để chúng không chịu ảnh hưởng lẫn nhau.

Chất hút không khí: Chất hút không khí cần phù hợp với các quy định của ASTM C260.

Chất giảm nước: Khi sử dụng các chất giảm nước liều lượng cho phép của chất phụ gia không vượt quá liều lượng dẫn đến sự co ngót trong bê tông khi khô quá 20% khi được dùng trong bê tông ứng suất trước đúc sẵn; 10% khi dùng trong bê tông ứng suất trước đổ tại chỗ; 10% khi dùng trong bê tông mặt đường không có cốt thép.

Chất giảm nước phải làm giảm yêu cầu về nước của bê tông đã cho ít nhất 7% khi dùng với liều lượng tối đa mà nhà sản xuất khuyến cáo. Không được dùng chất làm chậm đông cứng với liều lượng lớn mà nhà sản xuất khuyến cáo. Cường độ của bê tông chứa chất phụ gia với lượng do người kỹ sư chỉ định ở tuổi 48 giờ và lâu hơn không được nhỏ hơn cường độ của bê tông tương tự không có chất phụ gia. Phụ gia không được ảnh hưởng có hại đến hàm lượng không khí trong bê tông.

2.3. YÊU CẦU VỀ CƯỜNG ĐỘ NÉN

Yêu cầu về cường độ nén là yêu cầu quan trọng và tối thiểu đối với bê tông. Cường độ bê tông phụ thuộc vào lượng nước, công nghệ chế tạo bê tông, thành phần và chất lượng thi công bê tông.

Khi bê tông được chỉ định bằng cường độ nén, cần xác định chất lượng bằng cách thử các mẻ thử đối với các vật liệu, đã được thiết kế chính xác với các thiết bị trộn và các phương thức thi công dự định cho dự án. Việc đổ bê tông có cường độ quy định không được bắt đầu cho tới khi nhà thầu sản xuất một mẻ thử theo thiết kế hỗn hợp được sử dụng và phù hợp với các yêu cầu về cường độ mẻ thử. Cường độ bê tông có thể xác định trên mẫu hình trụ hoặc hình lập phương có kích thước 15cm. Cường độ nén trung bình của ba mẫu thử bê tông đúc liên tiếp, phải bằng hoặc lớn hơn cường độ nén quy định ở tuổi 28 ngày hoặc ở tuổi quy định cụ thể là 3, 7, 14 hoặc 90 ngày không có quá một trong mẫu thử có cường độ nhỏ hơn cường độ quy định và mẫu thử đó phải có cường độ ít nhất bằng 90% cường độ quy định thử nghiệm theo AASHTO hoặc theo tiêu chuẩn quốc gia (TCVN...).

Với mẻ vật liệu thử yêu cầu thiết bị trộn, phương thức và kích cỡ của vật liệu phải giống như khi sử dụng trên công trình.

Cường độ bê tông dùng cho công trình sẽ được xác định từ các thử nghiệm trên các mẫu thử. Một thử nghiệm cường độ phải gồm có cường độ trung bình tối thiểu 3 mẫu thử, chế tạo từ vật liệu lấy từ một khối duy nhất của bê tông. Khi một mẫu thử nào đó cho thấy rõ việc lấy mẫu hoặc thử nghiệm không đúng đắn, mẫu thử đó phải loại bỏ và thử nghiệm cường độ phải lấy cường độ của các mẫu còn lại.

Các mẫu bê tông thử nghiệm được bảo dưỡng tại địa điểm làm việc ít nhất trong một ngày và sau đó mang đến điểm thử khi các mẫu đó đã được bảo dưỡng theo độ ẩm tiêu chuẩn cho tới thời gian thử nghiệm.

Trong các trường hợp cần thêm số liệu có thể sử dụng phương pháp không phá hoại mẫu.

2.4. YÊU CẦU VỀ ĐIỀU KIỆN BẢO DƯỠNG BÊ TÔNG

Việc bảo dưỡng bê tông nhằm tạo ra môi trường để bê tông phát triển cường độ và phải tuân theo các quy định chặt chẽ.

Tất cả bê tông mới đúc đều phải bảo dưỡng. Phương pháp bảo dưỡng phải theo yêu cầu của tiêu chuẩn hoặc bản quy định riêng.

Phương pháp nước: Bê tông phải giữ liên tục ẩm ướt bằng cách tưới nước trong một thời gian tối thiểu là 7 ngày sau khi bê tông đã được đúc. Có thể sử dụng bông, giẻ, thảm hoặc cát ẩm phủ lên môi trường bảo dưỡng để giữ ẩm trong thời gian bảo dưỡng.

Khi sử dụng bông, giẻ, thảm hoặc cát phủ lên để giữ độ ẩm bằng cách tưới nước với một vòi nước tạo ra một lớp sương chứ không thành tia nước cho tới khi bề mặt bê tông được phủ bằng môi trường bảo dưỡng. Độ ẩm từ vòi phun không được đưa trực tiếp bằng áp lực vào bê tông và không được phép tích tụ trên bề mặt bê tông với khối lượng lớn để tạo ra một dòng hoặc tràn trên bề mặt. Cuối thời kì bảo dưỡng các bề mặt bê tông phải làm sạch mọi thứ.

Phương pháp dùng hợp chất bảo dưỡng màu: Toàn bộ bề mặt bê tông phải được phun đồng đều với một hợp chất bảo dưỡng màu. Nếu màng hợp chất bị hư hại vì bất cứ lý do gì trước khi hết hạn 7 ngày sau khi đúc bê tông.

Trong trường hợp bề mặt có phần bị hư hại phải được sửa chữa ngay bằng cách thêm hợp chất bảo dưỡng.

Hợp chất bảo dưỡng màu hoặc trắng phù hợp với các quy định của AASHTO hoặc theo tiêu chuẩn quốc gia.

Hợp chất bảo dưỡng phải rải lên các bề mặt bê tông với mức độ 1 lít/1m².

Phương pháp màng bảo dưỡng chống thấm: Bề mặt bê tông lộ ra khi hoàn thiện phải được phun nước, dùng một vòi phun mù tạo thành một lớp sương chứ không phải thành tia, cho tới khi bê tông đã đông cứng, sau đó phủ màng bảo dưỡng.

Màng bảo dưỡng phải giữ tại chỗ trong một thời gian không ít hơn 72 giờ.

Giấy chống nước phải giữ phù hợp với các yêu cầu kĩ thuật của AASHTO M139. Các tấm dẻo (polietilen) phải phù hợp với các quy định của AASHTO M171.

Giấy chống thấm nước hoặc màng dẻo phải làm thành từng tấm có bề rộng đủ để phủ toàn bộ bề mặt bê tông.

Tất cả các khe nối của các tấm phải gắn kín với nhau bằng xi măng sao cho khe nối không thấm nước. Khe nối phải phủ lên nhau ít nhất 10cm.

B. CẤU TRÚC VÀ CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG XI MĂNG

Cường độ bê tông phụ thuộc vào độ đặc của bê tông. Nâng cao trình độ công nghệ, lựa chọn hợp lý thành phần bê tông sẽ có cấu trúc hợp lý và độ đặc và cường độ bê tông cao. Như vậy, giữa cấu trúc và cường độ bê tông có mối liên hệ chặt chẽ. Cải thiện cấu trúc sẽ dẫn đến những biến đổi về cường độ bê tông.

2.5. CẤU TRÚC VI MÔ CỦA BÊ TÔNG

Hỗn hợp bê tông là hỗn hợp chứa các thành phần chủ yếu: Xi măng, nước, cát, cốt liệu lớn (đá, sỏi). Ngày nay khi đa số bê tông đều có sử dụng của phụ gia thì phụ gia trở thành thành phần quan trọng trong hỗn hợp

bê tông, có tác động đến cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông. Khi nhào trộn các thành phần khoáng vật của xi măng sẽ xảy ra phản ứng thuỷ hoá, các chất cấu thành nên xi măng (thành phần chính C_3S_2 , C_2S , C_3AF , C_3A) tạo nên các chất ngậm nước (C_2SnH_2O , CSH, $C_3AF.n_2H_2O$, CFH, $C_3A.n_3H_2O$, CAH và $Ca(OH)_2$) và trở thành hỗn hợp chất kết dính gốc trong hỗn hợp bê tông. Dung dịch liên kết các cốt liệu nhỏ (cát) tạo nên dung dịch hồ kết dính vữa xi măng (đây là chất kết dính thứ cấp). Cuối cùng dung dịch hồ kết dính vữa xi măng chui vào kẽ hở của các hạt cốt liệu này và chúng tạo ra cấu trúc hỗn hợp bê tông hoàn chỉnh. Tóm lại có thể phân cấu trúc hỗn hợp bê tông thành các cấu trúc con:

- Cấu trúc xương của cốt liệu lớn.
- Cấu trúc vi mô của hồ kết dính vữa xi măng (như là môi trường liên kết các hạt cốt liệu lớn trong cấu trúc bộ xương khung).
- Cấu trúc tiếp giáp giữa hồ xi măng và bề mặt cốt liệu lớn (vùng tiếp giáp cốt liệu): Với khung xương cốt liệu lớn được biểu hiện qua lực dính vữa xi măng lên bề mặt các hạt cốt liệu lớn (lực dính này chỉ hình thành khi kết thúc quá trình nín kết và hỗn hợp bê tông có cấu trúc ổn định và mất hoàn toàn tính dẻo). Vùng tiếp giáp này tồn tại các lỗ rỗng do nước tách ra để lại và là vùng yếu nhất trong cấu trúc bê tông. Tại đây có thể xuất hiện các vết nứt và các vùng ứng suất cục bộ đầu tiên trong bê tông khi chịu lực và chịu tác động của các yếu tố môi trường gây ăn mòn.

2.5.1. Cấu trúc cốt liệu lớn

Cấu trúc cốt liệu lớn tạo nên khung chịu lực phụ thuộc cường độ bản thân cốt liệu lớn, tính chất cấu trúc (diện tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu) và cường độ liên kết giữa các hạt. Tuy nhiên, thường cường độ bản thân của cốt liệu lớn là cao nên ta loại ra khỏi diện yếu tố ảnh hưởng. Trong việc chế tạo hỗn hợp bê tông người ta luôn mong muốn xây dựng một mô hình hỗn hợp bê tông trong đó các hạt cốt liệu lớn tiếp xúc nhiều chiều với nhau và có hồ kết dính vữa xi măng liên kết giữa chúng. Xây dựng mô hình này nhằm đưa cấu trúc cốt liệu lớn trở thành cấu trúc chính, quyết định tính chất cấu trúc vi mô của bê tông và quyết định tính chất chịu lực của bê tông. Lúc này cấu trúc của vữa xi măng chuyển xuống thứ yếu và chỉ có tính chất liên kết. Về mặt chịu lực vữa xi măng chỉ chịu lực tương tác do liên kết giữa các hạt cốt liệu

lớn trong bộ khung mà không chịu lực nội tại trong lòng nó. Cách xây dựng mô hình cấu trúc bê tông như vậy có khả năng tạo ra bê tông mác rất cao và giảm được những tác động vô cùng phức tạp của cấu trúc hồ kết dính vữa xi măng với tính chất cấu trúc vi mô của bê tông. Tuy nhiên, mô hình này chỉ thuận tuý lí thuyết mà rất khó hay không có khả năng tạo được trên thực tế nhưng nó đưa ra nguyên tắc cho tất cả các công nghệ bê tông là tăng độ mạnh của cấu trúc bộ xương khung cốt liệu trên cơ sở:

- + Tăng diện tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu lớn (giữa hai hạt với nhau và của các hạt xung quanh một hạt).

- + Không gian hở trong bộ khung xương là nhỏ nhất.

- + Chiều dày của liên kết hồ xi măng với các hạt cốt liệu là hiệu quả (chỉ nhằm mục đích liên kết).

Vậy các yếu tố ảnh hưởng cơ bản tới cấu trúc bê tông là cốt liệu (kích thước, tính chất bề mặt), phương pháp thiết kế thành phần bê tông (cấp phối), đặc tính kỹ thuật của cốt liệu, kỹ thuật tác động cơ học, ngoài ra có một yếu tố quan trọng đó là tính linh động của dung dịch hồ vữa xi măng (khi dung dịch vữa xi măng càng linh động dẻo thì cấu trúc cốt liệu lớn càng mạnh). Nhưng toàn bộ tính chất phức tạp trong cấu trúc vi mô của bê tông lại nằm ở liên kết giữa vữa xi măng với các hạt cốt liệu.

2.5.2. Cấu trúc vi mô của đá xi măng

Các hạt xi măng được thuỷ hoá bởi nước và quá trình thuỷ hoá thực hiện dần từ ngoài vào bên trong ngay tức khắc tạo lớp màng kết dính bao quanh hạt xi măng mà bản chất là liên kết ion giữa phân tử hỗn hợp xi măng và phân tử nước, lớp màng này dày theo thời gian thuỷ hoá và ngoài nó là lớp nước tự do. Tuy nhiên, lớp màng liên kết này lại cản trở sự thâm nhập của nước và cùng với thời gian tính linh động của các phân tử nước và xi măng giảm dần do vậy làm giảm tốc độ thuỷ hoá. Lớp liên kết hạt xi măng - nước dày dần cùng với nó lớp nước tự do bao ngoài hạt xi măng mỏng dần, thêm vào đó sự linh động của các hạt xi măng do tác động của việc trộn hay tác động cơ học có điều kiện gần nhau dần dần hình thành liên kết và xoá bỏ ranh giới giữa các hạt xi măng. Màng liên kết xi măng nước bao quanh các hạt cốt liệu nhỏ và kéo chúng vào hình thành cấu trúc hồ kết dính vữa xi măng. Có thể mô tả tóm tắt cấu trúc vi mô của vữa xi măng trong hỗn hợp bê tông như sau:

Các hạt xi măng liên kết với nước (loại liên kết ion) tạo nên lớp dính (bao quanh hạt và dày theo tiến trình thuỷ hoá) làm cơ sở để liên kết các hạt xi măng với nhau (liên kết cơ học) xoá bỏ ranh giới các hạt và đồng thời chúng còn liên kết cơ học với cốt liệu nhỏ (cát) tạo nên cấu trúc con vữa xi măng liên kết và tạo nên cấu trúc ổn định có tính chất cơ lí. Nhưng phản ứng thuỷ hoá vẫn tiếp tục xảy ra, do vậy trong cấu trúc vẫn tồn tại bộ phận lõi hạt là khối xi măng khan và không gian giữa các hạt xi măng liên kết là khoảng rỗng có chứa nước.

Các yếu tố tham gia vào cấu trúc:

+ *Vai trò của hạt cát:* Mới nhìn có thể nghĩ sự tham gia của hạt cát là thừa, nhưng nó lại có vai trò hết sức quan trọng trong phần tăng cường ổn định không gian của các hạt xi măng liên kết, nó có tác dụng như chất hoạt tính tăng cường sự linh động của các hạt xi măng và phần tử nước kích thích quá trình thuỷ hoá, đồng thời dưới tác động của cơ học và sự linh động của bản thân trong dung dịch huyền phù (giai đoạn nước liên kết keo giữa các hạt xi măng) làm giảm bớt sự cản trở của màng liên kết xi măng nước tạo cho sự thâm nhập của phân tử nước vào bên trong hạt để thuỷ hoá tiếp. Do đó, tác dụng cuối cùng là giảm lượng lỗ rỗng trong cấu trúc, tăng độ bền, khả năng chịu lực của cấu trúc.

+ *Các hạt xi măng thuỷ hoá:* Tuy rằng lực dính kết các hạt xi măng tuỳ thuộc phần lớn vào loại xi măng (hàm lượng các thành phần trong xi măng), nhưng mức độ linh động của các hạt xi măng - nước phá vỡ thế cân bằng tạm thời làm cho các hạt xít nhau hơn tạo nên thế cân bằng ổn định hơn và giảm các lỗ rỗng, lực dính các hạt cũng cao hơn. Thời điểm và khoảng thời gian tác động cơ học có ảnh hưởng tới lực dính này. Ngoài ra tốc độ, mức độ phản ứng thuỷ hoá ảnh hưởng tới hàm lượng hạt xi măng được thuỷ hoá, mong muốn hết thời gian bảo dưỡng bê tông hoặc thời gian bắt đầu chịu lực thì hàm lượng xi măng trong lõi hạt xi măng chưa được thuỷ hoá là nhỏ nhất. Đây cũng là một yếu tố để tăng cường độ của đá xi măng.

Một số đặc điểm của phản ứng thuỷ hoá xi măng

- Là loại phản ứng chậm dần và kéo dài rất lâu. Một số lý thuyết còn nêu rằng đây là loại phản ứng rất khó kết thúc (điều này lí giải phần nào cường độ của bê tông tăng dần theo thời gian tất nhiên là không xét tới ảnh hưởng của môi trường, điều kiện chịu lực).

- Thông thường theo thí nghiệm thấy rằng hàm lượng xi măng chưa thuỷ hoá sau 28 ngày khoảng dưới 20% hàm lượng toàn bộ hạt.

- Đây là loại phản ứng có sinh nhiệt (chủ yếu là do thành phần C₃A, C₃S thuỷ hoá sinh ra). Nếu bỏ qua tác động của bên ngoài tổng lượng nhiệt phụ thuộc vào loại xi măng và lượng xi măng.

Tốc độ và mức độ của phản ứng thuỷ hoá phụ thuộc vào yếu tố sau: Độ mịn của hạt xi măng, nhiệt độ nội tại trong hỗn hợp, tác động cơ học (tuy nhiên nếu thời gian đầm mà lớn lại giảm tốc độ thuỷ hoá), phụ gia tác động, tốc độ tạo nhiệt.

+ Các lỗ rỗng trong cấu trúc: Lỗ rỗng luôn tồn tại trong cấu trúc vữa xi măng và ảnh hưởng rất lớn tới tính bền của cấu trúc này. Phải tìm cách giảm tối đa hàm lượng lỗ rỗng. Nguyên nhân tạo ra lỗ rỗng:

- Do tính không thể xít được của các hạt xi măng khi liên kết.

- Do lượng nước tự do (lượng còn lại sau phản ứng thuỷ hoá và lượng nước tự do này thường chiếm 10 - 20% tổng lượng nước sử dụng, tuỳ theo loại bê tông).

- Do hàm lượng bọt khí tạo ra trong quá trình trộn. Như vậy, nguyên tắc giảm độ rỗng (tăng độ chật) là:

- Giảm tối đa có thể lượng nước không cần cho thuỷ hoá

- Tạo độ linh động cho các hạt xi măng khi thuỷ hoá.

- Tác dụng cơ học hợp lí để giảm trở lực của liên kết xi măng nước lúc đầu giúp các hạt xít nhau hơn. Lỗ rỗng được tồn tại dưới hai dạng. Lỗ rỗng trong khoảng không giữa các hạt và lỗ rỗng tồn tại dưới dạng các màng lưới mao dẫn.

Tính chất cấu trúc vữa - xi măng được biểu hiện qua liên kết giữa các hạt xi măng và hàm lượng hạt xi măng được thuỷ hoá. Lỗ rỗng trong cấu trúc là luôn luôn tồn tại ngay cả khi lượng nước sử dụng là tối thiểu (chỉ cần cho thuỷ hoá toàn bộ lượng xi măng), lượng lỗ rỗng này sẽ tăng một cách tự nhiên theo mức độ tăng hàm lượng nước ngoài thuỷ hoá và sự tăng hàm lượng xi măng cũng như kích thước hạt xi măng.

Cấu trúc vi mô của vữa xi măng đóng vai trò quan trọng trong tạo lập cấu trúc bê tông và trong bê tông cường độ cao tác động của nó với tính chất cấu trúc bê tông còn hơn cả tác động của cấu trúc cốt liệu lớn.

Muốn tăng độ mạnh của cấu trúc này phải tăng độ linh động của bản thân các hạt xi măng, tác động cơ học hợp lí để tăng khả năng xếp xít của các hạt

xỉ măng làm giảm hàm lượng lỗ rỗng tự nhiên. Giảm tối đa lượng nước thừa không cần cho thuỷ hoá, giảm lượng bọt khí tạo thành, kích thích phản ứng thuỷ hoá sao cho hàm lượng lõi xỉ măng khan của hạt là ít nhất khi hết giai đoạn bảo dưỡng.

2.5.3. Cấu trúc vùng tiếp giáp giữa hồ xi măng và cốt liệu

Ở vùng tiếp giáp giữa xi măng và cốt liệu tồn tại các lớp vữa xi măng áp sát bề mặt cốt liệu, các vùng chứa nước do sự tách nước bên trong của vữa xi măng, các lỗ rỗng do nước bốc hơi và các hạt CaO tự do còn lại.

Ở vùng này tồn tại lực dính giữa đá xi măng và cốt liệu. Cấu trúc tốt nhất ở vùng tiếp giáp tạo ra lực dính kết là tối đa và có lỗ rỗng là tối thiểu. Sự thay đổi độ ẩm ở vùng này chính là nguyên nhân gây ra các biến dạng theo thời gian cho bê tông. Loại bê tông được thiết kế với tỉ lệ $\frac{N}{X}$ thấp, được trộn

hợp lí, được đầm chắc hợp lí sẽ tạo ra vùng tiếp giáp tốt nhất và tạo ra lực dính cao nhất. Vùng tiếp giáp này là vùng quan trọng nhưng yếu nhất của cấu trúc bê tông. Với bê tông truyền thống vết nứt đầu tiên trong bê tông xuất hiện tại đây và phát triển trong cấu trúc hồ xi măng đã đóng cứng. Với bê tông cường độ cao do lượng nước sử dụng ít hơn và do tác động của muối silic, cấu trúc vùng tiếp giáp được cải thiện đáng kể, không có CaO tự do, độ ẩm thấp, lực dính được nâng cao, tạo ra chất lượng mới cho bê tông xi măng.

2.6. CÁC GIAI ĐOẠN HÌNH THÀNH CẤU TRÚC VI MÔ CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG

Có thể chia thành ba giai đoạn sau:

- Giai đoạn chưa hình thành cấu trúc: Lúc này bê tông là hỗn hợp biến động, được tính kể từ thời gian trộn tất cả thành phần của bê tông cho tới khi bắt đầu ninh kết. Tính dẻo của hỗn hợp vẫn bảo toàn, hàm lượng xi măng thuỷ hoá trong giai đoạn này là lớn nhất. Các hạt xi măng bắt đầu ninh kết (mỗi trường tiếp xúc giữa các hạt xi măng chuyển từ dạng huyền phù sang dạng keo).

Khi đó lực dính kết giữa các hạt xi măng, với hạt cát và cả lực dính của hồ vữa xi măng cũng chưa xuất hiện.

- Giai đoạn hình thành cấu trúc không ổn định: Lúc này hỗn hợp bắt đầu phát sinh lực kết dính, nhưng lực kết dính còn nhỏ, đã hình thành

cấu trúc cân bằng mới bền vững hơn và làm lực dính phát triển cao hơn. Trong giai đoạn này hỗn hợp đã mất dần tính dẻo, hình thành tính chất cơ lí. Phần cuối giai đoạn này tính dẻo đã mất, bắt đầu tạo nên tính chất tinh thể ổn định và nếu tác động cơ học sẽ làm phá hoại cấu trúc tinh thể, lực dính giảm nhanh và không còn phát triển được nữa. Giai đoạn này bắt đầu từ khi bắt đầu ninh kết tới khi kết thúc ninh kết.

- Giai đoạn cấu trúc ổn định: là dạng cấu trúc tinh thể, lực dính phát triển ổn định, đảm chắc bê tông dễ dàng nhất mà vẫn tạo ra được bê tông có độ chật cần thiết.

Độ dẻo của bê tông được xác định bằng côn Abram với bê tông dẻo và bằng dụng cụ đo độ cứng với bê tông cứng (độ sụt $\approx 0\text{cm}$). Độ dẻo của bê tông cứng khoảng 60 - 120 giây (bê tông siêu cứng đảm chắc bằng lù chấn động dùng trong xây dựng đường).

Bê tông dẻo hoặc siêu dẻo thường có độ sụt, được thử theo côn Abram biến đổi từ 4 - 10cm và 10 - 20cm.

Các loại bê tông dẻo và siêu dẻo thường có tỉ lệ $N/X = 0,3 - 0,4$ và có sử dụng phụ gia dẻo hoặc siêu dẻo, trong trường hợp đặc biệt có thể dùng N/X đến 0,25. Độ sụt thường từ 8 - 20cm.

Yêu cầu sau khi trộn xong bê tông phải có độ dẻo phù hợp với yêu cầu về độ dẻo và phải giữ được độ dẻo trong thời gian từ 30 - 60 phút. Mức độ giảm độ dẻo trong thời gian trên không nên quá 10%.

Đảm bảo được các yêu cầu trên là rất khó khăn và phải được kiểm tra thường xuyên trong quá trình chế tạo bê tông. Đảm bảo các yêu cầu trên chắc chắn sẽ tạo ra bê tông có chất lượng cao.

DIỄN ĐÀN TOÁN - LÍ - HÓA HỌC PRĂNG DẠT P. QUÝ NHƠN