

PGS. TS. NGUYỄN VIỆT TRUNG (*Chủ biên*)
TS. NGUYỄN NGỌC LONG
KS. NGUYỄN ĐỨC THỊ THU ĐỊNH

PHỤ GIA VÀ HOÁ CHẤT DÙNG CHO BÊTÔNG

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2004

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn sách **“Phụ gia và hoá chất dùng cho bê tông”** được viết để phục vụ các kỹ sư xây dựng và sinh viên các ngành xây dựng dân dụng, công nghiệp, xây dựng công trình giao thông. Nội dung sách giới thiệu một số kiến thức cơ bản về các loại phụ gia dùng để cải thiện các tính chất của bê tông và vữa xây dựng. Một số loại hoá chất thường dùng trong công nghiệp xây dựng cũng được trình bày.

Sách gồm 12 chương, mỗi chương nói về một loại phụ gia, các phụ lục được dành để tóm tắt về các loại phụ gia đang được cung cấp trên thị trường Việt Nam hiện nay (2003).

Phân công biên soạn như sau: PGS. TS. Nguyễn Viết Trung viết các chương 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 và là chủ biên, TS. Nguyễn Ngọc Long biên soạn chương 7 và các Phụ lục, KS. Nguyễn Đức Thị Thu Định biên soạn chương 1.

Sách được biên soạn lần đầu, chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Tác giả mong nhận được sự góp ý và phê bình của bạn đọc cho nội dung cuốn sách để lần xuất bản sau được hoàn chỉnh hơn.

Tác giả

Chương 1

KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI CÁC PHỤ GIA

1.1. KHÁI NIỆM VỀ CÁC CHẤT PHỤ GIA CHO BÊTÔNG VÀ VỮA

Phụ gia bê tông được định nghĩa là một loại vật liệu, được sử dụng như một nguyên liệu của bê tông mà ngoài xi măng, nước và cốt liệu ra nó còn được cho vào mẻ trộn hỗn hợp bê tông ngay trước khi trộn hoặc trong suốt quá trình trộn.

Ngày nay, bê tông được sử dụng với nhiều mục đích khác nhau ở các điều kiện khác nhau, tuy nhiên trong nhiều tình huống thực tế các loại bê tông thông thường lại không đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu đặc biệt về công nghệ hay về chất lượng và độ bền. Trong những trường hợp này phụ gia được sử dụng nhằm mục đích thay đổi các đặc trưng của bê tông để cải tạo tính năng của bê tông khi chưa hoá cứng và khi đã hoá cứng dưới các điều kiện thực tế đã đặt ra.

Cho mãi đến năm 1930, chất độn và phụ gia mới bắt đầu được sử dụng nhưng vẫn không được coi là một phần quan trọng trong công nghệ bê tông. Từ đó đến nay phụ gia được sử dụng ngày càng nhiều. Mặc dù vậy, việc sử dụng phụ gia và chất độn đã từng bị một số kỹ sư công nghệ bê tông phản đối và xem thường. Ngày càng có rất nhiều người có quan điểm trái ngược, họ đánh giá cao và khuyến khích việc sử dụng phụ gia vì chúng tạo ra nhiều đặc tính mong muốn cho bê tông và mang lại hiệu quả kinh tế trong lĩnh vực xây dựng bê tông. Tuy nhiên, cần nhớ rằng phụ gia không phải là thứ thay thế được cho các phương pháp thi công bê tông thông thường.

Trong mỗi hoàn cảnh cụ thể, cũng hơi khó dự đoán thật chính xác tác động và kết quả khác nhau của việc sử dụng phụ gia bởi vì thường xuyên có sự thay đổi của mác xi măng, cấp phối của cốt liệu, thành phần trộn và hàm lượng xi măng của hỗn hợp trộn; những yếu tố đó làm thay đổi các đặc tính của bê tông. Trong một số trường hợp, các phụ gia ảnh hưởng đồng thời đến một vài đặc tính của bê tông, đôi khi chúng còn có ảnh hưởng tiêu cực đến các đặc tính mong muốn. Vì thế khi sử dụng phải cẩn thận trong việc lựa chọn các loại phụ gia và dự đoán được tác động của nó lên bê tông. Điều này có thể dựa trên kiến thức, kinh nghiệm và đặc biệt là dựa trên các thí nghiệm trong điều kiện cụ thể tại công trường.

1.2. CÁC ĐẶC TÍNH VÀ NHU CẦU, PHẠM VI SỬ DỤNG PHỤ GIA

Cần phân biệt phụ gia (tiếng Anh là admixture) bê tông và phụ gia xi măng. Các phụ gia xi măng được cho thêm vào nguyên liệu chế tạo xi măng từ trong nhà máy xi măng. Các phụ gia bê tông và vữa được cho thêm vào hỗn hợp trong lúc đang chế tạo bê tông và vữa để cải

thiện một số tính chất nào đó cần thiết. Liều lượng phụ gia được chọn tùy từng trường hợp cụ thể nhưng chỉ vào khoảng 0,3 - 1,5% so với trọng lượng xi măng. Ngoài ra còn có các chất độn (tiếng Anh là additive) dưới dạng bột được thêm vào bê tông với liều lượng khá nhiều (5% - 10 % so với trọng lượng xi măng). Như vậy khi thiết kế cấp phối có thể không xét đến thể tích của phụ gia nhưng phải xét đến thể tích của chất độn.

Các phụ gia làm thay đổi các tính chất của bê tông và vừa sao cho phù hợp với các yêu cầu về tiết kiệm xi măng, về tính dễ thi công và đem lại hiệu quả cao về kỹ thuật - kinh tế. Nhìn chung những lợi ích mà phụ gia đem lại cho bê tông có thể liệt kê như sau:

Cải thiện tính dễ thi công của hỗn hợp bê tông vừa trộn:

- + Tăng độ linh động, tăng độ sụt, kéo dài thời gian duy trì độ sụt mà không cần tăng lượng nước trộn, hoặc giảm lượng nước trộn.
- + Làm chậm lại hoặc tăng nhanh quá trình ninh kết ban đầu.
- + Làm giảm hoặc tránh sự tiết nước và sự phân tầng hỗn hợp bê tông.
- + Làm bê tông không bị co ngót hoặc nở thể tích chút ít (ví dụ 0,4%).
- + Tạo khả năng chuyên chở hỗn hợp bê tông tươi đi xa, trong điều kiện thời tiết nóng (hoặc lạnh) đáp ứng yêu cầu cung cấp bê tông tươi từ các trạm trộn ở xa đến vị trí công trường.
- + Tạo khả năng bơm bê tông lên cao để thi công nhà cao tầng hoặc bơm xa để thi công cầu, hầm hoặc công trình thủy lợi v.v...

Cải thiện các tính chất của bê tông sau khi hoá cứng:

- + Tăng cường độ sớm trong thời gian đầu để sớm tháo dỡ ván khuôn, sớm tạo dự ứng lực, v.v. nhằm tăng nhanh tiến độ thi công, tăng quay vòng ván khuôn.
- + Tăng cường độ chịu nén, chịu kéo.
- + Tăng độ chống thấm.
- + Làm chậm quá trình tỏa nhiệt hoặc giảm nhiệt lượng tỏa ra khi bê tông đang hoá rắn để tránh các vết nứt do co ngót - nhiệt, đặc biệt là đối với các công trình khối lớn như đập nước, mố trụ cầu, v.v...
- + Hạn chế sự nở thể tích do các phản ứng của các chất kiềm với các thành phần khoáng của cốt liệu.
- + Loại phụ gia đem lại tính không co ngót cho vữa và bê tông.
- + Loại phụ gia ức chế, ngăn chặn sự ăn mòn cốt thép trong bê tông.
- + Tạo sự dính bám chặt giữa phần bê tông cũ và phần bê tông hay vữa mới.
- + Tăng khả năng chịu va đập và chịu mài mòn của bê tông, (ví dụ, nhờ đó giảm lượng bụi phát sinh do vận chuyển, đi lại trên sàn bê tông).
- + Tạo màu sắc cho bê tông theo dự kiến.

+ Tăng độ dính kết của bê tông với cốt thép.

Tuy nhiên, ứng với mỗi trường hợp sử dụng phụ gia đều phải xem xét kỹ lưỡng và tính toán, thí nghiệm chu đáo để đảm bảo đạt hiệu quả tốt.

1.3. PHÂN LOẠI PHỤ GIA

Có nhiều cách phân loại khác nhau đối với các phụ gia tùy theo những căn cứ khác nhau như: phân loại phụ gia theo cơ chế phản ứng hoá học và phân loại theo mục đích sử dụng. Tuy nhiên đối với thị trường công nghiệp xây dựng ở Việt Nam cũng như ở nước ngoài, người ta thường dùng các cách phân loại đã được các Tiêu chuẩn quốc gia hay quốc tế chấp nhận, thường là dựa vào mục đích sử dụng phụ gia. Trước đây ở Việt Nam chủ yếu dựa vào cách phân loại theo các nhà khoa học Nga (Liên Xô cũ). Vài năm gần đây các Tiêu chuẩn của Mỹ (như ACI, ASTM, AASHTO), Tiêu chuẩn Anh (BS), Tiêu chuẩn của Úc (AS), Tiêu chuẩn Nhật Bản (JAS) bắt đầu được áp dụng, đặc biệt là trong các dự án có vốn nước ngoài. Vì vậy đã có sự thay đổi trong cách phân loại.

1.3.1. Phân loại phụ gia theo cơ chế phản ứng hoá học

Tác giả người Nga, V.B.Ratinốp phân chia các phụ gia thành 4 loại, trong mỗi loại chia thành các nhóm phụ gia có đặc tính gần giống nhau.

Loại 1: Các chất điện phân

Các chất này khi được trộn với nước và xi măng sẽ làm thay đổi độ hòa tan của các khoáng chất trong xi măng như C_3S và C_2S trong nước (phụ thuộc vào các chất điện phân mạnh hay yếu). Các phụ gia này làm tăng tốc độ thủy hoá và đóng rắn của xi măng. Các chất điện phân được chia làm 2 nhóm:

1- Nhóm chất không chứa các ion cùng tên với các ion của chất kết dính.

Khi trộn các phụ gia Nhóm 1 với các chất kết dính đơn khoáng hay đa khoáng sẽ làm tăng tốc độ hoà tan của các khoáng khiến cho quá trình thủy hoá và hoá rắn phát triển nhanh hơn. Nhóm này gồm các phụ gia tăng nhanh hoá rắn và đạt cường độ sớm cho bê tông.

2- Nhóm chất có chứa các ion cùng tên với các ion của chất kết dính.

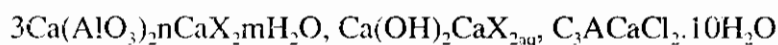
Nhóm các chất giảm độ hoà tan của chất kết dính trong nước, làm chậm tốc độ ninh kết và rắn chắc của chất kết dính.

Loại 2: Các phụ gia tham gia phản ứng với các thành phần hoá học của chất kết dính

Các phụ gia có tham gia phản ứng với các thành phần của chất kết dính, hoặc các sản phẩm thủy hoá của chúng tạo thành các hợp chất khó tan hoặc ít phân tán. Các phụ gia này được chia làm hai nhóm:

1. *Nhóm 1:* Các phụ gia tham gia phản ứng với các thành phần của chất kết dính trong các phản ứng kết hợp, như kết hợp với các khoáng C_3A , C_4AF của clinker xi măng, cũng như

kết hợp với các sản phẩm thủy hoá của xi măng như $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo thành các chất khó tan trong nước như:



2. *Nhóm 2:* Các phụ gia là những chất tham gia phản ứng với các chất kết dính trong các phản ứng trao đổi:

Các loại muối kim loại kiềm mạnh hoặc yếu (NaCl , KCl , NaNO_2 , KNO_3 , CH_3COONa , NaNO_3 ,...) tham gia phản ứng với các pha của đá xi măng với sự có mặt của $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo thành các hợp chất muối khó tan trong nước, hoặc tổ hợp phân tử như $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_3(\text{AlO}_3)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$.

Các hợp chất khó tan này sẽ phát triển cường độ hoặc chèn vào các lỗ rỗng trong cấu trúc bê tông làm tăng cường độ, khả năng chống thấm và độ bền vững lâu dài cho bê tông.

Loại 3: Các phụ gia tạo mầm kết tinh

Các phụ gia tạo mầm kết tinh thúc đẩy quá trình kết tinh của các sản phẩm thủy hoá của chất kết dính, thúc đẩy nhanh quá trình đông rắn của bê tông.

Loại 4: Các chất phụ gia hoạt tính bề mặt.

Các chất này được sử dụng làm phụ gia cho bê tông muộn hơn các chất điện phân, song chúng nhanh chóng được sử dụng rộng rãi làm phụ gia cho bê tông trên phạm vi toàn thế giới. Các phụ gia hoạt tính bề mặt được chia làm 2 nhóm sau:

1. *Nhóm 1: Các chất ưa nước (hấp thụ nước):* Phần tử của các chất trong nhóm này chứa một số đáng kể các nhóm chức năng có độ phân cực khác nhau, các nhóm này hướng về phía các pha rắn và hấp thụ lên bề mặt của chúng tạo thành lớp màng mỏng trơn nhẵn làm tăng độ dẻo của hỗn hợp, giảm độ phân tán của vữa, giảm lượng nước trộn bê tông và vữa, làm chậm tốc độ rắn chắc. Điển hình là loại lignosunphatcanxi. Ví dụ các phụ gia CCB và CDB của Nga đã từng được áp dụng ở Việt Nam tại công trường cầu Thăng Long nhiều năm trước đây.

2. Nhóm 2: Các phụ gia kỵ nước:

Do cấu trúc phân tử không đối xứng mạnh, nên phần kỵ nước của phân tử bám chặt lên bề mặt của pha rắn có trong hỗn hợp. Các phụ gia này có thể tạo ra các bọt khí trong bê tông, làm tăng độ chống thấm, chống băng giá, do đó tăng được độ bền vững lâu dài cho bê tông. Các phụ gia này có thể trộn với clinker khi nghiền, làm tăng thời hạn bảo quản xi măng, tăng độ dẻo trong hỗn hợp bê tông. Tiêu biểu trong nhóm này có phụ gia GHF - Nga.

Những năm gần đây trong lĩnh vực xây dựng, có xu thế phối hợp hai hay nhiều loại phụ gia với nhau một cách phổ biến tạo thành các loại phụ gia mới đa chức năng (một tính năng trội và một số tính năng khác kèm theo). Hệ thống kết hợp các phụ gia này có nhiều tính năng ưu việt hơn so với các phụ gia một thành phần như đã nêu trên:

- Hoạt động đa chức năng, cùng một lúc ảnh hưởng tới nhiều tính chất của bê tông.
- Có thể có hiệu quả mạnh hơn đối với một đặc tính của bê tông mà phụ gia một thành phần đã đạt tới mức tối đa, không thể cao hơn nữa.
- Có thể thu hẹp hoặc loại bỏ được những hạn chế mà việc sử dụng một thành phần có thể gây ra cho hỗn hợp bê tông.

Ví dụ, người ta có thể dùng phụ gia đa chức năng gồm các chất điện phân cộng với chất hoạt tính bề mặt. Nếu dùng chất hoạt tính bề mặt (với tỷ lệ vài phần nghìn của lượng xi măng) sẽ làm tăng độ dẻo cho hỗn hợp bê tông, nhưng lại làm chậm tốc độ thủy hoá và rắn chắc của xi măng, ảnh hưởng tới năng suất của các nhà máy bê tông. Cho thêm các chất điện phân sẽ khắc phục được những hạn chế trên. Đồng thời các chất hoạt tính bề mặt lại khắc phục được những hạn chế mà chất điện phân có thể gây ra đối với hỗn hợp bê tông...

Các phụ gia đa chức năng có thể tạo ra theo những phương thức kết hợp sau:

A - Hỗn hợp các phụ gia loại 1 (theo phân loại của Patinóp).

- Hỗn hợp các phụ gia loại 2.
- Hỗn hợp các phụ gia loại 3.
- Hỗn hợp các phụ gia loại 4.

B - Hỗn hợp các phụ gia loại 1 và 2, cũng như loại 1 hoặc loại 2 với loại 3.

Các chất điện phân kết hợp với các phụ gia tạo ra các tâm kết tinh có sẵn.

Hỗn hợp các phụ gia loại 1 hoặc loại 2 và loại 4.

Các chất điện phân kết hợp với các chất hoạt tính bề mặt.

1.3.2. Phân loại phụ gia theo Tiêu chuẩn Pháp (NF. P18-103)

Tiêu chuẩn Pháp (NF. P18-103), năm 1989, phân ra các loại phụ gia như sau:

1. Phụ gia làm tăng ninh kết không có clo.
2. Phụ gia làm tăng nhanh đông rắn cho bê tông không có clo.
3. Phụ gia siêu dẻo.
4. Phụ gia giảm bọt hấp thụ mao quản - tăng chống thấm nước.
5. Phụ gia làm dẻo.
6. Phụ gia làm giảm lượng nước trộn bê tông - tăng dẻo.
7. Phụ gia làm tăng ninh kết.
8. Phụ gia sinh bọt khí (phụ gia tạo bọt khí lớn).
9. Phụ gia dùng cho bê tông và vữa phụt.
10. Phụ gia sinh hơi (gaz) được khu trú.
11. Phụ gia sinh bọt lẫn khí (phụ gia tạo bọt khí nhỏ).

12. Phụ gia tạo màu.

13. Phụ gia làm tăng nhanh bám dính cho bê tông hoặc vữa phun.

Một số tác giả người Nga phân ra 3 nhóm lớn các loại phụ gia khoáng (loại có hoạt tính, loại có độn bổ sung, loại có để bền kiềm, bền axit, bền lửa); các loại để sinh khí, tạo bọt; các loại phụ gia hoá học. Các loại phụ gia hoá học lại được chia nhỏ và phân làm 9 nhóm:

1. Phụ gia tăng hoạt tính bề mặt.
2. Phụ gia tăng nhanh ninh kết và đóng rắn.
3. Phụ gia làm chậm ninh kết và đóng rắn.
4. Phụ gia làm tăng tính chống thấm nước.
5. Phụ gia làm tăng tính chống băng giá.
6. Phụ gia tăng tính ổn định trong các môi trường xâm thực.
7. Phụ gia hạn chế ăn mòn kim loại.
8. Phụ gia chống bức xạ.
9. Phụ gia chống nấm khuẩn.

1.3.3. Phân loại phụ gia theo Tiêu chuẩn Mỹ (ASTM)

Trong bộ Tiêu chuẩn Mỹ (ASTM) có các đề mục C.494 - 86 quy định về các phụ gia hoá học, đề mục C.618 - 89a quy định về các phụ gia khoáng, đề mục C.869 - 80 quy định về các phụ gia tạo bọt.

Các phụ gia hoá học được phân loại thành các nhóm sau đây:

- Loại A: phụ gia giảm nước.
- Loại B: phụ gia chậm ninh kết.
- Loại C: phụ gia nhanh ninh kết.
- Loại D: phụ gia giảm nước và chậm ninh kết.
- Loại E: phụ gia giảm nước và nhanh ninh kết.
- Loại F: phụ gia giảm nước và nhanh ninh kết cao cấp (siêu dẻo).
- Loại G: phụ gia giảm nước và chậm ninh kết cao cấp (siêu dẻo).

Các nhà sản xuất thường có xu hướng đưa ra thị trường những sản phẩm phụ gia có các đặc tính kết hợp nên có thể một phụ gia được phân loại vào 2 - 3 nhóm đồng thời.

1.3.4. Phân loại phụ gia theo Tiêu chuẩn Mỹ ACI (Viện bê tông Mỹ)

Tiểu ban 212 thuộc Viện bê tông Mỹ đã sắp xếp phụ gia theo 14 loại như sau:

1. Phụ gia tăng nhanh hoá rắn.

2. Phụ gia giảm nước và điều chỉnh tốc độ ninh kết.
3. Phụ gia cho vữa trám trong công tác khoan phụt.
4. Phụ gia tăng hàm lượng khí trong bê tông.
5. Phụ gia nở.
6. Phụ gia chống thấm.
7. Phụ gia trám vá sửa các kết cấu bị hư hỏng.
9. Phụ gia hạn chế tương tác có hại của silíc-kiểm.
10. Phụ gia ức chế ăn mòn kim loại.
11. Phụ gia diệt nấm khuẩn và côn trùng.
12. Phụ gia điều chỉnh sự tách nước.
13. Phụ gia tạo màu sắc.
14. Các phụ gia khoáng.

1.3.5. Phân loại các phụ gia khoáng

Các phụ gia khoáng là các chất khoáng có hoạt tính thủy lực hoặc tính kết dính yếu, được nghiền mịn. Có tác giả đề nghị có thể chia làm 4 nhóm sau:

- Nhóm X: gồm có xỉ lò cao, xỉ hạt nghiền mịn, chúng là phụ phẩm của công nghệ luyện gang, có hoạt tính rất cao, có cả tính kết dính.
- Nhóm P: gồm các phụ gia hoạt tính puzolan có nguồn gốc khoáng thiên nhiên từ tro núi lửa.
- Nhóm T: gồm có các phụ gia hoạt tính từ tro, tro bay tạo thành từ quá trình đốt than nghiền, than bột.
- Nhóm S: gồm có các phụ gia gốc microsilica, cỡ hạt siêu mịn và thành phần hoá học chủ yếu là silic hoạt tính. Nhóm này gồm 3 loại là:
 - + Phụ gia meta caolanhi: chế tạo từ cao lanh lọc được hoạt hoá bằng gia nhiệt ở nhiệt độ thích hợp, sau đó được nghiền mịn tới bề mặt riêng $\geq 15 \text{ m}^2/\text{g}$.
 - + Phụ gia silicafum: vật liệu rất mịn, chứa ôxyt silic vô định hình. Chất này thu được từ muối silic của quá trình sản xuất ferromangan và ferrosilic trong lò hồ quang điện.
 - + Phụ gia tro trấu: được chế tạo bằng cách đốt trấu trong thiết bị đặc biệt ở điều kiện khử và nhiệt độ phù hợp, sau đó được nghiền mịn.

1.4. PHÂN LOẠI XI MĂNG

Không phải là mọi loại xi măng đều có thể kết hợp tốt với mọi loại phụ gia. Các công thức tính toán thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông đều không xét cụ thể được đến từng loại

phụ gia cũng như từng loại xi măng. Để biết sự tương hợp tốt nhất giữa một loại xi măng với một loại phụ gia thì cách duy nhất là phải làm thí nghiệm cụ thể. Vì vậy mỗi kỹ sư xây dựng cần phải nắm vững cách phân loại và đặc tính của từng loại xi măng trên thị trường.

Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5439 - 1991, xi măng được phân loại dựa theo các đặc tính sau:

- Loại clinke và thành phần của xi măng.
- Mác.
- Tốc độ đông rắn.
- Thời gian đông kết.
- Các tính chất đặc biệt.

1.4.1. Phân loại xi măng theo loại clinke và thành phần của xi măng

- Xi măng trên cơ sở clinke xi măng poóclăng.
- Xi măng poóclăng (không có phụ gia khoáng).
- Xi măng poóclăng hỗn hợp (với tỷ lệ phụ gia khoáng hoạt tính không lớn hơn 20%).
- Xi măng poóclăng xỉ (với tỷ lệ phụ gia xỉ hạt lớn hơn 20%).
- Xi măng poóclăng puzolan (với tỷ lệ phụ gia puzolan lớn hơn 20%).
- Xi măng trên cơ sở clinke xi măng alumin.
- Xi măng alumin có hàm lượng Al_2O_3 lớn hơn 30% và nhỏ hơn 60%.
- Xi măng giàu alumin có hàm lượng Al_2O_3 từ 60% trở lên.

1.4.2. Phân loại xi măng theo mác xi măng

Xi măng poóclăng được phân theo mác, ví dụ như PC40, PC50 là các loại xi măng poóclăng có giới hạn bền nén ở tuổi 28 ngày lần lượt không nhỏ hơn 40, 50MPa.

Loại I: Xi măng thường khi không có yêu cầu đặc biệt.

Loại IA: Như loại I, nhưng có khả năng cuốn khí.

Loại II: Xi măng dùng trong trường hợp chung, nhưng có khả năng bền sunphat vừa và nhiệt thủy hoá vừa.

Loại IIA: Như loại II, nhưng có thêm yêu cầu cuốn khí.

Loại III: Dùng trong trường hợp yêu cầu cường độ ban đầu cao.

Loại IIIA: Như loại III, nhưng có thêm yêu cầu cuốn khí.

Loại IV: Dùng trong trường hợp yêu cầu nhiệt thủy hoá thấp.

Loại V: Dùng trong trường hợp yêu cầu độ bền sunphat cao.

Ngoài ra Mỹ cũng có những loại xi măng đặc biệt khác như xi măng hỗn hợp (theo ASTM C595 - 92a). Xi măng hỗn hợp ở đây bao gồm cả xi măng poóclăng xỉ lò cao và xi măng poóclăng puzolan, thậm chí trong xi măng hỗn hợp có cả xỉ và puzolan.

1.4.3. Phân loại xi măng theo Tiêu chuẩn Mỹ

Phân loại theo Tiêu chuẩn Mỹ về cơ bản cũng giống Tiêu chuẩn Việt Nam. Tuy nhiên có nhiều loại xi măng hơn.

1.5. CÁC LOẠI XI MĂNG HIỆN ĐANG SẢN XUẤT VÀ SỬ DỤNG Ở VIỆT NAM

1. Xi măng poóclăng viết tắt PC được sản xuất ở nước ta phù hợp Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2682 - 1999. Theo Tiêu chuẩn này, PC được sản xuất bằng cách nghiền mịn clinke với một lượng thạch cao thích hợp thông qua phụ gia khoáng.

2. Xi măng poóclăng hỗn hợp viết tắt là PCB:

Loại xi măng này được sản xuất ở nước ta phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2620 - 1997. Theo Tiêu chuẩn này, PCB được sản xuất bằng cách nghiền clinke xi măng với một lượng phụ gia khoáng tới 40% (trong đó lượng phụ gia hoạt tính không quá 20%) trọng lượng xi măng và một lượng thạch cao thích hợp. Xi măng PCB hiện đang được sản xuất có mác 30 ký hiệu là PCB 30.

3. Xi măng poóclăng bền sunphat viết là PC_s được sản xuất theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6067 - 1995. Theo Tiêu chuẩn này PC_s được phân ra làm hai nhóm: bền sunphat thường và bền sunphat cao với hai mác 30 và 40.

Hiện nay nước ta sản xuất xi măng bền sunphat cao chứa bari viết tắt là PC_{hs}, chứa khoảng 1 - 6% BaO dưới dạng B₂S, BA, B₆A₂F... Khi đóng rắn trong môi trường chứa SO₄²⁻ (nước biển, nước sunphat), độ bền nén và chống thấm tăng lên nhờ sự lên chặt cấu trúc bởi BaSO₄.

Một loại xi măng bền sunphat khác HAPI cũng đang được sản xuất. Đây là một loại xi măng Poóclăng xỉ bền sunphat.

4. Xi măng Poóclăng xỉ hạt lò cao: phù hợp với Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4316 - 1986. Theo Tiêu chuẩn này, xi măng Poóclăng xỉ được sản xuất bằng cách nghiền mịn hỗn hợp clanke của xi măng Poóclăng với 20 - 60% xỉ hạt hạng một hoặc 20 - 50% xỉ hạt hạng hai và một lượng thạch cao cần thiết.

5. Xi măng Puzolan viết tắt là PC_{puz}: phù hợp với TCVN 4033 - 1995. Theo Tiêu chuẩn này, PC_{puz} được sản xuất bằng cách nghiền mịn hỗn hợp clinke xi măng và phụ gia hoạt tính Puzolan (từ 15 - 40% trọng lượng xi măng PC_{puz}) và một lượng thạch cao thích hợp.

6. Xi măng Poóclăng ít toả nhiệt viết tắt là PC_{th}: phù hợp với TCVN 6069 - 1995. Theo Tiêu chuẩn này PC_{th} mác 30 có hàm lượng C₃S không lớn hơn 35%, hàm lượng C₂S

không nhỏ hơn 49% và hàm lượng C_3A không lớn hơn 7%. Hai thành phần C_3A và C_3S thoát nhiệt nhiều. Vì hai thành phần này giảm đi, xi măng thủy hóa sẽ toả nhiệt ít hơn.

7. Xi măng poóclăng trắng viết tắt là PC_w

Các loại xi măng 1, 2 và 6 nói trên được sử dụng nhiều ở nước ta nên được sản xuất thường xuyên, còn các loại xi măng khác là xi măng đặc chủng được sử dụng không nhiều, do đó không sản xuất thường xuyên, và có loại chỉ sản xuất theo đơn đặt hàng. Các loại xi măng từ 1 đến 6 thường được dùng trong xây dựng thủy lợi. Theo yêu cầu của công tác xây dựng và theo sự phát triển của công nghệ sản xuất xi măng trong thời gian tới có thể có các loại xi măng khác ra đời để tăng thêm chủng loại xi măng sản xuất ở nước ta. Ngoài ra một số loại xi măng đặc biệt khác có thể được nhập từ nước ngoài khi có nhu cầu đặc biệt và có chủ trương của nhà nước về nhập khẩu xi măng đặc biệt.

1.6. SƠ LƯỢC VỀ CÔNG DỤNG VÀ CÁC TÍNH CHẤT KỸ THUẬT CỦA MỘT SỐ LOẠI PHỤ GIA

1.6.1 Phụ gia điều chỉnh sự đông rắn của bê tông và vữa

Chúng thường là các phụ gia hoá học có thể tan trong nước và cải biến độ hoà tan của các thành phần khác nhau của xi măng và trước hết là tốc độ hoà tan của chúng.

Ngoài các phụ gia ký hiệu C và E nêu trong 14 TCN 103-109 và ASTM C494-92, các chất sau đây có tác dụng tăng nhanh đông cứng bê tông:

- Triethanolamin và canxi format.

- Canxi clorua ($CaCl_2$) là phụ gia có tác dụng mạnh nhất trong các phụ gia đông cứng nhanh. Tuy nhiên, loại phụ gia này chứa ion clo (Cl^-) ăn mòn cốt thép. Do vậy nó được yêu cầu không sử dụng trong bê tông cốt thép dự ứng lực, không trộn vào trong bê tông có chứa các kim loại không cùng loại, hoặc bê tông cốt thép trong môi trường ẩm ướt bởi môi trường này có khuynh hướng làm tăng sự ăn mòn cốt thép. Liều lượng pha trộn của phụ gia này thường không quá 1% trọng lượng xi măng.

- Một số sunphat như natri và kali sunphat, manhe cacbonat nghiền mịn.

Cần chú ý rằng có một số loại phụ gia đông cứng nhanh có thể có tác dụng ngược lại nghĩa là làm chậm đông cứng khi liều lượng dùng vượt quá quy định; vì vậy khi sử dụng, cần xác định liều lượng thích hợp và xem kỹ hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất để đạt được hiệu quả mong muốn.

Phụ gia làm chậm đông cứng làm giảm tốc độ phản ứng của xi măng với nước và do đó làm chậm sự đông kết của bê tông ít nhất là 1 giờ. Cũng có thể làm giảm cường độ bê tông ngày 28 một chút, làm chậm sự tiến triển nhiệt thủy hoá trong bê tông khối lớn, nên sử dụng thích hợp trong bê tông khối lớn. Các phụ gia gốc kiềm cũng có tác dụng làm đông

cứng chậm sinh xút, potat, amoniac, các muối natri và kali aluminat, borat, các muối canxi nitrit, nitrat và fomiat.

1.6.2. Phụ gia giảm nước thường

Phụ gia này có tác dụng tăng dẻo, giảm nước. Cường độ ban đầu của bê tông tăng lên do giảm nước sẽ bù lại sự giảm cường độ do ảnh hưởng của phụ gia làm đông cứng chậm và cường độ bê tông ngày 28 cao hơn bê tông đối chứng có cùng độ sụt. Phụ gia giảm nước còn cải thiện tính chất của bê tông khi cốt liệu có cấp phối không tốt, cốt liệu có nhiều cạnh góc và cát nhỏ. Trong các trường hợp đó, nếu không dùng phụ gia tăng dẻo giảm nước, thì bê tông sẽ khô, khó thi công; mà nếu thêm nước thì cường độ bê tông lại giảm. Phụ gia này cũng làm chậm sự mất độ sụt theo thời gian. Các phụ gia tăng dẻo giảm nước thông thường như lignosunfonat và cacbuaxylic hydroxyl có thể giảm được khoảng 10% lượng nước trộn, khi đó cường độ nén cuối cùng có thể tăng 15 - 25%, độ co ngót và từ biến của bê tông được giảm đi. Nếu không giảm nước, thì độ sụt tăng từ 2 đến 3 lần, dễ thi công hơn. Thời gian đông kết của bê tông có thể giảm từ 1 - 3 giờ ở nhiệt độ 18 - 30°C, nhiệt thủy hoá của bê tông cũng giảm đi.

1.6.3. Phụ gia giảm nước bậc cao (phụ gia siêu dẻo)

Hiện nay các phụ gia siêu dẻo được sử dụng rất phổ biến trong xây dựng cầu đường ở nước ta. Loại phụ gia này có thể giảm được 25 - 30% lượng nước trộn, do đó tăng cường độ bê tông ngày 28 của bê tông khoảng 30 - 40%, cường độ ban đầu cũng cao hơn bê tông không pha phụ gia. Nếu không giảm nước, độ sụt có thể tăng trên 4 lần và làm chậm sự mất độ sụt. Loại siêu dẻo kéo dài thời gian đông kết (loại G) rất thích hợp đối với bê tông thương phẩm cần vận chuyển đường dài, bê tông bơm, bê tông cần đông cứng chậm và nhiệt thủy hoá thấp, rất thích hợp cho đông kết (loại F) thích hợp với các kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực như dầm cầu, bản sàn nhịp lớn, v.v... Cần chú ý rằng, nếu giảm lượng nước và giữ nguyên độ sụt, cùng cường độ bê tông ngày 28, thì có thể giảm lượng dùng xi măng, do đó tiết kiệm được một lượng xi măng khá lớn, bù lại chi phí cho phụ gia, như vậy đạt hiệu quả kinh tế nhất. Có nhiều loại phụ gia giảm nước bậc cao mà không kéo dài thời gian đông kết. Mỗi loại phụ gia siêu dẻo đang có trên thị trường Việt Nam đều có đồng thời vài tác dụng như giảm nước bậc cao, tăng độ bền chống thấm, tăng cường độ cao cuối cùng, v.v...

1.6.4. Phụ gia cuốn khí

Phụ gia cuốn khí có tác dụng lôi cuốn một phần không khí vào trong bê tông thông qua quá trình trộn, tạo ra các bọt khí cực nhỏ đường kính từ 10 đến 1000 μ m. Các bọt khí này được phân tán đều khắp trong bê tông, làm tăng độ lưu động, giảm phân tầng tiết nước của hỗn hợp bê tông, đồng thời cũng tăng tính chống thấm của bê tông lên một chút. Các bọt khí cực nhỏ nằm trong các lỗ rỗng mao quản của bê tông sau khi cứng hoá, ngăn không cho

nước thấm vào. Tác dụng quan trọng nhất của phụ gia cuốn khí là tăng độ bền do sự đóng băng và tan băng của bê tông ở những nơi có băng tuyết vào mùa đông. Nước ta thuộc vùng nhiệt đới nên ưu điểm này của phụ gia cuốn khí không có ý nghĩa lớn. Tuy vậy hàm lượng khí trong bê tông cũng ảnh hưởng tới cường độ bê tông (hàm lượng khí càng nhiều thì cường độ càng giảm). Do đó khi sử dụng phụ gia cuốn khí, cần phải khống chế chặt chẽ liều lượng pha trộn của phụ gia để đạt được hiệu quả mong muốn. Nhiều tài liệu đã đưa ra khuyến cáo hàm lượng khí trong bê tông từ 4 đến 6% là thích hợp. Hiện tại phụ gia cuốn khí đã được sử dụng tại một số công trình lớn của nước ta như công trình thủy điện Hàm Thuận - Đa Mi, cầu đường sắt Đà Nẵng.

1.6.5. Phụ gia hoạt tính puzolan

Phụ gia hoạt tính puzolan thiên nhiên theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3735 - 82 ở dạng nguyên khai hoặc đã gia nhiệt để tăng hoạt tính; được pha trước vào xi măng để được xi măng poóc-lăng puzolan theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4033 - 95, hoặc pha vào bê tông và vữa trước khi trộn.

Puzolan thiên nhiên bao gồm đất diatomit, đá phiến sét, tuyp và tro núi lửa, đá bọt, đá bazan... Puzolan chứa nhiều oxit silic vô định hình có hoạt tính, tức là có tác dụng ở nhiệt độ thường với Ca(OH)_2 sinh ra khi xi măng thủy hoá để tạo thành $\text{CaO.SiO}_2.n\text{H}_2\text{O}$ bền vững ngay cả khi ẩm ướt và ở trong nước. Đó là phản ứng puzolan. Hoạt tính của puzolan được xác định thông qua thí nghiệm vữa trong đó một phần xi măng được thay thế bằng puzolan (theo ASTM C311 - 94a) hoặc thí nghiệm độ hút vôi (theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3735 - 82).

Puzolan có những tác dụng tốt như sau:

Giảm độ phân tầng, tiết nước, giảm nhiệt thủy hoá và tác hại của cốt liệu có phản ứng kiềm.

Tăng độ đặc chắc, tính chống thấm, tính bền của bê tông ở trong nước và trong đất có tính chất ăn mòn.

Tuy nhiên puzolan có thể kéo dài thời gian đông kết, làm chậm sự phát triển cường độ bê tông ở tuổi ban đầu (3 đến 7 ngày), nhưng cường độ bê tông ngày 28 vẫn đạt như bê tông pha puzolan.

Đá bazan vùng mỏ Nghệ An, Thanh Hoá là một loại puzolan có Tiêu chuẩn riêng của ngành xây dựng TCXD - 1997, khi sử dụng cần tham khảo Tiêu chuẩn này.

1.6.6. Phụ gia xỉ lò cao

Phụ gia xỉ lò cao được quy định trong TCVN 4315 - 1986, là loại xỉ thu được do quá trình luyện gang và được làm nguội nhanh để tạo thành dạng hạt pha thủy tinh. Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử xỉ lò cao được nêu trong Tiêu chuẩn nhà nước nói trên. Xỉ bao gồm chủ yếu là các canxi silicat, aluminat và một số oxit khác như MgO , TiO_2 . Xỉ hạt lò

cao được nghiền chung clinke để sản xuất xi măng poóc-lăng xỉ hạt lò cao, xi măng poóc-lăng hỗn hợp hoặc có thể được nghiền riêng thành bột mịn để pha vào bê tông và vữa trước khi trộn. Xi hạt lò cao thường được nghiền nhỏ hơn xi măng, tỷ diện của nó lớn hơn $3500\text{cm}^2/\text{g}$, có khi tới $5000\text{cm}^2/\text{g}$, xỉ càng mịn, hoạt tính càng tăng. Khi trộn xi măng xỉ với nước, đầu tiên xỉ tác dụng với kiềm hydroxit, sau đó với canxi hydroxit, đó là phản ứng mang tính chất Pozolan. Xi hạt lò cao có tác dụng tốt sau đây:

- Tăng tính dễ đổ của hỗn hợp bê tông.
- Giảm độ tiết nước, nếu xỉ được nghiền mịn hơn xi măng và ngược lại.
- Giảm nhiệt thủy hoá, do đó giảm nguy cơ nứt nẻ do nhiệt trong bê tông khối lớn.
- Tăng độ đặc chắc, nên giảm độ hút nước và thấm nước.
- Tăng độ bền trong nước, nước có sunphat, nước biển.
- Giảm độ nở kiềm do cốt liệu có phản ứng kiềm gây nên.

Tuy nhiên cần lưu ý:

- Hỗn hợp bê tông pha xỉ có thể chậm đông kết hơn, nhất là khi ở nhiệt độ thấp.
- Cường độ ban đầu phát triển chậm, sau 7 ngày tăng nhanh hơn.
- Tăng độ co ngót ban đầu, nên cần chú ý bảo dưỡng tốt và kéo dài hơn.
- Tổng tỷ lệ xỉ hạt lò cao pha vào bê tông không vượt quá tỷ lệ xỉ trong xi măng poóc-lăng xỉ theo TCVN 4316 - 1986.

1.6.7. Tro bay

Đó là phế thải mịn thu được do việc đốt than ở nhà máy nhiệt điện và được chuyển từ buồng đốt qua nồi hơi bởi ống khói. Tro bay là một loại pozolan nhân tạo có các silic oxit, nhôm oxit, canxi oxit, manhee oxit và lưu huỳnh oxit. Ngoài ra, có thể chứa một lượng than chưa cháy, yêu cầu không được quá 6% trọng lượng tro bay. Nếu trong trường hợp hàm lượng chất chưa cháy vượt quá 6% thì phải căn cứ vào các kết quả thí nghiệm để quyết định sử dụng. Nói chung hàm lượng than nhiều sẽ ảnh hưởng xấu đến tính chất của bê tông, do đó phải dùng biện pháp tuyển lọc để loại bỏ than chưa cháy. Tro bay càng mịn càng tốt. Đường kính của phần lớn các hạt nằm trong khoảng nhỏ hơn $1\mu\text{m}$ tới $100\mu\text{m}$, tỷ diện khoảng $250 - 600\text{m}^2/\text{kg}$. Phụ gia tro bay có các tác dụng tốt sau đây đối với bê tông:

- Giảm nhiệt thủy hoá, nên thích hợp với bê tông khối lớn.
- Giảm lượng nước trộn hoặc tăng tính dễ đổ.
- Giảm phân tầng, tiết nước.
- Có khả năng chống được phản ứng kiềm - silic.
- Giảm độ thấm nước, tăng tính bền trong môi trường nước, và môi trường nước ăn mòn.

Tuy nhiên tro bay cũng có thể làm chậm sự đông kết, cứng hoá của bê tông, nên việc hoàn thiện bề mặt bê tông có thể làm chậm. Nếu làm sớm quá, có thể sinh tiết nước. Khi trời nắng nóng, bê tông dễ bốc hơi nước mạnh, gây co ngót nhiều, dễ xảy ra nứt nẻ. Bê tông pha tro có cường độ ban đầu thấp hơn, nhưng về sau có thể cao hơn cường độ bê tông toàn xi măng. Mô đun đàn hồi cũng có tình trạng như vậy.

Cần chú ý là do phản ứng của tro bay chậm, nên ban đầu bê tông thấm nước nhiều hơn bê tông toàn xi măng khi có tỷ lệ N/X ngang nhau (X ở đây hiểu rộng là chất kết dính có trong bê tông, đó là xi măng và tro bay, nếu có). Nhưng về sau mức độ thấm lại nhỏ vì vậy bê tông pha tro cần được bảo dưỡng dài ngày hơn. ảnh hưởng xấu của việc kém bảo dưỡng đối với độ hút nước của lớp bê tông bên ngoài càng lớn khi pha tro bay càng nhiều. Tác dụng này rõ ràng hơn với cường độ của bê tông pha tro bay, vì vậy không thể tin tưởng hoàn toàn vào cường độ mà còn phải quan tâm đến độ bền lâu của bê tông pha tro bay, khi bê tông ở môi trường có tính chất xâm thực.

Tỷ lệ pha tro bay có thể từ 25 - 40% tổng trọng lượng chất kết dính (xi măng + tro bay) tùy thuộc vào loại xi măng và các yêu cầu cụ thể đối với bê tông. Tỷ lệ pha trộn thích hợp cần thông qua thí nghiệm. Độ co khô của bê tông pha tro bay về lý thuyết tăng lên, nhưng do giảm được lượng nước trộn, nên độ co có thể tương tự như đối với bê tông không có tro bay. Tro bay được dùng để pha vào bê tông thông thường và đặc biệt được đưa vào bê tông đầm cán với tỷ lệ khá lớn, tới 50% trọng lượng chất kết dính.

1.6.8. Muội silic (silicafume)

Là sản phẩm phụ của công nghệ sản xuất silic hoặc hợp kim sắt - silic. Cho đến nay ở nước ta chưa sản xuất được muội silic, sản phẩm hiện nay là của nước ngoài đưa vào (ví dụ Công ty SIKA- Việt Nam). Muội silic gồm các hạt rất nhỏ có đường kính từ 0,01 - 10 μ m (hạt muội silic có thể nhỏ hơn 100 lần hạt xi măng), hàm lượng SiO₂ chiếm từ 85 - 98% theo trọng lượng.

Phụ gia muội silic có hai tác dụng chính:

- Hiệu ứng *puzolan* rất mạnh thông qua phản ứng với vôi tách ra khi xi măng thủy hoá để tạo thành canxi silicat thủy hoá (C-S-H) bền vững. Hiệu ứng này mạnh hơn so với các phụ gia khoáng hoạt tính khác do muội silic có độ mịn cao hơn nhiều.

- Có tác dụng nhét kẽ rất tốt các lỗ rỗng nhỏ tới microng do các hạt xi măng để lại và ở chỗ tiếp giáp với xi măng và cốt liệu, do đó tăng độ đặc chắc, tăng cường độ, kể cả cường độ ban đầu, độ bền mài mòn, độ lâu bền và tăng khả năng chống thấm của bê tông. Như vậy, tăng chất lượng bê tông rõ rệt. Dùng muội silic kết hợp với phụ gia siêu dẻo và xi măng mác cao có thể chế tạo được bê tông mác cao, mác rất cao tới trên 100MPa.

Tỷ lệ pha muội silic từ 5 - 15% của tổng trọng lượng chất kết dính trong bê tông. Các hãng cung cấp như SIKA thường khuyến cáo dùng không quá 10%. Theo những kết quả

nghiên cứu của chúng tôi ở trường Đại học Giao thông Vận tải, với hầu hết các loại xi măng Việt Nam hiện nay (năm 2003) nếu dùng muối silic quá 8% thì cường độ bê tông không tăng thêm nữa.

1.6.9. Phụ gia tro trấu

Đây là sản phẩm thu được khi nung trấu ở nhiệt độ 600 - 800°. Cũng như muối silic, phụ gia tro trấu có hàm lượng SiO_2 tới hơn 90%, trong đó có chứa nhiều oxit silic vô định hình có hiệu ứng puzolan rất mạnh, hơn cả muối silic. Tuy nhiên phụ gia tro trấu có độ xốp lớn, nên lượng nước trộn thường tăng lên khá nhiều tùy thuộc vào tỷ lệ pha trộn trong xi măng. Để khắc phục được vấn đề này, người ta thường sử dụng phụ gia tro trấu cùng với phụ gia giảm nước để không phải tăng lượng nước trộn. Tro trấu thường được dùng để thay thế 5 đến 30% trọng lượng xi măng tùy thuộc vào mục đích sử dụng. Hiện nay phụ gia tro trấu đã bắt đầu được nghiên cứu nhằm đưa vào sử dụng ở nước ta thay thế cho phụ gia muối silic phải nhập khẩu.

Trong Tiêu chuẩn ngành thủy lợi về phụ gia khoáng hoạt tính, các chỉ tiêu cơ lý cần được xác định như: lượng sót trên sàng 0,08 (4900 lỗ/cm²), độ ẩm, chỉ số hoạt tính đối với xi măng. Các tính đặc tính về hoá như lượng mất khi nung, hàm lượng Na_2O cũng được xác định. Ngoài ra, còn thí nghiệm độ đồng nhất như sai khác về độ mịn (sai khác về tỉ trọng, %) so với thông báo của nhà sản xuất. Các thí nghiệm được tiến hành theo Tiêu chuẩn 14 TCN 108 - 1999.

Phụ gia khoáng hoạt tính có thể được nghiền chung với clinke và thạch cao để sản xuất xi măng poóc-lăng hỗn hợp theo TCVN 6260 - 1997, hoặc có thể được nghiền mịn, rồi pha vào mẻ trộn bê tông với một tỷ lệ quy định trước khi trộn bê tông. Hai cách pha trộn đó tác dụng như nhau, nếu được trộn đều và cùng một liều lượng phụ gia.

Ngoài phụ gia khoáng hoạt tính, còn dùng bột đá nghiền mịn làm phụ gia cho xi măng và bê tông. Nói chung phụ gia bột đá thường có rất ít hoặc không có hoạt tính nên đôi khi còn gọi là phụ gia trơ. Việc pha phụ gia bột đá vào trong xi măng và bê tông có lợi đối với một số tính chất của bê tông như tăng tính dễ đổ, giảm tính thấm nước, hút nước mao quản, tách nước và nứt nẻ. Do tác dụng của phụ gia trơ chủ yếu là về mặt vật lý, nên chúng phải phù hợp về mặt vật lý với loại xi măng pha nó. Ví dụ phụ gia trơ càng nhiều, thì độ mịn càng phải cao hơn độ mịn thông thường.

1.6.10. Phụ gia nở

Loại phụ gia này tự dẫn nở khi ngâm nước hoặc tác dụng với thành phần nào đó của xi măng và nở ra để bù lại độ co khô hoặc vẫn còn thêm một mức nào đó. Các phụ gia nở có thể chứa các chất sau đây:

- Hỗn hợp của bột sắt với các hoá chất để oxit hoá sắt và tăng thể tích

- Canxi sunphoaluminat kết hợp với 31 phân tử nước. Chất này nở nhiều nên phải không chế tỉ lệ pha thích hợp.

Ở nước ta đã nghiên cứu được một số loại phụ gia thuộc các loại trên.

1.6.11. Phụ gia chống thấm nước

Các loại phụ gia khoáng hoạt tính nêu trên được nghiền rất mịn, sẽ làm tăng tính chống thấm của bê tông, do tác dụng nhét kẽ của chúng và một phần do phản ứng Puzolan tạo ra canxi silicat bền vững. Các phụ gia giảm nước loại thường bậc cao (siêu dẻo) cũng giảm một phần độ rỗng do giảm nước thừa bay hơi. Các nhũ tương polyme cũng có tác dụng giảm thấm do các hạt polyme kết hợp thành màng liên tục và bít các lỗ rỗng, mao quản và các vết nứt nhỏ. Phụ gia BENIT do viện khoa học Thủy lợi sản xuất là một loại phụ gia chống thấm đặc chủng cho các công trình bê tông thủy công. Phụ gia BENIT có chứa khoáng sét bentonit được nghiền rất mịn, khi tiếp xúc với nước bentonit trương nở mạnh, sẽ bít kín các lỗ rỗng mao quản ngăn ngừa sự thấm mao quản của bê tông.

Đối với công trình bê tông thủy công, công trình bến cảng, yêu cầu chống thấm là một trong những vấn đề được đặt lên hàng đầu nhằm đảm bảo chất lượng và độ lâu bền của công trình. Do vậy, việc sử dụng phụ gia chống thấm cho bê tông là cần thiết để đạt được độ chống thấm yêu cầu, thay cho việc tăng lượng dùng xi măng mà đôi khi còn gây những ảnh hưởng không tốt lên bê tông như làm tăng nhiệt thủy hoá trong bê tông khối lớn.

1.6.12. Phụ gia ức chế ăn mòn cốt thép

Nguyên nhân của sự ăn mòn cốt thép trong bê tông là sự có mặt của clorua (ion Cl^-) trong bê tông khi tiếp xúc với nước mặn (nước biển) và đất mặn. Clorua có thể xâm nhập và tiếp cận với cốt thép bằng cách khuếch tán qua bê tông. Mặt khác cũng có thể đo độ kiềm của môi trường xung quanh bê tông giảm, nên mất tính ức chế ăn mòn cốt thép. Do đó việc làm tăng tính chống thấm của bê tông cũng góp phần hạn chế sự ăn mòn cốt thép.

Tuy nhiên, để hạn chế ăn mòn cốt thép có hiệu quả có thể dùng Natru benzoat với liều lượng 2% trọng lượng của nước trộn bê tông. Nhưng phổ biến hơn cả là natri nitrit (NaNO_2) hoặc canxi nitrit ($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$) với tỷ lệ pha trộn 2 - 3% trọng lượng xi măng. Các loại muối có độ hoà tan thấp như photphat hoặc fluosilicat và fluoaluminat cũng có tác dụng. Liều lượng pha trộn chúng tới 1% trọng lượng xi măng. Việc ức chế ăn mòn cốt thép đặc biệt quan trọng, khi bê tông tiếp xúc với môi trường chứa clorua hoặc khi dùng phụ gia khoáng hoạt tính có phản ứng puzolan do tác dụng với vôi, làm giảm độ kiềm ở môi trường bê tông xung quanh cốt thép.

1.7. LỰA CHỌN VÀ SỬ DỤNG PHỤ GIA

Khi thiết kế và thi công các công trình bằng bê tông và vữa có sử dụng phụ gia nên:

- Chọn loại phụ gia phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của từng công trình.

- Yêu cầu nhà cung cấp trình bày rõ về các đặc tính kĩ thuật, giá thành và điều kiện vận chuyển, phương pháp sử dụng của phụ gia.

- Lựa chọn loại phụ gia thích hợp có đủ cơ sở về pháp lý, có đăng kí chất lượng sản phẩm. Phụ gia mua về phải có giấy chứng nhận chất lượng và thông báo của nhà sản xuất phụ gia để làm cơ sở cho việc sử dụng. Tư vấn giám sát sẽ kiểm tra kỹ trước khi duyệt cho phép dùng.

- Sử dụng đúng liều lượng và cân đong chính xác là rất cần thiết để đảm bảo hiệu quả của phụ gia trong bê tông. Tỷ lệ sử dụng không đúng có thể dẫn tới hiệu quả thấp và đối với một số phụ gia hoá học đôi khi lại có tác dụng ngược lại. Khi sử dụng phụ gia, cần chú ý đến hai yếu tố: liều lượng và cách pha trộn. Các vấn đề này thường được ghi trong bảng giới thiệu sản phẩm do nhà sản xuất phụ gia cung cấp và phải được tuân thủ một cách nghiêm túc. Tuy nhiên tỷ lệ pha trộn được ghi trong thông báo trên thường được quy định trong một phạm vi rộng. Trong từng trường hợp cụ thể phải thí nghiệm để xác định tỷ lệ thích hợp. Nếu không có quy định riêng thì việc pha phụ gia vào mẻ trộn có thể được thực hiện như sau:

+ Các phụ gia hoá học ở dạng rắn được phối liệu theo trọng lượng. Trước hết cân lượng phụ gia cần thiết, hoà tan một phần nước trộn, rồi khuấy mạnh để phụ gia tan hết. Nếu còn các cục không tan được, phải loại bỏ và thêm lượng phụ gia tương ứng. Có thể hoà tan phụ gia vào một lượng nước nhất định để tạo thành dung dịch chuẩn, tiện dùng cho cả một ca kip. Nhưng trước khi lấy ra từng phần, phải khuấy lại cho đều.

+ Các phụ gia hoá học dạng lỏng được phối hợp theo trọng lượng hoặc thể tích, nhưng dùng thể tích thuận tiện hơn vì dễ đo lường. Có thể dễ dàng chuyển đổi từ trọng lượng ra thể tích, khi biết trọng lượng riêng của phụ gia.

Đối với phụ gia tăng dẻo, nên trộn bê tông trước một lúc, sau đó mới đổ dung dịch phụ gia vào để phụ gia phát huy được tác dụng hoạt tính bề mặt của chúng.

Lượng nước trộn bê tông phải bao gồm cả lượng nước trong dung dịch phụ gia đưa vào.

Các phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn được phối liệu theo trọng lượng và đổ trực tiếp vào máy trộn cùng với xi măng.

Phải có hệ thống cân đong phụ gia riêng đảm bảo thật chính xác. Nên dùng thiết bị định lượng phụ gia chuyên dụng để lắp vào máy trộn. Khi dùng phụ gia, trộn bê tông bằng máy đạt hiệu quả cao hơn trộn bằng tay và thời gian trộn cần kéo dài hơn để phụ gia được phân tán đều trong bê tông và phát huy được tác dụng.

Khi dùng kết hợp hai ba loại phụ gia hoá học, nên pha riêng rẽ trước khi đưa vào máy trộn. Không pha chung trước để dùng dần, để phòng các phản ứng trước với nhau làm giảm hiệu quả của phụ gia trong bê tông.

Các phụ gia hoá học ở dạng lỏng thường có màu nên sau khi pha vào nước khuấy cho đều màu là được. Đối với phụ gia không có màu, cần khuấy kĩ để đảm bảo sự đồng nhất.

1.7. NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý KHI SỬ DỤNG PHỤ GIA

Phụ gia không thể khắc phục được toàn những nhược điểm do thiết kế thành phần bê tông và do thi công bê tông như thành phần không hợp lý, cân đong vật liệu không chính xác và thi công bê tông kém đặc chắc. Vì vậy trước hết phải quan tâm làm tốt công tác thiết kế và thi công bê tông, sau đó mới quan tâm đến việc dùng phụ gia để cải thiện một số tính năng cần thiết của bê tông.

Mỗi loại phụ gia thường chỉ cải thiện chủ yếu một tính chất nào đó của bê tông. Cũng có những phụ gia tổng hợp cải thiện đồng thời vài tính chất của bê tông. Tuy nhiên có phụ gia có thể cải thiện một tính chất, nhưng lại ảnh hưởng không tốt đến một vài tính chất khác của bê tông mà chúng ta không mong muốn. Vì vậy phải tìm hiểu kỹ các tính năng của phụ gia để có quyết định đúng đắn trong việc lựa chọn và sử dụng chúng. Khi cần thiết, phải thông qua các thí nghiệm cụ thể để có thông tin chính xác.

Khi muốn pha phụ gia khoáng vào bê tông, cần phải biết (thông qua giấy chứng nhậnximăng của nhà máy) trong ximăng đã pha phụ gia khoáng chưa và nếu có thì tỷ lệ phụ gia đã pha là bao nhiêu. Trên cơ sở đó sẽ quyết định tỷ lệ pha thêm phụ gia khoáng vào bê tông để tổng lượng phụ gia khoáng không được vượt tỷ lệ cho phép trong ximăng. Lượng phụ gia khoáng quá nhiều thì cường độ và độ chống thấm nước của bê tông sẽ giảm đi.

Đối với những công trình quan trọng, trước khi dùng phụ gia phải kiểm tra lại các chứng nhận pháp lý của phụ gia, đồng thời phải thí nghiệm kiểm tra những phẩm chất và tác dụng của nó lên ximăng và bê tông sẽ dùng, qua đó xác định tỷ lệ phụ gia thích hợp. Ngoài ra trong thời gian bảo quản sử dụng, nếu có nghi ngờ cần lấy mẫu kiểm tra thêm về sự thay đổi màu sắc, mùi, tỷ trọng, độ lắng đọng và tác dụng của phụ gia lên các tính chất mong muốn của bê tông. Nếu có khác biệt quá nhiều so với thông báo kỹ thuật của nhà sản xuất và đăng ký chất lượng sản phẩm của phụ gia đó, phải liên hệ với nhà sản xuất phụ gia để giải quyết. Việc bảo quản và sử dụng phụ gia phải tuân thủ theo các hướng dẫn của nhà sản xuất, tỷ lệ pha trộn cụ thể nên dựa vào thí nghiệm và phải đảm bảo cân đong chính xác khi pha trộn, đặc biệt đối với các phụ gia có tỷ lệ pha trộn rất nhỏ thì việc sai sót nhiều về liều lượng có thể gây ra những hậu quả bất lợi cho bê tông.

Thông thường trong một loại bê tông chỉ dùng một loại phụ gia, nhưng cũng có khi dùng nhiều hơn một phụ gia để kết hợp cải thiện nhiều tính chất của bê tông. Ví dụ như dùng phụ gia giảm nước kết hợp phụ gia khoáng hoạt tính trong bê tông khối lớn, phụ gia giảm nước với phụ gia cuốn khí... Khi đó cần có thí nghiệm cẩn thận để xác định tỷ lệ pha trộn các phụ gia và cách pha trộn sao phát huy được hiệu quả tổng hợp của các loại phụ gia dùng.

Tác dụng của phụ gia đối với bê tông cũng như đối với vữa, vì vữa có thể được coi là bê tông không có cốt liệu lớn, về mức độ tác dụng cũng như tỷ lệ pha trộn có thể khác nhau, do đó phải thí nghiệm cụ thể trên vữa trước khi dùng. Ngay cả đối với bê tông khi sử dụng các loại ximăng khác nhau thì tỷ lệ pha trộn phụ gia cũng sẽ khác nhau.

1.9. CÁC THỂ HỆ HOÁ CHẤT DÙNG ĐỂ SẢN XUẤT PHỤ GIA

Sau đây xin trích đăng một đoạn trong báo cáo tại hội nghị khoa học toàn quốc năm 2003 về công nghệ bê tông. Bạn đọc có thể thấy thông tin về các thể hệ hoá chất đã được sử dụng trong công nghệ sản xuất phụ gia phát triển theo từng thời điểm trên thế giới (1930 - 2000) so sánh với nhu cầu sử dụng phụ gia tại Việt Nam. Trong các ô của bảng là tên phụ gia của Công ty Sika (thông tin trích).

Thế giới Việt Nam	1930 => Ligno/Gluco	1970 => Ligno naphtalen biến tính	1980=> Melamin	1990 => Vinylcopolyme	2000 => Polycacbonxylat biến tính
1992	Plastocret				
1993	Plastiment	Sikament			
1994	Lượng nước giảm 10%	Lượng nước giảm 20%- 25%			
1995					
1996			Sikament		
1997			Lượng nước giảm 20%- 30%		
1998					
1999				Sikament	
2000				Lượng nước giảm 25%- 35%	
2001					Viscocret Lượng nước giảm 35%- 40%

Chương 2

PHỤ GIA GIẢM NƯỚC VÀ PHỤ GIA LÀM CHẬM

2.1. KHÁI NIỆM

Phụ gia giảm nước là các hợp chất hữu cơ tan trong nước, làm giảm lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông mà vẫn giữ nguyên độ sụt hỗn hợp. Nó còn có tên gọi là phụ gia hoá dẻo, vì khi giữ nguyên lượng nước, phụ gia này làm tăng rõ rệt độ sụt của hỗn hợp bê tông.

Phụ gia làm chậm ninh kết là một loại phụ gia trong nhóm các phụ gia có tác dụng làm chậm lại các quá trình phản ứng hoá học xảy ra trong lòng bê tông hoặc khi đang hoá cứng, hoặc khi đã hoá cứng.

Sau đây xin giới thiệu chung về các phụ gia làm chậm các quá trình.

Các phụ gia làm chậm quá trình là các loại phụ gia làm chậm lại các quá trình hoá học của sự hydrat hoá mà làm cho bê tông vẫn giữ được tính dẻo và dễ thi công lâu hơn so với bê tông không có phụ gia làm chậm quá trình. Phụ gia làm chậm quá trình cũng được sử dụng để vượt qua tác động tăng tốc của nhiệt độ cao lên các đặc trưng ninh kết của bê tông khi đổ bê tông trong điều kiện trời nóng. Phụ gia làm chậm quá trình được sử dụng khi đổ bê tông với một số lượng lớn các mẻ đổ bê tông nối ngội khi bê tông hoá cứng.

Phụ gia này được sử dụng khi bơm vữa vào giếng dầu. Giếng dầu đòi hỏi khoan đến độ sâu 6000m và nhiệt độ có thể lên đến 200°C. Khoảng cách trống giữa ống thép và thành giếng phải được lấp kín bằng vữa xi măng. Đôi khi ở độ sâu đó thì địa tầng bị phân tầng hay địa tầng đó xốp đòi hỏi phải được bơm vữa để ngăn chặn khí hoặc dầu đi vào địa tầng khác. Vữa xi măng được dùng cho các công trình đòi hỏi phải luôn ở trong tình trạng lưu động trong khoảng từ 3 ÷ 4h thậm chí ở nhiệt độ cao mà vẫn không ninh kết. Do đó các chất làm chậm quá trình được sử dụng để đáp ứng yêu cầu trên.

Đôi khi, phải đổ bê tông trong điều kiện khó khăn và sự đình trệ bất ngờ có thể xảy ra trong khi vận chuyển và đổ bê tông trộn sẵn, được sản xuất tại trạm trộn ở khoảng cách rất xa công trường, như vậy phải mất khá nhiều thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông. Trong những trường hợp trên thì sự ninh kết của bê tông cần phải được làm chậm lại nhờ tác dụng của phụ gia, và cuối cùng khi bê tông được đổ, đầm chặt vẫn được giữ ở trạng thái dẻo hoàn hảo.

Phụ gia làm chậm quá trình được biết đến phổ biến nhất là canxi sunphat (CaSO_4). Nó được nghiền mịn để cản trở sự ninh kết của xi măng. Một lượng hợp lý thạch cao được sử dụng phải được dự tính cẩn thận cho phù hợp với mỗi công việc. Việc sử dụng thạch cao để kéo dài thời gian ninh kết chỉ được khuyến khích khi mà sự kiểm tra và khống chế thật dễ

dàng, nếu không thì khi sử dụng quá liều lượng có thể gây ra sự trương nở ngoài dự kiến và trì hoãn thời gian ninh kết của xi măng đến mức không thể xác định chính xác được.

Ngoài thạch cao ra, người ta còn tìm ra một số loại vật liệu khác phù hợp cho mục đích này đó là: tinh bột, sản phẩm xenlulo, đường axit hay muối axit. Các hoá chất này có tác dụng rất khác nhau lên các loại xi măng khác nhau khi được sử dụng với hàm lượng khác nhau. Nếu như chưa có kinh nghiệm với các loại chất làm chậm quá trình kể trên thì không nên cố sử dụng vì có thể gây hậu quả xấu.

Loại đường ăn thông thường là một trong những chất làm chậm quá trình hiệu quả nhất. Chúng được sử dụng mà không có tác dụng tổn hại đến cường độ tới hạn. Nếu cho vào quá thừa sẽ gây ra sự làm chậm ninh kết vô định. Ở nhiệt độ bình thường nếu cho thêm vào từ $0,05 \div 0,1\%$ lượng đường thì có tác dụng rất nhỏ đến tốc độ thủy hoá xi măng nhưng nếu hàm lượng tăng lên đến $0,2\%$ thì quá trình thủy hoá có thể bị làm chậm đến mức mà giai đoạn kết thúc ninh kết lên đến 72 giờ hay hơn thế nữa. Sữa bột gầy (sữa bột đã bị lấy hết kem chỉ còn lại protein) có tác dụng làm chậm quá trình chủ yếu là do hàm lượng đường.

Một số loại phụ gia khác đã được sử dụng một cách thành công để làm chất làm chậm quá trình như: các axit ligno sunphoric và muối của chúng, axit hydroxylated cacboxylic và các muối của chúng mà ngoài tác dụng làm chậm ra thì còn giảm được lượng nước yêu cầu nhưng vẫn đảm bảo tính dễ thi công. Những phụ gia này cũng làm tăng cường độ chịu nén của bê tông ở 28 ngày tuổi lên từ $10 \div 20\%$. Các vật liệu như: axit mucic, canxi axetat và các sản phẩm thương mại khác cũng được sử dụng cho mục đích làm chậm quá trình. Ngày nay, các phụ gia này được sản xuất để kết hợp giữa tác dụng làm chậm quá trình và các đặc trưng giảm nước. Chúng thường là hỗn hợp của các chất giảm nước thông thường được cộng thêm đường ăn hoặc axit hydroxylat cacboxylic hay muối của chúng. Cả thời gian ninh kết và tốc độ phát triển cường độ đều bị tác động bởi các loại vật liệu này.

Phụ gia làm chậm ninh kết có thể là các hợp chất hữu cơ hoặc vô cơ, tan trong nước, có tác dụng làm chậm thời gian bắt đầu ninh kết của hỗn hợp bê tông ít nhất 1 giờ. Cần phân biệt thời gian ninh kết của xi măng với thời gian ninh kết của bê tông. Thời gian ninh kết của xi măng được xác định trên hồ xi măng với lượng nước Tiêu chuẩn, còn thời gian ninh kết của bê tông được xác định trên hỗn hợp bê tông có thành phần quy định.

Nhiều phụ gia làm chậm ninh kết có tác dụng giảm nước, hoặc nhiều phụ gia giảm nước đồng thời có tác dụng làm chậm ninh kết. Tuy vậy, hai phụ gia này có sự khác nhau về khả năng giảm nước và mức độ ảnh hưởng đến phát triển cường độ bê tông. Các phụ gia giảm nước phải giảm lượng nước trộn ít nhất 5% (trong khi đảm bảo độ sụt như nhau) và tăng cường độ nén ở tuổi 28 ngày (R_{28}) ít nhất 10% so với mẫu đối chứng. Trong khi đó, đối với phụ gia làm chậm ninh kết, các chỉ tiêu tương ứng nói trên phải đạt là $0 - 3\%$ và $\pm 10\%$.

Các phụ gia giảm nước - chậm ninh kết là một chất đa chức năng, vừa đáp ứng yêu cầu giảm nước và tăng cường độ R_{28} như một phụ gia giảm nước, vừa kéo dài thời gian ninh kết như một phụ gia làm chậm.

Cũng có khi, do nhu cầu thực tiễn, người ta chế tạo phụ gia giảm nước - tăng nhanh tốc độ hóa cứng. Phụ gia này vừa có tính chất như một phụ gia giảm nước, vừa có tính chất của phụ gia cứng nhanh.

2.2. CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG

2.2.1. Chế tạo phụ gia giảm nước

Phụ gia giảm nước có thể chế biến từ các phụ phẩm công nghiệp hoặc tổng hợp hoá học. Trên thị trường có hàng trăm sản phẩm phụ gia giảm nước với tên gọi khác nhau. Về bản chất hoá học, các phụ gia giảm nước đang có trên thị trường thông thường là các muối chứa Ca, Na hoặc NH_4 của axit lignosunphonic (tức lignosunphonat); muối của các axit hữu cơ hoặc các polime được hydroxyl hoá. Hợp chất lignosunphonat có cấu tạo rất phức tạp, khối lượng phân tử từ 20.000 đến 30.000. Nó thu được từ phụ phẩm của công nghiệp giấy, nên trong đó có lẫn cả các chất hữu cơ, axit H_2SO_4 dư và các muối sunphat. Sau khi loại bỏ các tạp chất hữu cơ để khử tính làm chậm ninh kết, người ta thu được phụ gia giảm nước. Trước đây một số cơ sở sản xuất phụ gia ở nước ta thường thu gom nước thải từ nhà máy giấy để chế tạo loại phụ gia rẻ tiền, chất lượng không cao nhưng cũng được thị trường chấp nhận vào thời kỳ đó.

Từ năm 1980, Viện Vật liệu xây dựng đã nghiên cứu sử dụng trực tiếp dung dịch kiềm đen của nhà máy giấy Hoà Bình, bỏ qua khâu tách và kiềm hoá lignin, làm phụ gia hoá dẻo KĐT2 cho bê tông, có đăng ký chất lượng theo TCXD 173 - 1989 và năm 1984 đã sản xuất với quy mô công nghiệp cỡ 300 tấn/năm, dùng trong xây dựng nhà máy thủy điện Hoà Bình. Sau này phụ gia KĐT2 đã được cải tiến để chế tạo thành phụ gia đa chức năng, chống thấm và phát triển nhanh cường độ bê tông KANA (có thể giảm 10% nước).

Một nhóm khác của phụ gia giảm nước là muối của các axit hữu cơ. Các phụ gia này được điều chế bằng phương pháp hoá học, do đó có thể thu được ở dạng tinh khiết. Các axit hữu cơ thường gặp là: xitric, limonic, malonic, gluconic và tatric.

Các polime hydroxyl hoá được điều chế từ polixacarit, chứa tới 25 nhóm glucoza. Các phụ gia này có thể làm chậm ninh kết và đóng rắn của bê tông. Tuy nhiên tác dụng phụ này có thể khắc phục bằng cách cho thêm một lượng nhỏ chất tăng nhanh đóng rắn.

2.2.2 Chế tạo phụ gia chậm ninh kết

Các lignosunphonat chưa khử đường có tác dụng vừa làm chậm ninh kết vừa giảm nước. Muối của các axit hữu cơ và các dẫn xuất của nó, các hydrocacbon, kể cả đường, cũng là các chất làm chậm thường gặp. Nhiều hợp chất hữu cơ gốc sunphat, florua, oxyt chì hoặc kẽm, borac ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) và các muối manhê có tác dụng như các chất làm chậm.

2.2.3. Sử dụng phụ gia giảm nước, phụ gia chậm ninh kết

Phụ gia giảm nước dùng để cải thiện chất lượng bê tông. Tùy theo cách sử dụng có thể đạt được một trong ba kết quả sau đây :

- Tăng độ sụt hỗn hợp bê tông (khi giữ nguyên các thành phần cấp phối ban đầu).
- Giảm lượng xi măng (khi độ sụt và cường độ không đổi).
- Tăng cường độ bê tông (khi độ sụt và lượng xi măng không đổi).

Sử dụng phụ gia giảm nước làm cho bê tông dễ đổ, dễ đầm, tiết kiệm xi măng, hạ giá thành công trình. Phụ gia giảm nước - chậm ninh kết dùng rất tốt cho thi công bê tông khối lớn trong điều kiện nắng nóng. Nó vừa có tác dụng giảm lượng xi măng, giảm toả nhiệt bê tông khối lớn, vừa bảo đảm tính liên khối giữa các lớp đổ, tránh phát sinh khe lạnh trong khối đổ.

Phụ gia làm chậm ninh kết thường dùng để thi công bê tông trong điều kiện nắng nóng. Nó hạn chế sự suy giảm độ sụt và kéo dài thời gian ninh kết, tạo thuận lợi cho vận chuyển và đổ bê tông. Khi trám các hố khoan sâu, nơi nhiệt độ thường cao hơn 90°C, người ta dùng các chất làm chậm ninh kết mạnh như: đường, glixerin, casein và các chất hữu cơ. Dùng phụ gia làm chậm ninh kết sẽ ngăn ngừa tạo thành khe lạnh giữa các lớp đổ bê tông, giảm tốc độ toả nhiệt của bê tông khối lớn.

2.2.4. Cơ chế tác động của phụ gia đến quá trình thủy hoá xi măng

2.2.4.1. Cơ chế giảm nước

Có nhiều số liệu thực nghiệm giải thích hiện tượng giảm nước của phụ gia giảm nước. Người ta đã chứng minh rằng tác dụng giảm nước gắn liền với sự hấp phụ và phân tán xảy ra trong hệ xi măng - nước. Phụ gia không tham gia phản ứng hoá học với xi măng. Bằng chứng là khi phân tích nhiễu xạ röntgen mẫu của xi măng có phụ gia, không phát hiện ra khoáng mới so với mẫu đối chứng.

Nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu ảnh hưởng của hợp chất lignosunphonat canxi (CLS) đến các khoáng thủy hoá xi măng như hydrôxit canxi, silicat canxi thủy hoá, aluminat canxi thủy hoá có chứa C_4AH_{12} , C_2AH_n và C_3AH_6 . Các đường đồng mức hấp phụ trên các chất này được xác định trong môi trường nước và không có nước. Kết quả là trong môi trường không có nước, các khoáng C_3S , C_3A và C_3AH_6 hầu như không hấp phụ lignosunphonat canxi, trong khi đó C_4AH_n và C_2AH_n hấp phụ khoảng 2%, silicat canxi thủy hoá gần 7%. Trong hệ C_3A - CLS - H_2O không thể xác định đường đồng mức hấp phụ, vì khi nồng độ phụ gia thấp, có cả C_3A cũng như aluminat canxi thủy hoá. Khi nồng độ cao, phụ gia CLS tạo thành phức hợp với C_3A và nước và chất phức này bị hấp phụ trên bề mặt C_3A . Khi nồng độ phụ gia cao hơn ngưỡng nhất định sẽ kết tủa keo chứa ion dư Ca^{2+} và Al^{3+} . Điều này có thể thấy rõ từ kết quả phân tích nhiễu xạ röntgen. Sự hấp phụ CLS làm tăng tỷ diện của khoáng aluminat canxi thủy hoá từ 11.10^3 lên $15,3.10^3 m^2/kg$. Trong hệ C_3AH_6 - CLS - H_2O sự hấp phụ

xảy ra nhanh và đạt trị số khoảng 2,05%. Thực nghiệm cho thấy CLS bị hấp phụ trên bề mặt aluminat canxi thủy hoá, nhưng không bị hấp phụ bởi C_3A .

Trong hệ C_3S - CLS - H_2O người ta quan sát thấy có sự hấp phụ mạnh phụ gia trên bề mặt silicat canxi thủy hoá. Sự hấp phụ tăng tỷ lệ thuận khi nồng độ phụ gia trong dung dịch từ 0 đến 0,15%, sau đó giảm và lại tăng dần khi nồng độ phụ gia vượt quá 0,3%. Trong môi trường nước quan sát thấy xảy ra sự phân tán đáng kể các hạt silicat canxi thủy hoá và CLS thâm nhập vào khoảng trống giữa các lớp của pha CaO - SiO_2 - H_2O . Thành phần $Ca(OH)_2$ cũng hấp phụ CLS và kèm theo sự phân tán. Không thấy có dấu hiệu hấp phụ CLS trên bề mặt khoáng C_3S trong môi trường không có nước. Điều đó chứng tỏ rằng tác động của CLS trong xi măng phần lớn quyết định bởi sự hình thành phức chất giữa các sản phẩm thủy hoá và CLS.

Bản chất tương tác giữa phụ gia giảm nước và xi măng thủy hoá chưa được nghiên cứu đầy đủ. Người ta cho rằng nhóm OH^- của các phụ gia gắn với nguyên tử oxy của thành phần xi măng bằng mối liên kết hydro. Cũng có thể là phụ gia tạo ra các mối liên kết giữa các nhóm $(COOH)^-$, OH^- và sunphonat với Ca^{2+} và Al^{3+} trên bề mặt các sản phẩm thủy hoá của xi măng.

Rõ ràng là sự hấp phụ đã triệt tiêu lực hấp dẫn giữa các hạt trong hồ xi măng. Sự hấp phụ các ion phụ gia trên bề mặt hạt xi măng gây ra lực hút các phân tử nước lưỡng cực làm cản trở không cho các hạt dính vào nhau. Như vậy, lực tương tác giữa các hạt giảm đi, các hạt dễ chuyển dịch hơn. Khi có phụ gia thì nước đóng vai trò chất bôi trơn của hỗn hợp.

2.2.4.2. Cơ chế làm chậm ninh kết

Theo thuyết của Hansen, các chất làm chậm lắng đọng trên bề mặt các hạt xi măng chưa thủy hoá nhờ hấp phụ ion, các liên kết hydro hoặc lưỡng cực sẽ tạo thành màn chắn ngăn cản tác dụng của nước, nhờ đó quá trình thủy hoá của xi măng bị chậm lại. Tuy nhiên, thuyết này có nhiều điểm không phù hợp với thực tế. Khi sử dụng các dung môi không phải là nước người ta thấy rằng bề mặt khoáng C_3A và C_3S chưa thủy hoá không hấp phụ phụ gia làm chậm lignosunphonat, trong khi sản phẩm thủy hoá của các khoáng đó hấp phụ một lượng đáng kể.

Thuyết "nhiễm độc" của Young cho rằng phụ gia bị hấp phụ trên bề mặt các mầm tinh thể $Ca(OH)_2$ làm "nhiễm độc" các tinh thể đó và ngăn cản sự phát triển của chúng. Sự cản trở này diễn ra cho đến khi đạt được mức quá bão hoà nhất định. Thuyết của Young chú ý đến sự hấp phụ phụ gia trên bề mặt $Ca(OH)_2$ nhiều hơn so với các sản phẩm thủy hoá khác. Nhiều tác giả khác cho đây là một chỗ yếu của thuyết này. Thực nghiệm cho thấy chỉ gây "nhiễm độc" $Ca(OH)_2$ chưa đủ để làm chậm quá trình thủy hoá. Có những chất có thể ngăn cản sự phát triển tinh thể $Ca(OH)_2$ nhưng lại không gây tác dụng làm chậm thủy hoá của xi măng.

Thực nghiệm chứng minh rằng khoáng C_3S thủy hoá hấp phụ mạnh lignosunphonat canxi. Hợp chất lignosunphonat trên bề mặt C_3S thủy hoá ngăn cản tác động của nước và

làm chậm quá trình thủy hoá. Hầu hết các chất làm chậm mạnh có chứa nguyên tử oxy, có khả năng phân cực mạnh. Các nguyên tử oxy này có thể nằm trong thành phẩm của nhóm OH^- , COOH^- hoặc CO .

2.3. ẢNH HƯỞNG CỦA PHỤ GIA ĐẾN TÍNH CHẤT HỖN HỢP BÊTÔNG

2.3.1. Phụ gia giảm nước

2.3.1.1. Tác dụng giảm nước

Hiệu quả giảm nước đối với hỗn hợp bê tông phụ thuộc vào các yếu tố như: loại và liều lượng phụ gia, loại xi măng, lượng dùng xi măng, loại cốt liệu, tỷ lệ cốt liệu/ xi măng, sự có mặt của các phụ gia khác và thời điểm cho phụ gia vào bê tông.

Lignosunphonat có thể giảm lượng nước trộn 7 - 12%, trong khi vẫn giữ nguyên độ sụt hỗn hợp bê tông. Khả năng giảm nước của lignosunphonat cao hơn các phụ gia giảm nước khác gốc axit hữu cơ. Đó là vì lignosunphonat có hoạt tính bề mặt cao hơn, ngoài ra nó còn có khả năng tạo bọt giống như phụ gia cuốn khí. Khả năng giảm nước của lignosunphonat tăng lên khi tăng nồng độ phụ gia. Tuy nhiên, nếu dùng quá liều lượng, ưu thế này sẽ bị triệt tiêu vì tạo bọt nhiều và cường độ bê tông giảm. Nếu bắt buộc phải dùng phụ gia này với liều lượng cao thì cần cho thêm phụ gia khử bọt.

Thông thường, khả năng giảm nước của phụ gia không phụ thuộc vào nhiệt độ hỗn hợp bê tông. Thực nghiệm cho thấy rằng tác dụng của phụ gia bị giảm đi khi dùng xi măng có hàm lượng khoáng C_3A và oxyt kiềm cao. Chẳng hạn, với xi măng chứa 9,44% C_3A , khả năng giảm nước của phụ gia là 10%, nhưng với xi măng chứa 14,7% C_3A , trị số đó chỉ còn 4%. Sử dụng các xi măng chứa ít kiềm sẽ đảm bảo tỷ lệ giảm nước và cường độ cao. Điều này có thể giải thích là, khi xi măng có hàm lượng C_3A cao, một lượng lớn phụ gia bị khoáng này hấp phụ, kết quả là chỉ còn lượng nhỏ phụ gia được phân bố trong hồ xi măng và phát huy tác dụng giảm nước. Tương tự như vậy, các chất kiềm trong xi măng có thể tương tác với phụ gia dẫn đến suy giảm khả năng tăng dẻo của nó.

Các số liệu thực nghiệm chứng tỏ rằng, hàm lượng C_3A và oxyt kiềm trong xi măng không ảnh hưởng đáng kể đến tác dụng giảm nước của các phụ gia gốc axit hữu cơ.

Tác dụng giảm nước của phụ gia còn phụ thuộc vào loại cốt liệu để làm bê tông. Cát đá lấy từ hai mỏ khác nhau có thể gây tác dụng giảm nước khác nhau. Hiệu quả sử dụng phụ gia sẽ thay đổi khi biến đổi tỷ lệ cốt liệu/xi măng.

Tác dụng giảm nước của phụ gia thể hiện cả trên hỗn hợp bê tông độ sụt thấp lẫn bê tông độ sụt cao. Tuy nhiên, mức độ giảm nước của phụ gia tăng lên khi độ sụt bê tông cao.

Lượng dùng xi măng cũng có ảnh hưởng đến tác dụng hoá dẻo của phụ gia. Nói chung, các phụ gia có tác dụng tạo bọt sẽ thể hiện mức độ giảm nước mạnh hơn khi dùng hỗn hợp bê tông nghèo xi măng hơn.

Thời điểm cho phụ gia vào hỗn hợp bê tông có ảnh hưởng đến hiệu quả dùng phụ gia. Cho phụ gia sau khi đã trộn bê tông vài phút sẽ đạt hiệu quả giảm nước tốt hơn so với cho vào ngay từ đầu. Điều này có thể giải thích như sau: sau những phút thủy hoá ban đầu, lượng C_3A còn lại sẽ ít hơn, do đó lượng phụ gia bị hấp phụ trên bề mặt khoáng này giảm đi so với trường hợp cho phụ gia vào sớm.

2.3.1.2. Tác dụng tăng độ sụt

Phụ gia giảm nước có thể làm tăng độ sụt hỗn hợp bê tông (khi giữ nguyên tỷ lệ nước/ximăng) lên gấp đôi và hơn nữa. Mức tăng độ sụt tùy thuộc vào hàm lượng phụ gia, lượng dùng ximăng và loại cốt liệu. Các phụ gia giảm nước gốc axit hữu cơ tăng độ sụt bê tông mạnh hơn phụ gia gốc lignosunphonat. Độ sụt tăng khi liều lượng phụ gia tăng. Tuy nhiên, dùng quá liều lượng sẽ dẫn đến kéo dài quá mức thời gian ninh kết của bê tông, có trường hợp vài ngày sau bê tông vẫn còn mềm.

Cho phụ gia giảm nước vào bê tông thường dẫn đến sự giảm độ sụt nhanh. Tuy vậy, các phụ gia giảm nước cho phép kéo dài thời gian chờ đợi từ khi trộn đến khi đổ bê tông khối lớn, các lớp đổ sẽ liên khối tốt hơn so với khi không dùng phụ gia.

Có thể khắc phục sự giảm độ sụt nhanh bằng cách cho phụ gia vào bê tông sau khi bắt đầu trộn được vài phút. Trong trường hợp này có thể giảm bớt sự hấp phụ phụ gia bởi C_3A trong thời kỳ đầu thủy hoá.

2.3.1.3. Tác dụng điều chỉnh thời gian ninh kết

Thời gian ninh kết của hỗn hợp bê tông có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi chủng loại và liều lượng phụ gia. Nên nhớ rằng thời gian ninh kết của hỗn hợp bê tông thường dài hơn nhiều thời gian ninh kết của ximăng.

Theo Tiêu chuẩn Mỹ ASTM 494, các phụ gia giảm nước phải đảm bảo yêu cầu sau:

- Thời gian bắt đầu và kết thúc ninh kết của hỗn hợp bê tông không sớm hơn 1 giờ và không chậm hơn 1,5 giờ so với bê tông chuẩn đối chứng.
- Đối với phụ gia giảm nước - làm chậm, thời gian bắt đầu ninh kết tăng thêm từ 1 - 3,5 giờ so với mẫu chuẩn đối chứng.

Thời gian ninh kết phụ thuộc vào bản chất hoá học của phụ gia, liều lượng dùng và tính chất của ximăng. Nếu hỗn hợp bê tông phải vận chuyển đi xa có thể dùng lignosunphonat với liều lượng cao, nhưng điều đó dẫn đến sự tạo bọt quá mức. Trong trường hợp như thế nên dùng phụ gia làm chậm gốc axit hữu cơ.

Ví dụ sau đây cho thấy tác dụng kéo dài ninh kết do dùng phụ gia trên bê tông có độ sụt 5 - 10cm, lượng ximăng sử dụng 300kg/m^3 . Thời gian bắt đầu ninh kết của bê tông không phụ gia là 7 - 8 giờ. Dùng phụ gia lignosunphonat canxi khử đường với liều lượng bình thường, liều lượng gấp đôi và gấp ba sẽ kéo dài thời gian bắt đầu ninh kết tương ứng là 4, 10 và 16 giờ. Khi dùng phụ gia gốc axit hữu cơ, các giá trị tương ứng nói trên là 6, 12 và 17 giờ.

2.3.1.4. Tác dụng đến độ tách nước

Các phụ gia giảm nước gốc lignosunphonat làm giảm tốc độ tách nước của hỗn hợp bê tông, trong khi đó các phụ gia gốc axit hữu cơ có tác dụng ngược lại. Cho đến nay, các số liệu thực nghiệm chứng tỏ rằng các phụ gia giảm nước không làm tăng tốc độ tách nước. Sự tách nước có thể có lợi, đặc biệt khi có gió hoặc nắng. Nếu tốc độ bay hơi cao hơn tốc độ tách nước, có thể xuất hiện các vết nứt trên bề mặt bê tông. Trong trường hợp dùng phụ gia giảm nước gốc axit hữu cơ, lượng nước tách ra cần được thoát liên tục, nếu không có thể làm giảm cường độ bê tông tại bề mặt.

Một số phụ gia có khả năng lôi cuốn không khí vào hỗn hợp bê tông và tạo bọt.

2.3.1.5. Tác dụng đến độ cuốn khí

Các phụ gia giảm nước gốc lignosunphonat tăng hàm lượng khí trong bê tông lên 1 - 3% hoặc hơn nữa. Mức độ này thay đổi tùy theo loại và liều lượng phụ gia, thành phần bê tông. Các phụ gia gốc axit hữu cơ hầu như không cuốn khí. Có một số phụ gia có thể tương tác với phụ gia cuốn khí, tạo thành chất kết tủa hoặc làm giảm hiệu suất của nó. Trong trường hợp đó hai phụ gia này phải cho riêng rẽ vào hỗn hợp bê tông.

2.3.2. Phụ gia làm chậm

2.3.2.1. Tác dụng đến thời gian ninh kết

Phụ gia làm chậm có tác dụng kéo dài cả thời gian bắt đầu ninh kết lẫn thời gian kết thúc ninh kết của xi măng. Liều lượng phụ gia dùng càng cao sự kéo dài ninh kết càng mạnh. Trong số các phụ gia làm chậm ninh kết thường dùng, đường là một chất làm chậm có tác dụng mạnh. Vì thế, chỉ cần sơ ý dùng quá liều lượng một chút có thể gặp rắc rối, bê tông có thể vẫn còn mềm sau từ một vài ngày đến cả tuần lễ kể từ khi đổ. Nhiều công trình ở Hà Nội đã từng gặp sự cố này khi thi công. Thời gian ninh kết còn phụ thuộc vào loại xi măng, tỉ lệ nước/xi măng, nhiệt độ và thời điểm cho phụ gia... Ở nhiệt độ cao thời gian ninh kết của bê tông thường rút ngắn đi, do đó, khi nhiệt độ tăng, lượng dùng phụ gia làm chậm phải cao hơn. Sự thay đổi tỷ lệ N/X và lượng xi măng ảnh hưởng đến thời gian ninh kết và đóng rắn của bê tông như sau: các hỗn hợp bê tông nhiều xi măng ninh kết và đóng rắn nhanh hơn so với hỗn hợp ít xi măng.

Hiệu quả làm chậm ninh kết của phụ gia thể hiện trên xi măng chứa ít C_3A và ôxyt kiềm sẽ cao hơn so với trên xi măng chứa lượng C_3A và C_3S lớn. Để xảy ra ninh kết, cả hai khoáng C_3A và C_3S phải thủy hoá tới mức độ nhất định. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, trong quá trình thủy hoá, khoáng C_3A hấp phụ nhiều phụ gia hơn so với C_3S . Dùng xi măng chứa ít C_3A , lượng phụ gia bị hấp phụ bởi C_3A ít hơn, do đó có nhiều phụ gia dư trong pha lỏng hơn để tham gia làm chậm quá trình thủy hoá của các khoáng silicat.

Các ôxyt kiềm có thể tương tác với các phụ gia làm chậm, vì thế làm giảm hiệu quả của chúng. Lượng kiềm trong xi măng càng thấp, hiệu quả làm chậm của phụ gia càng cao, xi măng có hàm lượng kiềm cao. Nếu cho thêm lignosunphonat canxi với liều lượng cao hơn bình thường có thể kéo dài thủy hoá C_3S với thời gian không xác định. Tuy nhiên, khi thêm ôxyt kiềm sẽ chấm dứt được tác dụng ức chế này.

Liều lượng phụ gia cho vào bê tông có thể thay đổi tùy theo thành phần hoá học của xi măng. Vì thế, trước khi dùng phụ gia cần kiểm tra tác dụng của nó trên các vật liệu cụ thể được dự định sử dụng.

Cho phụ gia vào bê tông sau 2 - 4 phút kể từ khi bắt đầu trộn sẽ kéo dài thời gian ninh kết bê tông lâu hơn 2 - 3 giờ so với dùng phụ gia cùng liều lượng nhưng cho vào ngay từ đầu. Trong giai đoạn đầu thủy hoá C_3A tác dụng với thạch cao tạo thành khoáng ettringit. Khi cho phụ gia làm chậm vào bê tông ngay từ đầu, nó bị hấp phụ trên các hạt C_3A , và lượng phụ gia còn dư không nhiều. Sau khi trộn vài phút, một phần C_3A đã tham gia phản ứng với thạch cao. Nếu lúc đó cho phụ gia vào thì lượng phụ gia bị hấp phụ ít hơn, có nghĩa là lượng phụ gia dư nhiều hơn, tác dụng làm chậm ninh kết vì thế mạnh hơn.

2.3.2.2. Tác dụng đến độ sụt

Các phụ gia làm chậm có tính năng như một phụ gia giảm nước loại yếu sẽ tăng độ sụt của hỗn hợp bê tông và duy trì độ dẻo bê tông lâu hơn so với mẫu đối chứng không phụ gia. Sự hấp phụ phụ gia làm chậm dẫn đến sự phân tán đều hơn các hạt xi măng và làm cho hỗn hợp bê tông có tính dễ đổ cao hơn. Khi cho 0,05% đường, hệ số đầm chặt của hỗn hợp bê tông cao hơn hẳn so với mẫu đối chứng.

2.3.2.3. Tác dụng đến độ tách nước

Các chất làm chậm gốc axit hữu cơ làm tăng tốc độ tách nước của hỗn hợp bê tông. Điều này có lợi khi tốc độ bốc hơi nước mạnh. Trong điều kiện bình thường công tác hoàn thiện bề mặt phải chậm lại, chờ cho đến khi bề mặt ráo hết nước.

2.3.2.4. Tác dụng đến độ cuốn khí

Phụ gia lignosunphonat và đường có thể lôi cuốn khí vào bê tông khi trộn. Trong khi đó, các axit hữu cơ và dẫn xuất của nó không có tính chất này. Sự tách nước của bê tông tăng lên khi dùng xi măng độ mịn thấp.

2.4. ẢNH HƯỞNG CỦA PHỤ GIA ĐẾN TÍNH CHẤT BÊ TÔNG ĐÃ HOÁ CỨNG

2.4.1. Phụ gia giảm nước

2.4.1.1. Ảnh hưởng đến cường độ bê tông đã hoá cứng

Ở tuổi bằng nhau, bê tông có phụ gia giảm nước đạt cường độ ngang bằng hoặc cao hơn so với bê tông đối chứng. Các phụ gia giảm nước - làm chậm không thích hợp để tăng cường

độ bê tông ở tuổi sớm. Khi giữ nguyên lượng xi măng và độ sụt, các phụ gia giảm nước tăng cường độ chịu nén của bê tông ngày tuổi 28 khoảng 10 - 20%. Trên bảng 2.1 là số liệu về ảnh hưởng của phụ gia gốc lignosunphonat đến cường độ bê tông.

Bảng 2.1: Ảnh hưởng của lignosunphonat đến cường độ bê tông

Hàm lượng phụ gia, (%) so với trọng lượng xi măng	Tỷ lệ N/X	Mức độ giảm nước (%)	Tỷ lệ của cường độ nén, (%) so với mẫu đối chứng			
			1 ngày	3 ngày	7 ngày	28 ngày
0	0,630		100	100	100	100
0,07	0,599	5	101	104	103	102
0,13	0,599	5	95	108	111	101
0,18	0,580	8	100	110	107	109
0,26	0,580	8	107	115	112	115

Khi cho lignosunphonat và đảm bảo độ sụt tương đương, mẫu bê tông có phụ gia sẽ ninh kết chậm hơn, lượng nước trộn ít hơn và cường độ nén tăng lên. Người ta thường giải thích sự tăng cường độ nén là do giảm nước, song trong nhiều trường hợp, mức tăng độ bền nén lớn hơn mức dự kiến có thể đạt nhờ đơn thuần là giảm tỷ lệ Nước/Xi măng (N/X).

2.4.1.2. Ảnh hưởng đến độ co ngót của bê tông đã hoá cứng

Số liệu về ảnh hưởng của phụ gia đến co ngót có nhiều thông tin trái ngược nhau. Ảnh hưởng của phụ gia đến co ngót của bê tông tùy thuộc vào nhiều yếu tố như chủng loại và liều lượng phụ gia, xi măng, cốt liệu và tuổi bê tông. Bề ngoài có vẻ là dùng phụ gia giảm nước sẽ giảm co ngót của bê tông do lượng nước trộn cần ít hơn. Tuy nhiên, trong thực tế không diễn ra một chiều như vậy.

Thành phần của xi măng có ảnh hưởng đến co ngót của bê tông. Lignosunphonat có thể làm tăng co ngót của vữa dùng xi măng ít SO_3 , và giảm co ngót trong trường hợp ngược lại. Các phụ gia gốc axit hữu cơ cũng gây ra tác dụng tương tự, nhưng ở mức độ yếu hơn.

Co ngót của bê tông phụ thuộc vào độ mịn của xi măng nhiều hơn vào thành phần khoáng hoá của nó. Bê tông dùng xi măng càng mịn có xu hướng co ngót càng lớn.

Nói chung, về phương diện co ngót, phụ gia giảm nước không gây hại cho bê tông. Song không loại trừ một số nguy cơ gây ảnh hưởng xấu của một số tổ hợp phụ gia trên một vài loại xi măng. Do vậy, cần tiến hành thí nghiệm kiểm tra trong điều kiện tương đương điều kiện sử dụng thực tế.

2.4.1.3. Ảnh hưởng đến độ từ biến của bê tông đã hoá cứng

Từ biến là tính chất của bê tông thay đổi ứng suất trong khi biến dạng là hằng số. Có nhiều ý kiến trái ngược nhau về ảnh hưởng của phụ gia đến từ biến. Rất khó so sánh các kết

quả thí nghiệm thu được bằng các phương pháp khác nhau. Ngoài ra, từ biến của bê tông phụ thuộc vào loại xi măng, thành phần phụ gia, tuổi bê tông khi chịu tải và mức độ thủy hoá bê tông. Các số liệu thực nghiệm trên phụ gia lignosunphonat và tổ hợp với trietylonamin cho thấy từ biến của bê tông có phụ gia nói trên cao hơn không đáng kể so với bê tông đối chứng.

2.4.1.4. Ảnh hưởng đến độ chống thấm và chống xâm thực của bê tông đã hoá cứng

Có thể dự đoán rằng bê tông chế tạo với tỷ lệ N/X thấp nhờ dùng phụ gia giảm nước sẽ có độ thấm nước và độ rỗng nhỏ hơn, vì thế sẽ có tuổi thọ cao hơn bê tông đối chứng. Bê tông dùng phụ gia gốc lignosunphonat và axit hữu cơ có thể bền trong môi trường sunphat. Vì vậy không nên dùng phụ gia giảm nước phối hợp với CaCl_2 ở các vùng bê tông tiếp xúc với môi trường sunphat. Ở các nước phương Bắc trong vùng lạnh có băng giá, dùng phụ gia giảm nước để chế tạo bê tông mác cao có tỉ lệ N/X thấp là một trong những cách để tăng tính chịu băng giá cho bê tông.

2.4.2. Phụ gia làm chậm ninh kết

2.4.2.1. Ảnh hưởng đến cường độ của bê tông đã hoá cứng

Ở tuổi sớm (ví dụ 3 ngày tuổi) thì cường độ của bê tông và vữa có phụ gia làm chậm thường thấp hơn so với đối chứng (bảng 2.2) do tốc độ thủy hoá chậm. Ở tuổi dài ngày cường độ bê tông có phụ gia thường ngang bằng và cao hơn. Cường độ bê tông giảm khi dùng phụ gia với liều lượng cao hơn định mức.

Bảng 2.2: Cường độ nén (R_n) và kéo (R_k) của vữa xi măng có phụ gia làm chậm

Loại phụ gia	Phụ gia, % so với XM	1 ngày		2 ngày		7 ngày		28 ngày		50 ngày	
		R_n Mpa	R_k Mpa	R_n Mpa	R_k Mpa	R_n Mpa	R_k Mpa	R_n Mpa	R_k Mpa	R_n Mpa	R_k Mpa
Không phụ gia	-	11,8	3,5	21,6	4,8	37,8	7,6	45,3	8,6	53,9	8,8
Xacaroza	0,5	10	2,9	21,6	5	47,1	7,8	59,8	8,1	62,8	8,2
Xacaroza	1	1,3	0,4	11,8	2,8	43,2	7,6	53,9	7,9	60,3	9,4
Glucosa	1	7,1	2	23,7	4,9	36,8	6,7	53,4	7,5	58,8	7,9
Glucosa	2	1	0,1	8,3	2,5	27,9	5,5	45,6	7,4	5,5	7,9
Axit H_2SO_4	0,5	7,1	1,8	18,1	4,2	48,1	7,6	60,8	8,3	71,1	8,1
Axit H_2SO_4	1	2,2	0,5	14,7	3,3	45,1	7,6	64,7	8,5	74	8,6
Axit H_2SO_4	2	1,2	0,2	12,3	3,2	44,1	7,7	60,3	7,5	69,6	80

Bê tông và vữa có phụ gia làm chậm đạt cường độ ngang bằng hoặc hơi thấp hơn mẫu đối chứng. Cá biệt có một số phụ gia làm chậm có thể tăng cường độ chịu uốn.

Khi cho phụ gia làm chậm vào hỗn hợp bê tông để tăng độ dẻo và giảm nước, diện tích bề mặt tiếp xúc của các hạt đóng một vai trò quan trọng. Khi có phụ gia làm chậm, các sản phẩm thủy hoá được hình thành ở tốc độ khuếch tán và kết tủa thấp. Điều đó dẫn đến phân bố các sản phẩm thủy hoá đồng nhất hơn trong khe hở các hạt xi măng. Do đó tổng diện tích bề mặt tiếp xúc tăng lên, cường độ bê tông tăng.

2.4.2.2. Ảnh hưởng đến độ co ngót của bê tông đã hoá cứng

Co ngót của bê tông có phụ gia làm chậm nói chung xấp xỉ với co ngót của bê tông đối chứng. Trong các tiêu chuẩn phụ gia quy định độ co ngót của bê tông có phụ gia không được vượt quá giới hạn nhất định so với bê tông đối chứng.

2.4.2.2. Ảnh hưởng đến khả năng chịu băng giá của bê tông

Ở Việt Nam hầu như không có băng giá (băng giá xuất hiện trong vài ngày ở vài địa phương thuộc các tỉnh miền núi cao phía Bắc). Bê tông dùng phụ gia gốc axit hữu cơ và hydrôcacbon có độ bền chịu băng giá tương đương bê tông không phụ gia.

Phụ gia gốc lignosunphonat có tác dụng cuốn khí nhưng kích thước bọt khí không thật tối ưu nên không nâng cao được độ bền chịu băng giá cho bê tông, trái lại hiệu quả chỉ đạt 90 - 100% so với đối chứng.

2.5. CÁC TIÊU CHUẨN LIÊN QUAN ĐẾN PHỤ GIA

Nhiều nước đã ban hành các tiêu chuẩn về yêu cầu kỹ thuật và tiêu chuẩn về phương pháp thử cho từng nhóm phụ gia, bao gồm:

Phụ gia giảm nước, phụ gia làm chậm, phụ gia giảm nước - làm chậm và phụ gia giảm nước - cứng nhanh.

Các tiêu chuẩn nước ngoài thông dụng là:

ASTM C - 494 - 90 (Mỹ): Yêu cầu kỹ thuật đối với phụ gia hoá học.

NF P18 - 335 (Pháp): Phụ gia hoá dẻo.

NF P18 - 336 (Pháp): Phụ gia giảm nước - hoá dẻo.

NF P18 - 337 (Pháp): Phụ gia làm chậm ninh kết.

Việt Nam chưa có Tiêu chuẩn quốc gia (TCVN) về phụ gia cho bê tông và vữa. Hiện chỉ có các Tiêu chuẩn ngành (TCN) cho một số sản phẩm phụ gia cụ thể như:

20 TCN 173 - 89: Phụ gia tăng dẻo KĐT2 cho vữa và bê tông xây dựng.

14 TCN 76 - 88: Phụ gia tăng dẻo dịch kiểm đen dùng cho bê tông thủy công - kỹ thuật.

2.6. THỊ TRƯỜNG VIỆT NAM

Thị trường Việt Nam chỉ mới phát triển từ khoảng năm 1995 trở lại đây. Trước đây một số công trình lớn của các ngành thủy lợi, giao thông có dùng các phụ gia loại tốt do Nga sản xuất như CDB và một số phụ gia gốc đường do vài cơ sở khoa học sản xuất ở quy mô nhỏ theo các yêu cầu lẻ tẻ cụ thể. Cùng với mức độ tăng vốn đầu tư trong nước và đặc biệt là vốn đầu tư nước ngoài cho xây dựng hạ tầng, mức tiêu thụ phụ gia và mức sản xuất phụ gia ngày càng tăng. Có nhiều nguồn cung cấp khác nhau như từ các viện nghiên cứu của Bộ Giao thông vận tải, của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, các công ty Thương mại, nhập khẩu, nhưng chia sẻ thị trường hiện nay chủ yếu là 4 nhà sản xuất lớn: Công ty SIKKA (Thụy Sĩ), Công ty MBT (Thụy Sĩ), Công ty IMAX (Việt Nam), Công ty Thí nghiệm và Vật liệu công trình 1 (Bộ Giao thông vận tải). Cả 4 công ty này đều có nhà máy hay xưởng sản xuất trong nước.

Trong các phụ lục 1 và 2 có tóm tắt về tính năng một số phụ gia thông dụng ở Việt Nam hiện nay.

Chương 3

PHỤ GIA CUỐN KHÍ

3.1. KHÁI NIỆM

Chất cuốn khí là một loại phụ gia có tác dụng chính là cải thiện khả năng chống băng giá cho bê tông. Các tính chất này đã được biết đến rộng rãi và đã được chứng minh từ rất nhiều năm trước. Ở Việt Nam, chúng ta chỉ quan tâm đến tác dụng tăng độ linh động của vữa, và tăng độ chống thấm cho bê tông.

Một phụ gia cuốn khí được coi là một loại phụ gia có số lượng khí ổn định và kiểm soát được một cách hợp nhất trong hỗn hợp bê tông mà không có ảnh hưởng đáng kể tới sự đông cứng của bê tông. Ngoài ra còn có loại chất cuốn khí gần giống với chất phụ gia cuốn khí - giảm nước (hay làm dẻo). Một số loại khác có khả năng làm giảm nước của bê tông tới một mức độ mà sự mất mát cường độ điện thế sinh ra bởi các bọt khí có thể tránh được hoàn toàn.

Cần phân biệt rõ ràng sự khác nhau giữa các lỗ bọt khí ngẫu nhiên trong bê tông, có kích thước và khoảng cách bất kỳ, với các bọt cuốn khí nhân tạo có kích thước nhỏ hơn rất nhiều (đường kính từ 0,025 - 1mm) và nằm trong hồ xi măng.

Các lý do chủ yếu để sử dụng chất cuốn khí xuất phát từ các tác dụng của chúng liên quan đến:

1. Thời gian: Sản phẩm bê tông sử dụng chất cuốn khí sẽ có độ bền để chịu được quá trình đông băng, và tan băng trong những điều kiện khắc nghiệt. Độ bền này lớn hơn rất nhiều lần so với của loại bê tông thường.

2. Sự dính và ổn định của hỗn hợp: Các bong bóng nhỏ của cuốn khí hoạt động tương tự như là các phần tử cát tạo cho bê tông lực dính và do đó có xu hướng giảm nguy cơ tách nước. Chất cuốn khí, do vậy có tầm quan trọng được sử dụng trong:

a/ Quá trình cải thiện chất lượng bê tông được tạo ra với cát thô bằng cách cho thêm các cấp phối cát mịn.

b/ Cải thiện các sản phẩm đúc sẵn để có chất lượng cao hơn, nhẹ hơn, phù hợp với quá trình thi công cầu lắp.

c/ Làm giảm bớt các công tác phụ như cọ rửa bê tông ở công trường.

3.2. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ CỦA CHẤT CUỐN KHÍ

Mặc dù từ thời La Mã cổ xưa đã đưa ra việc sử dụng các loại phụ gia bê tông như là Oxblood có ảnh hưởng như là chất cuốn khí, tuy nhiên việc sử dụng chất cuốn khí bắt

nguồn từ sự phát hiện tình cờ các tác dụng của chúng ở Mỹ vào năm 1930. Người ta phát hiện thấy rằng một vài đoạn mặt đường bê tông có khả năng chịu băng giá tốt hơn các đoạn đường khác đã được làm bằng xi măng bị nhiễm bẩn do dầu mỡ ở công trường. Sự cải thiện tính bền liên quan tới ảnh hưởng cuốn khí của dầu hoặc mỡ và các kinh nghiệm ban đầu này đã dẫn tới sự chấp nhận cuốn khí để tăng cường sức chống của mặt đường bê tông và cầu bê tông đối với hiện tượng đóng băng và tan băng giá trên các tuyến đường và đối với ảnh hưởng của các muối làm tan băng trên đường ở các nước xứ lạnh.

Với thời tiết nhiệt đới nóng ẩm ở Việt Nam, vấn đề lợi dụng cuốn khí như là phương pháp để bảo vệ bê tông khỏi bị tác động của băng giá sẽ không có ý nghĩa.

3.3. CÁC TÁC DỤNG CỦA CUỐN KHÍ

3.3.1. Tác dụng làm giảm sự tách nước và sự phân tầng của hỗn hợp bê tông

Bê tông đã bị phân lớp chắc chắn có khả năng chịu lực kém hơn nhất là đối với khí hậu khắc nghiệt, có khả năng bảo vệ các cốt thép tăng cường kém hơn các vật liệu được đầm nén tốt và độ đặc tốt. Hậu quả do sự tách nước của hỗn hợp bê tông rất có hại, làm giảm yếu mặt cắt ngang kết cấu, tăng tính thấm tại các bề mặt phía trong và trên đỉnh của bản, làm giảm khả năng dính ở phía dưới phần tử cốt liệu thô và các thanh cốt thép, nơi mà nước rỉ ra có thể trở thành rãnh nước.

Lợi ích chủ yếu của cuốn khí là làm giảm xu hướng tách nước trong bê tông, giảm phân tầng và khả năng bị vết nứt dẻo. Sự hợp nhất của một phụ gia cuốn khí đã được sử dụng để làm cho hồ xi măng trong bê tông có tính nhớt và tính dính cao hơn bê tông thường. Lý do chủ yếu là:

- 1- Bọt khí tiếp xúc với các phần tử xi măng và các liên kết của chúng.
- 2- Tăng sức hấp dẫn các phần tử bên trong sinh ra bởi sức hấp thụ của cuốn khí.
- 3- Các bọt khí hoạt động như là các thiết bị lọc rất nhỏ và làm tăng tổng diện tích của tất cả các thành phần liên quan đến tổng lượng nước.

Sự giảm tách nước và độ sụt có ảnh hưởng liên quan, đặc biệt là khả năng làm phao nâng các phần tử xi măng, lấp kín khoảng cách giữa chúng, do đó ngăn cản nước chảy xung quanh xi măng và các phần tử cốt liệu. Các bọt cuốn khí cung cấp cho bê tông với độ dính tăng thêm làm giảm xu hướng tách nước, phân tầng và tạo ra loại bê tông đồng nhất lớn hơn. Vì vậy có khả năng chịu được các điều kiện thời tiết khí hậu khắc nghiệt.

3.3.2. Ảnh hưởng tới tính thấm

Có thể nói rằng bê tông cuốn khí xốp (rỗng) hơn bê tông thường nên tính thấm của nó sẽ lớn hơn. Điều này không quan trọng trong trường hợp mức độ cuốn khí được yêu cầu để đưa ra sự thỏa mãn đối với sự bảo vệ khỏi băng giá. Nguyên nhân là do:

- a/ Cuốn khí cải thiện khả năng làm việc và cho phép sử dụng tỷ lệ N/X thấp hơn, giảm lượng lỗ rỗng mao quản.

b/ Các bọt khí ngăn cản sự liên thông trong hệ thống cấu trúc mao quản. Chúng hoạt động như là ‘lỗ mờ không thấm’ và chỉ lấp đầy rất từ từ với nước dưới điều kiện thông thường. Vì vậy chúng không tham gia vào sự vận chuyển nước lỏng trong mao quản của bê tông.

3.3.3. Làm thay đổi đặc tính của hỗn hợp bê tông tươi

Phụ gia cuốn khí không chỉ có khả năng cải thiện độ bền của bê tông khô mà còn có khả năng thay đổi đặc tính để có lợi trong bê tông tươi.

3.3.4. Tăng tính dễ thi công

Sự có mặt của hàng triệu bọt khí rất nhỏ trong bê tông hợp nhất với phụ gia cuốn khí làm tăng khả năng làm việc. Các bọt khí làm việc như các quả bóng tí hon chịu nén, có thể chống đỡ sự dịch chuyển của các phần tử cốt liệu liên quan. Ví dụ thí nghiệm đã cho thấy đối với bê tông có 5% khí so với hỗn hợp không có cuốn khí tương tự thì độ sụt tăng lên vào khoảng giữa 20mm và 50mm.

Cuốn khí còn thay đổi đặc tính của hỗn hợp bê tông không xác định số lượng như là độ sệt, ‘tính dẻo’ hay ‘tính linh động’ để cải thiện hỗn hợp không cuốn khí với cùng khả năng làm việc trở nên dễ dàng đổ và đầm nén hơn.

3.3.5. Cải thiện sản phẩm bê tông được chế tạo với cấp phối có kích cỡ xấu

Cuốn khí làm việc như cấp phối mịn với ma sát bề mặt nhỏ làm cho bê tông làm việc như hỗn hợp nhiều cát. Với lý do này, một phụ gia cuốn khí có thể bổ sung các thành phần thiếu hụt do các phần tử mịn và do hình dạng xấu của cát và cấp phối thô. Trong xu hướng tìm các giải pháp sử dụng những vật liệu xấu, vật liệu cát biển, dùng chất cuốn khí để có thể cải thiện chất lượng bê tông.

Đối với bê tông bơm nói chung và hỗn hợp sạch đặc biệt, tính dẻo và tính dính thu được bởi cuốn khí là tốt nhất.

3.3.5. Các tác dụng khác

3.3.5.1. Ảnh hưởng đến cường độ

Sự có mặt của các lỗ rỗng khí có thể làm giảm cường độ một cách tỷ lệ thuận với tổng lượng lỗ khí. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, sự mất mát cường độ liên quan đến cuốn khí một phần được bù đắp bởi:

1. Sự giảm nước mà các lỗ rỗng cho ta là 8 - 12% tùy thuộc vào thành phần xi măng và tổng số lượng khí có trong đó.

2. Yêu cầu lượng nước thấp hơn, theo như 1, mà nó có thể đạt được nếu thành phần cát bị giảm để lợi dụng độ dính dư bọt khí. Cát có thể giảm tới 10% trọng lượng của nó.

Với hỗn hợp sạch hơn, sự giảm nước có thể đạt tới sự bù đắp cho việc mất mát cường độ do lỗ rỗng khí gây ra.

Khi mà sự tổng hợp chất giảm nước/chất cuốn khí được sử dụng để giảm nước, chúng thường đủ để đạt được sự tăng cường độ.

3.3.5.2. Tính lưu động

Sự có mặt của cuốn khí trong hỗn hợp tạo ra các bọt khí làm giảm độ đặc, tăng 3% tính lưu động điển hình đối với bê tông có 5% cuốn khí.

3.3.5.3. Co ngót

Các phụ gia cuốn khí không gây ra sự thay đổi lớn về mức độ co ngót khô của bê tông. Một số thí nghiệm khi sử dụng cho thấy, có thể gây ra tăng hoặc giảm nhỏ mức độ co ngót chút ít tùy thuộc vào các yếu tố như là loại chất cuốn khí và loại xi măng. Trong thực tế có thể coi chúng không gây ra bất kỳ sự thay đổi đáng kể nào tính chất co ngót của bê tông.

3.3.5.4. Từ biến

Nhiều nghiên cứu đã cho thấy từ biến của hỗn hợp bê tông không bị ảnh hưởng bởi sự có mặt của cuốn khí. Với thành phần cuốn khí lớn hơn 6% thì từ biến có thể tăng một chút.

3.4. TÍNH CHẤT HOÁ HỌC CỦA PHỤ GIA CUỐN KHÍ

Một số loại vật liệu sử dụng phổ biến nhất để làm phụ gia cuốn khí được liệt kê dưới đây:

3.4.1. Muối alkali của nhựa gỗ (natri abietat)

Loại này có thể vẫn còn được sử dụng rộng rãi. Ví dụ rõ nét nhất đó là nhựa Vinsol. Các loại nhựa này được lấy từ gỗ, trung hoà như là muối natri, hay các sản phẩm từ quá trình sản xuất dầu.

3.4.2 Ankyl aryl sunphat

Loại này cũng thường ở dạng muối natri của nó. Điển hình của nhóm này là natri dodecin benzen sunphat.

3.4.3 Ankyl sunphat

Bao gồm như là natri dodecin sunphat, natri cetyl sunphat và natri oley sunphat.

3.4.4. Các muối của axit béo lấy từ động vật và chất béo của rau và dầu

Kim loại alkali hay muối triethanolamin của axit béo như là oleic và caproic axit được sử dụng như là các chất cuốn khí cho bê tông. Nhóm này, chung với ankyl sunphat và thấy rõ từ nhựa gỗ tương hợp với lignosunphonat và các chất giảm nước hydroxycacboxylic axit và do vậy chúng có thể sử dụng để tạo ra các chất giảm nước/cuốn khí.

3.4.5. Các vật liệu cuốn khí khác

Các loại chất cuốn khí khác không sử dụng rộng rãi với thành phần gồm:

- Không ion surfactant như nonylphenol ethoxylat.
- Các phần tử bột khí cứng kín, đường kính từ 10 - 60 μ m, các bột khí có kích thước dạng vỏ bọc thêm tốt cho hỗn hợp bê tông.
- Các vật liệu đặc biệt rỗng (xốp) như là gạch bột.

3.5. CƠ CẤU CỦA SỰ TẠO THÀNH BỘT KHÍ

Nét đặc trưng chung của hoá chất cuốn khí đã được nói đến từ trước, ngoại trừ các vật liệu đặc biệt chúng đều là các chất bề mặt. Điều này có nghĩa là chức năng của chúng đặc trưng bởi sự tương tác bên trong bề mặt giữa khí, nước, xi măng và cốt liệu trong hỗn hợp bê tông. Cấu trúc cơ bản cuốn khí là phân tử chuỗi dài với đầu hydrophylic (ưa nước) và đuôi hydrohobic (không ưa nước). Điều này làm cho các phần tử trong dung dịch bị khuấy lên hướng về bề mặt bên trong của khí - nước với đầu cực hướng về phía trên các phần tử nước và với cơ quan đuôi không cực về phía khí. Điều này có tác dụng làm giảm ứng suất kéo bề mặt của nước và do vậy mà các bột khí ổn định tới mức chúng tạo nên dung dịch bị khuấy lên. Có 2 lý do chính giải thích tại sao các bột khí ổn định hơn trên dung dịch bề mặt:

1. Áp suất (P) trong bong bóng khí liên quan tới ứng suất bề mặt (T) và đường kính của nó (D), $P = 4T/D$. Vì lý do đó các bột khí nhỏ hơn sẽ có áp suất trong nó và có xu hướng tổng hợp thành các bột khí lớn hơn. Giảm áp suất bề mặt sẽ giảm các xu hướng này.

2. Do các bột khí có các vỏ bao bọc là các phần tử cuốn khí ở đường chu vi nên lực đẩy tương hỗ giữa các bột khí lại được tổng hợp lại lẫn nữa và làm phân tán tính đồng nhất của chúng. Trong bê tông có chất cuốn khí, các bột khí ổn định ở phía trên nhưng hoạt động của chúng với xi măng và bề mặt cốt liệu hướng ngược lại với hướng tại bề mặt của bột khí và tăng thêm tính ổn định của hệ thống lỗ rỗng khí.

3.6. SỬ DỤNG RIÊNG PHỤ GIA CUỐN KHÍ

3.6.1. Các yếu tố ảnh hưởng tới thành phần khí

Một số lượng các yếu tố trong công thức phụ gia ảnh hưởng tới thành phần khí có trong hỗn hợp bê tông. Các ảnh hưởng thay đổi rất nhiều trong thành phần hỗn hợp và đặc tính của nó được tổng hợp ở bảng 3.1.

Mặc dù số các yếu tố liên quan đưa ra nguồn vật liệu và thiết kế hỗn hợp hợp lý, rất nhiều các thông số có thể được xem như không thay đổi. Với sự chấp nhận được đưa ra bởi các quy trình hiện hành để đạt được độ bền tốt, sự kiểm tra thành phần khí trong các giới hạn đặc biệt ($\pm 1,1/2\%$) thường là vấn đề thử thách của các nhà máy mới sản xuất.

Bảng 3.1 đưa ra hướng dẫn phác hoạ nhưng ở đó còn có các yếu tố khác cũng có ảnh hưởng cuốn khí và tác dụng của nó cũng được xem như các tác dụng riêng rẽ chi tiết hơn.

Bảng 3.1: Các yếu tố ảnh hưởng đến thành phần khí

Sự tăng thành phần khí	Sự giảm thành phần khí	Ví dụ thay đổi	Ước lượng ảnh hưởng mục tiêu 5% thành phần khí
Nhiệt độ thấp hơn	Nhiệt độ cao hơn	10 - 20°C	Giảm 1 - 1,1/2%
Độ sụt cao hơn	Độ sụt thấp hơn	50 - 100mm	Tăng 1%
Thành phần hạt cát thô hơn	Thành phần hạt cát mịn hơn	BS882 Zone 3 tới 2	Tăng ít hơn 1%
Thành phần cát tăng	Thành phần cát giảm	35 - 45 %	Tăng 1-1,1/2%
Tỷ lệ cát vượt qua lỗ sàng 150 micron giảm	Tỷ lệ cát vượt qua lỗ sàng 150 micron tăng	-50kg/m ³	Giảm 1%
Sự giảm thành phần xi măng gồm cả sự điều chỉnh thành phần cát	Sự tăng thành phần xi măng gồm cả sự điều chỉnh thành phần cát	- 50%	Giảm 1%
-	Gồm có cả các chất không tinh khiết hữu cơ		Các ảnh hưởng tích cực và tiêu cực
-	Bao gồm cả PFA		Sự giảm đáng kể liên quan tới cacbon trong tro
-	Tăng độ cứng của nước	Tăng động cứng	Giảm
Sự tăng trong hỗn hợp	Sự giảm trong hỗn hợp	Hỗn hợp có hiệu quả tốt hơn	Tăng do sự phân tán của hỗn hợp
Dung sai cho phép tích cực	Dung sai cho phép tiêu cực	±5%	
-	Thời gian khuấy kéo dài	1 giờ 2 giờ	giảm 0 - 1% giảm 1%

Chú thích: Các giá trị trong bảng này chỉ là minh họa. Các ảnh hưởng không nhất thiết phải là như vậy bởi vì chúng không độc lập.

3.6.1.1. Thành phần xi măng

Thành phần cuốn khí giảm với sự tăng thành phần xi măng, đặc biệt với thành phần xi măng thấp. Trong thực tế điều này được bù đắp bởi nhiều mối liên hệ giữa lượng phụ gia với lượng xi măng trong hỗn hợp.

3.6.1.2. Xi măng mịn

Việc sử dụng xi măng với bề mặt đặc biệt cao hơn sinh ra sự giảm lượng cuốn khí. Thông thường sự thay đổi trong các hạt mịn của cùng loại xi măng không mong chờ sự thay đổi thành phần khí nhiều hơn 1/2%.

3.6.1.3. Alkali trong xi măng

Sự tăng tập trung của alkali trong xi măng nhìn chung làm tăng hiệu quả của các chất cuốn khí tới mức độ khoảng 1,5% (như Na₂O). Sự thay đổi quá mức với xi măng từ cùng một nguồn sẽ là không bình thường.

Tuy nhiên, liều lượng phụ gia thay đổi sẽ có ảnh hưởng trong khoảng lớn hơn 30% so với yêu cầu. Điều này là một thực tế tốt tạo điều kiện cho việc theo dõi (kiểm soát) mức độ alkali trong xi măng.

3.6.1.4. Mức độ tinh khiết của xi măng

Nếu như sự thay đổi lớn không thể giải thích được liều lượng phụ gia yêu cầu đối với thành phần khí thì việc kiểm tra mức độ tinh khiết của xi măng là cần thiết. Sự nhiễm bẩn ngẫu nhiên của xi măng bởi một số lượng nhỏ dầu ở giai đoạn nghiền tán có thể làm suy giảm hiệu quả của các chất cuốn khí.

3.6.1.5. Cốt liệu mịn

1/ Thành phần cát: Số lượng khí trong bê tông tăng nếu thành phần cát của hỗn hợp bê tông tăng, ngay cả khi có hay không có chất cuốn khí. Ví dụ nếu mức tăng điển hình của cát từ 35 tới 45% thì tổng lượng khí tăng khoảng 1,1 - 2%.

2/ Thành phần hạt cát: Các báo cáo đề cập tới ảnh hưởng của thành phần cốt liệu mịn tới thành phần khí có xu hướng đối lập nhau và do vậy phần nào kém tính thuyết phục. Tuy nhiên sự tăng đáng kể về số lượng các phần tử cát rất nhỏ sẽ làm giảm tổng lượng cuốn khí và có thể làm giảm kích thước của các bọt khí.

3.6.1.6. Nhiệt độ

Lượng cuốn khí thay đổi tỷ lệ nghịch với nhiệt độ do rất nhiều nguyên nhân, ví dụ các ảnh hưởng độ nhớt, hoạt động của xi măng v.v.. Nhiệt độ cao hơn sẽ gây ra sự giảm lượng cuốn khí trong bê tông đối với cùng lượng phụ gia.

3.6.2. Tính dễ thi công

Số lượng khí sinh ra bởi lượng cuốn khí càng tăng thì cũng tăng tính dễ thi công. Với bê tông có tính thi công kém, thì để đảm bảo đúng chất lượng mặt đường bê tông, lượng phụ gia tỷ lệ với hỗn hợp làm việc trung bình phải tăng lên tới 100% để đạt được thành phần khí như vậy. Liều lượng với độ sụt $\geq 200\text{mm}$ cũng cần phải tăng lên để đảm bảo thành phần khí ổn định trong quá trình trộn, vận chuyển, đầm nén.

3.6.3. Tro chất đốt - bột

Mức độ cacbon trong tro có thể gây ra tác động có hại tới hiệu quả của chất cuốn khí, lượng cacbon lớn hơn thì lượng phụ gia cần thiết cũng phải lớn hơn. Tro từ các nhà máy khác nhau với lượng cacbon như nhau không nhất thiết cần lượng phụ gia như nhau và không có cùng ảnh hưởng với các phụ gia khác nhau. Vì vậy, điều này rất có lợi để đảm bảo rằng có thể còn lâu các nguồn cung cấp tro mới được duy trì.

Đối với tro bột chất đốt từ các nguồn riêng lẻ với thành phần cacbon không đồng hợp lý, liều lượng chất cuốn khí cần thiết để có thành phần khí mong muốn tỷ lệ trực tiếp với phần trăm của tro trong tổng số lượng xi măng.

3.6.4. Trộn hỗn hợp, vận chuyển, đổ và đầm nén

Nhiệm vụ của các chất cuốn khí là tạo ra các bọt khí nhỏ ổn định, thậm chí làm phân tán qua bê tông mà nó vẫn còn ở trong bê tông sau khi đông cứng.

Kiểu hoạt động của hỗn hợp và hiệu quả nói chung của máy trộn sẽ ảnh hưởng tới cả lượng cuốn khí và thời gian tạo ra lượng khí này. Thành phần khí sẽ tăng cùng với thời gian trộn tăng tới 2 phút trong các trạm trộn cố định và khoảng 15 phút trong hầu hết các trạm trộn di động, sau đó thành phần khí có thể vẫn gần như không đổi trong suốt thời gian trước khi có bất kỳ sự giảm nào xảy ra.

Không thể tránh khỏi có sự mất mát khí xảy ra trong khi vận chuyển, đổ và đầm nén, các bọt khí lớn hơn, ít nhất có hiệu quả có xu hướng bị đuổi đi đầu tiên.

Với bê tông có khả năng làm việc thấp điển hình thì sự mất mát lượng khí có thể là 1 - 2% nên phải dự phòng trước giữa máy trộn và giai đoạn đầm nén, sự mất mát có thể đạt tới 1% với bê tông có khả năng làm việc lớn hơn. Một lượng khí quá nhiều sẽ không bị mất với sự rung bình thường, một phần từ các lỗ rỗng tự nhiên rộng hơn mà chúng hầu hết bị xua đuổi đi. Nếu bị đầm rung mạnh và lâu thì một vài bọt cuốn khí lớn hơn có thể di chuyển về phía trên và lực đẩy giữa các bọt khí này có thể được khắc phục, làm cho chúng kết hợp lại. Tuy nhiên, cần phải nói rằng khoảng cách của các bọt cuốn khí nhỏ trong vữa tham gia rất ít ngay cả khi rung mạnh. Nếu hỗn hợp bê tông được thiết kế thích hợp được đầm nén như là rung chỉ đủ mạnh và thời gian để đạt được độ đầm nén hoàn toàn thì hiệu quả của sự mất mát tỷ lệ với khí nén sẽ không xảy ra.

3.7. SỬ DỤNG CHẤT CUỐN KHÍ CÙNG VỚI PHỤ GIA KHÁC

Các nhà cung cấp phụ gia khuyên rằng nên thí nghiệm cẩn thận nếu sử dụng đồng thời vài loại phụ gia trong hỗn hợp bê tông. Nên trộn trước phụ gia hơn là cho chúng vào riêng rẽ. Một vài phụ gia được tạo ra để cho thành phần khí nhỏ nhất và không thể sử dụng chúng để có thể đạt kết quả tốt như là các chất cuốn khí.

3.7.1 Sử dụng cùng với phụ gia hoá dẻo/giảm nước

Để tạo ra hỗn hợp có tính linh động cao, giảm lượng nước trong bê tông có tính dẻo cao, cần làm tăng sự ổn định của các bọt khí. Trong những năm gần đây nhu cầu về tăng tuổi thọ của bê tông cường độ cao chống băng giá đã dẫn tới sự phát triển các phụ gia cuốn khí dẻo tổng hợp. Sự giảm thêm tỷ lệ N/X đạt được có thể bù đắp hoàn toàn cho sự giảm cường độ do cuốn khí.

3.7.2. Sử dụng cùng với chất siêu dẻo

Việc sử dụng các chất cuốn khí với các chất siêu dẻo và tăng cường độ chống băng giá/tan băng của bê tông siêu dẻo cuốn khí và bê tông siêu dẻo là mối quan tâm rất lớn và là vấn đề tranh luận trong một thời gian. Một vài chất siêu dẻo có tính năng cuốn khí do đó có

thể giảm bớt lượng phụ gia cuốn khí. Một số chất siêu dẻo khác lại có tính năng làm giảm thành phần khí và vì vậy lại có yêu cầu tăng thêm lượng Phụ gia cuốn khí. Nói chung cần tuân theo các chỉ dẫn của nhà sản xuất.

3.8. THIẾT KẾ CẤP PHỐI CHO HỖN HỢP BÊTÔNG CUỐN KHÍ

Các thông số thiết kế hỗn hợp cần xét là:

- Cường độ của bê tông.
- Khả năng làm việc.
- Độ đặc.
- Thành phần cát.

3.8.1. Cường độ

Cường độ của bê tông bị giảm bởi phụ gia cuốn khí. Mức độ suy giảm là 5,5% với cường độ nén và 4% với cường độ kéo gián tiếp tương ứng với mỗi 1% lượng cuốn khí cho thêm vào. Do đó phải điều chỉnh lượng nước để đạt được cường độ mong muốn.

3.8.2. Tính dễ thi công

Do tính dễ thi công được cải thiện khi có sử dụng cuốn khí nên có thể giảm lượng nước yêu cầu tương ứng cho hỗn hợp. Với mục đích xác định thành phần nước của hỗn hợp thiết kế có hoặc không có cuốn khí, khả năng làm việc được chia ra 4 mức tương ứng là rất thấp - thấp - trung bình và cao. Khi đề cập đến hỗn hợp cuốn khí, lượng nước cần để tạo ra tính dễ thi công sẽ ít hơn so với trường hợp của bê tông tương ứng không có cuốn khí.

3.8.3. Độ đặc

Các bọt khí làm cho độ đặc của bê tông thấp hơn và vì vậy làm khối lượng tăng.

Độ đặc và thành phần cốt liệu của một hỗn hợp cuốn khí được điều chỉnh bởi sự giảm bớt (trừ bớt) khối lượng dự kiến cho một m^3 của cùng một hỗn hợp không có lượng khí và của cốt liệu tương ứng với lượng cuốn khí yêu cầu. Trọng lượng của cốt liệu được trừ bớt đưa ra bởi công thức:

$$\text{Trọng lượng} = 10. a. D$$

Trong đó: a = Lượng cuốn khí yêu cầu (%);

D = Trọng lượng riêng của cốt liệu.

3.8.4. Thành phần cát

Bê tông cuốn khí dính hơn là bê tông không cuốn khí, bởi vì bản thân các bọt khí hoạt động như là các phần tử cốt liệu rất nhỏ. Điều này cho phép tỷ lệ cát sẽ giảm tới 5% tổng số cốt liệu (gần $20kg/m^3$ cho mỗi 1% lượng khí dư).

3.9. CÁC ỨNG DỤNG CỦA CÁC CHẤT CUỐN KHÍ

1. Chất cuốn khí làm cho kết cấu bê tông tăng độ bền chống tác động của băng giá và các tác động làm đóng băng muối. Vấn đề này không đáng quan tâm ở nước ta.

2. Chất cuốn khí hoạt động tương tự như khi tăng thêm các thành phần mịn cho bê tông nghèo để tạo ra độ dính cao hơn, hỗn hợp xúc biến tăng độ đầm nén và cải thiện bề mặt cuối cùng của bê tông.

3. Với mức độ cuốn khí thấp, chất cuốn khí hoạt động như là một chất trợ giúp bơm.

4. Chất cuốn khí làm cho dễ dàng cải thiện bề mặt và chống sụt ở cạnh không tựa.

5. Chất cuốn khí cải thiện cường độ và làm cho dễ dàng đổ các khối bê tông trước và giảm yêu cầu về các thiết bị thi công. Các hỗn hợp chất cuốn khí đặc biệt với các chất tăng tốc hoặc các chất giảm nước rất thông dụng đối với công nghiệp bê tông đúc sẵn.

3.10. SỰ CUNG CẤP CÁC CHẤT CUỐN KHÍ TRÊN THỊ TRƯỜNG

Cần phải nhấn mạnh rằng các thiết bị sử dụng cho việc cung cấp phụ gia và đặc biệt là các chất cuốn khí nhìn chung liều lượng là rất thấp, ví dụ 20ml/50kg xi măng. Thiết bị cung cấp nửa tự động thường được thiết kế liều lượng đo bằng điện tiếp xúc giữa phụ gia và mẫu đặt trước trong kính soi. Mức độ chảy phụ gia vào trong kính soi nên để ở mức thấp nhất để đảm bảo rằng không tạo ra tầng bọt và gây ra sự giải phóng nước làm giảm liều lượng.

3.11. CÁC THÍ NGHIỆM VỀ PHỤ GIA CUỐN KHÍ

3.11.1. Các tiêu chuẩn

Nhiều nước đã có các tiêu chuẩn cho phụ gia cuốn khí. Hầu hết thích hợp với Tiêu chuẩn Anh: BS 5075 (Phần 2 - 1982 - Phụ gia bê tông). Tiêu chuẩn cho phụ gia cuốn khí và tiêu chuẩn ASTM C260 - 7 Quy trình tiêu chuẩn cho phụ gia cuốn khí cho bê tông.

Trong Tiêu chuẩn BS 5075, Phần 2 bao gồm các yêu cầu thực hiện về:

- Sự lặp lại thành phần khí.
- Thời gian đông cứng.
- Độ đặc bão hoà.
- Cường độ nén.

Độ bền chống băng giá và sự tan băng cũng giống như là các yêu cầu bao trùm lên thành phần vật liệu khô, thành phần tro, độ đặc liên quan.

Tiêu chuẩn ASTM C260-77 đưa ra các thí nghiệm giống nhau về độ pH, trọng lượng riêng, thành phần khí trong vữa được tạo ra bởi các chất cuốn khí và các yêu cầu thực hiện của bê tông chế tạo với sự liên quan tới các thành phần phụ gia liên quan (mỡ vinsol trung

hoà). Các thí nghiệm mới nhất bao gồm độ thấm nước, thời gian đông cứng, cường độ nén, cường độ uốn, độ bền chống băng giá/tan băng và sự thay đổi chiều dài.

3.11.2. Các phương pháp thí nghiệm hỗn hợp bê tông tươi

3.11.2.1. Xác định thành phần khí

Có 3 phương pháp cơ bản thí nghiệm bê tông về lượng lỗ rỗng khí đó là:

- Phương pháp áp suất.
- Phương pháp thể tích.
- Phương pháp trọng lượng.

Phương pháp áp suất là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất và chính xác nhất, nhưng không phù hợp với bê tông được chế tạo bằng cốt liệu có trọng lượng nhẹ. Lượng khí trong cả 3 phương pháp cũng sẽ bao gồm mọi lỗ cuốn khí bị mất trong bê tông sau khi nó bị nén trong thiết bị.

a/Phương pháp áp suất: Các Tiêu chuẩn BS 1881 (phần 106-1983) và Tiêu chuẩn ASTM C231 - 82 đều mô tả hai thủ tục cho việc xác định thành phần khí bởi phương pháp áp suất dựa trên luật Boyle.

Phương pháp A thực hiện bởi lượng nước đưa vào tới trên độ cao xác định trước lượng bê tông trong thiết bị và đo tổng lượng nước rơi như là khí trong bê tông được nén khi áp suất làm việc của thiết bị được áp dụng. Sự giảm nước được điều chỉnh bằng phần trăm khí trong mẫu bê tông.

Phương pháp B dựa trên nguyên tắc lượng khí đã biết cân bằng, tại áp suất đặt trong thùng kín, với lượng khí chưa biết trong mẫu bê tông. Mật độ áp suất được chia độ để đọc phần trăm lượng khí và do đó việc đọc áp suất sinh ra chỉ thành phần khí trong bê tông. Cả hai phương pháp thành phần khối lượng khí chính xác tới 0,1% của lượng bê tông.

b/Phương pháp thể tích: Phương pháp thể tích được nói trong Tiêu chuẩn ASTM C173 - 78 bao gồm việc đo lượng nước rơi mà nó đổ trong thùng kín trên lượng bê tông đã biết, sau khi khuấy liên tiếp và lắc để di chuyển khí tới bê tông. Cỗ của thiết bị được chia độ để đọc mức độ lượng nước rơi như phần trăm lượng bê tông.

c/Phương pháp trọng lượng: Tiêu chuẩn ASTM C138-81 mô tả phương pháp trọng lượng để đo thành phần khí trong bê tông. Đo độ chặt đầm nén (W) của bê tông để so sánh với lý thuyết độ đặc khí tự do (T) tính toán từ trọng lượng và trong lượng riêng của thành phần của hỗn hợp. Thành phần khí A, được biểu diễn bằng phần trăm của lượng bê tông:

$$A = \frac{T - W}{T} \times 100 (\%)$$

Phương pháp này sai số trọng lượng khí đạt tới 1% lượng bê tông.

3.11.2.2. Thí nghiệm về sự tách nước

Tiêu chuẩn ASTM 232071 mô tả phương pháp thí nghiệm đối với sự tách nước của bê tông liên quan tới sự thực hiện hỗn hợp khí cuốn. Nước tách được dẫn bởi ống trên bề mặt của lượng bê tông xác định và biểu thị khối lượng trên một đơn vị diện tích bề mặt hoặc phần trăm nước trong mẫu thí nghiệm. Hai phương pháp đã mô tả liên quan tới sự đầm nén bởi máy đầm.

3.11.2.3. Đặc tính của hệ thống lỗ khí

Nhìn chung không thể chấp nhận phương pháp thí nghiệm bê tông trong trạng thái tươi đối với bản chất của các lỗ khí. Trong hầu hết các trường hợp thí nghiệm bê tông về phương diện này gồm cả sự đo thành phần khí. Lượng khí chính xác hợp lý nhất thường được giả định bằng các kinh nghiệm đã có với phụ gia cuốn khí đặc biệt hoặc thực hiện các thí nghiệm như trong Tiêu chuẩn BS 5075: Phần 2, trong đó chỉ ra khoảng cách hợp lý của các bọt khí để đảm bảo có được độ bền tốt.

Thí nghiệm để đưa ra biện pháp đo đặc kích thước lỗ khí tham gia trong bê tông có mối liên quan tới sự mất mát khí do sự rung đã được đề xuất, ưu điểm chính của thí nghiệm là rất đơn giản, nhanh, kinh phí thấp, và thực hiện trên bê tông tươi. Phương pháp dựa trên thực tế là sự rung gây ra sự giảm đường kính lỗ trung bình và lượng khí mất mát sau một thời gian rung tùy thuộc vào đặc tính lỗ khí ban đầu.

3.12. PHÂN TÍCH LỢI ÍCH VỀ KINH TẾ CỦA CUỐN KHÍ

Các nhân tố liên quan đến sự thay đổi về chi phí vật liệu của bê tông nghèo đó là:

1. Sự mất mát cường độ do các lỗ rỗng thừa sẽ đòi hỏi lượng xi măng lớn hơn.
2. Sự giảm nước do các tác động của bọt khí (và sự phân tán các thành phần nếu xem như các chất phụ gia cuốn khí/giảm nước tổng hợp) bù đắp được từng phần hay toàn bộ sự mất mát về cường độ.
3. Tổng số lượng bê tông bao gồm cả lượng khí thêm vào tạo ra sự tăng khối lượng, và như vậy cho phép giảm thành phần cốt liệu.

Kết quả xem xét cho thấy thông thường các giá trị chỉ tăng trong giới hạn tổng chi phí vật liệu tương ứng với chất cuốn khí, với hai loại chức năng có trong khí có thể tạo ra cùng một giá bê tông cuốn khí với thành phần hỗn hợp tương ứng như là bê tông không cuốn khí. Điều này được chứng minh bởi sự giảm chi phí vật liệu đối với hỗn hợp cuốn khí điển hình trong bảng 3.2. Ngoài ra còn thêm một chi phí nhỏ trong việc chế tạo bê tông cuốn khí tăng lên lấy từ chi phí dự phòng mua thiết bị và yêu cầu cho việc thí nghiệm kiểm tra chất lượng thành phần khí. Giá các vật liệu so sánh với 1m^3 bê tông không cuốn khí có khả năng làm việc và cường độ tương ứng ($=100$).

Lưu ý: Hỗn hợp được thiết kế với cùng cường độ và khả năng làm việc dựa trên các phương pháp chi tiết trong.

Sự giảm nước điển hình tạo ra bởi phụ gia cuốn khí, thông thường giả sử gần 10% và phụ gia cuốn khí/giảm nước đa chức năng là gần 15%.

Bảng 3.2: So sánh chi phí đối với hỗn hợp bê tông thường và bê tông có cuốn khí

Tỷ lệ N/X thành phần khí	Bê tông không cuốn khí		Bê tông có phụ gia cuốn khí		Bê tông có tổng hợp phụ gia cuốn khí và giảm nước	
	1%.0,60l		41/2%. 0,5l		41/2%. 0,5l	
	Tỷ lệ kg/m ³	Giá vật liệu	Tỷ lệ kg/m ³	Giá vật liệu	Tỷ lệ kg/m ³	Giá vật liệu
Ximăng	300	54,9	320	58,5	300	54,9
Cốt liệu	1895	45,1	1830	43,6	1865	44,4
Nước	180	-	160	-	155	-
Phụ gia	-	-	0.2	0,2	1.0	1,2
Tổng cộng	2375	100,0	2310	102,3	2320	100,5

Các kết quả về sự phân tích giá trên tạo áp lực thêm đối lập với các ưu điểm mà cuốn khí mang lại cho độ bền và độ dính của hỗn hợp. Chi phí tức thời xuất hiện liên quan tới sự phá huỷ sớm, ví dụ chi phí nhỏ nhất thêm vào do khí hợp nhất trong bê tông ban đầu của bề mặt bản mặt đường.

3.13. CÁC XU HƯỚNG TRONG TƯƠNG LAI

Phụ gia cuốn khí đã được áp dụng rộng rãi trên nhiều nước. Lượng phụ gia cuốn khí sử dụng ở Anh tăng gần 3 lần trong vòng 5 năm. Xu hướng này được dự đoán là sẽ tiếp tục tăng với mức độ nhanh hơn. Các nhà thiết kế ngày nay không chỉ quan tâm đến cường độ vật liệu mà ngày càng quan tâm đến tuổi thọ công trình. Xu hướng làm tăng cường độ yêu cầu của hỗn hợp cho việc sử dụng kết cấu không có chất cuốn khí nhỏ nhất là 50N/mm². Tại cùng một thời điểm ứng suất cũng tăng bao gồm từ các đặc trưng chung tới cả khí trong bê tông, do đó chúng trở nên nhận biết được nhiều hơn, độ bền cao hơn của bê tông cuốn khí trong tình trạng bên ngoài.

Xu hướng tiêu chuẩn hoá lớn hơn và chất lượng nghiêm ngặt hơn đảm bảo cho sản phẩm bê tông sẽ không gặp vấn đề rắc rối dẫn tới sự ứng dụng rộng hơn của tiêu chuẩn về sức chống băng giá.

Do việc khai thác các nguồn cốt liệu phù hợp trở nên khó khăn hơn sẽ tạo ra khả năng sử dụng nhiều các vật liệu khai thác trên đất liền kém chất lượng hơn và các cốt liệu biển. Trong trường hợp tại những vị trí mà khó có thể tạo ra bê tông với đặc tính làm việc thích hợp từ các vật liệu này, thì cần phải xem xét, tìm kiếm càng nhiều các câu trả lời cho việc dùng các phụ gia cuốn khí.

Phần lớn các giá trị trong quy định phụ gia BS 5057 (Phần 2) sẽ cho biết sự tạo ra bê tông chống lại chu kỳ băng giá và tan băng trong phòng thí nghiệm và do vậy các đặc tính của bọt khí cần thiết cho độ bền trong kết cấu thực. Mặc dù các hỗn hợp đặc biệt sử dụng có thể chỉ ra thành phần khí chính xác trước khi nó được đổ, yêu cầu cần phải có các biện pháp để đảm bảo rằng kích thước lỗ khí và khoảng cách giữa chúng được sắp xếp theo đúng thứ tự để đưa ra độ bền chống băng giá thích ứng. Thí nghiệm trên bê tông đông cứng có chi phí cao và mất nhiều thời gian. Trong tương lai chắc chắn rằng sẽ tập trung nhiều hơn vào tất cả các phương diện thí nghiệm thành phần khí và sự phát triển các phương pháp để có thể tạo ra dạng bọt khí trong bê tông tươi.

Chương 4

PHỤ GIA CHO BÊTÔNG PHUN

4.1. KHÁI NIỆM VỀ CHẤT TĂNG TỐC CHO BÊTÔNG PHUN

Bê tông phun ngày càng được sử dụng rộng rãi trên khắp thế giới và cả ở Việt Nam. Người ta thấy rằng với một vài ứng dụng cần sự ninh kết rất nhanh hay cần có cường độ sớm cao thì chất tăng tốc là cần thiết. Lĩnh vực áp dụng bao gồm:

a/ Tạo sự ổn định nhanh của vỏ hầm sau khi trát nhằm đảm bảo an toàn trong khi hầm chưa được lắp các thiết bị chống đỡ.

b/ Cho phép dùng bê tông phun thi công trên các bề mặt kết cấu ở phía trên cao, đặc biệt trong các công trình mỏ.

c/ Cho phép tránh hiện tượng lớp bê tông phun bị lở ra do nước thấm từ bề mặt ngoài sát vách địa tầng. Đặc biệt là làm ổn định khối đất đá trong thi công mỏ, hầm và các công trình cần có sự ổn định kết cấu khác.

d/ Để ổn định và sửa chữa công trình ở các vùng có sóng khi mà tác động của sóng có thể gây ra sự trôi bê tông.

4.1.1. Sơ lược về công nghệ bê tông phun

4.1.1.1. Các loại bê tông phun

Có 2 loại bê tông phun chính: là hỗn hợp bê tông khô và hỗn hợp bê tông ướt. Đối với hỗn hợp bê tông phun khô, các thành phần được trộn khô với nhau và với lượng nước cần thiết được đưa vào ở vòi phun. Hỗn hợp bê tông phun ướt rất giống với hỗn hợp bê tông có tính năng bơm cao, các thành phần kể cả nước trong đó được trộn với nhau sau đó được bơm tới vòi phun, nơi khí nén được phun với vận tốc thích hợp.

So với phun bê tông khô thì phương pháp phun ướt có lượng bê tông rơi vãi ít hơn, ít bụi hơn, và sản lượng cao hơn. Phun ướt cũng sử dụng các biện pháp đo lường vật liệu chung trong công nghệ bê tông cùng với các tiêu chuẩn về kiểm tra chất lượng và thí nghiệm được sử dụng rộng rãi và hiểu rõ. Nhiều nghiên cứu cho thấy chất lượng bê tông phun ướt khi cốt liệu được xếp đặt trước không được nhạy cảm với người cầm vòi phun bởi người đó không điều khiển được tỷ lệ nước/ximăng. Mặt khác, người phun không kiểm soát được vận tốc và góc đập của dòng bê tông phun, những điều ảnh hưởng trực tiếp tới mức độ lèn chặt và có thể điều chỉnh lượng phụ gia tăng tốc sử dụng. Do vậy, kỹ năng của người điều khiển vòi phun cho tới nay vẫn là yếu tố quyết định chất lượng cho hỗn hợp bê tông phun ướt.

Tùy theo loại xi măng sử dụng mà sản lượng phun bê tông ướt có thể đạt tới $25\text{m}^3/\text{h}$ cho một trạm trộn. Sản lượng đạt được cao hơn khi sử dụng vòi phun cơ giới với bộ điều khiển từ xa có khả năng điều khiển các vòi phun lớn và nặng hơn so với việc giữ vòi bằng tay. Công suất tối đa của máy phun bê tông khô vào khoảng $12\text{ m}^3/\text{h}$ cho một trạm trộn.

Mặc dù công nghệ phun ướt với các đặc tính trội hẳn song vẫn tồn tại những tình huống sử dụng công nghệ phun khô lại thích hợp hơn. Khi sử dụng công nghệ phun khô có thể dừng quá trình phun theo trình tự công việc. Nếu dừng trong quá trình phun ướt vài phút thì cần thiết phải thau rửa và sau đó bắt đầu hệ thống cấp bê tông lại. Ngoài ra còn cần thêm chi phí cho việc cung cấp máy dự phòng và có thể phải dự kiến về chi phí và cách thức tiêu hủy sản phẩm bê tông phun ướt nếu thời gian dừng quá lâu. Một lợi thế nữa của quá trình phun khô so với phun ướt là nó có thể đặt vòi phun ở khoảng cách tới 500m từ vị trí đặt máy phun (đặc biệt có thể tới 1000m) trong khi khoảng cách đó ở hệ thống phun ướt thường giới hạn chỉ ở 300m . Lợi thế này được sử dụng hữu hiệu khi cần phun bê tông cho các hầm nhỏ mà không thể đưa máy trộn vào trong hầm được.

Do người điều khiển vòi phun trực tiếp điều chỉnh lượng nước và với một vài loại máy cho phép điều chỉnh cả lượng phụ gia tăng tốc cho hỗn hợp, phương pháp phun hỗn hợp bê tông khô rất thích hợp sử dụng trong điều kiện nền thay đổi, đặc biệt khi có liên quan với nước.

Một lợi ích nữa là hỗn hợp bê tông phun khô thích nghi hơn với sự thay đổi của thành phần hoá học của xi măng do người điều khiển có thể điều chỉnh lượng phụ gia tăng tốc dựa trên hiệu suất của bê tông phun khi phun lên bề mặt nền đá. Điều đó cũng có nghĩa là người thợ phun khô có trách nhiệm cao hơn với chất lượng sản phẩm và các phương pháp kiểm tra chất lượng bê tông thông thường như: kiểm tra độ sụt và đúc mẫu không thích hợp cho công nghệ phun bê tông khô.

Có rất nhiều phương pháp cung cấp hỗn hợp bê tông phun khô. Khi công trường tương đối gần trạm trộn bê tông thì giải pháp hợp lý nhất là cấp bê tông từ trạm trộn sử dụng cốt liệu ẩm của trạm. Độ ẩm lý tưởng của hỗn hợp khô như vậy sẽ là 6%. Đôi khi cần thêm một ít nước để nâng độ ẩm cao hơn mức trên. Giải pháp chung khi công trường ở xa trạm trộn là sử dụng vật liệu đã được sấy khô (độ ẩm bằng 0) đóng vào bao bằng chất liệu cách ẩm. Các bao vật liệu như thế có thời hạn bảo quản vài tháng và có thể được chở tới công trường và sử dụng theo yêu cầu. Hỗn hợp khô khi sử dụng cần được làm ẩm trước tới 6% độ ẩm trước khi phun. Tùy theo kích thước và loại thiết bị bốc xếp của công trường mà các bao có kích thước từ 25kg tới 2300kg (1m^3). Tại nhiều nơi trên thế giới việc vận chuyển hỗn hợp bê tông **phun khô** đóng gói sẵn từ các trạm trộn có khả năng cung cấp vật liệu khô thích hợp xa tới hơn 1000 km vẫn có lợi về kinh tế. Sự xuất hiện gần đây của các loại phụ gia điều khiển quá trình thủy hoá xi măng có thể làm tăng tính kinh tế khi sử dụng vật liệu ẩm lấy từ các trạm trộn chỉ xa công trường vài giờ chuyên chở.

Sự chọn lựa loại bê tông phun nào còn dựa trên khối lượng bê tông phun yêu cầu, khoảng cách mà vật liệu cần bơm xa và tính kinh tế của việc cung cấp và chuyên chở các loại vật

liệu với chất lượng thích hợp. Thông thường, khối lượng bê tông phun lớn được thực hiện bằng phương pháp phun ướt bởi phương pháp này có khả năng thi công với tốc độ cao hơn, ít rơi vãi hoặc hao hụt hơn, lại có các biện pháp kiểm tra chất lượng một cách hệ thống hơn và ít bụi hơn. Phương pháp phun khô được sử dụng ở các công trường nhỏ có khối lượng bê tông yêu cầu ít hơn với tiến độ khó dự đoán trước và/hoặc khoảng cách từ nơi đặt máy tới vị trí phun bê tông xa.

Tại một số công trường cả hai phương pháp phun khô và ướt đều được sử dụng. Nhà thầu có thể chọn thiết bị phun bê tông ướt công suất lớn cho phần bê tông phun chính và thiết bị phun khô nhỏ hơn cho các phần phụ và làm thiết bị dự phòng. Mặt khác nhà thầu có thể chọn sử dụng thiết bị phun bê tông khô (vài loại có thể chuyển đổi thành phun ướt). Nhà thầu có thể dùng 2 máy đặt song song, cạnh nhau để tăng công suất gấp đôi. Thao tác của nhà thầu trong hầm bị cản trở bởi vấn đề nhiều bụi, song vấn đề này sẽ giảm mạnh khi có sự lắp đặt thông thoáng thích hợp.

Trong công nghệ phun ướt, bê tông hay vữa được trộn trước (có cả nước) được bơm qua ống tới đầu phun rồi được phun mạnh ra nhờ áp suất khí nén lớn. Chất tăng tốc dạng lỏng có thể cho vào ở đầu phun cùng với khí nén. Trong công nghệ phun khô, hỗn hợp xi măng khô và cốt liệu khô được đưa qua ống với áp suất khí cao và nước được cho vào từ một ống phun nhỏ ở đầu phun. Trường hợp này chất tăng tốc dạng lỏng có thể được cho thêm vào ở dạng lỏng cùng liều lượng với nước hay nếu dùng chất tăng tốc dạng bột thì có thể trộn cùng với xi măng khô và cốt liệu.

Yêu cầu chính đối với chất tăng tốc ninh kết dạng này là thời gian ninh kết ban đầu ít hơn 3 phút và thời gian ninh kết cuối cùng ít hơn 12 phút. Cường độ nén của bê tông phun không phải luôn là mối quan tâm chính mà chỉ là yêu cầu thứ yếu.

Trong xây dựng đường hầm thì kỹ thuật về bê tông phải được xem xét chặt chẽ, đặc biệt là sự đông kết nhanh, cường độ ban đầu của bê tông phun, khả năng chống đỡ ban đầu trong hầm, cường độ cuối cùng của lớp phủ tạm thời bên ngoài (phương pháp đào hầm mới ở Austrian - NATM) và việc kết thúc quá trình đổ bê tông.

Để đảm bảo cho bê tông phun có chất lượng cao, đòi hỏi phải chọn được một tỉ lệ thích hợp, chính xác các chất phụ gia và các thành phần hỗn hợp khác. Ngoài ra còn phải chú ý đến quá trình bảo dưỡng chúng.

Ví dụ một thiết kế cấp phối điển hình như sau:

- Xi măng poóc-lăng: 420 kg/m³
- Cát sông: 700 kg/m³
- Đá hạt: 500 kg/m³
- Cốt liệu thô < 10 mm: 450 kg/m³
- Nước: 189 lít.

4.1.1.2. Thiết kế cấp phối bê tông phun

Thiết kế cấp phối là quá trình tạo ra giả thiết của một phương thức mà trong đó các thành phần khác nhau của vật liệu phun và quá trình áp dụng sẽ tác động với nhau để tạo nên sản phẩm cuối cùng, sau đó kiểm tra giả thiết ấy bằng cách sử dụng các cấp phối thí nghiệm. Quá trình này thường kéo dài theo suốt công trình và thường cho sản phẩm tốt và ổn định hơn so với những giai đoạn đầu. Bởi thế, điều quan trọng là tiến hành theo dõi cẩn thận các đặc tính của các cấp phối thí nghiệm sử dụng cho công việc khác nhau để đạt được thành phần hỗn hợp và chất lượng tốt hơn một cách nhanh nhất và sớm đưa chúng vào sử dụng.

Cấp phối cần phải được thiết kế khác nhau cho hỗn hợp khô và hỗn hợp ướt. Trong hỗn hợp khô cho phép tăng phần rơi (bật lại), bao gồm chủ yếu là phần thô hơn (cốt liệu thô) của hỗn hợp. Do hỗn hợp bị thổi qua hệ thống thay vì bơm, cũng như hỗn hợp ướt, nên việc tăng sức kháng bơm gây ra bởi sự tăng hàm lượng cốt liệu thô không phải là vấn đề. Vì vậy trong hỗn hợp phun khô thì hàm lượng hạt thô cao hơn thiết kế nhưng một số cốt liệu thô sẽ bị mất trong quá trình phun (thành phần hỗn hợp như nhau cho cả phun khô và phun ướt). Không cần thiết phải thêm phụ gia cuốn khí vào hỗn hợp bê tông phun khô. Rõ ràng là hỗn hợp bê tông phun khô đã cuốn đủ lượng không khí trong quá trình áp dụng nên không yêu cầu đưa thêm không khí vào bằng chất hoá học.

Đối với hỗn hợp ướt, quy trình thiết kế tương tự như cấp phối bê tông bơm. Mục đích là tạo ra các hỗn hợp với tỷ lệ nước/ximăng thấp mà tính lỏng đủ chảy qua ống dẫn vật liệu, sau đó khi bị cuốn thổi nên bề mặt thì gắn vào kết cấu, nhanh chóng đạt cường độ tại đó và có mọi tính chất về độ bền của bê tông chất lượng cao ở tại chỗ. Yêu cầu đòi hỏi trong thiết kế cấp phối bê tông phun ướt cao hơn so với bê tông thông thường.

Ví dụ về cấp phối hỗn hợp bê tông phun khô: (Thiết kế cho $1m^3$ bê tông)

- Cốt liệu (thành phần hạt No. 2):	1670 kg
- Ximăng:	350 - 400 kg
- Silicafum:	50 kg
- Sợi thép (nếu yêu cầu):	40 - 60 kg

Ví dụ về cấp phối hỗn hợp bê tông phun ướt: (Thiết kế $1m^3$ bê tông)

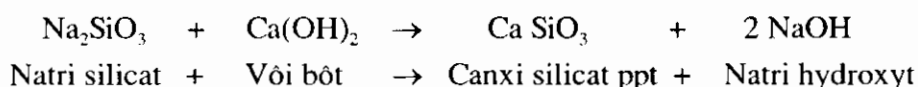
- Cốt liệu (thành phần hạt No. 2):	1600 kg
- Ximăng:	420 kg
- Silicafum:	40 kg
- Phụ gia siêu hoá dẻo:	5 - 10 kg
- Nước (khoảng):	210 kg
- Sợi thép (nếu yêu cầu):	40 - 60 kg

4.2. CÁC HOÁ CHẤT CƠ BẢN

Tác nhân hoạt động chính của hầu hết chất tăng tốc cho bê tông phun là ankali metal silicat, aluminat, hydroxyt, sunfat hoặc clorua, mặc dù có một vài hoá chất hữu cơ bao gồm các amines và thành phần hydroxylated chọn lựa, cũng được sử dụng. Trong một vài trường hợp chúng được sử dụng một mình nhưng nói chung thường được sử dụng kết hợp hai hay nhiều thành phần trên với các chất khác, và thành phần thứ cấp.

Chúng ta chưa hiểu hết được một cách đầy đủ về cách thức mà các hoá chất này phản ứng với xi măng để tăng quá trình ninh kết. Rõ ràng rằng có sự phản ứng khác nhau nếu xi măng được làm ẩm trước, cho phép sự thủy hoá bắt đầu trước khi cho chất tăng tốc vào, hơn là khi chất tăng tốc được cho vào cùng với hay trước khi cho nước vào. Phản ứng cũng có thể bị ảnh hưởng bởi các thành phần hoá chất trong xi măng; chẳng hạn, tăng tốc xi măng bền sunfat sẽ khó khăn hơn so với xi măng poóclăng thông thường. Điều này nhấn mạnh rằng, phản ứng, ít nhất có một phần liên quan đến các pha tricanxi aluminat.

Trong trường hợp chất tăng tốc chủ yếu dựa trên silicat hay aluminat, phản ứng chủ yếu cần phải có kết tủa keo canxi silicat hay:



Chất keo silicat hay aluminat có hai ảnh hưởng. Thứ nhất, nó sinh ra một lượng rất lớn vật liệu mịn ở trong các lỗ khí giữa các hạt xi măng, giúp cho việc lấp và nối liền các lỗ khí. Sự thủy hoá xi măng rất sớm sẽ liên kết các vật liệu này tạo ra sự ninh kết ban đầu sớm. Thứ hai, các phân tử dính kết tạo thành số lượng lớn các vị trí hoạt động phụ thêm cho xi măng thủy hoá.

Hơn nữa, sự tạo thành canxi silicat hay aluminat thải ra ankali metal hydroxyt mà chúng là cơ bản hơn canxi hydroxyt. Các chất này trợ giúp cho việc không hoà tan silicat xi măng tạo ra các phản ứng của các pha tricanxi silicat nhanh hơn và do vậy làm cho cường độ sớm cao hơn. Bởi xi măng bền sunfat làm giảm tính hiệu quả của chất tăng tốc này khi mà sự thủy hoá trước của xi măng xảy ra, nên tính cơ học của nó càng được chứng minh thêm.

Dựa vào bản thân chúng, sự thủy hoá của tricanxi aluminat tạo thành rất nhiều loại tinh thể auminat hydrat không ổn định động nhiệt đối với hydrat lập phương C_3AH_6 . Trong xi măng thương phẩm sự thủy hoá của tricanxi aluminat có thể gây ra sự ninh kết sớm, mặc dù có sự chuyển hoá rất nhanh của dạng mạng tinh thể liên kết bên trong giữa các hạt xi măng. Sự đông cứng sớm này tránh được bằng cách cho thêm trước thạch cao vào xi măng, chúng kết hợp với tricanxi aluminat trong sự thủy hoá và tạo ra etringit không hoà tan.

Aluminat hoà tan khi sử dụng trong bê tông phun thì tốt hơn với xi măng poóclăng. Điều này sinh ra do dung dịch aluminat tổng hợp với thạch cao chống lại sự hình thành etringit xung quanh hạt xi măng. Như vậy cho phép tricanxi aluminat ninh kết sớm như đã nói ở trên, tạo sự mong muốn đóng rắn sớm trong rất nhiều ứng dụng bê tông phun.

4.3. CÁC THÔNG SỐ HOẠT ĐỘNG

Do yêu cầu đối với loại chất tăng tốc này là tạo sự ninh kết ban đầu rất nhanh, nên việc thí nghiệm là rất khó khăn và tốt nhất là thí nghiệm ở công trường.

Hiệp hội bê tông nước Anh đã đưa ra tiêu chuẩn cho bê tông phun dựa trên thời gian ninh kết thí nghiệm sử dụng hồ xi măng/phụ gia và sử dụng thiết bị xác định vica phù hợp với Tiêu chuẩn BS 4550 (Phần 3 - mục 3.6.1978). Cường độ nén xác định bởi việc lấy mẫu thử bê tông đường kính 100mm ở công trường.

Phụ gia nói chung được áp dụng cho thêm vào hỗn hợp để tăng tốc độ ninh kết của xi măng, thời gian và cường độ đông cứng trừ khi có các yêu cầu khác trong hợp đồng như:

- | | |
|---|------------------------|
| a/ Sự ninh kết ban đầu của hồ xi măng/phụ gia | 3 phút. |
| Sự ninh kết cuối cùng của hồ xi măng/phụ gia | 12 phút. |
| b/ Cường độ bê tông sau 8 giờ | 4 N/mm ² . |
| Cường độ bê tông sau 24 giờ | 10 N/mm ² . |

Thí nghiệm vica BS 4550 không đưa ra các số liệu đáng tin cậy về sự đông cứng của hỗn hợp và ngày nay thường sử dụng độ bền chống xuyên theo phương pháp được nói đến trong các Tiêu chuẩn BS 4551 - 1980 hay ASTM C403 - 1980. Phương pháp thí nghiệm phù hợp được áp dụng như sau:

1/ 2 kg cát khô và xi măng tỷ lệ 3:1, hỗn hợp được trộn 5 lít trong thùng trộn và trộn trong vòng 1 phút.

2/ Chất tăng tốc bột cho vào hỗn hợp và trộn khô hơn 1 phút.

Chất tăng tốc lỏng hoà tan vào hỗn hợp nước (tỷ lệ N/X = 0,45 là thoả mãn).

3/ Đối với các xe trộn, cho tất cả nước vào thật nhanh và tiếp tục trộn 20 giây từ khi bắt đầu cho nước vào.

4/ Ngừng trộn và vận chuyển vừa tới thiết bị thí nghiệm xuyên trong 20 giây.

5/ Lập tức làm các thí nghiệm xuyên đầu tiên. Thực hiện thí nghiệm thứ hai sau 30 giây và cứ sau 30 giây lặp lại thí nghiệm một lần. Thời gian dựa vào thời điểm bắt đầu cho nước vào.

Yêu cầu đồng hồ đo xuyên được quy định trong BS 4551 - 1980, trừ khi yêu cầu đường kính có thể giảm 3mm cho phép mức độ độ bền xuyên cao hơn. Số đọc là kg sau đó được chia cho 0,7 để có giá trị tính theo đơn vị N/mm². Cát nên được sàng qua lỗ sàng 2,36mm để giảm các cản trở giữa các phần tử cát lớn và yêu cầu đường kính nhỏ trong quá trình xuyên.

Phương pháp trên cũng có thể sử dụng để tạo ra khối vữa 70,7mm theo Tiêu chuẩn Anh BS 4551 - 1980. Khối vữa cũng được trộn trong 20 giây và nếu yêu cầu hai khối vữa thì sử dụng hai máy.

Trừ khi có các yêu cầu khác liên quan, các kết quả được đưa ra trong phần này cũng đạt được bởi phương pháp tương tự hay các phương pháp trình bày trên.

4.4. ẢNH HƯỞNG CỦA LIỀU LƯỢNG TỐI ĐỘ BỀN CHỐNG XUYỀN

Chất tăng tốc aluminat ở cả hai dạng bột và lỏng được dùng với liều lượng khoảng giữa 2 và 5%; tuy nhiên có trường hợp cá biệt tới 7%. Đối với liều lượng cao hơn, mức độ đông cứng rất nhanh vượt quá nhanh giá trị ninh kết cuối cùng theo Tiêu chuẩn ASTM là 27,5N/mm². Silicat thông thường chỉ được sử dụng dưới dạng chất lỏng và liều lượng rất cao nếu cần tăng tốc độ đông cứng.

Các chất hữu cơ có thể cho độ bền chống xuyên rất nhanh và chúng thường sử dụng với liều lượng khoảng 1/2 liều lượng chất tăng tốc vô cơ. Hơn nữa, chúng có ưu điểm là ít alkalin và do vậy sử dụng an toàn hơn. Song giá cũng rất đắt nên ít được sử dụng trong công nghiệp hiện nay.

Khi mức độ tăng của độ bền xuyên chậm lại, nó sẽ không tăng lên nữa trong khoảng thời gian mà hỗn hợp kiểm tra không có chất tăng tốc bắt đầu đông cứng.

Mức độ ninh kết của bê tông trong vài giây đầu có thể cũng rất bất lợi. Không một chất tăng tốc nào trong các chất này cho sự ninh kết ngay lập tức. Nếu bê tông ninh kết trước khi nó tiếp xúc với bề mặt nền thì các lớp tiếp theo không có sự liên kết, và hiện tượng bong bật sẽ xảy ra nghiêm trọng. Do vậy chất tăng tốc nên có đặc tính làm giảm một chút hiện tượng này và chống lại sự bong bật. Sự đông cứng nhanh tạo sự rắn chắc ngay và chống được hiện tượng bong (phù) bê tông ra của loại phụ gia này.

4.5. ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ N/X TỚI ĐỘ BỀN XUYỀN

Tỷ lệ N/X của bê tông phun đặc biệt trong quá trình khô, có thể rất thấp khoảng 0,35. Mặc dù các phương pháp thí nghiệm trong phòng thí nghiệm đã được nói đến chi tiết trong phần này với yêu cầu một hỗn hợp có khả năng làm việc cao, với tỷ lệ N/X thường thí nghiệm cao hơn, nhưng các kết quả thí nghiệm này cũng phải được so sánh với kết quả thí nghiệm ở ngoài công trường. Ảnh hưởng này được chứng minh bằng việc thí nghiệm đối với một số loại hỗn hợp, với các tỷ lệ N/X khác nhau.

4.6. ẢNH HƯỞNG CỦA LOẠI XIMĂNG TỚI ĐỘ BỀN XUYỀN

Người ta đã tiến hành thí nghiệm với liều lượng chất tăng tốc được sử dụng trong hỗn hợp xi măng là 2 - 5% theo trọng lượng. Với liều lượng cao hơn, sự khác nhau là rất ít nhưng với liều lượng ít hơn thì sự khác nhau có thể quan sát thấy trong thành phần xi măng các ảnh hưởng rõ rệt. Thành phần của 5 loại xi măng này được nêu ở bảng 4.1.

Ngày nay đã chứng minh được rằng yếu tố nào trong xi măng tạo ra sự khác nhau này trong mức độ phản ứng. Rõ ràng rằng với mức độ thấp hơn của tricanxi aluminat C₃A thì xuất hiện xu hướng làm chậm sự ninh kết.

Bảng 4.1: Thành phần xi măng sử dụng trong thí nghiệm

Xi măng	C ₃ S	C ₃ A	Thành phần hạt mịn (m ³ /kg)	
UK OPC, No1	58%	8%	350	0%
UK OPC, No2	56%	8%	330	0%
UK SRC	64%	1%	410	0%
Châu âu PA 350, No1	53%	4%	-	14%
Châu âu PA350, No2		2%	-	18%

4.7. SỰ TĂNG CƯỜNG ĐỘ NÉN CỦA BÊTÔNG PHUN

Bảng 4.2 cho thấy sự tăng cường độ nén của 4 loại xi măng với chất tăng tốc dạng bột ở 2 mức độ khác nhau.

Các số liệu thí nghiệm cho bê tông ở các tuổi: 8 giờ; 24 giờ; 7 ngày; 28 ngày. Các kết quả thí nghiệm trong 1 năm chỉ ra rằng hỗn hợp có chất tăng tốc vẫn duy trì được cường độ so với hỗn hợp đối chứng. Các kết quả này là điển hình cho tất cả các chất tăng tốc bê tông phun trừ khi có một vài vật liệu hữu cơ mà từ 7 ngày trở đi thì cường độ đạt được tương tự như cường độ của hỗn hợp đối chứng.

Bảng 4.2: Ảnh hưởng tới sự phát triển cường độ của chất tăng tốc bê tông phun ở 2 mức độ liều lượng khác nhau

Xi măng	Liều lượng % chất tăng tốc bột	Cường độ nén N/mm ²			
		8h	1 ngày	7 ngày	28 ngày
UK	0	1,2	11,4	32,0	45,4
OPC	2	1,4	13,5	32,6	36,0
No1	5	2,3	12,9	32,6	34,6
UK	0	0,0	6,0	31,0	40,8
OPC	2	0,8	7,7	25,3	33,8
No2	5	1,2	10,1	24,2	30,4
Châu âu	0	0,0	3,0	13,2	23,6
PA 350	2	0,7	6,6	16,2	22,6
No1	5	1,6	5,4	13,2	17,0
Châu âu	0	0,0	1,4	16,6	21,2
PA 350	2	0,0	3,3	18,0	20,2
No2	5	0,6	2,8	10,8	17,0

4.8. ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ THUỶ HOÁ XIMĂNG TỚI NINH KẾT

Để hiểu rõ việc làm tăng tốc độ quá trình hoá cứng của bê tông diễn ra như thế nào cần nêu tóm tắt về các phản ứng thông dụng trong mỗi giai đoạn cụ thể của quá trình hydrat hoá của xi măng poóc lăng.

Nguyên liệu cơ bản của xi măng poóc lăng là đá vôi, đất sét được nghiền nhỏ mịn và trộn lẫn với nhau. Những loại này được trộn bằng máy, trộn ngay từ đất có chứa sét và đá vôi. Những loại đá vôi có chứa dung sét được đem nung tạo thành clinke trong các lò nung quay tới 1400°C . Xi măng poóc lăng được hoàn thành sau khi nghiền nhỏ và thêm thạch cao vào trong đó.

Thành phần chính cấu tạo nên xi măng poóc lăng là clinke, thể hiện trong bảng 4.3.

Bảng 4.3

$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	Tricanxi silicat	C_3S
$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	Dicanxi silicat	C_2S
$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	Tricanxi aluminat	C_3A
$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	Tetracanxi aluminat ferit	C_4AF
$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$	Thạch cao	S

Tất cả những thành phần đều có một đặc trưng về hiệu ứng trong quá trình hydrat hoá của xi măng poóc lăng, nhưng các chi tiết của quá trình hydrat hoá không được đầy đủ mà đã được quy định từ trước.

Theo quy luật tự nhiên, chất keo và phản ứng hydrat hoá hoàn toàn là rất phức tạp tricanxi aluminat (C_3A) được phản ứng hoàn toàn làm biến đổi clinke. Trong giai đoạn này chúng có vai trò tác dụng trực tiếp với nước, phản ứng lại với thạch cao tạo thành tricanxi sunphoaluminat (sản phẩm thu được như ở giai đoạn 1).

Ban đầu phản ứng giữa C_3A ($3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$) - tricanxi aluminat với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (canxi hydroxyt) và nước xảy ra song song nhau tạo thành tetracanxi aluminat hydroxyt [$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Ca}(\text{OH})_2$].

Lúc đầu các phản ứng dừng lại sau một vài phút - được gọi là giai đoạn ngủ, giai đoạn này xảy ra trong quá trình hydrat hoá của xi măng và có thể kéo dài trong vài giờ đồng hồ. Quá trình này diễn ra đến khi bê tông bắt đầu đông cứng. Nhờ có giai đoạn ngủ này ta có thể điều chỉnh các điều kiện cụ thể cho phù hợp bằng cách làm nó chậm phát triển cường độ hoặc các chất ổn định (giai đoạn 2).

Sự khác nhau của clinke trong từng thời kỳ là khác nhau trong thời gian xảy ra các phản ứng hoá học và toả ra nhiều nhiệt.

Giai đoạn 3 là toàn bộ các tình hình hiện tại với sự kết thúc toàn bộ ở nhiệt độ cao nhất.

Phản ứng	Nhiệt của phản ứng	Tốc độ
$C_3S + H_2O$	120 cal/g	10 ngày
$C_2S + H_2O$	60 cal/g	100 ngày
$C_3A + S + H_2O$	325 cal/g	6 ngày
$C_3A + Ca(OH)_2 + H_2O$	200 cal/g	6 ngày
$C_4AF + Ca(OH)_2 + H_2O$	100 cal/g	50 ngày
Thời gian xảy ra phản là 80%		

Từ bảng trên có thể thấy xi măng với các thành phần khác nhau thì sẽ có ảnh hưởng khác nhau. Phản ứng với C_3A là nguyên nhân cho toàn bộ các tính chất, còn sự phát triển cường độ thì tùy thuộc vào canxi silicat C_3S và C_2S . Trong suốt quá trình hydrat hoá thì toàn bộ canxi silicat được hydrat hoá. Tuy nhiên các thành phần hoá học không là nhân tố duy nhất quyết định cho tốc độ phản ứng của xi măng. Một số yếu tố khác cũng ảnh hưởng tới tính chất bê tông như lượng nước trộn (tỉ lệ nước/xi măng) và nhiệt độ khi trộn.

Trong công nghệ phun khô thông thường cần phải trộn xi măng và cốt liệu trước cho vào trong máy phun. Nếu cốt liệu ướt thì ở giai đoạn này sự thủy hoá của xi măng sẽ bắt đầu xuất hiện. Trong công nghệ phun ướt, hỗn hợp bê tông có cả nước, được trộn trước khi chất tăng tốc được cho vào và bê tông được tiêm phun.

Do phản ứng giữa chất tăng tốc chất và xi măng, sự thủy hoá trước có thể có các ảnh hưởng rất lớn tới mức độ ninh kết và sự tăng cường độ.

4.9. CHẤT TĂNG TỐC VÀ SỰ BONG BẬT

4.9.1. Khái quát

Sự bong bật là vấn đề chủ yếu đối với bê tông phun và việc sử dụng chất tăng tốc không đúng hay vượt quá liều lượng đều không đem lại hiệu quả. Khi bê tông phun tiếp xúc với bề mặt khô thì chỉ có hồ xi măng mới có thể dính bám được. Do chiều dày của bê tông ướt tăng tạo thành dạng nền cho các lớp tiếp theo bám lên trên, nhờ đó các phần tử cốt liệu lớn hơn có thể dính bám vào lớp bê tông phun trước đó và sự bong bật giảm đi. Hai yếu tố có ảnh hưởng tới sự bong bật được nói đến nhiều là: tỷ lệ N/X và sự hình thành độ dày.

Nếu một chất tăng tốc được sử dụng để tạo sự ninh kết nhanh thì sẽ hình thành các lớp mặt có tính mềm kém cho các lớp tiếp theo và như vậy tính bong bật sẽ vẫn cao. Do vậy hỗn hợp nên được giữ ở độ ẩm tương ứng với mức có thể không đạt tới điểm sụt và bề mặt tạo thành cho lớp tiếp theo không bị cứng cho đến khi lớp tiếp theo được phun tiếp lên. Lớp sau cùng nên có tính chất ninh kết rất nhanh để có thể đỡ trọng lượng của lớp áo, đặc biệt trong các đoạn có lớp phía trên dày thì có nguy cơ toàn bộ đoạn hỗn hợp ẩm đó sẽ bị rơi xuống dưới do trọng lượng của nó.

Nước hoà tan trong muối của những kim loại kiềm hoặc đất có môi trường kiềm, những kim loại có thể được dùng với tác dụng giống như các chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông. Rõ ràng nhất là chất clo, silic, cacbonat và các aluminat.

Tác dụng của CaCl_2 dễ dàng nhận thấy nhất. Đầu tiên CaCl_2 phản ứng để tạo ra một bazơ clorua $3\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ và sau đó tác dụng với C_3A tạo thành một chất có công thức $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Với một lượng nhỏ CaCl_2 phù hợp có thể có được một chất giống như chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông. Với hàm lượng cao hơn một chút thì nó có thể là nguyên nhân làm tổn hại đến cường độ và một vài biến đổi trong độ bền sunphat. CaCl_2 là chất không thường xuyên được sử dụng giống như chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông phun, bởi nó có nhiều nguy cơ làm cho sự ăn mòn tăng lên. Để ngăn chặn điều này ta sử dụng silicat kiềm, thường gặp dưới dạng như thủy tinh lỏng.

Silicat kiềm được cho vào nhiều nhất trong xi măng để tạo lên chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông. Thế nhưng chỉ dùng trong khoảng 2 - 5% trọng lượng của xi măng. Sự hydrat hoá C_3S chất vô định hình SiO_2 (như thạch anh) đều không kết tinh để tạo thành chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông một cách hiệu quả trên sự tạo thành C_3S .

Để tăng cường độ hơn nữa, các phản ứng về sau được làm theo khuôn mẫu trong một khoảng thời gian ngắn nhất. Chỉ trong trường hợp dùng dung dịch thủy tinh lỏng không được áp dụng đầy đủ, thì khối lượng của chất kiềm được đưa vào xi măng cùng với silic. Những chất kiềm là nguyên nhân gây ra sự giảm về cường độ, làm tăng sự co ngót và một số các yếu tố khác. Ở ngày tuổi 28 trị số cường độ chịu nén của bê tông phun là 450 kg/m^3 , được trình bày như trong bảng 4.5.

Bảng 4.5

Hàm lượng Na - SiO_2	Cường độ chịu nén	Hàm lượng Na - SiO_2	Cường độ chịu nén
0%	48,0 MPa	25%	12,2 MPa
5%	38,5 MPa	30%	8,4 MPa
10%	29,5 MPa	35%	5,1 MPa
15%	22,5 MPa	40%	3,75 MPa
20%	17,5 MPa	45%	2,6 MPa
		50%	2,2 MPa

Chất kiềm alumin hiện nay vẫn được sử dụng rộng rãi như là một chất duy nhất hoặc có trong hợp chất với các hydroxyt và cacbonat. Như đã nói ở trên, qua trình hydrat hoá xi măng được tạo thành bắt đầu từ phản ứng giữa C_3A và thạch cao. Bằng cách thêm alumin vào các phản ứng này, sau khi phản ứng kết thúc được vài phút, khi trong xi măng chưa có sự trộn lẫn ta có thể dùng thêm chất làm tăng tốc độ đông cứng bê tông một cách nhanh chóng. Trong môi trường như vậy phản ứng gây ra được tạo thành. Các phản ứng liên tiếp được diễn ra theo đúng định lượng. Các phản ứng đó liên tục xảy ra từ 1 - 5 phút và có sự liên quan đặc biệt của chất làm tăng tốc độ đông cứng của bê tông.

Tiêu chuẩn để đánh giá thạch cao là sự phân tích thực nghiệm và kết quả thu được qua quá trình hình thành chúng, liên quan đến môi trường tạo ra chúng. Kết quả cho hai mẫu thử về những chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông được trình bày trong các ví dụ sau. Khi có 5% chất làm tăng tốc độ hoá cứng trong A được thêm vào xi măng với tỉ lệ bằng 0,35 thì tốc độ hoá cứng tăng 45 - 80 lần; sự phù hợp về tính toán đối với chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho chất B kém hơn 260 - 360 và kết quả thu được trình bày như trong biểu đồ.

Hơn nữa, các kết luận được dựa trên sự kiểm tra tác động của các phản ứng trong xi măng với khối lượng các aluminat tăng thêm. Điều này cho thấy với một hàm lượng các aluminat cao không hẳn đã cho ta một tốc độ phản ứng nhanh hơn. Tùy thuộc vào lượng xi măng mà các tác dụng đó được tăng lên rất nhanh trong một khoảng thời gian tương đối ngắn với một liều lượng nhỏ. Muốn kết quả tăng hay giảm hơn nữa ta phải thí nghiệm nhiều lần. Các thí nghiệm được tiến hành theo các phương pháp khác nhau để xác định rõ liều lượng một cách tốt nhất trước khi sử dụng các chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông. Với liều lượng của chất làm tăng tốc độ, các chất aluminat bị hạn chế có thể là nguyên nhân làm giảm bớt cường độ của bê tông.

Tất cả các chất phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông đã nói ở trên là do phản ứng của các chất có tính bazơ.

Một số công nhân đào hầm có dùng bê tông phun với các phụ gia có tính kiềm đã bị mù sau một số năm làm việc. Một số người khác cũng bị những bệnh nghề nghiệp khác. Do đó cần tạo ra những loại phụ gia mới không có chất kiềm trong đó. Đó là “các muối vô cơ trung tính” và “các chất hữu cơ trung tính làm tăng tốc độ phản ứng”.

Các muối vô cơ trung tính ngăn cản không cho các kim loại kiềm hoặc các muối clorua hoạt động và vì thế không kích thích lớp bề mặt bên ngoài hoặc làm tăng thêm sự ăn mòn.

Các chất làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông, không chứa các kim loại kiềm giúp cho sự phát triển về cường độ của bê tông và sự co ngót không bị ảnh hưởng. Các phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông có thể là chất phù hợp tốt với tất cả hoặc một vài tính chất với các hợp chất của nhôm, các chất vô định hình. Với xi măng các hợp chất vô định hình của nhôm cùng với các dung dịch sunphat, nitrat, hoặc là hình dáng của loại đất kiềm cùng sự chuyển hoá của các kim loại, phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông có tác dụng trên xi măng một cách đáng kể.

Các chất hữu cơ trung tính làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông được phân loại như các axít hydroxy cacboxylic (H_2CO_3). Một nghiên cứu về xu thế tạo thành hydroxy cacboxylic trên các phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông một cách tổng thể đã thể hiện sự kìm hãm đó, nó cũng khó dẫn tới một phạm vi rộng lớn của các hợp chất trong nhiều lần tiến hành để tạo ra xi măng poóc-lăng.

Một vấn đề về hỗn hợp cho xi măng poóc-lăng và các hợp chất là nó gây ra nhiều sự cản trở cho nguyên vật liệu có một sự khác nhau riêng biệt về kết quả trong khoảng thời gian

hình thành với các thành phần khác nhau. Trong cái tổng thể thì thật không dễ dàng để ta có thể dự báo trước được với một sự khác nhau cụ thể của các phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông hoặc có sự hạn chế cho xi măng poóc lăng.

Các vấn đề đó được biết đến rõ hơn như: các hợp chất của α - hydroxycacboxylic với sự lựa chọn kỹ lưỡng như môi trường kiềm hãm sự phát triển xi măng poóc lăng và các chất phụ gia làm tăng nhanh tốc độ hoá cứng cho bê tông cũng có được các kết quả. Đó là một trong những phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho xi măng poóc lăng để thích hợp về vật liệu khi sử dụng cho bê tông phun. Như đã đề cập ở trên, thời gian để kết thúc cũng phải mất ít nhất là 1 phút cho sự ứng dụng này (như thí nghiệm Proctor). Một vài phụ gia để tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông α - hydroxycacboxylic này có thể làm giảm bớt số lần thí nghiệm để giảm thời gian ít nhất là 2 phút.

Sự hoạt động của các muối vô cơ trung tính cũng tương tự như của các alumin, bởi vì nó cũng làm tăng tốc độ mà ta thu được qua các tài liệu. Trong các hợp chất hữu cơ xuất hiện tại đó để làm vững chắc cho các cấu trúc của xi măng, thì sản phẩm của các phản ứng kết tinh này vẫn đang còn là vấn đề tranh cãi. Kết quả của sự ổn định nhanh là sự làm việc cùng với chất độn giữa các phần tử xi măng.

Trong số ít các phụ gia làm tăng tốc độ phản ứng kiềm, chúng được nung đặc biệt để cấu thành lên clinker. Nó gồm có phần lớn của canxi aluminat hoặc các canxi sunpho aluminat khan (CaSO_4 khan). Chúng được sử dụng chủ yếu trong các cách xử lý trong bê tông phun ướt. Sau các phản ứng, có sự chuẩn bị chu đáo các chất đó từ các thành phần trong xi măng và không có sự giảm bớt về mặt cường độ.

4.9.2. Chất tăng tốc cho bê tông phun không chứa kiềm

Trong hỗn hợp bê tông phun khô chỉ sử dụng phụ gia tăng tốc. Phụ gia giảm bụi cũng có sẵn nhưng sử dụng rất hạn chế. Chất tăng tốc có thể đưa dưới dạng bột vào bê tông phun trước hoặc khi bê tông xả vào máy phun hoặc dưới dạng lỏng phun cùng với nước tại vòi phun. Một ví dụ điển hình là chất sigunit 49 AF, loại đã dùng cho đường hầm Hải Vân.

Với hỗn hợp phun ướt, chất tăng tốc được đưa vào thường dưới dạng chất lỏng nhưng đôi khi dưới dạng bột, trộn ngay tại vòi phun. Các cách khác có thể làm cho hỗn hợp khó bơm hoặc tắc ở ống dẫn hoặc khi quá trình phun bị gián đoạn thì hỗn hợp phun ở ống cấp bị đông cứng nhanh và gây khó khăn cho việc tiếp tục tiến hành quá trình phun.

Với cả hai loại hỗn hợp, lượng phụ gia phụ thuộc vào lượng xi măng trong hỗn hợp. Hầu hết các loại phụ gia tăng tốc mang tính thương mại được sử dụng với tỷ lệ từ 1 - 8% (theo trọng lượng xi măng) phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo của chúng và mục đích sử dụng của bê tông phun. Điều quan trọng là phải đưa phụ gia vào đều khắp hỗn hợp để tránh tình trạng gây ra cứng tức thời ở vài vùng và chậm cứng ở các vùng khác, tránh vón cục ở hỗn hợp phun khô được làm ẩm. Với liều lượng cao hơn thường được sử dụng cho công tác phun trên trần nơi có hiện tượng nước ngấm và nơi yêu cầu đạt cường độ sớm là cần thiết để điều

khuyến các điều kiện về nền đá với khoảng thời gian ổn định ngắn. Thậm chí liều dùng cao hơn đôi khi được sử dụng để trợ giúp sự điều khiển ban đầu cho nền yếu hoặc nước ngầm nhưng cường độ cuối cùng của hỗn hợp bê tông sẽ bị giảm nhiều và lượng rơi bột lại cũng tăng khi tăng lượng phụ gia tăng tốc. Đưa silicafum vào hỗn hợp sẽ giảm lượng chất tăng tốc cần thiết để tạo ra những độ dày yêu cầu của bê tông phun trên mặt đứng và trên trần nhưng nó không gây ra cứng nhanh và đạt cường độ như các chất tăng tốc.

Clorit canxi là một loại phụ gia tăng tốc được sử dụng thường xuyên ở thời kỳ đầu của công nghệ bê tông phun. Tuy nhiên do nó mang tính ăn da và có thể gây ra các vấn đề gỉ cốt thép, cuối cùng làm cho cường độ của bê tông bị giảm, gây hại nghiêm trọng cho công nhân do tiếp xúc trực tiếp với sản phẩm nên sau đó rất ít được sử dụng. Thay vào đó, ngày nay hầu hết các chất tăng tốc là các hợp chất hữu cơ, không độc, ít ảnh hưởng tới cường độ cuối cùng của bê tông và sức khỏe của công nhân. Có các chất tăng tốc không chứa kiềm, ví dụ sika sigunit 49 AF, hiển nhiên không làm giảm cường độ cuối cùng của bê tông phun ngay cả khi dùng quá liều. Trên thực tế một số công trình nghiên cứu đưa ra giả thuyết là có thể làm tăng cường độ của bê tông khoảng 5%.

Như đã nói ở phần trên điều quan trọng là phải tiến hành thí nghiệm sự phù hợp của bất cứ loại chất tăng tốc nào với mỗi mẻ xi măng sử dụng và với các loại phụ gia dự kiến sử dụng. Những yếu tố khác có thể ảnh hưởng đáng kể tới đặc tính của chất tăng tốc bao gồm:

- Nhiệt độ và thành phần hoá học của nước dùng cho hỗn hợp.
- Nhiệt độ môi trường.
- Độ ẩm ban đầu của hỗn hợp phun khô.
- Sự phân bố phụ gia chưa đủ độ đồng đều trong hỗn hợp.
- Thành phần hoá của nước ngầm.
- Dầu lẩn trong khí nén cấp.

4.9.3. Phụ gia cho hỗn hợp phun ướt

Các loại phụ gia khác cho bê tông phun ướt trước hết là để tạo ra bê tông chặt, với hàm lượng nước thấp sẵn sàng cho công tác bơm từ máy bơm tới vòi phun. Thông thường những phụ gia này sẽ bao hàm tác nhân cuốn khí, các chất trợ bơm, và các hợp chất làm giảm nước chẳng hạn như các loại phụ gia hoá dẻo và siêu hoá dẻo. Những sản phẩm này thường đưa vào hỗn hợp bê tông tại các trạm trộn, nhưng đôi khi sẽ tốt hơn nếu đưa phụ gia siêu hoá dẻo vào bê tông sau khi nó đã được chở tới công trường. Bởi vì hầu hết các loại siêu hoá dẻo có thời gian hoạt tính hạn chế trong hỗn hợp bê tông nên đưa chúng vào ở phút cuối cùng là hợp lý.

Các tỷ lệ và quá trình sử dụng thực tế sẽ do nhà sản xuất đưa ra nhưng hầu hết các loại phụ gia siêu hoá dẻo đều cho phép thêm lần thứ hai nếu lượng phụ gia cho lần một hết thời gian hoạt động. Cần cẩn thận để không cho phụ gia siêu hoá dẻo quá liều vì điều đó có thể

gây ra sự phân tầng của hỗn hợp trong đó cốt liệu thô tách rời với cốt liệu nhỏ và nước được tách ra từ hỗn hợp. Trong những trường hợp như vậy hỗn hợp cần phải được loại bỏ.

Một vài công nghệ mới của phụ gia có thể giới thiệu là:

- Phụ gia Sikatard 902 tỷ lệ N/X thấp. Kéo dài ninh kết ngắn: < 2 giờ.
- Phụ gia Sikatard 908 tỷ lệ N/X thấp. Kéo dài ninh kết trung bình: < 8 giờ.
- Phụ gia Sikatard 908 tỷ lệ N/X thấp. Kéo dài ninh kết lâu: < 14 giờ.
- Phụ gia Sikatard 914. Kéo dài ninh kết < 3 ngày.

4.10. PHỤ GIA LÀM TĂNG TỐC ĐỘ HOÁ CỨNG CHO BÊTÔNG DẠNG BỘT VÀ DẠNG LÔNG

Phụ gia làm tăng tốc độ sẽ được phân bố đồng nhất trong khi trộn, ta có thể tiến hành từ từ với liều lượng ít một. Điều này rất khó đạt được trong suốt quá trình từ lúc đầu cho đến cuối, ngay cả khi có mặt phụ gia tăng tốc dưới dạng bột. Khi phụ gia tăng tốc độ hoá cứng được trộn lẫn trong xi măng từ trước, trộn với cát, thì thường ta hay dùng với cát có độ ẩm cao trước khi quá trình hydrat hoá với xi măng xảy ra nếu không nó dẫn bị kìm hãm và cho một kết quả xấu.

4.10.1. Các chất puzolan

Có hai loại puzolan thường dùng trong công nghệ phun bê tông là tro bay và silicafum (muội silic). Tro bay là chất phụ gia chung cho bê tông nhận được từ tro đất mịn khi đốt than. Đây là sản phẩm phụ của nhà máy nhiệt điện, ví dụ nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Tro bay tăng tính bơm của bê tông, giảm nhiệt thủy hoá và giảm lượng dùng xi măng cần thiết để đạt được cường độ thiết kế. Nó cũng làm giảm tốc độ tăng cường độ của bê tông và vì thế ít được sử dụng cho bê tông phun, trừ khi áp dụng bê tông phun cho hỗn hợp ướt phía dưới.

Mặt khác, silicafum được ứng dụng rộng rãi như là chất phụ gia cho bê tông phun. Silicafum là oxyt silic vô định hình, thu được từ phế liệu công nghiệp tinh chế silicon kim loại, với cỡ hạt nhỏ hơn khối thuốc lá vài lần và nhỏ hơn hạt xi măng 100 lần. Trong quá trình thủy hoá xi măng lượng hydroxyt canxi, chất yếu nhất và dễ hoà tan trong nước nhất của xi măng bị giải phóng. Điều đó thể hiện bằng các vết loang (sự nở hoa), chất lắng màu phấn trắng thường thấy trên mặt của bê tông và bê tông phun. Tuy nhiên, khi có silicafum, SiO_2 cho phản ứng với hydroxyt canxi tạo ra chất cứng hydrat canxi silic, chất góp phần làm tăng cường độ và độ chặt của xi măng.

Khi thêm silicafum vào hỗn hợp bê tông sẽ làm tăng cường độ kết dính khoảng 6 lần, giảm độ thấm nước và giảm rơi vãi, tăng tỷ trọng và độ bền, tăng sức kháng lại xói mòn và tăng cường độ của hỗn hợp khoảng 50%. Nhưng quan trọng nhất cho quá trình phun là tăng tính dính của hỗn hợp phun do vậy có thể tăng độ dày của lớp phun cùng với việc có thể giảm liều lượng phụ gia tăng tốc, hoặc bỏ hẳn phụ gia tăng tốc.

Silicafum cho vào hỗn hợp phun với tỷ lệ điển hình là trong khoảng từ 5 tới 15% theo trọng lượng xi măng. Silicafum có dưới dạng bột hoặc hồ lỏng và mới đây cả dưới dạng chất keo mà có thể bảo quản như là chất lỏng. Dạng bột có hai loại: nén chặt và không nén chặt. Sản phẩm nén chặt là đã qua xử lý làm cho các hạt kết tụ lại với nhau để dễ bảo quản và vận chuyển, còn loại không nén chặt thì ở dạng tự nhiên nhưng kích thước hạt rất mịn do đó rất khó sử dụng. Silicafum dạng lỏng chỉ là hỗn hợp đơn giản của các hạt silicafum siêu nhỏ với nước. Vài loại hồ silicafum có chứa chất phụ gia để trộn vào hỗn hợp được chính xác. Dạng hồ lỏng dễ bảo quản và sử dụng nhất nhưng nó thường chỉ sử dụng cho hỗn hợp phun ướt mặc dầu có nhà sản xuất đã chế tạo thiết bị dùng để phun hồ silicafum vào hỗn hợp khô tại vòi phun.

Khi silicafum được đưa vào thị trường gây các mối lo ngại về các ảnh hưởng của nó tới sức khoẻ của công nhân khi tiếp xúc với sản phẩm vì silicafum về mặt hoá học giống như vật liệu gây ra bệnh nhiễm bụi silic. Thực tế vì silicafum không ở dạng tinh thể mà ở dạng vô định hình nên nó không gây ra bệnh nhiễm bụi silic và đã được chứng minh là không độc hơn các loại bụi không chứa silic.

4.10.2. Các phụ gia dạng lỏng

Tất cả các thí nghiệm đều mở ra nhiều hy vọng trong khi sử dụng phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông dưới dạng một chất lỏng vì chúng được phun vào dưới dạng các hạt bụi như khi phun nước bằng một vòi dài.

Các phản ứng của các chất phụ gia làm tăng tốc độ không xảy ra cho đến khi nó được tổng hợp lại. Sự phân bố đồng nhất sẽ có một liều lượng thấp hơn trong khi sử dụng và có thể làm giảm bớt cường độ bởi các chất khử. Các phụ gia tăng tốc dưới dạng là các chất lỏng có thể cho thêm vào khi sử dụng để điều chỉnh lưu lượng khi bơm. Áp lực trong thùng bơm được giảm bớt đi cho phù hợp bởi hàm lượng đó không thể điều chỉnh sự biến đổi hài hoà của các vật liệu trong bình bơm.

4.10.3. Các sự kết hợp

Trong sản xuất bê tông phun dạng khô, phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng thường xuyên được sử dụng trong hợp chất với một chất chống bụi trong hỗn hợp để có thể lựa chọn cho thêm vào dưới dạng bột lúc bắt đầu trộn hoặc ở dạng chất lỏng khi ta trộn cùng nước. Khi chế biến ướt được sử dụng, độ dẻo cũng không được tăng lên và tạo điều kiện thuận lợi hơn trong quá trình bơm và lúc ban đầu khi trộn. Phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng ở dạng chất lỏng này được cho thêm vào trong quá trình đông đặc từ phương pháp trộn bằng cách sử dụng vòi phun với các hợp chất không bụi nếu cần thiết.

4.11. PHƯƠNG PHÁP PHUN ƯỚT

Vữa và bê tông được trộn theo phương pháp trộn ướt sẽ có thể hạn chế cường độ về sau và nó có thể được giải quyết nhanh chóng bởi các thiết bị trộn bê tông ngay tại vị trí gần nơi

xây dựng, sau đó nó có thể được giữ nguyên vị trí trong hai ngày để tiếp tục làm cho nó cứng thêm, toàn bộ các lớp bên ngoài được rắn chắc nhanh ngay sau khi cho thêm phụ gia làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông vào trong hỗn hợp bê tông.

Khuynh hướng khi xây dựng đường hầm thì bê tông phun được sử dụng rất nhiều theo phương pháp trộn ướt. Mục đích là có chất lượng cao cho sản phẩm cuối cùng, sao cho sự ảnh hưởng ngược lại là ít nhất và sự phát sinh ra bụi là chậm.

Trong khi kết thúc quá trình trộn ướt vữa và bê tông thì chỉ có một phương pháp duy nhất được sử dụng rộng rãi vì đó là phương pháp kinh tế nhất với quy mô rộng, phun áp lực với chất lượng cao cho bê tông và vữa xây dựng. Bê tông phun được trộn ướt hoặc vữa phun có thể được dùng ống nhựa mềm nhả để phun. Nó hoàn toàn không như trước đây và ta có thể bảo đảm tính ổn định của bê tông hoặc hồ vữa trong vài giờ đồng hồ, sau đó dùng một phụ gia tăng tốc độ hoá cứng làm tăng thêm độ vững chắc của vữa xây. Sự khô lại và rắn chắc nhanh mà không cần phải phun lại bê tông hoặc hạn chế vữa xây rơi xuống đất. Trong các loại đang được dùng hiện nay, khả năng bơm có một tính vững chắc với một tốc độ lớn nhất, bê tông hoặc vữa xây dựng đã được trộn ở địa điểm nơi gần nhất trước khi có dùng một hoá chất làm kim hãm, chất làm dẻo, chất siêu dẻo. Nếu không chuẩn bị trên các thùng trộn thì ta tiến hành trộn từng mẻ với một lượng nhỏ để bê tông luôn có độ dẻo nhất định.

Trong suốt sự gián đoạn, bê tông được tăng nhanh về độ cứng và tưới nước bằng vòi phun và máy phun được làm sạch sẽ hoàn toàn sau khi thôi làm việc trong một thời gian dài. Việc làm sạch cho một máy trộn ướt cũng khó khăn hơn so với máy trộn khô vì có một ống dẫn bất lợi hơn. Với một lượng nước rất lớn đủ để làm sạch một máy trộn trộn theo phương pháp trộn ướt, tất cả các bộ phận được rửa ở bên ngoài, nhưng ngược lại với phương pháp dùng máy trộn khô và tưới nước bằng vòi có thể chỉ cần phun nước với khí nén. Khi phương pháp trộn ướt đã được sử dụng trong quá khứ thì tất cả các sự thoả mãn của các xe chuyên dụng, có nhiều khi không cần thiết cho bê tông phun. Cùng với các công trình bên trong các thành phố, người ta làm việc suốt 24 giờ thì các thiết bị cho bê tông cũng phải được bảo đảm trong suốt 24 giờ trong quá trình hoạt động. Vấn đề này gây ra nhiều tranh cãi, phản nản về sự làm mất yên tĩnh ban đêm tại những nơi có giao thông tấp nập, ồn ào.

Phương pháp mới bây giờ thích hợp với mọi địa điểm về các điều kiện cần thiết là:

- Làm hạn chế, dùng các chất ổn định và chất làm mềm, hoặc chất siêu dẻo bằng cách có thể cho thêm vào trong thành phần của bê tông.
- Độ đặc của bê tông hoặc hồ vữa xây dựng không làm thay đổi cơ bản và nó vẫn có khả năng bơm được hết cỡ trong hai ngày.
- Với bê tông hoặc hồ vữa xây dựng có thể được bơm vào bất kỳ lúc nào với một tốc độ để có một đặc tính cần thiết.

- Các máy móc không thể làm sạch nếu trong thời gian gián đoạn dài xảy ra.
- Bất chấp cả sự kìm hãm để không làm mất cường độ ban đầu hoặc cuối.

Trái ngược với lý thuyết và các kinh nghiệm trước đây, bê tông hoặc vữa hồ xây dựng chậm phát triển trong một thời gian dài để đến địa điểm xây dựng đã quy định và ta có thể làm cho nó tăng nhanh độ cứng trực tiếp lớp vỏ ngoài bằng cách dùng chất phụ gia làm tăng nhanh tốc độ phản ứng, mà vẫn không có sự khác biệt nào trong quá trình phát triển cường độ bê tông, vữa không bị làm chậm sự phát triển cường độ.

Sự kìm hãm sự phát triển cường độ bê tông và vữa hồ xây dựng có ảnh hưởng một cách sâu sắc và nó phụ thuộc vào chất lượng của các chất phụ gia đem lại cũng giống như các chất không làm kìm hãm sự phát triển cường độ bê tông và vữa hồ.

Ngoài ra từ các vấn đề về bảo vệ môi trường và về lợi ích kinh tế cho việc sử dụng các chất làm giảm cường độ của bê tông và hồ vữa, các ứng dụng mới về phương pháp trộn ướt đang được phát triển.

- Có rất nhiều ứng dụng trong quá trình xây dựng đường hầm.
- Ván khuôn lưu động và ván khuôn lắp ghép.
- Các hệ thống bảo vệ mái dốc đất đá trong công trình.
- Sửa chữa bê tông.

4.12. CÁC HIỆU ỨNG KHÁC

Bê tông phun không hoàn toàn áp dụng được mọi tiêu chuẩn về chất lượng như của bê tông thường. Nếu cho quá nhiều nước thì các kết quả của phụ gia cũng bị mất tác dụng và bê tông phun bị tách ra thành từng lớp từ lớp dưới.

Nếu lượng nước quá ít thì bê tông phun sẽ khô và nó sẽ bị tách riêng biệt khi được phun ra. Các phần tử thô sẽ bị rơi xuống mặt đất như là bị bong ra mà không có các chất gắn kết và nó sẽ phát sinh một lượng bụi đáng kể. Phần bê tông còn lại ở trên nền trông giống như bị rỗ tổ ong, các chất gắn kết có một cường độ thấp và dễ bị thấm nước.

4.13. MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ CẤP PHỐI BÊ TÔNG PHUN

Sau đây giới thiệu 3 cấp phối được sử dụng cho 3 trường hợp điển hình là:

4.13.1 Ví dụ cấp phối cho bê tông phun trơn (không cốt thép)

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| - Xi măng poóclăng: | 315 kg/m ³ |
| - Tro than: | 115 kg/m ³ |
| - Silicafum | 20 kg/m ³ |
| - Cốt liệu thô 10mm | 450 kg/m ³ |

- Đá mặt nhỏ	700 kg/m ³
- Cát sông	470 kg/m ³
- Nước	180 kg/m ³
- Sikatard 914	1,5% (theo trọng lượng).
- Sigunit L	16,8 kg/m ³
- Tỷ lệ Nước/Ximăng	0,40 (không kể nước trong phụ gia)
- Độ sụt	150 + 50mm

4.13.2. Ví dụ cấp phối cho bê tông phun có sợi thép vụn

- Ximăng poóclăng:	315 kg/m ³
- Tro than:	115 kg/m ³
- Silicafum:	30 kg/m ³
- Cốt liệu thô 10mm:	450 kg/m ³
- Đá mặt (0 - 6mm):	900 kg/m ³
- Cát sông:	670 kg/m ³
- Nước:	189 kg/m ³
- Sika tard 914:	1,5% (theo trọng lượng)
- Sigunit L:	21 kg/m ³
- Tỷ lệ Nước/Ximăng:	0,42 (không kể nước trong phụ gia)
- Độ sụt:	150 + 50mm

4.13.3. Ví dụ cấp phối cho hỗn hợp vữa phun

- Ximăng poóclăng:	360 kg/m ³
- Tro than:	105 kg/m ³
- Silicafum:	30 kg/m ³
- Cốt liệu thô 10mm:	450 kg/m ³
- Đá mặt (0 - 6mm):	900 kg/m ³
- Cát sông:	670 kg/m ³
- Nước:	195 kg/m ³
- Sikatard 914:	1,5 % (theo trọng lượng)
- Sigunit L:	15 kg/m ³
- Tỷ lệ Nước/Ximăng:	0,42 (không kể nước trong phụ gia)
- Độ sụt:	150 + 50mm

4.13.4. Ví dụ cấp phối cho hỗn hợp vữa phun ở Việt Nam

a) Công trình đường hầm đèo Hải Vân - Gói thầu phía Bắc

- Thầu chính: Hazama - Cienco 6
- Yêu cầu: 6MPa sau 8 giờ và 30MPa sau 28 ngày.
- Loại hỗn hợp: quá trình phun ướt.
- Ximăng PC 40: 450 - 470kg/m³
- N/X < 0,40
- Sikament 163 EX-HV 1,4% theo trọng lượng ximăng.
- Sigunit L 54 AF - 5% theo trọng lượng ximăng.

b) Công trình nâng cấp đường sắt qua đèo Hải Vân

- Thầu chính: Liên doanh VSL - Freyssinet.
- Yêu cầu: 5 MPa sau 10 giờ và 25 MPa sau 28 ngày.
- Loại hỗn hợp: phun khô. Khối lượng 1000 lít trong trạng thái khô bão hoà bề mặt.
- Ximăng PC 40: 250 - 280 kg.
- Sigunit L 54 AF - 4% theo trọng lượng ximăng.

4.14. KẾT LUẬN

Phụ gia tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông phun đã được chứng minh bằng thành công trên thị trường. Nếu sử dụng các oxyt SiO₂ kiềm thì cần một lượng nhiều mà lại làm giảm bớt sự phát triển cường độ bê tông. Nếu dùng các phụ gia hoá học để làm tăng tốc độ hoá cứng cho bê tông cho thêm vào hỗn hợp đúng thời điểm thì sẽ thu được một hiệu quả lớn. Các phụ gia cho bê tông phun chỉ được sử dụng với hàm lượng phần trăm nhỏ. Tuy nhiên, chúng là thành phần rất cần thiết cho các hỗn hợp, như vậy đối với một số các áp dụng đặc biệt, đặc biệt trong công việc hầm mỏ và bảo vệ bờ dốc. Ví dụ ở công trình hầm Hải Vân, việc sử dụng các phụ gia này đã góp phần rất lớn vào thành công của dự án.

Chương 5

PHỤ GIA CHỐNG THẤM CHO BÊTÔNG

5.1. GIỚI THIỆU PHỤ GIA CHỐNG THẤM

Nhiều kỹ sư cho rằng phụ gia bê tông không cần thiết và chắc chắn không phải là nhân tố quan trọng để thiết kế một hỗn hợp bê tông đáng tin cậy. Một số người khác cho rằng việc cho thêm phụ gia sẽ khắc phục được các khiếm khuyết sinh ra trong quá trình chế tạo bê tông, do đó làm tăng cơ hội chế tạo bê tông theo đúng với tiêu chuẩn đã đặt ra. Các quan điểm này là đối lập nhau, song đã có một vài chứng minh cho điều này, đó là nhóm phụ gia chống thấm.

Trong thực tế, một trong những yêu cầu quan trọng nhất đối với bê tông là nó phải không thấm nước dưới 2 điều kiện: thứ nhất là khi chịu áp lực nước ở một phía; thứ hai là không hút nước bề mặt thông qua mao dẫn.

Nói chung, bê tông khi được thiết kế một cách cẩn thận, thi công một cách có hiệu quả với cốt liệu chắc thì sẽ không thấm nước. Tuy nhiên, vì các sai sót của cả quá trình từ thiết kế, đổ bê tông đến bảo dưỡng bê tông và rất nhiều các công tác ngoài công trường nên để lại rất nhiều hậu quả không mong muốn. Vì vậy nên sử dụng một số loại phụ gia đã được lựa chọn kỹ càng để làm giảm tính thấm của bê tông.

Cần lưu ý rằng việc sử dụng phụ gia trong bất kỳ trường hợp nào đều không được coi là một giải pháp để loại trừ những hậu quả xấu do việc dùng các vật liệu xấu, do công tác thiết kế thành phần bê tông kém chính xác hay do tay nghề kém. Trong bất kỳ trường hợp nào cũng không nên mong đợi phụ gia sẽ bù cho các vết nứt, các lỗ rỗng lớn gây ra hiện tượng thấm bê tông.

Phụ gia chống thấm có thể tạo ra dưới dạng bột, hồ hay dạng lỏng và có thể chứa vật liệu lấp kín lỗ rỗng hay vật liệu kỵ nước. Các loại vật liệu chính trong cấp hạng vật liệu lấp kín các lỗ rỗng là: silicat của soda, nhôm sunphat hay kẽm sunphat, nhôm clorua và kẽm clorua. Đây là những chất lấp kín lỗ rỗng rất linh hoạt về mặt hoá học. Hơn nữa, chúng cũng làm tăng tốc độ ninh kết của bê tông và vì vậy tạo cho bê tông tính chống thấm tốt hơn ngay ở giai đoạn đầu. Những vật liệu lấp kín không linh hoạt về mặt hoá học như đá phấn, v.v... thường được nghiền rất mịn. Tác dụng chính của chúng là cải thiện tính dễ thi công và giảm lượng nước khi tính dễ thi công đã định. Nó làm cho bê tông trở nên đặc và cơ bản là để chống thấm. Một số loại phụ gia chống thấm khác có thể chứa butyl stearat, tác dụng của nó như xà phòng nhưng lại không có tác dụng tạo bọt. Butyl stearat cao cấp hơn xà phòng và làm việc như là một vật liệu kỵ nước trong bê tông.

Các loại dầu khoáng không có chất béo hoặc là dầu thực vật cũng đã được chứng minh là rất có hiệu quả trong việc tạo ra bê tông chống thấm. Việc sử dụng dầu phụ phẩm, dầu asphalt cũng đã được thử nghiệm với hàm lượng 2,5%; 5%; 10% theo trọng lượng của xi măng. Kết quả là cường độ và tính dễ thi công của bê tông không bị ảnh hưởng một cách nghiêm trọng.

Việc sản xuất bê tông có độ thấm thấp hay cao phụ thuộc rất lớn vào việc đổ bê tông một cách đồng đều có thành công hay không. Một chất nào đó mà làm tăng tính dẻo của hỗn hợp đã cho mà không gây tác dụng có hại hoặc hạn chế được hiện tượng rỉ nước và vì thế giảm được số lỗ rỗng trong bê tông, thì cũng được coi như là phụ gia làm giảm tính thấm, các chất cuốn khí cũng được coi là thuộc loại này vì chúng làm tăng tính dễ thi công, tính dẻo của bê tông, góp phần làm giảm lượng nước và hiện tượng rỉ nước trong bê tông. Bê tông cuốn khí có độ hút nước và tính mao dẫn thấp hơn khi mà hàm lượng cuốn khí không vượt quá 6%.

5.2. YÊU CẦU ĐỐI VỚI VIỆC SỬ DỤNG PHỤ GIA CHỐNG THẤM

Với trình độ tay nghề tốt cùng với thiết kế hỗn hợp bê tông đúng đắn, chúng ta có thể chế tạo được bê tông với chất lượng tốt có tính thấm và độ rỗng (xốp) thấp (hệ số thấm nước điển hình $K_w = 10^{-8} - 10^{-10}$ m/sec). Nếu bê tông được bảo dưỡng, nó có thể được xem là chống được nước bởi vì sự hấp thụ hơi nước và nước qua bê tông là rất kém, do sự không liên tục của mao dẫn và các lỗ rỗng. Tuy nhiên, trong thực tế kết cấu bê tông thường bị nước thấm qua không những chỉ ở chỗ các mối nối và các vị trí không liên tục mà nước có thể thấm xuyên qua cả bản thân các khối bê tông.

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng nước có thể xuyên qua bê tông bằng 2 con đường:

- Thứ nhất, khi mà áp suất thủy tĩnh trên 1 phía của khối bê tông, nước và các tác nhân đối kháng có thể đi qua bất kỳ đường nào mà nó liên quan tới hai bề mặt của bê tông.
- Thứ hai, nước có thể bị hấp thụ bởi hoạt động mao dẫn và đi qua bê tông tới bề mặt nơi mà nó bay hơi do khí tiếp xúc với bề mặt không bão hòa.

Sự hút mao dẫn sinh ra bởi bê tông khô hay khô một phần tiếp xúc với nước được cân bằng với cột nước thủy tĩnh một vài mét.

Các phụ gia có thể làm giảm tính thấm sẽ có hiệu quả trong tình huống đầu tiên. Tuy nhiên, các phụ gia với các đặc tính đuổi nước hay chống ẩm (hydrophobers) có thể làm giảm ảnh hưởng cơ học thứ cấp trong khi kém hiệu quả chống nước đi qua dưới cột nước thủy tĩnh chủ động.

Nhân tố chung cho phép nước đi qua hoặc nước bay hơi trong tất cả các cấu kiện bê tông là sự có mặt của các lỗ rỗng nối với nhau bên trong. Nếu không có các lỗ rỗng và sự nối liên thông của chúng thì sự chuyển động của nước và hơi không thể xảy ra. Sau đây xem xét sự biến đổi lỗ rỗng trong bê tông.

Các lỗ rỗng được chia ra làm 3 nhóm chính:

1. Các lỗ keo là rất nhỏ (khoảng 2mm) và không phụ thuộc vào tỷ lệ N/X.
2. Lỗ rỗng mao quản sinh ra từ sự có mặt của lượng nước dư và do vậy chúng phụ thuộc vào tỷ lệ N/X.
3. Các lỗ rỗng do cuốn khí phản ánh phương pháp trộn và lưu biến bê tông.

Loại 2 và 3 liên quan tới các vấn đề bê tông chống thấm.

Số lượng đường dẫn thấm và mao quản có thể giảm được là nhờ kiểm soát tỷ lệ N/X. Trong quá trình thủy hoá của xi măng, một vài đường mao quản gây ngăn cản quá trình bởi phản ứng sinh ra vật liệu mầm tinh thể và keo hydrat silicat (gel CSH). Các gel này có tính thấm thủy tinh rất nhỏ $K_w = 7.10^{-16} \text{m/sec}$ và nếu tỷ lệ N/X thấp đủ để lượng keo sinh ra ngăn cản hoàn toàn mao quản nối nhau trong hồ xi măng. Đối với bê tông xi măng poóc lăng thông thường nếu như tỷ lệ N/X lớn hơn 0,7 lượng keo sẽ không đủ để ngăn cản mao quản do đó tạo ra sự dính kết.

5.3. ĐỊNH NGHĨA CHẤT CHỐNG THẤM

Chất chống thấm là một vật liệu (bột hay chất lỏng) mà khi trộn với bê tông tươi nó gây ra các hiện tượng sau:

- a/ Giảm tính thấm thủy tinh của khối bê tông bảo dưỡng.
- b/ Đẩy nước hay tính chất hydrophobic làm cho bê tông đông cứng.

Định nghĩa này không nói đến phụ gia tăng tốc như là canxi clorua vì các vật liệu như vậy chỉ biến đổi mức độ tại một vài tính thấm ban đầu đạt được và không quan tâm đến giá trị cuối cùng. Việc cho thêm phụ gia dẻo hay giảm nước cũng được xét đến bởi vì tổng lượng lỗ rỗng có thể giảm bởi việc sử dụng chúng và tác động của chúng về tính thấm đã được chứng minh. Một vài chất chống thấm đặc biệt thuộc nhóm này sẽ được đề cập rõ hơn ở phần dưới đây.

Chúng ta không xét đến loại xi măng chống thấm bởi vì nó được chế tạo bằng cách trộn lẫn các hoá chất chống thấm, như là metal stearat, dầu không saponifiable và xử lý thạch cao với bột xi măng khô. Qua cách định nghĩa các vật liệu thì chúng không phải là phụ gia. Đồng thời cũng không xét bất kỳ chất xử lý bề mặt cách nước hay chống thấm vì các vật liệu này được áp dụng sau khi bê tông đã đông cứng.

5.4. PHÂN LOẠI PHỤ GIA CHỐNG THẤM

Có thể phân loại phụ gia chống thấm thành 3 nhóm chính:

- Chất giảm thấm.
- Chất đẩy nước hay chất hydrophober.
- Các hoá chất chống thấm khác.

Các bộ phận của mỗi nhóm này có thể hoạt động hay không hoạt động. Đối với nhóm hoạt động khi phụ gia tiếp xúc xi măng ướt sự phản ứng hóa chất xuất hiện tạo ra sản phẩm mới với đặc tính chống thấm.

Về hình thức, có thể phân loại các chất chống thấm dạng bột, dạng lỏng hay dạng sệt. Chúng có thể được cho thêm vào nước hay hỗn hợp bê tông các vật liệu như đã nói ở trên mà cần được để riêng để trộn trước với xi măng khô.

Nhóm phụ gia thứ nhất là vật liệu giảm tính rỗng xốp của vật liệu cho vào lỗ khoan. Điều này không giống như nhóm vật liệu thứ hai. Mỗi nhóm được đề cập đến như sau:

5.4.1. Chất giảm thấm

Chúng ta có thể phân loại nhóm vật liệu này theo tính năng giảm tính thấm thủy lực của bê tông, cụ thể là:

- a/ Vật liệu đặc biệt mịn.
- b/ Phụ gia cuốn khí và tăng tính dễ thi công.
- c/ Chất tăng tốc.

5.4.1.1. Vật liệu đặc biệt mịn

Cát mịn, bột trắng, bentonit, đất diatomit, đá vôi, xỉ và đá bột, colloidal silicat (gồm cả muối silicat) và fluorosilicat là các vật liệu thuộc nhóm này. Các vật liệu mịn có một vài độ hoạt động puzolanic, chúng làm đặc vữa xi măng bởi sự thay thế các tinh thể thô hydroxyt canxi với sản phẩm silicat canxi hydrat như gel mịn hơn.

Vật liệu đặc biệt mịn có ích lợi thực tế nếu như hỗn hợp bê tông ít xi măng hay thiếu thành phần mịn. Tuy nhiên, trong hỗn hợp nhiều xi măng ảnh hưởng có thể ngược lại bởi việc cho thêm các thành phần mịn có thể làm tăng lượng nước dẫn tới giảm độ đặc và cường độ bê tông thấp hơn.

5.4.1.2. Phụ gia cuốn khí và tăng tính dễ thi công

Loại phụ gia này tương ứng với các tác nhân giúp tăng khả năng làm việc hay chất tăng dẻo làm giảm lỗ khí cuốn và lượng nước yêu cầu giảm bù đắp lại sự phù nước. Muối axit lignosunphonic thường được sử dụng kết hợp với chất thấm khoáng đặc biệt.

Lignosunphonat hấp thụ vào C_3A (tricanxi aluminat) tạo ra sự thủy hoá sớm, có khả năng phân tán các phần tử xi măng tốt hơn. Tại cùng một thời điểm, ứng suất kéo bề mặt của thời kỳ ngậm nước giảm, giúp tăng khả năng hoạt động và giữ ẩm tốt hơn. Sự tổng hợp lignosunphonat có thể làm tăng hệ thống lỗ rỗng mịn gây ra sự hấp thụ mao quản cao, làm tăng độ bền đối với dòng nước và tính thấm.

Chất phụ gia siêu dẻo có gốc loại sunphonat melamin - formandehyt và naphtalen - formandehyt sẽ cho sự phân tán lớn hơn và khả năng làm giảm nước lớn hơn loại phụ gia

hoá dẻo thường (gốc lignosunphat). Chúng được sử dụng với liều lượng lớn hơn, giá thành cũng cao hơn nhưng hiệu quả rất cao. Trong các thí nghiệm ở Việt Nam với bê tông có dùng phụ gia siêu dẻo như sikament R4, sikament NN, độ chống thấm của bê tông dễ dàng đạt đến cấp B7 hay B8.

Tác nhân cuốn khí hoạt động tương tự như lignosunphonat bởi sự cải thiện khả năng làm việc đối với hỗn hợp và như vậy cho phép dùng ít nước. Cấu trúc tổ ong khí cuốn không làm tăng lỗ khí liên thông mà nó còn làm tăng tính thấm.

Các vật liệu trong nhóm này thường được chung cất từ gỗ trung hoà, xà phòng, sunphonat cacbohyđrat và anionic surfactant.

5.4.1.3. Chất tăng tốc

Chức năng của chất tăng tốc như là chất giảm thấm là rất đáng nghi ngờ. Ví dụ việc sử dụng canxi clorit có thể cải thiện tính xốp và tính thấm sớm hình thành một cách đơn giản do quá trình hoạt động thuỷ hoá toàn bộ của pha C_3A và C_3S nhưng tính thấm cuối cùng không thay đổi.

5.4.2. Chất đẩy nước hay hydrophobers

Các vật liệu trong nhóm này làm giảm sự hút nước của bê tông khô thường xảy ra do hoạt động mao dẫn và do áp suất bên ngoài của nước. Sự thay đổi độ ẩm của loại này có thể gây ra sự đổi màu và sự ẩm ướt không mong muốn.

Về nguyên tắc có thể nói rằng toàn bộ loại vật liệu này có đặc tính đuổi nước trên bề mặt bê tông như là lớp phủ mặt và trong một vài trường hợp ngăn cản lỗ rỗng. Bản chất cơ học cụ thể là rất khó hiểu nhưng chú ý rằng hoạt động đẩy nước là liên quan tới hiện tượng tĩnh điện tạo ra những bức tường mao dẫn.

Các vật liệu trong nhóm này bao gồm:

a/ Xà phòng.

b/ Butyl stearat.

c/ Sản phẩm petroleum lựa chọn và dầu tự nhiên.

5.4.2.1. Xà phòng

Thường là muối metal và mới đây đưa ra thêm muối sunphonium của axit béo, ví dụ canxi, natri hay amonium stearat hay oleat cũng như là sự phân tán axit stearic. Xà phòng 'hoà tan' qua phản ứng với ion canxi trong pha ngâm nước của bê tông và tách ra như muối canxi không hoà tan. Sự tham gia của lớp bọc hydrophobic tới bề mặt mao quản không ngăn cản được sự hình thành một số lỗ rỗng trong bê tông tươi. Hệ thống lỗ rỗng phát triển trong giai đoạn thuỷ hoá sau (lớn hơn 24 giờ) không bị ảnh hưởng bởi các chất này, do vậy tính thấm bão hoà không giảm.

Rất nhiều các vật liệu cuốn khí này, do đặc tính của nó và liều lượng vượt quá 0,2% xi măng có thể gây ra giảm cường độ bê tông ở mức độ nhất định. Mặt khác khả năng làm việc có thể được cải thiện do việc sử dụng xà phòng, nó có thể bù đắp được sự tạo thành lỗ rỗng lớn và khe nứt.

Liều lượng tối ưu sẽ được xét đến khi thiết kế hỗn hợp, phụ gia được lựa chọn và yêu cầu đặc tính cuối cùng.

5.4.2.2. Butyl stearat

Hoạt động hydrophobic của butyl stearat tương tự như hoạt động của xà phòng, kết quả tổng hợp cuối cùng trong sự đẩy nước là canxi stearat.

Tuy nhiên, butyl stearat thủy phân rất chậm trong pha kiềm của bê tông và tạo ra canxi stearat rất chậm. Do vậy rất ít lượng khí được cuốn và sự giảm cường độ là không đáng kể. Điều này cho phép sử dụng chất phụ gia nhiều hơn, để có sự cải thiện chống thấm, ẩm không thay đổi. Hoạt động chậm của butyl stearat cũng cho phép sự tham gia của phụ gia tốt hơn qua keo xi măng.

Butyl stearat thường được cho thêm như một nhũ tương với liều lượng 1% thể tích đối với xi măng.

5.4.2.3. Các sản phẩm dầu

Dầu khoáng, sáp, hắc ín cũng như là dầu tự nhiên, dầu linseed, rapeseed và dầu thực vật cũng nằm trong nhóm này. Trong trường hợp nhũ tương hắc ín phân tán bị phá vỡ bởi sự khô của bê tông, sinh ra hydrophober và một vài lỗ bị tắc. Một số chất tổng hợp khác nhìn chung được xem như là hydrophober 'bên trong' hoạt động chủ yếu theo phương pháp vật lý, không có phản ứng rõ ràng với thành phần xi măng.

Một mức độ giảm cường độ có thể xảy ra do khí cuốn, đặc biệt nếu tác nhân nhũ hoá được sử dụng để phân tán hydrocacbon. Một vài nhũ tương sáp có thể cải thiện tính chống thấm ẩm của bê tông được bảo dưỡng hơi nước bằng nấu chảy ở công trường và như vậy nó làm tắc lỗ rỗng.

5.4.3. Các hoá chất chống thấm khác

Các sản phẩm trong nhóm này được xem như có chức năng chống thấm, nhưng về mặt hóa học là rất khó hiểu và đặc biệt có thể gây nghi ngờ.

Ví dụ về các vật liệu như là dầu jelly, naphtalen, sáp, một vài xenlulo và nhựa than đá hòa tan, và cuối cùng là bột natri silicat và aluminium.

Silicon được sử dụng rộng rãi trong việc xử lý bề mặt bê tông nhưng không được dùng nhiều như chất chống thấm. Do silicon rẻ hơn nên nó có xu hướng gây ra sự quá chậm khi sử dụng đủ lượng để tác động đến tính chất của bê tông đông cứng.

Methyl siliconat và polyhyrosiloxanes được đánh giá cho việc cải thiện tính chống băng giá của bê tông nhưng không làm giảm tính thấm.

5.5. SỰ LỰA CHỌN VÀ CÁC ỨNG DỤNG

Với số lượng lớn có thể áp dụng với rất nhiều loại khác nhau, nói chung phụ gia chống thấm cần được lựa chọn cẩn thận để đáp ứng đúng các yêu cầu của khách hàng.

Chất giảm thấm rất được ưa chuộng đối với kết cấu nằm trong nước, và việc lựa chọn giữa các vật liệu đặc biệt mịn và phụ gia cuốn khí, giảm nước có ảnh hưởng lớn bởi tính tiện ích, giá thành, và các yêu cầu khác như cường độ. Mặt khác, độ bền của các kết cấu đúc sẵn và các tấm panel có thể có lợi hơn khi dùng phụ gia đuổi nước. Tương tự, các nền bê tông trong đất sâu nhưng cao trên mực nước ngầm sẽ được bảo vệ có hiệu quả hơn từ sự thấm xuyên hơi nước theo kiểu hydrophobic. Các chất chống thấm tổng hợp mà kết hợp được chức năng giảm tính thấm bão hòa và chức năng chống ẩm có thể đem lại thành công rất lớn, nhưng giá thành của nó lại là vấn đề chính cần phải quan tâm xem xét.

Về các chi phí liên quan, phụ gia cuốn khí và giảm nước là rẻ nhất và chúng được sử dụng với liều lượng thấp nhất (khoảng 0,04 - 0,25% của trọng lượng xi măng). Loại sản phẩm được sử dụng thường là chất lỏng, dễ dàng phân tán trong máy trộn.

Chất chống thấm hydrophober và chất chống thấm đa chức năng thường đắt hơn và phải sử dụng với liều lượng nhiều hơn (thường 0,5 - 1,5% trọng lượng xi măng). Chi phí sử dụng có thể gấp 4 - 6 lần chi phí của loại phụ gia cuốn khí, giảm nước. Chúng có thể tác dụng mạnh hơn hay có độ nhót lớn vì vậy để sử dụng đúng ở công trường là rất khó.

Chất giảm thấm dạng hạt mịn ngày nay được sử dụng ít hơn là chất chống thấm lỏng. Chúng được sử dụng với liều lượng cao (5 - 20% trọng lượng xi măng) và khi là đặc tính thủy lực hay pozolanic thì chúng có thể được xem như vật liệu thay thế xi măng.

5.7. CÁC XU HƯỚNG TRONG TƯƠNG LAI

Những phụ gia chống thấm, hơn bất kỳ một loại phụ gia nào, chúng đã được các Nhà sản xuất nghiên cứu phát triển dưới hình thức “thêm bớt và thử nghiệm” mà kết quả là dẫn đến rất nhiều sản phẩm mới. Một trong số chúng đã được chấp nhận. Đường như những sản phẩm mới đó sẽ phát triển một cách tự nhiên không phải là do kết quả nghiên cứu khoa học mà thuần túy là do các nhà sản xuất mở rộng và cập nhật các sản phẩm hiện hành của họ. Vì thế chúng ta phải xem xét các thành phần polime mới để xem liệu chúng có năng lực chống thấm hay không.

Các loại nhựa melamin - formaldehyd mới có thể có các đặc trưng tăng dẻo một cách đáng kể mà chỉ cần có nó thôi cũng làm tăng chất lượng chống thấm và thêm vào đó nó còn tăng cường tác dụng hydrophobic khi được sử dụng kết hợp với các chất chống thấm như silic và bột kim loại, Tuy nhiên những vật liệu này khá đắt.

Do các chất chống ẩm thường chỉ tác dụng ở phần bề mặt nên hiệu quả phân bố nó trong toàn bộ khối bê tông là rất nhỏ. Những vật liệu hiện đại, đắt tiền mà rất có hiệu quả cũng có thể được áp dụng chỉ ở trên bề mặt vì thế sẽ làm cho toàn bộ quá trình xử lý kém tính kinh tế đi rất nhiều. Sử dụng một phụ gia chống thấm có hiệu quả là một trong những yêu cầu quan trọng nhất để sản xuất và xây lắp thành công các loại kết cấu nhà cửa lắp ghép khi mà các cấu kiện được lắp ghép có rất nhiều mối nối và lại mỏng hơn rất nhiều so với các loại kết cấu đúc liền khối tại chỗ thông thường. Vì vậy, cần dùng một loại phụ gia chống thấm hiệu quả để tạo tính chống thấm tốt. Đối với các công trình cầu đường, thủy lợi bề mặt thường xuyên tiếp xúc với nước và khí quyển thì lại càng cần các phụ gia chống thấm tốt.