

PHẠM DUY HỮU (chủ biên)
NGÔ XUÂN QUẢNG

VẬT LIỆU XÂY DỰNG ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY



Vt 370/2016



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

PHẠM DUY HỮU (*chủ biên*)
NGÔ XUÂN QUẢNG

VẬT LIỆU XÂY DỰNG ĐƯỜNG Ô TÔ VÀ SÂN BAY

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2004

LỜI NÓI ĐẦU

Vật liệu xây dựng có vị trí đáng kể trong công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp và giao thông. Chất lượng của vật liệu ảnh hưởng lớn đến chất lượng và tuổi thọ công trình. Vật liệu xây dựng chiếm phần lớn trong tổng chi phí xây dựng. Lựa chọn thích hợp vật liệu xây dựng đường ô tô và sân bay là rất quan trọng.

Giáo trình "Vật liệu xây dựng đường ô tô và sân bay" được biên soạn theo chương trình đào tạo ngành xây dựng công trình giao thông.

Giáo trình trình bày những tính chất chung, những cơ sở khoa học về thành phần, cấu trúc, tính chất, và các công nghệ mới về vật liệu xây dựng đường ô tô và sân bay. Các vật liệu chính là: Đất, đá, xi măng, bê tông, bitum, bê tông atphan, pôlyme, sơn, thép và các vật liệu khác. Các vật liệu mới như bê tông cường độ cao, pôlyme bitum bê tông tự đầm cũng đã được trình bày trong sách này.

Giáo trình được biên soạn theo phương châm: Cơ bản, hiện đại và thực tế, có tham khảo tiêu chuẩn ngành giao thông, tiêu chuẩn Việt Nam và các tiêu chuẩn quốc tế khác.

Giáo trình dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên ngành xây dựng đường ô tô, sân bay và các ngành có liên quan khác, đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các học viên cao học, kỹ sư xây dựng và cán bộ nghiên cứu.

Tham gia biên soạn giáo trình gồm: PGS.TS. Phạm Duy Hữu (chủ biên), viết lời nói đầu và các chương 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 và 12. TS. Ngô Xuân Quảng viết chương 1, 2, 3, 8.

Trong quá trình biên soạn cuốn giáo trình này, chúng tôi đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp quý báu của tập thể Bộ môn Vật liệu xây dựng Khoa Công trình - Trường đại học Giao thông Vận tải và các nhà khoa học. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tuy nhiên quá trình xuất bản không thể tránh khỏi các thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến phê bình của bạn đọc để giáo trình ngày càng tốt hơn.

Các tác giả

Chương 1

NHỮNG TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU XÂY DỰNG

1. KHÁI NIỆM

Các vật liệu xây dựng có thể tồn tại ở trạng thái rắn hay lỏng, có nguồn gốc tự nhiên hay nhân tạo, có bản chất vô cơ hay hữu cơ. Bản chất vật lý của vật liệu được xác định bằng các thông số vật lý đặc trưng cho thành phần và cấu trúc, thí dụ như khối lượng riêng, khối lượng thể tích, độ rỗng, độ mịn, v.v...

Khi đã sử dụng vào các công trình xây dựng, quá trình khai thác, sử dụng vật liệu thường xuyên phải chịu tác động tải trọng bên ngoài và các điều kiện môi trường. Những tác động này là các quá trình cơ học, vật lý, hoá học... có thể ảnh hưởng trực tiếp đến vật liệu và thậm chí có thể phá hoại công trình. Bởi vậy vật liệu xây dựng cần phải có đủ khả năng đáp ứng với mọi điều kiện làm việc của công trình để đảm bảo an toàn cho nó trong suốt thời gian khai thác sử dụng như thiết kế dự định. Những khả năng này cùng với các tính chất vật lý đã nêu trên được gọi là các tính chất cơ bản của vật liệu xây dựng.

Để nghiên cứu và sử dụng vật liệu xây dựng, có thể phân chia các tính chất cơ bản của vật liệu xây dựng thành những tính chất như: nhóm các thông số đặc trưng trạng thái và cấu trúc, nhóm các tính chất vật lý có liên quan đến nước, nhóm các tính chất vật lý có liên quan đến nhiệt, nhóm các tính chất cơ học, nhóm tính chất hoá học...; Ngoài ra còn có một số các tính chất mang ý nghĩa tổng hợp khác như tính công tác, tuổi thọ v.v...

Các tính chất của một vật liệu xây dựng được quyết định bởi thành phần và cấu trúc nội bộ của nó. Bởi vậy thay đổi thành phần và cấu trúc của một loại vật liệu sẽ làm cho tính chất của vật liệu đó thay đổi. Đó chính là cơ sở để cải thiện tính chất của các vật liệu truyền thống và để nghiên cứu phát triển những vật liệu mới .

Các tính chất của vật liệu xây dựng được xác định theo các phép thử và tiêu chuẩn thí nghiệm đã quy định chặt chẽ trong các tiêu chuẩn nhà nước (TCVN) để tránh ảnh hưởng của các yếu tố khách quan. Ngoài hệ thống tiêu chuẩn nhà nước còn có thể sử dụng các tiêu chuẩn ngành (TCN). Cùng với thời gian, các tiêu chuẩn này thường được thay đổi để phù hợp với trình độ sản xuất và nhu cầu sử dụng ngày càng cao. Trong khi thực hiện các dự án hợp tác quốc tế còn có thể chọn những tiêu chuẩn quốc tế thích hợp để sử dụng.

Việc nghiên cứu nắm vững các tính chất của vật liệu xây dựng là cần thiết để làm cơ sở cho việc so sánh, đánh giá chất lượng, lựa chọn vật liệu và quy mô, kết cấu công trình xây dựng nhằm đạt hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật. Trong phạm vi chương này chỉ đề cập đến những thông số trạng thái và đặc trưng cấu trúc, cùng với những tính chất vật lý và tính chất cơ học quan trọng nhất của các vật liệu xây dựng.

2. TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA VẬT LIỆU XÂY DỰNG

2.1. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng ρ là khối lượng của đơn vị thể tích vật liệu ở trạng thái hoàn toàn đặc.

Khối lượng riêng được tính bằng công thức:

$$\rho = \frac{G}{V_a} \quad (\text{g/cm}^3),$$

trong đó:

G - khối lượng mẫu vật liệu ở trạng thái hoàn toàn khô, g;

V_a - thể tích vật liệu ở trạng thái hoàn toàn đặc, cm^3 .

Khối lượng riêng của vật liệu xây dựng còn được tính bằng các đơn vị khác như: kg/dm^3 , kg/m^3 hay tấn/ m^3 .

Để xác định khối lượng riêng của vật liệu xây dựng phải xác định khối lượng của mẫu vật liệu đã được sấy khô tới khối lượng không đổi G bằng cân kỹ thuật, còn thể tích đặc của mẫu V_a thì tùy theo loại vật liệu cụ thể mà dùng phương pháp thích hợp. Với những vật liệu được xem là hoàn toàn đặc (như thép, kính ...), phải gia công để tạo ra mẫu có hình dạng hình học (hình khối lập phương, hình khối hộp chữ nhật, hình trụ ...) sau đó đo kích thước hình học của mẫu rồi dùng công thức toán học để tính ra thể tích đặc V_a . Với những vật liệu có cấu trúc rỗng (gạch, bê tông ...) phải nghiền nhỏ vật liệu thành những hạt có đường kính bé hơn 0,2 mm và thể tích đặc V_a đúng bằng thể tích lỏng bị chiếm chỗ khi cho bột vật liệu vào bình tỷ trọng.

Đối với các vật liệu xây dựng ở trạng thái lỏng hoặc nhớt (thủy tinh lỏng, bitum lỏng ...), có thể xác định khối lượng riêng của nó bằng phương pháp so sánh (phù kế).

Khối lượng riêng của vật liệu xây dựng chỉ phụ thuộc vào thành phần và cấu trúc vi mô nên biến động trong một phạm vi rất nhỏ (gạch: 2,60 - 2,65; xi măng: 3,05 - 3,15 g/cm^3). Trong thực tế khối lượng riêng được sử dụng để phân biệt những loại vật liệu và tính thành phần của một số vật liệu hỗn hợp.

2.2. Khối lượng thể tích

Khối lượng thể tích γ là khối lượng của một đơn vị thể tích vật liệu ở trạng thái tự nhiên (kể cả thể tích lỗ rỗng).

Khối lượng thể tích được tính bằng công thức:

$$\gamma = \frac{G}{V_0} \quad (\text{g/cm}^3),$$

trong đó:

G - khối lượng của mẫu vật liệu ở trạng thái hoàn toàn khô, g;

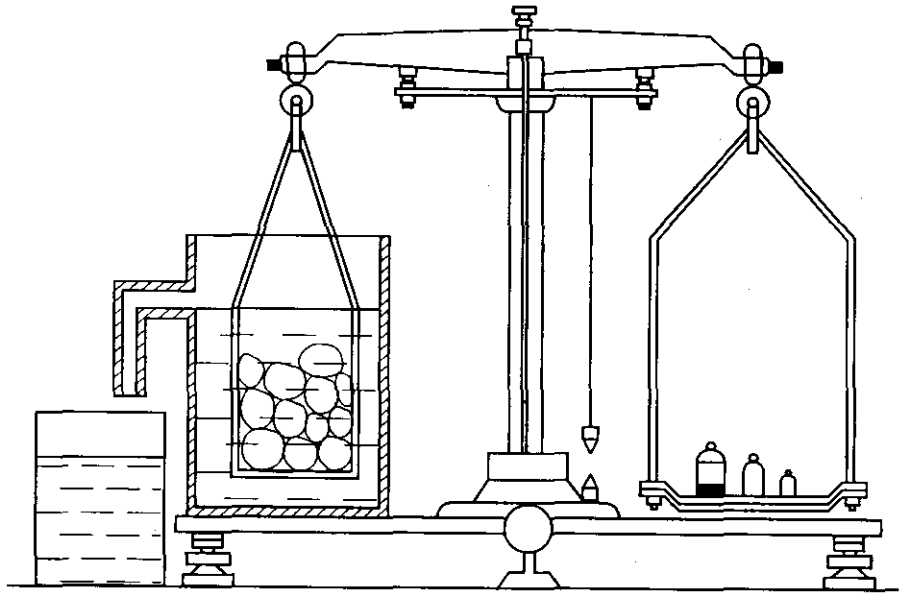
V_0 - thể tích của mẫu vật liệu ở trạng thái tự nhiên, cm^3 .

Đơn vị đo của khối lượng thể tích có thể là: kg/dm^3 , g/cm^3 , tấn/m^3 hoặc kg/m^3 ,

Để xác định khối lượng thể tích của vật liệu xây dựng, cần phải xác định hai trị số: khối lượng mẫu ở trạng thái hoàn toàn khô G và thể tích tự nhiên của mẫu V_0 .

Khối lượng mẫu ở trạng thái hoàn toàn khô G được xác định bằng cân kỹ thuật sau khi đã sấy khô mẫu vật liệu ở $105 \pm 5^\circ\text{C}$ tới khi khối lượng mẫu không đổi, thể tích tự nhiên V_0 của mẫu vật liệu thì còn tùy thuộc vào vật liệu mà có phương pháp xác định tương ứng thích hợp.

Nhìn chung có thể chia các vật liệu xây dựng thành ba nhóm chủ yếu ứng với ba phương pháp xác định khối lượng thể tích khác nhau. Với nhóm vật liệu có hình dạng hình học rõ ràng (bao gồm những vật liệu tự nó đã có hình dạng khối hình học như hình trụ, hình khối lập phương hay khối hộp chữ nhật... và những vật liệu có thể gia công hay đúc khuôn mà có hình dạng khối hình học vừa nêu trên), có kích thước dẹt (yêu cầu độ chính xác thấp) hay thước kẹp có con chạy (nếu yêu cầu độ chính xác cao) để đo các kích thước hình học chủ yếu rồi sau đó tính toán thể tích tự nhiên V_0 bằng các công thức hình học. Với nhóm vật liệu không có hình dạng hình học rõ ràng, thể tích tự nhiên của mẫu V_0 được xác định bằng cách bọc bề mặt mẫu một lớp sáp paraffin mỏng rồi đem cân trên máy cân thủy tĩnh (hình 1.1). Với nhóm vật liệu dạng hạt rời rạc (cát, sỏi, đá dăm...) mà thể tích lỗ rỗng tự nhiên bao gồm cả thể tích lỗ rỗng nằm trong các hạt vật liệu và thể tích vùng rỗng giữa các hạt vật liệu, có thể xác định thể tích tự nhiên của mẫu V_0 bằng cách sử dụng các loại ca hay thùng đong có dung tích lớn nhỏ khác nhau tương ứng với độ lớn cỡ hạt vật liệu. Khi đó vật liệu rời rạc được thả trôi trên một máng đặt nghiêng 45° so với phương nằm ngang để rơi từ độ cao quy định là 10 cm (kể từ mép dưới của máng nghiêng đến miệng ca) vào trong ca rồi dùng thước tỉ trên miệng ca để gạt những hạt vật liệu thừa nằm cao hơn miệng. Thể tích tự nhiên V_0 của mẫu vật liệu đúng bằng dung tích của ca (hay thùng).



Hình 1.1. Cân thủy tĩnh

Thông thường ở một loại vật liệu, khối lượng thể tích có thể biến động trong phạm vi rộng hơn nhiều so với khối lượng riêng vì nó phụ thuộc vào cấu trúc chính của vật liệu. Đối với một vật liệu, khối lượng thể tích luôn có trị số nhỏ hơn khối lượng riêng. Chỉ với vật liệu được xem là tuyệt đối đặc thì hai trị số này mới bằng nhau. Bảng 1.1 dưới đây đưa ra khối lượng riêng và khối lượng thể tích của một số vật liệu để tham khảo.

Bảng 1.1. Khối lượng riêng và khối lượng thể tích của một số vật liệu xây dựng

Tên vật liệu	Khối lượng riêng ρ (g/cm ³)	Khối lượng thể tích γ (g/cm ³)
Nước ở 277°K	1,0	1,0
Đá granít	2,7 - 2,8	1,45 - 1,65
Gỗ	1,52 - 1,58	0,4 - 1,28
Gạch đất sét nung	2,65 - 2,70	1,5 - 1,8
Cát thạch anh	2,65	1,4 - 1,65
Kính	2,45 - 2,65	2,45 - 2,65
Thép xây dựng	7,8 - 7,85	7,8 - 7,85

Cần chú ý khi xác định khối lượng thể tích của vật liệu ở trạng thái ẩm. Lúc này khối lượng thể tích của vật liệu sẽ phụ thuộc nhiều vào độ ẩm của chính vật liệu.

Khối lượng thể tích của vật liệu có ý nghĩa rất quan trọng trong kỹ thuật. Thông qua khối lượng thể tích của vật có thể đánh giá sơ bộ một số tính chất khác của nó như: độ rỗng, độ hút nước, tính truyền nhiệt, cường độ... trong thực tế, khối lượng thể tích được sử dụng khi tính toán thành phần bê tông xi măng, trong bài toán vận chuyển vật liệu và cả tính toán kết cấu xây dựng. Đặc biệt khối lượng thể tích còn được dùng trực tiếp để xác định mức của vật liệu cách nhiệt.

2.3. Độ rỗng

Độ rỗng r là tỷ số giữa thể tích rỗng trong vật liệu với thể tích tự nhiên của nó. Từ định nghĩa này độ rỗng sẽ là một số thập phân được xác định bằng công thức:

$$r = \frac{V_r}{V_0}$$

trong đó:

V_r - thể tích rỗng có trong vật liệu;

V_0 - thể tích tự nhiên của vật liệu.

Tuy nhiên độ rỗng còn hay được tính ra phần trăm (%) theo công thức:

$$r = \frac{V_r}{V_0} \times 100 \quad (\%)$$

Biết rằng: $V_r = V_0 - V_a$, với V_a - thể tích vật liệu ở trạng thái hoàn toàn đặc, do đó:

$$r = \frac{V_0 - V_a}{V_0} = \left(1 - \frac{V_a}{V_0}\right) = \left(1 - \frac{\gamma}{\rho}\right)$$

hoặc là:

$$r = \left(1 - \frac{\gamma}{\rho}\right) \times 100 \quad (\%)$$

trong đó:

γ - khối lượng thể tích của vật liệu, g/cm^3 ;

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, g/cm^3 .

Từ đây có thể thấy là không cần phải tiến hành thí nghiệm để xác định độ rỗng của vật liệu mà chỉ cần tính toán gián tiếp qua khối lượng riêng ρ và khối lượng thể tích γ của vật liệu.

Độ rỗng của các vật liệu xây dựng biến động trong một phạm vi rộng. Có thể thấy rõ điều này qua các số liệu sau đây.

Tên vật liệu	Độ rỗng r (%)
Thép, kính	0
Bê tông xi măng nặng	10 - 16
Gạch đất sét nung	25 - 35
Bê tông bọt	55 - 85
Chất dẻo mipo	95

Độ rỗng là một chỉ tiêu kỹ thuật rất quan trọng của vật liệu vì nó ảnh hưởng đến nhiều tính chất khác của chính vật liệu đó như: cường độ, độ hút nước, tính chống thấm, tính truyền nhiệt, khả năng chống ăn mòn... Tuy nhiên mức độ ảnh hưởng không chỉ phụ thuộc đơn thuần vào trị số của độ rỗng lớn hay nhỏ mà còn phụ thuộc vào đặc trưng cấu trúc của các lỗ rỗng trong vật liệu (thí dụ như: lỗ rỗng kín và riêng biệt hay lỗ rỗng hở và thông nhau). Chẳng hạn: cùng một trị số rỗng như nhau nhưng vật liệu có độ rỗng với cấu trúc hở và thông nhau sẽ có cường độ, tính chống thấm, tính chống ăn mòn và tính cách nhiệt kém hơn so với cấu trúc kín và riêng biệt.

2.4. Độ mịn

Độ mịn (hay còn gọi là độ lớn) là chỉ tiêu kỹ thuật để đánh giá kích thước hạt của các vật liệu dạng hạt rời rạc. Khi độ mịn của vật liệu dạng hạt thay đổi sẽ làm thay đổi độ rỗng giữa các hạt, khả năng phân tán trong môi trường và kể cả khả năng hoạt động hoá học của vật liệu đó. Bởi vậy tùy theo loại vật liệu và mục đích sử dụng mà người ta sẽ tăng hay giảm độ mịn của nó.

Độ mịn của vật liệu dạng hạt có thể được đánh giá bằng cách sàng chúng bằng các cỡ sàng có đường kính quy định theo tiêu chuẩn rồi tính tỷ lệ khối lượng hạt lọt qua sàng (%). Độ mịn còn có thể được đánh giá bằng diện tích bề mặt riêng (tổng diện tích bề mặt của tất cả các hạt vật liệu có trong 1g vật liệu đó, đơn vị đo - cm^2/g) hay bằng khả năng lắng đọng trong chất lỏng...

Đối với vật liệu rời rạc, bên cạnh việc xác định độ mịn còn cần phải quan tâm đến hàm lượng của các nhóm cỡ hạt, hình dạng hạt và tính chất bề mặt của hạt (góc thấm ướt, tính nhám ráp, khả năng hấp thụ và liên kết với các vật liệu khác).

3. NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CÓ LIÊN QUAN ĐẾN NƯỚC

3.1. Độ ẩm

Độ ẩm W là tỷ lệ phần trăm của nước có thực trong vật liệu tại thời điểm thí nghiệm. Độ ẩm của vật liệu được tính toán bằng công thức:

$$W = \frac{G_n}{G} \cdot 100 \quad (\%)$$

trong đó:

G_n - khối lượng nước có thực trong mẫu vật liệu ẩm tại thời điểm thí nghiệm, g;

G - khối lượng mẫu vật liệu hoàn toàn khô, g.

$$W = \frac{G_a - G}{G} \cdot 100 \quad (\%)$$

G_a - khối lượng mẫu vật liệu ẩm tại thời điểm thí nghiệm, g;

G - khối lượng mẫu vật liệu hoàn toàn khô, g.

Khi vật liệu được đặt trong môi trường không khí, nó có thể hút hay nhả hơi ẩm tùy theo sự chênh lệch giữa áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí và trong vật liệu. Chính hiện tượng này tạo nên sự thay đổi thường xuyên của độ ẩm vật liệu và làm cho độ ẩm của vật liệu phụ thuộc vào điều kiện môi trường cùng với sự phụ thuộc vào bản chất của vật liệu và đặc trưng cấu trúc các lỗ rỗng trong nó.

Độ ẩm của vật liệu thay đổi kéo theo sự thay đổi về kích thước và thể tích của nó. Điều này dẫn tới sự phát sinh nội ứng suất gây ra hiện tượng nứt nẻ trong vật liệu. Ngoài ra độ ẩm của vật liệu thay đổi cũng làm thay đổi các tính chất khác của nó như: cường độ, khả năng cách nhiệt, khả năng chịu cách âm...

3.2. Độ hút nước

Độ hút nước của vật liệu là khả năng hút và giữ nước của nó ở điều kiện bình thường.

Để tiến hành thí nghiệm xác định bằng độ hút nước phải ngâm mẫu vật liệu đã được sấy khô vào trong nước để nó hút nước tới hết khả năng trong điều kiện môi trường bình thường (áp suất 1atm và nhiệt độ ở $20 \pm 5^\circ\text{C}$).

Độ hút nước của vật liệu có thể được tính toán theo hai cách: theo khối lượng (H_p) và theo thể tích (H_v).

Độ hút nước theo khối lượng H_p là tỷ số phần trăm giữa khối lượng nước mà vật liệu hút được với khối lượng của vật liệu ở trạng thái khô. H_p được tính toán theo công thức sau:

$$H_p = \frac{G_n}{G} \cdot 100 = \frac{G_u - G}{G} \cdot 100 \quad (\%)$$

trong đó:

G_n - khối lượng mà mẫu vật liệu hút được, g;

G_u - khối lượng mẫu vật liệu ướt sau khi đã hút nước, g;

G - khối lượng mẫu vật liệu ở trạng thái hoàn toàn khô, g.

Độ hút nước theo thể tích H_v là tỷ số phần trăm giữa thể tích nước mà vật liệu hút được với thể tích tự nhiên của mẫu vật liệu H_v được tính toán theo công thức sau:

$$H_V = \frac{V_n}{V_0} \cdot 100 = \frac{(G_u - G)}{\rho_n \cdot V_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

trong đó:

V_n - thể tích nước mà mẫu vật liệu hút được, cm^3 ;

V_0 - thể tích tự nhiên của mẫu vật liệu, cm^3 ;

ρ_n - khối lượng riêng của nước, g/cm^3 .

Vật liệu hút được và giữ nước trong các lỗ hở nên thể tích nước hút được V_n không thể lớn hơn thể tích rỗng của vật liệu V_r . Chính vì vậy độ hút nước theo thể tích H_V luôn luôn nhỏ hơn 100%, trong khi đó độ hút nước theo khối lượng H_P của một số vật liệu nhẹ và rất rỗng lại có thể lớn hơn 100%.

Có thể tìm được quan hệ giữa H_V và H_P bằng cách sau:

$$\frac{H_V}{H_P} = \frac{\frac{(G_u - G)}{\rho_n \cdot V_0} \cdot 100}{\frac{(G_u - G)}{G} \cdot 100} = \frac{G}{V_0 \cdot \rho_n} = \frac{\gamma}{\rho_n}$$

hay:

$$H_V = \frac{\gamma}{\rho_n} \cdot H_P$$

trong đó:

γ - khối lượng thể tích của vật liệu, g/cm^3 ;

ρ_n - khối lượng riêng của nước, g/cm^3 .

Độ hút nước của vật liệu phụ thuộc vào độ rỗng của vật liệu và nhất là vào cấu trúc của lỗ rỗng.

3.3. Độ bão hoà nước

Độ bão hoà nước là độ hút nước lớn nhất (cực đại) của vật liệu.

Giống như độ hút nước, độ bão hoà nước cũng được xác định theo hai cách: độ bão hoà nước theo khối lượng H_P^{\max} và độ bão hoà nước theo thể tích H_V^{\max} . Muốn xác định độ bão hoà nước của vật liệu, cần phải tạo điều kiện cho mẫu vật liệu hút nước tối đa thực hiện bằng một trong hai phương pháp cưỡng bức mô tả dưới đây.

Phương pháp nhiệt độ - đặt mẫu vật liệu đã sấy khô vào trong nước rồi đun sôi liên tục trong 4 giờ. Chờ nước nguội tới nhiệt độ của phòng mới vớt mẫu ra để cân rồi tính toán kết quả thí nghiệm theo công thức xác định độ hút nước đã trình bày trong mục 3.2. Để mẫu vật liệu có thể hút nước tối đa, quy trình thí nghiệm có thể được lặp đi lặp lại vài lần liên tục.

Phương pháp áp suất - mẫu vật liệu sấy khô được ngâm vào bình có chứa nước. Hạ áp suất trong bình xuống còn 20 mmHg và duy trì tới khi không còn bọt khí thoát ra từ mẫu. Khôi phục lại áp suất khí quyển bình thường (760 mmHg) cho bình, sau 2 giờ vớt mẫu ra cân và tính toán. Cũng có thể lặp lại vài lần quy trình thí nghiệm vừa miêu tả để mẫu vật liệu hút được nước nhiều nhất.

Phần tiếp sau đây được dành để nghiên cứu hai hệ số đánh giá trạng thái (hệ số bão hoà) và phẩm chất của vật liệu (hệ số mềm) có liên quan đến nước.

Hệ số bão hoà

Trong thực tế, lượng nước mà vật liệu chứa trong nó có thể thay đổi tùy thuộc điều kiện ngoại cảnh. Để so sánh thể tích nước mà vật liệu giữ được ở một thời điểm cụ thể với thể tích lỗ rỗng của vật liệu. Nói một cách khác, để đánh giá mức bão hoà của nước trong lỗ rỗng của vật liệu, có thể dùng hệ số bão hoà C_{bh} tính theo công thức sau:

$$C_{bh} = \frac{V_n}{V_r};$$

trong đó:

V_n - thể tích nước có trong mẫu vật liệu ở thời điểm thí nghiệm, cm^3 ;

V_r - thể tích lỗ rỗng trong mẫu vật liệu, cm^3 .

Độ bão hoà nước cũng được xác định theo khối lượng và theo thể tích.

Có thể biến đổi tiếp tục:

$$C_{bh} = \frac{V_n}{V_r} = \frac{\frac{V_n}{V_0}}{\frac{V_r}{V_0}}$$

thay $\frac{V_n}{V_0} = H_v$ và $\frac{V_r}{V_0} = r$

$$C_{bh} = \frac{H_v}{r}$$

V_0 - thể tích tự nhiên của mẫu vật liệu, cm^3 .

Đây chính là công thức cuối cùng của hệ số bão hoà. Hệ số bão hoà C_{bh} sẽ càng lớn khi lượng nước chứa trong vật liệu (cũng chính là chứa trong các lỗ rỗng của vật liệu) càng nhiều. Hệ số bão hoà C_{bh} có thể biến thiên từ 0 (khi vật liệu hoàn toàn không chứa nước, $H_v = 0$) tới trị số tối đa là 1 (nếu tất cả các lỗ rỗng trong vật liệu đều hở và chứa đầy nước).

Hệ số mềm

Khi vật liệu bị ẩm ướt, nhất là khi đã bão hoà nước, nhiều tính chất của nó sẽ biến đổi; đặc biệt là cường độ sẽ giảm đi. Điều này rất bất lợi cho các bộ phận công trình làm việc nơi ẩm ướt hay trong nước. Để đặc trưng cho độ bền nước của vật liệu có thể sử dụng hệ số mềm K_m tính theo công thức:

$$K_m = \frac{R_{bh}}{R}$$

trong đó:

R_{bh} - cường độ vật liệu ở trạng thái bão hoà nước, MPa;

R - cường độ vật liệu ở trạng thái khô, MPa.

Các vật liệu xây dựng thường có $K_m \leq 1$. Trị số tối đa ($K_m = 1$) đạt được ở các vật liệu kim loại như: thép...

Hệ số mềm K_m được dùng để phân loại vật liệu xây dựng theo tính bền nước. Những vật liệu có $K_m > 0,75$ được coi là vật liệu bền nước và dùng để xây dựng ở nơi ẩm ướt hay trong nước. Để xây dựng ở những nơi khô ráo, chỉ cần dùng vật liệu có $K_m = 0,10 - 0,15$.

3.4. Tính thấm nước

Tính thấm nước là tính chất để cho nước thấm qua chiều dày của nó khi giữa hai bề mặt vật liệu có chênh lệch áp suất thủy tĩnh.

Khả năng thấm nước của vật liệu được đánh giá qua hệ số thấm K_{tn} tính bằng công thức:

$$K_{tn} = \frac{V_n \cdot a}{S \cdot (P_1 - P_2) \cdot t} \quad (\text{m/h})$$

trong đó:

V_n - thể tích nước thấm qua khối vật liệu, m^3 ;

a - chiều dày khối vật liệu, m;

S - diện tích khối vật liệu mà nước thấm qua, m^2 ;

P_1, P_2 - áp suất thủy tĩnh ở hai bề mặt khối vật liệu, m cột nước;

t - thời gian nước thấm qua khối vật liệu, h.

Như vậy, về mặt trị số hệ số K_m chính là thể tích nước thấm qua V_n (m^3) một khối vật liệu có diện tích bề mặt là 1m^2 , chiều dày là 1m, trong thời gian 1h khi độ chênh lệch áp suất thủy tĩnh của hai bề mặt khối vật liệu 1m cột nước.

Tính thấm nước của vật liệu phụ thuộc nhiều vào độ rỗng và đặc trưng của cấu trúc lỗ rỗng của nó. Tính thấm nước đặc biệt quan trọng đối với các vật liệu dùng cho xây dựng các công trình thủy lợi. Với tính chất này, vật liệu xây dựng còn được đặc trưng bằng mức chống thấm biểu thị bằng áp lực thủy tĩnh cao nhất mà mẫu vật liệu còn chưa để cho nước thấm qua.

3.5. Độ co ngót ẩm

Một số vật liệu rỗng có nguồn gốc hữu cơ hoặc vô cơ (như: gỗ, bê tông) khi độ ẩm thay đổi thì thể tích và kích thước của chúng cũng thay đổi: co khi độ ẩm giảm và nở khi độ ẩm tăng lên. Hiện tượng co xảy ra do chiều dày lớp nước hấp thụ (lớp vỏ hydrat) quanh các phân tử vật liệu giảm xuống, do lực mao dẫn ở bên trong có khuynh hướng làm cho các phân tử vật liệu này xích lại gần nhau hơn. Chú ý rằng sự bay hơi của nước tự do trong các lỗ rỗng lớn không làm cho các phân tử vật liệu xích lại gần nhau nên hiện tượng mất nước này tuy làm giảm độ ẩm của vật liệu nhưng thực tế lại không gây xuất hiện co ngót. Hiện tượng trương nở xảy ra là do các phân tử nước có cực khi xâm nhập vào khe hở giữa các phân tử hay các sợi vật liệu sẽ đẩy các phân tử này xa nhau ra. Khi này lớp vỏ hydrat càng dày thêm sẽ làm kích thước và thể tích vật liệu càng tăng lên.

Độ co ngót do độ ẩm vật liệu thay đổi thường được xác định bằng độ giảm chiều dài của 1 mét dài vật liệu khi độ ẩm vật liệu thay đổi (mm/m). Bảng 1.2 sau đây đưa ra độ co ngót của một số vật liệu.

Bảng 1.2: Độ co của một số vật liệu

Dạng vật liệu	Độ co ngót (mm/m)
Gỗ (ngang thớ)	30 - 100
Bê tông xốp	1 - 3
Vữa xây dựng	0,5 - 1
Gạch đất sét	0,03 - 0,1
Bê tông nặng	0,3 - 0,7
Đá granit	0,02 - 0,06

Những vật liệu có độ rỗng lớn và khả năng hút ẩm lớn như gỗ và bê tông xốp sẽ có độ co ngót lớn hơn.

Khi làm việc trong điều kiện khô ẩm thay đổi thường xuyên, hiện tượng biến dạng co nở lặp đi lặp lại có thể làm phát sinh trong vật liệu vết nứt và dẫn đến phá hoại nó.

4. NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CÓ LIÊN QUAN ĐẾN NHIỆT

4.1. Tính truyền nhiệt

Tính truyền nhiệt của vật liệu là tính chất để cho nhiệt truyền qua chiều dày của khối vật liệu, từ phía mặt giới hạn có nhiệt độ cao sang phía mặt giới hạn có nhiệt độ thấp:

Khi chế độ truyền nhiệt ổn định và vật liệu có dạng tấm phẳng thì nhiệt lượng truyền qua tấm vật liệu này được tính bằng công thức:

$$Q = \lambda \cdot \frac{F(t_2 - t_1) \cdot Z}{a} \quad (\text{kcal})$$

trong đó:

F - diện tích bề mặt của tấm vật liệu truyền nhiệt, m²;

t₁, t₂ - nhiệt độ bề mặt tấm vật liệu ở phía có nhiệt độ cao và phía có nhiệt độ thấp, °C;

a - chiều dày của tấm vật liệu, m;

Z - thời gian truyền nhiệt, h;

λ - hệ số truyền nhiệt của vật liệu.

Hệ số truyền nhiệt của vật liệu đặc trưng cho khả năng truyền nhiệt của vật liệu đó và rút ra từ công thức dưới dạng sau:

$$\lambda = \frac{Q \cdot a}{F(t_2 - t_1) \cdot Z} \quad (\text{kcal / m} \cdot \text{°C} \cdot \text{h})$$

Công thức này cho ta thấy hệ số truyền nhiệt λ của một loại vật liệu có trị số đúng bằng nhiệt lượng truyền qua tấm làm từ vật liệu đó có diện tích bề mặt 1m², chiều dày 1m khi thời gian truyền nhiệt là 1h và độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt tấm là 1°C.

Hệ số truyền nhiệt của một loại vật liệu phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: khối lượng thể tích, độ rỗng, cấu trúc lỗ rỗng, độ ẩm và nhiệt độ trung bình của bản thân vật liệu đó.

Không khí có hệ số truyền nhiệt nhỏ hơn hệ số truyền nhiệt của các vật chất khác (λ = 0,02 kcal/m°C.h). Bởi vậy vật liệu nào có độ rỗng càng lớn, tức là khối lượng thể tích càng nhỏ, sẽ càng chứa nhiều không khí và vì vậy hệ số truyền nhiệt của nó cũng nhỏ. Điều này được thể hiện qua công thức thực nghiệm của V.P Nhekraxov về quan hệ giữa hệ số truyền λ với khối lượng thể tích λ của cùng một loại vật đưa ra dưới đây:

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,22\gamma_0^2} - 0,14$$

trong đó: γ₀ - khối lượng thể tích của vật liệu, g/cm³ hay T/m³.

Cấu trúc lỗ rỗng trong vật liệu cũng ảnh hưởng nhiều đến hệ số truyền nhiệt. Hiện tượng đối lưu của không khí trong các lỗ rỗng làm cho vật liệu có lỗ rỗng cấu trúc hở sẽ

có hệ số truyền nhiệt lớn hơn so với hệ số truyền nhiệt của vật liệu có cùng ~~độ~~ tổng nhưng có lỗ rỗng cấu trúc kín.

Khi độ ẩm của vật liệu càng tăng lên thì hệ số truyền nhiệt của nó càng lớn. Hiện tượng này được giải thích bởi hệ số truyền nhiệt của nước là 0,51 kcal/m.°C.h, lớn gấp 25 lần hệ số truyền nhiệt của không khí. Quan hệ giữa hệ số truyền nhiệt của vật liệu có độ ẩm W (λ_w) với độ ẩm của nó thể hiện qua công thức sau:

$$\lambda_w = \lambda + \Delta\lambda \cdot W \text{ (kcal/m.°C.h)}$$

trong đó:

λ - hệ số truyền nhiệt của vật liệu ở trạng thái khô, (kcal/m.°C.h);

W - độ ẩm của vật liệu, %;

$\Delta\lambda$ - gia số của hệ số truyền nhiệt ứng với mỗi phần trăm tăng của độ ẩm vật liệu tính theo thể tích, kcal/m.°C.h; được lấy như sau:

- Vật liệu hữu cơ 0,003 kcal/m.°C.h

- Vật liệu vô cơ 0,002 kcal/m.°C.h

Khi nhiệt độ trung bình của vật liệu tăng lên thì hệ số truyền nhiệt của nó cũng tăng lên do chuyển động nhiệt của các phân tử vật chất trong vật liệu mạnh hơn. Điều này được thể hiện qua công thức Vlasốp dưới đây:

$$\lambda_1 = \lambda_0(1 + \alpha \cdot t), \text{ (kcal/m.°C.h);}$$

λ_1 - hệ số truyền nhiệt của vật liệu khi nhiệt độ trung bình của nó là $t^\circ\text{C}$, kcal/m.°C.h;

λ_0 - hệ số truyền nhiệt của vật liệu ở 0°C , kcal/m.°C.h;

t - nhiệt độ trung bình của vật liệu, 0°C ;

α - hệ số gia tăng của hệ số truyền nhiệt ứng với sự thay đổi của nhiệt độ là 1°C ; $\alpha = 0,0025$,

Công thức trên chỉ thích hợp trong phạm vi nhiệt độ thấp hơn 100°C . Khi nhiệt độ cao hơn, cần xác định lại công thức bằng thực nghiệm.

Tính truyền nhiệt có ý nghĩa rất quan trọng đối với những vật liệu dùng trong các bộ phận công trình xây dựng dân dụng (như tường bao che, mái, trần...) và đặc biệt là đối với những vật liệu cách nhiệt chuyên dùng để giữ nhiệt cho các buồng và thiết bị nhiệt.

4.2. Nhiệt dung và nhiệt dung riêng

Khi vật liệu được nung nóng hay làm nguội, nó sẽ hấp thụ hay giải phóng ra một nhiệt lượng nào đó. Nhiệt lượng này được gọi là nhiệt dung Q và được tính theo công thức:

$$Q = C.G.(t_2 - t_1) \quad \text{(kcal)}$$

trong đó:

C - nhiệt dung riêng của vật liệu;

G - khối lượng của vật liệu, kg;

t_2 và t_1 - nhiệt độ của vật liệu sau và trước khi nung nóng, °C.

Từ công thức tính nhiệt dung vừa nêu, có thể rút ra công thức tính nhiệt dung riêng C của vật liệu dưới dạng:

$$C = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)} \quad (\text{kcal/kg.}^\circ\text{C})$$

Nếu trong công thức này, thay đổi khối lượng của mẫu vật liệu được nung nóng là $G = 1\text{kg}$, độ chênh lệch nhiệt độ sau và trước khi thí nghiệm $(t_2 - t_1) = 1^\circ\text{C}$ thì $C = Q(\text{kcal/kg.}^\circ\text{C})$. Như vậy nhiệt dung riêng của vật liệu là nhiệt lượng cần thiết để nung nóng 1 kg vật liệu lên thêm 1°C .

Mỗi vật liệu có nhiệt dung riêng riêng biệt. Nếu vật liệu là hỗn hợp của nhiều vật liệu thành phần thì nhiệt dung riêng của vật liệu hỗn hợp C_{hh} được tính bằng công thức:

$$C_{hh} = \frac{C_1 \cdot G_1 + C_2 \cdot G_2 + \dots + C_n \cdot G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} \quad (\text{kcal/kg.}^\circ\text{C})$$

trong đó:

G_1, G_2, \dots, G_n - khối lượng của vật liệu thành phần, kg;

C_1, C_2, \dots, C_n - nhiệt dung riêng của các vật liệu thành phần, kcal/kg.°C.

So với các vật liệu khác, nước có nhiệt dung riêng lớn nhất ($1\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$). Bởi vậy khi vật liệu có độ ẩm tăng thì nhiệt dung riêng của vật liệu cũng tăng lên và được tính theo công thức:

$$C_w = \frac{C + 0,01WC_n}{1 + 0,01W} \quad (\text{kcal/kg.}^\circ\text{C})$$

trong đó:

C_w - nhiệt dung riêng của vật liệu ẩm, kcal/kg.°C;

C - nhiệt dung riêng của vật liệu khô, kcal/kg.°C;

C_n - nhiệt dung riêng của nước, kcal/kg.°C;

W - độ ẩm của vật liệu, %.

Nhiệt dung và nhiệt dung riêng được dùng trong tính toán nhiệt lượng cho gia công vật liệu xây dựng và cũng dùng để lựa chọn vật liệu khi xây dựng các trạm nhiệt.

4.3. Tính chống cháy và tính chịu lửa

Tính chống cháy là khả năng của vật liệu chịu được tác dụng của ngọn lửa trong một thời gian nhất định.

Dựa vào tính chống cháy có thể chia vật liệu xây dựng làm ba nhóm: nhóm vật liệu không cháy, nhóm vật liệu khó cháy và nhóm vật liệu dễ cháy.

Vật liệu không cháy là vật liệu dưới tác dụng của ngọn lửa hay nhiệt độ cao cũng không bị bắt lửa, không cháy âm ỉ và không bị cacbon hoá. Khi nhiệt độ cao, phần lớn các vật liệu trong nhóm này có biến dạng nhỏ không đáng kể (như gạch ngói, bê tông, amiăng...), song còn có cả những vật liệu có biến dạng lớn (như thép).

Vật liệu khó cháy là những vật liệu dưới tác dụng của ngọn lửa hay nhiệt độ cao có thể bị bắt lửa, cháy âm ỉ hay bị cacbon hoá một cách khó khăn. Tuy vậy khi bỏ nguồn gây cháy thì các hiện tượng vừa nêu cũng kết thúc. Thuộc về nhóm vật liệu khó cháy có bê tông asfan, tấm fibrôlít, vật liệu gỗ hỗn hợp chất chống cháy...

Vật liệu dễ cháy là những vật liệu dưới tác dụng của ngọn lửa hay nhiệt độ cao sẽ bắt lửa và tiếp tục cháy sau khi đã bỏ nguồn cháy. Nói chung các vật liệu hữu cơ đều nằm trong nhóm này.

Tính chịu lửa là tính chất của vật liệu chịu được tác dụng lâu dài của nhiệt độ cao mà không bị chảy và biến hình.

Tuỳ theo khả năng chịu lửa mà vật liệu chia thành 3 nhóm: nhóm vật liệu chịu lửa, nhóm vật liệu khó chảy và nhóm vật liệu dễ chảy.

Vật liệu chịu lửa có khả năng chịu được tác dụng lâu dài của nhiệt độ cao hơn 1580°C như gạch chịu lửa samốt, đina... các vật liệu này dùng để lót bên trong các lò công nghiệp.

Vật liệu khó chảy chịu được nhiệt độ từ 1350°C đến 1580°C gồm những loại gạch đặc biệt để xây lò và xây ống khói.

Vật liệu dễ chảy chịu được nhiệt độ thấp hơn 350°C , thí dụ như gạch đất sét nung thông thường.

5. CÁC TÍNH CHẤT CƠ HỌC

5.1. Tính biến dạng của vật liệu

Tính biến dạng là tính chất của vật liệu có thay đổi hình dạng và kích thước khi ngoại lực tác dụng lên nó.

Thực chất của biến dạng là ngoại lực tác dụng lên vật làm thay đổi hoặc phá vỡ vị trí cân bằng của chất điểm trong vật liệu và làm cho các chất điểm này có chuyển vị tương đối.

Dựa vào đặc tính của biến dạng có thể chia ra làm biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Nếu sau khi bỏ ngoại lực mà biến dạng mất đi hoàn toàn thì biến dạng đó được coi là biến dạng đàn hồi. Tính chất hồi phục hình dạng và kích thước ban đầu của vật liệu sau khi dỡ bỏ ngoại lực gọi là tính đàn hồi. Trái lại nếu sau khi dỡ bỏ ngoại lực mà vật liệu không trở lại được hình dạng và kích thước ban đầu thì biến dạng đó gọi là biến dạng dẻo và tính chất đó của vật liệu được gọi là tính dẻo.

Biến dạng đàn hồi xuất hiện khi ngoại lực tác dụng chưa quá lực tương tác giữa các chất điểm của vật liệu. Công của ngoại lực sẽ chuyển hoá thành nội năng-năng lượng đàn hồi. Nếu bỏ ngoại lực đi, tức là năng lượng đàn hồi sẽ sinh công để khôi phục vị trí cân bằng ban đầu cho các chất điểm. Khi đó biến dạng của vật liệu sẽ triệt tiêu. Biến dạng đàn hồi thường xảy ra khi tải trọng nhỏ và tác dụng ngắn hạn. Tính đàn hồi của vật liệu được đặc trưng bằng môđun đàn hồi E_{dh} :

$$E_{dh} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{MPa})$$

trong đó:

σ - ứng suất ở giai đoạn đàn hồi, daN/cm² hay MPa;

ε - biến dạng đàn hồi tương đối, %.

Biến dạng đàn hồi tương đối ε , còn gọi là độ dãn dài tương đối, được tính bằng công thức:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (\%)$$

trong đó:

l - chiều dài thanh vật liệu (m, mm);

Δl - biến dạng dài tuyệt đối của thanh vật liệu dài (m, mm).

Khi ngoại lực tác dụng lên vật liệu lớn hơn lực tương hỗ giữa các chất điểm của vật liệu sẽ gây nên sự phá hoại cục bộ hay toàn bộ đối với cấu trúc của vật liệu. Lúc này công do ngoại lực gây ra không chuyển hoá thành nội năng mà gây phá hoại cấu trúc nội bộ vật liệu và do đó biến dạng không thể bị triệt tiêu.

Căn cứ vào hiện tượng biến dạng tới trước lúc bị phá hoại, vật liệu còn được chia ra làm vật liệu dẻo và vật liệu giòn.

Vật liệu dẻo là vật liệu trước khi phá hoại có biến dạng dẻo rất rõ rệt, thí dụ: thép ít cacbon, bitum... Trái lại, vật liệu giòn cho tới trước khi phá hoại vẫn không có hiện tượng biến dạng dẻo rõ rệt, thí dụ: gang, đá thiên nhiên, bê tông...

Khi bỏ ngoại lực nội năng lại sinh công đưa vật liệu trở về trạng thái ban đầu. Nguyên nhân là lực tác dụng đã vượt quá lực tương tác giữa các chất điểm, phá vỡ cấu

trúc của vật liệu làm các chất điểm có dịch chuyển tương đối. Do đó biến dạng vẫn còn tồn tại khi loại bỏ ngoại lực.

Điều kiện của biến dạng đàn hồi: Ngoại lực tác dụng lên vật liệu chưa vượt quá lực tương tác giữa các chất điểm của nó. Do đó, khi lực tác dụng đủ lớn và lâu dài thì ngoài biến dạng đàn hồi còn xuất hiện biến dạng dẻo.

Tính dẻo và tính giòn của vật liệu biến đổi tùy thuộc nhiều nhân tố: nhiệt độ, lượng ngậm nước, tốc độ tăng lực v.v... Ví dụ: bitum khi nén với tốc độ tăng lực nhanh hay ở nhiệt độ thấp là vật liệu giòn, song khi nén với tốc độ tăng chậm hay ở nhiệt độ cao lại là vật liệu dẻo. Đất sét khi khô là vật liệu giòn, khi ẩm ướt lại trở thành vật liệu dẻo.

Vật liệu đàn hồi được mô hình hoá để phục vụ cho nghiên cứu bằng mô hình lò xo. Biến dạng đàn hồi của vật liệu đàn hồi lý tưởng tuân theo Định luật Húc.

Vật liệu dẻo lý tưởng (như chất lỏng lý tưởng) có biến dạng tương đối tuân theo Định luật Niuton:

$$\varepsilon = \frac{\tau \cdot t}{\eta} \quad (\%)$$

trong đó:

τ - ứng suất trượt, daN/cm² hay MPa;

t - thời gian, s;

η - độ nhớt, daN/cm².s hay MPa.s.

Với vật liệu có cả tính đàn hồi và tính dẻo (thí dụ: bê tông asfan hay tấm chắn dẻo), biến dạng tổng hợp ε bao gồm hai thành phần: biến dạng đàn hồi ε_{dh} và biến dạng dẻo ε_d :

$$\varepsilon = \varepsilon_{dh} + \varepsilon_d$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma t}{\eta}$$

hay

$$\varepsilon = \sigma \left(\frac{1}{E} + \frac{t}{\eta} \right)$$

Khi một ngoại lực không đổi tác dụng lâu dài lên vật liệu có thể làm cho biến dạng của vật liệu tăng theo thời gian và hiện tượng này được gọi là *từ biến*. Nguyên nhân gây ra từ biến là do bộ phận phi tinh thể có trong vật liệu có tính chất gần giống với chất lỏng và mật khác, bản thân mạng lưới tinh thể cũng có những khuyết tật (hiện tượng sai lệch cấu trúc).

Muốn cho biến hình của vật liệu dưới tác dụng của ngoại lực không bị thay đổi theo thời gian thì ứng suất trong vật liệu phải giảm dần theo thời gian. Hiện tượng này được

gọi là hiện tượng *chùng ứng suất*. Nguyên nhân của hiện tượng chùng ứng suất là do một bộ phận vật liệu có biến hình đàn hồi dần dần chuyển sang biến dạng dẻo, năng lượng đàn hồi chuyển dần thành nhiệt năng và mất đi.

5.2. Cường độ

Cường độ là khả năng lớn nhất của vật liệu chống lại sự phá hoại do tải trọng hoặc tác động môi trường gây ra và được xác định bằng ứng suất tới hạn khi mẫu vật liệu bị phá hoại.

Trong kết cấu xây dựng, vật liệu phải chịu các tải trọng khác nhau như: kéo, nén, uốn, cắt ... Tương ứng với mỗi dạng chịu tải này sẽ có các loại cường độ: cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, cường độ chịu cắt...

Cường độ là chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng tối thiểu để đánh giá chất lượng của những vật liệu dùng cho các bộ phận chịu lực của công trình. Bởi vậy cường độ được dùng làm căn cứ chủ yếu để định ra mức của các vật liệu này. Thí dụ: với đá thiên nhiên, bê tông xi măng... thường dùng cường độ chịu nén để định ra mức vì chúng đều là những vật liệu có khả năng chịu nén cao (cường độ chịu nén thường cao hơn cường độ chịu kéo từ 8 đến 15 lần) và thường được dùng làm các bộ phận chịu nén của công trình. Trong khi đó đối với thép xây dựng lại phải căn cứ vào cường độ chịu kéo để định ra mức.

Cường độ của vật liệu thường được xác định bằng phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu: đặt các mẫu vật liệu đã được gia công thích hợp lên máy gia tải tăng tải tới khi mẫu bị phá hoại. Cường độ của vật liệu được tính toán từ các kết quả xác định trong thí nghiệm theo các công thức tương ứng với dạng chịu lực đã được nghiên cứu trong môn học Sức bền vật liệu. Chẳng hạn như cường độ chịu nén R_n và cường độ chịu kéo R_k của vật liệu được tính bằng công thức:

$$R_n = \frac{P_{\max}}{F} \quad (\text{daN/cm}^2 \text{ hay MPa})$$

hoặc

$$R_k = \frac{N_{\max}}{F} \quad (\text{daN/cm}^2 \text{ hay MPa})$$

trong đó:

P_{\max} - tải trọng nén phá hoại mẫu, daN hay N;

N_{\max} - tải trọng kéo phá hoại mẫu, daN hay N;

F - tiết diện chịu lực của mẫu, cm^2 hay mm^2 .

Cường độ chịu uốn R_u của vật liệu được tính bằng công thức:

$$R_u = \frac{M}{W} \quad (\text{daN/cm}^2 \text{ hay MPa})$$

M - mômen uốn phá hoại, daN.cm hay N.mm;

W - mômen chống uốn của tiết diện chịu uốn, cm^3 hay mm^3 .

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm xác định cường độ của vật liệu bằng phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu. Dưới đây sẽ tìm hiểu một số yếu tố ảnh hưởng chủ yếu.

Trước hết là ảnh hưởng của hình dạng mẫu thí nghiệm. Chẳng hạn để xác định cường độ chịu nén, có thể thí nghiệm với nhiều loại hình dạng mẫu khác nhau: mẫu hình khối lập phương, mẫu hình hộp lăng trụ đứng hay mẫu hình trụ tròn. Thực nghiệm cho kết quả thí nghiệm trên các mẫu này sẽ khác nhau dù cùng một loại vật liệu, chẳng hạn cường độ nén mẫu lăng trụ sẽ nhỏ hơn cường độ nén mẫu hình lập phương mặc dù có cùng diện tích chịu lực.

Khi hình dạng của mẫu thí nghiệm giống nhau thì kích thước mẫu ảnh hưởng rõ rệt đến kết quả thí nghiệm. Mẫu có kích thước nhỏ sẽ có cường độ nén lớn hơn mẫu kích thước lớn. Điều này được giải thích như sau: khi máy nén tăng tải, trên bề mặt mẫu tiếp xúc với mâm nén xuất hiện lực ma sát có tác dụng hạn chế sự phá hoại theo hướng ngang (hiện tượng nở hông) của mẫu. Bởi vậy khi kích thước mẫu càng lớn, tác dụng hạn chế phá hoại của lực ma sát nói trên ở phần giữa mẫu càng nhỏ khiến cho cường độ thí nghiệm càng thấp. Cũng cần kể thêm, khi mẫu càng lớn, xác suất xuất hiện sai sót trong cấu trúc của vật liệu càng lớn.

Đặc điểm bề mặt mẫu thí nghiệm cũng là một yếu tố ảnh hưởng kết quả thí nghiệm cường độ nén. Khi mâm nén được bôi trơn bằng dầu nhờn sẽ làm lực ma sát xuất hiện trên bề mặt mẫu giảm đi và có thể giảm tới 50% so với khi không bôi trơn bề mặt mâm nén.

Tốc độ tăng tải trong khi thí nghiệm cũng ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm. Nếu tốc độ tăng tải lớn, tốc độ biến dạng của mẫu sẽ chậm tương đối so với tốc độ tăng tải trọng nên trị số cường độ sẽ cao hơn.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm xác định cường độ của vật liệu. Bởi vậy thí nghiệm xác định cường độ của vật liệu phải được tiến hành theo những quy định của các tiêu chuẩn Nhà nước đối với từng loại vật liệu. Cường độ vật liệu xác định theo các quy định này được gọi là cường độ tiêu chuẩn R^c .

Bên cạnh phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu đã xuất hiện rất sớm và cho tới nay vẫn giữ vai trò quan trọng, do yêu cầu thực tế và đặc biệt là khi phải kiểm tra cường độ vật liệu trong cấu kiện hay công trình, đã được nghiên cứu và phát triển nhiều phương pháp thí nghiệm không phá hoại để xác định cường độ vật liệu. Dựa vào nguyên tắc của dụng cụ đo có thể chia các phương pháp thí nghiệm không phá hoại thành hai nhóm theo nguyên tắc cơ học và nhóm theo nguyên tắc vật lý.

Nhóm theo nguyên tắc cơ học gồm các phương pháp mang tên dụng cụ đo như: búa bi, búa có thanh chuẩn, súng bật nảy Schmidt, súng bắn đạn thử... Nguyên tắc chung của

các phương pháp này là dùng các dụng cụ trên thực hiện tác động cơ học lên bề mặt vật liệu mà không gây ra phá hoại để xác định các thông số đo. Tùy phương pháp cụ thể mà thông số đo có thể là độ cứng, biến dạng cục bộ trên vật liệu hay biến dạng do phản lực từ vật liệu tạo ra trên dụng cụ đo tác động cơ học. Đem các thông số đo được này đối chiếu với đồ thị chuẩn tương ứng của dụng cụ để suy ra cường độ.

Nhóm theo nguyên tắc vật lý bao gồm các phương pháp cộng hưởng, phóng xạ và xung siêu âm. Nguyên tắc của nhóm phương pháp này là dựa vào quy luật lan truyền của xung điện, tia phóng xạ hay sóng siêu âm khi qua vật liệu để xác định mật độ, tần số dao động riêng hay vận tốc sóng siêu âm. Đem đối chiếu các kết quả đo này với đồ thị chuẩn của từng phương pháp để xác định cường độ vật liệu. Trong các phương pháp theo nguyên tắc vật lý, phương pháp xung siêu âm được sử dụng rộng phổ biến nhất. Các thông số cần đo trong thí nghiệm là quãng đường lan truyền sóng siêu âm. Khi này vận tốc của sóng siêu âm trong vật liệu v được tính bằng công thức:

$$v = \frac{L}{t - t_0} \quad (\text{cm/s})$$

trong đó:

L - quãng đường lan truyền sóng siêu âm, cm;

t - thời gian truyền sóng siêu âm, s;

t_0 - thời gian hiệu chỉnh, phụ thuộc vào vị trí của thiết bị, s.

Từ v có thể dựa vào đồ thị chuẩn định ra cường độ vật liệu.

Có thể đưa ra nhận xét chung rằng các phương pháp không phá hoại để xác định cường độ vật liệu là rất tiện lợi trong thực tế song không thể thay thế hoàn toàn cho phương pháp phá hoại. Đó là chưa kể các biểu đồ chuẩn của phương pháp không phá hoại phải được xây dựng trên cơ sở phương pháp phá hoại mẫu.

Cường độ là một chỉ tiêu rất quan trọng để đánh giá chất lượng của vật liệu về mặt cơ học. Trong thực tế cường độ được sử dụng để lựa chọn vật liệu cho công trình, cho tính toán kết cấu công trình, cho kiểm tra đánh giá công trình cũ và là số liệu không thể thiếu trong hồ sơ nghiệm thu công trình.

* *Hệ số an toàn:*

Trong tính toán thiết kế công trình để đảm bảo an toàn, chỉ được phép sử dụng cường độ tính toán R_{tt} có trị số nhỏ hơn cường độ giới hạn của vật liệu R . Như vậy sẽ có:

$$R = K.R_{tt}$$

Trong đó $K > 1$ và được gọi là hệ số an toàn. Khi chọn hệ số an toàn K càng lớn, công trình sẽ càng bền vững song chi phí xây dựng sẽ càng tốn kém. Việc lựa chọn hệ số

an toàn phụ thuộc nhiều yếu tố: mức độ chính xác của tính toán, trình độ nắm chắc tính chất của vật liệu, mức độ thành thạo trong thi công và tuổi thọ của công trình.

* *Hệ số phẩm chất:*

Bình thường vật liệu có cường độ cao thì lại có khối lượng thể tích lớn. Song trong nhiều trường hợp nhà kỹ thuật mong muốn vật liệu có cường độ cao đồng thời khối lượng thể tích càng nhỏ thì càng tốt để trọng lượng bản thân kết cấu được giảm nhẹ. Để đánh giá đồng thời vật liệu xây dựng trên cả hai phương diện này phải sử dụng hệ số phẩm chất K_{pc} tính bằng công thức:

$$K_{pc} = \frac{R_{tc}}{\gamma}$$

trong đó:

R_{tc} - cường độ tiêu chuẩn của vật liệu, daN/cm² hay MPa;

γ - khối lượng thể tích của vật liệu, kg/m³.

Trong tính toán và sử dụng thực tế, hệ số phẩm chất thường được coi là một trị số không thứ nguyên, không cần quan tâm đến đơn vị. Hệ số phẩm chất rất cần thiết, khi đánh giá chất lượng vật liệu dùng cho các công trình có chiều cao lớn, vượt khẩu độ lớn và các công trình cần tháo lắp cơ động. Cũng cần nhớ rằng hệ số phẩm chất mang ý nghĩa tương đối, nhất là khi đem dùng để so sánh các vật liệu có bản chất khác nhau.

5.3. Độ cứng

Độ cứng là tính chất của vật liệu chống lại tác dụng đâm xuyên của vật liệu khác cứng hơn nó.

Độ cứng là một tính chất rất quan trọng đối với vật liệu làm đường, làm trụ cầu hay lát sàn, lát nền... Mặt khác nó cũng đặc trưng cho mức độ khó gia công của vật liệu.

Tuỳ thuộc vào loại vật liệu khác nhau sẽ có các phương pháp khác nhau để đánh giá độ cứng.

Với vật liệu khoáng, độ cứng được đánh giá bằng *thang Mohr*. Thang Mohr gồm có 10 khoáng vật mẫu được sắp xếp theo mức độ cứng tăng dần từ 1 đến 10 (xem bảng 1.3). Để xác định độ cứng của một loại vật liệu nào đó phải lấy các khoáng vật trong thang Mohr rạch lên vật liệu. Độ cứng của vật liệu sẽ nhỏ hơn độ cứng của khoáng vật trong thang Mohr rạch được lên vật liệu và lớn hơn độ cứng của khoáng vật đứng ngay trước đó để cho vật liệu rạch lên được. Sử dụng thang Mohr xác định độ cứng rất đơn giản nhưng trị số độ cứng này chỉ mang tính quy ước chứ không có ý nghĩa định lượng chính xác.

Bảng 1-3

Chỉ số độ cứng	Tên khoáng vật mẫu	Đặc điểm độ cứng
1	Tan	Rạch dễ dàng bằng móng tay
2	Thạch cao	Rạch được bằng móng tay
3	Canxit	Rạch dễ dàng bằng dao thép
4	Fluorit	Rạch bằng dao thép khi ấn nhẹ
5	Apatit	Rạch bằng dao thép khi ấn mạnh
6	Octoclaz	Làm xước kính
7	Thạch anh	Rạch được kính theo mức độ tăng dần
8	Topaz	
9	Corindon	
10	Kim cương	

Độ cứng của kim loại có thể được xác định bằng *phương pháp Brinelle*. Dùng lực P để ấn viên bi thép đường kính D lên vật liệu cần xác định độ cứng. Viên bi sẽ để lại trên bề mặt vật liệu vết lõm đường kính miệng d. Khi này độ cứng *Brinelle* HB của vật liệu được tính bằng công thức:

$$HB = \frac{P}{F} \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad \text{daN/mm}^2$$

trong đó:

F - diện tích vết lõm hình chỏm cầu, mm²;

D - đường kính viên bi thép, mm;

d - đường kính miệng vết lõm, mm;

P - lực ép viên bi, N.

Lực P được xác định bằng công thức:

$$P = KD^2 \quad (\text{N})$$

trong đó:

k - hệ số phụ thuộc loại vật liệu:

kim loại đen: k = 30

kim loại màu: k = 10

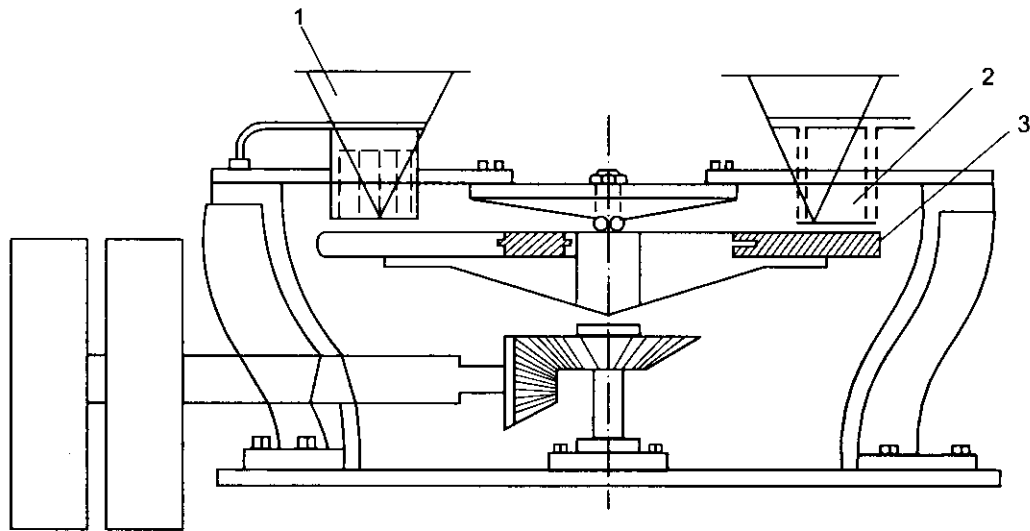
kim loại mềm: k = 3

5.4. Độ mài mòn

Độ mài mòn là độ mòn khối lượng trên một đơn vị diện tích mẫu bị mài mòn trên máy thí nghiệm.

Độ mài mòn của vật liệu phụ thuộc vào độ cứng, cường độ và cấu tạo nội bộ của vật liệu.

Độ mài mòn được xác định trên máy thí nghiệm xác định độ mài mòn (hình 1.2).



Hình 1.2. Máy thí nghiệm xác định độ mài mòn
1. phễu thạch anh; 2. bộ phận để kẹp mẫu; 3. đĩa ngang

Mẫu vật liệu được gia công thành hình trụ có đường kính 2,5 cm và chiều cao 5 cm và được gá vào bộ phận kẹp mẫu 2 để tỳ lên mâm quay 3. Mâm quay sẽ quay đủ 1000 vòng để mài mẫu. Trong thời gian máy hoạt động, cát thạch anh có đường kính 0,3 - 0,6 mm với số lượng 2,5 lít sẽ được rắc lên mâm quay từ phễu 1 để tăng ma sát.

Độ mài mòn được tính bằng công thức:

$$M_n = \frac{G_1 - G_2}{F} \quad (\text{g/cm}^2)$$

trong đó:

G - khối lượng mẫu trước thí nghiệm, g;

G_1 - khối lượng mẫu sau thí nghiệm, g;

F - diện tích chịu mài mòn, cm^2 .

Độ mài mòn rất có ý nghĩa đối với vật liệu làm đường, lát sàn, lát cầu thang.

5.5. Độ hao mòn (Trị số Los Angeles)

Độ hao mòn đặc trưng cho tính chất của vật liệu vừa chịu mài mòn vừa chịu va chạm.

Độ hao mòn của vật liệu được xác định trên máy thí nghiệm Devan (hình 1.3). Mẫu vật liệu khoáng có khối lượng tổng cộng 5 kg bao gồm những cục có khối lượng khoảng 100g được cho vào thùng quay của máy Devan (thùng quay hình trụ đặt nằm ngang, có chiều dài 500 và đường kính 700 mm). Sau khi máy quay 1000 vòng, lấy mẫu vật liệu ra

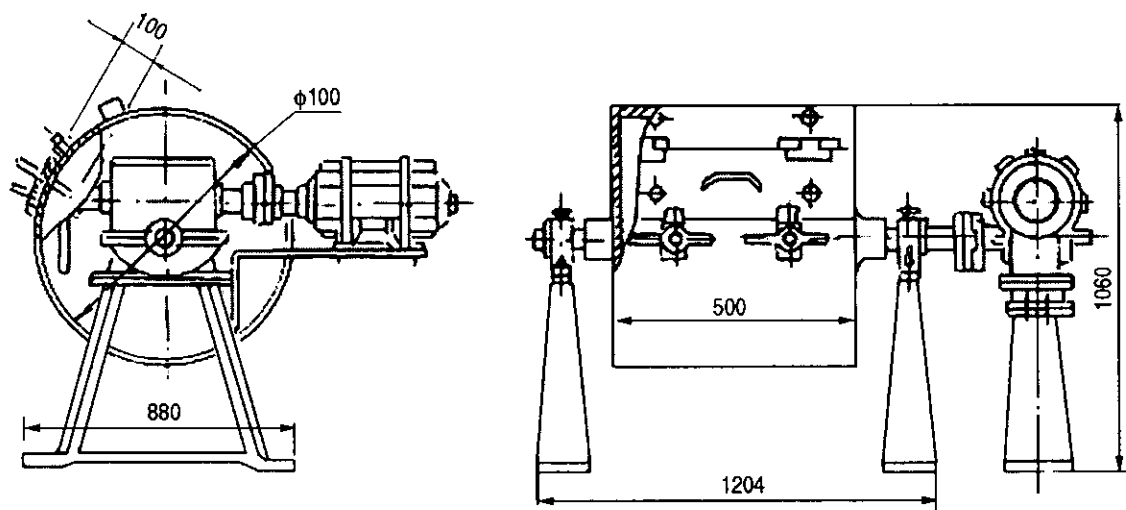
và sàng bỏ những hạt có đường kính nhỏ hơn 2 mm. Cân mẫu vật liệu còn lại và tính độ hao mòn của vật liệu theo công thức:

$$H = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100 \quad (\%)$$

trong đó:

G - khối lượng mẫu trước thí nghiệm, 5000g;

G₁ - khối lượng mẫu sau thí nghiệm (đã loại bỏ những hạt có đường kính nhỏ hơn 2 mm), g.



Hình 1.3: Thiết bị thí nghiệm xác định độ hao mòn của vật liệu

Dựa vào độ hao mòn, vật liệu đã được phân loại như sau:

- Đá chống hao mòn rất khoẻ: $Q < 4\%$
- Đá chống hao mòn khoẻ: $Q = 4 - 6\%$
- Đá chống hao mòn trung bình: $Q = 6 - 10\%$
- Đá chống hao mòn yếu: $Q = 10 - 15\%$
- Đá chống hao mòn rất yếu: $Q > 15\%$

Độ hao mòn cũng được xác định trên máy thí nghiệm chuyên dùng Los Angeles (AASHTO T96-87). Thùng máy có đường kính trong $711 \pm 5\text{mm}$ và chiều dài $508 \pm 5\text{mm}$. Mẫu vật liệu có khối lượng 5000g và được tách ra thành từng phần theo kích thước hạt. Để tăng cường độ va đập, ngoài mẫu vật liệu còn được đưa thêm những viên bi thép có đường kính trung bình 46,8mm và khối lượng khoảng 390 - 445g/viên với số lượng quy định tùy thuộc cỡ hạt của mẫu vật liệu. Máy quay với tốc độ quy định 30-33 vòng/phút tới đủ số vòng cần thiết 500 vòng cho đá nhỏ (đường kính hạt nhỏ hơn 37,5mm) và 1000 vòng cho đá lớn (đường kính hạt lớn hơn 37,5mm). Cân mẫu vật liệu còn lại sau

khi sàng bỏ những hạt vỡ vụn có đường kính nhỏ hơn 1,7mm. Khi này độ hao mòn của vật liệu được tính bằng công thức:

$$P = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100 \quad (\%)$$

trong đó:

G - khối lượng mẫu ban đầu, g;

G₁ - khối lượng mẫu sau khi sàng, g.

Giới hạn độ hao mòn là 10 - 45%. Tùy theo kết cấu mặt đường mà đòi hỏi vật liệu có độ mài mòn khác nhau.

5.8. Tính chống va chạm

Tính chống va chạm là khả năng của vật liệu chống lại sự phá huỷ do tác dụng của tải trọng va chạm gây ra và được biểu thị bằng công cần thiết để đập vỡ một đơn vị thể tích mẫu vật liệu.

Để xác định khả năng chống va chạm của một loại vật liệu phải sử dụng máy búa chuyên dụng. Một quả búa có khối lượng G được thả rơi tự do từ độ cao h xuống đập vào mẫu thí nghiệm. Quả búa được thả rơi đến lần thứ n để trên bề mặt mẫu xuất hiện vết nứt đầu tiên. Công va chạm để làm vỡ mẫu A_k được tính bằng công thức:

$$A_k = g \cdot G \cdot h \cdot n \quad (\text{N.m})$$

trong đó:

G - khối lượng quả búa, kg;

h - chiều cao rơi tự do của búa, m;

n - số lần thả búa rơi tự do;

g - gia tốc trọng trường, 9,81 m/s².

Khi này độ bền chống va chạm của vật liệu được tính bằng công thức sau:

$$a_k = \frac{A_k}{V_0} \quad (\text{N.m/cm}^3)$$

trong đó: V₀ - thể tích mẫu vật liệu, cm³.

Độ bền chống va chạm rất có ý nghĩa đối với vật liệu làm áo đường và lát sàn.

Chương 2

VẬT LIỆU ĐẤT, ĐÁ XÂY DỰNG

1. KHÁI NIỆM

Vật liệu đá xây dựng là vật liệu xây dựng được sản xuất bằng cách gia công cơ học (nổ mìn, đập, nghiền, cưa, đục, chạm, đánh bóng...) các loại đá thiên nhiên.

Đất nằm trên bề mặt Trái Đất và là vật liệu quan trọng, được sử dụng rộng rãi trong xây dựng công trình. Do được sử dụng thường xuyên và sự quan trọng của nó cho nên đất được coi là một trong các vật liệu quan trọng hàng đầu trong xây dựng dân dụng, đường cao tốc, và kết cấu.

1.1. Khoáng vật - Đá - Đất

Vỏ ngoài cùng của Trái Đất, dày từ 10 đến 15km, được cấu tạo từ 8 thành phần hoá học chính. Hàm lượng của các nguyên tố hoá học này trong bề mặt vỏ Trái Đất được chỉ ra trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. Hàm lượng của các nguyên tố chủ yếu trên bề mặt Trái Đất

TT	Nguyên tố	Thành phần (%)
1	Ôxy	46,0
2	Silic	28,0
3	Nhôm	8,0
4	Sắt	6,0
5	Magiê	4,0
6	Canxi	2,4
7	Kali	2,3
8	Natri	2,1

Những nguyên tố này được tìm thấy trong đất và đá của vỏ Trái Đất, chúng liên kết với nhau thành một khối đồng nhất về mặt hoá học và cấu trúc, chúng được gọi là khoáng vật. Khoáng vật tạo ra đá đặt trong môi trường chịu tác dụng của thời tiết sẽ tạo thành đất. Năm thành phần khoáng vật chiếm hàm lượng lớn nhất trên bề mặt Trái Đất được cho trong bảng 2.2.

Bảng 2.2. Khoáng vật tạo đá chủ yếu

Khoáng vật	Phần trăm (%)	Thành phần hoá học
1- Felspat + Plagioclas (fenspat natri, canxi) + Octoclas (fenspat kali)	30	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3)$, $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2- Thạch anh (silic điôxit)	28	SiO_2
3- Mica + Biotit + Muscovit	18	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
4- Canxi cacbonat + Canxit + Đolômit	9 9	CaCO_3 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
5- Sắt ôxit	4	

Đất có thể được chở từ nơi khác đến hoặc vật liệu tại công trường. Đất được chở từ các địa điểm khác đến để làm nền, để xây dựng các công trình bằng đất hay để phục vụ cho các mục đích khác. Tại công trường thì đất được sử dụng tại chỗ và nó cũng có công dụng tương tự như vậy.

Do chỉ sử dụng các hình thức gia công cơ học nên vật liệu đá thiên nhiên hầu như vẫn giữ nguyên các tính chất cơ lý của đá gốc. Bởi vậy muốn nghiên cứu vật liệu đá thiên nhiên cần phải tìm hiểu về đá và trước hết là về khoáng vật - cơ sở kiến tạo nên đá thiên nhiên.

Khoáng vật là những tính chất hoá học được tạo thành do kết quả của những quá trình hoá lý tự nhiên khác nhau xảy ra trong vỏ quả đất.

Mỗi loại khoáng vật được đặc trưng bởi sự đồng nhất về thành phần hoá học, cấu trúc và tính chất vật lý; thí dụ: khoáng vật thạch anh có thành phần hoá học là SiO_2 , kiến trúc tinh thể hình khối lăng trụ hai đầu có tháp nhọn và có các tính chất vật lý như: khối lượng riêng $2,658 \text{ g/cm}^3$, trong suốt, ánh thủy tinh, độ cứng 7, ...

1.2. Phân loại đá

Đá thiên nhiên là một tổ hợp có quy luật của một hay nhiều loại khoáng vật.

Những loại đá chỉ do một loại khoáng vật tạo thành được gọi là đá đơn khoáng (như đá vôi, đá thạch cao ...), còn những loại đá tạo thành từ hai loại khoáng vật trở lên được gọi là đá đa khoáng (đá granít gồm có khoáng vật thạch anh, fenspat, mica và một số khoáng vật có màu sẫm khác). Đá thiên nhiên tạo thành do những quá trình địa chất khác nhau xảy ra trong nhiều triệu năm. Theo điều kiện tạo thành, đá thiên nhiên được chia làm 3 nhóm: đá macma, đá trầm tích và đá biến chất.

Đá macma: được hình thành do sự rắn chắc của khối macma nóng chảy phun ra khỏi bề mặt Trái Đất khi phun trào núi lửa. Khối macma nguội lạnh dần dần và rắn chắc lại khi tiếp xúc với vùng có nhiệt độ thấp hơn (không khí). Tốc độ nguội lạnh của khối macma sẽ quyết định loại đá sẽ được hình thành. Một vài loại đá macma phổ biến nhất là: đá granit, bazan, gabro, rhyolit, obsidian, pumice, và diorit.

Đá trầm tích: được hình thành do sự đầm chặt lắng đọng và kết dính của các loại đất đá do thời tiết và do các quá trình hoá học khác. Áp lực được tạo ra là do tải trọng của các lớp nằm bên trên, áp lực rất lớn (áp lực cố kết) và chất kết dính được hoà tan trong nước. Một vài loại đá trầm tích phổ biến nhất là: đá phiến sét, đá sa thạch, đá vôi, thạch cao và đolômit.

Đá biến chất: được hình thành do quá trình biến chất (thay đổi thành phần và hình dạng). Quá trình biến đổi (biến chất) xảy ra với các loại đá macma, trầm tích và cả đá biến chất do tác động của nhiệt độ và áp lực. Một vài loại đá biến chất phổ biến nhất là: đá goni là đá biến chất của đá granit, đá hoa là đá biến chất của đá vôi và đá đolômit.

1.3. Phân loại đất

Tất cả 3 loại đá trên bị phong hoá sẽ tạo thành đất. Quá trình phong hoá có thể xảy ra là do thay đổi thành phần khoáng vật (phong hoá hoá học), có thể do nhiệt độ (phong hoá cơ học) hay kết hợp cả hai nguyên nhân này.

Đất được phân chia như sau:

- Đất tàn tích (residual soils): hình thành do thời tiết và tồn tại ngay tại địa điểm ban đầu của nó.

- Đất rửa trôi hay lắng đọng:

+ Đất được vận chuyển bởi dòng nước:

- Đất phù sa: được vận chuyển bởi sông suối.
- Đất châu thổ: được vận chuyển bởi dòng sông và lắng đọng tại vùng châu thổ.
- Đất biển: hình thành do sự vận chuyển và lắng đọng trong vùng biển.
- Đất hồ: lắng đọng tại đáy hồ.

+ Đất được vận chuyển bởi băng giá: được vận chuyển và lắng đọng do sự chuyển động của băng.

+ Đất được vận chuyển bởi gió: ví dụ: đất hoang thổ và đụn cát.

+ Đất trọng lực: được vận chuyển bởi trọng lực trên địa hình dốc do sụt, trượt.

Những quá trình địa chất khác nhau xảy ra theo thời gian làm thay đổi tính chất của đất. Những sự thay đổi này làm xuất hiện sự phân tầng tự nhiên của đất bề mặt, hay còn được gọi là các loại đất hoặc các loại phong hoá. Nói chung có thể phân biệt đất thành 3 vùng theo chiều sâu.

Lớp loại A: là lớp đất nằm trên cùng bao gồm cả đất mùn.

Lớp loại B: là lớp tiếp xúc với lớp thứ nhất chứa chủ yếu các hạt đất keo, mịn giống lớp A.

Lớp loại C: là lớp đất ít chịu phong hoá, nó là lớp đá đẽm.

Mỗi lớp đều có mức độ quan trọng khác nhau đối với đường cao tốc, sân bay và trong thiết kế, xây dựng công trình.

2. ĐÁ THIÊN NHIÊN

2.1. Đá macma

2.1.1. Đặc điểm và phân loại đá macma

Đá macma tạo thành do khối silicat nóng chảy (gọi là khối macma) từ lòng Trái Đất xâm nhập vào lớp vỏ quả đất hoặc phá vỡ lớp vỏ này phun lên bề mặt quả đất rồi nguội đi tạo thành. Theo vị trí hình thành ở vỏ quả đất, đá macma được chia ra 2 loại: đá macma xâm nhập (hay đá macma dưới sâu) và đá macma phun xuất.

Đá macma xâm nhập nằm sâu hơn trong vỏ Trái Đất. Các lớp đất đá ở phía trên gây nên áp lực lớn hơn và làm chậm quá trình nguội lạnh của khối macma trong khi kết tinh thành đá. Bởi vậy đá macma xâm nhập có cấu trúc tinh thể lớn, độ đặc chắc cao, khả năng chịu lực lớn và ít hút nước.

Đá macma phun xuất được tạo thành từ khối macma phun lên trên mặt đất. Do trong quá trình hình thành đá phải chịu áp suất thấp và tốc độ nguội lạnh nhanh nên chỉ một bộ phận khoáng vật kết tinh với kích thước tinh thể bé, không hoàn chỉnh, còn phần lớn chưa kịp kết tinh mà tồn tại ở dạng vô định hình. Bên cạnh đó hiện tượng các chất khí và hơi nước không kịp thoát ra, để lại trong đá nhiều lỗ rỗng. Bởi vậy đá macma phun xuất thường có cường độ thấp và độ rỗng lớn.

Theo hàm lượng ôxyt silic, đá macma còn được chia ra:

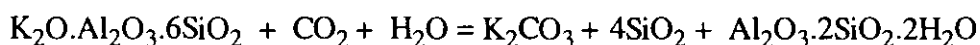
- đá macma axit ($\text{SiO}_2 > 65\%$)
- đá macma trung tính ($\text{SiO}_2: 65 - 55\%$)
- đá macma bazơ ($\text{SiO}_2: 55 - 45\%$)
- đá macma siêu bazơ ($\text{SiO}_2 < 45\%$).

2.1.2. Các khoáng vật tạo đá macma chủ yếu

Thạch anh là SiO_2 ở dạng kết tinh, tinh thể hình lục lăng hai đầu hình tháp nhọn, ít khi trong suốt mà thường có màu trắng sữa, khối lượng riêng $2,65\text{g/cm}^3$, độ cứng 7, cường độ chịu nén rất cao (khoảng 2000 MPa), chống mài mòn tốt và ổn định với axit (trừ axit flohydric và axit photphoric). Ở nhiệt độ thường, thạch anh không tác dụng với Ca(OH)_2 ,

nhưng trong môi trường hơi nước quá nhiệt (áp suất 8-13atm và nhiệt độ 175 - 200°C) phản ứng sẽ xảy ra tạo thành sản phẩm hydrosilicat canxi. Ở nhiệt độ 573°C, thạch anh có sự biến đổi thù hình và nở thể tích 1,5%. Tới nhiệt độ 1710°C, thạch anh bị chảy lỏng và khi nguội đi trở thành thủy tinh - một dạng thạch anh có cấu trúc thủy tinh.

Fenspat là khoáng vật khá phổ biến, có mặt trong nhiều loại đá, fenspat có thành phần hoá học là các alumosilicat của kali gồm hai loại: thẳng góc - octocla ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ - fenspat kali), xiên góc - plagiocla ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ - fenspat natri) và $CaO.Al_2O_3.6SiO_2$ - fenspat canxi. Fenspat có màu biến đổi từ trắng, trắng xám, vàng đến hồng đỏ, khối lượng riêng 2,55 - 2,76g/cm³, độ cứng 6, cường độ chịu nén giới hạn 120-170 MPa, nhiệt độ nóng chảy 1170-1550°C. Fenspat kém ổn định với nước, đặc biệt là nước có chứa CO₂. Sau khi bị phong hoá, fenspat tạo thành khoáng vật kaolinit $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$, thành phần chủ yếu của đất sét:



Mica là những alumosilicat ngậm nước rất phức tạp phổ biến nhất là hai loại: biôtit và muscovit.

Biôtit có công thức $K(Mg, Fe)_3.(Si_3AlO_{10}).(OH, F)_2$. Do chứa ôxit magiê và ôxit sắt nên biôtit có màu nâu và đen, bởi vậy có tên gọi là mica đen.

Muscovit có công thức $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O$. Do không chứa hai loại ôxit trên nên muscovit trong suốt và vì vậy có tên gọi là mica trắng. Mica có độ cứng 2 - 3, khối lượng riêng 2,76 - 3,2 g/cm³, cấu trúc dạng vảy nên dễ tách thành lớp. Chứa mica trong thành phần sẽ làm cho đá khó gia công mài nhẵn và tính chất cơ học bị giảm.

Các khoáng vật màu sẫm chủ yếu gồm có amfibon, pirôxen, olivin... Các khoáng vật này có màu sẫm (từ màu lục đến màu đen) cường độ cao, dai, khó gia công.

2.1.3. Các loại đá macma thường dùng trong xây dựng

a) Đá macma xâm nhập

Granit (còn gọi là đá hoa cương) là loại đá axit, có thành phần khoáng vật gồm thạch anh (20 - 40%), fenspat (40-70%), mica (5-20%) và các khoáng vật màu sẫm như amfibon và piroxen. Granit có cấu trúc toàn tinh, tinh thể dạng hạt, rất đặc chắc, màu sắc thay đổi từ xám sang màu hồng, khối lượng thể tích 2600 - 2700 kg/m³. Cường độ chịu nén của đá granit rất lớn: 120 - 150 MPa và khả năng chịu gia công cơ học cũng rất tốt. Granit được sử dụng làm đá học để xây, đá dăm để lát đường, làm cốt thép bê tông, hoặc được gia công cẩn thận để làm phiến xây hay làm đá ốp lát. Chú ý không dùng granit cho các công trình chịu nhiệt.

Syênit là một loại đá trung tính, thành phần khoáng vật gồm có fenspat, mica và khoáng chất màu sẫm, syênit có màu hồng và sẫm hơn màu của granit. Đá có cấu trúc toàn tinh đều đặn, khối lượng thể tích 2400 - 2800 kg/m³ và cường độ chịu nén 150 - 200 MPa. Syênit được sử dụng trong xây dựng khá rộng rãi với công dụng giống như đá granit.

Diorit là loại đá trung tính có thành phần khoáng vật chủ yếu là plagiocla trung tính (chiếm 3/4), hocblen, augit, biotit, amfibonpiroxen và cả mica. Đá diorit có màu xám, xám lục xen lẫn các vết sẫm và trắng, khối lượng thể tích 2900-3300 kg/m³, cường độ chịu nén 200-350 MPa. Diorit rất dai, chống va chạm tốt, chống phong hoá cao, dễ mài nhẵn, đánh bóng nên thường được dùng làm mặt đường và để sản xuất tấm ốp.

Gabro là loại đá bazơ gồm có khoáng vật fenspat và các khoáng vật màu sẫm. Gabro thường có màu sẫm từ lục đến đen.

b) Đá macma phun xuất

Poocfia là loại đá axit, có cấu trúc tinh thể lớn trên nền vi tinh (gọi là cấu trúc poocfia hay cấu trúc ban trắng). Đá poocfia được chia làm các loại: poocfia thạch anh (tương tự granit), poocfia thiếu thạch anh (tương tự syênit). Poocfia có tính chất gần giống các loại đá dưới sâu song do cấu trúc không đều và có hạt tinh thể lớn của fenspat nên khả năng chống phong hoá kém, cường độ chịu nén 130-180 MPa. Poocfia được dùng để gia công các cấu kiện, tấm ốp và sản xuất đá dăm.

Diabaz là một loại đá bazơ, tương tự như đá gabro về thành phần khoáng vật. Diabaz có màu lục nhạt tới tro xám, cường độ nén từ 300-400 MPa, rất dai và khó mài mòn. Đá được dùng chủ yếu để sản xuất vật liệu làm đường.

Bazan cũng là một loại đá bazơ và thành phần khoáng tương tự như gabro. Đá có cấu trúc ẩn tinh hay poocfia, khối lượng thể tích 2900-3500 kg/m³, cường độ chịu nén biến động nhiều tùy theo vết nứt và lỗ rỗng 100-500 MPa, rất cứng, giòn, chống phong hoá cao và rất khó gia công. Đá bazan là loại đá sử dụng phổ biến nhất, thường dùng để làm đường, làm cốt liệu bê tông.

Andêzit là loại đá trung tính, có thành phần khoáng vật gần giống với diorit, chủ yếu là plagiocla và các khoáng vật màu sẫm (augit). Đá có màu xám đến xám sẫm, khối lượng thể tích 2200-2700 kg/m³, cường độ chịu nén 120-240 MPa, chịu được axit. Đá andêzit được dùng làm vật liệu chống axit (tấm ốp hay đá dăm cho bê tông chống axit).

Ngoài những loại đá macma phun xuất đặc chắc vừa trình bày còn có một số loại đá rời rạc (tro núi lửa, cát núi lửa và sỏi đá bột) hay đá ở dạng keo kết từ các loại sản phẩm núi lửa rời rạc (tuff núi lửa, tuff dung nham và tơrat).

Tro núi lửa chính là phần dung nham núi lửa được phun lên rồi rơi xuống và nguội lạnh nhanh, tồn tại ở dạng bột. Bộ phận hạt có kích thước lớn (tới 5mm) được gọi là cát núi lửa. Dung nham núi lửa được phun lên rồi nguội lạnh nhanh thành những hạt có kích

thước 4-30mm được gọi là sỏi đá bọt. Sỏi đá bọt là loại đá rất rỗng (độ rỗng tới 80%), khối lượng thể tích trung bình 500kg/m^3 , độ hút nước thấp và hệ số truyền nhiệt nhỏ ($0,12 - 0,2\text{cal/m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$) vì lỗ rỗng lớn và kín, cường độ chịu nén 2-3 MPa.

Sỏi đá bọt và cát núi lửa thường được dùng làm cốt liệu cho bê tông nhẹ, còn tro núi lửa được dùng làm vật liệu cách nhiệt và làm bột mài.

Tup núi lửa là loại đá rỗng do tro núi lửa tụ lèn chặt và dính kết lại.

Loại tup núi lửa lèn chặt nhất gọi là torat.

Những loại tup núi lửa, torat và sỏi đá bọt ở trạng thái nghiền nhỏ cùng với tro núi lửa thường dùng làm phụ gia hoạt tính rắn trong nước cho các chất kết dính vô cơ như vôi ximăng.

Tup dung nham là một loại đá do tro và cát núi lửa lẫn trong dung nham nóng chảy rồi nguội lạnh mà tạo thành. Tup dung nham là một loại đá rất rỗng, khối lượng thể tích $750-1400\text{ kg/m}^3$, cường độ chịu nén 6-10 MPa, hệ số truyền nhiệt $0,3\text{ kcal/m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$. Tup dung nham thường được xẻ thành khối để xây tường hay nghiền làm đá dăm dùng cho bê tông nhẹ.

2.2. Đá trầm tích

2.2.1. Đặc điểm và phân loại đá trầm tích

Đá trầm tích được tạo thành trong điều kiện nhiệt động học của vỏ Trái Đất thay đổi. Do sự tác động của các yếu tố nhiệt độ, nước và các tác dụng hoá học mà nhiều loại đất đá bị phong hoá, vỡ vụn ra. Nhờ gió và nước cuốn đi rồi lắng đọng lại thành từng lớp, sau đó dưới áp lực và trải qua các thời kỳ địa chất chúng được gắn kết lại bằng các chất kết dính thiên nhiên tạo thành đá trầm tích. Căn cứ vào nguồn gốc, đá trầm tích còn được chia ra làm ba loại: đá trầm tích cơ học, đá trầm tích hoá học và đá trầm tích hữu cơ.

Đá trầm tích cơ học: là do các sản phẩm của quá trình phong hoá tích tụ hay lắng đọng lại tạo nên, chúng có thể ở trạng thái hỗn hợp hạt rời rạc (cát, cuội, sỏi...), hay được gắn kết bằng các chất keo tự nhiên (sa thạch, cuội kết, dăm kết...).

Đá trầm tích hoá học do các chất hoà tan trong nước lắng đọng xuống và gắn kết lại mà tạo thành. Cũng bởi vậy đá có đặc điểm là thành phần khoáng vật tương đối đơn giản và đồng đều hơn đá trầm tích cơ học. Những loại đá trầm tích hoá học điển hình là đá vôi, đá đolômit, manhêzit, đá thạch cao ...

Đá trầm tích hữu cơ: là do phần xác vô cơ của động thực vật lắng đọng và liên kết với nhau bằng chất kết dính tự nhiên tạo thành, thí dụ: đá vôi sò, đá phấn, đá diatômit, trepen...

Do điều kiện tạo thành, đá trầm tích có đặc điểm chung là có tính phân lớp rõ rệt, các lớp khác nhau về chiều dày, màu sắc, thành phần, độ lớn hạt, độ cứng... Cường độ nén

theo phương vuông góc với các lớp luôn luôn cao hơn cường độ nén theo phương song song với thớ. Đá trầm tích không đặc chắc bằng đá macma vì các chất keo thiên nhiên không chèn đầy thể tích rỗng giữa các hạt và bản thân chất keo khi khô kết co lại. Một số loại đá trầm tích khi hút nước có cường độ giảm đi rõ rệt, thậm chí còn bị tan ra trong nước.

Do đá trầm tích khá phổ biến lại dễ gia công nên nó được sử dụng khá rộng rãi làm vật liệu xây dựng và làm nguyên liệu sản xuất.

2.2.2. Các khoáng vật tạo đá trầm tích chủ yếu

a) Nhóm ôxyt silic

Các khoáng vật phổ biến nhất của nhóm này là: opan, chanxedoan và thạch anh trầm tích.

Opan ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) là khoáng vô định hình, chứa 2,14% nước (đôi khi đến 34%). Khi nung nóng một phần nước bị mất đi. Opan thường không màu hay màu trắng sữa, nhưng khi lẫn tạp chất thì có thể có màu vàng, xanh hoặc đen. Opan có khối lượng riêng $2,5 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 5 - 6, rất giòn. Điểm đáng chú ý là opan có thể tác dụng với vôi ở nhiệt độ bình thường để tạo thành sản phẩm hydrosilicat canxi rắn chắc trong nước; bởi vậy nó còn được coi là chất phụ gia hoạt tính rắn trong nước dùng với các chất kết dính vô cơ (như vôi, xi măng).

Chanxedoan (SiO_2) là họ hàng của thạch anh, cấu tạo ỉn tinh dạng sợi. Chanxedoan có màu sắc từ trắng, xám, vàng sáng đến tro, xanh; khối lượng riêng $2,6 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 6.

Thạch anh trầm tích được lắng đọng trực tiếp từ dung dịch hay do tái kết tinh từ opan và chanxedoan.

Ngoài ra trong đá trầm tích cũng còn có cả khoáng vật thạch anh kết tinh (đã được miêu tả trong mục 2.2.). Khi khoáng vật này nằm trong cát thạch anh hay đá sa thạch.

b) Nhóm cacbonat

Các khoáng vật của nhóm cacbonat rất phổ biến trong các loại đá trầm tích. Trong số này, quan trọng nhất là các khoáng vật canxit, đolômit và manhêzit.

Canxit (CaCO_3) là khoáng không màu song nếu lẫn tạp chất thì có thể có các màu khác nhau. Canxit có khối lượng riêng $2,7 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 3, cường độ trung bình; dễ tan trong nước, nhất là nước có chứa CO_2 ; khi gặp axit clohydric nồng độ 10% thì sủi bọt mạnh.

Đolômit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) là khoáng vật có màu hay màu trắng, khối lượng riêng $2,8 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 3 - 4, cường độ cao hơn cường độ của khoáng vật canxit. Khi ở dạng bột và bị nung nóng cũng có hiện tượng sủi bọt trong dung dịch axit clohydric nồng độ 10%.

Manhêzit ($MgCO_3$) là khoáng không màu hoặc màu trắng xám, vàng và nâu, khối lượng riêng $3,0 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 3,5 - 4,5 và có cường độ khá cao, khi nung nóng manhêzit cũng tan được trong axit clohydric.

c) *Nhóm khoáng chất sét*

Các khoáng sét đóng vai trò rất quan trọng trong đá trầm tích, chúng là thành phần chính của đất sét và là tạp chất trong nhiều loại đá trầm tích khác. Thành phần hoá học của các khoáng vật sét đều là các alumosilicat ngậm nước. Các khoáng vật sét phổ biến là kaolimit, monmorillônit và mica ngậm nước.

Kaolinit- $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ là khoáng vật có màu trắng, đôi khi có màu xám hay màu xanh; khối lượng riêng $2,6 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 1. Kaolinit được hình thành do kết quả phân huỷ fenspat, mica và một số loại silicat khác. Khoáng vật này là thành phần chủ yếu của đất cao lanh và các loại đất sét khác.

Monmorillônit là khoáng sét được tạo thành trong môi trường kiềm, tại các vùng biển hoặc trên các lớp đất đá bị phong hoá. Khoáng vật này là thành phần chính của đất bentônit và cũng là chất keo tự nhiên gắn kết các hạt cát tạo thành đá sa thạch.

Mica ngậm nước là khoáng vật được tạo thành do sự phân huỷ mica và một số silicat khác.

Các khoáng vật sét làm giảm độ bền nước của đá vôi và đá sa thạch.

d) *Nhóm sunfat*

Khoáng vật phổ biến nhất của nhóm sunfat là khoáng vật thạch cao và khoáng vật anhydrit.

Thạch cao ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) là khoáng màu trắng hay không màu, khi lẫn tạp chất thì có thể có các màu xanh, vàng hoặc đỏ. Tinh thể của thạch cao có dạng bản và đôi khi là dạng sợi. Thạch cao có khối lượng riêng $2,3 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 2 và dễ tan trong nước (độ hoà tan lớn hơn canxit 75 lần).

Anhydrit ($CaSO_4$) là khoáng vật kết tinh dạng tấm dày hoặc lăng trụ, màu trắng và đôi khi có màu xanh da trời. Anhydrit có khối lượng riêng 3 g/cm^3 , độ cứng 3. Thường gặp anhydrit trong các tầng đá hoặc các mạch nhỏ cùng với thạch cao và muối mỏ. Khi anhydrit tác dụng với nước ở áp suất thấp sẽ chuyển thành thạch cao và tăng thể tích 30%.

2.2.3. Các loại đá trầm tích thường dùng trong xây dựng

a) *Đá trầm tích cơ học*

Sa thạch là loại đá đặc do các hạt cát thạch anh gắn kết bằng các chất keo tự nhiên (đất sét, ôxyt silic, ôxyt sắt, cacbonat canxi ...). Tùy theo chất keo gắn kết mà sa thạch

có tên gọi khác nhau (sa thạch sét, sa thạch silic...). Trong đó sa thạch silic được xem là tốt nhất vì có độ cứng cao, cường độ nén có thể đạt tới 300 MPa. Trong xây dựng thường dùng sa thạch silic để làm đá dăm làm đường và làm cốt liệu cho bê tông; hoặc dùng để sản xuất đá hộc và đá lát.

Cát sỏi là dạng hạt rời rạc có đường kính hạt từ 0,14-5mm đối với cát và từ 5-70mm đối với sỏi. Cát sỏi là vật liệu quan trọng để làm cốt liệu cho bê tông và vữa.

Cuội kết và dăm kết là những loại đá đặc và một loại bê tông tự nhiên có cấu tạo tương tự sa thạch. Khi các hạt được gắn kết là sỏi thì đá được gọi là cuội kết còn khi các hạt được gắn kết là đá dăm tự nhiên thì đá được gọi là dăm kết. Tính chất cơ lý của đá phụ thuộc vào tính chất của hạt cuội và hạt dăm cũng như tính chất của chất keo tự nhiên. Cuội kết và dăm kết được dùng để sản xuất đá hộc và đá dăm.

Đất sét là trầm tích cơ học hạt mịn mà thành phần chủ yếu là các khoáng vật sét. Đất sét là nguyên liệu để sản xuất vật liệu gốm xây dựng (gạch, ngói...) và sản xuất xi măng.

b) Đá trầm tích hoá học

Đá vôi có thành phần khoáng vật chủ yếu là canxit CaCO_3 và có thể lẫn các tạp chất. Đá vôi tinh khiết có màu trắng còn khi có tạp chất thì có thể có nhiều màu khác nhau: tro xám, xanh nhạt, vàng, hồng xẫm và đen. Đá vôi có khối lượng thể tích 1700 - 2600 kg/cm^3 , có độ cứng cấp 3 và có cường độ chịu nén giới hạn 60 - 180 MPa. Đá vôi được dùng để chế tạo đá ốp trang trí, cốt liệu cho bê tông, đá dăm làm đường, đá hộc để xây. Đá vôi còn là nguyên liệu không thể thiếu để sản xuất vôi và xi măng.

Đá đolômít là loại đá đặc có thành phần khoáng vật chủ yếu là khoáng vật đolômít $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Đá đolômít có tính chất giống đá vôi nhưng chất lượng cao hơn. Sử dụng đá đolômít cũng giống như việc sử dụng đá vôi. Ngoài ra nó còn được dùng để sản xuất vật liệu chịu lửa và chất kết dính vô cơ.

Đá manhêzit có thành phần khoáng vật chủ yếu là manhêzit MgCO_3 . Đá manhêzit cũng được dùng để sản xuất vật liệu chịu lửa và chất kết dính vô cơ có tính kiềm.

Thạch cao và anhydrit là hai loại đá đặc có cùng tên với loại khoáng vật tạo ra chúng. Cả hai loại đá này đều dùng để sản xuất ra chất kết dính vô cơ họ thạch cao như: thạch cao xây dựng, thạch cao cường độ cao và thạch cao cứng (hay xi măng anhydrit). Thạch cao còn là thành phần phụ gia quan trọng trong sản xuất xi măng pooc lăng.

c) Đá trầm tích hữu cơ

So với đá trầm tích cơ học và đá trầm tích hoá học, đá trầm tích hữu cơ không phổ biến rộng rãi bằng, song nhờ những đặc điểm riêng về thành phần và cấu trúc, từ đó là các tính năng kỹ thuật đặc biệt nên nó vẫn được tìm kiếm và khai thác sử dụng.

Dưới đây là một số loại đá trầm tích hữu cơ thường gặp:

Đá vôi vỏ sò là một loại đá rất rỗng do các mảnh vỏ trai, sò, hến gắn kết lại với nhau bằng chất keo tự nhiên cacbonat canxi. Đá có thành phần khoáng vật chủ yếu là canxít. Do độ rỗng của đá rất lớn nên khối lượng thể tích của đá rất nhỏ, từ 600-1500 kg/m³ và cường độ chịu nén giới hạn chỉ có từ 1-10 MPa. Đá có khả năng cách nhiệt tốt và dễ gia công nên có thể được khai thác làm vật liệu xây tường (một số địa phương gọi là gạch sò), làm cốt liệu cho bê tông nhẹ và cũng có thể dùng để nung vôi.

Đá phấn tạo thành từ các mảnh vụn rất bé của vỏ sò, hến gắn kết lại bằng chất keo tự nhiên cacbonat canxi nên có thành phần rất giống với đá vôi vỏ sò, song các tính chất cơ lý thấp hơn rất nhiều. Đá có màu trắng tương đối thuần khiết nên được dùng để sản xuất bột màu vô cơ thiên nhiên dùng cho sản xuất vật liệu sơn. Đá phấn cũng có thể dùng để sản xuất chất kết dính vô cơ.

Diatômít và trêpen là những loại đá trầm tích có nguồn gốc hình thành từ xác vô cơ của các sinh vật biển mà thành phần khoáng vật chủ yếu là các ôxyt silic vô định hình (như opax $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Đặc điểm của các loại đá này là cấu tạo rời rạc, gắn kết yếu, khối lượng thể tích 400-1200 kg/m³ và cường độ chịu nén rất thấp. Chúng được sử dụng làm vật liệu cách nhiệt và đặc biệt là để làm phụ gia hoạt tính rắn trong nước cho chất kết dính vô cơ như vôi và xi măng.

2.3. Đá biến chất

2.3.1. Đặc điểm và phân loại đá biến chất

Đá biến chất tạo thành từ đá magma, đá trầm tích và cả đá biến chất trẻ dưới tác dụng của nhiệt độ cao, áp suất lớn hay các chất hoá học thường do những vận động của vỏ Trái Đất gây nên.

Dưới tác động của các tác nhân gây biến chất, các thành phần của đá ban đầu có thể sắp xếp lại và tái kết tinh ở trạng thái rắn. Theo điều kiện tạo thành, đá biến chất có thể được chia ra làm đá biến chất khu vực và đá biến chất tiếp xúc.

Đá biến chất khu vực được tạo thành do cả một khu vực rộng lớn sụt xuống khi có những vận động kiến tạo của vỏ Trái Đất và phía bên trên lại được tích đọng những lớp trầm tích dày. Lớp đất dưới sâu chịu tác động của nhiệt độ cao của magma trong lòng Trái Đất và áp suất lớn của khối trầm tích phía trên sẽ bị biến chất và thường có cấu tạo dạng phiến.

Đá biến chất tiếp xúc được tạo thành nhờ những khối magma nóng chảy xâm nhập lên vỏ Trái Đất làm cho các lớp đất đã tiếp xúc với nó bị biến chất đi dưới tác dụng của nhiệt độ cao và áp suất lớn.

Trong quá trình hình thành do phải chịu áp suất lớn và có sự tái kết tinh nên đá biến chất thường rắn chắc hơn đá trầm tích tạo ra nó. Ngược lại ở những đá biến chất tạo

thành từ đá macma, do cấu tạo phiến nên tính chất cơ học của các loại đá này kém hơn chất cơ học của đá macma tạo ra nó.

2.3.2. Các khoáng vật tạo đá biến chất

Do đá biến chất có nguồn gốc từ đá macma và đá trầm tích nên rất nhiều khoáng vật của đá biến chất cũng có mặt trong hai loại đá trên. Tuy nhiên trong đá biến chất cũng có một số khoáng vật chỉ hình thành trong quá trình biến chất như disten, secpentin, clorit... song chúng không phải là phổ biến.

2.3.3. Các loại đá biến chất thường dùng trong xây dựng

Đá gonalai (tên khác là phiến đá ma) là đá biến chất khu vực do đá granit tái kết tinh và biến chất trong điều kiện chịu áp suất cao. Mặc dù thành phần khoáng vật của đá gonalai gần giống như đá granit nhưng do có cấu tạo phân lớp nên đá gonalai có tính chất khác đá granit: cường độ theo các phương khác nhau sẽ khác nhau, dễ bị phong hoá và tách lớp. Việc sử dụng đá gonalai cũng giống như sử dụng đá granit.

Đá hoa là đá biến chất tiếp xúc hay khu vực, do đá vôi và đá dolômit biến chất dưới tác dụng của nhiệt độ và áp suất lớn. Đá hoa rất đặc chắc và có màu sắc cùng hoa văn phong phú. Đá có khối lượng thể tích 2600-2800 kg/m³, cường độ chịu nén từ 100-200 MPa (đặc biệt có thể lên tới 300 MPa), dễ gia công cơ học. Đá hoa thường được làm tấm ốp trang trí, làm bậc thang, lát sàn và cũng làm cốt liệu cho đá granito, không nên dùng đá hoa ở những nơi thường xuyên chịu tác động của mưa nắng.

Đá quaczit là do sa thạch thạch anh tái kết tinh tạo thành. Đá màu trắng đỏ hay tím, chịu phong hoá tốt, cường độ chịu nén có thể đạt tới 400 MPa. Do độ cứng lớn nên khó gia công. Đá quaczit được dùng để gia công tấm ốp, xây trụ cầu, làm đá dăm và đá hộc để xây dựng cầu đường, làm cốt liệu cho bê tông... quaczit cũng còn được dùng để sản xuất vật liệu chịu lửa.

Diệp thạch sét tạo thành do sự biến chất của đất sét dưới áp lực cao. Đá màu xám sẫm và có cấu trúc dạng phiến. Diệp thạch sét ổn định đối với không khí, không bị nước phá hoại và dễ tách thành lớp mỏng 4-10 mm để làm vật liệu lợp rất đẹp.

3. VẬT LIỆU ĐÁ THIÊN NHIÊN

3.1. Phân loại vật liệu đá thiên nhiên

Để tạo điều kiện sử dụng hợp lý và có hiệu quả, cần phải kiểm tra chất lượng vật liệu đá thiên nhiên theo các tính chất cơ lý và từ đó phân loại chúng. Theo các tính chất cơ lý, vật liệu đá thiên nhiên thường phân loại theo những cách dưới đây.

Theo khối lượng thể tích ở trạng thái khô, vật liệu đá thiên nhiên được chia ra:

+ *Đá nhẹ* có khối lượng thể tích nhỏ hơn 1800 kg/cm³ dùng chủ yếu xây tường cách nhiệt và làm cốt liệu cho bê tông nhẹ

+ *Đá nặng* có khối lượng thể tích bằng hay lớn hơn 1800 kg/cm^3 , được dùng để xây móng, xây tường chắn, xây công trình thủy lợi làm đường, làm cốt liệu cho bê tông nặng và gia công để làm đá ốp lát.

- Theo cường độ chịu nén giới hạn để chia thành các mác như sau:

+ Đá nhẹ, có 6 mác: 5, 10, 15, 75, 100 và 150

+ Đá nặng, có 7 mác: 100, 150, 200, 400, 600, 800 và 1000

- Theo hệ số mềm K_m , chia vật liệu đá thiên nhiên thành các nhóm như sau:

+ $K_m < 0,6$, đá dùng nơi khô ráo

+ $K_m = 0,6 - 0,75$, đá dùng nơi ít ẩm ướt

+ $K_m = 0,75 - 0,9$, đá dùng nơi ẩm ướt

+ $K_m > 0,9$, đá dùng được trong nước

Ngoài cách phân chia loại vừa nêu còn có thể có các cách phân loại khác chẳng hạn phân loại vật liệu đá thiên nhiên theo mục đích sử dụng như: vật liệu đá xây tường, vật liệu đá làm đường, vật liệu đá ốp trang trí, vật liệu đá làm cốt liệu bê tông...

3.2. Các dạng vật liệu đá thiên nhiên dùng trong xây dựng

Các chủng loại vật liệu đá thiên nhiên dùng trong xây dựng rất phong phú. Theo đặc trưng hình dạng bên ngoài có thể giới thiệu một số nhóm chủ yếu dưới đây:

3.2.1. Đá học

Là những viên đá chưa qua gia công dẽo gọt nên không có hình dạng hình học nhất định, kích thước cả ba chiều của nó trong khoảng 150-450 mm, khối lượng mỗi viên từ 20-40 kg. Đá học thường được sản xuất từ các loại đá đặc như đá vôi, đá đolômit, đá sa thạch, đá granit...

Bằng phương pháp khoan nổ mìn. Đá gốc để sản xuất đá học (trừ các loại đá trầm tích) phải có cường độ nén giới hạn không nhỏ hơn 10 MPa và hệ số mềm lớn hơn 0,75. Tùy hình dạng và mác của đá, nó sẽ được dùng để xây móng, mố trụ cầu, tường chắn, làm nền đường ô tô và xe lửa, xây dựng các công trình thủy lợi và làm cốt liệu cho bê tông đá học.

Đá khối là những tảng đá được gia công thành dạng hình học nhất định mà thông thường là dạng hình hộp chữ nhật với kích thước phổ biến 150×200×300 mm. Đá khối thường chia làm hai loại: đá khối dẽo thô và đá khối dẽo kỹ.

Đá khối dẽo thô thường được sản xuất từ các loại đá mềm và rỗng như tuff núi lửa, đá vôi vỏ sò... và khối lượng thể tích không quá 1800 kg/m^3 , hệ số mềm không bé hơn 0,6, đặc biệt là không có yêu cầu cao về độ chính xác kích thước cũng như độ phẳng bề mặt (chỉ yêu cầu độ lồi lõm bề mặt không lớn hơn 10mm) đá khối dẽo thô thường được dùng để xây tường nhà dân dụng.

Đá khối đẽo kỹ được sản xuất từ đá đặc có cường độ chịu nén không nhỏ hơn 10 MPa và hệ số mềm không bé hơn 0,75. Sau khi qua gia công, đá khối đẽo kỹ phải vuông thành sắc cạnh và bề mặt phải bằng phẳng. Đá khối đẽo kỹ được dùng để xây tường chịu lực, vòm cuốn và một số bộ phận khác của công trình kiến trúc và giao thông mang tính kỹ thuật cao. Khối xây không cần phải có lớp trát mặt.

3.2.2. Vật liệu đá dạng tấm

Vật liệu đá dạng tấm thường có chiều dày bé hơn rất nhiều so với chiều dài và chiều rộng.

Tấm ốp trang trí có bề mặt chính hình vuông hay hình chữ nhật mà cạnh có kích thước 300-1000 mm và chiều dày 25-50 mm. Các tấm ốp trang trí được xẻ ra từ những khối đá đặc chắc và có màu sắc đẹp, đánh bóng bề mặt và cắt ra từng tấm theo kích thước quy định. Tấm ốp thường được dùng để ốp tường ngoài và tường trong của các công trình xây dựng. Ngoài chức năng trang trí nó còn có tác dụng bảo vệ khối xây hay bảo vệ kết cấu.

Tấm ốp công dụng đặc biệt là những tấm ốp được sản xuất từ các loại đá đặc có khả năng chịu axit (như granit, syênit, điôrit, quãczit, bazan, diabaz, sa thạch silic...), hay có khả năng chịu kiềm (như đá hoa, đá vôi, manhêtit...). Việc gia công loại tấm ốp này giống như gia công tấm ốp trang trí song kích thước các cạnh của tấm không vượt quá 300 mm. Các tấm ốp công dụng đặc biệt được sử dụng để lát nền và ốp tường cho những nơi thường xuyên có tác dụng của axit hay kiềm để bảo vệ kết cấu.

Tấm lọc mái được gia công từ đá diệp thạch sét bằng cách tách và cắt các phiến đá theo hình dạng và kích thước quy định. Thông thường tấm lọc hình chữ nhật kích thước từ 250 × 150 đến 600 × 300 mm, chiều dày tấm tùy theo chiều dày phiến đá có sẵn (4 - 10mm). Đây là vật liệu lọc bền và đẹp.

3.2.3. Bảo vệ vật liệu đá thiên nhiên

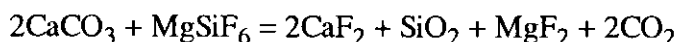
Trong quá trình sử dụng, vật liệu đá nhân tạo thường bị các yếu tố của môi trường phá huỷ dần dần. Quá trình này được gọi là quá trình phong hoá.

Có nhiều yếu tố gây nên phong hoá đối với vật liệu đá. Trước hết phải kể đến sự xâm nhập của nước vào các kẽ nứt và lỗ rỗng của đá, đặc biệt là khi nước có hoà tan khí CO₂ hay các hoá chất có thể dễ dàng hoà tan hay gây ăn mòn các thành phần của đá. Sự thay đổi nhiệt độ môi trường đáng kể cũng là nguyên nhân gây ra những rạn nứt nhỏ trên bề mặt đá, khởi đầu cho những phá hoại tiếp sau. Ngoài ra cũng phải kể đến sự phá hoại của các thực vật sống bám trên đá. Tuy nhiên, trong các yếu tố vừa nêu cần phải thấy nước vẫn là yếu tố nguy hại nhất.

Để bảo vệ vật liệu đá thiên nhiên việc quan trọng hơn cả là chống lại sự xâm nhập của nước vào trong các lỗ rỗng của đá bằng các biện pháp kết cấu và các biện pháp hoá học.

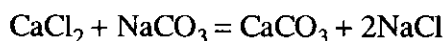
Các biện pháp kết cấu đều nhằm làm cho nước thoát nhanh trên bề mặt, tránh sự tích tụ của nước mưa hay hơi ẩm trên đó. Bởi vậy thường sử dụng đá có bề mặt được mài nhẵn và đánh bóng kết hợp với việc thiết kế và thi công tạo góc nghiêng thoát nước mưa thích hợp để tránh tụ nước.

Các biện pháp hoá học thường theo một nguyên tắc chung là tẩm lên bề mặt một dung dịch hoá chất có khả năng tác dụng hoá học với khoáng vật của đá để tạo một chất không tan bịt kín các lỗ rỗng và khe nứt trên bề mặt đá ngăn cản sự xâm nhập của nước. Thí dụ: với đá giàu khoáng vật canxit CaCO_3 có thể dùng muối của axit flosilicic để florua hoá bề mặt đá theo phản ứng hoá học sau:



Các chất CaF_2 , MgF_2 và SiO_2 không tan trong nước sẽ bịt kín lỗ rỗng và khe nứt nhỏ làm nâng cao độ đặc của bề mặt đá.

Với các loại đá có lỗ rỗng trên bề mặt lớn hay hàm lượng khoáng canxit CaCO_3 thấp, trước khi tẩm muối của axit flosilicic lên bề mặt, phải tẩm dung dịch clorua canxi CaCl_2 rồi sấy khô, sau đó lại tẩm dung dịch cacbonat natri (sôđa) Na_2CO_3 . Khi này phản ứng tạo thành cacbonat canxi sẽ xảy ra theo phương trình:



Sau đó mới clorua hoá bề mặt đá như đã trình bày ở trên để làm đặc bề mặt đá.

Để bảo vệ vật liệu ốp bằng đá, có thể tẩm bề mặt bằng thủy tinh lỏng và clorua canxi. Do tác dụng tương hỗ của hai chất này, hợp chất không tan tạo thành sau phản ứng sẽ lấp đầy lỗ rỗng trên bề mặt đá.

Với một số loại đá rỗng, có thể tẩm bề mặt nó bằng dầu vô cơ, dầu sơn hay sơn trong để nâng cao khả năng làm việc. Tuy nhiên biện pháp này sẽ làm mất màu và mất vẻ đẹp tự nhiên của đá.

Gần đây còn sử dụng các dung dịch trong nước hay trong dung môi hữu cơ bay hơi của các hợp chất silic hữu cơ có tính kỵ nước như: polietyl hydroxiloxan, mêtylsiliconat natri, êtylsiliconat natri... Để làm đặc bề mặt vật liệu đá thiên nhiên.

3.2.4. Vật liệu dạng hạt rời rạc

Cát sỏi thiên nhiên là những trầm tích cơ học dạng hạt rời rạc thường nằm bên lòng suối, sông, hồ và bãi biển. Có thể khai thác dạng vật liệu này bằng các phương pháp thủ công hay cơ giới rồi sàng phân loại theo độ lớn hạt và cung cấp cho những nơi sử dụng. Bên cạnh việc sử dụng cát sỏi làm cốt liệu cho bê tông và vữa còn phải cần một khối lượng rất lớn cát cho việc san lấp và làm lớp đệm cho nền móng công trình. Ngoài ra một lượng cát không nhỏ với chất lượng thích hợp còn được dùng làm nguyên liệu để sản xuất vật liệu xây dựng như kính, gạch silicat.

Vật liệu dạng hạt rời rạc nhân tạo được sản xuất bằng cách xoay, nghiền các loại đá gốc rồi sau đó sàng phân loại theo cỡ hạt. Tùy theo đường kính của cỡ hạt và hỗn hợp có tên gọi khác nhau, thí dụ: đá dăm có cỡ hạt từ 5-70 mm, cát nghiền có cỡ hạt từ 0,14-5 mm (nếu hàm lượng hạt thô chiếm tỷ lệ lớn thì hỗn hợp lại có tên gọi là mạt) và bột đá có kích thước chủ yếu < 0,14 mm. Tùy theo yêu cầu sử dụng cụ thể mà đá gốc được chọn cho phù hợp, thí dụ như: để chế tạo vật liệu rời rạc cho làm đường phải cần đá gốc có cường độ cao, khả năng chống mài mòn lớn có hệ số mềm $K_m > 0,75$; sản xuất cốt liệu cho bê tông nhẹ lại cần đá gốc có độ rỗng cao. Vật liệu dạng hạt rời rạc nhân tạo được dùng làm cốt liệu sản xuất các loại vữa, bê tông xi măng, bê tông atphan, đá granito... Ngoài ra nó cũng được dùng để làm bột màu hay chất độn trong sản xuất vật liệu sơn hay vật liệu xây dựng trên cơ sở pơlyme.

4. THÀNH PHẦN VÀ TÍNH CHẤT CỦA ĐẤT

4.1. Kích thước hạt

Đất được phân làm 4 loại chính dựa vào kích thước hạt: cuội (sỏi), cát, bụi, và sét.

Nhiều lý thuyết đã được nghiên cứu về kích thước hạt giới hạn để phân loại đất. Bảng 2.3 chỉ ra giới hạn của các hạt đất do 4 quy trình phổ biến nhất hiện nay.

Bảng 2.3. Phân loại đất theo kích thước hạt

Đất	Đường kính hạt - mm và (in)			
	USC	MIT	AASHTO	USDA
Sỏi	76,2(3) - 4,75(0,2)	> 2(0,08)	76,2(3) - 2(0,08)	> 2(0,08)
Cát	4,75(0,2) - 0,075(0,003)			
	Hạt mịn	2(0,08) - 0,06(0,002)	2(0,08) - 0,075(0,003)	2(0,08) - 0,05(0,002)
Bụi	< 0,075(0,003)	0,06(0,002) - 0,002(8×10 ⁻⁵)	0,075(0,003) - 0,002(8×10 ⁻⁵)	0,05(0,002) - 0,002(8×10 ⁻⁵)
Sét		<0,002(8×10 ⁻⁵)	<0,002(8×10 ⁻⁵)	< 0,002(8×10 ⁻⁵)

Ghi chú:

USC: Hệ thống phân loại đất của quân lực Mỹ

MIT: Viện công nghệ Massachuset (Massachusetts Institute of Technology)

AASHTO: Hiệp hội về đường cao tốc quốc gia và Ủy ban giao thông Mỹ

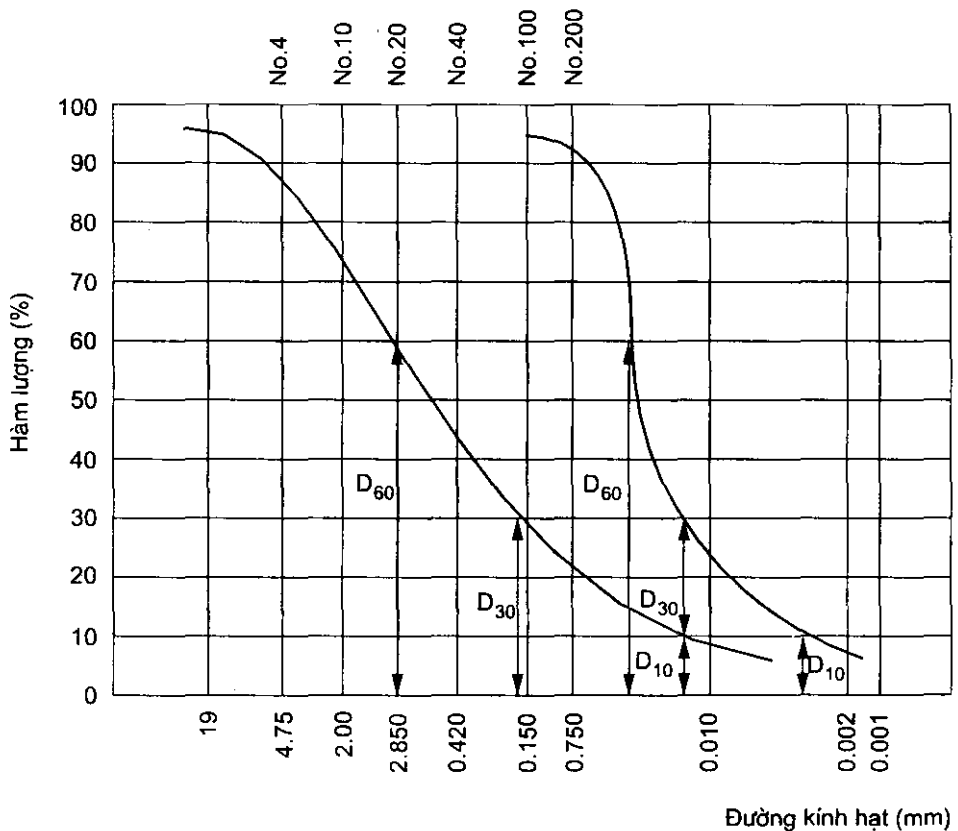
USDA: Hội nông nghiệp Mỹ

TCVN 5747-93. Phân loại đất như sau:

Sỏi sạn: $d = 150$ đến 2mm ; cát: $2 - 0,06\text{ mm}$; bụi $d = 0,06 - 0,002\text{ mm}$; sét kích thước nhỏ hơn $0,002\text{ mm}$.

4.2. Hàm lượng các hạt

Đất ở trạng thái tự nhiên của nó là một hỗn hợp bao gồm nhiều hạt rắn có kích thước khác nhau. Hàm lượng của các hạt là một chỉ tiêu quan trọng của vật liệu. Hàm lượng của các hạt nói chung thường được mô tả bằng đồ thị theo một đường cong gọi là cấp phối hay đường cong cấp phối hạt. Đường cong cấp phối hạt có dạng gần giống đường cong lôga, một trục là đường kính hạt (tỷ lệ log) và một trục là phần trăm theo khối lượng khô. Đường cong cấp phối điển hình được chỉ ra trên hình 2.1.



Hình 2.1. Biểu đồ phân loại đất

Có 2 phương pháp trong phòng thí nghiệm để xác định cấp phối của đất: cơ học hay sàng phân loại và phân loại thủy lực.

Sàng phân loại: Thí nghiệm này dùng với đất có đường kính hạt lớn hơn 0,075mm. Công việc bao gồm sàng đất khô qua một hệ thống nhiều sàng liên tiếp có đường kính lỗ giảm dần. Xác định khối lượng đất còn lại trên mỗi sàng, và tính toán phần trăm lọt sàng dựa vào tổng khối lượng khô của mẫu thí nghiệm. Sau đó có thể vẽ ra đường cong cấp phối hạt. Tiêu chuẩn Mỹ về số hiệu sàng và đường kính sàng được cho trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. Sàng tiêu chuẩn và kích thước hạt theo tiêu chuẩn của ASTM

Đường kính lỗ (in)	Kích thước hạt (mm)
4	101,6
3	76,10
2	50,80
$1\frac{1}{2}$	38,10
$1\frac{1}{4}$	32,00
1	25,40
$\frac{3}{4}$	19,00
$\frac{1}{2}$	16,00
$\frac{3}{8}$	9,51
Số hiệu sàng	
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Đường cong cấp phối hạt rất quan trọng để xác định và phân loại đất rời. Có 3 thông số để xác định đường cong cấp phối như sau:

Đường kính có hiệu (effective size) D_{10}

Hệ số tích lũy (hệ số cấp phối): $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60}D_{10}}$

Hệ số đồng nhất: $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

trong đó: D_{10} , D_{30} và D_{60} - đường kính hạt tương ứng với hàm lượng hạt chiếm 10, 30, 60 phần trăm trên đường cong cấp phối.

**Phân loại thủy lực:*

Phương pháp này dùng cho đất có đường kính hạt nhỏ hơn 0,075 mm. Nó dựa vào định luật Stock, nguyên lý về tốc độ lắng đọng của hạt rắn lơ lửng trong nước, dùng để tính toán hàm lượng các hạt. Theo định luật Stock, tốc độ lắng đọng của hạt rắn tỷ lệ với diện tích và đường kính hạt.

Thí nghiệm tỷ trọng kế (hydrometer) xác định trọng lượng riêng của các hạt đất treo lơ lửng, chúng được chứa trong một ống đong hình trụ. Khi một lượng lớn đất lắng đọng, trọng lượng riêng của các thành phần lơ lửng trong nước giảm và xấp xỉ bằng trọng lượng riêng của nước. Từ đó xác định được hàm lượng hạt mịn (tương tự như trong thí nghiệm xác định hàm lượng phần trăm lọt sàng) và đường cong cấp phối cũng được vẽ như phương pháp dùng sàng phân tích.

Thí nghiệm tiêu chuẩn đối với 2 loại: sàng phân tích và phân tích bằng tỷ trọng kế được mô tả chi tiết trong tiêu chuẩn ASTM D422.

Sự phân bố hàm lượng của các hạt đất là một chỉ tiêu rất quan trọng, nó được dùng để phân loại và đánh giá một số tính chất của đất, như là sự đầm chặt và khả năng thoát nước.

**Mối liên hệ giữa khối lượng - thể tích:*

Đất được tìm thấy trong tự nhiên tồn tại ở dạng 3 pha, điều này làm cho nó trở thành một vật liệu đặc biệt. Đất bao gồm các hạt khoáng vật rắn, nước (độ ẩm) và không khí. Nước và không khí (hay hơi nước) chiếm những khoảng trống (lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu hay trong các hạt cốt liệu). Coi một đơn vị thể tích được biểu diễn theo 3 pha riêng biệt.

Ta có tổng thể tích của phân tố này bằng:

$$V = V_a + V_n + V_k = V_a + V_r,$$

trong đó:

V - tổng thể tích của phân tố;

V_a - thể tích đặc (thể tích của vật liệu ở trạng thái hoàn toàn đặc);

V_n - thể tích nước;

V_k - thể tích không khí;

V_r - thể tích lỗ rỗng.

Tương tự coi khối lượng của không khí không thể bỏ qua thì khối lượng tổng cộng được mô tả như sau:

$$M = G_a + G_n + G_k \quad \text{hay} \quad M = G_a + G_n$$

trong đó:

G_a - khối lượng hạt đặc (rắn);

G_n - khối lượng nước;

G_k - khối lượng không khí.

Ta có các công thức sau:

1. Hệ số rỗng e là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng chia cho thể tích đặc:

$$e = V_r/V_a$$

2. Độ rỗng n là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng chia cho thể tích tự nhiên (thể tích tổng cộng):

$$n = V_r/V$$

3. Độ ẩm (hàm lượng nước) được xác định theo công thức:

$$w = (G_n/G_a) \times 100 \quad (\%)$$

4. Độ bão hoà S được xác định theo công thức:

$$S = (V_n/V_r) \times 100 \quad (\%)$$

5. Khối lượng riêng (ρ_a) được xác định theo công thức:

$$\rho_a = \gamma_a/\gamma_w = G_a/V_a \cdot \gamma_w$$

Bảng 2.5 mô tả khối lượng riêng của một số khoáng vật. Khối lượng riêng của hầu hết các loại đất nằm trong khoảng 2,6 đến 2,7.

Bảng 2.5. Khối lượng riêng của một số khoáng vật của đất

Khoáng vật	Khối lượng riêng (g/cm ³)
Bentonit	2,15
Canxit	2,90
Clorit	2,80
Biotit (mica đen)	3,00
Muscovit (mica trắng)	2,80
Hocblen	3,30
Kaolinit	2,62
Illit	2,60
Thạch anh	2,60
Gibbsit	2,40
Fenspat	2,50
Monmorillonit	2,40
Anhydrit	3,00
Đolômit	2,90

3.3. Đất dính và đất rời

Dính kết là một tính chất vật lý vốn có của đất, nó làm cho các hạt đất gắn chặt vào nhau khi nó ẩm ướt hay khô ráo. Nếu cần một lực nào đó để tách rời các thành phần đất ra khỏi nhau khi đất khô ráo thì đất này được gọi là đất dính. Đất mà các hạt không dính với nhau bằng bất kể lực gì khi khô ráo được gọi là đất rời.

Sự có mặt của khoáng vật sét làm cho đất có tính dính bám. Lực dính bám phụ thuộc vào cấp phối của đất và hàm lượng sét. Nói chung, hầu hết những loại đất mà phần lớn các hạt đều lọt qua sàng N^o 200 đều có tính dính kết.

Lực dính giữa các hạt đất là: lực hút giữa các ion (tĩnh điện, trái dấu), lực Vandecval, lực liên kết hydro (lực căng mặt ngoài) và lực hấp dẫn.

3.4. Sét và khoáng vật sét

Sét trong thành phần của đất là những hạt có đường kính nhỏ hơn 0,002mm. Đây không phải là yêu cầu duy nhất. Trong thành phần của đất, sét phải có tính dẻo, do đó nó phải có một độ dẻo thích hợp ứng với hàm lượng nước thay đổi.

Khoáng vật sét chủ yếu là alumin, sắt, hay silicat magiê.

Một tính chất vật lý của khoáng vật sét là diện tích bề mặt riêng, nó là diện tích bề mặt của một đơn vị khối lượng khoáng.

Có 3 loại khoáng vật sét thường gặp:

1. Kaolinit.
2. Illit
3. Monmorillonit

3.5. Trạng thái của đất và giới hạn Atterberg

Như đã mô tả ở phần trước, lỗ rỗng giữa các hạt trong đất có thể ảnh hưởng rất lớn đến tính chất cơ học của đất. Phụ thuộc vào hàm lượng nước có trong lỗ rỗng có thể làm cho đất chuyển từ trạng thái rắn sang trạng thái lỏng. Để mô tả các trạng thái khác nhau của đất nhà khoa học người Thụy Điển A. Atterberg đã chia ra 5 trạng thái gọi là giới hạn Atterberg. Trạng thái này dựa vào hàm lượng nước trong đất như sau:

1. *Giới hạn chảy (LL)* khi độ ẩm vượt qua giới hạn này thì đất ứng xử như một chất lỏng (không chịu được lực cắt).

2. *Giới hạn dẻo (PL)* khi độ ẩm nhỏ hơn giới hạn này thì đất không còn tính dẻo nữa, và bắt đầu có tính nửa cứng. Giới hạn dẻo được xác định khi giun đất có đường kính 1/8 inch xuất hiện vết nứt (vết giun đất bằng tay).

3. *Giới hạn co ngót (SL)* khi độ ẩm nhỏ hơn giới hạn này thì đất không giảm thể tích khi sấy khô (đất đạt tới thể tích nhỏ nhất).

Giới hạn dẻo, chảy và co ngót được áp dụng rộng rãi trong đất xây dựng. Atterberg còn đưa ra thêm 2 giới hạn nữa là: giới hạn dính và giới hạn nhớt, 2 giới hạn này được sử dụng rộng rãi với đất nông nghiệp.

Chỉ số dẻo (PI) được xác định bởi Atterberg nhằm mô tả phạm vi hàm lượng nước trong đất khi mà đất có tính dẻo. Chỉ số dẻo được xác định:

$$PI = LL - PL$$

Chỉ số chảy (LI) cũng dùng để chỉ ra mối liên hệ giữa hàm lượng nước trong đất ở trạng thái dẻo và trạng thái chảy:

$$LI = (w - PL)/PI$$

trong đó: w - hàm lượng nước trong đất.

Theo chỉ số chảy có thể phân loại đất như sau:

Chỉ số chảy	Đặc tính
LI < 0	Cứng (nửa cứng)
0 < LI < 1	Dẻo
LI > 1	Chảy nhớt

Một chỉ số khác cũng được sử dụng để mô tả tính dẻo của khoáng vật sét là độ hoạt tính A được xác định như sau:

$$A = PI / \text{hàm lượng của hạt sét (\% < 0,002mm)}$$

Độ hoạt tính cũng dùng để đo khả năng giữ nước của khoáng vật sét và để xác định chúng. Vài loại khoáng vật sét chủ yếu có giá trị A như sau:

Khoáng vật	Độ hoạt tính
Kaolinit	< 1
Illit	0,5 - 1,5
Monmorillonit	1-6

3.6. Phân loại đất làm đường

Phân loại đất làm đường theo TCVN 5747-93 được ghi trong bảng phân loại đất hạt thô (bảng 2.6).

Casagrande 1942 đã phân loại đất cho xây dựng đường sân bay. Sau đó sự phân loại này được thay đổi một chút và được sử dụng rộng rãi trong ngành địa kỹ thuật.

1. Hạt thô.
2. Hạt mịn.
3. Đất nhiều thành phần hữu cơ.

Phân loại theo AASHTO:

Đất xây dựng được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM D3282, AASHTO M145. Đất theo tiêu chuẩn này được phân làm 7 loại chính A1 - A7. Loại đất từ A1, A2, A3 là đất rời có ≤ 35% lọt qua sàng N^o.200. Tiêu chuẩn AASHTO được sử dụng rộng rãi hơn để phân loại đất khi xây dựng đường cao tốc.

Bảng 2.6. Phân loại đất hạt thô

Hơn 50% trọng lượng của đất là các hạt có kích thước 0,08 mm						
Định nghĩa				Ký hiệu	Điều kiện nhận biết	Tên gọi
Đất cuội sỏi	Hơn 50% trọng lượng thành phần hạt thô có kích thước > 2 mm	Đất sỏi sạn sạch	Trọng lượng hạt có kích thước < 0,08 mm ít hơn 5%	GW	$C_u > 4$ và $C_c =$ giữa 1 và 3	Đất sỏi sạn cấp phối tốt
				GP	Một trong hai điều kiện của GW không thỏa mãn	Đất sỏi, sạn cấp phối kém
	Đất sỏi sạn có lẫn hạt mịn	Trọng lượng hạt có kích thước < 0,08 mm nhiều hơn 12%	GM	Giới hạn Atterberg nằm dưới đường A hay $I_p < 4$	Sỏi lẫn bụi. Hỗn hợp sỏi cát bụi cấp phối kém	
			GC	Giới hạn Atterberg nằm trên đường A hay $I_p > 7$	Cấp phối tốt, cát lẫn sỏi ít hoặc không có hạt mịn	
Đất cát	Hơn 50% trọng lượng thành phần hạt thô có kích thước > 2 mm	Cát sạch	Trọng lượng hạt có kích thước < 0,08 mm ít hơn 12%	SW	$C_u > 6$ và $C_c =$ giữa 1 và 3	Cấp phối kém, cát lẫn sỏi có ít hoặc không có hạt mịn
				SP	Một trong hai điều kiện của SW không thỏa mãn	Cấp phối kém, cát lẫn sỏi có ít hoặc không có hạt mịn
	Cát có lẫn hạt mịn	Trọng lượng hạt có kích thước < 0,08 mm nhiều hơn 12%	SM	Giới hạn Atterberg nằm dưới đường A hay $I_p < 5$	Cát lẫn sét, hỗn hợp cát - sét cấp phối kém	
			SC	Giới hạn Atterberg nằm trên đường A hay $I_p > 7$	Cát lẫn sét, hỗn hợp cát - sét cấp phối kém	

trong đó:

C_u - hệ số đồng nhất = D_{60}/D_{10} ;

C_c - hệ số đường cong = $(D_{30})^2/(D_{60} \times D_{10})$;

D_u - kích thước đường kính hạt mà lượng chứa các cỡ nhỏ hơn nó chiếm $n\%$;

D_{10} - kích thước đường kính hạt mà lượng chứa các cỡ nhỏ hơn nó chiếm 10% còn gọi là đường kính có hiệu;

W_l - giới hạn chảy (%);

W_p - giới hạn dẻo (%);

I_p - chỉ số dẻo (%).

Chương 3

CỐT LIỆU XÂY DỰNG

1. MỞ ĐẦU

Cốt liệu đóng vai trò rất quan trọng trong thiết kế và xây dựng đường cao tốc và lớp mặt đường tại sân bay, với vai trò là lớp vật liệu đệm. Chúng cũng đóng vai trò quan trọng: là thành phần cứng (trong bê tông xi măng) và thành phần mềm dẻo (trong bê tông atphan) của lớp mặt đường hay kết cấu.

Cốt liệu cũng là một nhân tố quan trọng trong giá thành của kết cấu mặt đường, chúng chiếm trên 30% tổng giá thành. Cốt liệu có thể chiếm từ 65-85% trong kết cấu bê tông và từ 92-96% trong kết cấu atphan.

2. PHÂN LOẠI VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CỐT LIỆU

2.1. Phân loại

Cốt liệu bao gồm các loại: cát, sỏi, đá nghiền, xỉ, hay thành phần vật liệu khoáng khác, chúng có thể được nhào trộn với nhau và sử dụng cùng với chất kết dính để tạo thành vật liệu như là: bê tông atphan, bê tông xi măng, đá dăm nện (macadam), mattít, vữa xây, vữa trát hay là chỉ mình cốt liệu như lớp đá ballat trên đường sắt và chúng được xử lý theo nhiều cách.

Cốt liệu có thể phân loại theo nguồn gốc tự nhiên hay nhân tạo. Cốt liệu tự nhiên được lấy tự nhiên và trong quá trình khai thác, sản xuất không làm thay đổi bản chất của chúng, chỉ sử dụng cách nghiền, đẽo, sàng hay rửa. Trong nhóm này, đá dăm, sỏi và cát là phổ biến nhất, mặc dù có thể có thêm đá bọt, đá vỏ sò, quặng sắt, và đá vôi. Cốt liệu nhân tạo bao gồm xỉ lò cao, đất sét nung, và cốt liệu nhẹ.

Theo đường kính lớn nhất của cốt liệu chia cốt liệu làm 2 loại mịn và thô. Tiêu chuẩn ASTM C125 Bê tông và cốt liệu bê tông (Concrete and Concrete Aggregates) phân cốt liệu ra làm 2 loại: loại hạt mịn và loại hạt thô. Loại mịn là loại cốt liệu lọt qua sàng 3/8 in (9,5 mm), hầu hết lọt qua sàng N^o.4 (4,75mm) và phần lớn không lọt qua sàng N^o. 200 (75 μ m) hay nói cách khác là: hạt lọt qua sàng N^o.4 (4,75mm) và nằm trên sàng N^o. 200 (75 μ m). Loại hạt lớn là hạt phần lớn nằm trên sàng N^o.4 (4,75mm). Sự phân loại này chỉ dùng cho cốt liệu của bê tông xi măng; đối với bê tông atphan sàng để ngăn

cách giữa 2 loại hạt lớn và hạt mịn là sàng N° 8 (9,5mm) hay sàng N° 10 (11,8mm). Theo TCVN cũng phù hợp với tiêu chuẩn ASTM, tuy nhiên đường kính sàng theo mm và sàng giới hạn hai loại cốt liệu này là sàng có $d = 5\text{mm}$ cho cốt liệu bê tông xi măng và bê tông atphan (TCVN 342-86, TCVN 1772-87).

2.2. Quá trình khai thác, sản xuất cốt liệu

Nguyên tắc cơ bản nhất của quá trình khai thác, gia công cốt liệu là đạt được chất lượng cốt liệu cao nhất với giá thành thấp nhất. Quá trình khai thác, gia công gồm các bước: đào, vận chuyển, rửa, nghiền, sàng phân loại, đánh giá chất lượng vật liệu và kết thúc bằng giai đoạn cất vào kho hay chuyển ra công trường.

Sau khi cốt liệu đã được đào, chúng được chở bằng băng tải, tàu hoả, xe tải đến nơi xử lý, chế tạo. Công nghệ chế tạo thường theo các bước sau:

- Rửa sạch: Quá trình xử lý đầu tiên là loại bỏ các vật liệu không thể chấp nhận được. Những vật liệu bị loại bỏ là những vật liệu có thể làm hại đến sản phẩm cuối cùng nếu sử dụng loại cốt liệu đó. Một phương pháp loại bỏ vật liệu (sét, bùn, lá cây v.v...) là rửa cốt liệu. Có thể sử dụng băng chuyền, vận chuyển cốt liệu thẳng qua hệ thống vòi phun nước để rửa cốt liệu.

- Nghiền nhỏ: Quá trình tiếp theo là làm giảm kích thước của đá hay sỏi. Trong quá trình này có thể sử dụng rất nhiều loại máy nghiền. Loại cũ nhất là loại máy nghiền có một má nghiền cố định và một má nghiền di động, nó thích hợp đối với tất cả các loại đá cứng. Loại máy nghiền mới có công suất lớn hơn. Các loại máy nghiền thường giảm kích thước đá với tỷ lệ 6:1 hoặc thấp hơn.

Sử dụng các sàng rung được sử dụng đối với cốt liệu lớn và dụng cụ phân loại thuỷ lực đối với cốt liệu nhỏ. Trong quá trình sàng khoảng 70% vật liệu lọt qua sàng và trong quá trình sàng có thể loại bớt một số hạt quá lớn. Lỗ sàng có hình vuông hoặc hình tròn.

- Phân loại theo kích thước, nguồn gốc cốt liệu: Sỏi bao gồm các hạt tròn tự nhiên do quá trình phong hoá hoặc mài mòn của đá hay do quá trình xử lý cuối kết cường độ thấp. Cát bao gồm các viên đá bị phong hoá tự nhiên; những hạt cốt liệu nói chung có hình dáng góc cạnh nhưng phải chịu ảnh hưởng của môi trường, thời tiết. Cát là loại cốt liệu mịn thu được từ tự nhiên do quá trình phong hoá, mài mòn đá hay quá trình gia công các loại đá sa thạch dễ vỡ. Đá nghiền là một sản phẩm của quá trình nghiền (nhân tạo) đá tảng, đá cuội. Cát nghiền chính là đá nghiền có kích thước nhỏ tương ứng với kích thước của cát. Sỏi và đá nghiền được coi là cốt liệu lớn.

Cốt liệu có hình dạng rất khác nhau. Sỏi có bề mặt trơn nhẵn, trong khi đá nghiền có bề mặt xù xì. Cốt liệu còn có sự khác biệt rất lớn về độ rỗng. Đá nghiền và sỏi có độ rỗng thấp.

3. LÝ THUYẾT VỀ CẤP PHỐI VÀ THÀNH PHẦN HẠT CỦA CỐT LIỆU

Sự thay đổi dần từ cỡ hạt lớn đến cỡ hạt nhỏ là một đặc tính của cốt liệu. Cấp phối hạt ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông xi măng pooc lăng và sự ổn định, bền của hỗn hợp bê tông atphan, cũng như là sự ổn định, khả năng thoát nước, và khả năng chống băng giá của lớp nền. Do đó, cốt liệu phải được làm cho thích ứng với mục đích sử dụng: như trong bê tông xi măng hay trong bê tông atphan.

Cốt liệu có thể có các cấp phối: đặc (dense), gián đoạn (gap-graded), đồng nhất (uniform), đều (well-graded), rỗng (open). Loại "đặc" gần giống như loại "gián đoạn" và "đồng nhất", loại "đều" gần giống loại "rỗng". Hình 3.1 minh họa 5 loại cấp phối của cốt liệu. Những phương pháp khác biểu diễn sự phân bố kích thước hạt cũng đã được phát triển (công thức nghiên cứu về cấp phối hạt). Một trong số đó là phương pháp của Thompson. Công thức kinh nghiệm có thể sử dụng để xác định cấp phối hạt như sau:

$$P = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^N$$

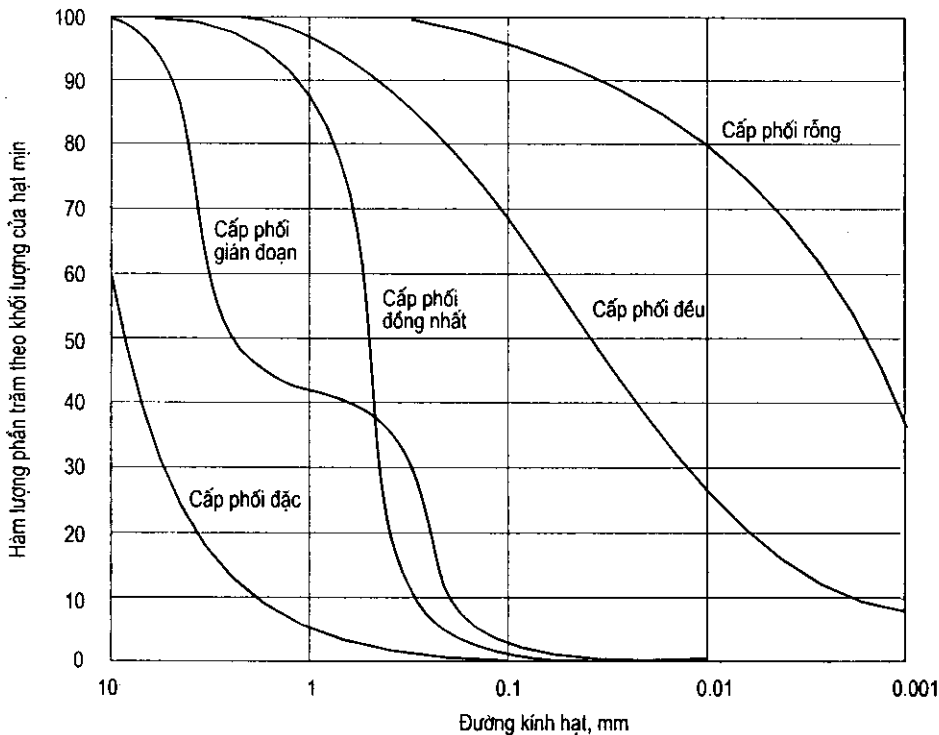
trong đó:

P - hàm lượng phần trăm lọt sàng d;

d - đường kính lỗ sàng (cần xác định);

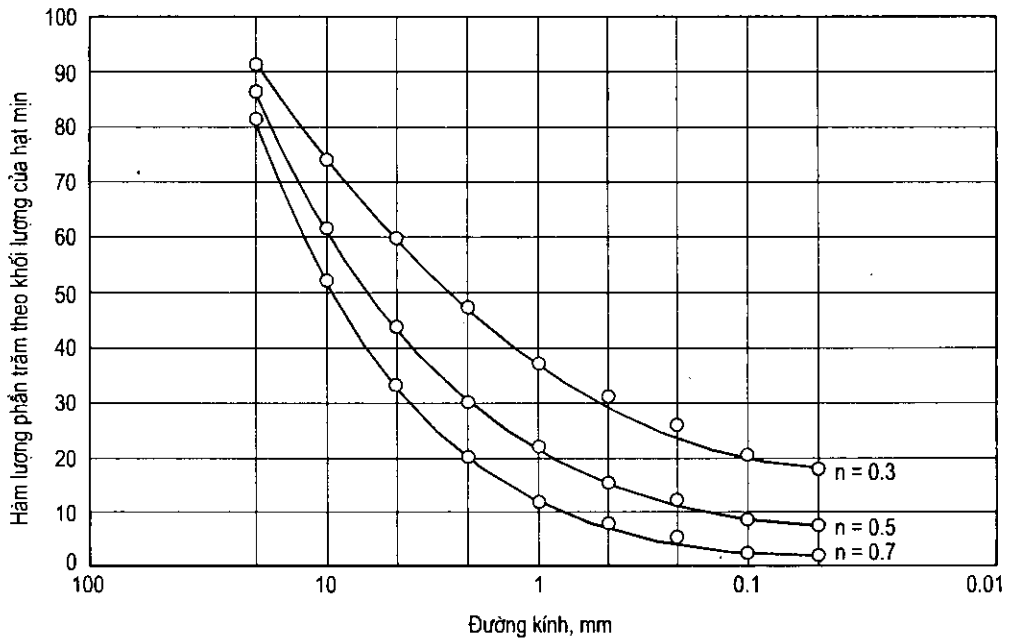
D - đường kính hạt lớn nhất;

N - hệ số điều chỉnh (để điều chỉnh đường cong cấp phối cho "mịn" hơn hay "thô" hơn).



Hình 3.1: Năm loại cấp phối

Hình 3.2 mô tả một giá trị điển hình của công thức này với giá trị của N bằng 0,3; 0,5; 0,7. Đường kính hạt lớn nhất là 1 in (2,54cm). Ta thấy rằng "cấp phối đặc" có $N = 0,3$ và "cấp phối rỗng" có $N = 0,7$. Do vậy vật liệu đặc có $N = 0,5$ như theo chỉ dẫn kinh nghiệm của Fuller-Thompson, nhận xét của Fuller và Thompson còn đúng cho trường hợp xi măng trong hỗn hợp xi măng-cốt liệu, nhưng công thức được chuyển thành: "công thức đường cong độ đặc tối đa của Fuller". Đường cong độ đặc tối đa chỉ là một sự xấp xỉ bởi vì cấp phối thực có thể phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Tuy nhiên, nó có thể là một công thức dùng khi bắt đầu thiết kế cấp phối hạt để đạt độ đặc tối đa.



Hình 3.2: Đường cong cấp phối của Fuller-Thompson

Những nghiên cứu khác để xác định độ đặc tối đa cũng đã được tiến hành. Một lý thuyết khác cho rằng, nếu cốt liệu được sàng qua 3 sàng: lớn, trung bình, nhỏ thì hỗn hợp có độ đặc tối đa khi có 2 phần cốt liệu hạt lớn, 1 phần hạt nhỏ và không có hạt trung. Những nghiên cứu thêm còn cho thấy rằng hỗn hợp có độ đặc cao cũng có thể đạt được khi sử dụng cùng một tỷ lệ trên mỗi sàng.

4. CỐT LIỆU NHÂN TẠO

Cốt liệu nhân tạo do con người chế tạo ra. Một trong số đó là xỉ lò cao (được làm nguội bằng không khí) (air-cooled blast-furnace slag), chúng là một loại cốt liệu nhân tạo được sử dụng phổ biến trong xây dựng đường cao tốc. Tiêu chuẩn ASTM C125 về bê tông và cốt liệu bê tông (Concrete and Concrete Aggregates) xác định rằng xỉ lò cao nguội trong không khí là loại vật liệu thu được do sự rắn chắc lại của xỉ lò cao nóng chảy trong môi trường không khí; quá trình làm nguội có thể được làm tăng nhanh bằng cách phun nước vào bề mặt đã hoá cứng. Xỉ lò cao được coi là sản phẩm không chứa

kim loại (non-metallic), chúng chủ yếu là silicat và alumosilicat canxi và những thành phần khác, chúng được hình thành trong điều kiện nóng chảy cùng với sắt trong lò cao. Việc sử dụng cốt liệu nhân tạo này trong vùng công nghiệp là không phổ biến, đặc biệt là nếu vùng này có lò nấu thép, như trên các bang: Alabama, Indiana, Maryland, New York, Ohio, và Pennsylvania. Xi thì nhẹ hơn cốt liệu tự nhiên, nó có khối lượng riêng từ 2.0 - 2.5 trong khi cốt liệu tự nhiên có khối lượng riêng từ 2,3 - 3,2 g/cm³.

Mặc dù khái niệm về cốt liệu nhân tạo đưa ra ở đây là khá đầy đủ trong hầu hết mọi trường hợp, nhưng vẫn có cách phân loại cốt liệu nhân tạo như là một sản phẩm trực tiếp chứ không phải là sản phẩm gián tiếp (sản phẩm thừa). Theo nghĩa này, xi là một loại cốt liệu nhân tạo thực sự được chế tạo ra có mục đích. Cốt liệu nhẹ được coi là cốt liệu nhân tạo. Cốt liệu nhẹ có thể là xi than, đất sét nung, đá vôi sò hay xi quặng. Những loại cốt liệu này được sử dụng để sản xuất bê tông nhẹ nơi mà tải trọng bản thân đóng vai trò quan trọng.

5. CỐT LIỆU LÀM VẬT LIỆU ĐỆM

5.1. Vai trò lớp đệm

Lớp đệm nằm giữa đất nền đã được đầm nén và tấm bê tông ximăng pooc lăng hay tấm bê tông atphan. Thiết kế sai lớp đệm có thể dẫn đến phá huỷ tấm bê tông ở trên. Lớp đệm có thể bao gồm vài loại ví dụ như: lớp subbase, lớp móng dưới và lớp tạo dốc (lớp móng trên). Lớp đệm có vai trò thay đổi phụ thuộc vào thực tế xây dựng và môi trường. Chúng là kết cấu chịu lực cho tấm bê tông atphan, thoát nước cho tấm bê tông ximăng pooc lăng. Như đã nói ở trên cấp phối là nhân tố quyết định đến sự làm việc của cốt liệu trong vai trò là lớp đệm.

5.2. Cấp phối cốt liệu làm lớp đệm

Cấp phối có thể ảnh hưởng đến khả năng chịu lực, khả năng thoát nước, và khả năng chống băng giá. Do đó nắm được về cấp phối là rất quan trọng đối với hầu hết các kỹ sư. Cùng với nó là phải nắm được về độ cứng, mềm, yếu hay dễ vỡ của cốt liệu khi cốt liệu chịu lực hay chịu ảnh hưởng của thời tiết.

Theo Krebs và Walker, có 3 loại hỗn hợp cốt liệu được nhận ra dựa vào lượng hạt mịn:

- Chỉ có cốt liệu lớn, không có cốt liệu nhỏ;
- Cốt liệu nhỏ chèn vào một phần lỗ rỗng của cốt liệu lớn;
- Cốt liệu nhỏ chèn hết vào lỗ rỗng của cốt liệu lớn.

Trong trường hợp thứ nhất cốt liệu đạt được cường độ là do sự tiếp xúc trực tiếp của các hạt cốt liệu lớn. Trong trường hợp này lớp vật liệu đệm có thể không ổn định trừ khi nó được hạn chế, không cho dịch chuyển, nhưng có khả năng thoát nước tốt, và không chịu ảnh hưởng của băng giá.

Trong trường hợp thứ 2 cũng vậy, cốt liệu đạt được cường độ là do sự tiếp xúc của các hạt cốt liệu. Tuy nhiên lúc này lớp vật liệu đệm có thể ổn định ngay cả khi cốt liệu nhỏ

không bị hạn chế, bởi vì có lực dính kết giữa hạt nhỏ trong lỗ rỗng giữa các hạt lớn. Hơn nữa khả năng thoát nước vừa đủ và có thể chống được ảnh hưởng của băng giá.

Trong trường hợp cuối cùng, cường độ đạt được do sự tiếp xúc của các hạt nhỏ hơn là do sự tiếp xúc của các hạt lớn; do đó, có sự giảm cường độ. Khả năng thoát nước của lớp đệm này là thấp và nó chịu ảnh hưởng của băng giá.

Trong hầu hết các đường cao tốc, lớp đệm (nền) nằm giữa loại 1 và loại 2 là phổ biến nhất. Do vậy, vật liệu đệm (nền) cần có đủ thành phần hạt mịn để điền vào lỗ rỗng giữa các hạt lớn, và đường cong cấp phối tiến gần đến đường cong độ đặc tối đa của Fuller.

5.3. Cường độ bản thân, hình dạng và đặc trưng bề mặt cốt liệu làm lớp đệm

Để chống lại ứng suất do tải trọng lặp (tải trọng động) và chống lại sự phong hoá, lớp đệm phải có cường độ và độ cứng. Cốt liệu thô có khả năng chống lại, phong hoá tốt hơn cốt liệu mịn. Hơn nữa, độ cứng của cốt liệu làm tăng cường độ của lớp đệm. Đá sa thạch và đá phiến sét rất dễ bị phong hoá và giảm chất lượng mặc dù từng phần tử của nó rất rắn.

Bảng 3.1 đưa ra đặc tính vật lý cơ bản của một vài loại đá: đá macma, đá trầm tích và đá biến chất. Trong mỗi nhóm, trọng lượng riêng, độ cứng, độ bền dai được đưa ra cùng các tính chất khác. Mục đích của bảng này là đưa cho người đọc một sự chỉ dẫn về vật liệu nào có thể làm lớp đệm tốt nhất.

Hình dạng và độ chống va chạm (độ bền dai) của vật liệu đệm cũng quan trọng không kém cường độ của nó. Bảng 3-1 cũng chỉ ra độ bền dai của các loại đá này. Hai tính chất này rất quan trọng đối với vật liệu làm lớp đệm. Cốt liệu có góc cạnh, hình dạng gần giống hình lập phương và xù xì bề mặt rất thích hợp làm vật liệu lớp đệm. Góc cạnh làm cho cốt liệu cài vào nhau còn độ nhám bề mặt ngăn cản chuyển động của phần tử này trên bề mặt một phần tử khác. Các hạt cốt liệu tròn có xu hướng lăn tròn trên các hạt khác bởi vì chúng không cài chặt với các hạt cốt liệu khác. Các hạt cốt liệu có bề mặt trơn nhẵn lại cho phép trượt khi chúng tiếp xúc với nhau. Do đó cốt liệu tròn có bề mặt trơn nhẵn là kém thích hợp nhất khi làm lớp đệm. Bảng 3-2 tổng kết các tính chất xây dựng của nhiều loại cốt liệu khác nhau.

6. NGUYÊN LÝ VỀ CỐT LIỆU ĐỂ CHẾ TẠO BÊTÔNG XIMĂNG POÓCLĂNG

6.1. Các quy định về cốt liệu theo AASHTO và ASTM

Đặc tính của cốt liệu để chế tạo bê tông xi măng poóclăng trong nhiều trường hợp thì khác biệt so với cốt liệu dùng làm vật liệu lớp đệm hay dùng để chế tạo bê tông atphan. Cấp phối của cốt liệu trở thành nhân tố quyết định ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông dẻo. Hơn nữa, cốt liệu sử dụng để chế tạo bê tông xi măng poóclăng là một hỗn hợp của cốt liệu mịn và cốt liệu thô nhằm đạt được một hỗn hợp kinh tế. Các khái niệm về cốt liệu thô thì giống như cốt liệu thô đã được nói rõ ở phần trên. Còn đối với cốt liệu mịn thì cũng giống như ở phần trên, nhưng chúng tôi đưa ra thêm một khái niệm

là môđun độ lớn (môđun độ mịn). Môđun độ lớn, biểu thị độ mịn của cát một cách tương đối, nó được tính theo phần trăm của tổng các lượng sót tích lũy trên sàng tiêu chuẩn trong thí nghiệm sàng cát tiêu chuẩn. Sáu sàng được dùng để thí nghiệm, đó là 4, 8, 16, 30, 50 và 100. Môđun độ lớn càng nhỏ thì cát càng mịn. Môđun độ lớn của cát tốt nhất là nằm trong phạm vi từ 2,25 - 3,25.

Bảng 3.1 Các tính chất vật lý trung bình của một số loại đá

Loại đá	γ (dạng khối)	Độ hút nước %	Độ hao mòn khi dùng máy		Độ mài mòn	Độ bền dai
			Devan	Los Angeles		
Đá macma						
Granit	2,65	0,3	4,3	38	18	9
Syenit	2,74	0,4	4,1	24	18	14
Diorit	2,92	0,3	3,1	-	18	15
Gabro	2,96	0,3	3,0	18	18	14
Peridotit	3,31	0,3	4,1	-	15	9
Felsit	2,66	0,8	3,8	18	18	17
Bazan	2,86	0,5	3,1	14	17	19
Diaba	2,96	0,3	2,6	18	18	20
Đá trầm tích						
Đá vôi	2,66	0,9	5,7	26	14	8
Đolomit	2,70	1,1	5,5	25	14	9
Đá phiến sét	1,85-2,5	-	-	-	-	-
Đá sa thạch	2,54	1,8	7,0	38	15	11
Đá phiến silic	2,50	1,6	8,4	26	19	12
Cuội kết	2,68	1,2	10,0	-	16	8
Breccia	2,59	1,8	6,4	-	17	11
Đá biến chất						
Đá gơnai	2,74	0,3	5,9	45	18	9
Đá diệp thạch	2,85	0,4	5,5	38	17	12
Amphibon	3,02	0,4	3,9	35	16	14
Đá phiến slate	2,74	0,5	4,7	20	15	18
Đá quãczit	2,69	0,3	3,3	28	19	16
Đá hoa	2,63	0,2	6,3	47	13	6
Đá secpentin	2,62	0,9	6,3	19	15	14

Cột 2 vật liệu được nhúng ngập trong nước tại áp suất khí quyển và nhiệt độ thường

Cột 3 lấy theo AASHTO T3 hay ASTM D289

Cột 4 lấy theo AASHTO T96 hay ASTM C131

Cột 5 lấy theo "Dorry hardness test U.S Dept. Agr. Bull 949"

Cột 6 lấy theo AASHTO T5 hay ASTM D3a

Trong bê tông xi măng poóc-lăng cường độ của cốt liệu không quan trọng như trong cốt liệu làm lớp đệm.

Lực dính bám giữa cốt liệu và xi măng của bê tông xi măng poóc-lăng bị ảnh hưởng của đặc trưng bề mặt. Trong hầu hết các trường hợp, cường độ lực dính bám tăng nếu bề mặt cốt liệu xù xì. Mức độ nhám bề mặt không cần quá lớn nhưng phải đạt được một mức độ cần thiết.

Bảng 3.2. Bảng tổng kết về tính chất cơ lý của đá

Loại đá	Cường độ	Độ bền	Ổn định hoá chất	Đặc trưng bề mặt	Tồn tại hạt có chất lượng thấp	Hình dạng sau khi nghiền
Đá macma						
Granit, syenit, diorit	tốt	tốt	tốt	tốt	có thể	tốt
Felsit	tốt	tốt	chưa rõ	TB	có thể	TB
Bazan, diaba, gabro	tốt	tốt	tốt	tốt	hiếm gặp	TB
Peridotit	tốt	TB	chưa rõ	tốt	có thể	tốt
Đá trầm tích						
Đá vôi, dolômit	TB	TB	tốt	tốt	có thể	tốt
Đá sa thạch	TB	TB	tốt	tốt	hiếm gặp	tốt
Đá phiến silic	tốt	kém	kém	TB	Ít gặp	kém
Cuội kết, breccia	TB	TB	tốt	tốt	hiếm gặp	TB
Đá phiến sét	kém	kém	-	tốt	có thể	TB
Đá biến chất						
Đá gonai, diệp thạch	tốt	tốt	tốt	tốt	hiếm gặp	tốt
Đá quaczit	tốt	tốt	tốt	tốt	hiếm gặp	TB
Đá hoa	TB	tốt	tốt	tốt	có thể	tốt
Đá secpentin	TB	TB	tốt	TB	có thể	TB
Đá amfibon	tốt	tốt	tốt	tốt	hiếm gặp	TB
Đá phiến slate	tốt	tốt	tốt	TB	hiếm gặp	kém

Trong hầu hết các hỗn hợp bê tông xi măng poóc-lăng, ảnh hưởng của đặc trưng bề mặt là nhỏ. Nếu so sánh hai loại cốt liệu, một loại cốt liệu là sỏi trơn nhẵn và một loại cốt liệu là đá nghiền có bề mặt xù xì và cùng sử dụng một tỷ lệ xi măng và đòi hỏi cùng độ dẻo như nhau thì cốt liệu là sỏi cần ít nước hơn. Cường độ đạt được khi dùng sỏi trơn nhẵn có thể tương đương với cường độ đạt được khi dùng đá nghiền. Do vậy, trong hỗn hợp có dùng cốt liệu sỏi bề mặt trơn nhẵn, lượng nước ít hơn dẫn đến tỷ lệ nước/xi măng giảm và làm tăng cường độ của bê tông. Hỗn hợp sử dụng cốt liệu đá nghiền có bề mặt

xù xì cần nhiều nước hơn, làm tăng tỷ lệ nước/ximăng kết quả là làm giảm cường độ của bê tông. Do vậy, hai ảnh hưởng này (hình dạng cốt liệu và trạng thái bề mặt) là cân bằng và dẫn đến cường độ của bê tông là tương đương.

6.2. Các quy định về cốt liệu xây dựng theo TCVN

Tiêu chuẩn TCVN 338-86 quy định kích thước hạt cát từ 0,14; 0,315; 0,63, 1,25, 2,5-5mm, có khối lượng riêng từ 2,5 - 2,7 g/cm xác định theo TCVN 339-86; khối lượng thể tích được xác định theo TCVN 340-86 (từ 1,4 - 1,55 g/cm) thành phần hạt cát được xác định theo TCVN 342-86. Môđun độ lớn cát được tính theo công thức sau:

$$M = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100}$$

trong đó: A_i - lượng sót tích lũy trên sàng.

Thành phần hạt cát được lập theo quan hệ giữa kích thước mắt sàng với lượng sót tích lũy phải phù hợp với các quy định của từng loại bê tông khác nhau (xem chương bê tông). Phương pháp xác định thành phần bụi, bùn sét, tạp chất hữu cơ hàm lượng sunfat theo TCVN 334, 345, 346-1986.

Theo TCVN cốt liệu lớn có đường kính từ 5, 10, 20, 40, 70 mm. Thành phần hạt của đá (hoặc sỏi) được biểu diễn theo kiểu của Anh với quan hệ giữa các đường kính quy định là D_{min} (d) đến D_{max} (D). Hai giá trị trên lấy theo giá trị gần nhất so với kích thước của lỗ sàng tiêu chuẩn. Giao điểm của đường cấp phối hạt vẽ theo kích thước hạt tiêu chuẩn với đường có giá trị 10% cho đường kính D, giao điểm với đường có giá trị 90% cho giá trị d.

Tuỳ theo loại bê tông có những hướng dẫn riêng để chọn đường kính của cốt liệu lớn và thành phần hạt thích hợp (xem chương 5). Các tính chất của đá và sỏi có thể xác định theo TCVN 1772-87. Các tính chất chủ yếu của cốt liệu lớn cần xác định như sau: khối lượng thể tích, khối lượng riêng, thành phần hạt, hàm lượng hạt dẹt, hàm lượng hạt yếu, độ ẩm, độ hút nước, cường độ nén dọc, hệ số mềm, độ mài mòn, độ chống va đập.

7. NGUYÊN LÝ VỀ CỐT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG ATPHAN

7.1. Tính chất của cốt liệu chế tạo bê tông atphan

Ảnh hưởng của cốt liệu đến tính chất và khả năng chịu lực của hỗn hợp bê tông atphan là rất lớn. Cốt liệu lý tưởng cho hỗn hợp bê tông atphan phải có cấp phối hợp lý, cường độ, khả năng chịu va chạm lớn và hình dạng góc cạnh. Những tính chất khác bao gồm độ rỗng thấp, bề mặt xù xì, không bị bẩn, và có tính kỵ nước. Bảng 3-1 và 3-2 đưa ra độ rỗng, độ mài mòn, độ cứng, độ hao mòn, cường độ, độ bền, đặc trưng bề mặt, hình dạng bề mặt của cốt liệu và chúng cũng dùng cho hỗn hợp bê tông atphan. Cấp phối, cường độ, độ hao mòn, và hình dạng là rất quan trọng ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu. Độ rỗng và đặc trưng bề mặt vật liệu khoáng ảnh hưởng rất lớn đối với mối liên kết giữa

bitum và bề mặt vật liệu khoáng. Chất kết dính atphan hay sản phẩm của nó phải dính chặt vào cốt liệu và đồng thời phải bao phủ toàn bộ bề mặt cốt liệu. Nếu cốt liệu có độ rỗng thấp và trơn nhẵn, chất kết dính atphan không thể dính vào cốt liệu. Sự dính bám trở thành một chỉ tiêu cực kỳ quan trọng trong giai đoạn hỗn hợp bê tông bị đặt trong môi trường nước. Nếu cốt liệu rất dễ thấm ướt, nước sẽ đua tranh với bitum để ngấm vào bề mặt cốt liệu và cốt liệu sẽ bị tách ra không dính vào bitum, hiện tượng này đã được biết và nó được gọi là sự bong, trượt của bitum với vật liệu khoáng.

7.2. Cấp phối của cốt liệu bê tông atphan

Phụ thuộc vào từng loại hỗn hợp bê tông atphan, cấp phối của cốt liệu thay đổi trong phạm vi rất lớn. Hỗn hợp bê tông atphan chất lượng cao dùng làm lớp trên mặt đường cho đường cao cấp thường sử dụng cốt liệu có "cấp phối đặc" (dense-graded). Trong trường hợp này (đối với bê tông atphan) không sử dụng "đường cong độ đặc tối đa của Fuller" bởi vì sẽ không đủ khoảng trống cần thiết cho chất kết dính atphan. Do vậy, nguyên tắc tốt nhất là không tạo ra cấp phối có độ đặc tối đa. Điều này đạt được bằng cách bổ sung thêm thành phần hạt mịn (cốt liệu nhỏ hơn sàng N^o 200). Cốt liệu trong hỗn hợp bê tông atphan không giống như cốt liệu trong bê tông xi măng poóc-lăng, nó cần tạo ra sự ổn định nhờ cường độ và độ hao mòn hợp lý; nếu không sẽ gây ra hiện tượng mất ổn định. Hỗn hợp cốt liệu có "cấp phối rỗng" (nhiều hạt mịn) có xu hướng bị phong hoá hơn là hỗn hợp cốt liệu có "cấp phối đặc" (ít hạt mịn). Vì vậy, nếu vật liệu để chế tạo bê tông atphan có cường độ thấp, thì sẽ sử dụng hỗn hợp của cùng vật liệu đó nhưng có độ đặc lớn hơn. Tiêu chuẩn ASTM C131. Khả năng chống lại hao mòn khối lượng của cốt liệu nhỏ khi chịu mài mòn và va chạm trong thí nghiệm Los Angeles (Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine) đã xác định được cường độ một cách tương đối và độ hao mòn của cốt liệu. Bảng 3.1 chỉ ra kết quả đo mài mòn của các loại cốt liệu khác nhau trong máy Los Angeles. Thí nghiệm chỉ ra rằng có rất ít mối liên hệ giữa các khả năng của cốt liệu. Tuy nhiên nó cũng chỉ ra một số loại cốt liệu không thích hợp đối với việc xử lý bề mặt.

Hình dạng cốt liệu còn quan trọng hơn cấp phối, cường độ và độ bền dai khi mà cốt liệu được nhào trộn vào trong hỗn hợp bê tông atphan. Nếu cốt liệu tròn được sử dụng với "cấp phối rỗng" thì độ ổn định sẽ rất kém. Do vậy khi sử dụng "cấp phối rỗng" phải sử dụng cốt liệu có hình dạng góc cạnh. Nếu phải sử dụng cốt liệu tròn thì nên nghiền nó ra, vì thế sẽ có những vết nứt ngang.

Độ rỗng của cốt liệu ảnh hưởng rất lớn đến vấn đề kinh tế của hỗn hợp. Trong hỗn hợp cốt liệu cần phải có một độ rỗng nhất định. Nói chung, nếu độ rỗng càng lớn thì cần nhiều chất kết dính atphan bám vào bề mặt cốt liệu, dẫn đến cần hàm lượng atphan nhiều hơn. Vì vậy, cốt liệu có lỗ rỗng (xốp) sẽ gây ra hiện tượng "thấm hút chọn lọc". Khi *thấm hút chọn lọc* (selective absorption) chỉ có *thành phần chọn lọc* trong atphan thấm vào, để lại những phần thừa rần lên trên bề mặt của cốt liệu. Điều này có thể gây ra sự tách rời chất kết dính atphan khỏi cốt liệu.

8. SỬ DỤNG CỐT LIỆU ĐỊA PHƯƠNG

Trong nhiều vùng của đất nước, cốt liệu tốt khan hiếm và giá chuyên chở những cốt liệu tốt đến đây rất đắt. Khi đó những cốt liệu sẵn có ở địa phương có thể sử dụng nhưng phải loại bỏ một số vật liệu có chất lượng kém để cốt liệu tuân thủ theo tiêu chuẩn. Trong một số trường hợp có thể tận dụng cốt liệu để đạt được những sản phẩm kinh tế.

Khi tận dụng cốt liệu, cần phải tiến hành một số quá trình:

- Rửa.
- Phân tách cốt liệu nặng.
- Phân tách các thành phần mềm yếu.
- Sàng.

Cốt liệu xấu được rửa để loại bỏ lớp phủ bên ngoài hay là thay đổi cấp phối. Lượng hạt mịn có thể được loại bỏ bằng cách xối nước vào trong khi sàng hoặc sử dụng các thùng rửa đặc biệt. Định luật Stock có thể được sử dụng để loại bỏ những hạt mịn. Khi dùng nước ở 77°F (25°C) và dùng cát có khối lượng riêng 2,65, thì định luật Stock như sau:

$$V = 9000D^2$$

trong đó: V - tốc độ dòng chảy;

D - đường kính hạt.

Vì vậy nếu cát được đưa vào ở đầu một thùng chứa dài, thì dòng nước có thể phân chia riêng các kích cỡ hạt ra.

Phân tách cốt liệu nặng sử dụng nguyên tắc trọng lượng riêng của những vật liệu bị loại bỏ nhẹ hơn trọng lượng riêng của những vật liệu tốt. Phương pháp này gắn liền với phương pháp quấy trong thùng nước "sink float method", khi quấy thì manhêtit và ferrosilicat sẽ lơ lửng trong nước. Những vật liệu cần loại bỏ có trọng lượng riêng nhỏ, nổi trong nước còn vật liệu tốt sẽ chìm xuống đáy thùng chứa.

Phân tách các thành phần mềm được sử dụng khi tách các vật liệu nặng nhưng mềm. Cốt liệu rơi xuống từ một máng nghiêng, và chất lượng của chúng được đo bởi khoảng cách chúng nảy lên khỏi bề mặt. Các hòn đá nảy lên được lựa chọn theo 3 ngăn riêng biệt, chúng được đặt hợp lý để thu được những hạt dựa vào khả năng nảy lên của chúng. Những viên yếu, mềm, dễ vỡ chỉ nảy lên một đoạn thấp còn những viên cốt liệu tốt nảy lên cao hơn. Quá trình phân tách thành phần mềm sẽ loại bỏ những hạt mềm yếu. Quá trình này không loại bỏ những hạt có môđun đàn hồi lớn. Do vậy phương pháp này cần tiến hành cùng với phương pháp phân tách cốt liệu nặng để đảm bảo loại bỏ hết tất cả cốt liệu kém.

9. CÁC TIÊU CHUẨN ASTM ĐỐI VỚI CỐT LIỆU

Trong phần tiếp theo chúng ta sẽ nghiên cứu các tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM khác nhau, cần nhấn mạnh vào các loại sau:

- Các thí nghiệm liên quan đến chất lượng chung của cốt liệu.
- Các thí nghiệm liên quan đến cốt liệu cần loại bỏ.
- Các thí nghiệm sử dụng trong thiết kế bê tông xi măng poóc-lăng và hỗn hợp bê tông atphan.

Trong mỗi trường hợp, chúng ta sẽ xem xét mục đích của thí nghiệm, được mô tả ngắn gọn theo từng thí nghiệm và ý kiến, kết luận của tác giả về quá trình thí nghiệm, nhận xét kết quả thí nghiệm.

9.1. Thí nghiệm về chất lượng chung của cốt liệu

- Tiêu chuẩn ASTM C131 (khả năng chống phong hoá, xuống cấp của cốt liệu kích thước nhỏ do mài mòn và va chạm trong thí nghiệm xác định độ hao mòn bằng máy Los Angeles). Mục đích của thí nghiệm này là kiểm tra khả năng chịu hao mòn của cốt liệu có đường kính nhỏ hơn 1,5in (3,81cm) bằng máy Los Angeles để đánh giá khả năng xuống cấp của cốt liệu làm lớp đệm.

- Tiêu chuẩn ASTM C88 (cốt liệu chất lượng cao bằng cách sử dụng natri sunfat hay magiê sunfat). Mục đích của thí nghiệm này là xác định khả năng chung của cốt liệu đối với thời tiết.

Tiêu chuẩn ASTM C666 (khả năng chống lại ảnh hưởng lớn của băng giá). Mục đích của thí nghiệm này là xác định bê tông ứng xử như thế nào trong điều kiện đông băng và tan băng liên tục và phân loại (xếp hạng) cốt liệu.

Tiêu chuẩn ASTM C215 (ứng suất theo các phương ngang, dọc, xoắn theo chu kỳ của mẫu thử bê tông). Thí nghiệm này nhằm xác định mối liên hệ giữa mật mát cường độ và chu kỳ đông băng và tan băng.

Tiêu chuẩn ASTM C597 (vận tốc truyền sóng trong bê tông). Mục đích chính của thí nghiệm này là kiểm tra tính đồng nhất trong khối bê tông, chỉ ra các đặc trưng thay đổi trong bê tông và kiểm tra trong lĩnh vực kết cấu: đánh giá mức độ hư hỏng, vết nứt và nhận xét chung.

Tiêu chuẩn ASTM C671 (sự giãn nở nguy hiểm của mẫu thử bê tông chịu băng giá). Mục đích của thí nghiệm này là xác định thời gian có thể chịu đựng băng giá của mẫu thử bê tông và được đo bằng thời gian nhúng ngập trong nước mà gây ra sự giãn nở nguy hiểm trong điều kiện đông băng chậm.

Tiêu chuẩn ASTM C682 (đánh giá khả năng chống băng giá của cốt liệu trong bê tông rắn trong không khí khi chịu giãn nở tới hạn). Mục đích của thí nghiệm này là đánh giá khả năng chịu băng giá của cốt liệu hạt lớn trong bê tông rắn trong không khí.

Tiêu chuẩn ASTM C672 (tỷ lệ về cường độ của bê tông có bề mặt được xử lý bằng hoá chất). Mục đích của thí nghiệm này là đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp thiết kế, xử lý bề mặt, bảo dưỡng... tỷ lệ như thế nào khi chịu đông băng và tan băng.

Tiêu chuẩn ASTM C295 (kiểm tra thành phần thạch học của cốt liệu cho bê tông). Mục đích của thí nghiệm này là lựa chọn những cốt liệu tốt từ những cốt liệu xấu.

Tiêu chuẩn ASTM D1075 (ảnh hưởng của nước đến sự dính kết của hỗn hợp bê tông atphan đã được đầm chặt).

9.2. Các thí nghiệm có liên quan đến các thành phần cốt liệu cần loại bỏ

Tiêu chuẩn ASTM C142 (cục đất sét và các thành phần cốt liệu dễ vỡ). Mục đích của thí nghiệm này là xác định các thành phần có thể ảnh hưởng xấu đến bề mặt bê tông. Nó là một phương pháp tương đối (xấp xỉ) để đánh giá hàm lượng sét và thành phần dễ vỡ trong cốt liệu tự nhiên.

Tiêu chuẩn ASTM C117 (vật liệu nhỏ hơn sàng N^o 200 (75µm) trong cốt liệu khoáng do rửa). Mục đích của thí nghiệm này là xác định hàm lượng hạt nhỏ hơn sàng N^o 200 (75µm) bằng cách rửa trôi. Các hạt sét và các thành phần cốt liệu khác có thể lắng đọng hoặc hoà tan trong nước có thể được loại bỏ khỏi cốt liệu trong quá trình thí nghiệm.

Tiêu chuẩn ASTM C123 (Thành phần cốt liệu nhẹ trong cốt liệu). Mục đích của thí nghiệm này là xác định tương đối hàm lượng phần trăm của các hạt nhẹ trong hỗn hợp cốt liệu bằng cách sử dụng các bể chứa có chất lỏng nặng, các chất lỏng này có khối lượng riêng thích hợp.

Tiêu chuẩn ASTM C40 (tạp chất hữu cơ trong cát chế tạo bê tông). Mục đích của thí nghiệm này là xác định tương đối sự có mặt của các tạp chất hữu cơ trong cát tự nhiên dùng để chế tạo vữa xi măng hay bê tông. Giá trị cơ bản của thí nghiệm là cung cấp các cảnh báo cho các thí nghiệm cần thiết sau này trước khi cát được chấp nhận để sử dụng.

Tiêu chuẩn ASTM C227 (khả năng phản ứng của chất kiềm trong hỗn hợp bê tông - cốt liệu). Mục đích của phương pháp này là xác định xem cốt liệu có phản ứng với chất kiềm có trong xi măng hay không. Thí nghiệm này để tiên đoán khả năng phản ứng silicat-kiềm.

Tiêu chuẩn ASTM C289 [Khả năng phản ứng với hoá chất của cốt liệu (phương pháp hoá học)]. Mục đích của thí nghiệm này là xác định khả năng phản ứng của cốt liệu với chất kiềm trong bê tông xi măng poocăng trong thời gian rất ngắn. Đây là thí nghiệm về khả năng phản ứng silicat-kiềm và không xác định khả năng phản ứng cacbonat-kiềm.

9.3. Các thí nghiệm khi thiết kế hỗn hợp bê tông (Xi măng poocăng hay bê tông atphan)

Tiêu chuẩn ASTM D75 (lấy mẫu cốt liệu). Tiêu chuẩn thí nghiệm này áp dụng cho cốt liệu thô.

Tiêu chuẩn ASTM C136 (sàng, phân loại và đánh giá cốt liệu mịn và cốt liệu thô). Mục đích của thí nghiệm này là xác định kích thước hạt của cốt liệu mịn và cốt liệu thô được sử dụng trong các thí nghiệm khác nhau.

Tiêu chuẩn ASTM C127 (trọng lượng riêng và khả năng hút nước của cốt liệu lớn). Mục đích của thí nghiệm này là xác định thể tích đặc và thể tích đơn vị của cốt liệu khô, mối liên hệ giữa trọng lượng-thể tích và từ đó xác định được hỗn hợp thiết kế. Trọng lượng riêng của hỗn hợp dùng để xác định thể tích mà cốt liệu chiếm chỗ.

Tiêu chuẩn ASTM C128 (trọng lượng riêng và khả năng hút nước của cốt liệu nhỏ). Mục đích của thí nghiệm này là xác định trọng lượng riêng và trọng lượng thể tích của cốt liệu nhỏ và khả năng hút nước.

Tiêu chuẩn ASTM C29 (trọng lượng đơn vị của cốt liệu). Thí nghiệm này xác định trọng lượng đơn vị của hạt mịn, hạt thô, hay hỗn hợp cốt liệu.

10. KERAMZIT

Keramzit là loại vật liệu gốm rỗng nhân tạo ở dạng hạt rời rạc được dùng thay thế cho cốt liệu nhẹ tự nhiên (cát núi lửa, sỏi đá bọt hay tốp dung nham...) dùng để chế tạo bê tông nhẹ và vữa nhẹ.

Để chế tạo keramzit phải sử dụng đất sét dễ nung chảy mà thành phần của nó chứa nhiều hợp chất sắt, ôxyt kim loại kiềm, cacbonat... là những chất có khả năng dễ nở phồng. Để tăng cường khả năng nở phồng, có thể phải bổ sung thêm quặng sắt, than, bùn, mặt cưa hay bụi than đá. Hỗn hợp phối liệu được nghiền mịn và trộn đều ở độ ẩm thích hợp, sau đó được đưa vào máy tạo hạt. Hỗn hợp phối liệu ở dạng hạt sau khi tạo hình xong được đưa vào máy sấy trong lò quay rồi chuyển qua lò nung và sẽ nở phồng ở nhiệt độ 1140-1220°C để tạo thành các hạt keramzit.

Theo kích thước hạt, keramzit được chia ra làm sỏi keramzit (gồm các nhóm hạt có đường kính: 40 - 20; 20 - 10 và 10 - 5 mm) và cát keramzit (gồm hai cỡ hạt: 5 - 1,2 và cỡ nhỏ hơn 1,2 mm).

Keramzit có đặc điểm quan trọng là lỗ rỗng trong hạt có cấu tạo dạng lỗ rỗng kín. Bởi vậy dù là độ rỗng của keramzit rất lớn ($\gamma = 150-1200 \text{ kg/m}^3$) nhưng nó vẫn có cường độ cao và độ hút nước nhỏ.

Chất lượng của keramzit được đánh giá chủ yếu theo khối lượng thể tích, độ bền khi nén trong xilanh và độ hút nước. Theo TCVN 6220-1997, mác của keramzit theo độ bền nén trong xilanh được đưa ra trong bảng 3.5.

Bảng 3.5. Mác keramzit theo độ bền nén trong xilanh

Ký hiệu mác	Độ bền khi nén trong xilanh, (MPa)	
	Sỏi	Dăm sỏi
M15	đến 0,5	-
M25	lớn hơn 0,5 đến 0,7	-
M35	lớn hơn 0,7 đến 1	lớn hơn 0,5 đến 0,6
M50	lớn hơn 1 đến 1,5	lớn hơn 0,6 đến 0,8
M75	lớn hơn 1,5 đến 2	lớn hơn 0,8 đến 1,2
M100	lớn hơn 2 đến 2,5	lớn hơn 1,2 đến 1,6
M125	lớn hơn 2,5 đến 3,3	lớn hơn 1,6 đến 2,0
M150	lớn hơn 3,3 đến 4,5	lớn hơn 2,0 đến 3,0
M200	lớn hơn 4,5 đến 5,5	lớn hơn 3,0 đến 4,0
M250	lớn hơn 5,5 đến 6,5	lớn hơn 4,0 đến 5,0
M300	lớn hơn 6,5 đến 8	lớn hơn 5,0 đến 6,0
M350	lớn hơn 8 đến 10	lớn hơn 6,0 đến 7,0
M400	lớn hơn 10	lớn hơn 7,0 đến 8,0

Cũng theo tiêu chuẩn đã nêu trên, keramzit còn được phân mác theo khối lượng thể tích (xem bảng 3.6), trong đó khối lượng thể tích của sỏi và đá dăm sỏi phải nằm trong giới hạn 250-600 kg/m³.

Ngoài ra chỉ tiêu độ hút nước theo khối lượng của keramzit cũng phải đạt các yêu cầu sau:

- Từ mác S250 đến S400 phải có $H_p \leq 30\%$;
- Từ mác S450 đến S500 phải có $H_p \leq 25\%$;
- Từ mác S600 trở lên phải có $H_p \leq 20\%$

Bảng 3.6. Mác keramzit

Ký hiệu mác theo khối lượng thể tích	Khối lượng thể tích (kg/m ³)	Mác theo độ bền nén trong xilanh
S250	đến 250	M15
S300	lớn hơn 250 đến 300	M25
S350	lớn hơn 300 đến 350	M35
S400	lớn hơn 350 đến 400	M50
S450	lớn hơn 400 đến 450	M75
S500	lớn hơn 450 đến 500	M100
S600	lớn hơn 500 đến 600	M125
S700	lớn hơn 600 đến 700	M150
S800	lớn hơn 700 đến 800	M200
S900	lớn hơn 800 đến 900	-
S1000	lớn hơn 900 đến 1000	-

Chương 4

XI MĂNG VÀ CHẤT KẾT DÍNH VÔ CƠ

1. KHÁI NIỆM CHUNG

Chất kết dính vô cơ là loại vật liệu ở dạng bột hoặc lỏng khi nhào trộn với nước tạo thành vữa dẻo, sau các quá trình hoá lý vữa trở thành rắn chắc và chuyển thành đá. Chất kết dính vô cơ có khả năng kết dính các loại vật liệu rời rạc (cát, đá, sỏi) thành một khối đồng nhất như bê tông, gạch silicat, vữa xây dựng. Chất kết dính vô cơ chủ yếu trong xây dựng đường ô tô và sân bay là xi măng. Xi măng là một loại vật liệu có tính dính kết và liên kết cần thiết để liên kết các cốt liệu thành một khối rắn có cường độ và độ bền thích hợp. Loại vật liệu quan trọng về mặt công nghệ này được phát triển và đóng góp cho việc xây dựng khoảng từ 10 - 20% các con đường trên toàn thế giới.

Chất kết dính vô cơ được chia làm 2 loại chính: chất kết dính rắn trong không khí và trong nước.

Chất kết dính vô cơ rắn trong không khí có khả năng rắn chắc và phát triển cường độ trong môi trường không khí. Theo thành phần hoá học được chia ra làm 4 nhóm: vôi rắn trong không khí (thành phần chủ yếu là CaO); chất kết dính manhê (thành phần chủ yếu là MgO); chất kết dính thạch cao (thành phần chủ yếu là CaSO₄), và thủy tinh lỏng - silicat natri hoặc kali (Na₂.nSiO₂ hoặc K₂.mSiO₂).

Chất kết dính rắn trong nước có khả năng rắn chắc và phát triển được cường độ trong môi trường không khí và nước.

Thành phần hoá học của chất kết dính rắn trong nước bao gồm chủ yếu các liên kết của bốn ôxyt: CaO - SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃. Các liên kết đó hình thành ba nhóm chất kết dính chủ yếu sau: xi măng silicat với khoáng vật chủ yếu là silicat canxi (đến 75%), các loại xi măng pooc lăng, xi măng alumin: aluminat canxi là các khoáng chủ yếu, vôi thủy và xi măng La Mã.

Trong xây dựng các công trình giao thông, xi măng pooc lăng là chất kết dính được sử dụng rộng rãi nhất để xây dựng cầu, đường ô tô và các công trình giao thông khác.

2. VÔI CANXI

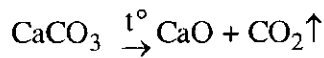
Vôi canxi là chất kết dính vô cơ rắn trong không khí. Có thành phần hoá học chủ yếu là CaO.

Vôi là một vật liệu cổ điển được dùng trong xây dựng dân dụng và công nghiệp, có ưu điểm là sản xuất đơn giản, dễ sử dụng, giá thành hạ.

2.1. Nguyên liệu và quá trình sản xuất

Nguyên liệu để sản xuất vôi là các loại đá giàu khoáng canxit (CaCO_3): đá phấn, đá vôi, đá vôi - đolômit, đá đolômit, với hàm lượng sét không lớn hơn 6%. Ở Việt Nam chủ yếu dùng đá vôi canxit theo TCVN 2231-89.

Quá trình nung vôi xảy ra theo phản ứng hoá học sau:



Sản phẩm của quá trình nung ngoài CaO còn có MgO do sự phân giải MgCO_3 .

Về nguyên tắc quá trình sản xuất vôi là tạo ra điều kiện thuận lợi cho phản ứng phân giải trên. Đây là phản ứng thu nhiệt và bắt đầu xảy ra từ nhiệt độ 600°C . Khi nhiệt độ càng tăng phản ứng xảy ra càng mạnh. Ở nhiệt độ 900°C thì vôi có chất lượng cao nhất, cấu trúc của vôi hợp lý nhất. Phản ứng nung vôi là phản ứng bề mặt. Do CO_2 mất đi, nên sản phẩm giảm 44% khối lượng, trong khi đó nó chỉ có thể tích 10% nên vôi rất xốp. Vì vậy nếu chỉ nung đến 900°C thì lớp nguyên liệu không đủ chín, sinh hiện tượng non lửa. Trong thực tế, tùy theo thiết bị nung có thể giảm kích thước của nguyên liệu (đá vôi nung trong lò đứng có kích thước 8 - 20cm) hoặc tăng nhiệt độ nung cao hơn (khoảng $900 - 1200^\circ\text{C}$). Nếu nhiệt độ nung cao quá thì CaO sau khi sinh ra sẽ tác dụng với tạp chất sét tạo thành màng keo silic và aluminat canxi cứng bọc lấy hạt vôi làm vôi khó thuỷ hoá khi tôi. Khi dùng trong kết cấu hạt vôi sẽ hút ẩm tăng thể tích làm kết cấu bị nứt, rỗ. Các hạt vôi đó gọi là hạt già lửa. Các hạt vôi già lửa và non lửa gọi chung là hạt sượng làm hồ vôi kém dẻo.

Đá vôi thường được nung trong các lò đứng. Đôi khi nó còn được nung trong lò quay. Nếu loại vôi yêu cầu có chất lượng cao có thể nung trong thiết bị nung đặc biệt - thiết bị nung vôi tầng sôi. Trong thiết bị này đá vôi có thể nung ở nhiệt độ nung lý thuyết. Sản phẩm chủ yếu sau khi nung là vôi cục (CaO).

2.2. Các dạng vôi canxit

Trong xây dựng vôi được sử dụng ở 2 dạng: vôi tôi và bột vôi sống.

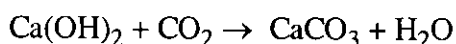
Vôi tôi là vôi được tôi với lượng nước khoảng 70% và thời gian tôi khoảng 30 ngày. Thành phần chính của vôi tôi là Ca(OH)_2 . Có ba dạng vôi tôi: vôi chín (100% Ca(OH)_2),

vôi nhuyễn (khoảng 50% Ca(OH)_2 và 50% nước) và vôi sữa (có ít hơn 50% Ca(OH)_2 và hơn 50% nước). Trong xây dựng thường dùng chủ yếu là vôi tôi nhuyễn và vôi sữa, còn bột vôi chín dùng trong y học và nông nghiệp. Vôi tôi có ưu điểm là sử dụng và bảo quản đơn giản, nhược điểm là cường độ của vữa quá thấp, tuổi thọ không cao.

Bột vôi sống là vôi cục được nghiền mịn (hơn 90% hạt lọt qua sàng 0,008). Nó có ưu điểm là rắn chắc nhanh và cường độ cao hơn vôi nhuyễn do tận dụng được nhiệt lượng tỏa ra khi tôi để tạo ra phản ứng silicat, không bị ảnh hưởng của hạt non lửa và già lửa, không mất thời gian tôi. Loại vôi này khó bảo quản và cần phải có thiết bị nghiền.

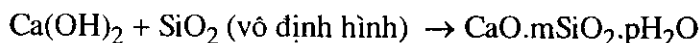
2.3. Quá trình rắn chắc của vôi canxi

Trong không khí vữa vôi rắn chắc xảy ra đồng thời hai quá trình chính: Sự mất nước của vữa làm Ca(OH)_2 chuyển dần từ trạng thái keo sang ngưng keo và kết tinh. Các tinh thể xích lại gần nhau rồi liên kết với nhau; Cacbonat hoá vôi dưới sự tác dụng của khí cacbonic trong không khí như sau:



CaCO_3 hình thành xen kẽ với các tinh thể Ca(OH)_2 làm cho vữa đặc chắc. Do có nước tách ra nên vữa rắn chắc chậm và khối xây bị ẩm ướt khá lâu. Nếu dùng biện pháp sấy (có sự tham gia của CO_2) sẽ tăng nhanh được quá trình rắn chắc.

Khi sử dụng vôi hỗn hợp silicat vô định hình (SiO_2 hoạt tính) ngoài hai quá trình trên, còn có quá trình silicat hoá:



2.4. Chỉ tiêu kỹ thuật của vôi canxi

Các chỉ tiêu kỹ thuật của vôi xây dựng là độ hoạt tính, nhiệt độ tôi, tốc độ tôi và lượng hạt sượng, độ mịn của vôi bột và độ ẩm.

Độ hoạt tính của vôi

Độ hoạt tính của vôi x (%) là tỷ lệ của $\text{CaO} + \text{MgO}$ có trong vôi, nó được xác định bằng phương pháp thử tiêu chuẩn (sử dụng axit clohydric và phenolphthalein), độ hoạt tính được tính bằng công thức:

$$x = \frac{V_0 \cdot 0,02804 \cdot K}{G} \cdot 100, (\%)$$

trong đó:

V_0 - thể tích axit 1N, ml,

K - hệ số điều chỉnh độ chuẩn axit,

G - khối lượng mẫu thí nghiệm, g.

Nhiệt độ tôi và tốc độ tôi

Nhiệt độ tôi là nhiệt độ cao nhất trong quá trình tôi vôi ($^{\circ}\text{C}$). Tốc độ tôi là thời gian (phút) từ khi cho vôi tác dụng với nước đến khi đạt được nhiệt độ cao nhất.

Vôi có độ hoạt tính lớn (nhiều CaO) thì sẽ có nhiệt độ tôi cao và tốc độ tôi nhanh.

Sản lượng vôi là lượng vôi nhuyễn (lít) do 1 kg vôi sống sinh ra. Khi độ hoạt tính của vôi lớn thì lượng vôi nhuyễn (có độ dẻo tiêu chuẩn) sinh ra càng nhiều (thể tích vôi tăng từ 1,5 đến 3 lần).

Lượng hạt sượng (hạt non lửa và già lửa) là hạt không bị tôi, còn lại trên sàng N^o63 (124 lỗ/cm^2) sau khi sàng vôi nhuyễn trong nước.

Độ mịn của vôi bột sống: ký hiệu là M, đó chính là lượng hạt còn lại trên sàng 0,063 và 0,008.

Bảng 4.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của vôi

Tên chỉ tiêu	Vôi cục và vôi bột nghiền			Vôi hydrat	
	Loại 1	Loại 2	Loại 3	Loại 1	Loại 2
1. Tốc độ tôi, tính bằng phút:					
a - Tôi nhanh, không lớn hơn	10	10	10	-	-
b - Tôi trung bình, không lớn hơn	20	20	20	-	-
c - Tôi chậm, lớn hơn	20	20	20	-	-
2. Hàm lượng MgO, tính bằng %, không lớn hơn	5	5	5	-	-
3. Tổng hàm lượng (CaO + MgO) hoạt tính, tính bằng % không nhỏ hơn	88	80	70	67	60
4. Hàm lượng CO ₂ , tính bằng %, không lớn hơn	2	4	6	4	6
5. Hàm lượng mất khi nung, tính bằng %, không lớn hơn	5	7	10	-	-
6. Độ nhuyễn của vôi tôi, tính bằng l/kg, không nhỏ hơn	2,4	2,0	1,5	-	-
7. Hàm lượng hạt không tôi được của vôi cục, tính bằng %, không lớn hơn	5	7	10	-	-
8. Độ mịn của vôi bột, tính bằng %, không lớn hơn					
Trên sàng 0,063	2	2	2	6	8
Trên sàng 0,008	10	10	10	-	-
9. Độ ẩm, tính bằng %, không lớn hơn	-	-	-	6	6

Chú thích: Chỉ tiêu (7) chỉ áp dụng đối với vôi cục và chỉ tiêu (8) chỉ áp dụng với vôi bột

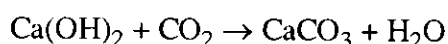
2.5. Quá trình rắn chắc của vôi rắn trong không khí

2.5.1. Sự rắn chắc của vôi tôi

Sự rắn chắc của vôi tôi tiến hành theo hai dạng:

- *Dạng kết tinh*: Sau khi tác dụng với nước và trộn với cát, lượng nước nhào trộn bị cát xây hút hoặc bay hơi dần đi, Ca(OH)_2 gặp nước bão hoà, vôi sẽ dần dần chuyển từ dạng ngưng keo sang dạng kết tinh rồi rắn chắc lại.

- *Dạng cacbonat hoá*: Ca(OH)_2 tiếp xúc với không khí sẽ phản ứng với CO_2 có trong không khí và tạo thành CaCO_3 :

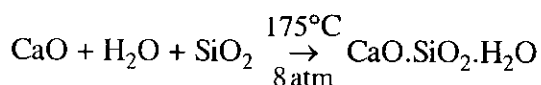


Quá trình rắn chắc của vôi rắn trong không khí tiến hành rất chậm, ngoài lượng nước nhào trộn, còn có phản ứng do cacbonat hoá tách ra nên công trình thường bị ẩm ướt khá lâu. Vì vậy, muốn tăng nhanh tốc độ rắn chắc thường dùng nhiều biện pháp: tăng hàm lượng CO_2 trong môi trường, tạo mặt thoáng thoát nước cho kết cấu, trộn thêm ximăng, thạch cao hoặc phụ gia vào thành phần vữa khi thi công.

2.5.2. Sự rắn chắc của vôi bột sống

Quá trình rắn chắc của vôi bột sống cũng gần giống quá trình rắn chắc của vôi tôi, chỉ khác là trong quá trình đầu của quá trình này, vôi bột sống có thêm quá trình hoà tan và thời kỳ hoá keo giống như ở ximăng. Nhưng những thời kỳ trên không phân chia riêng biệt mà xen kẽ nhau.

Mặt khác trong quá trình hoà tan, vôi bột sống tác dụng hoá học với nước sẽ toả ra một lượng nhiệt. Do tác dụng của lượng nhiệt này vôi bột sống phần nào thực hiện được phản ứng hoá học silicat, đặc biệt khi ta gia nhiệt và độ ẩm:



Vì vậy mà cường độ cao, có thể đạt 20 daN/cm² hoặc cao hơn nữa. Có thể sử dụng tính chất này để chế tạo gạch silicat.

3. THẠCH CAO

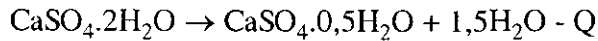
3.1. Khái niệm

Thạch cao là chất kết dính rắn trong không khí, bao gồm chủ yếu là thạch cao nửa phân tử nước hoặc anhydrit, được chế tạo bằng cách nung và nghiền nguyên liệu. Nguyên liệu để chế tạo chất kết dính thạch cao (CKDTC) là khoáng thạch cao $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,

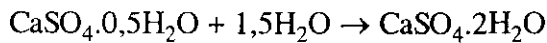
anhydrit và các thải phẩm công nghiệp. CKDTC được chia thành 2 nhóm: thạch cao nung ở nhiệt độ thấp (150 - 170°C) và thạch cao nung ở nhiệt độ cao (700 - 1000°C). Nhóm nung ở nhiệt độ thấp gồm có thạch cao xây dựng và thạch cao cường độ thấp, còn nhóm nung ở nhiệt độ cao gồm có xi măng anhydrit và thạch cao estric.

3.2. Thạch cao xây dựng

Thạch cao xây dựng được sản xuất từ đá thạch cao bằng cách nung ở nhiệt độ 150 - 160°C để khử bớt một phần nước:



Khi nhào trộn thạch cao xây dựng với nước thì cho hỗn hợp dẻo, sau quá trình rắn chắc thì biến thành dạng đá. Phản ứng xảy ra khi rắn chắc là:



Độ tan của $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ nhỏ hơn của $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ 5 lần nên hàm lượng $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tăng dần, hỗn hợp dẻo chuyển sang trạng thái keo rồi kết tinh và rắn chắc.

Thời gian kể từ khi nhào trộn thạch cao với nước đến khi mất tính dẻo là thời gian bắt đầu ninh kết. Thời gian từ khi nhào trộn thạch cao với nước đến khi có cường độ là thời gian kết thúc ninh kết. Đối với thạch cao xây dựng quy định thời gian bắt đầu ninh kết không nhỏ hơn 6 phút và kết thúc ninh kết không lớn hơn 30 phút.

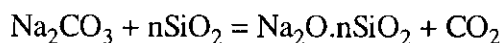
Cường độ của thạch cao được xác định ở mẫu uốn có kích thước $4 \times 4 \times 16$ cm và mẫu nén (sau khi uốn gãy). Cường độ chuẩn được quy định ở tuổi 1,5 giờ rắn chắc trong điều kiện tiêu chuẩn. Thạch cao xây dựng được sử dụng để chế tạo bê tông, tấm ngăn cách, vữa trát cho panen tường và các vật liệu trang trí khác ở nơi khô ráo.

4. THỦY TINH LỎNG

Thủy tinh lỏng có thành phần $\text{R}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, trong đó R là natri (Na) hoặc kali (K), n là modul silicat. Đối với thủy tinh lỏng natri: $n = 2,5 - 3$; kali: $n = 3 - 4$.

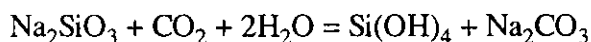
Thủy tinh lỏng có khối lượng riêng 1,3 - 1,5 g/cm^3 . Trước khi sử dụng nó được hoà với nước (lượng nước 50 - 70%).

Thủy tinh lỏng natri trong thực tế được dùng rộng rãi hơn. Thủy tinh lỏng natri được sản xuất bằng cách nung cát thạch anh (SiO_2) với Na_2CO_3 (hoặc $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C}$) ở nhiệt độ 1300 - 1400°C:



Sau đó hỗn hợp được cho vào thiết bị hơi nước ở áp lực 3 - 8 atm để tạo thành thủy tinh lỏng.

Thủy tinh lỏng rắn chắc được là nhờ quá trình tạo ra anhydrit silic vô định hình:



Để tăng nhanh quá trình rắn chắc thường dùng phụ gia Na_2SiF_6 :



Na_2SiF_6 còn làm tăng độ bền nước và bền axit của thủy tinh lỏng.

Thủy tinh lỏng được sử dụng trong công nghệ sản xuất xi măng bền axit, làm phụ gia cải thiện tính chất của bê tông và các vật liệu khác.

5. CHẤT KẾT DÍNH HỖN HỢP

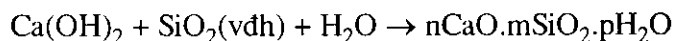
Chất kết dính hỗn hợp rất đa dạng. Trong xây dựng chất kết dính hỗn hợp được sử dụng ở dạng hỗn hợp của vôi và phụ gia vô cơ hoạt tính nghiền mịn. Chúng được sản xuất bằng cách nghiền chung vôi sống và phụ gia hoạt tính hoặc trộn lẫn vôi nhuyễn với phụ gia nghiền mịn.

Phụ gia vô cơ hoạt tính có hai nhóm chính: loại thiên nhiên như diatômít, trepen, đá có nguồn gốc núi lửa (tuff núi lửa, tro núi lửa) và loại nhân tạo như các thải phẩm công nghiệp (tro xỉ trong công nghiệp nhiệt điện hoặc luyện kim), hoặc cũng có thể được sản xuất theo công nghệ riêng (nung đất sét có thành phần thích hợp).

Nói chung, phụ gia vô cơ hoạt tính là những loại vật liệu chứa nhiều khoáng SiO_2 vô định hình. Độ hoạt tính của chúng được đánh giá thông qua độ hút vôi.

Tỷ lệ phối hợp của chất kết dính hỗn hợp là: vôi sống 15 - 30%, phụ gia hoạt tính: 70 - 80% (có thể có thêm cả thạch cao).

Chất kết dính hỗn hợp có cường độ cao nhờ có phản ứng tạo ra silicat canxi ngậm nước ở ngay nhiệt độ thường.



Khoáng $n\text{CaO} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$ (viết tắt là CSH) là khoáng bền nước hơn các sản phẩm tạo thành khi vôi rắn chắc.

Chất kết dính hỗn hợp có phạm vi sử dụng rộng rãi. Nó có thể dùng để chế tạo bê tông mác thấp, vữa xây dựng ở trong môi trường không khí và cả trong môi trường ẩm ướt, gia cố nền đất và dùng làm nền đường hoặc mặt đường cấp thấp.

6. VÔI THUYẾT VÀ XIMĂNG LA MÃ

Vôi thuyết và ximăng La Mã là chất kết dính rắn trong nước được sản xuất bằng cách nung đá macơ (đá vôi lẫn nhiều sét).

Vôi thuyết được sản xuất bằng cách nung đá macơ (hàm lượng sét 6 - 20%) ở nhiệt độ 900 - 1200°C. Ở nhiệt độ 900°C đầu tiên đá vôi bị phân huỷ tạo ra CaO. Sau đó CaO tác dụng với các ôxyt có trong thành phần đất sét (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) để tạo ra các silicat kiềm thấp ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), aluminat canxi ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) và fenspat canxi ($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Những thành phần này có khả năng rắn chắc trong môi trường nước.

Vôi thuyết thường được cho rắn chắc trong không khí 7 ngày đầu, sau đó cho rắn chắc trong môi trường nước 21 ngày. Cường độ của vôi thuyết sau 28 ngày rắn chắc là 20 - 50 daN/cm².

Vôi thuyết được sử dụng ở dạng bột hay hồ nhão để chế tạo vữa và bê tông mác thấp.

Ximăng La Mã cũng được sản xuất bằng cách nung đá macơ (có hàm lượng sét lớn hơn 20%) ở nhiệt độ khoảng 900°C. Thành phần của ximăng La Mã cũng tương tự như vôi thuyết nhưng có chất lượng cao hơn. Ximăng La Mã có 3 mác: 25, 50, 100. Nó được sử dụng để chế tạo vữa và bê tông mác thấp.

7. XIMĂNG POÓCLĂNG (XIMĂNG SILICAT)

7.1. Khái niệm chung

Để làm kết cấu bê tông thường sử dụng loại ximăng rắn chắc và bền trong nước. Nước cần thiết cho quá trình thuyết hoá (hydrat hoá) nhờ đó bột ximăng đặc lại và rắn chắc thành một khối đá ximăng. Ximăng poóclăng là loại ximăng phổ biến nhất, đó là một loại vật liệu dạng bột mịn có màu hơi xám, thành phần chủ yếu là canxi và nhôm silicat.

Ximăng pooclang là chất kết dính vô cơ rắn trong nước và khi cứng rắn thì có thể bền nước, chứa khoảng 70 - 80% silicat canxi và 15% aluminat canxi. Nó là sản phẩm của quá trình nghiền mịn của clinke với phụ gia thạch cao (3 - 5%). Clinker ở dạng hạt được sản xuất bằng cách nung cho đến kết khối (ở 1450°C - 1550°C) hỗn hợp chứa cacbonat canxi (đá vôi) và alumosilicat (đất sét, đá macơ, xỉ lò cao, v.v...). Thạch cao có tác dụng điều chỉnh thời gian ninh kết của ximăng. Ngoài ra trong nguyên liệu ximăng còn chứa axit khác như Fe_2O_3 . Khi nhào trộn ximăng với nước tạo thành một hỗn hợp vữa nhão được gọi là hồ ximăng.

Khi nghiền để điều chỉnh tính chất và giá thành có thể cho thêm phụ gia, hỗn hợp phụ gia hoạt tính và phụ gia trợ. Thành phần phụ gia được quyết định bởi nhu cầu của sản phẩm ximăng.

Ximăng pooclăng được sản xuất tại Anh năm 1824 và ngày càng được cải tiến có những ưu điểm nổi bật như cường độ cao, rắn chắc nhanh v.v... Ximăng pooclăng là chất kết dính vô cơ chủ yếu trong xây dựng dân dụng, giao thông và các công trình xây dựng khác. Ximăng có đặc tính kết dính và liên kết các cốt liệu trở thành một khối rắn chắc có độ bền và cường độ thích hợp đó là bê tông ximăng.

7.2. Thành phần hoá học và khoáng vật của clinke ximăng

Clinke thường ở dạng hạt có đường kính từ 10 - 40 mm, cấu trúc gồm nhiều khoáng ở dạng tinh thể và một số khoáng ở dạng vô định hình. Chất lượng của clinke phụ thuộc vào thành phần khoáng vật, hoá học và công nghệ sản xuất. Tính chất của ximăng do chất lượng của clinke quyết định.

7.2.1. Thành phần hoá học

Thành phần hoá học của clinke biểu thị bằng hàm lượng (%) các ôxyt có trong clinke, dao động trong giới hạn sau:

CaO	63 - 66%;
SiO ₂	21 - 24%;
Al ₂ O ₃	4 - 8%;
Fe ₂ O ₃	2 - 4%.

Tổng số các ôxyt chủ yếu này là 95 - 97%.

Các ôxyt khác (MgO; SO₃; K₂O; Na₂O; TiO; Cr₂O; P₂O₅) chiếm một tỷ lệ không lớn và ít nhiều đều có hại đến chất lượng của ximăng.

Thành phần hoá học của clinke thay đổi thì tính chất của ximăng cũng thay đổi. Nếu tăng CaO thì ximăng thường rắn nhanh, kém bền nước; còn nếu tăng SiO₂ thì ngược lại.

Trong quá trình nung đến nhiệt độ kết khối, các ôxyt chủ yếu kết hợp lại tạo thành các silicat, aluminat và aluminoforit canxi ở dạng các khoáng có cấu trúc tinh thể, một số ít chuyển sang dạng vô định hình.

Có thể dùng các hệ số sau đây để đánh giá chất lượng ximăng:

$$\text{Hệ số thuỷ lực: } M = \frac{\text{SiO}_2(\%)}{\text{Al}_2\text{O}_3(\%) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\%)}$$

M thường bằng 1,7 - 3,5

$$\text{Hệ số Aluminat: } P = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3(\%)}{\text{Fe}_2\text{O}_3(\%)}$$

P thường bằng 1 - 3

Hệ số bão hoà: K_{bh}

$$K_{bh} = \frac{\text{CaO}(\%) - (1,65\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,75\text{SO}_3)(\%)}{2,8\text{SiO}_2(\%)}$$

Hệ số thủy lực M càng lớn, lượng SiO_2 càng nhiều, xi măng sẽ ninh kết và rắn chắc chậm, cường độ phát triển chậm. Nếu M quá thấp chúng sẽ đóng thành tảng khó nung. Hệ số p càng thấp thì lượng Al_2O_3 càng nhiều, xi măng ninh kết và rắn chắc nhanh. Hệ số K_{bh} càng lớn, cường độ xi măng càng cao nhưng khó nung và sinh ra nhiều CaO tự do làm cho xi măng kém ổn định và dễ bị ăn mòn trong môi trường nước xâm thực.

7.2.2. Thành phần khoáng vật

Clinke có 4 loại khoáng vật chính là alit; belit; aluminat tricanxit và feroaluminat tetraclanxit.

Alit: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, viết tắt là C_3S , chiếm khoảng 45 - 60%, là dung dịch rắn của silicat tricanxit và một lượng không lớn (2 - 4%) các ôxyt MgO ; Al_2O_3 ; P_2O_5 ; Cr_2O_3 và các tạp chất khác. Đây là thành phần hoạt tính của xi măng. Quan sát trên kính hiển vi thấy tinh thể có nhiều cạnh kích thước khoảng 50 μm . C_3S sinh nhiệt thủy hoá hơi lớn và tạo cường độ ban đầu cao.

Các tạp chất này có ảnh hưởng lớn đến cấu trúc và tính chất của alit. Alit có thể kết tinh ở 6 dạng hình khác nhau. Trong clinke, tinh thể alit thường có hình 6 cạnh hoặc hình chữ nhật với kích thước 3 - 20 μm (hình 6.2).

Alit là khoáng quan trọng nhất của clinke, nó quyết định cường độ và các tính chất khác của xi măng.

Belit: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, viết tắt là C_2S , là khoáng silicat làm cho xi măng phát triển cường độ dài ngày chiếm 20 - 30% trong clinke, nó rắn chắc chậm nhưng đạt cường độ cao ở tuổi muộn. Trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ thường đến nhiệt độ 1500°C , belit có 5 dạng tinh thể. Trong clinke, belit là dung dịch rắn của β - silicat bicanxit ($\beta - \text{C}_2\text{S}$) và một lượng nhỏ (1 - 3%) Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; MgO ; Cr_2O_3 v.v... Ở nhiệt độ 250°C $\beta - \text{C}_2\text{S}$ có thể chuyển thành $\gamma - \text{C}_2\text{S}$; $\text{C}_2\text{S}\alpha$ tồn tại ở 1470°C ; còn $\text{C}_2\text{S}\alpha'$ ở $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ có cấu tạo xếp hơn (khối lượng riêng của $\beta - \text{C}_2\text{S}$ là $3,28 \text{ g/cm}^3$; của $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ là $2,97 \text{ g/cm}^3$), thể tích tăng lên 10%, làm hạt clinke rã ra thành bột dễ nghiền. Nhưng $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ không tác dụng với nước ngay ở nhiệt độ 100°C (không có tính dính kết). Belit có cấu trúc dạng hạt đặc tròn, kích thước 20 - 50 μm .

Tổng hàm lượng silicat trong clinke khoảng 75%, số còn lại 25% là các khoáng nằm ở khoảng giữa alit và belit.

Aluminat tricanxit $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, viết tắt là C_3A , chiếm khoảng 4 - 12%. Ở nhiệt độ nung thích hợp, tinh thể có dạng hình lập phương kích thước $10 \times 15 \mu\text{m}$, khối lượng riêng $3,04 \text{ g/cm}^3$, tốc độ thủy hóa và rắn chắc rất nhanh, nhưng cường độ không lớn. Nó

rất dễ bị ăn mòn sunfat, nên trong xi măng bền sunfat phải khống chế hàm lượng C_3A (nhỏ hơn 5%).

Feroaluminat tetracanzit: $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$, viết tắt là C_4AF , chiếm khoảng 10 - 12%, có khối lượng riêng lớn nhất trong các khoáng clinke ($3,77 \text{ g/cm}^3$). Nó là dung dịch rắn của feroaluminat canxi có thành phần khác nhau. Trong clinke của xi măng pooclang dung dịch rắn này thường rất gần với C_4AF , C_4AF có tốc độ rắn chắc trung gian giữa alit và belit, vì vậy không có ảnh hưởng lớn đến tốc độ rắn chắc và sự toả nhiệt của xi măng pooclang.

Các chất ôxyt clinke chiếm khoảng 5 - 15%, bao gồm chủ yếu là CaO ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; MgO ; K_2O ; Na_2O .

Oxyt magiê là thành phần của pha feroaluminat và thuỷ tinh clinke, đồng thời tồn tại ở dạng tinh thể tự do, thuỷ hoá rất chậm. Sự thuỷ hoá MgO kéo dài rất lâu (đến vài năm) và khi chuyển thành $Mg(OH)_2$ thì làm tăng thể tích của pha rắn. Cho nên nếu hàm lượng của $MgO > 5\%$ sẽ gây mất tính ổn định thể tích của xi măng.

Oxyt canxi tự do ở dạng hạt, thường có trong clinke mới nung xong. Quy định hàm lượng của nó không được vượt quá 1%, vì nó gây ra tính không ổn định thể tích của xi măng.

Kiêm (Na_2O ; K_2O) có trong pha feroaluminat của clinke cũng như ở dạng sunfat. Để tránh gây ra nứt nẻ kết cấu, hàm lượng của chúng phải rất hạn chế khi dùng với cốt liệu (cát; đá) có chứa ôxyt vô định hình.

7.3. Nguyên tắc sản xuất xi măng

Nguyên liệu để sản xuất clinke là đá vôi có hàm lượng canxit cao (đá vôi đặc; đá phấn; đá macma) và đất sét (đất sét và phiến thạch sét). Để sản xuất 1 tấn xi măng cần khoảng 1,5 tấn nguyên liệu. Tỷ lệ giữa thành phần cacbonat và đất sét vào khoảng 3:1 (có nghĩa là 75% đá vôi và 25% đất sét). Có thể cho thêm vào thành phần phối liệu các nguyên liệu phụ để điều chỉnh thành phần hoá học, nhiệt độ kết khối và kết tinh các khoáng vật của clinke.

Trong công nghệ sản xuất xi măng, có thể sử dụng các thải phẩm công nghiệp như xỉ lò cao, vì nó thường chứa những ôxyt cần thiết để chế tạo clinke (CaO ; SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3), bùn nefelin (thải phẩm công nghiệp sản xuất nhôm) chứa khoảng 25 - 30% SiO_2 và 50 - 55% CaO . Nefelin có thể cho vào phối liệu đến 15 - 20%. Dùng nefelin tăng được năng suất của lò đến 20% và giảm được chi phí nhiên liệu đến 20 - 25%.

Nhiên liệu chủ yếu và có hiệu quả nhất trong sản xuất xi măng là khí thiên nhiên, dầu mazut và than đá.

Quá trình sản xuất xi măng bao gồm các công đoạn sau:

- 1) Khai thác và cung cấp nguyên liệu.
- 2) Chuẩn bị phối liệu.
- 3) Nung để tạo clinke.
- 4) Nghiền clinke với phụ gia thạch cao.

Chuẩn bị phối liệu gồm có khâu nghiền mịn, nhào trộn hỗn hợp với tỷ lệ yêu cầu để đảm bảo cho các phản ứng hoá học được xảy ra và clinke có chất lượng đồng nhất. Có 3 phương pháp chuẩn bị phối liệu: khô, ướt và hỗn hợp.

- *Phương pháp khô* thích hợp với đá vôi và đất sét có độ ẩm thấp (10 - 15%), thành phần và cấu trúc đồng nhất. Chi phí nhiên liệu trong phương pháp khô ít hơn trong phương pháp ướt 1,5 - 2 lần. Chất lượng phương pháp này khó điều chỉnh. Trong phương pháp khô, các khâu nghiền và nhào trộn đều được thực hiện ở trạng thái khô hoặc đã sấy trước. Đá vôi và đất sét được nghiền và sấy đồng thời đến độ ẩm 1 - 2% trong máy nghiền bi. Sau khi nghiền, bột phối liệu được đưa vào xilô để kiểm tra hiệu chỉnh lại thành phần và để dự trữ đảm bảo cho lò nung làm việc liên tục.

- *Phương pháp ướt* sử dụng cho những nguyên liệu mềm và có độ ẩm lớn (đá phấn, đất sét). Đất sét được máy khuấy tạo huyền phù sét, đá vôi được đập nhỏ rồi cho vào nghiền chung với đất sét ở trạng thái lỏng (lượng nước chiếm khoảng 35 - 45%) trong máy nghiền bi cho đến độ mịn yêu cầu (lượng sót trên sàng N° 008 là 8 - 10%). Từ máy nghiền bi, hỗn hợp được bơm vào bể bùn để kiểm tra và điều chỉnh thành phần trước khi cho vào lò nung.

Phương pháp ướt tốn nhiên liệu nhưng dễ dàng bảo quản chất lượng.

Nung phối liệu được thực hiện chủ yếu trong lò quay (phương pháp ướt), hoặc lò đứng (phương pháp khô).

Lò quay là ống trụ bằng thép đặt nghiêng 3 - 4°, trong lót bằng vật liệu chịu lửa. Chiều dài lò 95 - 185 - 230 m, đường kính 5 - 7 m.

Lò quay làm việc theo nguyên tắc ngược dòng. Hỗn hợp nguyên liệu được đưa vào đầu cao, khí nóng được phun lên từ đầu thấp. Khi lò quay (1 - 2 vòng/phút) phối liệu chuyển dần xuống và tiếp xúc với các vùng có nhiệt độ khác nhau, tạo ra những quá trình lý hoá phù hợp để cuối cùng hình thành clinke.

- *Phương pháp nửa ướt (bán ướt)*

Trong cách sản xuất này, hồ lỏng đạt được theo cùng một cách như phương pháp ướt, sau đó được vắt trong những thiết bị lọc ép được cấu tạo bằng một loại mành ở giữa chúng là hồ được ép dưới áp suất từ 10 đến 25 daN/cm² để tạo ra các bánh nguyên liệu có lượng ngậm nước chỉ bằng 18 đến 20%. Hồ dẻo sau đó được chuyển thành các đoạn hình trụ ngắn hoặc có vết với đường kính khoảng 2 cm. Các đoạn hình trụ được đưa vào lò nung tạo clinke.

Phương pháp nửa khô (bán khô)

Chất bột đạt được bằng một phương pháp tương tự với phương pháp được mô tả đối với phương pháp khô, sau đó được vè viên có đường kính từ 10 đến 20 mm nhờ một máy vè viên.

Máy vè viên gồm một đĩa đặt nghiêng khoảng 45° và có đường kính khoảng $2 \div 4$ m. Người ta đổ vào máy vè viên một chất bột và nước ($12 \div 14\%$) và sự quay đơn giản của máy vè viên tạo thành các viên nhỏ.

Theo phương pháp nung được sử dụng, người ta cũng có thể cho vào lò các viên nhỏ than nghiền.

Việc nung được tiến hành ở hai loại lò: lò có ghi phân huỷ cacbonat là lò quay ngắn tương tự lò trong phương pháp nửa ướt. Hoặc dùng lò đứng, gồm hình trụ tháp thẳng đứng cố định, bên trong lát gạch chịu lửa. Các hạt được phân phối đều và liên tục ở phần trên của lò. Chúng nhanh chóng bị gia nhiệt mạnh. Trong trường hợp nung này vùng tạo clinke nằm ở phần trên của lò. Sau đó các hạt tụt xuống chậm chậm và nguội đi.

Phương pháp sản xuất clinke này rất hay về phương diện năng lượng, nhưng ngược lại nó chỉ cho sản xuất lượng nhỏ.

Clinke được đưa ra khỏi lò quay ở dạng hạt màu xám hoặc vàng xám, được làm nguội từ 1000°C xuống đến $100 - 200^\circ\text{C}$ trong các thiết bị làm nguội bằng không khí rồi được giữ trong kho 1 - 2 tuần.

Các máy nghiền bi là những hình trụ lớn có $d = 3 - 4$ m đặt gần như nằm ngang, chứa đầy một nửa là những viên bi thép và cho quay nhanh xung quanh trục của chúng. Người ta cho clinke vào phần cao và lấy bột ra ở phần thấp của máy nghiền.

Ximăng sau khi nghiền có nhiệt độ từ $80 - 120^\circ\text{C}$ được vận chuyển bằng khí nén lên xilô. Xilô là bể chứa bằng bê tông cốt thép đường kính 8 - 15m, cao 25 - 30m. Những xilô lớn có thể chứa được 4.000 - 10.000T ximăng.

Hiện nay còn sử dụng phương pháp nghiền ướt (hiệu quả cao, hợp vệ sinh). Loại ximăng này phải được dùng ngay sau khi nghiền.

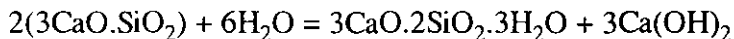
7.4. Quá trình rắn chắc của ximăng

Lý thuyết rắn chắc của ximăng pooc-lăng được phát triển trên cơ sở những công trình của Lơ Satalie (Le Shatalie), Mikhaolix, Baykov, Rebinder.

Ximăng sau khi nhào trộn với nước trải qua 3 giai đoạn. Trong khoảng 1 - 3 giờ sau khi nhào trộn, hồ ximăng dẻo và dễ tạo hình, bắt đầu ninh kết. Hỗn hợp đặc dần lại và mất dần tính dẻo nhưng cường độ không lớn. Giai đoạn này kết thúc trong 5 - 10 giờ sau khi nhào trộn. Sau đó hỗn hợp chuyển từ trạng thái đặc sệt sang trạng thái rắn chắc, có nghĩa là kết thúc ninh kết và bắt đầu rắn chắc. Giai đoạn rắn chắc đặc trưng bằng sự tăng nhanh cường độ.

7.4.1. Phản ứng thủy hóa

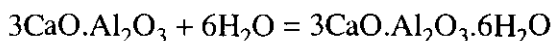
Khi nhào trộn xi măng với nước ở giai đoạn đầu xảy ra quá trình tác dụng nhanh của alit với nước tạo ra hydrosilicat canxi và hydroxit canxi.



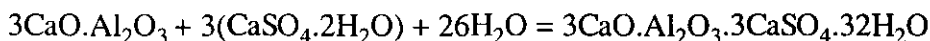
Vì đã có hydroxit canxi tách ra từ alit nên belit thủy hóa chậm hơn alit và tách ra ít $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hơn:



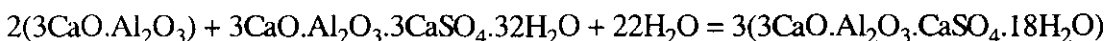
Hydrosilicat canxi hình thành khi thủy hoá hoàn toàn đơn khoáng silicat tricanxi ở trạng thái cân bằng với dung dịch bão hoà hydroxit canxi. Tỷ lệ CaO/SiO_2 trong các hydrosilicat trong hồ xi măng có thể thay đổi phụ thuộc vào thành phần vật liệu, điều kiện rắn chắc và các yếu tố khác. Pha chứa aluminat chủ yếu trong xi măng là aluminat tricanxi $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ - pha hoạt động nhất. Ngay sau khi trộn với nước trên bề mặt các hạt xi măng đã có lớp sản phẩm xốp, không bền, có tinh thể dạng tấm mỏng lục giác của $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ và $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Cấu trúc dạng tơ xốp này làm giảm độ bền nước của xi măng. Dạng ổn định, sản phẩm phản ứng nhanh với nước của nó là hydroaluminat 6 nước có tinh thể hình lập phương ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$):



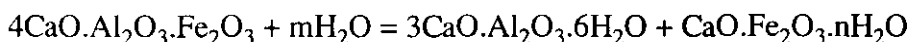
Để làm chậm quá trình ninh kết khi nghiền clinke cần cho thêm một lượng đá thạch cao (3 - 5% so với khối lượng xi măng). Sunfat canxi đóng vai trò là chất hoạt động hoá học của xi măng, tác dụng với aluminat tricanxi ngay từ đầu để tạo thành sunfoaluminat canxi ngậm nước (khoáng etringit):



Trong dung dịch bão hoà $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ngay từ đầu etringit sẽ tách ra ở dạng keo phân tán mịn đọng lại trên bề mặt $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ làm chậm sự thủy hoá của nó và kéo dài thời gian ninh kết của xi măng. Sự kết tinh của $\text{Ca}(\text{OH})_2$ từ dung dịch quá bão hoà sẽ làm giảm nồng độ hydroxit canxi trong dung dịch và etringit chuyển sang tinh thể dạng sợi, tạo ra cường độ ban đầu cho xi măng. Etringit có thể lớn gấp 2 lần so với thể tích các chất tham gia phản ứng, có tác dụng chèn lấp các lỗ rỗng của đá xi măng, làm cường độ và độ ổn định của đá xi măng tăng lên. Cấu trúc của đá xi măng cũng sẽ tốt hơn do hạn chế được những chỗ yếu của hydroaluminat canxi. Sau đó etringit còn tác dụng với $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ còn lại tác dụng với thạch cao để tạo thành muối kép một sunfat:



Feroaluminat tetracaxi tác dụng với nước tạo ra hydroaluminat và hydroferit canxi:



Hydroferit sẽ nằm lại trong thành phần của gen xi măng, còn hydroaluminat sẽ lại tác dụng với thạch cao như phản ứng trên.

7.4.2. Sự hình thành cấu trúc của hồ xi măng

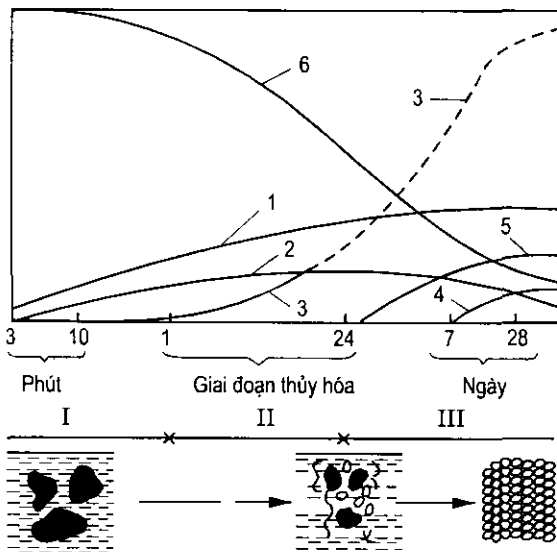
Hồ xi măng tạo thành sau khi nhào trộn xi măng với nước là loại huyền phù đặc của nước, có tính chất của cấu trúc phân tán xét về mặt cường độ cấu trúc, độ nhớt cấu trúc, độ dẻo cấu trúc và tính xúc biến.

Trước khi tạo hình hỗn hợp bê tông và bắt đầu ninh kết, hồ xi măng có cấu trúc ngưng tụ. Trong đó những hạt rắn hút nhau bằng lực Vandecvan và liên kết với nhau bằng lớp vỏ hydrat. Cấu trúc này sẽ bị phá huỷ khi có lực cơ học tác dụng (nhào trộn, rung, v.v...). Do ứng suất trượt giảm đi đột ngột, cấu trúc bị phá huỷ, nó trở thành chất lỏng nhớt, dễ tạo hình. Việc chuyển hồ sang trạng thái chảy mang đặc trưng xúc biến, có nghĩa là khi loại bỏ tác dụng của lực cơ học thì liên kết cấu trúc trong hệ lại được phục hồi.

Tính chất cơ học - cấu trúc của hồ xi măng tăng theo mức độ thủy hoá của hồ xi măng. Thí dụ ứng suất trượt của hồ đo được sau khi nhào trộn là $0,1 \text{ daN/cm}^2$, khi bắt đầu ninh kết tăng lên 15 lần ($1,5 \text{ daN/cm}^2$), còn khi kết thúc ninh kết tăng lên 50 lần (5 daN/cm^2). Như vậy hồ xi măng có khả năng thay đổi nhanh tính dẻo trong khoảng thời gian ninh kết của xi măng.

Sự hình thành cấu trúc của hồ xi măng và cường độ xảy ra như sau: những phân tử cấu trúc đầu hình thành sau khi nhào trộn xi măng với nước là etringit, hydroxit canxi và các sợi gen CSH. Etringit dạng lăng trụ lục giác được tạo thành sau 2 phút, còn mầm tinh thể Ca(OH)_2 xuất hiện sau vài giờ. Phần gen của hydrosilicat canxi đầu tiên ở dạng hình kim, sau đó tiếp tục phát triển, phân nhánh trở thành dạng "bó". Những lớp gen mỏng tạo thành xen giữa các tinh thể Ca(OH)_2 làm đặc chắc hơn hồ xi măng.

Hình 4-1 giới thiệu sự phát triển cấu trúc của hồ xi măng theo thời gian. Cấu trúc ban đầu là khung không gian kém bền, tạo ra từ các hạt phân tán của sản phẩm thủy hoá liên kết với nhau bằng lực Vandecvan và màng nước hấp phụ của các hạt đó. Đến cuối giai đoạn ninh kết cấu trúc cơ bản của hồ xi măng được hình thành và biến đổi thành đá xi măng.



Hình 4.1. Quá trình thủy hoá xi măng và sự phát triển cấu trúc hồ xi măng

1. Ca(OH)_2 ;
 2. Etringit;
 3. Hydrosilicat canxi sợi dài;
 - 3b. Hydrosilicat canxi sợi ngắn;
 4. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$;
 5. $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$;
 6. đường cong thay đổi thể tích lỗ rỗng;
- I. cấu trúc không bền;
 II. hình thành cấu trúc cơ bản;
 III. ngưng tụ cấu trúc để thành cấu trúc bền.

7.4.3. Quá trình rắn chắc của xi măng

Khi xi măng rắn chắc, các quá trình vật lý và hoá lý phức tạp đi kèm theo các phản ứng hoá học có một ý nghĩa rất lớn và tạo ra sự biến đổi tổng hợp, khiến cho xi măng khi nhào trộn với nước, lúc đầu chỉ là hồ dẻo và sau biến thành đá cứng có cường độ. Tất cả các quá trình tác dụng tương hỗ của từng khoáng với nước để tạo ra những sản phẩm mới xảy ra đồng thời, xen kẽ và ảnh hưởng lẫn nhau. Các sản phẩm mới cũng có thể tác dụng tương hỗ lẫn nhau và với các khoáng khác của clinke để hình thành những liên kết mới. Do đó hồ xi măng là một hệ rất phức tạp cả về cấu trúc thành phần cũng như sự biến đổi. Để giải thích quá trình rắn chắc người ta thường dùng thuyết của Baikov - Rebinder. Theo thuyết này, quá trình rắn chắc của xi măng được chia thành 3 giai đoạn:

Giai đoạn hoà tan: Khi nhào trộn xi măng với nước các thành phần khoáng của clinke sẽ tác dụng với nước ở ngay trên bề mặt hạt xi măng. Những sản phẩm mới tạo được $[\text{Ca}(\text{OH})_2; 3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}]$ sẽ bị hoà tan. Nhưng vì độ hoà tan không lớn và lượng nước có hạn nên dung dịch nhanh chóng trở nên bão hoà.

Giai đoạn hoá keo: Trong dung dịch quá bão hoà, các sản phẩm $\text{Ca}(\text{OH})_2; 3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ mới tạo thành sẽ không tan nữa mà tồn tại ở trạng thái keo. Còn các sản phẩm etringit, CSH vốn không tan nên vẫn tồn tại ở thể keo phân tán. Nước vẫn tiếp tục mất đi (bay hơi, phản ứng với xi măng), các sản phẩm mới tiếp tục tạo thành, tỷ lệ rắn/lỏng ngày một tăng, hỗn hợp mất dần tính dẻo, các sản phẩm ở thể keo liên kết với nhau thành thể ngưng keo.

Giai đoạn kết tinh: Nước ở thể ngưng keo vẫn tiếp tục mất đi, các sản phẩm mới ngày càng nhiều. Chúng kết tinh lại thành tinh thể rồi chuyển sang thể liên tinh làm cho cả hệ thống hoá cứng và cường độ tăng.

7.4.4. Cấu trúc và độ rỗng của đá xi măng

Đá xi măng là một hệ cấu trúc vi mô không đồng nhất. Trong cấu trúc của đá xi măng gồm có nhiều thành phần khác nhau như:

Các sản phẩm thuỷ hoá của xi măng, dạng gen của hydrosilicat và các dạng khác có tính chất keo, những tinh thể tương đối lớn $\text{Ca}(\text{OH})_2$, etringit, lỗ rỗng và những hạt clinke chưa thuỷ hoá

Lỗ rỗng gồm: lỗ rỗng gen ($< 1000\text{Å}$), lỗ rỗng mao quản (từ 1000Å đến $10\mu\text{m}$) nằm giữa các bó gen, bọt khí và lỗ rỗng (từ $50\mu\text{m}$ đến 2mm) chứa không khí bị cuốn vào khi nhào trộn, đầm chặt và do khuyết tật khi thi công.

Do có thành phần gen, nên mỗi khoáng sau khi nhào trộn với nước đều có hiện tượng giảm thể tích khi rắn chắc trong không khí hoặc tăng thể tích khi rắn chắc trong nước. Khoáng có ngót nhiều nhất là C_3A (23,79%).

Đá ximăng là một chất "keo khoáng" gắn kết các hạt cốt liệu, cần có cường độ và độ gắn bám tốt. Tính chất này phụ thuộc vào chất lượng, số lượng của các sản phẩm mới, thể tích và đặc tính của lỗ rỗng. Chất lượng sản phẩm mới được xác định bằng thành phần và mức độ phân tán của nó. Còn số lượng sản phẩm mới tỷ lệ thuận với mức độ thủy hoá ximăng α (tỷ lệ phần ximăng phản ứng với nước và tổng khối lượng ximăng). Nếu lượng nước liên kết là w_t (ở thời gian t) và nước trong ximăng thủy hoá ở thời gian $t = \infty$ là w_n (dao động từ $0,25 \div 0,3$ theo khối lượng ximăng) thì:

$$\alpha = \frac{w_t}{w_{t(t=\infty)}}$$

Mức độ thủy hoá các khoáng vật của ximăng được tính bằng % so với sự thủy hoá hoàn toàn được giới thiệu ở bảng 4.2.

Bảng 4.2

Các khoáng	Sự thủy hoá theo thời gian				
	3 ngày	7 ngày	28 ngày	3 tháng	6 tháng
C ₃ S	36	46	69	93	94
C ₂ S	7	11	11	29	30
C ₃ A	82	82	84	91	93
C ₄ AF	70	71	74	89	91

Lượng nước liên kết so với thành phần khoáng vật theo tỷ lệ sau:

C₃S - 0,24; C₂S - 0,21; C₃A - 0,4; C₄AF - 0,37. Lượng nước hydrat hoá của các khoáng là C₃S - 0,130; C₂S - 0,035; C₃A - 0,043; C₄AF - 0,034. Tổng cộng $W_n = 0,241$. Theo H. Rusch để hydrat hoá hoàn toàn một lượng ximăng thì cần lượng nước tương đương với 25% lượng ximăng.

Độ rỗng của đá ximăng bao gồm độ rỗng gen r_g , độ rỗng mao quản r_m và độ rỗng do cuốn khí khi thi công r_k .

Độ rỗng gen được tính như sau:

$$r_g = 0,29 \frac{\alpha \rho_x}{1 + \frac{N}{X} \rho_x}$$

trong đó: (N/X) - tỷ số nước - ximăng; ρ_x - khối lượng riêng của ximăng).

Độ rỗng mao quản được tính theo lượng nước dư bay hơi đi. Lượng bọt khí thường nhỏ hơn 5% thể tích của hỗn hợp (xác định bằng dụng cụ đặc biệt hoặc dựa vào thể tích đặc của hồ ximăng và thể tích tự nhiên của nó).

Để đá xi măng có độ đặc cao, cần hạn chế các độ rỗng trên bằng công nghệ trộn phụ gia và sử dụng lượng nước nhào trộn ít.

7.4.5. Tính bền của đá xi măng

Đá xi măng bị ăn mòn chủ yếu là do sự tác dụng của các chất khí và chất lỏng lên các bộ phận cấu thành xi măng đã rắn chắc (chủ yếu là Ca(OH)_2 và $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Trong thực tế có tới hàng chục chất gây ra ăn mòn đá xi măng. Mặc dù các chất gây ăn mòn rất đa dạng, nhưng có thể phân ra 3 nguyên nhân cơ bản sau đây:

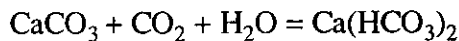
1) Sự phân rã các thành phần của đá xi măng, sự hoà tan và rửa trôi hydroxit canxi;

2) Tạo thành các muối dễ tan do hydroxit canxi và những thành phần khác của đá xi măng tác dụng với các chất xâm thực và sự rửa trôi các muối đó (ăn mòn axit, ăn mòn magiêzit);

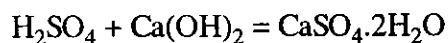
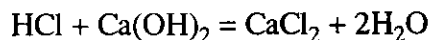
3) Sự hình thành những liên kết mới trong các lỗ rỗng có thể tích của các chất tham gia phản ứng, tạo ra ứng suất gây nứt bê tông (ăn mòn sunfoaluminat).

Ăn mòn hoà tan do sự tan của Ca(OH)_2 xảy ra mạnh dưới sự tác dụng của nước mềm (chứa ít các chất tan) như nước ngưng tụ, nước mưa, nước sông, nước đầm lầy. Sau 3 tháng rắn chắc hàm lượng Ca(OH)_2 vào khoảng 10 - 15% (tính theo CaO). Nếu sau khi hoà tan và rửa trôi mà nồng độ Ca(OH)_2 giảm xuống thấp hơn 0,11% thì CSH và C_3AH_6 cũng bị phân huỷ. Khi Ca(OH)_2 bị hoà tan 15 - 30% thì cường độ của đá xi măng giảm đến 40 - 50%.

Ăn mòn cacbonic xảy ra khi nước có chứa CO_2 (ở dạng axit yếu). Lượng CO_2 tăng hơn mức bình thường sẽ phá vỡ màng cacbonat để tạo thành màng bicacbonat axit canxi dễ tan theo phản ứng:

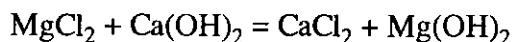


Ăn mòn axit thường xảy ra trong môi trường axit ($\text{pH} < 7$). Axit tự do thường có trong nước thải công nghiệp và cũng có thể tạo thành từ khí có chứa lưu huỳnh trong các buồng đốt. Trong không gian của các xí nghiệp công nghiệp, ngoài SO_2 còn có thể có các anhydrit của các axit khác, hoặc clo và các hợp chất chứa clo. Khi chúng hoà tan vào nước bám trên bề mặt các kết cấu bê tông cốt thép sẽ tạo nên các axit, ví dụ như HCl, H_2SO_4 . Axit tác dụng với Ca(OH)_2 trong đá xi măng sẽ tạo ra những muối tan (CaCl_2), muối tăng thể tích ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

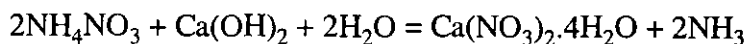


Ngoài ra, axit có thể phá huỷ cả silicat canxi.

Ăn mòn magiê gây ra do các loại muối chứa magiê trong nước biển, nước ngầm, nước chứa muối khoáng tác dụng với Ca(OH)_2 tạo ra các sản phẩm dễ tan (CaCl_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) hoặc không có khả năng dính kết (Mg(OH)_2):



Ăn mòn phân khoáng do nitrat amôn:



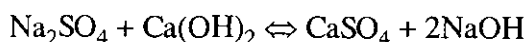
Nitrat canxi tan rất tốt trong nước nên dễ bị rửa trôi. Phân kali gây ra ăn mòn đá xi măng là do làm tăng độ hoà tan của Ca(OH)_2 . Suphophotphat là chất xâm thực mạnh do trong thành phần của nó có chứa $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$, thạch cao và cả axit photphoric.

Ăn mòn sunfat xảy ra khi hàm lượng sunfat lớn hơn 250 mg/l (tính theo SO_4^{2-}):



Sự hình thành trong các lỗ rỗng đá xi măng sản phẩm ít tan etringit với thể tích lớn hơn 2 lần sẽ gây áp lực tách lớp bê tông bảo vệ làm cốt thép bị ăn mòn. Ăn mòn sunfat luôn xảy ra đối với những công trình ven biển, công trình tiếp xúc với nước thải công nghiệp và nước ngầm.

Nếu trong nước có chứa Na_2SO_4 thì đầu tiên nó tác dụng với vôi sau đó mới tác dụng với etringit:



Ăn mòn của các chất hữu cơ. Các loại axit hữu cơ cũng gây phá huỷ các công trình bê tông xi măng. Các axit béo (olein, stealin, panmitin) khi tác dụng với vôi gây ra rửa trôi. Dầu mỏ và các sản phẩm của nó (xăng, dầu hoả, dầu mazut) sẽ không có hại cho bê tông xi măng nếu chúng không chứa các loại axit hữu cơ và các chất chứa lưu huỳnh.

Ăn mòn do kiềm có trong đá xi măng xảy ra ngay trong lòng khối bê tông giữa các cấu tử với nhau. Bản thân clinke luôn chứa một lượng các chất kiềm. Trong khi đó trong cốt liệu bê tông, đặc biệt là trong cát, lại hay gặp hợp chất silic vô định hình (opon, chanxedon, thuỷ tinh núi lửa). Chúng có thể tác dụng với kiềm của đá xi măng ở ngay nhiệt độ thường làm cho bề mặt hạt cốt liệu nở ra tạo ra một hệ thống các vết nứt, bạc màu. Sự phá hoại này có thể xảy ra sau khi kết thúc xây dựng 10 - 15 năm.

Để bảo vệ đá xi măng khỏi bị ăn mòn có hiệu quả phải tùy trường hợp cụ thể mà áp dụng những biện pháp thích hợp sau đây:

Giảm các thành phần khoáng gây ăn mòn (CaO tự do, C_3A , C_3S) bằng cách lựa chọn thành phần nguyên liệu và áp dụng các biện pháp gia công nhiệt phù hợp;

Giảm thành phần gây ăn mòn lớn nhất $[\text{Ca(OH)}_2]$ bằng cách tiến hành cacbonat hoá (cho tác dụng với CO_2 để tạo thành CaCO_3) hay silicat hoá (cho tác dụng với SiO_2 vô định hình) trên bề mặt sản phẩm;

Sử dụng các biện pháp cấu trúc để tăng cường độ đặc chắc cho vật liệu (bằng công nghệ gia công kết hợp với lựa chọn thành phần vật liệu phù hợp);

Làm cho bề mặt vật liệu nhẵn bóng, đặc sít;

Ngăn cách vật liệu với môi trường bằng cách ốp các loại vật liệu chống ăn mòn tốt hoặc thay đổi môi trường gây ăn mòn.

7.5. Tính chất của xi măng pooc lăng

7.5.1. Độ mịn. Xi măng có độ mịn (độ nhỏ) cao sẽ dễ tác dụng với nước, rắn chắc nhanh. Độ mịn có thể xác định bằng cách sàng trên sàng N^o 008 (4900 lỗ/cm²) và đo tỷ diện tích bề mặt của xi măng (cm²/g). Đối với loại xi măng bình thường yêu cầu lượng sót trên sàng không quá 15% (có nghĩa là hơn 85% hạt có kích thước nhỏ hơn 80µm), tương đương với tỷ diện tích là 2500 - 3000 cm²/g. Đường kính hạt xi măng biến đổi từ 10 - 80 µm.

7.5.2. Khối lượng riêng của xi măng pooc lăng (không có phụ gia khoáng) là 3,05 - 3,15 g/cm³. Còn khối lượng thể tích tùy theo độ lèn chặt: Đối với xi măng xốp là 1100; đối với xi măng lèn chặt mạnh - 1600; còn đối với xi măng lèn chặt trung bình - 1300 g/cm³.

7.5.3. Lượng nước tiêu chuẩn của xi măng là lượng nước (% so với khối lượng xi măng) đảm bảo chế độ tạo hồ xi măng đạt độ dẻo tiêu chuẩn. Độ dẻo tiêu chuẩn được xác định bằng dụng cụ Vica. Hồ xi măng đảm bảo độ cắm sâu của kim Vica (đường kính kim 10mm) từ 33 - 35mm thì đó là hồ có độ dẻo tiêu chuẩn và lượng nước lúc đó là lượng nước tiêu chuẩn.

Lượng nước tiêu chuẩn của xi măng phụ thuộc vào thành phần khoáng vật và độ mịn của nó, dao động trong khoảng 22 - 28%. Nếu xi măng có phụ gia vô cơ hoạt tính thì lượng nước tiêu chuẩn có thể lên tới 32 - 37%.

7.5.4. Thời gian ninh kết của xi măng được xác định từ hồ dẻo tiêu chuẩn bằng dụng cụ Vica (đường kính 1,1mm). Thời gian bắt đầu ninh kết là khoảng thời gian từ khi bắt đầu nhào trộn với nước đến khi kim Vica cắm sâu 38 - 39mm. Thời gian ninh kết xong hay bắt đầu rắn chắc là khoảng thời gian từ khi bắt đầu nhào trộn xi măng với nước đến khi kim Vica cắm sâu 1 - 2 mm.

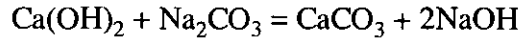
Khi xi măng bắt đầu ninh kết nó mất tính dẻo, do đó khoảng thời gian này phải đủ để thi công (nhào trộn, vận chuyển, đổ khuôn, đầm chặt). Yêu cầu thời gian này không nhỏ hơn 45 phút. Còn thời gian ninh kết xong là lúc xi măng đạt được cường độ nhất định. Thời gian này phải đủ ngắn để có thể thi công nhanh (yêu cầu không vượt quá 10 giờ).

Để tạo ra thời gian ninh kết bình thường khi nghiền clinke, thường người ta cho thêm 3 - 5% thạch cao sống CaSO₄.2H₂O.

Các chất photphat, nitrat canxi, natri và nhôm, đường cũng là những chất làm chậm ninh kết. Đường tác dụng với Ca(OH)₂ tạo ra chất xacarat canxi dễ tan. Sự hiện

diện của chất này sẽ làm tăng cường độ của ion canxi, ức chế quá trình phân huỷ của C_3S , quá trình ninh kết bị chậm lại. Hàm lượng đường lớn làm cho bê tông đôi khi không rắn chắc được.

Các cacbonat và clorua kim loại kiềm là những chất làm tăng nhanh ninh kết. Khi chúng tác dụng với $Ca(OH)_2$ (tách ra từ C_3S) tạo ra các liên kết khó tan:



Cacbonat canxi là chất ít tan, $Ca(OH)_2$ bị tách ra làm cho quá trình thuỷ phân C_3S được tăng cường. Clorua canxi cũng có tác dụng làm tăng nhanh quá trình ninh kết và rắn chắc của xi măng. Một trong những phương pháp khác làm tăng nhanh quá trình ninh kết và rắn chắc là sử dụng mầm tinh thể.

7.5.5. Tính ổn định thể tích. Khi xi măng rắn chắc thể tích của nó thường thay đổi. Điều đó chủ yếu là do sự trao đổi nước giữa hồ xi măng và môi trường (nước tự do và nước trong các gel). Thông thường nếu rắn chắc trong không khí thì xi măng bị co, còn nếu rắn chắc trong nước thì có thể không co hoặc nở chút ít.

Sự thay đổi thể tích thường gây ra những hiện tượng có hại như sinh ra ứng suất làm nứt nẻ kết cấu.

Nguyên nhân chính của hiện tượng này là xi măng chứa những tạp chất có hại, gây ra sự thay đổi thể tích lớn như CaO , MgO . Để kiểm tra tính ổn định thể tích người ta thường dùng các "bánh đa" chế tạo từ hồ dẻo tiêu chuẩn.

7.5.6. Lượng nhiệt phát ra khi rắn chắc chủ yếu phụ thuộc vào thành phần khoáng vật (bảng 4.3), độ nhỏ của xi măng và hàm lượng thạch cao.

Bảng 4.3

Khoáng vật	Lượng nhiệt phát ra Cal/g sau thời gian				
	3 ngày	7 ngày	28 ngày	3 tháng	6 tháng
$3CaO.SiO_2$	97	110	116	124	135
$2CaO.SiO_2$	13	25	40	47	55
$3CaO.Al_2O_3$	141	158	209	221	244
$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	42	60	90	99	-

Lượng nhiệt phát ra có lợi cho việc thi công bê tông vào mùa lạnh hoặc muốn cho bê tông rắn nhanh; nhưng không có lợi khi thi công vào mùa nóng và đặc biệt với công trình khối lớn (nhiệt độ trong lòng khối bê tông có thể lớn tới trên $40^{\circ}C$). Vì vậy đối với những công trình này, một mặt người ta phải chú ý đến kỹ thuật thi công, mặt khác nếu cần thiết phải dùng loại xi măng có ít thành phần khoáng gây toả nhiệt lớn.

7.5.7. Cường độ và mác của xi măng

Theo TCVN 4032 - 85, mác của xi măng được xác định theo cường độ chịu uốn và chịu nén của mẫu vữa xi măng kích thước $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ chế tạo từ hỗn hợp xi măng - cát vàng 1: 3 và tỷ lệ nước xi măng được xác định bằng bàn dần dưỡng hộ 28 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn. Tỷ lệ nước xi măng trộn vữa có độ chảy từ 106 - 112mm. Giá trị giới hạn bền uốn được tính bằng giá trị trung bình cộng của hai giá trị lớn nhất trong ba mẫu thử, (N/m^2); được tính theo công thức sau:

$$R_u = k \frac{3P.L}{2b.h^2}$$

trong đó: k - hệ số tỷ lệ tay đòn máy.

Giới hạn bền nén được xác định bằng giá trị trung bình cộng của bốn giá trị lớn nhất trong 6 mẫu thử (bảng 4.4).

Bảng 4.4

TT	Các chỉ tiêu theo TCVN 2682 - 92	Quy định đối với xi măng mác		
		PC - 30	PC - 40	PC - 50
1	Giới hạn bền nén N/mm^2 , nhỏ hơn			
	- Sau 3 ngày	16	21	30
	- Sau 28 ngày	30	40	50
2	Độ mịn:			
	- Lượng sót trên sàng 0,08mm, %, lớn hơn	15	15	12
	- Tỷ diện tích bề mặt, cm^2/g , nhỏ hơn	2500	2500	2800
3	Thời gian ninh kết:			
	- Bắt đầu không sớm hơn (phút)	45	45	45
	- Kết thúc không chậm hơn (giờ)	10	10	10
4	Độ ổn định thể tích (theo phương pháp Le Satalia), mm, lớn hơn	10	10	10
5	Hàm lượng anhydrit sunfuric (SO_3), %, lớn hơn	3,0	3,0	3,0
6	Lượng mất khi nung (MkN), %, lớn hơn	5,0	5,0	5,0

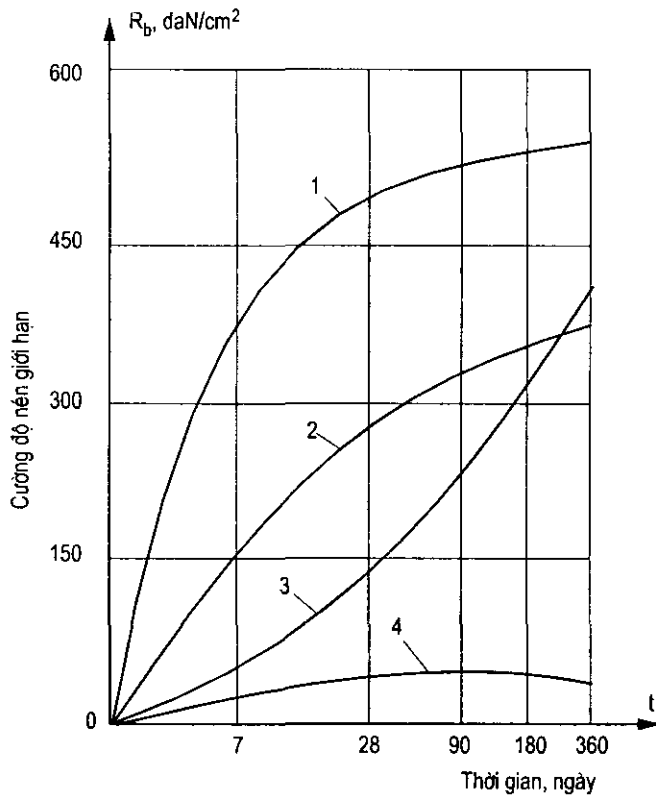
Cường độ của xi măng phát triển không đều: trong 3 ngày đầu có thể đạt 0,4 - 0,5 mác xi măng, 7 ngày là 0,6 - 0,7. Trong những ngày sau tốc độ tăng cường độ còn chậm hơn nữa, đến 28 ngày đạt được mác yêu cầu. Tốc độ phát triển cường độ trung bình của xi măng tuân theo quy luật lôgarit. Sự phát triển cường độ của xi măng theo thời gian theo quy định quốc tế trình bày ở bảng 4.5.

Bảng 4.5

Loại xi măng	Tiêu chuẩn	Cường độ nén của mẫu lập phương (X: C = 1: 3) ở tuổi, MPa			
		1 ngày	3 ngày	7 ngày	28 ngày
Xi măng pooclăng thường	ASA2 (Úc)	-	27,5	40	55
	BS - 12 (Anh)	-	10 - 20	16 - 40	32,5 - 62,5
Xi măng pooclăng cuốn khí	ASTM C150 (Mỹ)	-	12	21	35
Xi măng pooclăng xi lò cao	AS. C175 (Mỹ)	-	9	15	28
Xi măng pooclăng rắn nhanh	BS - 146 (Anh)	-	16	30	60
	AS. C150 (Mỹ)	1700	3000	-	-

Ghi chú: Các tiêu chuẩn của Mỹ quy định X: C = 1: 2,75

Cường độ của đá xi măng và tốc độ rắn chắc của nó phụ thuộc vào thành phần khoáng của clinke, độ mịn của xi măng, độ ẩm và nhiệt độ của môi trường, thời gian bảo quản xi măng (hình 4.2).



Hình 4.2: Sự tăng cường độ của các khoáng của clinke xi măng

1- C₃S; 2- C₄AF; 3- C₂S; 4- C₃A

Tốc độ phát triển cường độ của các khoáng rất khác nhau. C_3S có tốc độ tăng cường độ nhanh nhất: sau 7 ngày đạt đến 70% cường độ của 28 ngày, sau đó thì chậm lại. Trong thời kỳ đầu (đến tuổi 28 ngày) C_2S có tốc độ phát triển cường độ chậm, chỉ đạt khoảng 15% cường độ của C_3S . Thời gian sau tốc độ này tăng lên và có thể đuổi kịp và vượt cả cường độ của C_3S . C_3A bản thân nó có cường độ thấp nhưng lại phát triển rất nhanh ở thời kỳ đầu.

Độ mịn của xi măng tăng thì cường độ của nó cũng tăng. Độ lớn trung bình của hạt xi măng là $40\mu m$. Như vậy có khoảng 30 - 40% clinke không tham gia vào quá trình rắn chắc và hình thành cấu trúc của đá. Tăng độ mịn của xi măng có nghĩa là tăng mức độ thủy hoá xi măng và nâng cao cường độ của nó. Theo kết quả thu được thì cứ tăng độ mịn của xi măng lên $1000\text{ cm}^2/\text{g}$ thì cường độ của nó tăng 20 - 25%. Tuy nhiên độ mịn tới một giới hạn nào đó sẽ làm giảm cường độ.

Độ ẩm và nhiệt độ môi trường ảnh hưởng rõ rệt đến quá trình rắn chắc của đá xi măng.

Để tạo ra môi trường ẩm, có thể dùng những phương pháp khác nhau: tưới bê tông, phủ bề mặt bê tông bằng bao tải hay cát ẩm rồi định kỳ tưới nước, phủ bằng nhũ tương bitum hoặc bằng vật liệu hoá học khác để tạo ra lớp màng chống bốc hơi.

Tốc độ của các phản ứng giữa các khoáng clinke với nước tăng lên với sự tăng của nhiệt độ. Quá trình rắn chắc của xi măng có thể diễn ra ở một vùng nhiệt độ rộng: ở nhiệt độ bình thường ($15 - 20^\circ\text{C}$), chưng hơi ($80 - 90^\circ\text{C}$), gia công octocla ($170 - 200^\circ\text{C}$). Trong octocla, chỉ sau 4 - 6 giờ là bê tông có thể đạt được cường độ mác, còn khi chưng hơi thì chậm hơn đến 2 lần. Việc bảo quản xi măng một thời gian dài, mặc dù trong điều kiện tốt nhất, cũng làm cho cường độ giảm đi: sau 3 tháng đạt 20%; sau 1 năm đạt 40%.

8. XIMĂNG ĐẶC BIỆT

Chế tạo xi măng đặc biệt có thể dùng những phương pháp sau: điều chỉnh thành phần khoáng vật và cấu trúc của clinke xi măng; dùng các phụ gia vô cơ và hữu cơ để điều chỉnh tính chất và tăng hiệu quả kinh tế; điều chỉnh độ mịn và thành phần hạt của xi măng.

8.1. Xi măng pooclang rắn nhanh

Xi măng rắn nhanh có hàm lượng C_3S và C_3A không nhỏ hơn 60 - 65% được nghiền mịn hơn để có tỷ diện tích phải đạt đến $3500 - 4000\text{ cm}^2/\text{g}$. Xi măng này rắn chắc nhanh ký hiệu loại III (Theo tiêu chuẩn ASTM).

Loại xi măng này được sử dụng để chế tạo các sản phẩm bê tông cốt thép lắp ghép. Nhưng không nên sử dụng nó để chế tạo các kết cấu khối lớn hoặc trong môi trường ăn mòn sunfat.

8.2. Ximăng pooclăng bền sunfat

Ximăng pooclăng bền sunfat được sản xuất như ximăng thường nhưng thành phần khoáng vật được quy định chặt chẽ hơn, đặc biệt là phải hạn chế thành phần C_3A (bảng 4.6).

Bảng 4.6

Khoáng vật	Clinker để sản xuất			
	Ximăng bền sunfat	Ximăng bền sunfat có phụ gia khoáng	Ximăng pooclăng xỉ bền sunfat	Ximăng pooclăng puzolan
C_3S	50	Không quy định		
C_3A	5	5	8	8
$C_3A + C_4AF$	22	22	Không quy định	
MgO	5	5	5	5

Để sản xuất ximăng bền sunfat có thể sử dụng phụ gia bền sunfat như xỉ, puzolan v.v... Ximăng bền sunfat được dùng để chế tạo bê tông và bê tông cốt thép dùng trong môi trường có muối sunfat.

8.3. Ximăng có phụ gia hữu cơ

Trong công nghệ ximăng hiện đại phụ gia hoạt động bề mặt được sử dụng rộng rãi (cho vào khi chế tạo bê tông hoặc vữa, hoặc khi nghiền clinker).

Phụ gia hoạt động bề mặt có tác dụng làm tăng độ dẻo cho bê tông và vữa, hoặc làm giảm lượng nước nhào trộn (giữ nguyên độ dẻo) và làm giảm lượng dùng ximăng 10 - 20%. Ngoài ra, nó còn làm tăng độ đặc và chống thấm cho bê tông.

Các loại phụ gia hoạt động bề mặt dùng cho ximăng sẽ được giới thiệu trong chương 5

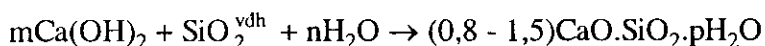
8.4. Ximăng pooclăng có phụ gia hạt mịn

Phụ gia hạt mịn hoạt tính là phụ gia sau khi nhào trộn với vôi rắn trong không khí và nước thì tạo ra một loại hồ có khả năng rắn chắc trong nước. Đó là loại khoáng chứa nhiều SiO_2 hoạt tính (có khả năng tác dụng với $Ca(OH)_2$ ở ngay điều kiện thường để tạo thành CSH). Quá trình rắn chắc của ximăng có phụ gia hạt mịn hoạt tính càng nhanh trong điều kiện gia công nhiệt. Lượng nhiệt phát ra trong quá trình rắn chắc không lớn nên nó thích hợp với các công trình khối lớn.

Phụ gia vô cơ hoạt tính có thể có sẵn trong thiên nhiên như các đá trầm tích diatômít, trepen, đá có nguồn gốc núi lửa, và cũng có thể là thải phẩm công nghiệp xỉ lò cao làm nguội nhanh, bùn nefêlin, tro nhiệt điện hoặc chế tạo công nghiệp.

Phụ gia vô cơ hoạt tính hay dùng là xỉ lò cao, tro nhẹ.

8.4.1. Ximăng pooclăng puzolan được sản xuất bằng cách nghiền clinke với puzolan và thạch cao. Puzolan có nguồn gốc trầm tích (diatômít, trepen) được dùng với hàm lượng 20 - 30%, có nguồn gốc núi lửa (đá bột, tuff) thì được dùng với hàm lượng 35 - 40%. Lượng phụ gia cho vào đầu tiên hấp phụ, sau đó tác dụng với Ca(OH)_2 (tách ra từ C_3S)



Ximăng pooclăng puzolan có tính bền nước tốt hơn ximăng pooclăng thường nên thường được dùng trong môi trường ẩm ướt. Ở trong môi trường không khí nó bị co ngót nhiều và thường giảm cường độ. Ở điều kiện thường nó rắn chắc chậm hơn ximăng pooclăng, nhưng ở nhiệt độ cao lại rắn chắc nhanh hơn. Theo TCVN 4033 - 85, ximăng puzolan có mác từ 200 - 400.

Ximăng pooclăng xỉ được sản xuất bằng cách nghiền chung clinke với xỉ lò cao hoạt hoá hay xỉ nhiên liệu với thạch cao. Lượng xỉ dùng 21 - 60% (so với lượng ximăng).

8.4.2. Ximăng xỉ lò cao

Xỉ lò cao có thành phần: 30 - 50% CaO ; 28 - 30% SiO_2 ; 8 - 24% Al_2O_3 ; 1 - 3% MnO ; 1 - 18% MgO . Chất lượng của xỉ đặc trưng bằng môđun kiềm:

$$M_0 = \frac{\% \text{CaO} + \% \text{MgO}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3}$$

Dựa vào M_0 chia xỉ ra: xỉ kiềm ($M_0 \geq 1$) và xỉ axit ($M_0 < 1$). Xỉ kiềm có hoạt tính cao hơn.

Để làm tăng độ hoạt tính, xỉ thường được làm nguội nhanh (bằng nước hoặc hơi nước). Sau khi nhào trộn xỉ sẽ tác dụng với Ca(OH)_2 tạo ra $\text{CaO.SiO}_2.2,5\text{H}_2\text{O}$ và $2\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.8\text{H}_2\text{O}$.

Do hàm lượng CaO tự do thấp nên ximăng xỉ bền hơn ximăng thường, lượng nhiệt toả ra khi rắn chắc cũng nhỏ hơn 2 - 2,5 lần nên nó thích hợp với bê tông khối lớn.

8.4.3. Ximăng pooclăng muối silic

Thành phần ximăng pooclăng muối silic có chứa muối silic siêu mịn khoảng 5-10% so với lượng ximăng. Ximăng loại này có chất lượng cao, giá thành cao hơn và dùng để chế tạo bê tông chất lượng cao. Ximăng muối silic cường độ rất cao đã được sản xuất từ năm 1998. Ximăng này có cường độ nén ở 28 ngày từ 100 ÷ 150MPa.

8.5. Xi măng pooc lăng trắng và màu

Clinke của xi măng trắng được sản xuất từ đá vôi và đất sét sạch (hầu như không có các ôxyt sắt và ôxyt mangan). Nung bằng nguyên liệu không có tro (khí đốt). Khi nghiền tránh không để lẫn bụi sắt.

Để đánh giá độ trắng người ta dùng loại kính mờ sữa, với hệ số phản xạ không nhỏ hơn 95% để so sánh. Độ trắng được xác định bằng hệ số phản xạ: Đối với loại 1 - không nhỏ hơn 80%; loại 2 - không nhỏ hơn 75%; loại 3 - không nhỏ hơn 68%. Nó thường có 2 mức: 400 và 500.

Xi măng màu được chế tạo bằng cách nghiền chung các chất tạo màu vô cơ với clinke xi măng trắng.

Xi măng pooc lăng trắng và màu được dùng trong vữa và bê tông.

8.6. Xi măng aluminat

Xi măng aluminat có đặc tính là có cường độ cao và rắn chắc rất nhanh. Nó được sản xuất bằng cách nghiền clinke chứa aluminat canxi thấp kiềm. $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ quyết định tính rắn nhanh và các tính chất khác của xi măng aluminat. Trong xi măng còn có chứa các aluminat khác (tỷ lệ thấp) như $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ và một ít belit.

Để sản xuất xi măng aluminat thường dùng đá vôi và đá vôi giàu nhôm ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) như quặng bauxit. Hỗn hợp nguyên liệu được nung đến nhiệt độ kết khối (1300°C) hoặc nhiệt độ chảy (1400°C). Clinke xi măng aluminat rất khó nghiền nên tốn năng lượng, bauxit lại hiếm, đất nên giá thành xi măng này khá cao. Để sản xuất có thể dùng phế liệu của công nghiệp sản xuất nhôm.

Xi măng aluminat có cường độ cao chỉ khi nó rắn chắc trong điều kiện nhiệt độ ôn hoà (không lớn hơn 25°C). Vì vậy xi măng này không nên dùng cho bê tông khối lớn và không nên gia công nhiệt ẩm.

Ở nhiệt độ thường ($< 25^\circ\text{C}$), trong khi rắn chắc xi măng tạo ra chất có cường độ cao:



Còn nếu ở nhiệt độ cao hơn ($25 - 30^\circ\text{C}$) nó lại tạo thành $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, phát sinh nội ứng suất làm cường độ của xi măng giảm đến 2 lần.

Mức của xi măng aluminat được xác định ở tuổi 3 ngày như sau: 400, 500 và 600 (xi măng pooc lăng thường phải sau 28 ngày mới đạt được mức như vậy).

Yêu cầu về thời gian bắt đầu ninh kết: không nhỏ hơn 30 phút; ninh kết xong: không muộn hơn 12 giờ. Lượng nhiệt tỏa ra khi rắn chắc lớn hơn xi măng thường 1,5 lần.

Trong đá ximăng (nếu rắn chắc trong điều kiện thích hợp) thường không có Ca(OH)_2 và $\text{C}_2\text{A}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, nên nó bền hơn trong một số môi trường, nhưng không bền trong môi trường kiềm và môi trường axit. Vì vậy không nên dùng lẫn ximăng aluminat với ximăng thường và vôi.

Ximăng aluminat được sử dụng để chế tạo bê tông, chế tạo vữa rắn nhanh và chịu nhiệt, và để chế tạo ximăng nở.

8.7. Ximăng nở và ximăng không co ngót

Ximăng nở là loại chất kết dính tổ hợp của một số chất kết dính hoặc của nhiều loại ximăng. Có nhiều thành phần gây nở, nhưng hiệu quả nhất là $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$.

Ximăng nở chống thấm nước là chất kết dính rắn nhanh. Nó được sản xuất bằng cách trộn lẫn ximăng aluminat (70%), thạch cao (20%) và hydroaluminat canxi cao kiềm (10%).

Ximăng pooclăng nở là chất kết dính rắn trong nước được chế tạo bằng cách nghiền chung clinke của ximăng pooclăng (58 - 63%), xỉ hoặc clinke aluminat (5 - 7%), xỉ lò cao hoặc các phụ gia hoạt tính khác (23 - 28%). Tùy theo liều lượng và loại phụ gia có thể đạt được độ nở của ximăng trong nước hoặc không co ngót. Ximăng nở hoặc không co ngót có độ đặc cao, chống thấm tốt, được sử dụng cho kết cấu bê tông chống thấm hoặc ở các chi tiết mối nối.

8.8. Các yêu cầu về ximăng theo tiêu chuẩn ASTM, AASHTO, PCA

8.8.1. Phân loại ximăng pooclăng của Mỹ

Theo ASTM: Ximăng pooclăng ở Mỹ phân thành 8 loại:

Loại I: Ximăng thông dụng không có những tính chất đặc biệt, được dùng trong xây dựng. Các công trình nhà, cầu, đường và công trình khác.

Loại IA: Ximăng chứa khí, dùng thông thường như loại I.

Loại II: Ximăng kháng sunfat và toả nhiệt do ximăng hydrat hoá vừa phải, sử dụng trong công trình chịu ăn mòn sunfat vừa.

Loại IIA: Ximăng chứa khí, dùng trong trường hợp như ở loại II.

Loại III: Dùng khi muốn có cường độ cao sớm, đây là loại ximăng rắn chắc nhanh.

Loại IIIA: Ximăng chứa khí, dùng trong trường hợp như ở loại III.

Loại IV: Dùng khi muốn giảm nhiệt do ximăng hydrat hoá chậm (những công trình cấu kiện lớn).

Loại V: Ximăng kháng sunfat cao, dùng cho các công trình biển.

Tất cả những loại ximăng nói trên đều có quy định hàm lượng các thành phần hoá học như SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , SO_2 , C_3S , C_2S , C_3A , $\{\text{C}_4\text{AF} + 2(\text{C}_3\text{A})\}$...

8.8.2. Các thí nghiệm chính về xi măng theo ASTM

- 1- Phương pháp phân tích hoá học xi măng thuỷ (C114).
- 2- Phương pháp thí nghiệm cường độ nén của vữa xi măng thuỷ (C109).
- 3- Thí nghiệm xác định độ mịn của xi măng pooc lăng (C115 và C204).
- 4- Thí nghiệm xác định độ nở khi chưng hấp (C151).
- 5- Thí nghiệm hàm lượng khối trong vữa xi măng thuỷ (C185).
- 6- Thí nghiệm lượng phát nhiệt khi xi măng thuỷ, thuỷ hoá.
- 7- Thí nghiệm xác định thời gian ninh kết của xi măng thuỷ bằng kim Vicat- C191 và bằng kim Gillmore - C26.
- 8- Thí nghiệm xác định hàm lượng tối ưu SO_3 trong xi măng pooc lăng (C 563).
- 9- Thí nghiệm độ trương nở của xi măng pooc lăng khi giữ trong nước (C1038).

Ghi chú: Để sử dụng chính xác các xi măng đặc biệt cần thực hiện đúng các quy định của những người sản xuất.

Chương 5

BÊTÔNG XIMĂNG

1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ BÊTÔNG

1.1. Khái niệm

Bê tông là loại vật liệu đá nhân tạo có thành phần được lựa chọn hợp lý bao gồm ximăng, nước, cốt liệu (cát, sỏi hay đá dăm) và phụ gia.

Hỗn hợp vật liệu chế tạo bê tông mới nhào trộn gọi là hỗn hợp bê tông. Hỗn hợp bê tông phải có độ dẻo nhất định để việc vận chuyển, tạo hình và đầm chặt được dễ dàng. Để chế tạo bê tông cần trải qua các bước: nhào trộn, tạo hình, đầm chặt, hoàn thiện, bảo dưỡng.

Trong bê tông cốt liệu đóng vai trò là bộ khung chịu lực, vữa ximăng và nước bao bọc xung quanh hạt cốt liệu đóng vai trò là chất dính kết, đồng thời lấp đầy các khoảng trống giữa các cốt liệu. Khi rắn chắc hồ ximăng dính kết các cốt liệu thành một khối đá và được gọi là bê tông. Bê tông có cốt thép gọi là bê tông cốt thép. Khi sử dụng cốt thép dự ứng lực trong bê tông thì gọi là bê tông dự ứng lực. Cốt thép dự ứng lực cải thiện trạng thái ứng suất trong kết cấu bê tông.

Ngoài ximăng các loại, có thể dùng một phần hoặc thay thế toàn bộ ximăng bằng các chất pôlyme - đó là bê tông ximăng pôlyme hoặc bê tông pôlyme.

Trong bê tông ximăng cốt liệu thường chiếm 70 - 75%, còn ximăng chiếm 15% thể tích của khối bê tông đá đóng rắn.

Bê tông và bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi trong xây dựng vì có những ưu điểm sau: cường độ cao, có thể chế tạo được những loại bê tông có cường độ, hình dạng và tính chất khác nhau; giá thành hợp lý, bền vững và ổn định đối với nước, nhiệt độ, độ ẩm. Tuy vậy bê tông khá nặng ($\rho_b = 2,3 - 2,5 \text{g/cm}^3$) cách âm, cách nhiệt kém ($\lambda = 1,05 - 1,5 \text{ kcal/m.độ.h}$).

Yêu cầu cơ bản của bê tông tươi là phải đảm bảo tính dễ thi công: dễ đổ khuôn, ổn định (không phân tầng) trong quá trình chế tạo, vận chuyển đổ khuôn và đầm chặt. Các tính chất này được thể hiện thông qua chỉ tiêu về độ sụt.

Yêu cầu cơ bản của bê tông là phải đạt được cường độ ở tuổi quy định hoặc đạt các yêu cầu khác như độ chống thấm, ổn định với môi trường và độ tin cậy khi khai thác,

giá thành không quá đắt. Với các loại bê tông đặc biệt phải tuân theo các quy định riêng về cường độ rất cao, rắn chắc nhanh, rất nhẹ, chống thấm cao hoặc dễ thi công (bơm, phun ...).

1.2. Phân loại

1.2.1. Phân loại

Bê tông có nhiều loại, theo từng yêu cầu có thể phân loại như sau:

- Theo cường độ (mẫu trụ D = 15, H = 30cm, tuổi 28 ngày):

+ Bê tông thường, cường độ chịu nén tuổi 28 ngày từ 15 - 50 MPa.

+ Bê tông cường độ cao, cường độ nén từ 60 - 100 MPa.

+ Bê tông cường độ rất cao, cường độ nén từ 100 - 150 MPa.

Trong xây dựng cầu đường thường sử dụng bê tông có cường độ khoảng 25 - 70 MPa và lớn hơn.

- Theo chất lượng bê tông: chia ra làm 2 loại:

+ Bê tông truyền thống: có cường độ từ 10-50 MPa, thi công bằng các công nghệ bình thường, không có tính năng nào đặc biệt.

+ Bê tông chất lượng cao: là các loại bê tông mới được thiết kế và chế tạo để đạt các yêu cầu cao như: bê tông cường độ cao, bê tông rất nhẹ (khối lượng đơn vị khoảng 0,8 g/cm³); bê tông rất nặng (khối lượng đơn vị từ 3-5 g/cm³, được sử dụng chủ yếu trong các lò phản ứng hạt nhân); bê tông siêu dẻo (độ sụt đến 25 cm); bê tông tự đầm (có độ chảy lan cao, không cần đầm chắc khi thi công); bê tông cốt sợi - là loại bê tông sử dụng cốt sợi thép, sợi thủy tinh, sợi cacbon... Với mục đích tăng độ dẻo và khả năng chống nứt, chống co ngót cho bê tông.

- Theo loại chất kết dính: bê tông xi măng, bê tông silicat (chất kết dính là vôi), bê tông thạch cao, bê tông polyme, bê tông đặc biệt (dùng chất kết dính đặc biệt).

- Theo loại cốt liệu: bê tông cốt liệu đặc, bê tông cốt liệu rỗng, bê tông cốt liệu đặc biệt: bê tông keramzit, bê tông cốt kim loại (chống phóng xạ).

- Theo khối lượng thể tích: bê tông đặc biệt nặng ($\gamma_b > 3,0 \div 5,0$ g/cm³), chế tạo từ cốt liệu đặc biệt nặng, dùng cho những kết cấu đặc biệt; bê tông nặng ($\gamma_b = 2,0 - 2,5$) chế tạo từ cát đá sỏi tự nhiên, dùng cho kết cấu chịu lực; bê tông nhẹ ($\gamma_b = 0,9 - 1,8$); bê tông đặc biệt nhẹ ($\gamma_b \leq 0,8$) được sử dụng trong các kết cấu đặc biệt.

1.2.2. Phạm vi sử dụng

Bê tông thường được dùng trong các kết cấu bê tông cốt thép (móng, cột, dầm, sàn ...).

- Bê tông thủy công, dùng để xây đập, âu thuyền, phủ lớp mái kênh, các công trình dẫn nước ...

- Bê tông làm đường và sân bay có cường độ chịu kéo cao, chống mài mòn và va đập tốt.

- Bê tông đặc biệt: Bê tông chịu nhiệt, chịu axit, bê tông chống phóng xạ, chống ăn mòn nước biển ...

2. CẤU TRÚC CỦA BÊTÔNG XIMĂNG

2.1. Sự hình thành cấu trúc của bê tông

Sau khi trộn và đầm nén, các cấu trúc con của hỗn hợp bê tông được sắp xếp lại, cùng với sự thủy hoá của ximăng cấu trúc của bê tông được hình thành. Giai đoạn này gọi là giai đoạn hình thành cấu trúc. Các sản phẩm mới được hình thành do ximăng thủy hoá dần dần tăng lên, đến một lúc nào đó chúng tách ra khỏi dung dịch quá bão hoà. Số lượng sản phẩm mới tách ra tăng lên đến một mức nào đó thì cấu trúc keo tự chuyển sang cấu trúc tinh thể, làm cho cường độ của bê tông tăng lên. Sự hình thành cấu trúc tinh thể sẽ sinh ra hai hiện tượng ngược nhau: tăng cường độ và hình thành nội ứng suất trong mạng lưới tinh thể.

Khoảng thời gian hình thành cấu trúc, cũng như cường độ ban đầu của bê tông phụ thuộc vào thành phần của bê tông, loại ximăng và loại phụ gia. Hỗn hợp bê tông cứng và kém dẻo với tỷ lệ nước/ximăng không lớn có giai đoạn hình thành cấu trúc ngắn. Việc dùng ximăng và phụ gia hợp lý sẽ rút ngắn giai đoạn hình thành cấu trúc. Trong trường hợp cần duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông trong lúc vận chuyển cũng như thời tiết nóng có thể dùng phụ gia kéo dài thời gian rắn chắc.

2.2. Cấu trúc vĩ mô và cấu trúc vi mô

Bê tông và các loại vật liệu đá nhân tạo khác có *cấu trúc vĩ mô* phức tạp. Trong một đơn vị thể tích hỗn hợp bê tông đã lèn chặt bao gồm thể tích của cốt liệu V_{cl} , thể tích hồ ximăng V_x và thể tích lỗ rỗng khí V_k :

$$V_{cl} + V_x + V_k = 1 \quad (5.1)$$

Khi đầm nén hợp lý thể tích lỗ rỗng khí có thể coi như không đáng kể ($V_k = 2 - 3\%$) và lúc đó $V_{cl} + V_h = 1$ hay

$$V_{cl} + \frac{X}{\rho_x} + N = 1 \quad (5.2)$$

trong đó:

ρ_x - khối lượng riêng của ximăng, T/m^3 ;

X, N - lượng dùng ximăng (T), và lượng dùng nước (m^3) cho $1m^3$ hỗn hợp bê tông đã lèn chặt.

Cấu trúc vi mô của bê tông đặc trưng bằng cấu trúc của cốt liệu, cấu trúc vữa ximăng và cấu trúc vùng tiếp giáp gắn cốt liệu và vữa ximăng, độ rỗng và đặc trưng của lỗ rỗng của từng cấu tử tạo nên bê tông cũng như cấu tạo của lớp tiếp xúc giữa chúng.

Cấu trúc cốt liệu phụ thuộc vào thành phần cấp phối và nguồn gốc của cốt liệu. Cấu trúc cốt liệu được hình thành do sự lồng ghép của các cốt liệu nhỏ lấp đầy lỗ rỗng của cốt liệu lớn. Cấu trúc tối ưu của cốt liệu sẽ làm cho hỗn hợp cốt liệu (khung xương) có độ đặc cao nhất, khi đó lượng ximăng và nước sẽ là ít nhất.

Cấu trúc vi mô của đá xi măng: Khi gặp nước các hạt xi măng tạo màng kết dính bao quanh hạt xi măng. Màng liên kết xi măng-nước bao quanh hạt cốt liệu nhỏ tạo ra hồ kết dính vữa xi măng. Do phản ứng thủy hoá tạo ra cấu trúc keo và kết tinh có tính chất cơ lý. Ở phần lớn cấu trúc là những hạt xi măng khan, ở giữa các hạt xi măng là độ rỗng có chứa nước. Nước nhào trộn một phần nhỏ dùng để bôi trơn hạt cốt liệu, một phần dùng để tạo thành cấu trúc của hồ xi măng, còn một phần lớn bị cốt liệu hút vào. Vì vậy hỗn hợp bê tông dẻo sau khi đổ khuôn có thể xảy ra sự tách nước ở bên trong, nước sẽ đọng lại trên bề mặt hạt cốt liệu lớn và làm yếu mối liên kết giữa chúng với phần hồ. Vết nứt co ngót ở bên trong sẽ phát triển men theo vùng dính kết giữa hồ xi măng và hạt cốt liệu, các vết nứt khi gặp cốt liệu sẽ chậm phát triển và không xuyên qua hạt cốt liệu trong bê tông thường mà phát triển theo biên hạt cốt liệu tạo ra sự tách lớp.

Sự tách lớp ở bên trong sẽ phá huỷ sự toàn khối và sự đồng nhất của bê tông, dẫn đến giảm cường độ và độ tin cậy của kết cấu bê tông hoặc bê tông cốt thép.

Cấu trúc vùng tiếp xúc giữa cốt liệu và hồ xi măng có ảnh hưởng đến sự làm việc đồng thời của các bộ phận, đến tính toàn khối và độ ổn định của bê tông. Chiều dày lớp tiếp xúc nằm trong khoảng 30 đến 60 μ m. Về thành phần và tính chất, vùng tiếp xúc khác với vùng đá xi măng khác. Do sự thủy phân của C_3S mà trên bề mặt cốt liệu có những tinh thể $Ca(OH)_2$ và $CaCO_3$ và cũng có thể có sự tương tác hoá học giữa cốt liệu với các sản phẩm thủy hoá của xi măng ở ngay điều kiện thường và tương tác càng tăng cường trong điều kiện gia công nhiệt. Thí dụ trên bề mặt hạt cốt liệu đá vôi sẽ tạo thành liên kết kiểu cacboaluminat; một số cốt liệu rỗng nhân tạo hoặc thiên nhiên (đá bọt, keramzit) chứa SiO_2 vô định hình sẽ có khả năng tương tác với $Ca(OH)_2$ để tạo thành hydrosilicat, trong điều kiện nhiệt độ cao và có áp lực ở vùng tiếp giáp còn hình thành mối liên kết giữa cốt liệu và đá xi măng, cát thạch anh còn tác dụng với cả $Ca(OH)_2$ để tạo thành sản phẩm silicat.

Độ bền của mối liên kết giữa cốt liệu và đá xi măng phụ thuộc vào bản chất của cốt liệu, vào độ rỗng, độ nhám ráp bề mặt, độ sạch của mặt cốt liệu cũng như vào loại xi măng và độ hoạt tính của nó; vào tỷ lệ N/X và điều kiện rắn chắc của bê tông mà liên kết này tạo ra lực dính bám tương đương với cường độ chịu uốn của vữa xi măng ở tuổi 70 ngày.

Độ rỗng: Trong bê tông bao gồm những lỗ rỗng nhỏ li ti và lỗ rỗng mao quản. Độ rỗng của nó có thể lên tới 10 - 15% và bao gồm:

- Lỗ rỗng trong đá xi măng (lỗ rỗng gel, lỗ rỗng mao quản, lỗ rỗng do khí cuốn vào).
- Lỗ rỗng trong cốt liệu.
- Lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu - khoảng không gian giữa các hạt cốt liệu không được chèn đầy hồ xi măng.

Với bê tông cốt liệu đặc, đầm nén tốt thì độ rỗng được hình thành chủ yếu trong đá ximăng và lượng khí cuốn vào trong khi thi công. Khi đó, theo giáo sư Gortrakov G.I, thể tích rỗng của bê tông sẽ được tính bằng công thức:

$$V_r^b = \left[\left(\frac{N}{X} - 0,5\alpha \right) + 0,29\alpha \right] X + (0,02 \div 0,06) \quad (5.3)$$

trong đó:

$\left(\frac{N}{X} - 0,5\alpha \right) X$ - thể tích lỗ rỗng mao quản, phụ thuộc vào lượng nước nhào trộn (N), lượng ximăng (X) và mức độ thủy hoá của ximăng (α);

$0,29\alpha X$ - thể tích lỗ rỗng gel;

$(0,02 \div 0,06)$ - thể tích lỗ rỗng do khí cuốn vào.

Lỗ rỗng gel có 3 loại kích thước: Loại rất nhỏ - nhỏ hơn 6Å ($6 \cdot 10^{-4} \mu\text{m}$) nằm giữa các tinh thể; loại nhỏ $6\text{Å} - 16\text{Å}$ ($6 \cdot 10^{-4} \div 1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$) nằm trong các tinh thể đá ximăng và loại lớn $16\text{Å} - 1000\text{Å}$ ($1,6 \cdot 10^{-3} \div 10^{-1} \mu\text{m}$). Lỗ rỗng mao quản có kích thước lớn hơn 1000Å ($>10^{-1} \mu\text{m}$).

Cấu trúc của bê tông cường độ cao có những cải tiến đặc biệt: do tỷ lệ nước/ximăng thấp, sử dụng muội silic, tro nhẹ, sử dụng các chất siêu dẻo nên cấu trúc của hồ ximăng và của vùng tiếp xúc đã chuyển dần sang cấu trúc vô định hình, cấu trúc vô tự do mất dần, lượng nước thừa thấp dẫn đến độ rỗng của hồ ximăng thấp. Sự cải tiến cấu trúc này làm cường độ của bê tông cao, co ngót và từ biến giảm.

3. TÍNH CHẤT CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG

3.1. Tính công tác của hỗn hợp bê tông

Bê tông là một hỗn hợp vật liệu hạt có dải phân bố dài, ximăng, nước, phụ gia. Tùy từng kết quả lựa chọn mà có được các gam vật liệu khác nhau. Khi không có nước hỗn hợp bê tông là một hệ thống hai pha (rắn và khí). Sự di chuyển phụ thuộc vào lực ma sát của các hạt. Khi thêm một lượng nước nhỏ ($100\text{l}/\text{m}^3$) làm thay đổi cấp phối của hỗn hợp. Các hạt nhỏ do tác dụng của lực căng bề mặt và màng nước ở bề mặt hay có xu hướng kết tụ tạo ra các hạt mới có kích thước lớn hơn làm các hạt có sự dịch chuyển và bố trí lại pha phân phối của các hạt và tạo ra độ sệt của hỗn hợp bê tông, tạo ra khoảng cách lớn hơn của các hạt cốt liệu lớn, sự trượt của các vùng khác nhau của hỗn hợp dễ dàng hơn và bê tông dễ đổ hơn.

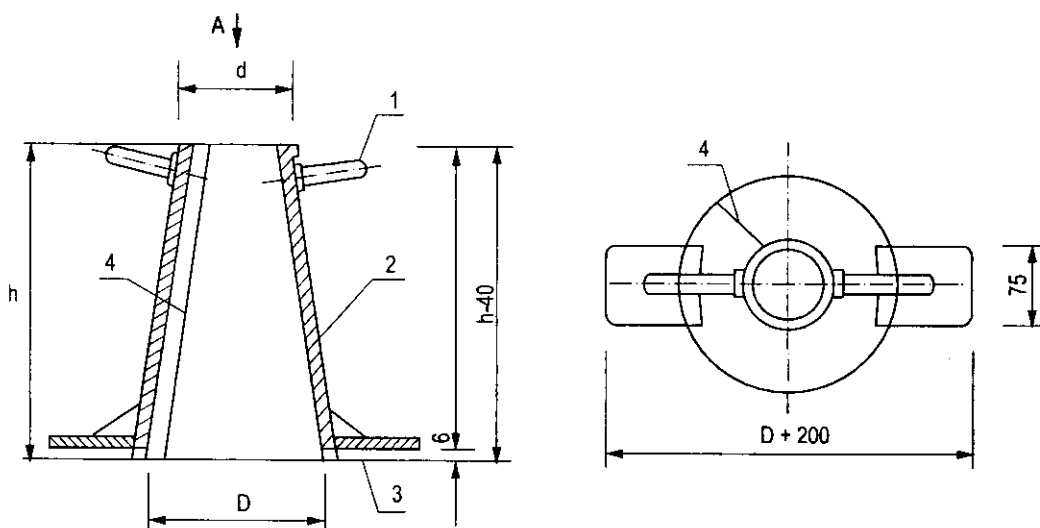
Trong trường hợp nước quá nhiều ($280\text{l}/\text{m}^3$), nó sẽ chảy ra khỏi bê tông và cuốn theo các hạt nhỏ của cốt liệu và ximăng, làm giảm chất lượng của bê tông.

Như vậy với một hỗn hợp vật liệu đã có sẵn tồn tại một phạm vi lượng nước nhào trộn đủ để bê tông dễ nhào trộn và có tính đồng nhất và rắn chắc dễ dàng. Bằng các thí nghiệm có thể xác định được độ sệt của hỗn hợp bê tông. Để điều chỉnh độ sệt của bê tông có thể sử dụng các loại phụ gia khi hàm lượng nước là không đổi.

Tính công tác hay còn gọi là tính dễ tạo hình là tính chất kỹ thuật của hỗn hợp bê tông, nó biểu thị khả năng lấp đầy khuôn nhưng vẫn đảm bảo được độ đồng nhất trong một điều kiện đầm nén nhất định. Để đánh giá tính công tác, sử dụng hai chỉ tiêu: độ sụt và độ cứng.

3.1.1. Độ sụt (độ lưu động)

Đánh giá khả năng dễ chảy của hỗn hợp bê tông dưới tác dụng của trọng lượng bản thân hoặc rung động. Độ lưu động được xác định bằng độ sụt SN (cm) của hình nón sụt của Abrams (hình 5.1).



Hình 5.1. Dụng cụ đo độ sụt theo TCVN 3106-93

Đây là phương pháp phổ biến nhất để đo độ sụt của bê tông tươi. Đổ bê tông đầy khuôn nón sụt bằng ba lớp, đầm mỗi lớp 25 lần, sau đó rút khuôn lên và đo độ sụt trung bình sau 1 phút. Độ sụt này biến đổi từ vài milimét (bê tông rất cứng) đến 20 - 25 cm (bê tông rất chảy).

Theo DIN 1048 - Đúc cũng có thể đo gần đúng độ sụt.

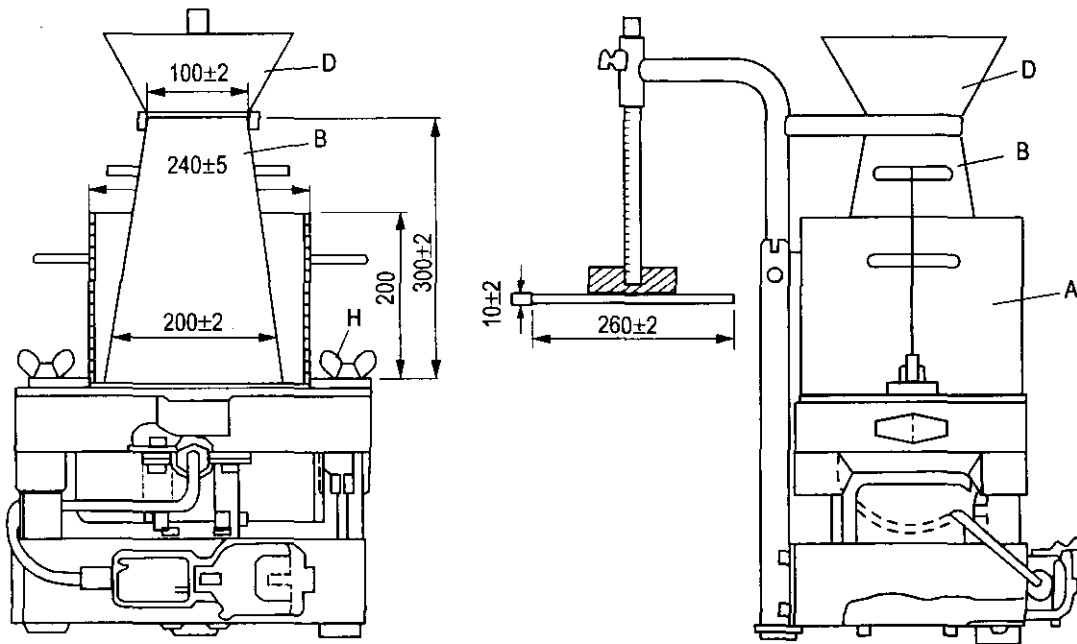
Bảng 5.1. Kích thước côn thử độ sụt (TCVN 3105 - 93)

Kích thước hình nón sụt, mm	N ^o - 1	N ^o - 2
Đường kính đáy trên	100	150
Đường kính đáy dưới	200	300
Chiều cao	300	450

3.1.2. Độ cứng của hỗn hợp bê tông

Với bê tông cứng (độ sụt bằng 0) tính công tác được đặc trưng bằng độ cứng. Độ cứng thể hiện độ nhớt dẻo, đó là một đại lượng động lực học (TCVN 3107 - 93) được xác định bằng nhớt kế Vebe

Độ cứng (C) của hỗn hợp bê tông được xác định bằng thời gian rung động cần thiết (gy) để san bằng và lèn chặt hỗn hợp bê tông theo phương pháp của TCVN 3107-93. Hỗn hợp bê tông được lèn chặt trong côn Abrams, sau đó lấy côn ra và cho chấn động. Dụng cụ thí nghiệm nhớt kế Vebe (hình 5.2).



Hình 5.2. Nhớt kế Vebe

Theo chỉ tiêu độ lưu động và độ cứng người ta chia hỗn hợp bê tông ra các loại sau (bảng 5.2).

Bảng 5.2

TT	Loại hỗn hợp bê tông	SN (cm)	C (gy)	TT	Loại hỗn hợp bê tông	SN (cm)	C (gy)
1	Đặc biệt cứng	-	> 300	5	Kém dẻo	1 - 4	15 - 20
2	Cứng cao	-	150 - 200	6	Dẻo	5 - 8	0 - 10
3	Cứng	-	60 - 100	7	Siêu dẻo	10 - 20	-
4	Cứng vừa	-	30 - 45				

Các chỉ tiêu của tính công tác được lựa chọn theo loại kết cấu, kích thước kết cấu, mật độ cốt thép và phương pháp chế tạo (bảng 5.3).

Bảng 5.3

Kết cấu và phương pháp chế tạo	C(gy)	SN (cm)
Cấu kiện bê tông cốt thép tháo khuôn sớm	20 - 10	0
Tấm phủ đường ôtô	10 - 6	1-2
Bê tông toàn khối ít cốt thép	6-4	2-4
Cột, dầm, xà tam bằng bê tông cốt thép	≤ 4	4-8
Bê tông nhiều cốt thép	< 2	8-10
Các chi tiết lắp ghép nhà	-	12-18
Bê tông rất dày cốt thép	-	18-24

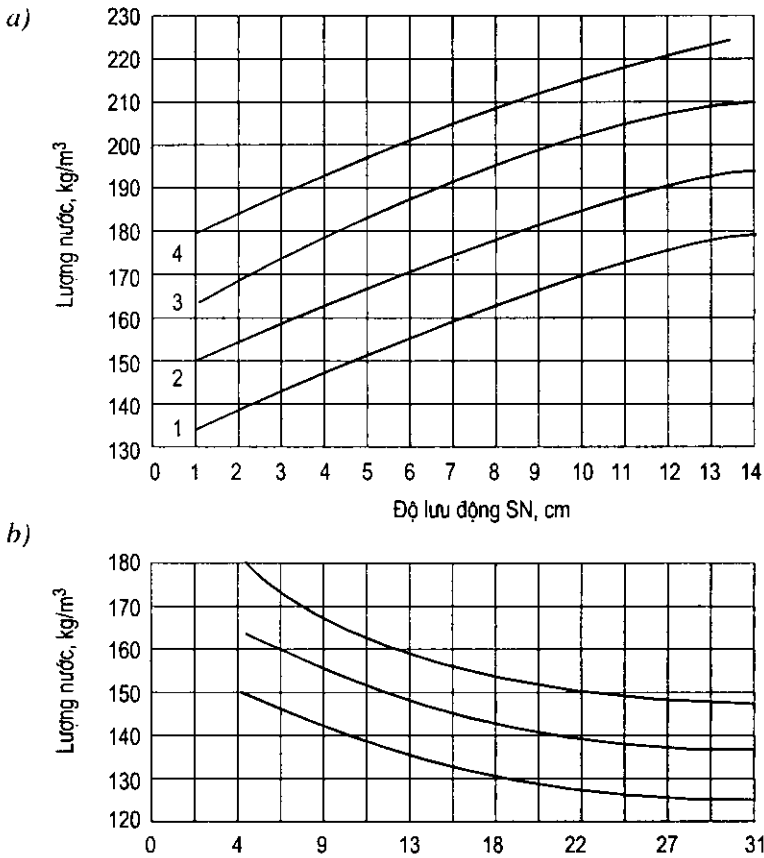
3.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông

Tỷ lệ nước và xi măng là yếu tố quan trọng quyết định tính công tác của hỗn hợp bê tông. Lượng nước nhào trộn bao gồm lượng nước tạo hồ xi măng và lượng nước dùng cho cốt liệu (độ cần nước). Lượng nước trong hồ xi măng xác định độ lưu biến của hồ và do đó xác định tính chất của hỗn hợp bê tông - độ lưu động và độ cứng.

Khả năng hấp thụ nước (độ cần nước) của cốt liệu là một đặc tính công nghệ quan trọng của nó. Khi diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu thay đổi, hay nói cách khác, tỷ lệ các cấp hạt của cốt liệu, độ lớn và đặc trưng bề mặt của cốt liệu thay đổi, thì độ cần nước cũng thay đổi. Vì vậy, khi xác định thành phần bê tông thì việc xác định tỷ lệ cốt liệu nhỏ - cốt liệu lớn tối ưu để đảm bảo cho hồ xi măng nhỏ nhất là rất quan trọng. Để đảm bảo cho bê tông có cường độ yêu cầu thì tỷ lệ nước/xi măng phải giữ ở giá trị không đổi và do đó khi độ cần nước của cốt liệu tăng thì dẫn đến chi phí quá nhiều xi măng. Khi tỷ lệ nước/ xi măng tăng, độ sệt của bê tông tăng, song cường độ của bê tông lại giảm. Việc xác định lượng nước nhào trộn phải thông qua các chỉ tiêu tính công tác có tính đến loại và độ lớn cốt liệu.

Tính công tác lại phụ thuộc vào độ nhớt và thể tích của hồ xi măng. Khi lượng nước còn quá ít, dưới tác dụng của lực hút phân tử, nước chỉ đủ để hấp phụ trên bề mặt vật rắn mà chưa tạo ra độ lưu động của hỗn hợp. Lượng nước tăng lên đến một giới hạn nào đó sẽ xuất hiện nước tự do, màng nước trên bề mặt vật rắn dày thêm, nội ma sát giữa chúng giảm xuống, độ lưu động tăng lên. Lượng nước ứng với lúc hỗn hợp bê tông có độ lưu động tốt nhất mà không bị phân tầng gọi là khả năng giữ nước của hỗn hợp. Đối với hỗn

hợp bê tông dùng xi măng pooc lăng lượng nước đó khoảng $1,65N_{tc}$ (N_{tc} - lượng nước tiêu chuẩn của xi măng), xem hình 5.3.

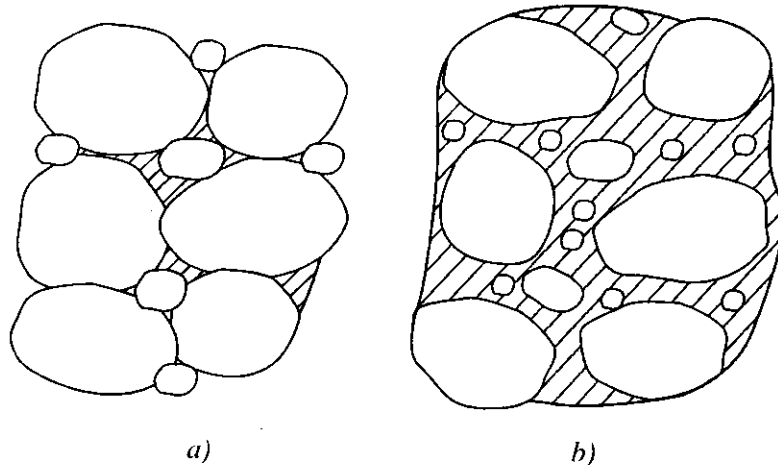


Hình 5.3. Lượng nước dùng cho bê tông
a) theo độ sụt; b) theo độ cứng

Xi măng. Nếu hỗn hợp bê tông có đủ xi măng để cùng với nước lấp đầy lỗ rỗng của cốt liệu, bọc và bôi trơn bề mặt của chúng thì độ lưu động sẽ tăng lên. Tuy nhiên, vì lý do giá thành nên lượng xi măng không thể quá nhiều.

Độ lưu động còn phụ thuộc vào loại xi măng và phụ gia của xi măng, vì bản thân mỗi loại xi măng sẽ có đặc tính riêng về các chỉ tiêu tính chất, như lượng nước tiêu chuẩn, độ mịn, thời gian ninh kết rắn chắc và dùng các phụ gia khác nhau.

Vữa xi măng. Nếu vữa xi măng (hỗ xi măng + cốt liệu nhỏ) chỉ đủ để lấp đầy lỗ rỗng của cốt liệu lớn thì hỗn hợp bê tông rất cứng. Để tạo cho hỗn hợp có độ lưu động thì phải đẩy xa các hạt cốt liệu lớn và bọc xung quanh chúng một lớp vữa xi măng. Do đó thể tích phân vữa sẽ bằng thể tích lỗ rỗng trong cốt liệu lớn nhân với hệ số trượt α (1,05 - 1,15 đối với hỗn hợp bê tông cứng, 1,2 - 1,5 đối với hỗn hợp bê tông dẻo), xem hình 5.4.



Hình 5.4. Cấu trúc bê tông
a) hỗn hợp cứng; b) hỗn hợp dẻo

Tác dụng của phụ gia (chất tăng dẻo hoặc tăng độ chảy). Một biện pháp khác làm cho việc đổ bê tông được dễ dàng là dùng các phụ gia. Chúng ta đã thấy rằng khi có cùng hàm lượng pha nhét kẽ (nước và không khí), các hạt càng không vón lại thì vật liệu càng dễ đổ. Chính do sự trải ra của các phần hạt mịn của phổ hạt mà các phụ gia này có tác dụng. Sự không tích tụ là do sự bám các phân tử hữu cơ trên các bề mặt của hạt, kéo theo việc xuất hiện sự tích điện âm - các hạt đẩy nhau. Tuy nhiên các lực điện không đủ để giải thích tính nguyên vẹn của hiện tượng (hiệu ứng lập thể hoặc "lăn bằng bi").

Về phương diện lưu biến, phụ gia giảm đồng thời ngưỡng cắt và độ nhớt dẻo, theo cách không bằng nhau tùy theo thành phần bê tông. Chính vì vậy một vài loại bê tông chất lượng cao (BHP) có thể có độ sụt của côn cao hơn 20cm nhưng vẫn nhớt và tính dễ đổ không cao.

Phụ gia hoạt động bề mặt chỉ cần dùng với một lượng nhỏ (0,05 - 0,3% khối lượng xi măng) nhưng độ lưu động của hỗn hợp cũng tăng lên đáng kể. Cơ chế tăng dẻo của phụ gia được giải thích bằng tác dụng làm giảm sức căng mặt ngoài ở mặt phân cách (thí dụ giữa pha nước và pha rắn, giữa khí và nước).

Các loại phụ gia hoạt động bề mặt thường dùng là phụ gia ưa nước, phụ gia kỵ nước và phụ gia tạo bọt.

Phụ gia ưa nước có nhiều loại, nhưng phổ biến nhất là muối canxi lignosunfonat. Khi muối này hấp phụ lên hạt xi măng, sự định hướng của các phân tử nước trên bề mặt hạt xi măng phần nào bị phá hoại và một phần nước đó được giải phóng. Mặt khác, nhờ góc có cực tính của canxi lignosunfonat làm cho hạt xi măng ưa nước hơn. Như vậy khi có phụ gia hồ xi măng cần lượng nước ít hơn, lực dính kết giữa các hạt xi măng giảm, dễ trơn trượt lên nhau, làm độ lưu động của hỗn hợp bê tông tăng.

Phụ gia ưa nước hay dùng có thể là sản phẩm nhập ngoại (Nga, Thụy Sĩ, Mỹ,...) hoặc các phụ gia nội địa. Các phụ gia này có tác dụng lớn đối với hỗn hợp bê tông, có thể làm bớt nước hoặc tăng 2-6 lần độ sụt bê tông.

Phụ gia kỵ nước thường dùng là xà phòng natri (muối natri của axit hữu cơ tan trong nước), axodon (axit naptenic chế tạo từ xà phòng công nghiệp), petrolatum đã oxy hoá. Khi hấp thụ trên bề mặt hạt xi măng, khi hút bám ion canxi, gốc cacbua hydro của chúng hướng ra phía ngoài, vì gốc này có tính kỵ nước nên không bị thấm ướt. Những lớp mỏng của các phân tử định hướng đó có khả năng trượt lên nhau một cách dễ dàng làm cho độ lưu động của hỗn hợp bê tông tăng lên.

Phụ gia tạo bọt khí chủ yếu là xà phòng natri của axit hữu cơ. Thí dụ: xà phòng hoá côlôfan (nhựa thông) bằng xút sẽ nhận được loại phụ gia mà thành phần của nó chủ yếu là muối natri của axit abiêtin. Khi nhào trộn bê tông, phụ gia sẽ cuốn theo vào một lượng không khí. Các bọt khí sẽ làm giảm sức căng mặt ngoài của chất lỏng ở mặt phân cách khí - lỏng. Lượng bọt khí nhờ có các phân tử phụ gia mà được ổn định trong chất lỏng, đồng thời làm tăng thể tích hồ xi măng, do đó độ lưu động của hỗn hợp bê tông tăng lên.

Phụ gia hoạt động bề mặt còn có thể làm chậm quá trình thủy hoá của xi măng và làm chậm tốc độ phát triển cường độ của bê tông.

Tác dụng của chấn động: Là biện pháp có hiệu quả để làm cho hỗn hợp bê tông cứng và kém dẻo trở thành dẻo và chảy, dễ đổ khuôn và đầm chặt. Hiệu quả của chấn động phụ thuộc vào biên độ, nó được xác định để tránh khuấy động bê tông nhưng cho phép các hạt di động.

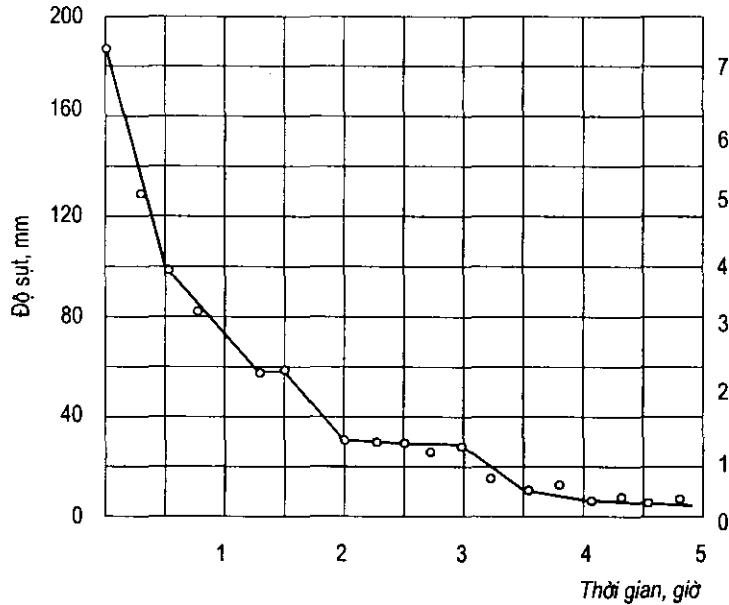
Khi chấn động các phân tử của hỗn hợp bê tông bị dao động cưỡng bức liên tục và sắp xếp lại một cách chặt chẽ hơn. Khi tần số dao động đạt đến giá trị nào đó thì nội ma sát của hỗn hợp giảm đến mức nhỏ nhất do sự xuất hiện một áp lực chống lại tại dụng của trọng lực. Hỗn hợp bị phân tách theo độ lớn, hình dạng và khối lượng của hạt. Cấu trúc ban đầu bị phá hoại. Độ cứng của hỗn hợp giảm xuống, các phân tử sắp xếp lại chặt chẽ hơn. Khi chịu tác động của chấn động các hạt nhỏ có xu hướng di chuyển lên bề mặt và các hạt lớn chìm xuống. Nếu chế độ chấn động không hợp lý, bê tông sẽ kém đồng nhất.

3.1.4. Diễn biến của độ sụt theo thời gian

Một cách tổng thể, tính dễ đổ của bê tông giảm đi theo thời gian từ khi kết thúc trộn (hình 5.5). Do các nguyên nhân vật lý: Sự phân tầng, bốc hơi hoặc cốt liệu hút nước; hoặc nguyên nhân hoá học: Tạo thành các hydrat như etringit ban đầu, nó xuất hiện từ khi xi măng tiếp xúc với nước. Mức độ giảm độ sụt thể hiện đặc biệt rõ khi xi măng có nhiều aluminat (C_3A), hoặc khi các chất tăng độ chảy được sử dụng nhiều (trường hợp của bê tông chất lượng cao - BHP). Vì vậy độ sụt của bê tông phải được điều chỉnh lúc

sản xuất để đạt được tính dễ đổ và đạt yêu cầu lúc kết thúc đổ, tức là một hoặc hai giờ sau khi chế tạo.

Trong một nghiên cứu của Canada gần đây, người ta đã tìm cách gắn các hiện tượng tổn thất ban đầu của tính dễ đổ với các đặc tính vật lý, hoá học của xi măng. Các thí nghiệm được tiến hành trên hồ với sự có mặt của chất siêu dẻo, dùng côn Marsh và thời gian chảy của hồ được đo theo thời gian.



Hình 5.5: Quan hệ giữa độ sụt và thời gian

Việc xử lý thống kê các kết quả đã cho phép đề ra hệ số chảy sau đây:

$$F_f = K_c C_3A + C_4AF$$

- Với $K_c = 1$ nếu độ mịn $SS \leq 3000 \text{ cm}^2/\text{g}$
 $K_c = 2$ nếu độ mịn $3000 \leq SS \leq 3800 \text{ cm}^2/\text{g}$
 $K_c = 3$ nếu độ mịn $3800 \leq SS \leq 6600 \text{ cm}^2/\text{g}$

C_3A và C_4AF là tỷ lệ % của aluminat và feroaluminat rút ra từ thành phần khoáng vật của xi măng và SS là độ mịn Blaine.

Chỉ số độ chảy càng thấp thì thời gian chảy của hồ càng cao và càng ổn định theo thời gian. Cũng vậy, những chuẩn mực của yêu cầu nước nhỏ và cách hoạt động từ biến ổn định góp phần gợi ý cho sự lựa chọn loại xi măng. Tuy nhiên, riêng việc xét đến các aluminat (và feroaluminat) không đủ để đảm bảo thời hạn thực tế sử dụng lâu dài.

Việc pha thạch cao và các dạng của thạch cao (nói đúng hơn là anhydrit, bán hydrat hoặc thạch cao) cũng đóng góp một vai trò quan trọng trong kéo dài thời gian ổn định độ sụt bê tông. Các loại phụ gia hoá học cũng có tác dụng tương tự.

3.2. Cường độ chịu nén

3.2.1. Xác định cường độ chịu nén của bê tông theo TCVN 3118-93

Bê tông có thể làm việc ở những trạng thái khác nhau: nén, kéo, uốn, v.v..., bê tông làm việc ở trạng thái chịu nén là tốt nhất. Vì vậy cường độ chịu nén là tính chất quan trọng nhất của bê tông. Dựa vào cường độ chịu nén giới hạn của các mẫu bê tông hình lập phương có cạnh 15 cm hoặc hình trụ có $d = 15$ cm, $h = 30$ cm dưỡng hộ trong 28 ngày ở điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$, độ ẩm không khí 90 - 100%).

Cường độ chịu nén bê tông như sau: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 và lớn hơn. Khi có kích thước không tiêu chuẩn, kết quả phải nhân với hệ số điều chỉnh K (bảng 5.4). Cường độ chịu nén của bê tông được xác định từ cường độ chịu nén trung bình của 3 mẫu thử, nếu các trị số không lệch quá 15%. Trong trường hợp có các kết quả lệch quá 15% đều bị loại bỏ. Với kết cấu BTCT cần xác định kỹ độ nén ở 3, 7, 14 hoặc 56 ngày.

Bảng 5.4

Kích thước mẫu, cm	Hệ số K khi cường độ nén bê tông (MPa/cm ²)			
	15	20	30	40
20 × 20 × 20	1,06	1,05	1,05	1,04
15 × 15 × 15	1,00	1,00	1,00	1,00
10 × 10 × 10	0,96	0,94	0,92	0,90

Khi thí nghiệm với mẫu hình trụ, cường độ bê tông được ghi theo mẫu hình trụ hoặc nếu cần đổi ra cường độ chuẩn theo mẫu hình lập phương có thể sử dụng hệ số tính đổi với mẫu hình trụ theo TCVN 3118 - 93 là 1,16 - 1,24 ($K_{trụ}$).

$$R_b = R_{trụ} \times K_{trụ}$$

3.2.2. Xác định cường độ nén theo ASTM

Thông số chính nói lên chất lượng kết cấu của bê tông là *cường độ nén* của nó. Các thí nghiệm đối với đặc tính này được tiến hành trên các mẫu thử hình trụ có chiều cao gấp hai lần đường kính, thường là 6 × 12 inch. Người ta đổ đầy bê tông vào các khuôn có hình dạng như mẫu thử trong quá trình đổ bê tông như được mô tả bởi ASTM C172, "Phương pháp tiêu chuẩn để lấy mẫu bê tông đã trộn", và ASTM C31, "Tiêu chuẩn thực hành để thí nghiệm và xử lý mẫu thử bê tông ngay tại công trường". Các mẫu thử hình trụ này được giữ ẩm ở nhiệt độ 70°F trong vòng 28 ngày, và sau đó tiến hành thí nghiệm với tốc độ nạp tải trong phòng thí nghiệm. Cường độ nén đạt được từ các thí nghiệm này gọi là *cường độ nén mẫu thử* f'_c và đó là đặc tính chủ yếu để mục đích thiết kế dựa vào.

Để an toàn cho kết cấu, cần phải kiểm tra liên tục nhằm đảm bảo rằng cường độ của bê tông như đã được nêu trong hợp đồng với giá trị do nhà thiết kế đưa ra. Bộ tiêu chuẩn

ACI quy định cứ 150 yd³ bê tông hoặc 5000 ft² diện tích bề mặt sàn được đổ thực tế sẽ tiến hành lấy hai mẫu thử để thí nghiệm, nhưng không được ít hơn một lần trong một ngày. Không thể tránh khỏi có sự khác biệt trong các kết quả thí nghiệm cường độ của những mẻ trộn khác nhau với cùng một tỉ lệ. Để bảo đảm cường độ bê tông được chính xác bất kể là sai số như thế nào, bộ tiêu chuẩn ACI quy định chất lượng bê tông sẽ được đảm bảo nếu:

(1) Không có kết quả thí nghiệm cường độ riêng lẻ nào (giá trị trung bình của một cặp mẫu thử) nhỏ hơn cường độ được yêu cầu f'_c là 500 psi .

(2) Mọi giá trị trung bình số học của 3 thí nghiệm cường độ kế tiếp nhau phải bằng hoặc lớn hơn f'_c .

Kinh nghiệm cho thấy rằng, nếu bê tông được định tỉ lệ như thế nào đó mà cường độ trung bình của nó chỉ bằng với cường độ yêu cầu f'_c , thì nó sẽ không đạt được các yêu cầu về chất lượng vì khoảng một nửa các kết quả thí nghiệm cường độ đã nằm dưới mức yêu cầu. Do vậy, cần định tỉ lệ bê tông để cường độ trung bình của nó f'_c được sử dụng làm cơ sở cho việc lựa chọn các tỉ lệ phù hợp vượt cường độ thiết kế yêu cầu một giá trị đủ để đảm bảo đáp ứng được hai yêu cầu đã nêu ra. Giá trị tối thiểu mà cường độ trung bình cần thiết phải vượt qua f'_c chỉ có thể xác định được bằng các phương pháp thống kê vì bản chất ngẫu nhiên của sai số thí nghiệm. Các yêu cầu được đề ra trên cơ sở các phân tích thống kê sẽ được sử dụng để xác định chính xác tỉ lệ bê tông tại nhà máy sao cho xác suất các trường hợp cường độ kém tại công trường ở mức có thể chấp nhận được.

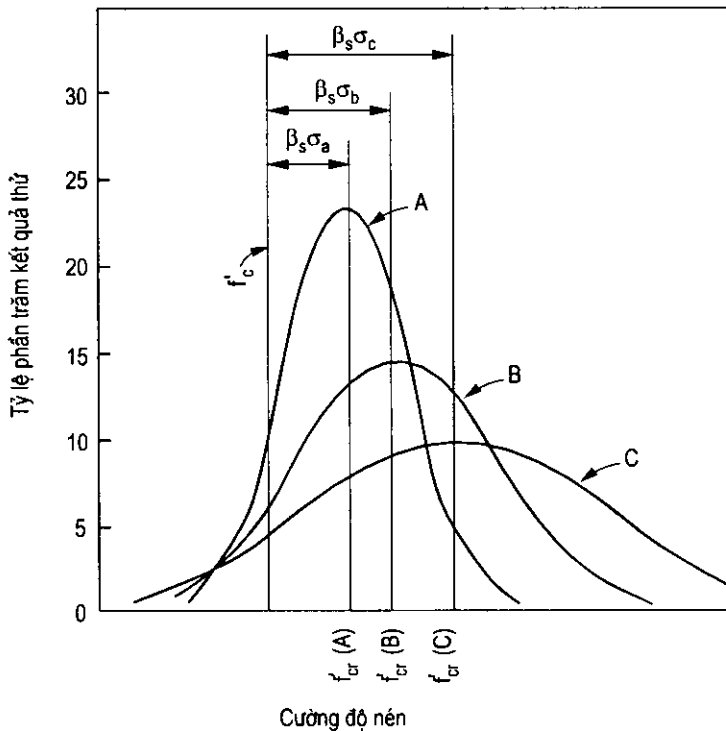
Cơ sở cho các yêu cầu này được minh hoạ trên hình 5.6. Ở đó cho thấy 3 đường cong thể hiện sự phân bố của các kết quả thí nghiệm cường độ. Cường độ thiết kế là f'_c . Các đường cong tương ứng với 3 mức độ kiểm tra chất lượng khác nhau, đường cong A đại diện cho sự kiểm tra tốt nhất, có nghĩa là ít sai số nhất, đường cong C thể hiện sự kiểm tra tồi nhất có nghĩa nhiều sai số nhất. Mức độ kiểm tra được đánh giá một cách thống kê thông qua độ lệch tiêu chuẩn σ (σ_a dành cho đường cong A, σ_b dành cho đường cong B, và σ_c dành cho đường cong C), và nó tương đối nhỏ đối với nhà sản xuất A và tương đối lớn đối với nhà sản xuất C. Cả ba sự phân bố này đều có cùng xác suất về cường độ ít hơn giá trị chỉ định f'_c , có nghĩa là mỗi một đường cong này đều có cùng một phần nhỏ tổng diện tích nằm phía dưới đường cong phía bên trái của f'_c . Đối với bất kỳ một đường cong phân bố bình thường, thì phần hệ số đó được xác định bởi chỉ số β_s , một số nhân được sử dụng cho độ lệch tiêu chuẩn σ ; β_s là như nhau cho cả ba đường cong phân bố trên hình 5.6. Người ta thấy rằng để thoả mãn các yêu cầu đó thì cứ 100 thí nghiệm sẽ có một thí nghiệm nằm dưới giá trị f'_c (với giá trị β_s được xác định theo cách như

vậy), đối với nhà sản xuất A với công việc kiểm tra chất lượng tốt nhất thì giá trị trung bình f'_{cr} gần với giá trị xác định f'_c hơn nhà sản xuất C với hoạt động kiểm tra chất lượng tồi.

Trên cơ sở nghiên cứu như vậy, bộ tiêu chuẩn ACI yêu cầu rằng các điều kiện sản xuất bê tông phải lưu giữ lại các bản ghi chép mà ở đó độ lệch tiêu chuẩn đạt được trong một điều kiện nhất định. Ngoài ra bộ tiêu chuẩn còn quy định giá trị tối thiểu mà cường độ trung bình cần thiết f'_{cr} đạt được khi lựa chọn tỉ lệ bê tông sẽ vượt quá cường độ thiết kế đã chỉ ra f'_c , phụ thuộc vào độ lệch tiêu chuẩn σ như sau:

$$f'_{cr} = f'_c + 1,3\sigma \quad (5.4)$$

Hoặc
$$f'_{cr} = f'_c + 2,33\sigma - 500 \quad (5.5)$$



Hình 5.6. Đường cong tần suất và cường độ trung bình đối với các mức kiểm tra chất lượng bê tông khác nhau với cường độ thiết kế f'_c đã xác định

Phương trình (5.4) cho xác suất của 1 trong số 100 giá trị trung bình của ba thí nghiệm liên tiếp sẽ nằm dưới giá trị cường độ thiết kế đã chỉ ra f'_c , và phương trình (5.5) cho xác suất của 1 trong số 100 giá trị mà kết quả một thí nghiệm riêng lẻ sẽ nhỏ hơn giá trị cường độ thiết kế đã chỉ ra f'_c tới 500 psi. Theo bộ tiêu chuẩn ACI, nếu không có bản ghi chép chính xác nào về hoạt động sản xuất bê tông, thì cường độ trung bình phải

có giá trị lớn hơn f'_c ít nhất là 1000 psi đối với f'_c có giá trị là 3000 psi, và 1200 psi đối với f'_c có giá trị từ 3000 ÷ 5000 psi, và 1400 psi đối với f'_c có giá trị lớn hơn 5000 psi.

Phương pháp kiểm tra này cho thấy trong thực tế những mẻ trộn vô tình bị khuyết tật là không tránh khỏi. Những yêu cầu này nhằm đảm bảo: (1) một xác suất nhỏ mà sự khiếm khuyết về cường độ chắc chắn xảy ra sẽ đủ lớn để tạo ra một loạt các mối nguy hiểm và, (2) một xác suất nhỏ như nhau mà một phần kết cấu khá lớn, như đã nêu bởi ba thí nghiệm cường độ kế tiếp nhau, sẽ tạo ra khối bê tông dưới mức trung bình.

Các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ bê tông

+ Thời gian (tuổi)

Trong quá trình cứng rắn, cường độ bê tông không ngừng tăng lên. Từ 7 đến 14 ngày cường độ phát triển nhanh, sau 28 ngày chậm dần và có thể tăng đến nhiều năm sau gần như tuân theo quy luật lôgarit (khi không dùng phụ gia).

$$\frac{R_n}{R_{28}} = \frac{\lg n}{\lg 28} \text{ với } n > 3 \quad (5.6)$$

trong đó:

R_n, R_{28} - cường độ bê tông ở tuổi n và 28 ngày;

n - tuổi bê tông (ngày).

Ngoài thời gian, cường độ bê tông chịu nén còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như đặc tính đá ximăng, độ đặc hồ ximăng, chất lượng cốt liệu, chất lượng của bê tông, hàm lượng phụ gia v.v...

Đặc tính ximăng (mác ximăng, N/X) có ảnh hưởng lớn đến cường độ bê tông. Điều này đã được giáo sư N.B.Belaev (Liên Xô) thể hiện trong công thức:

$$R_b^{28} = \frac{R_x}{k(N/X)^n}, \text{ daN/cm}^2 \quad (5.7)$$

trong đó:

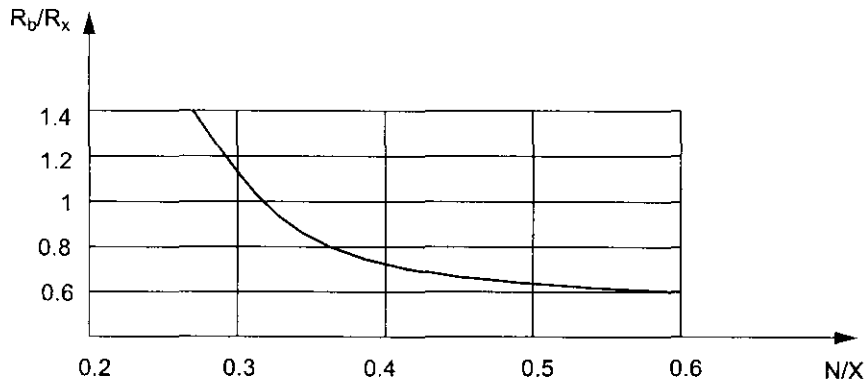
R_b^{28} - cường độ nén giới hạn của bê tông ở tuổi 28 ngày;

R_x - mác của ximăng;

n, k - hệ số phụ thuộc vào chất lượng nguyên vật liệu: đối với bê tông nặng $n = 1,5$; khi dùng đá dăm $k = 3,5$; sỏi $k = 4$.

+ Tỷ lệ N/X

Sự phụ thuộc của cường độ bê tông vào tỷ lệ N/X thực chất là phụ thuộc vào thể tích lỗ rỗng tạo ra do nước dư thừa. Hình 5.7 biểu thị mối quan hệ giữa cường độ bê tông và lượng nước nhào trộn.



Hình 5.7. Sự phụ thuộc của cường độ bê tông vào tỷ lệ N/X

Độ rỗng r tạo ra do lượng nước thừa có thể được xác định bằng công thức:

$$r = \frac{N - N_h X}{1000} 100\% \quad (5.8)$$

trong đó:

N, X - lượng nước và lượng xi măng trong $1m^3$ bê tông;

N_h - lượng nước liên kết hoá học tính bằng % khối lượng xi măng.

Ở tuổi 28 ngày lượng nước liên kết hoá học khoảng 15 - 20%. Thực chất quan hệ giữa cường độ R_b và N/X được biểu diễn bằng những đường cong phức tạp. Trong thực tế, để đơn giản hai nhà bác học B.I. Bolomey (Thụy Sĩ) và Skramtaev (Liên Xô) đã chuyển thành đường thẳng (hình 5.8) theo các công thức sau:

- Đối với bê tông có: $X/N = 1,4 \div 2,5$ thì:

$$R_b = A R_x (X/N - 0,5); \quad (A)$$

- Đối với bê tông có $X/N > 2,5$ thì;

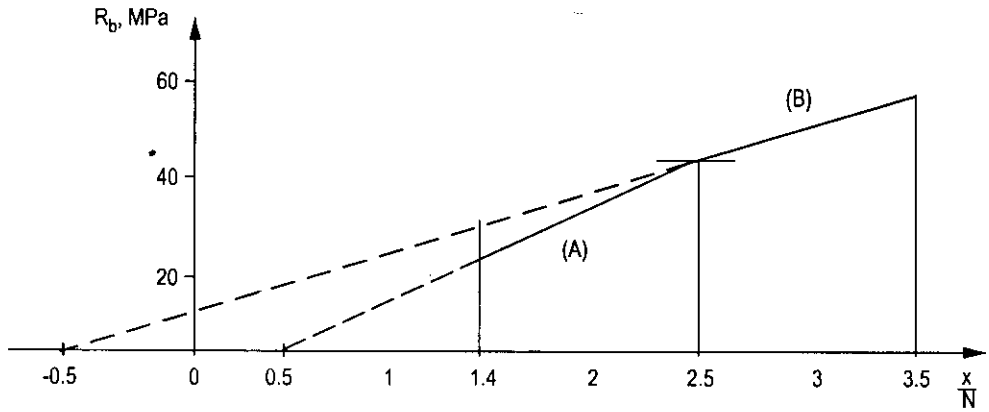
$$R_b = A_1 R_x (X/N + 0,5); \quad (B)$$

trong đó: A và A_1 là hệ số được xác định theo chất lượng của cốt liệu và phương pháp xác định mức xi măng (bảng 5.5):

Từ các công thức (A) và (B) cho thấy nếu sử dụng tỷ lệ N/X thấp sẽ có cường độ bê tông cao. Hiện nay tỷ lệ N/X thông thường từ 0,38-0,45. Bê tông mác cao có tỷ lệ N/X từ 0,28-0,35.

Bảng 5.5

Chất lượng cốt liệu	A. Khi mác xi măng xác định theo phương pháp TCVN	A_1 . Khi mác xi măng xác định theo phương pháp TCVN
Chất lượng cao	0,65	0,43
Chất lượng trung bình	0,60	0,40
Chất lượng thấp	0,55	0,37



Hình 5.8. Quan hệ giữa R_b và tỷ lệ x/N

+ Độ đặc của hồ xi măng

Độ đặc của hồ xi măng tươi có ảnh hưởng lớn đến cường độ bê tông, quan hệ đó được thể hiện qua định luật Feret (Pháp).

Feret đã lập ra một công thức kinh nghiệm để tính toán cường độ bê tông vào năm 1896, trong đó có tính đến độ đặc của hồ xi măng tươi:

$$f_c = K_1 [V_c / (V_c + V_e + V_v)]^2 \quad (5.9)$$

trong đó:

V_c ; V_e ; V_v - lần lượt là thể tích của xi măng, nước và lỗ rỗng có trong bê tông tươi.

$K_1 = K \times R_c$; trong đó K là hệ số cấp phối hạt;

R_c - cường độ xi măng được xác định trên vữa tiêu chuẩn.

Trong thực tế người ta chuyển biểu thức này như sau:

$$\frac{V_c}{(V_c + V_e + V_v)} = \frac{1}{[1 + (V_e + V_v)/V_c]} = \frac{1}{[1 + \rho(V_e + V_v)/C]} \quad (5.10)$$

trong đó ρ biểu thị khối lượng riêng của xi măng và C là trọng lượng xi măng. Trong các trường hợp thông thường nhất, có thể lấy $\rho = 3150 \text{ kg/m}^3$.

Trong các trường hợp bê tông chảy hoặc nếu người ta không đo lượng không khí lẫn vào thì có thể bỏ qua thể tích các lỗ rỗng mặc dù sẽ chính xác hơn nếu tính đến nó. Mặt khác, việc tính biểu thức với các trị số thực nghiệm cho phép xác định được giá trị của hệ số K : $K = 4,91$ lấy trung bình, cường độ bê tông được tính như sau:

$$f_c = \frac{KR_c}{\left(1 + 3,15 \cdot \frac{e}{c}\right)^2} \quad (5.11)$$

Biểu thức của Feret cho các kết quả tốt nếu có thể biết được mác thực của xi măng, giá trị chính xác của hệ số hạt và tỷ lệ N/X (e/c).

+ Ảnh hưởng của cốt liệu:

Sự phân bố giữa các hạt cốt liệu và tính chất của nó (độ nhám, số lượng lỗ rỗng hở, tỷ diện tích) có ảnh hưởng đến cường độ của bê tông. Bình thường hồ xi măng lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu và đẩy chúng ra xa nhau một chút (với cự ly bằng 2 - 3 lần đường kính hạt xi măng). Trong trường hợp này do phát huy được vai trò của cốt liệu nên cường độ của bê tông khá cao và yêu cầu cốt liệu có cường độ cao hơn cường độ bê tông 1,5 - 2 lần. Khi bê tông chứa lượng hồ xi măng lớn hơn, các hạt cốt liệu bị đẩy ra xa nhau hơn đến mức chúng hầu như không có tác dụng tương hỗ với nhau. Khi đó, cường độ của đá xi măng và cường độ vùng tiếp xúc đóng vai trò quyết định đến cường độ bê tông, nên yêu cầu về cường độ của cốt liệu ở mức thấp hơn.

Khi xét đến một cách độc lập các đặc tính của cốt liệu tác dụng lên cường độ, vì từ loại cốt liệu này đến loại cốt liệu khác có rất nhiều các đặc tính biến đổi làm cho việc nghiên cứu ảnh hưởng của những thông số đó rất khó khăn. Tuy nhiên người ta phân biệt các đặc tính ấy như sau:

- Hình dạng của cốt liệu.
- Dính kết giữa hồ - cốt liệu, phụ thuộc vào trạng thái bề mặt của cốt liệu.
- Cường độ của cốt liệu.
- Môđun của cốt liệu.
- Độ rỗng.
- Độ tập trung cốt liệu v.v...

Ảnh hưởng của môđun và cường độ của cốt liệu lớn đối với cường độ bê tông: Một kiểu mô hình hoá đơn giản, nhưng được sử dụng rộng rãi; để mô tả cấu trúc của bê tông người ta dùng mô hình "làm việc chung". Trong mô hình này phân hồ cùng với cốt liệu chịu biến dạng như cốt liệu.

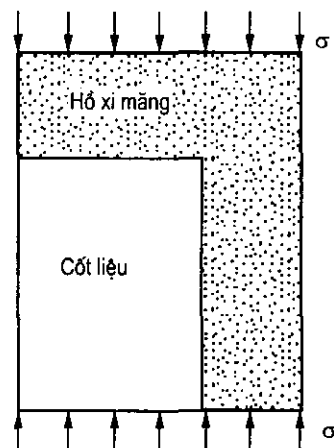
$$\varepsilon = \varepsilon_h = \varepsilon_c$$

trong đó: $\varepsilon_c, \varepsilon_h$ - biến dạng cốt liệu và hồ xi măng

$$\frac{\sigma_c}{E_c} = \frac{\sigma_h}{E_h};$$

$$\sigma_c = \sigma_h \frac{E_c}{E_h}$$

Và lại ứng suất trong hồ ở mô hình tương ứng với cốt liệu cũng giống như ứng suất trong cốt liệu, như vậy người ta cũng thấy là ứng suất đó là hàm số của tỷ số E_c/E_h nó luôn luôn lớn hơn 1. Điều đó làm phát sinh những tập trung



ứng suất trong một vài phần của hồ mà tác dụng của nó làm giảm cường độ của bê tông. Sự nhận biết đó cho phép mô tả cốt liệu "lý tưởng". Nó có cường độ lớn hơn cường độ mong muốn đối với bê tông và có môđun bằng môđun của hồ.

+ Ảnh hưởng của công nghệ đầm chặt và dưỡng hộ nhiệt

Cấu tạo của bê tông biểu thị bằng độ đặc, nó có ảnh hưởng đến cường độ của bê tông. Khi thiết kế thành phần bê tông có độ đặc cao thì việc lựa chọn độ lưu động và phương pháp thi công thích hợp có ý nghĩa quan trọng.

Đối với mỗi hỗn hợp bê tông, ứng với một điều kiện đầm nén nhất định sẽ có một tỷ lệ nước thích hợp. Nếu tăng mức độ đầm chặt thì tỷ lệ nước thích hợp sẽ giảm xuống và cường độ bê tông tăng lên. Cường độ bê tông phụ thuộc vào mức độ đầm chặt thông qua hệ số lèn K_1 :

$$K_1 = \frac{\gamma'_0}{\gamma_0} \quad (5.12)$$

trong đó:

γ'_0 - khối lượng thể tích thực tế của hỗn hợp bê tông sau khi lèn chặt, kg/m^3 ;

γ_0 - khối lượng thể tích tính toán của hỗn hợp bê tông, kg/m^3 .

Hỗn hợp bê tông cứng có $K_1 = 0,95 - 0,98$. Có thể đẩy nhanh quá trình thủy hoá của xi măng làm tăng nhanh sự phát triển cường độ bê tông bằng cách dưỡng hộ trong điều kiện tự nhiên cũng như dưỡng hộ nhiệt. Bê tông không dưỡng hộ đúng cách có thể giảm cường độ đến 40%.

3.2.2. Cường độ chịu kéo

Cường độ chịu kéo của bê tông rất thấp so với cường độ chịu nén.

Cường độ chịu kéo của bê tông tăng có quan hệ với cường độ nén, nhưng tỷ lệ R_k/R_b (f_t/f_c) giảm đi khi cường độ nén tăng lên. Tỷ lệ này biến đổi từ $1/8 \div 1/10$ đối với bê tông thường, đến $1/20$ đối với bê tông chất lượng cao (THP). Viện nghiên cứu bê tông của Mỹ (ACI) đề nghị một công thức căn bậc hai để tính cường độ chịu kéo, nó mô tả khá chính xác ảnh hưởng của f_c lên f_t :

$$f_t = k f_c^{0,5} \quad (5.13)$$

Hệ số $K = 3 \div 5$ khi kéo trực tiếp; $K = 6 - 8$ khi nứt mẫu; $K = 8 \div 12$ khi uốn gãy mẫu thử.

Theo quy định của Pháp đề nghị quan hệ sau đây:

$$R_k = 0,6 + 0,06R_n \quad (5.14)$$

Khi gia tải mẫu thử bị phá hoại khi vết nứt suất hiện và gãy. Các đường gãy khi kéo có thể ở mặt tiếp giáp của hồ và cốt liệu hoặc qua cốt liệu tùy theo liên kết ở mặt tiếp giáp đó. Trong trường hợp của bê tông chất lượng cao BHP, sự phá hoại khi kéo làm xuất

hiện có hệ thống những phá vỡ cốt liệu, thể hiện sự dính kết rất tốt giữa hồ và cốt liệu. Chất lượng của mặt tiếp giáp này cũng phụ thuộc vào hồ (bộ phận có chất lượng cao) cũng như vào trạng thái bề mặt và tính chất khoáng vật của cốt liệu.

Việc nghiên cứu bằng kính hiển vi cũng rất khó lý giải để đánh giá định lượng cường độ kéo. Phần xi măng có các vết nứt nhỏ hoặc do gradien khô (gradien ứng suất) hoặc do co ngót bị ngăn cản bởi hồ và bị ngăn cản bởi sự có mặt của cốt liệu (E_v/E_p bằng khoảng 0,1). Các vết nứt nhỏ đó là nguồn gốc lan truyền của sự phá hoại khi kéo. Sự phân bố không gian của chúng phối hợp với tính phức tạp của trường ứng suất ở quy mô hạt, làm cho vấn đề trở nên khó khăn. Tuy nhiên, một vài nghiên cứu dựa trên sự phân bố thống kê kê của cường độ kéo, đã cho các kết quả khá tốt, nhưng cần sử dụng công nghệ tin học (phương pháp phần tử hữu hạn).

3.2.3. Cường độ kéo khi uốn

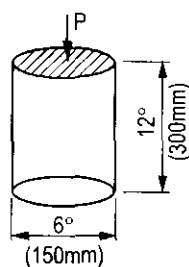
Mẫu thử uốn gồm 3 dầm. Khi sử dụng các dầm bê tông cốt từ kết cấu nếu không có đủ 3 dầm thì được phép lấy 2 dầm làm một nhóm mẫu thử.

Việc lấy mẫu hỗn hợp bê tông, đúc, bảo dưỡng, khoan cắt bê tông và chọn kích thước viên dầm để làm mẫu thử phải được tiến hành theo TCVN 3105 - 1993.

Mẫu chuẩn để xác định cường độ kéo khi uốn của bê tông theo TCVN và ASTM là mẫu dầm kích thước 150 × 150 × 600 mm.

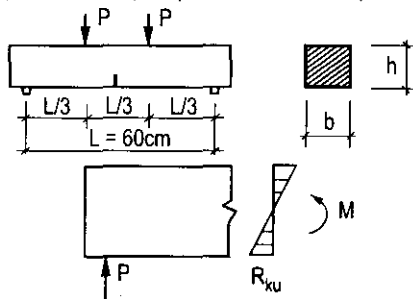
Kết cấu sản phẩm yêu cầu nghiệm thu ở tuổi và trạng thái nào thì phải thử uốn các mẫu dầm ở đúng tuổi và trạng thái đó.

Uốn theo sơ đồ (hình 5.10) sao cho hướng tác dụng của các lực song song với mặt hồ mẫu dầm bê tông khi đổ.

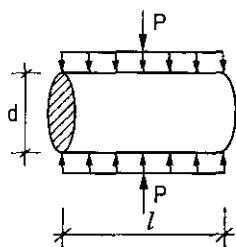


Mẫu khối trụ xác định độ bền chịu nén của bê tông f'_c theo ASTM C31 và C39

Xác định độ bền chịu kéo khi uốn (Modulus of Rupture) theo ASTM C76 hay C293



Xác định độ bền chịu kéo nứt tách theo ASTM C496



Hình 5.10. Các mẫu thí nghiệm xác định cường độ của bê tông

Uốn bằng cách tăng tải liên tục lên mẫu với tốc độ không đổi và bằng $0,6 \pm 0,4 \text{ daN/cm}^2$ trong một giây cho tới khi gãy mẫu.

Cường độ kéo khi uốn của từng mẫu đầm bê tông được tính bằng daN/cm^2 theo công thức:

$$R_{ku} = K \frac{P \cdot l}{ab^2} \quad (5.15)$$

trong đó:

P - tải trọng uốn gãy mẫu, tính bằng daN;

l - khoảng cách giữa hai gối tựa, tính bằng cm;

a - chiều rộng tiết diện ngang của mẫu, tính bằng cm;

b - chiều cao tiết diện ngang của mẫu, tính bằng cm;

K - hệ số tính đổi cường độ kéo khi uốn từ các mẫu kích thước khác đầm chuẩn $150 \times 150 \times 600 \text{ mm}$. Hệ số K lấy theo bảng 5.6.

Bảng 5.6

Kích thước mẫu đầm (mm)	Hệ số K
100 × 100 × 400	1,05
150 × 150 × 600	1,00
200 × 200 × 800	0,95

Cường độ kéo khi uốn của bê tông được xác định bằng giá trị cường độ trung bình của 3 viên trong nhóm mẫu nên giá trị lớn nhất và nhỏ nhất không lệch quá 15% so với giá trị của viên trung bình.

Cường độ kéo dọc trục của bê tông R_k , được tính theo cường độ kéo khi uốn R_{ku} bằng công thức:

$$R_k = 0,58R_{ku} \quad (5.16)$$

3.3. Phân mức theo cường độ nén

Theo TCVN 6025 - 95 thì cường độ đặc trưng biểu thị mức bê tông là giá trị cường độ mà trong tổng các kết quả thử cường độ nén chỉ có 5% số mẫu là nằm dưới giá trị cường độ quy định (theo bảng 5.7).

Mẫu thử chuẩn có hình dáng khối lập phương $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ với kích thước chính xác theo quy định trong TCVN 3105: 1993 (ISO 1920).

Các mức bê tông quy định trong bảng 5.7 được xác lập trên cơ sở cường độ nén TCVN 3118:1993 (ISO 4012) tính bằng mẫu MPa, của mẫu thử khối lập phương ($150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$).

Bảng 5.7. Mác bê tông trên cơ sở cường độ nén

Mác bê tông	Cường độ nén ở tuổi 28 ngày MPa (N/mm ²)
M 15	15,0
M 20	20,0
M 25	25,0
M 30	30,0
M 35	35,0
M 40	40,0
M 45	45,0
M 60	60,0
M 80	80,0

Chú thích: Giá trị cường độ bê tông cao hơn các giá trị nêu trong bảng tương ứng với các loại bê tông đặc biệt.

Tính phù hợp:

Bê tông được đánh giá là phù hợp theo một chuẩn mực đơn giản là với sai số 5% thì khả năng chấp nhận là 50% đến 95%.

3.4. Tính biến dạng của bê tông

Bê tông là vật liệu đàn hồi dẻo. Biến dạng của nó gồm có hai phần: biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo (hình 5.11).

Biến dạng đàn hồi tuân theo định luật Húc:

$$\sigma = \varepsilon E, \text{ daN/cm}^2$$

trong đó:

σ - ứng suất trong bê tông ;

ε - biến dạng tương đối cm/cm;

E - mô đun đàn hồi của bê tông.

Biến dạng đàn hồi của bê tông xảy ra khi tải trọng tác dụng rất nhanh và tạo ra ứng suất không lớn lắm (nhỏ hơn 0,2 cường độ giới hạn). Tính đàn hồi của bê tông ở giai đoạn này được đặc trưng bằng mô đun đàn hồi ban đầu và có thể được tính theo công thức kinh nghiệm theo cường độ 28 ngày:

$$E_{dh} = \frac{1000000}{1,7 + \frac{360}{R_b^{28}}} \text{ daN/cm}^2 \quad (5.17a)$$

Hoặc:
$$E_{dh} = E_0 + 0,2f_{28} \quad (5.17b)$$

trong đó: $E_0 = 20 \text{ N/mm}^2$; f_{28} là cường độ nén ở tuổi 28 ngày đối với mẫu lập phương.

Môđun đàn hồi của bê tông ở tuổi t ngày có thể tính theo công thức sau:

$$E_{c,t} = E_{c,28} (0,4 + 0,6f_{c,t}/f_{c,28}) \quad (5.17c)$$

Quan hệ môđun đàn hồi tĩnh và môđun đàn hồi động (E_{cd}) như sau:

$$E_c = 1,25E_{cd} \quad (5.17d)$$

Trị số môđun đàn hồi tĩnh của bê tông thường như sau:

Cường độ bê tông $f_{c,28}$ kN/mm ²	$E_{c,28}$	
	Giá trị trung bình, kN/mm ²	Phạm vi điển hình, kN/mm ²
30	26	20 đến 32
40	28	22 đến 34
50	30	24 đến 36
60	32	26 đến 38

Khi tính kết cấu thường sử dụng biến dạng bê tông theo biểu đồ biến dạng quy ước (hình 5.11) trong đó:

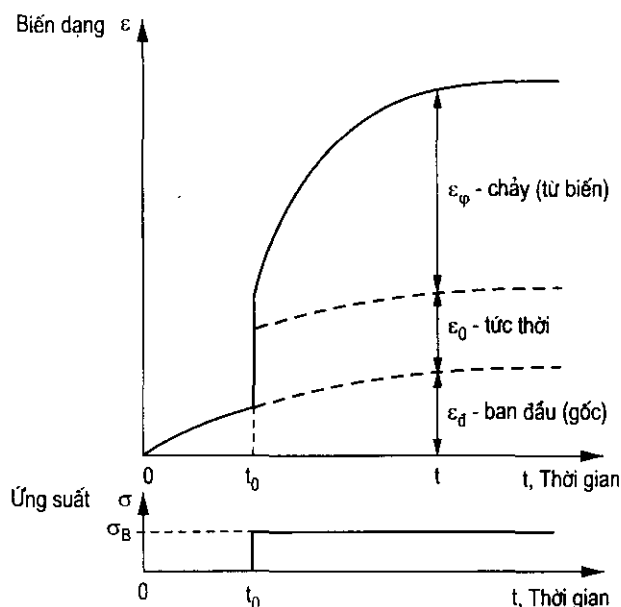
$$\varepsilon_{b_1} = 2\text{‰}, \quad \varepsilon_{b_2} = 3\text{‰} \text{ và } \sigma_b = 0,85 \times \sigma_{c_j}/K_b, \text{ (mẫu hình trụ) } \sigma_b = 0,67 \times \sigma_{c_j}/K_b \text{ (lập phương)}$$

trong đó:

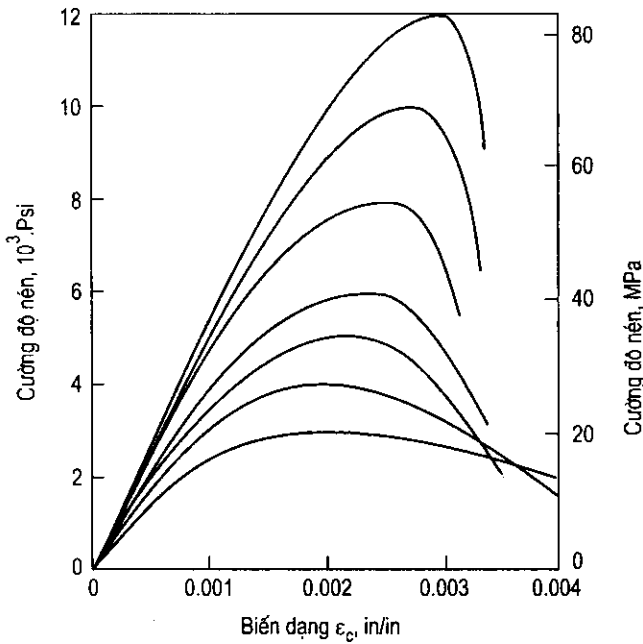
0,85 - hệ số tác dụng của tải trọng;

σ_{c_j} - cường độ nén bê tông ở tuổi j ngày;

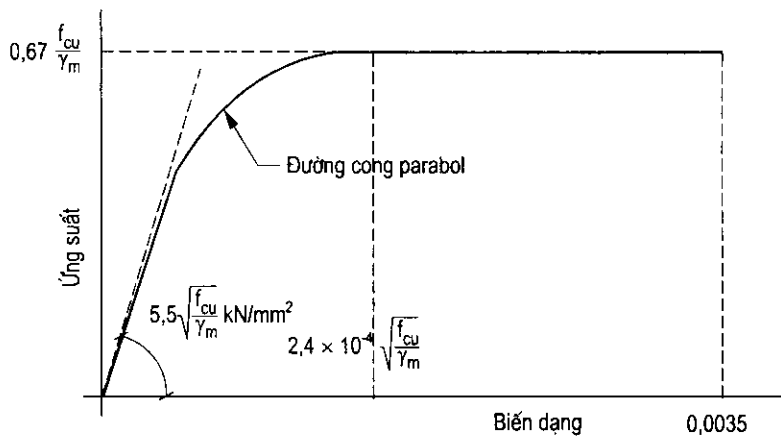
K_b - hệ số an toàn, $K_b = 1,5$



Hình 5.11: Biến dạng của bê tông theo thời gian



Hình 5.11a: Quan hệ giữa cường độ nén và biến dạng của bê tông



- Ghi chú: 1. 0,67 là hệ số tính đến quan hệ giữa độ bền khối vuông và độ bền khi uốn trong cấu kiện chịu uốn. Hệ số này chưa có hệ số an toàn
2. f_{cu} tính bằng N/mm^2

Hình 5.11b. Biểu đồ ứng suất biến dạng quy ước

Quan hệ giữa cường độ chịu nén và biến dạng tức thời ghi trên hình 5.11b.

Môđun đàn hồi trong tính toán là độ dốc của đoạn dốc ở biểu đồ càng lớn thì cường độ bê tông tăng, khi cường độ bê tông < 50 MPa và khối lượng riêng $\rho_b = 2,4$ thì ;

$$E_b = 33\rho_b \times \sqrt{R_b} \quad (5.18)$$

$$E_b = 57.000\sqrt{R_b}$$

Môđun đàn hồi của bê tông tăng lên khi hàm lượng cốt liệu lớn, cường độ và môđun đàn hồi của cốt liệu tăng lên và hàm lượng ximăng, tỷ lệ N/X giảm.

Nếu ứng suất vượt quá 0,2 cường độ giới hạn của bê tông, thì ngoài biến dạng đàn hồi còn do được cả biến dạng dư. Như vậy biến dạng của bê tông là tổng của biến dạng đàn hồi (ϵ_{dh}) và biến dạng dư (ϵ_d):

$$\epsilon_b = \epsilon_{dh} + \epsilon_d \quad (5.19)$$

Môđun đàn hồi khi nén tĩnh E_0 được xác định theo công thức sau:

$$E_0 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (5.20)$$

trong đó:

ϵ_1, ϵ_2 - biến dạng ở trạng thái ban đầu và trạng thái ứng suất σ_2 ;

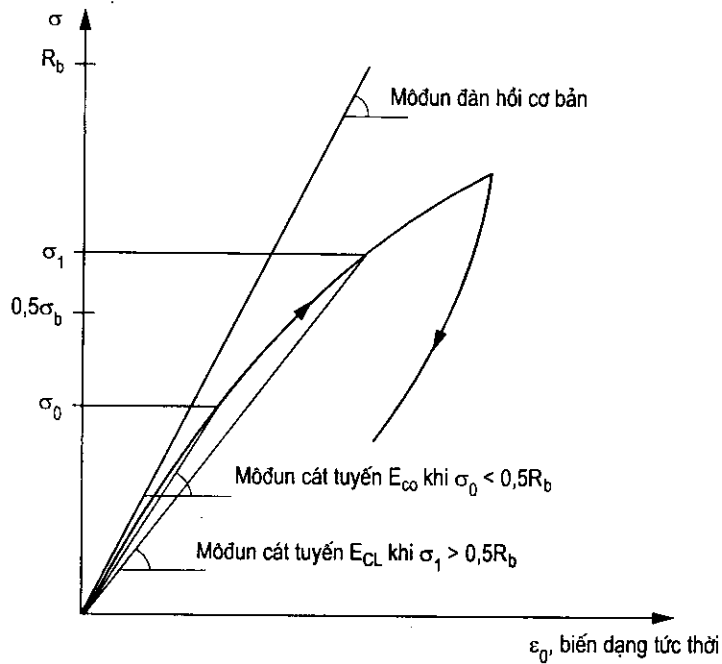
σ_1, σ_2 - ứng suất ban đầu và ứng suất khoảng 0,3 R_b .

Đặc trưng biến dạng của bê tông sẽ là:

$$E_{bd} = \frac{\sigma}{\epsilon_b} = \frac{\sigma}{\epsilon_{dh} + \epsilon_d} \quad \text{daN/cm}^2 \quad (5.21)$$

Cũng như các loại vật liệu giòn khác, biến dạng của bê tông trước khi bị phá hoại thường không lớn (0,5 - 1,5mm/m).

Khi nén theo một hướng bê tông bị nở ngang, Hệ số Poatxông của bê tông trong phạm vi từ 0,15 - 0,2.



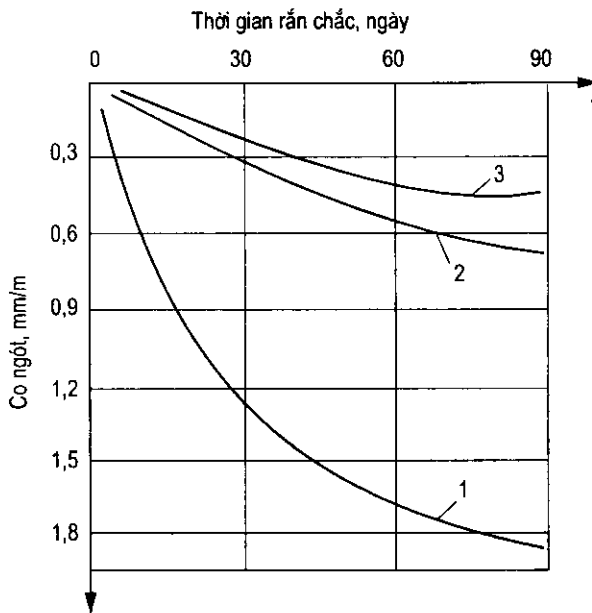
Hình 5.12. Các dạng môđun đàn hồi của bê tông thường

3.5. Tính co nở của bê tông

Trong quá trình rắn chắc, bê tông thường phát sinh biến dạng thể tích: nở ra trong nước và co lại trong không khí (hình 5.13). Về giá trị tuyệt đối độ co lớn hơn nở 10 lần. Ở một giới hạn nào đó độ nở có thể làm tốt hơn cấu trúc của bê tông.

Giá trị mức độ co rút cuối cùng của bê tông thông thường nằm trong phạm vi từ 400×10^{-6} đến 800×10^{-6} mm/m, phụ thuộc vào hàm lượng nước ban đầu, nhiệt độ môi trường, tốc độ gió, độ ẩm và bản chất của cốt liệu bê tông.

Còn biến dạng co luôn luôn kéo theo những hiệu quả phức tạp. Có 5 loại co: co bề mặt, co hoá, co nhiệt, co nước, co cacbonat hoá. Mỗi loại có tác dụng khác nhau đối với bê tông.



Hình 5.13. Độ co ngót

1. đá ximăng; 2. vữa; 3. bê tông

Co bề mặt (co mao quản): do sự bốc hơi của nước trên bề mặt bê tông. Nó có nguy cơ gây nứt bề mặt bê tông, cần bảo dưỡng để giữ ẩm cho mặt bê tông.

Co nhiệt: cơ chế của nó là phản ứng hydrat phát nhiệt làm tăng nhiệt độ bê tông và bê tông dãn ra nhưng bị ván khuôn chặn lại, khi tháo ván khuôn bê tông bị co lại đột ngột (co nhiệt) gây nứt bê tông.

Co nước: xảy ra sự mất nước của bê tông, loại này xảy ra chậm có thể do quá trình hydrat và sự sấy khô do không khí bên ngoài.

Sự mất nước làm cho các mầm tinh thể xích lại gần nhau và đồng thời các gel cùng dịch chuyển làm cho bê tông bị co. Trong quá trình cacbonat hoá hydroxyt làm giảm thể tích tuyệt đối của hệ ximăng-nước, nó bắt đầu từ bề mặt và dần dần co đến lõi bê tông.

Co hoá học đã gây ra ứng suất co ngót: nén - trong cốt liệu, cốt thép và kéo - trong đá ximăng. Ứng suất kéo trong đá ximăng là nguyên nhân gây ra nứt, giảm cường độ, độ chống thấm và độ ổn định của bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường xâm thực.

Độ co bê tông ở ngày tuổi nào đó có thể tính như sau:

$$\varepsilon_{ct} = \frac{t}{35+t} \varepsilon_{cn} \quad (5.22)$$

trong đó ε_{cn} - độ co ở ngày n được xác định bằng thực nghiệm độ co bê tông được xác định theo TCVN 3117-93. Độ co của mẫu thử được tính như sau:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta l}{l} \quad (5.23)$$

Δl , l là độ chênh chiều dài sau khi co và chiều dài mẫu thử ban đầu. Để chống co ngót của bê tông, các trường hợp đặc biệt nên dùng dùng ximăng nở.

3.6. Tính từ biến của bê tông

Từ biến của bê tông là đặc tính biến dạng liên tục trên chiều dài của mẫu thử trong một thời gian dưới tác dụng của ứng suất.

Đối với một loại bê tông nhất định, từ biến tỷ lệ với độ lớn của ứng suất tác động. Với một ứng suất nhất định bê tông cường độ cao có từ biến thấp hơn bê tông cường độ thấp, theo thời gian từ biến diễn ra với tốc độ chậm dần và kết thúc sau 30 năm.

Từ biến của bê tông là tổng cộng của hai loại từ biến: từ biến gốc và từ biến khô. Từ biến gốc có xét đến độ ẩm môi trường. Từ biến khô là phần bổ sung diễn ra trong bê tông khô.

Hai loại từ biến trên tiến triển cùng nhau và chống lên nhau.

Từ biến làm tăng độ võng kết cấu bê tông, làm tăng một cách đáng kể những lực không cần thiết trong bê tông tạo ra sự mất ứng suất trong bê tông nhất là các cột cao và kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực.

Từ biến của bê tông và vận tốc phát triển của nó bị ảnh hưởng bởi các tham số liên quan đến thành phần bê tông, điều kiện môi trường và những điều kiện khai thác khác.

- Thời gian
- Thời gian khai thác, t_0
- Tỷ lệ N/X và cường độ bê tông, tốc độ rắn chắc của ximăng.
- Nhiệt độ và độ ẩm tương đối xung quanh.
- Trị số ứng suất khai thác

Từ lâu bê tông được coi là vật liệu cứng nhưng khi khai thác dài ngày vẫn có thể coi là bê tông bị chảy. Độ ẩm tương đối giảm, nhiệt độ cao (từ 40°C) từ biến tăng. Khi mức độ

ứng suất khoảng $0,5R_b$, từ biến có thể coi là tuyến tính. Ở mức độ ứng suất cao hơn từ biến là phi tuyến. Hoạt động ở mức độ ứng suất cao có thể làm tăng độ nứt của bê tông. Từ biến có ảnh hưởng lớn đến biến dạng bê tông nhất là bê tông dự ứng lực.

Hệ số từ biến được xác định theo tỷ lệ giữa biến dạng tương đối do chảy ε_ϕ và biến dạng ban đầu ε_0 .

$$C_\phi = \varepsilon_\phi / \varepsilon_0 \quad (5.24)$$

Hệ số C_ϕ biến động từ 1-3 lần và phải thực hiện thí nghiệm trên các mẫu bê tông thực và đối chiếu với các giá trị của CEB-FIP 1990 hoặc các quy định theo các tiêu chuẩn khác.

Biến dạng cuối cùng (30 năm) do từ biến trong bê tông ε_{cc} có thể tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_{cc} = \frac{\sigma}{E_t} \times \phi \quad (5.25)$$

trong đó:

E_t - môđun đàn hồi của bê tông ở tuổi t, chịu ứng suất σ ;

ϕ - hệ số từ biến.

Dưới tác dụng của tải trọng và độ ẩm tương đối không đổi, sau thời gian 1 tháng, 6 tháng và 30 tháng, từ biến phát triển là 0,4; 0,6; và 0,8 từ biến cuối cùng (từ biến cuối cùng = 1). Nếu lấy từ biến 1 năm làm đơn vị thì từ biến theo thời gian là 1,14 sau 2 năm, 1,2 sau 5 năm, 1,26 sau 10 năm, 1,36 sau 30 năm.

3.7. Tính thấm nước của bê tông

Với các công trình giao thông và thuỷ lợi, bê tông cần có độ chống thấm nước hợp lý. Cơ chế thấm rất phức tạp. Nước có thể thấm qua những lỗ rỗng mao quản (những lỗ rỗng có đường kính lớn hơn $1 \mu\text{m}$) vì màng nước hấp phụ trong các mao quản đã có chiều dày đến $0,5 \mu\text{m}$. Khi thí nghiệm áp lực nước, giới hạn để nước không xuyên qua mẫu thử biểu thị độ chống thấm nước của bê tông.

Đối với những kết cấu công trình có yêu cầu về độ chống thấm nước thì cần phải xác định độ chống thấm theo áp lực nước thực tế. Căn cứ vào chỉ tiêu này, chia bê tông thành các loại mức chống thấm theo TCVN 3116 - 93 là: B2, B4, B6, B8, B10, B12.

Để nâng cao khả năng chống thấm nước có thể theo các giải pháp sau: sử dụng các loại xi măng chống thấm nước tốt như xi măng poocăng ít C_3S , nâng cao độ đặc chắc của bê tông bằng các tính toán cấp phối bê tông hợp lý (tỷ lệ N/X nhỏ nhất, tỷ lệ C/(C + Đ) thích hợp), dùng phụ gia chống thấm hoá học, phụ gia polyme hoặc chọn công nghệ thi công hợp lý.

3.8. Tính co nở do tác dụng của nhiệt độ

Bê tông nở khi nhiệt độ tăng và co lại khi nhiệt độ giảm. Sự biến đổi về thể tích có thể gây ra vết nứt phức tạp và trong kết cấu có kích thước lớn có thể gây ra ứng suất lớn và nguy hiểm...

3.9. Tính bền của bê tông trong môi trường nước biển

Yêu cầu về tính năng cơ bản của bê tông bền trong môi trường nước biển là: Cường độ cao có khả năng chống ăn mòn hoá học nước biển, bảo vệ cốt thép tốt. Theo K.Mehta, B. Mockovic cơ chế ăn mòn bê tông trong môi trường nước biển là ăn mòn hoà tan và ăn mòn sunfat. Sản phẩm của dạng ăn mòn hoà tan là $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ được tạo ra bởi các chất xâm thực có trong nước biển như CO_2 , MgCl_2 , MgSO_4 tương tác với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và các khoáng khác của đá ximăng. Sản phẩm ăn mòn sunfat là etringit được tạo ra bởi các muối sunfat có trong nước biển.

Để đạt được tính bền với nước biển bê tông cần có cường độ cao, chống ăn mòn hoà tan và ăn mòn sunfat, chống thấm nước, chống thấm ion Cl^- .

Muốn vậy cần sử dụng bê tông mác cao, bê tông chống ăn mòn sunfat và bê tông có sử dụng các phụ gia khoáng siêu mịn. Các phụ gia khoáng thông thường là: xỉ lò cao có hoạt tính đặc biệt, tro nhẹ, mêtacao lanh, silicafum, tro trấu công nghiệp...

4. VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG NẶNG

4.1. Ximăng

Tùy yêu cầu của loại bê tông có thể dùng các loại ximăng khác nhau. Có thể dùng ximăng pooc-lăng, ximăng pooc-lăng bền sunfat, ximăng pooc-lăng xỉ, ximăng pooc-lăng puzolan và các chất kết dính khác để thoả mãn các yêu cầu quy phạm. Trong đó việc lựa chọn mác ximăng là đặc biệt quan trọng, để vừa đảm bảo đạt yêu cầu bê tông thiết kế, vừa đảm bảo yêu cầu kinh tế. Để thoả mãn các yêu cầu trên cần phải dùng ximăng mác thích hợp để chế tạo bê tông, không nên dùng ximăng mác cao để chế tạo bê tông mác thấp, vì lượng ximăng dùng sẽ quá thấp, không tạo ra sự đồng nhất trong cấu trúc bê tông.

Nên chọn mác ximăng theo mác bê tông trong bảng 5.8 sau:

Bảng 5.8.

Mác bê tông, daN/cm ²	200	250	300	350	400	500	600 và lớn hơn
Mác ximăng, daN/cm ²	300	400	400	400	500	500	600 và lớn hơn
	-	-	-	-	-	-	
	400		500	500	600	600	

Để thoả mãn yêu cầu thứ hai phải tuân theo quy định về lượng xi măng tối thiểu khoảng 300 kg/1 m³ bê tông (mác 20); 350 kg/1 m³ (mác 30); 400 kg/1 m³ (mác từ 40 trở lên). Lượng xi măng tối đa được quy định tùy theo loại công trình, thông thường xi măng tối đa khoảng 450-480 kg/m³ cho các công trình cầu đường.

4.2. Cốt liệu nhỏ - cát (TCVN 338 - 346 : 86)

Cát dùng để chế tạo bê tông có thể là cát thiên nhiên hay cát nhân tạo có cỡ hạt từ 0,14 đến 5mm - theo TCVN; từ 0,15 đến 4,75 mm - theo tiêu chuẩn của Mỹ và từ 0,08 đến 5mm theo tiêu chuẩn của Pháp. Chất lượng cát phụ thuộc vào thành phần khoáng, thành phần hạt và hàm lượng tạp chất. (Hàm lượng SiO₂ ≥ 98%; lượng bụi bẩn không lớn hơn 1%).

Thành phần hạt và độ lớn của cát (TCVN 342 - 86). Cát có thành phần hạt hợp lý sẽ tiết kiệm được xi măng, cường độ bê tông sẽ cao. Thành phần hạt của cát được xác định bằng cách sàng 1000g cát khô trên bộ sàng tiêu chuẩn từ 5 - 0,14mm, lượng sót riêng biệt trên mỗi sàng a_i (%) là tỷ lệ % lượng sót trên mỗi sàng m_i so với toàn bộ lượng cát đem thí nghiệm m:

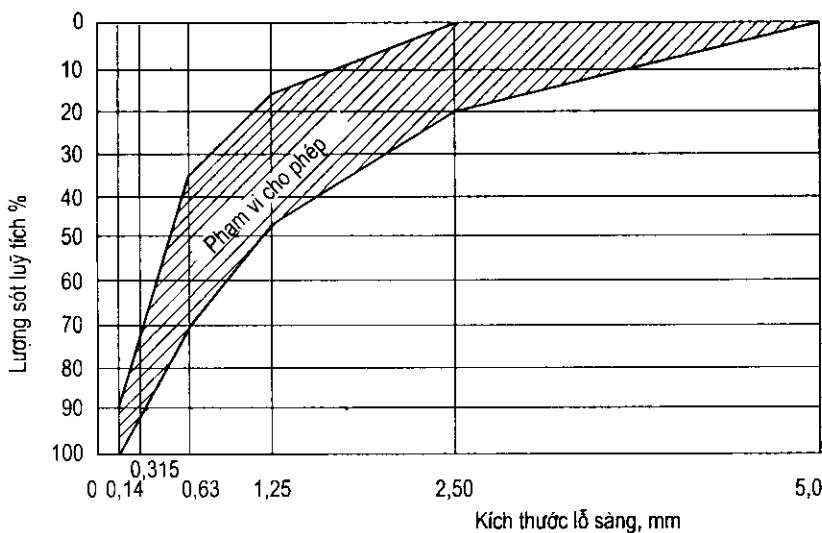
$$a_i = \frac{m_i}{m} \times 100\% \quad (5.26)$$

Lượng sót tích lũy A_i (%) trên mỗi sàng, tức là tính tổng lượng sót riêng biệt kể từ sàng lớn nhất đến sàng cần xác định a_i:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \% \quad (5.27)$$

Thành phần hạt của cát cần phải nằm trong phạm vi cho phép của biểu đồ chuẩn (hình 5.14) - theo TCVN:

Kích thước sàng, mm	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy, %	0	0-20	15-45	35-75	70-90	90-100



Hình 5.14. Cấp phối tiêu chuẩn cát

Thành phần hạt cát theo ASTM D43 - 86 như sau:

Kích thước lỗ sàng	3/8 in, 9,5mm	N ^o 4 (4,75)	N ^o 8 (2,36)	N ^o 16 (1,18)	N ^o 50 (0,9)	N ^o 4100 (0,15)
Lượng lọt sàng	100	85-100	10-40	0-10	0-5	0

Dựa vào chỉ tiêu về độ lớn người ta phân cát ra các loại như sau: (bảng 5.9) (TCVN 1770 - 86).

Bảng 5.9

Loại cát	M	a _{0,14}
Lớn	2,5 - 3	≤ 10
Vừa	2 - 2,5	≤ 10
Nhỏ	1 - 2	≤ 20
Rất nhỏ	0,7 - 1	≤ 35

Cát to và vừa được phép dùng cho các loại bê tông, cát nhỏ và rất nhỏ khi cần dùng phải qua các nghiên cứu đặc biệt. Theo tiêu chuẩn quốc tế thường chọn cát có $M = 2,6 \div 3,2$.

Lượng ngậm tạp chất. Hạt nhỏ (bụi, bùn, sét) sẽ làm tăng lượng xi măng sử dụng trong bê tông. Hạt bụi, bùn, sét biến đổi thể tích lớn khi độ ẩm thay đổi, có thể dẫn đến phá hoại cấu trúc của bê tông nên phải khống chế chặt chẽ (không được lớn hơn 5%). Tạp chất mica không lớn hơn 1,5%, hàm lượng hữu cơ thấp, đặc biệt chú ý hàm lượng SO₃ không được vượt quá 1%.

4.3. Cốt liệu lớn - đá dăm hoặc sỏi

Sỏi do mặt tròn, nhẵn, độ rỗng và diện tích mặt ngoài nhỏ nên cần ít nước, tốn ít xi măng mà vẫn dễ đầm, dễ đổ, nhưng lực dính bám với vữa xi măng nhỏ nên cường độ bê tông sỏi thấp hơn bê tông đá dăm. Cốt liệu lớn có kích thước của hạt từ 5 đến 80mm, trong kết cấu khối lớn có thể đến 150mm TCVN, Pháp; theo tiêu chuẩn của Mỹ từ N^o8 đến 25 in, tức là từ 2,36 mm đến 63 mm (ASTM).

Chất lượng của cốt liệu lớn được đặc trưng bằng các chỉ tiêu: cường độ, thành phần hạt và độ lớn, lượng tạp chất.

Đường kính lớn nhất của cốt liệu (D) có ảnh hưởng lớn đến cường độ bê tông:

- khi $R_b < 62$ MPa nên chọn $D = 25-12,5$ mm (1 in - 3/4 in)
- khi $R_b > 62$ MPa nên chọn $D = 9,5-10$ mm.

Việc sử dụng cốt liệu hạt có đường kính càng lớn càng có lợi về mô đun đàn hồi, độ dẻo, sự co khô.

Cường độ của đá dăm được xác định thông qua thí nghiệm nén mẫu đá gốc, còn của sỏi (kể cả đá dăm) được xác định thông qua thí nghiệm nén trong xilanh bằng thép và được gọi là độ nén giập ở trạng thái bão hoà nước.

Theo độ nén giập, đá dăm được chia làm 7 mức (bảng 5 - 10), (5 - 11).

Mức đá dăm phải tương đương mức của bê tông:

Bảng 5 - 10

Mức bê tông	Mức nén giập, không lớn hơn	
	Đá	Sỏi
40 và lớn hơn	10	8
30	14	12
20	18	16

Bảng 5 - 11

Mức của đá dăm	Độ nén giập ở trạng thái bão hoà nước, %		
	Đá trầm tích	Đá macma xâm nhập và đá biến chất	Đá phun xuất (phun trào)
1200	< 9	< 16	< 9
1000	9 - 11	17 - 20	10 - 11
800	12 - 14	21 - 25	12 - 14
600	15 - 18	26 - 34	-
400	19 - 28	-	-
300	29 - 38	-	-
200	39 - 54	-	-

Với cốt liệu lớn cho bê tông, cần thử độ hao mòn Los Angeles.

Những hạt đá hình thoi, dẹt (chiều rộng hoặc chiều dày nhỏ hơn 1/3 chiều dài) và những hạt mềm yếu, hạt bị phong hoá có ảnh hưởng đến cường độ bê tông.

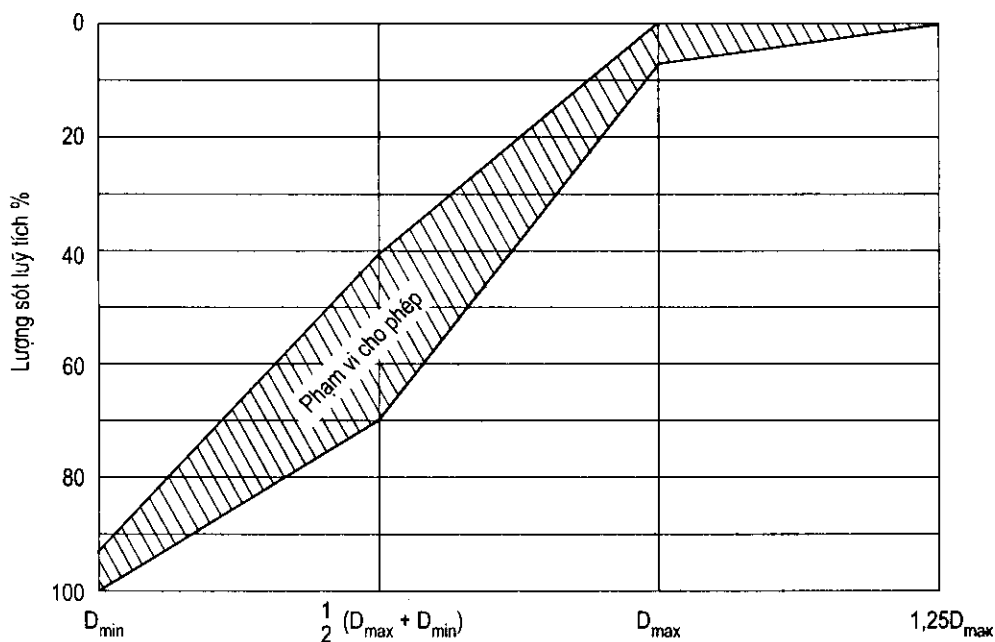
Lượng hạt dẹt không được vượt quá 25%, lượng hạt yếu và phong hoá không vượt quá 10% theo khối lượng.

Thành phần hạt của cốt liệu lớn được xác định thông qua thí nghiệm sàng đá hoặc sỏi trên bộ sàng tiêu chuẩn có kích thước lỗ sàng $d_i = 70, 40, 20, 10$ và 5mm ; hoặc bộ sàng theo tiêu chuẩn quốc tế phù hợp; xác định a_i và A_i rồi vẽ đường quan hệ A_i và d_i .

Sau khi thí nghiệm người ta xác định đường kính lớn nhất D_{\max} và đường kính nhỏ nhất D_{\min} của cốt liệu. D_{\max} tương ứng với cỡ sàng có lượng sót tích lũy nhỏ hơn và gần

5% nhất. D_{\min} tương ứng với cỡ sàng có lượng sót tích lũy gần 95% nhất. Các trị số lý thuyết trên có thể là lẻ, cho phép lấy các trị số tròn số phù hợp với cỡ sàng thí nghiệm. Với TCVN quy định lượng sót tích lũy ứng với D_{\max} là gần 10%.

Thành phần hạt của cốt liệu lớn phải nằm trong phạm vi quy định của các tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế. Biểu đồ thành phần hạt TCVN cũng còn lệch lớn (xem hình vẽ 5.15).



Hình 5.15. Biểu đồ xác định thành phần hạt tiêu chuẩn của cốt liệu lớn

D_{\max} của cốt liệu lớn cũng phải phù hợp với kết cấu bê tông: phải nhỏ hơn 1/3 kích thước nhỏ nhất của kết cấu và nhỏ hơn 3/4 khoảng cách nhỏ nhất của cốt thép; đối với kết cấu panen mỏng, sàn nhà, bản mặt cầu ... cho phép bằng 1/2 kích thước nhỏ nhất của kết cấu.

Lượng sót tích lũy của cốt liệu lớn (đá, xỉ) tiêu chuẩn nằm trong phạm vi sau:

d	$1,25 D_{\min}$	D_{\max}	$(D_{\max} + D_{\min})/2$	D_{\min}
Lượng sót tích lũy, %	0	0-5	40-70	95-100

Trong các tiêu chuẩn quốc tế phạm vi quy định thành phần hạt được lập cho từng đường kính hạt lớn nhất khác nhau và được kiểm tra trên toàn bộ giải hạt giống như kiểm tra cát (bảng 5 - 12).

Bảng 5.12. Thành phần hạt đá (sỏi) theo ASTM

Kích thước lỗ sàng	2 in 50	1,5 in 37,5	1 in 25	3/4 in 19	1/2 in 12,5	3/8 in 9,5	N ^o 4 4,75	N ^o 8 2,36mm
2 in - N ^o 4 50,0-4,75mm	95-100	-	37-70	-	10-30	-	0-5	
1,5 in - N ^o 4 37,5-4,75mm	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	
1 in - N ^o 4 25-4,75mm		100	95-100	90-100	25-60	-	0-10	0-5
1/2 in - N ^o 4 12,5-4,75mm				100	90-100	40-70	0-15	0-5

Lượng ngậm tạp chất có hại trong sỏi và đá dăm chủ yếu là đất sét, bụi, bùn, tạp chất hữu cơ, muối, đá silic vô định hình và đá diệp thạch silic. Hàm lượng của chúng được quy định như sau (bảng 5.13).

Bảng 5.13

Loại tạp chất	Bê tông ở trên và trong vùng mực nước thay đổi	Bê tông thường xuyên ở trong nước và bên trong công trình
Sét, phù sa, bụi, % >	1	2
Tạp chất hữu cơ	Màu không sẫm hơn màu chuẩn	
Muối sunfat và sunfat, tính đổi ra SO ₃ , % >	0,5	0,5
Đá opan, các loại nham thạch dạng opan và các khoáng vật khác	Không cho phép nếu không có sự kiểm tra	

4.4. Phụ gia

Phụ gia là các chất vô cơ hoặc hoá học khi cho vào bê tông sẽ cải thiện tính chất của hỗn hợp bê tông hoặc bê tông cốt thép. Có nhiều loại hỗn hợp phụ gia để làm tăng hoặc làm chậm quá trình rắn chắc bê tông, cải thiện tính dẻo, cường độ hoặc tăng độ chống thấm nước cho bê tông. Thành phần phụ gia thường được quy định theo hàm lượng xi măng, do các nhà chế tạo quy định và được kiểm tra bằng các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm và tại hiện trường.

Theo TCVN và tiêu chuẩn ASTM C 494 phân loại phụ gia như sau: Phụ gia hoá học, phụ gia khoáng hoạt tính, phụ gia trơ, phụ gia có công dụng đặc biệt.

Phụ gia hoá học được chia làm 7 nhóm: A, B, C, D, E, F, G.

Nhóm A: Phụ gia giảm nước hoá dẻo, tăng tính dẻo của hỗn hợp bê tông, như LHD82, KDT2, KANA (Việt Nam), Puzolith.

Nhóm B: Phụ gia chậm ninh kết, kéo dài thời gian thi công của bê tông, như PA95, MIGHTY-90RA.

Nhóm C: Phụ gia tăng nhanh đóng rắn, tăng tốc độ ninh kết và phát triển cường độ sớm cho bê tông, như SAKA 1, NN. Các loại phụ gia này có thành phần clorua canxi là chất tăng rắn chắc có hiệu quả tốt. Thận trọng khi sử dụng phụ gia tăng tốc với kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực, bê tông cốt thép, vì chúng có khuynh hướng thúc đẩy nhanh quá trình ăn mòn cốt thép.

Nhóm D: Phụ gia giảm nước và chậm ninh kết, như KANA, Puzolith.

Nhóm E: Phụ gia giảm nước và đóng rắn nhanh, như N⁰⁷

Nhóm F: Phụ gia giảm nước cao hay phụ gia siêu dẻo. Loại phụ gia này cho phép giảm đáng kể lượng nước nhào trộn (10-30%), tăng độ lưu động của hỗn hợp bê tông từ 2-4 lần. Loại phụ gia này được dùng phổ biến ở Việt Nam như PA-99, SELFILL-2010S, R4, RN. Các phụ gia này có gốc ligno naphthalen, melamin, vinyl copolyme, policacboxylat, viscocrete.

Nhóm G: Phụ gia giảm nước cao và chậm ninh kết, như MIGHTY-90RA.

Phụ gia khoáng hoạt tính là các phụ gia được chế tạo từ các chất khoáng có hoạt tính như: xỉ lò cao, tro nhẹ, microsilica. Các loại phụ gia này thường được nghiền rất mịn.

Phụ gia trơ không có phản ứng hoá học như ximăng. Phụ gia trơ được sản xuất bằng cách nghiền mịn quặng, đá vôi, đất sét.

Phụ gia đặc biệt: Phụ gia cuốn khí, tạo bọt, tạo khí, ức chế ăn mòn cốt thép, phụ gia không co hoặc nở, phụ gia chống thấm, trợ bơm, chống mài mòn ...

Khi sử dụng phụ gia ngoài việc tăng cường các tính chất đặc biệt cho bê tông còn có thể cải thiện cấu trúc của bê tông, cải thiện tỷ lệ N/X, cải thiện độ đặc cho bê tông và cho phép tạo ra các loại bê tông mới như: Bê tông chất lượng cao, bê tông phun, bê tông chống thấm cao, bê tông tự đầm chắc.

4.5. Nước

Nước để chế tạo bê tông (rửa cốt liệu, nhào trộn và bảo dưỡng bê tông) phải có đủ phẩm chất để không ảnh hưởng xấu đến thời gian ninh kết và rắn chắc của ximăng và không gây ăn mòn cốt thép. Nước sinh hoạt là nước có thể dùng được, còn các loại nước không nên dùng là: nước đầm, ao, hồ, nước chứa dầu mỡ, đường, nước có độ pH < 4, nước có chứa muối sunfat lớn hơn 0,27% (tính theo lượng ion SO_4^{2-}).

Nước biển có thể dùng để chế tạo bê tông cho những kết cấu làm việc trong nước biển, nếu tổng các loại muối trong nước không vượt quá 35g trong một lít nước. Tuy nhiên cường độ bê tông sẽ giảm khoảng 15% và không được sử dụng khi trong bê tông có cốt thép.

5. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊTÔNG NẶNG

5.1. Khái niệm

Thiết kế thành phần bê tông là lựa chọn thành phần vật liệu chế tạo bê tông như nước, xi măng, cát, đá hoặc sỏi, phụ gia cho 1m^3 bê tông sao cho đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về cường độ, độ dẻo, các yêu cầu khác và giá thành hợp lý. Thể tích của bê tông được giả định là hoàn toàn đặc.

Lượng nguyên vật liệu tính toán cho 1m^3 bê tông được biểu thị bằng tỷ số về khối lượng hay về thể tích trên một đơn vị khối lượng hay một đơn vị thể tích xi măng. Nguyên tắc chung của việc thiết kế là nguyên tắc về thể tích tuyệt đối có nghĩa là thiết kế 1m^3 bê tông hoàn toàn đặc có khối lượng thể tích quy định.

Những điều kiện cần thiết: Để tính toán thành phần bê tông cần phải biết trước những điều kiện sau. Các tính chất, yêu cầu khác của bê tông và hỗn hợp bê tông; đặc tính và nguyên vật liệu sử dụng; đặc tính và điều kiện làm việc của kết cấu.

Đặc tính và nguồn vật liệu: Vật liệu chế tạo bê tông cần đảm bảo các yếu tố theo tiêu chuẩn hiện hành. Nguồn vật liệu cố định đảm bảo đủ khối lượng cho dự án, có đường vận chuyển thuận tiện.

- Về cường độ bê tông thiết kế chỉ định và cường độ yêu cầu

Cần xác định rõ cường độ bê tông mà thiết kế chỉ định về trị số và về tuổi; Thông thường trị số cường độ thiết kế chỉ định ký hiệu là R_{bj} , đó chính là cường độ chịu nén ở tuổi J ngày. Cường độ nén chỉ tính ở ngày 28 ký hiệu là R_b .

Để đáp ứng được yêu cầu về cường độ đã chỉ định, bê tông phải được thiết kế sao cho cường độ nén trung bình đo được ngoài thực tế phải lớn hơn cường độ nén thiết kế chỉ định R_b một giá trị đủ để xác suất của những lần thử mẫu là nhỏ nhất (có nghĩa là xác suất để có cường độ thấp hơn R_b là tối thiểu). Theo TCVN cho phép thiết kế theo cường độ thiết kế chỉ định là R_b . Sự cho phép này chỉ đúng trong trường hợp đã có đầy đủ số liệu về bê tông và công nghệ.

Để đảm bảo cường độ bê tông cùng giá trị tối thiểu mà cường độ trung bình cần thiết R'_b (cường độ yêu cầu) cần lớn hơn R_b phụ thuộc vào độ lệch chuẩn σ như sau:

$$R'_b = R_b + 1,3\sigma$$

hoặc:
$$R'_b = R_b + 2,33\sigma - 3,45 \text{ MPa}$$

Theo ACI:

$$R'_b = R_b + 6,9 \text{ MPa, và } R_b < 21 \text{ MPa}$$

$$R'_b = R_b + 8,3 \text{ MPa, và } R_b < 35 \text{ MPa}$$

$$R'_b = R_b + 9,66 \text{ MPa, và } R_b > 35 \text{ MPa}$$

Tổng quát theo Tiêu chuẩn EU cho phép lấy:

$$R'_b = 1,15R_b \text{ với } R_b < 50 \text{ MPa và } R'_b = 1,2R_b \text{ với } R_b > 50 \text{ MPa}$$

Khi thiết kế theo kinh nghiệm đầy đủ thì $R'_b = R_b$, còn khi thiết kế trong phòng thí nghiệm (chưa đủ kinh nghiệm) thì sử dụng cường độ trung bình cần thiết R'_b .

5.2. Phương pháp thiết kế thành phần bê tông

Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông được sử dụng rộng rãi hiện nay là: phương pháp DoE của Ban môi trường Anh (The British Department of the Environment), của Viện bê tông Mỹ ACI (The American Concrete Institute), phương pháp "Dreux - Gorisse" của Pháp, phương pháp Mordoc (L.J. Murdock) của Anh, phương pháp của Hội đồng bê tông poocăng (The New Zealand Portland Concrete Association), phương pháp Bolomey - Skramtaev (Nga). Mỗi phương pháp đều có phạm vi thích dụng riêng. Trong khuôn khổ giáo trình này xin được giới thiệu 3 phương pháp: phương pháp Bolomey - Skramtaev (sử dụng phổ biến ở Việt Nam), ACI, và phương pháp "Dreux - Gorisse" (sử dụng phổ biến ở Pháp và một số nước châu Âu). Cả ba phương pháp đều là phương pháp lý thuyết kết hợp với "thực nghiệm" dựa trên cơ sở lý thuyết "thể tích tuyệt đối", có nghĩa là tổng thể tích tuyệt đối (hoàn toàn đặc) của vật liệu trong 1m^3 bê tông thì bằng 1000 lít. Chúng chỉ khác nhau ở chỗ lựa chọn thành phần và tỷ lệ các cấp hạt cốt liệu.

5.2.1. Phương pháp Bolomey - Skramtaev

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này: Thể tích bê tông được coi là hoàn toàn đặc và là tổng của các thể tích đặc riêng rẽ của các vật liệu tạo ra bê tông

$$V_{ab} = 1000 = V_{ax} + V_{ac} + V_{ax} + V_{an} \quad (5.29)$$

Các bước tính toán

B1. Xác định lượng nước N. Dựa vào độ cứng hoặc độ lưu động, yêu cầu lượng nước nhào trộn được xác định trên bảng tra (bảng 5 - 14). Lượng nước xác định được ứng với cát trung bình ($N_{yc} = 7\%$) và sỏi.

Nếu là cát nhỏ thì lượng nước cần tăng lên 7 - 10% và nếu độ ẩm của cát tăng lên hoặc giảm đi cứ 1% thì lượng nước tăng lên hay giảm đi theo tính toán tỷ lệ với khối lượng cát trong bê tông.

Bảng 5.14: Lượng nước cho bê tông, kg/m³

Độ cứng (x)	Độ sụt (SN) (cm)	Loại cốt liệu và đường kính hạt (mm)					
		Sỏi			Đá dăm		
		10	20	40	10	20	40
150 - 200	0	145	130	120	155	145	130
90 - 120	0	150	135	125	160	150	135
60 - 80	0	160	145	130	170	160	145
30 - 50	0	165	150	135	175	165	150
20 - 30	0 - 1	175	160	145	185	175	160
15 - 20	1 - 15	185	170	155	195	185	170
	2 - 2,5	190	175	160	200	190	175
	3 - 4	195	180	165	205	195	180
	5	200	185	170	210	200	185
	7	205	190	175	215	205	190
	8	210	195	180	220	210	195
	10 - 12	215	200	190	225	215	200

Bảng 5.15

Lượng xi măng trong 1 m ³ bê tông (kg)	Hệ số α với cốt liệu	
	Đá dăm	Sỏi
250	1.30	1.34
300	1.36	1.42
350	1.42	1.48
450 và lớn hơn	1.47	1.52

B2. Tính tỷ lệ X/N được tính theo công thức Bolomey - Skramtaev như sau:

- Với bê tông có X/N = 1,4 - 2,5:

$$\frac{X}{N} = \frac{R_b}{AR_x} + 0,5 \quad (5.30)$$

- Với bê tông có X/N > 2,5:

$$\frac{X}{N} = \frac{R_b}{A_1R_x} - 0,5 \quad (5.31)$$

trong đó:

R_b - mác của bê tông yêu cầu;

R_x - mác của xi măng;

A, A₁ - hệ số, được xác định theo bảng 5.5.

Như vậy công thức Bolomey - Skramtaev chưa xét đến cường độ yêu cầu cho nên tỷ lệ X/N thường được chọn thấp và phải có điều chỉnh sau này. Theo chúng tôi nên tính tỷ lệ X/N có xét đến cường độ yêu cầu để đảm bảo độ tin cậy cao hơn bằng cách thay R_b bằng:

$$R'_b = 1,15R_b$$

Lượng xi măng:
$$X = \frac{X}{N} \times N \quad (\text{kg}) \quad (5.32)$$

So sánh lượng xi măng tìm được với lượng xi măng tối thiểu, nếu thấp hơn thì phải lấy bằng lượng xi măng tối thiểu.

Lượng cốt liệu lớn và nhỏ xác định dựa vào thuyết về thể tích tuyệt đối:

Thể tích 1m^3 (hoặc 1000 lít) hỗn hợp bê tông sau khi đầm chặt là tổng thể tích đặc của cốt liệu, xi măng và nước:

$$\frac{X}{\rho_x} + \frac{N}{\rho_n} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{Đ}{\rho_d} = 1000 \quad (5.33)$$

trong đó:

X, N, C, Đ là khối lượng của xi măng, nước, cát, đá hoặc sỏi.

$\rho_x, \rho_n, \rho_c, \rho_d$: là khối lượng riêng của xi măng, nước, cát, đá hoặc sỏi.

Thể tích rỗng của cốt liệu lớn phải được nhét đầy vữa xi măng có kể đến sự trượt xa nhau của các hạt (α):

$$\frac{X}{\rho_x} + N + \frac{C}{\rho_c} = \frac{Đ}{\gamma_d} \times r_d \times \alpha \quad (5.34)$$

Từ những phương trình trên tính được:

$$Đ = \frac{1000}{\frac{\alpha \cdot r_d}{\gamma_d} + \frac{1}{\rho_d}} \quad (\text{kg}) \quad (5.35)$$

Theo lý thuyết thể tích tuyệt đối ta có:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - N - \frac{Đ}{\rho_d} \right] \times \rho_c \quad (\text{kg}) \quad (5.36)$$

trong đó:

r - độ rỗng của cốt liệu lớn

α - hệ số trượt (hệ số dư vữa).

Với hỗn hợp bê tông cứng $\alpha = 1,05 - 1,15$; với hỗn hợp bê tông dẻo α biến thiên từ 1,3 - 1,47 và lớn hơn. Được chọn theo bảng 5.15.

Thành phần các vật liệu cho 1m^3 bê tông được biểu thị bằng tỷ lệ khối lượng so với lượng xi măng:

$$\frac{X}{X} : \frac{N}{X} : \frac{C}{X} : \frac{Đ}{X} = 1 : \frac{N}{X} : \frac{C}{X} : \frac{Đ}{X} \quad (5.37)$$

Thực tế cát và đá luôn bị ẩm nên cần phải tính đến để điều chỉnh lại lượng vật liệu cho chính xác theo độ ẩm của đá và cát.

Kiểm tra bằng thực nghiệm: Sau khi tính toán sơ bộ thành phần bê tông cần phải kiểm tra lại độ lưu động (hay độ cứng), cường độ, v.v... theo tiêu chuẩn.

Lượng vật liệu sẽ được điều chỉnh lại cho phù hợp. Vì vậy cần phải tính lại thành phần của chúng:

$$\begin{aligned} X &= \frac{X_1}{V} \times 1000 \text{ (kg);} & C &= \frac{C_1}{V} \times 1000 \text{ (kg)} \\ N &= \frac{N_1}{V} \times 1000 \text{ (kg);} & Đ &= \frac{Đ_1}{V} \times 1000 \text{ (kg)} \\ V &= \frac{\sum G}{\gamma_B} = \frac{X_1 + N_1 + C_1 + Đ_1}{\gamma_B} \text{ (l)} \end{aligned} \quad (5.38)$$

trong đó:

$X_1, N_1, C_1, Đ_1$ - lượng xi măng, nước, cát, đá dùng cho mẫu thử có thể tích V lít sau khi kiểm tra, kg.

X, N, C, D - lượng xi măng, nước, cát, đá dùng cho 1m^3 bê tông sau khi kiểm tra, kg.

γ_B - khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông sau khi lèn chặt.

Hệ số sản lượng bê tông: Trong thực tế khi chế tạo bê tông vật liệu được sử dụng ở trạng thái tự nhiên ($V_{oX}, V_{oC}, V_{oĐ}$), cho nên thể tích hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn (V_b) luôn nhỏ hơn tổng thể tích của chúng. Điều đó được thể hiện bằng hệ số sản lượng β :

$$\beta = \frac{V_b}{V_{oX} + V_{oC} + V_{oĐ}}$$

Khi đã biết lượng vật liệu cho 1m^3 bê tông thì β có thể được xác định bằng công thức sau:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{X}{\gamma_X} + \frac{C}{\gamma_C} + \frac{Đ}{\gamma_D}} \quad (5.39)$$

Tùy thuộc vào độ rỗng của cốt liệu, giá trị β nằm trong khoảng 0,55 - 0,75.

Hệ số sản lượng β được sử dụng trong việc tính lượng vật liệu cho một mẻ trộn dung tích V_0 .

$$\begin{aligned} X_0 &= \frac{\beta V_0}{1000} \times X; & C_0 &= \frac{\beta V_0}{1000} \times C \\ N_0 &= \frac{\beta V_0}{1000} \times N; & Đ_0 &= \frac{\beta V_0}{1000} \times Đ \end{aligned} \quad (5.40)$$

5.2.2. Phương pháp ACI (Viện bê tông Mỹ) ACI 211-1-91

Về cơ bản phương pháp này cũng sử dụng cường độ yêu cầu theo mẫu hình trụ. Đó là phương pháp tính toán cộng thực nghiệm và dựa vào lý thuyết thể tích tuyệt đối. Phương trình tổng quát như sau:

$$V_B \times \rho_B = V_X \times \rho_X + V_C \times \rho_C + V_D \times \rho_D + V_N \times \rho_N \quad (5.41)$$

Lựa chọn ρ_B theo yêu cầu về công trình.

$$\rho_B = B/1m^3; \quad B = C + D + N + X \quad (5.42)$$

trong đó: B là khối lượng của bê tông tươi .

$$V_B = 1m^3 = \frac{C}{\rho_C} + \frac{D}{\rho_D} + \frac{N}{\rho_N} + \frac{X}{\rho_X} \quad (5.43)$$

Các bước thiết kế như sau:

- Chọn độ sụt, nếu không cho trước thì có thể chọn theo bảng A.1.
- Chọn kích thước max của cốt liệu thô: $D_{max} \leq 1/5$ kích thước nhỏ nhất của kết cấu, $\leq 1/3$ chiều dày bản, $\leq 3/4$ khoảng cách nhỏ nhất giữa các thanh thép.
- Xác định lượng nước N : tra bảng A.2.
- Xác định tỷ lệ N/X : tra bảng A.3.
- Xác định lượng X :

$$X = N \frac{X}{N} \quad (5.44)$$

- Xác định khối lượng cốt liệu thô D: Tra bảng A.4 xác định được thể tích đặc cốt liệu thô đã lên chặt (V_{aD}) đến $\rho_{ad} = 1,6 \div 1,605$

Từ đó tính được:
$$D = \rho_{aD} \times V_{aD} \quad (5.45)$$

trong đó: ρ_{ad} - khối lượng cốt liệu đã đầm chặt, $\rho_{ad} = 1,6 - 1,605$.

Các bảng A.1, A.2, A.3, A.4, A.5 được lập theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của Viện bê tông Mỹ theo từng cốt liệu khác nhau.

Khi áp dụng vào thực tế tính toán ở Việt Nam, nếu các vật liệu kiểm tra phù hợp thì cũng có thể dùng được.

Xác định lượng cát (cốt liệu mịn) như sau:

$$C = \left[1000 - V_X - N - V_a^D - V_{KK} \right] \times \rho_C \quad (5.46)$$

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_X} - N - \frac{D}{\rho_d} - 2\% \right] \times \rho_C \quad (5.47)$$

trong đó:

ρ_c - khối lượng riêng trung bình của cát;

ρ_d - khối lượng riêng của đá;

ρ_x - khối lượng riêng của xi măng (thường bằng $3,15T/m^3$);

V - khối lượng khí (tính theo 2%).

Các bước tiếp theo làm tương tự như phương pháp Bolomey - Skramtaev.

Phương pháp của ACI - Mỹ chỉ hiệu quả với việc thiết kế thành phần bê tông có cường độ nén nhỏ hơn hoặc bằng 50. Trong trường hợp các bê tông có phụ gia hoặc bê tông có chất lượng cao thì phải dùng các thiết kế đặc biệt (xem ACI 363-R hoặc tiêu chuẩn ngành GTVT). R_{yc} xem ở mục 5.1.

Bảng A.1. Quy định về độ sụt hợp lý cho bê tông thường

Loại kết cấu	Độ sụt, cm	
	Lớn nhất	Nhỏ nhất
- Móng của tường và cột bằng bê tông cốt thép	8	2
- Móng bằng giềng chìm, móng tường	8	2
- Dầm và tường có cốt thép	10	2
- Cột nhà	10	2
- Bản mỏng, tấm lát đường	8	2
- Bê tông nặng	8	2

Ghi chú: Có thể tăng thêm 2cm đối với những phương pháp đầm rung khác nhau.

Bảng A.2

Độ sụt (cm)/in	Khối lượng nước, kg/m^3 của bê tông theo D_{max} (mm)					
	9,5/3/8	12,5/1/2	19/3/4	25/1	37,5/1,5	50/2
Bê tông không tạo khí						
2,5 - 5	185	180	175	170	165	155
5 - 7,5	190	185	180	175	170	165
7,5 - 10	200	190	185	180	175	170
Lượng khí (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
Bê tông tạo khí						
3 - 5	180	175	165	160	145	140
8 - 10	200	190	180	175	160	155
15 - 18	215	205	190	185	170	165
Khối lượng khí (%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0

Bảng A.3

Cường độ bê tông yêu cầu ở 28 ngày, tại công trình, MPa		Tỷ lệ N/X	
R_{yc} , lập phương	R_{yc} , trụ	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
60	45	0,38	-
50	40	0,43	-
40	35	0,48	0,40
35	30	0,55	0,46
30	25	0,62	0,53
25	20	0,70	0,61
20	15	0,80	0,71

Bảng A.4

$D_{max, in}$	D_{max} (mm)	Thể tích cốt liệu thô (khô) cho 1 m ³ bê tông ứng với các mô đun hạt cát			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2	12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4	19	0,66	0,64	0,62	0,60
1	25	0,71	0,69	0,67	0,65
1,5	27,5	0,76	0,74	0,72	0,70
2	50	0,78	0,76	0,74	0,72

Ghi chú: Có thể giảm 10% thể tích cốt liệu thô đối với bê tông dùng máy bơm. Mô đun hạt của cát được xác định ứng với bộ sàng 0,149; 0,297; 0,595; 1,19; 2,38 và 4,76mm.

Bảng A.5

D_{max} (mm)	Ước tính khối lượng bê tông, kg/m ³	
	Bê tông không tạo khí	Bê tông tạo khí
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400

Thí dụ tính toán thành phần bê tông theo ACI 211-1-91

Thiết kế hỗn hợp bê tông có cường độ tuổi 28, 40 MPa mẫu hình trụ. Vật liệu cát đá phù hợp với tiêu chuẩn. Khối lượng thể tích đá lèn chặt của đá là $1,6\text{g/cm}^3$. Khối lượng riêng của cát và đá là $2,65$ và $2,75\text{ g/cm}^3$. Môđun độ lớn của cát $2,8$. Độ sụt yêu cầu 10cm . Ximăng PC40.

1. Cường độ yêu cầu: $f_{yc} = f_c + k_s = 40 + 1,64 \times 4 = 46,6\text{ MPa}$

2. Xác định tỷ lệ N/X theo bảng A.3.

Với $f_{yc} = 46,6$ chọn $N/X = 0,39$

3. Xác định lượng nước:

Theo bảng A.2 chọn $D = 20\text{ mm}$, độ sụt 5 cm , $N = 180\text{ lít} = 180\text{ kg}$.

4. Xác định lượng ximăng X:

$X = 180/0,38 = 473\text{ kg}$.

5. Xác định lượng đá Đ:

Từ bảng A.4 với $D = 20\text{mm}$, $M_k = 2,8$. Thể tích đá lèn chặt $V_d = 0,62$

$\text{Đ} = 0,62 \times 1,6 = 992\text{ kg}$. Lấy tròn bằng 1000 kg/m^3 .

6. Xác định lượng cát C:

Từ bảng A.5 với $D = 20$ có khối lượng của bê tông cho 1 m^3 bê tông đặc là 2355 kg .

Vậy $C = 2355 - 1000 - 473 - 180 = 702\text{ kg/m}^3$

7. Kết quả: $N = 180\text{ kg}$; $X = 473\text{ kg}$; $\text{Đ} = 1000\text{ kg/m}^3$; $C = 702\text{ kg/m}^3$.

5.2.3. Phương pháp "Dreux - Gorisse"

Các bước tính toán sơ bộ

Đường kính lớn nhất của cốt liệu D_{max}

(theo bảng 5.16, 5.17)

Bảng 5.16

Đặc tính của kết cấu bê tông	D_{max}	
	Hạt tròn	Hạt nghiền
e - khoảng cách nằm ngang của cốt liệu	$\leq 0,8\text{ e}$	$\leq 0,7\text{ e}$
h - khoảng cách đứng của cốt thép	$\leq h$	$\leq 0,9\text{ h}$
r - bán kính trung bình của mắt cốt thép	$\leq 1,4\text{ r}$	$\leq 1,3\text{ r}$
h_m - chiều dày tối thiểu của kết cấu	$\leq h_m/5$	

D_{max} cũng phải phù hợp với chiều dày lớp bảo vệ C (bảng 5 - 17).

Bảng 5.17

Đặc tính của môi trường	C_{\min}	D_{\max}
Xâm thực mạnh	4 cm	$\leq 0,8 C$
Xâm thực trung bình	2 cm	$\leq 1,25 C$
Xâm thực yếu	1 cm	$\leq 2 C$

Lượng dùng xi măng: Xác định tỷ số X/N theo công thức:

$$\frac{X}{N} = \frac{R_b^{28}}{GR_x} + 0,5 \quad (5.48)$$

trong đó:

R_b^{28} - cường độ chịu nén yêu cầu của bê tông ở tuổi 28 ngày, daN/cm²;

R_x - cường độ chịu nén của xi măng ở tuổi 28 ngày, daN/cm²;

X - lượng xi măng, kg/m³;

N - lượng nước, l/m³;

G - hệ số chất lượng cốt liệu, giá trị cốt liệu của nó được tra theo bảng 5 - 18 (giả thiết hỗn hợp bê tông được rung ép tốt).

Bảng 5.18

Chất lượng của cốt liệu	Hệ số A theo độ lớn của hạt (mm)		
	Mịn $D_{\max} \leq 16 - 25$	Trung bình $D_{\max} \leq 40$	Lớn $D_{\max} \geq 63$
Rất tốt	0,55	0,60	0,65
Tốt	0,45	0,50	0,55
Trung bình	0,35	0,40	0,45

Dựa vào tỷ số X/N và SN (cm) cho trước, lượng xi măng X có thể xác định được trên biểu đồ.

Theo tiêu chuẩn NFT 18 - 305 - "Bê tông đúc sẵn" của Pháp, lượng xi măng tìm được phải lớn hơn lượng xi măng tối thiểu dưới đây:

$$X_{\min} = \frac{250 + B}{\sqrt[3]{D}} \quad (5.49)$$

trong đó:

B - mác của bê tông, daN/cm²;

D - đường kính lớn nhất của cốt liệu.

Lượng nước: Từ lượng xi măng X và tỷ số X/N tìm được ta có thể xác định được lượng nước:

$$N = X \times (N/X), \quad \text{kg/m}^3$$

Lượng nước tính ra ứng với cốt liệu khô có đường kính $D_{\max} = 25\text{mm}$.

Nếu cốt liệu bị ẩm thì lượng nước tìm được phải giảm đi một lượng tùy thuộc vào trạng thái ẩm của cốt liệu (bảng 5.19).

Bảng 5.19

Trạng thái ẩm của cốt liệu	Lượng nước cần giảm			
	cát 0/5	sỏi 5/12,5	sỏi 5/20	sỏi 20/40
Khô	0 - 20	không đáng kể	không đáng kể	không đáng kể
Ẩm	40 - 60	20 - 40	10 - 30	10 - 20
Rất ẩm	80 - 100	40 - 60	30 - 50	20 - 40
Bão hoà	120 - 140	60 - 80	50 - 70	40 - 60

Xác định đường cong cấp phối cốt liệu. Để xác định đường cong cấp phối của cốt liệu ta dùng bộ sàng tiêu chuẩn: 0,080; 0,100; 0,125; 0,160; 0,200; 0,250; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 và 80mm (xem hình 5.16).

Đường cong cấp phối chuẩn được xây dựng trên cơ sở loại cốt liệu thực tế, có D_{max} giả thiết bằng 20mm. Nó được xác định bởi 3 điểm OAB. Điểm O có tọa độ $\{0,080; 0\}$. Điểm B có tọa độ $\{D_{max}; 100\}$. Còn điểm A có:

- **Hoành độ:** nếu $D_{max} \leq 20$ thì là D_{max} ; nếu $D_{max} \geq 20$ thì là điểm giữa của vùng sỏi giới hạn bởi môđun 38 (tương ứng với cỡ sàng 5mm) và môđun tương ứng với D_{max} của sỏi đó;

- **Tung độ:**
$$Y = 50 - \sqrt{D_{max}} + K$$

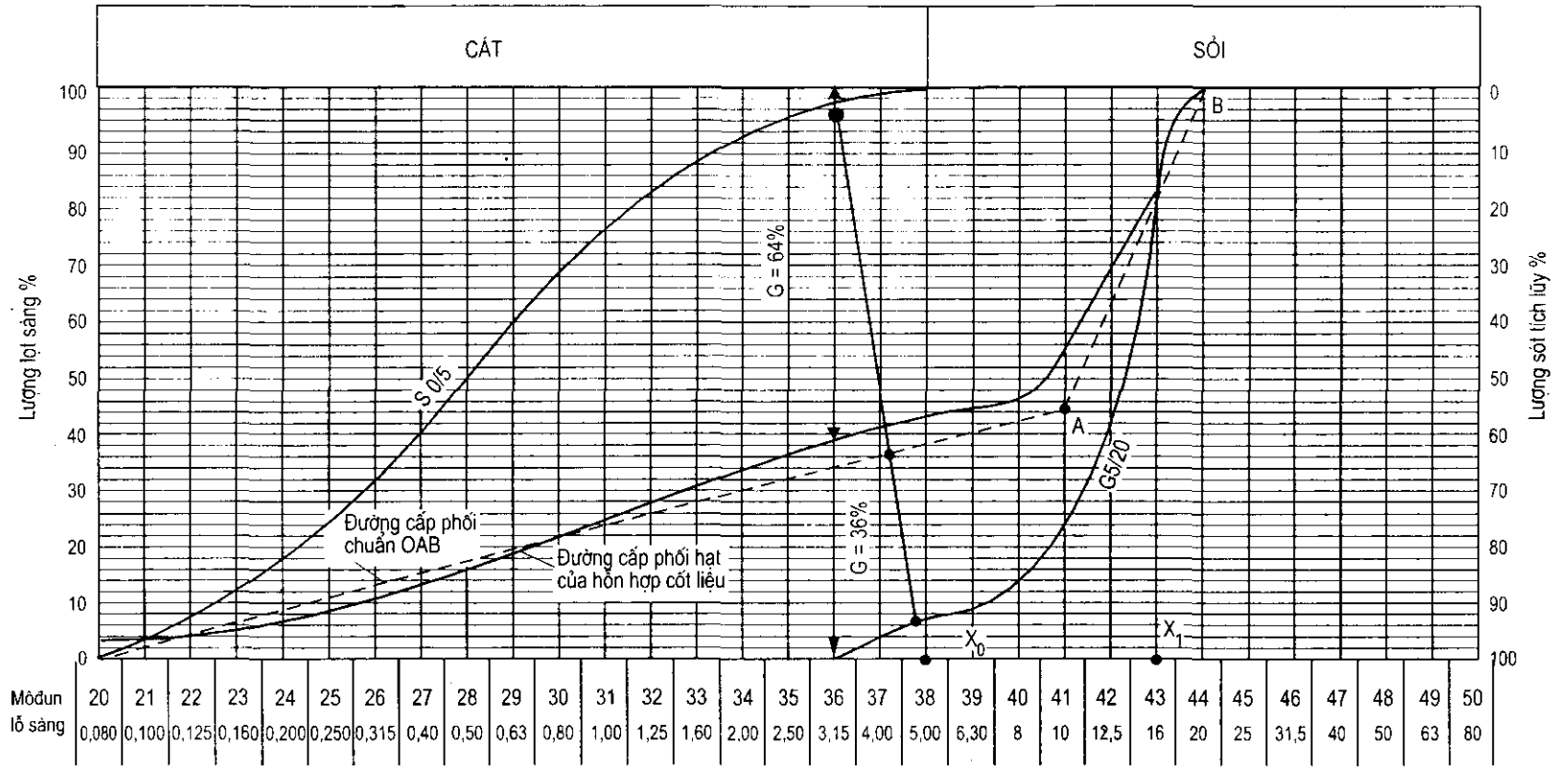
trong đó: K - hệ số, phụ thuộc vào lượng xi măng, độ lèn chặt và hình dạng của hạt cát và được tra bảng 5.20. K = 0 ứng với bê tông có lượng xi măng là 350kg/m^3 , hạt cốt liệu tròn, môđun độ lớn của cát là 2,5 và độ lèn chặt trung bình.

Bảng 5.20

Độ lèn chặt	Yếu		Trung bình		Mạnh		
	Cát hạt tròn	Cát nghiền	Cát hạt tròn	Cát nghiền	Cát hạt tròn	Cát nghiền	
!	400 + phụ gia	- 2	0	- 4	- 2	- 6	- 4
	400	0	+ 2	- 2	0	- 4	- 2
	350	+ 2	+ 4	0	+ 2	- 2	0
	300	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4	0	+ 2
	250	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4
	200	+ 8	+ 10	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6

Ghi chú:

- 1 - Nếu môđun độ lớn M_{dn} của cát $\neq 2,5$ thì phải cộng thêm hệ số điều chỉnh $K_s = 6M_{dn} + 15$;
- 2 - Nếu bê tông dùng để bơm cần có độ dẻo cao thì K phải tăng thêm một giá trị $K_p = 5 - 10$ (tùy thuộc vào độ dẻo cần thiết).



Hình 5.16: Phân tích thành phần hạt. Đường cấp phối hạt của hỗn hợp cốt liệu có $D_{max} = 20mm$

Xác định hệ số lèn chặt K_C . Hệ số lèn chặt K_C là tỷ số thể tích tuyệt đối của vật rắn (ximăng và cốt liệu) trong 1m^3 bê tông tươi. Giá trị của K_C được lựa chọn theo bảng 5.21.

Giá trị K_C thay đổi từ 0,750 (đối với bê tông chảy, hạt nhỏ) đến 0,855 (đối với bê tông cứng, chấn động mạnh, hạt thô). Giá trị trung bình của K_C là 0,82, tương ứng với loại bê tông thường (D_{\max} từ 16 đến 40mm). Giá trị K_C cho trong bảng là ứng với cốt liệu hạt tròn, các trường hợp khác phải trừ đi một lượng từ 0,01 đến 0,03.

Xác định hàm lượng cốt liệu. Từ đường cấp phối chuẩn bằng cách nối điểm 95% lọt sàng của đường cong cát với điểm 5% lọt sàng của đường cong sỏi. Tung độ giao điểm của đường nối với đường cấp phối chuẩn sẽ là tỷ lệ % về thể tích tuyệt đối của từng loại cốt liệu g_1, g_2, \dots, g_n trong hỗn hợp vật liệu rắn.

Bảng 5.21

Loại hỗn hợp bê tông	Độ lèn ép	K_C						
		$D_{\max} = 5$	= 10	= 12,5	= 20	= 31,5	= 50	= 80
Chảy	Chọc	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Chấn động yếu	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Chấn động bình thường	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Đẻo	Chọc	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Chấn động yếu	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Chấn động bình thường	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Chấn động mạnh	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Cứng	Chấn động yếu	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Chấn động bình thường	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Chấn động mạnh	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

6. CÔNG NGHỆ BÊ TÔNG XIMĂNG

Hỗn hợp bê tông được chuẩn bị tại các trạm trộn. Quá trình công nghệ bê tông bao gồm các khâu sau: cân đong, nhào trộn, vận chuyển đổ khuôn, đầm nén, dưỡng hộ và kiểm tra chất lượng.

Cân đong nguyên vật liệu theo khối lượng (nước theo thể tích) được thực hiện bằng tay hay tự động. Cân đong tự động thường áp dụng tại các trạm trộn trung tâm hoặc nhà máy. Cân đong bằng tay thường áp dụng tại các trạm nhỏ. Sai số cho phép khi cân đong: đối với ximăng $\pm 1\%$, đối với cốt liệu $\pm 2\%$. Khi cân đong phải chú ý đến độ ẩm của cốt liệu để điều chỉnh cho chính xác.

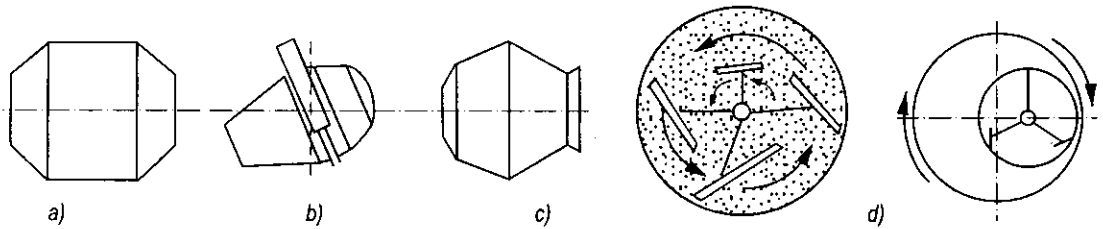
Trộn là khâu quan trọng để đảm bảo độ đồng nhất cho hỗn hợp bê tông. Có hai loại máy trộn: máy trộn tự do và máy trộn cưỡng bức.

Máy trộn tự do dùng cho hỗn hợp bê tông dẻo với dung tích 100, 250, 450, 1200, 2400 l (hình 5.17). Có ba loại máy trộn bê tông chính: máy có trục nghiêng hoặc thùng lật dung tích chỉ nhỏ hơn 500 l/m³;

Máy có trục ngang có công suất > 500 l/m³, máy có cánh trong thùng đẩy bê tông lên cao rồi rơi xuống.

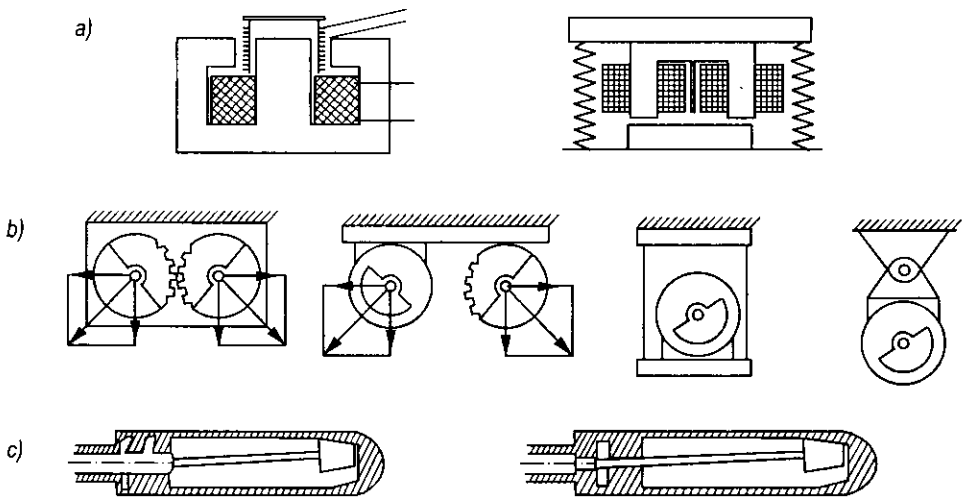
Máy có ba phần hình côn, bộ phận hình côn tạo ra chuyển động vuông góc với trục máy và vì vậy chất lượng bê tông là tốt nhất. Máy nhào trộn bê tông có bố trí các cánh độc lập với thùng máy.

Sự dịch chuyển của các cánh đảm bảo trộn bê tông có tính đồng nhất tốt (hình 18 d) các máy trộn có loại thùng cố định, cánh quay hoặc thùng quay cánh cố định hoặc cả thùng và cánh đều quay nhưng ngược chiều nhau, các cánh có thể bố trí đồng tâm hoặc lệch tâm với thùng.



Hình 5.17: Máy trộn bê tông

- a) máy trộn bê tông có trục nghiêng hoặc thùng lật
- b) máy trộn bê tông có thùng nằm ngang
- c) máy trộn bê tông có 3 phần hình côn
- d) nguyên tắc hoạt động của một máy nhào



Hình 5.18: Máy đầm

- a) đầm mặt; b) đầm trục mềm; c) đầm chùy

Thời gian trộn được quy định như sau (bảng 5.22):

Bảng 5.22: Thời gian trộn

Độ dẻo (SN) cm	Thời gian trộn, gy; khi dung tích thùng máy trộn		
	≤ 425 l	1200 l	2400 l
SN ≤ 6	60	120	150
SN > 6	45	90	120

Hỗn hợp bê tông cứng và kém dẻo được trộn trong máy trộn cưỡng bức, các lưỡi xẻng gắn trên trục quay ngược chiều với thùng trộn.

Vận chuyển hỗn hợp bê tông được thực hiện bằng xe ô tô chuyên dụng, xe cút kít, xe goòng. Để đảm bảo độ đồng nhất và độ dẻo cho hỗn hợp bê tông, thời gian vận chuyển không vượt quá giới hạn cho phép:

30 phút khi nhiệt độ của hỗn hợp 30 - 20°C.

60 phút khi nhiệt độ của hỗn hợp 19 - 10°C.

120 phút khi nhiệt độ của hỗn hợp 9 - 5°C.

Trong trường hợp sử dụng các xe chuyên dụng có thùng tự quay, thời gian có thể lớn hơn.

Đổ bê tông được tiến hành bằng máy đổ, vừa rót vừa san hỗn hợp vào trong khuôn. Để tránh phân tầng, chiều cao đổ không được lớn quá 1m. Trong trường hợp đặc biệt có thể dùng các loại máy phun áp lực cao - chiều cao tối đa khi phun là 60m. Phương pháp đổ bê tông phụ thuộc vào nhiệt độ khi đổ.

Trong điều kiện thời tiết nóng, cần phải đặc biệt chú ý không để ý không để mất độ ẩm và bê tông đông cứng quá nhanh gây khó khăn trong việc đầm bê tông. Nhiệt độ cao và hiện tượng mất độ ẩm sau khi đầm sẽ gây ra các vết nứt nhiệt và nứt dẻo, làm giảm độ bền và tuổi thọ của chúng.

Tại thời điểm đổ bê tông, không có bất cứ phần bê tông nào có nhiệt độ lớn hơn 30°C. Có thể giảm nhiệt độ bê tông bằng cách dùng nước hay cốt liệu lạnh; nhiệt độ của xi măng cũng ảnh hưởng và tốt nhất là không dùng xi măng nóng.

Cần đặc biệt chú ý đến việc đổ và đầm bê tông. Để tránh cho bê tông bị mất độ ẩm phải tiến hành công tác bảo dưỡng sau khi đầm bằng các tấm vật liệu không thấm nước và có màu phản xạ ánh nắng mặt trời. Trong các trường hợp đặc biệt cần bố trí các đường ống chứa nước lạnh để làm giảm nhiệt độ trong khối bê tông.

Đầm chặt hỗn hợp bê tông trong khuôn được thực hiện bằng máy đầm rung. Có rất nhiều loại máy đầm: đầm bàn, đầm dùi, đầm rung ép, rung cán, tạo hình ép ly tâm...

Máy đầm bàn (hình 5.18a) dùng để đầm các kết cấu có bề mặt rộng chiều dày mỏng, như sàn nhà, bản mặt cầu, mặt đường ô tô, đường băng ... Máy đầm trục mềm (hình 5.18b)

dùng để đầm các kết cấu thành mỏng. Máy đầm chùy (hình 5.18c) dùng để đầm các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khối lớn như móng dầm, cột.

Mức độ đầm chặt hỗn hợp bê tông được đánh giá bằng hệ số lèn chặt K. Hỗn hợp được coi là đặc hoàn toàn khi $K = 0,98 - 1$.

Bảo dưỡng bê tông là đảm bảo các điều kiện nhiệt - ẩm để cho quá trình thủy hoá của xi măng được thuận lợi. Có nhiều phương pháp để tạo điều kiện nhiệt - ẩm cho quá trình rắn chắc của bê tông. Khi thi công bê tông tại công trường hoặc bãi đúc cấu kiện người ta thường phủ lên mặt cấu kiện một lớp cát dày khoảng 5 cm, hoặc bao tải, rơm rạ rồi tưới nước định kỳ. Tại nhà máy người ta hay dùng phương pháp chung hơi ở áp lực thường, chung áp, dưỡng hộ điện, dưỡng hộ bằng năng lượng bức xạ. Các phương pháp này cho phép bê tông đạt cường độ sớm hơn.

Hiện nay có thể dùng các lớp phủ hoá học dạng lớp mỏng để bảo dưỡng bê tông. Các lớp mỏng hoá học này sẽ huỷ sau 7 - 8 ngày.

Sử dụng phụ gia rắn nhanh cũng là biện pháp có hiệu quả để tăng nhanh sự phát triển cường độ bê tông.

Kiểm tra chất lượng bê tông và kiểm tra cường độ bê tông trong kết cấu được tiến hành bằng phương pháp phá hoại và không phá hoại.

7. CÁC LOẠI BÊ TÔNG POOCLĂNG ĐẶC BIỆT

7.1. Bê tông thủy công

Bê tông thủy công (BTTC) là loại bê tông dùng để xây dựng những công trình thủy công hoặc bộ phận công trình nằm thường xuyên trong nước. Để đảm bảo tuổi thọ cho công trình, bê tông thủy công phải có cường độ, tính ổn định nước, tính chống thấm nước tốt.

Cường độ chịu nén được xác định trên mẫu lập phương kích thước $15 \times 15 \times 15$ cm ở tuổi 90 ngày. Theo cường độ chịu nén người ta phân ra 7 mác của BTTC: M-100, M-150, M-200, M-250, M-300, M-350, M-400. Cường độ chịu nén dọc trục được xác định trên mẫu hình dầm kích thước $15 \times 15 \times 60$ cm ở tuổi 90 ngày. Theo độ bền khi kéo dọc trục, phân bê tông ra 7 mác: M_k-15 , M_k-18 , M_k-20 , M_k-23 , M_k-27 , M_k-30 , M_k-35 .

Khi thời hạn chịu tải thiết kế của công trình nhỏ hơn 90 ngày thì có thể xác định cường độ ở 60 và 28 ngày.

Để đảm bảo độ bền lâu, chống tác dụng ăn mòn của môi trường nước cần phải chọn loại xi măng và sử dụng các biện pháp chống ăn mòn thích hợp cho bê tông. Loại xi măng sử dụng cho bê tông thủy công có thể là: xi măng pooc lăng, xi măng pooc lăng puzolan, xi măng pooc lăng xỉ, xi măng pooc lăng ít toả nhiệt, xi măng pooc lăng bền sunfat.

Thành phần của BTTC chọn giống như bê tông nặng bình thường nhằm đảm bảo các tính chất yêu cầu của bê tông với lượng dùng xi măng ít nhất. Nhưng chất lượng nguyên

vật liệu dùng trong BTTC đòi hỏi cao hơn, công tác thi công bê tông phải tuân thủ theo những quy định nghiêm ngặt hơn.

7.2. Bê tông pooclăng làm đường

Bê tông đường (BTĐ) (bê tông dùng làm đường) là loại bê tông được sử dụng rộng rãi cho các lớp áo đường ô tô, đường trong các xí nghiệp công nghiệp, đường thành phố và đường sân bay.

Bê tông trong các lớp áo đường làm việc trong những điều kiện khó khăn. Nó không những chịu tác động của các phương tiện giao thông mà còn chịu tác dụng của thời tiết mưa nắng và khô - ẩm liên tiếp. Do đó đòi hỏi phải có cường độ cao, đặc biệt là cường độ chịu uốn và độ chống mài mòn lớn (Bảng 5-23).

Bảng 5-23

Công dụng của bê tông	Mức của bê tông theo cường độ	
	Chịu kéo khi uốn	Nén
Cho áo đường 1 lớp và lớp trên của áo đường 2 lớp	40, 50 và 55	300, 400 và 500
Cho lớp dưới của áo đường 2 lớp	30, 35 và 45	250, 300 và 350
Cho nền đường cấp cao	25, 30 và 35	150, 200 và 250

Độ chống hao mòn của bê tông đường phụ thuộc vào cấu trúc và thành phần lớp trên của áo đường. Hỗn hợp bê tông dẻo có N/X lớn, bê tông rắn chắc trong điều kiện nhiệt độ thấp, thiếu hơi nước thì khả năng chống hao mòn kém.

Độ lưu động của hỗn hợp bê tông cũng được quy định chặt chẽ tùy theo công nghệ rải bê tông. Thông thường yêu cầu độ sụt khoảng 1 - 3cm.

Để giảm N/X và tăng nhanh quá trình rắn chắc của bê tông người ta còn sử dụng phụ gia hoạt động bề mặt và phụ gia rắn nhanh.

Thành phần của BTĐ cũng được tính toán như bê tông thường, nhưng yêu cầu về nguyên vật liệu đòi hỏi nghiêm ngặt hơn.

Ximăng nên dùng là ximăng pooclăng thường và ximăng pooclăng làm đường có mức không thấp hơn 500 (cho lớp móng không nhỏ hơn 300). Các chỉ tiêu tính chất của ximăng được lấy: lượng sót trên sàng N^o-008 không lớn hơn 15%, thành phần khoáng: C₃S: 50 - 55%; C₂S: 20 - 25%; C₄AF: 20 - 25%; C₃A: không lớn hơn 10%.

Cát nên dùng cát thiên nhiên (hạt lớn). Cát hạt nhỏ và rất nhỏ chỉ dùng khi cho thêm khoảng 35% mặt đá.

Cốt liệu lớn thông thường dùng đá 5 - 20mm và 20 - 40mm hoặc 5 - 10 và 10 - 20mm có thành phần hạt hợp lý. Đường kính lớn nhất của cốt liệu 40mm dùng cho áo đường

1 lớp và lớp dưới của áo đường 2 lớp, 20mm - cho lớp trên của áo đường 2 lớp. Đối với BTĐ tối nhất nên dùng đá dăm mới chế tạo, sỏi chỉ dùng cho các lớp dưới. Cơ tính của đá dăm từ đá phún xuất có R_n không nhỏ hơn 1200 daN/cm² và từ đá trầm tích không nhỏ hơn 800 daN/cm².

Cấp phối cốt liệu vẫn tuân theo quy định của tiêu chuẩn bê tông.

7.3. Bê tông pooclang cường độ cao

Bê tông cường độ cao là bê tông có cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày lớn hơn 60 MPa (mâu hình trụ), có các đặc tính cơ học và vật lý được cải thiện, có độ sụt từ 10-20 cm. Thành phần của bê tông cường độ cao có thể sử dụng hoặc không sử dụng muối silic siêu mịn. Ngoài ra trong thành phần của bê tông có các chất siêu dẻo và làm chậm rắn chắc để điều chỉnh độ công tác.

Bê tông cường độ cao được dùng chủ yếu cho các công trình đặc biệt như nhà cao tầng (40 - 80 tầng), các công trình ngoài biển (Bắc Âu, Thụy Điển) và các công trình cầu bê tông lớn và hầm (Pháp, Nga). Các công trình lớn có những đòi hỏi nghiêm khắc và đủ tầm cỡ để dùng các loại bê tông cường độ cao. Mặt khác bê tông cường độ cao cho phép người thiết kế có thể tạo ra những kết cấu mới khác với các kết cấu truyền thống và cho phép kết cấu BTCT có khẩu độ lớn hơn, tiết diện nhỏ hơn so với kết cấu cũ.

Bê tông cường độ cao có cường độ nén tuổi 28 ngày từ 600 - 1000 daN/cm² và có độ chống thấm cao. Môđun đàn hồi là 40.000 cho đến 50.000 MPa (bê tông thường có môđun đàn hồi từ 30.000 - 40.000 MPa).

Thành phần cốt liệu bê tông cường độ cao cơ bản như bê tông thường. Để giảm bớt sự vón cục và các lỗ rỗng giữa các hạt xi măng, trong thành phần bê tông có thêm hạt silic cực nhỏ (muối silic). Lượng dùng xi măng biến đổi trong phạm vi 400 - 500 kg/m³, lượng muối silic so với lượng xi măng khoảng 5 - 15%. Để tăng độ sụt cần sử dụng các phụ gia siêu dẻo

Đặc tính của bê tông cường độ cao:

- Cường độ nén phát triển rất nhanh ở ngày thứ 1 - 3, khi đó có thể đạt 0,80 - 0,85 R_{28} (khoảng 400 - 600 daN/cm²).

- Cường độ kéo tăng rõ rệt với tốc độ chậm hơn so với bê tông thường. Tỷ lệ $R_k/R_n = 1/12 - 1/15$.

- Bê tông cường độ cao do cách ẩm tốt nên từ biến do ẩm phát triển rất chậm (giảm khoảng 50% so với bê tông thường).

- Khả năng dính bám với cốt thép tăng so với bê tông thường.

- Thành phần bê tông cường độ cao có sử dụng muối silic như sau:

Đ = 1100 - 1200 kg; C = 650 - 750 kg

N = 140 - 160 lít; tỷ lệ N/X = 0,25 - 0,32

Chất siêu dẻo: 1 - 2 lít/100 kg XM; chất làm chậm: 0,3 lít/100 kg XM

Vật liệu để chế tạo bê tông mác 60-80 MPa, có thể sử dụng các cốt liệu truyền thống, xi măng PC40 trở lên theo tiêu chuẩn TCVN 2682-91 hoặc ASTM C150. Phụ gia siêu dẻo do Việt Nam hoặc nước ngoài sản xuất tại Việt Nam.

Thiết kế thành phần bê tông cường độ cao cần xét đến cường độ yêu cầu và tính toán theo tiêu chuẩn ngành GTVT, hoặc theo ACI 363-R.

Bê tông cường độ cao có thể thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm hợp chuẩn của bê tông truyền thống. Công nghệ thi công tuân theo các quy định của tiêu chuẩn thi công bê tông thường, chỉ cần lưu ý thời gian trộn kéo dài khoảng 2 lần so với thời gian trộn bê tông thường và có chế độ bảo dưỡng bằng nước. Thời gian trộn là +3 phút theo công nghệ trộn riêng rẽ.

7.4. Bê tông pooclăng tự đầm

Từ năm 1977 ở châu Âu, Mỹ, Nhật Bản đã nghiên cứu và đưa vào ứng dụng bê tông tự đầm chắc (gọi tắt là bê tông tự đầm).

Bê tông tự đầm có tính dẻo cao, không bị phân tầng, khi thi công bê tông có khả năng tự đặc, không cần đầm chắc. Cường độ và độ bền của bê tông tự đầm tương đương với bê tông đầm chắc cùng cấp.

Bê tông tự đầm (BTTĐ) (Self Compacting Concrete) là loại bê tông có thành phần được cải tiến cả về cấp phối và phụ gia siêu dẻo. Bê tông tự đầm có khả năng tự lấp đầy ván khuôn, không cần đầm chặt, không phân tầng. Bê tông tự đầm ứng dụng thuận lợi với các kết cấu có cốt thép quá dày và công trình khó đầm chặt.

Thành phần của hỗn hợp bê tông tự đầm gồm: xi măng, cốt liệu nhỏ ($D = 9,5-20$ mm), phụ gia siêu dẻo loại molied policacboxylat (1,5-2 lít/100 kg XM), phụ gia bột vô cơ để chống phân tầng, tách nước.

Bê tông tự đầm thường có mác từ 30-50 MPa. Bê tông tự đầm cường độ cao có mác từ 60-80 MPa.

Các mức độ đầm (tự đóng rắn) được tạo ra thích hợp với khả năng đổ khuôn có xét đến hình dạng kích thước và sự bố trí cốt thép của kết cấu. Có 3 cấp:

Cấp độ 1: Khả năng tự đầm phù hợp với các kết cấu hoặc các chi tiết kết cấu hình dạng phức tạp, diện tích mặt cắt nhỏ với khe hở giữa các thanh thép nằm trong phạm vi từ 35-60 mm. Hàm lượng cốt thép thường hơn 300 kg/m^3 bê tông.

Cấp độ 2: Các trị số trên là 61-200 mm và $100-250 \text{ kg/m}^3$ bê tông

Cấp độ 3: Các trị số là lớn hơn 200 mm và 100 kg/m^3 .

Theo thành phần có ba loại bê tông tự đầm:

Bê tông tự đầm kiểu bột, có thể tích tuyệt đối của bột không nhỏ hơn $0,16 \text{ m}^3$. Hàm lượng đá $0,28-0,3 \text{ m}^3$.

Bê tông tự đầm kiểu dẻo, có hàm lượng bột thấp hơn, hàm lượng đá từ $0,3-0,33 \text{ m}^3$ có sử dụng chất siêu dẻo.

Bê tông tự đầm kiểu kết hợp, hàm lượng bột không nhỏ hơn $0,13 \text{ m}^3$, hàm lượng đá từ $0,3-0,35 \text{ m}^3$.

Lượng xi măng sử dụng từ $370-500 \text{ kg/m}^3$, silicafume từ $5-10\%$ XM, tỷ lệ N/X = $0,35-0,42$. Các chất siêu dẻo tự đầm được sử dụng theo hướng dẫn của nhà sản xuất và theo các phép thử của phòng thí nghiệm ở ngoài hiện trường.

Bê tông tự đầm được sử dụng trong các công trình đặc biệt, nhất là các công trình có hình dạng phức tạp, sử dụng nhiều cốt thép, mật độ cốt thép dày đến mức nếu sử dụng các loại bê tông đầm chắc bằng chấn động cũng không thể đưa bê tông đến sát thành ván khuôn. Bê tông tự đầm là loại bê tông mới, sử dụng phụ gia siêu dẻo đặc biệt nên giá thành còn cao. Cần tiếp tục nghiên cứu để ứng dụng loại bê tông này.

Bê tông tự đầm đã được nghiên cứu tại Việt Nam. Các kết quả ban đầu là rất khả quan với mục tiêu giảm bớt yêu cầu về trình độ thi công bê tông. Thành phần cơ bản bê tông tự đầm gồm: Xi măng pooc lăng PC40 hoặc xi măng loại I, lượng xi măng từ $350-450 \text{ kg/m}^3$; Đá có đường kính $10-15 \text{ mm}$; Thành phần hạt mịn $D = 0,125 \text{ mm}$ với liều lượng từ $450-650 \text{ kg/m}^3$; Lượng nước $N = 180-200 \text{ l}$; Phụ gia siêu dẻo Viscocrete với hàm lượng từ $1-2\%$ X.

Đặc tính: bê tông tự đầm đạt được cường độ 28 ngày khoảng 40 MPa . Bê tông tự đầm sử dụng muối silic 10% là $50-60 \text{ MPa}$.

Độ công tác của bê tông tự đầm được xác định qua thời gian chảy trong dụng cụ tiêu chuẩn từ $10-16$ giây. Có thể đo độ công tác của bê tông tự đầm bằng chiều rộng chảy của khối bê tông. Trị số độ chảy bê tông từ $70-80 \text{ cm}$.

Bê tông tự đầm là một loại bê tông mới có nhiều triển vọng trong xây dựng cầu đường.

8. BÊ TÔNG NHE

8.1. Khái niệm về bê tông nhẹ

Bê tông nhẹ có khối lượng thể tích từ 500 đến 1800 kg/m^3 và cường độ từ $15 - 30$ đến $400 - 500 \text{ daN/cm}^2$. Loại bê tông nhẹ phổ biến nhất thường có khối lượng thể tích $900 - 1400 \text{ kg/m}^3$ và cường độ $50 - 200 \text{ daN/cm}^2$.

Bê tông nhẹ được sử dụng làm tường ngoài, tường ngăn, trần ngăn và các kết cấu khác với mục đích giảm bớt trọng lượng bản thân công trình và khả năng truyền nhiệt của kết cấu bao che. Gần đây, bê tông nhẹ được dùng cả trong các kết cấu cầu và các công trình thủy công.

Bê tông nhẹ có nhiều loại. Theo cấu tạo bê tông nhẹ được phân thành:

1. Bê tông nhẹ cấu tạo đặc (lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu được nhét đầy vữa xi măng, còn độ rỗng của bê tông chính là độ rỗng của cốt liệu);

2. Bê tông nhẹ cấu tạo xốp (lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu được nhét đầy bằng vữa ximăng xốp);

3. Bê tông nhẹ hốc lớn [vữa ximăng không đủ để nhét đầy lỗ rỗng, mà chỉ bọc xung quanh các hạt cốt liệu và gắn kết chúng lại với nhau (bê tông không cát hay ít cát)].

Theo công dụng bê tông nhẹ được phân ra:

1. Bê tông nhẹ chịu lực, chỉ tiêu quan trọng của bê tông loại này là cường độ chịu nén;

2. Bê tông nhẹ chịu lực, cách nhiệt: các chỉ tiêu tính chất quan trọng là cường độ chịu nén và khối lượng thể tích. Loại này được dùng trong kết cấu nhà dân dụng chịu lực hay chỉ chịu trọng lượng bản thân;

3. Bê tông nhẹ cách nhiệt: chỉ tiêu đánh giá loại bê tông này là khối lượng thể tích.

Các chỉ tiêu tính chất của bê tông nhẹ được giới thiệu ở bảng 5.24.

Bảng 5.24

Loại bê tông	γ ở trạng thái khô, kg/m^3	Mác theo cường độ	Hệ số dẫn nhiệt, $\text{kcal/m}^\circ\text{C.h}$
Chịu lực	1400 - 1800	150, 200, 250, 300 và 400	-
Chịu lực - cách nhiệt	500 - 1400	35, 50, 75 và 100	0,5
Cách nhiệt	300 - 500	10, 25 và 35	0,25

8.2. Vật liệu chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng

Để chế tạo bê tông nhẹ người ta dùng ximăng pooc-lăng thường, ximăng pooc-lăng rắn nhanh, ximăng pooc-lăng xỉ. Cốt liệu chủ yếu là cốt liệu vô cơ. Đối với bê tông nhẹ cách nhiệt và một số loại bê tông nhẹ chịu lực cách nhiệt có thể dùng cốt liệu hữu cơ chế tạo từ gỗ, thân cây bông, hạt polistyron bọt v.v...

Cốt liệu rỗng vô cơ có nhiều loại: loại thiên nhiên (sỏi đá bọt, tuff núi lửa, tuff đá vôi, đá vôi vỏ sò...) và loại nhân tạo (kêramzit, agioporit, peclit...).

Sử dụng cốt liệu rỗng thiên nhiên kinh tế hơn, nhưng không phải nơi nào cũng có. Cốt liệu rỗng nhân tạo từ thải phẩm công nghiệp (xỉ lò cao, tro xỉ nhiệt điện. ..) về số lượng bị hạn chế và chất lượng không được đảm bảo, nên ít dùng. Ngày nay, ở nhiều nước trên thế giới đang đẩy mạnh công nghiệp sản xuất cốt liệu rỗng bằng cách nung.

Sỏi đá bọt đặc trưng bằng cấu tạo rỗng. Độ rỗng của nó có khi tới 80%, khối lượng thể tích trung bình 500 kg/m^3 , cường độ chịu nén 10 - 30 daN/cm².

Tuff núi lửa có khối lượng thể tích khoảng $800 - 1800 \text{ kg/m}^3$, cường độ chịu nén 100 - 500 daN/cm². Mặt đá từ tuff núi lửa thường ở dạng vô định hình nên sẽ có lợi trong việc nâng cao cường độ và độ bền vững của bê tông.

Tuff đá vôi và đá vôi vỏ sò. Tuff đá vôi có khối lượng thể tích trung bình $1400 - 1500 \text{ kg/m}^3$ và cường độ chịu nén khoảng 30 - 70 daN/cm². Đá vôi vỏ sò gồm những mảnh vỏ

sò gắn kết lại với nhau, có cường độ chịu nén không cao (khoảng 10 - 40 daN/cm²) nhưng có khối lượng thể tích lại khá cao (1200 - 1800 kg/m³).

Keramzit là loại sỏi gồm hình cầu hoặc hình bầu dục, mặt ngoài nhẵn, bên trong có nhiều lỗ rỗng nhỏ và kín, cường độ cao, khối lượng thể tích khoảng 50 - 200 kg/m³, độ hút nước không lớn. Cát keramzit được sản xuất bằng cách nghiền sỏi keramzit. Cát keramzit có cường độ không lớn nên thường được trộn với cát thiên nhiên.

Agloporit được chế tạo từ nguồn nguyên liệu phong phú như đất sét, á sét, á cát, xỉ và tro nhiệt điện bằng cách nung. Nung agloporit tốn ít nhiên liệu hơn keramzit. Agloporit có lỗ rỗng thông nhau, bề mặt hạt ráp, cường độ thấp (20 - 100 daN/cm²), khối lượng thể tích khoảng 700 - 1500 kg/m³. Agloporit được nghiền thành cát agloporit.

Xỉ lò cao nở phòng được sản xuất bằng cách làm nguội đột ngột khối xỉ làm cho chúng nở phòng, cho kết khối rồi nghiền ra. Loại này có cường độ khoảng 25 - 150 daN/cm², khối lượng thể tích 600 - 1500 kg/m³. Chúng có hình dạng phức tạp nhiều góc cạnh, mặt ngoài ráp, có nhiều lỗ rỗng hở, thông nhau.

8.3. Cường độ của bê tông nhẹ

Cường độ. Tùy theo cường độ nén bê tông nhẹ cốt liệu rỗng được phân ra các loại mác: M-25; M-35; M-50; M-75; M-100; M-150; M-200; M-250; M-300; M-350; M-400. Cường độ của nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như N/X, mác xi măng, cường độ và đặc trưng bề mặt của cốt liệu.

Chương 6

VỮA XÂY DỰNG

1. KHÁI NIỆM CHUNG

Vữa xây dựng là một loại vật liệu đá nhân tạo bao gồm chất kết dính, nước, cốt liệu nhỏ và phụ gia. Phụ gia có tác dụng cải thiện tính chất của vữa. Các chất kết dính thường là chất kết dính vô cơ hoặc các chất pôlyme nhiều thành phần.

Đặc điểm của vữa là chỉ có cốt liệu nhỏ, khi xây và trát dần thành một lớp mỏng, diện tích tiếp xúc với nền xây, với mặt trát và với không khí khá lớn nước dễ bị mất đi, nên khi thiết kế thành phần cần chú ý để đủ nước cho quá trình thủy hoá và rắn chắc của chất kết dính vô cơ và rắn chắc bình thường cho các chất kết dính khác, tránh hiện tượng co ngót đột ngột sinh nứt nẻ kết cấu.

Vữa xây dựng được phân loại theo dạng chất kết dính, theo khối lượng thể tích và theo công dụng.

Theo dạng chất kết dính có vữa xi măng, vữa vôi, vữa thạch cao và vữa hỗn hợp (xi măng - vôi, xi măng - đất sét, xi măng - thạch cao ...), vữa xi măng - pôlyme hoặc vữa pôlyme.

Theo khối lượng thể tích: vữa nặng ($\gamma > 1,5 \text{ g/cm}^3$)

vữa nhẹ ($\gamma < 1,5 \text{ g/cm}^3$)

Theo công dụng: vữa xây để xây gạch đá, vữa trát để hoàn thiện bề mặt khối xây, vữa chèn mối nối các chi tiết trong kết cấu lắp ghép và vữa đặc biệt (vữa nội thất, vữa cách nước, vữa chống thấm, vữa bảo vệ kết cấu chống nhiệt, ăn mòn...).

2. NGUYÊN LIỆU CHẾ TẠO VỮA

2.1. Chất kết dính

Chất kết dính vô cơ thường là xi măng pooc lăng, xi măng pooc lăng xỉ, xi măng pooc lăng puzolan theo tiêu chuẩn Việt Nam hoặc quốc tế. Thường chỉ dùng xi măng mác 300 - 500. Trong các trường hợp đặc biệt mới dùng xi măng có mác cao hơn.

Việc chọn loại chất kết dính phải đảm bảo sao cho vữa có cường độ ổn định trong điều kiện sử dụng. Trong môi trường khô ráo nên dùng vữa vôi mác 2 - 4. Để đảm bảo

cường độ và độ dẻo nếu không có yêu cầu gì đặc biệt nên dùng vữa hỗn hợp mác 10 - 75. Trong môi trường ẩm ướt nên dùng vữa xi măng mác 100 - 200. Xi măng cần có mác lớn gấp 2 - 3 lần mác vữa. Vôi rắn trong không khí được dùng ở dạng vôi nhuyễn còn thạch cao là thạch cao xây dựng. Trong trường hợp cần chống thấm, sửa chữa kết cấu bê tông cốt thép có thể dùng các loại chất kết dính polyme hoặc xi măng - polyme.

2.2. Cát

Cát tạo nên bộ xương cứng trong vữa, làm cho vữa bớt co. Chất lượng cát có ảnh hưởng nhiều đến cường độ của vữa. Lượng chất bẩn sét, bụi, bùn trong cát được khống chế như sau:

- < 20% đối với vữa mác ≤ 10
- < 10% đối với vữa mác 25 - 50
- < 5% đối với vữa mác ≥ 100

Cát dùng cho vữa xi măng, vữa xi măng polyme cần có chất lượng cao như cát cho bê tông xi măng hoặc dùng cát nghiền nhỏ.

Khi xây đá dùng cát có kích thước không lớn hơn 1/4 - 1/5 chiều dày mạch xây, còn xây gạch cát có kích thước không lớn hơn 2,5 mm. Nói chung cát phải có môđun độ lớn không nhỏ hơn 0,7 và cấp phối phải phù hợp với bảng 6.1 (TCVN) hoặc theo các quy định riêng cho từng loại công trình tiêu chuẩn quốc tế khác.

Bảng 6.1

Kích thước mắt sàng (mm)	5	1,2	0,3	0,15
Lượng cát tích lũy (%)	0 - 10	0 - 55	30 - 75	75 - 100

Đường kính lớn nhất của cát xây không lớn hơn 5 mm, cát hoàn thiện $\leq 2,5$ mm.

Cát có thể là cát thiên nhiên (cát thạch anh, cát fenspat) và cát nhân tạo (nghiền từ các loại đá đặc hoặc đá rỗng).

2.3. Phụ gia

Trong vữa có thể dùng tất cả các loại phụ gia như bê tông.

3. TÍNH CHẤT CỦA HỖN HỢP VỮA VÀ VỮA

3.1. Độ dẻo của hỗn hợp vữa (TCVN 3121 - 79)

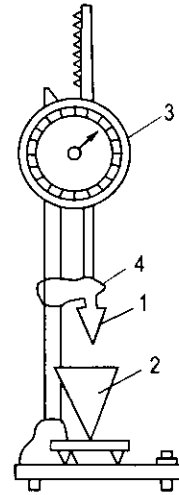
Độ dẻo của hỗn hợp vữa là tính chất quan trọng đảm bảo tính công nghệ và chất lượng của khối xây. Độ dẻo được đánh giá bằng độ cắm sâu vào vữa của một quả chùy kim loại nặng 300g có góc ở chóp bằng 30° (hình 6.1).

Độ dẻo của vữa cũng như bê tông, phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như lượng nước nhào trộn, độ lớn và hình dạng của cát, mức độ trộn ...

Chọn độ dẻo phải căn cứ vào điều kiện của khối xây và phương pháp thi công (bảng 6-2).

Bảng 6-2

Loại khối xây	Trời nóng hoặc gạch đá kém đặc chắc	Trời ẩm ướt, lạnh hoặc gạch đá đặc chắc
Khối xây gạch	8 - 10	6 - 8
Khối xây đá hộc	6 - 7	4 - 5
Khối xây đá hộc bằng phương pháp chấn động	2 - 3	1 - 2



Hình 6.1: Dụng cụ thử độ dẻo của vữa.

1. chùy hình nón; 2. chậu đựng vữa; 3. bảng đo; 4. vít

3.2. Tính giữ nước

Vữa phải có tính giữ nước tốt để đảm bảo đủ nước cho chất kết dính thủy hoá rắn chắc ít bị mất nước do nền hút, do bay hơi hoặc do tách nước trong quá trình vận chuyển. Tính giữ nước được biểu thị bằng độ phân tầng và được xác định bằng hai phương pháp: phương pháp lắng và phương pháp chấn động.

Phương pháp lắng: Vữa mới trộn được đổ đầy vào một cái thùng có đường kính 15 cm, cao 30 cm. Đo độ cắm sâu của chùy được S_1 . Sau đó để yên trong 30 phút rồi lấy đi 2/3 số vữa trong thùng (lấy nhẹ nhàng, không làm xáo trộn khối vữa còn lại), đem trộn phần vữa còn lại rồi cho vào thùng có đường kính 15 cm, cao 15 cm để xác định S_2 . Độ phân tầng được xác định theo công thức:

$$PT = S_1 - S_2 \text{ (cm)}$$

Vữa có tính giữ nước càng tốt khi PT càng nhỏ. Độ phân tầng được lựa chọn theo điều kiện thi công (bảng 6 - 3)

Bảng 6.3

Độ phân tầng (cm)	Phạm vi thích hợp
0 (không phân tầng) < 0,25	Thi công mùa hè, nhưng không dùng để trát mặt (vì dễ nứt) Vữa xây thủy công
1 - 2 (phân tầng vừa)	Khi trời khô ráo gạch đá phải nhúng nước
> 2 (phân tầng nhiều)	Trong điều kiện thi công bình thường không dùng được

Phương pháp chấn động: vữa được cho vào một dụng cụ 3 thót hình trụ rỗng bằng kim loại (hình 6.2) đầy nắp rồi cho lên bàn rung trong 30 giây. Trượt thốt 1 và 2 trên

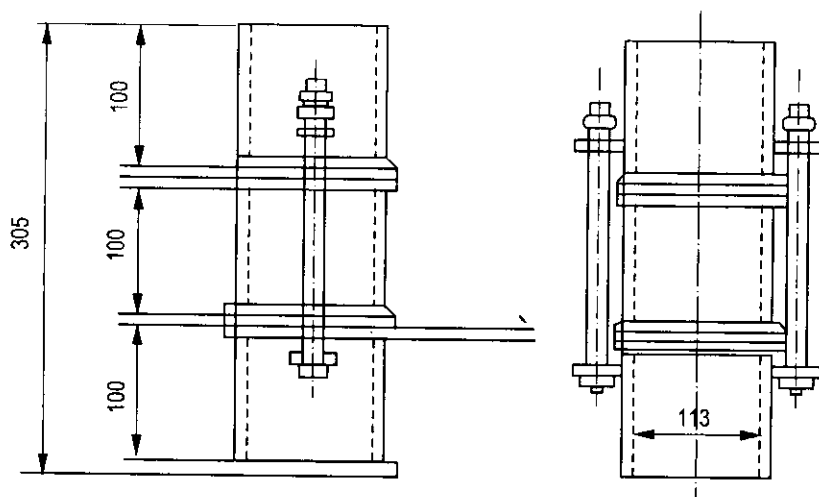
tấm trượt 4 và 5 để phân khối vữa ra làm 3 phần. Đổ phần 1 và 3 ra trộn lại trong 30 giây rồi xác định S_1 và S_3 . Giá trị PT được tính như sau:

$$PT = S_1 - S_3 \text{ (cm)}$$

hoặc theo TCVN :

$$PT = 0,07 (S_1^3 - S_3^3), \text{ cm}^3$$

$$PT \leq 30, \text{ cm}^3$$



Hình 6-2: Dụng cụ để xác định độ phân tầng của vữa

3.3. Tính chống thấm

Vữa ở mặt ngoài của công trình chịu áp lực cần phải có tính chống thấm thích hợp.

• Tính chống thấm được xác định bằng cách cho mẫu vữa dày 2cm chịu áp lực nước, lúc đầu 0,5 atm rồi để 24 giờ tăng lên 1 atm, sau 2 giờ tăng lên 1,5 atm, sau 3 giờ tăng lên 2 atm, rồi để 24 giờ mà nước không thấm qua mẫu thì coi là vữa có tính chống thấm.

Độ chống thấm của vữa kí hiệu B_2, B_4, B_6, B_8 .

3.4. Cường độ của vữa

Cường độ chịu nén của vữa được xác định bằng thí nghiệm mẫu vữa hình lập phương có cạnh 7,07 cm ở tuổi được tiêu chuẩn hoặc điều kiện kỹ thuật quy định cho từng loại vữa (7, 14 hoặc 28 ngày) .

Khuôn đúc có thể là khuôn thép có đáy ứng với nền không hút nước và khuôn thép không đáy (đáy lót bằng giấy ẩm) ứng với nền hút nước trong thực tế xây dựng.

Cường độ vữa xi măng ở tuổi 28 ngày trên nền không hút nước phụ thuộc vào cường độ vữa xi măng, vào N/X và được xác định theo công thức của N.A. Popov:

$$R_V = 0,25 R_x \left(\frac{X}{N} - 0,4 \right)$$

Cường độ của vữa xi măng vôi trên nền xốp hút nước (gạch) chỉ phụ thuộc vào lượng dùng xi măng mà không phụ thuộc vào X/N vì lượng nước sau khi bị nền hút còn lại hầu như bằng nhau :

$$R_v = KR_x (X - 0,05) + 4 \quad (\text{N/m}^2)$$

trong đó :

X - lượng xi măng, T/m³ cát ;

K - hệ số phụ thuộc vào chất lượng cát. Đối với cát lớn K = 1,0; đối với cát trung bình K = 0,8; đối với cát nhỏ K = 0,6. Mác xi măng xác định theo phương pháp cứng.

Cường độ của vữa hỗn hợp phụ thuộc vào lượng vôi (hoặc sét) sử dụng.

Cường độ chịu kéo khi uốn :

Kích thước mẫu thử 40 × 40 × 160 mm (TCVN 3121-79)

Dùng máy thuỷ lực 5T, giới hạn bền tính bằng N/m² (10⁻⁵ daN/cm²) theo công thức sau:

$$R_{uv} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (\text{lực đặt ở } L/2)$$

Tốc độ phát triển cường độ của vữa dùng xi măng pooc lăng tương tự như sự phát triển cường độ bê tông xi măng, có thể dùng phụ gia để điều chỉnh tốc độ đó.

Dựa vào cường độ của tuổi 28 ngày, người ta chia vữa ra các loại mác sau: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 và lớn hơn.

4. LỰA CHỌN THÀNH PHẦN CỦA VỮA

Thành phần vữa thường được xác định bằng tỉ lệ về thể tích giữa các thành phần với nhau. Tùy theo loại vữa, mác vữa mà có những phương pháp tính thành phần khác nhau.

4.1. Cấp phối vữa vôi

Cấp phối vữa vôi được chọn dựa vào chất lượng vôi và xác định theo tỷ lệ thể tích của vôi và cát:

Vôi cấp 3: V : C = 1 : 2

Vôi cấp 2: V : C = 1 : 3

Vôi cấp 1: V : C = 1 : 4

4.2. Cấp phối vữa hỗn hợp xi măng - vôi , xi măng - sét

Cấp phối vữa được biểu diễn bằng tỉ lệ xi măng : vôi : cát như sau :

$$1 : V : C$$

Cấp phối vữa hỗn hợp còn có thể xác định bằng cách tra bảng hoặc tính toán bằng công thức thực nghiệm.

Bảng 6.4. Giới thiệu cấp phối của vữa xi măng - vôi

Mức xi măng (chất kết dính)	Tỉ lệ phối hợp theo thể tích của vữa theo mức				
	100	75	50	25	10
600	1 : 0,4 : 4,5	1 : 0,7 : 6	<u>1 : 0,7 : 8</u> 1 : 1 : 9	-	-
500	1 : 0,3 : 4	1 : 0,5 : 4	<u>1 : 0,7 : 8</u> 1 : 1 : 8	-	-
400	1 : 0,2 : 3	1 : 0,3 : 0,4	1 : 0,7 : 6	<u>1 : 0,7 : 8</u> 1 : 1 : 10	-
300	-	1 : 0,2 : 3	1 : 0,4 : 5	<u>1 : 0,7 : 8</u> 1 : 1 : 10	-
250	-	-	1 : 0,2 : 3	1 : 0,7 : 6	-
200	-	-	1 : 0,1 : 2,5	1 : 0,5 : 5	-
150	-	-	-	1 : 0,3 : 3,5	<u>1 : 0,7 : 8</u>
100	-	-	-	1 : 0,1 : 2	1 : 1 : 9 1 : 0,5 : 5

4.3. Phương pháp tính toán thành phần vữa cát - xi măng - vôi

Việc tính toán được tiến hành theo các bước sau :

Tính lượng dùng xi măng ứng với 1 m³ cát (hoặc 1 m³ vữa):

$$X = \frac{R_v - 4}{K \cdot R_x} + 0,05 \quad (\text{tấn /m}^3 \text{ cát})$$

Tính thể tích cát:

$$C = \frac{\gamma_x}{X} \quad (\text{m}^3/\text{m}^3 \text{ xi măng})$$

Tính lượng vôi nhuyễn (sét nhuyễn):

$$V = 0,15 C - 0,3$$

hoặc

$$V = [170 (1 - 0,002 \times X)] \times 1000 \quad (\text{m}^3)$$

Lượng nước được xác định theo yêu cầu độ dẻo cường độ vữa (độ cắm sâu của quả chùy) hoặc bằng công thức gần đúng :

$$N = 0,65 (X + V \times \gamma_v)$$

trong đó: γ_v - khối lượng thể tích của vôi nhuyễn, kg/l. Lượng nước thực tế được điều chỉnh chính xác bằng thí nghiệm để đạt độ dẻo yêu cầu của vữa.

Thành phần của xi măng - vôi được biểu thị như sau:

$$\frac{V_x}{V_c} = \frac{1}{X}$$
$$\frac{V_v}{V} = \frac{1}{X}$$

4.4. Thành phần vữa xi măng

Thành phần vữa xi măng thường được lựa chọn theo bảng có sẵn .

Tỷ lệ $\frac{X}{C} = \frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{1}{4}$ - tùy theo yêu cầu về cường độ và khối lượng thể tích

Vữa xi măng cát có thể tích theo tỷ lệ X/C tính theo công thức sau:

$$\frac{X}{N} = \frac{R_v}{0,25R_x} + 0,4$$

Lượng nước được chọn theo độ dẻo của hỗn hợp vữa và trình độ thi công (trát vữa).

Với kết cấu xi măng lưới thép tỷ lệ X/N có thể chọn từ 3,0 - 4,0. Lượng xi măng dùng thường từ 650 - 800 kg/m³ vữa.

Như vậy để chế tạo vữa xi măng - cát lượng xi măng dùng lớn hơn khoảng 2 lần so với lượng xi măng cho bê tông.

Hiện nay để tiết kiệm xi măng có thể thay đổi cấu trúc của cốt liệu để biến vữa xi măng - cát thành bê tông cát; loại bê tông này đã được nghiên cứu và có thể áp dụng theo các hướng dẫn của tiêu chuẩn Pháp.