

PHẠM DUY HỮU (chủ biên)
NGÔ XUÂN QUẢNG

VẬT LIỆU XÂY DỰNG ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

PHẠM DUY HỮU (chủ biên)
NGÔ XUÂN QUẢNG

VẬT LIỆU XÂY DỰNG ĐƯỜNG ÔTÔ 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, polyme, sơn, thép và các vật liệu khác. Các vật liệu mới như bê tông cường độ cao, polime 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;

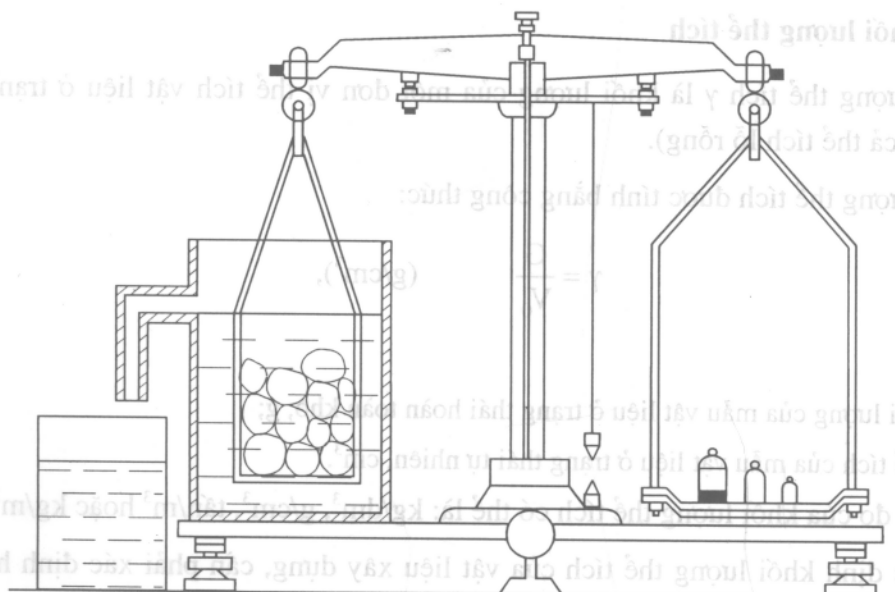
V_0 - thể tích của mẫu vật liệu ở trạng thái tự nhiên, cm^3 .

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 đo 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. Khô 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_{tn} 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 phần tử vật liệu giảm xuống, do lực mao dẫn ở bên trong có khuynh hướng làm cho các phần 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 phần 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 phần tử nước có cực khi xâm nhập vào khe hở giữa các phần tử hay các sợi vật liệu sẽ đẩy các phần 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:

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

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 rỗng 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:

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

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:

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

λ_t - 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 ngoại 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 mặt 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. Dem 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. Dem 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_u có trị số nhỏ hơn cường độ giới hạn của vật liệu R . Như vậy sẽ có:

$$R = K \cdot R_u$$

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 chòm cầu, mm^2 ;

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: $k = 10$

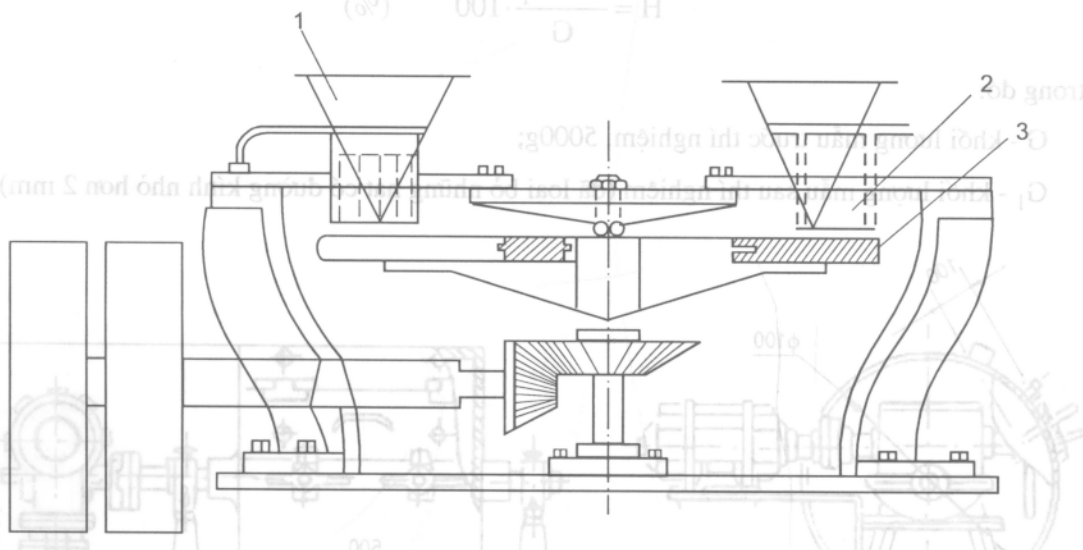
kim loại mềm: $k = 3$

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;

G₁ - khối lượng mẫu sau thí nghiệm, g;

F - diện tích chịu mài mòn, cm².

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

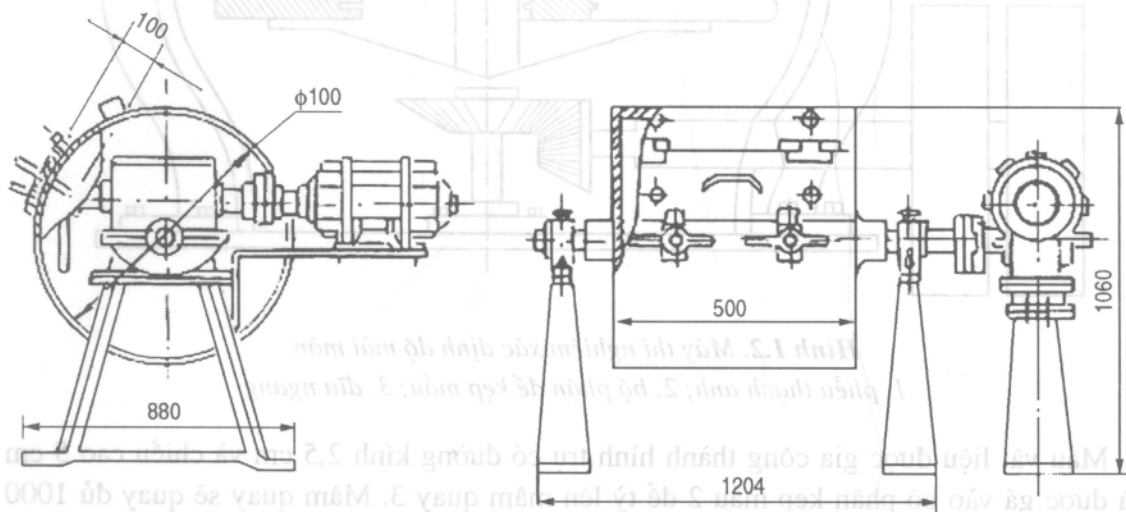
và sàng bỏ những hạt có đường kính nhỏ hơn 2 mm. Cân mẫu vật liệu còn lại và tính độ hao mòn của vật liệu theo công thức:

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

trong đó:

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

G_1 - 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 khỏe: $Q < 4\%$
- Đá chống hao mòn khỏe: $Q = 4 - 6\%$
- 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:

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

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:

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

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- Fenspat	30	
+ Plagioclas (fenspat natri, canxi)		$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7)$, $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
+ Octoclas (fenspat kali)		$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
2- Thạch anh (silic điôxit)	28	SiO_2
3- Mica	18	
+ Biotit		$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
+ Muscovit		$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
4- Canxi cacbonat		
+ Canxit	9	CaCO_3
+ Đolômit	9	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
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, gabbro, 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 cổ 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 dolômit.

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 gneiss là đá biến chất của đá granit, đá hoa là đá biến chất của đá vôi và đá dolômit.

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 hoàng 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 dẽm.

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 silicát 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:

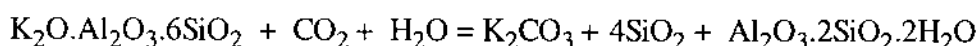
- đá macma axit ($\text{SiO}_2 > 65\%$)
- đá macma trung tính ($\text{SiO}_2: 65 - 55\%$)
- đá macma bazơ ($\text{SiO}_2: 55 - 45\%$)
- đá macma siêu bazơ ($\text{SiO}_2 < 45\%$).

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 aluminosilicat 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 aluminosilicat 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 vẩy 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 hộc 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 xẫm 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 trạng). 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 torat).

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 lên chặt và dính kết lại.

Loại tup núi lửa lên 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 xi măng.

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 dolômit, 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 diatômít, 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 luân luân 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: opax, chanxedoan và thạch anh trầm tích.

Opax ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) là khoáng vô định hình, chứa 2,14% nước (đôi khi đến 34%). Khi nung nóng một phần nước bị mất đi. Opax thường không màu hay màu trắng sữa, nhưng khi lẫn tạp chất thì có thể có màu vàng, xanh hoặc đen. Opax có khối lượng riêng $2,5 \text{ g/cm}^3$, độ cứng 5 - 6, rất giòn. Điểm đáng chú ý là opax 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 ẩn 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 opax 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 aluminosilicat ngậm nước. Các khoáng vật sét phổ biến là kaolinit, monmorillônit và mica ngậm nước.

Kaolinit- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 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 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 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 ...). Tuỳ 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 học 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 học 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 xám 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 học để xây. Đá vôi còn là nguyên liệu không thể thiếu để sản xuất vôi và xi măng.

Đá dolômít là loại đá đặc có thành phần khoáng vật chủ yếu là khoáng vật dolômít $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Đá dolômít có tính chất giống đá vôi nhưng chất lượng cao hơn. Sử dụng đá dolômít 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 canxit. 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.

Diatomit và trépen 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 opal $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). 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 học để xây dựng cầu đường, làm cốt liệu cho bê tông... quaczit cũng còn được dùng để sản xuất vật liệu chịu lửa.

Điệp 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. Điệp 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 mức như sau:

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

+ *Đá nặng*, có 7 mức: 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 hộc

Là những viên đá chưa qua gia công đẽo 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 hộc thường được sản xuất từ các loại đá đặc như đá vôi, đá dolômit, đá sa thạch, đá granit...

Bằng phương pháp khoan nổ mìn. Đá gốc để sản xuất đá hộc (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 mức của đá, nó sẽ được dùng để xây móng, đỡ trụ cầu, tường chắn, làm nền đường ôtô và xe lửa, xây dựng các công trình thủy lợi và làm cốt liệu cho bê tông đá hộc.

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 đẽo thô và đá khối đẽo kỹ.

Đá khối đẽo 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 đẽo 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, diorit, quaczit, 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 lợp 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 lợp 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 lợp bền và đẹp.

3.2.3. Bảo vệ vật liệu đá thiên nhiên

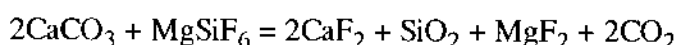
Trong quá trình sử dụng, vật liệu đá nhân tạo thường bị các yếu tố của môi trường phá huỷ dần dần. Quá trình này được gọi là quá trình phong hoá.

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 CO_2 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.

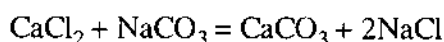
Các biện pháp kết cấu đều nhằm làm cho nước thoát nhanh trên bề mặt, tránh sự tích tụ của nước mưa hay hơi ẩm trên đó. Bởi vậy thường sử dụng đá có bề mặt được mài nhẵn và đánh bóng kết hợp với việc thiết kế và thi công tạo góc nghiêng thoát nước mưa thích hợp để tránh tụ nước.

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, mêtysiliconat 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 mặt) 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 polyme.

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)
	4,75(0,2) - 0,075(0,003)			
Cát	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

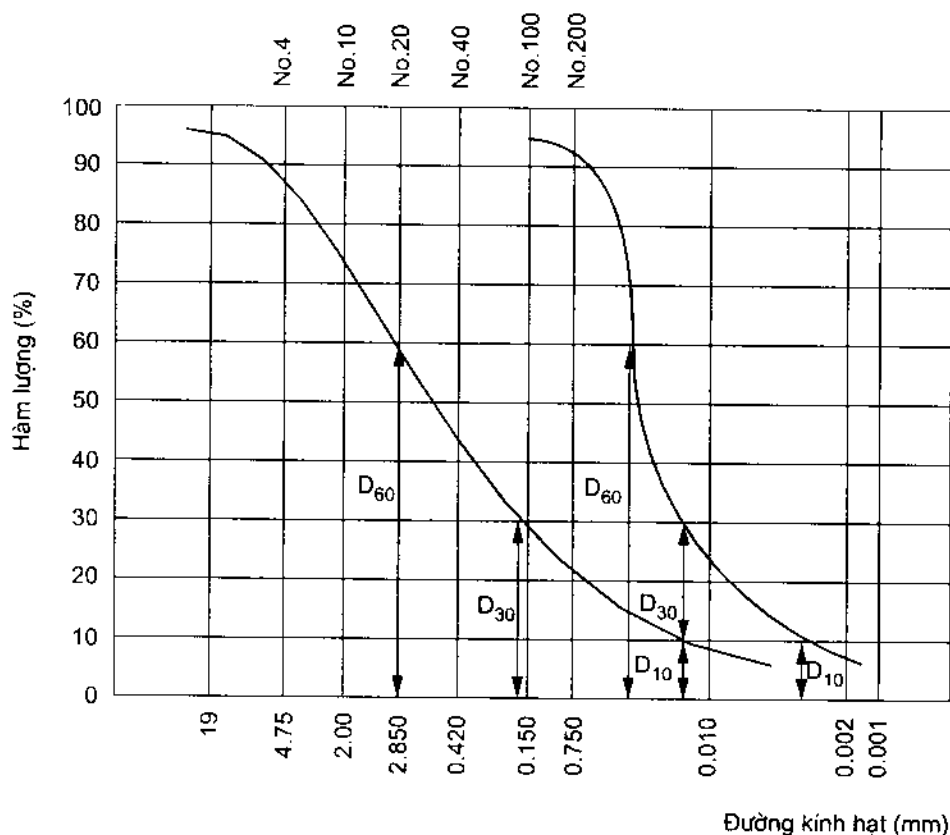
USDA: Hội nông nghiệp Mỹ

TCVN 5747-93. Phân loại đất như sau:

Sỏi sạn: $d = 150$ đến 2 mm ; 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 dòng 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° 200 đều có tính dính kết.

Lực dính giữa các hạt đất là: lực hút giữa các ion (tính 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 (về 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:

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

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 thoả 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 thoả 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), mactít, vữa xây, vữa trát hay là chỉ mình cốt liệu như lớp đá ballast 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, dẽo, sàng hay rửa. Trong nhóm này, đá dăm, sỏi và cát là phổ biến nhất, mặc dù có thể có thêm đá bọt, đá vò 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^o 8 (9,5mm) hay sàng N^o 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 = 5mm 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 thủy 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:

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

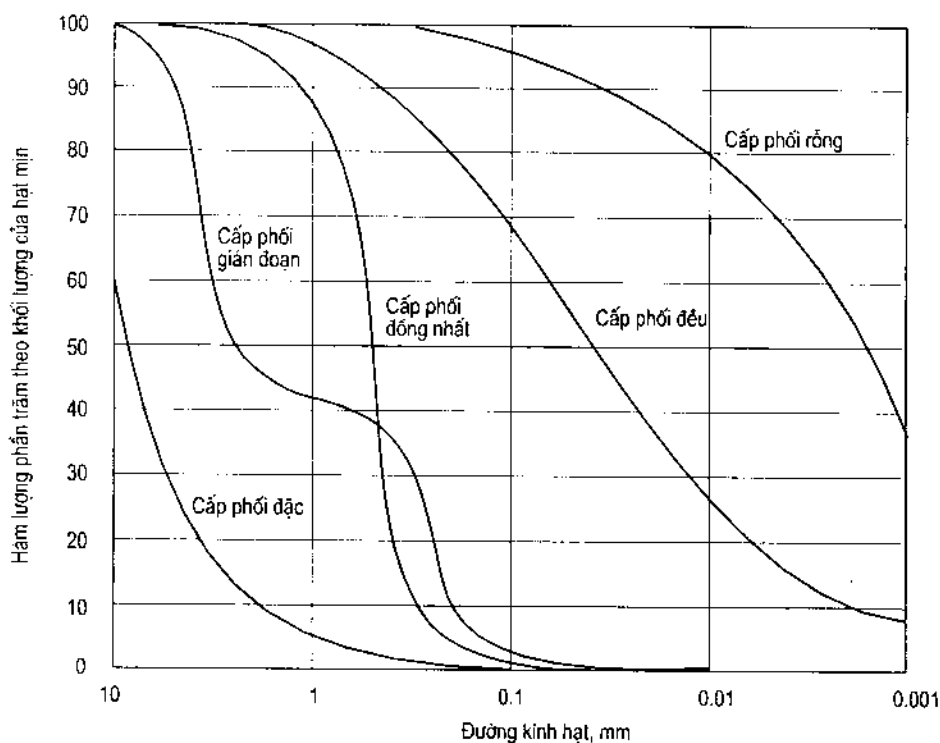
trong đó:

P - hàm lượng phần trăm lọt sàng d;

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

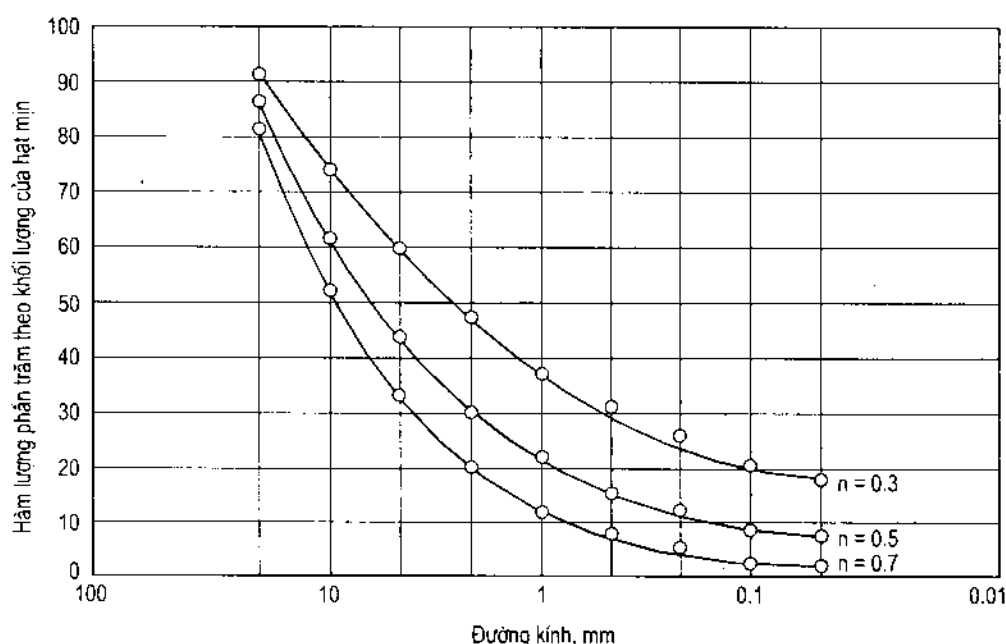
D - đường kính hạt lớn nhất;

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 xỉ than, đất sét nung, đá vôi sò hay xỉ 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 xi măng 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 xi măng 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 (đang khối)	Độ hút nước %	Độ hao mòn khi dùng máy		Độ mài mòn	Độ bền dai
			Devan	Los Angelet		
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 quáczit	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 gơnai, 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 amphibon	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. Mô đun 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.

Tùy 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 ferosilicat 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 mất 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° 200 (75µm) trong cốt liệu khoáng do rửa). Mục đích của thí nghiệm này là xác định hàm lượng hạt nhỏ hơn sàng N° 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 poóclăng 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 poóclăng 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 tup 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, mức 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 CaSO_4), và thuỷ tinh lỏng -silicat natri hoặc kali ($\text{Na}_2.n\text{SiO}_2$ hoặc $\text{K}_2.m\text{SiO}_2$).

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: $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$. 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 poocăng, xi măng alumin: aluminat canxi là các khoáng chủ yếu, vôi thuỷ và xi măng La Mã.

Trong xây dựng các công trình giao thông, xi măng poocăng 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

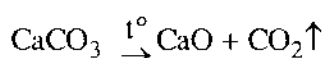
Vôi canxi là chất kết dính vô cơ rắn trong không khí. Có thành phần hoá học chủ yếu là CaO.

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°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.

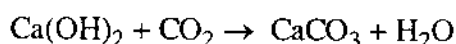
Vôi tôi là vôi được tôi với lượng nước khoảng 70% và thời gian tôi khoảng 30 ngày. Thành phần chính của vôi tôi là Ca(OH)_2 . Có ba dạng vôi tôi: vôi chín (100% Ca(OH)_2),

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 toả 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.

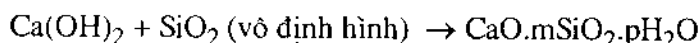
2.3. Quá trình rắn chắc của vôi canxi

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

Lượng hạt sàng (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 nhuỷen 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 nhuỷen 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

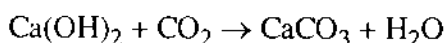
2.5. Quá trình rắn chắc của vôi rắn trong không khí

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 :

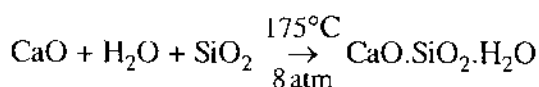


Quá trình rắn chắc của vôi rắn trong không khí tiến hành rất chậm, ngoài lượng nước nhào trộn, còn có phản ứng do cacbonat hoá tách ra nên công trình thường bị ẩm ướt khá lâu. Vì vậy, muốn tăng nhanh tốc độ rắn chắc thường dùng nhiều biện pháp: tăng hàm lượng CO_2 trong môi trường, tạo mặt thoáng thoát nước cho kết cấu, trộn thêm xi măng, 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 xi măng. 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/cm^2 hoặc cao hơn nữa. Có thể sử dụng tính chất này để chế tạo gạch silicat.

3. THẠCH CAO

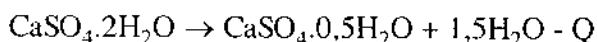
3.1. Khái niệm

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.

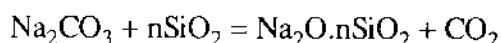
Cường độ của thạch cao được xác định ở mẫu uốn có kích thước $4 \times 4 \times 16$ cm và mẫu nén (sau khi uốn gãy). Cường độ chuẩn được quy định ở tuổi 1,5 giờ rắn chắc trong điều kiện tiêu chuẩn. Thạch cao xây dựng được sử dụng để chế tạo bê tông, tấm ngăn cách, vữa trát cho panen tường và các vật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

4. THỦY TINH LỎNG

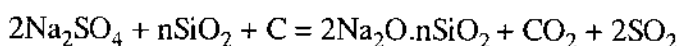
Thủy tinh lỏng có thành phần $\text{R}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, trong đó R là natri (Na) hoặc kali (K), n là modul silicat. Đối với thủy tinh lỏng natri: $n = 2,5 - 3$; kali: $n = 3 - 4$.

Thủy tinh lỏng có khối lượng riêng 1,3 - 1,5 g/cm³. 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:

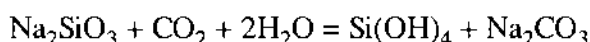


hoặc:

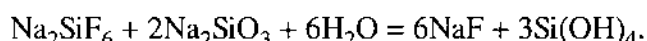


Sau đó hỗn hợp được cho vào thiết bị hơi nước ở áp lực 3 - 8 atm để tạo thành thủy tinh lỏng.

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

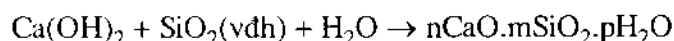
Chất kết dính hỗn hợp rất đa dạng. Trong xây dựng chất kết dính hỗn hợp được sử dụng ở dạng hỗn hợp của vôi và phụ gia vô cơ hoạt tính nghiền mịn. Chúng được sản xuất bằng cách nghiền chung vôi sống và phụ gia hoạt tính hoặc trộn lẫn vôi nhuyễn với phụ gia nghiền mịn.

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 $n\text{CaO.mSiO}_2.\text{pH}_2\text{O}$ (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 macnơ (đá vôi lẫn nhiều sét).

Vôi thuyết được sản xuất bằng cách nung đá macnơ (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 ($2\text{CaO}.\text{SiO}_2$), aluminat canxi ($\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$) và fenspat canxi ($\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$). 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 macna (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 macna, 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 aluminoferrit 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:

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

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 đông 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 tetracanxit.

Alit: $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$, 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: $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$, 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 xốp hơn (khối lượng riêng của $\beta - \text{C}_2\text{S}$ là 3,28 g/cm³; của $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ là 2,97 g/cm³), 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 $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$, 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 × 15 μm , khối lượng riêng 3,04 g/cm³, 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 tetracaxit: $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$, 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 poocăng 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 poocăng.

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.

Kiểm (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 nhẵn 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 vê viên có đường kính từ 10 đến 20 mm nhờ một máy vê viên.

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

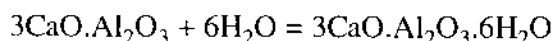
Khi nhào trộn xi măng với nước ở giai đoạn đầu xảy ra quá trình tác dụng nhanh của alit với nước tạo ra hydrosilicat canxi và hydroxit canxi.



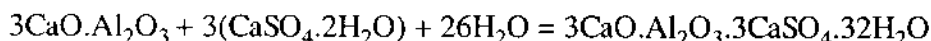
Vì đã có hydroxit canxi tách ra từ alit nên belit thủy hóa chậm hơn alit và tách ra ít $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hơn:



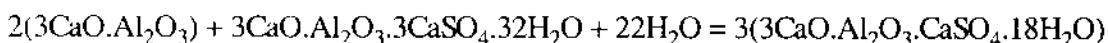
Hydrosilicat canxi hình thành khi thủy hoá hoàn toàn đơn khoáng silicat tricanxi ở trạng thái cân bằng với dung dịch bão hoà hydroxit canxi. Tỷ lệ CaO/SiO_2 trong các hydrosilicat trong hồ xi măng có thể thay đổi phụ thuộc vào thành phần vật liệu, điều kiện rắn chắc và các yếu tố khác. Pha chứa aluminat chủ yếu trong xi măng là aluminat tricanxi $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ - 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 tính thể dạng tấm mỏng lục giác của $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.9\text{H}_2\text{O}$ và $2\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.8\text{H}_2\text{O}$. Cấu trúc dạng tấm 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 tính thể hình lập phương ($3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$):



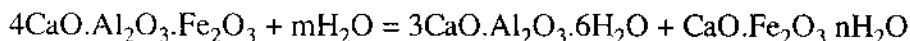
Để làm chậm quá trình ninh kết khi nghiền clinker cần cho thêm một lượng đá thạch cao (3 - 5% so với khối lượng xi măng). Sunfat canxi đóng vai trò là chất hoạt động hoá học của xi măng, tác dụng với aluminat tricanxi ngay từ đầu để tạo thành sunfoaluminat canxi ngậm nước (khoáng etringit):



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 $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ 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 $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ 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

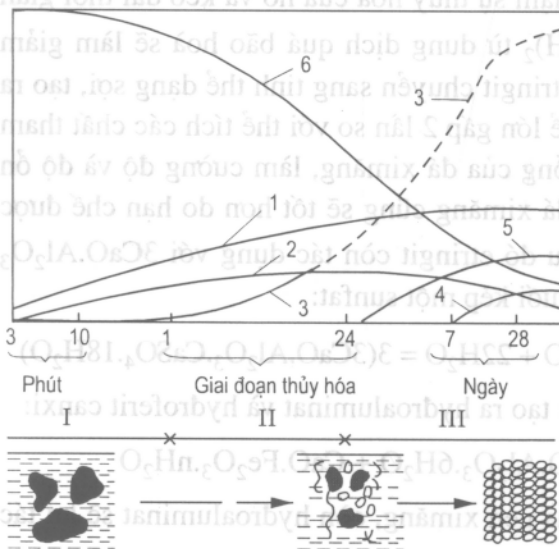
Hồ xi măng tạo thành sau khi nhào trộn xi măng với nước là loại huyền phù đặc của nước, có tính chất của cấu trúc phân tán xét về mặt cường độ cấu trúc, độ nhớt cấu trúc, độ dẻo cấu trúc và tính xúc biến.

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. Phân 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 ($< 1000\text{\AA}$), lỗ rỗng mao quản (từ $1000\text{\AA}$ đến $10\mu\text{m}$) nằm giữa các bó gen, bọt khí và lỗ rỗng (từ $50\mu\text{m}$ đến 2 mm) 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 co 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_3S	36	46	69	93	94
C_2S	7	11	11	29	30
C_3A	82	82	84	91	93
C_4AF	70	71	74	89	91

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

C_3S - 0,24; C_2S - 0,21; C_3A - 0,4; C_4AF - 0,37. Lượng nước hydrat hoá của các khoáng là C_3S - 0,130; C_2S - 0,035; C_3A - 0,043; C_4AF - 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.

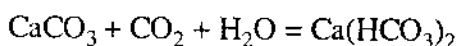
7.4.5. Tính bền của đá xi măng

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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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:

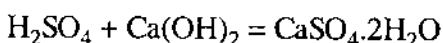
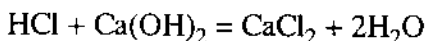
- 1) Sự phân rã các thành phần của đá xi măng, sự hoà tan và rửa trôi hydroxit canxi;
- 2) Tạo thành các muối dễ tan do hydroxit canxi và những thành phần khác của đá xi măng tác dụng với các chất xâm thực và sự rửa trôi các muối đó (ăn mòn axit, ăn mòn magiêzit);
- 3) Sự hình thành những liên kết mới 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vào khoảng 10 - 15% (tính theo CaO). Nếu sau khi hoà tan và rửa trôi mà nồng độ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ giảm xuống thấp hơn 0,11% thì CSH và C_3AH_6 cũng bị phân huỷ. Khi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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:

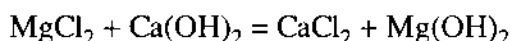


Ăn mòn axit thường xảy ra trong môi trường axit ($\text{pH} < 7$). Axit tự do thường có trong nước thải công nghiệp và cũng có thể tạo thành từ khí có chứa lưu huỳnh trong các buồng đốt. Trong không gian của các xí nghiệp công nghiệp, ngoài SO_2 còn có thể có các anhydrit của các axit khác, hoặc clo 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ trong đá xi măng sẽ tạo ra những muối tan (CaCl_2), muối tăng thể tích ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

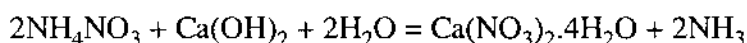


Ngoài ra, axit có thể phá huỷ cả silicat canxi.

Ăn mòn magiê gây ra do các loại muối chứa magiê trong nước biển, nước ngầm, nước chứa muối khoáng tác dụng với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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 ($\text{Mg}(\text{OH})_2$):

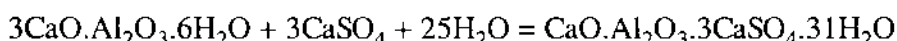


Ăn mòn phân khoáng do nitrat amôn:



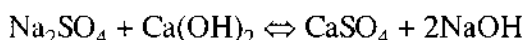
Nitrat canxi tan rất tốt trong nước nên dễ bị rửa trôi. Phân kali gây ra ăn mòn đá xi măng là do làm tăng độ hoà tan của Ca(OH)_2 . Suphophat là chất xâm thực mạnh do trong thành phần của nó có chứa $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$, thạch cao và cả axit photphoric.

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 mỡ 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° 008 (4900 lỗ/cm^2) và đo tỷ diện tích bề mặt của xi măng (cm^2/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 $80\mu\text{m}$), tương đương với tỷ diện tích là $2500 - 3000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Đường kính hạt xi măng biến đổi từ $10 - 80 \mu\text{m}$.

7.5.2. Khối lượng riêng của xi măng pooc lăng (không có phụ gia khoáng) là $3,05 - 3,15 \text{ g/cm}^3$. 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/cm^3 .

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.

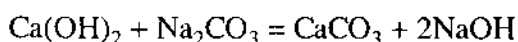
Khi xi măng bắt đầu ninh kết nó mất tính dẻo, do đó khoảng thời gian này phải đủ để thi công (nhào trộn, vận chuyển, đổ khuôn, đầm chặt). Yêu cầu thời gian này không nhỏ hơn 45 phút. Còn thời gian ninh kết xong là lúc xi măng đạt được cường độ nhất định. Thời gian này phải đủ ngắn để có thể thi công 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 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Các chất photphat, nitrat canxi, natri và nhôm, đường cũng là những chất làm chậm ninh kết. Đường tác dụng với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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

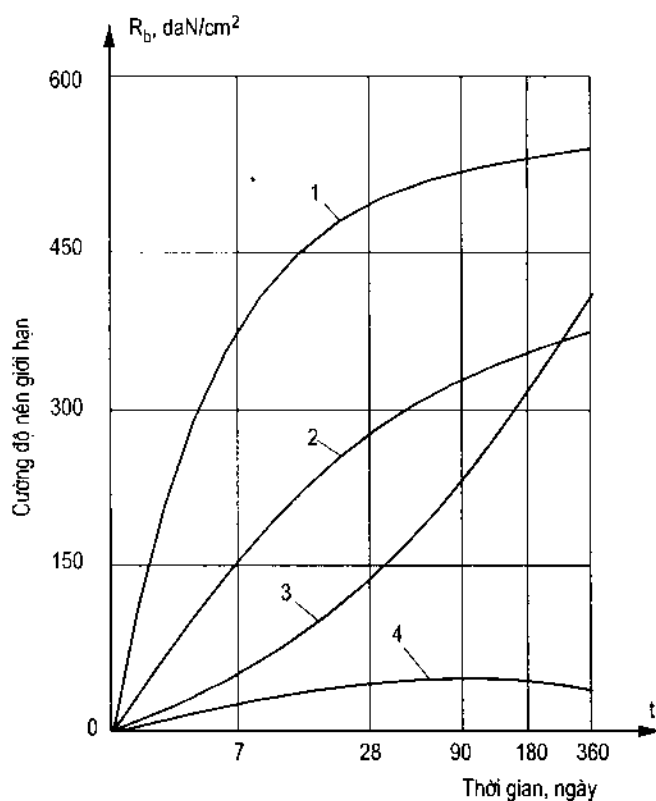
Cường độ của xi măng phát triển không đều: trong 3 ngày đầu có thể đạt 0,4 - 0,5 mác xi măng, 7 ngày là 0,6 - 0,7. Trong những ngày sau tốc độ tăng cường độ còn chậm hơn nữa, đến 28 ngày đạt được mác yêu cầu. Tốc độ phát triển cường độ trung bình của xi măng tuân theo quy luật lôgarit. Sự phát triển 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 pooc lăng thường	ASA2 (Úc)	-	27,5	40	55
	BS - 12 (Anh)	-	10 - 20	16 - 40	32,5 - 62,5
Xi măng pooc lăng cuốn khí	ASTM C150 (Mỹ)	-	12	21	35
Xi măng pooc lăng xỉ lò cao	AS. C175 (Mỹ)	-	9	15	28
Xi măng pooc lăng 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- C_3S ; 2- C_4AF ; 3- C_2S ; 4- C_3A

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. Xi măng pooc lăng bền sunfat

Xi măng pooc lăng bền sunfat được sản xuất như xi măng 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			
	Xi măng bền sunfat	Xi măng bền sunfat có phụ gia khoáng	Xi măng pooc lăng xi măng bền sunfat	Xi măng pooc lăng 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 xi măng bền sunfat có thể sử dụng phụ gia bền sunfat như xỉ, puzolan v.v... Xi măng bền sunfat được dùng để chế tạo bê tông và bê tông cốt thép dùng trong môi trường có muối sunfat.

8.3. Xi măng có phụ gia hữu cơ

Trong công nghệ xi măng 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 xi măng 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 xi măng sẽ được giới thiệu trong chương 5

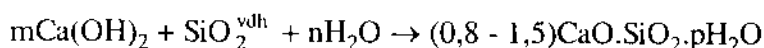
8.4. Xi măng pooc lăng có phụ gia hạt mịn

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 xi măng 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, bunnafelin, 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 pooclang 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 bọt, 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 pooclang puzolan có tính bền nước tốt hơn ximăng pooclang 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 pooclang, nhưng ở nhiệt độ cao lại rắn chắc nhanh hơn. Theo TCVN 4033 - 85, ximăng puzolan có mức từ 200 - 400.

Ximăng pooclang 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 $\text{CaO}.\text{SiO}_2.2,5\text{H}_2\text{O}$ và $2\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.8\text{H}_2\text{O}$.

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 pooclang muối silic

Thành phần ximăng pooclang 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. Ximăng pooc lăng trắng và màu

Clinke của ximăng 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.

Ximăng màu được chế tạo bằng cách nghiền chung các chất tạo màu vô cơ với clinke ximăng trắng.

Ximăng pooc lăng trắng và màu được dùng trong vữa và bê tông.

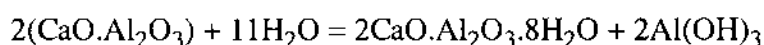
8.6. Ximăng aluminat

Ximăng 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. $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ quyết định tính rắn nhanh và các tính chất khác của ximăng aluminat. Trong ximăng còn có chứa các aluminat khác (tỷ lệ thấp) như $\text{CaO}.2\text{Al}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$ và một ít belit.

Để sản xuất ximăng aluminat thường dùng đá vôi và đá vôi giàu nhôm ($\text{Al}_2\text{O}_3.n\text{H}_2\text{O}$) như quặng bauxit. Hỗn hợp nguyên liệu được nung đến nhiệt độ kết khối (1300°C) hoặc nhiệt độ chảy (1400°C). Clinker ximăng aluminat rất khó nghiền nên tốn năng lượng, bauxit lại hiếm, đắt nên giá thành ximăng này khá cao. Để sản xuất có thể dùng phế liệu của công nghiệp sản xuất nhôm.

Ximăng aluminat có cường độ cao chỉ khi nó rắn chắc trong điều kiện nhiệt độ ôn hoà (không lớn hơn 25°C). Vì vậy ximăng 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 ximăng tạo ra chất có cường độ cao:



Còn nếu ở nhiệt độ cao hơn ($25 - 30^\circ\text{C}$) nó lại tạo thành $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$, phát sinh nội ứng suất làm cường độ của ximăng giảm đến 2 lần.

Mức của ximăng aluminat được xác định ở tuổi 3 ngày như sau: 400, 500 và 600 (ximăng 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 ximăng 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 poocăng (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 poocăng (C 563).
- 9- Thí nghiệm độ trương nở của xi măng poocăng 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 xi măng, 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 xi măng 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 xi măng 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 xi măng các loại, có thể dùng một phần hoặc thay thế toàn bộ xi măng bằng các chất polyme - đó là bê tông xi măng polyme hoặc bê tông polyme.

Trong bê tông xi măng cốt liệu thường chiếm 70 - 75%, còn xi măng 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 ($\lambda = 1,05 - 1,5 \text{ kcal/m} \cdot \text{độ} \cdot \text{h}$).

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 $D = 15$, $H = 30\text{cm}$, 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 $0,8 \text{ g/cm}^3$); bê tông rất nặng (khối lượng đơn vị từ $3-5 \text{ g/cm}^3$, 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 ($\gamma_b > 3,0 \div 5,0 \text{ g/cm}^3$), 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 xi măng 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 xi măng 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 xi măng và loại phụ gia. Hỗn hợp bê tông cứng và kém dẻo với tỷ lệ nước/xi măng không lớn có giai đoạn hình thành cấu trúc ngắn. Việc dùng xi măng 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 lên chặt bao gồm thể tích của cốt liệu V_{cl} , thể tích hồ xi măng 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 xi măng, T/m^3 ;

X, N - lượng dùng xi măng (T), và lượng dùng nước (m^3) cho $1m^3$ hỗn hợp bê tông đã lên chặt.

Cấu trúc vi mô của bê tông đặc trưng bằng cấu trúc của cốt liệu, cấu trúc vữa xi măng và cấu trúc vùng tiếp giáp gần cốt liệu và vữa xi măng, 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 xi măng 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 60µm. 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 $6\text{\AA}$ ($6 \cdot 10^{-4}\mu\text{m}$) nằm giữa các tinh thể; loại nhỏ $6\text{\AA} - 16\text{\AA}$ ($6 \cdot 10^{-4} \div 1,6 \cdot 10^{-3}\mu\text{m}$) nằm trong các tinh thể đá ximăng và loại lớn $16\text{\AA} - 1000\text{\AA}$ ($1,6 \cdot 10^{-3} \div 10^{-1}\mu\text{m}$). Lỗ rỗng mao quản có kích thước lớn hơn $1000\text{\AA}$ ($>10^{-1}\mu\text{m}$).

Cấu trúc của bê tông cường độ cao có những cải tiến đặc biệt: do tỷ lệ nước/ximăng thấp, sử dụng muối 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 với 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 (100l/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.

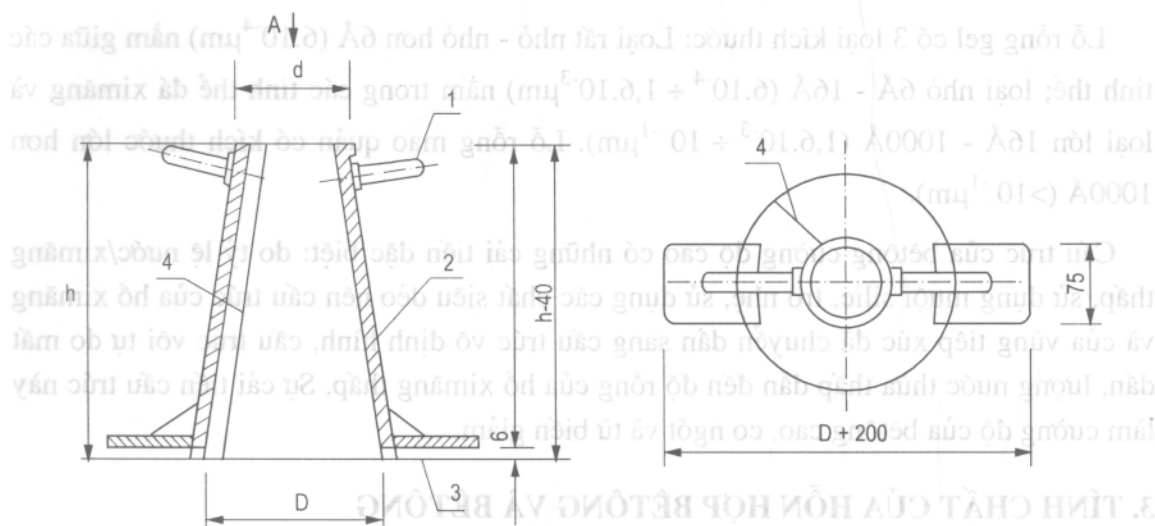
Trong trường hợp nước quá nhiều (280l/m^3), nó sẽ chảy ra khỏi bê tông và cuốn theo các hạt nhỏ của cốt liệu và ximăng, làm giảm chất lượng của bê tông.

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.

3. 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 cụt 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 cụt 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 - Đức cũng có thể đo gần đúng độ sụt.

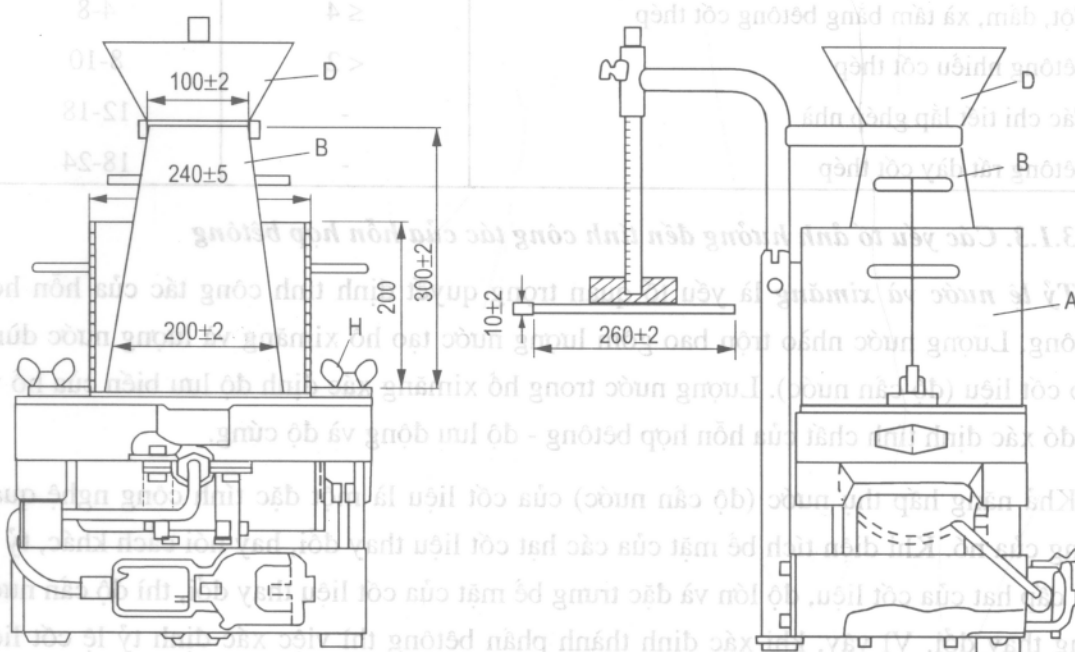
Bảng 5.1. Kích thước còn thử độ sụt (TCVN 3105 - 93)

Kích thước hình nón cụt, 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 nhót dẻo, đó là một đại lượng động lực học (TCVN 3107 - 93) được xác định bằng nhót kế Vêbe

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 nhót kế Vêbe (hình 5.2).



Hình 5.2. Nhót kế Vêbe

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

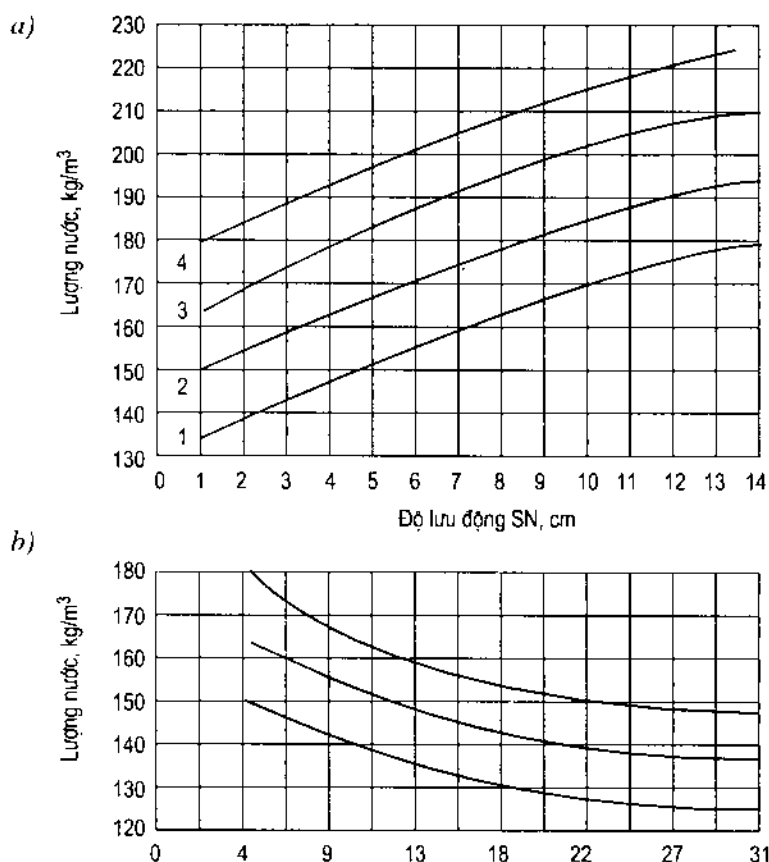
3.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông

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 $1,65N_{lc}$ (N_{lc} - lượng nước tiêu chuẩn của xi măng), xem hình 5.3.



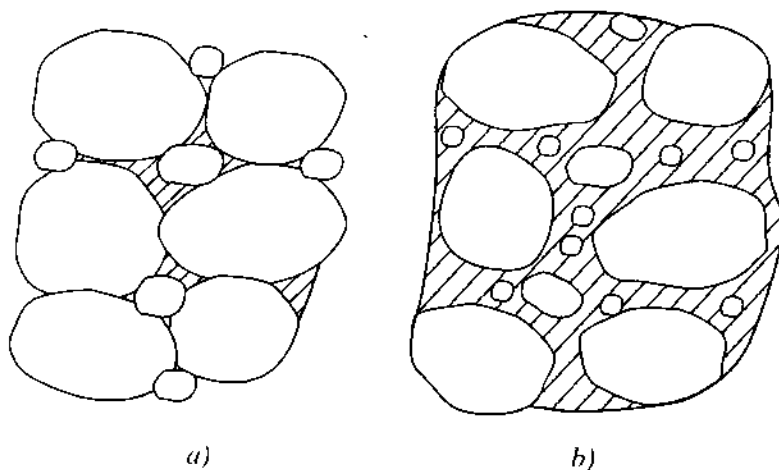
Hình 5.3. Lượng nước dùng cho bê tông

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 phần 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 phân 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 nhót 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 gốc 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.

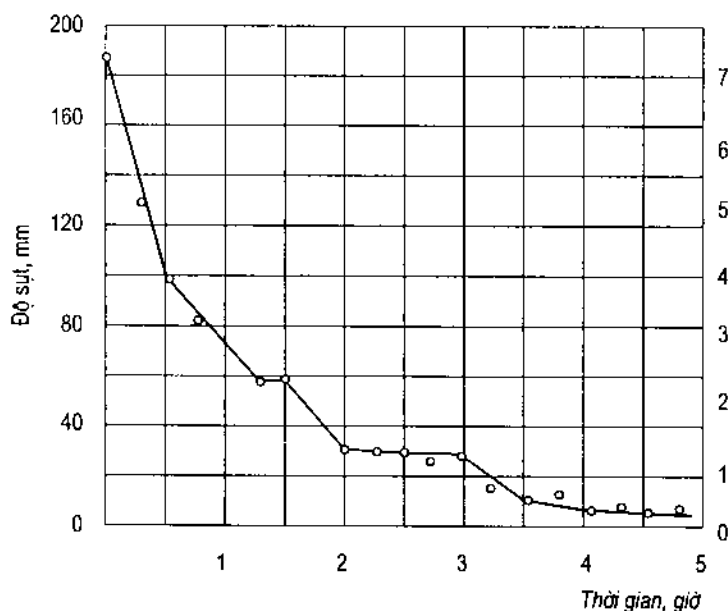
Khi chấn động các phân tử của hỗn hợp bê tông bị dao động cường bức liên tục và sắp xếp lại một cách chặt chẽ hơn. Khi tần số dao động đạt đến giá trị nào đó thì nội ma sát của hỗn hợp giảm đến mức nhỏ nhất do sự xuất hiện một áp lực chống lại tại dụng của trọng lực. Hỗn hợp bị phân tách theo độ lớn, 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:

$$F_f = K_c C_3 A + C_4 AF$$

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 ($K_{\text{trụ}}$).

$$R_b = R_{\text{trụ}} \times K_{\text{trụ}}$$

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.

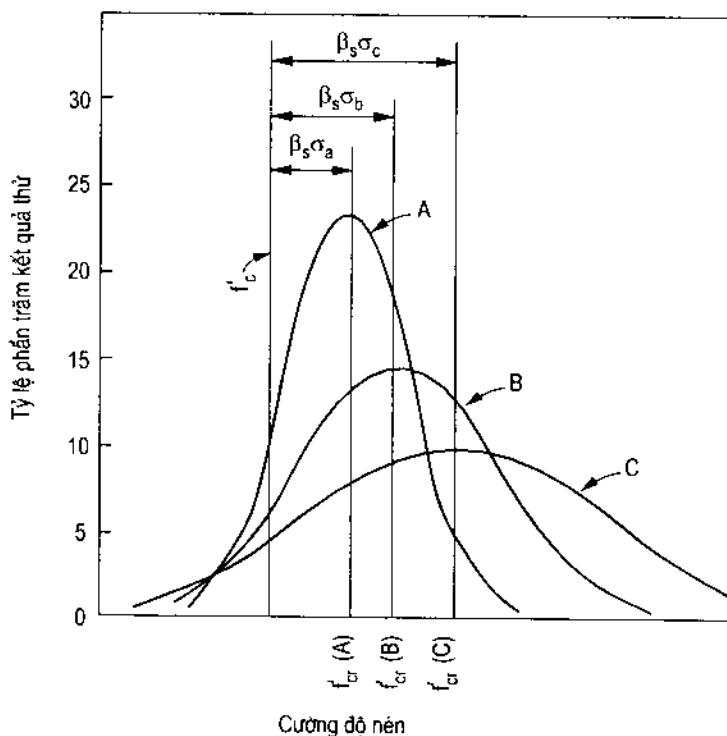
Cơ sở cho các yêu cầu này được minh hoạ trên hình 5.6. Ở đó cho thấy 3 đường cong thể hiện sự phân bố của các kết quả thí nghiệm cường độ. Cường độ thiết kế là f'_c . Các đường cong tương ứng với 3 mức độ kiểm tra chất lượng khác nhau, đường cong A đại diện cho sự kiểm tra tốt nhất, có nghĩa là ít sai 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 xi măng, độ đặc hồ xi măng, chất lượng cốt liệu, chất lượng của bê tông, hàm lượng phụ gia v.v...

Đặc tính xi măng (mác xi măng, 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:

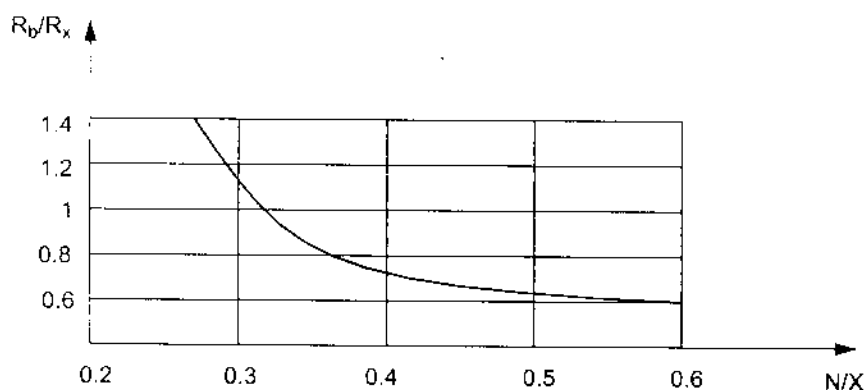
R_b^{28} - cường độ nén giới hạn của bê tông ở tuổi 28 ngày;

R_x - mác của xi măng;

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:

$$R_b = AR_x (X/N - 0,5); \quad (A)$$

- Đối với bê tông có $X/N > 2,5$ thì;

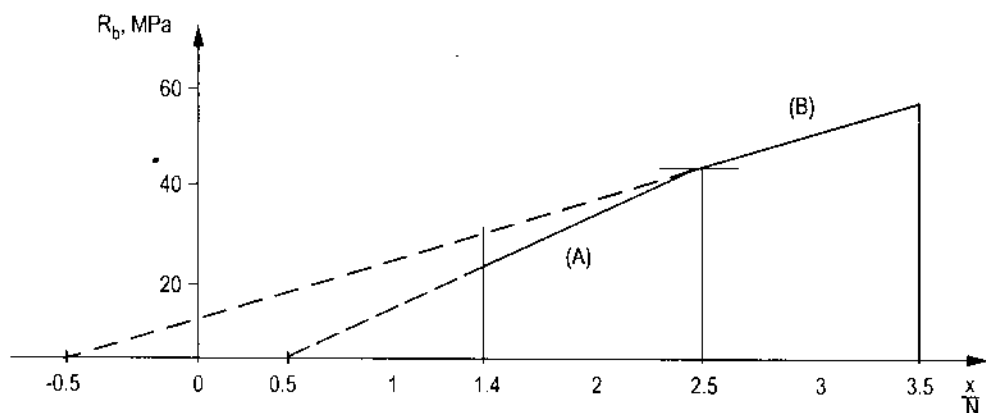
$$R_b = A_1 R_x (X/N + 0,5); \quad (B)$$

trong đó: A và A_1 là hệ số được xác định theo chất lượng của cốt liệu và phương pháp xác định mác 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...

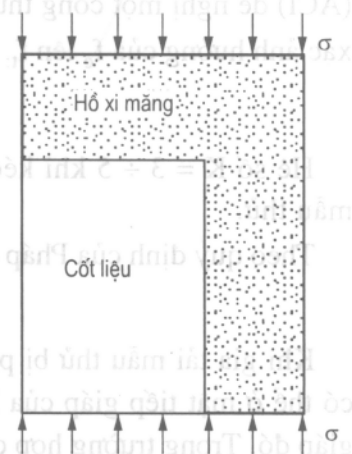
Ảnh hưởng của môđun và cường độ của cốt liệu lớn đối với cường độ bê tông: Một kiểu mô hình hoá đơn giản, nhưng được sử dụng rộng rãi, để mô tả cấu trúc của bê tông người ta dùng mô hình "làm việc chung". Trong mô hình này phần hồ cùng với cốt liệu chịu biến dạng như cốt liệu.

trong đó: ϵ_c, ϵ_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 mô đun bằng mô đun 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 lên 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 lên 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 xuất 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 cơ ngót bị ngăn cản bởi hồ và bị ngăn cản bởi sự có mặt của cốt liệu (E_b/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 của cường độ kéo, đã cho các kết quả khá tốt, nhưng cần sử dụng công nghệ tin học (phương pháp phân tử hữu hạn).

3.2.3. Cường độ kéo khi uốn

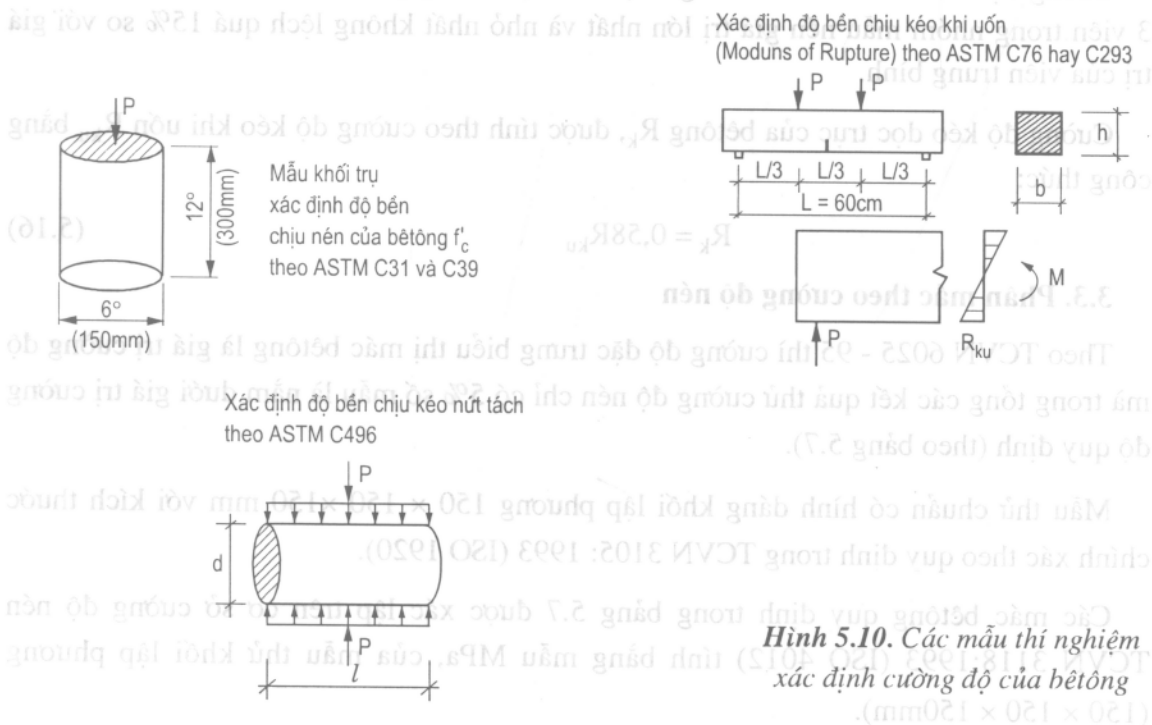
Mẫu thử uốn gồm 3 dầm. Khi sử dụng các dầm bê tông cốt từ kết cấu nếu không có đủ 3 dầm thì được phép lấy 2 dầm làm một nhóm mẫu thử.

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 $150 \times 150 \times 600$ 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.



Uốn bằng cách tăng tải liên tục lên mẫu với tốc độ không đổi và bằng $0,6 \pm 0,4$ daN/cm² trong một giây cho tới khi gãy mẫu.

Cường độ kéo khi uốn của từng mẫu đầm bê tông được tính bằng daN/cm² 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 $150 \times 150 \times 600$ 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 nén 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 $150 \times 150 \times 150$ 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 ($150 \times 150 \times 150$ 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:

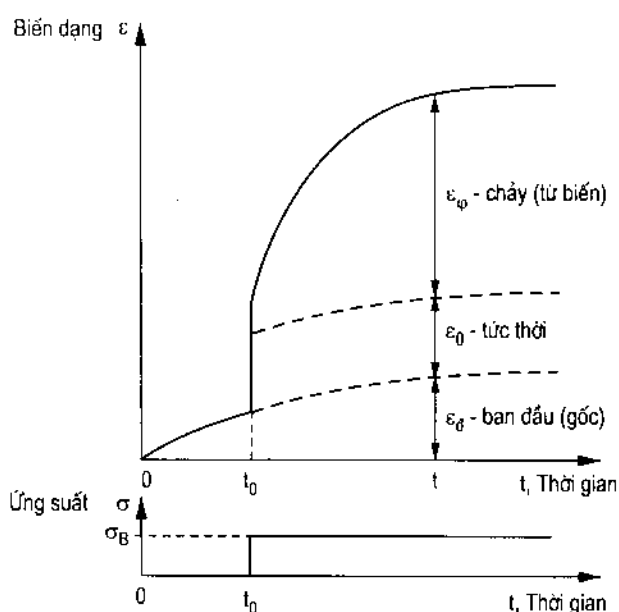
$$\varepsilon_{b_1} = 2\text{‰}, \varepsilon_{b_2} = 3\text{‰} \text{ và } \sigma_b = 0,85 \times \sigma_{c_j}/K_b, \text{ (mẫu hình trụ) } \sigma_b = 0,67 \times \sigma_{c_j}/K_b \text{ (lập phương)}$$

trong đó:

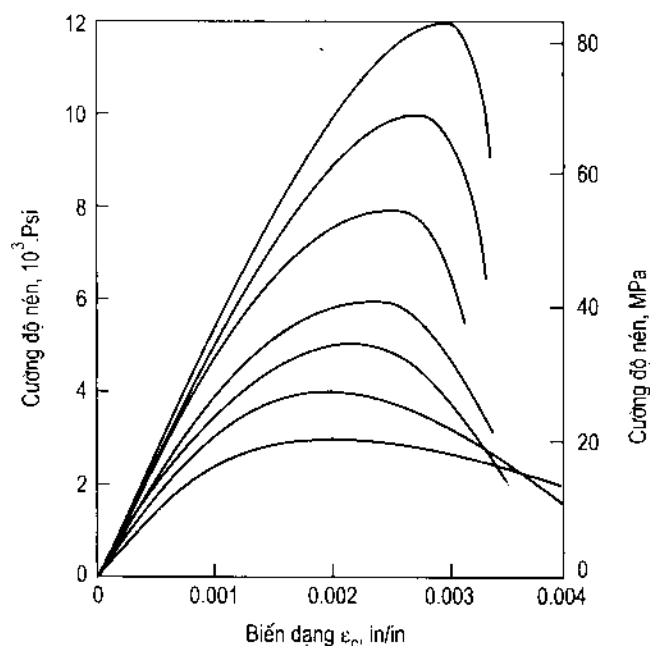
0,85 - hệ số tác dụng của tải trọng;

σ_{c_j} - cường độ nén bê tông ở tuổi j ngày;

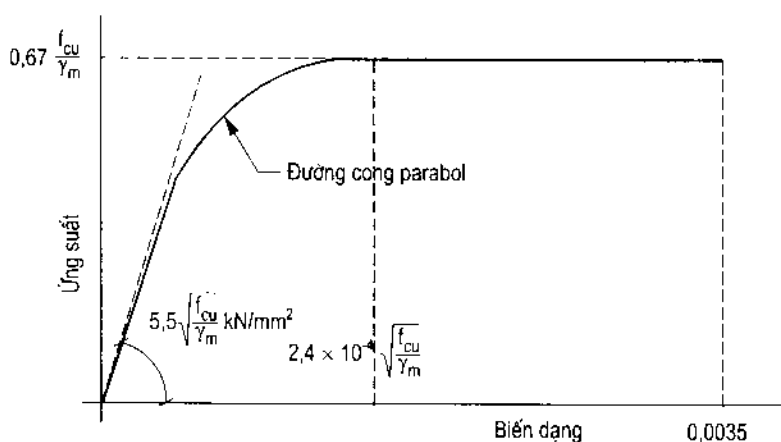
K_b - hệ số an toàn, $K_b = 1,5$



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 $< 50 \text{ MPa}$ và khối lượng riêng $\rho_b = 2,4$ thì ;

$$\begin{aligned} E_b &= 33\rho_b \times \sqrt{R_b} \\ E_b &= 57.000\sqrt{R_b} \end{aligned} \quad (5.18)$$

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 xi măng, 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 đo 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 ;

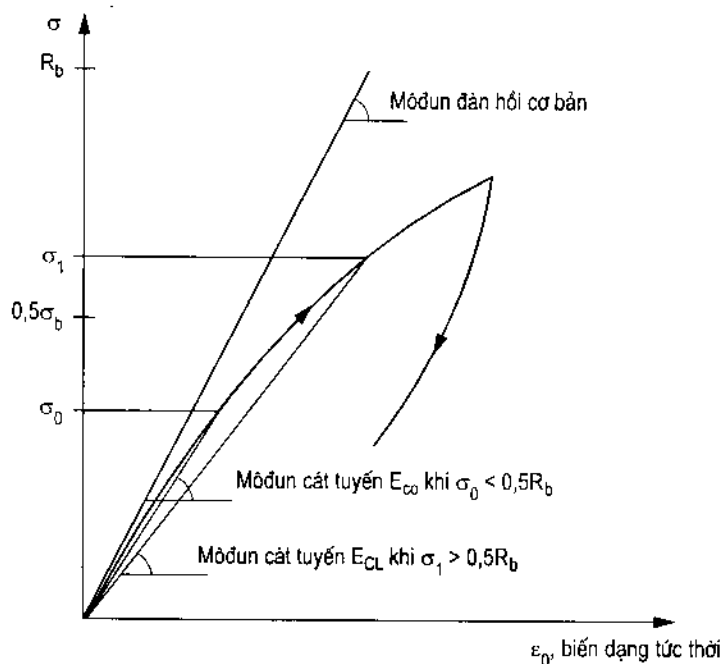
σ_1, σ_2 - ứng suất ban đầu và ứng suất khoảng 0,3 R_b .

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.



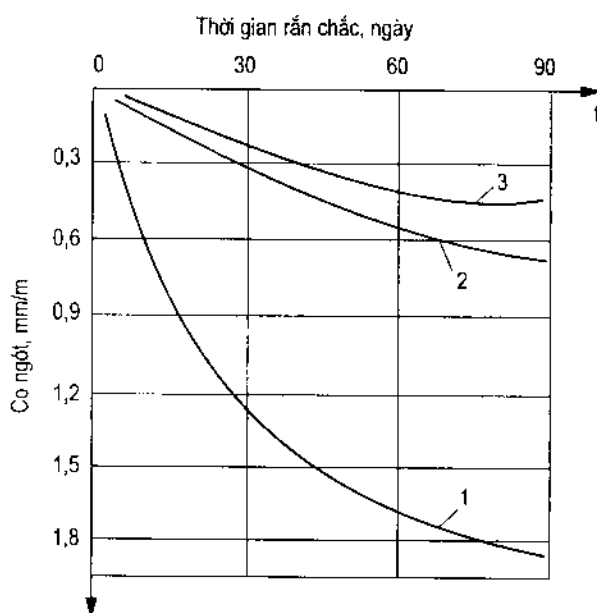
Hình 5.12. Các dạng môđun đàn hồi của bê tông thường

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.

Cơ hoá học đã gây ra ứng suất cơ ngót: nén - trong cốt liệu, cốt thép và kéo - trong đá xi măng. Ứng suất kéo trong đá xi măng 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 xi măng 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 chồng lên nhau.

Từ biến làm tăng độ võng kết cấu bê tông, làm tăng một cách đáng kể những lực không cân 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 xi măng.
- 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 - mô đun 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 $1 \mu m$) vì màng nước hấp phụ trong các mao quản đã có chiều dày đến $0,5 \mu m$. 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 pooc lăng 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 xi măng. 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. Xi măng

Tuỳ yêu cầu của loại bê tông có thể dùng các loại xi măng khác nhau. Có thể dùng xi măng pooclang, xi măng pooclang bền sunfat, xi măng pooclang xỉ, xi măng pooclang puzolan và các chất kết dính khác để thoả mãn các yêu cầu quy phạm. Trong đó việc lựa chọn mác xi măng 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 xi măng mác thích hợp để chế tạo bê tông, không nên dùng xi măng mác cao để chế tạo bê tông mác thấp, vì lượng xi măng dùng sẽ quá thấp, không tạo ra sự đồng nhất trong cấu trúc bê tông.

Nên chọn mác xi măng 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 xi măng, 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/l m³ bê tông (mác 20); 350 kg/l m³ (mác 30); 400 kg/l 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:

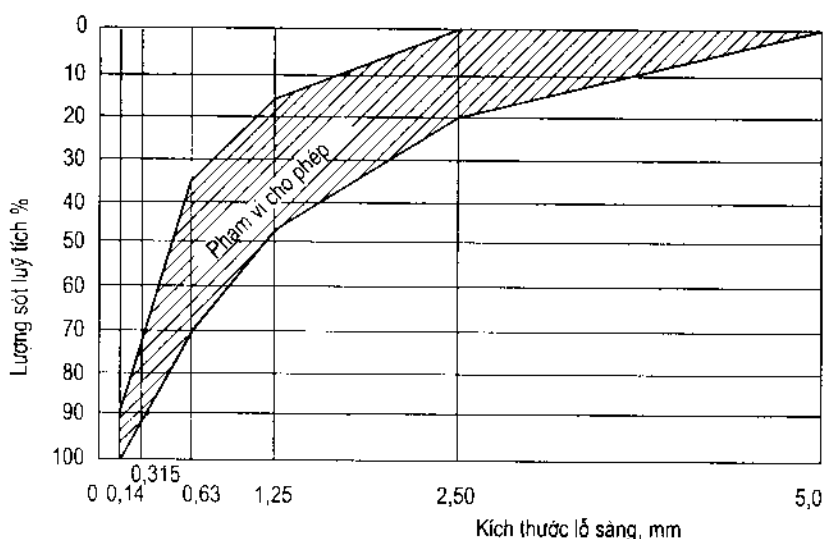
$$a_i = \frac{m_i}{m} \times 100\% \quad (5.26)$$

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°4 (4,75)	N°8 (2,36)	N°16 (1,18)	N°50 (0,9)	N°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 SO_3 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°8 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.

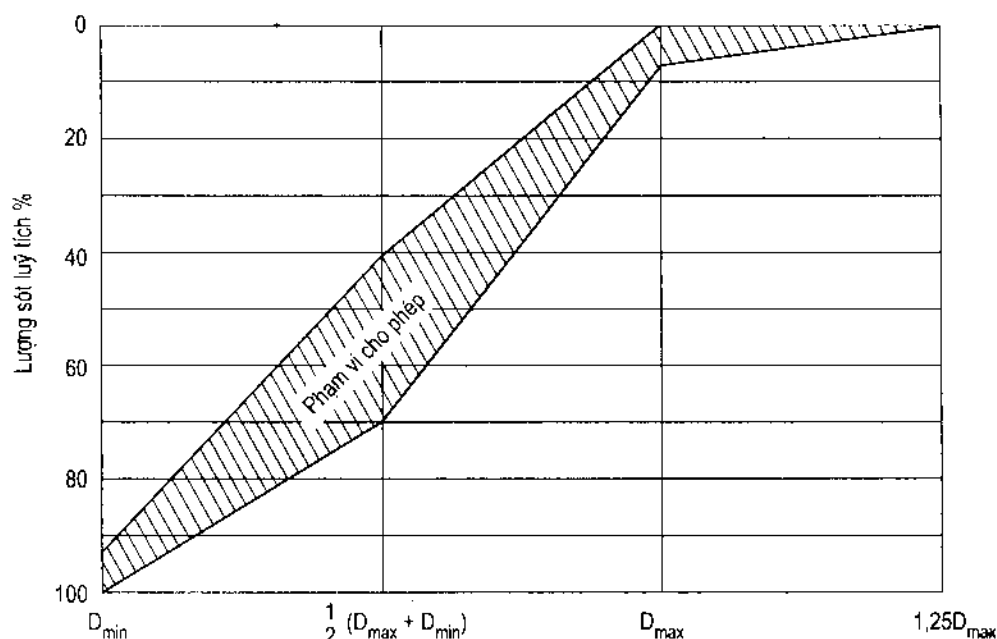
Lượng hạt dẹt không được vượt quá 25%, lượng hạt yếu và phong hoá không vượt quá 10% theo khối lượng.

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 đảm 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 đối 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), Pozolith.

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 đông 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 đông 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 naphtalen, 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 trợ không có phản ứng hoá học như xi măng. Phụ gia trợ 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 xi măng 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 Mordock (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:

$$\frac{X}{N} = \frac{R_b}{A_1 R_x} - 0,5 \quad (5.31)$$

trong đó:

R_b - mác của bê tông yêu cầu;

R_x - mác của xi măng;

A, A_1 - 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:

$$\frac{X}{\rho_x} + \frac{N}{\rho_n} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{D}{\rho_d} = 1000 \quad (5.33)$$

trong đó:

X, N, C, D 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):

$$\frac{X}{\rho_x} + N + \frac{C}{\rho_c} = \frac{D}{\gamma_d} \times r_d \times \alpha \quad (5.34)$$

Từ những phương trình trên tính được:

$$D = \frac{1000}{\frac{\alpha \cdot r_d}{\gamma_d} + \frac{1}{\rho_d}} \quad (\text{kg}) \quad (5.35)$$

Theo lý thuyết thể tích tuyệt đối ta có:

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_x} - N - \frac{D}{\rho_d} \right] \times \rho_c \quad (\text{kg}) \quad (5.36)$$

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.

$X, N, C, Đ$ - 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:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{X}{\gamma_X} + \frac{C}{\gamma_C} + \frac{Đ}{\gamma_Đ}} \quad (5.39)$$

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 lèn chặt (V_{ad}) đến $\rho_{ad} = 1,6 \div 1,605$

$$\text{Từ đó tính được:} \quad D = \rho_{ad} \times V_{ad} \quad (5.45)$$

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:

$$C = [1000 - V_X - N - V_a^D - V_{KK}] \times \rho_C \quad (5.46)$$

$$C = \left[1000 - \frac{X}{\rho_X} - N - \frac{D}{\rho_d} - 2\% \right] \times \rho_C \quad (5.47)$$

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 $3,15 \text{ T/m}^3$);

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 giếng 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 đã lên 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. Xi măng 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 xi măng X:

$X = 180/0,39 = 473\text{ kg}$.

5. Xác định lượng đá Đ:

Từ bảng A.4 với $D = 20\text{mm}$, $M_k = 2,8$. Thể tích đá lên 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:
$$Y = 50 - \sqrt{D_{max}} + K$$

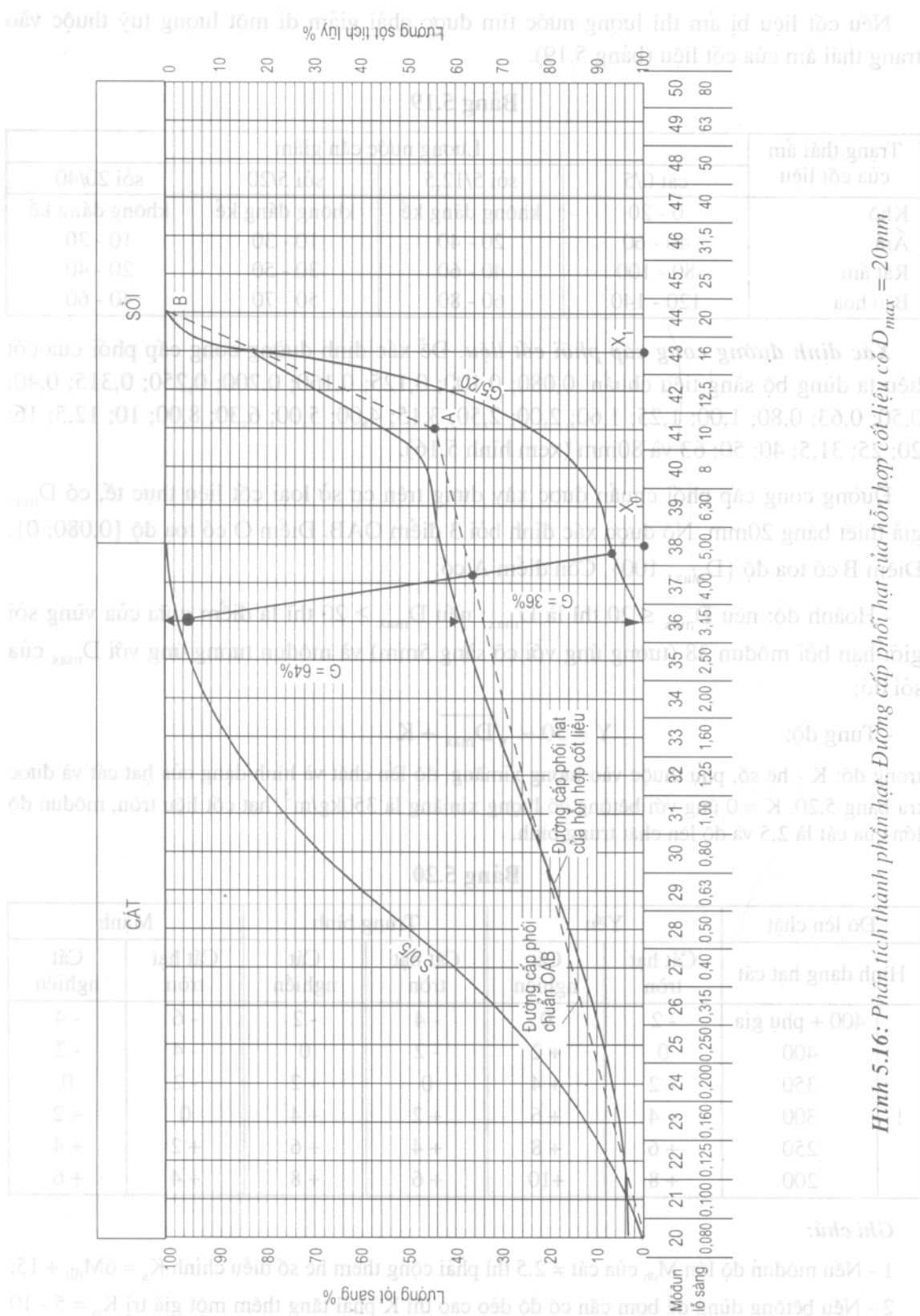
trong đó: K - hệ số, phụ thuộc vào lượng xi măng, độ lèn chặt và hình dạng của hạt cát và được tra bảng 5.20. K = 0 ứng với bê tông có lượng xi măng là 350kg/m^3 , hạt cốt liệu tròn, môđun độ lèn của cát là 2,5 và độ lèn chặt trung bình.

Bảng 5.20

Độ lèn chặt		Yếu		Trung bình		Mạnh	
Hình dạng hạt cát		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 lèn M_{dh} của cát $\neq 2,5$ thì phải cộng thêm hệ số điều chỉnh $K_s = 6M_{dh} + 15$;
- 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).



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
Dẻo	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.

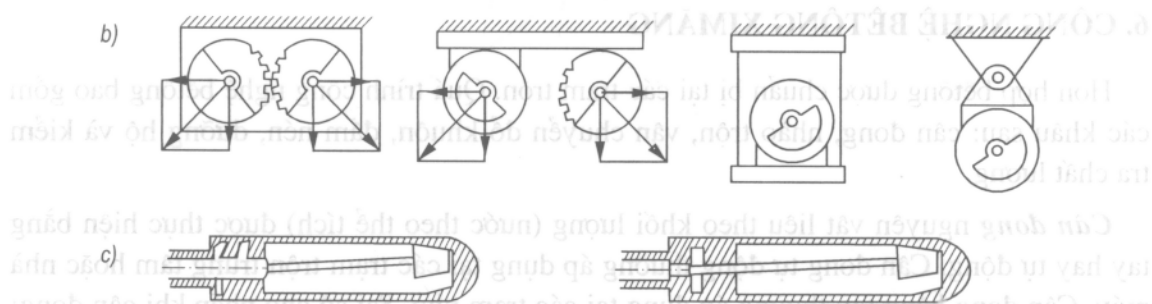
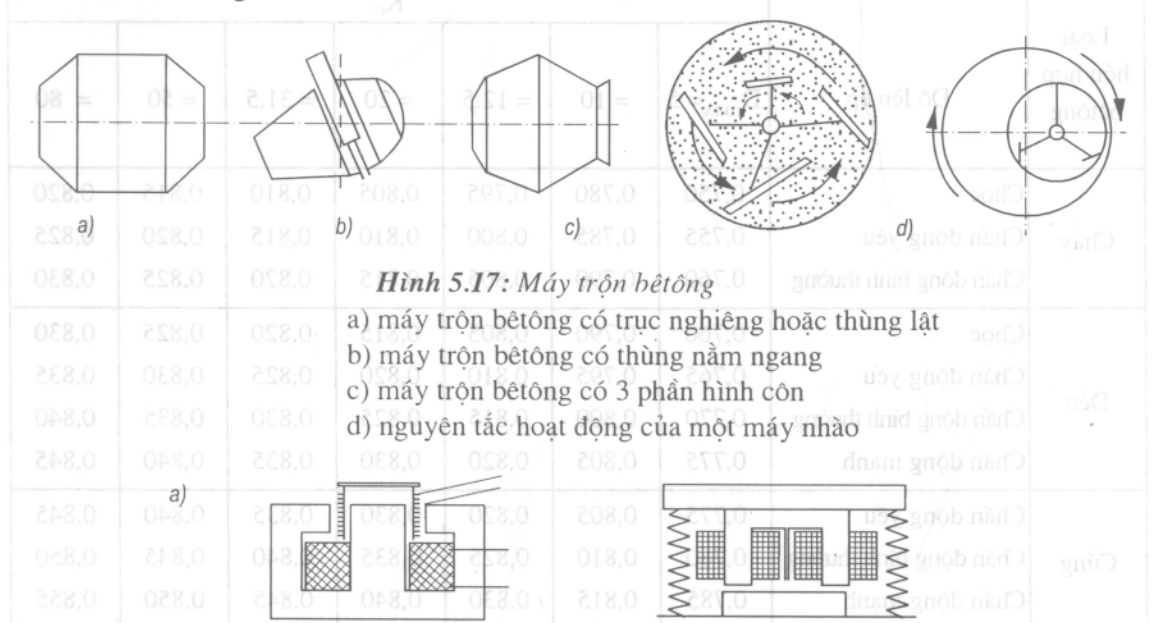
Trộn là khâu quan trọng để đảm bảo độ đồng nhất cho hỗn hợp bê tông. Có hai loại máy trộn: máy trộn tự do và máy trộn cưỡng bức.

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.



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; khí dung tích thùng máy trộn		
	$\leq 425 \text{ l}$	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 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 đầm, 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 chưng hơi ở áp lực thường, chưng 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 $15 \times 15 \times 15\text{cm}$ ở tuổi 90 ngày. Theo cường độ chịu nén người ta phân ra 7 mức 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 $15 \times 15 \times 60\text{cm}$ ở tuổi 90 ngày. Theo độ bền khi kéo dọc trục, phân bê tông ra 7 mức: 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 poocăng 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 nền dùng là ximăng poocăng thường và ximăng poocăng làm đường có mác 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 nền 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 BTD tốt 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 pooclăng cường độ cao

Bê tông cường độ cao là bê tông có cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày lớn hơn 60 MPa (mẫu 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:

D = 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 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.

Bê tông tự đầm (BTĐ) (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 poliacboxylat (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 xi măng xốp);

3. Bê tông nhẹ hốc lớn [vữa xi măng 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 xi măng pooc lăng thường, xi măng pooc lăng rắn nhanh, xi măng 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 polystyron 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 kg/m³, 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 kg/m³ 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 phồng được sản xuất bằng cách làm nguội đột ngột khối xỉ làm cho chúng nở phồng, 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 poocăng, xi măng poocăng xi, xi măng poocăng 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 nhuễn 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 mô đun 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)

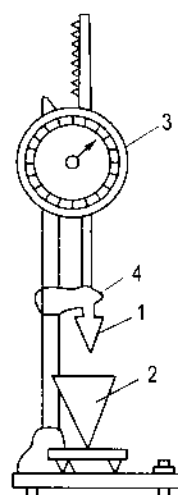
Độ dẻo của hỗn hợp vữa là tính chất quan trọng đảm bảo tính công nghệ và chất lượng của khối xây. Độ dẻo được đánh giá bằng độ cắm sâu vào vữa của một quả chùy kim loại nặng 300g có góc ở chóp bằng 30° (hình 6.1).

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)	Thi công mùa hè, nhưng không dùng để trát mặt (vì dễ nứt)
< 0,25	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 thớt hình trụ rỗng bằng kim loại (hình 6.2) đầy nắp rồi cho lên bàn rung trong 30 giây. Trượt thớt 1 và 2 trên

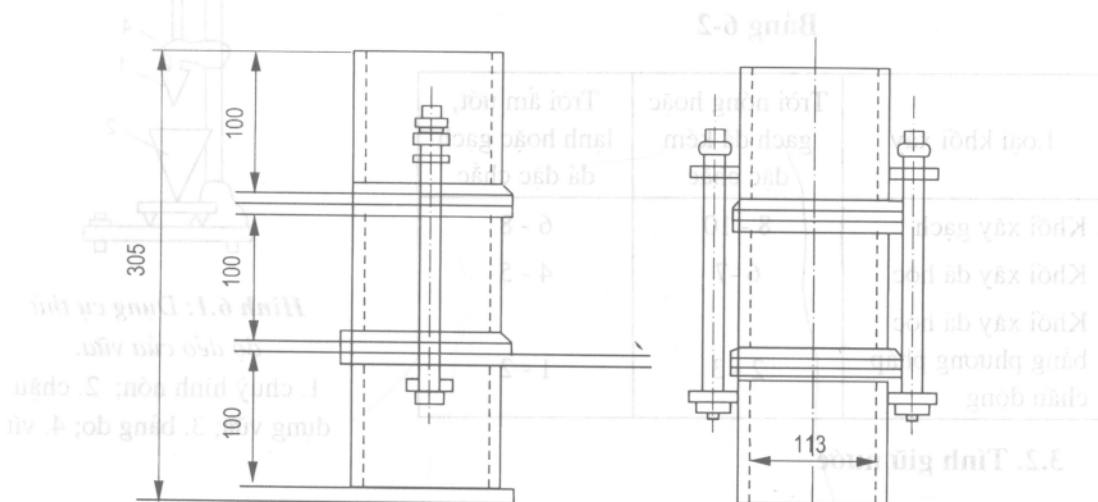
tấm trượt 4 và 5 để phân khối vữa ra làm 3 phần. Đổ phần 1 và 3 ra trộn lại trong 30 giây rồi xác định S_1 và S_3 . Giá trị PT được tính như sau:

$$PT = S_1 - S_3 \text{ (cm)}$$

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 thủy 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):

$$X = \frac{R_v - 4}{K.R_x} + 0,05 \quad (\text{tấn /m}^3 \text{ cát})$$

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:

$$\frac{V_x}{V_c} = \frac{1}{X}$$
$$\frac{V_v}{V}$$

4.4. Thành phần vữa xi măng

Thành phần vữa xi măng thường được lựa chọn theo bảng có sẵn .

Tỉ 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 tỉ 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.

Chương 7

VẬT LIỆU KIM LOẠI

Vật liệu kim loại sử dụng trong xây dựng có thể chế tạo từ kim loại đen và kim loại màu.

Kim loại đen dùng trong xây dựng là thép và gang. Kim loại màu thường dùng trong xây dựng là hợp kim nhôm.

Kim loại thường được sử dụng trong các công trình cầu, đường sắt, trạm phát điện, ... cũng như các công trình dân dụng, văn hoá thể thao. Chúng có ưu điểm là cường độ chịu lực cao, nhẹ hơn bê tông cốt thép, vượt được khẩu độ lớn và an toàn trong khai thác.

Nhược điểm cơ bản của kết cấu kim loại là giá thành cao và cần chú ý bảo dưỡng thường xuyên để chống ăn mòn.

1. PHÂN LOẠI

Vật liệu kim loại được chia làm hai loại: kim loại đen và kim loại màu.

Kim loại đen (thép và gang) là hỗn hợp sắt - cacbon với một số nguyên tố khác như silic, mangan, photpho, lưu huỳnh, v.v... Việc chia ra thép và gang chủ yếu dựa vào hàm lượng C trong hợp kim. Gang có hàm lượng $C \geq 2\%$; trong gang thường $C \leq 6\%$. Thép là hợp kim của sắt - cacbon có hàm lượng cacbon $< 2\%$. Theo hàm lượng cacbon chia ra: thép cacbon thấp ($\leq 0,25\%$), trung bình ($0,25 - 0,6\%$) và cao ($0,6 - 2\%$).

Khi tăng lượng cacbon, tính chất của thép cũng thay đổi: độ dẻo giảm, cường độ và độ giòn tăng. Trong các kết cấu xây dựng chịu tải trọng động thì nên dùng thép cacbon thấp.

Để tăng cường các tính chất kỹ thuật của gang và thép có thể cho thêm những nguyên tố kim loại khác như mangan, crôm, niken, molybden, nhôm, đồng, ... Nếu tổng lượng các nguyên tố này $\leq 2,5\%$ thì gọi là thép hợp kim thấp, từ 2,5 đến 10% - thép hợp kim vừa, $>10\%$ - thép hợp kim cao. Trong xây dựng chỉ dùng thép hợp kim thấp.

Thành phần các nguyên tố khác trong thép khoảng 1%.

Nhờ các nguyên tố thêm vào mà tính chống ăn mòn, tính đàn hồi và các tính chất kỹ thuật khác của thép và gang được tăng cường.

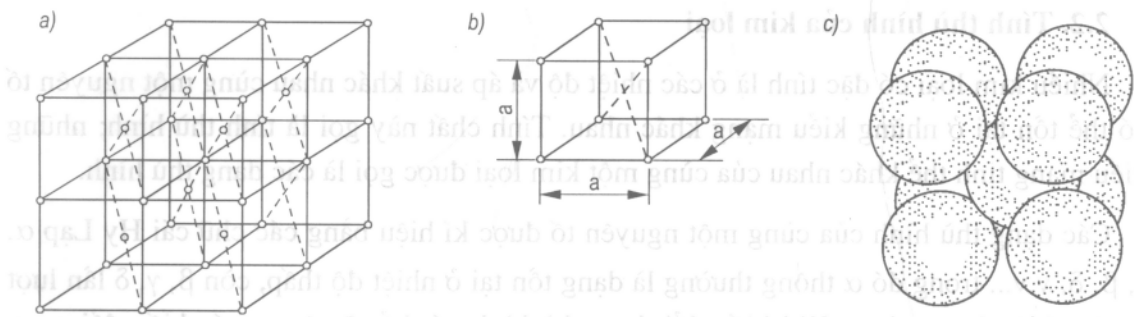
Kim loại màu được chia làm hai loại: nhẹ và nặng. Nhôm và magiê thuộc loại nhẹ. Loại nặng bao gồm: đồng, thiếc và hợp kim, được dùng trong các công trình đặc biệt để chống ăn mòn do khí quyển.

2. CẤU TRÚC TINH THỂ KIM LOẠI

Tất cả các kim loại và hợp kim của chúng khi ở trạng thái rắn đều là chất kết tinh (cấu trúc tinh thể). Chúng có nhiệt độ nóng chảy (hoặc đông cứng) nhất định, có nghĩa là có sự thay đổi rõ rệt từ trạng thái nguyên tử sắp xếp không trật tự (lỏng) sang trạng thái có trật tự (rắn, kết tinh). Mạng tinh thể là mô hình không gian của sự sắp xếp các chất điểm trong chất kết tinh.

2.1. Các dạng mạng tinh thể thường gặp của kim loại

Trong các kim loại thường hay gặp ba dạng mạng tinh thể: lập phương thể tâm, lập phương diện tâm và lục giác xếp chặt. Trong thép nhiệt luyện, hay gặp mactenxit có kiểu mạng lập phương thể tâm.



Hình 7.1. Mạng lập phương thể tâm

a) mạng tinh thể; b, c) ô mạng cơ sở

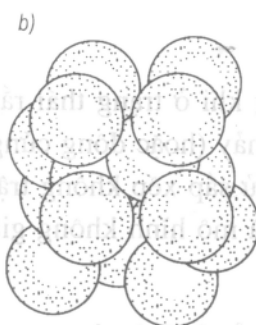
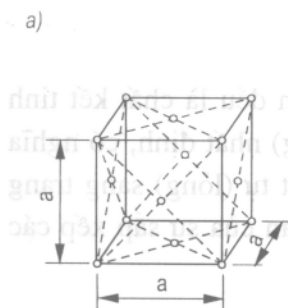
Các nguyên tử (ion) nằm ở các đỉnh và ở giữa (tâm) các khối lập phương. Hình 7.1a trình bày một phần của mạng tinh thể lập phương thể tâm, còn các hình 7.1b, c trình bày một ô mạng cơ sở của nó; trong đó hình 7.1b vẽ một cách quy ước, còn hình 7.1c biểu diễn gần như thật. Trường hợp này các nguyên tử (như các quả cầu) ở các đỉnh của hình lập phương không tiếp xúc trực tiếp với nhau nhưng lại cùng tiếp xúc với nguyên tử nằm ở tâm khối; hay nói khác đi: theo các cạnh và theo đường chéo các mặt của hình lập phương thì các nguyên tử nằm cách rời nhau, còn theo đường chéo của khối lập phương thì các nguyên tử nằm sát nhau.

Các kim loại Fe, Cr, W, Mo, ... có kiểu mạng này.

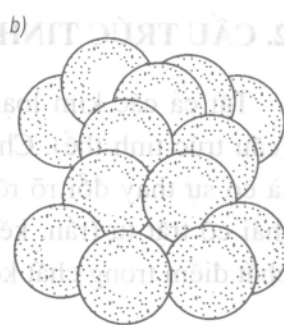
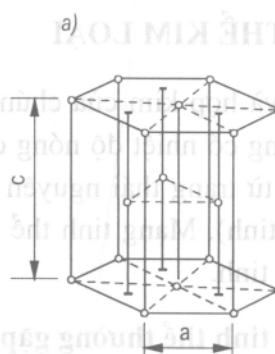
Trong mạng lập phương diện tâm (hình 7.2), các nguyên tử (ion) nằm ở các đỉnh và giữa (tâm) các mặt của hình lập phương. Bốn nguyên tử ở trên bốn đỉnh của mặt thì không tiếp xúc với nhau nhưng lại cùng tiếp xúc với nguyên tử nằm ở giữa mặt. Mạng lập phương diện tâm đặc trưng cho cấu trúc của Fe, Cu, Ni, Al, Pb, ...

Mạng lục giác xếp chặt: Hình 7.3 trình bày một ô mạng cơ sở lục giác xếp chặt, trong đó 12 nguyên tử nằm ở các đỉnh, 2 nguyên tử nằm ở giữa hai mặt đáy của hình lăng trụ lục giác và 3 nguyên tử nằm ở trung tâm ba khối lăng trụ tam giác cách nhau.

Các kim loại Be, Mg, Ti và Co có kiểu mạng lục giác xếp chặt.



Hình 7.2. Mạng lập phương diện tâm
a và b) ô mạng cơ sở



Hình 7.3. Mạng lục giác xếp chặt
a và b) ô mạng cơ sở

2.2. Tính thù hình của kim loại

Nhiều kim loại có đặc tính là ở các nhiệt độ và áp suất khác nhau cùng một nguyên tố có thể tồn tại ở những kiểu mạng khác nhau. Tính chất này gọi là tính thù hình; những kiểu mạng tinh thể khác nhau của cùng một kim loại được gọi là các dạng thù hình.

Các dạng thù hình của cùng một nguyên tố được kí hiệu bằng các chữ cái Hy Lạp α , γ , β , δ , v.v... trong đó α thông thường là dạng tồn tại ở nhiệt độ thấp, còn β , γ , δ lần lượt ở các nhiệt độ cao hơn. Khi biến đổi dạng thù hình có thể sẽ gây ra các biến đổi quan trọng về thể tích và tính chất của kim loại.

2.3. Sự kết tinh của kim loại

Phần lớn các kim loại sản xuất ra được luyện bằng phương pháp nấu chảy, sau đó đem đúc để thành hình sản phẩm hay bán thành phẩm. Chất lượng của vật đúc phụ thuộc vào quá trình chuyển biến từ trạng thái lỏng sang trạng thái tinh thể (rắn), tức là quá trình kết tinh.

Quá trình kết tinh hình thành mạng tinh thể từ trạng thái lỏng là sự kết tinh lần thứ nhất; phân biệt với sự chuyển mạng tinh thể ở trạng thái rắn (biến đổi thù hình) được gọi là sự kết tinh lần thứ hai. Mỗi kim loại tinh khiết khi kết tinh có sự đột biến từ trạng thái sắp xếp nguyên tử không trật tự sang trạng thái có trật tự ở một nhiệt độ nhất định.

Quá trình kết tinh của kim loại là một quá trình rất phức tạp. Khi hạ nhiệt độ xuống thấp hơn nhiệt độ kết tinh lý thuyết (T_s) trong kim loại lỏng xuất hiện những phân tử rắn rất nhỏ có cấu trúc tinh thể, các mầm phát triển và trở thành tinh thể.

Trong thực tế, quá trình kết tinh bắt đầu ứng với nhiệt độ kết tinh thực T_k . Sự khác nhau giữa nhiệt độ kết tinh lý thuyết và nhiệt độ kết tinh thực là $T = T_s - T_k$ được gọi là độ quá nguội. Tốc độ nguội càng lớn thì độ quá nguội càng lớn và dẫn đến làm giảm nhiệt độ kết tinh thực. Với tốc độ nguội chậm sự kết tinh xảy ra ở nhiệt độ không đổi

(đoạn nằm ngang trên biểu đồ trạng thái). Ngoài ra, tốc độ nguội còn ảnh hưởng đến cấu trúc kim loại và độ đồng nhất của nó.

Độ quá nguội ảnh hưởng đến tốc độ kết tinh và cấu trúc của kim loại vì nó ảnh hưởng đến tốc độ tạo mầm và tốc độ phát triển kích thước của tinh thể. Khi độ quá nguội nhỏ kim loại sẽ có cấu trúc hạt lớn (chất lượng kim loại thấp). Khi độ quá nguội lớn thì tốc độ tạo mầm lớn, tốc độ phát triển mầm lớn, kim loại sẽ có cấu trúc hạt nhỏ (tính chất cơ học của kim loại tốt).

2.4. Cấu trúc tinh thể của vật đúc

Kim loại lỏng sau khi luyện xong được đem đúc thành thỏi hay thành sản phẩm. Cấu tạo tinh thể của vật đúc cũng như thỏi đúc có quan hệ mật thiết đến cơ tính cũng như tính gia công áp lực khi cán tiếp theo.

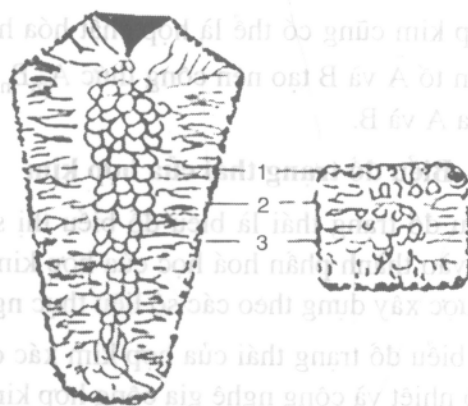
Hình dạng và độ lớn của hạt tinh thể tạo thành phụ thuộc vào độ quá nguội, tốc độ và phương tản nhiệt. Với các vật đúc và thỏi đúc khác nhau các điều kiện kể trên có thể rất khác nhau, do đó chúng có cấu trúc tinh thể không giống nhau.

Trong thỏi đúc, từ ngoài vào trong nói chung có ba khu vực kết tinh điển hình (hình 7.4).

Vùng 1 gồm các hạt tinh thể nhỏ không định hướng. Do kim loại lỏng ở lớp ngoài cùng bị nguội đột ngột, hơn nữa do tiếp xúc với thành khuôn nguội nên kết tinh với độ quá nguội lớn và hạt nhỏ.

Vùng 2 (trung gian) là vùng tinh thể hình trụ (gồm các hạt dài có trục vuông góc với thành khuôn). Vùng này kết tinh sau lớp vỏ ngoài.

Vùng 3 (trung tâm) là vùng tinh thể có cấu tạo hạt lớn, hình nhánh cây có hướng khác nhau.



Hình 7.4. Sơ đồ cấu trúc tinh thể của thỏi đúc

3. CẤU TẠO CỦA HỢP KIM VÀ BIỂU ĐỒ TRẠNG THÁI

3.1. Cấu tạo của hợp kim

Trong xây dựng ít sử dụng kim loại nguyên chất mà thường sử dụng hợp kim. Hợp kim có thể chứa hai hoặc nhiều nguyên tố kim loại khác nhau.

Tùy thuộc vào đặc tính tác dụng giữa các thành phần của hợp kim mà ta có hợp kim là hỗn hợp cơ học, dung dịch rắn hay hợp chất hoá học.

Hỗn hợp cơ học bao gồm từ hai thành phần trở lên, chúng không có khả năng tạo thành dung dịch rắn và cũng không có khả năng liên kết hóa học. Hỗn hợp chỉ có hai thành phần gọi là hai hệ thống pha. Thép là hợp kim phổ biến nhất, là hỗn hợp cơ học của hai pha: ferit (dung dịch rắn xen kẽ cacbon trong αFe) và xementit (Fe_3C). Thép với hàm lượng cacbon và chế độ nhiệt luyện khác nhau sẽ tạo ra hỗn hợp cơ học của hai pha có số lượng, hình dạng và kích thước tinh thể của pha khác nhau, làm cho tính chất cơ học thay đổi trong phạm vi rộng thích hợp cho những mục đích sử dụng khác nhau.

Dung dịch rắn là hợp kim trong đó một kim loại (chiếm phần cơ bản) là dung môi và một kim loại chiếm phần ít hơn - là kim loại hoà tan. Kim loại là dung môi vẫn giữ nguyên được cấu tạo mạng, còn kim loại hoà tan không giữ được cấu tạo mạng mà phân tán vào trong kim loại dung môi.

Tùy theo cách phân bố của kim loại hoà tan trong mạng tinh thể của kim loại dung môi mà ta có hai dạng dung dịch rắn thay thế và xen kẽ (hòa tan).

Trong dung dịch rắn thay thế, các nguyên tử hoà tan thay thế các nguyên tử dung môi tại các nút mạng. Trong dung dịch rắn hòa tan nguyên tử hòa tan hòa tan vào dung môi với một hàm lượng bất kỳ.

Hợp kim cũng có thể là hợp chất hóa học, cấu tạo từ một số nguyên tố, thí dụ từ hai nguyên tố A và B tạo nên công thức A_mB_n . Mạng tinh thể của A_mB_n khác với mạng tinh thể của A và B.

3.2. Biểu đồ trạng thái của hợp kim

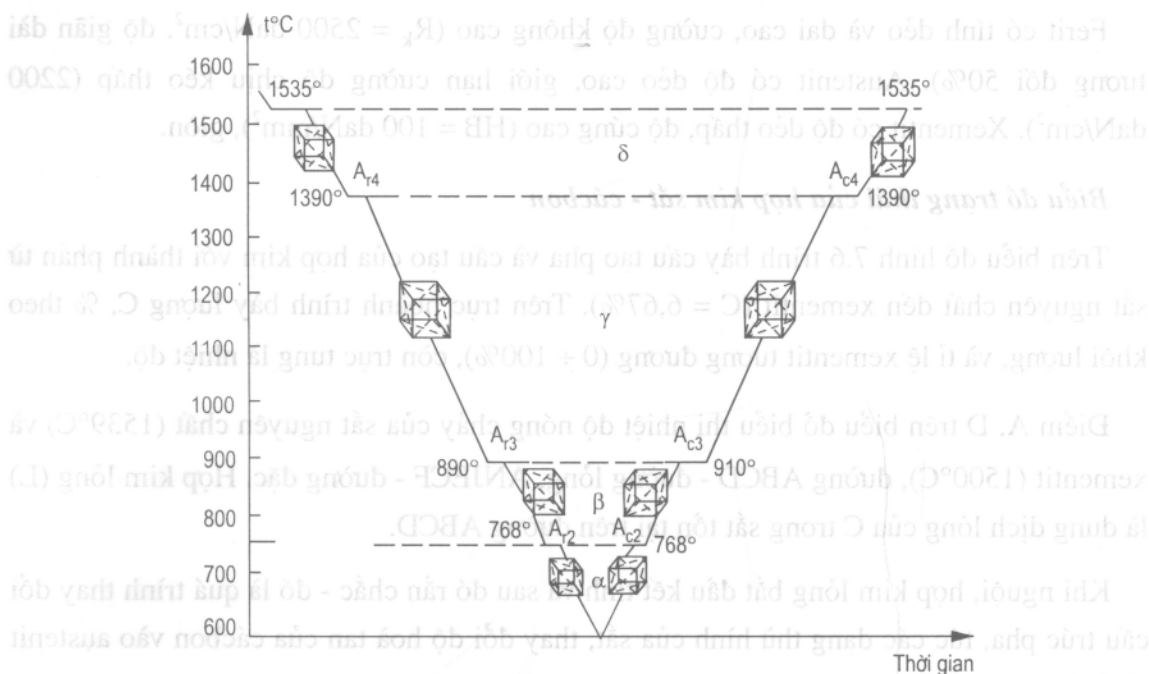
Biểu đồ trạng thái là biểu đồ biểu thị sự phụ thuộc của trạng thái pha (trạng thái tổ chức) vào thành phần hoá học của hợp kim và nhiệt độ kết tinh cân bằng. Biểu đồ trạng thái được xây dựng theo các số liệu thực nghiệm.

Từ biểu đồ trạng thái của hợp kim xác định được nhiệt độ chảy, nhiệt độ chuyển pha, chế độ nhiệt và công nghệ gia công hợp kim, dự đoán tính chất của hợp kim.

Khi làm nguội từ từ các kim loại nguyên chất (hệ có một nguyên tố) thì nhiệt độ cũng được giảm đều đều cho tới khi xuất hiện pha kết tinh. Quá trình kết tinh hoàn toàn xảy ra ở một nhiệt độ không đổi (đoạn nằm ngang trên đường nguội). Sau đó nhiệt độ tiếp tục giảm trên biểu đồ nhiệt độ - thời gian với một tốc độ khác.

Khi làm nguội từ từ hợp kim hai nguyên tố, đường nguội có hình phức tạp hơn. Nếu thay đổi tỷ lệ của từng nguyên tố tạo nên hợp kim sẽ dẫn đến sự thay đổi nhiệt độ kết tinh của hợp kim sẽ dẫn đến sự thay đổi nhiệt độ kết tinh của hợp kim. Biểu đồ trạng thái hai nguyên tố (cấu tạo) biểu thị quan hệ giữa nhiệt độ và thành phần hợp kim. Mỗi điểm trên trục hoành sẽ có một hợp kim có thành phần xác định theo trục tung. Khoảng diện tích giữa hai trục, được các đường chia thành các vùng có trạng thái tổ chức giống nhau.

Theo các số liệu thực nghiệm xây dựng được biểu đồ trạng thái của hợp kim bằng cách chuyển các điểm đặc tính ở biểu đồ nhiệt độ - thời gian sang biểu đồ nhiệt độ - thành phần.



Hình 7.5. Đường nguội của sắt tinh khiết

Hợp kim sắt - cacbon

Hợp kim sắt - cacbon (thép và gang) có hai cấu tử chính là sắt và cacbon.

Sắt là nguyên tố kim loại thuộc nhóm 6 của hệ thống tuần hoàn các nguyên tố hoá học. Nó có khối lượng nguyên tử bằng 56, nhiệt độ nóng chảy 1539°C. Hợp chất hoá học của sắt và cacbon có công thức Fe_3C . Sắt nguyên chất (99,8 - 99,9% Fe) có giới hạn bền kéo 2500 daN/cm², giới hạn chảy 1200 daN/cm², độ giãn dài tương đối là 50%.

Sắt có các dạng thù hình αFe , γFe , βFe , δFe , song chỉ αFe và γFe là có ý nghĩa thực tế.

Sắt có hai kiểu mạng tinh thể: lập phương thể tâm và lập phương diện tâm.

Mạng tinh thể lập phương thể tâm tồn tại ở hai khoảng nhiệt độ: dưới 910°C là βFe ; dưới 768°C là αFe có từ tính.

Mạng lập phương diện tâm tồn tại ở khoảng 910 - 1392°C là γFe . Ở nhiệt độ 898°C thì γFe chuyển thành βFe , và ở nhiệt độ 768°C thì βFe chuyển thành αFe .

γFe có ý nghĩa thực tế rất lớn, nó hoà tan đến 2,14% cacbon ở nhiệt độ 1147°C tạo nên dung dịch rắn là austenit.

Khả năng hoà tan C trong αFe rất thấp (0,02% C đến 0,006%). Dung dịch rắn của αFe và cacbon là ferit.

Sắt và cacbon tạo nên hợp chất hoá học Fe_3C với 6,67% gọi là xementit. Xementit có cấu trúc tinh thể rất phức tạp, nhiệt độ nóng chảy ở khoảng 1500°C.

Ferit có tính dẻo và dai cao, cường độ không cao ($R_k = 2500 \text{ daN/cm}^2$, độ giãn dài tương đối 50%). Austenit có độ dẻo cao, giới hạn cường độ chịu kéo thấp (2200 daN/cm^2). Xementit có độ dẻo thấp, độ cứng cao ($HB = 100 \text{ daN/mm}^2$), giòn.

Biểu đồ trạng thái của hợp kim sắt - cacbon

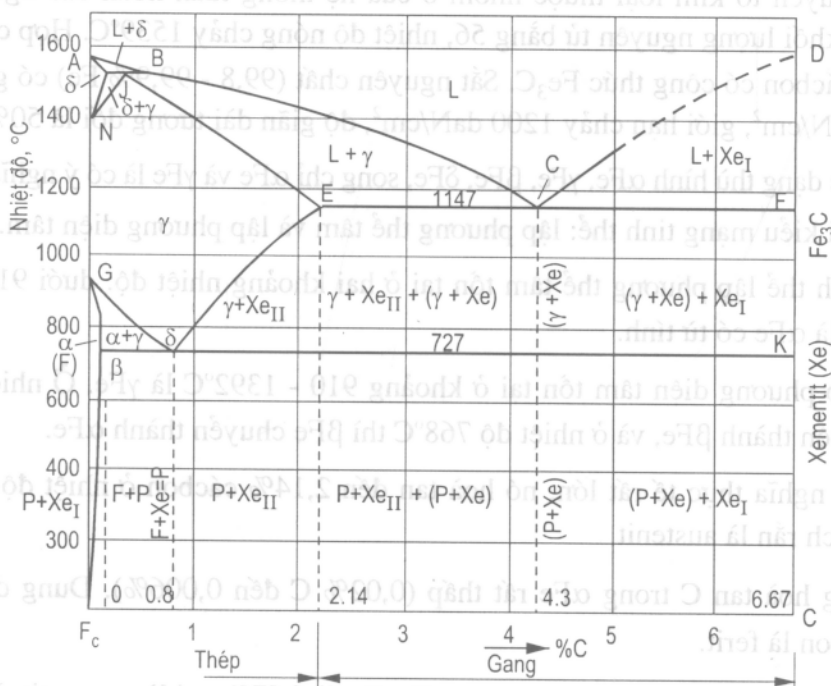
Trên biểu đồ hình 7.6 trình bày cấu tạo pha và cấu tạo của hợp kim với thành phần sắt nguyên chất đến xementit ($C = 6,67\%$). Trên trục hoành trình bày lượng C, % theo khối lượng, và tỉ lệ xementit tương đương ($0 \div 100\%$), còn trục tung là nhiệt độ.

Điểm A, D trên biểu đồ biểu thị nhiệt độ nóng chảy của sắt nguyên chất (1539°C) và xementit (1500°C), đường ABCD - đường lỏng, ANJECF - đường đặc. Hợp kim lỏng (L) là dung dịch lỏng của C trong sắt tồn tại trên đường ABCD.

Khi nguội, hợp kim lỏng bắt đầu kết tinh và sau đó rắn chắc - đó là quá trình thay đổi cấu trúc pha, tức các dạng thù hình của sắt, thay đổi độ hoà tan của cacbon vào austenit và ferit.

Theo lượng cacbon trong hợp kim sắt - cacbon chia ra thép ($C = 0 - 2,14\%$) và gang có lượng cacbon lớn hơn $2,14\%$.

Điểm E ($C = 2,14\%$) là điểm giới hạn để phân biệt thép và gang.



Hình 7.6. Biểu đồ trạng thái sắt - cacbon (sắt xementit)

Theo lượng cacbon chia ra 3 loại thép:

- Thép trước cùng tinh có thành phần cacbon nhỏ hơn 0,8% với tổ chức peclit (P) và ferit (F), hợp kim rất ít cacbon (C đến 0,02%, ứng với điểm P trên biểu đồ) - gọi là sắt kỹ thuật. Sự kết tinh của thép trước cùng tinh theo đường ABC và ANJE.

- Thép cùng tinh có thành phần cacbon 0,8%, tổ chức peclit (trên đường PSK, $t^{\circ} = 727^{\circ}\text{C}$).

- Thép sau cùng tinh có thành phần cacbon lớn hơn 0,8% và đến 2,14%. Khi nhiệt độ lớn hơn đường SE trong thép chỉ có austenit (γ). Khi nhiệt độ nhỏ hơn đường SE (nhỏ hơn 727°C) thép sau cùng tinh có tổ chức peclit và xementit thứ hai (XeII).

Gang theo thành phần cacbon cũng chia ra 3 loại:

- Gang trắng trước cùng tinh có C nhỏ hơn 4,3% (phân bố giữa đường BC và ED), tạo ra từ hai pha: lỏng và austenit ($L + \gamma$). Ở nhiệt độ cùng tinh 1147°C hợp kim lỏng kết tinh tạo ra lêđêburit (Le). Gang trước cùng tinh ở giữa đường EC, PSK (727°C) có các tổ chức austenit, xementit thứ 2 (XeII) và lêđêburit ($\gamma + \text{Xe}$). Dưới 727°C austenit chuyển thành peclit.

- Gang cùng tinh có thành phần C = 4,3% (điểm C) chỉ có một tổ chức là lêđêburit ($\gamma + \text{Xe}$).

- Gang sau cùng tinh có thành phần cacbon lớn hơn 4,3% với tổ chức lêđêburit và xementit thứ nhất (XeI).

Như vậy các tổ chức của hợp kim sắt - cacbon như sau: xementit (XeI, XeII), ferit (F), austenit (γ) là tổ chức một pha (đã trình bày ở phần trên). Tổ chức hai pha gồm: peclit (P) là hỗn hợp cơ học của ferit và xementit ($F + \text{Xe}$), có tính chất là trung gian kết hợp giữa ferit và xementit. Peclit có độ cứng, độ bền cao, độ dẻo thấp (giới hạn độ bền từ 8200 - 13300 daN/cm², độ giãn dài tương đối 11%).

Lêđêburit là hỗn hợp cơ học của ferit và xementit. Lêđêburit rất cứng và giòn.

4. CÁC TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

4.1. Biến dạng

Khi chịu tác dụng của tải trọng kim loại có 3 giai đoạn biến dạng: biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và phá hủy. Quan hệ giữa biến dạng (Δl) và tải trọng P được giới thiệu ở hình 7.7.

Biến dạng đàn hồi có quan hệ giữa Δl và P là bậc nhất (biến dạng mất đi khi ngừng tác dụng của tải trọng).

Biến dạng dẻo là biến dạng xảy ra khi tải trọng vượt quá tải trọng đàn hồi khi đó quan hệ Δl và P không còn là bậc nhất nữa. Nguyên nhân gây ra biến dạng dẻo là sự trượt mạng tinh thể.

Giai đoạn phá hoại khi tải trọng đạt giá trị cực đại $P_{\max}$, vết nứt xuất hiện và mẫu bị phá hoại.

Biến dạng dẻo là đặc trưng quan trọng của kim loại, nó làm cho kim loại có khả năng gia công nhiệt để tạo ra những tính chất phù hợp với điều kiện sử dụng.

Đặc trưng cho biến dạng của kim loại là độ giãn dài tương đối và độ thắt tương đối.

Độ giãn dài tương đối δ là tỷ số phần trăm giữa độ giãn dài sau khi kéo Δl và độ dài ban đầu l_0 của mẫu và được xác định theo công thức:

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} 100\%$$

Độ thắt tương đối ψ được xác định theo công thức:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100\%$$

trong đó: F_0 và F_k - diện tích tiết diện ban đầu và khi có biến dạng thắt (đứt).

Để xác định độ dẻo thì công, cần thí nghiệm uốn vòng cốt thép hoặc thí nghiệm gấp và duỗi thẳng. Số lần thí nghiệm chính là độ dẻo của thép. Kết quả thí nghiệm gấp duỗi thông thường từ 7 - 10 lần.

Hai tính chất chủ yếu quyết định đặc tính của cốt thép là điểm uốn (nói chung được xác định qua lực kéo và nén) và môđun đàn hồi E_s . Thông số thứ hai là như nhau đối với tất cả các loại cốt thép (nhưng không áp dụng cho thép dự ứng lực) và lấy giá trị là $E_s = 29.000.000 \text{ psi}$. ($2 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$). Môđun đàn hồi của thanh thép hợp kim lấy giá trị $27.000.000 \text{ psi}$.

Ngoài ra, hình dạng của đường cong ứng suất - sức căng; và đặc biệt là đoạn đường cong ban đầu có ảnh hưởng đáng kể lên đặc tính của các kết cấu bê tông cốt thép.

4.2. Cường độ

Khi thí nghiệm kéo mẫu thử (hình 7.7) đặc trưng cường độ vật liệu kim loại là 3 chỉ tiêu sau:

Giới hạn đàn hồi (σ_d) là ứng suất lớn nhất ứng với tải trọng đàn hồi (P_d):

$$\sigma_d = \frac{P_d}{F_0} \quad (\text{daN/cm}^2, \text{MPa})$$

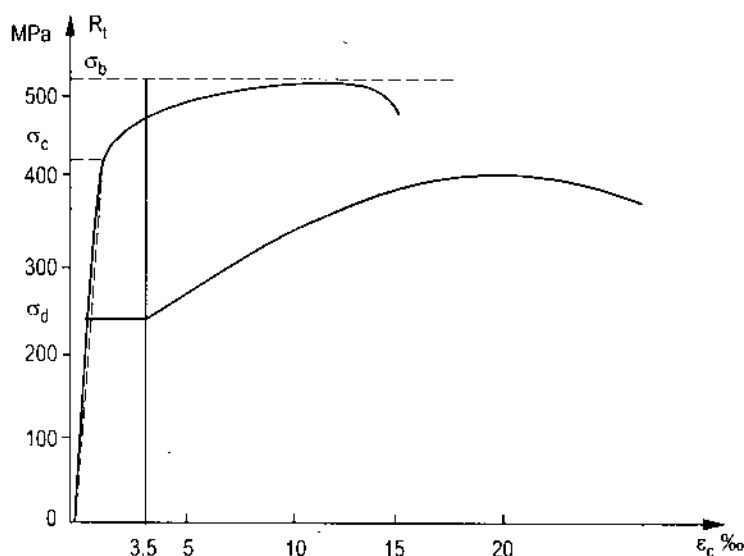
Giới hạn chảy σ_c là ứng suất khi kim loại chảy (tải trọng không đổi nhưng độ giãn dài tiếp tục tăng):

$$\sigma_c = \frac{P_c}{F_0} \quad (\text{daN/cm}^2, \text{MPa})$$

Trong kỹ thuật, người ta dùng giới hạn chảy quy ước $\sigma_{0,2}$ đó là ứng suất ứng với trạng thái có biến dạng dư bằng 0,2% chiều dài ban đầu của mẫu.

Giới hạn bền σ_b (khi mẫu bị phá hoại):

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{F_0} \quad (\text{daN/cm}^2, \text{MPa})$$



Hình 7.7. Biểu đồ kéo của kim loại

4.3. Độ bền xung kích (va chạm)

Độ bền xung kích là khả năng của thép chống lại tác dụng của tải trọng va chạm, được thí nghiệm trên mẫu có kích thước 1×1 cm và được ký hiệu là a_K , daN/cm², (xem chương 1).

4.4. Độ cứng

Độ cứng của kim loại dùng trong xây dựng được xác định theo phương pháp Brinen. Giới hạn độ cứng của thép xây dựng từ 300 - 400.

4.5. Cường độ mỏi (theo ASTM)

Trong các công trình cầu trên đường cao tốc và một số trường hợp khác cả thép và bê tông đều bị chịu tác động rất nhiều của ứng suất dao động. Dưới các điều kiện này, thép cũng như bê tông đều bị mỏi. Kim loại khi bị mỏi sẽ hình thành các vết nứt nhỏ sau chu kỳ ứng suất tác động theo thời gian. Các vết nứt vì mỏi này diễn ra tại các điểm tập trung ứng suất hoặc tại các điểm không liên tục khác và tăng dần lên cùng với sự tăng của số lần dao động ứng suất. Nó làm giảm diện tích mặt cắt ngang chưa bị nứt còn lại của thanh cho đến khi trở nên quá nhỏ để chịu lực tác động. Tại điểm này thanh bị phá hỏng ở dạng gãy đột ngột.

Đối với các thanh cốt thép cường độ mỏi, có nghĩa là, ứng suất mà tại đó một dao động ứng suất giữa $f_{\max}$ và $f_{\min}$ có thể được tác động tới 2 triệu lần hoặc cao hơn mà không gây ra phá hỏng, thực tế hoàn toàn độc lập với cấp độ thép. Phạm vi ứng suất, có nghĩa là, sự khác nhau đại số giữa ứng suất cực đại và ứng suất cực tiểu, $f_l = f_{\max} - f_{\min}$

có thể được duy trì gây ra sự phá hỏng vì mỗi phụ thuộc vào $f_{\min}$. Hơn nữa, trong thép cây đã làm biến dạng mức độ tập trung ứng suất tại vị trí mà đường gân liên kết với thân hình trụ chính của cây thép có khuynh hướng làm giảm phạm vi ứng suất an toàn. Sự tập trung ứng suất này phụ thuộc vào tỉ số r/h , trong đó r là bán kính cơ sở của sự biến dạng và h là chiều cao. Bán kính r là bán kính chuyển tiếp từ bề mặt của cây thép cho đến phần biến dạng.

Trên cơ sở các thí nghiệm mở rộng công thức sau đây được thành lập cho việc thiết kế:

$$f_r = 21 - 0,33f_{\min} + 8 \frac{r}{h}$$

trong đó:

f_r - phạm vi ứng suất an toàn, ksi;

$f_{\min}$ - ứng suất cực tiểu; mang dấu dương nếu là lực kéo và mang dấu âm nếu là lực nén;

r/h - tỉ số của bán kính cơ sở trên chiều cao của phần biến dạng khi kéo thép (trong trường hợp thông thường r/h có giá trị là 0,3).

Khi các thanh thép bị đặt vào chế độ mỏi, nên tránh các ứng suất tập trung như ứng suất mối hàn, uốn cong vì chúng có thể cho cường độ mỏi bị kém đi.

5. CÁC LOẠI THÉP XÂY DỰNG

Trong xây dựng chủ yếu sử dụng thép cacbon và thép hợp kim thấp.

5.1. Thép cacbon

Thành phần hóa học

Thành phần hóa học của thép cacbon gồm chủ yếu là Fe và C; ngoài ra còn chứa một số nguyên tố khác tùy theo điều kiện luyện thép:

$C < 2\%$, $Mn \leq 0,8\%$, $Si \leq 0,5\%$; $P, S \leq 0,05\%$; Cr, Ni, Cu, W, Mo, Ti - rất ít (0,1 - 0,2%).

Mn, Si là 2 tạp chất có tác dụng nâng cao cơ tính của thép cacbon; P, S là những tạp chất làm giảm chất lượng của thép, nâng cao tính giòn nguội trong thép, nhưng lại tạo tính dễ cắt gọt cho thép.

Phân loại thép cacbon

- Theo phương pháp luyện thép chia ra 3 loại thép cacbon: Thép lò Mactanh (cổ điển): có chất lượng tốt, khử P, S khá tốt. Thép lò thổi ôxy: phương pháp này cho sản lượng cao, song khử P, S kém. Thép cacbon đặc biệt: được chế tạo trong các lò điện.

- Theo phương pháp khử oxy thì chia thép ra thép sôi (khử chưa hết FeO), thép lặng (khử hết FeO) và thép nửa lặng.

- Theo phạm vi sử dụng chia thép ra thép cacbon xây dựng, thép cacbon kết cấu (chi tiết máy) và thép công cụ.

Các loại thép cacbon

Vật liệu thép cacbon thường ở dạng đã qua cán nóng (tấm, thanh, dây, thép hình chữ U, I, thép góc...) chủ yếu để dùng trong xây dựng, không được gia công tiếp theo để tăng chất lượng. Thành phần lưu huỳnh và photpho khá cao ($S < 0,06\%$; $P < 0,07\%$).

Tiêu chuẩn Việt Nam quy định ký hiệu thép cacbon thường nhóm A bằng 2 chữ GT và sau đó là độ bền giới hạn (daN/cm^2).

Tiêu chuẩn của Nga ký hiệu là CT và sau đó là chỉ số 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (chỉ số nhóm tăng thì thành phần C tăng và chỉ tiêu cơ tính cũng tăng).

Thép cacbon thường lại chia ra ba loại A, B, C.

Loại A là thép cacbon thường chỉ quy định về cơ tính. Bảng 7.1 trình bày cơ tính của thép cacbon thường loại A của Việt Nam và Nga (TCVN 1765 - 75 và tiêu chuẩn Nga 380 - 71).

Thép loại C là thép cacbon thường được quy định cả về cơ tính lẫn thành phần. Loại thép này trong ký hiệu Việt Nam thêm chữ C, còn Nga thêm chữ B. Loại thép này có cơ tính như thép loại A và có thành phần hoá học như thép loại B cùng loại.

Thép cacbon loại CT0 thường dùng làm các chi tiết như đinh tán, bulông thường. Trong xây dựng cầu và BTCT dùng CT3, CT5. Loại CT3 - CT6 có thể dùng trong cơ khí làm chi tiết máy.

Thép loại B là thép cacbon thường chỉ quy định về thành phần hóa học. Loại thép này được dùng trong các kết cấu khi chế tạo phải gia công nhiệt (rèn, hàn, nhiệt luyện).

Thành phần hóa học của thép loại B được giới thiệu ở bảng 7.2 (Tiêu chuẩn Nga 380 - 71).

Thép loại C là thép cacbon thường được quy định cả về cơ tính lẫn thành phần. Loại thép này trong ký hiệu Việt Nam thêm chữ C, còn Nga thêm chữ B. Loại thép này có cơ tính như thép loại A và có thành phần hóa học như thép loại B cùng loại. Thép loại C thường dùng trong các kết cấu hàn và cốt thép cho bê tông cốt thép.

Thép cacbon chất lượng tốt (thép kết cấu). Thép loại này chứa ít tạp chất có hại hơn thép loại thường ($S < 0,04\%$; $P < 0,035\%$) và được quy định cả về cơ tính và thành phần hóa học. Ký hiệu có ghi số phần vạn cacbon trong thép (Nga ký hiệu từ 08 - 85; Việt Nam: C8 - C85). Thép loại này chỉ dùng để chế tạo chi tiết máy.

Bảng 7.1

Số hiệu thép		σ_b N/mm ²	$\sigma_{0.2}$ N/mm ²	σ %	Số hiệu thép		σ_b N/mm ²	$\sigma_{0.2}$ N/mm ²	σ %
Nga	VN				Nga	VN			
CT0	CT31	≥ 310	-	35	CT4	CT42	420-540	240	21
CT1	CT33	320-420	-	31	CT5	CT51	500-640	250	17
CT2	CT34	340-440	200	29	CT6	CT61	600	300	12
CT3	CT38	380-490	210	23					

Bảng 7.2

Số hiệu thép		C, %	Mn, %	Si trong thép, %			S, %	P, %
Nga	VN			Sôi	Nửa lạnh	Lạnh		
CT0	BCT31	0,23	-	-	-	-	0,06	0,07
CT1	BCT33	0,06-0,12	0,25-0,50	0,05	0,05-0,17	0,12-0,30	0,05	0,04
CT2	BCT34	0,09-0,15	0,25-0,50	0,50	0,05-0,17	0,12-0,30	0,05	0,04
CT3	BCT38	0,14-0,22	0,30-0,65	0,07	0,05-0,17	0,12-0,30	0,06	0,04
CT4	BCT42	0,18-0,27	0,40-0,70	0,07	0,05-0,17	0,12-0,30	0,05	0,04
CT5	BCT51	0,28-0,37	0,50-0,80	-	0,05-0,17	0,12-0,35	0,05	0,04
CT6	BCT61	0,38-0,49	0,50-0,80	-	0,05-0,17	0,12-0,35	0,05	0,04

Bảng 7.3. Tóm tắt các yêu cầu tối thiểu về cường độ theo ASTM

Sản phẩm	Tiêu chuẩn kỹ thuật của ASTM	Tên gọi	Cường độ uốn cực tiểu, psi (MPa)	Cường độ kéo cực tiểu, psi (MPa)
Cốt thép thanh	A615	Cấp độ 40	40.000 (275)	70.000 (480)
		Cấp độ 60	60.000 (415)	90.000 (620)
		Cấp độ 75	75.000 (515)	100.000 (690)
	A616	Cấp độ 50	50.000 (345)	80.000 (550)
		Cấp độ 60	60.000 (415)	90.000 (620)
	A617	Cấp độ 40	40.000 (275)	70.000 (480)
		Cấp độ 60	60.000 (415)	90.000 (620)
	A706	Cấp độ 60	60.000 (414) [78.000 (535) tối đa]	80.000 (550)
Cốt thép thanh bị biến dạng	A184	Tương tự như cốt thép thanh		
Thép thanh được tráng kẽm	A767	Tương tự như cốt thép thanh		
Thép thanh được tráng epoxy	A775	Tương tự như cốt thép thanh		
Dây thép: Đan Làm biến dạng	A82		70.000 (480)	80.000 (550)
	A496		75.000 (515)	85.000 (585)
Gia công dây thép hàn Đan Làm biến dạng	A185		65.000 (450)	75.000 (515)
			56.000 (385)	70.000 (480)
	A497		70.000 (480)	80.000 (550)
Dây dự ứng lực Bên 7 dây Dây Thép cây	A416	Cấp độ 250	212.500 (1465)	250.000 (1725)
		Cấp độ 250	225.500 (1555)	250.000 (1725)
		Cấp độ 270	229.500 (1580)	270.000 (1860)
		Cấp độ 270	243.000 (1675)	270.000 (1860)
	A421	Ứng suất - giảm căng	199.750 (1375)	235.000 (1620)
			212.500 (1465)	250.000 (1725)
		Nối lỏng - thấp	211.500 (1455)	235.000 (1620)
	A722	Kiểu I (đan)	127.500 (880)	150.000 (1035)
		Kiểu II (biến dạng)	120.000 (825)	150.000 (1035)
Bện chắc	A779	Kiểu 245	241.900 (1480)	247.000 (1700)
		Kiểu 260	228.800 (1575)	263.000 (1810)
		Kiểu 270	234.900 (1620)	270.000 (1860)

5.2. Thép hợp kim

Thành phần hóa học

Thép hợp kim là loại thép ngoài thành phần Fe, C, tạp chất do chế tạo còn có các nguyên tố đặc biệt được đưa vào với một lượng nhất định, để thay đổi cấu trúc và tính chất của thép. Đó là các nguyên tố hợp kim: Cr, Ni, Mn, Si, W, V, Mo, Ti, Cu, B.

Hàm lượng các nguyên tố này được giới hạn để từ đó phân chia ranh giới giữa chúng, khi là tạp chất và khi là thành phần hợp kim như sau:

Mn - 0,8 - 1,0%	Si - 0,5 - 0,8%	Cr - 0,2 - 0,8%
Ni - 0,2 - 0,6%	W - 0,1 - 0,5%	Mo - 0,05 - 0,2%
Ti - $\geq 0,1\%$;	Cu $\geq 0,1\%$;	B $\geq 0,02\%$.

Thép hợp kim có cơ tính cao hơn thép cacbon, chịu được nhiệt độ cao hơn và có những tính chất vật lý và hóa học đặc biệt như chống tác dụng ăn mòn của môi trường cao,...

Kí hiệu thép hợp kim

Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN - 1659 - 75, thép hợp kim được kí hiệu bằng hệ thống kí hiệu hóa học và số (tỷ lệ % các nguyên tố trong hợp kim). Thí dụ thép 9Mn2 có 0,09% C, 2% Mn.

Theo Tiêu chuẩn Nga, thép hợp kim được ký hiệu theo hệ thống chữ cái tiếng Nga và tỷ lệ phần trăm của chúng trong hợp kim. Ví dụ: Crôm - X; Niken - H; Vonfram - B; Silic - C; Nitơ - A; Cöban - K; Mangan - Mn, v.v... Các con số chỉ phần vạn cho cacbon và phần trăm cho các nguyên tố khác ($\geq 1\%$). Ví dụ: thép hợp kim 12G2 có 0,12% C, 2% Mn. Loại thép chất lượng cao phía cuối kí hiệu có chữ A.

Theo Tiêu chuẩn Pháp - kí hiệu thép được ghi bằng kí hiệu hóa học (Fe, Si, Mn, ...), cuối kí hiệu là cường độ của thép (theo MPa). Ví dụ: kí hiệu của cốt thép là: FeE22, FeE40, FeE50, v.v... được ghi trong tiêu chuẩn NFA 35 - 016, NFA 35 - 022.

Tiêu chuẩn Trung Quốc kí hiệu thép giống của Liên Xô cũ chỉ thay các chữ bằng kí hiệu hóa học.

Tiêu chuẩn của Mỹ thì kí hiệu thép hợp kim theo SAE - Hội kỹ sư ô tô Mỹ - dùng hệ thống chữ số để ký hiệu. Hai số đầu ghi loại thép (ví dụ: 2 - Niken; 3 - Crôm -niken; 5 - thép crôm.... 13 - thép mangan; 10 - thép cac bon,....) các số sau chỉ phần vạn cacbon trung bình.

Ví dụ: SAE 2320 là: thép niken (2) 3% Ni (3) và 0,20% C (20).

Thép hợp kim của Nhật ký hiệu theo JIS. Các loại thép đều bắt đầu từ chữ cái biểu thị loại thép (S - thép cán, M - thép hàn, B - thép nổi hơi). Đối với thép cacbon kết cấu kí hiệu: S - chữ số chỉ phần vạn cacbon, ví dụ: S100C là thép cacbon có 0,1%C. Đối với

thép hợp kim kí hiệu như sau: S tiếp đến chữ cái tiếng Anh chỉ tên nguyên tố kim loại, rồi đến số thứ tự, ví dụ: SNC3 - thép hợp kim niken - crôm số 3.

Thép hợp kim thấp dùng trong xây dựng

Thép hợp kim thấp thường dùng để chế tạo các kết cấu thép (dàn cầu, tháp khoan dầu mỏ, đường ống dẫn khí, v.v...) cốt thép cho các kết cấu bê tông cốt thép.

Ngày nay kết cấu thép thường là kết cấu hàn. Vì vậy để sử dụng phù hợp với công nghệ cần dùng các loại thép hàn hợp kim cacbon thấp (lượng C $\leq 0,22$ đến 0,25%), có cường độ cao và dùng các phụ gia hợp kim rẻ tiền - silic và mangan.

Thép hợp kim thấp có kí hiệu 17ГC; 16ГAΦ. Chúng chứa 0,01%N và 0,1C, có độ dẻo cao ($\delta = 23 - 25\%$), độ bền va đập và cường độ cao; giới hạn cường độ khi kéo là 550 - 600 MPa và giới hạn chảy là 350 - 450 MPa.

6. CỐT THÉP CHO KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP VÀ BÊTÔNG CỐT THÉP DỰ ỨNG LỰC

Theo Tiêu chuẩn Việt Nam và Tiêu chuẩn Nga - cốt thép cho bê tông cốt thép và bê tông cốt thép dự ứng lực thường dùng thép cacbon và thép hợp kim được ghi ở bảng 7.3. Theo tiêu chuẩn ASTM tính năng cốt thép được ghi ở bảng 7.3.B.

Bảng 7.3

Loại cốt thép	d, mm	Mác của thép	Loại thép
AI	6-40	CT3	Thép cacbon thường nhóm A, B
AIH	10-40	BMCT 5 ПС BKCT 5 ПС	Thép cacbon thường nhóm B
	40-90	18Г 2С	Thép cacbon thấp
AII	6-40	20Г 2С, 35ГС	Thép hợp kim cacbon, silic, mangan
AIV	10-32	20ХГ 2Л	Thép hợp kim cacbon, mangan, thiếc
	10-18	20ХГ СТ	Thép hợp kim cacbon crôm, silic, mangan, titan
AV	10-18	23Х 2Г2	Thép crôm, mangan, thiếc
ATK	6-9	65Г, 60С2	Thép hợp kim thấp, silic, mangan

6.1. Các đặc tính của cốt thép

6.1.1. Sự dính bám của cốt thép trong bê tông

Sự dính bám thể hiện ở khả năng dính bám tốt của cốt thép với lớp bao phủ. Đặc biệt đối với cốt thép phải có hình dạng đặc biệt. Chính vì vậy, chúng có gân làm tăng

sự neo móc, chúng cũng có thể được liên kết tạo thành lưới mà ít nhất có một thanh làm việc như "cái neo".

Một tính chất khác liên quan tới sự dính kết là bề mặt cốt thép có phản ứng hóa học với xi măng, không được tạo ra các hợp chất có hại cho sự dính kết này. Ví dụ như một chất béo ở trên mặt thép có thể tạo thành chất xà phòng trong bê tông và làm giảm sự dính kết của kim loại.

Trong trường hợp bê tông ứng suất trước, thì thép bị kéo trước khi tiếp xúc với bê tông, sau đó được thả ra. Việc thả đó có xu hướng tăng đường kính cốt thép (hiệu ứng Poisson) và như vậy sự dính kết giữa thép và bê tông được cải thiện. Sự dính kết của cốt thép ứng suất trước được bảo đảm hoặc do những vết, hoặc do sự gồ gề được tạo nên trực tiếp bằng việc cán hoặc bởi sự chuốt đối với các sản phẩm bị kéo dẫn.

6.1.2. Tính biến dạng của cốt thép trong bê tông

Trong thời gian đặt cốt thép của bê tông cốt thép luôn luôn bị biến dạng, thắt lại. Như vậy chúng phải có tính biến dạng tốt, như có độ đàn hồi lớn dưới tải trọng cực đại trong thời gian thử kéo, bên sau một số lần gấp trong phép thử quy ước.

Ngược lại, cốt thép của bê tông ứng suất trước được kéo gần như thẳng. Như vậy, không cần có tính biến dạng lớn. Tuy nhiên một vài dây cáp ứng suất trước bị lệch và riêng cường độ kéo (thuần túy) không đủ để đánh giá khả năng sử dụng các sản phẩm này.

6.1.3. Tính bền lâu

Độ bền lâu của các công trình bằng bê tông cốt thép hoặc bê tông cốt thép ứng suất trước phụ thuộc trực tiếp vào độ bền của cốt thép. Độ bền lâu này có thể chỉ phụ thuộc vào kích động cơ học, nhưng nó cũng có thể gắn với môi trường xung quanh.

Các tính chất cơ học của thép ảnh hưởng đến độ bền của công trình trước hết là sự chùng và cường độ mỏi của chúng. Sự chùng liên quan với cốt thép ứng suất trước là sự giảm theo thời gian của ứng suất trong cốt thép bị kéo dưới chiều dài không đổi. Như vậy, nó tạo ra một sự giảm tăng dần của lực ứng suất trước trong công trình.

Một kích động gọi là sự mỏi, khi nó biến động theo thời gian, có thể gây nên một sự xuống cấp tăng dần, sau đó làm đứt cốt thép.

Hệ số giãn nở nhiệt của hai vật liệu này, đối với thép là $6,5 \times 10^{-6}$ và đối với bê tông trung bình là $5,5 \times 10^{-6}$, là đủ gần để ngăn chặn trước các nguyên nhân gây nứt và các ảnh hưởng không mong muốn khác do sự biến dạng vì nhiệt.

Trong khi khả năng chịu ăn mòn của thép kém, thì bê tông có thép tăng cứng lại tạo ra khả năng bảo vệ ăn mòn tuyệt vời, làm giảm thiểu vấn đề ăn mòn và chi phí bảo dưỡng tương ứng.

Khả năng chịu lửa của thép kém vì tính dẫn nhiệt của nó cao và còn vì thực tế cường độ của nó giảm rất lớn khi ở nhiệt độ cao. Ngược lại, tính dẫn nhiệt của bê tông tương đối thấp. Như vậy, những phá huỷ do lửa, ngay cả khi phải tiếp xúc lâu với lửa nếu có, nói chung được hạn chế bởi lớp bê tông bên ngoài, và một lượng vừa phải của lớp vỏ bê tông tạo ra sự cách nhiệt cần thiết cho lớp tăng cứng được bọc bên trong.

Trong các kết cấu bê tông, thép được sử dụng theo hai cách: dùng làm thép tăng cứng và thép dự ứng lực. Thép tăng cứng được đặt vào trong ván khuôn trước khi đổ bê tông. Các ứng suất trong thép khi bê tông đã đông rắn chỉ sinh ra bởi tải trọng nạp lên kết cấu, ngoại trừ các ứng suất ký sinh có thể gây ra bởi sự co rút hoặc các nguyên nhân tương tự. Ngược lại, trong các kết cấu bê tông dự ứng lực, người ta tác động lực kéo lớn lên thép tăng cứng trước khi để cho nó kết hợp với bê tông để chịu tải trọng ngoài. Các loại thép dùng cho hai ứng dụng này rất khác nhau và sẽ được trình bày riêng.

6.2. Dạng cốt thép cho bê tông cốt thép (hình 7.8)

Sợi tròn nhẵn:

Các sợi tròn nhẵn được sử dụng làm cốt thép cho bê tông cốt thép được sản xuất từ máy kéo sợi. Các sợi này đạt được bằng cán nóng. Trước khi kéo, sợi được xử lý ngay để cấu trúc của chúng phù hợp với việc tạo hình, việc xử lý có thể là:

- Xử lý nhiệt gọi là tôi (nhúng vào bể nước muối ở nhiệt độ khoảng 500°C),
- Xử lý nhiệt cơ học. Trong trường hợp này, các sợi được làm nguội và giữ ở nhiệt độ khoảng 500°C trong khi kéo.

Việc kéo sợi bao gồm cho sợi thép đi qua khuôn kéo có độ cứng lớn cho phép làm giảm đường kính của thép. Như vậy vấn đề là đánh gỏi tốt sợi thép và sau đó kéo nó qua khuôn. Các điều kiện chuốt (lực kéo qua khuôn, tốc độ kéo qua, bôi trơn v.v....) ảnh hưởng đến phẩm chất cuối cùng.

Sợi và thanh có độ dính cao:

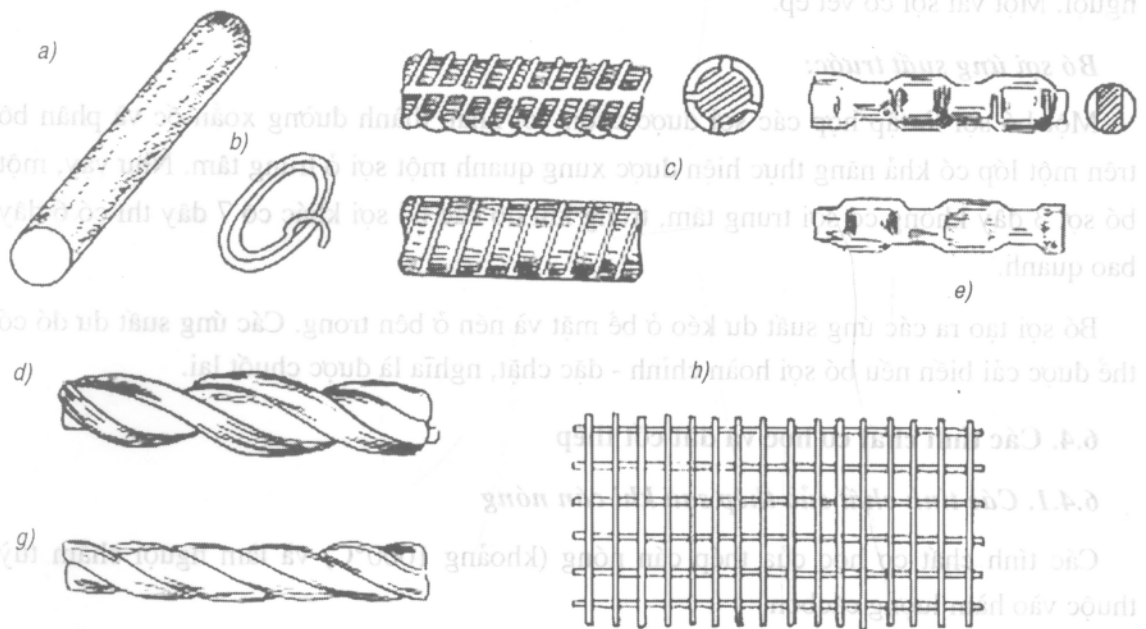
Các sợi và thanh có gân, có lực dính bám cao, đạt được từ các sản phẩm cán nóng, bằng cách dùng các xylanh của máy cán với các gờ và rãnh. Đôi khi tạo ra các gân phụ bằng cách phay nguội.

Tiếp theo áp dụng tác động xoắn đối với các sợi đã cán nóng. Tác động xoắn đó tạo ra các biến dạng dẻo, tác động mạnh ở chu vi so với ở tâm. Để giảm các ảnh hưởng phụ của việc xoắn đối với các tính chất của thép, có thể dùng một số phương pháp "hóa già". Vấn đề là giữ thép ở các nhiệt độ không đổi (từ 20 đến khoảng 100°C) trong vài giờ.

Lưới hàn:

Lưới hàn được tạo thành bởi các sợi tròn, chúng được hàn lại nhờ một phương pháp gọi là "hàn điểm". Trong phương pháp này, một dòng điện được phát ra từ một máy phát

nối vào hai diện cực đặt trên mỗi sợi trong hai sợi để hàn, làm chảy rất cục bộ vùng tiếp xúc giữa các sợi. Sau khi nguội vùng này trở nên chung cho hai sợi. Chất lượng của mối liên kết hàn phụ thuộc vào các điều kiện nhiệt (tốc độ làm nguội sau khi làm chảy) và cơ học (lực tỷ giữa các sợi) của việc hàn.



Hình 7.8: Các dạng cốt thép

6.3. Cốt thép ứng suất trước (cốt thép chất lượng cao)

Thanh ứng suất trước:

Các thanh là các sản phẩm có tiết diện không đổi, chúng không thể được cuộn thành cuộn. Ví dụ như các thanh thép ứng suất trước tròn và nhân, có đường kính giữa 20 và 36mm, chiều dài 18m (giới hạn bắt buộc do điều kiện vận chuyển), các thanh được cán nóng và được xử lý phụ bởi:

- Hoặc là kéo, tiếp theo là ram và tiếp theo có thể là chuốt.
- Hoặc là kéo, ram, sau đó chuốt.
- Hoặc là chuốt kéo, tôi và ram.

Sợi ứng suất trước:

Các sợi thép ứng suất trước luôn luôn là thép tròn nhân đạt được bằng phương pháp chuốt các sợi máy như cốt thép của bê tông cốt thép. Các sợi máy dùng cho cốt thép ứng suất trước có 4 loại được xác định bởi hàm lượng cacbon như là FMP 62 đối với $C = 0,60 - 0,65\%$ hoặc FMP 80 đối với $C = 0,78 - 0,83\%$. Đối với mỗi loại sợi hàm lượng mangan nằm trong khoảng $0,60 - 0,90\%$, hàm lượng silic $0,10 - 0,35\%$ và tổng hàm lượng kền - crôm - molipden dưới $0,40\%$.

Để cải thiện sự chùng ứng suất, sợi thép sau đó được "ổn định hoá" bằng một biến dạng dẻo nhỏ, đồng thời giữ ở nhiệt độ không đổi (dưới 200°C) và nguội nhanh.

Các sợi không được nhân, đạt được bằng cách cán nóng hoặc cán nóng rồi sau đó cán nguội. Một vài sợi có vết ép.

Bó sợi ứng suất trước:

Một bó sợi là tập hợp các sợi được cuộn với nhau thành đường xoắn ốc và phân bố trên một lớp có khả năng thực hiện được xung quanh một sợi ở trung tâm. Như vậy, một bó sợi 3 dây không có sợi trung tâm, trong khi đó các bó sợi khác có 7 dây thì có 6 dây bao quanh.

Bó sợi tạo ra các ứng suất dư kéo ở bề mặt và nén ở bên trong. Các ứng suất dư đó có thể được cải biến nếu bó sợi hoàn chỉnh - đặc chặt, nghĩa là được chuốt lại.

6.4. Các tính chất cơ học và đặt cốt thép

6.4.1. Các tính chất của thép sau khi cán nóng

Các tính chất cơ học của thép cán nóng (khoảng 1000°C) và làm nguội chậm tùy thuộc vào hàm lượng cacbon.

Thép được cán nóng bằng cách: Sau khi tạo hình hoặc tôi (làm nguội nhanh từ nhiệt độ 950°C) hoặc được làm biến dạng nguội (chuốt hoặc cán), hoặc được làm biến dạng ở nhiệt độ khoảng 500°C, tiếp theo là làm nguội khá nhanh.

Việc tôi cho thép thay đổi bản chất của các thành phần của thép. Thật vậy, nó được hình thành sau khi làm nguội nhanh (với tốc độ 200°C/giây), một thành phần cứng hoặc ở dạng hình kim nhỏ (mactenxit), hoặc ở dạng hình cầu (bainit). Các thành phần mới này có cường độ lớn (độ cứng), nhưng tính biến dạng rất nhỏ. Như vậy chúng phải được xử lý để thép được tôi có thể được dùng làm cốt thép. Việc xử lý cuối cùng là ram (nung ở nhiệt độ khoảng 400°C).

Như vậy, sự cứng hóa (tăng giới hạn đàn hồi và cường độ kéo) của thép cán và tôi đạt được bằng cách thay đổi bản chất (tính chất) các thành phần của các sản phẩm này.

Các biện pháp làm cứng bằng cách tôi và tự ram bao gồm việc tách sợi cốt thép được nung tới 900°C, dưới một tia nước được làm nguội rất nhanh (tôi) ngoài mặt. Khi ra khỏi nhiệt bị tôi, bên trong của thép vẫn còn nóng ở 600°C (ram) làm nóng mặt xung quanh đã được tôi. Loại cốt thép đó như vậy có cấu trúc không đồng nhất, nó phối hợp không tốt độ cứng (đạt được nhờ mặt xung quanh) với tính biến dạng (ở bên trong).

6.4.2. Các tính chất của thép chuốt

Các tính chất cơ học của thép phụ thuộc vào cấu trúc của nó, ở mức độ bản chất của các thành phần, vào hình dạng của chúng và vào mức độ khuyết tật của các nguyên tử trong mỗi thành phần. Các khuyết tật trước hết là sự biến vị: các tuyến cấu tạo các chuỗi nguyên tử, xung quanh chúng các nguyên tử không ở trong các vị trí "bình thường" (đối với một tinh thể hoàn chỉnh). Các biến vị này dịch chuyển dưới tác dụng của ứng suất tác dụng. Khi đó chúng có thể hoặc là tồn tại trong tinh thể (ở đây là một hạt thép) và tạo ra các ứng suất dư, hoặc là mất đi ở trên mặt của tinh thể và như vậy thay đổi hình dạng của nó. Như vậy chúng là các "nhân tố sáng tạo" ra các biến dạng dẻo trong các vật rắn kết tinh.

Các biến vị này cũng có thể được dịch chuyển bởi tác động nhiệt (bằng cách đốt nóng). Nói khác đi, việc đốt nóng có thể loại bỏ được ứng suất cục bộ của thép, ngay cả khi cấu trúc của nó không được sửa đổi.

Trong trường hợp các thép đã chuốt, biến dạng dẻo bắt buộc xảy ra trong khi chuốt, kéo dài các hạt trong thép này, theo phương dài (phương chuốt). Ngoài ra trong thép chuốt còn lại ứng suất dư nó là ứng suất kéo trên mặt (trên một chiều dày nhiều nhất khoảng 1mm) và là ứng suất nén ở tâm.

Giới hạn đàn hồi của thép chuốt cao hơn nhiều giới hạn đàn hồi của chính thép đó trước khi chuốt. Đó là một sự sắp xếp đặc biệt của các biến vị tạo ra trong khi chuốt (sự xoắn rối) và đến nỗi làm chúng dời chỗ khó khăn hơn. Nói khác đi, trong thép chuốt các biến dạng dẻo (sự chuyển động của các biến vị) chỉ xuất hiện dưới ứng suất (tác dụng) cao. Đó là sự cứng hóa cơ học ban đầu đôi khi được gọi là sự rèn nguội.

6.4.3. Các tính chất của thép sau khi xoắn

Việc xoắn cốt thép của bê tông cốt thép làm nảy sinh các biến dạng không hồi phục (dẻo), được thể hiện bằng sự giảm kích thước hạt kim loại và bởi sự biến đổi về sắp xếp của các biến vị. Các biến vị này tự sắp xếp lại bằng cách đan xen nhau, sao cho việc khởi động đòi hỏi ứng suất cao hơn trước khi xoắn. Đó là hiện tượng rèn nguội, nó tương ứng với sự nâng cao giới hạn đàn hồi và cường độ kéo, trong khi đó sự giãn dài dưới tải trọng cục đại giảm đi.

Sau khi rèn nguội, độ cứng của thép ở tâm nhỏ hơn ở xung quanh. Tác dụng của việc rèn nguội này là biến đổi bằng cách hóa già (giữ ở nhiệt độ không đổi) ở những nhiệt độ từ 20 đến 250°C.

6.4.4. Các tính chất của cốt thép sau khi hàn

Việc hàn làm biến đổi cấu trúc cục bộ của thép. Vùng đã chảy có thể có cấu trúc với những hạt lớn hơn. Vùng bên cạnh chưa bị chảy nhưng đã được làm nguội với vận tốc khoảng 100°C/giây, có cấu trúc phụ thuộc vào chất lượng của thép. Đặc biệt, sau làm nguội này quá trình có thể hình thành ôssenít, làm thép cứng, ít biến dạng.

Như vậy, các điều kiện hàn (tốc độ nguội đi) và chất lượng của cốt thép xác định khả năng hình thành một thành phần ít biến dạng. Vì kích thước của cốt thép gần như cố định và các máy hàn rất giống nhau, tính hàn của cốt thép phụ thuộc trước hết vào thành phần hóa học của chúng. Chính xác hơn, một loại thép như vậy có khả năng hàn được hay không nếu hàm lượng "đương lượng cacbon", được xác định bằng công thức:

$$C_{eq} = C - \frac{M_n}{6} - \frac{C_v - M_0 - V}{5} - \frac{N_i - C_u}{15} < 0,45\%$$

Nếu hàm lượng C_{eq} nằm trong khoảng 0,45 - 0,51% thì phải tiến hành các nghiên cứu bổ sung để đánh giá tính hàn của thép. Nếu $C_{eq} > 0,5\%$, thép không hàn được.

Trong trường hợp lưới hàn, thủ tục tiến hành hàn được đánh giá bằng cách tiến hành thí nghiệm cắt các mẫu, các thí nghiệm này cho phép phát hiện các khuyết điểm của việc điều chỉnh trong khi chế tạo lưới.

Việc hàn đối đầu các cốt thép trong bê tông cốt thép thường dùng phổ biến hơn các phương pháp khác. Ví dụ như hàn nhiệt nhôm, trong đó năng lượng cần thiết để làm chảy cục bộ thép đạt được bằng cách đốt một hỗn hợp đặt ở chỗ tốt. Việc hàn đối đầu bằng ma sát khá hiếm, đạt được bằng cách làm quay nhanh một thanh đối với thanh kia được giữ cố định. Việc tăng nhiệt độ là nhờ ma sát giữa các thanh.

6.5. Các tính chất của thép ứng suất trước

6.5.1. Sự cứng hóa

Sự cứng hóa của cốt thép ứng suất trước (sự tăng lên giới hạn đàn hồi) đạt được:

- Hoặc bằng cách xử lý nhiệt gồm tôi và ram,
- Hoặc bằng cách chuốt (rèn nguội) và xoắn.

Về các sản phẩm chính thức được công nhận, sợi ứng suất trước được chuốt một cách đơn giản, có cường độ từ 1570 đến 1770 MPa. Các bó có cường độ (mác) từ 1670 đến 1960 MPa. Các thanh ứng suất trước có cường độ (mác) kéo từ 1030 đến 1230 MPa.

Tính biến dạng của cốt thép ứng suất trước được đánh giá bằng độ giãn dài dưới tác dụng của tải trọng cực đại và bằng độ co thắt (độ giảm tiết diện ở mức bị gãy) của mẫu khi kéo. Đối với các dây, nó cũng được đánh giá bằng các thí nghiệm gấp, duỗi liên tiếp với góc 90°. Chính số lần gấp duỗi luân phiên trước khi mẫu bị gãy xác định tính biến dạng của cốt thép. Số lần bảo hành của các cơ sở sản xuất là 7 đối với sợi có đường kính 5 mm và bằng 5 đối với sợi lớn hơn một chút (đường kính bằng 7 hoặc 8mm).

6.5.2. Sự chùng ứng suất và từ biến

Khi một loại thép ứng suất trước được giữ dưới tải trọng không đổi (khá cao), biến dạng của nó tăng lên theo thời gian - đó là từ biến. Ngược lại, nếu chiều dài của nó (biến dạng) được giữ khá cao và không đổi, ứng suất tác dụng giảm theo thời gian - đó là sự

chùng ứng suất. Các giá trị đảm bảo cho sự chùng ứng suất của các sợi và bó sợi ứng suất trước được nêu trong bảng 7.1

Trong thực tế, khi nhiệt độ tăng lên (từ khoảng 50°C), sự chùng ứng suất nhờ chuyển động của các biến vị, được tăng nhanh. Nhưng sự tăng nhanh đó phụ thuộc vào loại thép và nó không được xét đến theo các quy tắc.

6.5.3. Tính bền lửa

Trong khi xảy ra hỏa hoạn, nhiệt độ của cốt thép và cốt thép ứng suất trước có thể đạt tới 900°C. Cường độ kéo của các thép hầu như không đổi tới 150°C, và giảm đi khi nhiệt độ tăng (độ giãn khoảng 30% đến 400°C). Giới hạn đàn hồi của thép ứng suất trước giảm đi khi nhiệt độ tăng lên ở 400°C, giảm khoảng 30% so với giá trị của nó ở 20°C.

Sự chùng ứng suất của thép ứng suất trước tăng lên theo nhiệt độ.

Bảng 7.1. Các giá trị của sự chùng ứng suất ở 100 giờ của dây và bó dây ứng suất trước, ở nhiệt độ môi trường

Mức của ứng suất F/Ft	Loại: " Sự chùng ứng suất bình thường" (RN)	Loại: "Sự chùng ứng suất rất thấp" (TBR)
0,6	4,5%	1,0%
0,7	8,0%	2,5%
0,8	12%	4,5%

Tính giòn của thép ứng suất trước ngược lại với tính biến dạng, nó được xác định bằng các thí nghiệm khác. Khi xét đến thanh, các thí nghiệm về tính giòn (uốn bẻ và chạm) được thực hiện trên các mẫu hình lăng trụ (gia công bằng máy) và cắt khác. Năng lượng để phá vỡ (gọi là độ giòn) của các mẫu này đánh giá tính giòn của chúng. Đại lượng này là chỉ số của độ dai chống lại sự gãy do nứt thép.

6.6. Kiểm tra cốt thép

Cốt thép của bê tông cốt thép là sản phẩm được chứng thực là đạt yêu cầu xác định bởi các tiêu chuẩn và bởi một cơ quan chứng thực.

Để được công nhận, mác cốt thép của bê tông cốt thép được xác nhận về sự dính bám, sự uốn cong về tính hàn và tính biến dạng (sự giãn dài dưới tải trọng cực đại). Việc kiểm tra sản xuất được thực hiện bằng quan sát các khuyết điểm, khối lượng theo chiều dài, các đặc tính hình học (kiểm tra độ gồ ghề của các tấm và đường xoắn), độ giãn dài dưới tải trọng cực đại, gấp duỗi và đối với lưới, kiểm tra cường độ cắt. Các thí nghiệm này được thực hiện bởi người sản xuất, nó được kiểm tra định kỳ theo yêu cầu, cấp giấy công nhận mác thép theo TCVN hoặc quốc tế.

Không có việc kiểm tra nào được thực hiện một cách có hệ thống sau khi đưa ra khỏi nhà máy. Như vậy, những khuyết tật có thể sinh ra, trong thời gian cất giữ cốt thép không được dự kiến trước. Các tiêu chuẩn bảo vệ cốt thép của các công trường cho phép tránh được các khuyết tật này.

Cốt thép ứng suất trước có thể là sợi, có thể là thanh, có thể là bó sợi (bảng 7.2). Các sản phẩm này có các đặc tính hình học đảm bảo cho chúng phù hợp với các thí nghiệm đặc biệt. Một vài thí nghiệm đó được thực hiện trong khi kiểm tra sản xuất, trong khi đó các thí nghiệm khác chỉ được thực hiện đối với yêu cầu về sự chính thức công nhận sản phẩm.

Bảng 7. 2. Các đặc tính hình học của cốt thép ứng suất trước

Sản phẩm	Đường kính, mm (tiết diện, mm ²)
Dây	4 (12,6); 5 (19,6); 6 (28,3); 7 (38,5); 8 (50,3);
Thanh	10 (78,5), 12,2 (117)
Bó 3 sợi	20 (314); 22 (380); 32 (804); 36 (1018).
Bó 7 sợi	5,2 (13,6)
7 sợi "tiêu chuẩn"	6,85 (28,2); 9,3 (52); 18 (ít sử dụng).
7 sợi "cao cấp"	12,5 (93); 15,2 (139).
	12,9 (100); 15,7 (150).

7. ĐỘ LÂU BỀN CỦA THÉP VÀ CỐT THÉP

7.1. Độ mỏi

Khi vật liệu chịu tác dụng của một kích động cơ học biến đổi theo thời gian, sự đáp lại của nó gọi là độ mỏi. Sự đáp lại này được biểu thị bằng một sự phá hoại vật lý đối với vật liệu, tiếp theo có thể là nứt và kết thúc là gãy theo kỳ hạn. Khi sử dụng, mong muốn là độ mỏi luôn luôn nhỏ hơn giới hạn đàn hồi.

Để mô tả quá trình xuống cấp đó, có thể kéo theo sự làm gãy một vật rắn, phải quan sát nó ở mức độ vi mô những thay đổi cấu trúc của vật liệu. Cơ chế của việc xuống cấp do mỏi bao gồm giai đoạn đầu của việc thoái hóa không định vị, theo sau là giai đoạn nứt. Trong thời gian đầu, xuất hiện vết nứt ở bên trong các hạt kim loại gần bề mặt hoặc các khuyết tật hình học (lỗ rỗng .v.v...). Giai đoạn phá hoại được phân bố này được kết thúc khi xuất hiện vết nứt. Vết nứt nhỏ này thông thường nghiêng một góc bằng 45° so với ứng suất chính khi kéo. Giai đoạn tiếp theo tương ứng với sự lan truyền chậm của các vết nứt nhỏ được bắt đầu trong mặt phẳng thẳng góc với kéo.

Giai đoạn lan truyền chậm này kết thúc lúc độ lớn của ứng suất (so với một mức độ ứng suất đã cho) của vết nứt đạt tới giá trị cực hạn, gọi là độ dai của vật liệu

(cường độ của ứng suất tỷ lệ thuận với ứng suất tác dụng và với bình phương của chiều rộng vết nứt).

Trong bê tông cốt thép, cốt thép chịu tác dụng động của ứng suất có biên độ nhỏ vì vậy nó không bị phá hoại do mỏi.

7.2. Ăn mòn kim loại

Ăn mòn kim loại là sự phá hoại bởi yếu tố môi trường trên bề mặt kim loại làm cho kết cấu kim loại bị mất dần tiết diện chịu lực và dẫn đến phá hoại kết cấu.

Có hai loại ăn mòn: Hoá học và điện hoá học.

Ăn mòn hoá học là sự phá huỷ do tác dụng hoá học trực tiếp giữa kim loại và môi trường xung quanh, không có phát sinh dòng điện. Loại ăn mòn này chỉ xảy ra trong môi trường không điện li và ít gặp trong thực tế.

Ăn mòn điện hoá học là loại ăn mòn rất phổ biến, xảy ra trong dung dịch điện li với đặc điểm là phát sinh dòng điện. Kim loại bị gỉ, hỏng khi để ở trong môi trường không khí, nước, axit, bazơ, dung dịch muối, đều do tác dụng của hiện tượng ăn mòn điện hoá học.

Khi kim loại tiếp xúc với môi trường điện li, các ion của môi trường sẽ tác dụng với ion của kim loại. Các ion kim loại bị chuyển (khuếch tán) vào dung dịch điện li làm cho kim loại thừa điện tử. Kim loại trở nên tích điện âm, còn dung dịch điện li tích điện dương. Ở miền ranh giới giữa chúng tạo ra một lớp điện tích kép, có điện thế nhất định gọi là thế điện cực.

Khi nhúng hai thanh kim loại có thế điện cực khác nhau vào cùng một dung dịch điện li, nối chúng bằng dây dẫn thì sẽ xuất hiện dòng điện trong dây dẫn. Khi đó kim loại có thế điện cực thấp hơn sẽ là anốt và sẽ bị hoà tan vào dung dịch (bị ăn mòn).

Các vật liệu kim loại dùng trong công nghiệp gồm nhiều pha. Những pha này có thế điện cực khác nhau ở trong cùng một môi trường điện li, do vậy rất dễ bị ăn mòn (hoà tan) điện hoá. Ví dụ thép cacbon luôn gồm có hai pha là ferit và xementit, trong đó ferit gần như là sắt nguyên chất và có điện là cực âm, còn xementit có thế điện cực là cực dương. Trong dung dịch điện li giữa ferit và xementit sẽ phát sinh dòng điện, làm cho ferit (anốt) bị hoà tan. Trong một thanh thép có vô vàn các phân tử ferit và xementit, từng cặp giữa chúng sẽ tạo nên các bộ pin có kích thước rất nhỏ và gọi là pin tế vi và là nguyên nhân gây ra ăn mòn điện hoá thép cacbon.

Nguyên nhân thép cacbon bị gỉ ở trong không khí cũng như vậy. Không khí luôn luôn chứa hơi nước nên trên bề mặt kim loại luôn có màng nước rất mỏng. Khí CO_2 và các khí khác do công nghiệp thải ra như SO_2 , H_2S ... hoà tan trong màng nước đó tạo nên các dung dịch điện li.

7.3. Ăn mòn cốt thép trong bê tông

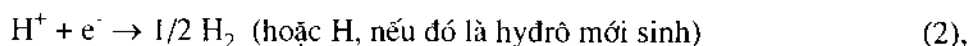
Sự ăn mòn kim loại ở nhiệt độ môi trường chủ yếu do nước, ngay cả khi có các yếu tố khác có thể xen vào. Ví dụ như oxy (hòa tan trong nước) hoặc các vi sinh vật (vi khuẩn). Một vật liệu kim loại được nhúng trong một thể tích nào đó (khép kín) của chất lỏng (nước) có thể là trung tính, axit hay bazơ, có xu hướng hòa tan trong dung dịch đó. Phản ứng được viết đối với thành phần kim loại Me như sau:



trong đó: Me biểu thị kim loại ở trạng thái rắn, Me^{z+} là ion hòa tan với hóa trị z.

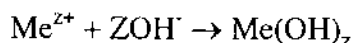
Phản ứng này sinh ra các electron, chúng ở trong vật rắn và chúng phải được loại trừ để đảm bảo sự cân bằng điện. Chính vì vậy, cần thiết có các phản ứng khác xảy ra ở mặt tiếp giáp của chất rắn và dung dịch. Các phản ứng khác này được gọi là "phản ứng catốt" hoặc "phản ứng rút bớt", trong khi phản ứng (1) là "phản ứng anốt" hoặc "ôxi hóa".

Các phản ứng catốt rất phổ biến như sau:



Khi chính phản ứng (3) xảy ra, người ta nói rằng oxy tạo thuận lợi cho ăn mòn kim loại. Những phản ứng này không luôn luôn xảy ra.

Các sản phẩm của các phản ứng (1) và (3) là các ion hoà tan trong nước và có thể chi phối cho chất kết tủa tùy theo phản ứng:



Kết tủa này là một hydroxit, nó bao phủ bề mặt kim loại. Phản ứng này gọi là "phản ứng bao phủ" hoặc theo từ ngữ cũ "phản ứng thụ động". Nếu lớp này hoà tan không thấm nước từ những chiều dày nhỏ nhất (kém 10^{-9}m), sự thụ động được coi là hoàn hảo và đó là "tính thụ động". Trong trường hợp các sản phẩm chứa sắt, sản phẩm bao phủ là gỉ. Vậy quá trình ăn mòn là thuộc loại điện hóa, vì nó đề cập cùng một lúc đến phản ứng hoá học (sự kết tủa, v.v...), và cả sự chuyển đổi electron. Có thể mô tả một cách định lượng, bằng cách dùng nhiệt động học. Hệ thống được tạo nên bởi chất rắn kim loại và môi trường nước xung quanh được mô tả bằng các biến khác nhau. Một vài biến đó của trạng thái có tính chất hoá học: hàm lượng của các phần tử khác nhau. Hàm lượng của ion hydro $\{\text{H}^+\}$ luôn luôn được biểu thị dưới dạng pH ($\text{pH} = \lg \{\text{H}^+\}$). Một biến khác mô tả hệ thống này là biến chỉ ra rằng các ion có thể rời chất lỏng và đi vào chất lỏng. Biến này là một trường điện E, nó tồn tại trong chất lỏng ở mặt tiếp giáp với chất lỏng rắn hoặc điện thế E mà từ nó phát sinh.

Để đo E, người ta dùng một "hệ thống" (gồm một tấm kim loại đặt trong dung dịch muối của nó được nối với chất lỏng nghiên cứu, qua một vật nối nó hạn chế do sự rò rỉ), được gọi là điện cực mẫu.

Sai khác về điện thế giữa vật rắn kim loại và điện cực mẫu bằng E. Các điện cực mẫu chính là đồng- sunfat đồng, điện thế V_{ESC} hoặc bạc - clorua bạc điện thế $V_{\text{Ag} - \text{AgCl}}$.

Tốc độ ăn mòn bằng số lượng của thép hoà tan trong một đơn vị thời gian. Đối với sự hòa tan, lượng kim loại tỷ lệ thuận với một lượng điện (e^-). Như vậy tốc độ ăn mòn tỷ lệ thuận với dòng điện (lượng điện trong một đơn vị thời gian). Chính xác hơn, việc nghiên cứu được thực hiện trên một đơn vị diện tích (bề mặt tiếp giáp chất rắn - chất lỏng) để xác định mật độ của dòng.

Các xem xét về ăn mòn kim loại nói chung, được áp dụng để xem xét sự ăn mòn của cốt thép trong bê tông.

Cốt thép được bao bọc bởi một lớp bảo vệ, trong trường hợp môi trường bê tông lành mạnh ($\text{pH} \approx 12$) và theo quy tắc chung, các loại thép này chỉ bị gỉ nếu dung dịch ở khe kẽ đã biến mất (trường hợp của các vết nứt lớn tới cốt thép) hoặc nếu nó không còn, tương ứng với bê tông bị cacbonat hoá, hoặc ô nhiễm bởi clorua v.v....

Sự ăn mòn thép trong bê tông bao gồm 2 giai đoạn. Trong thời gian đầu, các yếu tố ăn mòn chứa trong môi trường xung quanh bê tông, thấm vào bê tông. Giai đoạn hai bắt đầu khi các chất xâm thực có nồng độ khá lớn ở cốt thép. Nó tương ứng với sự tăng lên của gỉ, sau đó làm vỡ bê tông bao bọc. Như vậy gỉ xuất hiện khi lớp (lớp thụ động) được hình thành trên thép mất các tính chất bảo vệ, đó là sự mất tính thụ động.

Tuy các dạng hoặc chất lượng của cốt thép trong bê tông cốt thép rất khác nhau (thép cacbon, không hợp kim) nhưng chịu tác động của gỉ theo cách giống nhau, chỉ khác nhau về mức độ gỉ.

7.3. Ăn mòn dưới ứng suất của thép ứng suất trước

Cốt thép ứng suất trước ít nhiều nhạy cảm với một dạng đặc biệt của ăn mòn, đó là ăn mòn gây nứt dưới ứng suất. Cơ chế của loại ăn mòn này dưới ứng suất có hai loại. Một trong hai loại này là trường hợp nứt phát sinh từ một khuyết tật được định vị, trong lớp thụ động. Nó lớn lên dưới tác động kết hợp của sự hòa tan được khu trú và tác động cơ học. Giải thích này không phù hợp đối với thép không phải là hợp kim.

Cơ chế ăn mòn khác dưới ứng suất được hình thành bởi sự hoá giòn do hydro. Thật vậy, tính dẫn (biến dạng cực đại trước khi đứt) của một loại thép cường độ cao bị giảm đi khi có mặt của hydro với nồng độ đủ. Dưới tác động cơ học, hydro tập trung lại trong các vùng có biến dạng lớn nhất (sự tập trung ứng suất). Đó là trường hợp của các đáy cắt khác hoặc của vết nứt. Cũng vậy, một vết nứt xuất hiện từ một khuyết tật hình học nhỏ

có thể tăng lên bằng các bước nhảy nối tiếp. Mỗi bước nhảy tương ứng với sự đứt của thể tích hoá giòn, xảy ra khi hàm lượng hydro đạt tới ngưỡng làm giòn thép. Phải ghi nhận rằng hydro gây ra quá trình này xuất phát từ phản ứng catốt (2), nó hoạt động dễ dàng bởi sự vắng mặt của oxy. Ngoài ra, ở một vài vật thể có mặt tiếp giáp giữa thép và môi trường có thể hoặc là ngăn cản hoặc là tạo thuận lợi cho sự xâm nhập của hydro vào vật liệu kim loại.

Sự phá hoại do ăn mòn dưới ứng suất xuất hiện khi ứng suất của vết nứt trong vật rắn bị căng đạt tới giá trị cực hạn, gọi là độ dai của vật liệu (yếu tố cường độ của ứng suất tỷ lệ thuận với ứng suất tác dụng và với bình phương của kích cỡ vết nứt).

Đó là cơ chế thứ hai liên quan đến cốt thép ứng suất trước bằng thép không phải là hợp kim.

Để đánh giá độ nhạy cảm của cốt thép ứng suất trước đối với ăn mòn dưới ứng suất, dùng các thí nghiệm quy ước, nó cho phép không phải là dự kiến tuổi thọ làm việc, mà là xếp hạng hoạt động tương đối của cường độ đối với loại ăn mòn này.

Một nhóm các thí nghiệm đầu tiên chỉ liên quan đến độ nhạy cảm của cốt thép đối với sự ăn mòn hóa bởi hydro. Vấn đề là căng một mẫu ở mức của ứng suất gần với ứng suất khi làm việc và đặt nó trong một chất lỏng có khả năng gây nên sự giòn hóa bởi hydro. Một chất lỏng như vậy, thí dụ như dung dịch thioxianat amôn (NH_4CNS).

Một nhóm thí nghiệm ăn mòn gây nứt gần điều kiện làm việc hơn là dùng nước cất ít nhiều được đổi mới và khoáng khí làm môi trường xung quanh các mẫu bị kéo căng.

Các loại thép nhạy cảm hơn đối với ăn mòn dưới ứng suất chỉ được sử dụng đối với các cấu kiện không bị mưa ướt và ít tiếp xúc với thời tiết (trước hết là ở bên trong công trình).

7.4. Bảo vệ chống ăn mòn

Cốt thép của bê tông cốt thép được bảo vệ chống ăn mòn khi chúng được bao bọc bởi lớp bê tông dày, đặc chắc và không nứt nẻ. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, nhất là khi lớp bao phủ có thể không đủ dày hoặc đặc chắc để làm chậm sự xâm nhập của các chất ăn mòn, cần phải có biện pháp bảo vệ phụ. Các phương pháp bảo vệ này có thể bao gồm việc làm tăng tính chống thấm của bê tông phủ ngoài (tăng độ đặc chắc, sơn bê tông, v.v...). Cũng có thể dùng các lớp phủ hữu cơ (nhựa epôxy...) hoặc lớp phủ kim loại (mạ kẽm) lên mặt cốt thép ngay từ khi sản xuất chúng.

Khi cốt thép của bê tông cốt thép chưa được bảo vệ từ lúc đầu, bị ăn mòn trong một công trình, chúng có thể được bảo vệ bằng các phương pháp khác nhau trong đó có phương pháp bảo vệ catốt.

Đối với cốt thép ứng suất trước, bảo vệ bằng vữa lỏng phun hoặc bằng mỡ được đổ vào ngay từ lúc sản xuất cốt thép.

Các phương pháp khác như lớp mạ kẽm cũng có thể dùng được.

Các phản ứng của một vài loại xi măng với lớp mạ làm cho hydro thoát ra, và bọt có thể để lại các vết trong xi măng.

Các phản ứng này mất đi khi pha một lượng nhỏ sản phẩm như cromat. Khi khai thác đặc biệt chú ý việc tạo môi trường cho bê tông có thể thoát được nước và khí ra ngoài (sự nở của bê tông), khi đó mức độ gỉ có thể giảm.

7.5. Các cốt thép đặc biệt

Cốt thép của bê tông cốt thép bằng thép hợp kim: có thể là thép hỗn hợp với Ni (18%) và crôm (8%), chúng có cấu trúc ôstenit, không có từ tính. Cốt thép này được sử dụng cho các công trình đặc biệt. Các loại thép này có cường độ được cải thiện, chống ăn mòn khí quyển và đôi khi chúng được sử dụng để cải thiện tính lâu bền của cốt thép trong một số trường hợp.

Đối với cốt thép ứng suất trước, thép không gỉ được dùng cho việc sửa chữa ở những vùng ăn mòn mạnh và vừa.

Cốt phi kim loại ứng suất trước thường dùng cốt sợi cacbon được phủ trong nền epoxy. Nó có dạng thanh tiết diện tròn hoặc dạng dải phẳng (tấm polime sợi cacbon).

8. GANG

8.1. Thành phần hóa học của gang

Gang là hợp kim sắt - cacbon với lượng cacbon $\geq 2,14\%$. Hai nguyên tố khác thường có trong gang là mangan và silic, ngoài ra còn chứa cả photpho và lưu huỳnh.

8.2. Cấu trúc của gang

Theo cấu trúc vi mô, gang chia ra 4 loại: trắng, xám, cầu và dẻo. Gang trắng có cấu trúc hỗn hợp ledeburit. Trong gang xám, cầu và dẻo cacbon phần lớn ở dạng tự do - grafit.

Gang xám:

Gang xám là loại gang chủ yếu dùng trong xây dựng (gối cầu và các chi tiết cấu tạo khác). Gang xám gồm các grafit ở dạng tấm có dạng hình lục giác.

Giới hạn bền kéo của gang xám thấp, thường chỉ bằng $1/3 - 1/5$ giới hạn bền nén. So với thép giới hạn bền nén không thấp hơn nhiều, nhưng độ dẻo, độ đặc thì rất thấp.

Theo TCVN 1659 - 75 (gang xám kí hiệu và GX và 2 số theo sau đó là giới hạn bền kéo và giới hạn bền uốn tính theo kG/mm^2) gang xám được phân ra làm 11 loại từ

GX - 00 đến GX - 44 - 64. Trong xây dựng thường phải dùng những loại gang xám từ GX 32 - 52 trở lên.

Gang cầu:

Gang cầu gồm những hạt grafit cầu, có độ bền cao và chống va đập tốt. Khi chịu lực, cấu trúc hình cầu làm cho gang cầu có độ bền kéo, nén cao; có độ dẻo và dai nhất định. Theo Tiêu chuẩn Việt Nam gang cầu có ký hiệu là GC với hai số tiếp theo đó là giới hạn bền kéo và độ giãn dài.

Gang cầu có 9 mức từ GC 38 - 17 đến GC 120 - 4.

9. HỢP KIM NHÔM

Hợp kim nhôm là vật liệu được dùng rộng rãi trong xây dựng (cầu, nhà xưởng, nhà dân dụng).

Nhôm nguyên chất có độ bền thấp (0,15 - 0,25 so với thép) nên không dùng trong xây dựng. Hợp kim nhôm có ưu điểm cường độ cao, nhẹ và chống lại tác dụng ăn mòn cao hơn so với thép. Hợp kim nhôm phổ biến nhất là đuyra và silumin.

Đuyra:

Đuyra là hợp kim nhôm với đồng (< 4%), crôm (< 12%), magiê (< 7%), mangan (< 1%). Sau khi gia công nhiệt và cho hoá già tính chất cơ học của nó nằm trong giới hạn sau: giới hạn chảy: 1700 - 2800 daN/cm², độ bền kéo 1700 - 4400 daN/cm², độ giãn dài tương đối 6 - 24%, độ cứng Brinen 40 - 100 daN/mm².

Silumin:

Silumin là hợp kim của nhôm với silic SiO₂(10 - 14%). Chúng có chất lượng cao, độ bền kéo đến 2000 daN/cm², độ cứng Brinen 50 - 70 daN/mm².

Chương 8

VẬT LIỆU GỖ

1. KHÁI NIỆM

Gỗ là vật liệu thiên nhiên được sử dụng khá rộng rãi trong xây dựng vì những ưu điểm cơ bản sau: nhẹ, có cường độ khá cao; cách âm cách nhiệt; dễ gia công (cưa, xẻ, bào, khoan), có giá trị mỹ thuật cao. Vật liệu gỗ được sử dụng rất phổ biến trong xây dựng dân dụng, công nghiệp và giao thông vận tải. Rừng Việt Nam chiếm đến 47% diện tích, có nhiều loại gỗ tốt và quý vào bậc nhất thế giới. Khu Tây Bắc có nhiều rừng già và có nhiều loại gỗ quý như: trai, đinh, lim, lát, mun. Rừng Việt Bắc có lim, nghiến, vàng tâm. Rừng Tây Nguyên có cẩm lai, chò chỉ ...

Gỗ chưa qua chế biến có những nhược điểm sau:

- Cấu tạo và tính chất cơ lí không đồng nhất, thường thay đổi theo từng loại gỗ, từng cây và từng phần trên cây.
- Dễ hút và nhả hơi nước làm sản phẩm bị biến đổi thể tích, cong vênh, nứt tách.
- Dễ bị sâu nấm mục thối phá hoại, dễ cháy.
- Nhiều khuyết tật làm giảm khả năng chịu lực và gia công chế biến khó khăn.

Với kĩ thuật gia công chế biến hiện đại có thể khắc phục được những nhược điểm của gỗ, sử dụng gỗ có hiệu quả hơn, như sơn gỗ, sấy và ngâm tẩm gỗ, chế biến gỗ dán, tấm dăm bào và tấm sợi gỗ ép.

2. CẤU TẠO GỖ

Cấu tạo của gỗ có thể nhìn thấy bằng mắt thường hoặc với độ phóng đại không lớn gọi là cấu tạo thô (vĩ mô). Cấu tạo của gỗ chỉ nhìn thấy qua kính hiển vi gọi là cấu tạo nhỏ (vi mô).

2.1. Cấu tạo thô

Cấu tạo thô của gỗ được quan sát trên ba mặt cắt (hình 8.1).

Quan sát mặt cắt ngang thân cây (hình 8.2) ta có thể nhìn thấy: vỏ, libe, lớp hình thành, lớp gỗ bìa, lớp gỗ lõi và lõi gỗ.

Vỏ có chức năng bảo vệ gỗ khỏi bị tác dụng cơ học. Nó gồm có lớp ngoài (tế bào chết) và lớp libe ở bên trong.

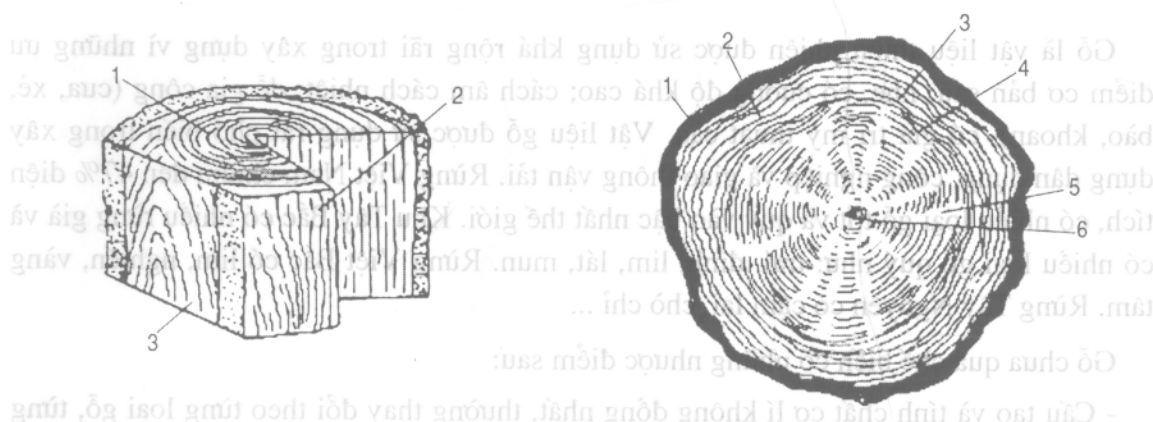
Libe là lớp tế bào mỏng của vỏ, có chức năng truyền và dự trữ thức ăn để nuôi cây.

Lớp hình thành gồm một lớp tế bào sống mỏng có khả năng sinh trưởng ra phía ngoài để sinh ra vỏ và vào phía trong để sinh ra gỗ. Những tế bào gỗ vào mùa xuân có bản rộng thành tế bào mỏng. Vào mùa hè và thu, đông thì hẹp hơn, có thành dày hơn đóng vai trò chịu lực.

Lớp gỗ bìa (giác) màu nhạt, chứa nhiều nước, dễ mục nát, mềm và có cường độ thấp.

Lớp gỗ lõi màu sẫm và cứng hơn, chứa ít nước, khó bị mục mọt.

Lõi cây (tuỷ cây) nằm ở trung tâm, là phần mềm yếu nhất, dễ mục nát.



Hình 8.1: Ba mặt chính của thân cây

1. mặt cắt ngang; 2. mặt cắt pháp tuyến;
3. mặt cắt tiếp tuyến

Hình 8.2: Mặt cắt ngang của thân cây

1. vỏ; 2. sợi vỏ cây; 3. lớp hình thành;
4. lớp gỗ bìa; 5. lớp gỗ lõi; 6. lõi gỗ

Nhìn toàn bộ mặt cắt ngang ta thấy phần gỗ được cấu tạo bởi các vòng tròn đồng tâm, đó là các vòng tuổi. Hàng năm vào mùa xuân gỗ phát triển mạnh; lớp gỗ xuân dày, màu nhạt, chứa nhiều nước. Vào mùa hạ - thu - đông gỗ phát triển chậm, lớp gỗ mỏng, màu sẫm, ít nước và cứng. Hai lớp gỗ có màu sẫm nhạt nối tiếp nhau tạo thành một tuổi gỗ. Nhìn kĩ mặt cắt ngang còn có thể phát hiện được những tia nhỏ li ti hướng vào tâm gọi là tia lõi.

2.2. Cấu tạo vi mô

Qua kính hiển vi có thể nhìn thấy những tế bào sống và chết của gỗ có kích thước và hình dạng khác nhau. Tế bào của gỗ gồm có tế bào chịu lực, tế bào dẫn, tế bào tia lõi và tế bào dự trữ.

Tế bào chịu lực (tế bào thớ) có dạng hình thoi, dài 0,3 - 2 mm; dày 0,02 - 0,05 mm, thành tế bào dày, nối tiếp nhau theo chiều dọc thân cây. Tế bào chịu lực chiếm đến 76% thể tích gỗ.

Tế bào dẫn hay còn gọi là mạch gỗ, gồm những tế bào lớn hình ống xếp chồng lên nhau tạo thành các ống thông suốt. Chúng có nhiệm vụ dẫn nhựa theo chiều dọc thân cây.

Tế bào tia lõi là những tế bào xếp nằm ngang thân cây. Giữa các tế bào này cũng có các lỗ thông nhau.

Tế bào dự trữ nằm xung quanh mạch gỗ và cũng có lỗ thông nhau. Chúng có nhiệm vụ chứa chất dinh dưỡng để nuôi cây.

Về cơ bản cấu trúc gỗ lá kim cũng như gỗ lá rộng, nhưng không có mạch gỗ mà chỉ có tia lõi và tế bào chịu lực. Tế bào chịu lực trong gỗ lá kim có dạng hình thoi, vừa làm nhiệm vụ chịu lực vừa dẫn nhựa dọc thân cây.

Về cấu tạo mỗi tế bào sống đều có ba phần: vỏ cứng, nguyên sinh chất và nhân tế bào.

Vỏ tế bào được tạo bởi xenlulô ($C_6H_{10}O_5$), lignin và các hêmixenlulô. Trong quá trình phát triển nguyên sinh chất hao dần tạo cho vỏ tế bào ngày càng dày thêm. Đồng thời một bộ phận của vỏ lại biến thành chất nhòn tan được trong nước. Trong cây gỗ lá rộng thường có 46 - 48% xenlulô, 19 - 20% lignin, 26 - 35% hêmixenlulô.

Nguyên sinh chất là chất anbumin thực vật được cấu tạo từ các nguyên tố: C, H, O, N và S. Trong nguyên sinh chất, trên 70% là nước. Vì vậy khi gỗ khô tế bào trở nên rỗng ruột.

Nhân tế bào hình bầu dục, trong đó có một số hạt ống ánh và chất anbumin dạng sợi. Cấu tạo hoá học gần giống nguyên sinh chất nhưng có thêm nguyên tố P.

Qua quan sát cấu trúc, gỗ thể hiện rõ là vật liệu không đồng nhất và không đẳng hướng, các thớ gỗ chỉ xếp theo một phương dọc, phân lớp rõ rệt theo vòng tuổi. Do vậy tính chất của gỗ không giống nhau theo vị trí và theo phương của thớ.

3. TÍNH CHẤT CỦA GỖ

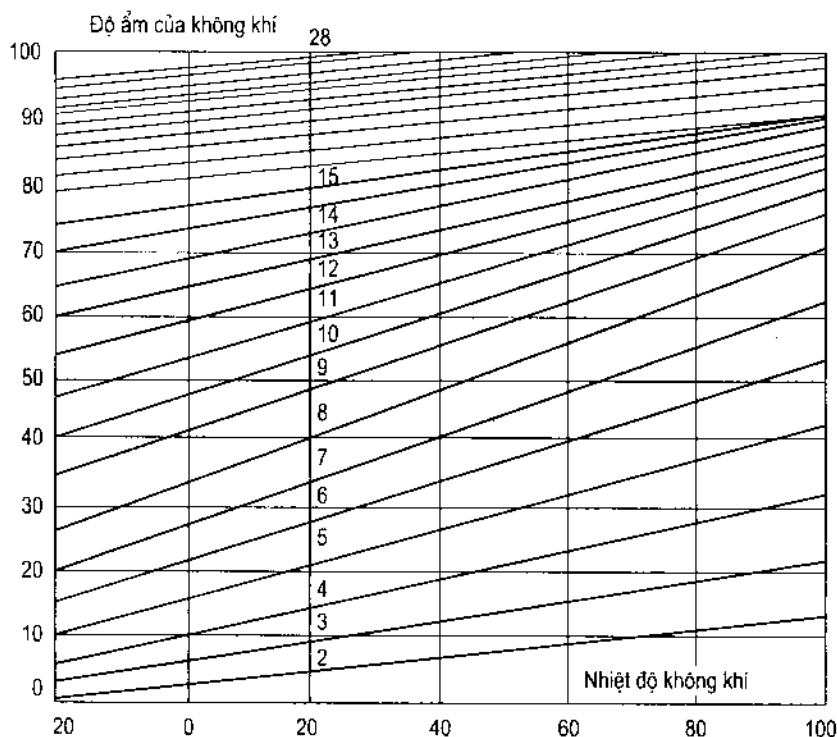
3.1. Tính chất vật lý

Độ ẩm và tính hút ẩm: độ ẩm có ảnh hưởng lớn đến tính chất của gỗ. Nước nằm trong gỗ có ba dạng: nước mao quản (tự do), nước hấp thụ và nước liên kết hoá học. Nước tự do nằm trong ruột tế bào, khoảng trống giữa các tế bào và bên trong các ống dẫn. Nước hấp thụ nằm trong vỏ tế bào và khoảng trống giữa các tế bào. Nước liên kết hoá học nằm trong thành phần hoá học của các chất tạo gỗ. Trong cây gỗ đang phát triển chứa cả nước hấp thụ và nước tự do, hoặc chỉ có nước hấp thụ. Trạng thái của gỗ chỉ chứa nước hấp thụ (không có nước tự do) gọi là giới hạn bão hoà thớ (W_{bh}). Tùy từng loại gỗ giới hạn bão hoà thớ có thể dao động từ 23 đến 35%.

Khi sấy, nước từ từ tách ra khỏi mặt ngoài, nước từ lớp gỗ bên trong chuyển dần ra thay thế. Còn khi gỗ khô thì nó lại hút hơi nước từ không khí.

Độ hút hơi nước phụ thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí. Vì độ ẩm của không khí không cố định nên độ ẩm của gỗ cũng luôn luôn thay đổi. Độ ẩm mà gỗ

nhận được khi người ta giữ nó lâu dài trong không khí có độ ẩm tương đối và nhiệt độ không đổi gọi là độ ẩm cân bằng. Độ ẩm cân bằng của gỗ được xác định bằng biểu đồ trên hình 8.3. Độ ẩm cân bằng của gỗ khô trong phòng là 8 - 12%; của gỗ khô sau khi sấy lâu dài ở ngoài không khí là 15 - 18%.



Hình 8.3: Biểu đồ độ ẩm cân bằng của gỗ (2-38% độ ẩm cân bằng của gỗ)

Vì các chỉ tiêu tính chất của gỗ (khối lượng thể tích, cường độ) thay đổi theo độ ẩm (trong giới hạn của lượng nước hấp thụ) cho nên để so sánh người ta thường chuyển về độ ẩm tiêu chuẩn (18%).

Khối lượng riêng đối với mọi loại gỗ thường như nhau và giá trị trung bình của nó là 1,54 g/cm³.

Khối lượng thể tích của gỗ phụ thuộc vào độ rỗng (gỗ lá kim: 46 - 81%, gỗ lá rộng: 32 - 80%) và độ ẩm. Người ta chuyển khối lượng thể tích của gỗ ở độ ẩm bất kỳ (W) về khối lượng thể tích ở độ ẩm tiêu chuẩn (18%) theo công thức:

$$\gamma_0^{18} = \gamma_0^W [1 + 0,01 (1 - K_0)(18 - W)]$$

trong đó:

$\gamma_0^{18}, \gamma_0^W$ - khối lượng thể tích của gỗ có độ ẩm 18% và W;

K_0 - hệ số co thể tích.

Dựa vào khối lượng thể tích, gỗ được chia làm 3 loại:

- Gỗ rất nhẹ ($\gamma_0 < 400\text{kg/m}^3$)
- Gỗ nhẹ ($\gamma_0 = 700 - 900 \text{ kg/m}^3$)
- Gỗ rất nặng ($\gamma_0 > 900 \text{ kg/m}^3$).

Những loại gỗ rất nặng như gỗ nghiến ($\gamma_0 = 1100\text{kg/m}^3$, gỗ sến 1080kg/m^3); những loại gỗ nhẹ như gỗ sung, gỗ muồng trắng.

Độ co ngót của gỗ là độ giảm kích thước và thể tích khi sấy khô. Nước mao quản bay hơi không làm cho gỗ co. Co chỉ xảy ra khi mất nước hấp thụ. Khi đó chiều dày vỏ tế bào giảm đi, các mixen xích lại gần nhau làm cho kích thước của gỗ giảm đi.

Do cấu tạo không đồng nhất nên độ co theo các phương cũng khác nhau: co dọc thớ 0,1 - 0,3%; co pháp tuyến 3 - 6%; co tiếp tuyến 7 - 12% .

Độ co của gỗ (%) theo các phương dọc thớ y_d , pháp tuyến y_f , và tiếp tuyến y_t được xác định theo công thức:

$$y_d = \frac{a - a_1}{a_1} \times 100$$

$$y_f = \frac{b - b_1}{b_1} \times 100$$

$$y_t = \frac{c - c_1}{c_1} \times 100$$

trong đó:

a, b, c - kích thước của gỗ theo các phương dọc thớ, pháp tuyến và tiếp tuyến trước khi sấy khô;

a_1, b_1, c_1 - sau khi sấy đến trạng thái khô tuyệt đối.

Mức độ co thể tích y_0 (%) được xác định theo thể tích của mẫu gỗ trước khi sấy (V) và sau khi sấy khô (V_1) theo công thức:

$$y_0 = \frac{V - V_1}{V_1} \times 100$$

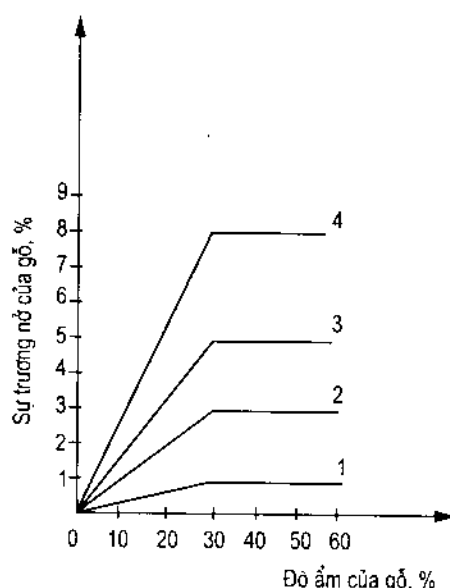
Hệ số co thể tích K_0 (đối với gỗ lá kim: 0,5; gỗ lá rộng: 0,6) được xác định theo công thức:

$$K_0 = \frac{y_0}{W} \times 100$$

trong đó: W - độ ẩm của gỗ (%) không được vượt quá giới hạn bão hoà thớ.

Sự thay đổi kích thước theo các phương không giống nhau sẽ sinh ra những ứng suất khác nhau khiến cho gỗ bị cong vênh và xuất hiện những vết nứt.

Trương nở là khả năng của gỗ tăng kích thước và thể tích khi hút nước vào thành tế bào. Gỗ bị trương nở khi hút nước giới hạn bão hoà thối. Trương nở cũng giống như cơ ngót, không giống nhau theo các phương khác nhau (hình 8.4): dọc thối: 0,1 - 0,8%; pháp tuyến: 3 - 5%; tiếp tuyến: 6 - 12%.



Hình 8.4: Ảnh hưởng của độ ẩm đến độ trương nở

Màu sắc và vân gỗ. Mỗi loại gỗ có một màu sắc khác nhau. Căn cứ vào màu sắc có thể sơ bộ đánh giá phẩm chất và loại gỗ. Thí dụ: gỗ gụ, gỗ mun có màu sẫm và đen; gỗ sến, gỗ táu có màu hồng sẫm; gỗ thông, bồ đề có màu trắng. Màu sắc của gỗ còn thay đổi tùy theo tình trạng sâu nấm và mức độ ảnh hưởng của mưa gió. Vân gỗ cũng rất phong phú và đa dạng.

Vân gỗ cây lá kim đơn giản, cây lá rộng phức tạp và đẹp (lát hoa có vân gợn mây, lát chun có vân óng ánh như vỏ trai). Gỗ có vân đẹp được dùng làm đồ mỹ nghệ.

Tính dẫn nhiệt. Khả năng dẫn nhiệt của gỗ không lớn và phụ thuộc vào độ rỗng, độ ẩm và phương của thối, loại gỗ cũng như nhiệt độ. Gỗ dẫn nhiệt theo phương dọc thối lớn hơn theo phương ngang 1,8 lần. Trung bình hệ số dẫn nhiệt của gỗ là 0,14 - 0,26 kcal/m.°C.h. Khi khối lượng thể tích và độ ẩm của gỗ tăng tính dẫn nhiệt cũng tăng.

3.2. Tính chất cơ học

Gỗ có cấu tạo không đẳng hướng nên tính chất cơ học của nó không đều theo các phương khác nhau. Tính chất cơ học của gỗ phụ thuộc vào nhiều yếu tố: độ ẩm, khối lượng thể tích, phần trăm của lớp gỗ sớm và lớp gỗ muộn, tình trạng khuyết tật...

Tính chất cơ học của gỗ phụ thuộc vào độ ẩm (hình 8.5) nên cường độ của gỗ thử ở độ ẩm nào đó (σ^w) phải chuyển về cường độ ở độ ẩm tiêu chuẩn (σ^{18}) theo công thức:

$$\sigma^{18} = \sigma^w [1 + (W - 18)]$$

trong đó:

σ - hệ số điều chỉnh độ ẩm, biểu thị số phần trăm thay đổi cường độ của gỗ khi độ ẩm thay đổi 1%. Giá trị σ thay đổi tùy theo loại cường độ và phương của thối gỗ.

W - độ ẩm của gỗ (%), $W \leq W_{bht}$

Cường độ chịu nén gồm có: nén dọc thớ, nén ngang thớ pháp tuyến (xuyên tâm), nén ngang thớ tiếp tuyến và nén xiên thớ (hình 8.6).

Trong thực tế rất hay gặp trường hợp nén dọc thớ (cột nhà, cột cầu, giàn giáo...). Mẫu thí nghiệm nén dọc thớ có tiết diện $2 \times 2\text{m}$ và chiều cao 3 cm.

Khi nén ngang, các thớ bị nén chặt vào nhau sinh ra biến dạng rất lớn. Khi biến dạng không tỉ lệ với ứng suất thì coi như mẫu bị phá hoại (hình 8.7).

Trong thực tế gỗ còn chịu nén ngang thớ cục bộ, dễ sinh ra tách đầu cấu kiện (hình 8.8), nên khi sử dụng cần tính toán đầu dư tự do sao cho không bị tách.

Nén xiên cũng là trường hợp hay gặp (đầu vì kèo).

Cường độ chịu nén dọc thớ, ngang thớ (pháp tuyến và tiếp tuyến) được xác định theo công thức:

$$\sigma_n^w = \frac{P_{\max}}{F^w} \quad \text{daN/cm}^2$$

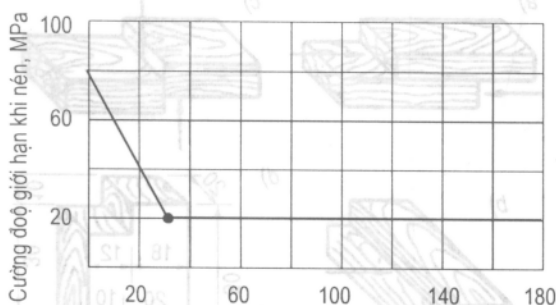
trong đó: $P_{\max}$ - tải trọng phá hoại, kG.

Cường độ chịu kéo:

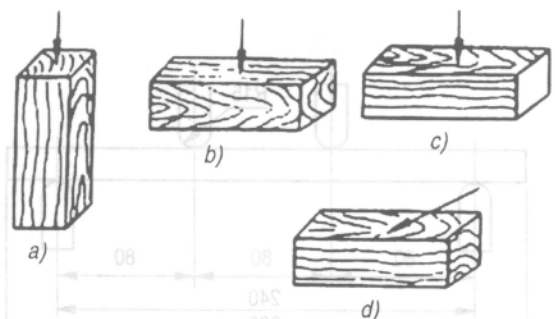
Mẫu làm việc chịu kéo được chia ra: kéo dọc; kéo ngang thớ tiếp tuyến và pháp tuyến (hình 8.6).

Cường độ chịu kéo dọc thớ lớn hơn nén dọc, vì khi kéo các thớ đều làm việc đến khi đứt còn khi nén dọc các thớ bị tách ra và gỗ bị phá hoại chủ yếu do uốn dọc cục bộ từng thớ.

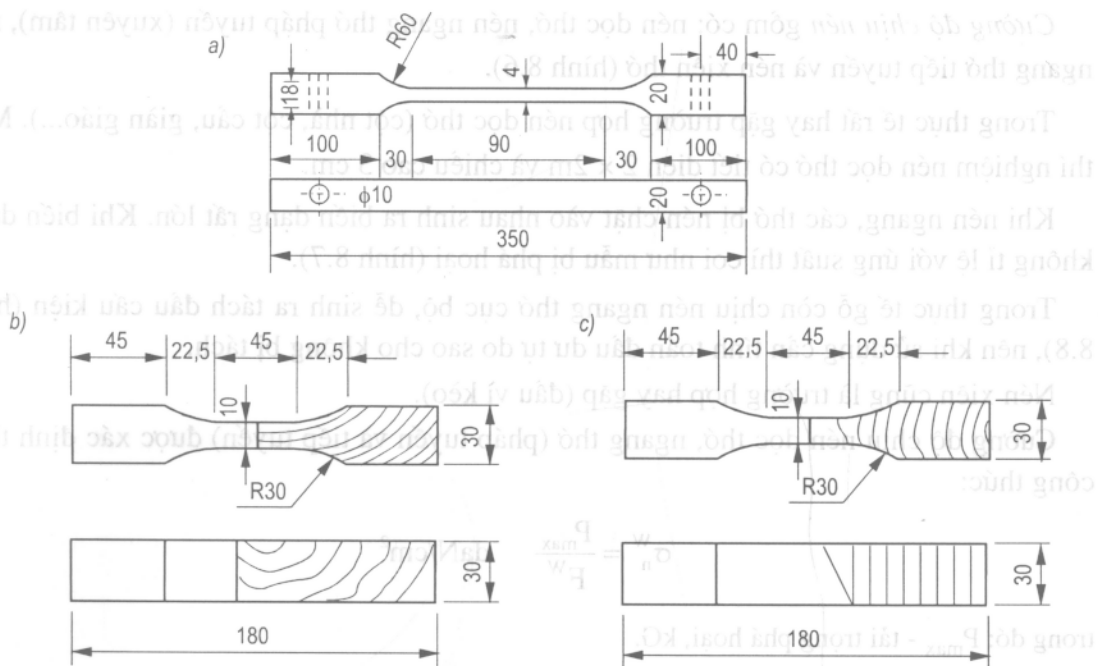
Cường độ chịu kéo xuyên tâm rất thấp. Còn khi kéo tiếp tuyến thì chỉ liên kết giữa các thớ làm việc, nên cường độ của nó cũng nhỏ hơn so với kéo và nén dọc thớ. Nếu tải trọng kéo phá hoại là $F_{\max}$ (kG), tiết diện chịu kéo lúc thí nghiệm là F^w (cm²) thì cường độ chịu kéo σ_K^w của gỗ là: $\sigma_K^w = P_{\max} / F_{\max}$ (daN/cm²).



Hình 8.5. Ảnh hưởng của độ ẩm đến cường độ gỗ



Hình 8.6. Các dạng chịu nén của gỗ
a) dọc thớ; b) ngang thớ tiếp tuyến;
c) xuyên tâm; d) xiên thớ



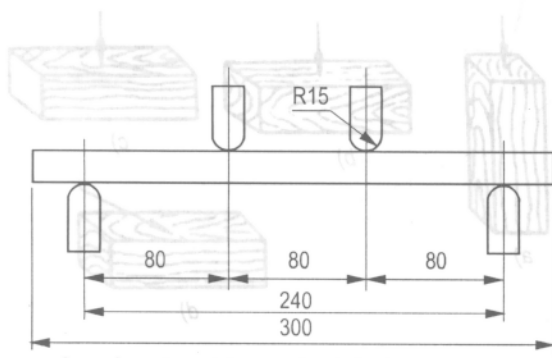
Hình 8.7. Mẫu thí nghiệm kéo

Cường độ chịu uốn:

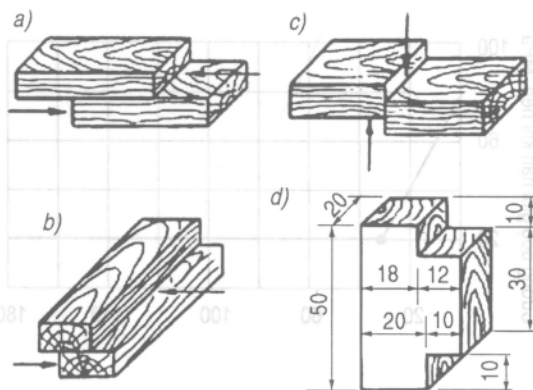
Cường độ chịu uốn của gỗ khá cao (nhỏ hơn cường độ kéo dọc và lớn hơn cường độ nén dọc). Các kết cấu làm việc chịu uốn hay gặp là dầm, xà, vì kèo...). Mẫu thí nghiệm được mô tả ở hình 8.8.

Cường độ chịu uốn σ_u^w được tính theo mômen uốn M (kG.cm) và mômen chống uốn W (cm³):

$$\sigma_u^w = \frac{M}{W^w} \quad (\text{daN/cm}^2)$$



Hình 8.8. Sơ đồ mẫu thí nghiệm uốn



Hình 8.9. Các dạng tải trọng trượt

a. trượt dọc thớ; b. trượt ngang thớ (tiếp tuyến); c. cắt đứt thớ; d. mẫu thí nghiệm trượt dọc thớ

Cường độ chịu trượt:

Cường độ chịu trượt được phân ra: trượt dọc thớ, trượt ngang thớ (tiếp tuyến và xuyên tâm) và cắt đứt thớ (hình 8.9).

Khi trượt dọc phương của tải trọng trùng với phương của thớ gỗ. Khi tải trọng vượt quá giới hạn thì liên kết giữa các thớ sẽ bị phá hoại, các thớ sẽ trượt lên nhau. Trong trượt ngang thớ, tải trọng sẽ tiếp tuyến hoặc vuông góc với vòng tuổi (hình 8.11). Công thức chung để xác định cường độ chịu trượt (dọc thớ và ngang thớ) ở độ ẩm $W\%$ như sau:

$$\sigma^W = \frac{P_{\max}}{F^W} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

trong đó:

$P_{\max}$ - tải trọng phá hoại, kg;

F^W - tiết diện chịu trượt ở độ ẩm W , cm.

Cường độ chịu tách:

Gỗ chịu tách rất kém, vì khi tách liên kết giữa các thớ bị phá hoại không đồng thời (hình 8.10). Nếu lực tách lớn nhất là $F_{\max}$ và chiều rộng mặt chịu tách là a^W thì sức chịu tách S_t^W sẽ được tính bằng công thức:

$$S_t^W = \frac{F_{\max}}{a^W} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

trong đó:

σ - hệ số điều chỉnh độ ẩm biểu thị số phần trăm thay đổi cường độ của gỗ khi độ ẩm thay đổi 1%. Giá trị α thay đổi tùy theo loại cường độ và phương của thớ gỗ;

W - độ ẩm của gỗ (%), $W \leq W_{\text{bht}}$.

4. KHUYẾT TẬT CỦA GỖ

Tất cả các hiện tượng cấu tạo không bình thường cũng như các hư hỏng khác ảnh hưởng đến các tính chất kỹ thuật của gỗ đều xem là các khuyết tật. Khuyết tật phát sinh lúc cây gỗ đang lớn cũng như ngay trong lúc bảo quản và sử dụng. Tùy thuộc vào nguyên nhân gây khuyết tật người ta phân ra: khuyết tật do cấu tạo, do hiện tượng cơ học, do nấm, do côn trùng.

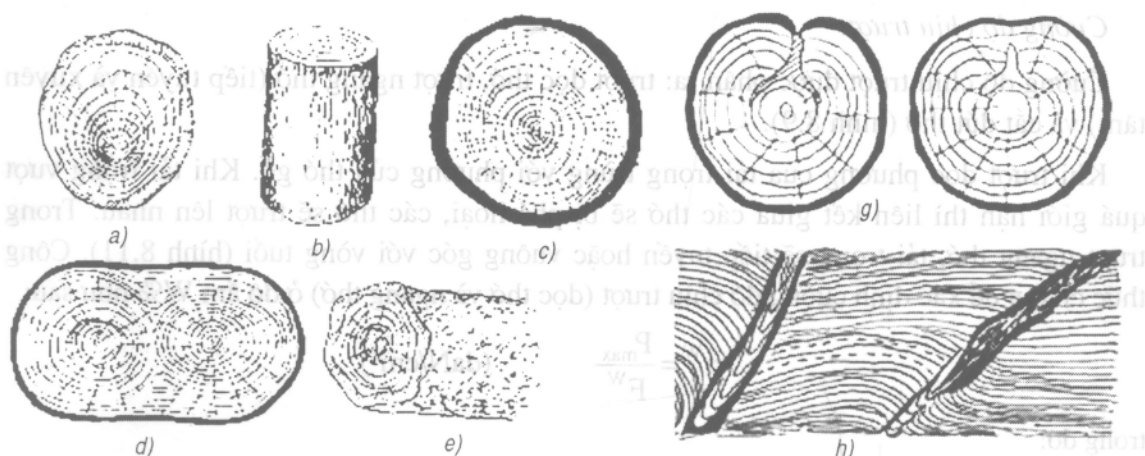
Khuyết tật do cấu tạo không bình thường (hình 8.11)

Lệch tâm: gồm có lệch một phía và lệch cục bộ.

Vặn thớ là hiện tượng các thớ gỗ bị lệch (dạng xoắn ốc). Hiện tượng này làm giảm tính chất cơ lý của gỗ đáng kể.

Tróc lớp là loại nứt ngầm đi theo vòng tuổi dọc thân cây.

Hai tâm là hiện tượng trên tiết diện ngang của thân cây có hai lõi, thường gặp ở cây gỗ có hai ngọn. Nó làm giảm chất lượng sản phẩm.



Hình 8.11. Khuyết tật của gỗ

a) lệch tâm; b) vận thối; c) tróc lớp; d) hai tâm; e) độ thon; g) vỏ ở trong gỗ; h) mắt cây

Độ thon (độ giảm đường kính thân cây từ gốc đến ngọn vượt quá quy định), cong (thân cây bị uốn theo một phía, trên một mặt phẳng hay nhiều mặt phẳng). **Mắt cây** (mắt sống, mắt rời, mắt bỏ, mắt sùng, mắt xộp ...) đều là khuyết tật làm giảm chất lượng gỗ. Các loại vết nứt gồm có nứt hướng tâm, nứt khi sấy khô, đều làm giảm các sản phẩm có ích, gỗ dễ bị mục nát.

Hư hại của gỗ do nấm:

Loại khuyết tật này trong gỗ rất phổ biến. Nấm là loại thực vật đơn giản nhất sống nhờ trong các tế bào gỗ và đôi khi gây ra các hiện tượng hoá lí khác. Nấm phát triển trong điều kiện có oxy, độ ẩm và nhiệt độ phù hợp. Gỗ có độ ẩm nhỏ hơn 20%, cũng như gỗ ngâm ngập trong nước thì không bị nấm phá hoại.

Nấm có thể làm cho gỗ bị biến màu, bị mục và giảm tính chất cơ lí. Nấm có thể phá hoại ngay khi cây gỗ còn đang sống, cây gỗ đã chặt xuống hoặc tiếp tục phá hoại ngay trong các kết cấu.

Mối mọt là những hư hại sâu bên trong gỗ. Khuyết tật này làm giảm tính cơ học và chất lượng của gỗ.

Các công trình làm việc trong nước biển, gỗ còn bị phá hoại do các loại hà. Tốc độ phá hoại kết cấu gỗ do hà rất mạnh, với các loại gỗ nhóm 2, 3 thời gian khai thác chỉ từ 4 - 5 năm nếu không được bảo vệ đặc biệt.

5. CÁC BIỆN PHÁP BẢO QUẢN GỖ

5.1. Phòng chống nấm và côn trùng

Phòng chống nấm và côn trùng nhằm mục đích kéo dài tuổi thọ của gỗ có thể đạt được bằng cách bảo vệ chúng khỏi bị ẩm nhờ các biện pháp sau: sơn hoặc quét, ngâm chiết kiềm và ngâm tẩm các chất hoá học.

Người ta dùng các loại mỡ, sơn hoặc dầu trùng hợp để sơn hoặc quét gỗ khô. Ngâm chiết kiềm là biện pháp tách nhựa cây bằng cách ngâm gỗ khô trong nước lạnh, trong nước nóng, hoặc ngay khi thả trôi bè mảng trên sông suối.

Các chất hoá học dùng để ngâm tẩm là những chất gây độc cho nấm và côn trùng, bền vững, không hút ẩm và không bị nước rửa trôi. Nhưng chúng phải không độc với người và gia súc, không ăn mòn gỗ và kim loại, dễ ngấm vào gỗ, có mùi dễ chịu.

Chất chống mục mọt có loại tan trong nước (thuốc muối) có loại không tan trong nước (thuốc dầu) và loại bột nhão.

Chất tan trong nước dùng để xử lí gỗ trong quá trình sử dụng không chịu tác dụng của nước và hơi ẩm. Các loại chất hay dùng là florua natri (NaF) và flosilicat natri (Na_2SiF_6), sunfat đồng (CuSO_4), dinitrofenolat natri.

NaF là chất bột màu trắng, ít tan trong nước, không mùi, không phá hoại gỗ và kim loại. Nó được sử dụng ở dạng dung dịch có nhiệt độ 15°C để tẩm và quét gỗ. Không nên dùng NaF trong hỗn hợp với vôi, bột phấn và thạch cao.

Na_2SiF_6 là chất bột ít tan trong nước. Tác dụng của nó giống như NaF . Nó được sử dụng ở dạng dung dịch nóng trong hỗn hợp với florua natri theo tỉ lệ 1:3 và cũng có thể dùng nó như một cấu tử trong bột nhão silicat.

Dinitrofenolat natri không bay hơi, không hút ẩm, không ăn mòn kim loại, ở trạng thái khô dễ bị nổ. Nó được sử dụng ở dạng dung dịch để xử lí bề mặt các sản phẩm gỗ dùng xa nguồn điện.

Các chất không tan trong nước (thuốc dầu) do dễ chảy, có mùi khó chịu nên việc sử dụng bị hạn chế. Chúng được dùng để tẩm hoặc quét các sản phẩm gỗ ở ngoài trời, trong đất, trong nước. Các loại thuốc dầu gồm có: creozot than đá và than bùn, nhựa than đá, dầu antraxen và dầu phiến bạch.

Dầu creozot: chất lỏng màu đen hoặc nâu, là chất chống mục, mối và mọt tốt, ít bị nước rửa trôi, không hút ẩm, không bay hơi, không phá hoại gỗ và kim loại, có thể cháy, khó thấm vào gỗ (chỉ được 1-2 mm), mùi hắc, tạo ra trên mặt gỗ một lớp bền làm gỗ khó khô. Khi dùng creozot phải đun nóng đến $50 - 60^\circ\text{C}$.

Không nên dùng dầu creozot để tẩm gỗ bên trong nhà và kho thực phẩm, công trình ngầm và những kết cấu gần nguồn cháy.

Dầu antraxen là một chất lỏng xanh vàng, có tác dụng chống mục, mối, mọt mạnh; bay hơi chậm, ngâm chiết kiềm yếu, không phá hoại gỗ và kim loại. Dầu antraxen được sản xuất từ gudrông than đá. Tính chất và phạm vi sử dụng của nó giống như creozot.

Bột nhão được phân ra loại bitum và loại silicat.

Bột nhão bitum gồm có 30 - 50% florua natri, 5 - 7% bột than bùn, khoảng 30% bitum dầu lửa mức III và IV và khoảng 30% dầu xanh. Loại này dễ cháy, bền nước, có mùi khó chịu.

Bột nhão bitum được dùng để sơn quét các chi tiết nằm trong môi trường ẩm ướt trong lòng đất hoặc lộ thiên.

Bột nhão silicat chứa khoảng 15 - 20% flosilicat natri, 65 - 80% thủy tinh lỏng, 1 - 2% dầu creozôt và đến 29% nước. Bột nhão silicat không bền nước và không cháy. Nó được sử dụng trong xây dựng công nghiệp và xây dựng nhà ở cho những nơi khô ráo.

Các phương pháp sử dụng thuốc là quét hoặc phun, tắm trong bể nóng-lạnh hoặc trong bể có nhiệt độ cao, tắm dưới áp lực...

Quét hoặc phun có tác dụng bảo vệ trên bề mặt.

Tắm gỗ trong bể nóng - lạnh bằng các loại thuốc muối và thuốc dầu được tiến hành như sau: đầu tiên ngâm gỗ trong bể chứa dung dịch thuốc có nhiệt độ đến 98°C và giữ trong 3 - 5 giờ, sau đó chuyển sang bể lạnh có nhiệt độ của dung dịch muối tan là 15 - 20°C và của chất dầu là 40 - 60°C.

Phương pháp này có hiệu quả khi tắm gỗ đã được sấy khô đến mức độ ẩm của lớp gỗ bìa không lớn hơn 30%.

Tắm gỗ trong bể có nhiệt độ cao (chứa petrolatum) dùng để bảo quản gỗ ướt. Gỗ được ngâm vào bể chứa petrolatum chảy lỏng có nhiệt độ 120 - 140°C và giữ một thời gian để nung và sấy nóng, sau đó chuyển sang bể lạnh chứa thuốc dầu có nhiệt độ 65 - 75°C và giữ 24 - 28 giờ.

Tắm gỗ dưới áp lực tiến hành trong nồi thép hình trụ (nồi chung) chứa thuốc nước và thuốc dầu với áp lực làm việc 6-8 atm. Đầu tiên người ta chặt gỗ xẻ vào nồi chung rồi đóng kín để tạo chân không sau đó bơm thuốc vào và nâng áp lực lên 6-8atm, rồi hạ áp lực xuống áp lực bình thường, rút thuốc thừa và dỡ gỗ tắm ra.

Khi tắm gỗ bằng thuốc dầu cần phải đun thuốc trước để nhiệt độ trong thùng khi tắm không thấp hơn nhiệt độ quy định.

5.2. Phòng chống hà

Để phòng chống hà người ta thường dùng các biện pháp sau:

- Dùng gỗ cứng (thiết mộc), gỗ dẻo quánh (tếch), gỗ có nhựa (bạch đàn)... Những loại gỗ cứng, quánh làm hà khó đục, hoặc vì sợ nhựa hà không bám vào.

- Để nguyên lớp vỏ cây.
- Bọc ngoài gỗ một lớp vỏ kim loại.
- Bọc kết cấu gỗ bằng ống ximăng, ống sành.
- Tắm creozôt, CuSO_4 ... cũng là những giải pháp bảo vệ tốt.

Ở nước ta còn dùng phương pháp cổ truyền là thui cho gỗ cháy sém một lớp vỏ bên ngoài. Phương pháp này sau 3 năm phải tiến hành lại.

5.3. Bảo quản và phơi sấy khô

Sấy gỗ là biện pháp làm giảm độ ẩm của gỗ, ngăn ngừa mục nát, tăng cường độ, hạn chế sự thay đổi kích thước và hình dáng trong quá trình sử dụng. Các biện pháp sấy gỗ được dùng là sấy tự nhiên, sấy phòng, sấy điện, sấy trong chất lỏng đun nóng. Trong đó sấy tự nhiên và sấy phòng là chủ yếu.

Sấy tự nhiên được tiến hành ở ngoài trời, dưới mái che hoặc trong kho kín. Tùy theo thời tiết, thời gian sấy để hạ độ ẩm từ 60% xuống 20% dao động trong khoảng 15 - 60 ngày. Sấy tự nhiên không đòi hỏi trang thiết bị đặc biệt, không tiêu tốn nhiên liệu và điện năng. Nhưng sấy tự nhiên có nhược điểm: cần diện tích lớn, phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, không loại trừ được mục, chỉ sấy được đến độ ẩm nhất định.

Sấy phòng được tiến hành trong phòng sấy riêng có không khí nóng ẩm hoặc khí lò hơi có nhiệt độ 40 - 105°C. Trong sấy phòng với một chế độ sấy thích hợp cho phép rút ngắn thời gian sấy mà gỗ không bị cong vênh, nứt tách; giảm thấp độ ẩm của gỗ (nhỏ hơn 16%). Nhược điểm của sấy phòng là phải có thiết bị và phòng sấy, chi phí nhiều nhiên liệu điện năng và nhân lực.

6. VẬT LIỆU, SẢN PHẨM VÀ KẾT CẤU GỖ

Gỗ tròn là loại gỗ có đường kính của đầu ngọn (D) không nhỏ hơn 14cm và dài (l) 4 - 6,5m. Riêng đối với công trình thủy lợi và các chi tiết cầu có D = 22 - 34 cm, l = 6,5 - 8,5cm; cột đường dây tải điện, đường dây buro điện có D = 20 - 32cm và l = 6,5 - 18 m.

Nhóm gỗ	D (m)
1	0,15 - 0,29
2	0,30 - 0,39
3	0,40 - 0,49
4	0,50 - 0,59
5	0,60 - 0,69
6	0,70 - 0,79
7	≥ 0,80

Gỗ tròn phải đẽo mất sát thân cây và cạo sạch vỏ.

Tùy theo đường kính đầu ngọn mà gỗ được phân ra 7 nhóm.

Gỗ xẻ được sản xuất bằng cách xẻ dọc thân cây thành gỗ ván và gỗ thanh. Gỗ để pha chế ra gỗ xẻ phải có chất lượng cao, không bị mục mọt.

Gỗ ván có chiều rộng lớn hơn ba lần chiều dày, chiều dày của ván thường từ $1 \div 4$ cm.

Gỗ thanh có các cỡ (dài $\times$ rộng) 3×4 , 4×6 , 6×10 , 8×12 , 8×16 , 8×18 , 10×10 , 10×12 , 10×14 cm.

Sản phẩm mộc:

Từ gỗ người ta sản xuất các sản phẩm mộc chủ yếu như sau: các chi tiết cửa đi, cửa sổ, vách ngăn, panô cửa cho nhà ở và cổng của nhà công nghiệp. Phần lớn các sản phẩm mộc đều được dùng bên trong nhà hoặc nơi không chịu ảnh hưởng trực tiếp của mưa nắng.

Ván lát sàn cũng là sản phẩm được dùng để lát sàn cho nhà ở và nhà công cộng.

Kết cấu gỗ:

Các kết cấu và các chi tiết lắp ghép từ gỗ được chế tạo sẵn tại các công xưởng. Kết cấu và chi tiết gỗ có nhiều loại: dầm và trần ngăn giữa các tầng; tấm để lát sàn và vách ngăn, ván khuôn chuyên dụng.

Trong các công trình tạm hoặc các công trình bắt buộc phải sử dụng kết cấu gỗ có thể dùng gỗ làm nhà, cầu, đà giáo, ván khuôn cho các kết cấu bê tông cốt thép.

Các ván khuôn chuyên dụng, chế tạo từ các tấm bột gỗ được đúc ép trong khuôn với chất kết dính là các chất pôlime. Ván khuôn chuyên dụng nhẹ, tuổi thọ cao thích hợp với các công trình lớn (cầu lớn, hầm, ...) đòi hỏi chất lượng công trình cao.

Chương 9

BITUM XÂY DỰNG ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY

1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI CHẤT KẾT DÍNH HỮU CƠ

1.1. Khái niệm

Những loại vật liệu như bitum, gudrông, nhũ tương, nhựa màu là các chất kết dính hữu cơ. Chúng có thể ở dạng cứng, quánh, lỏng (thành phần chủ yếu là hydrocacbon cao phân tử và một số hợp chất khác), có khả năng trộn lẫn và dính kết các vật liệu khoáng, tạo thành vật liệu đá nhân tạo có những tính chất vật lý, cơ học phù hợp để xây dựng đường ô tô và sân bay. Các chất kết dính hữu cơ còn được dùng làm vật liệu lợp, cách nước, chống thấm và bảo vệ các đập nước, các công trình kiến trúc, làm nền, gia cố nền đường sắt, sân thể thao, đường đua ô tô và mô tô.

1.2. Phân loại

Căn cứ vào các đặc điểm sau để phân loại chất kết dính hữu cơ:

1.2.1. Theo thành phần hoá học, chia ra làm 4 loại: bitum, gudrông, nhũ tương, bitum pôlyme.

+ Bitum có các loại sau:

- Bitum dầu mỏ - sản phẩm cuối cùng của dầu mỏ, có nhiều ở Mỹ, Nga và Trung Đông.
- Bitum đá dầu - sản phẩm khi chưng đá dầu. Đá dầu có thể chứa đến 12% bitum. Bitum đá dầu được sản xuất ở Pháp và Thụy Sĩ.
- Bitum thiên nhiên - loại bitum thường gặp trong thiên nhiên ở dạng tinh khiết hay lẫn với các loại đá. Được khai thác tại các mỏ đầu tiên ở Tây Ban Nha.

+ Gudrông có 3 loại:

- Gudrông than đá - sản phẩm khi chưng khô than đá.
- Gudrông than bùn - sản phẩm khi chưng khô than bùn.
- Gudrông gỗ - sản phẩm khi chưng khô gỗ.

Hiện nay ít khi sử dụng gudrông để làm đường.

+ Nhũ tương bitum là một loại bitum lỏng bao gồm các hạt bitum phân tán trong môi trường nước và chất nhũ hoá.

+ Bitum pôlyme: là loại bitum cải tiến có thêm thành phần pôlyme hữu cơ hoặc các chất pôlyme tạo màu. Bitum pôlyme có tính ổn định nhiệt hoặc tạo màu sắc cho công trình. Giá thành của bitum pôlyme cao nên được sử dụng trong các công trình đường cao cấp, có các yêu cầu đặc biệt.

1.2.2. Phân loại theo tính chất xây dựng

- Bitum và gudrông rắn: ở nhiệt độ 20 - 25°C là một chất rắn có tính giòn và tính đàn hồi, ở nhiệt độ 180 - 200°C có tính chất của một chất lỏng.

- Bitum và gudrông quánh: ở nhiệt độ 20 - 25°C là một chất mềm, có tính dẻo cao và độ đàn hồi không lớn lắm.

- Bitum và gudrông lỏng: ở nhiệt độ 20 - 25°C là chất lỏng có chứa thành phần hydrôcacbon dễ bay hơi, có khả năng đông đặc lại sau khi thành phần nhẹ bay hơi, và sau đó có tính chất gần với tính chất của bitum và gudrông quánh.

1.3. Tính chất hoá lý của chất kết dính hữu cơ

Độ phân cực. Độ phân cực đặc trưng bằng các tính chất vật lý khác nhau như: sức căng bề mặt, sự thấm ướt nhựa, tính dẫn điện, v.v...

Độ phân cực α được biểu thị bằng tỷ lệ giữa độ hoà tan của chất kết dính hữu cơ trong dung môi là chất phân cực và chất không phân cực:

$$\alpha = \frac{A}{B} \times 100$$

trong đó:

A - độ hoà tan của bitum và gudrông trong rượu mêtilylic, %;

B - độ hoà tan của bitum và gudrông trong benzen, %.

Độ phân cực của bitum dầu mỏ từ 5 - 35%, bitum đá dầu từ 50 - 70%, gudrông than đá từ 45 - 95%.

Độ phân cực (hệ số hoà tan) của bitum cao dẫn đến sức căng bề mặt lớn, chất kết dính sẽ liên kết tốt với vật liệu khoáng.

Sức căng bề mặt. Ở nhiệt độ 20 - 25°C sức căng bề mặt của bitum là 35erg/cm². Việc xác định sức căng bề mặt của bitum khá phức tạp, vì vậy theo đề nghị của viện sỹ P.A. Rebinder, có thể xác định độ hoạt tính bề mặt của nó, thông qua độ hoà tan của bitum vào nước làm giảm sức căng bề mặt ở mặt phân chia của nước với bitum. Độ hoạt tính bề mặt của bitum cao hay thấp phụ thuộc vào độ phân cực của các phân tử.

Các phân tử của chất hoạt tính bề mặt bao gồm phần không có cực là những gốc cacbua hydrô, ví dụ CH₃-CH₂-CH₂- ... và phần có cực tính như -COOH, -OH, -NH₂, -SH, ... Khi trộn hai chất lỏng có cực tính và không cực với nhau, ở mặt phân chia hai chất lỏng các

phân tử của chất hoạt tính bề mặt sẽ định hướng theo một quy luật nhất định: nhóm có cực của phân tử hướng vào chất lỏng phân cực, còn nhóm không có cực sẽ hướng vào chất lỏng không phân cực. Lượng chất có cực trong chất dính kết có ảnh hưởng lớn đến khả năng thấm ướt và tính liên kết với vật liệu khoáng.

Tính thấm ướt vật liệu khoáng. Tính thấm ướt vật liệu khoáng của chất kết dính phụ thuộc vào lượng các chất hoạt tính bề mặt có cực và tính chất của vật liệu khoáng.

Tính thấm ướt được đặc trưng bằng góc thấm ướt. Đó là góc giữa bề mặt vật liệu khoáng và tiếp tuyến với bề mặt giọt chất kết dính tại ranh giới tiếp xúc với vật liệu.

Nếu góc thấm ướt càng nhọn tính thấm ướt càng tốt. Khi đó lực hút phân tử giữa chất dính kết và bề mặt vật liệu khoáng gần bằng lực hút phân tử bên trong chất kết dính. Nếu như góc thấm ướt lớn thì tính thấm ướt kém, lực hút phân tử với bề mặt vật liệu khoáng yếu. Vì vậy, chất kết dính càng thấm ướt tốt vật liệu khoáng thì lực hút phân tử trong chúng càng yếu và lực dính bám giữa chất kết dính với bề mặt vật liệu khoáng càng mạnh.

Những vật liệu khoáng kỵ nước (thấm ướt nước kém) là những vật liệu dính bám chất kết dính hữu cơ tốt.

Các tính chất vật lý trên có liên quan chặt chẽ với các tính chất kỹ thuật của chất kết dính.

2. BITUM XÂY DỰNG ĐƯỜNG

2.1. Thành phần cấu tạo của bitum

Bitum dầu mỏ là một hỗn hợp phức tạp của các hợp chất hydrocacbon (metan, naftalen, các loại mạch vòng). Bitum có màu đen, hoà tan được trong benzen (C_6H_6), cloruafooc ($CHCl_3$), disunfuacacbon (CS_2) và một số dung môi hữu cơ khác, các nhóm chức năng có chứa lưu huỳnh, nitơ và nguyên tử oxy. Bitum cũng chứa một số lượng nhỏ kim loại như: niken, sắt, magiê, canxi dưới dạng muối hữu cơ oxyt.

Thành phần hoá học của bitum dầu mỏ như sau:

$$\begin{array}{lll} C = 82 - 88\%; & S = 0 - 6\%; & N = 0,5 - 1\%; \\ H = 8 - 11\%; & O = 0 - 1,5\%; & \end{array}$$

Dựa trên cơ sở của thuyết về nhóm hoá học người ta chia bitum dầu mỏ thành 3 nhóm chính (nhóm chất dầu, nhóm chất nhựa, nhóm atphan) và các nhóm phụ. Một cách tổng thể có thể tách thành phần hoá học của bitum thành hai nhóm atphan và maltel. Nhóm các maltel có thể chia ra thành các chất bão hoà, các chất nhựa, các chất thơm (phân loại theo Tiêu chuẩn Anh).

Nhóm chất dầu (thơm) gồm những hợp chất có phân tử lượng thấp (300 - 600), không màu, khối lượng riêng nhỏ (0,91 - 0,925). Nhóm chất dầu làm cho bitum có tính lỏng. Nếu hàm lượng của nhóm này tăng lên, tính quánh của bitum giảm. Trong bitum nhóm chất dầu chiếm khoảng 45 - 60%.

Nhóm chất nhựa gồm những hợp chất có phân tử lượng cao hơn (600 - 900), khối lượng riêng xấp xỉ bằng 1, màu nâu sẫm. Nó có thể hoà tan trong benzen, etxăng, clorofoc. Nhóm chất nhựa trung tính (tỷ lệ H/C = 1,6 - 1,8) làm cho bitum có tính dẻo. Hàm lượng của nó tăng, độ dẻo của bitum cũng tăng lên. Nhựa axit (H/C = 1,3 - 1,4) làm tăng tính dính bám của bitum vào đá. Hàm lượng của nhóm chất nhựa trong bitum dầu mỏ vào khoảng 15 - 30%.

Nhóm atphan rắn, giòn gồm những hợp chất có phân tử lượng lớn (1000 - 30000), khối lượng riêng 1,10 - 1,15, có màu nâu sẫm hoặc đen, không bị phân giải khi đốt. Khi ở nhiệt độ lớn hơn 300°C thì bị phân giải ra khí và cốc, tỷ lệ H/C = 1,1.

Atphan có thể hoà tan trong clorofoc, tetraclorua cacbon (CCl_4), không hoà tan trong ête, dầu hoả và axêton ($\text{C}_3\text{H}_5\text{OH}$). Tính quánh và sự biến đổi tính chất theo nhiệt độ của bitum phụ thuộc chủ yếu vào nhóm này.

Hàm lượng nhóm atphan tăng lên thì tính quánh, nhiệt độ hoá mềm của bitum cũng tăng lên. Hàm lượng của nhóm atphan trong bitum vào khoảng 10 - 25%.

Nhóm cacben và cacbôit. Tính chất của cacben gần giống như chất atphan, chỉ khác là không hoà tan trong benzen và trong CCl_4 , hoà tan được trong disunfuacacbon, khối lượng riêng lớn hơn 1.

Cacbôit là một chất rắn dạng muối, không hoà tan trong bất cứ dung môi nào.

Hàm lượng của các chất này ở trong bitum nhỏ hơn 1,5%; làm bitum kém dẻo.

Nhóm axit atphan và anhydrit. Nhóm này là những chất nhựa hoá (nhựa axit) mang cực tính (gồm những phân tử có chứa gốc cacbôxyl $-\text{COOH}$); nó là thành phần hoạt tính bề mặt lớn nhất của bitum, dễ hoà tan trong rượu cồn, benzen, clorofoc và khó hoà tan trong etxăng. Axit atphan có khối lượng riêng nhỏ hơn 1, màu nâu sẫm, hàm lượng trong bitum nhỏ hơn 1%. Khi hàm lượng tăng lên, khả năng thấm ướt và cường độ liên kết của bitum với bề mặt vật liệu khoáng dạng cacbonat tăng lên.

Nhóm parafin (các chất no) là những hydro cacbua béo ở dạng chuỗi thẳng hoặc phân nhánh có phân tử lượng trung bình bao gồm các chất parafin và không thuộc dạng parafin. Papafin có thể làm giảm khả năng phân tán và hoà tan của atphan vào trong các nhóm khác, có thể làm giảm tính đồng nhất của bitum. Nếu tỷ lệ parafin tăng lên, nhiệt độ hoá mềm, tính giòn của bitum ở nhiệt độ thấp sẽ tăng lên, bitum hoá lỏng ở

nhệt độ thấp hơn so với bitum không chứa parafin. Tỷ lệ của parafin trong bitum dầu mỏ đến 5%.

Tính chất của bitum phụ thuộc vào thành phần và tính chất của hỗn hợp các nhóm cấu tạo hoá học. Dựa vào nhóm cấu tạo hoá học có thể chia bitum dầu mỏ thành 3 loại:

- Bitum loại 1: nhóm atphan > 25%, nhựa < 24% và dung dịch cacbon > 50%.
- Bitum loại 2: > 18%; > 36% và < 48%.
- Bitum loại 3: 21 - 23%; 30 - 34% và 45 - 49%.

Ba loại bitum trên có độ biến dạng khác nhau. Thành phần hoá học của chúng thay đổi theo thời gian sử dụng kết cấu mặt đường.

2.2. Cấu trúc của bitum

Tính chất của bitum phụ thuộc vào cấu trúc của nó. Bitum là một hệ thống keo phức tạp có cấu trúc cơ bản là cấu trúc mixen atphan.

Trong lý thuyết mixen đối với những chất cao phân tử, Menep và Mark coi cấu trúc của chúng như một hệ thống tinh thể (mixen). Trong hệ thống này các mixen bị bao quanh bởi một số lượng lớn các phân tử có phân tử lượng nhỏ bằng những lực tương hỗ. Khi lực tương hỗ lớn thì mỗi một mixen là một nút của mạng. Mixen được coi là pha phân tán, các phân tử có phân tử lượng nhỏ hơn đóng vai trò là môi trường phân tán. Với bitum, pha phân tán là nhóm atphan, xung quanh chúng là những chất nhựa và môi trường phân tán là chất dầu.

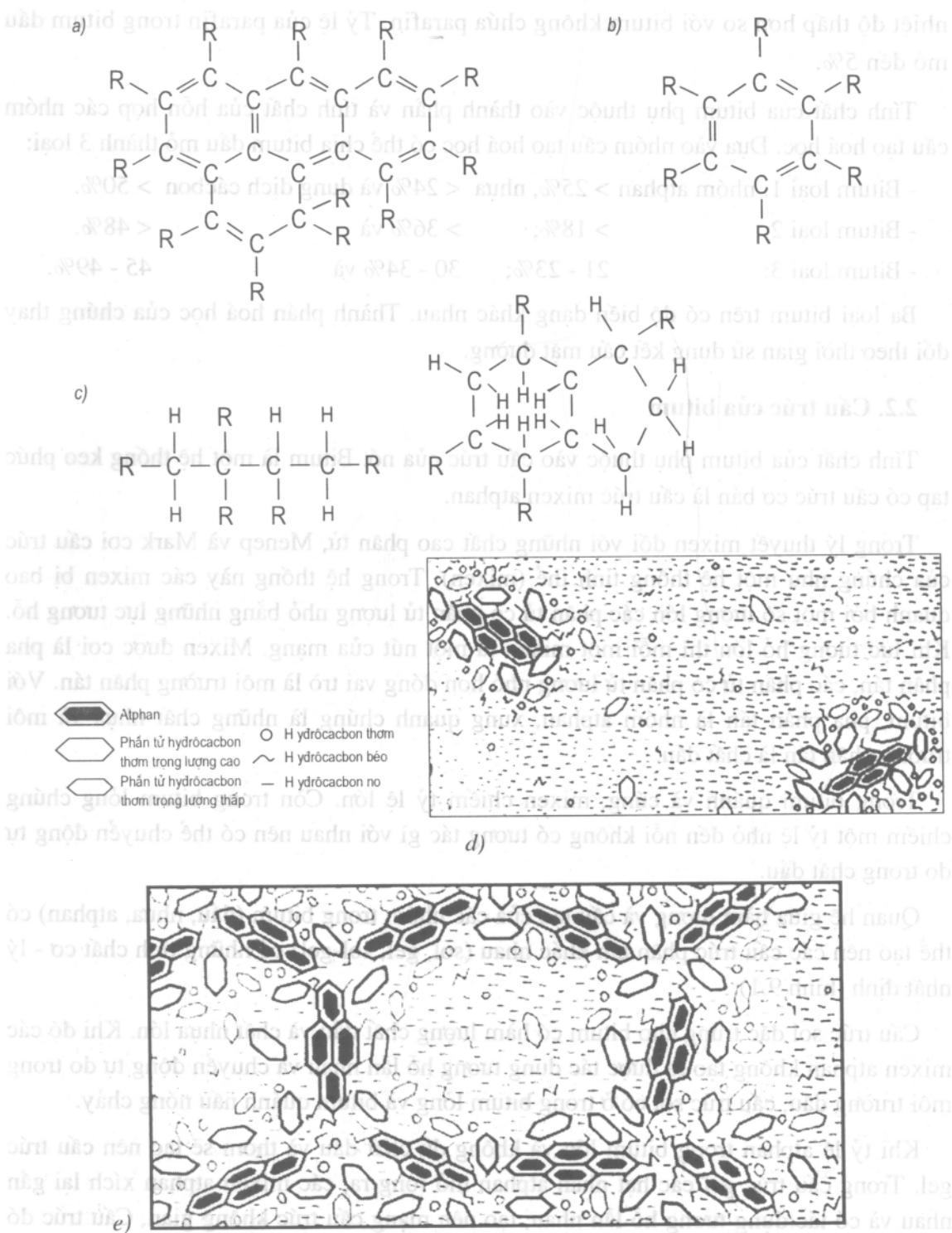
Trong bitum quánh và cứng, mixen chiếm tỷ lệ lớn. Còn trong bitum lỏng chúng chiếm một tỷ lệ nhỏ đến nỗi không có tương tác gì với nhau nên có thể chuyển động tự do trong chất dầu.

Quan hệ giữa hàm lượng và cấu tạo của các nhóm trong bitum (dầu, nhựa, atphan) có thể tạo nên các cấu trúc phân tán khác nhau (sol, gel, sol-gel) có những tính chất cơ - lý nhất định (hình 9.1).

Cấu trúc sol đặc trưng cho bitum có hàm lượng chất dầu và chất nhựa lớn. Khi đó các mixen atphan không tạo ra được tác dụng tương hỗ lẫn nhau và chuyển động tự do trong môi trường dầu, cấu trúc sol có ở trong bitum lỏng và bitum quánh nấu nóng chảy.

Khi tỷ lệ atphan trong bitum lớn và không đủ chất dầu và thơm sẽ tạo nên cấu trúc gel. Trong cấu trúc gel các hạt nhân atphan mở rộng ra, các mixen atphan xích lại gần nhau và có tác dụng tương hỗ lẫn nhau, tạo nên mạng cấu trúc không gian. Cấu trúc đó tạo ra tính đàn hồi cho chất kết dính và là đặc trưng cho cấu trúc của bitum cứng ở nhiệt độ thấp.

Cấu trúc sol - gel đặc trưng cho bitum quánh ở nhiệt độ thường. Ở nhiệt độ này vật liệu sẽ có tính đàn hồi dẻo và tính nhớt.



Hình 9.1: Các nhóm cấu tạo của bitum

a) cấu tạo hoá học của nhóm aphan

b) cấu trúc vòng thơm (nhóm chất dầu);

c) nhóm hydrocacbon no

d) nhóm cấu trúc bitum dạng "Sol";

e) cấu trúc bitum dạng "Gel"

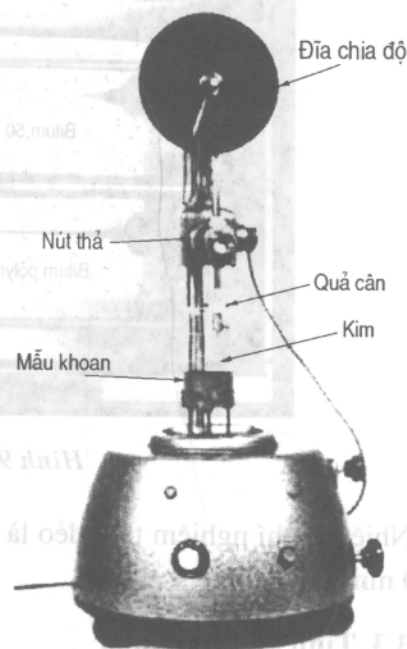
3. CÁC TÍNH CHẤT CỦA BITUM QUÁNH DÙNG XÂY DỰNG ĐƯỜNG

3.1. Tính quán (22TCN 249-98, AASHTO T49-89, ASTM D5, BS 2000)

Tính quán của bitum thay đổi trong phạm vi rộng. Nó ảnh hưởng nhiều đến các tính chất cơ học của hỗn hợp vật liệu khoáng với chất kết dính, đồng thời quyết định công nghệ chế tạo và thi công loại vật liệu có dùng bitum.

Độ quán của bitum phụ thuộc vào hàm lượng các nhóm cấu tạo và nhiệt độ của môi trường. Khi hàm lượng nhóm atphan tăng lên và hàm lượng nhóm chất dầu giảm, độ quán của bitum tăng lên. Khi nhiệt độ của môi trường tăng cao, nhóm chất nhựa sẽ bị chảy lỏng, độ quán của bitum giảm xuống. Để đánh giá độ quán của bitum người ta dùng chỉ tiêu độ cắm sâu của kim (trọng lượng 100g, đường kính 1mm) của dụng cụ tiêu chuẩn (hình 9.2) vào bitum ở nhiệt độ 25°C trong 5 giây. Độ kim lún kí hiệu là P, đo bằng độ (1 độ bằng 0,1mm). Trị số P càng nhỏ độ quán của bitum càng cao.

Theo độ kim lún có thể chia bitum làm 5 loại: 1-2-3-4-5 với độ kim lún ở 25°C biến đổi từ 300-40 độ.



Hình 9.2: Dụng cụ đo độ quán

3.2. Tính dẻo (22TCN 49-98, ASTM 113-89)

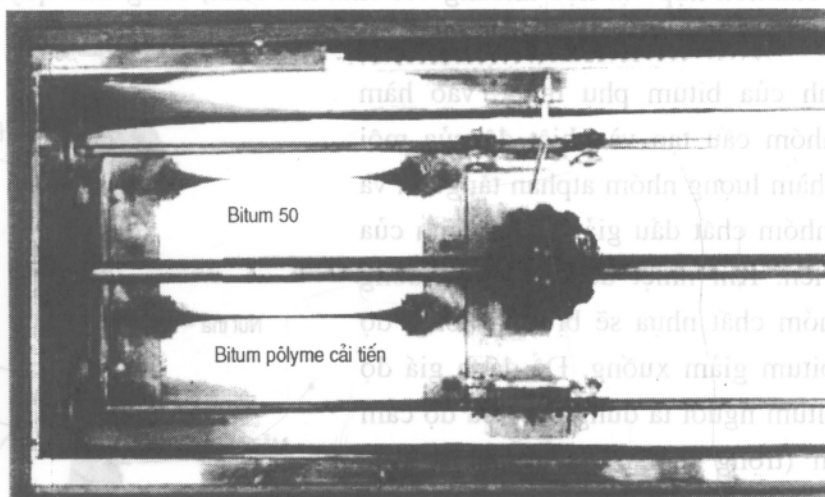
Tính dẻo đặc trưng cho khả năng biến dạng của bitum dưới tác dụng của ngoại lực.

Tính dẻo của bitum cũng như tính quán, phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần nhóm. Khi nhiệt độ tăng, tính dẻo cũng tăng. Ngược lại khi nhiệt độ giảm tính dẻo cũng giảm, nghĩa là bitum trở nên giòn. Trong trường hợp đó, bitum dùng làm mặt đường hay trong các kết cấu khác có thể tạo thành các vết nứt.

Tính dẻo của bitum được đánh giá bằng độ kéo dài, kí hiệu là L (cm) của mẫu tiêu chuẩn và được xác định bằng dụng cụ đo ở hình 9.3.

Độ kéo dài biểu thị tính kết dính nội tại của bitum. Sức bền nội tại của các loại bitum khác nhau thì biểu thị bằng độ kéo dài khác nhau. Trong thí nghiệm này ba sợi mẫu bitum được định hình giống nhau, để trong môi trường nước và được kéo ra với tốc độ đều là 50 mm/ph cho đến khi bị đứt. Nhiệt độ thí nghiệm thì được điều chỉnh theo độ

kim lún của bitum, ví dụ 10°C cho bitum 100, 13°C cho bitum 70, 17°C cho bitum 50. Trong trường hợp cần xác định độ đàn hồi dẻo (độ đàn hồi ở 25°C) để đánh giá sự cải thiện tính chất của bitum khi sử dụng các phụ gia đặc biệt. Trị số này là tỷ lệ giữa biến dạng đàn hồi và độ kéo dài (đứt) theo quy định trị số này từ 55-70%.



Hình 9.3: Dụng cụ đo độ giãn dài

Nhiệt độ thí nghiệm tính dẻo là 25°C, tốc độ kéo là 5cm/phút. Độ kéo dài tối thiểu là 100 mm.

3.3. Tính ổn định nhiệt

Khi nhiệt độ thay đổi, tính quán tính, tính dẻo của bitum thay đổi. Sự thay đổi đó càng nhỏ, bitum có độ ổn định nhiệt độ càng cao.

Tính ổn định nhiệt của bitum phụ thuộc vào thành phần hoá học của nó. Khi hàm lượng nhóm atphan tăng, tính ổn định nhiệt của bitum tăng, hàm lượng nhóm atphan giảm tính chất này giảm xuống.

Bước chuyển của bitum từ trạng thái rắn sang trạng thái quán tính rồi hoá lỏng, và ngược lại từ trạng thái lỏng sang trạng thái quán tính, rồi hoá rắn xảy ra trong khoảng nhiệt độ nhất định. Do đó tính ổn định nhiệt của bitum có thể biểu thị bằng khoảng nhiệt độ đó. Khoảng biến đổi nhiệt độ, kí hiệu là T, được xác định bằng công thức sau:

$$T = T_m - T_c$$

trong đó:

T_m - nhiệt độ hoá mềm của bitum, là nhiệt độ chuyển bitum từ trạng thái quán tính sang trạng thái lỏng;

T_c - nhiệt độ hoá cứng của bitum là nhiệt độ chuyển bitum từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn.

Nếu T càng lớn, tính ổn định nhiệt của bitum càng cao.

Trị số nhiệt độ hoá mềm của bitum ngoài việc dùng để xác định khoảng biến đổi nhiệt độ T, nó còn có ý nghĩa thực tiễn rất quan trọng. Trong xây dựng đường, người ta thường dùng bitum để rải mặt đường, do đó khi gặp nhiệt độ cao, nếu T_m không thích hợp, bitum có thể bị chảy làm cho mặt đường có dạng làn sóng, dòn dỗng... trở ngại cho xe cộ đi lại.

Vì vậy, nhiệt độ hoá mềm cũng là một chỉ tiêu kỹ thuật để đánh giá chất lượng của bitum. Nhiệt độ hoá mềm của bitum được xác định bằng dụng cụ "vòng bi" (hình 9.4). Khối lượng của viên bi bằng 3,5g, đường kính 9,53 mm.

Để xác định nhiệt độ hoá mềm người ta đun nóng bình chứa chất lỏng (thường là nước) với tốc độ $5^\circ\text{C}/\text{phút}$. Dưới tác dụng của nhiệt độ tăng dần, đến một lúc nào đó bitum bị nóng chảy lỏng ra, viên bi cùng bitum rơi xuống. Nhiệt độ chất lỏng trong bình, ứng với lúc viên bi tiếp xúc với bảng dưới của giá đỡ được xem là nhiệt độ hóa mềm của bitum.

Nhiệt độ hoá cứng của bitum có thể xác định bằng dụng cụ đo độ kim lún. Nhiệt độ hoá cứng là nhiệt độ ứng với độ kim lún bằng 1 - 1,25. Nhiệt độ hoá cứng cũng có thể đo bằng dụng cụ Fraxa (hình 9.5). Tất cả bitum đều thể hiện đặc tính chịu tác động của nhiệt: nhiệt độ cao - mềm, nhiệt độ thấp - cứng, được biểu thị bằng công thức Van Doormaal:

$$\log P = AT + K$$

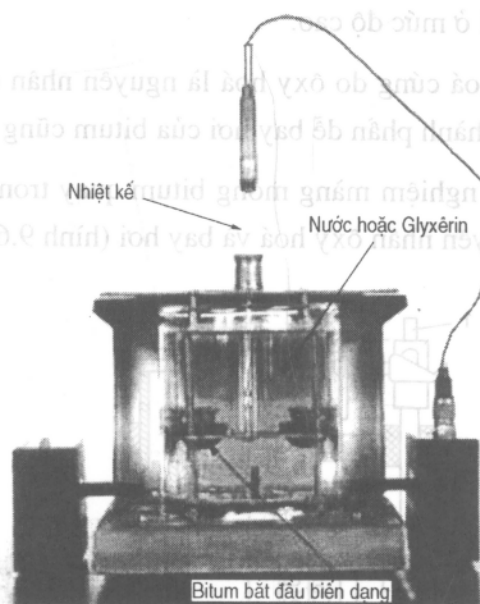
trong đó:

A- độ linh động với nhiệt theo log của độ kim lún = 0,015 - 0,06;

K- hệ số thực nghiệm.

3.4. Tính hoá già của bitum

Do ảnh hưởng của thời tiết mà tính chất và thành phần hoá học của bitum bị thay đổi. Người ta gọi sự thay đổi đó là sự hóa già của bitum. Nguyên nhân của hiện tượng đó là vì lượng của nhóm atphan tăng lên.

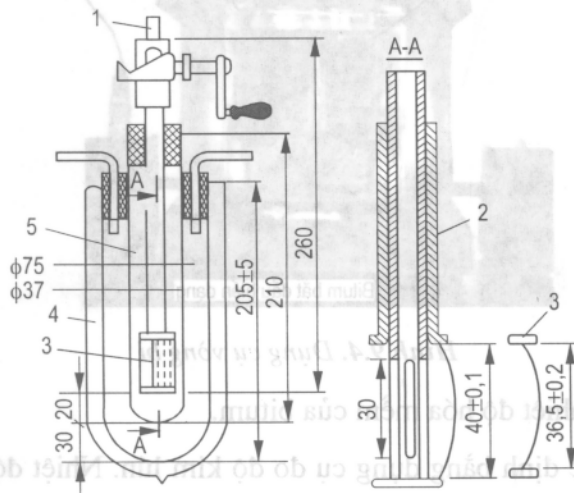


Hình 9.4. Dụng cụ vòng bi

Sự bay hơi của nhóm chất dầu cũng làm tính quánh và tính giòn của bitum tăng lên, làm thay đổi cấu tạo phân tử, tạo nên các hợp chất mới. Quá trình hoá già của bitum sẽ dẫn đến quá trình hoá già của bê tông asphalt. Độ giòn của bitum làm xuất hiện các vết nứt trong lớp phủ mặt đường, tăng quá trình phá hoại do ăn mòn. Quá trình hoá già của lớp phủ mặt đường có thể chia làm 2 giai đoạn. Giai đoạn 1 cường độ và tính ổn định biến dạng tăng. Giai đoạn 2 bitum bắt đầu già, cấu trúc thay đổi, làm lớp phủ bị phá hoại. Tuy vậy, sự hoá già của bitum phát triển chậm - thường sau 10 năm sử dụng sự hoá già mới ở mức độ cao.

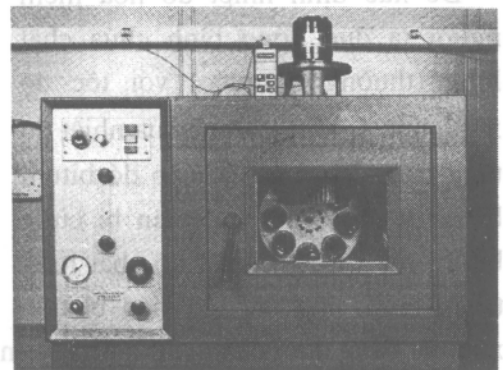
Sự hoá cứng do ôxy hoá là nguyên nhân chính làm cho bitum trở nên lão hoá, ngoài ra các thành phần dễ bay hơi của bitum cũng có đóng góp đáng kể.

Thử nghiệm màng mỏng bitum quay trong lò (ASTM D 2872) xác định sự hoá cứng do nguyên nhân ôxy hoá và bay hơi (hình 9.6).



Hình 9.5. Dụng cụ Fraxa

1. nhiệt kế; 2. cuộn thanh thép; 3. mẫu thử (thanh thép); 4. mỏ duyara; 5. ống nghiệm



Hình 9.6. Thử nghiệm màng mỏng
lò quay

3.5. Nhiệt độ bốc cháy

Trong khi đun bitum đến một nhiệt độ nhất định thì các chất dầu nhẹ trong bitum bốc hơi hoà lẫn vào môi trường xung quanh tạo nên một hỗn hợp dễ cháy.

Để xác định nhiệt độ bốc cháy, người ta dùng dụng cụ riêng (hình 9.6). Trong thí nghiệm, nếu ngọn lửa lan khắp mặt bitum thì nhiệt độ lúc đó được xem là nhiệt độ bốc cháy. Nhiệt độ bốc cháy của bitum thường nhỏ hơn 200°C. Nhiệt độ này là một chỉ tiêu quan trọng về an toàn khi gia công bitum.

3.6. Tính dính bám (liên kết) của bitum với bề mặt vật liệu khoáng

Sự liên kết của bitum với bề mặt vật liệu khoáng có liên quan đến quá trình thay đổi lý hoá khi hai chất tiếp xúc tương tác với nhau. Sự liên kết này sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc tạo nên cường độ và tính ổn định với nước, với nhiệt độ của hỗn hợp bitum và vật liệu khoáng.

3.6.1. Độ dính kết khi không có nước

Khi nhào trộn bitum có độ nhớt thích hợp với vật liệu khoáng sạch, khô và không có bụi bám, các hạt khoáng được thấm ướt bằng bitum và tạo thành một lớp hấp phụ. Khi đó các phân tử bitum ở trong lớp hấp phụ sẽ tương tác với các phân tử của vật liệu khoáng ở lớp bề mặt. Tương tác đó có thể là tương tác lý học hay hóa học.

Lực liên kết hoá học lớn hơn rất nhiều so với lực liên kết lý học, do đó khi bitum tương tác hoá học với vật liệu khoáng thì cường độ liên kết sẽ lớn nhất.

Liên kết của bitum với vật liệu khoáng trước hết phụ thuộc vào tính chất của bitum. Bitum có sức căng bề mặt càng lớn, nghĩa là có độ phân cực càng lớn, thì liên kết với vật liệu khoáng càng tốt.

Độ phân cực của bitum phụ thuộc vào hàm lượng nhóm chất nhựa, đặc biệt là nhựa axit. Bitum chứa nhóm chất nhựa càng nhiều thì sự liên kết của nó với vật liệu khoáng càng tốt.

Liên kết của bitum với vật liệu khoáng còn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu khoáng. Các loại cốt liệu bazơ liên kết hoá học với bitum tốt hơn các loại cốt liệu axit (hàm lượng ôxyt silic cao - đá granít).

3.6.2. Độ dính kết khi có nước

Khi các con đường bị ướt từ 3 tháng trở lên trong một năm (ở Anh hoặc ở các tỉnh Nam bộ nước ta...) sẽ nảy sinh ra hai vấn đề là cốt liệu bị ướt và nhựa không dính kết với cốt liệu. Có hai kiểu hư hỏng trong hệ bitum cốt liệu là bitum bị mất tính kết dính nội tại và khả năng dính bám giữa bitum và cốt liệu phá vỡ. Khi đó cơ chế mối liên kết bitum và cốt liệu bị bong. Để duy trì một độ kết dính tốt khi có nước cần lưu ý đến thành phần khoáng học của cốt liệu, hình dạng, cấu trúc, hoá trị còn lại và diện tích bề mặt của cốt liệu. Hoá trị dư hoặc diện tích bề mặt trên một cốt liệu được đáp ứng sẽ tạo thành mối liên kết dính bám tốt. Sự hút bám cơ lý của bitum vào bề mặt của cốt liệu còn phụ thuộc vào các khoảng rỗng có thể thấm được, kích thước lỗ rỗng, độ nhớt và sức căng bề mặt của bitum. Tuy nhiên bản chất của cốt liệu là nhân tố chủ yếu, ảnh hưởng nhiều nhất sự kết dính giữa bitum và cốt liệu. Các cốt liệu có nguồn gốc bazơ sẽ đảm bảo tính kết dính trong nước tốt.

Sự ổn định nước của hỗn hợp trong trường hợp này phụ thuộc vào độ hoà tan trong nước của các hợp chất mới tạo thành. Nếu như các hợp chất mới tạo thành là những muối kali, natri của các axit hữu cơ, thì nó sẽ hoà tan trong nước và như vậy làm cho hỗn hợp kém ổn định nước. Nếu những hợp chất ấy là các muối của canxi, sắt, nhôm, là những hợp chất không hoà tan trong nước thì hỗn hợp ổn định nước.

Mức độ liên kết của bitum với bề mặt vật liệu đá hoa có thể đánh giá theo độ bền của màng bitum trên bề mặt đá hoa khi nhúng trong nước sôi. Nếu sau khi thí nghiệm hơn 2/3 bề mặt của hạt đá hoa vẫn được bitum bao bọc thì độ liên kết của bitum với bề mặt đá hoa là tốt.

Thực tế khi chế tạo hỗn hợp bitum và vật liệu khoáng, người ta dùng nhiều loại đá khác nhau, do đó mức độ liên kết của nó cũng có thể khác nhau. Để đánh giá mức độ liên kết của bitum trong trường hợp này cũng tiến hành theo nguyên tắc tương tự. Sau khi thí nghiệm, đem kết quả so sánh với thang đánh giá chỉ tiêu liên kết ghi ở bảng 9.1.

Trường hợp độ hoạt tính của bitum thấp, sự liên kết của nó với bề mặt vật liệu khoáng kém thì cần cho thêm vào bitum chất phụ gia hoạt tính bề mặt.

Bảng 9.1

Đặc trưng của màng bitum trên bề mặt vật liệu khoáng		Chỉ tiêu liên kết
Phần đá không chứa hạt nhỏ hơn 0,71mm	Phần đá có chứa hạt không nhỏ hơn 0,71mm	
Màng bitum được giữ hoàn toàn	Màng bitum được giữ hoàn toàn, nước không bị đục	Tốt - cấp 5 Khá - cấp 4
Màng bitum bị thay đổi ít	Màng bitum bị thay đổi ít	
Màng bitum bị thay đổi một số hạt hay từng chỗ trên mặt hạt bị bóc trần (gần 50%)	Màng bitum thay đổi đáng kể những hạt lớn bị bóc trần (gần 50%), nước bị đục do một số bộ phận các hạt nhỏ bị rửa sạch	Trung bình - cấp 3 Xấu - cấp 2
Màng bitum bị thay đổi hoàn toàn hay hầu như hoàn toàn, các hạt đá bị bóc trần hết, bitum tạo thành từng giọt nhỏ hay nổi lên mặt nước	Màng bitum bị thay đổi phần lớn hay hoàn toàn, nhìn thấy bitum tạo thành từng giọt nhỏ hoặc nổi lên mặt nước, nước bị đục hoàn toàn	

3.7. Yêu cầu kỹ thuật của bitum quán xây dựng đường

Chất lượng của bitum đặc dùng trong xây dựng đường bộ được quy định đánh giá theo 10 chỉ tiêu kỹ thuật tương ứng với 5 mức của bitum làm đường theo 22TCN 279-01 được ghi trong bảng 9.2.

Bảng 9.2

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Trị số tiêu chuẩn theo cấp độ kim lún (mác)				
			40-60	60-70	70-100	100-150	150-250
1	Độ kim lún ở 25°C	0,1mm	40-60	60-70	70-100	100-150	150-250
2	Độ kéo dài ở 25°C, nhỏ nhất	cm	100				
3	Nhiệt độ hoá mềm (phương pháp vòng và bi)	°C	49-58	46-55	43-51	39-47	35-43
4	Nhiệt độ bắt lửa nhỏ nhất	°C	230				220
5	Lượng tổn thất kinh tế sau khi đun nóng 163°C trong 5 giờ	%	0,5	0,8			
6	Tỷ lệ độ kim lún của nhựa đường sau khi đun nóng ở 163°C trong 5 giờ so với độ kim lún ở 25°C nhỏ nhất	%	80	75	70	65	60
7	Lượng hoà tan nhỏ nhất trong tricloetylen, C ₂ HCl ₃	%	99				
8	Khối lượng riêng ở 25°C	g/m ³	1,00-1,05				
9	Độ dính bám tối thiểu đối với đá	cấp độ	cấp 3				
10	Hàm lượng parafin lớn nhất	%	2,2				

Bitum dầu mỏ loại quánh dùng trong xây dựng đường của Nga, Trung Quốc thường được chia làm 5 mác (bảng 9 -3).

Bảng 9.3

Các chỉ tiêu	Quy định theo mác				
	1 (200/300)	2 (130/200)	3 (90/130)	4 (60/90)	5 (40/60)
1. Độ kim lún: Khi ở 25°C, trong giới hạn Khi ở 0°C, không nhỏ hơn	201-300 45	131-200 35	91-130 28	61-90 20	41-60 13
2. Độ kéo dài ở 25°C, cm không nhỏ hơn	không quy định	65	60	50	40
3. Nhiệt độ hoá mềm, °C, không thấp hơn Thí nghiệm liên kết với đá hoa hay cát	35	39	43	47	51
	chịu được thí nghiệm (liên kết tốt)				
4. Sự thay đổi nhiệt độ hoá mềm sau khi gia nhiệt, °C không lớn hơn	8	7	6	6	6
5. Hàm lượng các hợp chất hoà tan trong nước, không lớn hơn Nhiệt độ bốc cháy, °C, không thấp hơn	0,2 200	0,2 220	0,3 220	0,3 220	0,3 220

* Các quy định về nhựa đặc của Mỹ (AC) (theo AASHTO - M20).

Nhựa đặc chế từ dầu mỏ của Mỹ dùng cho xây dựng đường được chia ra 5 cấp theo độ kim lún, và phải thoả mãn các chỉ tiêu cơ lý sau (bảng 9.4).

Bảng 9.4

Các chỉ tiêu	Cấp nhựa theo độ kim lún					Ký hiệu thí nghiệm
	40 - 50	60 - 70	85 - 100	120 - 150	200 - 300	D5 - T49
1. Độ kim lún (77F, 1029.5inc	40 - 50	60 - 70	85 - 100	120 - 150	200 - 300	D5 - T49
2. Nhiệt độ bốc cháy (theo Chereland) F	450+	450+	450+	425+	350+	D92 - T40
3. Độ kéo dài ở 77F, 5cm/phút; cm	100+	100+	100+	100+	100+	D113 - T51
4. Độ hoà tan trong trichloroethylen, %	99+	99+	99+	99+	99+	D2042-T44
5. Thí nghiệm màng mỏng nhựa trong lò (1/5inc, 325F, 5giờ)						D1754-T79
6. Lượng tổn thất sau khi đun nóng, %	0,8 -	0,8 -	1,0 -	1,3 -	1,5 -	D6 - T47
7. Độ kim lún của nhựa sau khi đun nóng, % so với lúc chưa đun nóng	58+	54+	50+	46+	40+	D5 - T49
8. Độ kéo dài của nhựa sau khi đun nóng (77F, 5cm/phút), cm		50+	75+	100+	40+	
9. Độ nhớt ở 275F,						
Độ nhớt động lực, cst	240+	200+	170+	140+	100+	D2170-T201
Độ nhớt Sayb + Ufurol, sec	120+	100+	85+	70+	50+	E102
10. Nhiệt độ hoá mềm °C, (vòng và bi)		49 - 54				D36

Trong xây dựng, ngoài những loại bitum dầu mỏ xây dựng đường, còn có những loại bitum dầu mỏ xây dựng khác, bitum chế tạo sơn. Tính chất vật lý kỹ thuật của các loại bitum này ghi trong bảng 9.5.

Bảng 9.5

Mức bitum	Nhiệt độ, °C		Độ kim lún ở 25°C, 0,1mm	Độ kéo dài khi nhiệt độ 25°C, không nhỏ hơn
	Hoá mềm, không nhỏ hơn	Bốc cháy, không nhỏ hơn		
Bitum dầu xây dựng				
50/50	50	220	41 - 60	40
70/50	70	230	21 - 40	3
90/50	90	240	5 - 20	1
Bitum dầu làm sơn				
45/180	40 - 50	240	140 - 220	-
90/40	85 - 95	240	35 - 45	-
90/30	85 - 95	240	25 - 35	-

3.8. Phạm vi sử dụng bitum dầu mỏ quánh làm đường

Bitum có tính quánh (nhớt) càng cao thì càng tốt, nhưng tính nhớt càng cao thì bitum càng đặc, do đó bitum sẽ giòn và khó thi công. Vì vậy mức bitum phải căn cứ vào phương pháp thi công, thiết bị thi công, điều kiện khí hậu để chọn cho hợp lý.

Phạm vi sử dụng bitum quánh làm đường có thể tham khảo bảng 9.6.

Bảng 9.6

Mức của bitum	Phạm vi sử dụng
1 - (150/250)	Làm lớp tráng mặt
2 - (100/150)	Gia cố đất, làm lớp tráng mặt, làm lớp thấm nhập khi vật liệu đá yếu ($R_n = 300 - 600 \text{ daN/cm}^2$).
3 - (70/100)	Làm mặt đường láng nhựa, chế tạo atphan xây dựng đường ở vùng khí hậu ôn hoà, có thể dùng để chế tạo bê tông atphan xây dựng mặt đường ôtô cho xe chạy ở vùng khí hậu lục địa
4 - (60/70)	Chế tạo bê tông atphan xây dựng đường ôtô và sân bay ở vùng nóng, chế tạo nhũ tương, bitum lỏng, chế tạo bitum pơlyme
5 - (40/60)	Chế tạo bê tông atphan xây dựng đường ôtô và sân bay cho vùng nóng, chịu tải trọng nặng

4. BITUM LỎNG LÀM ĐƯỜNG

4.1. Phân loại

Bitum lỏng có thành phần là bitum đặc pha với dung môi là mazut, dầu mỏ hoặc etxăng.

Có 3 loại bitum lỏng tùy theo tốc độ đông đặc lại khác nhau:

- + Loại RC: đông đặc nhanh
- + Loại M: đông đặc trung bình
- + Loại SC: đông đặc chậm

Thành phần dung môi tùy theo các nước được quy định trong các tiêu chuẩn. Theo tiêu chuẩn Mỹ bitum lỏng có các mức: RC; M; SC. Theo Tiêu chuẩn của Nga bitum lỏng có các mức: MG; CG được phân loại theo độ nhớt.

Các tính chất chủ yếu của bitum lỏng là độ nhớt và tính dễ bay hơi của dung môi.

4.2. Các tính chất

4.2.1. Độ nhớt (AASHTO 732-90)

Độ nhớt của bitum lỏng phụ thuộc vào cấu trúc của nó. Bitum lỏng có nhiều thành phần nhóm chất nhựa, chất rắn và chứa ít nhóm chất dầu thì độ nhớt của nó tăng lên. Tính chất của nó thay đổi trong thời gian sử dụng ở đường; các tính chất này được xác định như với bitum đặc quánh.

Có thể xác định khả năng thi công (đặc lại) của bitum lỏng bằng chỉ tiêu lượng bay hơi (%) khi nung bitum lỏng từ 60° đến 100°C và thời gian từ 1 - 5 giờ tùy loại bitum lỏng. Chỉ tiêu này gần sát với thực tế hơn chỉ tiêu nêu ở trên.

4.2.2. Yêu cầu kỹ thuật của bitum lỏng xây dựng đường

Bitum dầu mỏ loại lỏng dùng xây dựng đường ở Nga chia ra 2 loại: đông đặc vừa và đông đặc chậm.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của bitum lỏng, đông đặc vừa được giới thiệu ở bảng 9.7, còn của loại đông đặc chậm ở bảng 9.8.

Bảng 9.7

Các chỉ tiêu	Quy định theo mác				
	40/70	70/130	130/200	40/70	70/130
1. Độ nhớt theo nhớt kế đường kính lỗ 5mm, ở 60°C, giây, trong khoảng	40-70	71-130	131-200	40-70	71-130
2. Lượng bay hơi sau khi nung, % không nhỏ hơn	10	8	7	8	7
3. Nhiệt độ hoá mềm của phần còn lại sau khi nung để xác định lượng bay hơi, 0°C, không nhỏ hơn	37	39	39	28	29
4. Nhiệt độ bốc cháy, °C, không nhỏ hơn	45	50	60	100	110
5. Thí nghiệm liên kết với đá hoa hoặc cát	tốt	tốt	tốt	tốt	tốt

Bảng 9.8

Các chỉ tiêu	Quy định về mác			
	130/200	40/70	70/130	130/200
1. Độ nhớt theo nhớt kế có d = 5mm, ở 60°C, giây	131 - 200	40 - 70	71 - 130	131 - 200
2. Lượng bốc hơi sau khi nung, %, ≥	5	-	-	-
3. Nhiệt độ hoá mềm phần còn lại sau khi nung để xác định lượng bốc hơi, 0°C ≥	30	-	-	-
4. Nhiệt độ bốc cháy, °C, ≥	110	120	160	180
5. Thí nghiệm liên kết với đá hoa hay cát	tốt	tốt	tốt	tốt

* Các quy định về nhựa lỏng của Mỹ

Có 3 loại nhựa lỏng dùng trong xây dựng đường.

Nhựa lỏng đông đặc nhanh (RC), nhựa lỏng đông đặc vừa (M) và nhựa lỏng đông đặc chậm (SC), chia ra các cấp khác nhau theo độ nhớt. Các chỉ tiêu cơ lý của các loại nhựa được quy định như ở bảng 9.6, 9.7, 9.8.

RC - nhựa lỏng đông đặc nhanh

Bảng 9.9

Các chỉ tiêu	Cấp nhựa lỏng theo độ nhớt				Ký hiệu thí nghiệm
	RC-70	RC- 250	RC- 300	RC-3000	
1- Độ nhớt động lực ở 140F; cst	70-140	250-500	800-1600	3000-6000	D2170-T201
2- Nhiệt độ bốc cháy (chín hờ): F			80+	80+	D1310-T79
3- Sản phẩm cất (% theo thể tích của tổng lượng sản phẩm cất ở 680F):					
Đến 374F	10+	-	-	-	D402-T76
Đến 437F	50+	35+	15+	-	
Đến 500F	70+	60+	15+	25+	
Đến 600F	85+	80+	75+	70+	
Bã nhựa sau khi cất đến 680F, % theo thể tích	55+	65+	75+	80+	
4- Thí nghiệm trên bã nhựa sau khi chưng cất					
- Độ kim lún 77F; 100g; 5sec	80-120	30-120	80-120	80-120	D5-T49
- Độ kéo dài, 77F; cm	100+	100+	100+	100+	D148-T51
- Độ hoà tan trong tricloetylen; %	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	D2042-T44
5- Hàm lượng nước; %	0.2-	0.2-	0.2-	0.2-	D95-T55

5. CÁC LOẠI BITUM CẢI TIẾN LÀM ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY

5.1. Mở đầu

Bitum dầu mỏ xây dựng đường là một loại vật liệu truyền thống đáp ứng tốt các yêu cầu về xây dựng đường ô tô và sân bay.

Hiện nay nhu cầu về lưu lượng xe và tải trọng trục xe có xu hướng tăng lên rõ rệt. Như vậy vật liệu làm đường cần được cải tiến để phù hợp với yêu cầu xây dựng đường ô tô và sân bay cấp cao. Bitum cải tiến là những vật liệu mới đáp ứng được các yêu cầu đó.

Ưu điểm của loại bitum cải tiến là tăng khả năng chịu lực và biến dạng của kết cấu mặt đường bê tông atphan.

Thành phần chủ yếu của bitum cải tiến là bitum+phụ gia. Phụ gia thường dùng là: bột cao su, mangan hữu cơ, lưu huỳnh hoặc các polyme dẻo nhiệt.

Các phụ gia trước đây đã được pha vào bê tông atphan khi chế tạo. Ngày nay các chất này được trộn với bitum tại nhà máy sản xuất bitum để có được bitum cải tiến.

Mặt khác việc sử dụng bitum cải tiến đưa ra một giải pháp nhằm làm tăng chất lượng bảo dưỡng đường, tăng tuổi thọ phục vụ. Để đạt hiệu quả kinh tế của bitum cải tiến sử dụng kết hợp với các cốt liệu có chất lượng cao trong hỗn hợp đá nhựa thoát nước hoặc ở các khu vực có yêu cầu về tính chống rão hoặc biến dạng đặc biệt. Trong các con đường bình thường không nên dùng vì giá thành của bitum cải tiến còn cao.

Cải tiến đơn giản nhất về tính chống biến dạng có thể đạt được bằng cách sử dụng bột cao su từ lốp ô tô cũ. Các hợp chất mangan hữu cơ, lưu huỳnh và các chất polyme dẻo nhiệt có thể nâng cao tính dễ thi công trong thời gian đầm lèn và tính chống biến dạng của bê tông atphan. Nhằm đáp ứng tốt hơn nhu cầu của giao thông, các loại cao su dẻo nhiệt được sử dụng nhằm nâng cao cả tính chống biến dạng và chống rão.

Bitum có tính đàn hồi-dẻo (nhớt). Tính chất này ảnh hưởng nhiều đến các đặc tính kỹ thuật của bê tông atphan làm đường. Điển hình là tính chống biến dạng dư và nứt. Biến dạng của bitum tăng theo thời gian chịu tải và nhiệt độ.

Sự biến dạng do tác động của tải trọng cho thấy phản ứng đàn hồi tức thời xảy ra sau đó sự tăng lên dẫn đến sự biến dạng theo thời gian cho đến khi tải trọng được loại bỏ, sự biến dạng đàn hồi tức thời được phục hồi ngay. Sự phục hồi tiếp theo xảy ra theo thời gian. Sự phục hồi dần dần theo thời gian của vật liệu được xem như là "tính đàn hồi chậm". Cuối cùng một sự biến dạng vĩnh viễn còn lại vẫn giữ nguyên mà không thể phục hồi được do tính nhớt trực tiếp gây ra.

Biến dạng do tải trọng xe di động trên đường gây ra đối với vật liệu bitum bao gồm biến dạng đàn hồi và biến dạng dư. Khi nhiều tải trọng kéo tác động lên mặt đường sẽ hình thành sự tích lũy biến dạng lớn, điều này gây nên sự biến dạng dư trên bề mặt đường. Từ những điều trên cho thấy vì sao sự biến dạng xảy ra nhiều hơn khi nhiệt độ môi trường cao, ở những nơi có tốc độ giao thông thấp hoặc ở những khu vực giao thông tĩnh ở các nút giao thông nơi phương tiện dừng đỗ.

Một trong những vai trò cơ bản của chất cải tiến bitum là tăng tính chịu biến dạng của atphan với biến dạng dư khi nhiệt độ đường cao, mà không tác động xấu đến các đặc tính kỹ thuật của bitum hoặc atphan ở nhiệt độ khác. Có thể đạt được điều này bằng cách làm cứng hoá bitum để tổng biến dạng đàn hồi- dẻo (nhớt) của atphan bị giảm đi với mức độ giảm tương ứng của độ biến dạng dư hoặc bằng cách tăng độ đàn hồi của bitum, do đó giảm biến dạng dẻo (nhớt) mà từ đó làm giảm biến dạng dư.

Tăng độ cứng của bitum làm tăng độ cứng động học của hỗn hợp bê tông atphan do đó cải tiến khả năng phân tán lực của vật liệu và tăng độ bền kết cấu và tuổi thọ thiết kế của con đường hoặc là tạo ra kết cấu có tuổi thọ và độ bền tương tự như với các lớp mỏng hơn. Như vậy với tải trọng không đổi có thể giảm bớt chiều dày của kết cấu áo đường.

5.2. Phân loại bitum cải tiến

Phương pháp chính để tạo ra bitum cải tiến là cho thêm vào bitum các chất bột, các khoáng chất đặc biệt, các sợi khoáng và cao su. Có thể lựa chọn các chất cải tiến theo hai yếu tố là tính khả thi và tính kinh tế, chúng phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Sẵn có.
- Không biến chất ở nhiệt độ trộn thảm.
- Có thể trộn được vào bitum.
- Không làm cho bitum quá nhớt ở nhiệt độ trộn thảm, ở nhiệt độ đầm nén trên bề mặt đường, không làm bitum bị cứng hoặc giòn khi phải làm việc ở nhiệt độ thấp.

- Có hiệu quả kinh tế,

Sau khi đã trộn các chất cải tiến (phụ gia). Bitum phải có các đặc tính sau:

- Giữ các đặc tính kỹ thuật trong thời gian bảo quản, thi công trên mặt đường và khi con đường được đưa vào sử dụng.
- Có thể được chế biến bằng cách thông thường.
- Ổn định về lý-hoá học trong thời gian bảo quản, sử dụng và trên đường.
- Đạt độ nhớt trộn và phun ở nhiệt độ sử dụng.

5.3. Bitum có pha thêm lưu huỳnh

Có hai cách sử dụng lưu huỳnh trong bê tông atphan để làm áo đường:

Thứ nhất: hỗn hợp atphan được cho thêm một lượng tương đối nhỏ lưu huỳnh dưới dạng một chất hoà tan trong bitum. Cách gia công thứ hai được biết đến với tên gọi là THERMOPAVE, sử dụng hàm lượng lưu huỳnh cao. Lượng lưu huỳnh dư đóng vai trò như một chất khoáng tự rải. Khi trộn với cốt liệu sẽ tạo ra một hỗn hợp rất dễ thi công và khi nguội có khả năng chống biến dạng cao.

Shell cũng đã phát triển một sản phẩm có tên gọi THERMOPATICH. Đây là một loại atphan có hàm lượng lưu huỳnh cao để sửa chữa ổ gà, phục hồi đường, có thể sử dụng cho cả đường bê tông atphan hoặc mặt đường bê tông xi măng. Bitum ở thể lỏng chảy tự do được rót vào lỗ, khe nứt trên mặt đường và bitum nguội đi có thể cho xe chạy ngay. Tuy nhiên lưu huỳnh sẽ có phản ứng với bitum phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần hoá học của bitum. Người ta đã chứng minh rằng: lưu huỳnh chủ yếu là phản ứng với thành phần naphthalen thơm của bitum, bằng cách cộng thêm vào phần tử hoặc bằng cách oxy hoá bitum thông qua việc lấy hydro để tạo ra hydro sunfua. Ở khoảng nhiệt độ 119,3°C là nhiệt độ điểm sôi của lưu huỳnh đơn nguyên chất và ở 150°C thì phản ứng chủ yếu là cộng thêm lưu huỳnh vào làm tăng hàm lượng hydrosulfua ở vùng chất thơm phân cực và một thay đổi rất nhỏ trong đặc tính lưu biến của bitum. Trên 150°C phản ứng oxy hoá cạnh tranh tăng lên rõ rệt làm cho hydro sunfua tăng lên và tác động đến các đặc tính của bitum tương tự như tác động của quá trình sục khí.

Sự tiến triển của hydrôsunfua ở nhiệt độ trên 150°C rõ ràng là không thể chấp nhận được. Vì vậy nên thận trọng khi sử dụng bitum lưu huỳnh.

5.4. Bitum pha thêm cao su

Polybutadien, polyisopren, cao su thiên nhiên, cao su butyl, cloropren, styrene-butadien cao su... được sử dụng cùng với bitum nhưng tác dụng của chúng làm tăng độ nhớt của bitum. Trong một số trường hợp cao su được sử dụng ở trạng thái lưu hoá, ví dụ như những mảnh lớp tái chế, nhưng dạng này khó phân tán trong bitum, cần một nhiệt độ cao và thời gian biến đổi chuyển hoá dài và có thể tạo ra chất liên kết không đồng nhất trong đó cao su hoạt động chủ yếu như một chất dẻo. Bitum pha thêm chất phụ cao su được sử dụng nhiều tại Hà Lan và Mỹ.

5.5. Bitum thêm các hợp chất mangan hữu cơ

Có thể nâng cao độ bền của vật liệu rải đường bằng cách cho thêm vào bitum một hợp chất mangan hữu cơ, hoặc kết hợp giữa mangan hữu cơ với coban hữu cơ, hay hợp chất đồng hữu cơ. Sản phẩm này được biết đến nhiều dưới cái tên CHEMCRETE. Sử dụng bitum cải tiến bằng mangan hữu cơ trong hỗn hợp atphan và hỗn hợp đá nhựa được giải thích là cải thiện tính miễn cảm với nhiệt độ của hỗn hợp và qua đó nâng cao các đặc tính hoá lý của chúng như ổn định Marshall, chống biến dạng dư và độ cứng động học.

Để thúc đẩy hợp chất mangan hữu cơ phân tán nhanh trong bitum, vật liệu được trộn với một chất mang các chất cải tiến khác nhau, thường liên quan đến chủng loại và nồng độ hợp chất hữu cơ kim loại và độ nhớt của dầu, cả hai khía cạnh cần phải được xem xét để đảm bảo là đã sử dụng các chất cải tiến phù hợp cho từng ứng dụng riêng biệt.

Cơ chế được đề xuất trong bằng sáng chế CHEMCRETE là sử dụng các hợp chất có cấu trúc vòng nhất định trong bitum. Mangan xúc tiến việc tạo thành một hợp chất dixeton mà sau đó tạo thành phức chất ổn định. Các phức chất này liên kết chặt chẽ với phân tử bitum, nâng cao tính miễn cảm với nhiệt độ của bitum và tăng độ bền của hỗn hợp bitum.

Phản ứng lưu hoá phụ thuộc vào sự có mặt oxy trong bitum, độ dày của lớp bitum và nhiệt độ. Các thí nghiệm được bảo quản bằng CHEMCRETE đã cho thấy rằng 1 bitum 100 độ chứa 2% theo trọng lượng chất cải biến mangan bảo quản ở nhiệt độ 160°C trong 28 ngày bị cứng hoá giảm độ kim lún từ 127 độ xuống còn 100 độ (1 độ = 0,1mm).

Độ ổn định Marshall và thương số trên hai loại bê tông atphan mịn được sản xuất từ bitum 100 độ chứa CHEMCRETE, còn lại được sản xuất từ bitum 50 độ thông thường. Đặc tính ban đầu của hai hỗn hợp này là rất giống nhau, tuy nhiên sau 12 tháng độ ổn định Marshall của bê tông atphan mịn đã tăng lên hơn 400%. Trong thời gian 12 tháng độ chảy Marshall đã tăng lên 75% dẫn đến một sự tăng lên toàn bộ thương số Marshall

hơn 200%. Sự gia tăng độ chảy Marshall là biểu hiện của kết quả đạt được độ bền trong thời gian lưu hoá. Những cải tiến tương tự đã được xác định bằng cách sử dụng thí nghiệm hình thành vết lún bánh xe trong phòng thí nghiệm trên các mẫu bê tông atphan lấy từ đoạn đường thí nghiệm. Độ biến dạng ở 45°C ngay sau khi rải bê tông đối với atphan được cải tiến và atphan thông thường rất giống nhau -5mm/h, tuy nhiên sau 6 tháng độ biến dạng ở atphan cải tiến đã giảm xuống dưới 1mm/h.

5.6. Bitum pha thêm các pôlyme dẻo nhiệt

Polyetylen, polypropylen, polyvinyl clorit, polystyren và etylen vinyl axetat (EVA) là các pôlyme dẻo nhiệt chủ yếu đã được kiểm chứng qua các thí nghiệm về các chất liên kết được cải tiến cho đường bộ. Các chất dẻo dưới tác động của nhiệt có đặc tính là mềm đi khi nóng lên và cứng lại khi nguội đi.

Các pôlyme dẻo nhiệt khi trộn với bitum, khi ở nhiệt độ môi trường bình thường liên kết với bitum và làm tăng độ nhớt của bitum. Tuy nhiên các chất pôlyme dẻo nhiệt không làm tăng đáng kể độ đàn hồi của bitum. Khi bị nung nóng chúng có thể tách ra khỏi bitum, mà điều này có thể dẫn đến phân tán thô khi nguội đi. Tuy vậy chấp nhận những hạn chế này việc sử dụng EVA với nồng độ 5% bitum 70° đã trở nên rất thông dụng.

Các thí nghiệm ở Việt Nam cũng cho kết quả tương tự.

Chất đồng trùng hợp (co-pôlyme) EVA là các vật liệu dẻo nhiệt có cấu trúc ngẫu nhiên được sản xuất bằng cách đồng trùng hợp etylen và vinyl axetat. Các chất đồng trùng hợp có hàm lượng vinyl axetat thấp có đặc tính giống như một polyetylen tỷ trọng thấp. Thành phần vinyl axetat tăng lên thì các đặc tính của chất đồng trùng hợp thay đổi. Các đặc tính của chất đồng trùng hợp EVA được kiểm soát bởi trọng lượng phân tử và hàm lượng vinyl axetat.

Trọng lượng các phân tử: trọng lượng phân tử của nhiều pôlyme được xác định theo các đặc tính khác nhau. Tiêu chuẩn thực hiện đối với EVA nhằm xác định nhiệt độ hoá mềm (Melt Flow Index-MFI). Thí nghiệm về độ nhớt ngược lại có liên quan đến trọng lượng phân tử. MFI càng cao trọng lượng phân tử và độ nhớt càng thấp và điều này tương tự như thí nghiệm kim lún đối với bitum-kim lún càng cao thì trọng lượng phân tử trung bình và độ nhớt của bitum càng thấp.

Hàm lượng vinyl axetat để xác định các tác động chính của vinyl axetat đến các đặc tính của các chất liên kết được cải tiến, phần polyetylen thông thường của chuỗi có thể xếp rất sát nhau và tạo ra vùng kết tinh, nó cũng cho thấy các nhóm vinyl axetat lớn phá vỡ sự sắp xếp sát nhau này như thế nào để tạo ra các vùng cao su thơm không kết tinh, vùng tinh thể tương đối cứng, trong khi vòng thơm lại mềm dẻo, càng nhiều nhóm vinyl axetat (hoặc hàm lượng vinyl axetat càng cao). Tỷ lệ vùng mềm dẻo càng cao, và ngược lại tỷ lệ vùng tinh thể càng thấp.

Người ta phân loại các chất đồng trùng hợp EVA sẵn có bằng MFI và hàm lượng vinyl axetat. Ví dụ EVA có MFI là 150 và hàm lượng vinyl axetat là 19 thì phẩm cấp được ghi là 150/19. Từ các loại chất đồng trùng hợp EVA đa dạng sẵn có, phẩm cấp 150/19 và với quy mô nhỏ hơn các phẩm cấp 45/33 là thông dụng nhất. Chúng thường trộn với bitum 70 độ, các chất đồng trùng hợp EVA dễ bị phân tán trong bitum và rất thích hợp với bitum. Chúng ổn định với nhiệt ở nhiệt độ atphan thông thường. Tuy vậy, trong quá trình bảo quản tĩnh có thể xảy ra sự phân ly, do đó người ta đề xuất các sản phẩm hỗn hợp được cho lưu thông tuần hoàn trước khi sử dụng.

Bảng 9.10 cho thấy những thay đổi phổ biến về độ kim lún và điểm hoá mềm khi cho thêm 5% hai loại phẩm cấp EVA vào bitum 70 độ, các đặc tính Marshall và vệt lún bánh xe của atphan lu nóng được sản xuất từ các chất liên kết đã được cải tiến.

Bảng 9.10. Tác động của các phẩm cấp EVA 150/19 và 45/33 đến các đặc tính của bitum và atphan lu nóng rải lớp mặt đường

Chất liên kết	Các đặc tính của chất liên kết		Các đặc tính của Marshall			Độ lún bánh xe ở 45°C, mm/h
	Kim lún ở 25°C, mm/h	Điểm mềm (P), °C	Độ ổn định, kN	Độ chảy, mm	Tỷ số, kN/mm	
70 độ	68	49,0	6,3	3,3	1,9	4,4
70 độ+5% EVA 150/19	50	66,5	7,6	3,2	2,4	0,8
70 độ+5% EVA 45/33	57	58,0	8,0	2,7	3,0	1,0

Các kết quả thí nghiệm vệt lún bánh xe cho thấy độ lún giảm đi 4 lần khi cho thêm EVA của từng phẩm cấp nói trên vào bitum 70. Mức độ chống lại sự biến dạng cũng ít nhạy cảm đáng kể đối với sự thay đổi nhiệt độ được minh hoạ ở hình 10.5. Sự tăng lên của độ ổn định Marshall là không lớn như một dự đoán dựa trên kết quả thí nghiệm vệt lún bánh xe. Điều này cho thấy các kết quả của thí nghiệm Marshall về các vật liệu cải biến bằng cách cho thêm polyme cần được xem xét một cách thận trọng.

5.7. Bitum cho thêm cao su dẻo nhiệt

Trong 4 nhóm chất đàn hồi dẻo nóng chính là polyurethan, chất đồng trùng hợp polyetepolyeste, các chất alken đồng trùng hợp và chất đồng trùng hợp có đoạn styren, các chất đồng trùng hợp có đoạn styren đã được chứng minh là có tiềm năng lớn nhất khi được trộn với bitum.

Chất đồng trùng hợp có đoạn styren thường được gọi là cao su nhiệt dẻo (TR). Cao su nhiệt dẻo có thể được tạo ra bằng cơ chế tạo chuỗi của phản ứng polyme hoá liên tục styren-butadien-styren (SBS) hoặc styren-isopren-styren (SIS). Để tạo ra các polyme nêu

trên cân có chất xúc tác trong phản ứng ghép nối. Đối với polyme không chỉ có các chất đồng trùng hợp thẳng mà còn có các chất đồng trùng hợp nhiều nhánh có thể được tạo ra; những chất này thường được gọi là các chất đồng trùng hợp phân nhánh hoặc hình rẽ quạt, hình sao.

Cao su nhiệt dẻo có sức bền và tính đàn hồi do liên kết ngang vật lý của các phân tử trong mạng lưới không gian ba chiều. Điều này có được do liên kết của đoạn styren cuối với các khối riêng rẽ, tạo ra liên kết ngang lý học đối với khối cao su polyisopren hoặc polybutadien ba chiều. Đoạn cuối polystyren sẽ tạo cho polyme có sức bền và đoạn giữa sẽ làm cho vật liệu này có tính đàn hồi đặc biệt.

Ở nhiệt độ trên điểm nhiệt độ hoá thủy tinh của polystyren (100°C), polystyren mềm đi vì khối yếu đi và thậm chí sẽ bị tách ra dưới tác động của một ứng suất, đến mức độ cho phép chế biến dễ dàng. Khi nguội đi, các khối sẽ lại liên kết lại, sức bền và tính đàn hồi sẽ được phục hồi, điều này đồng nghĩa là vật liệu này là một chất dẻo nhiệt.

Ảnh hưởng của thành phần cấu tạo của bitum đến các hỗn hợp cao su nhiệt dẻo/bitum.

Bitum là những hỗn hợp phức tạp có thể chia ra 4 nhóm phân tử cấu trúc tương tự.

Các chất no và các chất thơm có thể được xem như là các chất dầu, là môi trường đối với các chất thơm phân cực như các chất nhựa và các atphanten. Các chất thơm phân cực tạo ra tính đàn hồi nhớt của bitum. Điều này là do liên kết của các phân tử cực mà liên kết đó dẫn đến tạo ra cấu trúc lớn, trong một số trường hợp là cấu tạo mạng lưới có cấu trúc ba chiều, như loại bitum "keo". Mức độ xuất hiện liên kết này phụ thuộc vào nhiệt độ, trọng lượng phân tử của các thành phần, nồng độ của các chất thơm phân cực, lực hoà tan của các chất no và chất thơm trong pha malten. Nếu nồng độ và trọng lượng phân tử của các atphan là tương đối thấp thì tạo ra một loại bitum "sol".

Cho thêm cao su nhiệt dẻo có trọng lượng phân tử bằng hoặc cao hơn các atphanten sẽ làm xáo trộn sự cân bằng pha polyme và atphanten "cạnh tranh nhau" về lực hoà tan của malten, nếu không có đủ malten, có thể xảy ra hiện tượng tách pha. Cấu trúc của các hệ thống bitum/polyme thích hợp và không thích hợp được quan sát bằng kính hiển vi. Hệ thống tương thích có cấu trúc đều mịn đồng chất trong khi hệ thống không tương thích có cấu trúc thô đứt quãng.

Sự tách pha hay tính không tương thích có thể được kiểm tra bằng một thí nghiệm bảo quản nóng đơn giản. Các thí nghiệm được thực hiện với mẫu bitum lấy từ đỉnh 1/3 ở giữa và 1/3 ở đáy bình đựng mẫu.

Các nhân tố chính ảnh hưởng đến độ ổn định các đặc tính kỹ thuật của bitum trong quá trình bảo quản là:

- Số lượng và trọng lượng phân tử của các atphanten.
- Độ thơm của pha malten.

- Lượng pôlyme có mặt.
- Trọng lượng phân tử và cấu trúc của pôlyme.
- Nhiệt độ bảo quản.

Chất lượng của sự phân tán pôlyme đạt được bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố, nhưng cơ bản là phụ thuộc vào cường độ do tác động của máy trộn. Khi pôlyme được cho thêm vào bitum nóng, bitum sẽ ngay lập tức bắt đầu nhập vào các hạt pôlyme làm cho các chuỗi styren của pôlyme phồng trương lên và dễ hoà tan hơn. Một khi điều đó xảy ra, lực xé đủ lớn sẽ tác động vào các hạt bị trương là yếu tố quyết định có thể đạt được để sự phân tán hoàn toàn của các hạt phân tử pôlyme trong thời gian trộn thực tế. Như vậy, cần sử dụng các máy trộn có lực xé cao hoặc trung bình để phân tán hoàn toàn cao su dẻo nhiệt vào bitum.

Các đặc tính của hỗn hợp bitum/cao su dẻo nhiệt.

Shell Bitumen Vương quốc Anh đã sản xuất hai loại chất liên kết pôlyme SBS cải tiến là:

- CARIPHALTE DM
- CARIPHALTE DA

**Bảng 9.11. Các đặc tính kỹ thuật đối với
CARIPHALTE DM, CARIPHALTE DA**

Thí nghiệm/ chất liên kết	CARIPHALTE DM	CARIPHALTE DA
Độ kim lún ở 25°C, dmm	90 ± 20	130 ± 20
Điểm mềm (P), °C	85 ± 10	80 ± 10
Độ nhớt Brookfield 150°C mức độ xé 3,36 giây, Poise	10 ± 4	9 ± 4
Độ kéo dài ở 5°C, cm	> 50	-
Môđun độ cứng tối thiểu 40°C, thời gian chịu tải 1000 giây mức độ xé $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, kN/m ²	> 3	-
Độ ổn định bảo quản, sự khác nhau về điểm mềm dính xuống đáy sau 7 ngày bảo quản trong một thiết bị hình trụ ở 160°C, °C	< 5	< 5
Hàm lượng pôlyme, %	7,0 ± 1,0	6,0 ± 1,0

CARIPHALTE DM đã được phát triển để sử dụng trong atphan lu nóng chặt và hỗn hợp bê tông atphan để cải tiến lớp nền làm bằng bê tông nghèo và mặt đường bê tông cũ đã bị nhiệt độ gây ra một sự dịch chuyển ở lớp bê tông dẫn đến hiện tượng nứt "phản hồi" tới bề mặt đường.

CARIPHALTE DA được phát triển để sử dụng trong hỗn hợp đá nhựa thoát nước và hỗn hợp để rải lớp tạo ma sát.

Các yếu tố về kỹ thuật chi tiết của hai loại chất liên kết này được chi tiết hoá ở bảng 9.11.

Các đặc điểm về độ nhớt nhiệt độ của CARIPHALTE DM và một bitum 50 độ được trình bày trên đồ thị dữ liệu thí nghiệm. Hình này cho thấy rõ là ở nhiệt độ cao của con đường, ví dụ 60°C, CARIPHALTE DM cứng hơn đáng kể so với bitum 50 độ và do đó chống biến dạng tốt hơn, ở nhiệt độ đường thấp, < 0°C, CARIPHALTE DM dẻo hơn bitum 50 độ và do đó chống nứt tốt hơn.

Mức độ cải thiện khả năng chống biến dạng được kiểm tra bằng các thí nghiệm vết lún bánh xe do cả phòng thí nghiệm đường bộ và vận tải (TRRL) và Shell Research Limited thực hiện, được trình bày ở bảng 9.12. Rõ ràng là có một sự tăng lên đáng kể về khả năng chống biến dạng, tương tự với khả năng chống biến dạng của bitum chịu tải nặng (HD) được phát triển chuyên dụng để chống biến dạng. Những ưu điểm này đã được khẳng định qua các cuộc kiểm nghiệm toàn diện trên thực địa.

Độ dẻo của hỗn hợp bitum đã được định lượng bằng thí nghiệm rão - biến dạng không đối do TRRL và Shell Research Limited tiến hành. Thí nghiệm mới đã được Shell Research Limited thực hiện trên hỗn hợp atphan lu nóng thì công ở 5°C với tần số là 50 Hz cho thấy với một phạm vi rộng về tải trọng tác động lên mẫu thí nghiệm CARIPHALTE DM, tuổi thọ rão của hỗn hợp đường nâng lên ít nhất là 3 lần.

Bảng 9.12. So sánh mức độ vết lún bánh xe của mặt đường được rải bằng atphan lu nóng làm từ bitum 50, HD40 và CARIPHALTE DM

Chất liên kết	Các đặc tính của chất liên kết		Độ lún vết bánh xe ở 45°C, mm/h
	Kim lún ở 25°C, mm	Điểm mềm (P), °C	
50	56	52,0	3,2
HD40	42	68,0	0,7
CARIPHALTE DM	34	90,0	0,7

5.8. Các bitum pôlyme chịu nhiệt

Các chất bitum pôlyme chịu nhiệt được sản xuất bằng cách trộn hai thành phần lỏng, thành phần đầu là chất nhựa và phần còn lại chứa chất làm cứng. Hai thành phần này kết hợp với nhau về mặt hoá học để tạo ra một cấu trúc 3 chiều vững chắc. Bitum pôlyme hai thành phần là nhựa epoxy được trộn với bitum có các đặc tính trội của nhựa chịu nhiệt, hai thành phần này với những ưu điểm nổi bật đã được phát triển từ 30 năm trước và hiện đang được sử dụng để phủ bề mặt và làm các chất kết dính.

Những sự khác nhau cơ bản giữa bitum (một chất dẻo nhiệt) và các bitum pôlyme chịu nhiệt là như sau:

Khi hai thành phần trong bitum pôlyme chịu nhiệt được trộn thì thời gian sử dụng sản phẩm này sẽ bị giới hạn, thời hạn này phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ, nhiệt độ càng cao thì thời hạn sử dụng càng ngắn.

Sau khi một sản phẩm chịu nhiệt được sử dụng nó tiếp tục lưu hoá và tăng sức bền khi có hợp chất mangan hữu cơ, tốc độ lưu hoá trên mặt đường phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường.

Khi nhiệt độ tăng lên bitum bị mềm ra và chảy, các bitum pôlyme chịu nhiệt ít mất cảm với nhiệt độ hơn và trong thực tế không bị tác động của sự thay đổi nhiệt độ trên đường.

Bitum pôlyme chịu nhiệt là một vật liệu đàn hồi, không thể hiện đặc tính nhớt chảy, ổn định với hoá chất, dung môi, nhiên liệu và dầu.

Ba loại bitum pôlyme chịu nhiệt là: Shell grip/spray grip; Erophalt; Sheli epoxy atphan

Các loại trên đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới từ năm 1986, tuy nhiên ở Việt Nam đang trong giai đoạn nghiên cứu. Có thể tham khảo các chỉ tiêu cơ lý của bitum pôlyme theo 22TCN GTVT 2004.

6. NHŨ TƯƠNG XÂY DỰNG ĐƯỜNG

6.1. Khái niệm và phân loại nhũ tương

6.1.1. Khái niệm

Nhũ tương là một hệ thống keo phức tạp bao gồm hai chất lỏng không hoà tan lẫn nhau. Trong đó, một chất lỏng phân tán trong chất lỏng kia dưới dạng những giọt nhỏ li ti, gọi là pha phân tán, còn chất lỏng kia gọi là môi trường phân tán.

Để cho nhũ tương được ổn định người ta thêm vào chất nhũ hóa - chất phụ gia hoạt tính bề mặt. Chất nhũ hóa sẽ hấp phụ trên bề mặt các giọt bitum hay guđrông, làm giảm sức căng bề mặt ở mặt phân chia của bitum hay guđrông với nước. Đồng thời nó tạo ra trên bề mặt các giọt bitum một màng mỏng kết cấu bền vững, có tác dụng ngăn cản sự kết tụ của chúng, làm cho nhũ tương ổn định.

Nhũ tương bitum là một hợp chất gồm hai thành phần dị thể cơ bản là bitum và nước, được gọi là hai pha nước và pha bitum. Bitum được phân tán trong nước dưới dạng các hạt riêng rẽ có đường kính từ 0,1 - 5 micrôn. Các hạt bitum được giữ ở trạng thái lơ lửng tích điện và độ ổn định bằng nhũ hoá.

6.1.2. Phân loại

Căn cứ vào đặc trưng của pha phân tán và môi trường phân tán, nhũ tương được chia ra hai loại:

- Nếu pha phân tán là bitum, còn môi trường phân tán là nước thì gọi là nhũ tương dầu - nước (DN), hay còn gọi là nhũ tương thuận.

- Nếu pha phân tán là những giọt nước, còn bitum hay guđrông là môi trường phân tán, thì gọi là nhũ tương nước - dầu (ND), hay còn gọi là nhũ tương nghịch.

Theo khả năng trộn lẫn của nhũ tương với vật liệu khoáng chia nhũ tương ra làm ba loại: 1, 2, 3 (theo quy phạm 18659 - 81 - Nga).

Căn cứ vào chất nhũ hóa, nhũ tương được chia ra làm các loại sau:

- Nhũ tương anion hoạt tính (nhũ tương kiềm) - dùng chất nhũ hóa là những muối kiềm của axit béo, axit naphtalen, nhựa hay những axit sunfua, độ pH của nhũ tương từ 9 - 12.
- Nhũ tương cation hoạt tính (nhũ tương axit) - dùng chất nhũ hóa là các muối của các chất amôniac bậc bốn, diamin, ... độ pH trong nhũ tương này nằm trong giới hạn từ 2 - 6.
- Nhũ tương không sinh ra ion - là nhũ tương dùng chất nhũ hóa không sinh ra ion như opanol (cao su tổng hợp), pôlyizôbutilen... độ pH = 7.
- Nhũ tương là loại bột nhão khi dùng chất nhũ hóa ở dạng bột vô cơ như bột vôi tôi, đất sét dẻo, trêpen, diatômít.

Thuật ngữ anion và cation để chỉ các điện tích bao quanh các hạt bitum. Hiện tượng này bắt nguồn từ một quy luật cơ bản về điện. Các điện tích cùng dấu đẩy nhau, các điện tích khác dấu hút nhau. Nếu dòng điện chạy qua một dung dịch nhũ tương chứa hạt bitum tích điện âm, chúng sẽ di chuyển về phía anốt. Bởi vậy nhũ tương này được gọi là nhũ tương anion. Ngược lại các hạt bitum được tích điện dương sẽ di chuyển về phía catốt và nhũ tương là các hạt trung tính, do vậy chúng sẽ không di chuyển tới bất kỳ các cực nào. Nhũ tương trung tính rất hiếm khi được sử dụng trong xây dựng đường.

6.2. Vật liệu chế tạo nhũ tương

6.2.1. Chất kết dính

Để chế tạo nhũ tương, có thể dùng các chất kết dính hữu cơ như bitum dầu mỏ loại đặc, loại lỏng và guđrông than đá xây dựng đường. Khi dùng chất nhũ hóa dạng bột (bột vôi tôi, đất sét) thì có thể dùng các loại mác thấp (số 1 - 3), còn khi xây dựng mặt đường ở những vùng khí hậu nóng - dùng các loại mác cao (nhựa số 5).

6.2.2. Nước

Nước dùng để chế tạo nhũ tương khi dùng chất hóa anion hoạt tính thì phải là nước mềm (nước có độ cứng không lớn hơn 3 mili đương lượng gam/lít).

6.2.3. Chất nhũ hóa

Chất nhũ hóa là chất hoạt tính bề mặt, những phân tử của nó bao gồm phần không mang cực tính là những gốc hydro cacbua, và phần mang cực tính. Chất này có khả năng hấp thụ trên bề mặt giọt bitum hay guđrông làm cho nhũ tương ổn định, vì khi đó gốc hydro cacbua (nhóm không mang cực tính), là nhóm kỵ nước, nên nó luôn luôn đến pha có cực tính nhỏ hơn - hướng vào bitum; còn nhóm có cực tính, là nhóm ưa nước, thì hướng vào nước. Do cấu trúc phân tử của chất hoạt tính bề mặt không đối xứng như vậy, nên ở lớp bề mặt, chúng định hướng phù hợp với quy luật cân bằng cực tính, và làm

giảm sức căng bề mặt ở mặt phân chia giữa nước và bitum, tức là nó làm giảm sự khác nhau về sức căng bề mặt của bitum và nước.

Chất nhũ hóa được chia ra các loại anion hoạt tính, cation hoạt tính và loại không sinh ra ion.

Chất nhũ hoá anion hoạt tính bao gồm: xà phòng của các axit béo, axit nhựa, axit naftalen và các axit sunfua naftalen.

Chất nhũ hoá cation hoạt tính là những muối của các hợp chất amôniac bậc bốn; các amin bậc nhất, bậc hai và các muối của chúng; các diamin...

Nhóm không sinh ra ion bao gồm các hợp chất không hoà tan trong nước, chủ yếu là các ête.

Ngoài những loại chất nhũ hóa dạng hữu cơ trên, khi chế tạo nhũ tương còn dùng chất nhũ hóa dạng bột vô cơ. Những chất nhũ hóa dạng bột vô cơ hay dùng là vôi bột, vôi tôi, đất sét, đất hoàng thổ.

Trong thực tế xây dựng đường, ứng dụng rộng rãi nhất là những chất nhũ hóa anion hoạt tính, để chế tạo nhũ tương thuận.

6.3. Các chỉ tiêu kỹ thuật nhũ tương làm đường

6.3.1. Độ nhớt

Nhũ tương làm đường cần có độ nhớt hợp lý.

Độ nhớt thử bằng nhớt kế ở trong phạm vi sau:

$$C_{20}^3 = 5 \div 50 \text{ sec.}$$

Tăng độ nhớt của nhũ tương bằng cách tăng tỷ lệ bitum, thay đổi dung dịch nhũ hoá hoặc giảm độ nhớt của bitum.

6.3.2. Độ phân giải

Nhũ tương sau khi thi công phải tách nước nhanh và dính bám tốt với bề mặt vật liệu khoáng vật.

Độ phân giải được xác định bằng hệ số:

$$P = \frac{N_1}{N_2} \times 100\%$$

trong đó:

N_1 - lượng nhựa còn lại sau khi thí nghiệm;

N_2 - lượng nhựa trên mặt sỏi trước khi thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành như sau: Nhúng sỏi có $d = 6 - 12\text{mm}$ vào nhũ tương trong 2 phút, để ngoài không khí 30 phút, rửa mẫu trong nước 15 phút, ta có kết quả:

$P = 100 - 50$ phân giải nhanh

$P = 10 - 50$ phân giải vừa

$P < 10$ phân giải chậm

6.3.3. Tính ổn định khi vận chuyển và bảo quản

Tính ổn định khi bảo quản đặc trưng cho khả năng của nhũ tương bảo toàn được các tính chất khi nhiệt độ thay đổi, nghĩa là nó không lắng đọng, không tạo thành lớp vỏ và bảo toàn tính đồng nhất trong một khoảng thời gian nhất định, thường được xác định sau 7 và 30 ngày bảo quản (theo tiêu chuẩn 18659 - 81 Liên Xô cũ). Các loại nhũ tương có thành phần khác nhau có thể ổn định trong lúc bảo quản ở nhiệt độ từ +3°C đến +40°C trong 30 ngày.

Tính ổn định khi vận chuyển hay khi chịu tác dụng của ngoại lực được xác định bằng khả năng của nhũ tương bảo toàn tính chất khi chuyển chở và khi thi công.

Để xác định tính ổn định khi bảo quản và khi vận chuyển, lấy nhũ tương đã bảo quản sau 7 ngày và 30 ngày cho chảy qua sàng có kích thước lỗ sàng 0,14mm. Yêu cầu là lượng chảy qua sàng không lớn quá 0,1% theo trọng lượng và đảm bảo các tính chất khác theo tiêu chuẩn Nhà nước.

Tính ổn định khi vận chuyển được kiểm tra theo các tính chất của bitum sau 2 giờ vận chuyển phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật.

Nhũ tương có độ nhớt cao, tỷ lệ chất nhũ hoá cao, có kích thước hạt đồng đều sẽ ổn định khi bảo quản.

6.3.4. Tính dính bám của màng chất dính kết với bề mặt vật liệu khoáng

Tính dính bám được kiểm tra bằng trị số bề mặt của đá dăm vẫn còn được phủ nhũ tương sau khi rửa các mẫu thử bằng nước ở nhiệt độ 100°C. Trị số bề mặt phải không nhỏ hơn 75% (với nhũ tương anion) và không nhỏ hơn 95% (với nhũ tương cation).

6.3.5. Tính chất phần còn lại sau khi chưng cất

Sau khi chưng cất ở nhiệt độ 360°C, cho phần dung môi bay hơi hết, tính chất của phần còn lại phải phù hợp với tiêu chuẩn như với bitum lỏng.

6.4. Thành phần của nhũ tương Việt Nam

Ở Việt Nam đã nghiên cứu thành công bước đầu, một số nhũ tương thuộc loại kiềm, dùng chất nhũ hoá anion hoạt tính như xà phòng bột, dầu gai, dầu sỏ, dầu trẩu... thành phần của nhũ tương như sau:

+ 50% bitum số 5 + 50% nước + 0,5 - 1% xà phòng bột + 0,1 - 0,15% NaOH.

+ 50% bitum số 5 + 50% muối + 0,5 - 1,2% dầu thực vật + 0,2 - 0,3% NaOH.

Ngoài ra, khi cần chế tạo nhũ tương có thể tham khảo thành phần nhũ tương của Nga (Tiêu chuẩn 18659 - 81), của Mỹ ASTM...

6.5. Các yêu cầu về nhũ tương của Mỹ (Emuloified atphan)

Ở Mỹ có nhiều loại nhũ tương nhựa, chủ yếu thường dùng trong xây dựng đường là nhũ tương anion (AEA) và nhũ tương cation (CEA). Mỗi loại nhũ tương nhựa được chia ra nhiều cấp theo tốc độ phân tích và độ nhớt. Các yêu cầu về tính chất cơ lý của nhũ tương được ghi trong bảng 9.13.

Bảng 9.13

Các chỉ tiêu	Cấp					Ký hiệu thí nghiệm
	Phân tích nhanh		Phân tích vừa	Phân tích chậm		
	RS - 1	RS - 2	MS - 2	SS - 1	SS - 1h	
1- Độ nhớt Furol ở 77F, mm ² /s	20 -100	-	100+	20-100	20-100	D224-T59
2- Độ nhớt Furol ở 122F, mm ² /s	-	75 - 400	-	-	-	
3- Bã nhựa sau khi cất, % theo khối lượng	54+	62+	62+	57+	57+	
4- Lắng đọng 5 ngày, khác nhau giữa lớp trên và lớp dưới, %	3-	3-	3-	3-	3-	
5 - Độ khử nhũ:						
- Khi dùng 35ml 0,02N CaCl ₂ , %	60+	50+	-	-	-	
- Khi dùng 50ml của 0,01N CaCl ₂ , %	-	-	30-	-	-	
6- Thí nghiệm rây (phần trên rây N°20), %	0,10-	0,10-	0,10-	0,10-	0,10-	
7- Thí nghiệm trộn với xi măng, %	-	-	-	2.0-	2.0-	D5 - T49 D2042-T44 D113-T51
8- Thí nghiệm trên bã nhựa sau khi cất nhũ tương nhựa:						
- Độ kim lún, 77F, 100g, 5s	100-200	100-200	100-200	100-200	40-40	
- Độ hoà tan trong Trichloroithylene, %	97,5+	97,5+	97,5+	97,5+	90,5+	
- Độ kéo dài, 77F, cm	40+	40+	40+	40+	40+	

6.6. Ứng dụng của nhũ tương bitum làm đường

7.6.1. Nhũ tương bitum làm đường

Hỗn hợp nhũ tương bitum cốt liệu được sản xuất và sử dụng ở Pháp từ những năm 50 và được sử dụng phổ biến ở châu Âu, châu Phi, Mỹ cho đến ngày nay. Chúng loại hỗn hợp chủ yếu là đá nhựa nhũ tương được sử dụng để làm lớp móng trên của đường bộ. Tuy nhiên, một số loại hỗn hợp được sản xuất từ nhũ tương bitum dành cho rải lớp móng mỏng trên mặt đường và lớp trên cũng đã được áp dụng thành công.

Một vấn đề quan trọng khi sử dụng nhũ tương bitum trong hỗn hợp làm đường là cần tạo ra độ rỗng tương đối cao để nước có thể thoát nhanh trong quá trình đầm nén và khi

con đường đã đi vào hoạt động. Hơn nữa độ bền của mặt đường được gia công với hỗn hợp nhũ tương - cốt liệu được hình thành tương đối chậm. Vì cả hai lý do này mà các hỗn hợp nhũ tương - cốt liệu chỉ phù hợp với các con đường chịu tải nhỏ. Do vậy, loại vật liệu này chỉ được sử dụng rất hạn chế.

Trước đây, các hỗn hợp đá nhựa đông kết chậm hoặc được sản xuất với việc sử dụng một phẩm cấp bitum lỏng với nhiều loại dầu pha khác nhau. Các vật liệu này chủ yếu được sử dụng cho việc duy tu sửa chữa đường. Sự phát triển của các nhũ tương phủ cốt liệu đã tạo ra một số loại hỗn hợp nhũ tương - cốt liệu dùng cho những mục đích đặc thù trong xây dựng đường giao thông.

Một ứng dụng khác của nhũ tương bitum trong hỗn hợp làm đường là khôi phục mặt đường theo phương pháp trộn nguội tại chỗ. Người ta dùng máy làm đường liên hợp bóc lớp mặt đường, rồi nghiền lớp bóc mặt đường thành các hạt cốt liệu theo kích thước yêu cầu và sàng lọc để loại bỏ các hạt không đúng kích thước. Sau đó cốt liệu tái chế được phun một lớp nhũ tương, sau mỗi lần phun nhũ tương người ta dùng thiết bị đảo lớp cốt liệu để nhũ tương bám dính đều với cốt liệu. Quá trình phun và đảo lại khoảng từ 2 đến 3 lần. Tiếp theo người ta dùng xe lu trọng lượng 8 - 10 tấn để đầm nén lớp nhũ tương - cốt liệu và cuối cùng mặt đường được láng một hỗn hợp mịn chống thấm.

Nhũ tương bitum cũng được sử dụng làm lớp dính bám. Đó là một kỹ thuật đã được áp dụng để đảm bảo sự liên kết bám dính giữa các lớp của mặt đường.

6.6.2. Các ứng dụng khác của nhũ tương bitum

Có thể sử dụng nhũ tương để làm ổn định đất, chống thấm, lớp phủ bảo vệ, trám khe các khe hở và làm lớp chống thấm.

7. CÁC ỨNG DỤNG KHÁC CỦA HỖN HỢP VẬT LIỆU BITUM

Khối lượng chủ yếu của hỗn hợp bitum là xây dựng đường, ngoài ra có thể ứng dụng nó trong các công trình thủy công, trong ngành đường sắt tạo màu sắc mặt đường, trong các đường đua và các vỉa hè.

7.1. Các ứng dụng trong thủy công

Tính chất không thấm nước của bitum và các hỗn hợp bitum đã được ứng dụng rất hiệu quả cho xây dựng các đập ngăn nước, hồ chứa nước, kênh đào và các tường phòng hộ ven biển và đê biển. Hiện nay ở Anh có 200 công trình thủy công sử dụng bitum. Công trình thủy công sử dụng bitum phát triển nhiều ở Hà Lan, Đan Mạch, Pháp...

Hai tính chất chủ yếu để áp dụng cho thủy công là: tính không thấm nước, tính ổn định với nước và hoá chất. Đặc tính biến dạng lớn cũng phù hợp với tính chất chịu tác động có chu kỳ của động học nước. Đa số các kết cấu có sử dụng vật liệu atphan có độ

chống thấm nước dưới áp lực lớn (áp lực cột nước cao 200 m). Một ưu điểm lớn của atphan là tạo ra một kết cấu liên tục không cần mối nối có độ chống thấm nước cao.

7.2. Atphan trong xây dựng đường sắt

Ở Mỹ, Nhật và nhiều nước châu Âu đã sử dụng hỗn hợp bitum làm nền đường sắt với kết cấu cổ truyền (từ năm 1950) như sau: lớp móng dày 150 mm, lớp mặt dày 30 mm.

Trong xây dựng đường sắt các hỗn hợp bitum được sử dụng theo 4 hướng: Làm ổn định đá balát, lớp atphan nằm dưới lớp balát làm móng trực tiếp cho các tà vẹt, làm móng trực tiếp cho các đường ray. Vào năm 1974 ở Anh đã xây dựng tuyến đường sắt trên móng atphan dày 230 mm.

7.3. Mặt đường ô tô có màu

Để tạo màu sắc cho các con đường có thể áp dụng một số giải pháp như sau:

Cho các chất tạo màu vào hỗn hợp; Sử dụng cốt liệu có màu; Xử lý màu bề mặt; Dùng cốt liệu có màu với chất kết dính trong (không màu).

7.4. Các đường đua ô tô

Bề mặt hầu hết của các vòng đua ô tô quốc tế được rải bằng hỗn hợp bitum atphan hoặc bê tông nhựa màu. Do đặc tính bền gia tốc áp lực phanh, ứng suất cắt dọc cao hơn mặt đường cần thiết phải được thiết kế đặc biệt để đảm bảo độ bền vững và dính bám tốt.

7.5. Vĩa hè bằng vật liệu atphan

Hỗn hợp vật liệu atphan có thể sử dụng làm các khối bó vỉa bằng phương pháp đúc sẵn. Ngoài ra kết cấu lớp vỉa hè cũng nên sử dụng bằng hỗn hợp atphan hoặc atphan màu. Vĩa hè xây dựng bằng vật liệu atphan có tuổi thọ và tính mỹ thuật cao hơn các vỉa hè truyền thống.

Chương 10

BÊTÔNG ATPHAN

1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI BÊTÔNG ATPHAN

1.1. Khái niệm

Các hỗn hợp vật liệu bitum rất đa dạng phụ thuộc vào thành phần hạt, cấp phối cốt liệu, liều lượng và chất lượng của bitum. Phổ biến nhất và có chất lượng cao nhất từ vật liệu khoáng - bitum là bê tông atphan. Bê tông atphan là sản phẩm nhận được khi làm đặc và rắn chắc hỗn hợp atphan - bitum và cốt liệu.

Hỗn hợp bê tông atphan bao gồm: đá dăm, cát, bột khoáng và bitum được lựa chọn thành phần hợp lý, nhào trộn và gia công thành một hỗn hợp thống nhất. Sau khi rải và đầm chắc hỗn hợp bê tông atphan tạo thành bê tông atphan có các tính chất và chất lượng phù hợp với yêu cầu làm vật liệu chính làm đường ô tô và sân bay.

1.2. Phân loại

Theo các tiêu chuẩn quốc tế và 22TCN 249-98 của Bộ Giao thông vận tải quy định như sau:

Hỗn hợp bê tông atphan và bê tông atphan được phân loại theo các đặc điểm sau:

Theo nhiệt độ thi công. Hỗn hợp bê tông atphan trong lớp phủ mặt đường chia ra 3 loại nóng, ấm, lạnh.

- Hỗn hợp nóng được rải và bắt đầu làm đặc khi nhiệt độ không nhỏ hơn 120°C. Hỗn hợp này thường dùng bitum có độ quánh: 40/50, 60/70 và 90/100.

- Hỗn hợp ấm được rải và bắt đầu làm đặc ở nhiệt độ không nhỏ hơn 100°C khi dùng bitum lỏng số 1, 2, 3 và không nhỏ hơn 70°C với bitum lỏng mác 130/200.

- Hỗn hợp lạnh dùng bitum lỏng có độ quánh 70/130 được rải ở nhiệt độ không khí không nhỏ hơn 5°C và được giữ ở nhiệt độ thường.

Theo độ đặc (hoặc độ rỗng). Theo chỉ tiêu độ rỗng còn dư bê tông atphan được chia làm 3 loại: loại đặc nếu độ rỗng 3 - 6%, loại rỗng nếu độ rỗng 6 - 12% và loại rất rỗng nếu độ rỗng 12 - 18%.

Theo độ lớn của hạt cốt liệu. Theo đường kính lớn nhất của hạt vật liệu khoáng, bê tông atphan nóng và ấm được chia ra 3 loại: loại lớn ($D_{\max} \leq 40\text{mm}$), loại trung bình ($D_{\max} \leq 25\text{mm}$) và loại nhỏ (hỗn hợp hạt nhỏ và hỗn hợp cát $D_{\max} \leq 5\text{mm}$).

Theo tiêu chuẩn Mỹ bê tông atphan chia làm 21 loại ký hiệu là số La mã và có chỉ tiêu phụ là a, b, c, d... Ví dụ Ia, ..., IId... Với $D_{\max}$ là 2,5 in, 1,5 in, 1 in, 0,5 in và 3/8 in, $D_{\min}$ là mắt sàng số N°200 (0,075 mm).

Theo tỷ lệ giữa đá dăm (hoặc sỏi) và cát. Bê tông atphan nóng hoặc ẩm, đặc được chia làm 3 loại: loại A nếu tỷ lệ đá dăm - cát: 50 - 60%; loại B: 35 - 50%; loại C: 20 - 35%. Bê tông atphan nguội được chia làm 2 loại: Bx: 35 - 50%; Cx: 20 - 35%. Bê tông atphan nóng đặc chỉ dùng cát có các loại: D có hàm lượng cát < 30% và E > 30%. Bê tông atphan dùng cát rải nguội được ký hiệu: B_N và E_N.

Theo cường độ đá dăm, chất lượng bột khoáng. Bê tông atphan còn chia ra loại I, II và III. Theo tiêu chuẩn quốc tế, theo tiêu chuẩn Việt Nam chỉ có cấp I và II. Cấp I dùng cho lớp trên, cấp II dùng cho lớp dưới mặt đường bê tông atphan.

Về cơ bản cách phân loại bê tông theo các tiêu chuẩn là thống nhất tuy có quy định khác nhau về đơn vị đo kích thước và ký hiệu loại bê tông.

Theo tiêu chuẩn Anh hỗn hợp atphan được chia ra làm 3 loại: atphan, hỗn hợp đá nhựa và bê tông atphan, trong đó có các loại hỗn hợp atphan mới là hỗn hợp đá nhựa cường độ cao và hỗn hợp đá nhựa thấm nước. Hai loại hỗn hợp trên có cường độ chịu nén và kéo cao hơn và giảm tốc nước và tiếng ồn khi khai thác ở những vùng có số ngày mưa cao.

2. CẤU TRÚC CỦA BÊ TÔNG ATPHAN

Tính chất vật lý, cơ học của bê tông atphan phụ thuộc vào chất lượng, tỷ lệ thành phần các vật liệu chế tạo và cấu trúc của bê tông. Cấu trúc phụ thuộc vào tỷ lệ của các vật liệu và độ đặc của hỗn hợp.

Cấu trúc của bê tông atphan có 2 loại: có khung và không có khung. Cấu trúc có khung là cấu trúc trong đó hệ số lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt của bộ khung cát, đá dăm bằng chất liên kết atphan là ≤ 1 . Như vậy, các chất liên kết atphan không dễ chuyển động, những hạt đá dăm và cát tiếp xúc với nhau một cách trực tiếp hoặc thông qua lớp cứng bitum tạo cấu trúc. Bộ khung có thể chỉ là đá dăm. Trong trường hợp này đá dăm không được chuyển động cùng với hỗn hợp vữa (hỗn hợp gồm cát, bột khoáng và bitum). Sự có mặt các khung cứng không gian làm tăng độ ổn định động của lớp phủ mặt đường. Cấu trúc khung quen thuộc thường chứa lượng bột khoáng từ 4 - 14%, và lượng bitum từ 5 - 7%.

Trong bê tông atphan không có khung, hạt đá dăm và cát bị dịch chuyển do lượng thừa của chất kết dính atphan (hệ số lấp đầy lỗ rỗng > 1). Cường độ và độ dính kết của cấu trúc này giảm khi chịu nhiệt làm cho lớp phủ mặt đường bị biến dạng dẻo.

Cấu trúc tối ưu của bê tông atphan đạt được phụ thuộc vào thành phần, chất lượng vật liệu, công nghệ sản xuất và việc lựa chọn tối ưu thành phần hỗn hợp và lượng bitum bê tông atphan bằng phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm.

3. CÁC TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG ATPHAN

Các tính chất của bê tông atphan thay đổi đáng kể theo nhiệt độ. Ở nhiệt độ bình thường chúng có tính đàn hồi - dẻo; khi nhiệt độ tăng - chảy dẻo, khi nhiệt độ giảm, bê tông atphan trở nên giòn.

Các chỉ tiêu cơ học của bê tông atphan phục vụ cho thiết kế đường ô tô và sân bay là cường độ, biến dạng, mô đun đàn hồi khi nhiệt độ thay đổi, độ ổn định nước và tính dễ tạo hình.

Các chỉ tiêu kỹ thuật theo Quy định Bộ GTVT ghi ở bảng 10-2.

Các tính chất của bê tông atphan thường được xác định thông qua các phép thử tại phòng thí nghiệm, phép thử hiện trường có xét đến đặc tính của tải trọng, nhiệt độ và thời gian tác động.

3.1. Cường độ

3.1.1. Cường độ chịu nén và chịu kéo

Cường độ biểu thị khả năng chịu lực của bê tông atphan ở các điều kiện tải trọng và nhiệt độ khác nhau.

Cường độ chịu nén của bê tông atphan theo TCVN được xác định tại nhiệt độ 50°C, 20°C, 0°C. Cường độ ở 50°C biểu thị tính ổn định động của vật liệu làm bê tông, còn ở 0°C - tính chống nứt của bê tông atphan. Cường độ chịu nén là cường độ giới hạn khi nén mẫu chuẩn trong điều kiện nhiệt độ và đặt tải theo quy định. Kích thước mẫu chuẩn có đường kính bằng chiều cao $d = 101$ hoặc 71,4 hoặc 50,5 mm tùy theo độ lớn của vật liệu khoáng. Chiều cao mẫu thử 63,571 mm. Mẫu được gia nhiệt đến nhiệt độ 90 - 100°C. Hỗn hợp mẫu được làm đặc bằng 35, 50, 75 lần đập cho từng mặt mẫu (máy đầm chặt mẫu tiêu chuẩn theo cấp hạng giao thông). Mẫu bê tông atphan nguội gia nhiệt đến $80 \pm 2^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ thí nghiệm theo tiêu chuẩn Việt Nam và ASTM là 25°C.

Ở nhiệt độ 20°C cường độ giới hạn khi nén của bê tông atphan gần bằng 3 MPa, ở nhiệt độ 50°C cường độ giảm xuống chỉ còn 1,4 - 2 MPa; khi nhiệt độ nhỏ hơn 0°C cường độ tăng đến 10 - 12 MPa. Đặc tính quan trọng của bê tông atphan là cường độ chịu kéo. Cường độ chịu kéo cao cho phép bê tông atphan có độ chống nứt cao khi khai thác.

Cường độ chịu kéo của bê tông atphan được xác định bằng phương pháp ép ngang trên thiết bị Marshall (hình 10.1).

Cường độ chịu kéo được xác định bằng cách nén ngang các mẫu nén. Giới hạn cường độ chịu kéo R_k xác định theo công thức sau:

$$R_k = \sigma F/dh$$

trong đó:

F - tải trọng phá hoại mẫu, daN;

σ - hệ số (đối với bê tông $\sigma = 1$).

Cường độ bê tông atphan phụ thuộc vào tỷ lệ thành phần vật liệu chế tạo, đặc biệt là sự thay đổi lượng bitum, lượng bột khoáng làm thay đổi đáng kể cường độ. Ngoài ra, cường độ còn phụ thuộc vào công nghệ làm đặc bê tông, nhiệt độ và tốc độ biến dạng.

Khi lượng bitum nhỏ hơn và lớn hơn lượng bitum hợp lý đều làm giảm khả năng liên kết của bitum với vật liệu khoáng và tạo nên cấu trúc không hợp lý, vì vậy làm giảm cường độ.

Cường độ bê tông atphan phát triển tỷ lệ thuận với độ quán tính của chất liên kết hữu cơ.

3.1.2. Độ ổn định (độ bền), độ dẻo và cường độ cứng quy ước của bê tông atphan theo phương pháp Marshall (AASHTO T145)

Theo 22TCN 6384 các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông atphan cần thí nghiệm theo phương pháp Marshall, phương pháp này do ông Bruce Marshall là kỹ sư người Mỹ đề xuất vào năm 1948 và năm 1973 được sửa đổi thành BS 594, đến năm 1985 được quy định BS 598 (tiêu chuẩn Anh quốc).

Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm gồm có:

- 1 máy chuyên dụng theo Marshall hay máy nén 5T truyền động cơ học.
- Dụng cụ phá hoại kiểu Marshall có đồng hồ đo biến dạng chia vạch đến 0,0025 mm.
- 1 chậu dung tích 8-10 lít, cao 150 mm. Dùng để gia nhiệt cho mẫu thử.
- 1 nhiệt kế 100°C có độ chính xác đến 0,1°C.

Mẫu thử: chuẩn bị 3 mẫu thử có $D = 102$ mm, $h = 64$ mm đã được làm đặc. Trước đó ở các mẫu thử đã được xác định độ đặc, độ rỗng phần cốt liệu và độ rỗng dư.

Đặt mẫu Marshall đã chuẩn bị vào chậu nước có nhiệt độ $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ đối với bê tông atphan và $37,80 \pm 1^{\circ}\text{C}$ đối với bê tông nhựa dùng chất kết dính là nhựa khác sao cho mẫu ngập hoàn toàn trong nước và cách mặt nước cũng như thành và đáy chậu ít nhất là 30 mm, giữa mẫu như vậy trong 60 ± 5 phút. Gia nhiệt đến nhiệt độ như trên cho dụng cụ phá hoại của máy nén.



Hình 10.1: Thiết bị Marshall

Lắp đồng hồ cho độ dẻo, đặt mẫu đã xử lý ống thép có $D = 100$ mm sao cho mẫu tiếp xúc đều cát hai mặt ống thép. Điều chỉnh kim dùng đo biến dạng về 0. Đồng hồ đo biến dạng cần đo được chiều dài 5-10 mm.

Mở máy nén và cho phá hoại mẫu thử ghi độ lớn của lực và độ biến dạng của mẫu khi mẫu bị phá hoại. Với tốc độ biến dạng là 50,80mm/phút. Thời gian biến dạng là thời gian lấy mẫu ra khỏi bình đến khi kết thúc.

Gia nhiệt khi kết thúc thí nghiệm không được vượt quá 60 giây vì nếu vượt quá thời gian đó nhiệt độ của mẫu thử đã biến đổi làm sai lệch trị số về độ bền.

Độ bền Marshall là độ lớn của lực khi phá hoại mẫu có kích thước tiêu chuẩn daN. Nếu mẫu có chiều cao khác thì độ bền được điều chỉnh theo bảng.

Độ dẻo Marshall tính theo đơn vị 0,1 mm là độ biến dạng của mẫu bị phá hoại, đọc trực tiếp trên đồng hồ đo biến dạng ở thời điểm mẫu bị phá hoại.

Độ cứng quy ước được tính theo công thức:

$$A = \frac{10P}{L}$$

trong đó:

P - độ bền Marshall (tải trọng phá hoại) (daN)

L - độ dẻo 0,1 mm.

Độ bền và độ dẻo Marshall phải xác định theo kết quả trung bình của 3 lần thí nghiệm đối với các mẫu cùng loại. Độ sai lệch giữa các lần thí nghiệm không vượt quá 10%.

Trị số độ bền được làm tròn đến 10 daN khi độ bền đến 500 daN; làm tròn đến 20 daN khi độ bền từ 500-1000 daN và làm tròn đến 50 daN khi độ bền lớn hơn 1000 daN. Tùy theo loại bê tông có các trị số khác nhau (bảng 10.4).

3.2. Các thí nghiệm cơ học của bê tông atphan làm đường ô tô

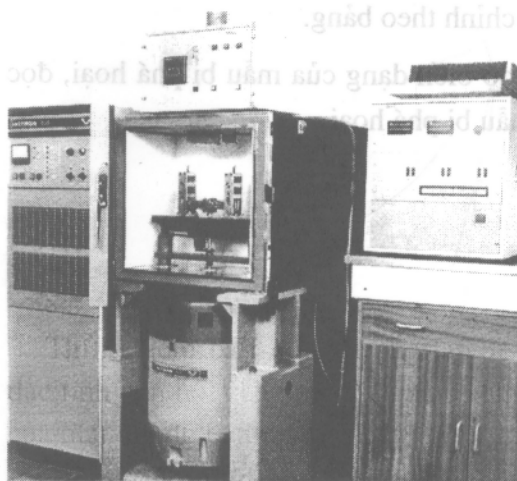
Các đặc tính cơ học của bê tông atphan là cần thiết cho quá trình thiết kế, được xác định thông qua các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm. Các thử nghiệm này gần với điều kiện thực tế; nhiệt độ; thời gian nạp tải các điều kiện về ứng suất, mức độ ẩm chắc... Các điều kiện thực tế luôn thay đổi do đó việc lựa chọn các điều kiện thực nghiệm tương ứng là rất khó khăn. Trong thực tế ứng suất tác động theo ba chiều ứng suất nén, theo phương ngang, ứng suất cắt. Để tái tạo lại chế độ ứng suất phức tạp này phải tiến hành thí nghiệm ba trục tải trọng lập. Các thí nghiệm này có thể chia thành các nhóm sau:

3.2.1. Thí nghiệm cơ học

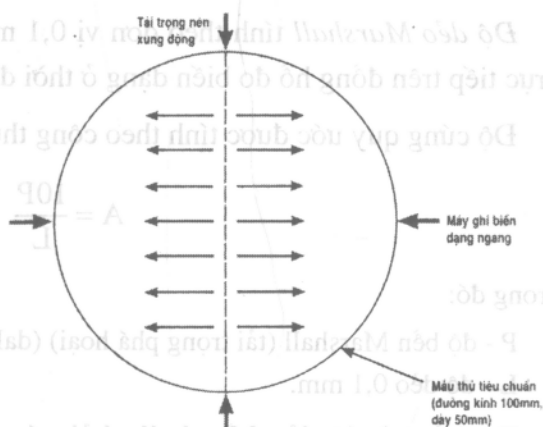
Thí nghiệm ba trục tải trọng lặp để xác định biến dạng thường xuyên cũng như các đặc tính đàn hồi của bê tông atphan. Thí nghiệm này cho kết quả sát nhất với sự làm việc của mặt đường bê tông atphan.

Thí nghiệm nén rão 1 trục, tĩnh, tự do được áp dụng ở châu Âu để đánh giá sức bền của bê tông atphan chịu tác động của biến dạng thường xuyên.

Thí nghiệm sức căng gián tiếp tải trọng lặp được sử dụng chủ yếu ở Mỹ sau đó được phát triển bằng các thiết bị tự động cung cấp những thông số cơ bản phục cho thiết kế và đánh giá áo đường.



Hình 10.2. Thí nghiệm rung 3 điểm



Hình 10.3. Thí nghiệm kéo gián tiếp bằng tải trọng trùng trục

Thí nghiệm mỏi và độ cứng động học theo ASTM cho phép đánh giá được độ cứng động học và mô đun đàn hồi động của bê tông atphan. Công thức nhận được từ thí nghiệm rung một đầm tiêu chuẩn như sau (hình 10.4):

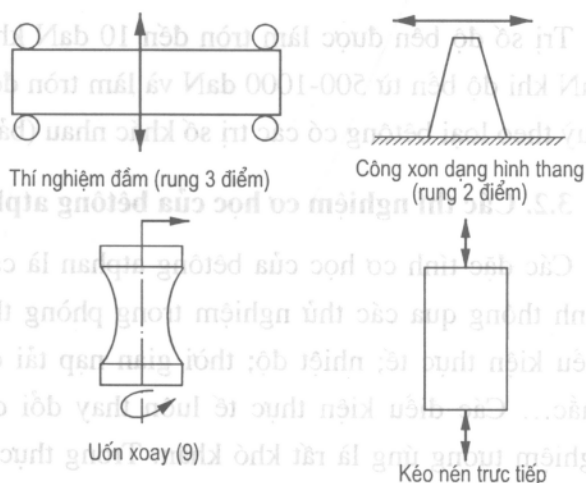
$$E = \frac{PL^3}{48\epsilon.I}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

trong đó:

P - tải trọng;

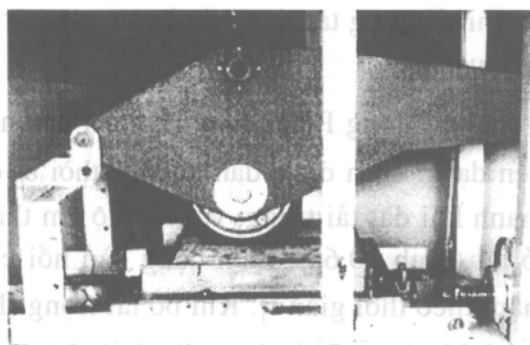
L - chiều dài = 20 cm, b = 4 cm, d = 3 cm



Hình 10.4. Thí nghiệm mỏi và độ cứng động học

3.2.2. Thí nghiệm mô phỏng

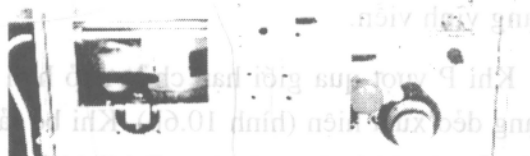
Thí nghiệm vết bánh xe được sử dụng với thiết bị mô phỏng tác động bánh xe lên các dạng kết cấu mặt đường bê tông atphan để xác định mối tương quan giữa biến dạng dẻo và các tính năng cơ học của mặt đường.



3.3. Tính biến dạng

3.3.1. Quan hệ biến dạng và thời gian

Bê tông atphan là vật liệu đàn hồi - dẻo. Tùy theo trạng thái và điều kiện biến dạng có thể xuất hiện tính chất đàn hồi hoặc tính chất chảy dẻo.

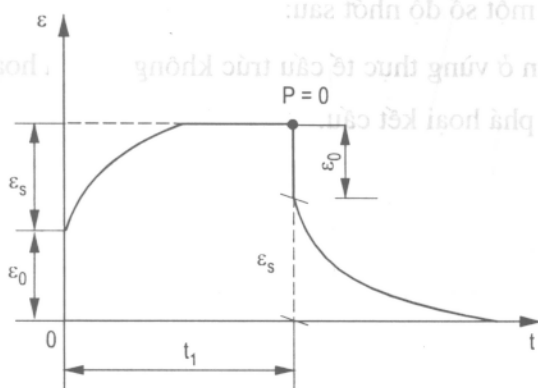


Hình 10.5. Thí nghiệm mô phỏng vết bánh xe

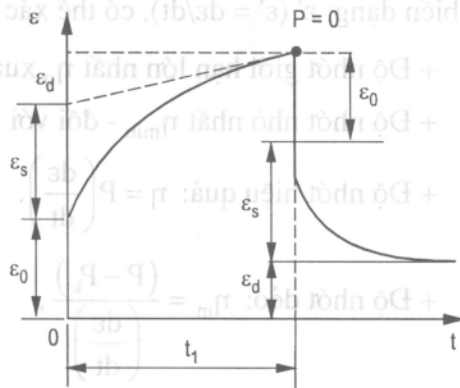
Về trạng thái ứng suất - biến dạng, bê tông atphan có những tính chất tổng hợp phức tạp: đàn hồi, dẻo, chảy và chùng ứng suất (sự giảm ứng suất theo thời gian biến dạng).

Như vậy để giải quyết vấn đề thực tế trên cần xét quan hệ giữa biến dạng và thời gian tác dụng của tải trọng. Sự xuất hiện tính chất đàn hồi hay tính chất chảy dẻo phụ thuộc vào tỷ lệ giữa thời gian đặt tải và trình độ ứng suất (cấp tải trọng).

Bê tông atphan cần có độ đàn hồi cao để đảm bảo ổn định khi khai thác. Biến dạng dẻo lớn lớp phủ mặt đường sẽ có hiện tượng: trượt, lượn sóng, dồn đống, hằn vết bánh xe. Các hiện tượng biến dạng dẻo đó xuất hiện và phát triển nhiều ở các vùng nóng trong những ngày hè. Độ dẻo được xác định bằng độ giãn dài tương đối khi kéo ở nhiệt độ thấp nhất và cao nhất khi khai thác.



a) $P < P_{dh}$



b) $P_{dh} < P < P_{max}$

Hình 10.6. Quan hệ giữa biến dạng ứng suất và thời gian

Khi tải trọng tác dụng thường xuyên sự phát triển của biến dạng phụ thuộc vào trị số ứng suất.

Khi tải trọng P nhỏ hơn giới hạn đàn hồi hoặc giới hạn chảy ($P < P_{dh}$), có hai dạng biến dạng. Biến dạng đàn hồi tức thời ϵ_0 có quan hệ bậc nhất với ứng suất, xuất hiện nhanh khi đặt tải trọng, với tốc độ âm thanh và biến dạng cũng mất đi rất nhanh khi bỏ tải (hình 10.6a). Biến dạng đàn hồi chậm xuất hiện sau khi đặt tải và phát triển chậm theo thời gian t_1 . Khi bỏ tải trọng ($P = 0$) biến dạng tồn tại tức thời mất đi ngay ($t = 0,02$ giây). Biến dạng đàn hồi chậm, ϵ_s mất dần theo thời gian không tồn tại biến dạng vĩnh viễn.

Khi P vượt qua giới hạn chảy nhỏ hơn ứng suất P_m giới hạn ($P_{dh} < P < P_{max}$), biến dạng dẻo xuất hiện (hình 10.6b). Khi bỏ tải ($P = 0$) biến dạng đàn hồi mất đi hoàn toàn mà vẫn còn biến dạng dư (ϵ_d). Đó là biến dạng của bê tông ứng với thời gian t_1 (ϵ_{t1}).

Đặc trưng cơ học của bê tông atphan được thể hiện qua hai chỉ tiêu: môđun đàn hồi và độ nhớt.

- *Môđun đàn hồi:*

Ứng với 2 trạng thái biến dạng đàn hồi có thể xác định 2 trị số môđun đàn hồi:

+ Môđun đàn hồi ban đầu: $E_1 = P/\epsilon_0$

+ Môđun đàn hồi sau: $E_s = P/\epsilon_s$

trong đó - biến dạng dư ϵ_d được tính bằng công thức: $\epsilon_d = \epsilon_{max} - \epsilon_0 - \epsilon_s$

ϵ_m - biến dạng tổng cộng ứng với thời gian P_1 (khi $P < P_{dh}$)

- *Độ nhớt:*

Độ nhớt của bê tông atphan không có giá trị cố định, tùy theo tính chất vật liệu và tốc độ biến dạng: ϵ' ($\epsilon' = d\epsilon/dt$), có thể xác định một số độ nhớt sau:

+ Độ nhớt giới hạn lớn nhất η_0 xuất hiện ở vùng thực tế cấu trúc không phá hoại.

+ Độ nhớt nhỏ nhất η_{min} - đối với vùng phá hoại kết cấu.

+ Độ nhớt hiệu quả: $\eta = P \left(\frac{d\epsilon}{dt} \right)$

+ Độ nhớt dẻo: $\eta_m = \frac{(P - P_k)}{\left(\frac{d\epsilon}{dt} \right)}$,

trong đó: P_k - giới hạn chảy, daN/cm²

Biến dạng tổng cộng: $\epsilon = \epsilon_{dh} + \epsilon_d = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma_1}{\eta}$

Các chỉ tiêu môđun đàn hồi, độ nứt và giới hạn chảy ứng với nhiệt độ khai thác bê tông atphan là rất quan trọng khi kiểm tra chất lượng của chúng.

3.3.2. Tính chịu mỏi của bê tông atphan

Sự mỏi có thể được định nghĩa như là hiện tượng đứt gãy của vật liệu dưới tác dụng của tải trọng trùng phục hoặc ứng suất thay đổi khi giá trị cực đại của ứng suất này nhỏ hơn cường độ kéo của vật liệu.

Dưới tác dụng của tải trọng xe cộ các lớp kết cấu áo đường mềm chịu uốn liên tục. Độ lớn của biến dạng phụ thuộc vào đặc tính xây dựng và xác nhận bởi sự đo đạc thực tế hiện trường đã cho thấy rằng độ đàn hồi xuất hiện dưới bánh xe tiêu chuẩn trong khoảng $30-200 \cdot 10^{-6}$. Trong những điều kiện như vậy có khả năng mặt đường bị đứt gãy do mỏi.

Nếu các thí nghiệm được thực hiện với tần số đặt tải khác nhau, chúng vẫn thu được kết quả tương tự, tức là độ bền mỏi (tính bằng số chu kỳ đặt tải) sẽ lớn hơn ở tần số cao. Nếu thể hiện lại kết quả thí nghiệm mỏi theo dạng duy trì biến dạng không đổi ε_0 trên đồ thị ta thấy các kết quả trùng hợp nhau khi độ cứng vật liệu khác nhau, điều này cho thấy rằng tiêu chuẩn phá hỏng vật liệu là độ biến dạng và nhiệt độ cũng như thời gian đặt tải có ảnh hưởng tới độ cứng của vật liệu, ảnh hưởng này được gọi là "chỉ tiêu biến dạng". Biểu thức quan hệ tổng quát về độ bền mỏi được thể hiện như sau:

$$N_i = c \times \left(\frac{1}{\varepsilon_i} \right)^m$$

trong đó:

N_i - số lần tác dụng của tải trọng cho tới khi bắt đầu xuất hiện vết nứt do mỏi;

ε_i - độ đàn hồi cực đại;

c và m - các thông số phụ thuộc vào thành phần, thuộc tính của hỗn hợp, m là độ dốc của các đường biểu diễn quan hệ độ bền mỏi - biến dạng.

3.4. Độ hao mòn

Độ hao mòn của bê tông atphan phụ thuộc vào cường độ và độ cứng vật liệu khoáng vật. Độ hao mòn là đặc tính giảm khối lượng trên 1cm^2 bề mặt vật liệu chịu tác dụng tải trọng va đập và mài mòn khi khai thác. Bê tông atphan nóng trong giai đoạn khai thác có thể bị mài mòn 0,2 - 1,5mm trong một năm. Để đảm bảo độ hao mòn cần sử dụng vật liệu khoáng có độ hao mòn thấp và lượng bitum thích hợp.

3.5. Độ ổn định nước

Độ ổn định nước của bê tông atphan phụ thuộc vào thành phần khoáng vật của vật liệu chế tạo. Nước là môi trường lỏng dễ dàng thấm ướt bề mặt hạt đá vôi hơn và làm mất lực dính kết của chất kết dính hữu cơ với hạt, làm giảm độ ổn định nước của bê tông atphan. Nếu vật liệu khoáng ổn định nước sẽ tạo ra màng liên kết bền vững, đảm bảo độ ổn định nước cho bê tông atphan.

Tính ổn định nước được đánh giá bằng hệ số ổn định nước K_m (tỷ lệ giữa cường độ mẫu bê tông atphan thí nghiệm ở trạng thái bão hòa nước và trạng thái khô ở nhiệt độ 20°C).

$$K_m = \frac{R_{bh}^{20}}{R_k^{20}}$$

K_m cần nằm trong giới hạn từ 0,6 - 0,9.

3.6. Độ rỗng của bê tông atphan

Độ rỗng trong bê tông atphan cho khả năng kết luận về sự hợp lý về thành phần cấp phối hạt của hỗn hợp. Sự sai lệch về độ rỗng so với độ rỗng chuẩn ở mức độ thấp chứng tỏ rằng việc lựa chọn lượng bitum là chính xác. Nếu độ lệch ở mức độ lớn cho thấy lượng bitum, thành phần hạt khoáng lựa chọn chưa chính xác. Bê tông atphan đặc cần có độ rỗng trong giới hạn từ 3-6%.

3.7. Tính dễ tạo hình của hỗn hợp bê tông atphan:

Tính dễ tạo hình của hỗn hợp bê tông atphan là đảm bảo cho việc vận chuyển, rải, đầm chắc bê tông atphan cũng như chất lượng của bê tông sau khi thi công đạt các yêu cầu kỹ thuật trên cơ sở thành phần vật liệu đã lựa chọn đúng. Tính dễ tạo hình được đặc trưng bằng độ dẻo hay cứng của hỗn hợp. Căn cứ vào độ dẻo chia hỗn hợp bê tông làm hai loại: dẻo và chảy. Bê tông dẻo được đầm chắc bằng lu hoặc đầm chấn động. Bê tông chảy được đầm nén nhờ trọng lượng bản thân.

Mức độ dễ tạo hình của hỗn hợp bê tông atphan dẻo rải nóng được đánh giá dựa trên cơ sở xác định thời gian và lực kéo mẫu kim loại hình nón chuẩn ra khỏi hỗn hợp (phương pháp I.A.Rubiev) ghi trong bảng 10.1.

Bảng 10.1

Dạng hỗn hợp	Quy định chỉ tiêu	
	Lực (daN)	Thời gian (gy)
Hỗn hợp dẻo		
- Hạt nhỏ	2,0 - 2,5	10,0 - 12,5
- Hạt vừa	2,35 - 3,0	11,5 - 15,0
Hỗn hợp cứng	< 1,5	< 7,5

3.8. Yêu cầu kỹ thuật

Yêu cầu kỹ thuật của các loại bê tông atphan làm đường rải nóng và ẩm ghi trong bảng 10.2 theo Tiêu chuẩn Nga và tiêu chuẩn Việt Nam tương ứng với các chỉ tiêu của ACI (Mỹ) theo phương pháp Marshall. Ở Mỹ còn dùng các chỉ tiêu thử theo phương pháp Hubbard và Hveen (bảng 10.2).

Bảng 10.2

Các chỉ tiêu	Quy định với bê tông mác		
	I	II	III
1. Cường độ giới hạn chịu nén daN/cm^2 , khi $t = 20^\circ\text{C}$, với mọi mác, không nhỏ hơn khi $t = 50^\circ\text{C}$, không nhỏ hơn, với mác A B và C D E khi 0°C không lớn hơn, daN/cm^2 , với mọi mác.	25/20 9,0 11/9 16/12 - 110/70	22/20 8,0 10/8 12/10 12/9 120/75	20/16 - 9/7 9/7 9/7 120/80
2. Độ ổn định nước, không nhỏ hơn	0,9/0,8	0,85/0,75	0,75/0,7
3. Độ nở, % theo thể tích, không lớn hơn	0,5/0,7	1,5/1,0	0,1/1,5
4. Độ rỗng còn lại, % theo thể tích	2,0 - 3,5	2,0 - 5,0	3,0 - 7,0

Bảng 10.3

Chỉ tiêu theo các phương pháp thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa	Cường độ xe cao		Cường độ xe trung bình		Cường độ xe thấp	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<i>A - Marshall</i>						
+ Số va đập vào mỗi đầu của mẫu khi chế tạo mẫu thí nghiệm	75	-	50	-	35	-
1 - Độ ổn định (độ bền); 1 bs	750	-	500	-	500	-
2- Độ dẻo (flow); 0,01 in	8	16	8	18	8	20
3 - Độ rỗng %						
- Lớp mặt	3	5	3	5	3	5
- Lớp bê tông nhựa cát	3	5	3	5	3	5
- Lớp móng	3	8	3	8	3	8
4 - Độ rỗng của cốt liệu khoáng vật, %						
5 - Dung trọng						
<i>B - Hubbard - Field</i>						
1- Độ ổn định (độ bền); 1 bl						
Mẫu $d = 2$ in	200	-	120	2000	120	2000
Mẫu $d = 6$ in	0	6000	0	6000	0	-
2- Độ rỗng %	3500	0	250	5	-	5
3- Độ ngậm nước	2	5	0	-	2	-
4- Dung trọng			5	-		
<i>C - Hveem</i>						
1- Số đo trên thiết kế đo độ bền (độ ổn định)	37	-	35	-	30	-
2- Số đo trên thiết bị đo độ kết dính	50	-	50	-	50	-
3- Độ trương nở		0,3	-	0,3	-	0,3
4- Độ rỗng	4	-	4	-	4	-

Yêu cầu các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông atphan (22-TCN GTVT 63-84)

Bảng 10.3a

TT	Các chỉ tiêu	Yêu cầu đối với bê tông atphan loại		Phương pháp thí nghiệm
		I	II	
a) Thí nghiệm theo mẫu hình trụ				
1	Độ rỗng cốt liệu khoáng chất, % thể tích	15-19	15-21	Quy trình thí nghiệm bê tông atphan
2	Độ rỗng còn dư, % thể tích	3 - 6	3 - 6	
3	Độ ngấm nước , % thể tích	1,5 - 3,5	1,5 - 4,5	
4	Độ nở, % thể tích không lớn hơn	0,5	1,0	
5	Cường độ chịu nén, daN/cm ² , ở nhiệt độ:			
	+ 20°C không nhỏ hơn	35	25	
	+ 50°C không lớn hơn	14	12	
6	Hệ số ổn định nước, không nhỏ hơn	0,90	0,85	
7	Hệ số ổn định nước, khi ngấm nước trong 15 ngày đêm, không nhỏ hơn	0,85	0,75	
8	Độ nở, % thể tích, khi cho ngấm nước trong 15 ngày đêm, không lớn hơn	1,5	1,8	
b) Thí nghiệm theo phương pháp Marshall (mẫu dầm 75 cú mỗi mặt)				
1	Độ ổn định (Stability) ở 60°C,KN, không nhỏ hơn	8,00	7,5	AA SHTO - T245 hoặc ASTM D 1559-95
2	Chỉ số dẻo quy ước (fow) ứng với S = 8 kN, mm nhỏ hơn hay bằng	4,0	4,0	
3	Thương số Marshall (Marshall Quotient)			
	Độ ổn định (Stability) kN	min 2,0	min 1,8	
	Chỉ số dẻo quy ước (flow) mm	max 5,0	max 5,0	
4	Độ ổn định còn lại sau khi ngấm mẫu ở 60°C, 24 giờ so với ổn định ban đầu, %, lớn hơn	75	75	
5	Độ rỗng bê tông atphan (Air voids)	3 - 6	3 - 6	
6	Độ rỗng cốt liệu (Voids in mineral aggregate)	14 - 18	14 - 20	
c) Chỉ tiêu khác				
1	Độ dính bám vật liệu đối với đá	khá	Đạt yêu cầu	QT thí nghiệm vật liệu nhựa atphan 22TCN 63-84

Ghi chú: Có thể sử dụng một trong hai phương pháp thí nghiệm a hoặc b

4. VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊTÔNG ATPHAN

4.1. Đá dăm hay sỏi

Chất lượng đá dăm hay sỏi về cường độ, tính đồng nhất, hình dạng, trạng thái bề mặt, thành phần khoáng vật,... có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của bê tông atphan.

Các chỉ tiêu chất lượng của đá dăm hay sỏi để chế tạo bê tông atphan cũng được xác định như khi chế tạo bê tông xi măng nặng.

Đá dăm dùng để chế tạo bê tông atphan có thể là đá dăm sản xuất từ đá thiên nhiên, đá dăm chế tạo từ cuội, cũng như đá dăm chế tạo từ xỉ lò cao, nhưng phải phù hợp với các yêu cầu của quy phạm. Không cho phép dùng đá dăm chế tạo từ đá vôi sét, sa thạch sét và phiến thạch sét.

Thành phần hạt của đá dăm hay sỏi được phân ra ba nhóm: 20 - 40; 10 - 20 và 5-10mm (TCVN). Theo tiêu chuẩn Mỹ từ 3/8 in đến 21/2 in.

Tuỳ theo cường độ chịu nén của đá gốc mà đá dăm dùng chế tạo bê tông atphan có các loại khác nhau như ghi trong bảng 10.4.

Bảng 10.4

Chỉ tiêu	Quy định theo mác hỗn hợp					
	I		II		III	
	A	B	A	B	A	B
Cường độ, daN/cm ² , không nhỏ hơn						
1- Đá dăm từ đá macma và biến chất	1200	1200	1000	1000	1000	600-800
2- Đá dăm từ đá trầm tích dạng cacbonat	-	1000	-	800	600	400-600
3- Đá dăm từ đá trầm tích ở dạng khối lớn	1200	1000	1000	1000	600	600
4- Sỏi	-	Đp8	Đp8	Đp12	Đp16	Đp16

Đá dăm (hay sỏi) dùng để chế tạo bê tông atphan chỉ được phép chứa các hạt dẹt: đối với bê tông loại A: < 20%, đối với loại B và Bx: < 25%; loại C và Cx: < 3,5% theo khối lượng.

Đá dăm cần phải liên kết tốt với bitum. Về mặt này thì các loại đá vôi, đolômit, diaba tốt hơn các loại đá axit. Nếu dùng loại đá liên kết kém với bitum phải gia công đá bằng chất phụ gia hoạt tính như vôi, xi măng hoặc cho thêm chất phụ gia hoạt tính bề mặt vào bitum.

Đá cần phải sạch, lượng ngậm chất bẩn không được lớn hơn 1% theo trọng lượng.

4.2. Cát

Vai trò của cát trong hỗn hợp bê tông atphan là chèn kẽ hở giữa các hạt cốt liệu lớn, làm tăng độ đặc của hỗn hợp. Có thể dùng cát thiên nhiên hay cát nhân tạo, có các chỉ tiêu kỹ thuật phù hợp với quy phạm như khi dùng cho bê tông nặng (TCVN).

Cát thiên nhiên để chế tạo bê tông atphan chỉ dùng loại hạt lớn ($M_{dl} \geq 2,5$) và hạt vừa ($M_{dl} = 2 - 2,5$). Khi không có cát hạt lớn thì thành phần hỗn hợp bê tông atphan loại A và B sẽ lựa chọn dùng cát hạt nhỏ theo nguyên tắc thành phần hạt không liên tục.

Theo tiêu chuẩn AASHTO các vật liệu hạt mịn (đá hoặc cát) có thành phần hạt ghi ở bảng 10.5.

Bảng 10.5. Thành phần hạt mịn dùng cho bê tông atphan

Cỡ sàng (mm), in	Phần trăm lọt sàng
3/4 - 9,5mm	100
N°4 - 4,75	95 - 100
N°8 - 2,36	80 - 100
N°16 - 1,18	50 - 85
N°30 - 600 μ m	25 - 60
N°50 - 300 μ m	10 - 30
N°100 - 150 μ m	2 - 16

Cát nghiền cần phải chế tạo từ đá có cường độ không nhỏ hơn cường độ của đá dùng làm đá dăm (600 - 1000 daN/cm²).

Đối với hỗn hợp bê tông atphan loại G sẽ dùng cát nghiền. Cát này được nghiền từ đá macma có mác không nhỏ hơn 1000. Hàm lượng các hạt nhỏ hơn 0,071mm ở trong cát nghiền không được lớn hơn 14% theo trọng lượng, trong đó lượng hạt sét không được lớn hơn 0,5%, lượng hạt nhỏ hơn 0,14mm không lớn hơn 20%.

4.3. Bột khoáng

Bột khoáng là một thành phần quan trọng trong hỗn hợp bê tông atphan. Nó không những nhét đầy lỗ rỗng giữa các loại cốt liệu lớn hơn (cát, đá dăm hay sỏi) làm tăng độ đặc của hỗn hợp mà còn làm tăng diện tích tiếp xúc, làm cho màng bitum trên mặt hạt khoáng càng mỏng và như vậy lực tương tác giữa chúng tăng lên, cường độ của bê tông atphan tăng lên.

Khi trộn với bitum trong hỗn hợp bê tông atphan, bột khoáng cần tạo nên một lớp hoạt tính, ổn định nước. Mối quan hệ vật lý, hoá học giữa bề mặt hạt bột khoáng và bitum làm tăng cường độ của bê tông atphan, nhưng cũng làm tăng tính giòn của nó. Vì vậy, lượng bột đá trong bê tông chỉ được dùng trong một giới hạn nhất định để tránh làm tăng tốc độ hoá già của bitum trong bê tông. Bột khoáng để chế tạo bê tông atphan thường sử dụng các loại bột mịn từ đá vôi và đá dolômit. Cường độ chịu nén của đá không nhỏ hơn 200 daN/cm². Vật liệu chế tạo bột khoáng cần sạch, không chứa các chất bẩn và sét quá 5%.

Bột khoáng cần phải khô, xốp khi trộn với bitum không được vón cục, có khả năng hút bitum tốt và phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Độ nhỏ: Lượng lọt qua sàng có kích thước lỗ sàng:

1,25 mm 100%

0,315mm $\geq 90\%$

0,071mm $\geq 70\%$

- Lượng bột khoáng hút hết 15g bitum trong mác 60/70 không nhỏ hơn 40g.

- Độ rỗng khi lèn chặt với tải trọng 400 daN/cm² đối với tro, bụi xi măng, xỉ, không được lớn hơn 45%, còn đối với loại bột đá đặc chắc thì không lớn hơn 40%.

- Hệ số ưa nước K_u được xác định bằng công thức:

$$K_u = \frac{V_1}{V_2}$$

trong đó:

V_1 - thể tích lắng trong nước của 5g bột khoáng;

V_2 - thể tích lắng trong dầu (môi trường không phân cực) của 5g bột khoáng.

Đối với những hạt < 1,25mm quy định $K_u > 1$.

Nếu $K_u > 1$ thì vật liệu ưa nước và ngược lại $K_u < 1$ - vật liệu ghét nước. Bột khoáng ghét nước liên kết tốt với bitum làm tăng cường độ bê tông atphan.

Với hỗn hợp loại II, III có thể dùng bột khoáng từ tro than đá, bụi xi măng, bột vỏ sò hến, ... phù hợp quy định của tiêu chuẩn 9128 - 84 của Nga. Bột khoáng được tăng cường chất lượng bằng cách hoạt hoá bề mặt khi nghiền. Hỗn hợp hoạt tính bề mặt gồm bitum và chất hoạt tính bề mặt với tỷ lệ là 1/1 đến 1/1,1. Lượng hỗn hợp hoạt tính phối hợp với lượng bột khoáng theo tỷ lệ 1,5 - 2,5%. Bột khoáng còn có khả năng tăng độ cứng lại của nhựa. Thí nghiệm mẫu bitum bột đá tỷ lệ là 4/6 có nhiệt độ hoá mềm thấp hơn nhiệt độ hoá mềm nhựa là 10 - 20°C.

4.4. Bitum

Hỗn hợp bê tông atphan thường dùng bitum dầu mỏ đặc quánh xây dựng đường làm chất kết dính. Loại bitum này phải có các chỉ tiêu kỹ thuật phù hợp với 22TCN 227-95. Ở điều kiện Việt Nam thông thường chọn bitum đặc số 3 hoặc 4.

Theo phương pháp rải, tính chất xe chạy, điều kiện khí hậu mà chọn mác bitum cho hợp lý. Ở những đường xe nặng chạy nhiều thuộc vùng khí hậu nóng thì dùng loại bitum mác cao. Cách chọn loại bitum có thể tham khảo quy phạm 9128 - 84 Nga hoặc theo AASHTO. Để tăng tính ổn định nhiệt có thể dùng hỗn hợp bitum với cao su, polime với lưu lượng thích hợp. Các loại phụ gia hiện có còn cho phép bê tông atphan ổn định với nước và chống khô bề mặt, đảm bảo tốc độ khai thác.

Cơ quan tư vấn thiết kế và nhà thầu phải thí nghiệm bitum và kiến nghị loại bitum sử dụng.

5. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊTÔNG ATPHAN

5.1. Nguyên tắc và nội dung thiết kế

Mục đích của việc lựa chọn thành phần là đạt được dạng (nóng, ấm, nguội) và loại (A, B...) bê tông atphan, có xét đến điều kiện làm việc (vùng khí hậu, đặc tính chịu tải), loại vật liệu khoáng vật, loại bitum và lượng bitum tối ưu, tỷ lệ giữa các thành phần, để có được một hỗn hợp bê tông phù hợp với yêu cầu về khai thác và có tính kinh tế.

Hỗn hợp phần bê tông atphan cần đáp ứng các yêu cầu đa dạng của giao thông hiện đại và có khả năng:

- Chống lại biến dạng dư.
- Chống gãy nứt do mỏi.
- Dễ thi công (rải, lu, lèn) với các thiết bị hiện có.
- Không thấm nước để bảo vệ các lớp vật liệu phía dưới khỏi tác động của nước.
- Bền lâu và chống mài mòn do xe cộ, nước, không khí và các yếu tố tự nhiên.
- Đóng góp vào cường độ chung của kết cấu áo đường.
- Dễ duy tu bảo dưỡng và quan trọng nhất là phải hiệu quả về mặt kinh tế.

Ngoài ra vật liệu lớp mặt còn phải đáp ứng các yêu cầu tương hỗ giữa lớp bánh xe với mặt đường như:

- Đảm bảo độ bám bề mặt trong mọi điều kiện thời tiết.
- Có hệ số sức cản lăn trong phạm vi chấp nhận được.
- Hạn chế độ ồn trong phạm vi cho phép.
- Đảm bảo chất lượng chạy xe yêu cầu.

Đây là những yêu cầu rất khắt khe chứng tỏ sự cần thiết phải thiết kế tối ưu hỗn hợp vật liệu để đạt được chất lượng làm việc (chất lượng kỹ thuật), có tính kinh tế cao với những nguồn lực giới hạn. Do vậy việc sử dụng các hỗn hợp được thiết kế theo công thức truyền thống không còn thích hợp với những con đường có lượng giao thông lớn.

Mục tiêu của việc thiết kế hỗn hợp bitum là tạo ra một vật liệu có tính kinh tế, tận dụng được nguồn vật liệu địa phương, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật tức là đạt được một hiệu quả kinh tế và phục vụ vận tải tốt nhất (chứ không phải là hiệu quả lớn nhất).

Nội dung thiết kế hỗn hợp bitum liên quan tới việc chọn loại cốt liệu, thành phần cấp phối, loại bitum và xác định hàm lượng bitum là tối ưu hoá các thuộc tính xây dựng trong mối quan hệ với tính năng phục vụ yêu cầu. Trong khi tầm quan trọng của ba yếu tố đầu ít được chú ý thì hầu hết các nghiên cứu và tranh cãi được tập trung vào các phương pháp tính toán hàm lượng bitum, khi mà trong các công thức chế tạo hỗn hợp, lượng bitum chỉ được lựa chọn trên cơ sở kinh nghiệm. Trong các phương pháp tính toán thành phần hỗn hợp, việc xác định hàm lượng bitum được căn cứ vào một phần hoặc toàn bộ các kết quả thu được từ các thí nghiệm trong phòng được thực hiện theo một hay nhiều tiêu chuẩn thí nghiệm khác nhau.

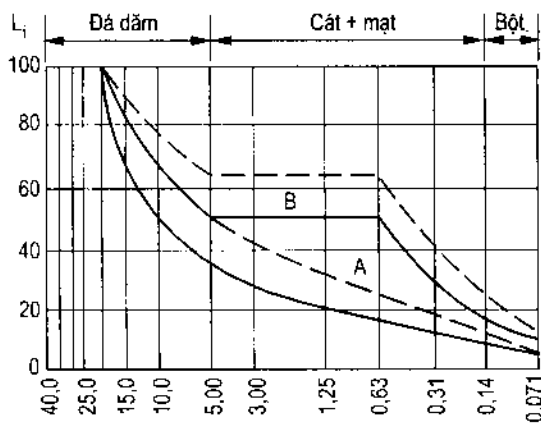
Để tính toán hàm lượng bitum, ngoài việc áp dụng phổ biến thử nghiệm Marshall, người ta còn áp dụng một số thiết bị và thủ tục thử nghiệm khác như phương pháp Hveem hay các phương pháp liên quan đến thí nghiệm nén ba trục hoặc thí nghiệm từ biến. Trong các phương pháp này công thức chung để lựa chọn hàm lượng bitum là tính trung bình các lượng bitum tối ưu cho thuộc tính cơ học của hỗn hợp lớn nhất và các thuộc tính mong muốn khác liên quan đến độ chặt và độ rỗng của vật liệu. Mặc dù Bruce Marshall đã xác định hàm lượng bitum tính toán là giá trị trên đường cong quan hệ giữa lượng bitum và khối lượng đơn vị lớn nhất, và kiểm tra các thuộc tính khác của vật liệu ứng với hàm lượng bitum này theo các tiêu chuẩn yêu cầu, thì các phương pháp thực tế sau này căn cứ vào tiêu chuẩn Marshall để tính toán theo phương pháp trung bình như đã nêu trên. Chi tiết của phương pháp này sẽ được nêu sau đây. Một vài khó khăn gắn liền với phương pháp trung bình này là sự xác định giá trị cực đại hay vấn đề tồn tại hai giá trị cực đại là nguy cơ sai lệch tính toán trên cơ sở đường cong bất đối xứng rõ rệt, đã được Lee đề cập tới. Ông đã mô tả một phương pháp so sánh lần lượt các hàm lượng bitum khác nhau tương ứng thoả mãn các thuộc tính yêu cầu và lựa chọn hàm lượng bitum trên cơ sở xem xét đánh giá này.

Để thiết kế một hỗn hợp bitum bằng các thử nghiệm trong phòng với mục đích đạt được các thuộc tính kỹ thuật và độ chặt yêu cầu, các mẫu thử nghiệm được chế tạo sao cho càng gần sát với vật liệu hiện trường càng tốt.

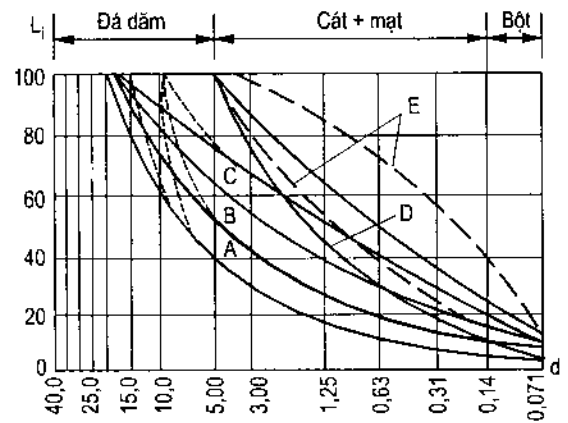
Khi biết được khối lượng, trọng lượng riêng của các thành phần hỗn hợp và độ chặt của hỗn hợp đã đầm chặt thì có thể xác định được thể tích của các loại vật liệu thành phần. Sau đó các mẫu thử được kiểm tra bằng phương pháp Marshall hoặc thí nghiệm từ biến để đánh giá khả năng chống lại biến dạng của chúng.

Theo mục đích và chỉ dẫn trên, có thể có một vài phương pháp thiết kế, song phổ biến và có kết quả tin cậy là phương pháp được xây dựng trên cơ sở các lý thuyết về độ đặc hợp lý của hỗn hợp vật liệu khoáng của bê tông atphan (lý thuyết bê tông Ivanốp). Phương pháp chung là kết hợp tính toán với thực nghiệm.

Trình tự thiết kế thành phần bê tông atphan như sau: Lựa chọn và kiểm tra vật liệu, xác định tỷ lệ của các vật liệu theo thành phần cấp phối hạt, lựa chọn thành phần bitum tối ưu và thí nghiệm kiểm tra các chỉ tiêu kỹ thuật trên các mẫu thử. Tùy theo tiêu chuẩn mà phương pháp lựa chọn có khác nhau. Phổ biến nhất là các phương pháp của Nga - TCVN và phương pháp của Viện bê tông Hoa Kỳ (AC), các phương pháp của Anh. Phương pháp Marshall dựa trên các chỉ tiêu thí nghiệm Marshall như độ ổn định, độ dẻo và các chỉ tiêu vật lý của mẫu được chế tạo bằng thiết bị đầm tiêu chuẩn, như khối lượng riêng, độ rỗng dư, độ rỗng được lấp đầy bitum. Phương pháp này dùng để thiết kế thành phần và hàm lượng bitum tối ưu cho một hỗn hợp bê tông atphan đã cho trước yêu cầu. Phương pháp này cũng được dùng phổ biến ở Việt Nam để đánh giá chất lượng bê tông atphan trong các dự án xây dựng đường bằng vốn nước ngoài.



Hình 10.3. Thành phần hạt gián đoạn của bê tông nhựa nóng



Hình 10.4. Thành phần hạt liên tục của bê tông nhựa nóng

Các dự án đường sân bay vương quốc Anh có đề nghị phương pháp DOE. Phương pháp này cũng giống phương pháp AC nhưng chỉ dẫn chặt chẽ hơn.

5.2. Phương pháp thiết kế theo TCVN

Vật liệu sử dụng phải phù hợp với loại, dạng bê tông và đạt các yêu cầu về tính chất cơ học, tính ổn định nhiệt và tính chống ăn mòn, đồng thời phải phù hợp với yêu cầu của quy phạm.

5.2.1. Lựa chọn thành phần vật liệu khoáng

Hỗn hợp vật liệu khoáng được lựa chọn sao cho đảm bảo được độ đặc hợp lý. Lý thuyết về đường cong độ đặc hợp lý là cơ sở để tạo ra thành phần hạt hợp lý (lý thuyết Ivanốp).

Nếu $d_1, d_2, \dots, d_n$ là đường kính các cỡ hạt thì lượng hạt tương ứng là $y_1, y_2, \dots, y_n$. Cấp phối sẽ có độ đặc hợp lý khi:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \dots = \frac{d_n}{d_{n+1}} = A = 2$$

Lượng hạt tương ứng sẽ là:

$$y_2 = ky_1, y_3 = k^2y_1, \dots, y_n = k^{n-1}y_1$$

Tổng các hạt sẽ là tổng cấp số nhân có công bội k (k là độ đặc yêu cầu), vậy:

$$\sum y_i = 100\% = y_1(k^{n-1})/(k - 1)$$

Từ phương trình trên và các thử nghiệm có thể thành lập các biểu đồ hoặc các bảng tra về thành phần hạt hợp lý cho từng loại bê tông ở từng quốc gia và từng vùng vật liệu thích hợp (thể hiện trong các tiêu chuẩn).

Thành phần cấp phối hạt theo tiêu chuẩn Việt Nam được giới thiệu trên hình 10.3, 10.4 và bảng 10.6, 10.7.

Thành phần vật liệu khoáng trong bê tông atphan thông thường gồm 3 loại: đá dăm, cát, bột khoáng với tỷ lệ là Đ, C, B (%).

Trong một số trường hợp để tăng chất lượng bê tông có thể cho thêm một phần đá mịn (M%).

Hỗn hợp vật liệu khoáng được lựa chọn có tổng tỷ lệ thành phần như sau:

$$\text{Đ} + \text{C} + \text{B} + \text{M} = 100\%$$

hoặc

$$\text{Đ} + \text{C} + \text{B} = 100\% \text{ (không có đá mịn)}$$

Lượng lọt qua sàng của hỗn hợp vật liệu khoáng L_x được xác định theo công thức sau:

$$L_x = \frac{\text{Đ}_x}{100} \text{Đ} + \frac{\text{M}_x}{100} \text{M} + \frac{\text{C}_x}{100} \text{C} + \frac{\text{B}_x}{100} \text{B} \quad (1)$$

trong đó: Đ_x , M_x , C_x và B_x - lượng lọt qua sàng kích thước x (mm) của đá, mịn, cát, và bột khoáng.

Xác định lượng đá dăm: Tỷ lệ thành phần của đá dăm được xác định theo công thức sau:

$$\text{Đ} = \frac{A_x}{A_{dx}} 100\%$$

trong đó: A_x , A_{dx} - lượng sót tích lũy tại cỡ hạt x của hỗn hợp hợp lý theo quy phạm và của đá dăm. Mất sàng x là mất sàng có lượng sót tích lũy lớn nhất và không được nhỏ hơn 5 mm. Thông thường có thể chọn bằng 5 mm.

Xác định lượng bột khoáng: Tỷ lệ phần trăm của bột khoáng (có cỡ hạt < 0,071mm) được xác định theo công thức sau (phần cát và đá mịn có cỡ hạt < 0,071mm cũng được coi là bột khoáng):

$$\text{B} = \frac{Y_{0,071}}{B_{0,071}} 100\%$$

trong đó: $Y_{0,071}$ và $B_{0,071}$ - lượng hạt nhỏ hơn 0,071 của hỗn hợp vật liệu hợp lý và của bột khoáng.

Xác định lượng cát và lượng mịn: Tổng tỷ lệ phần trăm của cát và đá mịn được tính như sau:

$$\text{C} + \text{M} = 100 - \text{B} - \text{Đ} = \text{M}' \quad (2)$$

Giải hệ các phương trình (1) và (2) ta có hàm lượng cát với $x = 1,25\text{mm}$ theo phương trình sau:

$$\frac{C.C_{1,25}}{100} + \frac{(M'-C).M_{1,25}}{100} = L_{1,25} - B$$

Từ kết quả tính toán và thành phần vật liệu thực tế, tính toán cấp phối với tất cả các cỡ hạt. So sánh đường biểu diễn cấp phối hạt đã chọn với thành phần hạt hợp lý. Yêu cầu nó phải phù hợp với giới hạn thành phần của hỗn hợp hợp lý theo tiêu chuẩn. Nếu thành phần chọn được không hợp tiêu chuẩn thì phải điều chỉnh lại các lượng vật liệu để có thành phần phù hợp với tiêu chuẩn.

5.2.2. Xác định lượng bitum tối ưu

Lượng bitum tối ưu được tính toán theo chỉ tiêu độ rỗng của hỗn hợp vật liệu khoáng của các mẫu thí nghiệm bê tông atphan và độ rỗng còn lại của bê tông atphan theo quy định ở tiêu chuẩn quốc gia.

Chuẩn bị các mẫu thí nghiệm từ hỗn hợp bê tông atphan, trong đó lượng bitum dùng giảm đi 0,3 - 0,5% so với giới hạn dưới của các trị số trong bảng 10.6; 10.7.

Lượng bitum được tính bằng phần trăm so với tổng khối lượng của vật liệu khoáng. Thể tích của bitum phải lấp đầy lỗ rỗng còn lại của hỗn hợp vật liệu khoáng sau khi đã trừ đi độ rỗng của bê tông atphan. Độ rỗng của hỗn hợp vật liệu khoáng thường từ 17-19%, độ rỗng của bê tông atphan thường từ 3-5% đối với bê tông atphan đặc và lớn hơn 6% cho bê tông atphan rỗng (xem tiêu chuẩn).

Lượng bitum tối ưu được xác định theo công thức sau:

$$B = \frac{(V_{ok} - V_k) \rho_B}{\rho_k}$$

trong đó:

$$V_{ok} - \text{độ rỗng cốt liệu khoáng của mẫu thí nghiệm, \%}; V_{ok} = \left(1 - \frac{\gamma_k}{\rho_k}\right);$$

γ_k - khối lượng đơn vị vật liệu khoáng đã đầm chặt;

ρ_k - khối lượng riêng của vật liệu khoáng g/cm³ trong mẫu thí nghiệm đã đầm chặt;

V_{ok} - trị số độ rỗng của bê tông atphan theo tiêu chuẩn ở 25°C, % (độ rỗng dư mong muốn);

ρ_B - khối lượng riêng của bitum ở 25°C, g/cm³, $\rho_B = 1,05 - 1,08$ g/cm³.

5.2.3. Kiểm tra trên các mẫu thí nghiệm

Kết quả tính toán lượng bitum sẽ dùng để chế tạo ba bộ mẫu thử có lượng bitum tăng hoặc giảm ở 0,5% so với lượng bitum tính toán. Kiểm tra lại các tính chất cần thiết của bê tông atphan. Nếu có một chỉ tiêu không đảm bảo (ví dụ cường độ, độ ổn định nước ...) thì điều chỉnh lại thành phần vật liệu chế tạo, chủ yếu là lượng bột khoáng. Sau đó làm lại theo trình tự trên cho đến lúc đạt mọi yêu cầu theo quy định.

5.4. Thí dụ tính toán thành phần cấp phối bê tông atphan

Yêu cầu lựa chọn thành phần bê tông atphan rải nóng, hạt nhỏ, loại dùng cho lớp trên của kết cấu mặt đường. Vật liệu: bitum 70, đá dăm, đá mịn, cát sông, bột đá vôi có tính chất phù hợp với yêu cầu kỹ thuật và thành phần hạt.

**Bảng 10.9. Thí dụ về thành phần hạt
và các số liệu tính toán thành phần bê tông atphan**

Vật liệu khoáng	Lượng vật liệu khoáng, % lọt qua sàng kích thước									
	20	15	10	5	3	1.25	0.31	0.63	0.14	0.071
Đá dăm 5-15mm	100	95	57	5						
Đá mịn				100	76	44	20	12	5	
Cát sông					100	73	60	40	20	3
Bột khoáng							100	93	83	74
Hỗn hợp theo quy phạm	95 - 100	85 - 100	70 - 100	50 - 65	38 - 52	28 - 39	20 - 29	14 - 22	9 - 16	6 - 12
Các số liệu tính toán										
Đá dăm 45%	45	43	27	2						
Đá mịn 21%	21	21	21	21	16	9.2	4.2	2.5	1.0	
Cát sông 24%	24	24	24	24	24	17.5	14.4	9.6	4.8	0.7
Bột khoáng 10%	10	10	10	10	10	10	10	9.3	8.3	7.4
Thành phần hỗn hợp đã chọn	100	98	82	57	40	36.7	28.6	21.4	14.1	8.1

Tính toán thành phần vật liệu khoáng của hỗn hợp bê tông atphan

- Tính lượng đá dăm:

Xét mắt sàng có đường kính 5mm, theo quy phạm lượng hạt có đường kính lớn hơn 5mm phải có hàm lượng 35 - 50% (do lượng hạt lọt qua sàng 5mm nằm trong phạm vi 50 - 65%).

Vậy lượng hạt có đường kính lớn hơn 5mm theo quy phạm bằng:

$$A_5 = 0,5(50 + 35) = 42,5 \approx 43\%$$

Lượng hạt có đường kính lớn hơn 5mm trong đá dăm là 95%.

Như vậy:

$$D = \frac{43}{95} 100 = 45\%$$

- Tính lượng bột khoáng:

Theo quy phạm yêu cầu lượng hạt có đường kính nhỏ hơn 0,071 nằm trong phạm vi 6 - 10%. Trong tính toán chọn $Y_{0,071} = 8\%$ và $B_{0,071} = 74\%$.

$$B = \frac{8}{74} \cdot 100 = 10,8\% \text{ chọn } B = 10\%.$$

- Lượng cát và đá mịn sẽ là:

$$C + M = 100 - 45 - 10 = 45 \%$$

Khi tính riêng lượng cát và đá mịn, xét cỡ sàng tiêu biểu của cát và đá mịn là 1,25mm phải ở trong phạm vi 28 - 39% (có thể dùng 34%); nhưng trong đó đã có 10% B, nên lượng hạt nhỏ hơn 1,25mm không kể bột khoáng là 24%.

Lượng cát C phải thỏa mãn phương trình sau:

$$\frac{C \cdot 73}{100} + \frac{(45 - C) \cdot 44}{100} = 24\%$$

trong đó, 73 và 44 là lượng hạt có kích thước nhỏ hơn 1,25mm của cát và đá mịn.

$$C = 24\%, M = 21\%.$$

Tính toán lượng lọt qua sàng của từng loại vật liệu tại các cỡ hạt ghi trong bảng 10-8.

Kiểm tra kết quả cấp phối hạt đã chọn thấy phù hợp với thành phần hạt hợp lý theo quy phạm (xem bảng 10.8).

- Tính lượng bitum tối ưu:

Lượng bitum theo quy phạm quy định cho loại bê tông yêu cầu là 5%. Chọn lượng bitum dùng để nhào trộn với hỗn hợp vật liệu khoáng đã có từ 4,5; 5,0 và 5,5%.

Từ hỗn hợp đã có, chế tạo 3 bộ mẫu thử có $d = h = 71,4\text{mm}$. Đầm chắc mẫu thử bằng phương pháp phối hợp - rung mẫu trên bàn rung (ở nhiệt độ 180°C trong thời gian 180gy dưới tác dụng của tải trọng $0,3\text{daN/cm}^2$). Cuối cùng làm đặc bằng tải trọng 200 daN/cm^2 . Sau 12 - 42 giờ, xác định được khối lượng thể tích của mẫu thử bằng $2,30\text{g/cm}^3$, ứng với lượng bitum là 5%.

Với khối lượng riêng của hỗn hợp vật liệu khoáng là $\rho = 2,49\text{ g/cm}^3$, của bitum $\rho_b = 1\text{g/cm}^3$ và độ rỗng còn lại của bê tông atphan yêu cầu là 4%, ta có:

Khối lượng thể tích của phần vật liệu khoáng trong mẫu thử là $2,05\text{ g/cm}^3$.

Độ rỗng của hỗn hợp vật liệu khoáng trong mẫu thử, %:

$$V_{ok} = \left(1 - \frac{2,05}{2,49}\right) \cdot 100 = 17,7\%$$

Lượng bitum tối ưu:

$$B = \frac{(17,7 - 4,0) \cdot 1,0}{2,49} = 5,5\%$$

Kiểm tra trên các mẫu thử bê tông atphan với lượng bitum thay đổi từ 4,5 - 5,5% cho thấy tại điểm có $B = 5\%$, giá trị R_{20} , R_{50} là lớn nhất và độ hút nước nằm dưới giới hạn nhỏ nhất. Như vậy, việc chọn lượng bitum tối ưu trên là đáng tin cậy.

5.3. Thiết kế thành phần bê tông atphan theo phương pháp AC (Viện bê tông atphan Mỹ)

Phương pháp thiết kế hỗn hợp cấp phối liên tục của Viện atphan là phương pháp thông dụng nhất. Nguyên lý cơ bản của phương pháp này như sau:

Cấp phối cốt liệu được thiết kế để đảm bảo tới độ rỗng 16% - 19%. Điều này đảm bảo có độ rỗng đủ để chứa bitum và một ít không khí. Nếu độ rỗng quá nhỏ, cốt liệu sẽ không đủ khả năng giữ được lượng bitum cần thiết và độ bền lâu của hỗn hợp sẽ bị giảm. Nếu độ rỗng quá cao vật liệu sẽ bị thấm lọt và cũng vì thế độ bền lâu giảm. Điều này có thể khắc phục bằng cách gia tăng lượng bitum nhưng như vậy sẽ làm giảm khả năng chống biến dạng của vật liệu và không kinh tế. Đường cong cấp phối của hỗn hợp cho độ đặc lớn nhất có thể được xác định theo Fuller và có dạng như sau:

$$p = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n$$

trong đó:

- D - kích thước lớn nhất của cốt liệu
- d - cỡ hạt cần tính toán.
- p - hàm lượng (%) của cỡ hạt tính toán.
- n = 0,5

Nijboer đã chế tạo các hỗn hợp có thành phần cấp phối như trên nhưng với các giá trị n khác nhau và thấy rằng hỗn hợp sẽ chặt nhất khi n thay đổi từ 0,4 - 0,5. Lấy n = 0,45, kết quả đạt được tốt nhất khi đá có cỡ hạt lớn nhất là 18mm với hàm lượng 60% và với đá có cỡ hạt lớn nhất là 12mm thì hàm lượng tương ứng là 52%.

Trình tự quá trình thiết kế theo các bước sau:

B.1. Tính toán sơ bộ thành phần cốt liệu:

Phương trình tổng quát:

$$P = A.a + B.b + C.c \dots$$

trong đó:

P- giá trị % lọt sàng tại mắt sàng đặc trưng nằm trong quy trình (thông thường người ta chọn các mắt sàng điển hình như 2,36mm (đá), 0,074mm (bột đá) v.v...

A, B, C - % lọt sàng tại mắt sàng đó của từng vật liệu; a, b, c là % từng loại vật liệu A, B, C trong hỗn hợp.

$$a + b + c \dots = 1$$

Khi thiết kế cho hai vật liệu:

- Tính phần trăm đá trong hỗn hợp (mắt sàng 2,36mm):

$$a = \frac{P_{2,36} - B_{2,36}}{A_{2,36} - B_{2,36}}$$

- Tính phần trăm cát trong hỗn hợp:

$$b = 100 - a$$

Khi thiết kế cho 3 loại vật liệu:

- Tính phần trăm đá (mắt sàng 2,36mm):

$$a = \frac{P_{2,36} - B_{2,36}}{A_{2,36} - B_{2,36}}$$

Bỏ qua lượt bột vì $C_{2,36} = 0$

- Tính phần trăm bột:

Dựa vào phương trình tổng quát cho mắt sàng 0.074 mm

$$P_{0,074} = A_{0,074} \cdot a + B_{0,074} \cdot b + C_{0,074} \cdot c$$

và phương trình $b + c = 1 - a$.

Giải hệ hai phương trình 2 ẩn được c.

- Tính phần trăm cát:

$$b = 1 - a - c$$

B.2. Sấy khô, phân loại cốt liệu, trộn để tìm kiếm cấp phối cốt liệu mong

Sau khi sấy khô, phân cỡ cốt liệu và trộn chúng để đạt được cấp phối cốt liệu mong muốn, xác định khối lượng riêng, khối lượng đơn vị và độ rỗng của hỗn hợp cốt liệu.

B.3. Tính toán khối lượng bitum (B)

Khối lượng bitum cho vào hỗn hợp nên được tính toán sao cho độ rỗng của hỗn hợp vào khoảng 3-5%. Nếu lượng bitum cho vào nhiều thì trong quá trình đầm nén từ từ do tải trọng xe cộ, lượng bitum dư thừa sẽ bị ép dồn lên bề mặt đường gây trơn trượt. Nó cũng có thể gây nên áp suất thuỷ tĩnh trong bản thân hỗn hợp làm giảm độ ổn định của vật liệu bitum. Nếu lượng bitum cho vào không đủ thì nước và không khí sẽ chiếm chỗ trong hỗn hợp gây nên sự hoá cứng của bitum và làm giảm khả năng dính bám của nó với cốt liệu. Hàm lượng bitum cho vào hỗn hợp có thể được tính theo công thức sau:

$$B = \frac{V_{ma} - V_a}{\rho_{sc}} \times \rho_b$$

trong đó:

B - khối lượng (%) của bitum trên 100 phần khối lượng cốt liệu

ρ_{sc} - khối lượng riêng của cốt liệu đã đầm chặt (khối lượng riêng trung bình).

ρ_b - khối lượng riêng của bitum.

V_{ma} - độ rỗng trong cốt liệu khoáng.

V_a - độ rỗng mong muốn.

Nếu hàm lượng bitum yêu cầu được tính ở dạng khối lượng phần trăm trên khối lượng toàn bộ hỗn hợp, P_b , % thì ta có:

$$P_b = \frac{B}{B + 100} \times 100$$

B.4. Thử nghiệm xác định hàm lượng bitum tối ưu

Người ta thường chế tạo 5 hỗn hợp với hàm lượng bitum lần lượt tăng với gia số 0.5% kể từ lượng bitum tối ưu tính toán được. Mỗi hỗn hợp (ứng với hàm lượng bitum) sản xuất 4 mẫu thử. Các mẫu được đầm nén bằng búa tiêu chuẩn với 35, 50 hoặc 70 cú đập ở hai mặt tương ứng với tải trọng xe dự báo. Các mẫu được cân trong không khí và trong nước để xác định tỷ trọng của hỗn hợp đã được đầm chặt. Với mỗi hàm lượng bitum như vậy các thuộc tính sau đây của hỗn hợp được xác định (bằng trị số trung bình của 4 mẫu thử) (ASTM C127 và C128):

- Khối lượng riêng của hỗn hợp đã đầm nén chặt.
- Khối lượng riêng của cốt liệu đã đầm nén chặt.
- Khối lượng riêng lớn nhất theo lý thuyết của hỗn hợp.
- Độ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu.
- Độ rỗng lý thuyết trong hỗn hợp (tức là với giả thiết không có lượng bitum nào bị hấp thụ vào trong cốt liệu).

Các mẫu thử được thí nghiệm trên các thiết bị Marshall; trị số trung bình của độ chảy và độ ổn định Marshall được xác định tương ứng cho mỗi hỗn hợp (mỗi hàm lượng bitum). Người ta vẽ được 5 đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa độ ổn định, độ chảy, trọng lượng riêng của hỗn hợp, độ rỗng của hỗn hợp và độ rỗng của hỗn hợp cốt liệu tương ứng với hàm lượng bitum. Căn cứ vào các đồ thị này người ta xác định được 3 hàm lượng bitum tương ứng với độ ổn định lớn nhất, trọng lượng riêng lớn nhất và độ rỗng mong muốn. Hàm lượng bitum tối ưu là trị số trung bình của 3 giá trị trên. Trị số độ chảy và độ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu tương ứng với hàm lượng bitum tối ưu được xác định và so sánh với trị số cho phép. Nếu tất cả các yêu cầu không thoả mãn thì phải lập lại các bước thiết kế với một sự điều chỉnh thích ứng đối với thành phần cấp phối cốt liệu.

Nếu tất cả các thuộc tính đều thoả mãn thì nên hiệu chỉnh lại độ rỗng theo sự hấp thụ bitum của cốt liệu. Độ rỗng lý thuyết trong hỗn hợp được xác định bằng cách sử dụng độ chặt tương đối của cốt liệu được xác định bằng lò sấy. Ở đây ta giả thiết rằng không có sự hấp thụ bitum vào trong cốt liệu. Tuy nhiên đối với một số cốt liệu thì sự hấp thụ bitum rất đáng kể và một trong những phương pháp trực tiếp và đáng tin cậy nhất để xác

định sự hấp thụ này là phương pháp Rice. Nói một cách tóm lược, phương pháp này liên quan trước hết tới sự xác định khối lượng riêng cực đại của hỗn hợp. Một mẫu thử nghiệm của hỗn hợp được sấy nóng và đập nhỏ đến mức không khí có thể thoát ra càng nhiều càng tốt, sau đó cân mẫu trong không khí và trong nước. Hiệu số giữa hai giá trị này và trọng lượng riêng lớn nhất của hỗn hợp được tính toán bằng cách dùng lượng cốt liệu và bitum đã biết với trọng lượng riêng của chúng và là số đo của trọng lượng bitum bị hấp thụ vào trong cốt liệu.

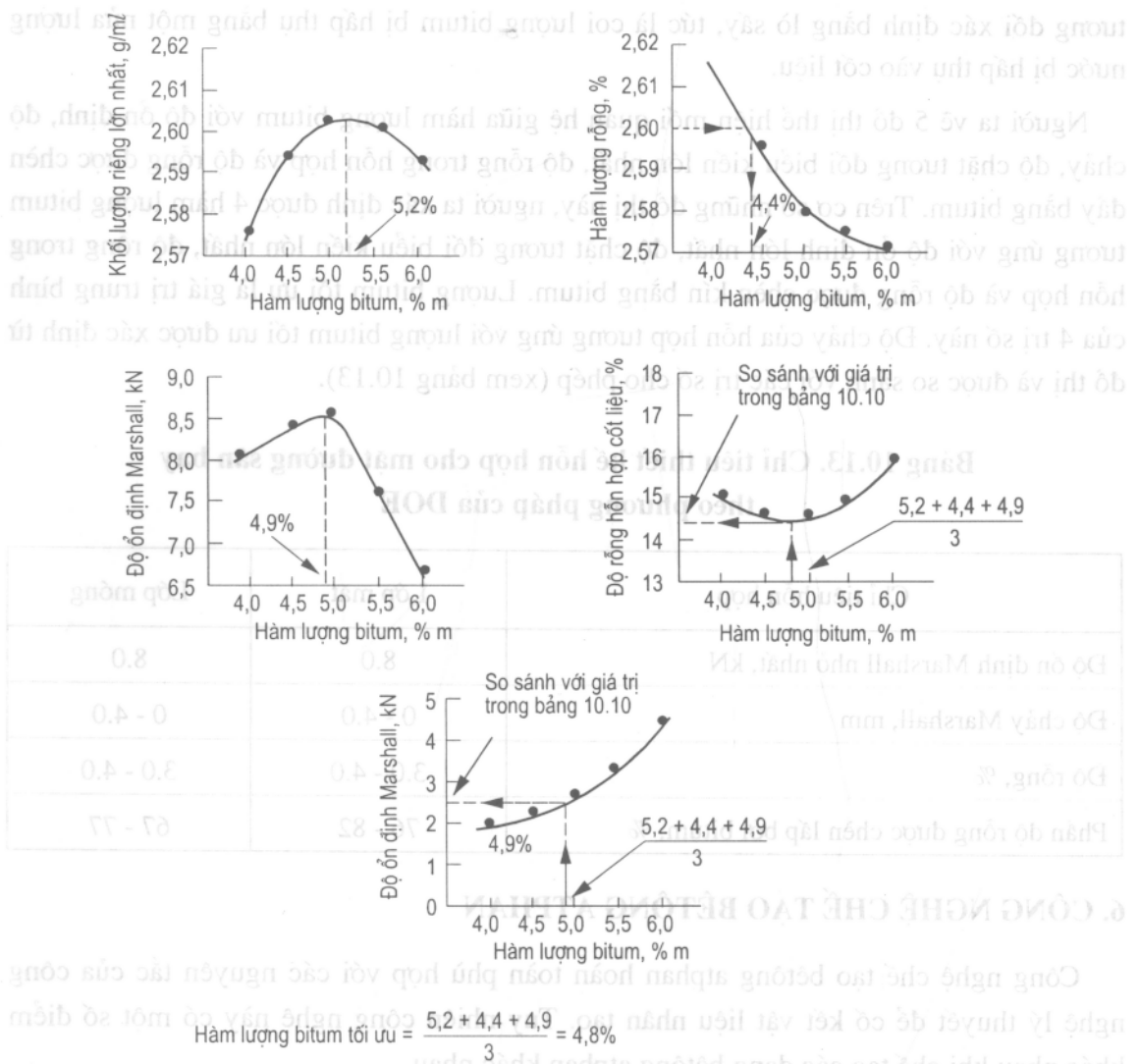
Các tiêu chuẩn Marshall dùng cho đường và sân bay được giới thiệu bởi Viện Asphalt lần lượt được tóm tắt trong bảng 10.10 và 10.11. Có thể tham khảo các kết quả thử nghiệm và tính toán để xác định lượng bitum tối ưu ở hình 10.6.

Bảng 10.10. Chỉ tiêu thiết kế hỗn hợp vật liệu bitum dùng cho đường ô tô theo phương pháp của Viện Asphalt

Chỉ tiêu hỗn hợp	Các hạng giao thông		
	Nhẹ	Vừa	Nặng
Số cú đầm	2 × 35	2 × 50	2 × 75
Độ ổn định Marshall nhỏ nhất, kN	3.3	5.3	8.0
Độ chảy Marshall, mm	2.0 - 4.5	2.0 - 4.0	2.0 - 3.5
Độ rỗng, %	3.0 - 5.0	3.0 - 5.0	3.0 - 5.0
Độ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu, %	Kích cỡ lớn nhất của cốt liệu, mm	Độ rỗng nhỏ nhất của cốt liệu, %	
	25	13.0	
	19	14.0	
	12.5	15.0	
	9.5	16.0	
	4.75	18.0	
	2.36	21.0	
	1.18	23.5	

Bảng 10.11. Chỉ tiêu thiết kế hỗn hợp cho mặt đường sân bay theo phương pháp của Viện Asphalt

Chỉ tiêu hỗn hợp	Cấp hạng sân bay		
	Loại nhỏ	Loại vừa	Loại nặng
Số cú đầm	2 × 50	2 × 75	2 × 75
Độ ổn định Marshall nhỏ nhất, kN	2.2	4.5	8.0
Độ chảy Marshall, mm	2.0 - 5.0	2.0 - 4.0	2.0 - 3.5
Độ rỗng, %	3.0 - 5.0	3.0 - 5.0	3.0 - 5.0



Hình 10.6. Ví dụ lựa chọn hàm lượng bitum tối ưu theo AC

5.4. Phương pháp thiết kế hỗn hợp của DOE (ngành sân bay)

Ở nước Anh, các hỗn hợp bê tông nhựa cấp phối liên tục thường chỉ được dùng cho mặt sân bay và được thiết kế bằng cách sử dụng một cải biến của phương pháp Viện Asphalt. Phương pháp của Cục môi trường (DOE) khác với phương pháp của Viện Asphalt ở vài điểm nhỏ nhưng khá quan trọng. Trong phương pháp DOE độ chất lý thuyết lớn nhất thực sự và độ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu không được xác định, thay vào đó người ta xác định độ rỗng được lấp đầy bởi bitum. Một sự khác biệt quan trọng khác là: lượng bitum hấp thụ được tính toán bằng cách sử dụng độ chất tương đối biểu kiến trên cơ sở sấy khô vật liệu trong lò và xác định lượng nước bị hấp thụ vào cốt liệu. Nếu lượng nước hấp thụ vào cốt liệu nhỏ hơn 1% thì coi như trọng lượng bitum bị hấp thụ bằng lượng nước bị hấp thụ. Nếu sự hấp thụ nước lớn hơn 1% thì tính trung bình độ chất

tương đối xác định bằng lò sấy, tức là coi lượng bitum bị hấp thụ bằng một nửa lượng nước bị hấp thụ vào cốt liệu.

Người ta vẽ 5 đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng bitum với độ ổn định, độ chảy, độ chặt tương đối biểu kiến lớn nhất, độ rỗng trong hỗn hợp và độ rỗng được chèn đầy bằng bitum. Trên cơ sở những đồ thị này, người ta xác định được 4 hàm lượng bitum tương ứng với độ ổn định lớn nhất, độ chặt tương đối biểu kiến lớn nhất, độ rỗng trong hỗn hợp và độ rỗng được chèn kín bằng bitum. Lượng bitum tối ưu là giá trị trung bình của 4 trị số này. Độ chảy của hỗn hợp tương ứng với lượng bitum tối ưu được xác định từ đồ thị và được so sánh với các trị số cho phép (xem bảng 10.13).

Bảng 10.13. Chỉ tiêu thiết kế hỗn hợp cho mặt đường sân bay theo phương pháp của DOE

Chỉ tiêu hỗn hợp	Lớp mặt	Lớp móng
Độ ổn định Marshall nhỏ nhất, kN	8.0	8.0
Độ chảy Marshall, mm	0 - 4.0	0 - 4.0
Độ rỗng, %	3.0 - 4.0	3.0 - 4.0
Phân độ rỗng được chèn lấp bởi bitum, %	76 - 82	67 - 77

6. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÊTÔNG ATPHAN

Công nghệ chế tạo bê tông atphan hoàn toàn phù hợp với các nguyên tắc của công nghệ lý thuyết để cố kết vật liệu nhân tạo. Tuy nhiên công nghệ này có một số điểm khác nhau khi chế tạo các dạng bê tông atphan khác nhau.

Việc chế tạo hỗn hợp vật liệu bitum có quan hệ chặt chẽ với việc trộn cốt liệu với tỷ lệ xác định và bitum để cho ra một hỗn hợp vật liệu đồng đều có thành phần và nhiệt độ xác định. Trường khi trộn, cốt liệu phải được cân đong đảm bảo thành phần cấp phối yêu cầu và phải được rang nóng đến nhiệt độ thích hợp để loại ẩm và đảm bảo sự dính bám tốt của bitum với cốt liệu.

6.1. Công nghệ chung

Công nghệ chung để chế tạo bê tông atphan gồm 3 giai đoạn sau:

Giai đoạn I: Giai đoạn chuẩn bị nguyên liệu, đá dăm (sỏi), cát cần được sấy khô (hút ẩm) và nung đến nhiệt độ khoảng 200°C phù hợp với độ nhớt của bitum. Bitum cần phải đun đến nhiệt độ thi công. Nhiệt độ nung bitum từ 160° - 180°C tùy theo độ quánh của bitum và loại bê tông atphan (nóng, ẩm...) nhiên liệu chính là dầu và ga. Trong các trạm

trộn hiện đại hơi nóng được đốt bằng ga được dẫn vào buồng sấy và đầu đốt được đặt ngay trong thùng sấy.

Trộn vật liệu khoáng với bitum có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng bê tông.

Đá dăm, cát trộn chung với bột khoáng (không nung nóng). Các hạt bột khoáng sẽ bọc bề mặt cát, đá để tăng độ hoạt tính bề mặt cho cốt liệu.

Giai đoạn 2: Trộn hỗn hợp khoáng với bitum đến nhiệt độ thi công trong thời gian quy định, máy trộn cưỡng bức, khoảng 50-150 gy tùy theo loại hỗn hợp bê tông atphan.

Giai đoạn 3: Vận chuyển, rải và đầm chắc bê tông. Yêu cầu nhiệt độ bê tông atphan phải đảm bảo đạt nhiệt độ thi công khi bắt đầu rải và đầm chắc. Các thiết bị rải và trạm.

Công nghệ chế tạo hỗn hợp bê tông atphan có thể là liên tục hay phân theo chu kỳ, tùy theo loại trạm trộn giai đoạn 1 và 2 có thể tách ra hoặc có thể gộp làm 1.

Nói chung các trạm trộn atphan gồm hai khu vực chính: khu vực thứ nhất là bộ phận trộn và khu vực thứ hai gồm các thiết bị cần thiết cấp liệu cho máy trộn (như sấy khô, cân, đong phối liệu). Các thiết bị của khối thứ hai này tạo nên sự khác nhau của các máy trộn. Có 3 dạng trộn cơ bản ở Anh quốc:

Trạm trộn chu kỳ (theo từng mẻ) sấy nóng gián tiếp.

Trạm trộn chu kỳ (theo từng mẻ) sấy nóng trực tiếp.

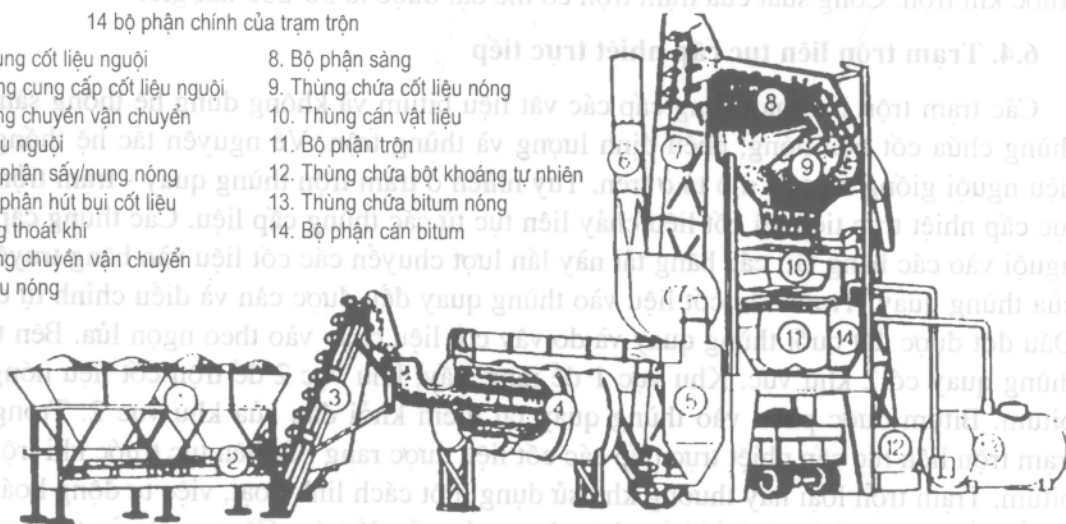
Trạm trộn liên tục sấy nóng liên tục

6.2. Trạm chế tạo bê tông atphan sấy nóng gián tiếp

Xưởng chế tạo bê tông atphan bao gồm 4 bộ phận: phân xưởng đá dăm (sỏi) và cát, phân xưởng nhào trộn. Trong đó bộ phận nhào trộn là bộ phận cơ bản nhất. Công việc nhào trộn được tiến hành tại các trạm trộn nóng được trình bày trên hình 10.7.

14 bộ phận chính của trạm trộn

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Thùng cốt liệu nguội | 8. Bộ phận sàng |
| 2. Cổng cung cấp cốt liệu nguội | 9. Thùng chứa cốt liệu nóng |
| 3. Băng chuyển vận chuyển cốt liệu nguội | 10. Thùng cán vật liệu |
| 4. Bộ phận sấy/nung nóng | 11. Bộ phận trộn |
| 5. Bộ phận hút bụi cốt liệu | 12. Thùng chứa bột khoáng tự nhiên |
| 6. Ống thoát khí | 13. Thùng chứa bitum nóng |
| 7. Băng chuyển vận chuyển cốt liệu nóng | 14. Bộ phận cán bitum |



Hình 10.7. Sơ đồ cấu tạo trạm trộn chu kỳ rang sấy gián tiếp

Cát và đá dăm đã được chuẩn bị trước (1) theo các số liệu thiết kế được đưa vào thùng sấy (3) nhờ các máy chuyển vật liệu (2). Trong thùng sấy nhiệt độ từ 200°C - 220°C . Máng chuyển nóng (4) chuyển đá dăm và cát vào sàng chấn động (5). Những hạt đá và cát phù hợp thành phần hạt quy định được chuyển vào thùng chứa (6). Bột khoáng được đưa vào thùng chứa nhờ thiết bị vận chuyển (7). Vật liệu khoáng được chuyển qua thiết bị định lượng (8) để xác định lượng vật liệu cho một mẻ trộn và chuyển vào máy trộn (9). Hỗn hợp vật liệu khoáng được trộn khô trong thời gian 10-20gy. Sau đó đưa bitum đã đun ở nhiệt độ cần thiết vào. Nâng nhiệt toàn bộ hỗn hợp lên đến 150°C - 170°C và trộn trong thời gian 60-80gy đến khi nhận được hỗn hợp bê tông atphan. Dùng ô tô chuyên dụng vận chuyển hỗn hợp bê tông atphan đến địa điểm thi công. Việc rải và đầm chắc bê tông atphan tùy theo loại bê tông, yêu cầu lớp phủ mặt đường và thiết bị mà có những quy trình công nghệ riêng.

Ở Việt Nam hiện nay thường dùng các trạm trộn của Nga, Nhật, Mỹ, Ý. Các trạm trộn thường dùng máy trộn, làm việc theo nguyên tắc trộn cưỡng bức và tự động điều khiển quá trình trộn. Công suất tối đa 150 tấn/giờ, thời gian trộn 60 giây, hao tổn nhiên liệu khoảng 10-15 lít/1 tấn cốt liệu.

6.3. Trạm trộn chu kỳ sấy nóng trực tiếp

Ở trạm trộn loại này cấp phối cốt liệu nguội được định lượng theo từng mẻ từ bộ cấp liệu nguội được đổ vào thùng sấy để rang khô và sấy nóng rồi được xả vào máy trộn để trộn với bitum. Bộ phận cấp liệu nguội giống như ở trạm trộn cấp nhiệt gián tiếp, cấp phối cốt liệu nguội theo tỷ lệ được đổ vào phễu để kiểm tra trọng lượng trước khi rang sấy. Tỷ lệ cốt liệu không được thay đổi trong suốt quá trình và do vậy việc điều khiển cấp liệu nguội phải rất chính xác. Từ phễu định lượng các cốt liệu cho vào thùng sấy từng mẻ một. Sau đó cốt liệu được cho vào máy trộn thông thường để trộn bitum.

Trong trạm trộn chu kỳ cấp nhiệt trực tiếp cốt liệu nguội được rang sấy theo từng mẻ trước khi trộn. Công suất của trạm trộn có thể đạt được từ 50-200 tấn/giờ.

6.4. Trạm trộn liên tục cấp nhiệt trực tiếp

Các trạm trộn loại này cung cấp các vật liệu bitum và không dùng hệ thống sàn, các thùng chứa cốt liệu nóng, phễu định lượng và thùng trộn. Về nguyên tắc hệ thống cấp liệu nguội giống như đã mô tả ở trên. Tuy nhiên ở trạm trộn thùng quay - trạm trộn liên tục cấp nhiệt trực tiếp thì cốt liệu chảy liên tục từ các thùng cấp liệu. Các thùng cấp liệu nguội vào các băng tải, các băng tải này lần lượt chuyển các cốt liệu vào băng truyền tải của thùng quay. Trước khi cốt liệu vào thùng quay đều được cân và điều chỉnh tự động. Đầu đốt được đặt cuối thùng quay và do vậy cốt liệu chảy vào theo ngọn lửa. Bên trong thùng quay có 2 khu vực. Khu vực 1 để rang, sấy; khu vực 2 để trộn cốt liệu nóng với bitum. Bitum được phun vào thùng quay tại điểm khởi đầu của khu vực 2. Trong các trạm trộn liên tục cấp nhiệt trực tiếp các cốt liệu được rang sấy liên tục trước khi trộn với bitum. Trạm trộn loại này thường khó sử dụng một cách linh hoạt, việc tự động hoá điều khiển bằng máy tính có thể khắc phục được các vấn đề trên. Công suất của trạm có thể từ 100 - 500 tấn/giờ.

Chương 11

VẬT LIỆU CHẤT DẸO XÂY DỰNG

1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI VẬT LIỆU CHẤT DẸO XÂY DỰNG

1.1. Khái niệm

Vật liệu chất dẻo xây dựng được chế tạo chủ yếu từ các polyme và chất độn với thành phần cấu tạo đa dạng: có thể không có hoặc có ít chất độn. Các chất polyme đóng vai trò chất dính kết và cũng rất nhiều loại khác nhau.

Vật liệu chất dẻo xây dựng đang phát triển rất đa dạng và được dùng ở lớp phủ bảo vệ, chống thấm và các kết cấu chịu lực.

Trong thế kỷ XXI loại vật liệu này sẽ trở thành một trong những vật liệu xây dựng chủ yếu ngay cả trong ngành xây dựng giao thông vận tải.

Vật liệu chất dẻo có những ưu điểm sau: Khối lượng riêng nhỏ (khoảng $1 - 2\text{g/cm}^3$); khối lượng thể tích biến đổi trong phạm vi rộng, từ $0,08 - 2\text{g/cm}^3$; hệ số truyền nhiệt từ $0,2 - 0,03\text{kcal/m} \cdot \text{độ} \cdot \text{h}$; ổn định với hóa chất, hơi, khí; cách điện và chống thấm rất tốt; cường độ chịu kéo và nén đều cao; độ đàn hồi cao.

Vật liệu chất dẻo xây dựng cũng có một số tính chất hạn chế như sau:

- Ở nhiệt độ cao ($160^\circ - 400^\circ\text{C}$) và nhiệt độ quá thấp có thể thay đổi tính chất.
- Độ cứng bề mặt nhỏ, biến dạng lớn. Môđun đàn hồi của một số vật liệu còn thấp, tuổi thọ theo thời gian và thời tiết còn cần xác định đầy đủ hơn.

1.2. Phân loại

Theo tính chất cơ lý, cấu trúc, các tính chất có liên quan đến nhiệt, nguồn gốc tự nhiên, nhân tạo chia ra làm 3 loại sau:

a) Chất dẻo nhiệt mềm

1. Nhựa thông
2. Atphan (bitum)
3. Dẫn xuất từ gỗ
4. Polyme trùng hợp: vinyl clorua, clorua vinyl, vinyl axetat, styren, acrylic, acrolen, methyl
5. Polyme trùng ngưng: glycol, axit hóa, polyamit

b) Chất dẻo nhiệt rắn

- Polyme trùng hợp: poly vinyl

- Polyme trùng ngưng: phenol - formandehit, cast phenonic, resorcinol, acroit, phenonfurfural, ure, casein, sonfoamit, polyeste.

c) Chất dẻo ổn định hóa học: nhựa thông, casein.

2. THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA VẬT LIỆU CHẤT DẸO

Thành phần chính của vật liệu chất dẻo là các polyme, chất độn, chất hóa rắn và chất tạo màu.

2.1. Polyme tổng hợp

Các polyme đóng vai trò chất kết dính trong vật liệu chất dẻo, chúng được phân loại theo phương pháp chế tạo như sau:

- Polyme trùng hợp tạo thành do phản ứng trùng hợp các đơn phân liên kết thành các polyme mà không tách ra các sản phẩm phụ.

- Polyme trùng ngưng tạo thành do các phản ứng trùng ngưng, trong đó một số hợp chất đơn giản tạo thành phân tử phức tạp và tách ra các sản phẩm phụ (như nước, amôniac, v.v...).

Các polyme trùng hợp chính là: polyetylen, polypropylen, polyvinylclorua, polystyren, polyvinylaxetat, polyacrilat...

- Các polyme trùng ngưng chính là: phenol fomandêhyt, urê phenol fomadêhyt, amin, amin fomandêhyt, polyurêthan, polyesteacrylat, silic hữu cơ và êrông.

2.1.1. Một số nhựa trùng hợp

a) *Polyetylen* ($-CH_2 - CH_2 -$)_n

- *Chế tạo polyetylen* bằng cách trùng hợp êtylen $CH_2 = CH_2$ sản xuất từ than đá hay khí đốt.

- *Tính chất*: là nhựa trong suốt, ổn định hóa học, cách điện, có cường độ cao, dễ hàn và dễ gia công; có nhược điểm dễ lão hoá, kém chịu nhiệt, dễ cháy và độ cứng nhỏ.

- *Sử dụng*: thường dùng làm màng mỏng chống thấm cho công trình, sản xuất giấy gói, vải gỗ dán, bọc dây điện v.v...

b) *Polyvinylclorua* ($-CH_2 - CHCl -$)_n

- *Chế tạo polyvinyl clorua (PVC)* bằng cách trùng hợp clorua vinyl ($CH_2 = CHCl$).

- *Tính chất*: nhựa có cường độ cao, chống thấm tốt, khó bắt lửa, ổn định hóa học với kiềm và axit, khả năng trộn với chất độn lớn, dễ tạo hình và dễ hàn dán; nhựa có nhược điểm kém chịu nhiệt và khả năng dính bám vào một số vật liệu thấp.

- *Sử dụng*: nhựa PVC thường được dùng làm tấm sàn, tấm chống thấm, tấm trang trí, đường ống và phụ tùng dùng cho nơi chịu tác dụng ăn mòn.

c) *Pôlystyren* ($-CH_2 - CHC_6H_5 -$) $_n$

- *Chế tạo pôlystyren* được tiến hành bằng cách trùng hợp styren ($CH_2 = CHC_6H_5$) có chất xúc tác.

- *Tính chất*: có khả năng ổn định hóa học cao, cách điện và ổn định với nhiệt.

- *Sử dụng*: sản xuất tấm ốp, màng mỏng có tính đàn hồi, ống chịu axit, chất dẻo xốp, v.v...

Ngoài các nhựa trùng hợp đã nêu trên, còn sử dụng nhiều loại khác như: pôlyizôbutylen, pôlyvinyl axêtat, v.v...

2.1.2. Một số nhựa trùng ngưng

a) *Phenol fomandêhyt*

- *Chế tạo*: sản xuất bằng cách trùng ngưng phenol (C_6H_5OH) và fomandêhyt (CH_2O) (còn gọi là andêhyt foocmic), sản phẩm phụ tách ra là nước (H_2O), khi phản ứng xảy ra trong môi trường axit và thừa phenol nhận được nhựa nhiệt dẻo mà phân tử có cấu trúc mạch thẳng, còn khi phản ứng xảy ra trong môi trường kiềm và có chất xúc tác là amôniắc (NH_3) hay hydrôxyt natri ($NaOH$) sẽ được loại nhựa nhiệt hoạt mà phân tử có cấu trúc mạng không gian.

- *Tính chất*: có khả năng trộn chất độn lớn, tính bền cơ học cao, chịu nước, cách điện.

- *Sử dụng*: dùng nhiều trong công nghiệp gỗ dán, urê fomandêhyt (còn gọi là nhựa cacbamit)

- *Chế tạo*: bằng cách đem trùng ngưng urê ($CO(NH_2)_2$) còn gọi là cacbamit và fomandêhyt (CH_2O).

- *Tính chất*: so với phenol fomandêhyt thì nhựa urê fomandêhyt tốt hơn vì không có màu, bền với tác dụng của ánh sáng, không có mùi và rẻ hơn song nó lại kém hơn về mặt chịu nhiệt, chịu nước và chịu axit.

- *Sử dụng*: keo dán gỗ, vecni v.v...

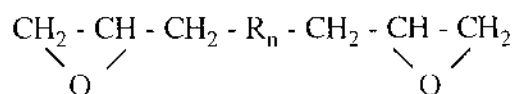
Ngoài ra còn nhiều loại nhựa trùng ngưng khác nữa như: phenon fuafurôn, pôlyeste, pôlyamit, pôlyvinyl axêtat v.v...

b) *Epoxy*

Epoxy là loại nhựa chính dùng trong xây dựng, nó là nguyên liệu cho keo dán, vữa sửa chữa, bê tông pôlyme và các loại vật liệu chất dẻo khác.

Epoxy là nhựa trùng ngưng hai hợp chất hữu cơ trong đó có một hợp chất là gốc epoxy ($C - O - C$) và một chất có chứa nguyên tử H linh động (thường là phenol cao phân tử).

Công thức epoxy mạch thẳng như sau: .



trong đó: R_n - yếu tố tái tạo môi trường liên kết

Đặc tính của epoxy như sau: $\gamma_u = 1,28$; nhiệt độ ổn định 80 - 100°C; giới hạn đàn hồi 10 - 30MPa; giới hạn bền: $\text{R}_k = 40 - 100 \text{ MPa}$, $\text{R}_n = 70 - 160 \text{ MPa}$, $\text{R}_u = 60 - 130 \text{ MPa}$.

Có khả năng liên kết tốt với thép, bê tông, gỗ..., ổn định với hóa học và nước. Kém ổn định với tác dụng của ánh sáng mặt trời.

Các loại epoxy thường dùng ED5, ED6, ED20, ED40 (Nga) và keo E của Thụy Sĩ, Mỹ.

Tuy vậy vì giá thành của epoxy đắt nên thường được pha thêm các chất độn để chế tạo epoxy nhiều thành phần làm cho giá thành thấp hơn.

2.2. Chất độn

Chất độn nâng cao các tính chất kỹ thuật (cường độ, khả năng chịu nhiệt,...) và giảm giá thành của vật liệu chất dẻo.

Chất độn có thể là gốc hữu cơ hoặc vô cơ.

- *Chất độn hữu cơ*: bông, bột gỗ, phoi bào, gỗ lạng, giấy, vải bông, vải sợi tổng hợp, sợi cacbon.

- *Chất độn vô cơ*: amiăng, sợi thủy tinh, bột tan, mica, thạch anh, cao lanh, than chì, v.v... và các bột kim loại.

Theo cấu tạo:

- *Chất độn dạng bột*: bột gỗ, bột đá, ...

- *Chất độn dạng sợi*: sợi bông, sợi thủy tinh, sợi tổng hợp, v.v...

- *Chất độn dạng tấm*: giấy, vải, gỗ lạng, v.v...

2.3. Chất tăng dẻo

Chất tăng dẻo chỉ dùng cho nhựa nhiệt dẻo khi gia công. Nhựa nhiệt hoạt được gia công ở giai đoạn phân tử lượng còn thấp, nhiệt độ hóa mềm không cao nên không cần dùng chất tăng dẻo.

Các chất tăng dẻo thường dùng là axit ftalic, dibutyn ftalat, ôlêin, v.v...

Ngoài ra còn phải sử dụng các thành phần khác cho sản xuất chất dẻo như:

- Bột màu để tạo ra những màu sắc cần thiết, thường dùng những loại bột khoáng có màu rất mịn.

Chất bôi khuôn chống dính như ôlêin, stêarin...

Chất xúc tác tăng nhanh quá trình rắn chắc, thường dùng CaO, MgO, urtropin.

Các chất sinh bọt làm cho chất dẻo trở nên xốp, thường dùng Na_2O_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

3. CÁC TÍNH CHẤT CỦA CHẤT DẼO

3.1. Cường độ

Vật liệu dẻo làm sàn, nền yêu cầu có độ chịu mài mòn cao. Vật liệu làm tường bao cần có độ dai cao. Với các vật liệu làm kết cấu chịu lực cần đáp ứng khả năng sản xuất cấu kiện chịu lực: chất dẻo dùng chất độn bột hay sợi có cường độ nén 120 - 160 MPa và cường độ uốn 40 - 60 MPa, chất dẻo dùng chất độn dạng tấm có cường độ cao, thí dụ như tấm CBAM (chất độn dạng sợi thủy tinh) có cường độ kéo 480 - 950 MPa và cường độ nén 420 MPa. Sợi cacbon có cường độ chịu kéo đến 2000 MPa.

Cường độ chịu nén của chất dẻo không độn thí nghiệm trên mẫu $2 \times 2 \times 2$ cm tuổi 6, 12 giờ và 3 ngày. Các loại vữa và bê tông polime xi măng thí nghiệm như vữa và bê tông thường (Tiêu chuẩn Việt Nam chưa quy định - xin đề nghị).

3.2. Tính chất vật lý

- Khối lượng thể tích biến đổi trong phạm vi rất rộng tùy theo dạng chất độn và cấu trúc 15 - 2000 kg/m³.

- Tính dẫn nhiệt tốt, loại đặc có $\lambda = 0,2 - 0,6$ kcal/m^o.C.h còn loại rỗng có $\lambda = 0,026$ kcal/m^o.C.h.

- Khả năng chống mài mòn tốt nên thích hợp cho việc dùng làm vật liệu lát sàn.

- Ổn định hóa học tốt nên có thể dùng trong công trình dẫn nước và bể chứa chất lỏng ăn mòn.

- Bền màu nên không phải sơn nhiều lần.

- Dễ hàn, dán nên rất thuận tiện khi thi công.

- Một số loại chất dẻo trong suốt (polystirôn, v.v...) dùng làm kính hữu cơ có các đặc trưng cơ học quý, v.v...

4. VẬT LIỆU XÂY DỰNG CHẤT DẼO

4.1. Các vật liệu bao che

Vật liệu làm kết cấu bao che như tường, trần, vách ngăn là những vật liệu chịu lực không lớn, mỏng, giá thành không cao như: ván gỗ ép, tấm lát trần, vải dán tường v.v...

4.2. Chất dẻo làm sàn, lợp

Các chất dẻo này thường có gốc là Linolêin, PVC, Nitroxenluloo, Linolêin cao su ở dạng tấm hoặc cuộn, vải Gleptan, vải Renlin v.v...

Kích thước chuẩn theo ISO (tiêu chuẩn quốc tế) là 10×10 ; 15×15 ; 20×20 cm; $\delta = 1,25 - 6$ mm. Các cuộn có $b = 1,5 - 3,0$ m; $L = 8 - 20$ m; $\delta = 1,5 - 3,0$ mm.

Các chất dẻo trên thường có màu sắc đẹp, đa dạng, bền nước, dung môi hữu cơ và khó cháy, chịu mài mòn tốt.

Chất dẻo lợp thường chống nước tuyệt đối, có cấu tạo dạng tấm thẳng hoặc lượn sóng dài 8 - 16m; dày 0,5 - 2mm. Các vật liệu chống thấm cho mặt đường, nền nhà, mặt cầu thường ở dạng vải có chiều dày nhỏ. Tùy theo công trình có thể cho nước thấm qua hoặc cách nước tuyệt đối.

4.3. Chất dẻo chịu lực

Các chất dẻo chịu lực thông thường đều có gốc epoxy, chất độn là sợi thủy tinh và cao cấp hơn là sợi cacbon.

4.3.1. Chất dẻo thủy tinh

Chất dẻo thủy tinh gồm có polyme và chất độn là sản phẩm thủy tinh.

Theo dạng chất độn thủy tinh, chất dẻo thủy tinh được phân làm 3 nhóm. Nhóm sợi thủy tinh (sợi thẳng liên tục xếp thành từng lớp theo chiều dày vật liệu). Nhóm sợi thủy tinh được cắt ngắn và dàn thành tấm thấm hoặc trải ra bằng cách phun. Nhóm sợi thủy tinh ở dạng vải gai (tectolit).

Sợi thủy tinh dị hướng - CBAM - là một dạng chất dẻo sợi thủy tinh thuộc nhóm A được sản xuất bằng cách đặt và kéo căng các sợi thủy tinh song song với nhau đồng thời phun chất kết dính lên để tạo thành tấm sợi thủy tinh. CBAM có thể gồm một số lớp, tấm đặt vuông góc với nhau.

CBAM có kích thước rộng đến 50cm và dày 1 - 30mm. Tính chất cơ học của nó phụ thuộc vào dạng polyme, chiều dày sợi thủy tinh, tỷ lệ polyme và chất độn, sự phân bố của sợi và phương pháp phân bố các lớp kết cấu. Tính chất cơ lý của CBAM như sau: khối lượng thể tích từ 1,9 - 2,0 g/cm³; cường độ chịu kéo 450 MPa, chịu nén 400 MPa, chịu uốn 700 MPa; độ dai va đập 500 kG.cm/cm²; độ cứng (theo phương pháp Brinen) 55.

Chất dẻo thủy tinh nhóm A được sử dụng cho bộ phận chịu lực của trần 3 lớp, các kết cấu bao che, cũng như làm cốt cho bê tông. Các tấm chất dẻo thủy tinh trên cơ sở sợi thủy tinh thấm epoxy có thể thay thế cho các cốt thép cường độ cao của bê tông.

Chất dẻo thủy tinh trên cơ sở sợi thủy tinh ngắn (nhóm B) được sản xuất bằng cách phun hoặc ép tấm thủy tinh.

Theo phương pháp phun, sợi thủy tinh cắt ngắn với chiều dài 25 - 50mm được trộn với polyme, phun lên mặt khuôn thành lớp mỏng. Khi dùng polyme đông rắn nguội thì sản phẩm được tạo hình ở nhiệt độ bình thường, còn khi dùng polyme rắn nóng thì phải tạo hình ở nhiệt độ đông rắn của polyme.

Việc sản xuất chất dẻo thủy tinh bằng cách ép lớp thủy tinh tiến hành như sau: Nguyên liệu (khối thủy tinh hình cầu) được đổ vào lò nấu. Khi chảy lỏng được lấy ra theo khuôn kéo, rồi nhờ luồng khí nóng phun tung tóe thành những sợi mảnh. Trong khi

các sợi còn lơ lửng tự do thì được tẩm ngay trong màn sương mù pôlyme, sau đó được lắng dần trên băng chuyển chuyển động liên tục, tạo thành một tấm dày 0,5 - 2mm.

Chất dẻo thủy tinh nhóm B dùng để chế tạo các bộ phận bao che và tường ngăn cho ánh sáng đi qua, các cửa trên tường để lấy ánh sáng và giữ nhiệt, cửa mái lấy ánh sáng, cũng như để cấu tạo lớp ngoài panen cho các công trình để bị xâm thực hóa học.

Tectôlít (nhóm C) được sản xuất từ vải thủy tinh với các kiểu dệt khác nhau. Dệt vải thủy tinh đã được tẩm pôlyme sấy khô, cắt thành tấm rồi xếp thành từng chồng. Mỗi chồng được đặt vào 2 tấm kim loại rồi cho vào máy ép nóng.

Tectôlít có các khác nhau tùy thuộc vào chiều dày của sợi, kiểu vải, hàm lượng và loại chất kết dính. Kích thước thường gặp của nó: $(1400-2400) \times (650-1000) \times (0,5-8)$ mm.

Các chỉ tiêu cơ lý của tectôlít: khối lượng thể tích $1,8 \text{ g/cm}^3$; độ hút nước 1,5 - 3%; độ dai và đập 600 kG.cm/cm^2 .

Tectôlít độ bền nhiệt cao, độ hút nước không đáng kể (một số có độ bền nước tuyệt đối), độ bền hóa học cao. Nó có thể trong suốt (cho 85% ánh sáng đi qua), nửa trong suốt (cho 60% ánh sáng đi qua) và không trong suốt; có màu hoặc không có màu. Chất dẻo thủy tinh có thể dùng chế tạo lớp ngoài và các chi tiết của panen tường 3 lớp, các công trình đòi hỏi kỹ thuật và độ bền cao.

4.3.2. Pôlyme sợi cacbon

Vật liệu pôlyme sợi cacbon được nghiên cứu từ năm 1989 và đã thành công vào những năm 1995 - 1996.

Vật liệu pôlyme sợi cacbon được chế tạo trên cơ sở keo epoxy và sợi cacbon - vật liệu dạng tấm có cường độ cao và có môđun đàn hồi tương đương với bê tông, được dùng để dán lên bê tông thay thế phần cốt thép đã bị gỉ và thay thế vật liệu thép trong một số kết cấu đặc biệt.

Tấm pôlyme sợi cacbon có ký hiệu: SS12, S1012, S1212 (Thủy sĩ) chiều rộng tấm: 5, 6, 8, 10, 12 cm; dày 1,2 - 1,4 mm; hoặc M614, M1214 có chiều rộng 6, 9, 12cm; dày 1,4mm hoặc H 514.

Điểm đặc biệt của loại tấm pôlyme sợi cacbon là đã có môđun đàn hồi: 155.000(loại S) đến 300.000 N/mm^2 (loại H).

Đặc tính kỹ thuật của vật liệu cacbon là: màu đen, có thành phần cacbon $> 68\%$; $\rho_a = 1,6 \text{ g/cm}^3$; nhiệt độ khai thác $> 150^\circ\text{C}$; môđun đàn hồi: 155.000 - 300.000 N/mm^2 ; cường độ: 1400 đến 2400 N/mm^2 .

Tấm sợi cacbon là vật liệu mới còn rất có triển vọng khi dùng để sửa chữa các công trình bê tông đặc biệt trong các môi trường đặc biệt. ở châu Âu năm 1998-1999 đã bắt đầu chế tạo các cầu có nhịp 10-12 m hoàn toàn bằng tấm pôlyme sợi cacbon.

4.4. Bê tông và vữa polyme

Vữa và bê tông polyme là loại vữa hoặc bê tông dùng một phần hoặc toàn bộ chất kết dính là polyme.

Các loại chất kết dính thường dùng là polyme xi măng hoặc các loại polyme như sau

4.4.1. Vữa xi măng polyme cải tiến

Thành phần chủ yếu của loại vữa này là xi măng, polyme, chất độn vô cơ hạt mịn dạng bột và khi thi công được trộn với lượng nước khoảng 3,5 lít/1 bao 25kg. Mức độ hao tổn vật liệu từ 3 - 6 kg/m² cho hai lớp bảo vệ.

Ký hiệu của các loại vữa này là Sikatop 107, 110, 122, 610, R, 620. Vữa xi măng - cát trên cơ sở polyme axetat fomandehyt AXP - 3M hoặc PA - ICA hoặc PA hoặc Phemal của Nga và Đức cũng có kết quả tương tự.

Các loại vữa polyme xi măng trên dùng cho việc chống thấm, chống ăn mòn của nước, làm lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn và cacbua hóa cho kết cấu bê tông cốt thép.

4.4.2. Vữa sửa chữa và kết nối epoxy

Chất kết dính của các loại vữa xây thường là Epoxy Thixotropic hai thành phần hoặc ba thành phần và thành phần dung môi, chất kết dính và chất độn. Chất độn thường là silic siêu mịn hoặc xi măng. Tỷ lệ chất độn có thể là 1/1 hoặc 2/1 so với lượng chất kết dính. Tác dụng chính của loại vữa này là để tạo lớp màng sửa chữa và bịt các vết nứt của bê tông, kết nối bê tông với bê tông hoặc bê tông với thép. Các loại vữa thông dụng sử dụng ở Việt Nam là: ED20, ED6 của Nga - Sikadur731N, 732RT, 741N của Thụy sĩ, hoặc các sản phẩm tương tự của Grace (Mỹ). Ngoài ra để bơm vào các vết nứt cho bê tông có thể dùng nhựa epoxy không có các chất độn như ED20 - ED6 và nhựa epoxy loại hai thành phần và độ sụt thấp (752RT).

Để bảo vệ bê tông và thép có các loại lớp phủ móng gốc bitum hoặc gốc epoxy hoặc hắc ín, các loại lớp phủ này rất hiệu quả đối với các công trình ngầm hoặc nằm trong nước. Các sản phẩm trên biển như: Inertol88, Isisit6630M - A2000 (Thụy Sĩ) hoặc Axim C100 (Mỹ), còn có tác động tốt, ức chế ăn mòn cốt thép khi sửa chữa kết cấu bê tông cốt thép.

4.4.3. Polyme xi măng

Thành phần polyme xi măng bê tông thông thường gồm 0,5 - 2% là polyme, vữa epoxy hoặc AXP - 3M, CAPA - 1 tan trong nước, hỗn hợp vữa xi măng chiếm 21,5 - 28%, chất làm rắn 4 - 10% và chất độn.

Loại bê tông này rắn chắc sau 45 - 50 phút (hơi nhanh hơn bê tông xi măng); độ sụt 4 - 14cm; cường độ khoảng 30 - 50 MPa nếu tỷ lệ N/X = 0,4 - 0,45 và từ 45 - 60 MPa nếu tỷ lệ N/X 0,35 - 0,3; lượng xi măng khoảng 350 - 420 kg/m³ bê tông.

Bê tông polyme - xi măng thường được dùng trong các công trình đặc biệt cần có độ chống thấm cao (B12 - B40) và chống ăn mòn tốt. Mô đun đàn hồi của loại bê tông này từ $(3,8 - 3,9) \times 10^5$ MPa.

Chương 12

VẬT LIỆU SƠN

1. KHÁI NIỆM CHUNG

Vật liệu sơn là vật liệu dạng lỏng có thành phần chính là dung môi, dầu sơn và các chất tạo màu. Sơn là vật liệu chính để bảo vệ chống gỉ cho kim loại, chống ẩm và phòng mục cho gỗ, bảo vệ các thiết bị chống tác dụng phá hoại của hóa chất và môi trường, đảm bảo điều kiện khai thác và tuổi thọ cho các phương tiện công trình xây dựng, giao thông vận tải.

Ở Việt Nam có nhiều nguyên liệu làm sơn như sơn ta, dầu thực vật v.v..., và đã chế tạo được nhiều loại sơn có giá trị. Các loại sơn ngoại nhập cũng rất phong phú và đa dạng.

Sơn là vật liệu sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực xây dựng (sơn thép, gỗ, bàn ghế, nhà cửa và các đồ dùng trong sinh hoạt), giao thông vận tải (sơn cầu, vạch dẫn đường, các phương tiện giao thông), cơ khí (sơn máy móc, thiết bị), công nghiệp nhẹ (sơn vải, hàng hóa), trong công nghiệp điện (sơn cách điện và bảo vệ cho máy móc thiết bị điện).

Để đảm bảo tuổi thọ và chất lượng trang trí, sơn cần phải thỏa mãn các yêu cầu chính sau: mau khô (không muộn hơn 24 giờ sau khi sơn), tính co giãn tốt, có độ bền cơ học cao, chịu được va chạm, bền thời tiết, bền đối với tác động của tia tử ngoại, tính dính bám cao vào vật liệu được sơn, có mặt nhẵn bóng, màu sắc phù hợp, v.v... Ngoài ra, sơn đặc biệt phải có độ cách điện, cách âm, bền nhiệt và bền hóa học, đảm bảo điều kiện vệ sinh.

Sơn được phân ra: sơn, vecni và các vật liệu phụ. Sơn dùng để tạo ra lớp màu không trong suốt có tác dụng bảo vệ. Còn vecni thì trong suốt và phủ trang trí lần cuối cùng lên bề mặt sơn. Vật liệu phụ (mattit bồi mặt, sơn lót, mattit gấn) để chuẩn bị bề mặt sơn. Tùy theo thành phần sơn có các loại sơn sau: sơn dầu, sơn tổng hợp, sơn silicat, sơn pôlyme.

2. THÀNH PHẦN CỦA SƠN

Thành phần của sơn gồm có chất kết dính (chất tạo màng), chất tạo màu, chất độn và dung môi.

2.1. Chất kết dính

Chất kết dính là thành phần chính của sơn, quyết định độ quán tính, cường độ, độ cứng và tuổi thọ của sơn. Tùy thuộc vào yêu cầu về độ dính bám với vật sơn, chọn chất kết dính là: polyme (trong sơn polyme, sơn men), cao su (trong sơn cao su), xenlulo dẫn suất (trong sơn nitro), dầu thực vật (trong sơn dầu), keo động vật và keo casein (trong sơn dính), chất kết dính vô cơ (trong sơn vôi, sơn xi măng, sơn silicat).

Việc sử dụng polyme tổng hợp trong sơn, vecni và dung môi hóa học trong hỗn hợp với dầu thực vật hoặc xi măng cho phép giảm đáng kể lượng dầu sơn và có thể sản xuất loại sơn có tuổi thọ và hiệu quả kinh tế cao.

Nguyên liệu chủ yếu của công nghiệp sơn là nhựa thiên nhiên và dầu thực vật. Dầu sơn là chất kết dính được sản xuất từ dầu khô. Sau khi rắn chắc trong những lớp mỏng nó có khả năng hình thành một màng có tính dẻo. Dầu sơn có 3 loại: dầu nguyên thể, dầu bán nguyên thể và dầu nhân tạo (tổng hợp). Dầu nguyên thể còn có 2 dạng: dầu oxy hóa và dầu trùng hợp. Dầu oxy hóa được chế tạo từ dầu lanh, dầu gai.

Dầu bán nguyên thể được chế tạo từ dầu trùng hợp, dầu oxy hóa trộn với loại dầu đặc biệt khác.

Dầu tổng hợp không chứa dầu thực vật hoặc có nhưng hàm lượng không vượt quá 35%.

Trong số những loại dầu nhân tạo thì dầu gliptan, dầu đá phiến thạch, dầu xinton, etinon, dầu cumaron - inden được sử dụng rộng rãi hơn cả.

Keo là loại chất kết dính của loại sơn dính tan trong nước dùng cho sơn lót và mattit gán, và cũng có thể làm chất ổn định khi chế tạo sơn và nhũ tương. Có nhiều loại keo như keo động vật, keo thực vật, keo nhân tạo và keo tổng hợp. Keo động vật có những loại: keo da, keo xương và keo casein. Keo thực vật có 2 loại: dextrin và bụi xay xát. Keo nhân tạo là dung dịch keo trong nước, nó thường ở dạng hỗn hợp cacboxyl - metyl - xenlulo và metyl - xenlulo. Keo polyme là loại nhựa tổng hợp có khả năng dính bám cao. Để chế tạo keo polyme người ta dùng nhựa polivinylacetat.

2.2. Chất tạo màu và chất độn

Chất tạo màu và chất độn là những chất vô cơ hoặc hữu cơ nghiền mịn, không tan hoặc ít tan trong nước và cả trong dung môi hữu cơ, dùng để cải thiện tính chất và tăng tuổi thọ của sơn.

Mỗi chất tạo màu có một màu sắc riêng và tính chất nhất định. Khả năng che phủ, khả năng tạo màu, độ mịn, độ bền ánh sáng, tính chịu lửa, độ bền hóa học, độ ổn định thời tiết là những đặc tính của chất tạo màu.

Bột màu có loại thiên nhiên, loại nhân tạo, vô cơ và hữu cơ.

Bột khoáng màu thiên nhiên được chế tạo bằng cách nghiền mịn các loại vật liệu thiên nhiên. Trong nhóm này gồm có: đá phấn trắng, đất son khô màu vàng, minium sắt

($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) màu nâu hồng có độ bền ánh sáng và chống ăn mòn cao, mơnĩ thiên nhiên khô (bauxit loại màu ánh sáng hoặc loại tối) có màu hồng, than chì xám, glaucosit xanh và peoxit mangan.

Bột khoáng màu nhân tạo nhận được bằng cách gia công hóa học các nguyên liệu khoáng. Trong nhóm này gồm có:

Bột oxyt titan (TiO_2) màu trắng, chế tạo từ quặng titan, dùng trong sơn dính.

Bột kẽm trắng, chế tạo bằng cách làm thăng hoa kẽm cùng với việc oxy hoá các loại khoáng chất chứa kẽm. Nó có khả năng che phủ và bền ánh sáng cao, không độc, dùng trong sơn dầu, sơn men và các loại sơn khác.

Bột chì trắng ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$), có độ che phủ tốt, bền ánh sáng, bền kiềm, ở dạng bột thì độc, dùng cho sơn kim loại.

Litopon trắng là hỗn hợp của sunfua kẽm và sunfat bari, kém bền thời tiết, dùng chủ yếu để sơn phủ các bộ phận bên trong nhà.

Bột kẽm khô màu vàng sáng là hợp chất kép của oxyt crom và oxyt kẽm với cromat axit kali hoặc natri, có chứa một lượng muối sunfat hoặc clorua kẽm; dùng cho sơn dầu, và sơn lót kim loại.

Ôxyt crom (Cr_2O_3) màu xanh, bền với tác dụng của axit, kiềm, ánh sáng và nhiệt độ, dùng trong nhiều loại sơn.

Muối khí đốt là sản phẩm đốt khí axetylen, rất nhẹ, có khả năng che phủ và nhuộm màu cao, ổn định với tác dụng của axit và kiềm, dùng trong tất cả các loại sơn.

Bột màu ở dạng bột kim loại tinh khiết (bột nhôm, bột đồng thau), loại bột này đặc xong cho loại sơn rất đẹp.

Chất tạo màu hữu cơ là những chất tổng hợp có nguồn gốc hữu cơ, màu tinh khiết, có khả năng tạo màu cao, không tan hoặc ít tan trong nước và các dung môi hữu cơ khác.

Bột màu hữu cơ có tính ổn định kiềm, ổn định ánh sáng thấp.

Chất độn vô cơ không tan trong nước, màu trắng, pha vào sơn nhằm tiết kiệm chất tạo màu và làm cho sơn có cơ tính tốt hơn. Chất độn thường dùng là bột than, cát nghiền nhỏ, thạch cao, v.v...

2.3. Dung môi

Dầu thông, dầu than đá, spirit trắng, etxăng thường được sử dụng làm dung môi cho sơn dính dạng nhũ tương.

2.4. Chất làm khô

Chất làm khô làm tăng quá trình khô và cứng (đóng rắn) cho sơn hoặc vecni. Chất làm khô thường được sử dụng 5-8% trong sơn và 10% trong vecni. Trong sơn xây dựng hay dùng dung dịch muối chì - mangan của axit naftalen làm chất làm khô.

2.5. Chất pha loãng

Chất pha loãng dùng để pha loãng sơn đặc hoặc sơn vô cơ khô. Khác với dung môi, chất pha loãng luôn chứa một lượng cần thiết chất tạo màng để tạo cho sơn có chất lượng cao.

3. CÁC LOẠI SƠN

Sơn được chia ra các loại: sơn dầu, sơn men, sơn pha nước, sơn pha nhựa bay hơi.

3.1. Sơn dầu

Sơn dầu là hỗn hợp của chất tạo màu, chất độn được nghiền mịn trong máy nghiền cùng với dầu thực vật. Sơn dầu được sản xuất ở 2 dạng: sơn đặc chứa 12 - 25%, còn sơn loãng chứa 30 - 35% dầu (so với khối lượng chất tạo màu).

Độ khô hoàn toàn của sơn dầu ở nhiệt độ 18 - 23°C không được lớn hơn 24 giờ.

Sơn dầu là loại sơn phổ biến dùng để sơn kim loại, gỗ và bê tông.

3.2. Sơn men

Sơn men là huyền phù chất tạo màu vô cơ hoặc hữu cơ với vecni tổng hợp hoặc vecni dầu. Sơn men chứa nhiều chất kết dính nên mặt sơn dễ bong.

Sơn men có độ bền ánh sáng và độ chống mài mòn tốt, mau khô, dùng để sơn kim loại, gỗ, bê tông, mặt vỉa ở phía trong và phía ngoài nhà. Sơn men ankit, epôxy và urê - fomandêhyt là những loại sơn phổ biến hiện nay.

Sơn ankit là huyền phù của chất tạo màu phân tán mịn trong vecni gliptan, pentaftalat và các loại vecni khác có pha thêm dung môi và chất làm khô. Trong nhóm sơn ankit gồm có nhiều loại sơn với tính ổn định nước, chống tác dụng của kiềm, độ bền và tuổi thọ khác nhau.

Sơn epoxy là loại huyền phù chất tạo màu trong dung dịch epoxy. Chúng có độ bền hóa học, bền nước cao, dùng để chống ăn mòn cho kim loại và gỗ. Huyền phù của chất tạo màu trong nhựa urê - fomandêhyt tạo ra sơn cacbamít, có độ bền nước cao dùng để sơn phủ ngoài trang thiết bị. Hiện nay thế giới hay sử dụng sơn hệ epoxy - urê than hoặc urê - than cải tiến.

3.3. Nhóm sơn pôlyme - xi măng, sơn silicat

Trong nhóm này gồm có sơn pôlyme - xi măng, sơn nhũ tương, các loại sơn và sơn men có nhựa bay hơi. Chúng là hỗn hợp của chất kết dính vô cơ, bột màu với các chất phụ gia được hòa vào trong nước đến độ đặc thi công. Loại sơn này bền kiềm và bền ánh sáng.

Theo dạng chất kết dính, sơn trên nền khoáng chất được chia ra: sơn vôi, sơn silicat, sơn xi măng.

Sơn vôi gồm có vôi, bột màu clorua natri, clorua canxi cũng như stiorat canxi hoặc muối canxi, axit, dầu lanh. Sơn vôi dùng để sơn tường gạch, bê tông và vữa cho mặt chính và mặt bên trong nhà.

Sơn silicat được chế tạo từ bột đá phấn nghiền mịn, bột tan, bột kẽm trắng và bột màu bền kiềm với dung dịch thủy tinh kali hoặc natri. Sơn được chế tạo tại công xưởng và chứa trong thùng kín. Sơn silicat, dùng cho mặt chính của nhà ở nơi có độ ẩm bình thường và độ ẩm cao, gồm có bột màu, chất độn và thủy tinh lỏng kali.

Sơn silicat rất kinh tế và có tuổi thọ cao hơn sơn peclovinyl, sơn vôi và sơn cazêin.

Để bảo vệ kim loại khỏi bị ăn mòn trong điều kiện ẩm ướt cũng như trong các dung dịch muối có nồng độ vừa phải và để bảo vệ các chi tiết "chờ" trong nhà panen cỡ lớn dùng loại sơn bảo vệ đặc biệt. Chúng là huyền phù của bột kẽm, bột màu trong chất đồng trùng hợp silicat - silicon.

Sơn xi măng là loại sơn có dung môi là nước. Sơn pôlyme - xi măng được chế tạo từ chất tạo màu bền kiềm, bền ánh sáng cùng với xi măng và nhựa tổng hợp.

Sơn pôlyme - xi măng có màu sắc khác nhau phục vụ cho công tác thi công vào những mùa khác nhau.

4. VECNI

Vecni dầu có nhựa là dung dịch trong dung môi hữu cơ nguyên thể - nhựa ankin hoặc nhựa tổng hợp đã được biến tính bằng dầu khô, được sử dụng quét mặt trong, mặt ngoài đồ gỗ, quét phủ lên sơn dầu màu sáng, pha sơn và men, tạo lớp phủ bền chống ăn mòn và chế tạo mattit, sơn lót.

Vecni tổng hợp không có dầu là dung dịch của nhựa trong dung môi hữu cơ. Trong xây dựng người ta sử dụng rộng rãi loại vecni trên cơ sở urê - focmandêhyt để quét sàn gỗ, gỗ dán, cũng như sàn từ tấm dăm bào ép. Các loại vecni peclovinyl, indenclorit được dùng để quét trắng ngoài sản phẩm sơn dầu nhằm tăng cường tính chống ăn mòn cho sơn.

Vecni bitum và vecni nhựa atphan là dung dịch bitum, nhựa atphan và dầu thực vật trong dung môi hữu cơ (etxăng hoặc benzen). Vecni bitum có màu đen hoặc nâu, ổn định với tác dụng xâm thực của axit và kiềm. Vecni bitum và nhựa atphan dùng để tạo lớp màng chống ăn mòn, ngăn nước, ngăn hơi, sơn phủ lò nung, sơn bếp hơi v.v...

Vecni alcon và vecni bóng là dung dịch nhựa thiên nhiên hay nhân tạo trong rượu, có màu sắc khác nhau (vàng, xanh lá cây, xanh da trời, nâu v.v...) và được dùng để đánh bóng mặt gỗ, che phủ kín và kim loại.

Vecni nitroxenlulo và estexenlulo là dung dịch nhựa estexenlulo trong dung môi hữu cơ. Để nâng cao chất lượng của vecni gần đây người ta cho thêm các chất tăng dẻo -

nhựa nguyên thể, nhựa nhân tạo hoặc nhựa tổng hợp. Vecni nitroxenlulo có màu vàng hoặc màu nâu và dùng để quét các sản phẩm gỗ. Vecni estexenlulo không màu dùng để quét các sản phẩm gỗ có màu hoặc không màu.

5. VẬT LIỆU PHỤ

Trong thi công sơn người ta thường dùng những loại vật liệu phụ sau: mattit bôi mặt, mattit gắn, sơn lót.

Mattit bôi mặt là loại vật liệu hoàn thiện dùng để san phẳng mặt sơn. Tùy thuộc vào loại sơn sử dụng mà người ta dùng những loại mattit sunfuric và phèn, keo và polyvinyl axetat.

Mattit gắn là loại bột nhão dùng để gắn kính của sổ, liên kết rãnh soi, gắn những tấm thép mái. Để lắp kính của sổ thường dùng mattit đá phấn, mattit minium chì, mattit trắng và mattit naftalen chế tạo từ dầu trùng hợp nguyên thể, bột đá phấn, minium chì hoặc bột chì trắng.

Mattit gắn có tính ổn định nước và độ dẻo cao.

Sơn lót là loại sơn được chế tạo từ chất tạo màu, chất độn và chất kết dính. Sơn lót có hai dạng: sơn lót dưới lớp sơn nước và sơn lót dưới lớp sơn dầu và sơn tổng hợp.

Trong công tác hoàn thiện, sơn lót được sử dụng để giảm độ rỗng của mặt sơn, để giảm bớt lượng sơn đắt tiền và làm tốt hơn về bề ngoài của lớp sơn, để tăng cường khả năng bảo vệ của kim loại khỏi bị ăn mòn, để sơn sơ bộ kết cấu gỗ và các kết cấu khác, cũng như để tăng cường sức dính bám của lớp sơn màu với nền sơn.

6. SƠN BẢO VỆ KẾT CẤU THÉP

6.1. Yêu cầu kỹ thuật

Các loại sơn bảo vệ cầu thép, kết cấu xây dựng bằng thép trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ngoài trời, chống được sự ăn mòn vật liệu do tác động thường xuyên theo thời gian của môi trường có độ xâm thực yếu (kí hiệu là "la") và trung bình (kí hiệu là "ma"). Theo tiêu chuẩn Việt Nam thường dùng là các bộ sơn chống khô, khả năng chống ăn mòn cao, sử dụng vật liệu trong nước.

Trường hợp cầu thép hoặc bộ phận kết cấu thép được đặt trong môi trường có độ xâm thực mạnh (kí hiệu là "ha"), cần có yêu cầu kỹ thuật riêng để bảo vệ, lựa chọn kĩ các loại sơn đặc biệt chủ yếu dùng sơn nhập ngoại trên cơ sở epoxy - kẽm - urêthane có kết hợp với các biện pháp điện hóa.

Sơn bảo vệ cầu và kết cấu thép được sản xuất thành bộ. Mỗi bộ gồm từ hai đến ba loại sơn:

- Sơn lót (lớp trong cùng)
- Sơn phủ (lớp ngăn cách)
- Sơn phủ ngoài cùng, tùy thuộc yêu cầu kỹ thuật và mức độ bảo vệ dầm cầu thép.

Bộ sơn bảo vệ cầu và kết cấu thép phải đạt yêu cầu kỹ thuật sau:

- Màng sơn phải đạt tính cách ly cao.
- Loại sơn lót phải có độ dính bám cao trên mặt thép, có tính thụ động cao chống ăn mòn.
- Loại sơn phủ phải bền màu, có độ dính bám cao với lớp lót, chịu được thời tiết nóng ẩm, chịu bức xạ mặt trời.

Các lớp của bộ sơn phải tạo thành một màng phủ có đủ chiều dày bám dính chặt với nhau và bao bọc kín bề mặt thép; ngoài ra còn chịu được axit, khí SO₂ và một số hóa chất khác.

Các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu ghi trong bảng 12.1.

Bảng 12.1

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Mức chỉ tiêu	
			Sơn lót	Sơn phủ
1	Độ nhớt quy ước (ở nhiệt độ 25°C)	giây	30 - 40	30 - 40
2	Hàm lượng chất rắn	%	50 - 55	50 - 55
3	Độ mịn	µm	≤ 35	≤ 35
4	Thời gian khô (ở nhiệt độ 25°C)			
	Khô không bắt bụi	giờ	≤ 6	≤ 6
	Khô thực tế	giờ	≤ 24	≤ 24
5	Độ cứng màng sơn		≥ 0.36	≥ 0.36
6	Độ bền uốn của màng	mm	1	1
7	Độ dính bám của màng	điểm	1	1
8	Độ bền va đập	kG.cm	-	50
9	Độ chịu mặn, axit, dầu		> 4	không biến đổi
10	Tuổi thọ	năm	-	> 4
11	Chiều dày lớp sơn	µm	50	50
12	Độ hao tổn	m ² /lít	5 - 11	5 - 11

6.2. Nguyên liệu làm sơn

Chất kết dính hữu cơ là chất tạo màng chủ yếu. Đối với sơn lót, chất tạo màng chủ yếu được sản xuất từ nhựa cao su clo hóa, nhựa phenol biến tính dầu, nhựa poliurêtan, hoặc nhựa epoxy. Đối với sơn phủ, chất tạo màng chủ yếu được sản xuất từ nhựa cao su clo hóa, nhựa vinyl, nhựa poliurêtan, nhựa polyacrylat, hoặc nhựa epoxy.

Chất độn chủ yếu là bột kẽm, hoặc bột nhôm.

Ở Pháp thường dùng các loại sơn theo hệ thống.

Epoxy polyurêthane và các loại sơn ZN302 có chỉ tiêu sau: chiều dày màng sơn 50 - 40 μ m. Độ đặc 56%. Lượng hao tổn 11,2m²/lít. Hoặc EV771, PU 235, PU 239.

Hệ thống epoxy polyurêthane cải tiến.

Đó là các sơn EP 235, PU 239. Các loại sơn này có màng dày 40 μ m, độ đặc 59%, lượng hao tổn 14,7m²/lít.

Các loại sơn trên ở nhiệt độ 20°C bắt đầu khô sau 2 giờ và khô hẳn sau 12 - 16 giờ, có hàm lượng epoxy N°2 khoảng dưới 10%.

Theo AASHTO 69 - 70 sơn dùng cho kết cấu thép - đó là sơn nhôm.

Thành phần chính là bột nhôm và vecni (75% dầu thông), độ đặc > 50%, chất dầu ít nhất: 65%, độ lọt sàng 0,045mm là 99 - 100%, thời gian bắt đầu khô từ 2 đến 6 giờ, thời gian khô hẳn: 16 - 24 giờ, độ dai va chạm: 100, thời gian lưu giữ 6 tháng.

7. PHƯƠNG PHÁP THỬ

Phương pháp lấy mẫu sơn, bao gói, ghi nhãn, vận chuyển và bảo quản, theo TCVN 2090 - 1993.

Xác định màu sắc của sơn theo	TCVN 2102 - 1992 (ISO 3668: 1978).
Xác định độ nhớt quy ước theo	TCVN 2092 - 1993
Xác định độ mịn theo	TCVN 2091 - 1993
Xác định thời gian khô theo	TCVN 2096 - 1993
Xác định độ cứng của màng sơn theo	TCVN 2098 - 1993
Xác định độ bền uốn của màng theo	TCVN 2099 - 1993
Xác định độ dính bám của màng theo	TCVN 2097 - 1993
Xác định độ bền va đập của màng theo	TCVN 2110 - 1993

8. THI CÔNG SƠN

Quá trình thi công sơn được tiến hành theo các bước sau:

a) Chuẩn bị bề mặt vật liệu: làm sạch dầu, mỡ, gỉ và làm khô bề mặt. Với kết cấu thép cũ phải đánh gỉ, với kết cấu thép mới có thể làm sạch bằng phun cát với áp lực để làm sạch.

b) Lớp sơn 1: thông thường là lớp sơn lót chống gỉ.

c) Lớp sơn 2 (lớp sơn phủ): lớp sơn này bằng các loại sơn có độ đặc cao hoặc bằng mattit sơn để tạo mặt bằng cho kết cấu.

d) Lớp sơn 3: lớp sơn tạo màu cho kết cấu.

e) Lớp sơn 4: lớp làm bề mặt kết cấu bóng, đẹp và là lớp có chất lượng cao, có thể sơn bằng sơn vecni pôlyme.

Nguyên tắc sơn: Các lớp sơn sau chỉ được thi công sau khi lớp sơn trước đã khô hẳn.

Phụ lục

BẢNG CHUYỂN ĐỔI CÁC ĐƠN VỊ LIÊN QUAN

Chuyển từ hệ inch- pound	Sang hệ SI (hệ mét)	Hệ số chuyển đổi
inch(in .)	mm	25,4
inch(in .)	m	0,0254
foot (ft)	m	0,3048
square inch(sq.in.)	mm ²	645,2
square inch(sq.in.)	m ²	0,0006452
square foot (sq.ft.)	m ²	0,0929
kip	N	4448,0
kip	kgf	453,6
pound (lb)	N	4,448
pound(lb)	kgf	0,4536
kip/ square inch(ksi)	MPa	6,895
pound/ square foot (psf)	kPa	0,04788
pound/ square inch(psi)	kPa	6,895
pound	kg	0,4536
ton(200lb)	kg	907,2
tonne(t)	kg	1.000
kip/ linear foot(klf)	kg/m	1488
pound/ linear foot(plf)	kg/m	1,488
pound/ linear foot(plf)	N/m	14,593
inch - pound (in.-lb)	N.m	0,1130
foot-pound(ft.-lb)	N.m	1,356
foot – kip (ft.- k)	N.m	1356
degree(deg F)	Celsius (C)	$t_c = (t_F - 32)/1,8$
Section modulus(in. ³)	mm ³	16.387
Moment of inertia(in. ⁴)	mm ⁴	416.231
Modulus of elasticity (psi)	MPa	0,006895

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phùng Văn Lự, Phạm Duy Hữu, Phan Khắc Trí. *Vật liệu xây dựng*. NXB Giáo dục. 1977.
2. Phạm Duy Hữu, Ngô Xuân Quảng. *Vật liệu xây dựng*. NXB GTVT 2001
3. Phạm Duy Hữu, V.I. XALOMATOB. *Biện pháp tăng cường tuổi thọ và độ tin cậy BTCT bằng con đường sử dụng vật liệu Polyme (tiếng Nga)*. MIIT Maxcova. 1989.
4. Phạm Duy Hữu. *Lựa chọn phương pháp thiết kế cấu trúc hợp lý bê tông asphalt (B95-17-60)*. Hà Nội. 1995
5. Phạm Duy Hữu. *Vật liệu xây dựng mới*. NXB Giao thông. 2002
6. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam. 1999
7. *Tiêu chuẩn ACI (Mỹ), DOE (Anh), ACI 211, ACI 363. R . 88*
8. V.I. XALOMATOB. *Công nghệ mạnh bê tông (tiếng Nga)*. Maxcova. 1989.
9. A.M. NEVILL. *Properties of concrete*. London. 1991.
10. Asphalt institute. *Mix design methods for asphalt concrete*. 1994
11. A.G. LAQUERBE. LEBETON. Rennes. 1994
12. Viện asphalt Mỹ. *Tính toán bề dày mặt đường asphalt*. 1991
13. F.de Larrard. R. Le Roy. *Materiau beton et armatures*. Paris. 1993
14. WORLD OF 1997- CONCRETE. ASIA
15. The SHELL BITUM. London. 1991
16. MALIER-LES BETONS A HAUTES PERFORMANCES.
17. Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées Paris. 75007. 2001
18. Quy phạm BS8110-77 Anh Quốc. *Bê tông và bê tông cốt thép*
19. M.S. SHETY. *Concrete Technology*. 2003. London
20. K. Ozanma, M. Cuchi-Tokyo, Japan 2002. *Self Compacting concrete*.
21. Muller. *Materials and Technology for the production of high performance concrete*. Czech 11-1999.
22. ARTHUR H. NILSON. *Design of Prestressed concrete*. New York, Sanfrancisco. 1999.
23. Kenneth N. Derucher. *Materials For Civil and Highway Engineers*. Caliphonia. 07458.
24. J. BARON. *Le beton hydraulique*. Paris. 1988

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời mở đầu	3
Chương 1. Những tính chất của vật liệu xây dựng	
1. Khái niệm	5
2. Tính chất vật lý của vật liệu xây dựng	6
3. Những tính chất vật lý có liên quan đến nước	10
4. Những tính chất vật lý có liên quan đến nhiệt	16
5. Các tính chất cơ học	19
Chương 2. Vật liệu đất, đá xây dựng	
1. Khái niệm	30
2. Đá thiên nhiên	33
3. Vật liệu đá thiên nhiên	41
4. Thành phần và tính chất của đất	45
Chương 3. Cốt liệu xây dựng	
1. Mở đầu	53
2. Phân loại và phương pháp sản xuất cốt liệu	53
3. Lý thuyết về cấp phối và thành phần hạt của cốt liệu	55
4. Cốt liệu nhân tạo	56
5. Cốt liệu làm vật liệu đệm	57
6. Nguyên lý về cốt liệu để chế tạo bê tông xi măng pooclang	58
7. Nguyên lý về cốt liệu chế tạo bê tông atphan	61
8. Sử dụng cốt liệu địa phương	63
9. Các tiêu chuẩn ASTM đối với cốt liệu	64
10. Keramzit	66
Chương 4. Xi măng và chất kết dính vô cơ	
1. Khái niệm chung	68
2. Vôi canxi	69
3. Thạch cao	72
4. Thủy tinh lỏng	73
5. Chất kết dính hỗn hợp	74
6. Vôi thủy và xi măng La Mã	75
7. Xi măng pooclang (xi măng silicat)	75
8. Xi măng đặc biệt	91

Chương 5. Bê tông xi măng

1. Khái niệm chung về bê tông	97
2. Cấu trúc của bê tông xi măng	99
3. Tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông	101
4. Vật liệu chế tạo bê tông nặng	126
5. Thiết kế thành phần bê tông nặng	133
6. Công nghệ bê tông xi măng	145
7. Các loại bê tông poocăng đặc biệt	148
8. Bê tông nhẹ	152

Chương 6. Vữa xây dựng

1. Khái niệm chung	155
2. Nguyên liệu chế tạo vữa	155
3. Tính chất của hỗn hợp vữa và vữa	156
4. Lựa chọn thành phần của vữa	159

Chương 7. Vật liệu kim loại

1. Phân loại	162
2. Cấu trúc tinh thể kim loại	163
3. Cấu tạo của hợp kim và biểu đồ trạng thái	165
4. Các tính chất cơ học của vật liệu kim loại	169
5. Các loại thép xây dựng	172
6. Cốt thép cho kết cấu bê tông cốt thép và bê tông cốt thép dự ứng lực	176
7. Độ lâu bền của thép và cốt thép	184
8. Gang	189
9. Hợp kim nhôm	190

Chương 8. Vật liệu gỗ

1. Khái niệm	191
2. Cấu tạo gỗ	191
3. Tính chất của gỗ	193
4. Khuyết tật của gỗ	199
5. Các biện pháp bảo quản gỗ	200
6. Vật liệu, sản phẩm và kết cấu gỗ	203

Chương 9. Bitum xây dựng đường ô tô và sân bay

1. Khái niệm và phân loại chất kết dính hữu cơ	205
2. Bitum xây dựng đường	207
3. Các tính chất của bitum quánh dùng xây dựng đường	211

4. Bitum lỏng làm đường	219
5. Các loại bitum cải tiến làm đường ô tô và sân bay	221
6. Nhũ tương xây dựng đường	230
7. Các ứng dụng khác của hỗn hợp vật liệu bitum	235
Chương 10. Bê tông atphan	
1. Khái niệm và phân loại bê tông atphan	237
2. Cấu trúc của bê tông atphan	238
3. Các tính chất của bê tông atphan	239
4. Vật liệu chế tạo bê tông atphan	249
5. Thiết kế thành phần bê tông atphan	252
6. Công nghệ chế tạo bê tông atphan	264
Chương 11. Vật liệu chất dẻo xây dựng	
1. Khái niệm và phân loại vật liệu chất dẻo xây dựng	267
2. Thành phần cơ bản của vật liệu chất dẻo	268
3. Các tính chất của chất dẻo	271
4. Vật liệu xây dựng chất dẻo	271
Chương 12. Vật liệu sơn	
1. Khái niệm chung	275
2. Thành phần của sơn	275
3. Các loại sơn	278
4. Vecni	279
5. Vật liệu phụ	280
6. Sơn bảo vệ kết cấu thép	280
7. Phương pháp thử	282
8. Thi công sơn	282
Phụ lục. Bảng chuyển đổi các đơn vị liên quan	283
Tài liệu tham khảo	284

VẬT LIỆU XÂY DỰNG ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY

Chịu trách nhiệm xuất bản:
BÙI HỮU HẠNH

<i>Biên tập:</i>	NGUYỄN MINH KHÔI ĐÀO NGỌC DUY
<i>Chế bản điện tử:</i>	VŨ HỒNG THANH
<i>Sửa bản in:</i>	NGUYỄN MINH KHÔI ĐÀO NGỌC DUY
<i>Trình bày bìa:</i>	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 1000 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 810/XB-QLXB-19 ngày 15/6/2004. In xong nộp lưu chiểu tháng 12/2004.

6X-
XD-

VLXD ĐƯỜNG Ô TÔ VÀ SÂN BAY
2
011200 001481
SỐ V2
24/04/05
45,000

Gia : 45.000^d