

PHUNG VĂN LỰ-PHẠM DUY HỮU-PHAN KHẮC TRÍ



# VẬT LIỆU XÂY DỰNG

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC



GS. TSKH. PHÙNG VĂN LỰ (chủ biên)  
PGS.TS. PHẠM DUY HỮU - TS. PHAN KHẮC TRÍ

# VẬT LIỆU XÂY DỰNG

*Viết theo chương trình đã được  
Hội đồng môn học ngành Xây dựng thông qua*

*(Tái bản lần thứ mười một)*



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC



## LỜI NÓI ĐẦU

Vật liệu xây dựng chiếm một vị trí đặc biệt quan trọng trong các công trình xây dựng. Chất lượng của vật liệu có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và tuổi thọ công trình. Thông thường, chi phí về vật liệu xây dựng chiếm một tỉ lệ cao trong tổng giá thành công trình, 74 - 75% : đối với các công trình dân dụng, 70% : đối với các công trình giao thông, 50% : đối với các công trình thủy lợi. Muốn sử dụng vật liệu xây dựng đạt hiệu quả kinh tế và kĩ thuật cao cần hiểu biết về vật liệu xây dựng.

Giáo trình **VẬT LIỆU XÂY DỰNG** này, được biên soạn theo đề cương của chương trình cải cách do Hội đồng môn học ngành xây dựng thông qua, sẽ giới thiệu những vấn đề chung nhất, phân tích những cơ sở lí thuyết của mối tương quan giữa thành phần, cấu trúc và tính chất với các giải pháp công nghệ thích hợp để đạt được những chỉ tiêu tính chất yêu cầu của từng loại vật liệu xây dựng.

So với lần xuất bản đầu tiên (1993) và các lần tái bản sau đó, quán triệt phương châm "**CỐ BẢN - HIỆN ĐẠI - VIỆT NAM**", để phù hợp với những lí thuyết mới về vật liệu xây dựng và tiếp cận với nền khoa học và công nghệ tiên tiến của thế giới hiện nay, việc tái bản có sửa chữa bổ sung lần này được dựa vào một số tài liệu mới xuất bản trong thời gian gần đây và thực tiễn ở trong nước. Khác với lần xuất bản trước, bố cục cuốn sách được chia thành hai phần rõ rệt.

Phần một : Những cơ sở của vật liệu học xây dựng (gồm 2 chương).

Phần hai : Vật liệu và các sản phẩm xây dựng (gồm 14 chương).

Nội dung cuốn sách đã trình bày đầy đủ kiến thức về vật liệu xây dựng. Đây là giáo trình cho sinh viên các trường đại học khối công trình và các ngành có liên quan khác, đồng thời cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho các cán bộ kĩ thuật, kĩ sư xây dựng và những người quan tâm.

Tham gia biên soạn có : PGS. TSKH. Phùng Văn Lự (Lời nói đầu , chương 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, và 16), TS. Phan Khắc Trí (Chương 3), PGS. TS. Phạm Duy Hữu (Chương 6, 13 và 14).

Trong quá trình biên soạn lần đầu và lần tái bản này các tác giả đã được tập thể Bộ môn Vật liệu xây dựng trường Đại học xây dựng đóng góp nhiều ý kiến về đề cương chi tiết cũng như nội dung. Giáo trình cũng đã được các nhà chuyên môn đóng góp những ý kiến quý báu. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

Dẫu sao giáo trình xuất bản lần này chắc vẫn không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến phê bình của bạn đọc cho lần xuất bản sau được hoàn hảo hơn.

Hà Nội, ngày 12 - 2 - 2000

CÁC TÁC GIẢ

# Phần một

## NHỮNG CƠ SỞ CỦA VẬT LIỆU HỌC XÂY DỰNG

---

### Chương 1

## NHỮNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA VẬT LIỆU XÂY DỰNG

### 1.1. Khái niệm chung về tính chất của vật liệu xây dựng

#### 1.1.1. Phân loại tính chất của vật liệu xây dựng (VLXD)

Quá trình làm việc trong kết cấu công trình, vật liệu phải chịu sự tác động của tải trọng bên ngoài, của môi trường xung quanh. Tải trọng sẽ gây ra biến dạng và ứng suất trong vật liệu. Do đó, để kết cấu công trình làm việc an toàn thì trước tiên vật liệu phải có các tính chất cơ học yêu cầu (tính biến dạng, cường độ, độ cứng...). Ngoài ra, vật liệu còn phải có đủ độ bền vững chống lại các tác dụng vật lý và hóa học của môi trường như tác dụng của không khí, hơi nước, nước và các hợp chất tan trong nước, của sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng mặt trời, v.v... Trong một số trường hợp đối với vật liệu còn có những yêu cầu riêng về mặt nhiệt, âm, chống phóng xạ v.v... Như vậy, yêu cầu về tính chất của vật liệu rất đa dạng. Song để nghiên cứu và sử dụng vật liệu, có thể phân tính chất của nó thành những nhóm như : nhóm tính chất đặc trưng cho trạng thái và cấu trúc, nhóm tính chất vật lý, tính chất cơ học, tính chất hóa học và một số tính chất mang ý nghĩa tổng hợp khác như tính công tác, tuổi thọ v.v...

Các tham số đặc trưng cho trạng thái và cấu trúc của vật liệu là những tính chất đặc trưng cho quá trình công nghệ,

thành phần pha, thành phần khoáng hóa, thí dụ khối lượng riêng, khối lượng thể tích, độ rỗng, độ đặc, độ mịn, v.v...

Những tính chất vật lí xác định mối quan hệ của vật liệu với môi trường như tính chất có liên quan đến nước, đến nhiệt, điện, âm, tính lưu biến của vật liệu nhớt, dẻo...

Những tính chất cơ học xác định quan hệ của vật liệu với biến dạng và sự phá hủy nó dưới tác dụng của tải trọng, như cường độ, độ cứng, độ dẻo v. v...

Các tính chất hóa học có liên quan đến những biến đổi hóa học và độ bền vững của vật liệu đối với tác dụng ăn mòn hóa học.

Để tránh được ảnh hưởng của những yếu tố khách quan trong quá trình thí nghiệm, các tính chất của vật liệu phải được xác định theo những điều kiện và phương pháp chuẩn. Khi đó tính chất được xác định là những tính chất tiêu chuẩn. Việc xác định các tính chất tiêu chuẩn của VLXD như xi măng, cát, đá, bê tông, kim loại, gỗ... phải tuân theo những quy định của nhà nước - TCVN. Ngoài hệ thống tiêu chuẩn nhà nước còn có các tiêu chuẩn cấp ngành, cấp bộ.

Các tiêu chuẩn có thể thay đổi tùy theo trình độ sản xuất và yêu cầu sử dụng vật liệu.

Hiện nay ở nước ta, đối với một số loại VLXD chưa có tiêu chuẩn và yêu cầu kĩ thuật Việt Nam, còn sử dụng các tiêu chuẩn của nước ngoài.

### **1.1.2. Sự phụ thuộc của tính chất vào cấu trúc và thành phần**

#### *Quan hệ giữa cấu trúc và tính chất*

Nghiên cứu cấu trúc là để hiểu được tính chất và cuối cùng là quyết định một vấn đề thực tế quan trọng : sử dụng vật liệu ở đâu, như thế nào để có hiệu quả kinh tế - kĩ thuật tốt nhất.



Cấu trúc của vật liệu được biểu thị ở ba mức : cấu trúc vĩ mô (cấu trúc có thể quan sát bằng mắt thường), cấu trúc vi mô (chỉ quan sát bằng kính hiển vi) và cấu trúc trong hay cấu tạo chất (phải dùng những thiết bị hiện đại để quan sát và nghiên cứu như kính hiển vi điện tử, phân tích rơn ghen...)

*Cấu trúc vĩ mô.* Bằng mắt thường người ta có thể phân biệt được các dạng cấu trúc này như : đá nhân tạo đặc, cấu trúc tổ ong, cấu trúc dạng sợi, dạng lớp, dạng hạt rời...

Vật liệu đá nhân tạo đặc rất phổ biến trong xây dựng như bê tông nặng, bê tông nhẹ cấu tạo đặc, vật liệu gốm và các loại khác. Những loại vật liệu này thường có cường độ, khả năng chống thấm, tính chống ăn mòn tốt hơn các vật liệu rỗng cùng loại nhưng nó nặng nề và các tính chất về âm và nhiệt kém hơn. Bằng mắt thường cũng có thể nhìn thấy những liên kết "thô" của nó, ví dụ : thấy được lớp đá xi măng liên kết với hạt cốt liệu, độ dày của lớp đá, độ lớn của hạt cốt liệu, phát hiện được những vết rạn, nứt lớn v.v...

Vật liệu cấu tạo rỗng có thể là những vật liệu có những lỗ rỗng lớn như bê tông khí, bê tông bọt, chất dẻo tổ ong hoặc những vật liệu có các lỗ rỗng bé (vật liệu gốm dùng đủ nước, dùng phụ gia cháy). Loại vật liệu này có cường độ, độ chống ăn mòn kém hơn vật liệu đặc cùng loại, nhưng khả năng cách nhiệt, cách âm lại tốt hơn. Lượng lỗ rỗng, kích thước, hình dạng, đặc tính và sự phân bố của chúng có ảnh hưởng lớn đến tính chất của vật liệu.

Vật liệu có cấu tạo dạng sợi, như gỗ, các sản phẩm từ bông khoáng và bông thủy tinh, tấm sợi gỗ ép v.v... có cường độ, độ dẫn nhiệt và các tính chất khác rất khác nhau theo phương dọc và ngang thớ. Vật liệu có cấu tạo dạng lớp cũng là vật liệu có tính dị hướng (tính chất khác nhau theo các phương khác nhau).

Vật liệu rời như cốt liệu cho bê tông, vật liệu dạng bột (xi măng, bột vôi sống, ...) có các tính chất và công dụng khác nhau tùy theo thành phần, độ lớn và trạng thái bề mặt hạt.

*Cấu trúc vi mô* của vật liệu có thể là cấu tạo tinh thể hay vô định hình. Cấu tạo tinh thể và vô định hình chỉ là hai trạng thái khác nhau của một chất. Thí dụ oxit silic có thể tồn tại ở dạng tinh thể thạch anh hay dạng vô định hình (opon). Dạng tinh thể có độ bền và độ ổn định lớn hơn dạng vô định hình. Thí dụ  $\text{SiO}_2$  tinh thể không tương tác với  $\text{Ca(OH)}_2$  ở điều kiện thường, trong khi đó  $\text{SiO}_2$  vô định hình thì lại có thể tương tác với  $\text{Ca(OH)}_2$  ở ngay nhiệt độ thường.

Dạng vô định hình có thể chuyển sang dạng tinh thể bền hơn.

Một vấn đề có ý nghĩa thực tế lớn đối với vật liệu đá thiên nhiên và nhân tạo là hiện tượng đa hình - cùng một chất nhưng có thể tồn tại ở các dạng tinh thể khác nhau (dạng thù hình).

Đặc điểm của các chất có cấu tạo tinh thể là có nhiệt độ nóng chảy (ở áp suất không đổi) và có dạng hình học của tinh thể (ở mỗi dạng thù hình) nhất định.

Tính chất của đơn tinh thể (cường độ, tính dẫn nhiệt, dẫn điện, tốc độ hòa tan...) không giống nhau theo các phương khác nhau. Hiện tượng dị hướng đó là đặc điểm của cấu tạo bên trong của tinh thể. Trong xây dựng, người ta thường sử dụng những vật liệu đá đa tinh thể, có nghĩa là những vật liệu gồm những tinh thể khác nhau, sắp xếp không theo một trật tự nhất định. Những vật liệu như vậy được coi như là vật liệu có tính chất đẳng hướng.

*Cấu tạo bên trong của các chất* đặc trưng bằng cấu tạo nguyên tử, phân tử, hình dáng kích thước của tinh thể, liên kết nội bộ giữa chúng. Cấu tạo bên trong của các chất quyết định cường độ, độ cứng, độ bền nhiệt và nhiều tính chất quan trọng khác.

Khi nghiên cứu các chất có cấu tạo tinh thể, người ta phải phân biệt chúng dựa vào đặc điểm của mối liên kết giữa các phân tử để tạo ra mạng lưới không gian. Tùy theo kiểu liên kết, mạng lưới này có thể được hình thành từ các nguyên tử trung hòa (kim cương,  $\text{SiO}_2$ ), các ion ( $\text{CaCO}_3$ , kim loại), phân tử (nước đá).



*Liên kết cộng hóa trị* được hình thành từ đôi điện tử dùng chung, hình thành trong những tinh thể của các chất đơn giản (kim cương, than chì) hay trong các tinh thể của hợp chất gồm hai nguyên tố (thạch anh, cacbuasilic, cacbit, nitrua). Nếu hai nguyên tử giống nhau thì cặp điện tử dùng chung thuộc cả hai nguyên tử. Nếu hai nguyên tử có tính chất khác nhau thì cặp điện tử bị lệch về phía nguyên tố có tính chất á kim mạnh hơn, tạo ra liên kết cộng hóa trị có cực ( $H_2O$ ) ; những vật liệu có liên kết dạng này có cường độ, độ cứng cao và rất khó chảy.

*Liên kết ion* được hình thành trong các tinh thể vật liệu mà các nguyên tử khi tương tác với nhau nhường điện tử cho nhau hình thành các ion âm và ion dương. Các ion trái dấu hút nhau để tạo ra phân tử. Vật liệu xây dựng có liên kết loại này (thạch cao, anhidrit, ...) có cường độ và độ cứng thấp, không bền nước. Trong những loại VLXD thường gặp như canxit, fenspat với những tinh thể phức tạp gồm cả liên kết cộng hóa trị và liên kết ion. Bên trong ion phức tạp  $CO_3^{2-}$  là liên kết cộng hóa trị. Nhưng chính nó liên kết với  $Ca^{+2}$  bằng liên kết ion. Tính chất của những vật liệu này rất khác nhau. Canxit ( $CaCO_3$ ) có cường độ khá cao, nhưng độ cứng lại thấp. Fenspát có cường độ và độ cứng khá cao.

*Liên kết phân tử* được hình thành chủ yếu trong những tinh thể của các chất có liên kết cộng hóa trị. Tinh thể của các chất này bao gồm những nguyên tử liên kết với nhau bằng lực liên kết tương đối yếu - lực Vandecvan. Dưới tác dụng của nhiệt độ, liên kết này rất dễ bị phá hủy. Vì vậy các chất có liên kết phân tử có nhiệt độ nóng chảy thấp (nước đá).

*Liên kết silicat* là liên kết phức tạp tạo ra những tính chất đặc biệt của VLXD. Thí dụ trong khoáng dạng sợi amiăng, những mạch silicat song song nhau gắn kết với nhau bằng những ion dương. Vì liên kết ion yếu hơn liên kết cộng hóa trị bên trong mạch, nên dưới tác dụng của lực cơ học amiăng dễ tách thành những sợi nhỏ. Trong các khoáng dạng tấm (mica, caolinit), các nhóm silicat liên kết với nhau yếu hơn theo những mặt phẳng nhất định.

Cấu trúc silicat phức tạp được tạo thành từ khối bốn mặt  $\text{SiO}_4$  liên kết với nhau bằng những đỉnh chung (những nguyên tử oxi chung) tạo thành mạng lưới không gian ba chiều. Điều đó cho phép coi chúng như là các polime vô cơ.

### *Quan hệ giữa thành phần và tính chất*

Vật liệu xây dựng được đặc trưng bằng 3 thành phần : hóa học, khoáng vật và thành phần pha.

*Thành phần hóa học* được biểu thị bằng % hàm lượng các ôxit có trong vật liệu. Nó cho phép phán đoán hàng loạt các tính chất của VLXD : tính chịu lửa, bền sinh vật, các đặc trưng cơ học và các đặc tính kĩ thuật khác. Riêng đối với kim loại hoặc hợp kim thì thành phần hóa học của nó được tính bằng % các nguyên tố hóa học.

Đối với vật liệu nhân tạo, dựa vào thành phần hóa học của nó, người ta có thể lựa chọn thành phần nguyên liệu sản xuất. Thành phần hóa học của vật liệu được xác định bằng cách phân tích hóa học (kết quả phân tích thường được biểu diễn dưới dạng các ôxit).

Các ôxit trong các vật liệu vô cơ liên kết với nhau tạo thành các muối kép - khoáng vật.

*Thành phần khoáng vật* quyết định các tính chất cơ bản của vật liệu. Khoáng  $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$  và  $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  trong xi măng pooclang quyết định tính đông rắn nhanh, chậm của xi măng, khoáng  $3\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$  quyết định tính chất của vật liệu gốm.

Biết được thành phần khoáng sẽ phán đoán tương đối chính xác các tính chất của VLXD.

Việc xác định thành phần khoáng vật khá phức tạp, đặc biệt là về mặt định lượng. Vì vậy người ta phải dùng nhiều phương pháp để bổ trợ cho nhau : phân tích nhiệt vi sai, phân tích phổ rơnghen, laze, kính hiển vi điện tử v.v...

*Thành phần pha.* Đa số vật liệu khi làm việc đều tồn tại ở pha rắn. Nhưng trong vật liệu luôn chứa một lượng lỗ rỗng, nên ngoài pha rắn nó còn có cả pha khí (khí khô) và pha lỏng