



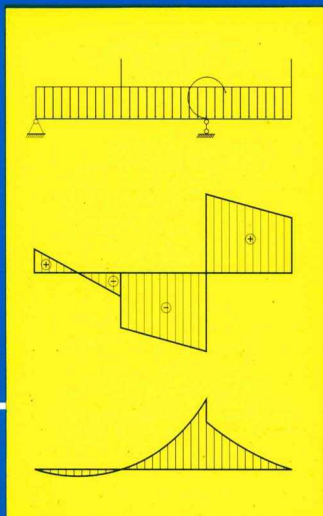
GT.0000026632

RƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

Nguyễn Văn Liên - Đinh Trọng Bằng - Nguyễn Phương Thành

Chủ biên : Pts. Nguyễn Văn Liên

SỨC BỀN VẬT LIỆU



NGUYỄN
VĂN LIÊN

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

NGUYỄN VĂN LIÊN - ĐINH TRỌNG BẰNG - NGUYỄN PHƯƠNG THÀNH

CHỦ BIÊN : PGS. TSKH. NGUYỄN VĂN LIÊN

SỨC BỀN VẬT LIỆU

(Giáo trình dùng cho sinh viên Ngành Xây dựng)

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2015

LỜI NÓI ĐẦU

Sức bền vật liệu là một phần của cơ học vật rắn biến dạng, cho cơ sở nhìn nhận và đánh giá đúng đắn sự làm việc của các bộ phận công trình khi sử dụng (khi chịu lực). Đó là những kiến thức không thể thiếu được của người thiết kế.

Nghiên cứu quá trình biến dạng và phá hoại của vật thể cũng như các đặc trưng cơ học của vật liệu, sức bền vật liệu đã đề ra được các phương pháp tính để xác định kích thước hợp lý, tiết kiệm của bộ phận công trình mà vẫn có khả năng làm việc lâu dài, bền vững, không có biến dạng lớn và không bị thay đổi trạng thái cân bằng ban đầu theo chức năng của nó mà người thiết kế quy định.

Sức bền vật liệu cho cơ sở tính toán tất cả các bộ phận công trình, vì vậy với ngành xây dựng nó có một vai trò và ý nghĩa to lớn.

Để đáp ứng yêu cầu về tài liệu cho sinh viên hiện nay, chúng tôi biên soạn cuốn giáo trình này làm tài liệu học tập và giảng dạy cho ngành kiến trúc và xây dựng ở trường Đại học Kiến trúc Hà Nội. Trong giáo trình này chúng tôi không đề cập hết tất cả các dạng chịu lực của các bộ phận công trình trong kĩ thuật xây dựng mà chỉ xét những hình thức chịu lực cơ bản hay gặp nhằm giúp cho sinh viên và các nhà thiết kế có được giải pháp kết cấu hiện thực, trong sáng.

Chúng tôi phân công viết như sau :

PTS. Nguyễn Văn Liên : Chương mở đầu ; chương 3 ; 4 ; 9 ; 10 ; 11 ; 13.

KS. Đinh Trọng Bằng : Chương 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 12.

KS. Nguyễn Phương Thành : Chương 1 ; 2.

Chúng tôi sử dụng hệ thống đơn vị Quốc tế và ở cuối mỗi chương đều có ví dụ giải mẫu một số bài tập và các bài tập cho sinh viên tự làm.

Chúng tôi vô cùng cảm ơn PGS. PTS. Vũ Đình Lại đã có những góp ý rất bổ ích cho giáo trình này.

Sách không tránh khỏi sai sót, rất mong sự góp ý của bạn đọc.

CHỦ BIÊN
PTS. NGUYỄN VĂN LIÊN

ĐƠN VỊ DO LƯỜNG QUỐC TẾ VỀ CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ HỌC.

Tên đại lượng	Tên đơn vị	Kí hiệu	Quan hệ các đơn vị
Lực	Niuton	N	$1N = 0,1KG$
Lực phân bố		N/m	$1N/m = 0,1KG/m = 10^{-3}KG/cm$
Ứng suất	Pascal	Pa	$1Pa = 0,1KG/m^2 = 10^{-4}T/m^2$
Mô đun đàn hồi	Pascal	Pa	$= 10^{-4}T/m$
Cường độ tải trọng	Pascal	Pa	$= 10KG/cm^2 = 100T/m^2$
Phân bố bé mặt			$1KPa = 0,1T/m^2$
Mô men lực		N.m	$1Nm = 0,1KG.m = 10KG.cm$
Khối lượng		kg	
Mật độ (khối lượng riêng)		kg/m^3	
Trọng lượng riêng		KG/m^3	

CHƯƠNG MỞ ĐẦU

§ 1. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CỦA MÔN HỌC

1.1. Nhiệm vụ và vị trí của môn học :

Từ nửa đầu của thế kỉ XVII trở về trước , các công trình khác nhau được xây dựng trên cơ sở truyền bá kinh nghiệm từ thế hệ này qua thế hệ khác, hoàn toàn không có cơ sở khoa học. Các bộ phận cấu thành công trình cũng được xây dựng như vậy. Cái nào tồn tại được thì lấy làm mẫu cho những cái tương tự. Làm như vậy rất nguy hiểm, vì người ta không bảo đảm trước được rằng công trình sắp xây dựng có tồn tại không, hay các bộ phận của chúng có bền vững không, ta cũng thấy không ít các công trình bị phá hoại ngay cả trong thời gian xây dựng. Cũng như trước đây, khi con người lần đầu tiên chế tạo các dụng cụ lao động và vũ khí để sử dụng đều dựa trên kinh nghiệm của những thất bại mà có. Mãi đến giữa thế kỉ XVII, do nhu cầu phát triển của ngành hàng hải cần phải có những con tàu to hơn, đi được xa hơn vv... Nó đòi hỏi phải làm từ vật liệu khác và có kích thước cần thiết để có thể phục vụ được lâu dài. Lúc đó người ta mới chú ý nghiên cứu khả năng chịu lực của vật liệu để dùng làm các bộ phận công trình và để ra các phương pháp tính sao cho tìm được các kích thước hợp lí của chúng để không bị phá hoại khi sử dụng. Galilê (1564 - 1642) là nhà Bác học người Italia lần đầu tiên nêu lời giải lí thuyết để đánh giá độ bền của các thanh chịu tác dụng của ngoại lực. Mặc dù có những sai lầm về kết luận đối với bài toán rất phức tạp thời kì đó (chúng tôi sẽ nêu ở phần lịch sử môn học), song Galilê là người đầu tiên đặt nền móng cho môn học này, tuy rằng 200 năm sau quyển sách đầu tiên về sức bền vật liệu mới được Naviê cho xuất bản (1826) dưới đầu đề "các bài giảng về cơ học xây dựng". Quyển sách ra đời chấm dứt con đường phức tạp tìm tòi lời giải bài toán uốn dầm. Trong 200 năm đó có rất nhiều đóng góp quan trọng của các nhà khoa học lớn như Húc, Bernuli, Ôle... góp phần hình thành môn học. Từ đó đến nay, do nhu cầu phát triển của thực tế sản xuất và xây dựng mà các nhà khoa học phải tham gia giải quyết, đã có rất nhiều những phát minh, sáng chế về mặt lí thuyết cũng như thực nghiệm góp phần làm cho môn khoa học này phát triển phong phú, đa dạng, chặt chẽ và tương đối đầy đủ như hiện nay. Nhiệm vụ của môn học cũng được hình thành và phát triển cùng với sự phát triển của môn học này. Mỗi một bộ phận công trình hay chi tiết máy muốn tồn tại được lâu dài khi sử dụng tức là phải bền vững dưới tác dụng của ngoại lực thì chúng phải được làm từ vật liệu thích hợp và có kích thước đủ lớn cần thiết. Muốn vậy phải có được phương pháp tính về lí thuyết cũng như thực hành để đưa bài toán lí

thuyết sát gắn với thực tế sao cho có thể chọn được kích thước của bộ phận công trình hoặc chi tiết máy để nó làm việc được lâu dài mà không bị phá hoại tức là để nó được bền vững. Đó là **nhệm vụ thứ nhất** của môn học.

Vậy **nhệm vụ thứ nhất** của môn học là thiết lập các phương pháp tính bộ phận công trình hay chi tiết máy về **độ bền**. Độ bền ở đây ta hiểu là khả năng chống lại phá hoại dưới tác dụng của ngoại lực. Muốn vậy bộ phận công trình hay chi tiết máy phải được chế tạo từ vật liệu thích hợp và phải có kích thước cần thiết. Đó là yêu cầu về độ bền.

Ngoài ra trong rất nhiều trường hợp ta phải xác định sự thay đổi hình dáng và kích thước tức là biến dạng của bộ phận công trình khi chịu lực. Biến dạng này tuy có thể nhỏ không gây ảnh hưởng đáng kể đến các định luật cân bằng của vật thể. Song nếu không nghiên cứu các biến dạng đó thì không thể giải quyết được bài toán rất quan trọng của thực tế kĩ thuật là ở điều kiện nào thì bộ phận công trình có thể bị phá hoại và ngược lại ở điều kiện nào thì có thể làm việc an toàn. Mặt khác biến dạng tuy là nhỏ so với kích thước của bản thân bộ phận công trình song cũng phải biết xác định để hạn chế nó vì trong nhiều trường hợp nó có thể gây cản trở sự sử dụng bình thường của kết cấu tức là ảnh hưởng đến công nghệ sử dụng.

Khả năng bộ phận công trình hay chi tiết máy chống lại biến dạng gọi là **độ cứng**.

Từ đó **nhệm vụ thứ hai** của môn học là thiết lập các phương pháp tính bộ phận công trình hay chi tiết máy về **độ cứng**. Độ cứng được coi là bảo đảm nếu như biến dạng không vượt quá giới hạn cho trước. Như vậy bộ phận công trình phải có kích thước được tính toán cần thiết sao cho nó không có biến dạng lớn. Đó là yêu cầu về độ cứng. Trong nhiều trường hợp tải trọng tác dụng lên bộ phận công trình thoả mãn các yêu cầu về độ bền nhưng không thoả mãn yêu cầu về độ cứng.

Nhiệm vụ tiếp theo của môn học sức bền vật liệu liên quan đến việc nghiên cứu ổn định các dạng cân bằng của vật rắn biến dạng (vật rắn có thực).

Ta hiểu độ ổn định là khả năng của công trình hay kết cấu giữ được dạng cân bằng khi chế tạo trong suốt thời gian sử dụng.

Ngược lại sự cân bằng là không ổn định nếu sự tăng có hạn chế của tải trọng kéo theo sự tăng không hạn chế của biến dạng. Dấu hiệu của mất ổn định là sự thay đổi bất ngờ dạng cân bằng này bằng dạng cân bằng khác. Ta nói một cột chịu nén đúng tâm là ổn định nếu nó không bị cong đi mà luôn luôn thẳng trong suốt thời gian chịu lực.

Mất ổn định có thể xảy ra với tải trọng hoàn toàn không nguy hiểm đối với điều kiện bền và điều kiện cứng.

Như vậy **nhệm vụ thứ ba** của môn học là thiết lập các phương pháp tính bộ phận công trình hay chi tiết máy về **ổn định**. Bộ phận công trình hay chi tiết máy phải được tính toán chọn kích thước sao cho nó giữ được dạng cân bằng ban đầu dưới tác dụng của ngoại lực. Đó là yêu cầu về ổn định.

Ngoài ba nhiệm vụ nêu trên, trong sức bền vật liệu còn giải quyết bài toán ngược tức là kiểm tra bộ phận công trình với kích thước đã cho về độ bền, độ cứng và độ ổn định.

Cho đến nay có rất nhiều môn học nghiên cứu giải quyết các nhiệm vụ trên và gọi chung là cơ học vật rắn biến dạng mà sức bền vật liệu chỉ là một phần trong đó. Trong những môn học đó, đầu tiên phải kể đến lí thuyết đàn hồi. Các vấn đề được xét ở sức bền vật liệu cũng được xét ở lí thuyết đàn hồi nhưng ở khía cạnh khác.

Các phương pháp của lí thuyết đàn hồi dẫn dắt chúng ta đi từ cái chung đến cái riêng. Trong môn học này mọi vấn đề đều được chứng minh bằng toán học chặt chẽ dựa trên cơ sở phân tích sâu sắc và chính xác. Song cũng do sự phức tạp của bộ máy toán học ở lí thuyết đàn hồi mà khả năng áp dụng vào thực tế các phương pháp của nó cũng bị hạn chế.

Ở sức bền vật liệu mọi vấn đề được giải quyết theo nguyên tắc ngược lại - từ cái riêng đến cái chung. Do môn học có hướng ứng dụng cụ thể, các bài toán được giải ở sức bền vật liệu rộng hơn ở lí thuyết đàn hồi. Những bài toán như vậy rất nhiều, điều chủ yếu là ở sức bền vật liệu chúng ta phải trả lời câu hỏi truyền thống không tránh khỏi là kết cấu có chịu đựng được không, bền vững hay không bền vững, mức độ an toàn ra sao... Ở lí thuyết đàn hồi những câu hỏi như vậy không được xét đến.

Các kết luận ở sức bền vật liệu được sử dụng rộng rãi trong nhiều chuyên ngành kĩ thuật khác nhau. Nếu không nắm được và không vận dụng được kết luận này thì không thể thiết kế và xây dựng bất cứ công trình nào thoả mãn các yêu cầu hiện tại. Từ đó ta hiểu ý nghĩa quan trọng của sức bền vật liệu đối với các chuyên ngành kĩ thuật khác, trong đó tính toán thực hành đều dựa trên các kết luận của sức bền vật liệu.

Tất cả những điều nói trên thuộc về phần lí thuyết của môn học. Phần thực nghiệm cũng không kém và có quan hệ chặt chẽ với nhau. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm dùng để soi sáng có tính chất kiểm nghiệm các kết quả nghiên cứu.

Nếu các kết quả nghiên cứu lí thuyết không được các kết quả thực nghiệm xác nhận thì lí thuyết đó không áp dụng được vào thực tế. Mặt khác, trong sức bền vật liệu sử dụng nhiều các giả thiết, vì vậy phải tiến hành thí nghiệm để kiểm tra sự đúng đắn của các giả thiết ấy. Cũng có nhiều bài toán kĩ thuật không có lời giải nếu như không có nghiên cứu thực nghiệm. Như vậy phần thực nghiệm của môn học cũng rất quan trọng, nó cho phép ta nghiên cứu các tính chất cơ học của vật liệu để đề ra các tiêu chuẩn đánh giá độ bền. Nó góp phần quan trọng trong việc nghiên cứu các phương pháp thực hành để giải các bài toán phức tạp hoặc không có lời giải về mặt lí thuyết.

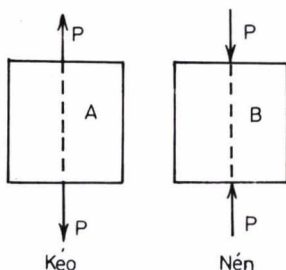
Tóm lại lí thuyết và thực nghiệm là hai phần không thể tách rời nhau được. Nó bổ sung, thúc đẩy nhau làm cho môn học từ khi ra đời cho đến nay không ngừng phát triển.

Qua nhiệm vụ của môn học ta thấy nó càng đi đến một cái chung nhất là chọn kích thước của bộ phận công trình hay chi tiết máy. Một điều dễ hiểu là cùng một bộ phận công trình nếu được làm từ những vật liệu khác nhau thì nó phải có kích thước khác nhau. Nói chung nếu kích thước càng lớn thì yêu cầu về độ bền, độ cứng, độ ổn định càng được bảo đảm. Song nếu tăng kích thước một cách tùy tiện thì trong nhiều trường hợp sẽ gây nguy hiểm cho bộ phận công trình do tăng trọng lượng bản thân của chúng, mặt khác nó lại tốn kém, không kinh tế.

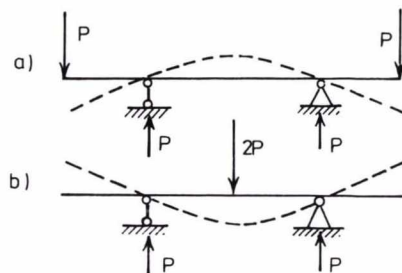
Bộ phận công trình phải có kích thước sao cho vừa phải đảm bảo bền vững, vừa phải đảm bảo tiết kiệm. Hai yêu cầu này luôn mâu thuẫn với nhau và là động lực để cho môn học phát triển vì nó đòi hỏi phải có các phương pháp tính phù hợp nhất, sao cho bộ phận công trình hay chi tiết máy có hình dáng và kích thước hợp lý nhất. Yêu cầu về kinh tế không phải là nhiệm vụ thứ tư của môn học song nó không thể tách rời được các nhiệm vụ trên vì vậy người thiết kế phải chú ý đến khi tính toán bộ phận công trình hay chi tiết máy về độ bền, độ cứng và độ ổn định.

1.2. Đối tượng nghiên cứu.

a. *Vật thể* : Vật thể được nghiên cứu ở sức bền vật liệu là vật rắn có thực. So sánh với cơ lí thuyết ta thấy cơ lí thuyết xét sự cân bằng tĩnh học và sự chuyển động của vật thể coi là rắn tuyệt đối, nghĩa là không xét đến biến dạng của vật thể. Song mọi bộ phận công trình hay chi tiết máy đều được làm từ những vật rắn có thực như thép, gang, đồng, nhôm, gỗ, bê tông, gạch, đá v.v... Vì vậy đối tượng nghiên cứu của sức bền vật liệu là những vật rắn thực, nghĩa là phải xét đến biến dạng của vật thể trong quá trình chịu tác dụng của ngoại lực. Chính vì vậy mà người ta còn gọi là vật rắn biến dạng. Mọi vật thể khi chịu lực ít, nhiều đều bị biến dạng. Một thanh chịu kéo bị dài ra, thanh chịu nén bị co lại, thanh bị uốn thì cong đi v.v... không phụ thuộc vào vật liệu làm thanh và kích thước của chúng. Biến dạng tuy rất nhỏ so với kích thước của chúng, trong nhiều trường hợp ta phải dùng những dụng cụ đặc biệt mới phát hiện được, song có thể là nguy hiểm đối với bộ phận công trình nhất là đối với bộ phận công trình được làm từ vật liệu giòn như bê tông, gạch, đá, gang v.v... chúng bị phá hoại khi biến dạng còn rất bé.



Hình 1



Hình 2

Do vật thể bị biến dạng khi chịu lực, khi nghiên cứu về biến dạng không cho phép dời lực theo phương tác dụng của nó cũng như không cho phép thay thế các lực tác dụng bằng hợp lực của chúng tức là hệ lực tương đương vì nếu làm như vậy sẽ làm thay đổi tính chất và giá trị của biến dạng.

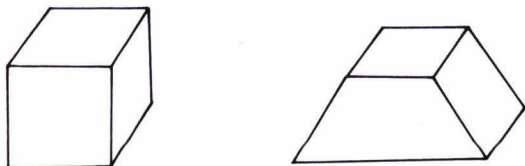
Ví dụ hai vật thể A và B ở hình vẽ 1, ở cơ lí thuyết thì hai vật thể này ở trạng thái cân bằng tĩnh học như nhau, nhưng ở sức bền vật liệu thì đó là hai trường hợp chịu lực khác nhau. Vật A chịu kéo bị dài ra, vật B chịu nén bị co lại. Cho nên nếu ta dời lực theo phương tác dụng của nó thì hình thức chịu lực sẽ thay đổi. Còn ở hình 2 nếu ta thay hệ lực ở hình 2a bằng hợp lực của nó như ở hình 2b thì nó sẽ gây ra biến dạng hoàn toàn ngược lại.

Trong sức bền vật liệu chỉ cho phép thay thế lực tác dụng bằng hợp lực của chúng khi xác định các phản lực gối tựa đối với các dầm tĩnh định (đối với những dầm mà chỉ bằng các phương trình cân tĩnh học cũng đủ để xác định phản lực). Phản lực các gối tựa trong hai trường hợp nêu ở hình 2a và 2b là như nhau.

b) Hình dáng của vật thể :

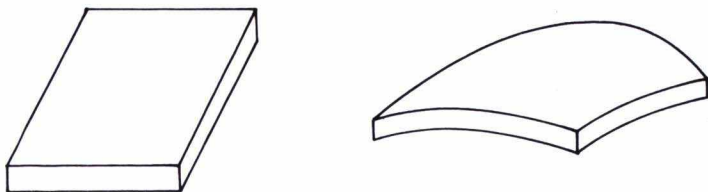
Các bộ phận công trình có thể có những hình dáng khác nhau, ở đây chúng ta chỉ xét những hình dáng cơ bản là đối tượng tính toán về độ bền, độ cứng và độ ổn định. Tùy theo kích thước của vật thể theo 3 phương ta có thể chia thành 3 loại sau :

1) Khối : Là những vật thể có kích thước theo 3 phương cùng tương đối lớn (hình 3). Ví dụ như móng máy, móng cột điện ...



Hình 3

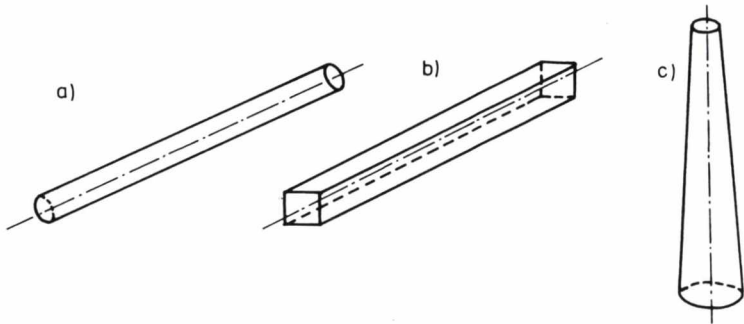
2) Tấm và vỏ : Là những vật thể có kích thước theo hai phương rất lớn so với phương thứ 3 (hình 4). Ví dụ như tấm lát đường, lát sân bay, tấm sàn, tấm móng ... vỏ mái nhà có cấu trúc hình vòm, các thùng chứa chất rắn, chất lỏng, chất khí ...



Hình 4

3) Thanh : Là những vật thể có kích thước theo một phương (chiều dài) lớn hơn rất nhiều hai phương kia (hình 5).

Thanh được nghiên cứu chủ yếu ở sức bền vật liệu. Người ta thường biểu diễn thanh bằng trục của nó. Trục thanh là đường nối trọng tâm các mặt cắt ngang.



Hình 5

Thanh có thể có mặt cắt ngang không đổi (hình 5a,b) và cũng có thể có mặt cắt ngang thay đổi (hình 5c). Khi tính toán người ta thường dùng trục thanh để biểu diễn thanh. Tùy theo hình dạng của đường trục, thanh được chia thành các loại sau :

- Thanh thẳng : Thanh có trục là một đường thẳng.
- Thanh cong : Thanh có trục là một đường cong.

Mặt cắt vuông góc với trục thanh gọi là mặt cắt ngang hay tiết diện vuông góc với trục thanh gọi là tiết diện ngang.

§2. NHỮNG GIẢ THIẾT CƠ BẢN DÙNG TRONG SỨC BỀN VẬT LIỆU.

Mọi vật thể được nghiên cứu ở sức bền vật liệu đều có những tính chất cơ lí khác nhau. Nếu kể hết tất cả các tính chất của vật liệu và các đặc điểm của vật thể khi giải các bài toán sức bền vật liệu thì sẽ dẫn đến các phương pháp phức tạp và không thể xây dựng được một lí thuyết thống nhất cho tất cả các loại vật liệu xây dựng cơ bản. Vì vậy khi giải các bài toán sức bền vật liệu người ta đã đưa ra các giả thiết về vật liệu nhằm lược bỏ những tính chất không cơ bản của chúng. Những giả thiết này làm đơn giản sự tính toán nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết phù hợp với những tính chất cơ bản của vật liệu.