

THÁI THẾ HÙNG

SỨC BỀN VẬT LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

CÁC KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

§1. Nhiệm vụ của môn học Sức bền vật liệu

Sức bền vật liệu là khoa học nghiên cứu về độ bền, độ cứng và độ ổn định các chi tiết máy và các phần tử của các công trình.

Độ bền là khả năng của kết cấu, các thành phần của nó và các chi tiết máy chịu được một tải trọng.

Sức bền vật liệu là một môn kỹ thuật cơ sở quan trọng trong chương trình đào tạo các ngành kỹ thuật như cơ khí, xây dựng, giao thông, thủy lợi, ... Mục đích của môn học là nhằm cung cấp những kiến thức cơ học từ thiết kế đến chế tạo các chi tiết máy và phân tích công trình, đồng thời Sức bền vật liệu cũng cung cấp các kiến thức nền tảng phục vụ cho các môn học chuyên ngành trong các lĩnh vực cơ khí và xây dựng.

Cuốn sách "Sức bền vật liệu" này được biên soạn theo đề cương "Chương trình giảng dạy môn học Sức bền vật liệu" của trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Nội dung của giáo trình được viết chủ yếu dựa vào các giáo trình Sức bền vật liệu đã được biên soạn trước đây cũng như dựa vào kinh nghiệm của tác giả trong những năm làm công tác giảng dạy và nghiên cứu, tuy nhiên tác giả đã lược bỏ bớt những vấn đề không quan trọng hoặc những vấn đề nghiên cứu chuyên sâu với mục đích làm cho cuốn sách được gọn nhẹ và cô đọng nhất.

Sách có thể làm tài liệu học tập cho sinh viên tất cả các ngành của trường Đại học Bách khoa, có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành của các trường đại học kỹ thuật khác, đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, nghiên cứu sinh và các cán bộ kỹ thuật làm việc liên quan đến việc tính toán kết cấu.

Đối tượng nghiên cứu của Cơ lý thuyết là xét sự cân bằng và chuyển động của vật rắn tuyệt đối, khi

Chắc chắn rằng trong sách này không thể tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc. Tác giả xin chân thành cảm ơn Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, các bạn đồng nghiệp đã giúp đỡ tác giả hoàn thành cuốn sách này.

Đôi khi vật có hình dạng và kích thước nhất định và khi chịu tác dụng của tải trọng (là lực hoặc nhiệt độ) ít nhiều đều làm cho vật bị thay đổi kích thước và hình dạng, có nghĩa là ta phải xét đến biến dạng của vật thể trong quá trình chịu tác dụng của ngoại lực.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Lý thuyết kết hợp với thực nghiệm

Về lý thuyết ta sử dụng những phần lý luận của môn Cơ học lý thuyết để tìm chân lý và nội lực... những kiến thức của các môn học khác như Vật lý, Vật lý chất rắn... và ứng dụng phương pháp tính toán của toán học.

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

	Trang
LỜI NÓI ĐẦU	3
Chương 1. CÁC KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU	5
§1. Nhiệm vụ của môn học Sức bền vật liệu	5
§2. Đối tượng nghiên cứu	5
§3. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu	7
§4. Khái niệm về biến dạng và chuyển vị	7
§5. Sơ lược về lịch sử phát triển của môn học	8
Chương 2. LÝ THUYẾT VỀ NỘI VÀ NGOẠI LỰC	10
§1. Khái niệm chung về ngoại lực	10
§2. Các loại liên kết và phản lực liên kết	11
§3. Khái niệm về nội lực, ứng suất	12
§4. Các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang của thanh	14
§5. Biểu đồ nội lực	17
§6. Quan hệ giữa các nội lực và ngoại lực	24
§7. Biểu đồ nội lực của khung phẳng và thanh cong	26
§8. Biểu đồ nội lực của khung không gian	30
§9. Phương pháp vẽ các biểu đồ nội lực theo nhận xét	33
Chương 3. KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM	38
§1. Khái niệm mở đầu	38
§2. Ứng suất trên mặt cắt ngang	38
§3. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng	40
§4. Biến dạng dọc, biến dạng ngang	42
§5. Các đặc trưng cơ học của vật liệu	44
§6. Ứng suất cho phép và điều kiện bền	49
§7. Thế năng biến dạng đàn hồi	53
§8. Bài toán siêu tĩnh	55
Chương 4. TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG - CÁC THUYẾT BỀN	57
§1. Khái niệm và phân loại về các trạng thái ứng suất	57
§2. Nghiên cứu trạng thái ứng suất phẳng	59
§3. Trạng thái ứng suất khối	66
§4. Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng (các định luật Hooke)	67
§5. Thế năng biến dạng đàn hồi	71
§6. Khái niệm về các thuyết bền	73
§7. Các thuyết bền	73
§8. Kết luận và ứng dụng	78
Chương 5. ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT NGANG	80
§1. Khái niệm	80

	Các đặc trưng quán tính của hình phẳng	80
§2.	Mô men quán tính của một số hình đơn giản	83
§3.	Công thức chuyển trục song song của mômen quán tính	85
§4.	Công thức xoay trục của mômen quán tính - Cách xác định hệ trục quán tính	87
§5.		91
Chương 6. UỖN NGANG PHẪNG THANH THẲNG		
	Khái niệm chung	91
§1.		92
A - UỖN PHẪNG THUẦN TÚY		
§2.	Ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn phẳng thuần túy	92
§3.	Điều kiện bền của dầm chịu uốn phẳng thuần túy	98
§4.	Hình dạng hợp lý của mặt cắt ngang	100
§5.		101
B - DẦM CHỊU UỖN NGANG PHẪNG		
§6.	Ứng suất trên mặt cắt ngang dầm chịu uốn ngang phẳng	101
§7.	Điều kiện bền dầm chịu uốn ngang phẳng	106
§8.	Thế năng biến dạng đàn hồi của dầm chịu uốn ngang phẳng	113
§9.	Khái niệm về dầm chống uốn đều	114
§10.		115
C - CHUYÊN VỊ CỦA DẦM CHỊU UỖN		
§11.	Khái niệm chung	115
§12.	Thiết lập phương trình đường đàn hồi bằng phương pháp tích phân không định hạn	117
§13.	Phương pháp tải trọng giả tạo	121
§14.	Phương pháp thông số ban đầu	123
Chương 7. XOẮN THUẦN TÚY THANH THẲNG		
§1.	Khái niệm chung	128
§2.	Ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh tròn chịu xoắn	129
§3.	Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn	132
§4.	Tính thanh chịu xoắn	133
§5.	Xoắn thuần túy thanh có mặt cắt ngang hình chữ nhật	137
§6.	Thế năng biến dạng đàn hồi của thanh chịu xoắn	138
§7.	Tính lò xo xoắn ốc trụ bước ngắn	139
§8.	Bài toán siêu tĩnh khi xoắn	140
Chương 8. TÍNH THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP		
§1.	Thanh chịu uốn xiên	144
§2.	Thanh chịu uốn và kéo (nén) đồng thời	144
§3.	Thanh chịu uốn và xoắn đồng thời	149
§4.	Thanh chịu lực tổng quát	153
Chương 9. TÍNH ĐỘ BỀN KHI ỨNG SUẤT THAY ĐỔI THEO THỜI GIAN		
§1.	Khái niệm về ứng suất thay đổi - Hiện tượng mỏi của vật liệu	159
§2.	Chu trình của ứng suất - Các đặc trưng của chu trình ứng suất	160
§3.	Giới hạn mỏi	162
§4.	Biểu đồ giới hạn mỏi	164
§5.	Các yếu tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi	166
§6.	Cách tính về độ bền mỏi	169

§7.	Các ví dụ	171
§8.	Biện pháp nâng cao giới hạn mỏi	175
§9.	Một số bảng cần thiết	176
Chương 10. THANH CONG PHẪNG		179
§1.	Khái niệm chung	179
§2.	Tính thanh cong chịu uốn thuần túy	180
§3.	Xác định bán kính cong của thớ trung hoà	185
§4.	Tính thanh cong chịu lực phức tạp	191
Chương 11. ỔN ĐỊNH CỦA THANH THẲNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM		194
§1.	Khái niệm về sự ổn định của một hệ đàn hồi	194
§2.	Xác định lực tới hạn của thanh thẳng chịu nén đúng tâm (Bài toán Euler)	195
§3.	Giới hạn áp dụng công thức Euler và tính ổn định ngoài miền đàn hồi	198
§4.	Điều kiện ổn định và bền - Phương pháp thực hành tính thanh chịu nén	201
§5.	Chọn vật liệu và hình dạng mặt cắt ngang hợp lý về ổn định	206
Chương 12. TÍNH CHUYÊN VỊ CỦA HỆ THANH		207
§1.	Một số vấn đề mở đầu	207
§2.	Công thức Mohr để tính chuyển vị	209
§3.	Phương pháp nhân biểu đồ của Veresaghin	213
§4.	Định lý chuyển vị đơn vị tương hỗ.	217
Chương 13. TÍNH HỆ THANH SIÊU TĨNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP LỰC		218
§1.	Khái niệm về hệ tĩnh định và hệ siêu tĩnh	218
§2.	Khử siêu tĩnh bằng phương pháp lực	219
§3.	Dầm liên tục	225
Chương 14. TẢI TRỌNG ĐỘNG		231
§1.	Tính thanh chuyển động thẳng với gia tốc không đổi	231
§2.	Tính ứng suất trong vô lăng quay với tốc độ không đổi	232
§3.	Khái niệm chung về dao động	233
§4.	Dao động của hệ đàn hồi một bậc tự do	234
§5.	Va chạm đứng của hệ một bậc tự do	245
§6.	Va chạm ngang của hệ một bậc tự do	249
Chương 15. ỐNG DÀY		252
§1.	Khái niệm	252
§2.	Ứng suất và biến dạng	252
§3.	Các bài toán áp dụng	259
Phụ lục 1. Mô đun đàn hồi của một số vật liệu thường gặp		266
Phụ lục 2. Hệ số Poát-xông của một số vật liệu thường gặp		266
Phụ lục 3. Bảng tra các thép định hình		267
TÀI LIỆU THAM KHẢO		277

Chương 1

CÁC KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

§1. Nhiệm vụ của môn học Sức bền vật liệu

Sức bền vật liệu là khoa học về tính toán kỹ thuật độ bền, độ cứng và độ ổn định các chi tiết máy và các phần tử của các công trình.

Độ bền là khả năng của kết cấu, các thành phần của nó và các chi tiết máy chịu được một tải trọng nhất định mà không bị phá hỏng trong thời gian tồn tại, trong tuổi thọ của các công trình và máy. Một trục truyền được một công suất nhất định mà không bị gãy hỏng, một cầu trục tải được một khối lượng nào đó mà không bị phá vỡ ...

Độ cứng là khả năng của kết cấu, các phần tử của nó chống lại các ngoại lực về mặt biến dạng. Độ cứng nghĩa là sự thay đổi hình dạng và kích thước của các công trình và máy móc không được vượt quá những trị số cho phép nhằm đảm bảo việc sử dụng công trình và máy móc một cách bình thường, đáp ứng được những yêu cầu công nghệ cần thiết. Góc xoắn của trục bánh răng trong các hộp số truyền động không được lớn hơn $0,15 \text{ rad/m}$, độ võng của trục chính trong máy tiện không được vượt quá $0,01 \text{ mm}$...

Độ ổn định là khả năng của kết cấu hoặc các phần tử của nó bảo toàn dạng cân bằng đàn hồi xác định ban đầu trong quá trình chịu lực. Một trục chịu nén không bị cong dẫn đến gãy vỡ dưới tác dụng của một xung lực ngang nào đó, một ống chịu nén không bị bóp méo cục bộ do thành mỏng của nó...

Thoả mãn các yêu cầu về bền, cứng và ổn định thường mâu thuẫn với yêu cầu tiết kiệm nguyên vật liệu, giảm giá thành chi phí. Giải quyết mâu thuẫn này là nhiệm vụ của Sức bền vật liệu. Việc ứng dụng các nguyên vật liệu mới, việc hình thành các dạng kết cấu mới, đòi hỏi các phương pháp đánh giá thích hợp, cũng là một lý do quan trọng thúc đẩy sự phát triển của môn học.

§2. Đối tượng nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của Cơ lý thuyết là xét sự cân bằng và chuyển động của vật rắn tuyệt đối, khi đó không đề ý đến biến dạng của vật.

Đối với Sức bền vật liệu, ta phải nghiên cứu đến những bộ phận công trình hay chi tiết máy là những vật rắn thực làm bằng thép, gỗ, gang, bê tông... nên đối tượng nghiên cứu của chúng là *vật rắn thực*. Vật rắn thực là vật có hình dạng và kích thước nhất định và khi chịu tác dụng của tải trọng (là lực hoặc nhiệt độ) ít nhiều đều làm cho vật bị thay đổi kích thước và hình dạng, có nghĩa là ta phải xét đến biến dạng của vật thể trong quá trình chịu tác dụng của ngoại lực.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Lý thuyết kết hợp với thực nghiệm

Về lý thuyết ta sử dụng những phần lý luận của môn Cơ học lý thuyết để tìm phản lực và nội lực... những kiến thức của các môn học khác như Vật lý, Vật lý chất rắn..., những phương pháp tính toán của toán học.

Về thực nghiệm, vì đối tượng nghiên cứu của chúng ta là các vật liệu thực như thép, gang... do đó ta phải biết khả năng chịu lực cụ thể của chúng, nghĩa là phải biết các đặc trưng cơ học của chúng trong những trường hợp chịu lực khác nhau. Mặt khác dựa vào thực nghiệm ta sẽ kiểm nghiệm lại mức độ chính xác của những kết quả thu được bằng lý thuyết.

- Mô hình hoá

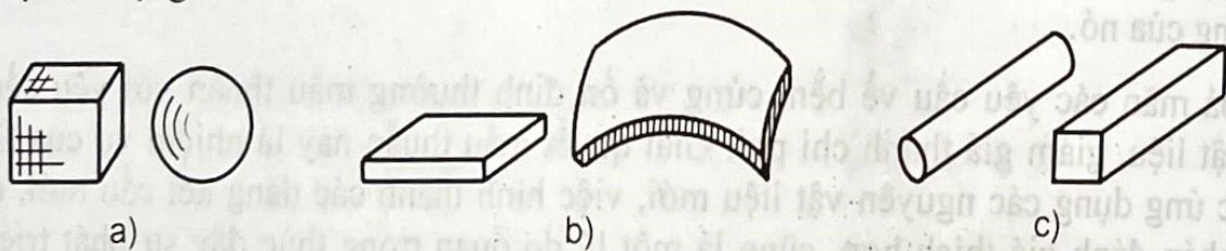
Các chi tiết máy và các bộ phận công trình có hình dạng rất khác nhau, việc phân loại chúng giúp chúng ta khái quát hoá được phương pháp luận và đề ra được những biện pháp nghiên cứu thích hợp cho từng loại.

Tuỳ theo tương quan kích thước hình học trong không gian mà chúng ta phân các chi tiết máy hoặc các bộ phận của công trình ra làm ba loại là khối, tấm vỏ và thanh.

Chi tiết hình khối là các chi tiết có kích thước theo ba phương xấp xỉ nhau (hình 1.1a). Ví dụ móng máy, nền đất, các viên bi trong các ổ bi... Đặc điểm của chi tiết khối là bài toán ba chiều.

Chi tiết hình tấm, vỏ là các chi tiết mà kích thước theo một phương (gọi là bề dày) nhỏ hơn rất nhiều so với hai kích thước còn lại (hình 1.1b). Ví dụ như các tấm sàn, các vòm mái, bình chứa khí,... Đặc điểm của các chi tiết này là đưa về được bài toán hai chiều.

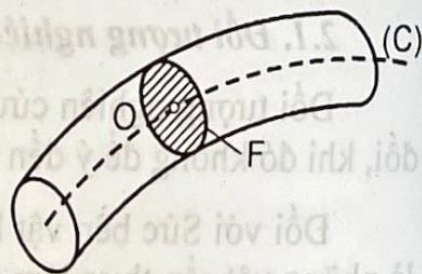
Chi tiết hình thanh là chi tiết mà kích thước theo hai phương (gọi là mặt cắt ngang) rất bé so với kích thước còn lại (gọi là chiều dài thanh) (hình 1.1c). Các chi tiết hình thanh thường gặp phổ biến hơn cả trong các máy móc và các kết cấu công trình như các trục truyền trong các hộp giảm tốc, các thanh trong các giàn, cột, dầm... Tính toán hình thanh đơn giản hơn hai loại trên vì có thể quy về bài toán một chiều. Do đó trong Sức bền vật liệu người ta chủ yếu nghiên cứu các vật thể hình thanh. Sau đây để phục vụ cho việc nghiên cứu các thanh sau này, ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn về vật thể dạng thanh.



Hình 1.1. Phân loại các dạng vật thể : khối (a), tấm vỏ (b), thanh (c).

2.3. Định nghĩa chi tiết hình thanh

Cho một diện tích phẳng F có trọng tâm là O , (C) là một đường cong mà độ dài của nó lớn hơn rất nhiều lần kích thước lớn nhất của F . Cho F dịch chuyển trong không gian sao cho trọng tâm O của hình phẳng F luôn luôn trượt trên (C) và hình phẳng F luôn luôn vuông góc với tiếp tuyến của (C) tại điểm mà nó đi qua. Hình khối mà F quét trong không gian khi dịch chuyển cho ta hình dạng của một thanh (hình 1.2).



Hình 1.2. Mô hình thanh

Đường cong (C) được gọi là **trục thanh**; hình phẳng F được gọi là **mặt cắt ngang của thanh**. Trục thanh và mặt cắt ngang của thanh là hai đặc trưng hình học của thanh. Trong các sơ đồ tính toán, thanh thường được biểu diễn bằng đường trục của nó.

Tuỳ thuộc vào dạng của đường trục thanh (C) mà ta phân thành thanh thẳng, thanh cong, thanh phẳng và thanh không gian. Dựa vào tính chất của mặt cắt ngang (F) ta lại phân các thanh thành thanh có mặt cắt ngang không đổi hay thanh có mặt cắt ngang thay đổi (F có hình dáng và kích thước luôn luôn thay đổi khi chuyển động).