



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH SỨC BỀN VẬT LIỆU



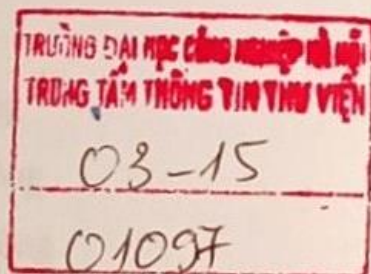
NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG

GIÁO TRÌNH

SỨC BỀN VẬT LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	7
Chương 1: CÁC KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU	9
1.1. Nhiệm vụ và đối tượng môn học	9
1.2. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu	12
1.3. Các loại biến dạng và chuyển vị	13
1.4. Lý thuyết về nội và ngoại lực	14
1.5. Các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang của thanh	19
1.6. Bài toán phẳng	22
1.7. Liên hệ vi phân giữa nội lực và tải trọng trong thanh thẳng	22
1.8. Phương pháp vẽ biểu đồ nội lực theo nhận xét	23
1.9. Câu hỏi	24
Chương 2: KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM	25
2.1. Khái niệm chung	25
2.2. Ứng suất trên mặt cắt ngang	25
2.3. Biến dạng và hệ số Poát xông	28
2.4. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng	30
2.5. Đặc trưng cơ học của vật liệu	32
2.6. Ứng suất cho phép và hệ số an toàn	37
2.7. Bài toán siêu tĩnh	39
2.8. Câu hỏi	42
2.9. Bài tập	42
Chương 3: TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT VÀ CÁC THUYẾT BỀN	45
3.1. Khái niệm và phân loại trạng thái ứng suất	45
3.2. Trạng thái ứng suất phẳng	48
3.3. Trạng thái ứng suất khối	55

3.4. Liên hệ giữa ứng suất và biến dạng	56
3.5. Thế năng biến dạng đàn hồi	59
3.6. Các thuyết bền	61
3.7. Kết luận và ứng dụng	65
3.8. Câu hỏi	66
3.9. Bài tập	66
Chương 4: ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT NGANG	68
4.1. Khái niệm	68
4.2. Các đặc trưng quán tính của hình phẳng	69
4.3. Mômen quán tính của một số mặt cắt ngang đơn giản	72
4.4. Công thức chuyển trục song song – của mômen quán tính	74
4.5. Hệ trục quán tính chính - Công thức xoay trục của mômen quán tính	75
4.6. Ứng suất và biến dạng cắt - Định luật Húc về cắt	81
4.7. Hiện tượng dập – áp dụng cho đinh tán	82
4.8. Câu hỏi	85
4.9. Bài tập	85
Chương 5: XOẮN THUẦN TUYẾT THANH THĂNG	86
5.1. Khái niệm	86
5.2. Ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh tròn chịu xoắn thuần túy	87
5.3. Biến dạng của thanh tròn chịu xoắn thuần túy	91
5.4. Tính thanh chịu xoắn	92
5.5. Mặt cắt ngang hợp lý	96
5.6. Xoắn thuần túy thanh có mặt cắt ngang hình chữ nhật	97
5.7. Tính lò xo xoắn hình trụ có bước ngắn	98
5.8. Bài toán siêu tĩnh khi xoắn	100
5.9. Câu hỏi	102
5.10. Bài tập	103

Chương 6: UỐN NGANG PHẪNG THẠNH THẲNG	105
6.1. Khái niệm chung	105
A. Uốn thuần tuý phẳng	106
6.2. Khái niệm	106
6.3. Ứng suất trên mặt cắt ngang	108
6.4. Điều kiện bền của dầm chịu uốn thuần tuý phẳng	113
B. Dầm chịu uốn ngang phẳng	114
6.5. Ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn ngang phẳng	114
6.6. Kiểm tra bền của dầm chịu uốn ngang phẳng	120
6.7. Dầm chống uốn đều	123
C. Chuyển vị của dầm chịu uốn	124
6.8. Khái niệm chung	124
6.9. Thiết lập phương trình đường đàn hồi bằng phương pháp tích phân không định hạn	126
6.10. Phương pháp thông số ban đầu	130
6.11. Phương pháp tải trọng giả tạo (phương pháp đồ toán)	135
6.12. Câu hỏi	137
6.13. Bài tập	137
Chương 7: THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP	140
7.1. Khái niệm chung	140
7.2. Uốn xiên	141
7.3. Thanh chịu uốn phẳng và kéo (nén) đồng thời	147
7.4. Thanh chịu uốn và xoắn đồng thời	153
7.5. Trường hợp thanh chịu lực tổng quát	158
7.6. Câu hỏi	159
7.7. Bài tập	159
Chương 8: ỔN ĐỊNH CỦA THANH THẲNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM	162
8.1. Khái niệm về ổn định	162

8.2. Xác định lực tối hạn của thanh thẳng chịu nén đúng tâm (Bài toán Ole)	163
8.3. Giới hạn áp dụng công thức Ole và tính ổn định ngoài miền đàn hồi	166
8.4. Điều kiện ổn định và bền - Phương pháp thực hành tính thanh chịu nén	169
8.5. Dạng mặt cắt hợp lý	172
8.6. Câu hỏi	174
8.7. Bài tập	175
Chương 9: TÍNH ĐỘ BỀN KHI ỨNG SUẤT BIẾN ĐỔI	176
9.1. Khái niệm về ứng suất biến đổi và hiện tượng mỏi	176
9.2. Các đặc trưng của chu trình ứng suất	178
9.3. Giới hạn mỏi và biểu đồ giới hạn mỏi	180
9.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi	184
9.5. Tính độ bền mỏi (tính theo hệ số an toàn)	186
9.6. Các biện pháp nâng cao giới hạn mỏi	187
9.7. Ví dụ	189
9.8. Câu hỏi	190
9.9. Bài tập	191
Chương 10: TẢI TRỌNG ĐỘNG	192
10.1. Tính chuyển động thẳng với gia tốc không đổi	192
10.2. Tính ứng suất trong vô lăng quay với vận tốc không đổi	194
10.3. Khái niệm chung về dao động	196
10.4. Dao động của hệ đàn hồi một bậc tự do	198
10.5. Va chạm hệ đàn hồi một bậc tự do	200
10.6. Câu hỏi	203
10.7. Bài tập	203
<i>Phụ lục</i>	204
<i>Tài liệu tham khảo</i>	218

LỜI NÓI ĐẦU

Sức bền vật liệu là môn khoa học 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 bản, nền tảng phục vụ cho các môn học chuyên ngành trong các lĩnh vực cơ khí và xây dựng.

Cuốn sách được biên soạn theo đề cương chương trình giảng dạy môn học "Sức bền vật liệu" của trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Nội dung của cuốn sách được viết chủ yếu dựa vào các giáo trình Sức bền vật liệu đã được biên soạn trước đây cũng như kinh nghiệm giảng dạy của tác giả. Tác giả đã lược bỏ bớt những vấn đề không quan trọng, nhấn mạnh những vấn đề nghiên cứu chuyên sâu với mục đích làm cho nội dung cuốn sách cô đọng nhất.

Sách được biên soạn để phục vụ cho việc giảng dạy, nghiên cứu và học tập tại trường Đại học Công nghiệp.

Xin chân thành cảm ơn các cán bộ đồng nghiệp Bộ môn Cơ ứng dụng Khoa Cơ Khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã đóng góp ý kiến xây dựng và tạo điều kiện thuận lợi cho tác giả hoàn thành cuốn sách này.

Trong quá trình biên soạn cuốn sách chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Tác giả

CÁC KÝ HIỆU THƯỜNG DÙNG

Đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị thường dùng
Lực tập trung	P	N, kN, MN
Lực phân bố	q	N/m, kN/m
Mômen	M_x, M_y, M_z, m	Ncm, kNm, MNm
Lực dọc	N_z	N, kN, MN
Lực cắt	Q_x, Q_y	N, kN, MN
Tốc độ vòng quay	n	vòng/phút
Ứng suất toàn phần	\bar{p}	N/cm ² , kN/m ²
Ứng suất pháp	σ	N/cm ² , kN/m ²
Ứng suất tiếp	τ	N/cm ² , kN/m ²
Mômen quán tính	J_x, J_y	cm ⁴ , m ⁴
Mômen quán tính ly tâm	J_{xy}	cm ⁴ , m ⁴
Mômen quán tính độc cực	J_0	cm ⁴ , m ⁴
Mômen tĩnh	S_x, S_y	cm ³ , m ³
Diện tích mặt cắt ngang	F	cm ² , m ²
Mômen chống uốn	W_x, W_y	cm ³ , m ³
Mômen chống xoắn	W_0	cm ³ , m ³
Biến dạng dài tuyệt đối	Δl	mm, cm
Biến dạng dài tương đối	$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	
Biến dạng trượt tỷ đối	$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	
Bán kính quán tính	i_x, i_y	
Môđun đàn hồi trượt	G	kN/cm ²
Môđun đàn hồi kéo (nén)	E	kN/cm ²
Góc xoắn tuyệt đối	φ	Rad, độ
Góc xoắn tương đối	θ	Rad/m, độ/m

CÁC KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

Mục tiêu: Trang bị cho sinh viên những khái niệm cơ bản về môn học Sức bền vật liệu. Khái niệm về nội lực, cách xác định nội lực, khái niệm và phân loại các thành phần ứng suất và mối liên hệ giữa ứng suất - nội lực, nội lực - ngoại lực.

1.1. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG MÔN HỌC

1.1.1. Nhiệm vụ

Sức bền vật liệu là môn học nghiên cứu phương pháp tính toán độ bền, độ cứng và ổn định của các chi tiết máy và các phần tử của các công trình dưới tác dụng của tải trọng và sự thay đổi của nhiệt độ...

- *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.

- *Độ cứng* là khả năng của kết cấu, các phần tử của nó chống lại tác dụng của ngoại lực về mặt biến dạng. Vậy nên, sự thay đổi về hình dạng và kích thước của kết cấu 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 các yêu cầu công nghệ cần thiết.

- *Độ ổn định* là khả năng của kết cấu hoặc các phần tử của nó bảo toàn được dạng cân bằng đàn hồi xác định ban đầu trong quá trình chịu lực.

Thoả mãn các yêu cầu về bền, cứng và ổn định thường mâu thuẫn với yêu cầu tiết kiệm vật liệu, giảm giá thành chi phí. Giải quyết mâu thuẫn này là nhiệm vụ của Sức bền vật liệu. Ngày nay, với việc ứng dụng công nghệ mới,

vật liệu mới đòi hỏi phải có phương pháp đánh giá thích hợp, đó cũng là một lý do quan trọng thúc đẩy sự phát triển của môn học.

1.1.2. Đối tượng nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu

Với môn Cơ lý thuyết, đối tượng nghiên cứu là vật rắn tuyệt đối. Khi đó, ta xét sự cân bằng và chuyển động của vật rắn tuyệt đối mà không để ý đến sự biến dạng của vật.

Đối với Sức bền vật liệu, đối tượng nghiên cứu là các bộ phận công trình hay chi tiết máy, còn gọi là vật rắn thực. Vật rắn thực (còn gọi là vật rắn biến dạng) là vật rắn khi chịu lực thì hình dạng và kích thước của vật thể bị thay đổi. Do đó, ta phải xét đến biến dạng của vật thể trong quá trình chịu tác dụng của ngoại lực.

b) Phương pháp nghiên cứu

- Lý thuyết kết hợp với thực nghiệm:

Về lý thuyết, sử dụng những phần lý thuyết đã học của môn Cơ lý thuyết để tìm phân lực và nội lực... các kiến thức của vật lý, các phương pháp tính toán của toán học.

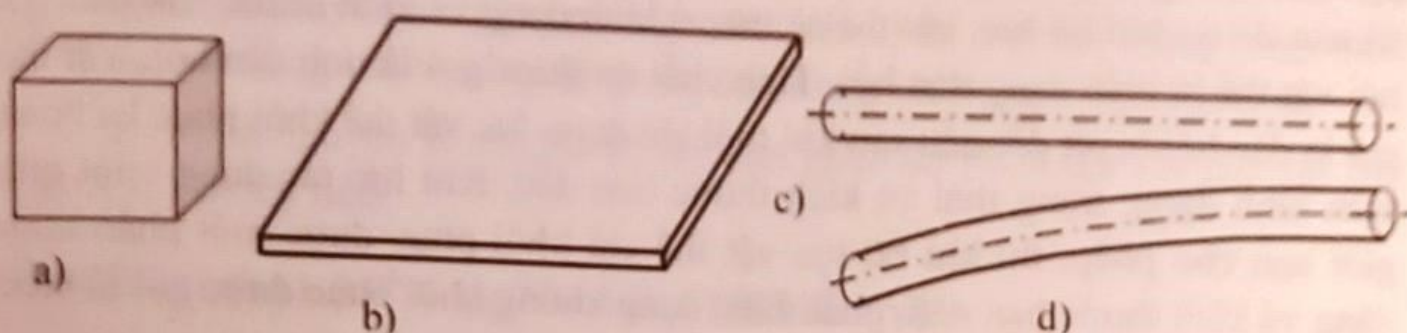
Về thực nghiệm, vì đối tượng nghiên cứu là các vật liệu thực như thép, gang... do đó chúng ta phải biết khả năng chịu lực cụ thể của chúng, nghĩa là phải nắm rõ các đặc trưng cơ học của chúng trong các trường hợp chịu lực khác nhau. Mặt khác, dựa vào thực nghiệm, sẽ kiểm nghiệm lại mức độ chính xác của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

- Mô hình hoá:

Các chi tiết máy và các kết cấu công trình có những hình dạng khác nhau, vậy việc phân loại chúng giúp chúng ta khái quát hoá được phương pháp luận và đề ra được phương pháp nghiên cứu thích hợp cho từng loại. Tùy theo sự tương quan về kích thước hình học mà người ta chia làm ba loại: khối, tấm vỏ, thanh.

+ Chi tiết hình khối: là vật thể có kích thước theo ba phương tương đương nhau (hình 1.1a). Ví dụ như móng máy, nền đất, bi... Đặc điểm của chi tiết dạng khối là bài toán ba chiều.

+ Chi tiết hình tấm, vò: là vật thể có kích thước theo hai phương rất lớn so với phương thứ ba (hình 1.1b), ví dụ tấm sàn, vòm mái... Đặc điểm của chi tiết dạng tấm, vò là bài toán hai chiều.



Hình 1.1. Phân loại các dạng vật thể

+ Chi tiết hình thanh: là vật thể có kích thước theo một phương rất lớn so với hai phương còn lại (hình 1.1c, d), ví dụ trục truyền trong máy, cột điện... Đặc điểm của chi tiết dạng thanh là bài toán một chiều. Do đó trong Sức bền vật liệu, người ta chủ yếu nghiên cứu các chi tiết dạng thanh.

c) Định nghĩa chi tiết hình thanh

Cho một diện tích phẳng F có trọng tâm O , (C) là một đường cong mà độ dài lớn hơn rất nhiều kích thước lớn nhất của F . Cho F dịch chuyển trong không gian sao cho trọng tâm của F luôn trượt trên (C) và F 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. Đường cong (C) được gọi là trục thanh, hình phẳng F 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 được biểu diễn bằng đường trục của nó.

Tuỳ thuộc vào dạng của đường trục thanh (C) mà ta phân thành thanh thẳng (hình 1.1c) và thanh cong (hình 1.1d). Dựa vào tính chất của mặt cắt ngang (F) ta phân thành thanh có mặt cắt ngang không đổi hay thanh có mặt cắt ngang thay đổi (kích thước luôn thay đổi khi chuyển động). Mặt cắt của thanh có thể đối xứng hoặc không đối xứng.

1.2. CÁC GIẢ THUYẾT CƠ BẢN VỀ VẬT LIỆU

1.2.1. Tính đàn hồi của vật thể

Dưới tác dụng của nhiệt độ, ngoại lực, vật thể bị biến dạng. Qua nhiều thí nghiệm chứng tỏ, với mỗi loại vật liệu, khi lực tác dụng chưa vượt quá một giá trị nào đó thì khi bỏ lực, vật thể sẽ trở về hình dạng và kích thước ban đầu. Ta nói vật thể bị biến dạng đàn hồi. Tính chất đó được gọi là tính đàn hồi. Vật thể gọi là đàn hồi tuyệt đối nếu sau khi thôi tác dụng lực vật thể khôi phục lại hoàn toàn hình dạng, trạng thái và kích thước ban đầu. Khi lực tác dụng vượt quá giới hạn cho phép, thì khi bỏ lực vật thể chỉ khôi phục được một phần hình dạng và kích thước ban đầu, phần biến dạng không khôi phục được gọi là biến dạng dư hay biến dạng dẻo.

Sức bền vật liệu chủ yếu nghiên cứu sự làm việc của vật thể ở mức độ đàn hồi tuyệt đối.

1.2.2. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu

Người ta đưa ra các giả thuyết cơ bản về vật liệu nhằm lược bỏ các tính chất không cơ bản của nó để giúp cho việc tính toán đơn giản mà vẫn đảm bảo chính xác theo yêu cầu nhất định.

Giả thuyết 1: Vật liệu có tính liên tục, đồng tính và đẳng hướng.

Là loại vật liệu có tính chất cơ học và lý học tại mọi điểm và theo mọi phương đều như nhau.

Vì vậy từ giả thuyết này cho phép ta nghiên cứu một phân tử bé để suy rộng cho cả vật thể lớn khi áp dụng các phép tính vi phân, tích phân trong quá trình tính toán.

Giả thuyết 2: Vật liệu có tính đàn hồi tuyệt đối.

Trong giai đoạn đàn hồi, theo định luật Húc (Hooke), tương quan giữa lực và biến dạng là tương quan bậc nhất. Giả thuyết này nêu lên phạm vi nghiên cứu của môn học.

Giả thuyết 3: Biến dạng của vật thể do ngoại lực gây ra là rất bé so với kích thước của vật.

Từ giả thuyết này, ta có thể xem điểm đặt của lực là không thay đổi khi vật thể bị biến dạng. Từ đó, ta có thể viết các phương trình cân bằng tĩnh và động cho một vật được coi như ở trạng thái không biến dạng. Cũng từ đây, cho

phép ta áp dụng nguyên lý cộng tác dụng (nguyên lý độc lập tác dụng) khi giải bài toán về vật chịu tác dụng của nhiều hệ tải trọng khác nhau.

1.2.3. Nguyên lý độc lập tác dụng của lực (nguyên lý cộng tác dụng)

Một vật (hay một hệ đàn hồi) khi chịu tác dụng đồng thời của một hệ gồm nhiều lực (hay nhiều nguyên nhân khác nhau) thì một đại lượng (ứng suất, biến dạng) ở trong vật sẽ bằng tổng các đại lượng tác dụng riêng rẽ gây ra.

Dựa trên nguyên lý này, ta có thể làm giảm độ phức tạp khi giải các bài toán Sức bền vật liệu.

1.3. CÁC LOẠI BIẾN DẠNG VÀ CHUYỂN VỊ

1.3.1. Biến dạng dài và biến dạng góc

Sự thay đổi kích thước, hình dạng hình học của vật thể khi có ngoại lực tác dụng.

Gồm có các loại biến dạng dài (biến dạng thẳng) và biến dạng góc (biến dạng trượt) (hình 1.2).

Để nghiên cứu về các loại biến dạng này, tại một điểm trong vật thể bị biến dạng, ta tách một phân tử hình hộp nhỏ.

Độ thay đổi về chiều dài của các cạnh phân tử gọi là biến dạng dài của cạnh phân tử đó. Biến dạng dài tuyệt đối là sự thay đổi kích thước tuyệt đối của vật thể trước và sau biến dạng, ký hiệu Δd_x .

Biến dạng tương đối (biến dạng dài tỷ đối) ký hiệu $\varepsilon = \frac{\Delta d_x}{d_x}$.

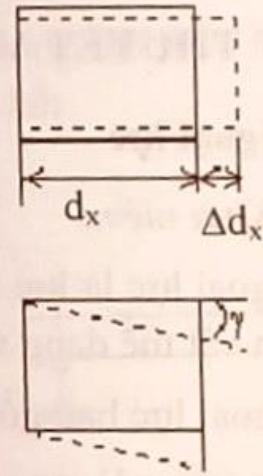
Biến dạng góc (biến dạng trượt) là sự thay đổi giá trị của một góc trước và sau biến dạng ký hiệu là γ .

1.3.2. Chuyển vị dài và chuyển vị góc

Là sự thay đổi về vị trí của một điểm hoặc một mặt cắt, gồm có:

Chuyển vị dài: Là sự thay đổi vị trí của một điểm trong vật thể biến dạng.

Chuyển vị góc (góc xoay): Góc tạo bởi hai vị trí cũ và mới của một đoạn thẳng nào đó trong vật thể biến dạng, ký hiệu là θ .



Hình 1.2. Biến dạng dài và biến dạng góc

TÀI LIỆU THAM KHẢO

*Bản quyền tác giả thuộc sở hữu của trường Đại học Công Nghiệp Hà Nội
Công ty CP Sách Giáo dục tại TP. Hà Nội – NXBGD Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm*

GIÁO TRÌNH SỨC BỀN VẬT LIỆU

Mã số: 7B019S1-TTS

Số ĐKKH xuất bản: 1048-2011/CXB/15-1495/GD

**In 1.000 cuốn (QĐ: 89TK), khổ 17x24cm tại Công ty TNHH in Thanh Bình
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2011.**