

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI
KHOA CƠ SỞ - CƠ BẢN
BỘ MÔN : SỨC BỀN VẬT LIỆU

BÀI GIẢNG SỨC BỀN VẬT LIỆU

TÊN HỌC PHẦN : SỨC BỀN VẬT LIỆU 1

MÃ HỌC PHẦN : 18502

TRÌNH ĐỘ ĐÀO TẠO : ĐẠI HỌC CHÍNH QUY

(Tài liệu lưu hành nội bộ)

MỤC LỤC

STT	NỘI DUNG	TRANG
1	Chương 1: Những khái niệm mở đầu	6
2	1.1. Nhiệm vụ và đối tượng của môn học	6
3	1.2. Phạm vi nghiên cứu của môn học	7
4	1.3. Các giả thuyết và khái niệm cơ bản	8
5	1.4. Ngoại lực	9
6	1.5. Nội lực - Biểu đồ nội lực	11
7	1.6. Ứng suất	19
8	Chương 2: Kéo (nén) đúng tâm thanh thẳng	25
9	2.1. Khái niệm	25
10	2.2. Ứng suất trên mặt cắt ngang	25
11	2.3. Biến dạng và chuyển vị của mặt cắt ngang	27
12	2.4. Đặc trưng cơ học của vật liệu	30
13	2.5. Tính toán thanh chịu kéo (nén) đúng tâm	33
14	Chương 3: Đặc trưng hình học của mặt cắt ngang	42
15	3.1. Các đặc trưng hình học của mặt cắt ngang	42
16	3.2. Công thức mômen quán tính của một số mặt cắt thường gặp	43
17	3.3. Công thức chuyển trục song song của mômen tĩnh và mômen quán tính	45
18	3.4. Công thức xoay trục của mô men quán tính – Hệ trục quán tính chính	46
19	3.5. Xác định mômen quán tính chính trung tâm của mặt cắt ghép	48
20	Chương 4: Xoắn thuần túy thanh tròn	53
21	4.1. Khái niệm	53
22	4.2. Ứng suất trên mặt cắt ngang	53
23	4.3. Biến dạng và chuyển vị của mặt cắt ngang	55
24	4.4. Tính toán lò xo xoắn ốc, hình trụ, bước ngắn	57
25	4.5. Tính toán trục tròn chịu xoắn thuần túy	59
26	Chương 5: Uốn phẳng thanh thẳng	65
27	5.1. Khái niệm	65
28	5.2. Thanh chịu uốn thuần túy phẳng	66
29	5.3. Thanh chịu uốn ngang phẳng	73
30	5.4. Chuyển vị của dầm chịu uốn phẳng	79
31	5.5. Tính toán dầm chịu uốn phẳng	89

Yêu cầu và nội dung chi tiết

Tên học phần: Sức bền vật liệu 1

Mã HP: 18502

a. Số tín chỉ: 03 TC

BTL ☐

ĐAMH ☐

b. Đơn vị giảng dạy: Bộ môn Sức bền vật liệu

c. Phân bố thời gian:

- Tổng số (TS): 48 tiết.

- Lý thuyết (LT): 26 tiết.

- Thực hành (TH): 6 tiết.

- Bài tập (BT): 14 tiết.

- Hướng dẫn BTL/ĐAMH (HD): 0 tiết.

- Kiểm tra (KT): 2 tiết.

d. Điều kiện đăng ký học phần: Học sau môn Cơ lý thuyết.

e. Mục đích, yêu cầu của học phần:

Kiến thức:

Cung cấp cho sinh viên kiến thức về các khái niệm cơ bản của môn học, các đặc trưng hình học của mặt cắt ngang, đặc trưng cơ học của vật liệu, trạng thái ứng suất của các điểm và cách xác định chúng. Trên cơ sở đó đưa ra phương pháp tính toán độ bền, độ cứng của bộ phận công trình và chi tiết máy trong các trường hợp chịu lực đơn giản...

Kỹ năng:

- Có khả năng tư duy, phân tích, đánh giá đúng trạng thái chịu lực của bộ phận công trình, chi tiết máy.

- Có khả năng ứng dụng kiến thức của môn học để giải quyết vấn đề trong thực tiễn.

- Có kỹ năng giải các bài toán cơ bản của môn học một cách thành thạo.

Thái độ nghề nghiệp:

- Hiểu rõ vai trò quan trọng của môn học đối với các ngành kỹ thuật, từ đó có thái độ nghiêm túc, tích cực, cố gắng trong học tập.

f. Mô tả nội dung học phần:

Học phần Sức bền vật liệu 1 bao gồm các nội dung sau:

-Chương 1: Những khái niệm chung

-Chương 2: Kéo (nén) đúng tâm thanh thẳng

-Chương 3: Trạng thái ứng suất và các lý thuyết bền.

-Chương 4: Đặc trưng hình học của mặt cắt ngang.

-Chương 5: Xoắn thuần túy thanh tròn.

-Chương 6: Uốn phẳng thanh thẳng.

g. Người biên soạn: Th.S Nguyễn Hồng Mai, Bộ môn Sức bền vật liệu – Khoa Cơ sở-cơ bản.

h. Nội dung chi tiết học phần:

TÊN CHƯƠNG MỤC	PHÂN PHỐI SỐ TIẾT					
	TS	LT	BT	TH	HD	KT
Chương 1 Những khái niệm mở đầu.	8	5	3			
1.1. Nhiệm vụ và đối tượng của môn học.		0.5				
1.2. Các giả thuyết và khái niệm cơ bản.		0.5				
1.3. Ngoại lực.		1				

TÊN CHƯƠNG MỤC	PHÂN PHỐI SỐ TIẾT					
	TS	LT	BT	TH	HD	KT
1.4. Nội lực.		2				
1.5. Ứng suất.		1				
Bài tập			3			
Nội dung tự học (16t): -Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp -Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết)						
Chương 2. Kéo (nén) đúng tâm thanh thẳng..	10	5	3	2		
2.1. Ứng suất trên mặt cắt ngang.		0.5				
2.2.. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng..		0.5				
2.3.. Biến dạng và chuyển vị.		1				
2.4.Đặc trưng cơ học của vật liệu..		0.5				
2.5. Tính toán thanh chịu kéo (nén) đúng tâm.		2				
2.6.. Bài toán siêu tĩnh		0.5				
Bài tập.			3			
Nội dung tự học (20t): -Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp -Tự đọc mục 2.6. và 2.7.trong giáo trình [1]ở mục k -Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết.)						
Chương 3. Trạng thái ứng suất và Các lý thuyết bền.	5	3	1			1
3.1. Khái niệm.		0.5				
3.2.Nghiên cứu trạng thái ứng suất phẳng		0.5				
3.3.Nghiên cứu trạng thái ứng suất khối.		0.5				
3.4.Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng.		0.5				
3.5.Các lý thuyết bền.		1				
Bài tập.			1			
Kiểm tra						1
Nội dung tự học (10t): -Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp -Tự đọc mục 3.1.,3.2., 3.6. trong giáo trình [1]ở mục k -Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết.)						
Chương 4. Đặc trưng hình học của mặt cắt.	5	3	2			
4.1. Các đặc trưng hình học của mặt cắt		0.5				
4.2. Mô men quán tính của một số mặt cắt đơn giản..		05				

TÊN CHƯƠNG MỤC	PHÂN PHỐI SỐ TIẾT					
	TS	LT	BT	TH	HD	KT
4.3. Công thức chuyển trục song song.		0.5				
4.4. Công thức xoay trục..		0.5				
4.5. Xác định mô men quán tính chính trung tâm của mặt cắt ghép.		1				
Bài tập.			2			
Nội dung tự học (10t): -Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp -Tự đọc mục 4.4. ,4.5 ,. 4.6. trong giáo trình [1]ở mục k -Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết.)						
Chương 5. Xoắn thuần túy thanh tròn.	8	4	2	2		
5.1.Ứng suất trên mặt cắt ngang.		0.5				
5.2. Trạng thái ứng suất và dạng phá hỏng của thanh tròn chịu xoắn thuần túy.		0.5				
5.3.Biến dạng và chuyển vị.		1				
5.4. Tính toán thanh tròn chịu xoắn thuần túy.		1				
5.5. Bài toán siêu tĩnh.		0.5				
5.6. Tính toán lò xo xoắn ốc ,hình trụ ,bước ngắn.		0.5				
Bài tập.			2			
Nội dung tự học (16t) -Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp -Tự đọc mục 5.3. và 5.8. trong giáo trình [1]ở mục k -Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết)						
Chương 6. Uốn phẳng thanh thẳng.	12	6	3	2		1
6.1. Khái niệm.		0.5				
6.2. Thanh chịu uốn thuần túy phẳng.		1				
6.3. Thanh chịu uốn ngang phẳng.		2				
6.4. Chuyển vị của dầm chịu uốn phẳng.		2				
6.5. Bài toán siêu tĩnh.		0.5				
Bài tập.			3			
Kiểm tra						1

TÊN CHƯƠNG MỤC	PHÂN PHỐI SỐ TIẾT					
	TS	LT	BT	TH	HD	KT
Nội dung tự học (24t) <i>-Đọc trước nội dung tiết học(trong bài giảng chi tiết) trước khi lên lớp</i> <i>-Tự đọc mục 6.4. và 6.5.3. trong giáo trình [1]ở mục k</i> <i>-Làm đầy đủ bài tập cuối chương(trong bài giảng chi tiết)</i>						

i. Mô tả cách đánh giá học phần

-Để được dự thi kết thúc học phần, sinh viên phải đảm bảo đồng thời 3 điều kiện:

+Tham gia học tập trên lớp $\geq 75\%$ tổng số tiết của học phần.

+Bài thực hành(thí nghiệm) đạt yêu cầu.

+Điểm $X \geq 4$

- Cách tính điểm X : $X = X_2$

- X_2 là điểm trung bình hai bài kiểm tra giữa học kỳ (điểm của mỗi bài kiểm tra có tính đến điểm khuyến khích thái độ học tập trên lớp, tinh thần tự học của sinh viên.)

-Hình thức thi kết thúc học phần (tính điểm Y):

Thi viết, rọc phách, thời gian làm bài 90 phút.

- Điểm đánh giá học phần : $Z = 0,5X + 0,5Y$

Trường hợp sinh viên không đủ điều kiện dự thi thì ghi $X = 0$ và $Z = 0$.

Trường hợp điểm $Y < 2$ thì $Z = 0$.

Điểm X,Y,Z được lấy theo thang điểm 10, làm tròn đến 1 chữ số sau dấu phẩy.

Điểm Z sau khi tính theo thang điểm 10, được qui đổi sang thang điểm 4 và thang điểm chữ A+, A, B+, B, C+, C, D+, D, F.

k. Giáo trình:

[1]. Nguyễn Bá Đường. *Sức bền vật liệu* . NXB Xây Dựng, 2002.

l. Tài liệu tham khảo:

[1]. Lê Ngọc Hồng *Sức bền vật liệu*, NXB Khoa học và kỹ thuật 1998.

[2]. Phạm Ngọc Khánh ,*Sức bền vật liệu*, NXB Xây Dựng, 2002.

[3]. Bùi Trọng Lựu, Nguyễn Văn Vượng, *Bài tập Sức bền vật liệu*, NXB Giáo dục, 1999.

[4].I.N.Mirôliubôp,X.A.Engalutrep, N.Đ.Xerghiepcki, *Bài tập sức bền vật liệu*, NXB Xây Dựng,2002.

m. Ngày phê duyệt: 30/5/2015

n. Cấp phê duyệt:

Trưởng khoa

Trưởng bộ môn

Người biên soạn

TS Hoàng Văn Hùng

ThS Nguyễn Hồng Mai

ThS Nguyễn Hồng Mai

Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

1.1. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CỦA MÔN HỌC

1.1.1 Khái niệm về môn học Sức bền vật liệu

Sức bền vật liệu là một môn cơ sở kỹ thuật thuộc chuyên ngành cơ học vật rắn biến dạng: Nó nghiên cứu khả năng chịu lực của vật liệu, trên cơ sở đó đề ra các phương pháp tính toán sao cho các chi tiết máy, các bộ phận công trình làm việc an toàn.

1.1.2. Nhiệm vụ của môn học

Là xác định kích thước cần thiết và chọn vật liệu phù hợp cho các bộ phận công trình hay chi tiết máy với yêu cầu chi phí vật liệu ít nhất mà vẫn đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật là độ bền, độ cứng, độ ổn định.

- Đảm bảo độ bền: Không bị nứt, vỡ, gãy, phá hỏng khi chịu lực
- Đảm bảo độ cứng: Không bị biến dạng quá lớn vượt mức cho phép làm ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của chúng.
- Đảm bảo độ ổn định: Bảo toàn được hình dạng hình học ban đầu theo thiết kế (không bị cong vênh, méo mó ...).

Ngoài các yêu cầu cơ bản trên, một số công trình còn đòi hỏi tính dẻo dai (độ bền mỏi) hoặc độ bền va đập...

1.1.3 Đối tượng nghiên cứu của môn học.

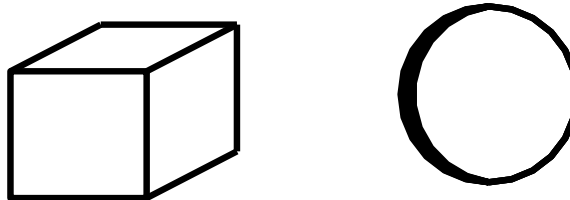
a. Vật thể: Vật thể được nghiên cứu trong SBVL là vật rắn thực, nghĩa là phải xét đến sự biến dạng của vật thể trong quá trình chịu tác dụng của ngoại lực. Chính vì vậy người ta còn gọi là vật rắn biến dạng.

b. Hình dáng của vật thể

Vật thể chịu lực trong thực tế có thể có những hình dáng khác nhau, tuy nhiên chúng được phân làm 3 loại chính theo tương quan kích thước hình học trong không gian.

- Vật thể hình khối: là những vật thể có kích thước theo ba phương lớn tương đương nhau.

Ví dụ : Móng máy, móng nhà, nền đất...



Hình 1.1

- Vật thể hình tấm và vỏ: là những vật thể có kích thước theo 2 phương rất lớn so với phương thứ ba. Kích thước bé được gọi là bề dày của tấm hoặc vỏ.

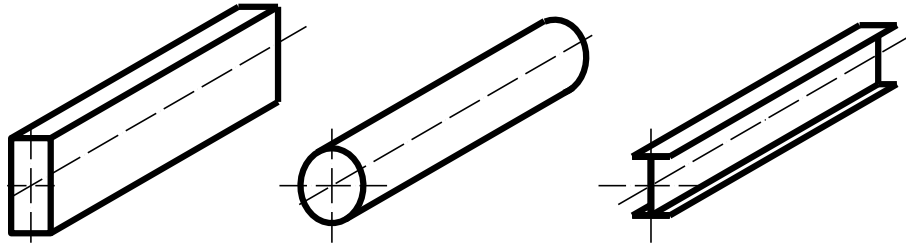
Ví dụ: Vỏ tàu, vỏ máy..



Hình 1.2

- Vật thể hình thanh: là những vật thể có kích thước theo 1 phương lớn hơn rất nhiều so với 2 phương kia. Phương có kích thước lớn được gọi là phương trục thanh.

Ví dụ : dầm, xà nhà, cột chống, trục của máy...



Hình 1.3

Chi tiết hình thanh được gặp phổ biến hơn cả trong kết cấu công trình, vì vậy SBVL nghiên cứu chủ yếu vật thể hình thanh. Người ta có thể chỉ cần biểu diễn thanh bằng đường trục của nó kèm theo hình vẽ mặt cắt ngang.

* Ta có thể định nghĩa thanh như sau:

Thanh là hình khối do một hình phẳng F vạch ra khi F di động trong không gian sao cho trọng tâm O của nó chuyển động trên một đường z xác định và F luôn vuông góc với đường z . Quỹ đạo trọng tâm O (đường z) gọi là trục thanh, hình phẳng F được gọi là mặt cắt ngang của thanh

* Để phân loại thanh, có thể căn cứ vào hình dạng trục thanh: thanh thẳng, thanh cong, thanh không gian... hoặc mặt cắt ngang thanh: thanh tròn, thanh chữ nhật, thanh lăng trụ, thanh không lăng trụ....

1.1.4. Phạm vi nghiên cứu của môn học

a. Tính đàn hồi của vật liệu

Dưới tác dụng của ngoại lực, vật thể bị biến dạng, nghĩa là nó bị thay đổi hình dáng, kích thước. Thí nghiệm cho thấy rằng, nếu lực tác dụng lên nó chưa vượt quá một giới hạn nào đó thì khi bỏ lực tác dụng đi, vật thể sẽ khôi phục lại hình dáng và kích thước ban đầu. Khả năng này của vật liệu được gọi là tính đàn hồi. Như vậy tất cả các loại vật liệu ít hay nhiều đều có tính đàn hồi và bị biến dạng khi có lực tác dụng lên nó. Vì vậy môn học SBVL được coi như một ngành cơ học vật rắn biến dạng.

Khi vật thể khôi phục lại hoàn toàn kích thước, hình dáng của nó thì gọi là vật thể có tính đàn hồi tuyệt đối. Thí nghiệm cũng chỉ ra rằng tính đàn hồi tuyệt đối của vật liệu được duy trì khi lực tác dụng lên nó chưa quá lớn, chưa vượt quá một giới hạn nhất định. Biến dạng của vật liệu trong giới hạn này gọi là biến dạng đàn hồi.

Khi lực tác dụng đã vượt quá giới hạn xác định trên thì tính đàn hồi của vật liệu không còn là tuyệt đối nữa, nghĩa là khi bỏ lực tác dụng đi, vật thể vẫn còn một phần biến dạng. Biến dạng còn lại này được gọi là biến dạng dẻo hay biến dạng dư.

b. Phạm vi nghiên cứu của môn học SBVL

Chỉ nghiên cứu sự làm việc của vật liệu trong giai đoạn đàn hồi và tính đàn hồi được coi là tuyệt đối.

1.1.5. Phương pháp nghiên cứu của môn học.

Là phương pháp tư duy kỹ thuật, giải quyết những bài toán thực tế bằng cách ít phức tạp mà vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết, thích hợp. Các kết quả của SBVL được kiểm tra, bổ sung bằng các

nghiên cứu của các môn khoa học chính xác như lý thuyết đàn hồi, lý thuyết dẻo, lý thuyết dao động...và bằng những số liệu thực nghiệm.

1.2. CÁC GIẢ THUYẾT VÀ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.2.1. Các giả thuyết về vật liệu

Các chi tiết máy, bộ phận công trình được chế tạo từ nhiều vật liệu khác nhau do đó tính chất cơ lý của chúng cũng rất khác nhau. Để đưa ra được phương pháp tính chung, SBVL nghiên cứu một loại vật liệu qui ước là loại vật liệu có tính những tính chất chung nhất, phổ biến nhất của nhiều loại vật liệu thực. Những tính chất này được cụ thể bằng 3 giả thuyết sau:

* **Giả thuyết 1:** Vật liệu có tính đồng nhất, liên tục và đẳng hướng, Theo giả thuyết này, tính chất cơ học của vật liệu ở mọi điểm trong một vật thể là như nhau, cho phép ta chỉ cần nghiên cứu một phần tử vật liệu bé để suy rộng cho cả vật thể lớn. Với tính liên tục của vật liệu, cho phép sử dụng kiến thức của các môn học khác như Toán, Lý thuyết đàn hồi...

* **Giả thuyết 2:** Vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi và tính đàn hồi được coi là tuyệt đối. Giả thuyết này cho phép ta sử dụng định luật Hooke, coi tương quan giữa lực và biến dạng là bậc nhất

* **Giả thuyết 3:** Coi biến dạng của vật thể do ngoại lực gây ra là bé. Biến dạng được coi là bé khi biến dạng tỷ đối $\ll 1$. Giả thuyết này cho phép ta được bỏ qua các vô cùng bé bậc cao và sử dụng nguyên lý độc lập tác dụng (hoặc nguyên lý cộng tác dụng) mà nội dung như sau “ Tác dụng đồng thời của nhiều lực bằng tổng tác dụng của từng lực riêng biệt”.

1.2.2. Các khái niệm cơ bản

1.2.2.1. Biến dạng:

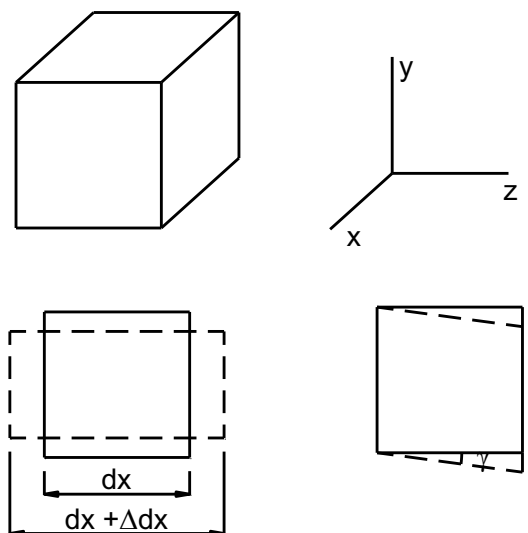
Giả sử tách một phần tử thể tích hình hộp từ 1 điểm trên vật thể chịu lực cân bằng.

a. Biến dạng dài:

Sau biến dạng, cạnh của phần tử thay đổi chiều dài.

- Lượng thay đổi chiều dài của một đoạn chiều dài được gọi là biến dạng dài tuyệt đối ($\Delta dx, \Delta dy, \Delta dz$)
- Nếu chiều dài đoạn thẳng ban đầu bằng 1 đơn vị thì biến dạng được gọi là biến dạng tỷ đối

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta dx}{dx}; \varepsilon_y = \frac{\Delta dy}{dy}; \varepsilon_z = \frac{\Delta dz}{dz}$$



Hình 1.4

b. Biến dạng góc:

Sau biến dạng, góc vuông của phần tử sẽ thay đổi một lượng

- Lượng thay đổi của một góc vuông được gọi là biến dạng góc γ .

Biến dạng thể tích : Sau biến dạng, thể tích của phần tử sẽ thay đổi một lượng

- Lượng thay đổi của một đơn vị thể tích được gọi là biến dạng thể tích tỷ đối

$$\theta = \frac{\Delta V}{V}$$

Biến dạng ε , γ , θ là những đại lượng không thứ nguyên.

1.2.2.2. Chuyển vị

a. Chuyển vị dài: Là độ thay đổi vị trí của 1 điểm. Giả sử xét điểm A, sau biến dạng điểm A chuyển đến A' thì AA' là chuyển vị dài

b. Chuyển vị góc: Là góc tạo bởi vị trí của một đoạn thẳng trước và sau biến dạng. Giả sử xét đoạn thẳng CD, sau biến dạng C dịch chuyển đến C' và D dịch chuyển D' và coi C'D' vẫn thẳng. Vậy góc tạo bởi CD và C'D' gọi là chuyển vị góc

1.2.2.3. Các trường hợp chịu lực cơ bản

a. Kéo (nén) đúng tâm: Sau biến dạng, trục của thanh vẫn thẳng chỉ có chiều dài thanh sẽ co ngắn hoặc dãn dài

b. Xoắn thuần túy: Sau biến dạng, trục của thanh vẫn thẳng và có chiều dài không đổi, chỉ có mặt cắt ngang xoay quanh trục.

c. Cắt: Sau biến dạng, trục thanh vẫn thẳng nhưng bị gián đoạn, mặt cắt ngang sẽ dịch chuyển (trượt) tương đối với nhau

d. Uốn phẳng: Sau biến dạng, trục của thanh sẽ bị cong đi, mặt cắt ngang sẽ dịch chuyển và xoay đi một góc so với vị trí ban đầu

Bốn biến dạng trên là những dạng chịu lực đơn giản nhất, tuy nhiên trên thực tế sự chịu lực của thanh có thể là tổ hợp những trường hợp cơ bản trên, khi đó thanh được gọi là chịu lực phức tạp

1.3 NGOẠI LỰC

1.3.1. Định nghĩa.

Ngoại lực là những lực của môi trường xung quanh hay của vật thể khác tác dụng lên vật thể đang xét.

1.3.2. Phân loại ngoại lực.

Ngoại lực được phân thành hai loại chính : tải trọng và phản lực liên kết

a. Tải trọng: Là lực tác dụng lên vật thể đang xét mà điểm đặt, phương chiều và trị số (độ lớn) coi như đã biết trước.

Về hình thức tác dụng, tải trọng được chia thành tải trọng tĩnh và tải trọng động. Tải trọng tĩnh là tải trọng có trị số tăng dần từ 0 đến một giá trị xác định rồi sau đó không thay đổi nữa. Tải trọng tĩnh không gây nên lực quán tính. Tải trọng động là tải trọng mà trị số của nó tăng đột ngột, thay đổi liên tục theo thời gian và gây nên lực quán tính.

Về điểm đặt tải trọng có thể chia thành tải trọng tập trung, tải trọng phân bố (phân bố đường, phân bố diện tích và phân bố thể tích) .

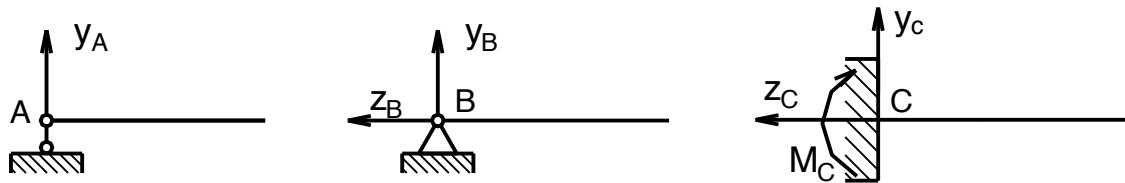
b. Phản lực liên kết:

Phản lực liên kết là lực hay ngẫu lực phát sinh ra tại những chỗ tiếp xúc của vật thể đang xét với vật thể khác khi có tải trọng tác dụng lên nó. Trị số và phương chiều của phản lực liên kết ngoài việc phụ

thuộc vào tải trọng còn phụ thuộc vào hình thức liên kết. Vì vậy chúng ta sẽ xem xét các loại liên kết và phản lực liên kết ứng với nó.

1.3.3. Các loại liên kết và phản lực liên kết

a. Các loại liên kết phẳng:



Hình 1.4

Gối di động(còn gọi là khớp di động)

Gối di động là loại liên kết cho phép thanh quay xung quanh một khớp và có thể di động theo một phương xác định. Liên kết này hạn chế sự di chuyển một phương. Theo phương bị hạn chế này sẽ phát sinh một phản lực liên kết. Sơ đồ của sự liên kết này như ở hình 1.4a

Gối tựa cố định(hay còn gọi là khớp cố định)

Gối cố định là loại liên kết chỉ cho phép thanh quay xung quanh một khớp, còn mọi di động thẳng khác đều bị hạn chế. Tại liên kết này sẽ xuất hiện một phản liên kết có phương xác định. Phản lực này có thể phân tích thành hai thành phần : thẳng đứng và nằm ngang. Sơ đồ của liên kết này được biểu diễn ở hình 1.4b

Ngàm

Ngàm là loại liên kết hạn chế mọi sự di chuyển của thanh. Tại liên kết này sẽ phát sinh một mômen và hai thành phần lực thẳng đứng và nằm ngang. Sơ đồ của ngàm được biểu diễn ở hình 1.4c

Với liên kết không gian thì số phản lực liên kết sẽ nhiều hơn.

b. Cách xác định phản lực liên kết

Để xác định các phản lực liên kết, ta coi vật thể đang xét như một vật rắn tuyệt đối và tất cả ngoại lực tác dụng lên vật thể tạo thành một hệ lực cân bằng. Trường hợp tất cả các ngoại lực nằm trong mặt phẳng chứa trục thanh gọi là bài toán phẳng. Đối với bài toán phẳng có ba phương trình cân bằng tĩnh học. Còn đối với bài toán không gian có sáu phương trình cân bằng tĩnh học.

Đối với bài toán phẳng có ba dạng phương trình cân bằng tĩnh học sau đây:

a) Tổng hình chiếu của các ngoại lực lên 2 phương x, y không song song và tổng mômen của các ngoại lực lấy đối với một điểm tùy ý bằng không.

$$\sum_{i=1}^n X(P_i)=0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n Y(P_i)=0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n M_A(P_i)=0 \quad (1.1)$$

b) Tổng hình chiếu của các lực theo một phương u và tổng mômen của các lực đối với hai điểm không cùng nằm trên phương vuông góc với phương u bằng không

$$\sum_{i=1}^n U(P_i)=0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n M_A(P_i)=0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n M_B(P_i)=0 \quad (1.2)$$

c) Tổng mômen của các lực lấy đối với 3 điểm không thẳng hàng bằng không

$$\sum_{i=1}^n M_A(P_i)=0 ; \sum_{i=1}^n M_B(P_i)=0 ; \sum_{i=1}^n M_C(P_i)=0 \quad (1.3)$$

Ở đây P_i là các ngoại lực; $i = 1, 2, \dots, n$

Khi số phản lực liên kết cần phải tìm bằng số phương trình cân bằng tĩnh học, bài toán được gọi là bài toán tĩnh định. Khi đó ta có thể xác định được các phản lực liên kết bằng các phương trình cân bằng tĩnh học. Còn khi số phản lực liên kết cần phải tìm lớn hơn số phương trình cân bằng tĩnh học, bài toán được gọi là bài toán siêu tĩnh. Ở bài toán siêu tĩnh, muốn xác định được các phản lực liên kết phải sử dụng thêm các phương trình về điều kiện biến dạng. Vấn đề này sẽ được xem xét kỹ ở chương sau

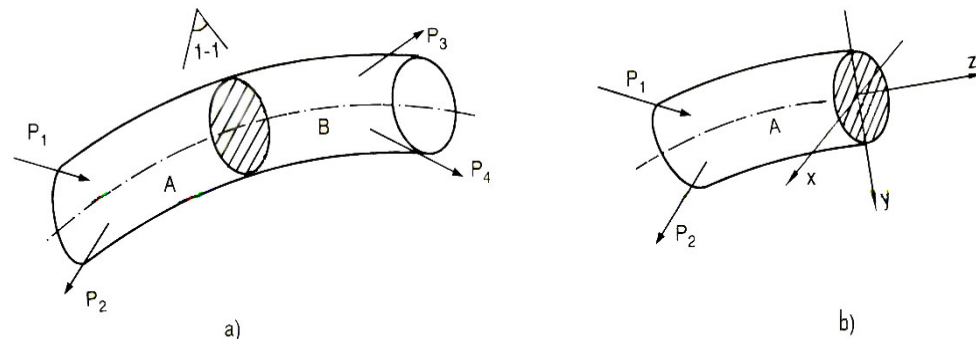
1.4. NỘI LỰC

1.4.1. Định nghĩa

Độ thay đổi lực liên kết giữa các phần tử bên trong vật thể khi vật thể biến dạng được gọi là nội lực. Theo định nghĩa trên ta thấy rằng nội lực chỉ xuất hiện khi vật thể bị biến dạng tức là chỉ khi có ngoại lực tác dụng lên vật thể.

1.4.2. Phương pháp mặt cắt

Để xác định nội lực, ta dùng phương pháp mặt cắt. Nội dung của phương pháp như sau: Xét một thanh chịu lực cân bằng. Muốn xác định nội lực trên mặt cắt 1 - 1 nào đó :



Hình 1.5

Ta tưởng tượng cắt thanh bằng 1 mặt cắt 1 - 1 chia thanh thành 2 phần A, B. Xét cân bằng của 1 phần, phần thanh này cũng phải nằm trong trạng thái cân bằng tĩnh học cho nên nội lực trên mặt cắt và các ngoại lực tác dụng lên phần thanh này tạo thành một hệ lực cân bằng. Từ các phương trình cân bằng tĩnh học ta xác định được các thành phần nội lực trên mặt cắt 1 - 1.

1.4.3. Các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang.

Trong trường hợp mặt cắt 1 - 1 là mặt cắt ngang, trên mặt cắt ta chọn hệ trục tọa độ như sau: pháp tuyến của mặt cắt là trục Oz, hai trục Ox và Oy nằm trong mặt cắt và vuông góc với nhau; gốc O trùng với trọng tâm mặt cắt. Tại mọi điểm trên mặt cắt đều có nội lực. Thu gọn tất cả các nội lực về điểm O ta được 1 lực chính $\vec{R}$ và mômen $\vec{M}$ có phương chiều và trị số xác định.

Phân $\vec{R}$ thành 3 thành phần theo phương 3 trục

- Thành phần theo phương trục z kí hiệu là $\overrightarrow{N_z}$ và gọi là lực dọc
- Thành phần theo phương trục x kí hiệu là $\overrightarrow{Q_x}$ và gọi là lực cắt
- Thành phần theo phương trục y kí hiệu là $\overrightarrow{Q_y}$ và gọi là lực cắt

Phân tích $\overrightarrow{M}$ thành 3 thành phần quay quanh 3 trục

- Thành phần quay quanh trục z kí hiệu là $\overrightarrow{M_z}$ và gọi là mômen xoắn
- Thành phần quay quanh trục x kí hiệu là $\overrightarrow{M_x}$ và gọi là mômen uốn
- Thành phần quay quanh trục y kí hiệu là $\overrightarrow{M_y}$ và gọi là mômen uốn

Như vậy tổng quát trên mặt cắt ngang có 6 thành phần nội lực $N_z, Q_x, Q_y, M_z, M_x, M_y$

1.4.4. Qui ước dấu của các thành phần nội lực

- Lực dọc N_z được coi là dương khi nó có chiều đi ra khỏi mặt cắt.
- Lực cắt Q_x, Q_y được coi là dương khi nó có chiều trùng với pháp tuyến ngoài đã quay một góc 90° theo chiều kim đồng hồ.
- Mômen xoắn M_z được coi là dương khi ta đứng nhìn vào mặt cắt thấy nó quay theo chiều kim đồng hồ.
- Mômen uốn M_x được coi là dương khi nó làm dãn (kéo) về phía dương của trục y. Nếu chiều dương trục y chọn hướng hướng xuống dưới thì M_x dương khi làm dãn (kéo) thớ dưới.
- Mômen uốn M_y được coi là dương khi nó làm dãn (kéo) về phía dương của trục x.

1.4.5. Cách xác định các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang

Phần thanh đang xét nằm trong trạng thái cân bằng tĩnh học, cho nên nội lực trên mặt cắt ngang và các ngoại lực tác dụng lên phần thanh này tạo thành hệ lực cân bằng. Ta lập được các phương trình cân bằng tĩnh học như sau:

$$N_z + \sum_{i=1}^n Z(P_i) = 0 \quad (1)$$

$$Q_x + \sum_{i=1}^n X(P_i) = 0 \quad (2)$$

$$Q_y + \sum_{i=1}^n Y(P_i) = 0 \quad (3)$$

$$M_z + \sum_{i=1}^n M_z(P_i) = 0 \quad (4)$$

$$M_x + \sum_{i=1}^n M_x(P_i) = 0 \quad (5)$$

$$M_y + \sum_{i=1}^n M_y(P_i) = 0 \quad (6)$$

Ở đây P_i là ngoại lực tác dụng lên phần thanh đang xét.

Sáu phương trình trên biểu diễn mối quan hệ giữa các thành phần nội lực trên mặt cắt với ngoại lực. Chúng ta sẽ sử dụng mối quan hệ này để xác định các thành phần nội lực.

1.4.6. Biểu đồ nội lực

a. *Khái niệm*: Đồ thị biểu diễn sự biến thiên của các thành phần nội lực dọc theo trục của thanh

b. *Trình tự vẽ biểu đồ nội lực*:

Bước 1: Chọn hệ trục tọa độ

Bước 2: Xác định phản lực liên kết và mômen phản lực liên kết.

Bước 3: Chia thanh thành từng đoạn nhỏ sao cho dọc theo mỗi đoạn nội lực biến thiên theo một qui luật liên tục. Qua thực tế người ta thấy rằng điểm chia sẽ là những điểm có ngoại lực tập trung, điểm bắt đầu và điểm kết thúc ngoại lực phân bố.

Bước 4: Sử dụng phương pháp mặt cắt và các phương trình cân bằng tĩnh học để xác định hàm của nội lực dọc theo mỗi đoạn thanh

Bước 5 : Vẽ biểu đồ biểu diễn các hàm nội lực đã xác định trên, đánh dấu , gạch biểu đồ .

Trong biểu đồ nội lực người ta vạch các đoạn thẳng theo phương vuông góc với trục thanh để biểu diễn trị số nội lực trên mặt cắt ngang tương ứng.

Chú ý : + Khi vẽ biểu đồ nội lực thì đường chuẩn (trục hoành) được lấy song song với trục thanh và nội lực trên mặt cắt ngang sẽ được biểu thị bởi những đoạn thẳng theo phương vuông góc với trục.

+ Biểu đồ mômen uốn M_x, M_y được vẽ về phía thớ bị kéo

Thí dụ 1 : Hãy vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu

lực như hình vẽ 1.6a

Chọn hệ trục tọa độ như trên hình 1.6, gốc O tại A, trục z đi từ trái sang phải.

Đối với bài toán này tại ngàm A sẽ chỉ tồn tại một phản lực liên kết là Z_A (chiều giả định).

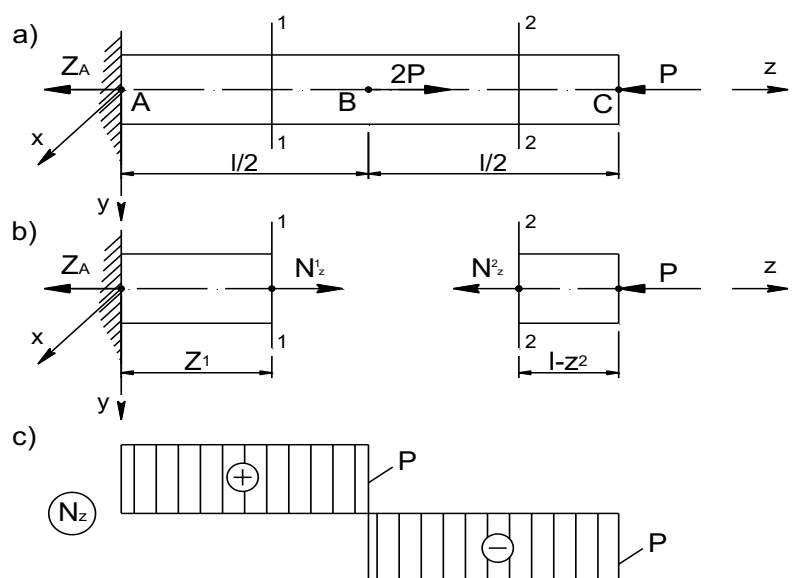
Sử dụng phương trình hình chiếu lên phương trục thanh:

$$\sum F_z = 0$$

$$Z_A + P - 2P = 0$$

$$Z_A = P$$

(Chiều giả định là đúng)



Hình 1.6

Chia thanh thành hai đoạn, điểm chia tại B có lực tập trung $2P$ tác dụng. Ta gọi đoạn AB là đoạn I, đoạn BC là đoạn II.

Dùng mặt cắt 1-1 cho đoạn I cách gốc O một khoảng z_1 , với $0 \leq z_1 \leq \frac{l}{2}$ và giữ lại phần bên trái

mặt cắt 1-1. Có thể thấy ngay là trên mặt cắt chỉ có một thành phần nội lực là lực dọc N_z^I . Ta biểu diễn nó theo chiều dương, tức là chiều đi ra khỏi mặt cắt. Xét cân bằng của phần đang được giữ lại được:

$$N_z^I - Z_A = 0$$

$$\text{Suy ra } N_z^I = Z_A = P$$

Như vậy dọc theo đoạn I (AB) lực dọc bằng hằng số.

Dùng mặt cắt 2-2 cho đoạn II (BC) cách gốc O một khoảng z_2 với $\frac{l}{2} \leq z_2 \leq l$. Ta giữ lại phần bên phải mặt cắt 2-2. Từ phương trình cân bằng xác định được:

$$N_z^{II} = -P$$

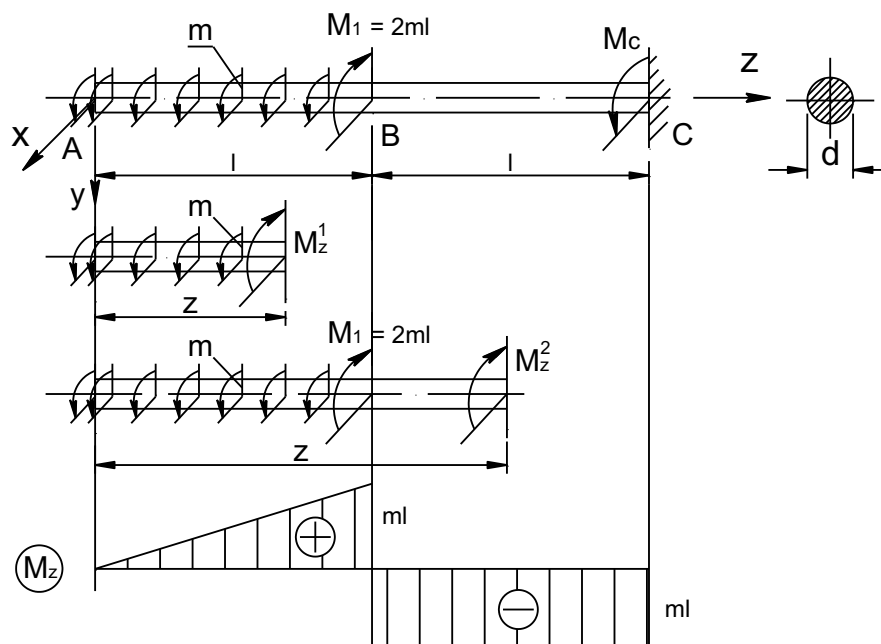
N_z^{II} cũng bằng hằng số khi mặt cắt 2-2 thay đổi dọc theo đoạn II.

Biểu đồ nội lực được vẽ ở hình 1.6c

Thí dụ 2 : Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu lực ở

Chọn hệ trục tọa độ là Oxyz, có gốc O tại đầu bên trái, tại điểm A, chiều dương của trục đi từ trái sang phải.

Tại C tồn tại mô men phản lực M_C chiều giả định .



Hình 1.7

M_C được xác định từ phương trình $\sum m_z = 0$

$$M_C + ml - M = 0$$

$$M_C = ml$$

(Chiều giả định là đúng)

Tuy nhiên đối với bài toán này có thể bỏ qua bước xác định phản lực liên kết .

Chia thành thành hai đoạn AB và BC

-Xét đoạn I(AB) :

Dùng mặt cắt 1-1 cách gốc O một khoảng z_1 với $0 \leq z_1 \leq l$. Giữ lại phần bên trái mặt cắt 1-1.

Trên mặt cắt chỉ còn một thành phần nội lực là mômen xoắn M_z^I , chiều dương của M_z^I , được biểu diễn theo quy ước

Xét cân bằng của đoạn thanh vừa giữ lại ta được:

$$\sum_{i=1}^n M_z = M_z^I - mz_1 = 0$$

$$M_z^I = mz_1$$

Ta thấy M_z ở đoạn này là hàm bậc nhất theo z

- Xét đoạn II (đoạn BC):

Dùng mặt cắt 2-2 với $l \leq z_2 \leq 2l$, giữ lại phần bên trái mặt cắt 2-2. Nội lực trên mặt cắt này là M_z^{II} ,

Xét cân bằng đoạn thanh có chiều dài z_2 vừa giữ lại ta được :

$$\sum M_z = M_z^I + M_1 - ml = 0$$

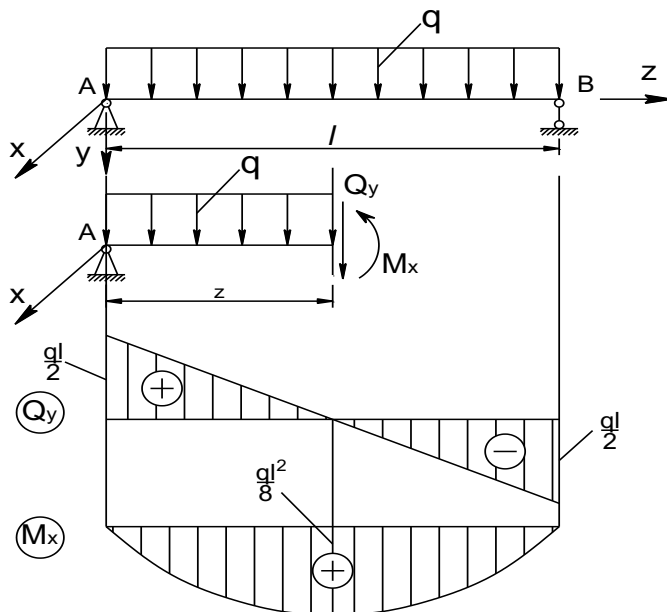
$$\text{Suy ra } M_z^I = -M_1 + ml = -ml$$

M_z^{II} , là một hằng số khi mặt cắt 2-2 thay đổi. Biểu đồ M_z được biểu diễn như hình 1.7d

Thí dụ 3 :

Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu lực như hình vẽ 1.8a

Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ .



Hình 1.8

Tại A tồn tại X_A , Y_A , tại B tồn tại Y_B Dùng các phương trình cân bằng tĩnh học :

$$\sum F_y = 0, \sum F_z = 0, \text{ và } \sum M_B = 0$$

Tìm được :

$$Z_A = 0, Y_A = Y_B = ql/2$$

(Chiều giả định là đúng) .

Xét cả thanh AB .

Dùng mặt cắt 1-1 cách O một khoảng z và giữ lại phần bên trái. Trên mặt cắt 1-1 chỉ có hai thành phần nội lực là Q_y và M_x . Chiều dương của chúng được biểu diễn ở hình 1.8b

Xét cân bằng đoạn thanh vừa được giữ ta được:

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow Q_y + qz - Y_A = 0$$

$$\sum M_o(P_i) = 0 \Leftrightarrow M_x + qz \frac{z}{2} - Y_A z = 0$$

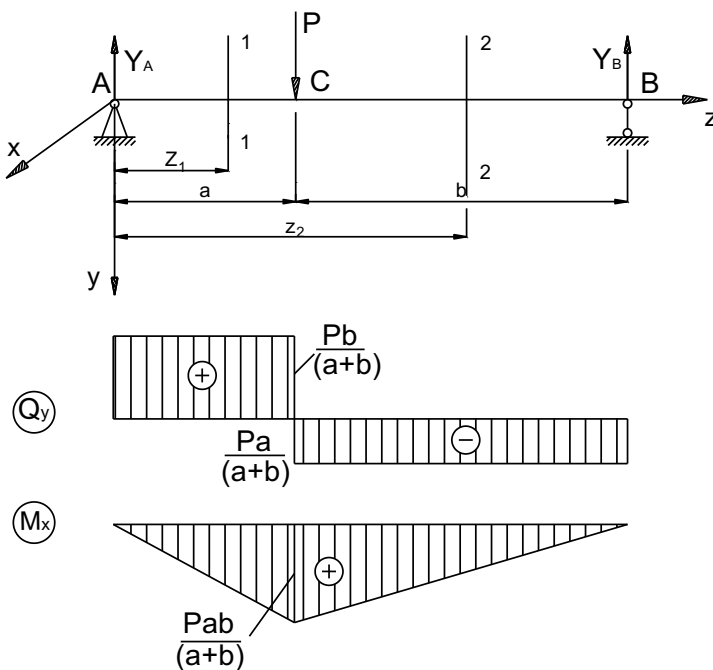
Thay $Y_A = ql/2$ và giải hệ phương trình ta được

$$Q_y(z) = -qz + \frac{ql}{2}$$

$$M_x(z) = -\frac{qz^2}{2} + \frac{ql}{2}z$$

Biểu đồ nội lực với quy ước cách vẽ được biểu diễn như ở hình 1.8 b,c

Thí dụ 4: Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu lực ở hình 1.9



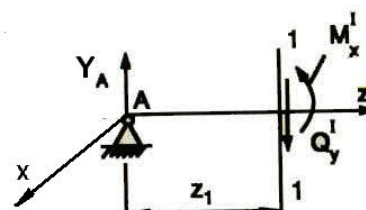
Hình 1.9

- Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ .
- Xác định các phản lực liên kết:

$$\sum M_A = Pa - Y_B(a+b) = 0$$

$$\sum F_y = Y_A + Y_B - P = 0$$

Từ đó tính được :



$$Y_A = \frac{Pb}{(a+b)} \quad Y_B = \frac{Pa}{(a+b)}$$

- Chia thanh thành 2 đoạn với điểm chia ở mặt cắt C có lực P tác dụng

- Xét đoạn I (đoạn AC)

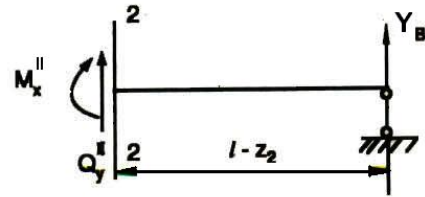
Dùng mặt cắt 1-1 cách O một đoạn z_1 với : $0 \leq z_1 \leq a$

Giữ lại phần bên trái mặt cắt 1-1

Xét cân bằng của đoạn thanh này ta được :

$$Q'_{y(z)} = Y_A = \frac{Pb}{(a+b)}$$

$$M'_{x(z)} = Y_A \cdot z = \frac{Pb}{(a+b)} \cdot z$$



Hình 1.10

- Xét đoạn II (đoạn CB)

Dùng mặt cắt 2-2 với $a \leq z_2 \leq l$

Giữ lại phần bên phải mặt cắt 2-2 và xét cân bằng đoạn thanh này ta có:

$$\sum Y = -Q''_y - Y_B = 0$$

$$\sum m_{z-2} = M''_x - Y_B(l - z_2) = 0$$

Giải hai phương trình trên ta tìm được :

$$Q''_y(z) = -Y_B = -\frac{Pa}{(a+b)}$$

$$M''_x(z) = Y_B(l - z_2) = \frac{Pa}{l}(l - z_2)$$

Biểu đồ các thành phần nội lực của thanh được vẽ ở hình 1.10

Thí dụ 5: Vẽ biểu đồ nội lực của thanh ở hình 1.11

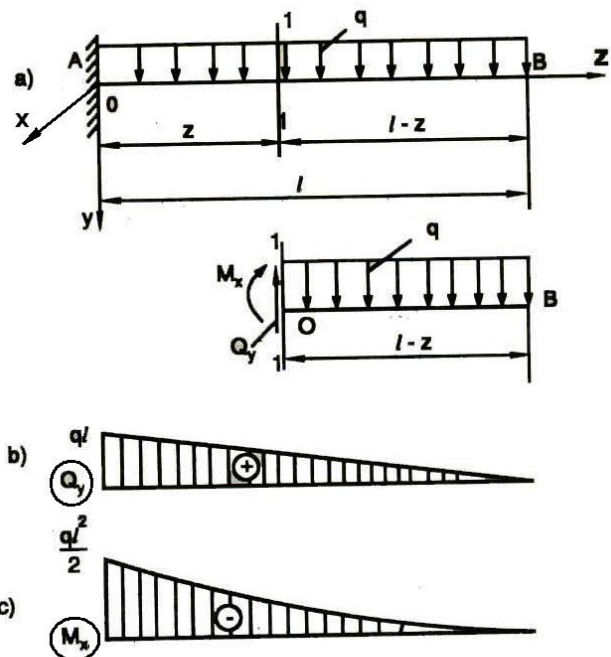
- Đối với bài toán này ta bỏ qua bước xác định phản lực liên kết.

- Hệ trục tọa độ được chọn như hình vẽ .

Dùng mặt cắt 1-1 cách gốc O một đoạn z và giữ lại phần bên phải mặt cắt 1-1

Xét cân bằng của phần này ta được

$$Q_y(z) = q(l-z)$$



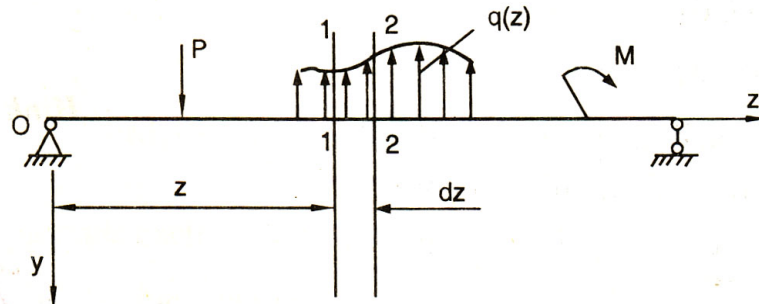
Hình 1.11

$$M_x(z) = -q \frac{(l-z)^2}{2}$$

Biểu đồ các nội lực trên được vẽ ở hình 1.11

1.4.7 Mối quan hệ vi phân giữa mômen uốn M_x , lực cắt Q_y và tải trọng phân bố $q(z)$

Tách ra từ một thanh chịu lực một đoạn thanh chiều dài dz (hình 1.12a bằng 2 mặt cắt (1-1) và (2-2)). Khoảng dz nhỏ đến mức có thể coi $q(z) = \text{const}$. Các thành phần nội lực trên mặt cắt của dz được biểu diễn ở hình 1.13b



Hình 1.12a

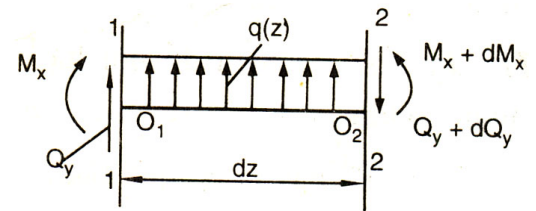
Xét cân bằng phân tử trên ta được

$$\sum Y = -Q_y - q(z)dz + (Q_y + dQ_y) = 0$$

$$\sum M_{O_2} = -Q_y dz - M_x + q(z) \frac{dz^2}{2} + (M_x + dM_x) = 0$$

Bỏ qua lượng vô cùng bé bậc cao $q(z) \frac{(dz)^2}{2}$ từ các phương

trình trên ta được:



Hình 1.12b

$$\begin{cases} \frac{dQ_y}{dz} = q(z) \\ \frac{dM_x}{dz} = Q_y \\ \frac{d^2 M_x}{dz^2} = q(z) \end{cases} \quad (1-5)$$

Người ta có thể sử dụng mối quan hệ trên để vẽ, kiểm tra biểu đồ nội lực.

1.4.8 Phân loại biến dạng của thanh theo nội lực.

Người ta dựa vào sự tồn tại của các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang của thanh mà phân ra trường hợp biến dạng của nó như sau:

- Chỉ có lực dọc $N_z \neq 0$ thanh chịu kéo (nén) đúng tâm
- Chỉ có mômen xoắn $M_z \neq 0$ thanh chịu xoắn thuần túy
- Chỉ có Q_x hoặc Q_y khác không thanh chịu biến dạng cắt
- Chỉ có mômen uốn $M_x \neq 0$ hoặc $M_y \neq 0$ thanh chịu uốn thuần túy
- Chỉ có $Q_y \neq 0$ và $M_x \neq 0$ (hoặc $Q_x \neq 0$ và $M_y \neq 0$) thanh chịu uốn ngang phẳng

Nếu số thành phần nội lực trên mặt cắt ngang nhiều hơn so với các trường hợp trên ta nói thanh chịu lực phức tạp. Đối với các trường hợp chịu lực phức tạp này ta sẽ trở lại ở phần sau.

1.5. ỨNG SUẤT

1.5.1. Khái niệm về ứng suất.

Xét mặt cắt ngang 1-1 thuộc phần A (mục 1.4.2) trên mặt cắt ngang lấy một điểm K(x, y) và lấy xung quanh điểm đó 1 diện tích ΔF rất nhỏ (hình 1.14). Tại mọi điểm của ΔF đều có nội lực. Hợp lực của nội lực trên ΔF là một véc tơ $\vec{\Delta P}$

Tỉ số $\frac{\vec{\Delta P}}{\Delta F}$ được gọi là ứng suất trung bình tại điểm K và

kí hiệu là $\vec{P}_{tb}$

$$\Rightarrow \vec{P}_{tb} = \frac{\vec{\Delta R}}{\Delta F}$$

Giới hạn của tỷ số này khi $\Delta F \rightarrow 0$ được kí hiệu là $\vec{P}$ gọi là ứng suất tại điểm K

$$\vec{p} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta R}}{\Delta F}$$

Như vậy, ứng suất là lực phân bố diện tích Thứ nguyên của ứng suất là [Lực / chiều dài ²] và thường được đo bằng đơn vị [N/mm², KN/cm², MN/m²].

Phân tích $\vec{P}$ thành các thành phần theo ba phương của hệ trục tọa độ: Thành phần theo phương pháp tuyến Oz được gọi là ứng suất pháp và kí hiệu là $\vec{\sigma}$, hai thành phần theo phương x, y được gọi là ứng suất tiếp là $\vec{\tau}_{zx}, \vec{\tau}_{zy}$

Như vậy tại một điểm xác định trên một mặt cắt xác định nói chung có ba thành phần ứng suất

1.5.2. Quy ước dấu của các thành phần ứng suất

$\vec{\sigma}$: ứng suất pháp, được quy ước dấu như lực dọc N_z

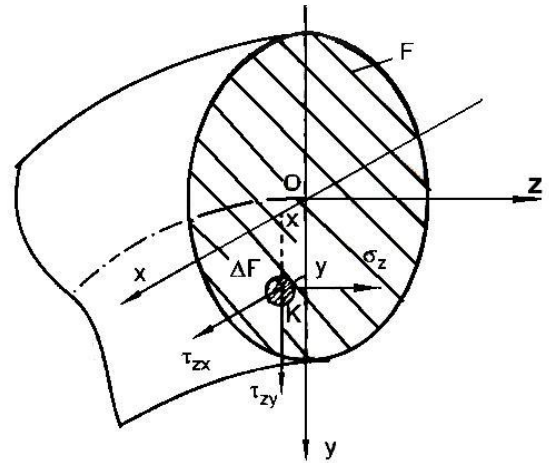
$\vec{\tau}_{zx}$: ứng suất tiếp, được quy ước dấu như lực cắt Q_x

$\vec{\tau}_{zy}$: ứng suất tiếp, được quy ước dấu như lực cắt Q_y

1.5.3. Quan hệ giữa các thành phần ứng suất và các thành phần nội lực

Xung quanh điểm K lấy một vi phân diện tích dF , ta thiết lập được mối quan hệ giữa các thành phần ứng suất và các thành phần nội lực trên một mặt cắt như sau:

$$\begin{aligned} \int_F \sigma_z dF &= N_z & \int_F \sigma_z y dF &= M_x \\ \int_F \tau_{zx} dF &= Q_x & \int_F \sigma_z x dF &= M_y \end{aligned} \quad (1-6)$$



Hình 1.13