

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH ĐỒNG THÁP
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ ĐỒNG THÁP



GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: CƠ KỸ THUẬT
NGÀNH, NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH
VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

(Ban hành kèm theo Quyết định Số: ngày tháng năm của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng nghề Đồng Tháp)

Đồng Tháp, năm 2017

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
1. Lời giới thiệu	2
2. Mục lục	4
3. Chương trình môn học Cơ kỹ thuật	5
4. Phần 1: Cơ học vật rắn biến dạng	7
5. Chương 1: Những khái niệm	7
6. Chương 2: Kéo nén đúng tâm	67
7. Chương 3: Cắt – Dập	25
8. Chương 4: Xoắn thanh tròn	30
9. Chương 5: Uốn phẳng của thanh thẳng	40
10. Phần 2: Nguyên lý máy	62
11. Chương 6: Những khái niệm cơ bản của nguyên lý máy	62
12. Chương 7: Cơ cấu truyền chuyển động quay	67
13. Chương 8: Cơ cấu biến đổi chuyển động	90
14. Tài liệu tham khảo	98

TÊN MÔN HỌC: CƠ KỸ THUẬT

Mã môn học: MH 08

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

+ Cơ kỹ thuật là môn học kỹ thuật cơ sở được đưa vào giảng dạy ngay từ học kỳ đầu tiên của khoá học, bố trí song song với các môn học khác như vẽ kỹ thuật, vật liệu, đo lường kỹ thuật ...

+ Là môn học bắt buộc

Mục tiêu của môn học:

- Viết được các phương trình cân bằng cho một hệ lực phẳng bất kỳ;
- Trình bày được phương pháp vẽ biểu đồ nội lực cho thanh có các dạng chịu lực khác nhau;
- Trình bày được cách phân tích lực, xác định mặt cắt nguy hiểm và tính toán độ bền cho một số kết cấu đơn giản;
- Viết được phương trình cân bằng và tính được phản lực cho các liên kết cơ bản;
- Tính toán được kiểm bền được cho một số kết cấu có sẵn;
- Tính toán thiết kế được kích thước của một số kết cấu thường dùng trong lắp đặt;
- Rèn luyện tính cẩn thận, khả năng tư duy sáng tạo, phong cách làm việc độc lập cũng như kỹ năng hoạt động theo nhóm.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương/mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra* (LT hoặc TH)
I	Các khái niệm Các định nghĩa và khái niệm Tải trọng Nội lực và ứng suất Phương pháp mặt cắt Biến dạng Các giả thiết cơ bản về vật liệu	6	6		
II	Kéo nén đúng tâm	6	4	1	1
	Lực dọc và biểu đồ lực dọc Ứng suất, định luật Húc trong kéo nén đúng tâm Biến dạng				

	Các bài toán cơ bản về kéo nén đúng tâm				
III	Cắt, Dập Lực cắt và ứng suất Biến dạng cắt, định luật húc trong cắt Biến dạng dập Các bài toán cơ bản về cắt dập	5	4	1	
IV	Xoắn thanh tròn Mô men xoắn nội lực, biểu đồ mô men Ứng suất Biến dạng Các bài toán cơ bản về xoắn	5	4	1	
V	Uốn ngang phẳng thanh thẳng Nội lực, biểu đồ nội lực Ứng suất Các bài toán cơ bản về uốn	8	5	2	1
VI	Các khái niệm cơ bản về nguyên lý máy Lịch sử phát triển môn học Các định nghĩa	3	3		
VII	Các cơ cấu truyền chuyển động quay Cơ cấu bánh răng Cơ cấu xích Cơ cấu Trục vít - Bánh vít Cơ cấu đai truyền Cơ cấu bánh ma sát	6	5	1	
VIII	Cơ cấu biến đổi chuyển động Cơ cấu Bánh răng - Thanh răng Cơ cấu Tay quay - Con trượt Cơ cấu Cam Cơ cấu Cu lít Cơ cấu cóc Cơ cấu Man	6	5	1	
	Cộng	45	36	7	2

PHẦN I: CƠ HỌC VẬT RẮN BIẾN DẠNG

CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM

Mã chương: MH08 – 01

Mục tiêu:

- Nêu được các khái niệm về: Tải trọng, nội lực, ứng suất và các giả thiết cơ bản về vật liệu.
- Xác định được giới hạn nghiên cứu của môn học.
- Phân tích được trạng thái làm việc, biến dạng của thanh
- Xác định được dạng biến dạng cơ bản của thanh
- Sử dụng phương pháp mặt cắt để xác định nội lực trong thanh;
- Rèn luyện tính cẩn thận, khả năng tư duy sáng tạo, phong cách làm việc độc lập cũng như kỹ năng hoạt động theo nhóm.

Nội dung chính:

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

1.1. Nhiệm vụ:

Cơ học vật rắn biến dạng nghiên cứu các hình thức biến dạng của vật thực, để tìm ra những kích thước thích đáng cho mỗi cơ cấu hoặc tiết máy sao cho bền nhất và rẻ nhất.

Trong ngành chế tạo máy hoặc trong các công trình, các vật liệu như thép gang, bê tông... là các vật rắn thực. Nghĩa là vật thể sẽ biến dạng, bị phá hủy dưới tác dụng của ngoại lực, nhiệt độ.

Khi thiết kế các bộ phận công trình hoặc các chi tiết máy ra phải đảm bảo:

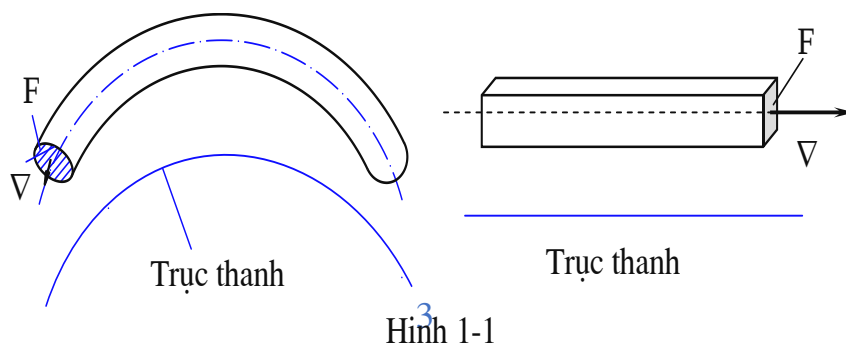
- Chi tiết máy không bị phá hủy tức là đủ bền.
- Chi tiết máy không bị biến dạng quá lớn tức là đủ cứng.
- Chi tiết máy luôn giữ được hình dạng cân bằng ban đầu tức là đảm bảo điều kiện ổn định.

Môn cơ học vật rắn biến dạng có nhiệm vụ đưa ra các phương pháp tính toán độ bền, độ cứng và độ ổn định của các bộ phận công trình hoặc các chi tiết máy.

1.2. Đối tượng nghiên cứu:

Đối tượng nghiên cứu của môn học là vật rắn biến dạng, mà chủ yếu là các thanh.

Thanh là một vật thể được tạo ra do một hình phẳng F có tiết diện là hình



tròn hay hình chữ nhật... di chuyển trong không gian sao cho trọng tâm C của nó luôn luôn ở trên một đoạn đường cong Δ trong không gian, còn hình phẳng thì luôn vuông góc với đường cong Δ . Chiều dài đường cong Δ lớn gấp nhiều lần so với kích thước của tiết diện F. Khi di chuyển như vậy hình phẳng F dựng lên trong không gian một vật thể gọi là Thanh (Hình 1-1).

- Đoạn đường cong Δ được gọi là trục của thanh. Hình phẳng F được gọi là mặt cắt của thanh.

- Trục thanh và mặt cắt ngang của thanh là hai yếu tố đặc trưng cho khái niệm thanh.

- Thanh có mặt cắt ngang không thay đổi hoặc thay đổi theo từng đoạn. Trong tính toán ta thường biểu diễn thanh bằng đường trục của nó (trục thanh có thể là đường thẳng hoặc đường cong).

- Tóm lại, dựa theo kích thước theo ba phương: thanh là vật thể có kích thước theo hai phương rất nhỏ so với phương thứ ba.

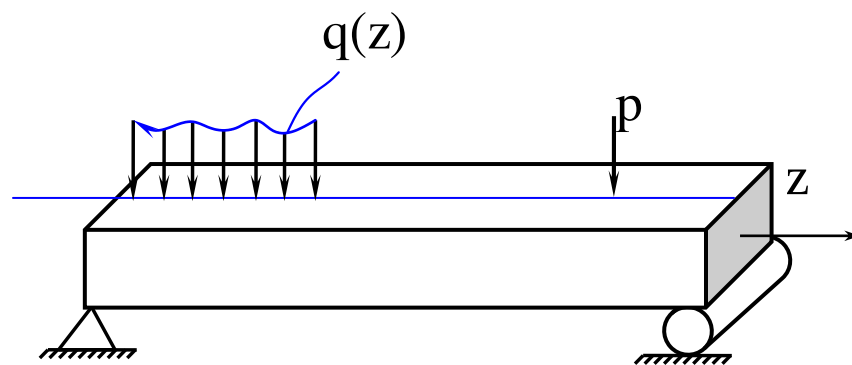
2. TẢI TRỌNG - ỨNG SUẤT:

2.1. Ngoại lực:

Những lực tác động từ môi trường bên ngoài hay từ các vật khác lên vật thể đang xét gọi là ngoại lực. Ngoại lực bao gồm tải trọng tác động và phản lực tại các liên kết. Căn cứ vào hình thức tác dụng, ngoại lực được phân ra lực tập trung và lực phân bố.

- Lực tập trung là lực tác dụng trên một diện tích truyền lực bé, có thể coi là một điểm trên vật (lực P).

- Lực phân bố là lực tác dụng trên một đoạn dài hay trên một diện tích truyền lực đáng kể của vật (hình 1-2).



Hình 1-2

2.2. Nội lực:

Dưới tác động của ngoại lực, vật thể bị biến dạng, các lực liên kết giữa các phân tử của vật tăng lên để chống lại sự biến dạng của vật. Độ tăng của lực liên kết chống lại sự biến dạng của vật được gọi là nội lực. Nếu tăng dần ngoại lực thì nội lực cũng tăng dần để cân bằng với ngoại lực. Tùy từng loại vật liệu,

nội lực chỉ tăng đến một giới hạn nhất định. Nếu tăng ngoại lực quá lớn, nội lực không đủ sức chống lại, vật liệu sẽ bị phá hỏng. Vậy nội lực là các lực liên kết giữa các phân tử bên trong vật thể phát sinh nhằm chống lại sự biến dạng của vật dưới tác dụng của ngoại lực.

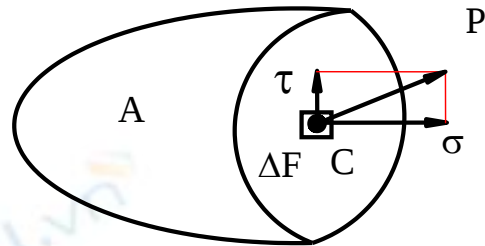
2.3. Ứng suất:

Ứng suất là trị số nội lực trên một đơn vị diện tích của mặt cắt. Thứ nguyên của ứng suất là N/cm^2 , kN/cm^2 , ký hiệu $\bar{P}$.

- Giả sử lấy một điểm C nào đó trên mặt cắt phần A. Ta lấy một diện tích ΔF chứa C. Trên diện tích ΔF có nội lực phân bố với hợp lực có véc tơ

$$\Delta \bar{P} : \text{ta có: } \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta F} = \bar{P}_{tb}$$

$\bar{P}_{tb}$: được gọi là ứng suất trung bình tại C.



Hình 1-3

Chiều của véc tơ $\bar{P}_{tb}$ cùng chiều với véc tơ $\Delta \bar{P}$. Nếu ΔF tiến đến không thì $\bar{P}_{tb}$ tiến đến một giới hạn. Giới hạn đó được gọi là ứng suất toàn phần tại điểm C. Ký hiệu $\bar{P}$.

$$\bar{P} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta F}$$

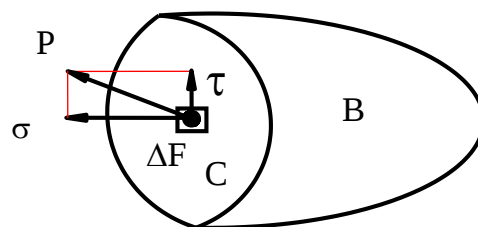
Trong tính toán người ta phân ứng suất toàn phần ra làm hai thành phần (Hình 1-3).

- Thành phần vuông góc với mặt cắt được gọi là ứng suất pháp: ký hiệu σ
- Thành phần nằm trong mặt cắt được gọi là ứng suất tiếp. Ký hiệu: τ .

Như vậy:

$$\bar{P} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

Những điều vừa phân tích ở trên đối với A cũng làm tương tự như phần B

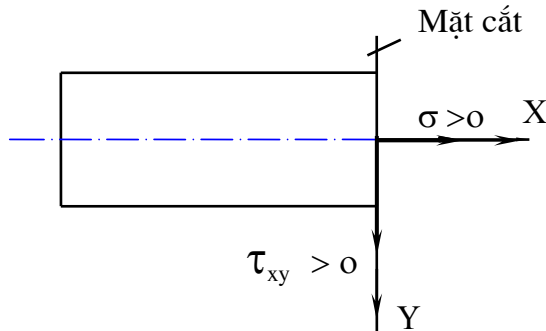


Hình 1-4

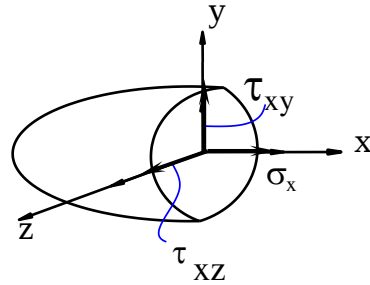
Từ nay về sau ta quy ước về dấu và cách viết ứng suất như sau:

- Ứng suất pháp được coi là dương khi véc tơ biểu diễn có chiều cùng với chiều dương pháp tuyến ngoài mặt cắt. Ký hiệu: σ_x .

- Ứng suất tiếp được coi là dương khi pháp tuyến ngoài của mặt cắt quay một góc 90° theo chiều quay của kim đồng hồ sẽ trùng với chiều của ứng suất tiếp (hình 1-7)



Hình 1-5



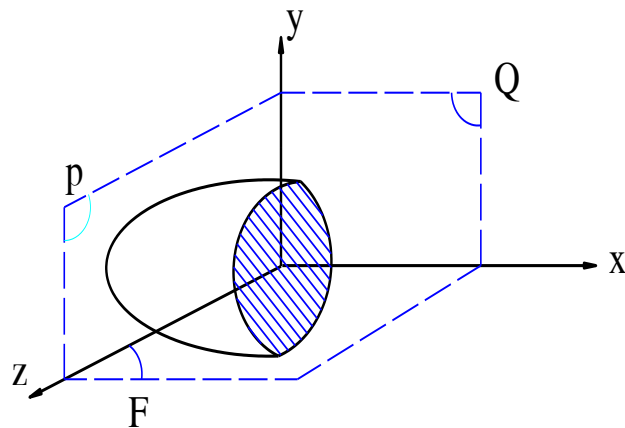
Hình 1-6

Ứng suất tiếp kèm theo hai chỉ số. Chỉ số thứ nhất chỉ chiều pháp tuyến ngoài, chỉ số thứ hai chỉ chiều ứng suất tiếp. Ví dụ: τ_{xz} , τ_{xy} , (hình 1-6).

2.4. Trạng thái ứng suất:

Nếu qua C xét các mặt cắt khác nhau thì tương ứng với mỗi vị trí của mặt cắt ta được một véc tơ $\bar{P}$ có giá trị khác nhau. Tập hợp mọi ứng suất $\bar{P}$ ứng với tất cả các mặt cắt qua C được gọi là trạng thái ứng suất.

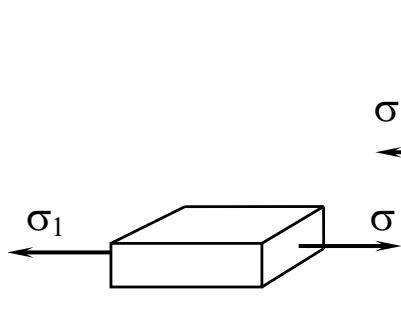
Người ta đã chứng minh được: Qua một điểm ta luôn tìm được ba mặt cắt vuông góc với nhau. Trên ba mặt cắt đó thành phần ứng suất tiếp bằng 0. Các mặt cắt đó được gọi là mặt cắt chính, ứng suất trên mặt cắt đó được gọi là ứng suất chính.



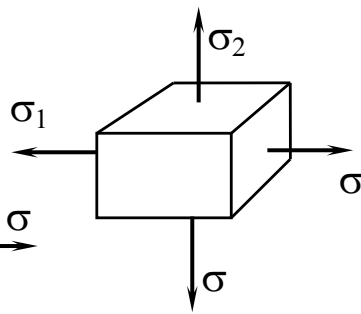
Hình 1-7

Đối với ba mặt chính xảy ra ba trường hợp:

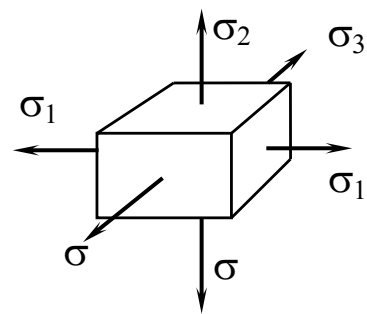
- Trạng thái ứng suất đơn: Trên một mặt chính có ứng suất pháp. Trên hai mặt chính còn lại ứng suất pháp bằng không (hình 1-8).
- Trạng thái ứng suất phẳng: Trên hai mặt chính có ứng suất pháp. Trên một mặt chính còn lại ứng suất pháp bằng không (hình 1-9).
- Trạng thái ứng suất khối: Trên ba mặt chính đều có ứng suất pháp (hình 1-10).



Hình 1-8



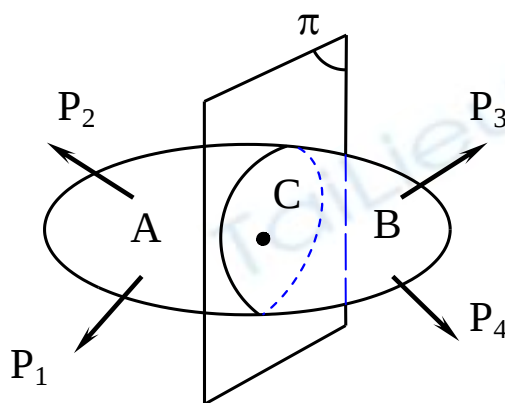
Hình 1-9



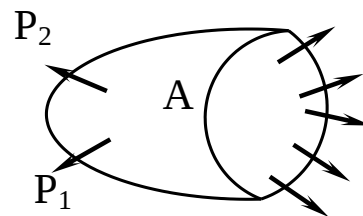
Hình 1-10

- Các ứng suất chính được quy ước $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ (vẽ giá trị đại số)

3. PHƯƠNG PHÁP MẶT CẮT:



Hình 1-11



Hình 1-12

Muốn xác định nội lực ta dùng phương pháp mặt cắt. Xét vật thể chịu lực ở trạng thái cân bằng (hình 1-11). Để tìm nội lực tại điểm C nào đó ta tưởng tượng dùng một mặt phẳng Π qua C. Cắt vật thể ra làm hai phần A và B. Ta xét một phần nào đó. Ví dụ phần A (hình 1-12), phần A cân bằng dưới tác dụng của các ngoại lực tác động lên nó (P_1, P_2) và hệ lực tương hỗ phân bố trên mặt cắt Π tác động từ phần B lên phần A. Hệ lực đó chính là nội lực trên mặt cắt Π . Từ đó ta có thể xác định được nội lực tại mặt cắt đi qua điểm C thông qua giá trị của ngoại lực ở phần A.

Vậy nội dung của phương pháp mặt cắt là:

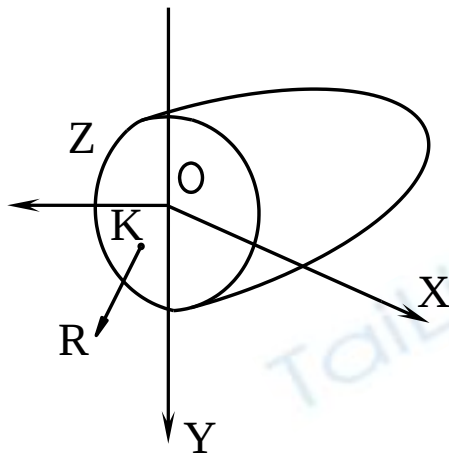
1. Dùng một mặt phẳng tưởng tượng cắt ngang qua vật thể tại điểm định xác định nội lực.
2. Bỏ đi một phần vật thể ở một phía của mặt phẳng cắt, thay thế tác động của phần vật thể đó lên phần còn lại bằng các nội lực.
3. Viết phương trình cân bằng cho phần vật thể đang xét. Nội lực tác động lên mặt cắt ngang phải cân bằng được với các ngoại lực đang tác động lên phần vật thể còn lại.
4. Xác định giá trị của các nội lực.

5. Ý nghĩa: Như vậy phương pháp mặt cắt cho phép xác định nội lực tại một điểm bất kỳ thuộc vật bằng cách biến nó thành ngoại lực.

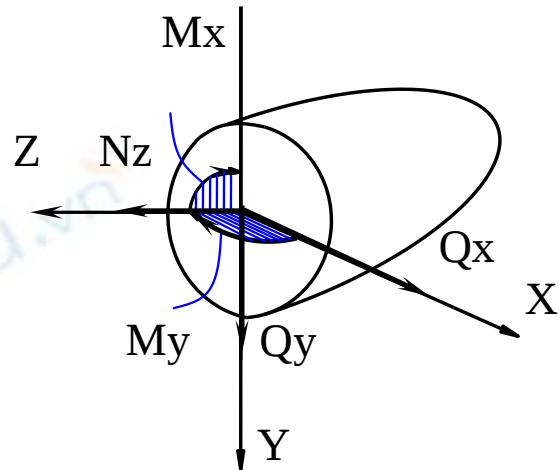
4. CÁC THÀNH PHẦN NỘI LỰC TRÊN MẶT CẮT NGANG:

Muốn xác định nội lực ta phải dùng phương pháp mặt cắt (đã trình bày ở mục 1.3).

Giả sử xét sự cân bằng của phần phải hợp lực của hệ nội lực đặc trưng cho tác dụng của phần trái lên phần phải được biểu diễn bằng véc tơ $\bar{P}$ đặt tại điểm K nào đó (hình 1-13)



Hình 1-13



Hình 1-14

Thu gọn hợp lực $\bar{P}$ đặt tại điểm K về trọng tâm O của mặt cắt ngang. Ta sẽ được một lực $\bar{R}$ có véc tơ bằng $\bar{R}$ và một ngẫu lực có mô men $\bar{M}$ (véc tơ chính và mô men chính của hệ nội lực).

Lực $\bar{R}$ và $\bar{M}$ có phương chiều bất kỳ trong không gian. Để thuận lợi ta phân $\bar{R}$ làm ba thành phần trên hệ trục tọa độ vuông góc chọn như hình 1-13.

- Thành phần nằm trên trục Z gọi là lực dọc.

Ký hiệu: N_z

- Thành phần nằm trên các trục X và Y trong mặt cắt ngang gọi là lực cắt. Ký hiệu Q_x, Q_y . Ngẫu lực $\bar{M}$ cũng được phân làm ba thành phần.

- Thành phần mô men quay xung quanh các trục X, Y (tác dụng trong các mặt phẳng ZOY và ZOX vuông góc với mặt cắt ngang) gọi là mô men uốn. Ký hiệu M_x và M_y .

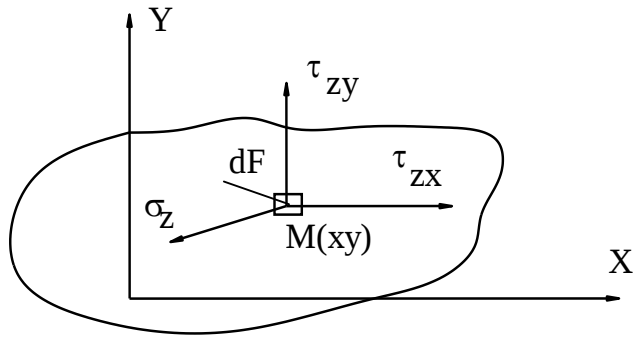
- Thành phần mô men quay xung quanh trục Z (tác dụng trong mặt phẳng của mặt cắt ngang) gọi là mô men xoắn. Ký hiệu M_z (hình 8-12).

$N_z, Q_x, Q_y, M_x, M_y, M_z$ là sáu thành phần nội lực trên mặt cắt ngang. Chúng được xác định từ điều kiện cân bằng tĩnh học để xác định nội lực dưới tác dụng của ngoại lực.

5. QUAN HỆ GIỮA NỘI LỰC VÀ ỨNG SUẤT TRÊN MẶT CẮT NGANG:

Gọi ứng suất tại một điểm $M(X,Y)$ bất kỳ trên mặt cắt ngang (hình 1-15) các thành phần hình chiếu của $\bar{P}$ là:

- Ứng suất pháp σ_z
- Ứng suất tiếp τ được phân tích làm hai thành phần τ_{zx}, τ_{zy} .



Hình 1-15

Lấy một diện tích phân tố dF bao quanh M . Các lực phân tố do các ứng suất gây ra là $\sigma_z \cdot dF, \tau_{zy}dF, \tau_{zx}dF$.

Tổng cộng tất cả các tác dụng của các lực phân tố đó trên toàn thể mặt cắt, chính là các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang. Từ ý nghĩa đó ta có các biểu thức liên hệ giữa ứng suất và các thành phần nội lực như sau:

$$N_z = \int_F \sigma_z \cdot dF ; \quad (1-1)$$

$$M_x = \int_F \sigma_z \cdot Y dF ; \quad (1-2)$$

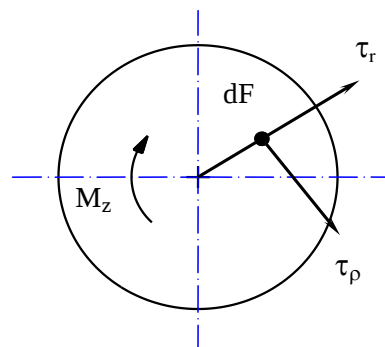
$$M_y = \int_F \sigma_z \cdot X dF \quad (1-3)$$

$$Q_y = \int_F \tau_{zy} dF ; \quad (1-4)$$

$$Q_x = \int_F \tau_{zx} dF \quad (1-5)$$

$$M_z = \int_F (\tau_{zy} X - \tau_{zx} Y) dF \quad (1-6)$$

- Riêng mặt cắt ngang tròn tại điểm M ta phân ra làm hai thành phần:
- Một thành phần vuông góc với bán kính. Ký hiệu τ_r .
- Một thành phần hướng theo bán kính. Ký hiệu τ_t .



Hình 1-16

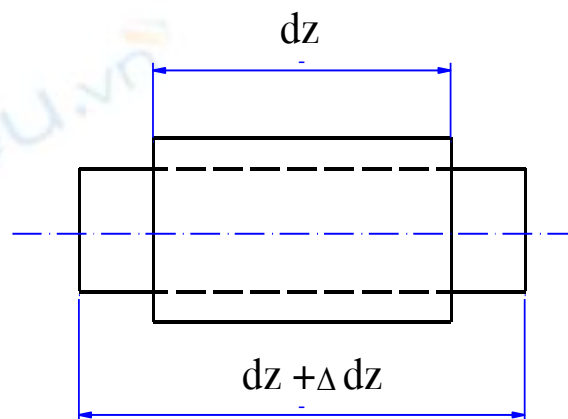
Ta có:
$$M_z = \int_F \rho \tau_\rho dF$$

6. BIẾN DẠNG:

6.1. Biến dạng dài:

Xét một đoạn thẳng vi phân, dz tại điểm C. Sau khi biến dạng đoạn vi phân dz này dài ra đoạn $dz + \Delta dz$. Ta gọi Δdz là độ dẫn dài tuyệt đối của đoạn dz (hình 1-6).

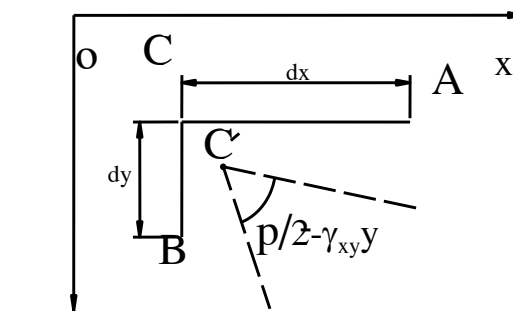
Tỷ số $\frac{\Delta dz}{dz} = \varepsilon$ gọi là độ dãn dài tỷ đối.



Hình 1.17

6.2. Biến dạng góc:

Giả sử trong mặt phẳng OXY, ta lấy hai đoạn thẳng vi phân dx và dy vuông góc tại C (hình 1-18). Sau khi biến dạng dx và dy trở thành dx' và dy' ; hình chiếu dx' và dy' trên mặt phẳng OXY không vuông góc với nhau nữa mà hợp lại với nhau một góc bằng $(\frac{\pi}{2} - \gamma_{xy})$. Ta gọi γ_{xy} là biến dạng góc trong mặt phẳng OXY tại điểm C.



Hình 1-18

Ký hiệu độ biến dạng góc là γ không theo hai chỉ số chỉ mặt phẳng xét biến dạng góc.

7. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN VỀ VẬT LIỆU:

7.1. Tính đàn hồi của vật thể:

Dưới tác dụng của ngoại lực hay nhiệt độ, vật thể đều bị biến dạng. Qua thí nghiệm chứng tỏ rằng, đối với mỗi loại vật liệu, nếu lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn xác định, khi bỏ lực vật thể trở lại hình dạng và kích thước ban

đầu, tức là biến dạng bị mất đi. Ta nói vật thể bị biến dạng đàn hồi, những vật thể có tính chất biến dạng như vậy được gọi là vật thể đàn hồi hoàn toàn.

- Nếu lực tác dụng vượt quá một giới hạn xác định nói trên, thì khi bỏ lực, vật thể không trở lại hình dạng và kích thước ban đầu. Ta nói các vật thể này được gọi là vật thể đàn hồi không hoàn toàn.

- Phần biến dạng không phục hồi được gọi là biến dạng dư.

7.2. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu:

Giả thuyết 1: Vật liệu có tính chất liên tục, đồng tính và đẳng hướng, nghĩa là:

- Thể tích của vật thể có vật liệu, không có khe hở.
- Tính chất của vật liệu ở mọi nơi trong vật thể đều giống nhau.
- Tính chất vật liệu theo mọi phương đều như nhau (giả thuyết này đúng với vật liệu là kim loại, còn gỗ, gạch, bê tông là không đúng).

Giả thuyết 2: Vật liệu có tính chất đàn hồi tuyệt đối: Có nghĩa là khi có lực tác dụng vật thể bị biến dạng, khi thôi tác dụng lực vật thể trở lại hình dạng và kích thước ban đầu. Như vậy vật thể làm việc trong miền đàn hồi.

- Thực tế giả thuyết này chỉ đúng với kim loại trong một miền tác dụng nhất định. Trong miền này theo định luật Húc ta có: Biến dạng của vật thể tỷ lệ bậc nhất với lực gây ra biến dạng.

Biểu thức toán học của định luật Húc có dạng sau:

- Trạng thái ứng suất đơn - kéo dãn theo một trục:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \sigma_z \quad (1-8)$$

- Trạng thái trượt thuần túy - chỉ có biến dạng trượt:

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{xy} \quad (1-9)$$

Trong các công thức trên E và G gọi là modun đàn hồi của vật liệu khi kéo và khi trượt. E và g được xác định trước cho mỗi loại vật liệu bằng phương pháp thực nghiệm và cho trước trong các bảng thông số kỹ thuật của vật liệu.

ε là độ giãn dài tỷ đối

γ là góc trượt tỷ đối

Giả thuyết 3: Biến dạng của vật thể rất nhỏ so với kích thước của nó

CHƯƠNG 2: KÉO VÀ NÉN ĐÚNG TÂM

Mã chương: MH08 – 02

Mục tiêu:

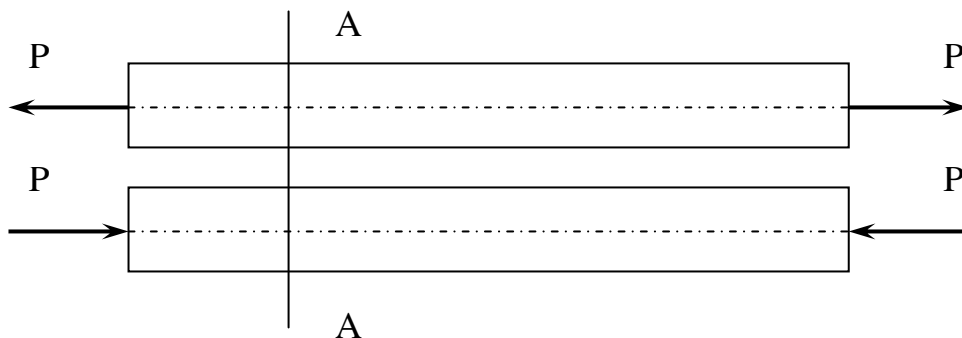
- Phân tích được, khảo sát được điều kiện làm việc của thanh chịu kéo nén đúng tâm.
- Vẽ được biểu đồ nội lực của thanh,
- Xác định được loại ứng suất và giá trị của chúng trong thanh.
- Tính được độ giãn dài của thanh,
- Xét điều kiện bền của thanh;
- Rèn luyện tính cẩn thận, phong cách làm việc độc lập.

Nội dung chính:

1. LỰC DỌC VÀ BIỂU ĐỒ LỰC DỌC:

1.1. Lực dọc:

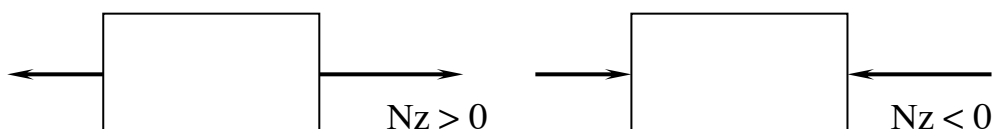
1. Xét một thanh chịu ngoại lực tác dụng là những lực cùng nằm trên trục thanh và cân bằng nhau. Dưới tác dụng như vậy thanh gọi là chịu kéo (nén) đúng tâm (Hình 2.-1).
2. Trong cả hai trường hợp dùng phương pháp mặt cắt xác định nội lực tại mặt cắt A - A đối với phần thanh bên trái.



Hình 2-1

Dễ nhận thấy trong cả hai trường hợp nội lực cũng là những lực nằm dọc theo trục thanh ký hiệu N_z (Hình 2-2). N_z gọi là các lực dọc.

Một thanh gọi là chịu kéo hoặc nén đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực là lực dọc. Nội lực trong thanh chịu kéo (nén) là các lực dọc N_z vuông góc với mặt cắt ngang của thanh.



Hình 2-2

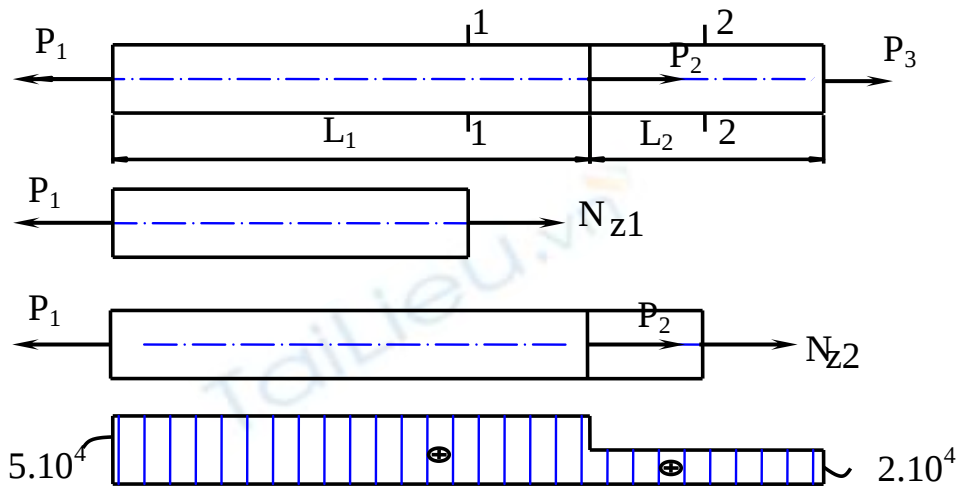
Quy ước dấu của lực dọc.

Để xác định dấu của lực dọc người ta quy ước như sau:

+ Lực dọc có dấu dương nếu nó hướng từ trong mặt cắt ra phía ngoài phần vật thể đang xét, khi đó vật chịu kéo.

+ Lực dọc có dấu âm nếu nó hướng từ mặt cắt vào phía bên trong phần vật thể đang xét, khi đó vật chịu nén.

1.2. Biểu đồ nội lực:



Hình 2-3

- Biểu đồ nội lực là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của lực dọc theo suốt chiều dài trục của thanh.

- Quy tắc vẽ biểu đồ lực dọc:

Vẽ một đường thẳng song song với trục thanh làm đường chuẩn. Mỗi phía của đường chuẩn biểu diễn giá trị âm hay dương của lực dọc. Thông thường người ta quy ước giá trị dương của lực dọc biểu diễn phía trên hoặc phía bên trái của đường chuẩn, còn giá trị âm biểu diễn bên phía còn lại.

Dùng một đường thẳng vuông góc với đường chuẩn làm tung độ để biểu diễn trị số của lực dọc theo chiều dài trục thanh với một tỷ lệ phù hợp.

Chia chiều dài trục thanh ra làm nhiều đoạn sao cho lực dọc trên mỗi đoạn biến thiên liên tục. muốn vậy các điểm chia đoạn sẽ là: điểm đầu và điểm cuối của thanh; các điểm đặt lực tập trung và các điểm tại đó tiết diện ngang của thanh thay đổi đột ngột.

Dùng phương pháp mặt cắt xác định trị số của lực dọc trên mỗi đoạn thanh rồi biểu diễn chúng trên biểu đồ theo đúng quy ước.

- Quy tắc xác định trị số của nội lực

Dùng một mặt cắt tưởng tượng cắt ngang qua trục thanh tại đoạn muốn xác định giá trị của lực dọc. Bỏ đi một phần thanh (thường là phần chứa nhiều ngoại lực hoặc các lực chưa biết hơn), xét đoạn thanh còn lại.

Nếu trên đoạn thanh đang xét chỉ có một ngoại lực thì lực dọc có trị số bằng với trị số của ngoại lực và có dấu dương nếu lực hướng từ mặt cắt ra và có dấu âm trong trường hợp ngược lại.

Nếu trên đoạn thanh đang xét có nhiều ngoại lực thì lực dọc có trị số bằng tổng đại số của các ngoại lực tác dụng và có dấu như quy ước.

* Ví dụ 1:

Vẽ biểu đồ lực dọc của một thanh chịu lực như hình vẽ (H.2-3) biết $P_1 = 5 \cdot 10^4 \text{N}$; $P_2 = 3 \cdot 10^4 \text{N}$; $P_3 = 2 \cdot 10^4 \text{N}$

Để vẽ biểu đồ ta chia thanh làm hai đoạn l_1 và l_2 .

- Xét đoạn l_1 : Dùng mặt cắt 1-1, khảo sát sự cân bằng bên trái ta có:

$$\sum Z = P_1 - N_1 = 0$$

$$P_1 = N_1 = 5 \cdot 10^4 \text{N}$$

Khi mặt cắt 1-1 biến thiên trong đoạn l_1 ($0 \leq Z_1 \leq l_1$) lực dọc N_{z1} không đổi và bằng $5 \cdot 10^4 \text{N}$.

- Xét đoạn l_2 : dùng mặt cắt 2-2, khảo sát sự cân bằng bên trái. Ta có:

$$\sum Z = P_1 - N_2 - P_2 = 0 \rightarrow N_{z2} = P_1 - P_2$$

$$N_{z2} = 5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^4 \text{N}.$$

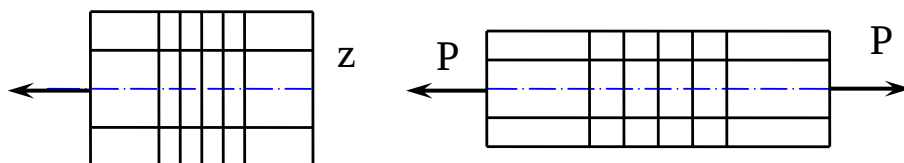
Khi mặt cắt 2-2 biến thiên trong đoạn l_2 ($0 \leq Z_2 \leq l_2$) lực dọc N_{z2} không đổi và bằng $2 \cdot 10^4$.

- Biểu đồ lực dọc trên suốt chiều dài thanh được biểu diễn trên (H.2-3). Hoàn chỉnh biểu diễn trục thanh, tung độ biểu diễn lực dọc tương ứng với mặt cắt trên trục của thanh.

2. ỨNG SUẤT PHÁP TRÊN MẶT CẮT NGANG:

2.1. Thí nghiệm:

Mẫu là một thanh có mặt cắt là hình chữ nhật, trước khi làm thí nghiệm ta kẻ các đường vạch song song và vuông góc với trục thanh trên bề mặt thanh (H.2-4). Những vạch vuông góc với trục thanh xem là vết của mặt cắt ngang. Đặt vào thanh hai ngoại lực hướng dọc theo trục thanh làm thanh bị biến dạng dãn ra hoặc co lại cho tới khi thanh đạt trạng thái cân bằng. Xét một đoạn thanh nằm khá xa điểm đặt lực.



Hình 2-4

2.2. Nhận xét:

Khi thanh chịu kéo hay nén ta nhận thấy:

- Trục thanh vẫn thẳng.
- Những vạch song song với trục thanh vẫn thẳng và song song với trục thanh.
- Những vạch vuông góc với trục thanh vẫn thẳng và vuông góc với trục thanh, nhưng khoảng cách giữa các vạch đó có sự thay đổi. Khi chịu kéo các vạch cách xa nhau ra, khi chịu nén các vạch sát gần nhau.

* Giả thiết:

Từ các nhận xét trên Ta có thể đưa ra các giả thiết sau:

Giả thiết về mặt cắt ngang phẳng: Trong quá trình biến dạng mặt cắt ngang của thanh luôn luôn phẳng và vuông góc với trục thanh.

Giả thiết về các thớ dọc: Trong quá trình biến dạng các thớ dọc không ép lên nhau và cũng không đẩy xa nhau. Theo giả thiết này ta thừa nhận giữa các thớ dọc với nhau không phát sinh ứng suất pháp (tức $\sigma_x = \sigma_y = 0$).

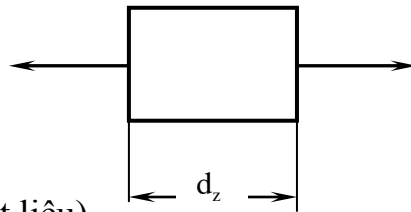
* Kết luận:

Dựa vào hai giả thiết trên ta thấy trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có thành phần ứng suất pháp σ_z còn thành phần ứng suất tiếp bằng không.

2.3. Định luật Húc:

Ta tách một phân tử bởi hai mặt cắt ngang cách nhau một đoạn dz và các mặt song song với trục thanh (hình 2-5). Phân tử ở trạng thái ứng suất đơn.

- Định luật Húc: Khi vật thể làm việc trong miền đàn hồi, ứng suất (σ_z) tỷ lệ với độ biến dạng tỉ đối ϵ_z



$$\sigma_z = E \cdot \epsilon_z \quad (E: \text{mô đun đàn hồi của vật liệu})$$

đơn vị: N/m^2 ; MN/m^2 .

2.4. Biểu thức liên hệ giữa ứng suất pháp và lực dọc:

Từ biểu thức ở 1-5 ta có:

$$N_z = \int_F \sigma_z \cdot dF = \sigma_z \int_F dF = \sigma_z F$$

$$\text{Hay } \sigma_z = \pm \frac{N_z}{F}$$

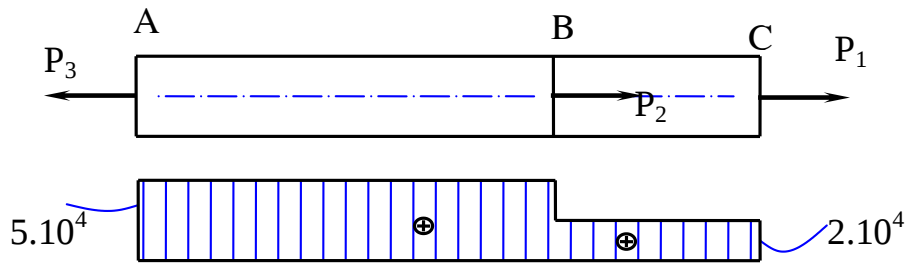
N_z : lực dọc - đơn vị là Niu Tơn, ký hiệu: N, MN...

F : diện tích mặt cắt của thanh - đơn vị là m^2 .

σ_z : ứng suất pháp trên mặt cắt ngang - đơn vị là N/cm^2 hoặc MN/m^2

Dấu (+) khi thanh chịu kéo, dấu (-) khi thanh chịu nén.

* Ví dụ 2: Hãy tính ứng suất trong thanh chịu lực như hình 2-3. Biết $P_1 = 5 \cdot 10^4 \text{N}$; $P_2 = 3 \cdot 10^4 \text{N}$; $P_3 = 2 \cdot 10^4 \text{N}$; $F = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{cm}^2$.



Hình 2-5

Bài giải:

- Biểu đồ lực dọc đã được vẽ ở ví dụ 1.
- Nhìn trên biểu đồ lực dọc ta thấy trên đoạn AB có giá trị lực dọc lớn nhất. $N_{zAB} = 5.10^4 \text{ N}$, đồng thời mặt cắt ngang không đổi ($F = 0,5.10^{-2} \text{ cm}^2$) nên ứng suất pháp lớn nhất sẽ xuất hiện tại mặt cắt trong đoạn AB.

$$\text{Ta có: } \sigma_{z\max} = \frac{5.10^4 \text{ N}}{0,5.10^{-2} \text{ cm}^2} = 107 \text{ N/cm}^2 = 10^4 \text{ KN/cm}^2$$

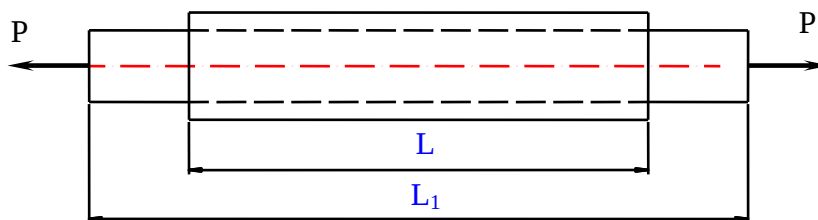
- Trong đoạn BC có $N_{zBC} = 2.10^4 \text{ N}$

Vậy ứng suất trong đoạn BC là:

$$\sigma_{zBC} = \frac{N_{zBC}}{F} = \frac{2.10^4}{0,5.10^{-2}} = 4.10^6 \text{ N/cm}^2$$

3. BIẾN DẠNG, TÍNH ĐỘ GIÃN DÀI CỦA THANH:

Gọi l là chiều dài ban đầu của thanh, khi chịu kéo thanh dài ra một đoạn Δl . Ngược lại khi chịu nén thanh co lại. Ta gọi Δl là độ giãn dài tuyệt đối của thanh. Ký hiệu: Δl .



Hình 2-5

- Độ giãn dài tuyệt đối của thanh $\Delta l = L_1 - L$

- Độ biến dạng tỷ đối $\varepsilon_z = \frac{\Delta l}{L}$

Theo định luật Húc: Khi lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn nhất định thì độ giãn dài tuyệt đối tỷ lệ thuận với lực tác dụng (H.9-5).

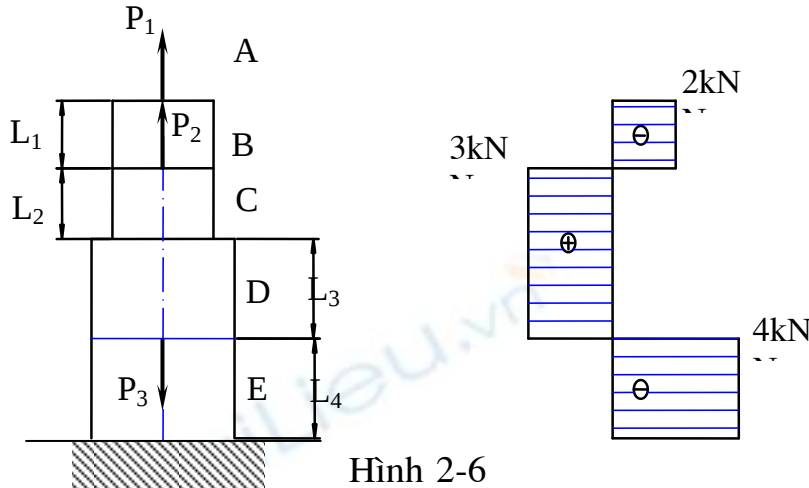
$P = Nz$; F (diện mặt cắt trên suốt chiều dài thanh). Ta có:

$$\Delta L = \frac{N_z.L}{E.F} \quad (\text{m})$$

N_z : lực dọc (N)

F : diện tích mặt cắt (cm^2 , m^2)

E : mô đun đàn hồi của vật liệu (N/cm^2)



Hình 2-6

* Ví dụ 3:

Tính độ biến dạng dài tuyệt đối có bậc chịu lực như H.2-6.

Biết $l_1 = 50\text{cm}$; $l_2 = 60\text{cm}$; $l_3 = 20\text{cm}$; $l_4 = 60\text{cm}$; $F_1 = 10\text{cm}^2$; $F_2 = 20\text{cm}^2$;

$E = 2.10^4 \text{ kN/cm}^2$. $P_1 = 2\text{kN}$; $P_2 = 5\text{kN}$, $P_3 = 7\text{kN}$

Bài giải:

Biểu đồ lực dọc được vẽ trên hình 9-6 chia thành làm 4 đoạn AB, BC, CD và DE. Trong mỗi đoạn tỷ số N_z/EF là hằng số. Ta có:

$$\Delta l = \frac{N_1 l_1}{E_1 F_1} + \frac{N_2 l_2}{E F_2} + \frac{N_3 l_3}{E F_3} + \frac{N_4 l_4}{E F_4}$$

$$\Delta l = -\frac{2.50}{2.10^4 \cdot 10} + \frac{3.20}{2.10^4 \cdot 10} - \frac{3.20}{2.10^4 \cdot 20} - \frac{4.60}{2.10^4 \cdot 20}$$

$$\Delta l = -0,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$

+ Như vậy cột bị co lại.

4. ĐIỀU KIỆN BỀN:

4.1. Ứng suất cho phép:

Khi tính sức bền các chi tiết, các kết quả tính toán phải đảm bảo cho chúng không bị phá hỏng. Muốn vậy ứng suất tính toán lớn nhất tại một điểm nào đó trong quá trình chịu lực không được vượt quá một giới hạn quy định cho từng loại vật liệu. Ta gọi đó là ứng suất giới hạn nguy hiểm. Trong bài toán kéo, nén đúng tâm, đối với vật liệu giòn ta chọn ứng suất nguy hiểm là giới hạn bền (σ_B). Vật liệu dẻo ta chọn ứng suất nguy hiểm là giới hạn chảy ($\sigma_{chảy}$).

- Để đảm bảo an toàn trong thực tế người ta thường sử dụng một giá trị ứng suất bé hơn ứng suất nguy hiểm gọi là ứng suất cho phép. Ký hiệu $[\sigma]$.

- Đối với vật liệu dẻo: $[\sigma]_K = [\sigma]_n = \frac{\sigma_{ch}}{n}$

- Đối với vật liệu giòn, khả năng chịu nén tốt hơn chịu kéo, nên ta có:

$$[\sigma]_n = \frac{\sigma_B^n}{n} \quad [\sigma]_K = \frac{\sigma_B^K}{n}$$

- n: là hệ số an toàn, có giá trị lớn hơn 1.

4.2. Điều kiện bền của thanh chịu kéo - nén đúng tâm:

Đối với vật liệu dẻo: $|\sigma|_{\max} = \frac{N_z}{F} \leq [\sigma]$

Đối với vật liệu giòn: $\sigma_{\max} = \frac{N_z}{F} \leq [\sigma_K]; \sigma_{\min} = \frac{N_z}{F} \leq [\sigma_n]$

Trong đó:

$\sigma_{\max}$: ứng suất kéo lớn nhất

$\sigma_{\min}$: ứng suất kéo nén có trị số bé nhất

(hay có giá trị tuyệt đối lớn nhất khi nén)

* Ý nghĩa:

Phương pháp tìm những điểm có trị số ứng suất pháp lớn nhất khi kéo hoặc khi nén cho phép xác định các điểm nguy hiểm. Khi điểm nguy hiểm đã thoả mãn điều kiện bền thì tất cả các điểm còn lại đều thoả mãn. Rõ ràng phương pháp kiểm tra là đơn giản nhưng độ an toàn lớn.

- Từ điều kiện bền ta suy ra ba bài toán cơ bản sau:

a) Kiểm tra bền:

Giả sử biết vật liệu (biết ứng suất cho phép) biết kích thước mặt cắt (F) và lực tác dụng, ta có thể kiểm tra được độ bền của thanh theo công thức:

$$|\sigma|_{\max} = \frac{N_z}{F} \leq [\sigma]$$

Thoả mãn điều kiện này, ta kết luận là thanh đủ bền.

b) Chọn kích thước mặt cắt ngang:

Trong trường hợp biết giá trị của lực dọc, vật liệu chế tạo thanh từ đó có thể xác định ứng suất cho phép ta có thể tính được kích thước tối thiểu của thanh để đảm bảo kết cấu làm việc an toàn.

$$F \geq \frac{N_z}{[\sigma]}$$

c) Xác định tải trọng cho phép: