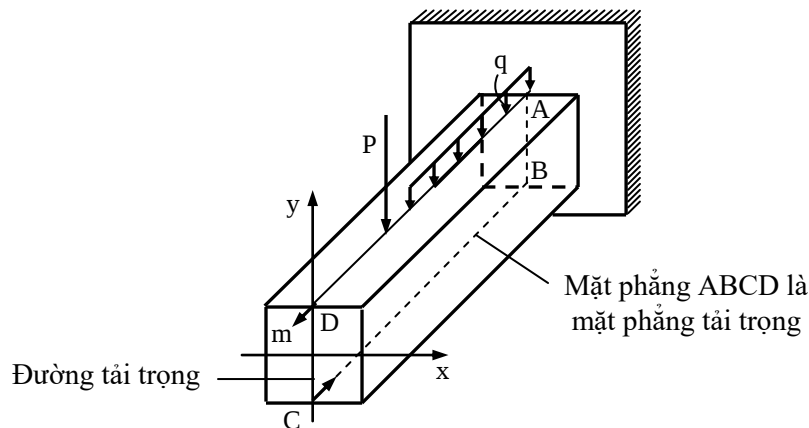


CHƯƠNG VI**UỐN NGANG PHẪNG****1. Khái niệm về uốn ngang phẳng - Nội lực và biểu đồ nội lực:****1.1. Khái niệm về uốn ngang phẳng:****1.1.1. Khái niệm:**

Thanh bị uốn ngang phẳng là thanh chịu tác dụng của hệ lực phẳng (gồm những lực vuông góc với trục thanh hay những ngẫu lực) nằm trong mặt phẳng chứa trục thanh (mặt phẳng này gọi là mặt phẳng tải trọng)

Ví dụ : Các trục truyền động, các dầm cầu, nhà, dàn cần cẩu...

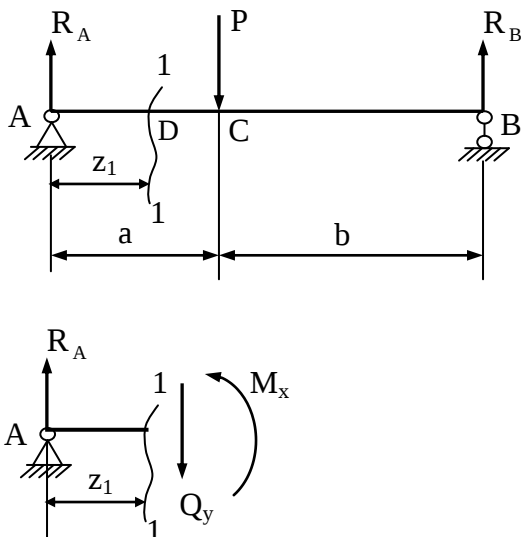


- Ngoại lực tác dụng có thể là lực tập trung, lực phân bố hoặc mô men tập trung.
- Thanh chủ yếu chịu uốn gọi là dầm.
- Trục của dầm sau khi chịu uốn cong vẫn nằm trong mặt phẳng đối xứng của dầm thì sự uốn đó được gọi là uốn phẳng.

1.1.2. Phân loại

Ta chia uốn phẳng làm hai loại:

- Uốn thuần túy phẳng.
- Uốn ngang phẳng.

1.2. Nội lực và biểu đồ nội lực:**1.2.1. Nội lực**

Xét dầm AB chịu lực như hình vẽ:

- Đầu tiên phải xác định được các phản lực tại các gối đỡ A và B

Từ phương trình cân bằng tĩnh học

$$\sum M_A = R_B (a + b) - P \cdot a = 0$$

$$\sum M_B = -R_A (a + b) + P \cdot b = 0$$

$$R_B = \frac{P \cdot a}{(a + b)} ; R_A = \frac{P \cdot b}{(a + b)}$$

- Dùng mặt cắt 1 – 1, cắt thanh tại điểm D. Khảo sát sự cân bằng của phần trái. Để phần trái cân bằng thì trên mặt cắt ngang của dầm xuất hiện các nội lực Q_y , M_x .

– Q_y được gọi là lực cắt: $Q_y = R_A$

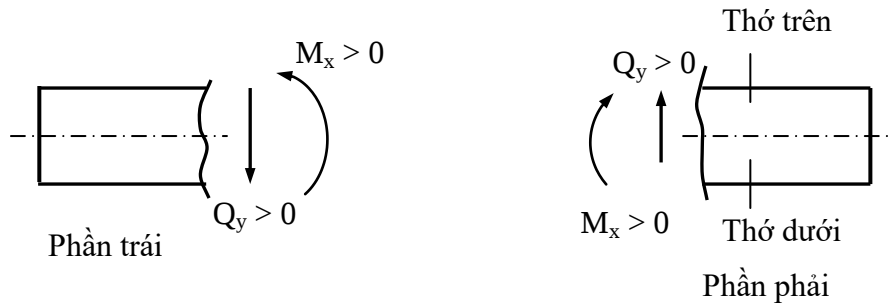
– M_x được gọi là mômen uốn nội lực: $M_x = R_A \cdot z_1$

* *Dầm chịu uốn ngang phẳng khi trên mọi mặt cắt ngang của dầm, nội lực chỉ có lực cắt Q_y và mômen uốn M_x*

* *Qui ước dấu*

+ Lực cắt Q_y có dấu (+) nếu ngoại lực sinh ra nó tác dụng ở phần dầm được xét có khuynh hướng làm cho phần dầm đó quay thuận chiều kim đồng hồ quanh trọng tâm mặt cắt. Ngược lại Q_y có dấu (–)

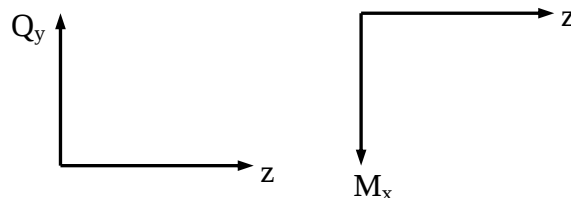
+ Mômen uốn M_x có dấu (+) nếu ngoại lực sinh ra nó có tác dụng ở phần dầm được xét có khuynh hướng làm cho thớ dưới dầm bị kéo. Ngược lại có dấu (–)



1.2.2. Biểu đồ nội lực

Biểu đồ nội lực là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của lực cắt và mômen uốn dọc theo trục của dầm. Nhờ nó ta dễ dàng tìm được các mặt cắt và mômen uốn có trị số lớn nhất. Các mặt cắt đó thường là mặt cắt nguy hiểm và được chọn để tính toán điều kiện bền.

Khi vẽ đồ thị ta qui ước như sau:



Ví dụ :

Vẽ biểu đồ lực cắt và môment uốn của dầm tựa trên hai khớp bản lề A và B, chịu tải trọng P như hình vẽ

Giải

* Xác định phản lực tại điểm tựa A và B

Từ phương trình cân bằng tĩnh học

$$\sum M_A = R_B (a + b) - P \cdot a = 0$$

$$\sum M_B = -R_A (a + b) + P \cdot b = 0$$

$$R_B = \frac{P \cdot a}{(a + b)} ; R_A = \frac{P \cdot b}{(a + b)}$$

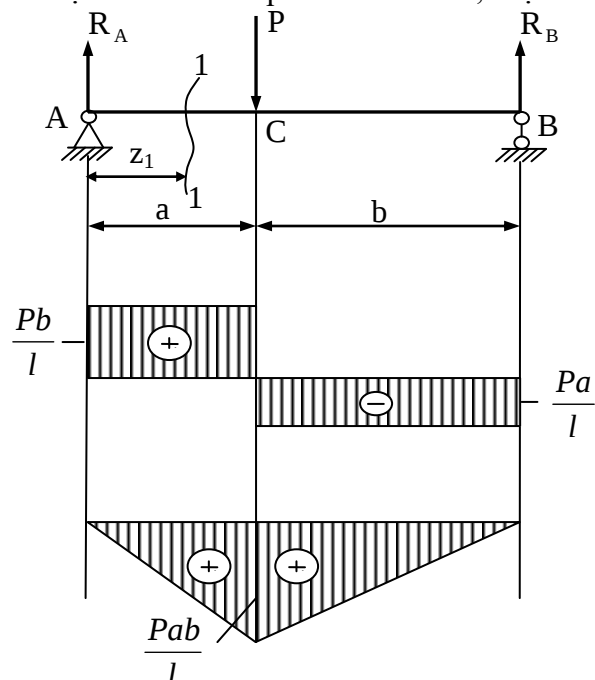
* Biểu đồ lực cắt Q_y

– Đoạn AC : $Q_y = R_A = \frac{Pb}{l}$

– Đoạn BC : $Q_y = -R_B = -\frac{Pa}{l}$

* Biểu đồ môment uốn M_x

– Đoạn AC, tại mặt cắt 1 – 1 (trái)



$M_x = R_A z_1$ với $0 \leq z_1 \leq a$ (M_x là hàm bậc nhất theo z , cần xác định hai điểm để vẽ):

$$\begin{cases} z_1 = 0 \Rightarrow M_x = 0 \\ z_1 = a \Rightarrow M_x = \frac{Pab}{l} \end{cases}$$

– Đoạn CB, tại mặt cắt 2 – 2 (xét phần trái)

$$M_x = R_A \cdot z_2 - P \cdot (z_2 - a) \text{ với } a \leq z_2 \leq (a + b)$$

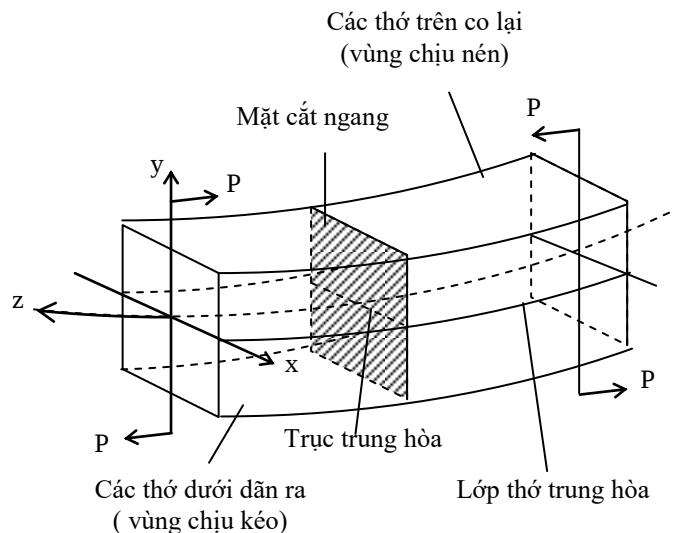
$$\begin{cases} z_2 = a \Rightarrow M_x = \frac{Pab}{l} \\ z_2 = a + b = l \Rightarrow M_x = \frac{Pab}{l} \end{cases}$$

2. Ứng suất – Biến dạng:

2.1. Ứng suất và biến dạng của dầm chịu uốn thuần túy:

Khi dầm chịu uốn thuần túy, tại mặt cắt ngang của dầm chỉ có một thành phần nội lực là mômen uốn M_x nằm trong mặt phẳng tải trọng.

Xét một dầm có mômen uốn tác dụng ở hai đầu, ta thấy:



– Khi dầm biến dạng, các thớ trên co lại, các thớ dưới giãn ra. Có một lớp thớ không bị co giãn gọi là lớp thớ trung hòa. Giao tuyến của lớp thớ trung hòa với mặt cắt ngang được gọi là trục trung hòa, trục trung hòa được coi là thẳng nhờ thuyết biến dạng nhỏ.

– Kết luận: Trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn thuần túy chỉ có ứng suất pháp σ .

Theo định luật Hooke, giữa ứng suất pháp σ và biến dạng dọc tương đối ε có liên hệ như sau:

$$\sigma = E \varepsilon \quad (*)$$

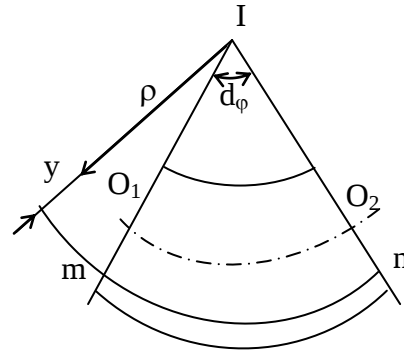
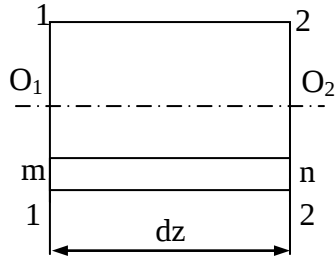
Nếu biết được biến dạng, ta dễ dàng tìm được sự phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang.

Muốn vậy ta xét một đoạn dầm dz được cắt bởi hai mặt cắt 1 – 1, 2 – 2. Sau khi biến dạng, hai mặt cắt này tạo với nhau một góc $d\varphi$. Gọi ρ là bán kính cong của thớ trung hòa O_1O_2 . Vì thớ trung hòa không biến dạng nên

$$O_1O_2 = dz \Rightarrow O_1O_2 = \rho \cdot d\varphi$$

Xét biến dạng của thớ mn cách thớ trung hòa một khoảng cách y . Chiều dài của thớ này trước khi biến dạng là $mn = dz = \rho d\varphi$ và sau khi biến dạng $mn = (\rho + y) d\varphi$

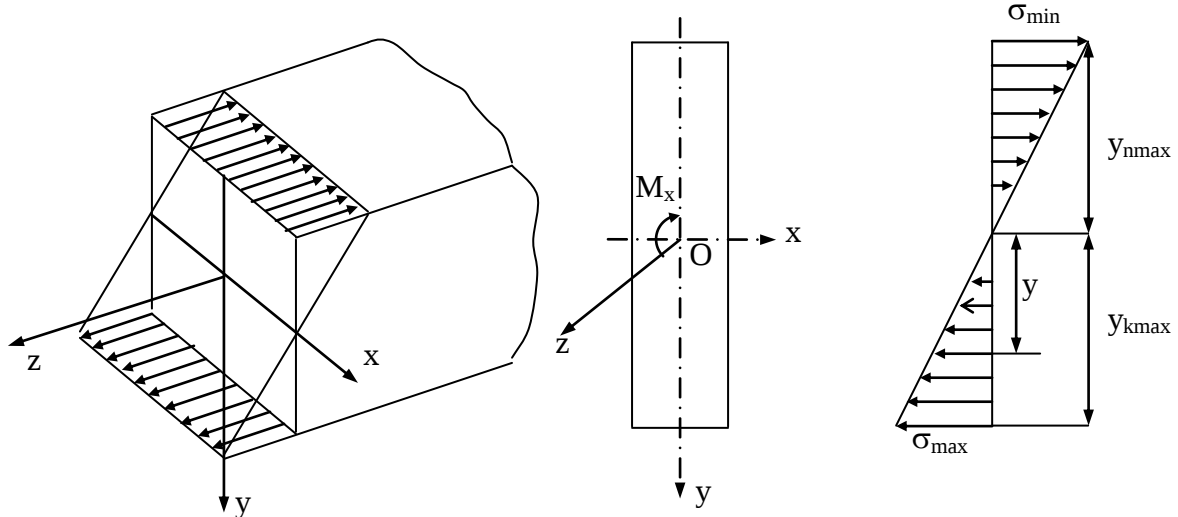
Biến dạng dọc tương đối của thớ mn bằng



$$\varepsilon = \frac{(\rho + y)d\varphi - \rho d\varphi}{\rho d\varphi} = \frac{y}{\rho}$$

$$\text{Thay } \varepsilon \text{ vào (*)}: \quad \sigma = E \frac{y}{\rho} \quad (**)$$

Tại một mặt cắt ngang bán kính ρ có trị số xác định, E là hằng số. Vậy qui luật phân bố ứng suất pháp trên mặt cắt ngang là phẳng



Giao tuyến của mặt phẳng ứng suất với mặt cắt chính là trục trung hòa. Rõ ràng ứng suất pháp trên các đường thẳng song song với trục trung hòa có trị số như nhau. Do đó ta có thể vẽ biểu đồ phân bố ứng suất pháp đơn giản như trên.

Qua biểu đồ phân bố ứng suất pháp trên mặt cắt ngang, ta thấy:

- Trên mặt cắt ngang chia làm hai miền : một miền chịu kéo và miền kia chịu nén
- Các điểm có trị số ứng suất pháp lớn nhất là các điểm xa trục trung hòa nhất.

Xét mặt cắt ngang có mômen uốn M_x , ta có:

$$M_x = \int_F \sigma \cdot y \cdot dF = \int_F E \frac{y}{\rho} \cdot y \cdot dF = \frac{E}{\rho} \int_F y^2 \cdot dF = \frac{E}{\rho} \cdot J_x$$

$$\text{Vậy:} \quad M_x = \frac{E}{\rho} J_x \quad \text{hay} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{M_x}{E \cdot J_x}$$

So sánh với (**) ta suy ra công thức ứng suất pháp trên mặt cắt ngang như sau:

$$\sigma = \frac{M_x}{J_x} \cdot y$$

$$\text{– Nếu } y \rightarrow y_{n\max} \Rightarrow \sigma_{\min} = -\frac{M_x}{J_x} y_{n\max} = -\frac{M_x}{W_x^n}$$

$$y \rightarrow y_{k\max} \Rightarrow \sigma_{\max} = \frac{M_x}{J_x} y_{k\max} = \frac{M_x}{W_x^k}$$

- Đối với mặt cắt ngang có trục trung hòa cũng là trục đối xứng: mặt cắt hình chữ nhật, hình tròn, chữ I ... thì $y_{n\max} = y_{k\max}$

$$\Rightarrow W_x^k = W_x^n$$

Do đó, ứng suất kéo và nén lớn nhất là: $\sigma_{\max/\min} = \pm \frac{M_x}{W_x}$

W_x : Mômen chống uốn của mặt cắt ngang (là một đặc trưng hình học của mặt cắt), đơn vị : m^3

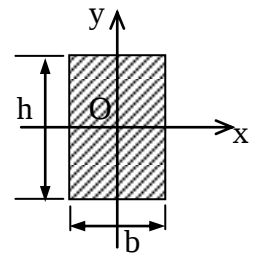
Khi W_x càng lớn $\rightarrow$ ứng suất phát sinh trên dầm càng nhỏ $\rightarrow$ khả năng chống uốn của dầm càng lớn.

+ Mặt cắt hình tròn $W_x = 0,1d^3$

+ Mặt cắt hình tròn rỗng $W_x = 0,1 D^3 (1 - \alpha^4)$ với $\alpha = \frac{d}{D}$

+ Mặt cắt hình chữ nhật $W_x = \frac{bh^2}{6}$ hoặc $W_y = \frac{b^2h}{6}$

+ Mặt cắt vuông $W_x = \frac{a^3}{6}$



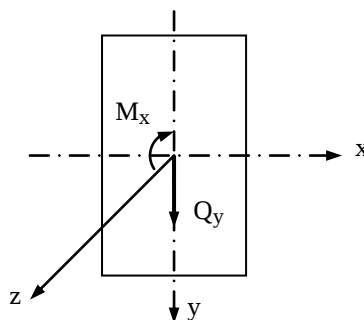
- Đối với các mặt cắt ngang không đối xứng thì $y_{k\max} \neq y_{n\max} \Rightarrow W_x^k = W_x^n$

Do đó $\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_k}$ với $W_k = \frac{J_x}{y_{k\max}}$

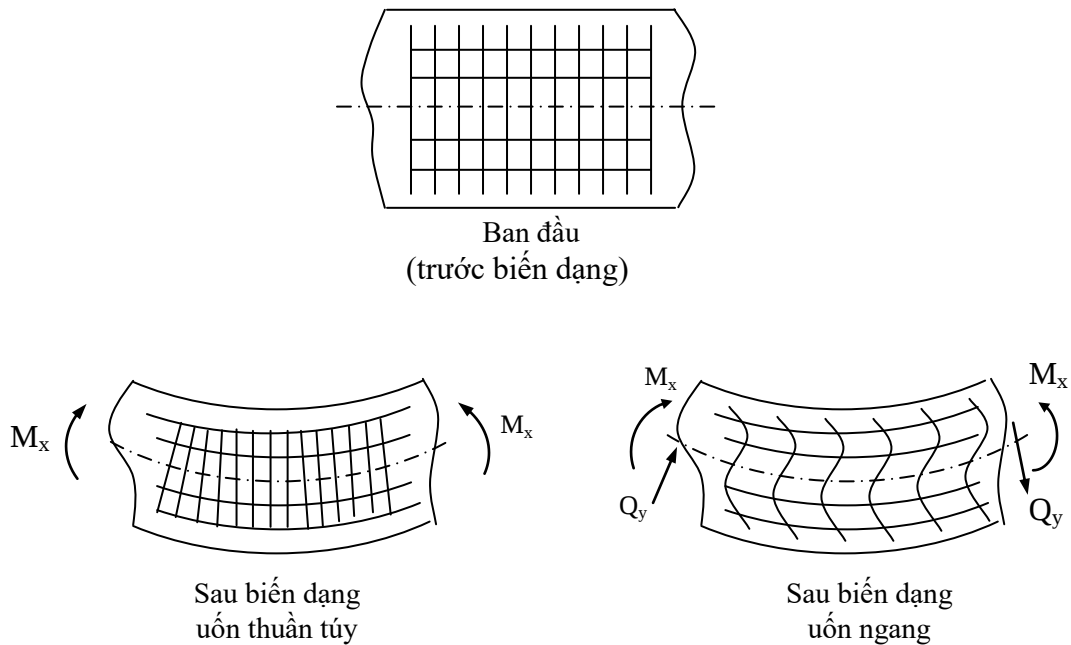
$\sigma_{\min} = -\frac{M_x}{W_n}$ với $W_n = \frac{J_x}{y_{n\max}}$

2.2. Ứng suất và biến dạng của dầm chịu uốn ngang phẳng:

Khi dầm chịu uốn ngang phẳng thì trên mặt cắt ngang của nó có hai thành phần nội lực là lực cắt Q_y và mômen uốn M_x (hoặc Q_x và M_y)



Khi đó, trên mặt cắt ngang của thanh không những có ứng suất pháp do mômen uốn mà còn có ứng suất tiếp do lực cắt gây ra. Nếu tách ra tại điểm A trên mặt cắt ngang của thanh một phân tố hình hộp tọa độ (có các mặt song song với mặt tọa độ) ta sẽ thấy phân tố đó bị biến dạng trượt, các góc vuông của nó không còn vuông nữa. Hiện tượng này cùng với hiện tượng trượt bị uốn cong, làm cho các mặt cắt ngang ban đầu (trước khi chịu lực) không còn phẳng nữa sau khi bị uốn ngang.



Mặc dù vậy theo những kết quả nghiên cứu sâu hơn của cơ học vật rắn biến dạng, công thức xác định ứng suất pháp trên mặt cắt ngang là: $\sigma_z = \frac{M_x}{J_x} \cdot y$ vẫn đúng đối với trường

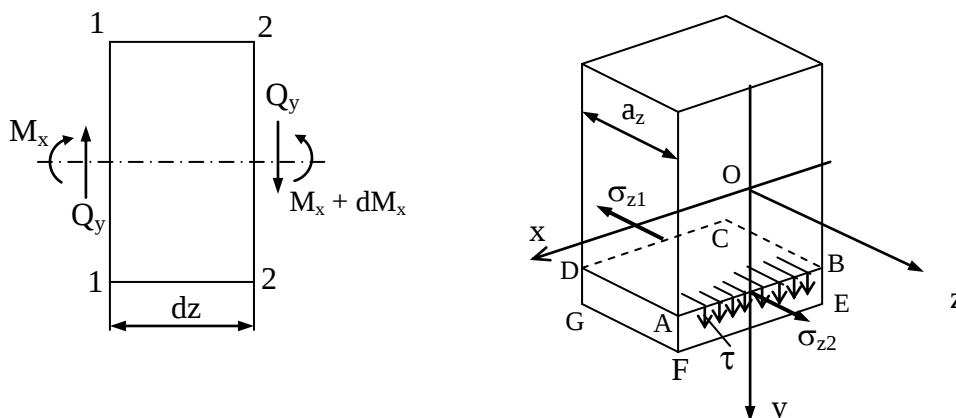
hợp tiết diện của thanh là hình chữ nhật hẹp và biểu đồ mômen uốn có dạng bậc nhất. Trong các trường hợp khác công thức đó vẫn dùng được với sai số không lớn.

Như vậy, chỉ còn phải tìm công thức tính ứng suất tiếp do lực cắt Q_y gây nên.

Ứng suất cắt trên mặt cắt ngang :

Để cho đơn giản mặt cắt ngang của thanh là một dải chữ nhật hẹp (nghĩa là chiều rộng b nhỏ hơn chiều cao h và biểu đồ mômen uốn có dạng bậc nhất).

Tách khỏi thanh một đoạn vô cùng bé bằng hai mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 cách nhau một khoảng dz , sau đó bằng mặt cắt ABCD song song và cách mặt phẳng Oxz một khoảng y chia đoạn thanh này thành hai phần và xét phần không chứa gốc O (ABCDEFGH)



Gọi σ_{z1} và σ_{z2} là ứng suất pháp trên các mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2, $AB = b(y)$ và F_y là diện tích của mặt cắt ABEF. Ta có :

$$\sigma_{z1} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y \quad \sigma_{z2} = \frac{M_x + dM_x}{J_x} \cdot y$$

Lực dọc trên các mặt F của phần thanh đang xét

$$N_{z1} = \int_{F_y} \sigma_{z1} \cdot dF = \frac{M_x}{J_x} \int_{F_y} y dF$$

$$N_{z2} = \int_{F_y} \sigma_{z2} \cdot dF = \frac{M_x + dM_x}{J_x} \int_{F_y} y dF$$

Vì $dM_x \neq 0$ nên $N_{z1} \neq N_{z2}$ do đó trên mặt cắt ABCD phải có nội lực T thỏa mãn điều kiện cân bằng.

$$\Sigma Z = 0 \text{ nghĩa là } N_{z2} - N_{z1} = T$$

Như vậy trên mặt cắt ABCD phải có ứng suất tiếp τ_{yz} .

Với mặt cắt là dải hình chữ nhật hẹp, có thể giả sử ứng suất tiếp τ_{yz} phân bố đều theo bề rộng của mặt cắt. Ta có :

$$\begin{aligned} T &= \tau_{yz} \cdot b(y) d_z \\ \Rightarrow \frac{M_x + dM_x}{J_x} \int_{F_y} y dF - \frac{M_x}{J_x} \int_{F_y} y dF &= \tau_{yz} b(y) d_z \end{aligned}$$

$$\text{hay } \frac{dM_x}{J_x} \int_{F_y} y dF = \tau_{yz} b(y) d_z$$

$$\Rightarrow \tau_{yz} = \frac{dM_x}{d_z} \cdot \frac{1}{b(y) J_x} \int_{F_y} y dF$$

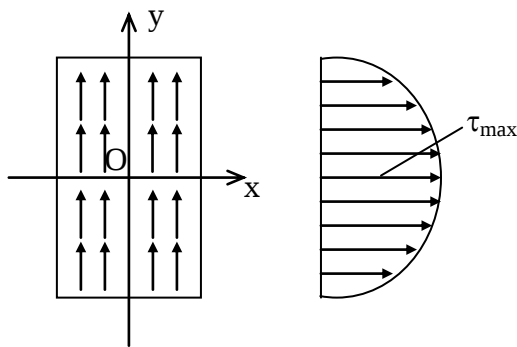
$$\text{Mà } \frac{dM_x}{d_z} = Q_y \quad \int_{F_y} y dF = S_x(y)$$

$S_x(y)$ là mômen diện tích cấp một (môment tĩnh) của diện tích F_y đối với trục trung hòa x. Vậy cuối cùng ta sẽ có biểu thức.

$$\tau_{yz} = \frac{Q_y S_x(y)}{J_x b(y)}$$

Công thức này được gọi là công thức Jurovsky

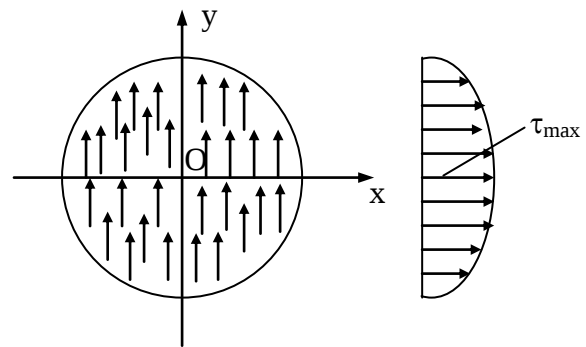
Ứng suất tiếp τ_{yz} cùng chiều với lực cắt Q_y



Ứng suất tiếp phân bố trên mặt cắt ngang hình chữ nhật

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Q : giá trị tuyệt đối của lực cắt (N)



Ứng suất tiếp phân bố trên mặt cắt ngang hình tròn

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{F}$$

F : diện tích mặt cắt ngang (m²)

3. Tính toán dầm chịu uốn ngang phẳng :

Đối với dầm chịu uốn ngang phẳng, trên mặt cắt ngang có cả ứng suất pháp và ứng suất tiếp. Nhưng thường thì ảnh hưởng của ứng suất tiếp không đáng kể nên có thể bỏ qua.

3.1. Điều kiện bền.

a. Đối với vật liệu dẻo:

$[\sigma_k] = [\sigma_n] = [\sigma]$ nên trong hai trị số $\sigma_{\max}$ và $\sigma_{\min}$ ta chỉ cần chọn ứng suất nào có giá trị tuyệt đối lớn nhất để so sánh với $[\sigma]$

$$\text{Ta có : } \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma]$$

b. Đối với vật liệu giòn : có $[\sigma_k]$ khác $[\sigma_n]$ nên:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x^k} \leq [\sigma_k]$$

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\max}}{W_x^n} \leq [\sigma_n]$$

Trường hợp mặt cắt đối xứng với trục trung hòa, chữ nhật, tròn, vuông ... thì $\sigma_{\max} = |\sigma_{\min}|$ và vì $[\sigma_k] < [\sigma_n]$ nên điều kiện bền là:

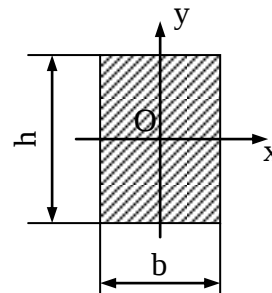
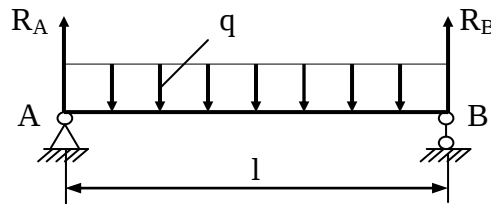
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma_k]$$

3.2. Các bài toán cơ bản

- Bài toán kiểm tra bền
- Bài toán chọn mặt cắt ngang
- Bài toán tính tải trọng cho phép

➤ *Chú ý : Trong một số ít trường hợp, tại mặt cắt ngang có lực cắt Q_y lớn so với mômen uốn M_x (dầm ngắn hay gối) thì ngoài việc tính độ bền theo ứng suất pháp, ta phải kiểm tra bền theo ứng suất tiếp $\tau_{\max} \leq [\tau]$.*

* Ví dụ :



Một dầm bằng gỗ chịu tải trọng phân bố đều $q = 14 \text{ KN/m}$. Dầm có chiều dài $l = 4 \text{ m}$ mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật với $h = 27 \text{ cm}$ $b = 17 \text{ cm}$, ứng suất cho phép của gỗ là $[\sigma] = 10 \text{ MN/m}^2$, $[\tau] = 2 \text{ MN/m}^2$. Hãy kiểm tra độ bền của dầm.

Giải:

* Tính nội lực và vẽ biểu đồ nội lực

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{14 \cdot 4}{2} = 28 \text{ KN}$$

Hợp lực của q là $Q = ql$

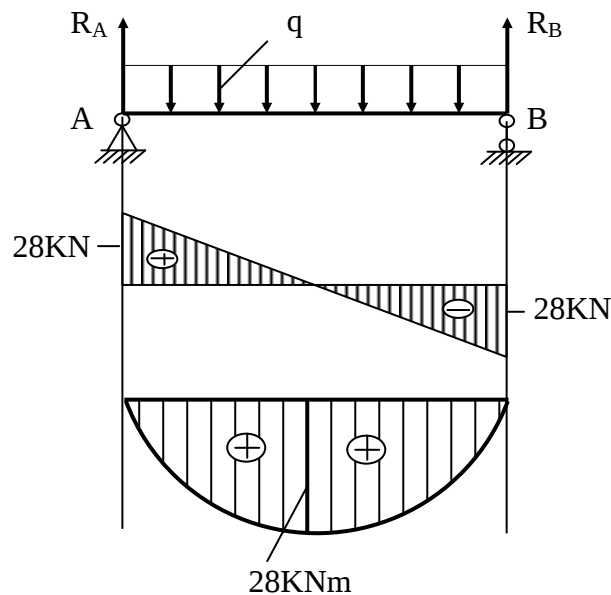
– Mặt cắt có mômen uốn lớn nhất là giữa dầm

$$M_{\max} = R_A \cdot \frac{l}{2} - q \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} = 28 \text{ KNm}$$

- Còn với ứng suất tiếp thì mặt cắt ngang tại các gối đỡ là mặt cắt nguy hiểm

$$Q_{\max} = R_A = R_B = 28 \text{ KN}$$

$$Q_{\min} = R_A - q \frac{l}{2} = 0 \text{ (giữa dầm)}$$



(Tổng quát với dầm đơn giản tựa tự do trên hai gối đỡ chịu tải trọng phân bố đều toàn phần ta luôn có $Q_{\max} = \frac{ql}{2}$ và $M_{\max} = \frac{ql^2}{4}$)

- Mômen chống uốn của mặt cắt ngang của dầm

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{17.27^2}{6} = 2,07.10^3 \text{ cm}^3 = 2,07.10^{-3} \text{ m}^3$$

- Diện tích mặt cắt ngang của dầm

$$F = 27.17 = 459 \text{ cm}^2 = 459 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- * Kiểm tra bền theo ứng suất pháp

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{28.10^3}{2,07.10^{-3}} = 13,5.10^6 \text{ N/m}^2 > [\sigma] = 10.10^6 \text{ N/m}^2$$

- * Kiểm tra bền theo ứng suất tiếp

$$\tau_{\max} = 1,5 \frac{Q_{\max}}{F} = 1,5 \cdot \frac{28.10^3}{459.10^{-4}} = 0,915.10^6 \text{ N/m}^2$$

Kết luận : Dầm không đảm bảo độ bền

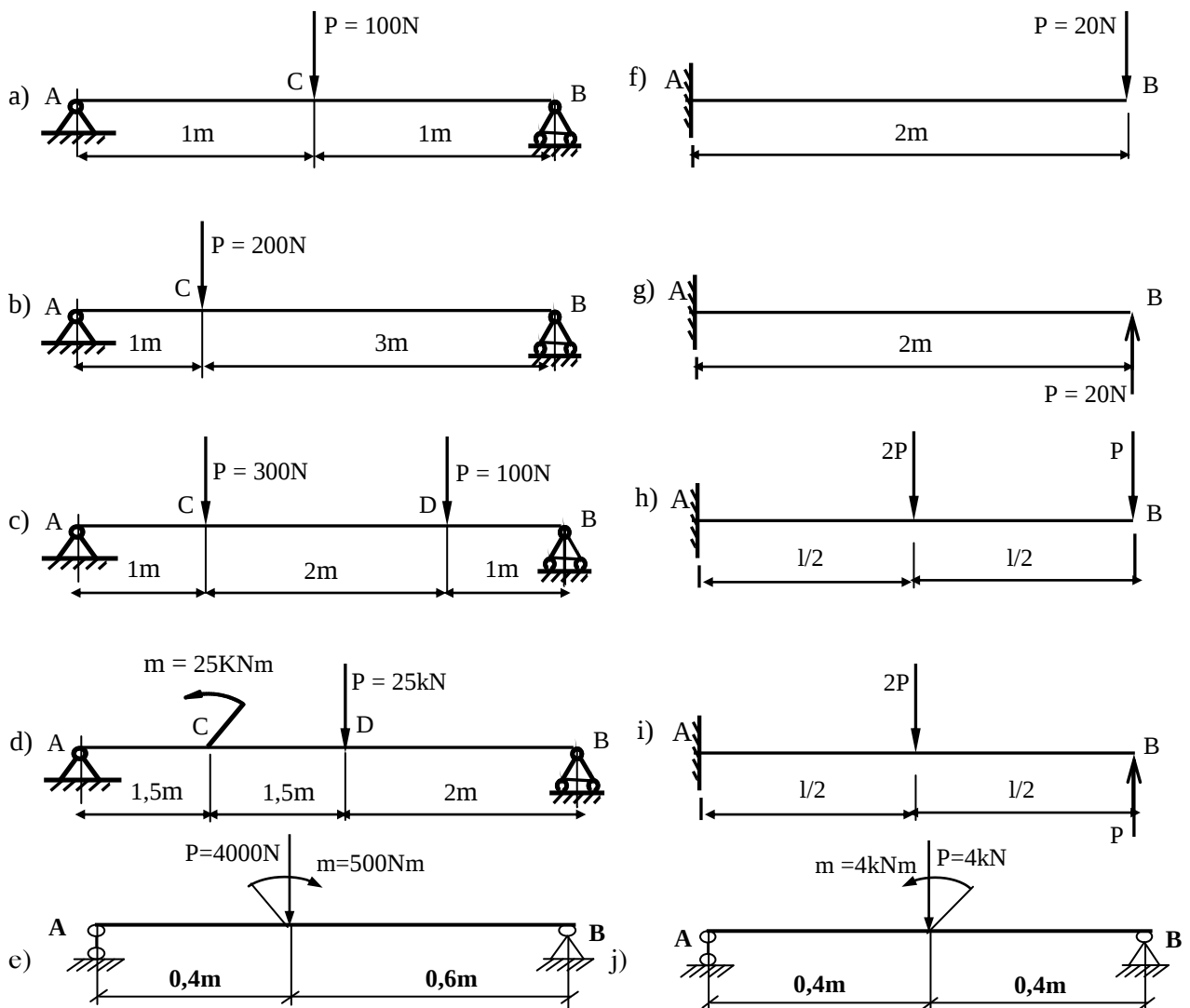
Câu hỏi ôn tập :

1. Thế nào là thanh chịu uốn ngang phẳng ? Cho ví dụ .
2. Lực cắt Q và mômen uốn M_x là gì? Qui tắc xác định trị số Q và M_x ?
3. Trình bày sự phân bố và công thức tính ứng suất pháp trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn phẳng thuần túy?
4. Viết và giải thích công thức tính mômen chống uốn của các mặt cắt hình chữ nhật, tròn đặc, tròn rỗng, vuông

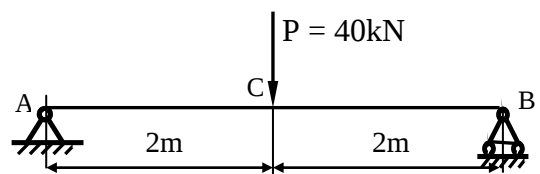
5. Trình bày sự phân bố và viết công thức tính ứng suất pháp trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn ngang phẳng?
6. Ứng suất tiếp do thành phần nội lực nào gây nên? Phân bố như thế nào trên mặt cắt ngang?
7. Trình bày điều kiện bền của dầm dựa vào ứng suất pháp, công thức tính ba bài toán cơ bản?
8. Khi nào cần kiểm tra điều kiện bền về ứng suất tiếp?

BÀI TẬP CHƯƠNG VI

1. Vẽ biểu đồ nội lực cho các dầm chịu lực sau đây:



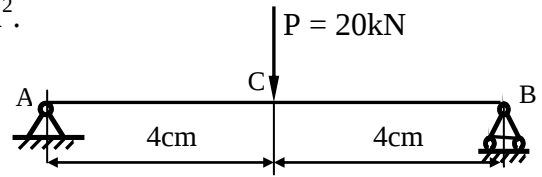
2. Dầm thép vuông đặt trên hai gối đỡ cách nhau 4m, tải trọng $P = 40\text{kN}$ đặt chính giữa dầm. Mặt cắt ngang dầm hình vuông



cạnh $a = 10\text{cm}$, $[\sigma] = 300\text{MN/m}^2$. Hãy kiểm tra cường độ của dầm?

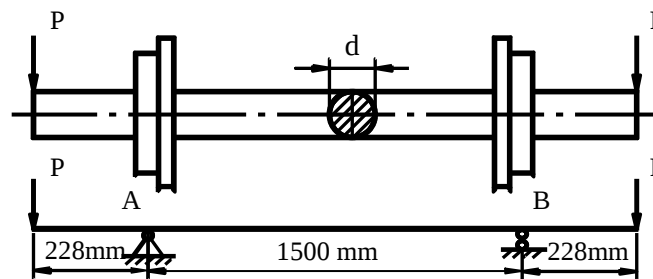
3. Chọn mặt cắt ngang hình chữ nhật của dầm bằng gỗ có chiều rộng $b = \frac{2}{3}h$, chịu mômen uốn $M_{x\max} = 30\text{KNm}$. Biết gỗ có $[\sigma]_{\text{gỗ}} = 10\text{MN/m}^2$.

4. Dầm AB dài $l = 8\text{cm}$, có mặt cắt ngang hình chữ nhật, chịu tải trọng $P = 20\text{KN}$



đặt chính giữa dầm. họn kích thước mặt cắt ngang dầm, biết $b = \frac{3}{4}h$, Ứng suất cho phép $[\sigma] = 10^5 \text{MN/m}^2$.

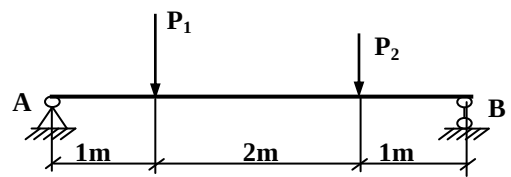
5. Một trục bánh xe lửa có đường kính $d = 160\text{mm}$. Hãy kiểm tra bền trục biết trục làm bằng thép có $[\sigma] = 45\text{MN/m}^2$, tải trọng $P = 75 \text{KN}$



6. Cho dầm AB có mặt cắt ngang tròn đường kính $d = 4\text{cm}$, chịu tác dụng bởi các lực $P_1 = 2\text{kN}$, $P_2 = 1\text{kN}$

a) Vẽ biểu đồ nội lực của dầm

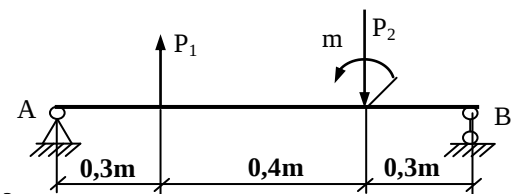
b) Kiểm tra độ bền của dầm. Biết $[\sigma] = 300\text{MN/m}^2$



7. Cho dầm AB có mặt cắt ngang hình vuông cạnh $a = 25\text{mm}$, chịu tác dụng các lực $P_1 = 1000\text{N}$, $P_2 = 1200\text{N}$ và $m = 500\text{Nm}$

a) Vẽ biểu đồ nội lực của dầm

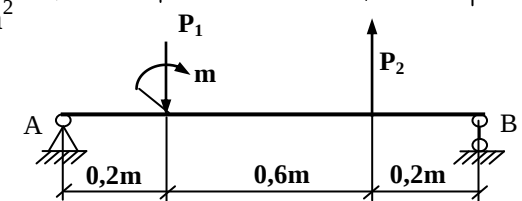
b) Kiểm tra độ bền của dầm. Biết $[\sigma] = 300\text{MN/m}^2$



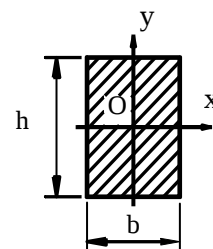
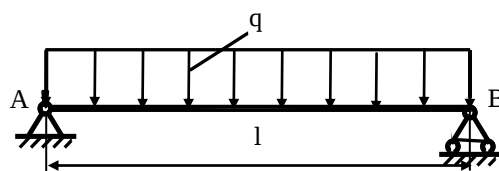
8. Cho dầm AB có mặt cắt ngang hình tròn có đường kính d , chịu tác dụng các ngoại lực: $P_1 = 1200\text{N}$, $P_2 = 2000\text{N}$ và $m = 500\text{Nm}$

a) Vẽ biểu đồ nội lực của dầm

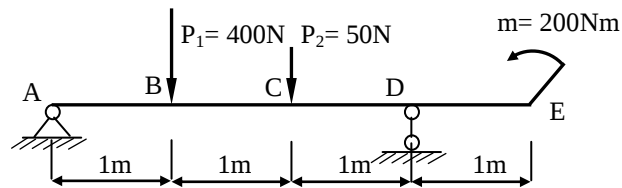
b) Xác định đường kính d của dầm. Biết $[\sigma] = 300\text{MN/m}^2$



9. Một dầm bằng gỗ chịu tải trọng phân bố đều $q = 14\text{KN/m}$ (hình vẽ). Dầm có chiều dài $l = 4 \text{m}$, mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật với $h = 27 \text{cm}$; $b = 17\text{cm}$; $[\sigma] = 10\text{MN/m}^2$. Hãy kiểm tra độ bền của dầm.

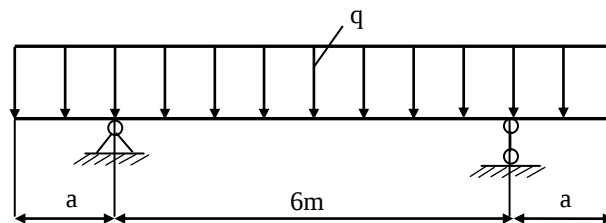


10. Vẽ biểu đồ nội lực của dầm chịu lực như hình sau:



11. Một dầm có sơ đồ tính toán như hình vẽ.

- Tính a để giá trị tuyệt đối của mô men uốn ở mặt cắt chính giữa dầm bằng mô men uốn ở mặt cắt đi qua gối đỡ.
- Tính ứng suất uốn lớn nhất trong dầm với kích thước a được tính như trên, biết tải trọng $q = 10 \text{ kN/m}$ và dầm có $d = 20 \text{ cm}$



12. Vẽ biểu đồ nội lực của dầm chịu lực như hình vẽ:

