



SỨC BỀN VẬT LIỆU

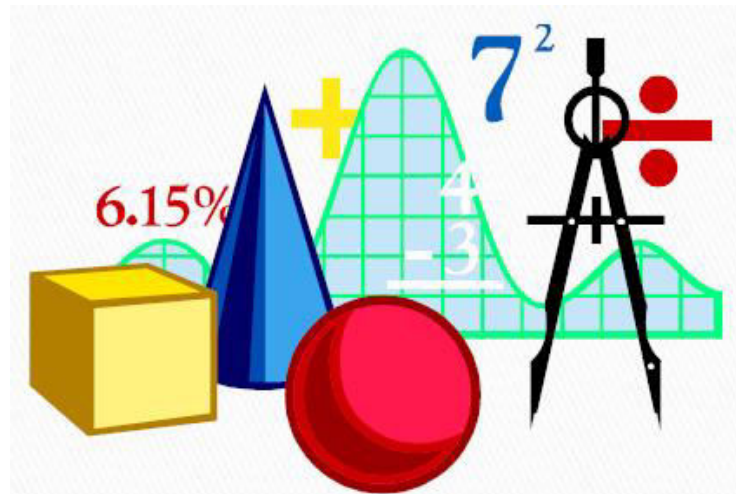


GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG
KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM



Chương 5

UỐN NGANG PHẪNG THANH THẲNG



NỘI DUNG



- 1. Khái niệm chung**
- 2. Nội lực**
- 3. Uốn thuần túy phẳng**
- 4. Uốn ngang phẳng**
- 5. Chuyển vị của dầm khi uốn**
- 6. Bài toán siêu tĩnh**
- 7. Ví dụ**

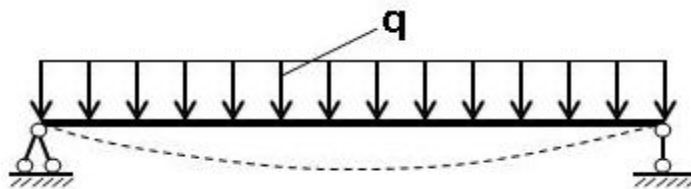


1. KHÁI NIỆM CHUNG

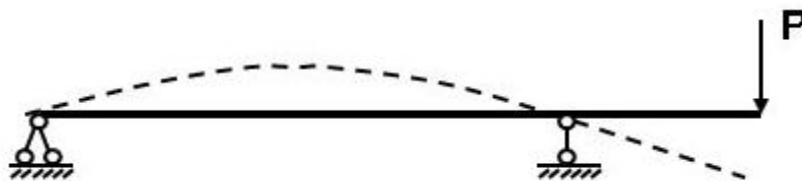
a) **Biến dạng uốn:** là biến dạng làm trục thanh bị cong đi. Các thanh bị uốn thường gọi là dầm



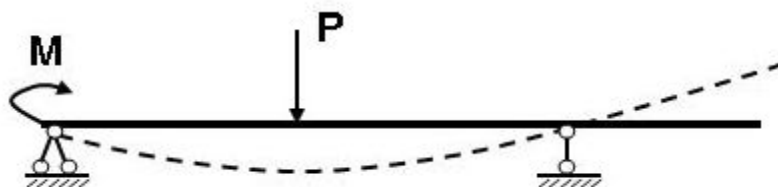
Dầm công-xôn



Dầm giản đơn



Dầm mút thừa



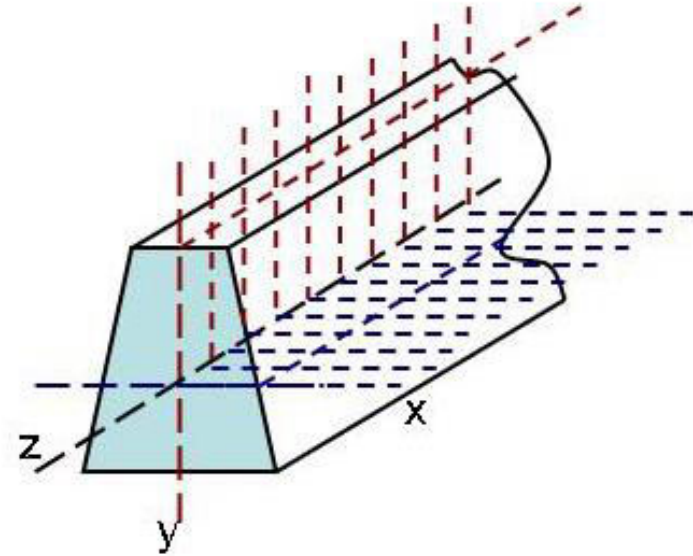


1. KHÁI NIỆM CHUNG

b) Các mặt phẳng:

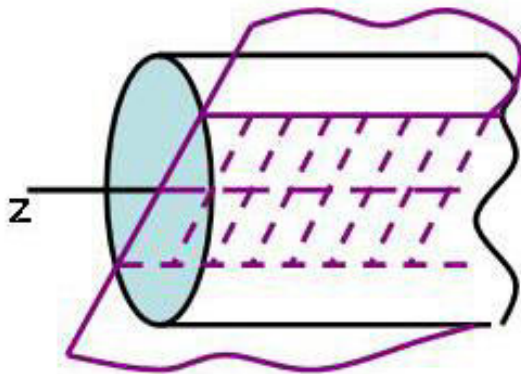
Mặt phẳng tải trọng: là mp chứa tải trọng và trục thanh \longrightarrow **Đường tải trọng**

Mặt phẳng chính: (mp quán tính chính trung tâm) là mp chứa trục thanh và một trục chính trung tâm của MCN.



Mặt phẳng chính **zox** (nằm ngang)

Mặt phẳng chính **zoy** (thẳng đứng)



Dầm MCN tròn (vành khăn) có vô số mp chính là tất cả các mp chứa trục dầm

1. KHÁI NIỆM CHUNG



c) Phân loại:

Uốn phẳng: dầm bị uốn trong mp chính

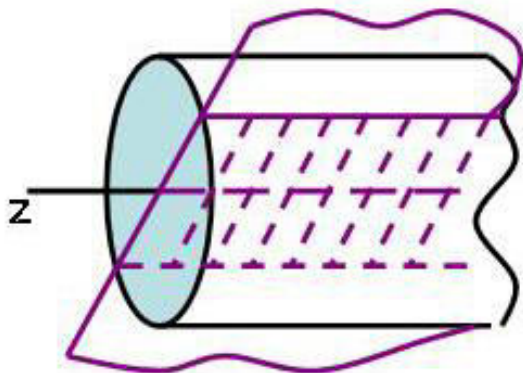
$$M_x \neq 0; Q_y \neq 0$$

Uốn thuần túy phẳng: uốn phẳng

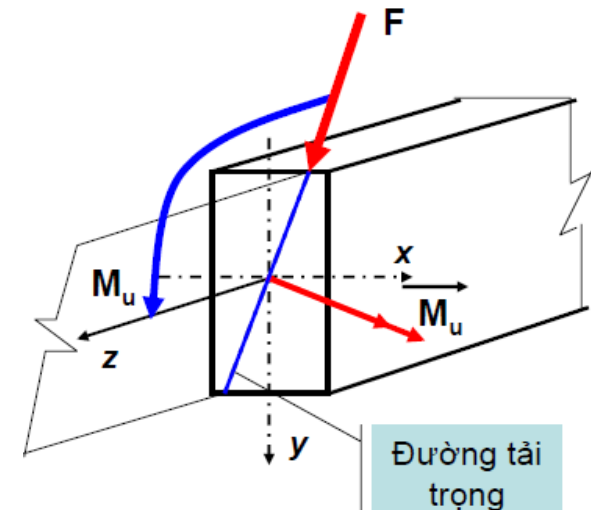
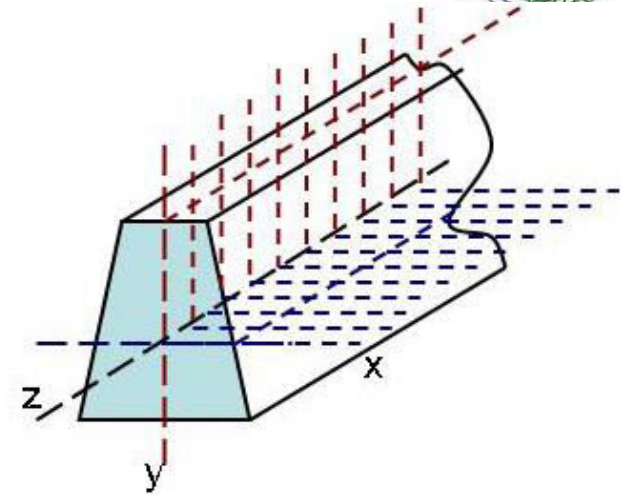
$$M_x \neq 0; Q_y = 0$$

Uốn xiên: dầm bị uốn trong mp không trùng mp chính

$$M_x \neq 0; M_y = 0$$



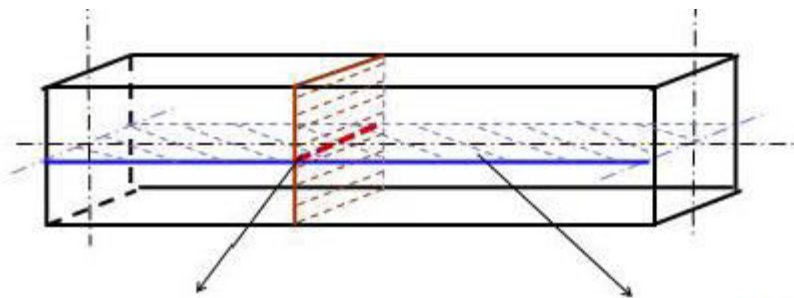
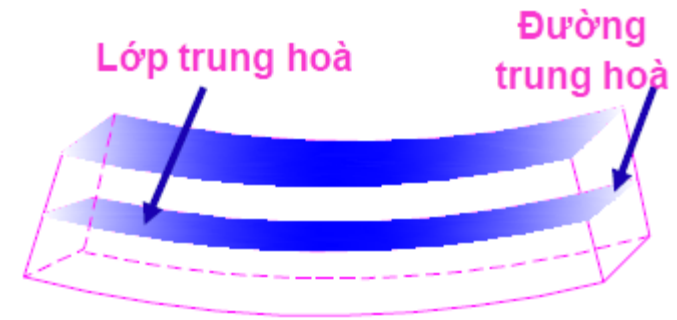
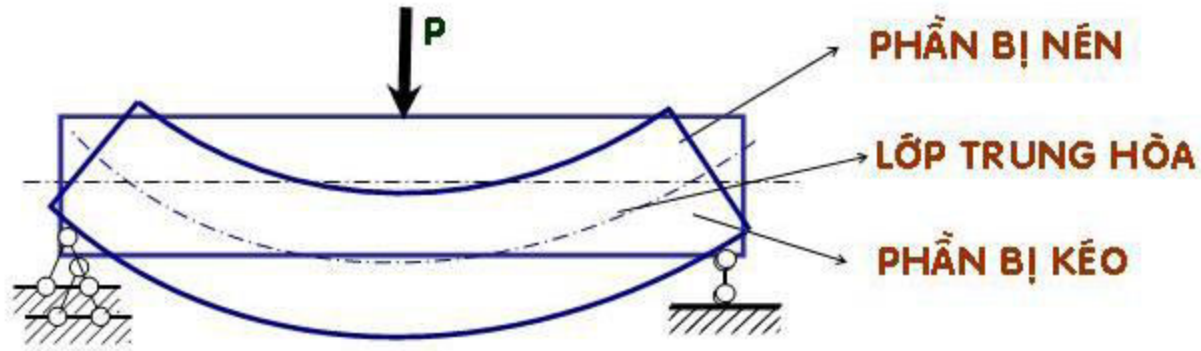
Dầm MCN tròn (vành
khăn) luôn luôn chịu uốn
phẳng





1. KHÁI NIỆM CHUNG

d) Đường trung hòa: giao tuyến của mặt trung hòa với MCN



ĐƯỜNG TRUNG HÒA

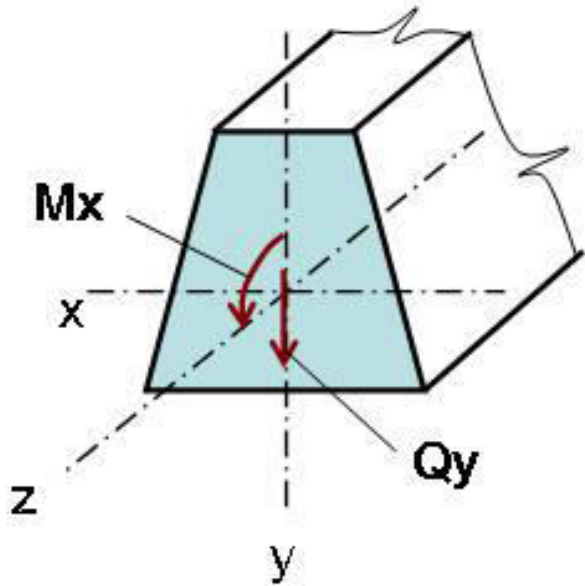
LỚP TRUNG HÒA



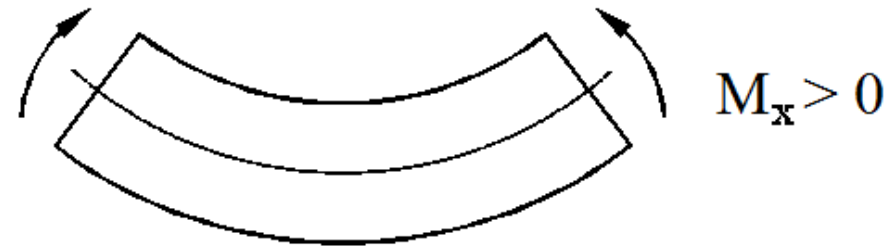
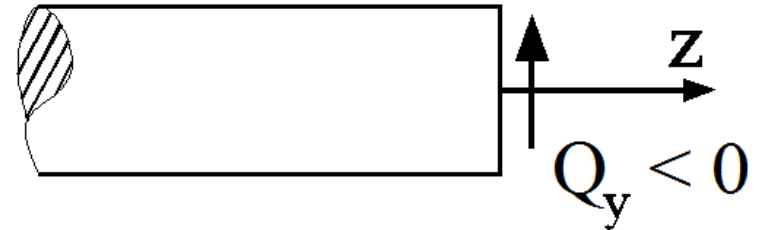
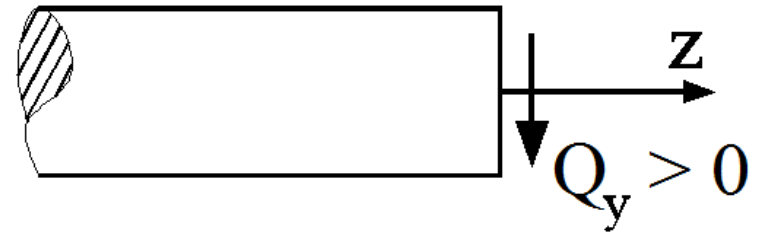
2. NỘI LỰC

a) Nội lực:

Lực cắt: Q_y



Momen uốn: M_x





2. NỘI LỰC

b) Quan hệ vi phân giữa nội lực M_x , Q_y và tải trọng phân bố $q(z)$:

$$q(z) = \frac{dQ_y}{dz}$$

$$Q_y = \frac{dM_x}{dz}$$



$$q(z) = \frac{dQ_y}{dz} = \frac{d^2 M_x}{dz^2}$$

Nhận xét:

- ...

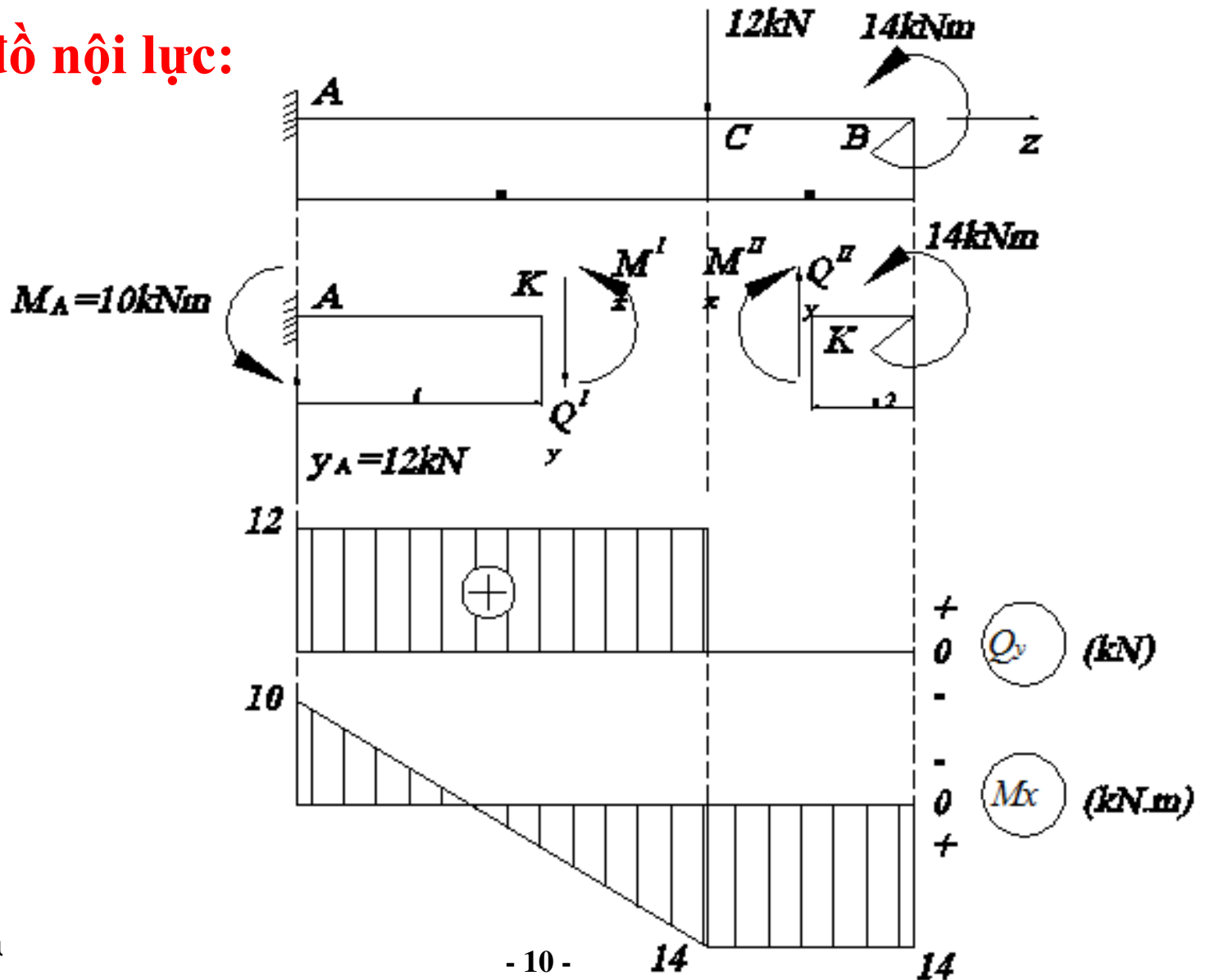
- ...

- ...



2. NỘI LỰC

c) Biểu đồ nội lực:



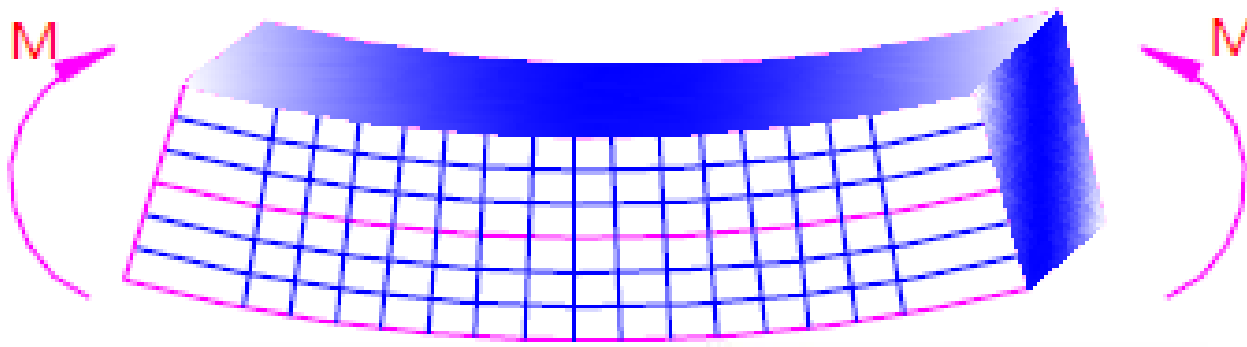


3. UỐN THUẦN TÚY PHẪNG

1. Định nghĩa: Thanh gọi là chịu uốn thuần túy phẳng nếu **chỉ tồn tại nội lực là momen uốn M_x (hoặc M_y) nằm trong mp quán tính chính trung tâm**

Tải trọng gây uốn (ngoại lực): nằm trong mp đi qua trục thanh và vuông góc với trục thanh

2. Biến dạng:

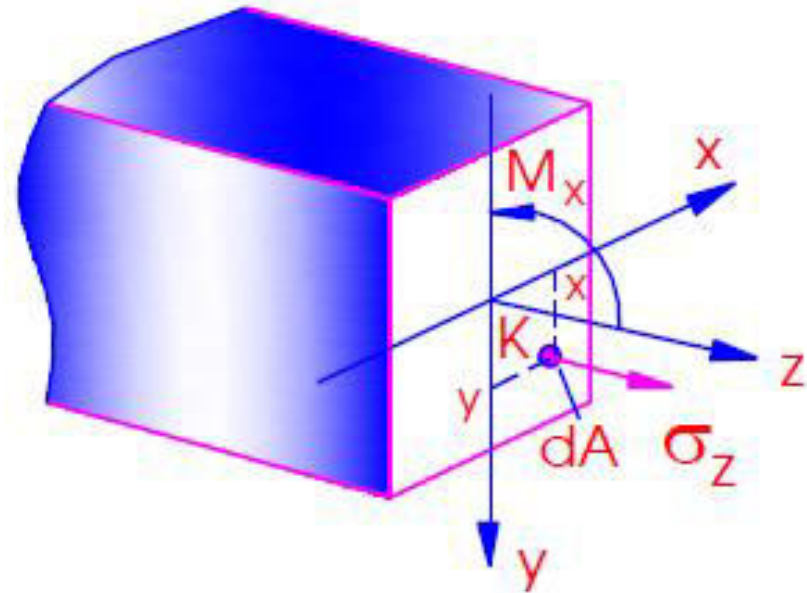




3. UỖN THUẦN TÚY PHẪNG

3. Ứng suất trên MCN:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_A$$



y_A : Khoảng cách từ điểm đang xét đến trục Ox

σ_A : có thể dương, = 0, âm tùy thuộc vào giá trị của M_x và y_A

$y_A = 0 \rightarrow \sigma_A = 0$  trục Ox chính là trục trung hòa



3. UỖN THUẦN TÚY PHẪNG

3. Ứng suất trên MCN:

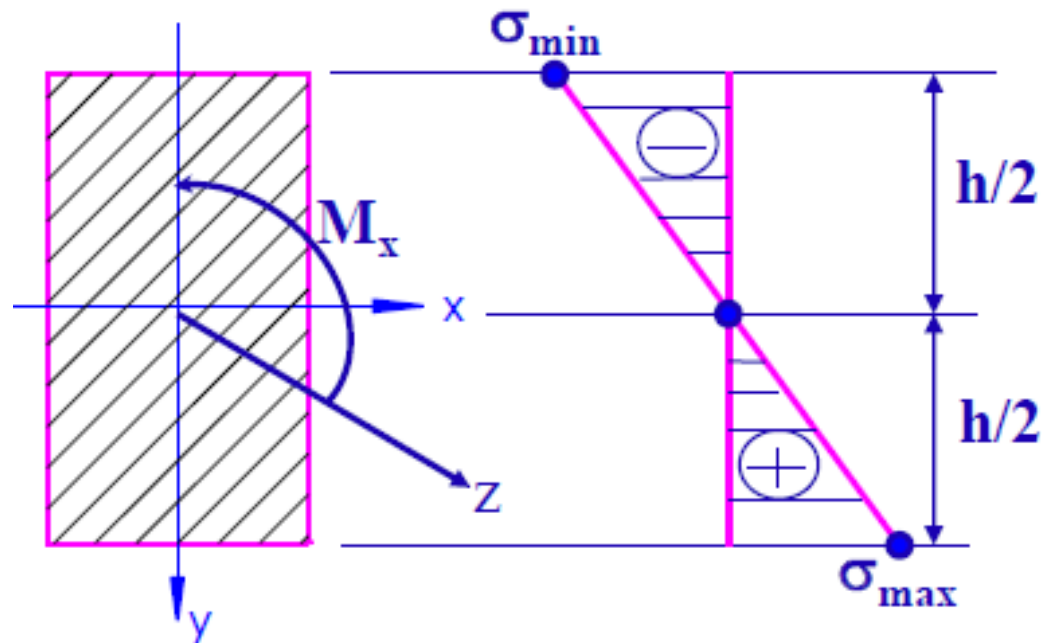
Biểu đồ σ trên MCN

a) MCN có 2 trục đối xứng

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_{max}^k = \frac{M_x}{J_x} \cdot \left(+\frac{h}{2} \right)$$

$$\sigma_{min} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_{max}^n = \frac{M_x}{J_x} \cdot \left(-\frac{h}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \sigma_{max} = -|\sigma_{min}|$$



Gọi $W_x = \frac{J_x}{y_{max}}$ - momen chống uốn của MCN

Hình chữ nhật $W_x = \frac{bh^2}{6}$ **Hình tròn** $W_x = \frac{\pi D^3}{32}$

Hình vành khăn $W_x = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \eta^4)$ với $\eta = d / D$



3. UỖN THUẦN TÚY PHẪNG

3. Ứng suất trên MCN:

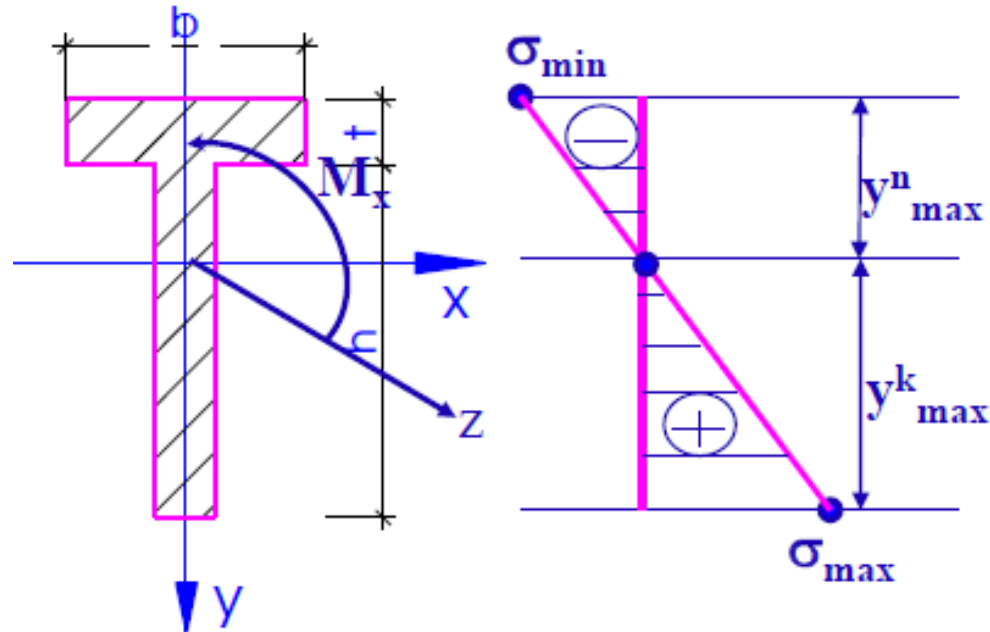
Biểu đồ σ trên MCN

b) MCN có 1 trục đối xứng

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_{max}^k = \frac{M_x}{W_x^k}$$

$$\sigma_{min} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_{max}^n = \frac{M_x}{W_x^n}$$

$$\sigma_{max} \neq |\sigma_{min}|$$



y_{max}^k - khoảng cách xa ĐTH nhất thuộc vùng chịu kéo

y_{max}^n - khoảng cách xa ĐTH nhất thuộc vùng chịu nén

3. UỖN THUẦN TÚY PHẪNG



3. Ứng suất trên MCN:

Biểu đồ σ trên MCN

- ✓ Các điểm càng xa ĐTH thì giá trị σ_z càng lớn
- ✓ Các điểm nằm trên ĐTH có $\sigma_z = 0$
- ✓ Các điểm nằm trên đường thẳng // ĐTH thì có $\sigma_z = \text{const}$

⇒ Biểu diễn sự biến thiên của σ_z theo chiều cao MCN

- ✓ Biểu đồ ứng suất pháp là hàm bậc nhất theo y , là đường thẳng qua gốc tọa độ \Rightarrow chỉ cần tính ứng suất pháp tại 1 điểm bất kỳ là vẽ được
- ✓ Đánh dấu (+) để biểu diễn phần ứng suất kéo và dấu (-) biểu diễn phần ứng suất nén

3. UỖN THUẦN TÚY PHẪNG



4. Điều kiện bền:

Dầm làm bằng vật liệu dẻo

$$\max \{ \sigma_{\max}, |\sigma_{\min}| \} \leq [\sigma]$$

Dầm bằng vật liệu giòn

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma]_k \quad ; \quad |\sigma_{\min}| \leq [\sigma]_n$$

Ba bài toán cơ bản

- Kiểm tra điều kiện bền:

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_x|}{W_x} \leq [\sigma]$$

- Xác định kích thước của mặt cắt ngang:

$$W_x \geq \frac{|M_x|}{[\sigma]}$$

- Xác định tải trọng cho phép:

$$|M_x| \leq [\sigma] W_x$$

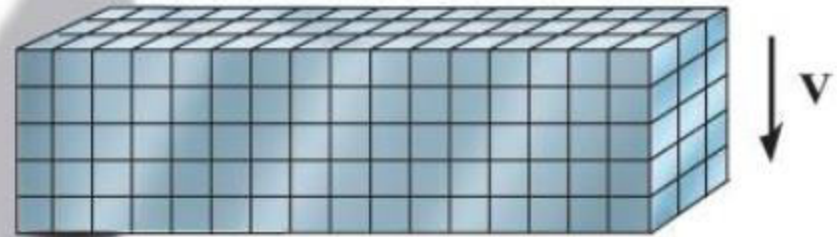


4. UỖN NGANG PHẪNG

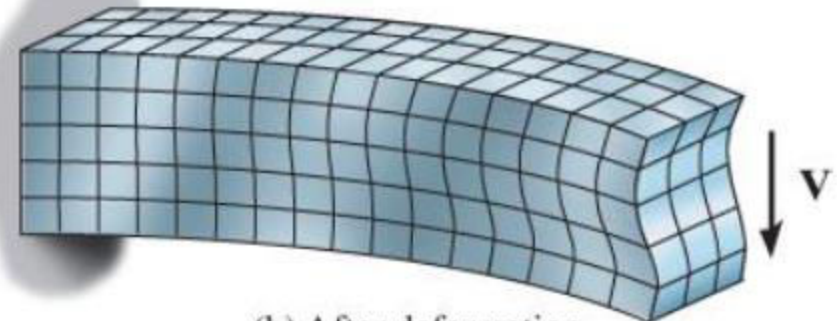
1. Định nghĩa:

UỖN PHẪNG: dầm bị uỖn trong mp chính

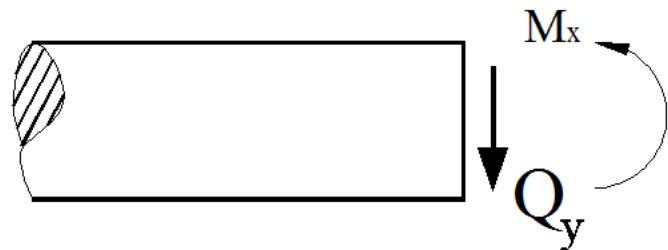
$$M_x \neq 0; Q_y \neq 0$$



(a) Before deformation



(b) After deformation



Hai thành phần nội lực

$M_x \Rightarrow$ ứng suất pháp

$Q_y \Rightarrow$ ứng suất tiếp

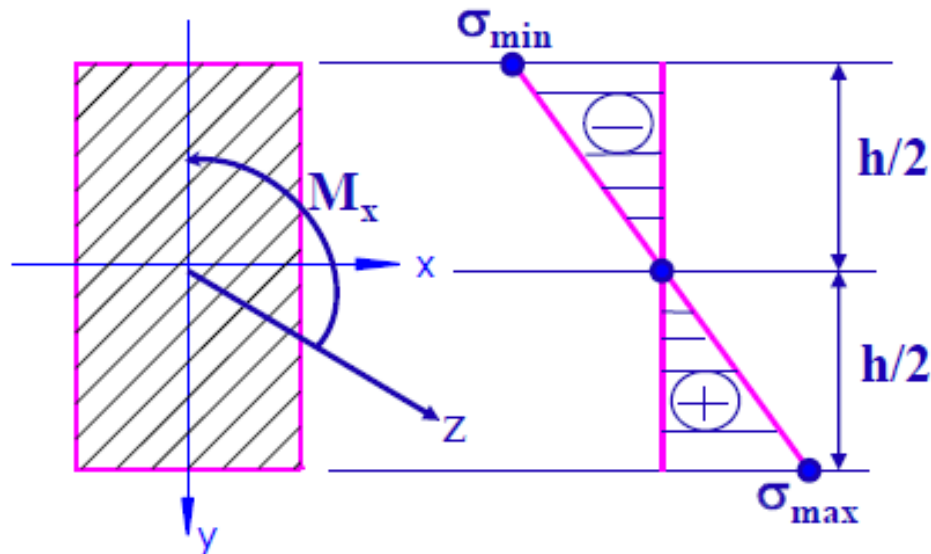


4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Ứng suất trên MCN:

Ứng suất pháp:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{J_x} \cdot y_A$$





4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Ứng suất trên MCN:

Ứng suất tiếp:

$$\tau_A = \frac{Q_y \cdot S_x^C}{J_x \cdot b^c}$$

Trong đó:

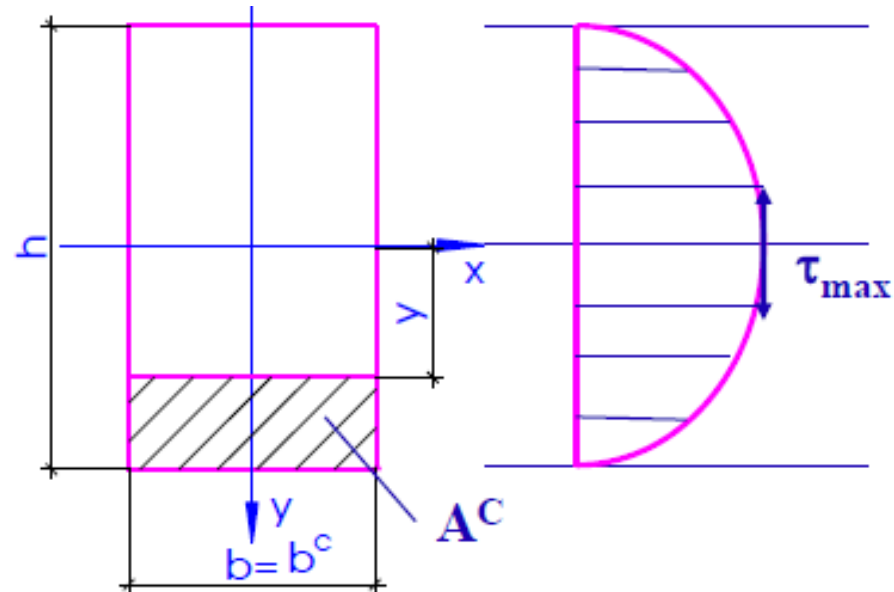
Q_y – Lực cắt tại MCN đang khảo sát

J_x – Momen quán tính đ/v trục Ox của MCN đang xét

b^c – bề rộng MCN qua điểm đang tính

S_x^C – Momen tĩnh của phần diện tích A^C (tính từ điểm

đang xét ra đến mép ngoài) đ/v trục trung hòa Ox



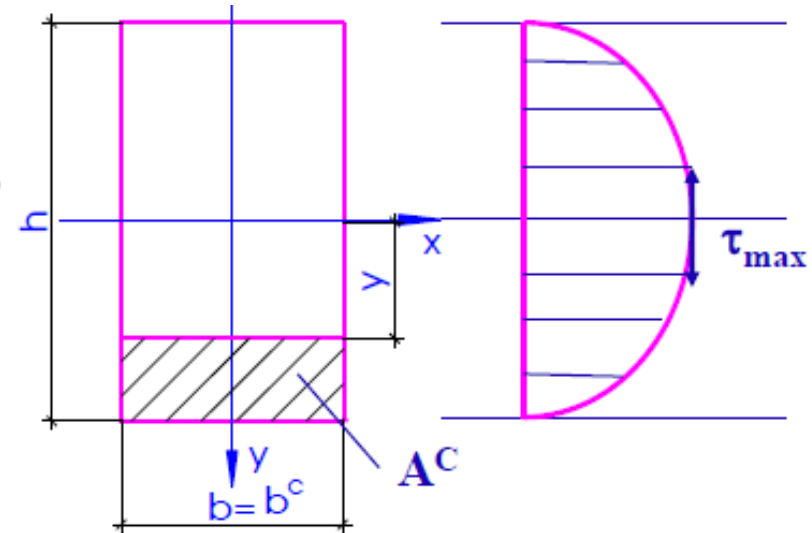


4. UỖN NGANG PHẪNG

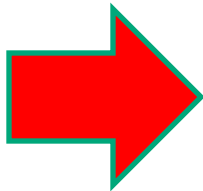
2. Ứng suất trên MCN:

Ứng suất tiếp của một số MNC cơ bản:

a) Hình chữ nhật:



$$\tau_A = \tau_{ZY} = \frac{Q_y \cdot S_x^C}{J_x \cdot b^c} = \frac{6 \cdot Q_y}{bh^3} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right)$$



$$\tau_{max} = \frac{3}{2} \frac{Q_y}{F}$$



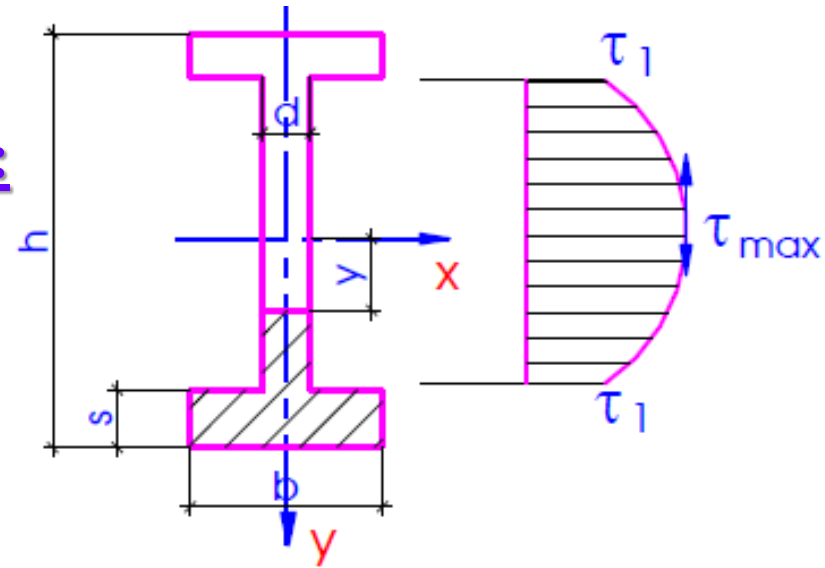
4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Ứng suất trên MCN:

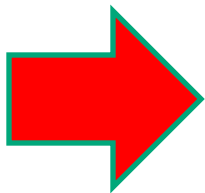
Ứng suất tiếp của một số MNC cơ bản:

b) Thép hình chữ I

Trong bảng thép hình đã cho các kích thước h , b , s , d , J_x , S_x



$$\tau_A = \frac{Q_y}{J_x \cdot d} \cdot \left(S_x^{\frac{1}{2}I} - \frac{d \cdot y^2}{2} \right)$$



$$\tau_{max} = \frac{Q_y \cdot S_x}{2 \cdot J_x \cdot d}$$

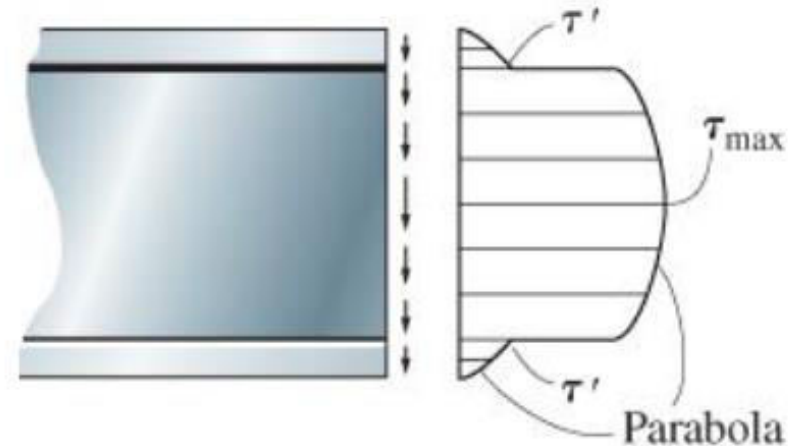
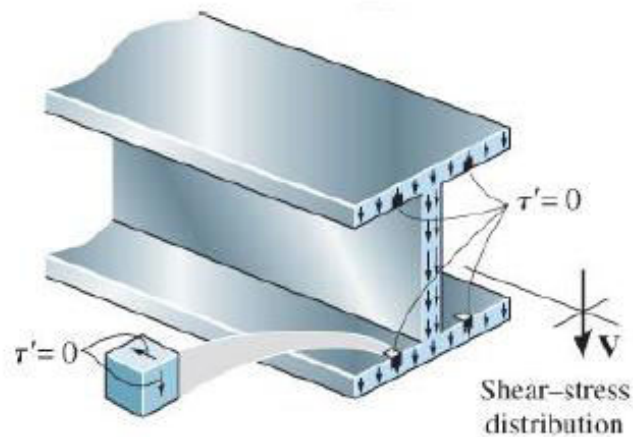
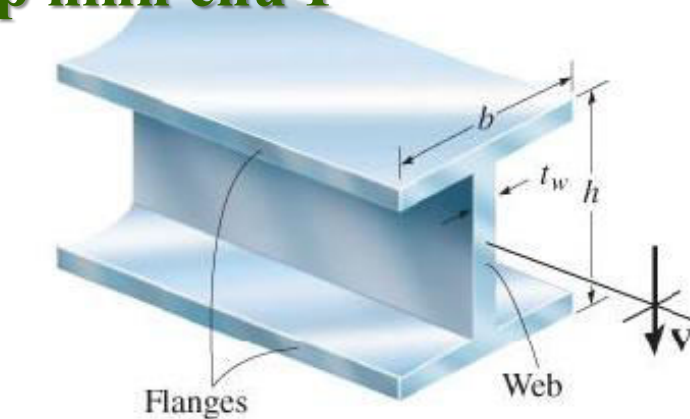


4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Ứng suất trên MCN:

Ứng suất tiếp của một số MNC cơ bản:

b) Thép hình chữ I



Intensity of shear-stress distribution (profile view)

(c)

(b)



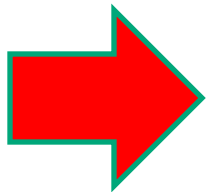
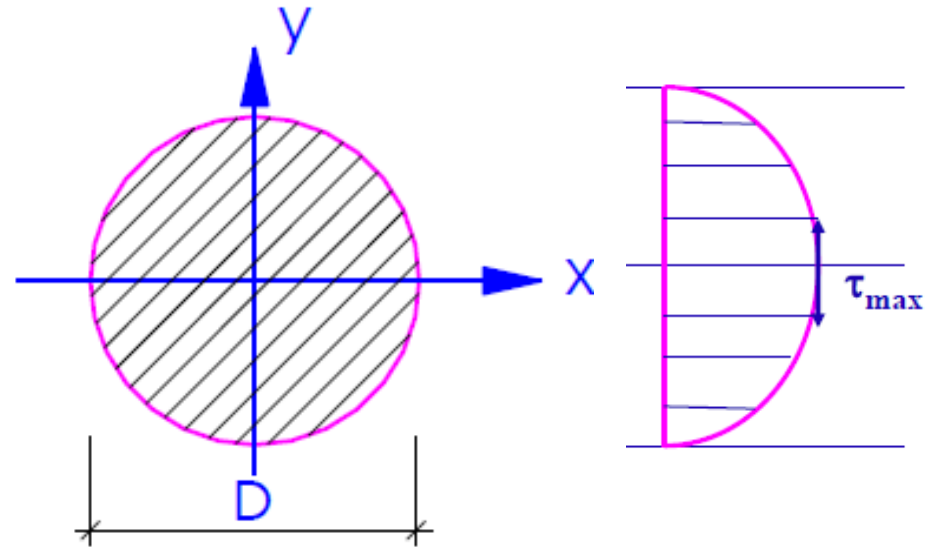
4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Ứng suất trên MCN:

Ứng suất tiếp của một số MNC cơ bản:

c) MCN tròn (vành khăn)

$$\tau_A = \frac{Q_y}{3J_x} \cdot (r^2 - y^2)$$

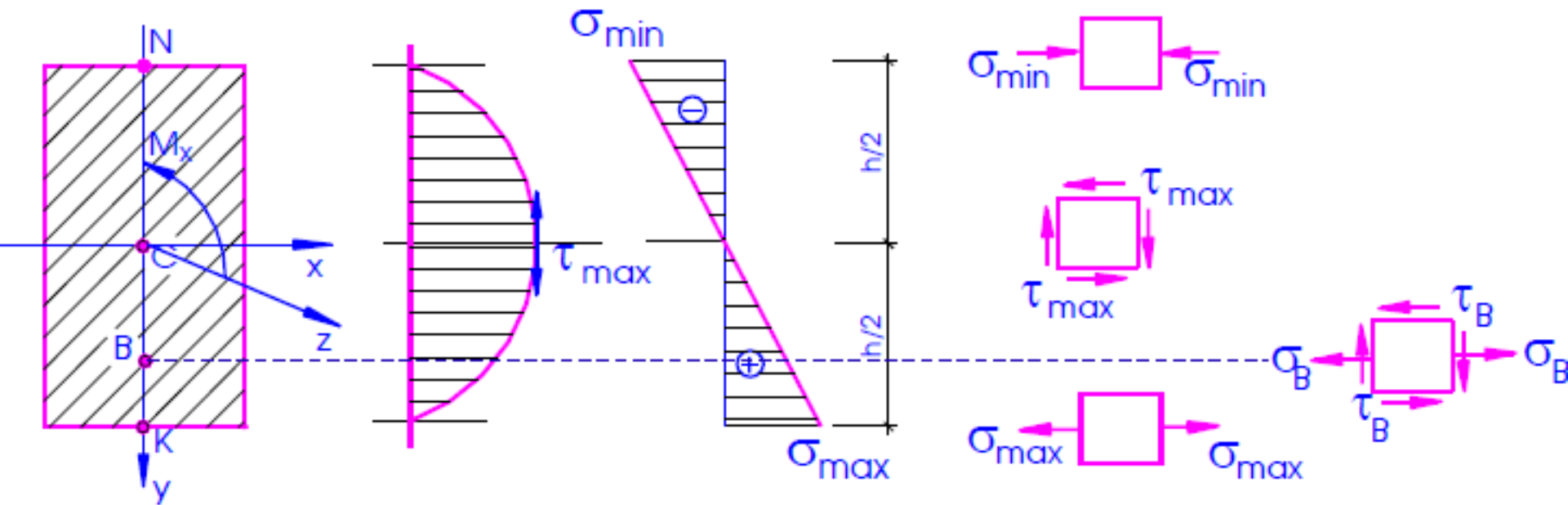


$$\tau_{max} = \frac{4Q_y}{3F}$$



4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Điều kiện bền: Trạng thái ứng suất:



K, N (các điểm biên trên và biên dưới) – TTUS đơn

C (các điểm nằm trên trục x) – TTUS trượt thuần túy

B – TTUS phẳng



4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Điều kiện bền:

❖ Kiểm tra bền cho trạng thái ứng suất đơn

Mặt cắt ngang nguy hiểm: mặt cắt có mô men uốn lớn nhất (vật liệu dẻo: trị tuyệt đối của mô men lớn nhất, vật liệu giòn: mô men âm và mô men dương lớn nhất)

Vật liệu dẻo:

$$\max \left\{ \sigma_{\max}, \left| \sigma_{\min} \right| \right\} \leq [\sigma]$$

Vật liệu giòn:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma]_k \quad ; \quad \left| \sigma_{\min} \right| \leq [\sigma]_n$$



4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Điều kiện bền:

❖ Kiểm tra bền cho trạng thái ứng suất trượt thuần túy

Mặt cắt nguy hiểm: Mặt cắt có trị tuyệt đối Q_y lớn nhất

Vật liệu dẻo:

$$\max |\tau_{\max}| \leq [\tau]$$

$$[\tau] = \frac{\tau_0}{n} \quad - \text{nếu dùng thực nghiệm tìm } \tau_0$$

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{2} \quad - \text{nếu dùng thuyết bền 3}$$

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}} \quad - \text{nếu dùng thuyết bền 4}$$

Vật liệu giòn: Dùng thuyết bền Mohr

$$\tau_{\max} \leq \frac{[\sigma]_k}{1 + \alpha} = [\tau]$$

$$\alpha = \frac{[\sigma]_k}{[\sigma]_n}$$



4. UỖN NGANG PHẪNG

2. Điều kiện bền:

❖ Kiểm tra bền cho trạng thái ứng suất phẳng đặc biệt

Mặt cắt ngang nguy hiểm: có trị tuyệt đối M_x và Q_y cùng lớn

Điểm kiểm tra: điểm có ứng suất pháp và ứng suất tiếp cùng lớn (điểm tiếp giáp giữa lòng và đế với mặt cắt ngang chữ I)

Dầm bằng vật liệu dẻo:

$$\sigma_{td} = \sqrt{(\sigma_z)^2 + 4(\tau_{zy})^2} \quad (TB3)$$

$$\sigma_{td} = \sqrt{(\sigma_z)^2 + 3(\tau_{zy})^2} \quad (TB4)$$

Dầm bằng vật liệu giòn:

$$\frac{1-\alpha}{2}\sigma_z + \frac{1+\alpha}{2}\sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_{zy}^2} \leq [\sigma]_k$$



4. UỖN NGANG PHẪNG

3. Ba dạng bài toán

Ví dụ:



5. CHUYỂN VỊ CỦA DẦM KHÍ UỐN

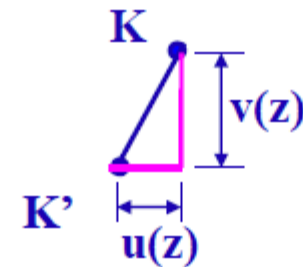
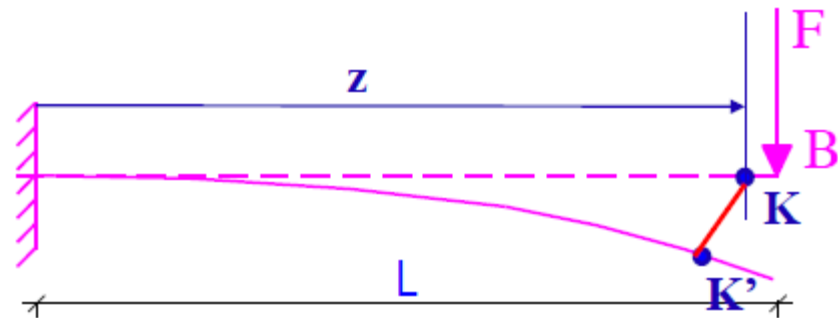
Đường đàn hồi: đường cong của trục dầm sau khi chịu uốn

KK': chuyển vị trọng tâm của MCN

Độ võng: $y = v(z)$

Chuyển vị ngang: $u(z) \ll$

=> Bỏ qua

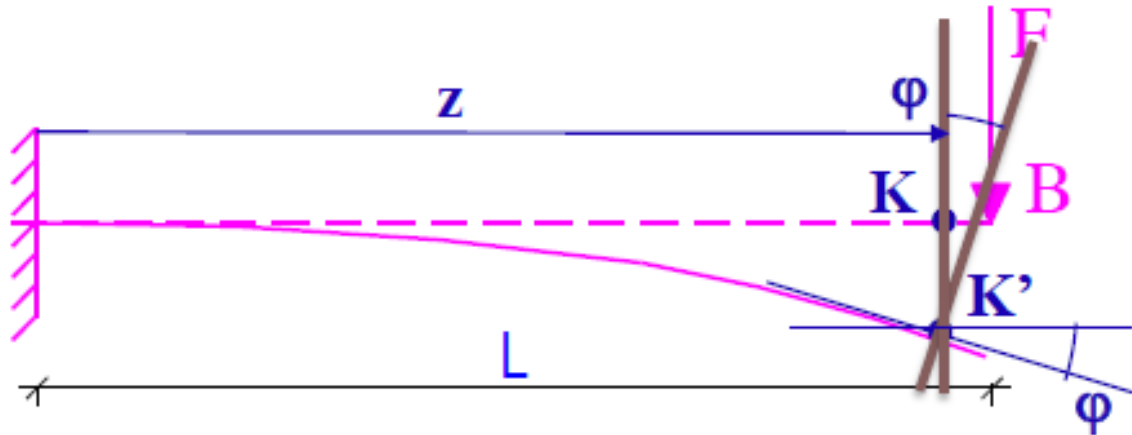


KK' $\begin{cases} v(z) - \text{chuyển vị đứng} \\ u(z) - \text{chuyển vị ngang} \end{cases}$

Độ võng của dầm chịu uốn là chuyển vị theo phương thẳng đứng của trọng tâm MCN



5. CHUYỂN VỊ CỦA DÂY KHI UỐN



Độ võng: $y = v(z)$

Góc xoay: góc tạo bởi MCN dầm trước và sau biến dạng

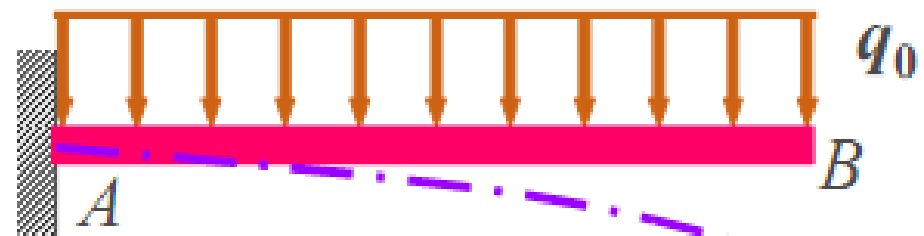
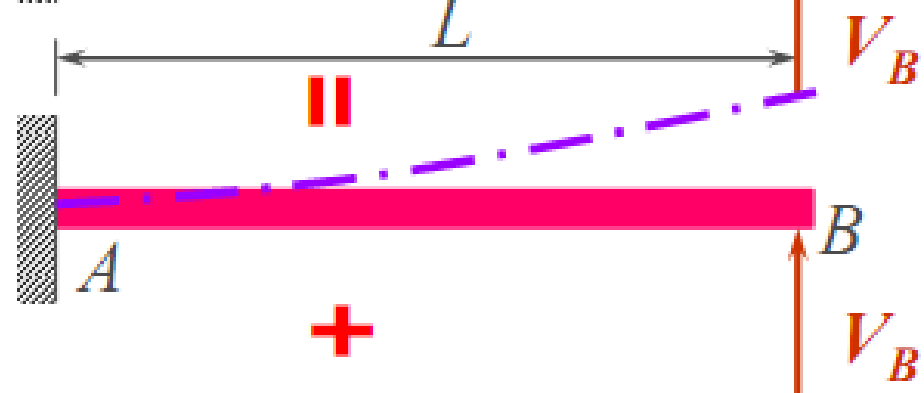
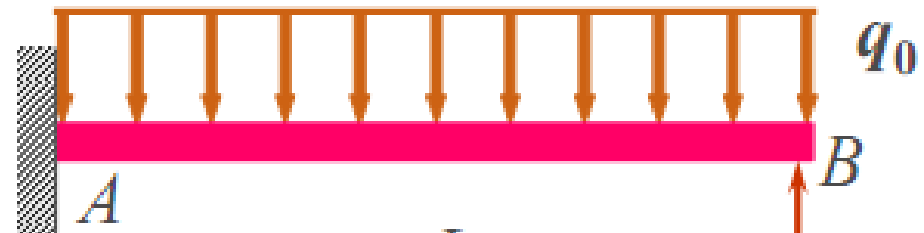
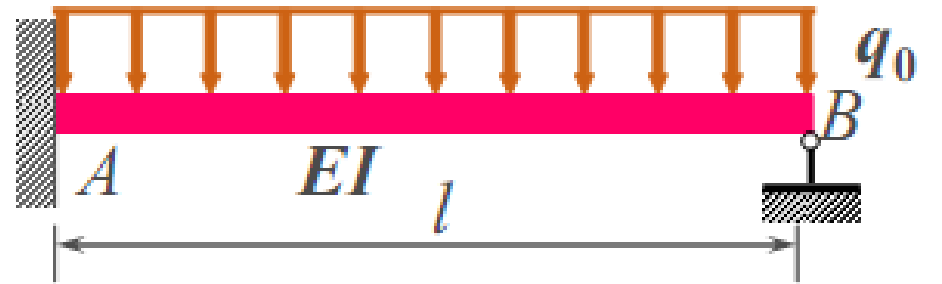
$$\varphi(z) \approx \operatorname{tg} \varphi = y'$$

Trình bày chi tiết trong chương 8!!!



6. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

- Bậc siêu tĩnh
- Thay liên kết = PLLK
- Viết phương trình cân bằng tĩnh học
- Viết phương trình biến dạng
- Giải \Rightarrow PLLK
- Giải theo yêu cầu bài toán





6. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

Ví dụ:

- Bậc siêu tĩnh: có 4 PLLK, mà chỉ có 3 ptr \Rightarrow **Siêu tĩnh bậc 1**

- Thay liên kết = PLLK V_B

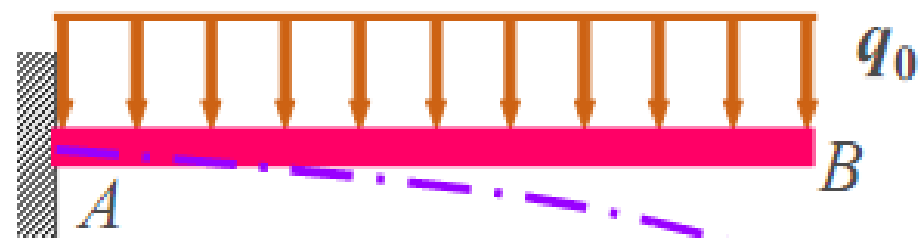
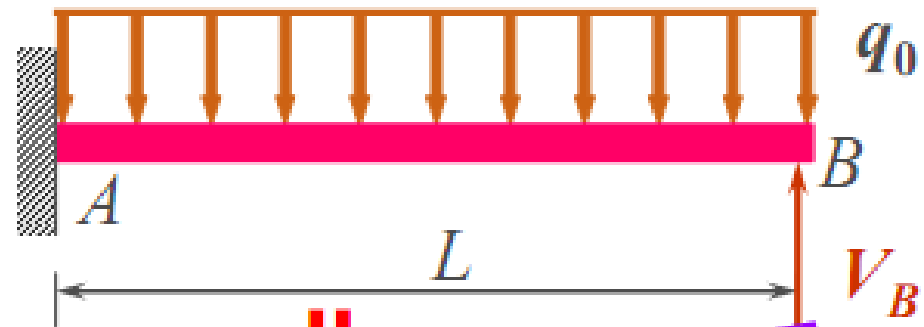
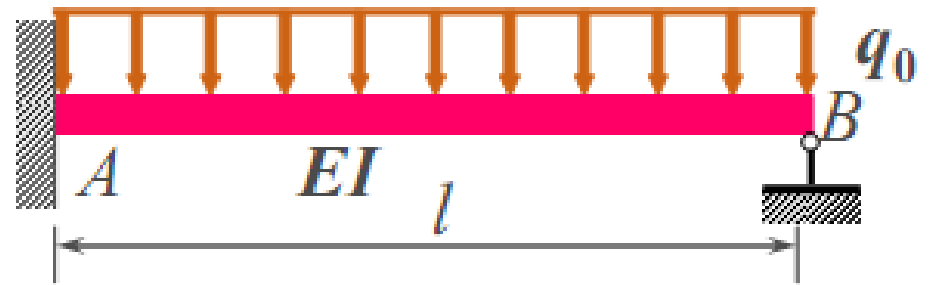
-Viết phương trình cân bằng tĩnh học:

.....

- Viết phương trình biến dạng

$$y_B = 0$$

$$\rightarrow y_B = y_{B,q} + y_{B,V_B} = 0$$

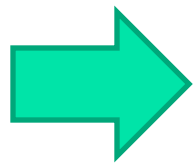




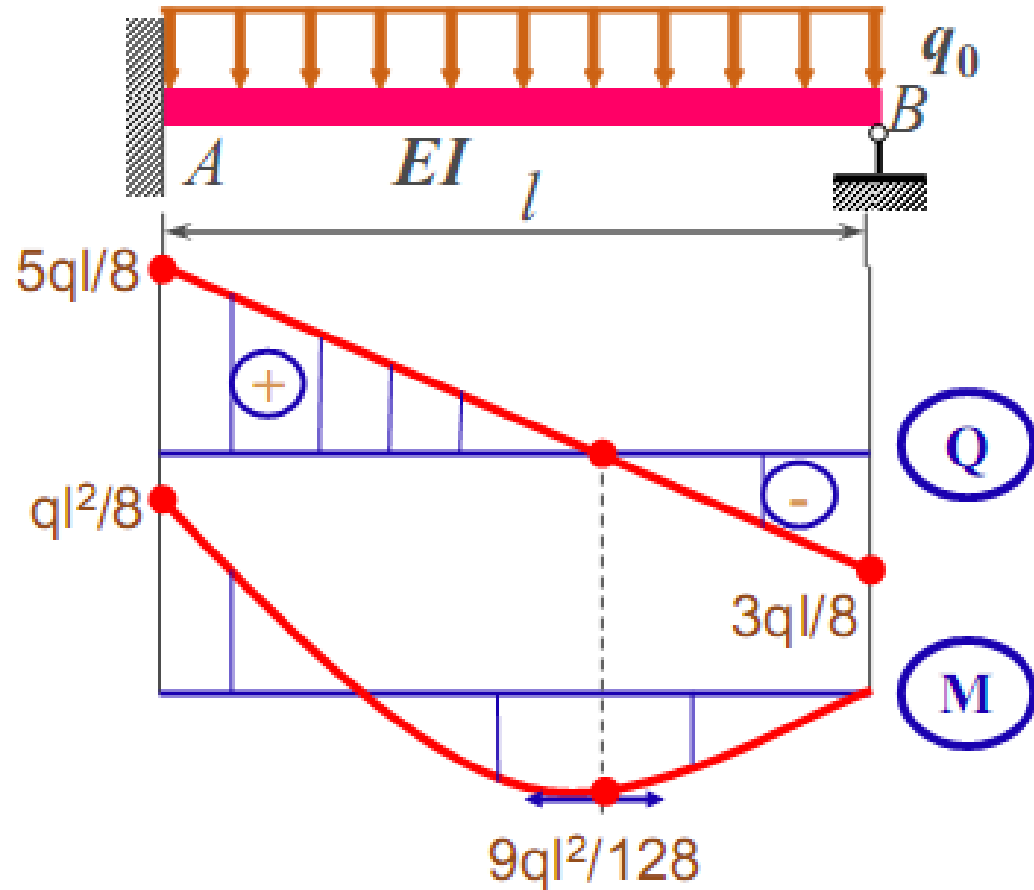
6. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

$$y_B = y_{B,q} + y_{B,V_B} = 0$$

$$y_{B,q} = \frac{qL^4}{8EI}; \quad y_{B,V_B} = -\frac{V_B L}{3E}$$



$$V_B = \frac{3qL}{8}$$



7. VÍ DỤ



CÂU HỎI





Thank you for your attention