

TRƯỜNG CAO ĐẲNG LÝ TỰ TRỌNG TP.HCM
KHOA CƠ KHÍ

Môn học: SỨC BỀN VẬT LIỆU

Chương 2. KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

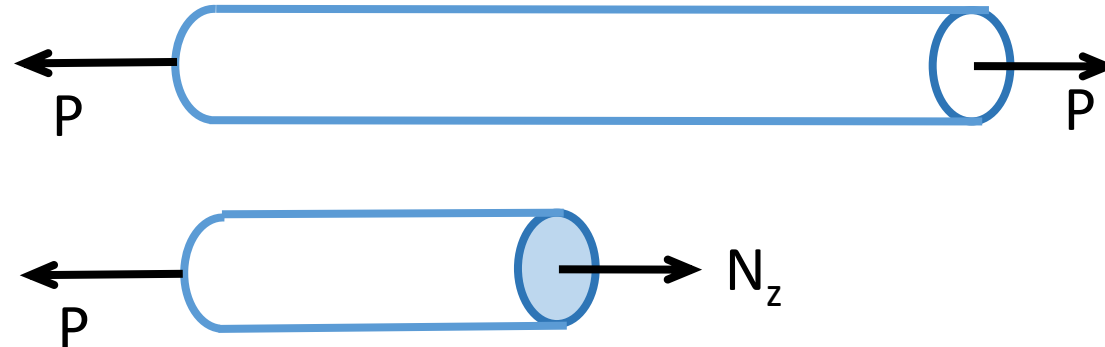
1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Mục tiêu:

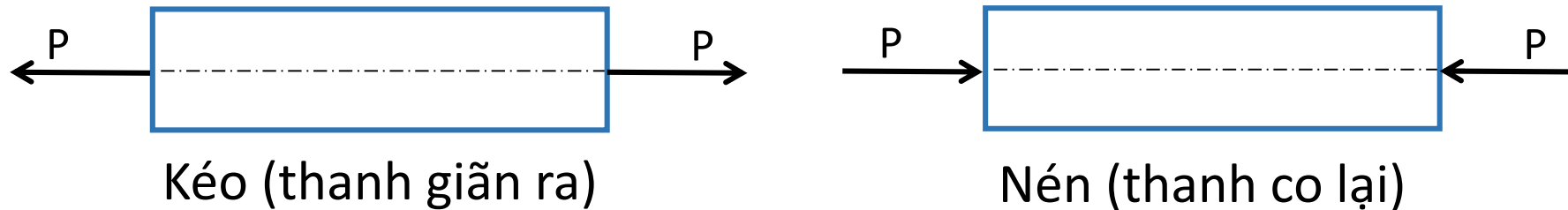
- *Nêu được định nghĩa thanh chịu kéo (nén) đúng tâm.*
- *Xác định được nội lực tại mặt cắt ngang của thanh.*
- *Vẽ thành thạo biểu đồ lực dọc.*
- *Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.*

1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.1. Định nghĩa:



Thanh chịu kéo (nén) đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực là **lực dọc** N_z nằm trên trục thanh.



1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.2. Nội lực - Biểu đồ nội lực:

Biểu đồ nội lực là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của nội lực tại mọi mặt cắt ngang dọc theo thanh.

➤ *Quy ước dấu:*

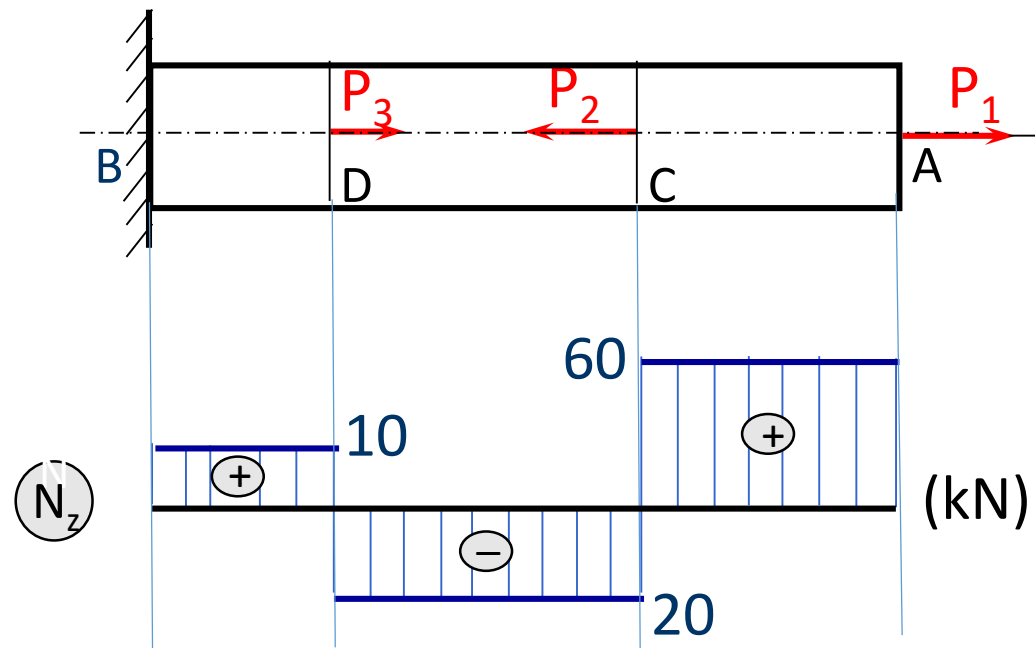
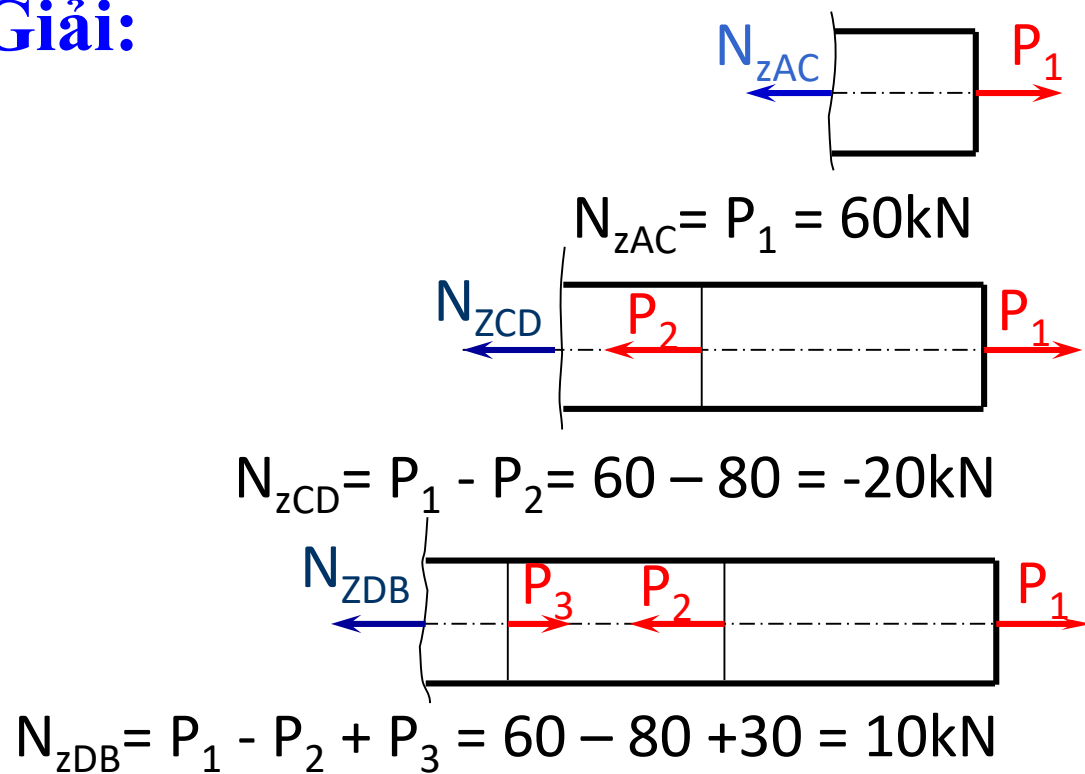
- + Lực dọc $N_z > 0$ khi thanh chịu kéo.
- + Lực dọc $N_z < 0$ khi thanh chịu nén.

1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.2. Nội lực - Biểu đồ nội lực:

Ví dụ 1: Vẽ biểu đồ lực dọc của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ. Biết $P_1 = 60\text{kN}$, $P_2 = 80\text{kN}$, $P_3 = 30\text{kN}$.

Giải:



1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.2. Nội lực - Biểu đồ nội lực:

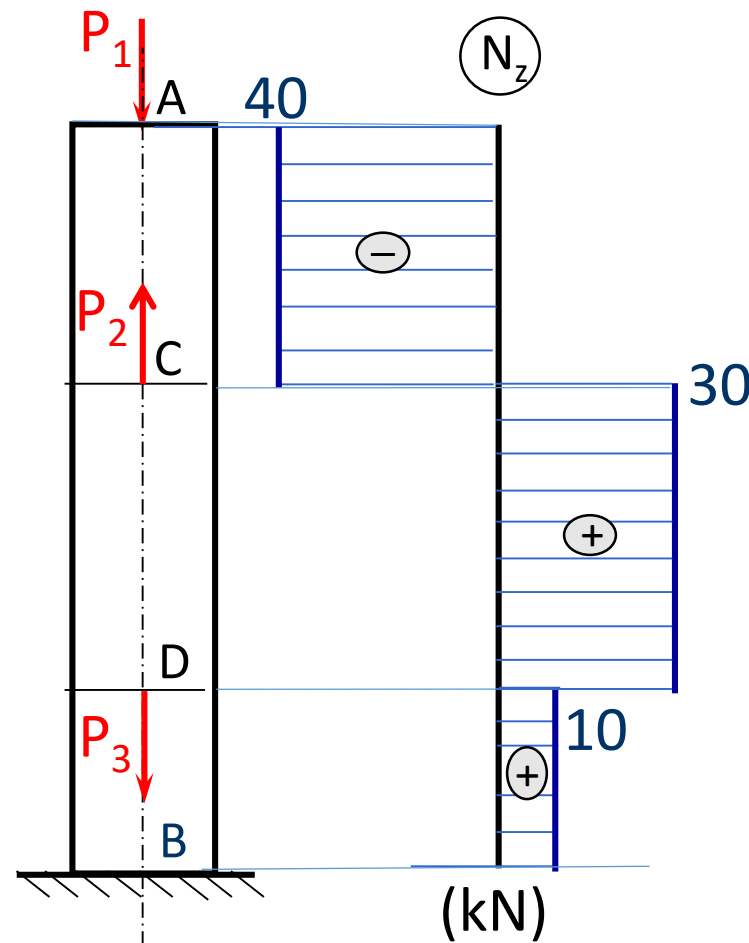
Ví dụ 2: Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ. Biết $P_1 = 40\text{kN}$, $P_2 = 70\text{kN}$, $P_3 = 20\text{kN}$.

Giải:

$$N_{zAC} = -P_1 = -40\text{kN}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 = -40 + 70 = 30\text{kN}$$

$$N_{zDB} = -P_1 + P_2 - P_3 = -40 + 70 - 20 = 10\text{kN}$$



1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.2. Nội lực - Biểu đồ nội lực:

Bài tập áp dụng:

Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ.

a) $P_1 = 20\text{kN}$, $P_2 = 40\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$, $P_4 = 20\text{ kN}$

b) $P_1 = 60\text{kN}$, $P_2 = 30\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 30\text{ kN}$

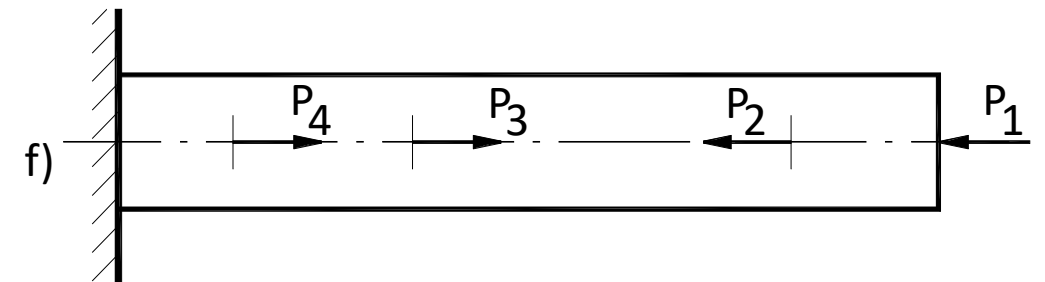
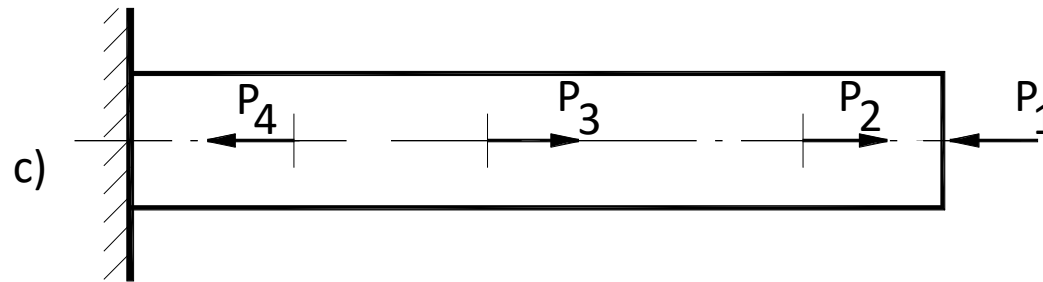
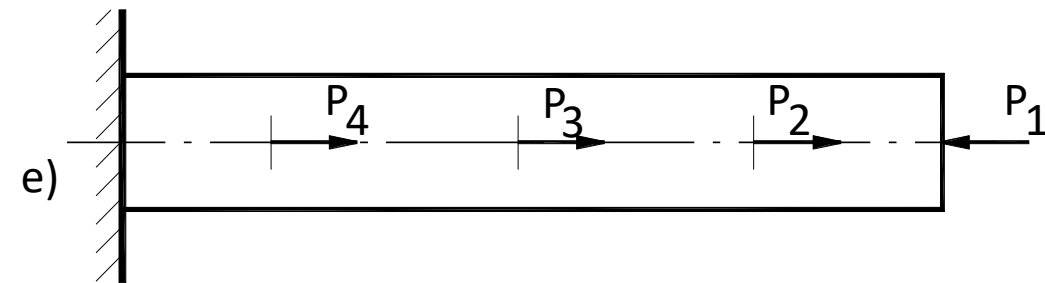
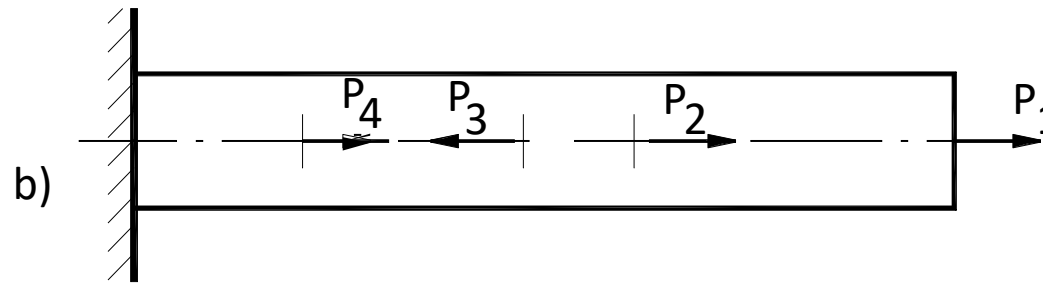
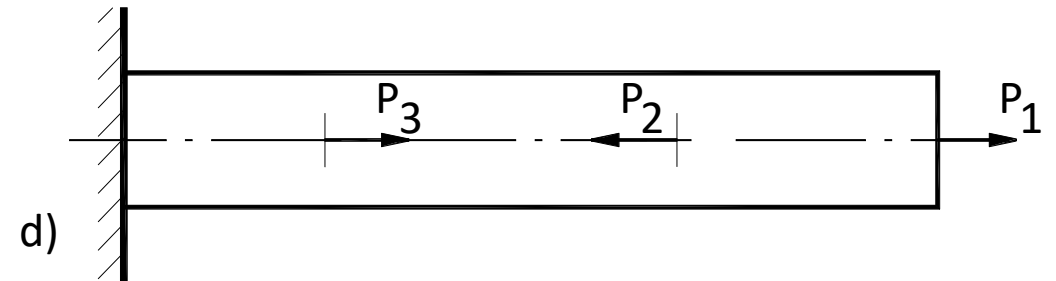
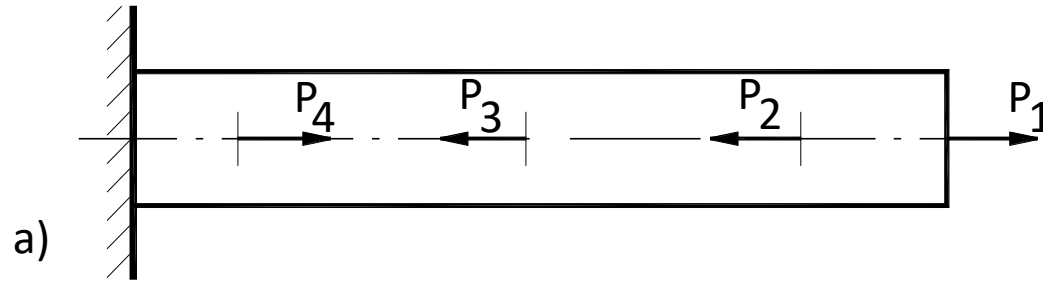
c) $P_1 = 30\text{ kN}$, $P_2 = 15\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 15\text{ kN}$

d) $P_1 = 30\text{ kN}$, $P_2 = 40\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$

e) $P_1 = 10\text{ kN}$, $P_2 = 30\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$, $P_4 = 10\text{ kN}$

f) $P_1 = 60\text{ kN}$, $P_2 = 90\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 60\text{ kN}$

1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM



2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Mục tiêu:

- *Trình bày được khái niệm về ứng suất và biến dạng.*
- *Tính được ứng suất tại mặt cắt ngang của thanh.*
- *Phân biệt được khái niệm về biến dạng tuyệt đối và tương đối.*
- *Vận dụng định luật Hooke, tính được biến dạng tuyệt đối của thanh.*
- *Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập*

2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

2.1. Ứng suất:

Trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm, tại mặt cắt ngang của thanh chỉ có thành phần **ứng suất pháp σ** .

$$\sigma = \pm \frac{N_z}{F} \quad (\text{N/m}^2)$$

N_z - giá trị tuyệt đối của lực dọc tại mặt cắt tính ứng suất (N)

F - diện tích mặt cắt ngang thanh (m^2)

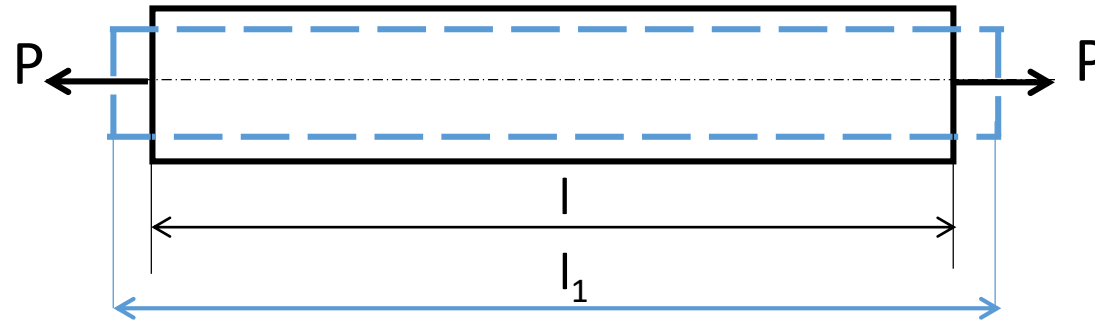
σ lấy dấu (+) nếu thanh chịu lực kéo.

σ lấy dấu (-) nếu thanh chịu lực nén.



2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

2.2. Biến dạng:



l - Chiều dài ban đầu (m)

l_1 - Chiều dài sau biến dạng (m)

Biến dạng dọc tuyệt đối của thanh: $\Delta l = l_1 - l$ (m)

Biến dạng dọc tỉ đối (tương đối): $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

2.3. Định luật Hooke về kéo (nén) đúng tâm:

Khi lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn nhất định thì *biến dạng dọc tuyệt đối tỷ lệ thuận với lực tác dụng*.

$$\Delta l = \pm \frac{N_z l}{EF} \quad (\text{m})$$

Trong đó: E - môđun đàn hồi của vật liệu (N/m²)

- Δl có dấu (+) khi thanh chịu kéo (thanh bị giãn).
- Δl có dấu (–) khi thanh chịu nén (thanh bị co).

BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ

ĐƠN VỊ LỰC

$$1 \text{ MN} = 10^6 \text{ N}$$

$$1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN}$$

$$1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$$

Ví dụ:

$$120 \text{ MN/m}^2 = 120.10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{aligned} 14 \text{ KN/cm}^2 &= 14.10^3 \text{ N}/10^{-4} \text{ m}^2 \\ &= 140.10^6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m} = 0,001\text{m}$$

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} = 0,01\text{m}$$

ĐƠN VỊ DIỆN TÍCH

$$1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

Diện tích hình tròn:

$$F = \pi.R^2 = \frac{\pi.d^2}{4}$$

2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Ví dụ:

Thanh thép chịu lực $P_1 = 20\text{KN}$, $P_2 = 40\text{KN}$, $P_3 = 10\text{KN}$ và có mặt cắt ngang không đổi $F = 10\text{cm}^2$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

- Vẽ biểu đồ nội lực của thanh.
- Tính ứng suất trong từng đoạn thanh.
- Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.

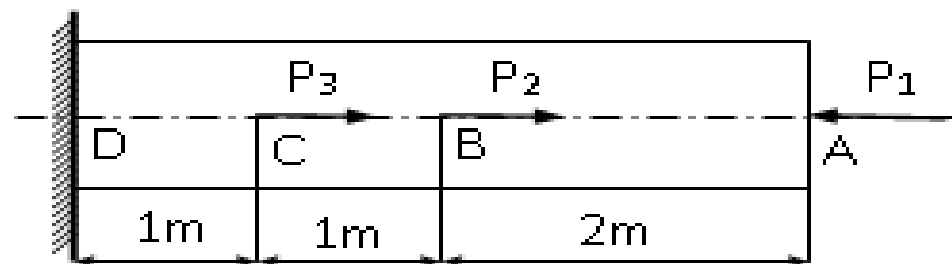
Giải:

- Vẽ biểu đồ nội lực của thanh.

$$N_{zAB} = -P_1 = -20\text{KN}$$

$$N_{zBC} = -P_1 + P_2 = 20\text{KN}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 + P_3 = 30\text{KN}$$



2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

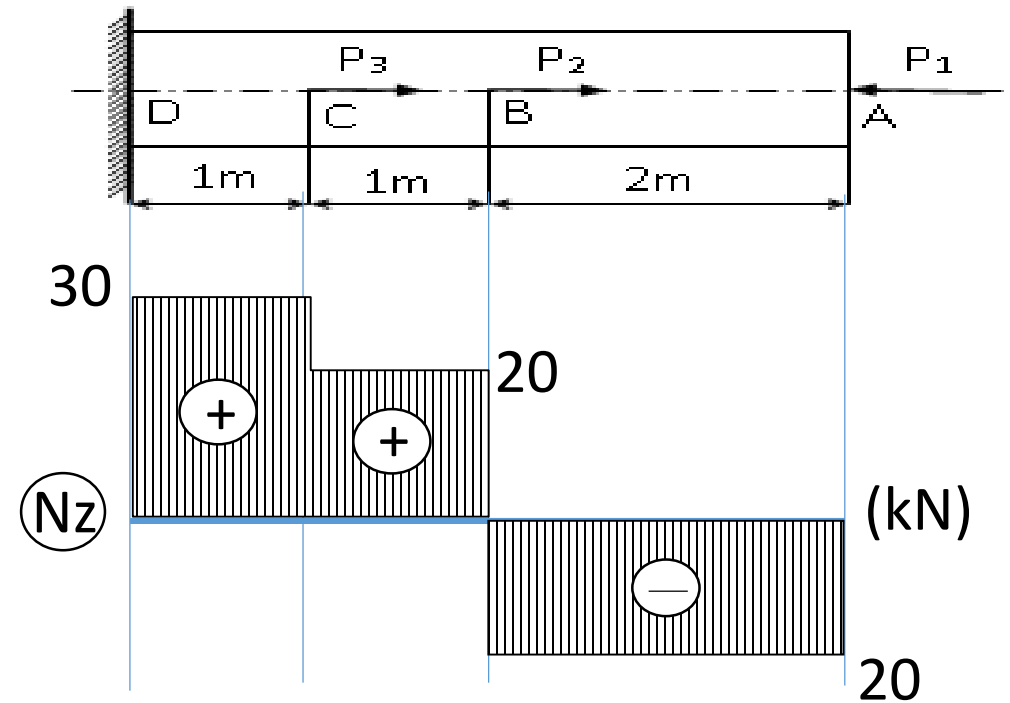
Giải:

b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh. $F = 10\text{cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\sigma_{AB} = \frac{N_{zAB}}{F} = -\frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -20 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{zBC}}{F} = \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 20 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{CD} = \frac{N_{zCD}}{F} = \frac{30 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 30 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

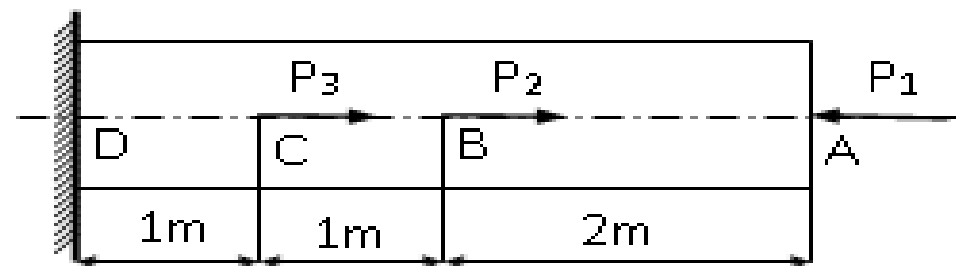


2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Giải:

c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh.

$$E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$$



$$\text{Cách 1: } \Delta l_{AB} = \frac{N_{zAB} l_{AB}}{EF} = \frac{-20.10^3.2}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = -2.10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{BC} = \frac{N_{zBC} l_{BC}}{EF} = \frac{20.10^3.1}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{CD} = \frac{N_{zCD} l_{CD}}{EF} = \frac{30.10^3.1}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = 1,5.10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{AD} = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} + \Delta l_{CD} = -2.10^{-4} + 10^{-4} + 1,5.10^{-4} = 0,5.10^{-4} \text{ m}$$

➤ Kết luận : Thanh bị giãn $0,5.10^{-4} \text{ m}$

2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Giải:

c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$

Cách 2:

$$\Delta l_{\text{thanh}} = \frac{N_{zAB} l_{AB} + N_{zBC} l_{BC} + N_{zCD} l_{CD}}{EF}$$

$$\Delta l_{\text{thanh}} = \frac{-20.10^3.2 + 20.10^3.1 + 30.10^3.1}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = 0,5.10^{-4} \text{ m}$$

Kết luận : Thanh bị giãn ra $0,5.10^{-4} \text{ m}$

3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

Mục tiêu:

- Trình bày được các thông số đặc trưng cơ học của vật liệu.
- Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

3.1. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dẻo: Thép, đồng, nhôm . . .

3.1.1. Kéo vật liệu dẻo:

- Giai đoạn tỷ lệ (giai đoạn đàn hồi):

$$\sigma_{tl} = \frac{P_{tl}}{F_o}$$

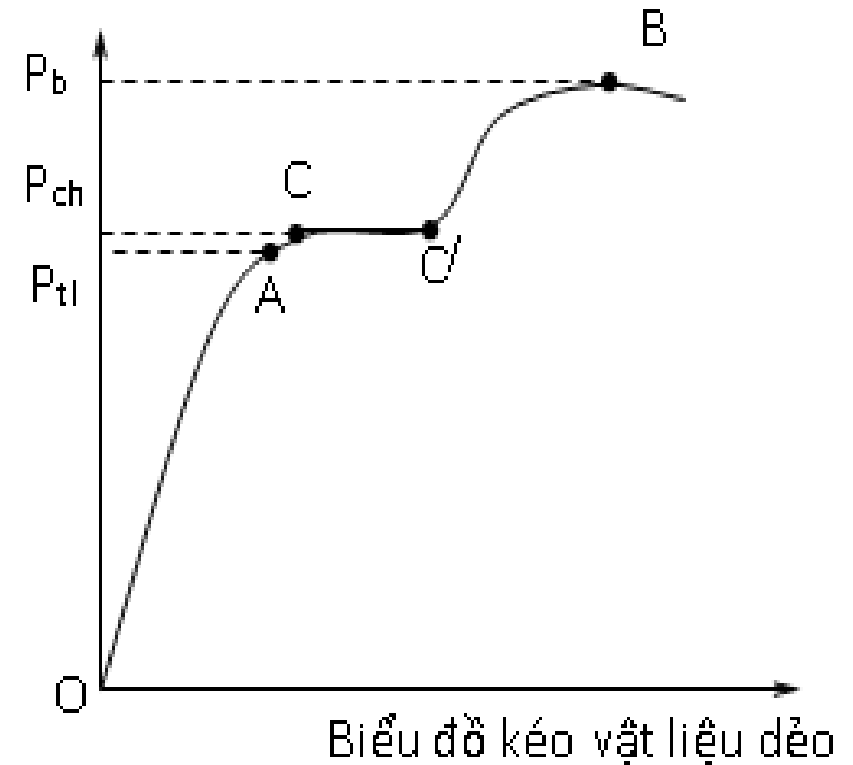
- Giai đoạn chảy dẻo:

$$\sigma_{ch} = \frac{P_{ch}}{F_o}$$

- Giai đoạn bền:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_o}$$

➤ σ_{tl} , σ_{ch} , σ_b là những đại lượng đặc trưng cho tính **đàn hồi, tính dẻo** và **tính bền** của vật liệu.

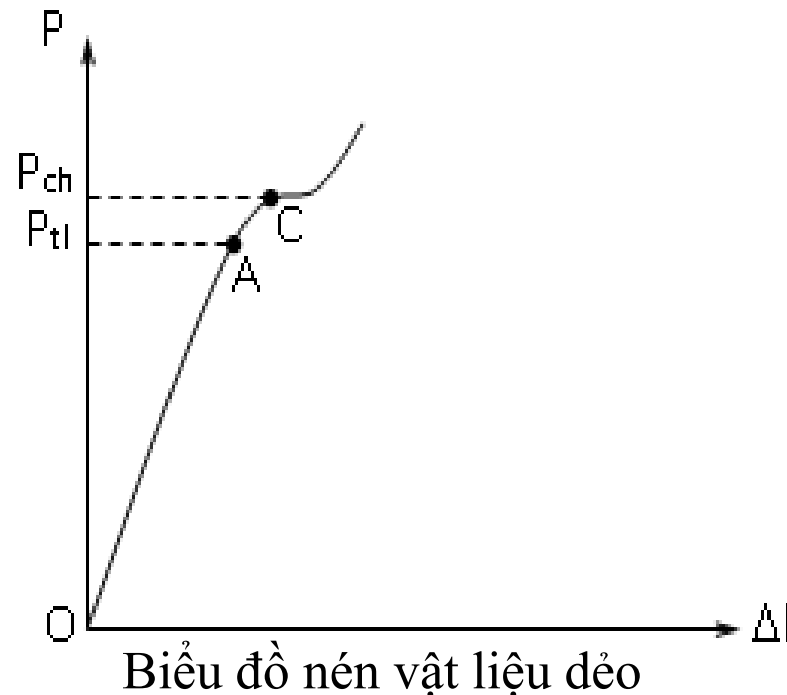


3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

3.1. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dẻo: Thép, đồng, nhôm . . .

3.1.2. Nén vật liệu dẻo:

Vật liệu dẻo khi chịu nén cũng có giới hạn tỷ lệ, giới hạn chảy nhưng không có giới hạn bền vì càng nén mẫu thử càng dẹt.



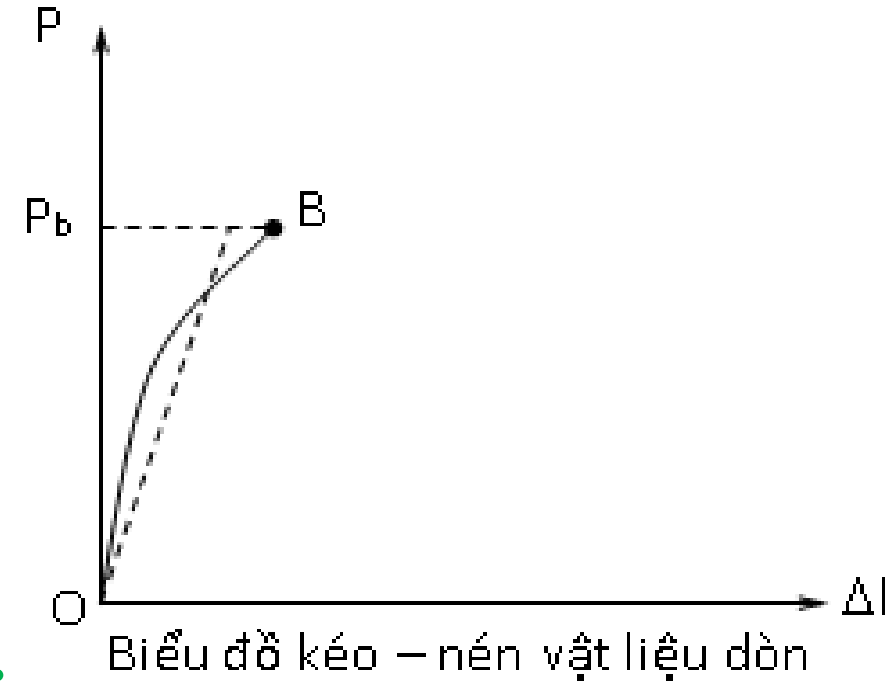
3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

3.2. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu giòn: Gang

- Không có giai đoạn tỷ lệ.
- Không có giai đoạn chảy dẻo.
- Chỉ có giới hạn bền σ_b : $\sigma_b \text{ nén} \gg \sigma_b \text{ kéo}$

➤ **Kết luận:**

- *Vật liệu dẻo bị biến dạng nhiều mới bị hỏng còn vật liệu giòn biến dạng ít đã hỏng.*
- *Vật liệu dẻo chịu kéo và nén như nhau còn vật liệu giòn chịu nén tốt hơn chịu kéo rất nhiều.*



4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.1. Ứng suất cho phép và hệ số an toàn:

Để đảm bảo cho các **chi tiết máy** hay **công trình** làm việc được **an toàn**, cần phải hạn chế ứng suất lớn nhất trong thanh không vượt quá một giới hạn nào đó, giới hạn này được gọi là **ứng suất cho phép**.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_0}{n} \quad (\text{N/m}^2)$$

Trong đó: σ_0 - gọi là ứng suất **nguy hiểm**, tại giá trị này vật liệu xem như bị **phá hủy**.

n - Hệ số an toàn (cho trong sổ tay kỹ thuật, với kết cấu bằng thép, thường chọn $n = 1,4 \div 1,6$)

4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

4.2.1. Điều kiện bền:

Để đảm bảo sự làm việc **an toàn cho chi tiết máy** khi chịu kéo (nén) đúng tâm, **ứng suất lớn nhất** trong thanh không **vượt quá ứng suất cho phép**.

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

Trong đó:

$\sigma_{\max}$ - Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang của thanh (N/m²)

N_z - Giá trị tuyệt đối của lực dọc (N)

F - Diện tích mặt cắt ngang (m²)

$[\sigma]$ - Ứng suất cho phép của vật liệu (N/m²)

4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

4.2.1. Ba bài toán cơ bản:

a. BT1: Kiểm tra độ bền (điều kiện cường độ):

+ Tính ứng suất lớn nhất: $\sigma_{\max} = \frac{N_z}{F} \text{ (N/m}^2\text{)}$

+ So sánh:

$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \rightarrow$ Kết luận: Thanh đảm bảo độ bền

$\sigma_{\max} > [\sigma] \rightarrow$ Kết luận: Thanh không đảm bảo độ bền

➤ *Chú ý: Nếu thanh có mặt cắt ngang không đối thì chọn $N_z = |N_{z\max}|$*

4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

4.2.1. Ba bài toán cơ bản:

b. BT2: Chọn mặt cắt ngang (bài toán thiết kế): $F_{\min} \geq \frac{N_z}{[\sigma]}$

+ Mặt cắt tròn: $d \geq \sqrt{\frac{|N_{z\max}| \cdot 4}{\pi \cdot [\sigma]}} \text{ (m)}$

+ Mặt cắt vuông: $a \geq \sqrt{\frac{|N_{z\max}|}{[\sigma]}} \text{ (m)}$

c. BT3: Tính tải trọng cho phép: $N_{z\max} \leq F \cdot [\sigma]$

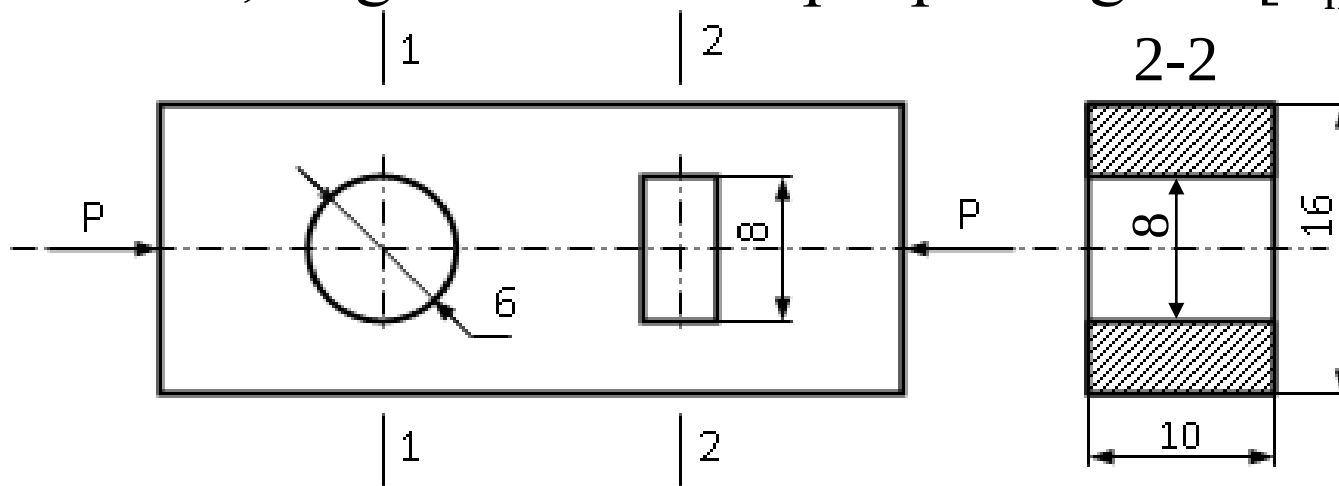
➤ *Chú ý: Nếu ngoại lực là một lực thì chọn nội lực bằng ngoại lực ($N_z = P$)*

4. TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.3. Bài toán áp dụng:

Bài toán 1:

Kiểm tra độ bền của một thanh gỗ có mặt cắt ngang hình chữ nhật với kích thước 10cm x 16cm, đục lỗ như hình vẽ. Lỗ tròn có đường kính $d = 6\text{cm}$, lỗ chữ nhật có kích thước 8cm x 4cm. Thanh chịu lực nén $P = 72\text{KN}$, ứng suất nén cho phép của gỗ là $[\sigma_n] = 10 \text{ MN/m}^2$



4. TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.3. Bài toán áp dụng:

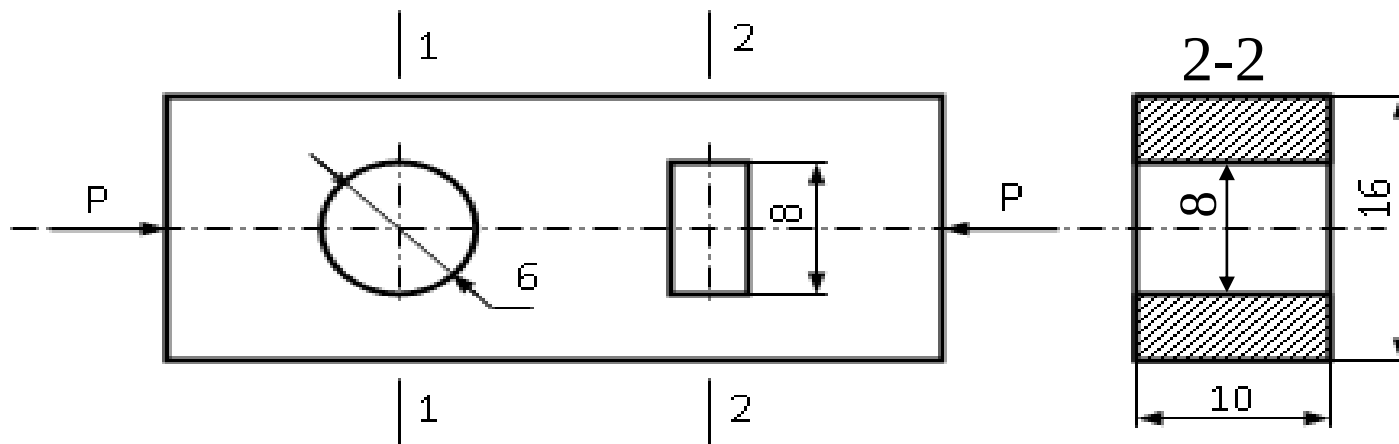
Giải:

Tóm tắt:

$$P = 72 \text{ kN} = N_Z$$

$$[\sigma_n] = 10 \text{ MN/m}^2$$

$$= 10 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$$



Kiểm tra bền tại mặt cắt có diện tích nhỏ nhất:

$$F_{2-2} = (10 \cdot 16) - (10 \cdot 8) = 80 \text{ cm}^2 = 80 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Tính ứng suất: $\sigma_{\max} = \frac{N_Z}{F} = \frac{72}{80 \cdot 10^{-4}} = 9 \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

So sánh: $\sigma_{\max} = 9 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2 < [\sigma_n] = 10 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$

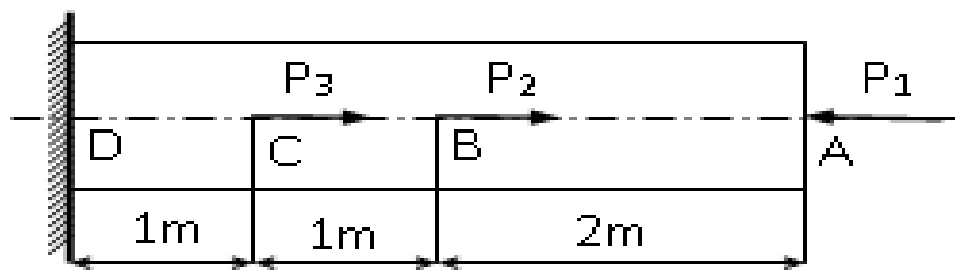
→ Thanh đảm bảo độ bền

4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

4.3. Bài toán áp dụng:

Bài toán 2: Thanh thép chịu lực $P_1 = 20\text{KN}$, $P_2 = 60\text{KN}$, $P = 30\text{KN}$ và có mặt cắt ngang không đổi đường kính $d = 4\text{cm}$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

- Vẽ biểu đồ nội lực.
- Tính biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.
- Kiểm tra độ bền của thanh. Biết: $[\sigma_k]=[\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2$



4. TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Giải:

a. Vẽ biểu đồ nội lực:

$$N_{zAB} = -P_1 = -20\text{KN} = -20 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{zBC} = -P_1 + P_2 = 40\text{KN} = 40 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 + P_3 = 70\text{KN} = 70 \cdot 10^3 \text{ N}$$

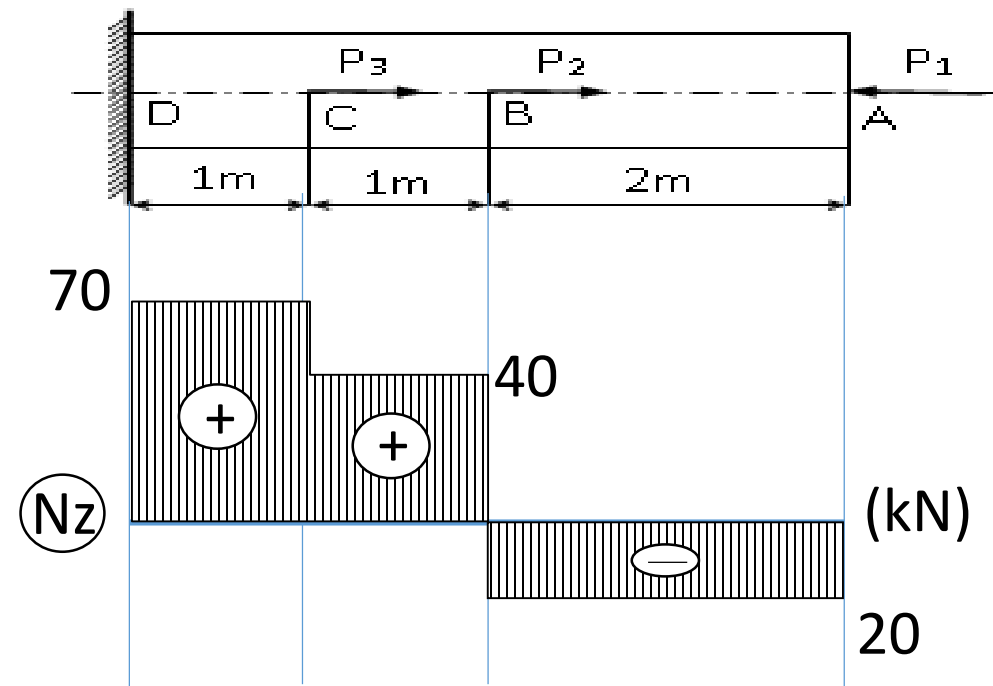
b. Tính biến dạng dọc tuyệt đối của thanh.

$$\text{Cho } E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\Delta l_{AD} = \frac{N_{zAB} l_{AB} + N_{zBC} l_{BC} + N_{zCD} l_{CD}}{EF} = \frac{-20 \cdot 10^3 \cdot 2 + 40 \cdot 10^3 \cdot 1 + 70 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 4\pi \cdot 10^{-4}}$$

$$\Delta l_{AD} = 2,857 \cdot 10^{-4} \text{ (m)}$$

➤ Kết luận : Thanh bị giãn $2,875 \cdot 10^{-4} \text{ m}$



4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Giải:

c. Kiểm tra độ bền của thanh

$$[\sigma_k]=[\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2 = 120.10^3 \text{ kN/m}^2$$

Mặt cắt nguy hiểm thuộc đoạn CD: $N_{Z_{\max}} = N_{Z_{CD}} = 70 \text{ kN}$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{CD} = \frac{N_{zCD}}{F} = \frac{70}{4.\pi.10^{-4}} = 55704,23 \text{ KN/m}^2$$

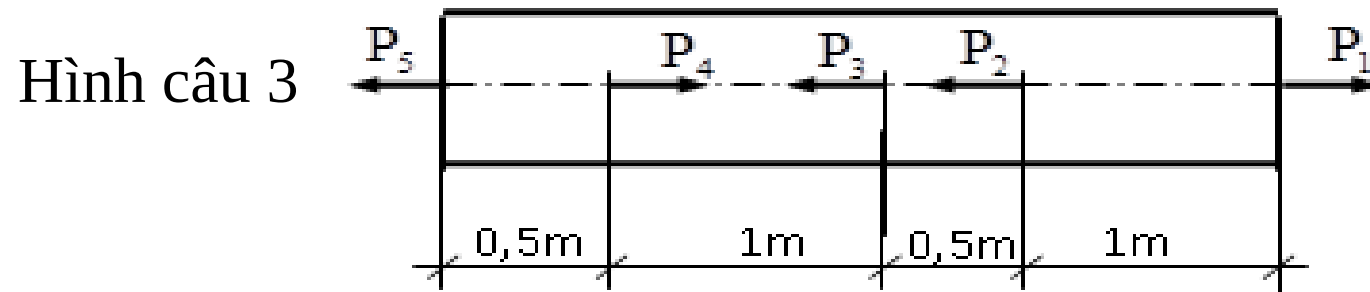
$$\sigma_{\max} = 55704,23 \text{ kN/m}^2 < [\sigma_k] = 120.10^3 \text{ kN/m}^2$$

➤ Kết luận: Thanh đảm bảo độ bền

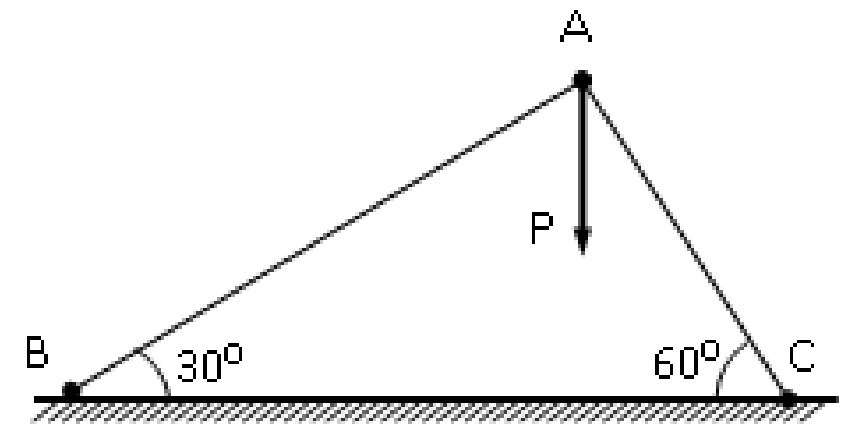
BÀI TẬP CHƯƠNG 2

1. Thanh thép dài $l=4\text{m}$, đường kính $d=12\text{mm}$. Cần đặt lực P bằng bao nhiêu để nó giãn ra $0,5\text{ cm}$. Tính ứng suất phát sinh. Biết $E = 2.10^5\text{ MN/m}^2$.
2. Thanh thép dài 100m , chịu lực kéo đúng tâm $P = 28\text{KN}$ thì giãn ra $0,12\text{m}$. Xác định diện tích mặt cắt và trị số ứng suất pháp, biết $E = 2.10^5\text{ MN/m}^2$
3. Thanh thép chịu tác dụng các lực $P_1 = 30\text{KN}$, $P_2 = 20\text{KN}$, $P_3 = 40\text{KN}$, $P_4 = 60\text{KN}$, $P_5 = 30\text{KN}$. Thanh có mặt cắt ngang tròn đường kính $d = 20\text{mm}$.
Kích thước dọc cho trên hình vẽ.
 - a. Vẽ biểu đồ nội lực.
 - b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh. Kiểm tra độ bền của thanh. Biết ứng suất cho phép $[\sigma_k] = [\sigma_n] = 140\text{ MN/m}^2$
 - c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^8\text{ kN/m}^2$

BÀI TẬP CHƯƠNG 2



4. Tại điểm A của một giá đỡ gồm hai thanh tròn AB và AC chịu lực $P = 20 \text{ kN}$ như hình vẽ. Biết các thanh AB và AC làm bằng thép có ứng suất cho phép $[\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2$. Xác định đường kính của 2 thanh theo điều kiện bền.



BÀI TẬP CHƯƠNG 2

5. Thanh tròn 1 làm bằng thép có ứng suất cho phép $[\sigma_k] = 12\text{kN/cm}^2$ và thanh tròn 2 làm bằng đồng có $[\sigma_n] = 4\text{kN/cm}^2$ bắt bản lề vào tường thẳng đứng. Tại nút bản lề A tác dụng lực $P = 20\text{KN}$, các góc cho trên hình vẽ. Kiểm tra độ bền của 2 thanh. Biết đường kính của 2 thanh lần lượt là $d_1 = 20\text{mm}$ và $d_2 = 15\text{mm}$.

