

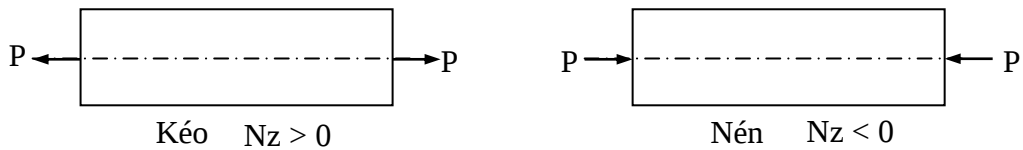
CHƯƠNG 8: KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

1.1. Định nghĩa:

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

Ví dụ: Dây cáp cần trục (chịu kéo), thân bulông khi xiết đai ốc (chịu kéo), cột điện, ống khói, đầu búa (chịu nén).



1.2. Biểu đồ lực dọc (biểu đồ nội lực)

Nội lực trong thanh chịu kéo (nén) là lực dọc N_z vuông góc với mặt cắt.

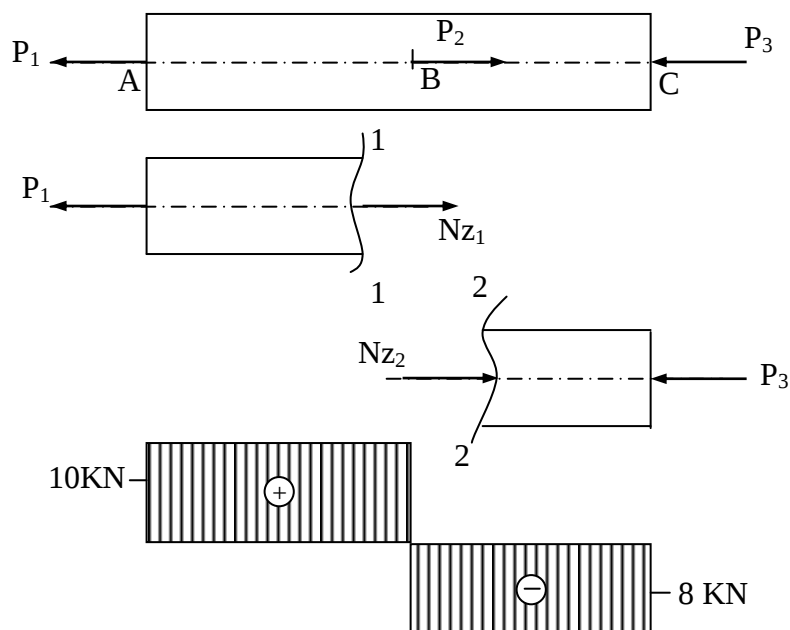
- Biểu đồ lực dọc là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của lực dọc tại mọi mặt cắt ngang dọc theo thanh.

- Qui ước dấu:

- + Lực dọc dương khi thanh chịu kéo.
- + Lực dọc âm khi thanh chịu nén.

- Ví dụ : Vẽ biểu đồ lực dọc của thanh chịu tác dụng lực theo sơ đồ hình vẽ.

Biết $P_1 = 10\text{KN}$, $P_2 = 18\text{KN}$, $P_3 = 8\text{KN}$



Để vẽ biểu đồ ta chia thành làm hai đoạn AB và BC

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

$$N_{z1} - P_1 = 0 \Rightarrow N_{z1} = P_1 = 10 \text{ KN (kéo)}$$

Khi mặt cắt 1 - 1 biến thiên trong đoạn AB, lực dọc N_{z1} không đổi và bằng 10KN

- Xét đoạn BC : Dùng mặt cắt 2 - 2 khảo sát sự cân bằng bên phải, ta có:

$$N_{z2} - P_3 = 0 \Rightarrow N_{z2} = P_3 = 8 \text{ KN (nén)}$$

Khi mặt cắt 2 - 2 biến thiên trong đoạn BC, lực dọc N_{z2} không đổi và bằng 8 KN

Biểu đồ lực dọc trên suốt chiều dài thanh được biểu diễn như trên hình vẽ. Hoàn chỉnh biểu diễn trục thanh, tung độ biểu diễn lực dọc tương ứng với mặt cắt trên trục của thanh.

2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

2.1. Ứng suất: Khảo sát biến dạng một thanh chịu lực kéo đúng tâm.

Nếu coi biến dạng xảy ra bên trong thanh cũng như biến dạng quan sát được trên mặt ngoài của thanh. Người ta đưa ra một số giả thuyết làm cơ sở để tính toán. Từ đó nhận thấy nội lực phân bố trên mặt cắt ngang của thanh phải có phương song song với trục của thanh. Như vậy trên mặt cắt ngang thanh chỉ có ứng suất pháp.

Giả thiết nội lực phân bố đều trên mặt cắt ngang tức ứng suất tại mọi điểm trên mặt cắt đều có trị số bằng nhau.

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

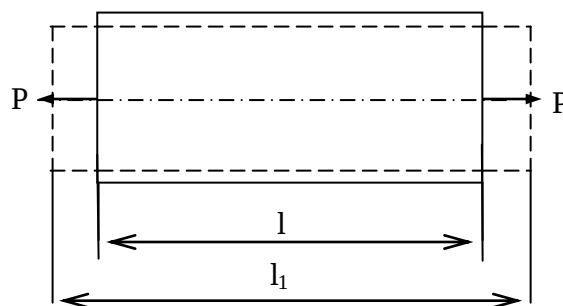
N_z : giá trị tuyệt đối của lực dọc tại mặt cắt tính ứng suất (N)

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

2.2. Biến dạng



Gọi l và l_1 là chiều dài ban đầu và chiều dài sau khi biến dạng của thanh, khi chịu kéo thanh dài ra một đoạn Δl . Ngược lại khi chịu nén thanh co lại.

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

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

2.3. Định luật Hooke về kéo (nén)

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.

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

N_z : Trị số của lực dọc (N)

l : Chiều dài thanh (m)

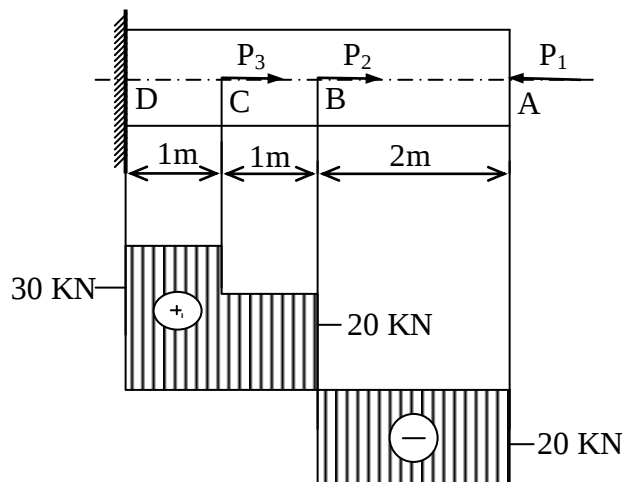
E : môđun đàn hồi của vật liệu (N/m^2) - đặc trưng cho khả năng chống lại biến dạng kéo (nén) của vật liệu.

F : diện tích mặt cắt ngang (m^2)

Dấu của Δl : - Δl có dấu (+) khi thanh chịu kéo (thanh bị giãn)

- Δl có dấu (-) khi thanh chịu nén (thanh bị co)

- 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.
- a. Vẽ biểu đồ nội lực.
- b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh
- c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh? Cho $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$.



- a. Vẽ biểu đồ nội lực: Chia thanh làm 3 đoạn AB, BC, CD

Dùng phương pháp mặt cắt, tính nội lực từng đoạn

- Đoạn AB : $N_{z_1} = -P_1 = -20\text{KN}$
- Đoạn BC : $N_{z_2} = -P_1 + P_2 = 20\text{KN}$
- Đoạn CD : $N_{z_3} = -P_1 + P_2 + P_3 = 30\text{KN}$

- b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh

- Đoạn AB : $\sigma_1 = \frac{N_{z_1}}{F} = -\frac{20}{10} = -2 \text{ KN/cm}^2 = -20 \text{ MN/m}^2$

$$\text{– Đoạn BC : } \sigma_2 = \frac{N_{z_2}}{F} = \frac{20}{10} = 2 \text{ KN/cm}^2 = 20 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{– Đoạn CD : } \sigma_3 = \frac{N_{z_3}}{F} = \frac{30}{10} = 3 \text{ KN/cm}^2 = 30 \text{ MN/m}^2$$

c. Tính biến dạng dọc tuyệt đối của thanh

Theo định luật Hooke:

$$\Delta l = \pm \frac{N_z l}{EF} \Rightarrow \Delta l_{AB} = \frac{-20 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{2 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta l_{BC} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{2 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta l_{CD} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{2 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta l_{AD} = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} + \Delta l_{CD} = -2 \cdot 10^{-3} + 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

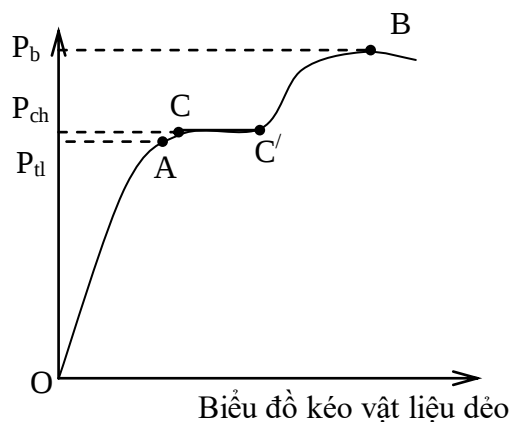
Kết luận : Thanh bị dãn $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

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:

Vật liệu có 3 giai đoạn biến dạng chính.



- Giai đoạn thứ nhất: Giai đoạn tỷ lệ (hay giai đoạn đàn hồi). Vật liệu có tính đàn hồi và tuân theo qui luật Hooke (biểu diễn bởi đoạn thẳng OA trên biểu đồ kéo). Gọi P_{tl} là lực lớn nhất cuối giai đoạn này và F_0 là diện tích mặt cắt ban đầu của mẫu thử ta có:

$$\sigma_{tl} = \frac{P_{tl}}{F_0}$$

Ứng suất σ_{tl} gọi là giới hạn tỷ lệ hay giới hạn đàn hồi.

- Giai đoạn thứ hai: Giai đoạn chảy dẻo. Biến dạng đồng biến với lực chút ít, rồi tăng rõ rệt trong khi lực không đổi (đoạn nằm ngang có trên biểu đồ kéo). Lực kéo ứng với giai đoạn này được ký hiệu là P_{ch} .

Ứng suất $\sigma_{ch} = \frac{P_{ch}}{F_0}$ được gọi là giới hạn chảy (dẻo)

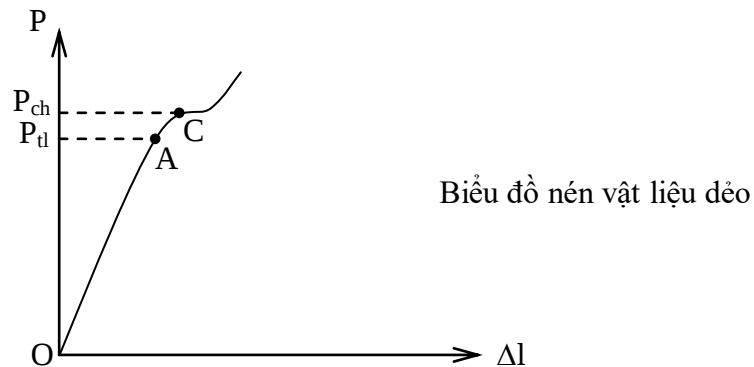
- Giai đoạn thứ ba: Vật liệu bắt đầu chống đối với lực, nhưng khi lực đạt tới trị số cực đại P_b thì có một chỗ nào đó trên mẫu thử bị thắt lại, sau đó biến dạng tiếp tục nhưng nghịch biến với lực, cho đến khi đứt.

Ứng suất cực đại: $\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$ được gọi là giới hạn bền.

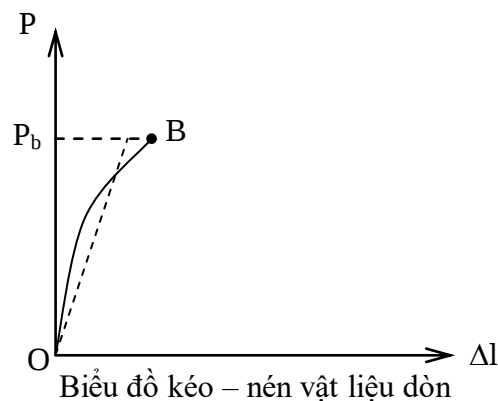
Giới hạn đàn hồi σ_{tl} , giới hạn chảy σ_{ch} và giới hạn bền σ_b là những đại lượng đặc trưng cho tính đàn hồi, tính dẻo và tính bền của vật liệu, là ba trong những tính chất cơ học quan trọng của vật liệu.

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 dẹp.



3.2. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dòn: 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 dòn 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 VỀ 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, ký hiệu $[\sigma]$

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

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, $n = 1,4 \div 1,6$)

Việc lựa chọn hệ số an toàn có ý nghĩa lớn về mặt kỹ thuật và kinh tế.

+ Nếu n quá lớn, $[\sigma]$ nhỏ: gây lãng phí vật liệu.

+ Nếu n quá nhỏ, $[\sigma]$ lớn: không an toàn.

$$\text{thường } [\sigma]_{\text{kéo và nén}}^{\text{thép}} = 140 \div 160 \text{ MN/m}^2$$

$$[\sigma]_{\text{kéo}}^{\text{gang}} = 28 \div 80 \text{ MN/m}^2$$

$$[\sigma]_{\text{nén}}^{\text{gang}} = 120 \div 150 \text{ MN/m}^2$$

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 khi thanh chịu kéo (nén) đúng tâm, ứng suất trong thanh phải thỏa mãn điều kiện bền.

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

$\sigma_{\max}$: Ứng suất pháp lớn nhất trên mặt cắt ngang của thanh (N/m^2)

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

F : Diện tích mặt cắt ngang (m^2)

$[\sigma]$: Ứng suất cho phép của vật liệu (N/m^2), phụ thuộc vào mỗi loại vật liệu.

4.2.2. Các bài toán cơ bản:

4.2.2.1. Bài toán kiểm tra bền:

Khi biết tải trọng, kích thước mặt cắt và ứng suất cho phép của vật liệu, xét điều kiện bền của thanh có được thỏa mãn hay không. Muốn thế:

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

Thông thường nếu $\sigma_{\max}$ chưa vượt quá $[\sigma]$ chừng 5% vẫn có thể xem như chi tiết máy hay kết cấu đạt điều kiện an toàn (vì $[\sigma] < \sigma_o$). Nếu $\sigma_{\max}$ nhỏ hơn $[\sigma]$ quá 5% thì có thể xem như quá an toàn, thậm chí lãng phí vật liệu.

4.2.2.2. Bài toán thiết kế

Khi biết tải trọng và ứng suất cho phép, cần xác định kích thước của mặt cắt ngang. Muốn thế phải có: $F_{\min} \geq \frac{N_z}{[\sigma]}$

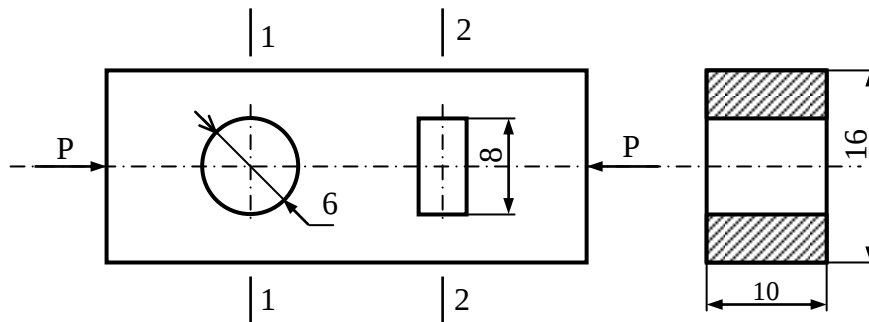
4.2.2.3. Bài toán tính tải trọng cho phép.

Khi biết kích thước mặt cắt và ứng suất cho phép, cần xác định tải trọng lớn nhất cho phép đối với chi tiết máy hay kết cấu. Muốn thế phải có:

$$N_{z\max} \leq F [\sigma]$$

4.3. Toán áp dụng:

• Hãy 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 $[\sigma_n] = 10\text{ MN/m}^2$. Bỏ qua hiện tượng tập ứng suất.



Giải:

Kiểm tra độ bền của thanh tại mặt cắt có diện tích nhỏ nhất, vì ứng suất tại đây lớn nhất. Đó là mặt cắt 2-2. Diện tích mặt cắt này bằng :

$$F = (0,1 \cdot 0,16) - (0,1 \cdot 0,08) = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Ứng suất ở mặt cắt nguy hiểm là:

$$\sigma = \frac{72}{8 \cdot 10^{-3}} = 9 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2 = 9 \text{ MN/m}^2$$

Ứng suất này nhỏ hơn ứng suất cho phép $[\sigma] = 10 \text{ MN/m}^2$

Vậy thanh đảm bảo bền.

• Thanh tròn 1 và 2 làm bằng thép có $[\sigma_k] = [\sigma_n] = 140 \text{ MN/m}^2$ bắt bản lề vào tường thẳng đứng. Tại nút bản lề B, người ta tác dụng lực $P = 15 \text{ KN}$, các góc cho trên hình vẽ. Xác định đường kính các thanh theo điều kiện bền.

Giải:

Xác định lực tác dụng lên thanh 1 và 2:

$$N_{z1} = P_1 = P \cdot \tan 30^\circ = 8,66 \text{ kN}$$

$$N_{z2} = P_2 = \frac{P}{\cos 30^\circ} = 17,32 \text{ kN}$$

- Thanh 1:

Theo bài toán thiết kế, ta có:

$$F_1 \geq \frac{N_{z1}}{[\sigma_k]} \Leftrightarrow \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \geq \frac{N_{z1}}{[\sigma_k]}$$

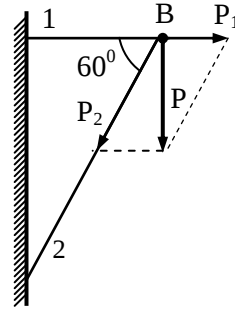
$$\Leftrightarrow d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot N_{z1}}{\pi \cdot [\sigma_k]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,66}{3,14 \cdot 140 \cdot 10^3}} = 0,009 \text{ m}$$

- Thanh 2:

$$F_2 \geq \frac{N_{z2}}{[\sigma_n]} \Leftrightarrow \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \geq \frac{N_{z2}}{[\sigma_n]}$$

$$\Leftrightarrow d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot N_{z2}}{\pi \cdot [\sigma_n]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,32}{3,14 \cdot 140 \cdot 10^3}} = 0,013 \text{ m}$$

Vậy, đường kính của thanh 1 và 2 lần lượt là $d_1 = 9 \text{ mm}$ và $d_2 = 13 \text{ mm}$



CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là thanh chịu kéo (nén) đúng tâm? Cho ví dụ?
2. Lực dọc là gì? Cách xác định lực dọc?
3. Thế nào là biểu đồ lực dọc?
4. Viết và giải thích công thức tính ứng suất trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm?
5. Biến dạng trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm là biến dạng gì?
6. Phát biểu và viết công thức định luật Hooke trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm
7. Mô tả thí nghiệm kéo vật liệu dẻo? Vẽ biểu đồ biểu diễn mối liên hệ giữa lực và biến dạng trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm với vật liệu dẻo và vật liệu giòn?
8. Ứng suất cho phép là gì? Ý nghĩa của việc lựa chọn hệ số an toàn?
9. Viết và giải thích công thức điều kiện bền và ba bài toán cơ bản về kéo (nén) đúng tâm?

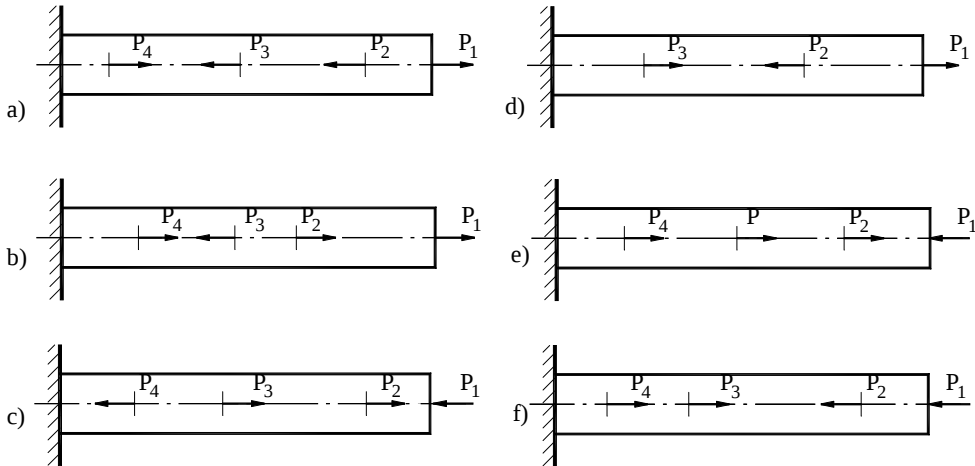
BÀI TẬP CHƯƠNG 8

1. Vẽ biểu đồ nội lực (lực dọc) cho các thanh chịu lực sau. Biết:

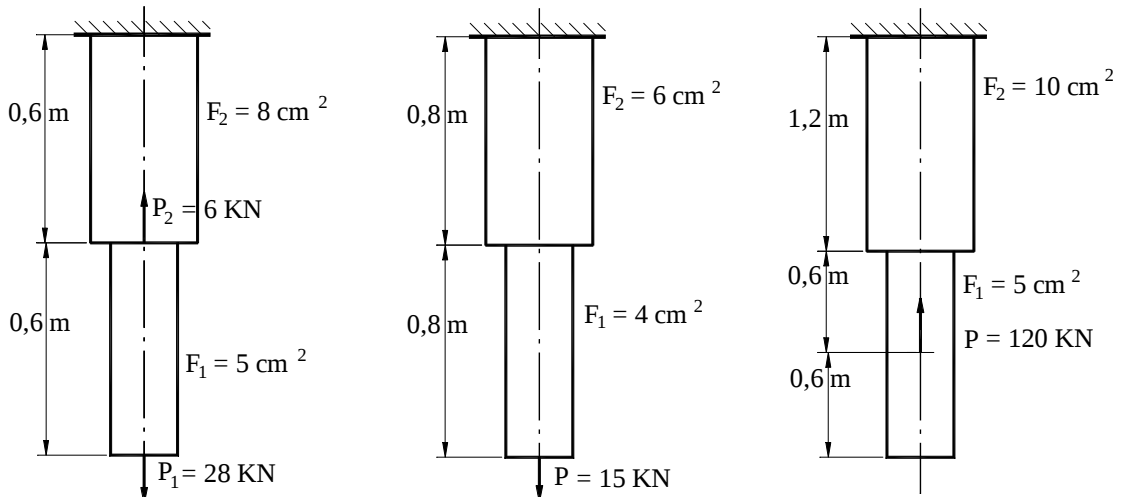
- a) $P_1 = 20 \text{ kN}$, $P_2 = 40 \text{ kN}$, $P_3 = 20 \text{ kN}$, $P_4 = 20 \text{ kN}$
- b) $P_1 = 60 \text{ kN}$, $P_2 = 30 \text{ kN}$, $P_3 = 30 \text{ kN}$, $P_4 = 30 \text{ kN}$
- c) $P_1 = 30 \text{ kN}$, $P_2 = 15 \text{ kN}$, $P_3 = 30 \text{ kN}$, $P_4 = 15 \text{ kN}$
- d) $P_1 = 30 \text{ kN}$, $P_2 = 40 \text{ kN}$, $P_3 = 20 \text{ kN}$

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

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

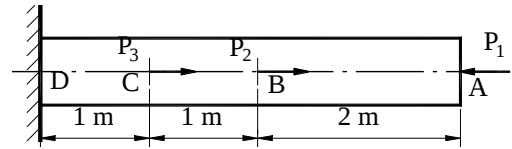


2. Vẽ biểu đồ nội lực (lực dọc) và xác định biến dạng dọc tuyệt đối cho các thanh chịu lực sau; biết $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.



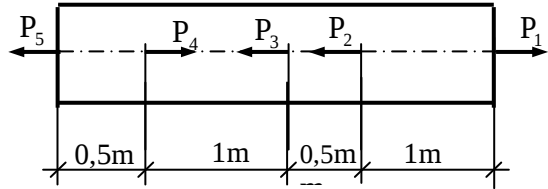
- Thanh thép dài $l = 4\text{m}$, đường kính $d = 12\text{mm}$. Cần phải đặt lực P bằng bao nhiêu để nó dãn ra $0,5 \text{ cm}$. Tính ứng suất phát sinh khi tác dụng lực đó? Biết $E = 2.10^5 \text{ MN/m}^2$.
- Một đoạn mẫu bằng thép dài 100m , chịu lực kéo 28kN thì bị dãn dài $0,12\text{m}$. Xác định diện tích mặt cắt và trị số ứng suất pháp, biết $E = 2.10^5 \text{ MN/m}^2$
- Độ giãn dài tuyệt đối của thanh thép đường kính 4 cm ; dài $1,2\text{m}$ là $1,2\text{mm}$. Xác định trị số của lực gây nên biến dạng đó? Biết $E = 2.10^5 \text{ MN/m}^2$.
- Nếu kéo một thanh thép tròn có chiều dài 3 m , đường kính $1,6\text{mm}$ bởi một lực P thì nó giãn ra $1,3\text{mm}$; nhưng nếu kéo một thanh đồng có chiều dài $1,8\text{m}$; đường kính $3,2\text{mm}$ cũng bởi lực P đó thì thanh dãn ra $0,39\text{mm}$. Tính môđun đàn hồi của thanh đồng biết môđun đàn hồi của thép là 2.10^7 N/cm^2 .
- Thanh thép chịu lực $P_1 = P_2 = 20\text{kN}$, $P_3 = 40\text{kN}$ có mặt cắt ngang không đổi và có $F = 10\text{cm}^2$. Kịch thước dọc cho trên hình vẽ;
 - Vẽ biểu đồ nội lực.

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



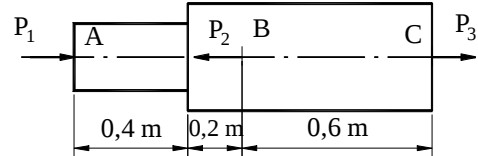
8. Thanh thép chịu tác dụng của các ngoại lực $P_1 = 30\text{KN}$, $P_2 = 20\text{KN}$, $P_3 = 40\text{KN}$, $P_4 = 60\text{KN}$ và $P_5 = 30\text{KN}$. Thanh có mặt cắt ngang tròn đường kính $d = 20\text{mm}$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

- 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 $[\sigma_k] = [\sigma_n] = 14\text{kN/cm}^2$



- c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của từng đoạn thanh và của toàn thanh. Cho $E = 2.10^8 \text{ kN/m}^2$
9. Thanh bằng thép gồm hai đoạn AB, BC có kích thước mặt cắt ngang lần lượt là: $F_1 = 100\text{cm}^2$, $F_2 = 200\text{cm}^2$. Thanh chịu tác dụng các lực $P_1 = 30\text{KN}$, $P_2 = 110\text{KN}$, $P_3 = 80\text{KN}$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

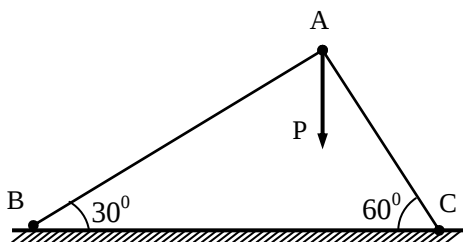
- a. Vẽ biểu đồ nội lực.
 b. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh.
 Biết $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.



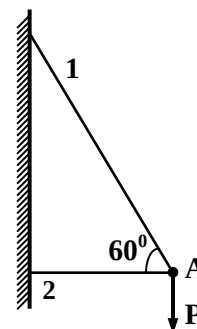
- c. Kiểm tra độ bền của thanh. $[\sigma_k] = [\sigma_n] = 12\text{kN/cm}^2$

10. Một bệ máy có mặt cắt ngang hình chữ nhật cạnh $70 \times 50 \text{ cm}$ bằng bê tông có: $[\sigma_n] = 1 \text{ MN/m}^2$. Trên bệ đặt máy sao cho trọng lượng máy làm bệ chịu lực nén đúng tâm. Hãy xác định trọng lượng tối đa của máy có thể đặt được trên bệ khi bỏ qua trọng lượng của bản thân bệ.

11. 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.
12. 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 $d_2 = 15\text{mm}$.



Hình câu 11



Hình câu 12