

Sức Bền Vật Liệu

Phần 1:

THANH CHIÊU KÉO-NÉN ĐUNG TÂM

Image courtesy of ADEPT Airmotive (Pty) Ltd.

Phone: 0936037397

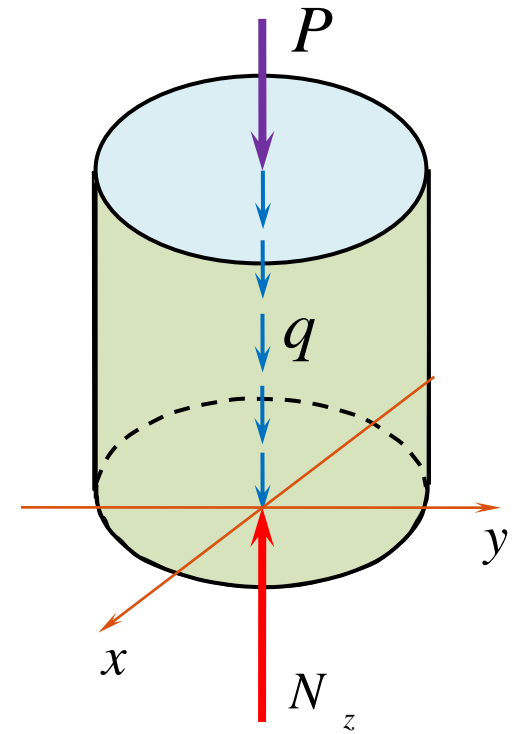
Email: trangtantrien@hcmute.edu.vn



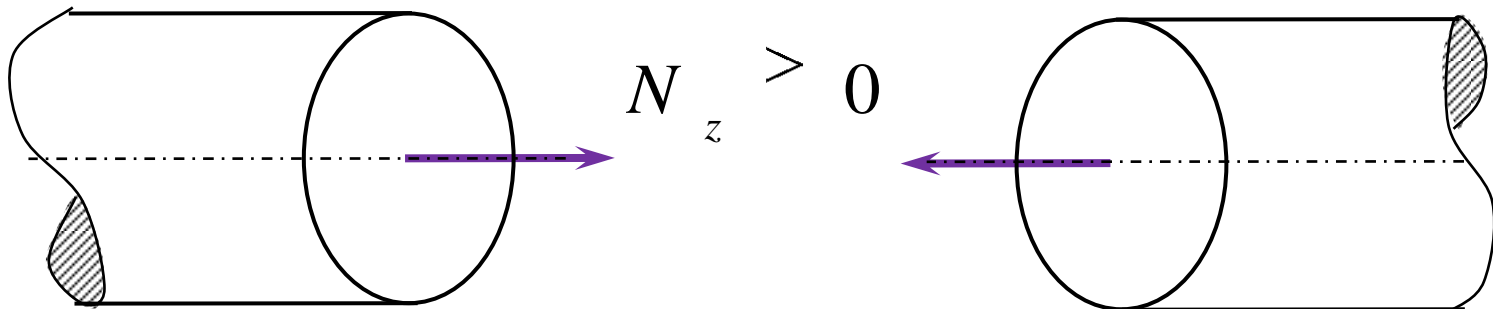


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Một thanh chịu kéo hay nén đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ tồn tại duy nhất một thành phần nội lực là lực dọc N_z



2. Qui ước dấu của nội lực: **lực dọc gây kéo là dương.**

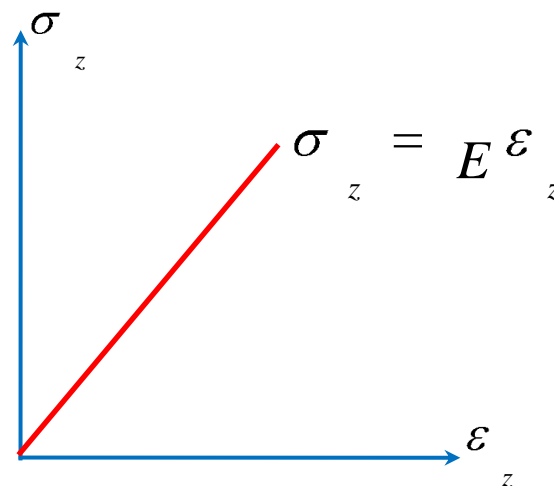




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

3. Định luật Hooke

E: môđun đàn hồi của vật liệu



4. Ứng suất tại một điểm trên mặt cắt ngang: $\sigma_z = \text{const}$ trên mặt cắt

$$\sigma_z = \frac{N_z}{F}$$

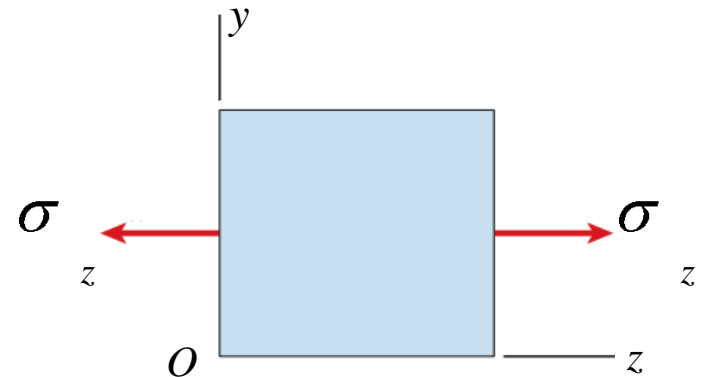
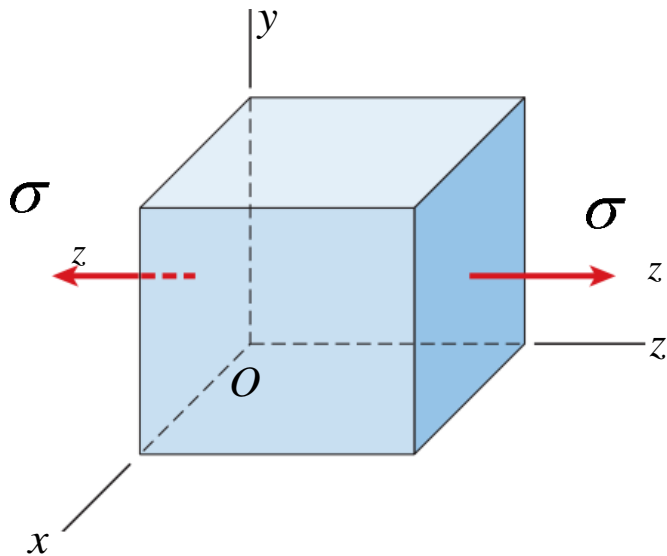
- F : diện tích mặt cắt ngang có điểm tính ứng suất

- N_z : lực dọc tại mặt cắt có điểm tính ứng suất



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

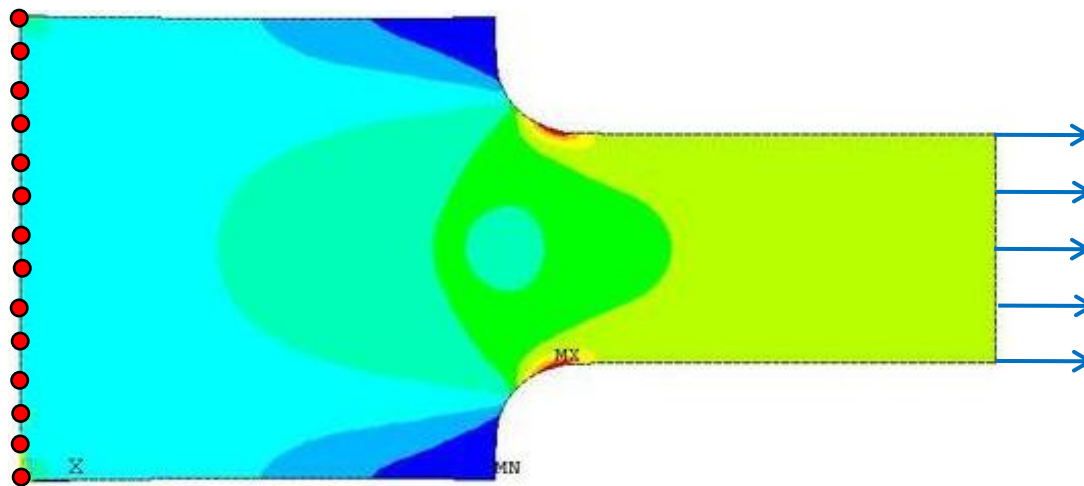
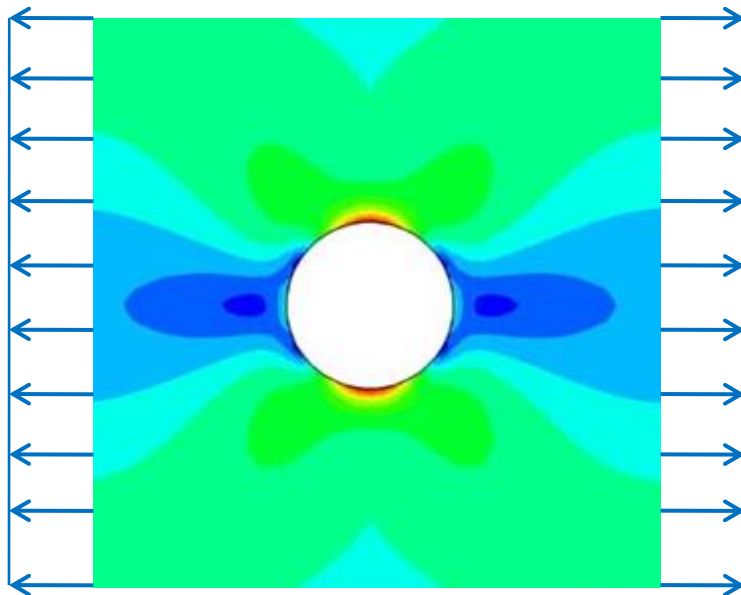
4. Ứng suất tại một điểm trên mặt cắt ngang: $\sigma_z = \text{const}$ trên mặt cắt





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

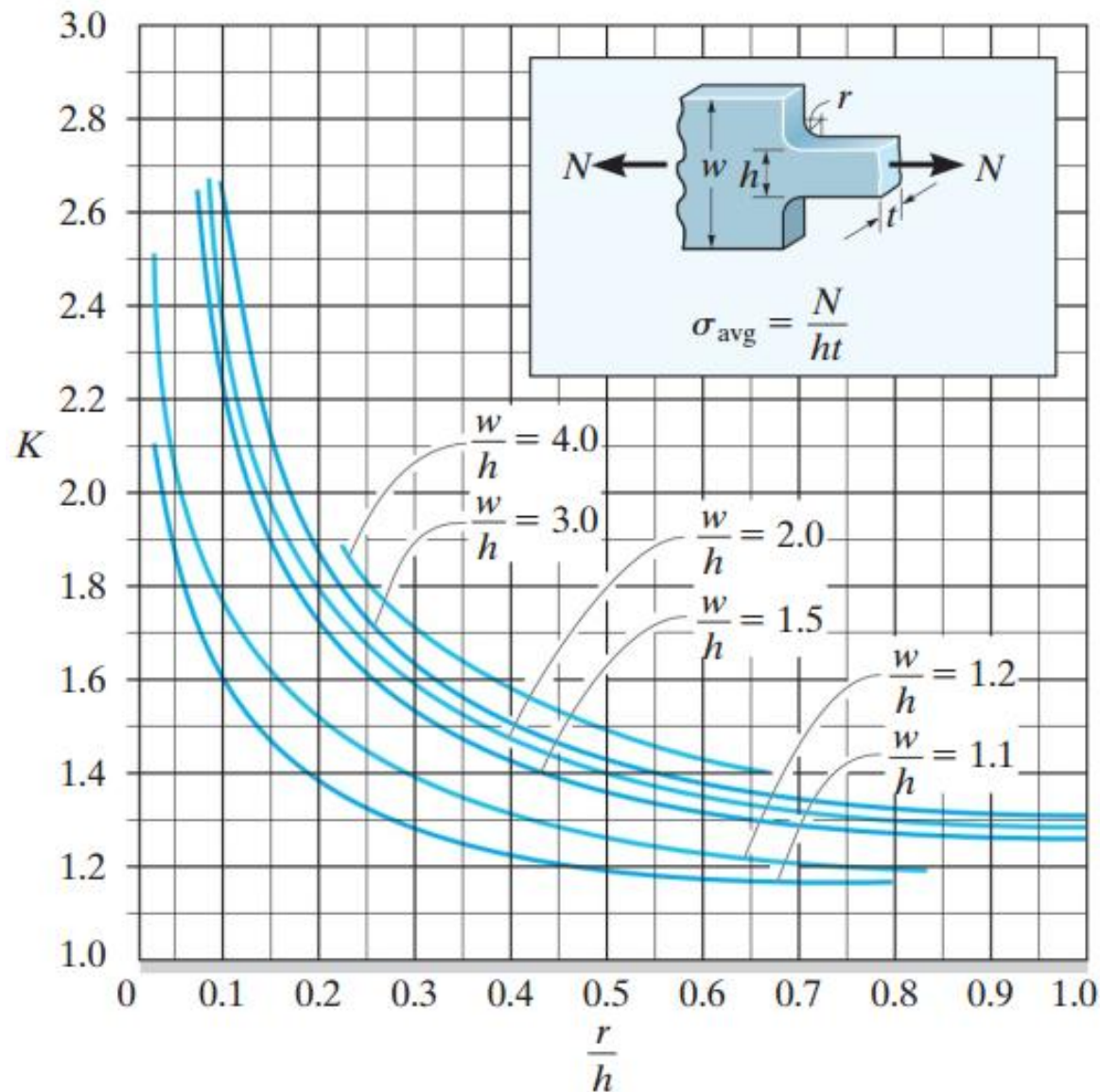
5. *Hiện tượng tập trung ứng suất*





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

5. Hiện tượng tập trung ứng suất

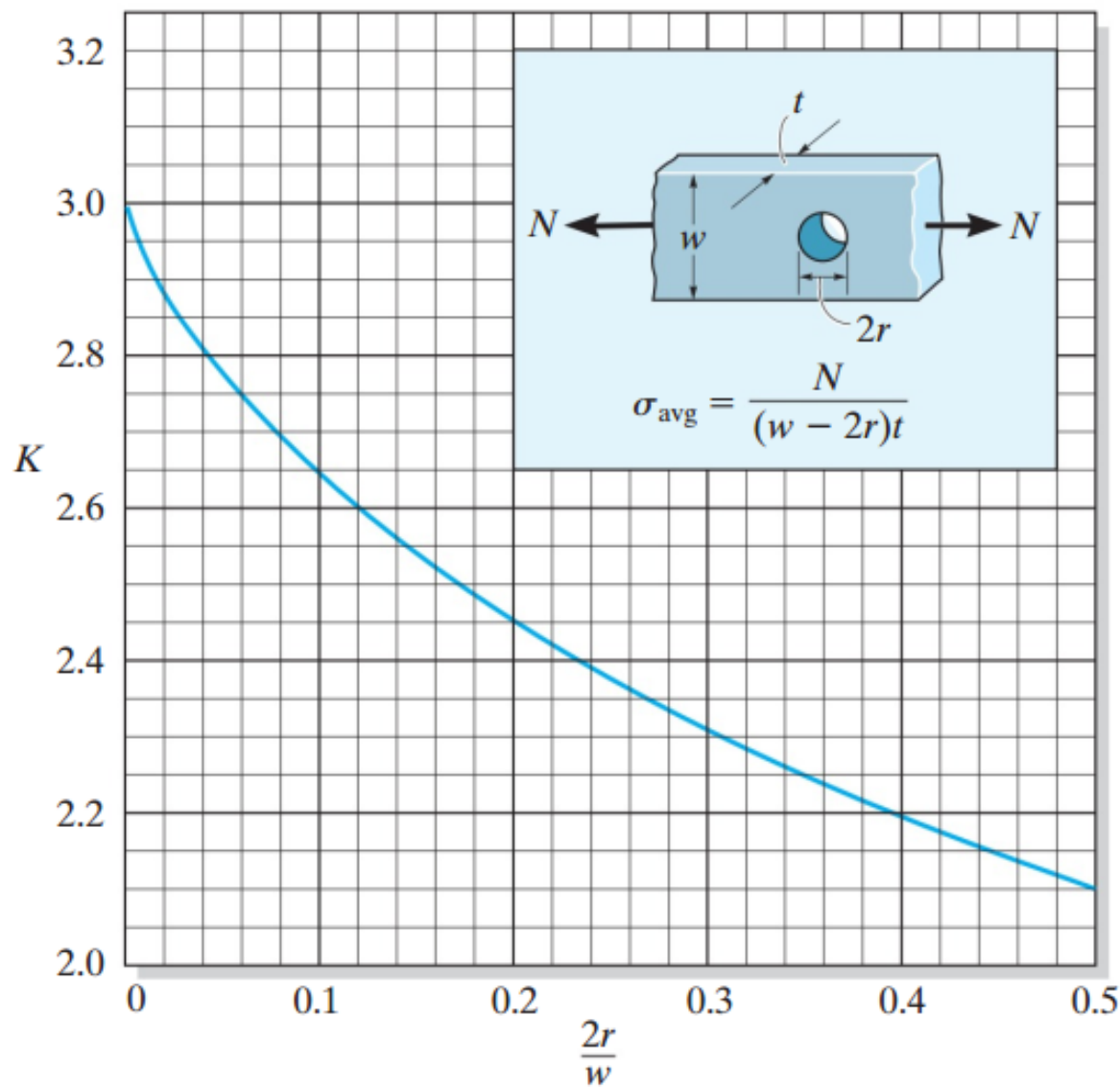




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

<http://www.amesweb.info/StressConcentrationFactor/StressConcentrationFactors.aspx>

5. Hiện tượng tập trung ứng suất

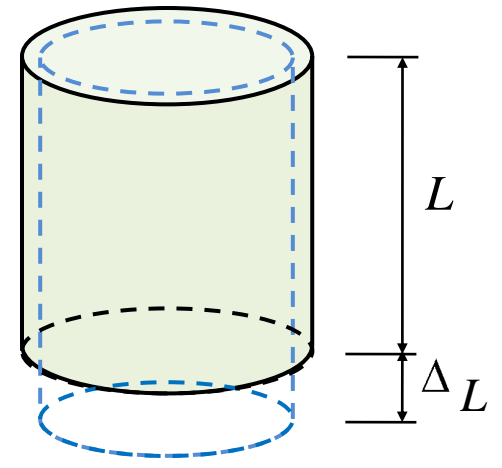




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

6. Biến dạng dài dọc trục

$$\Delta_L = \int_L \varepsilon_z dz = \int_L \frac{N_z}{EF} dz$$



- + E : Môđun đàn hồi của vật liệu
- + N_z : lực dọc trên mặt cắt ngang
- + F : diện tích mặt cắt ngang

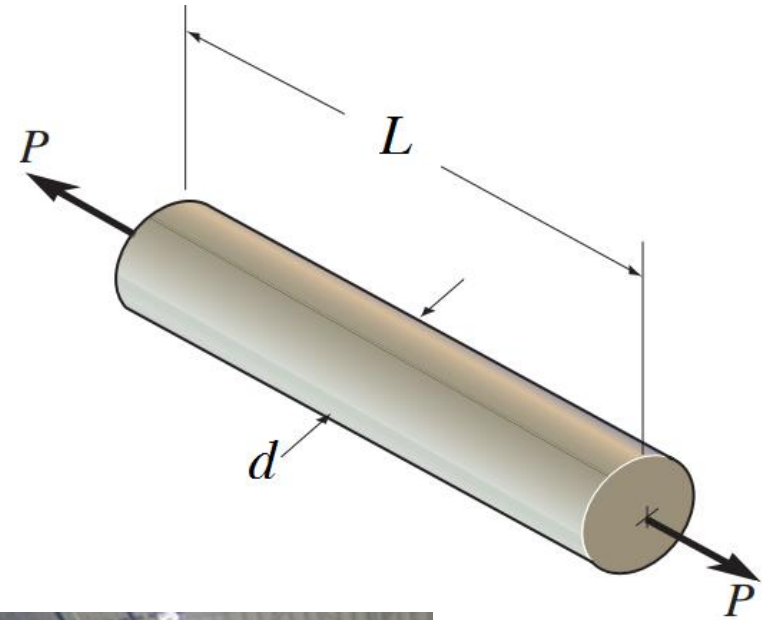


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

6. Biến dạng dài dọc trục

a. Nếu $\frac{N_z}{EF} = \text{const}$ trên toàn chiều dài L :

$$\Rightarrow \Delta_L = \frac{N_z L}{EF}$$



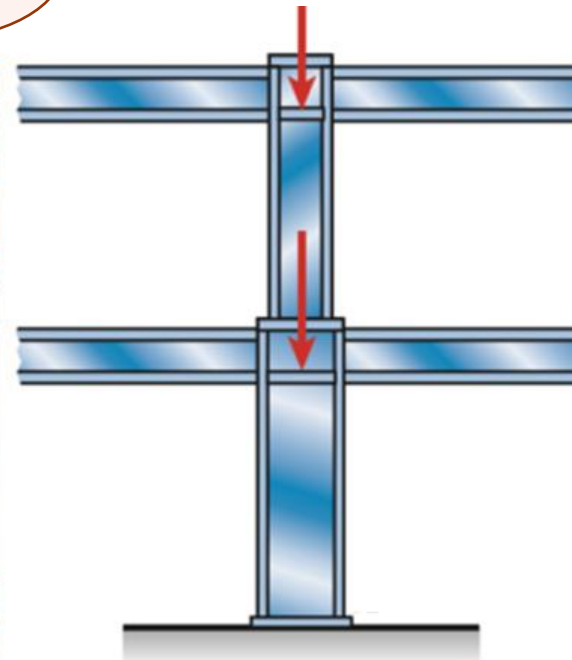


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

6. Biến dạng dài dọc trục

b. Nếu $\frac{N_z}{EF} = \text{const}$ trên từng đoạn L_i :

$$\Rightarrow \Delta_L = \sum_{i=1}^n \frac{N_{z_i} L_i}{E_i F_i}$$





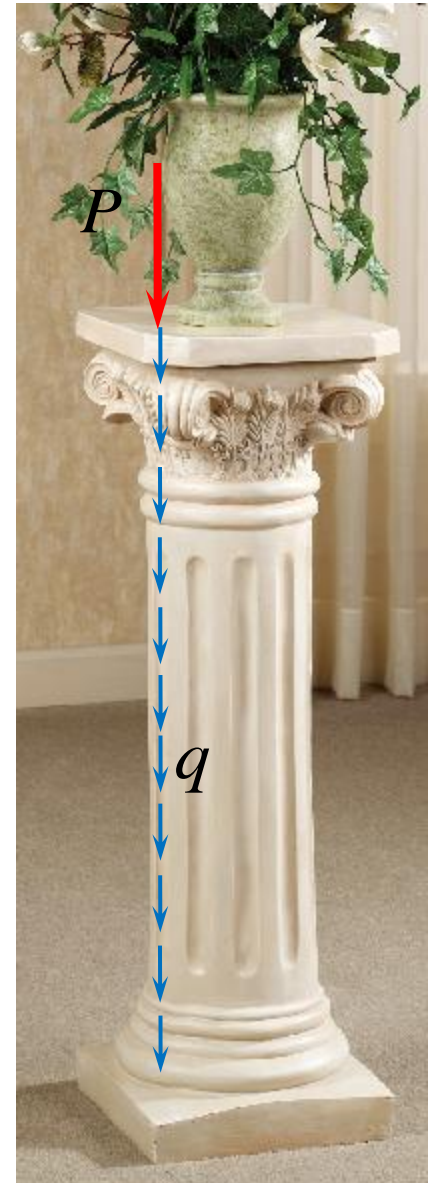
TÓM TẮT LÝ THUYẾT

6. Biến dạng dài dọc trục

c. Nếu $E F = \text{const}$ trên từng đoạn L_i :

$$\Rightarrow \Delta L = \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{N_z}}{E F} \right)_i$$

- + E : Môđun đàn hồi của vật liệu
- + S_{N_z} : Diện tích biểu đồ N_z
- + F : diện tích mặt cắt ngang



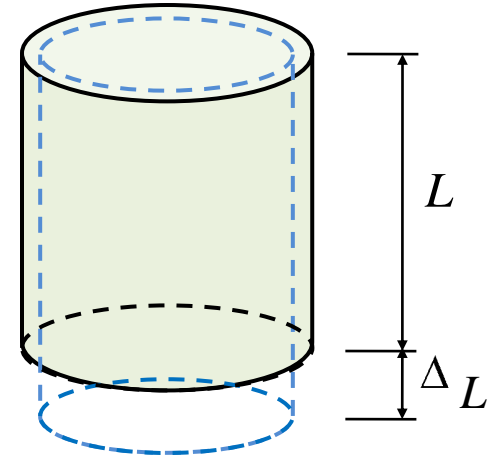


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

7. Biến dạng ngang

$$\varepsilon_{\perp} = -\nu \varepsilon_z = -\nu \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta L}{L}$$

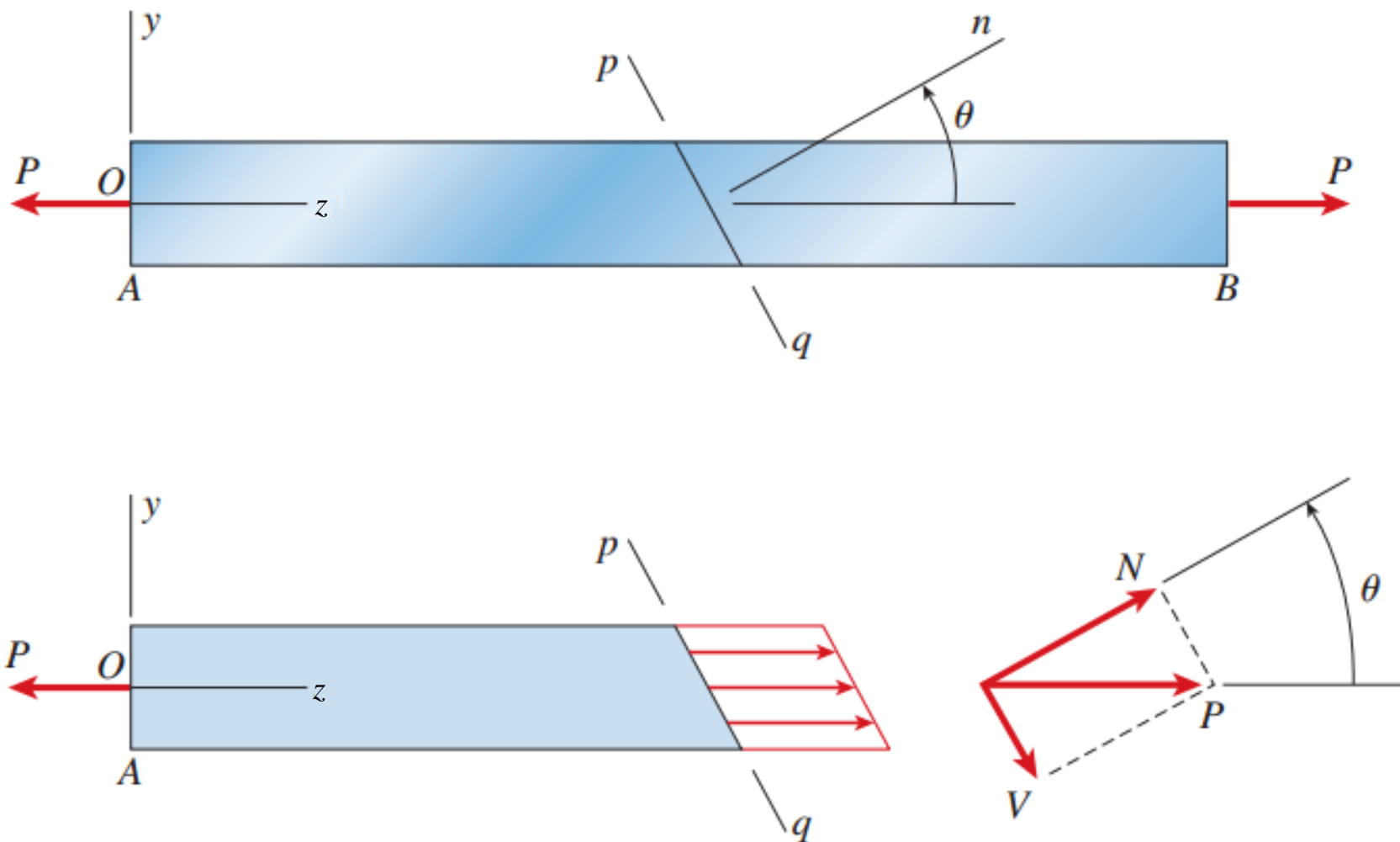


ν hệ số Poisson. $0 \leq \nu \leq 0,5$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

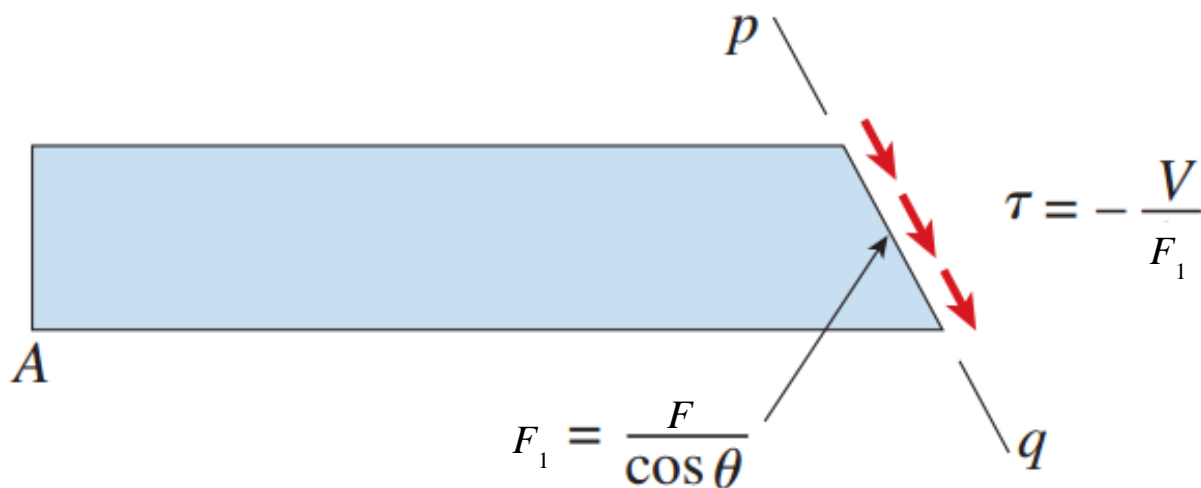
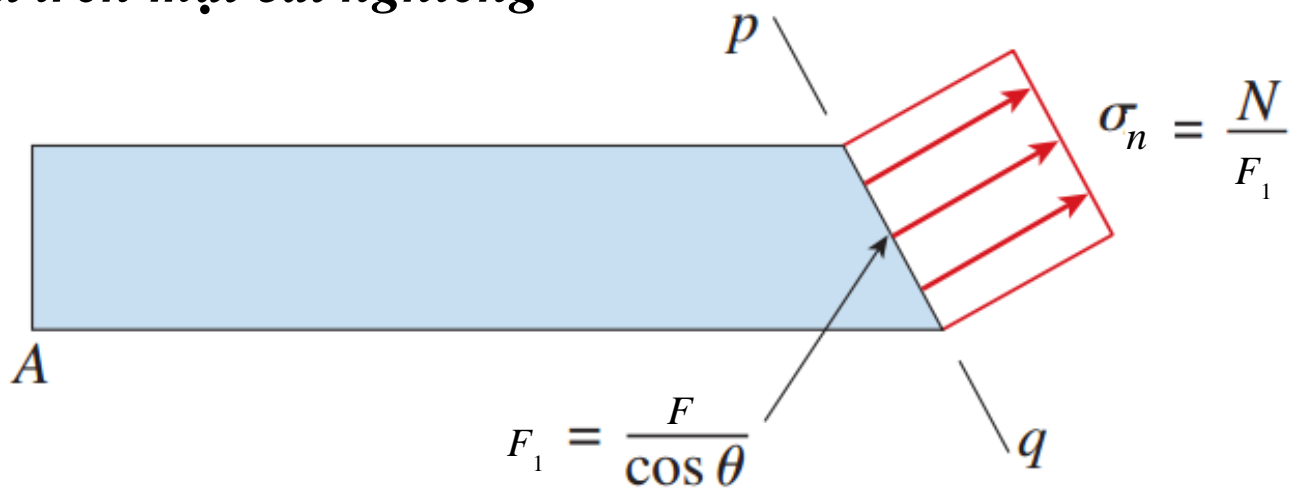
8. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

8. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng

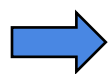




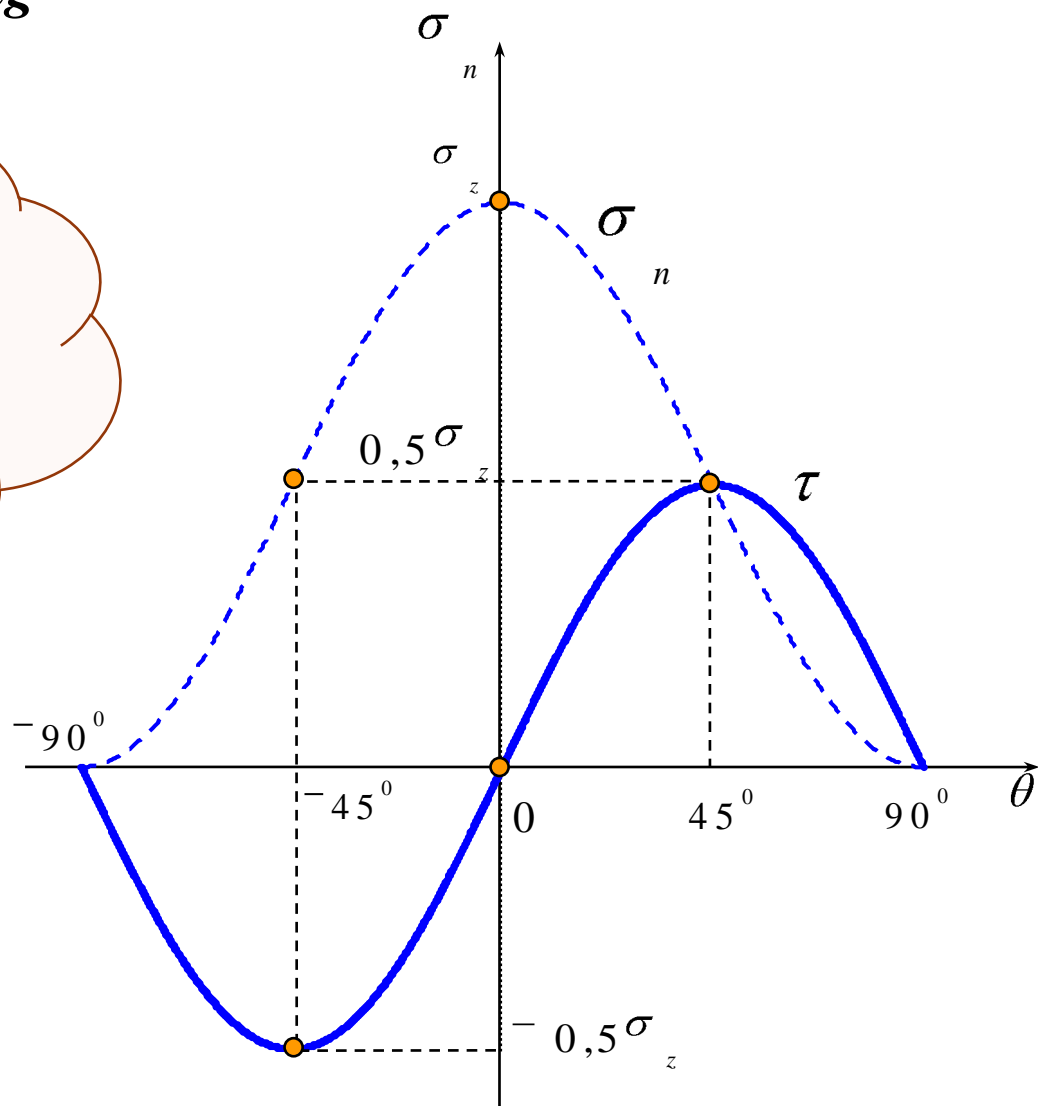
TÓM TẮT LÝ THUYẾT

8. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng

$$\begin{cases} \sigma_n = \sigma_z \cos^2 \theta \\ \tau = \frac{\sigma_z}{2} \sin 2\theta \end{cases}$$



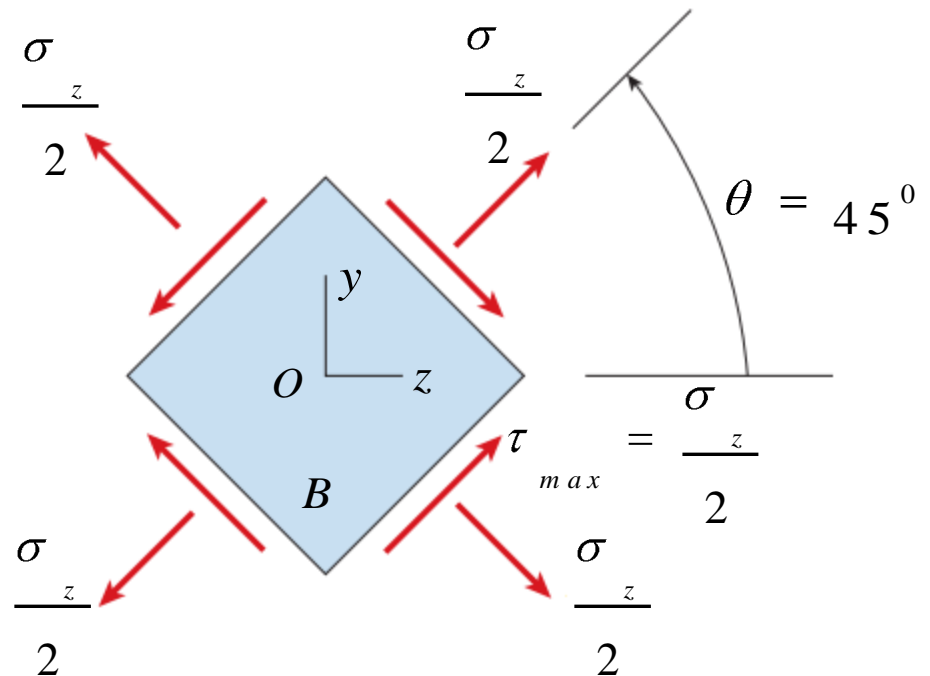
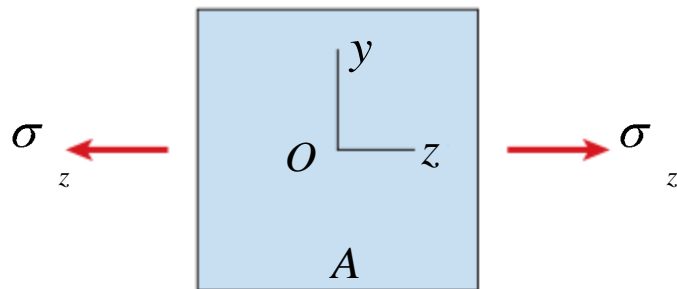
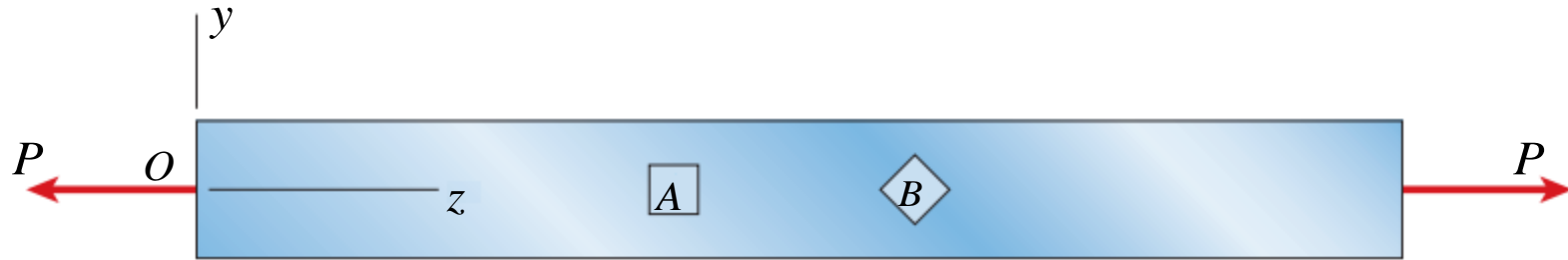
$$\begin{cases} \sigma_{\max} = \sigma_z \\ \tau_{\max/\min} = \pm \frac{\sigma_z}{2} \end{cases}$$





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

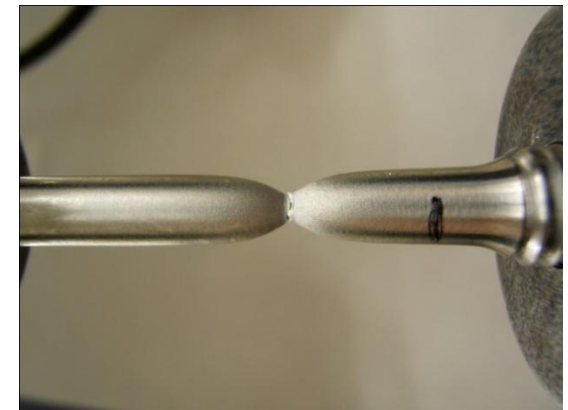
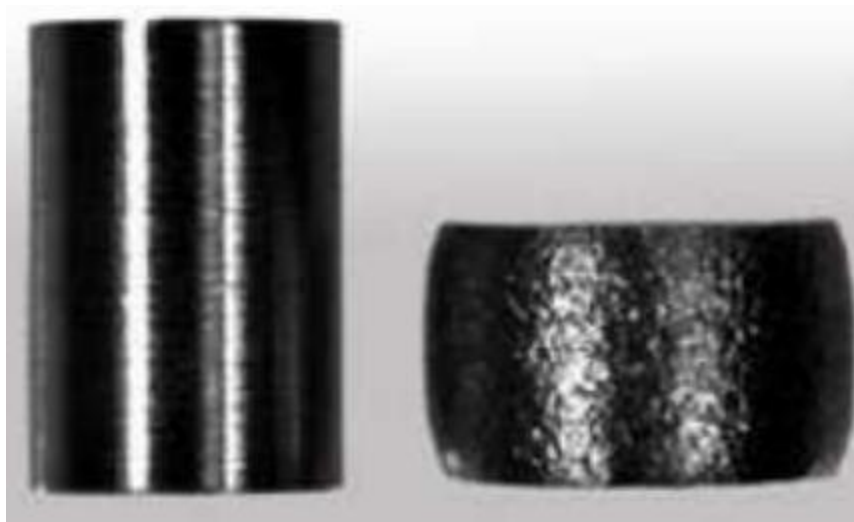
8. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

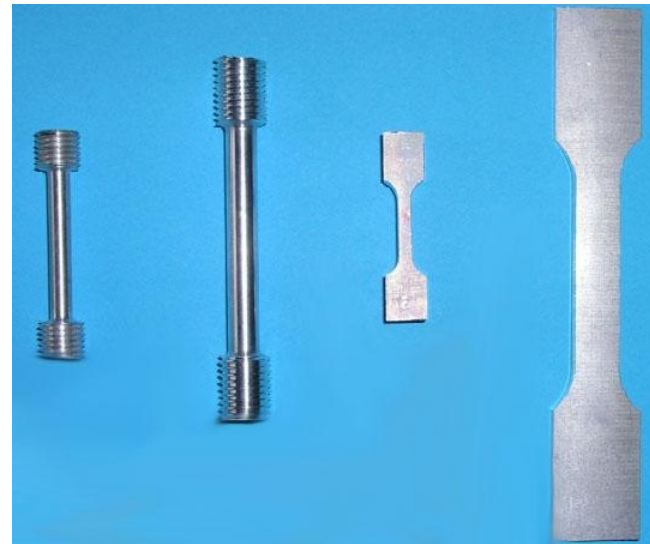
8. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9. Thí nghiệm kéo-nén vật liệu:

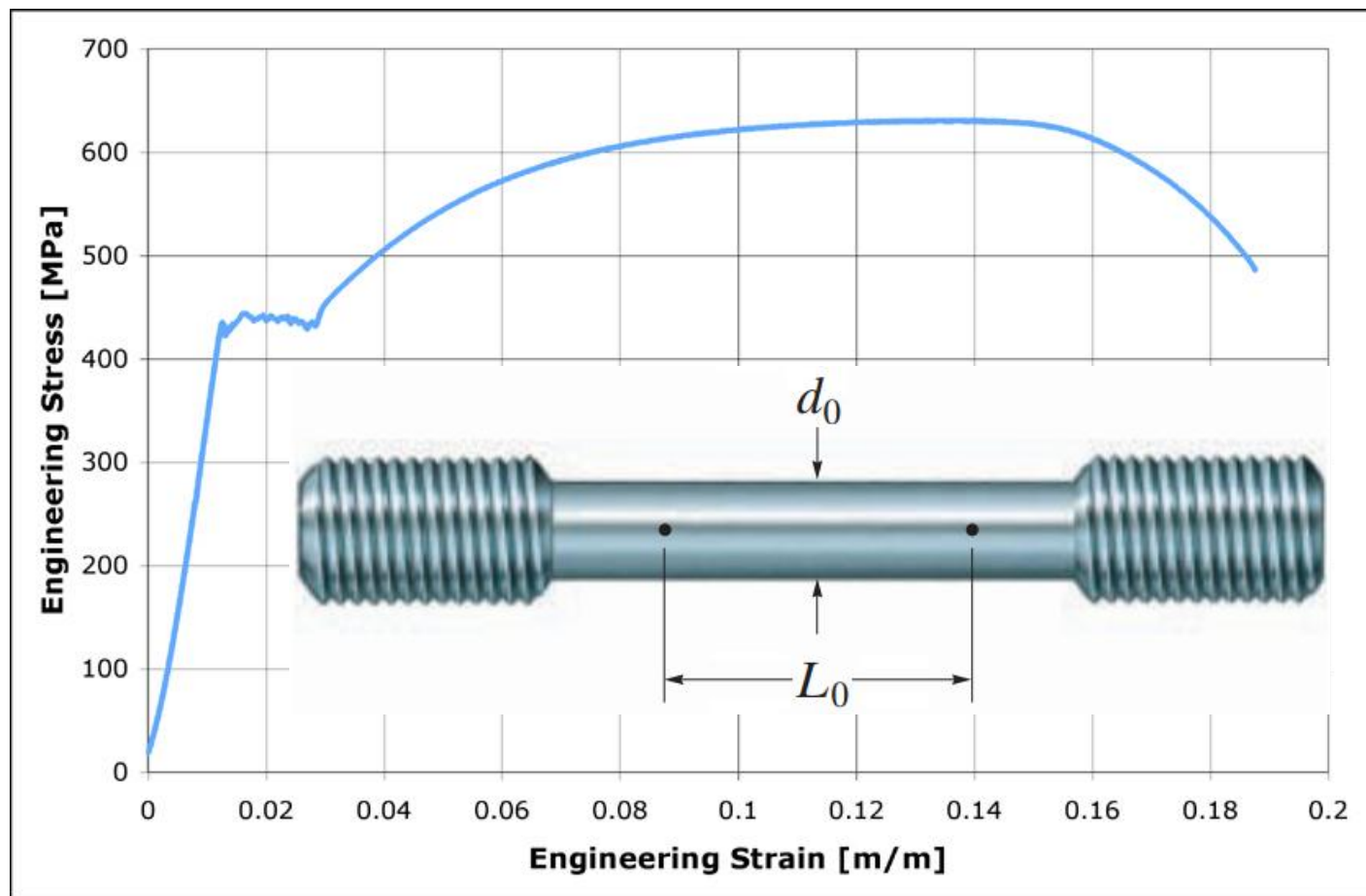




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9.1 Thí nghiệm kéo-nén vật liệu dẻo:

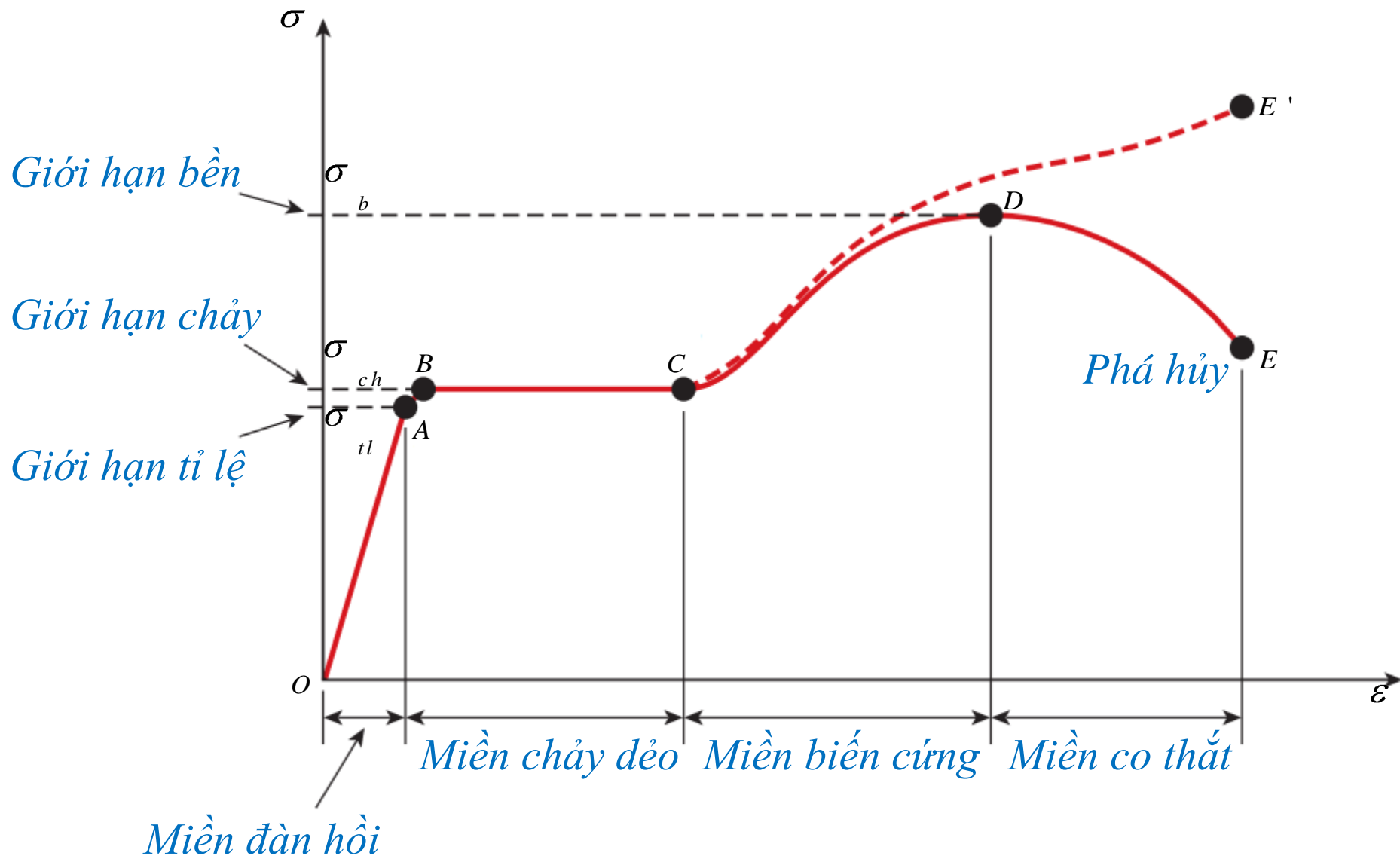
* Thí nghiệm kéo-nén vật liệu dẻo:





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

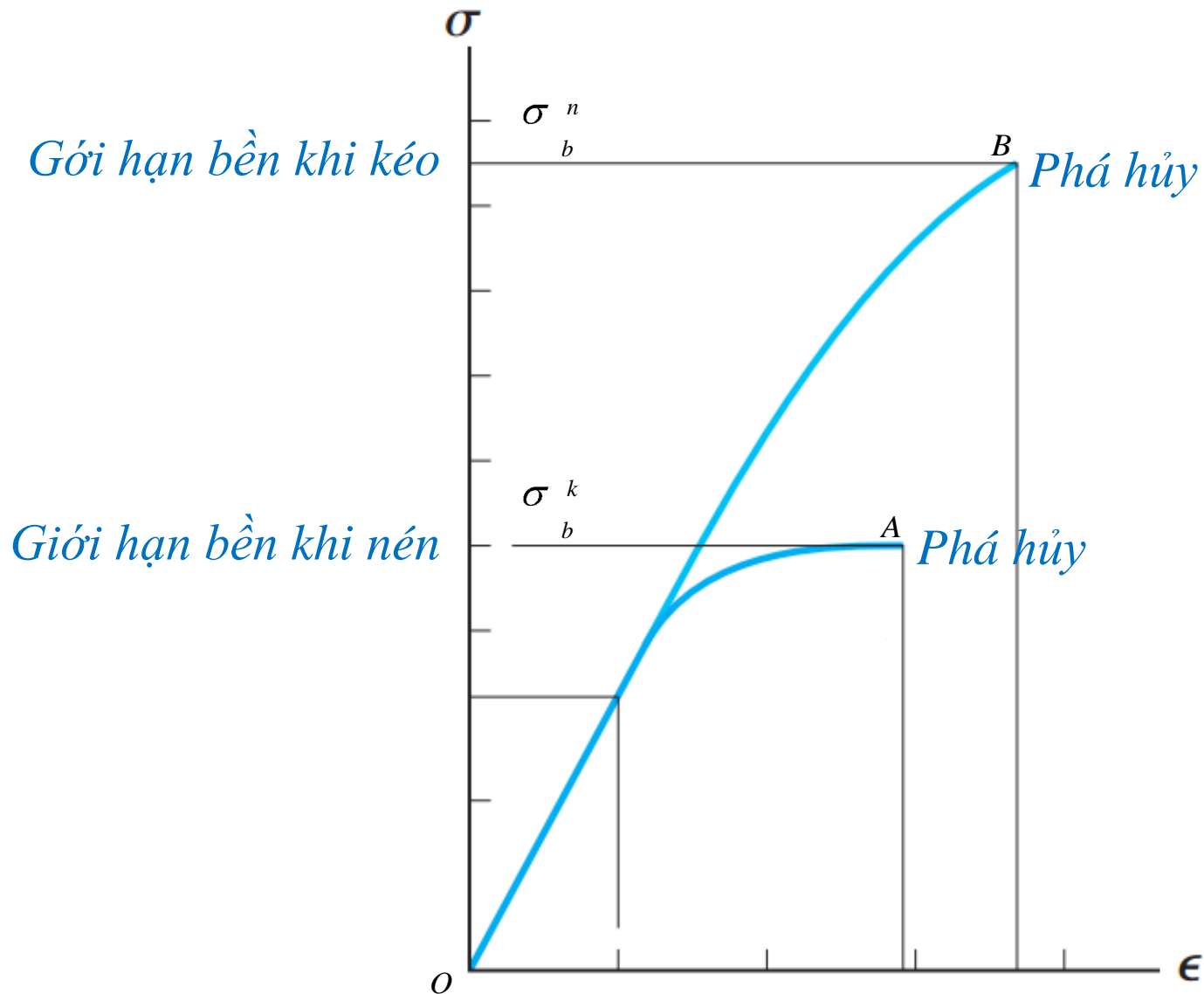
9.1 Thí nghiệm kéo-nén vật liệu dẻo:





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

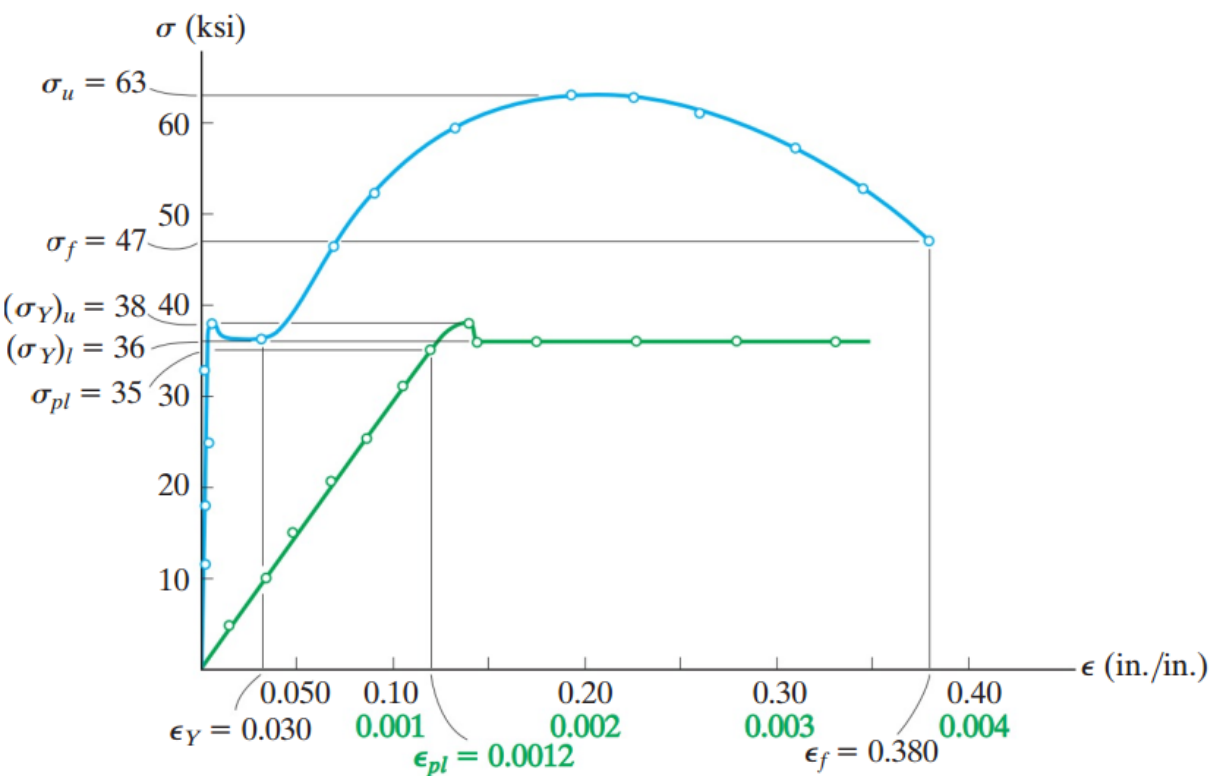
9.2 Thí nghiệm kéo-nén vật liệu giòn:



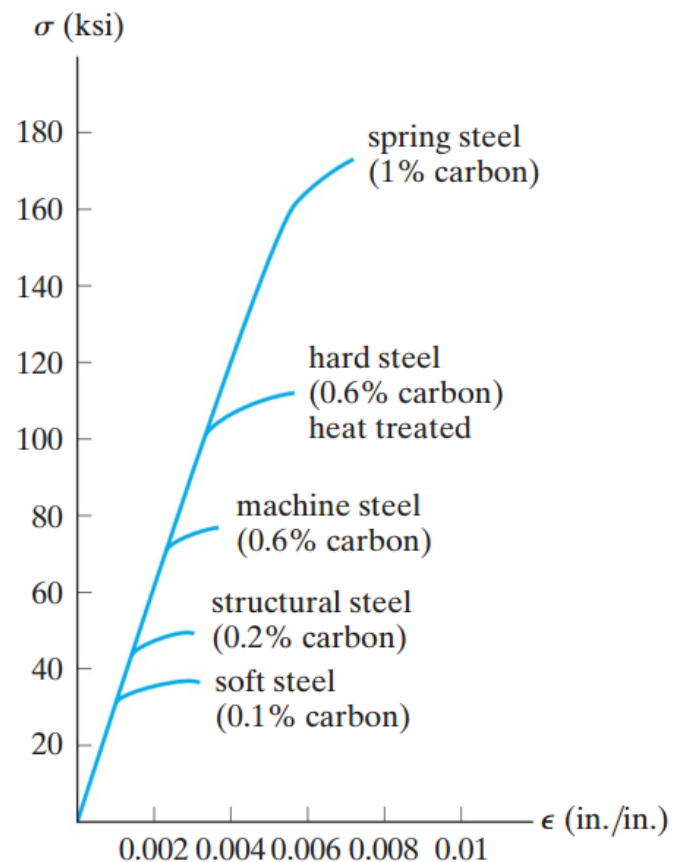


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9.2 Thí nghiệm kéo-nén vật liệu :



Stress-strain diagram for mild steel





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

10. Ứng suất cho phép và hệ số an toàn

* Ứng suất cho phép:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{n}$$

+ σ_0 ứng suất nguy hiểm

+ n hệ số an toàn

* Vật liệu giòn: $\sigma_0 = \sigma_b \Rightarrow \sigma_k = \frac{\sigma_b}{n}; \quad \sigma_n = \frac{\sigma_b}{n}$

* Vật liệu dẻo: $\sigma_0 = \sigma_{ch} \quad (\sigma_0 = \sigma_{tl}) \Rightarrow \sigma = \frac{\sigma_{ch}}{n}$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

11. Điều kiện bền: ứng suất lớn nhất phát sinh trong chi tiết phải nhỏ hơn hoặc bằng giới hạn chịu lực của vật liệu (ứng suất cho phép)

+ **Vật liệu dẻo:**

$$\left| \sigma_z \right|_{\max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{\max} \leq \sigma$$

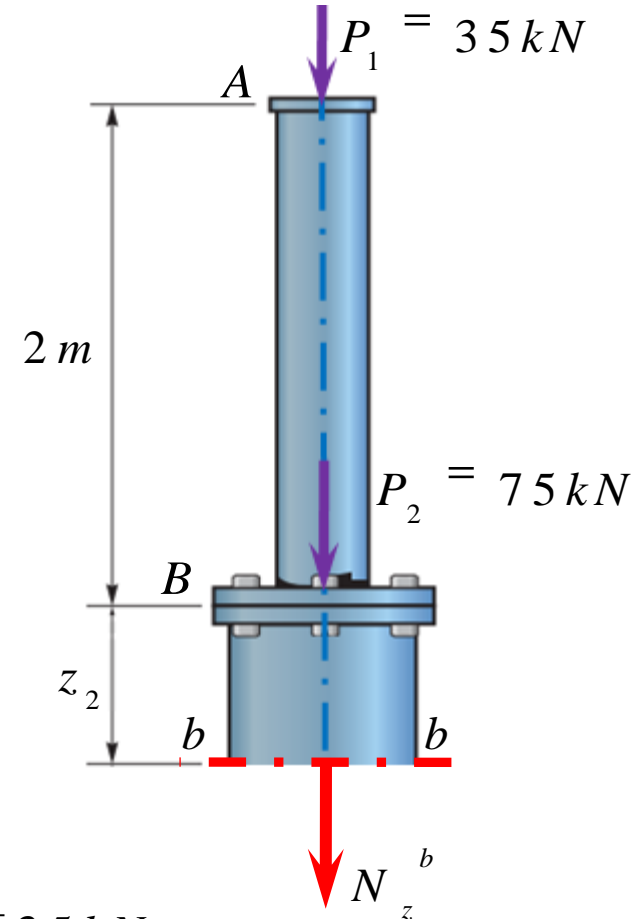
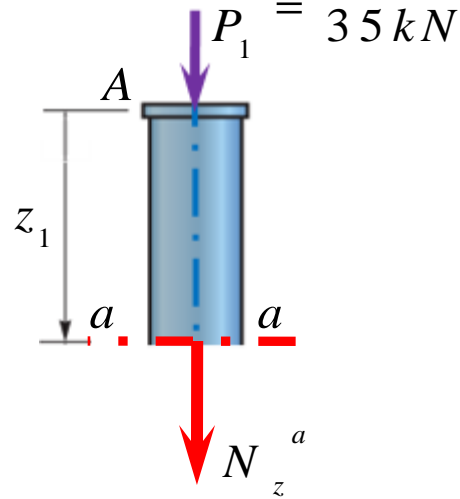
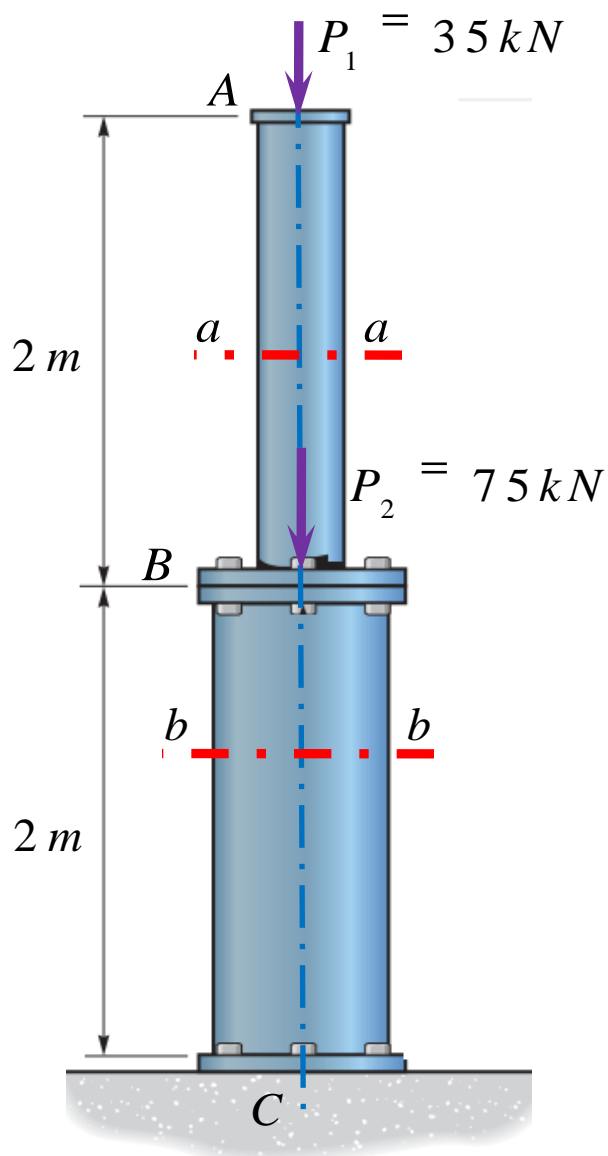
+ **Vật liệu giòn:**

$$\begin{cases} \sigma_{\max} \leq \sigma_k \\ \left| \sigma_{\min} \right| \leq \sigma_n \end{cases}$$

12. Điều kiện cứng: Biến dạng của chi tiết không được vượt quá trị số cho phép

$$\begin{cases} \Delta_L \leq \Delta_L \\ \left[\frac{\Delta_L}{L} \right] \leq \left[\frac{\Delta_L}{L} \right] \end{cases}$$

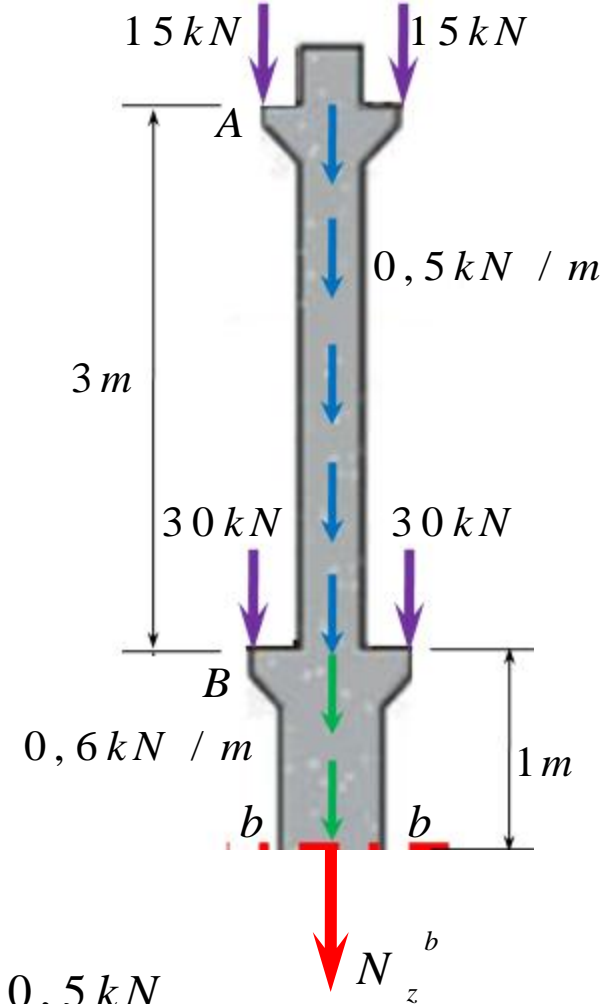
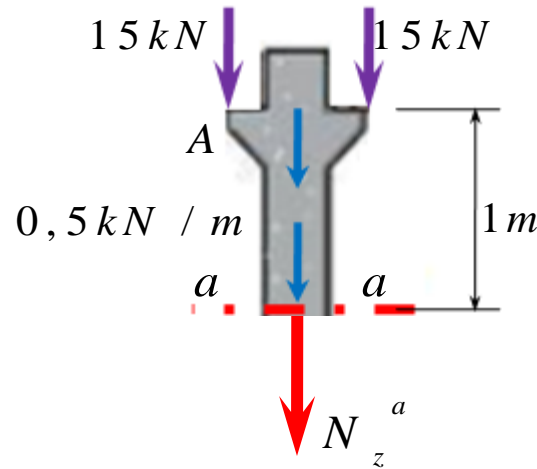
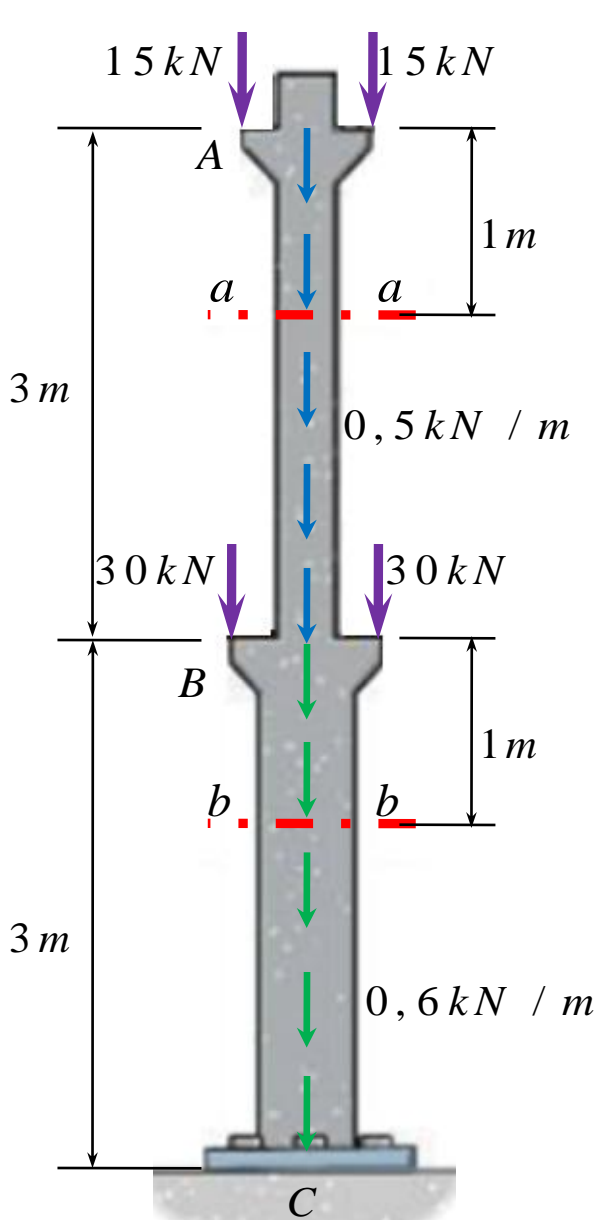
Bài tập 1: *Xác định thành phần lực dọc phát sinh trên mặt cắt ngang a-a và b-b*



$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^a = -35 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^b = -110 \text{ kN}$$

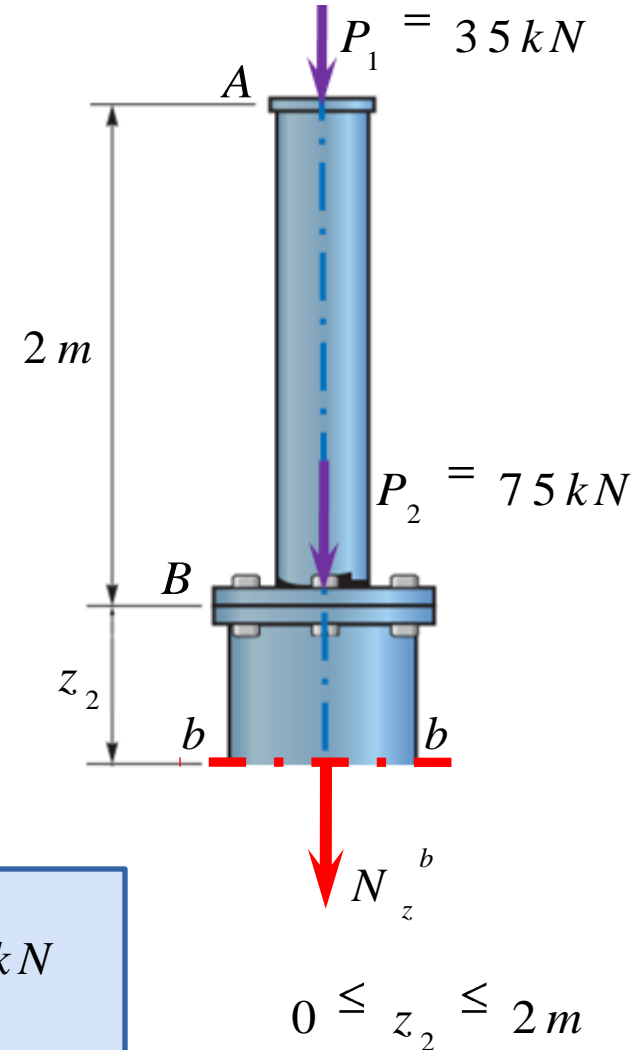
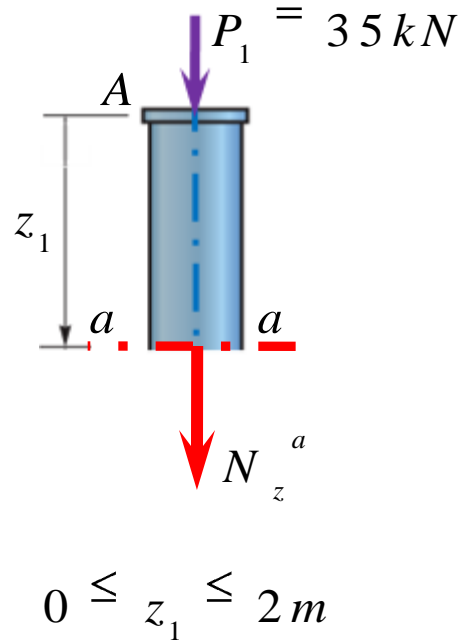
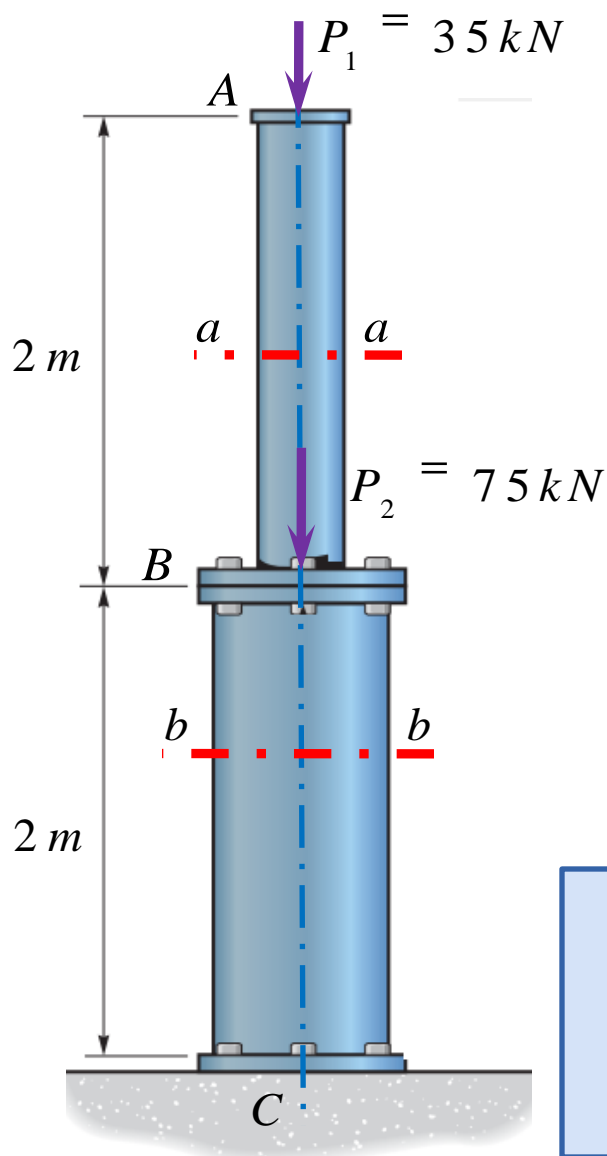
Bài tập 2: Xác định thành phần lực dọc phát sinh trên mặt cắt ngang $a-a$ và $b-b$



$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^a = -30,5\text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^b = -92,1\text{ kN}$$

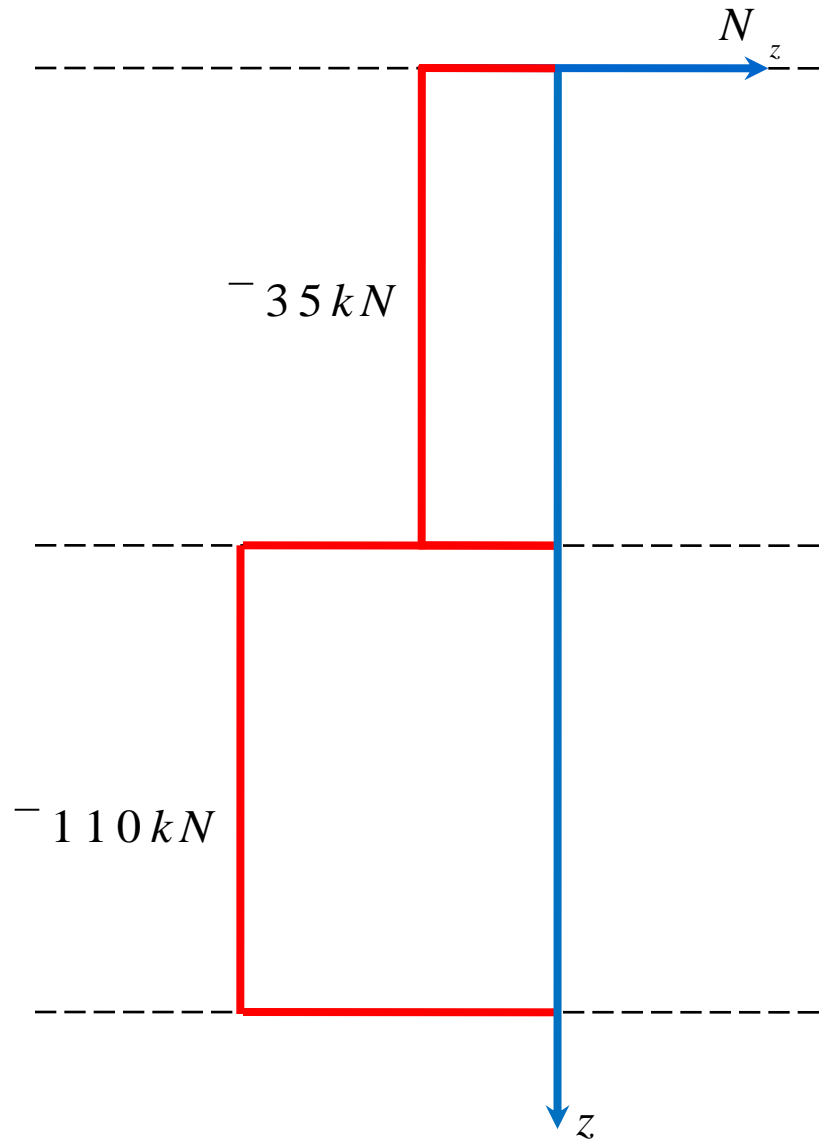
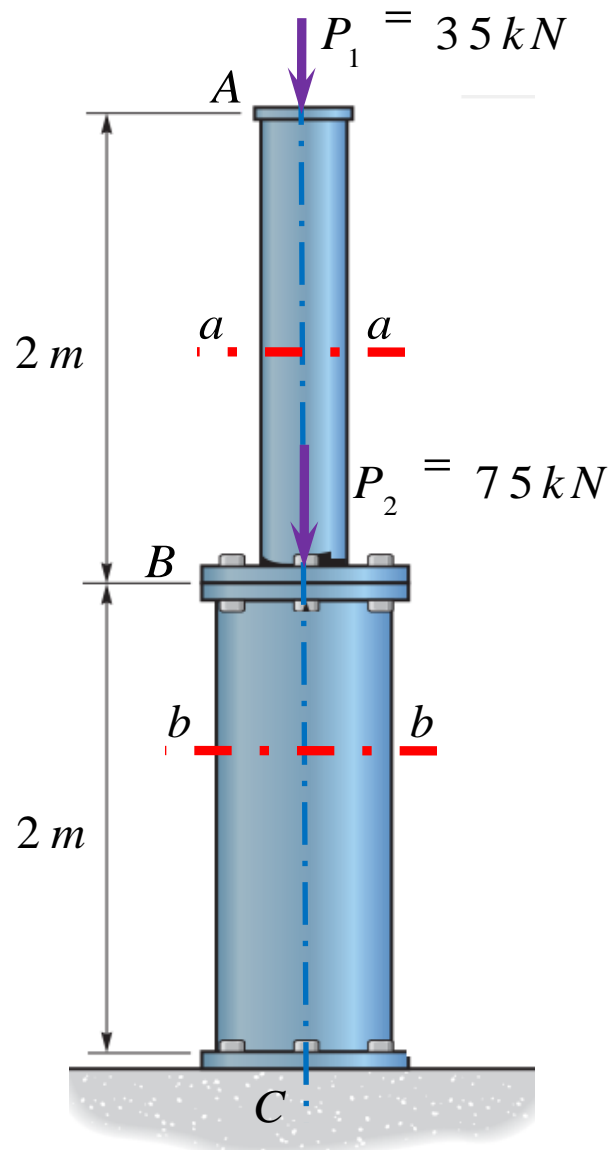
Bài tập 3: Vẽ biểu đồ lực dọc N_z phát sinh trong trục



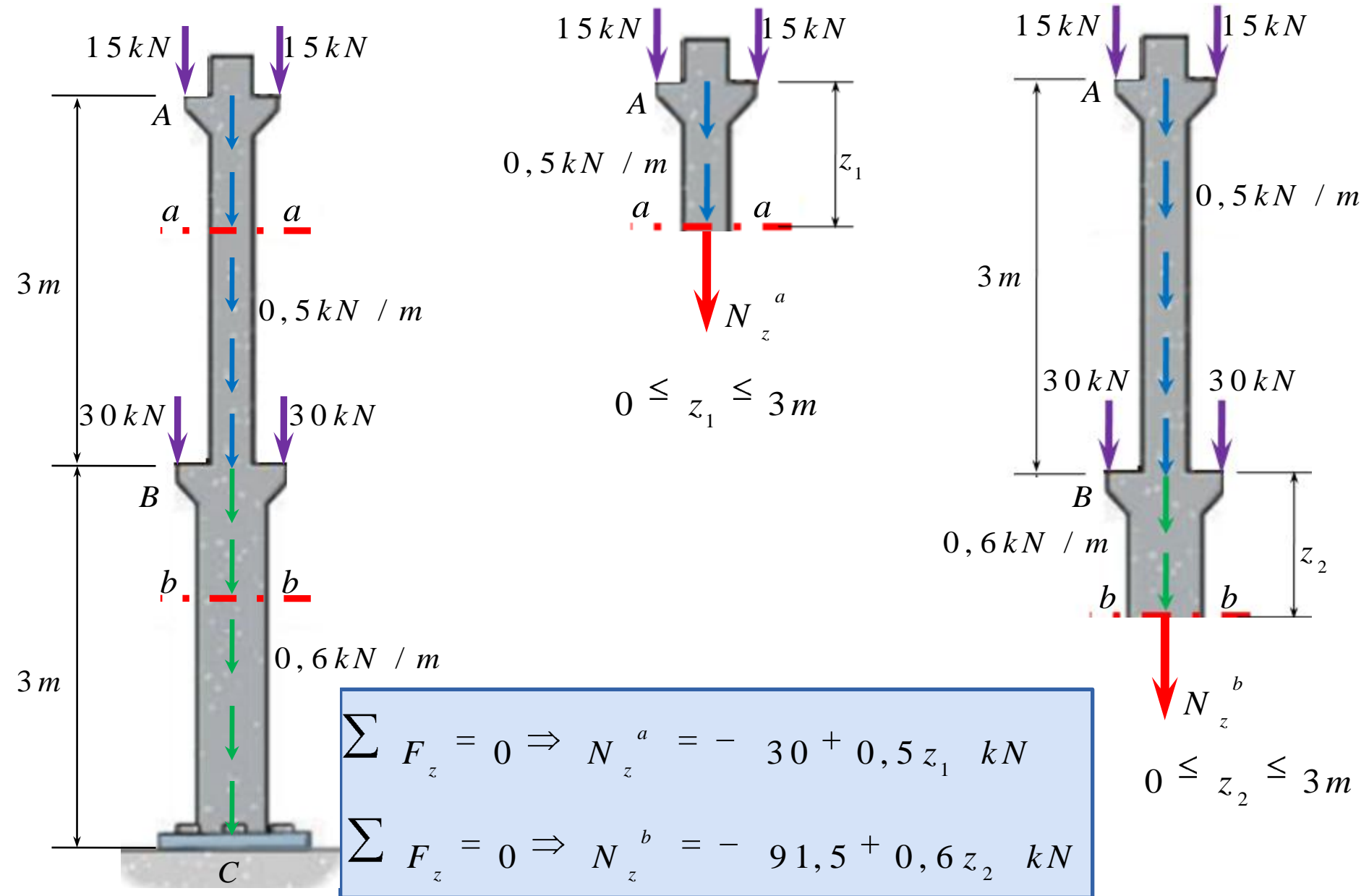
$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^a = -35\text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow N_z^b = -110\text{ kN}$$

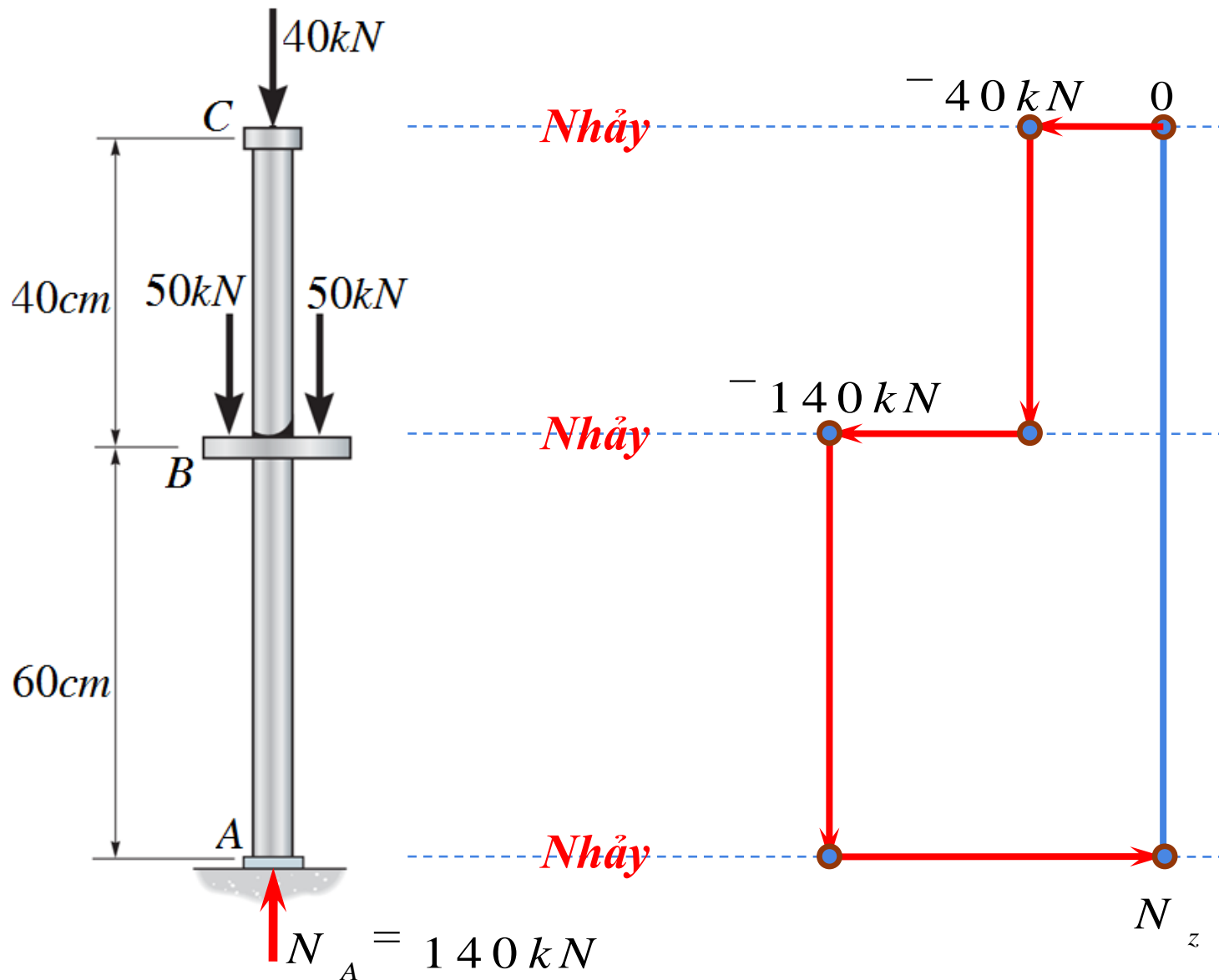
$$N_z^a = -35 \text{ kN}; N_z^b = -110 \text{ kN}$$



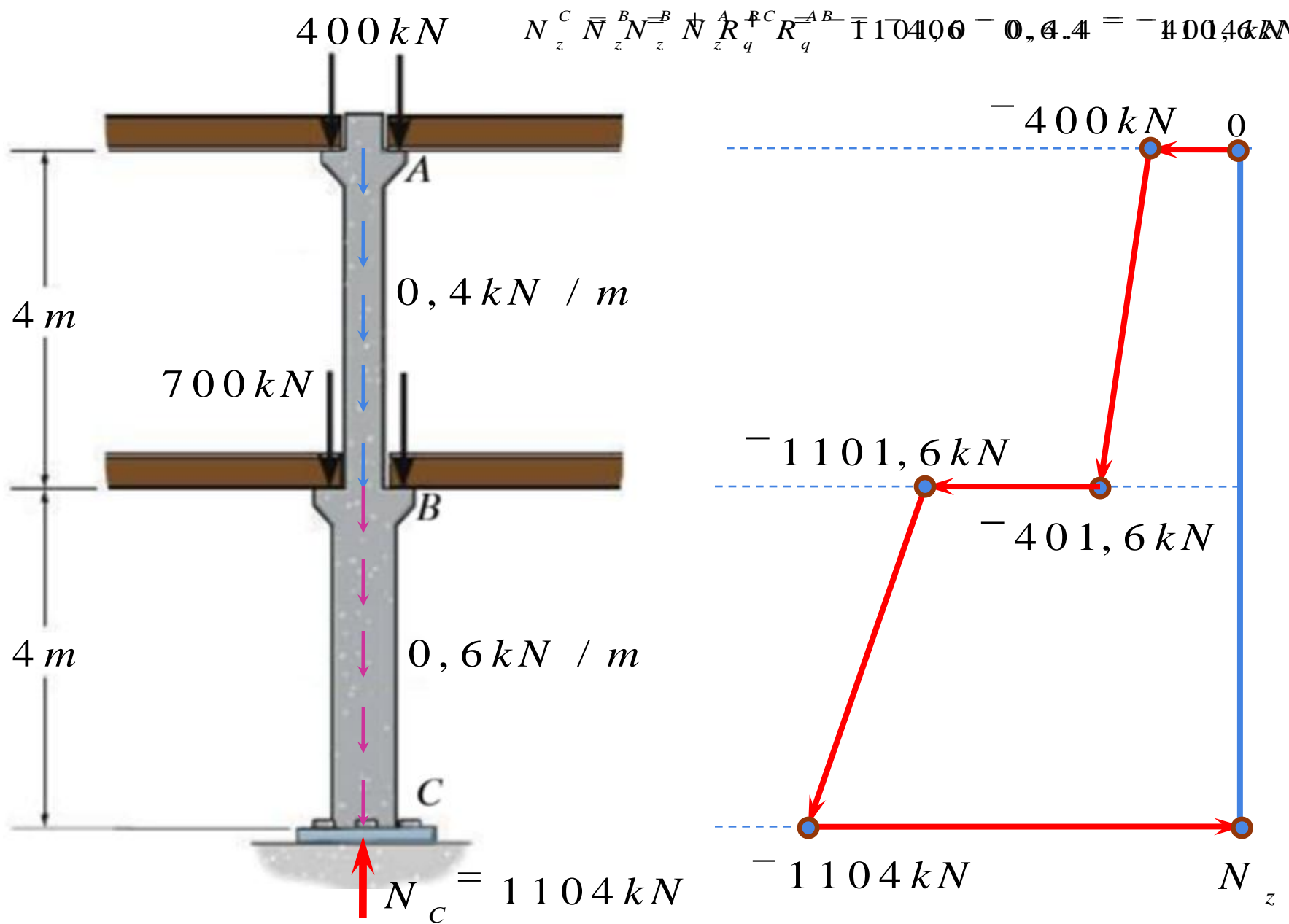
Bài tập 4: Vẽ biểu đồ lực dọc N_z phát sinh trong trục



Bài tập 5: *Vẽ biểu đồ lực dọc N_z phát sinh trong trục*

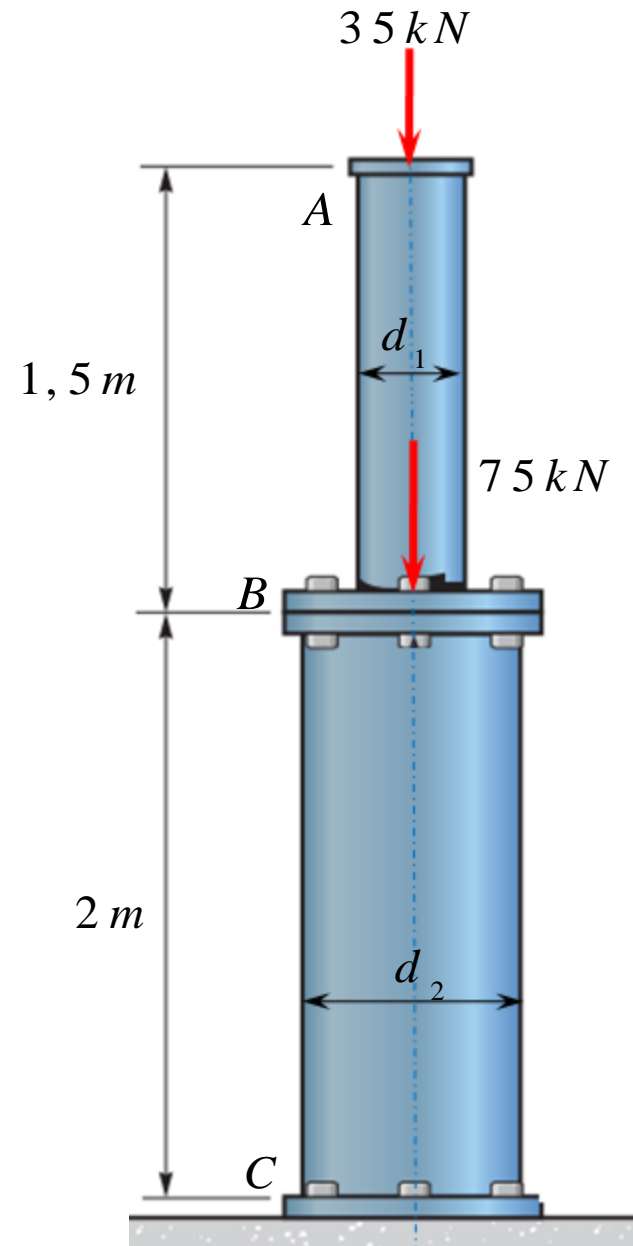


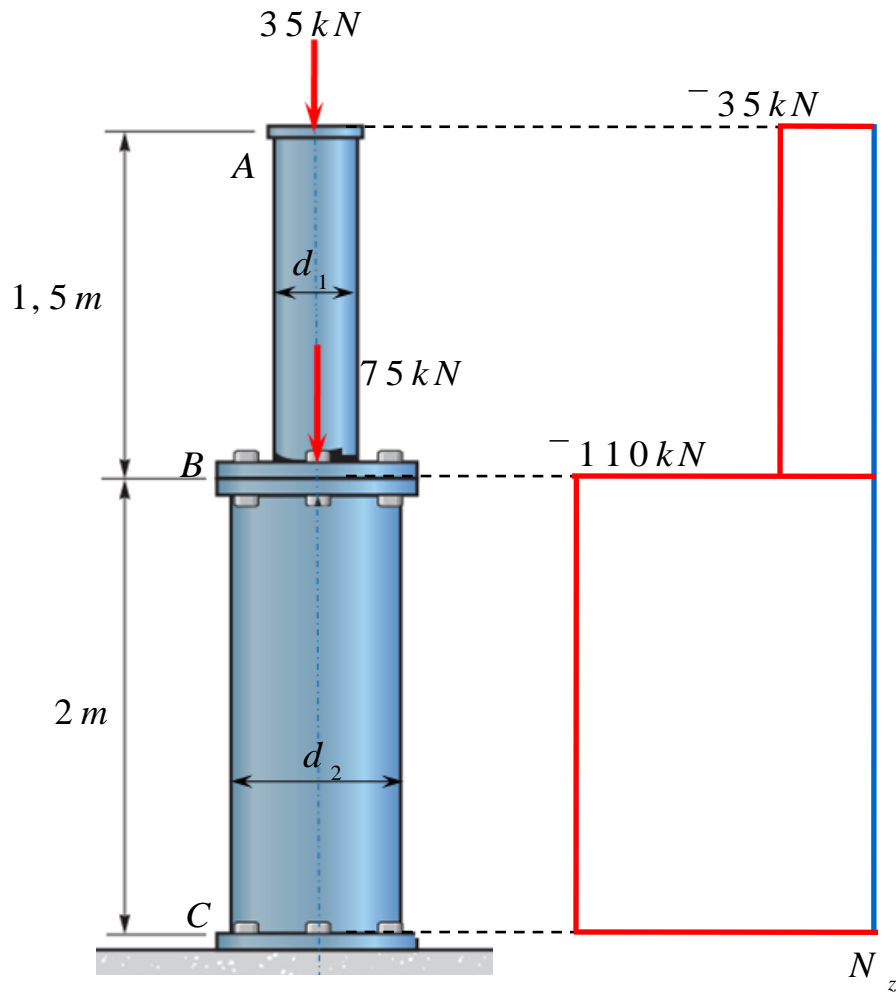
Bài tập 6: Vẽ biểu đồ lực dọc N_z phát sinh trong trục



Bài tập 7: Trục bậc AC mặt cắt ngang hình tròn chịu lực như hình vẽ. Trục làm bằng thép có $E=200 \text{ GPa}$; $[\sigma]=150 \text{ MPa}$.

- Xác định các đường kính của các đoạn theo điều kiện bền.
- Tính chuyển vị của mặt cắt tại A.





* **Điều kiện bền ứng suất pháp**

$$\left| \sigma_z \right|_{\max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{\max} \leq \sigma$$

- Xét đoạn AB:

$$\frac{35 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} d_1^2} \leq \frac{150}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\Rightarrow d_1 \geq 17,236 \text{ mm}$$

Chọn $d_1 = 17,3 \text{ mm}$

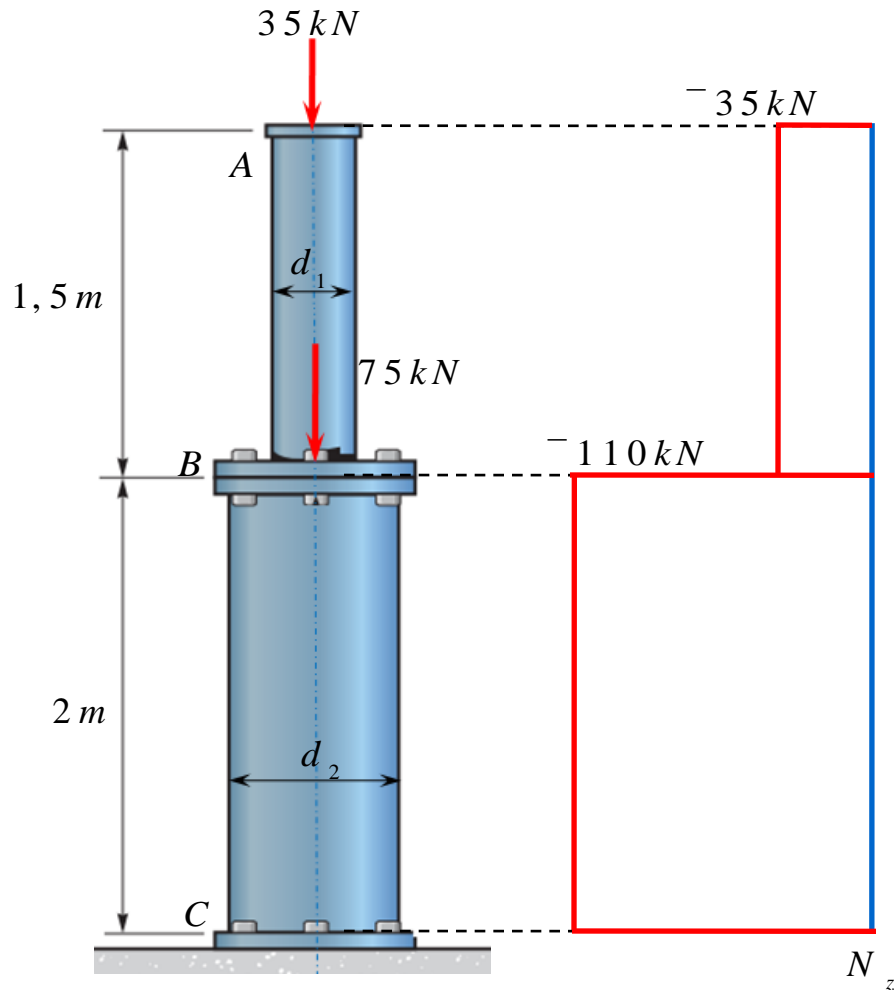
- Xét đoạn BC:

$$\frac{110 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} d_2^2} \leq \frac{150}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\Rightarrow d_2 \geq 30,556 \text{ mm}$$

Chọn $d_2 = 30,6 \text{ mm}$

$$d_1 = 17,3 \text{ mm}; d_2 = 30,6 \text{ mm}; E = 200 \text{ GPa}$$



* *Chuyển vị của mặt cắt ngang qua A*

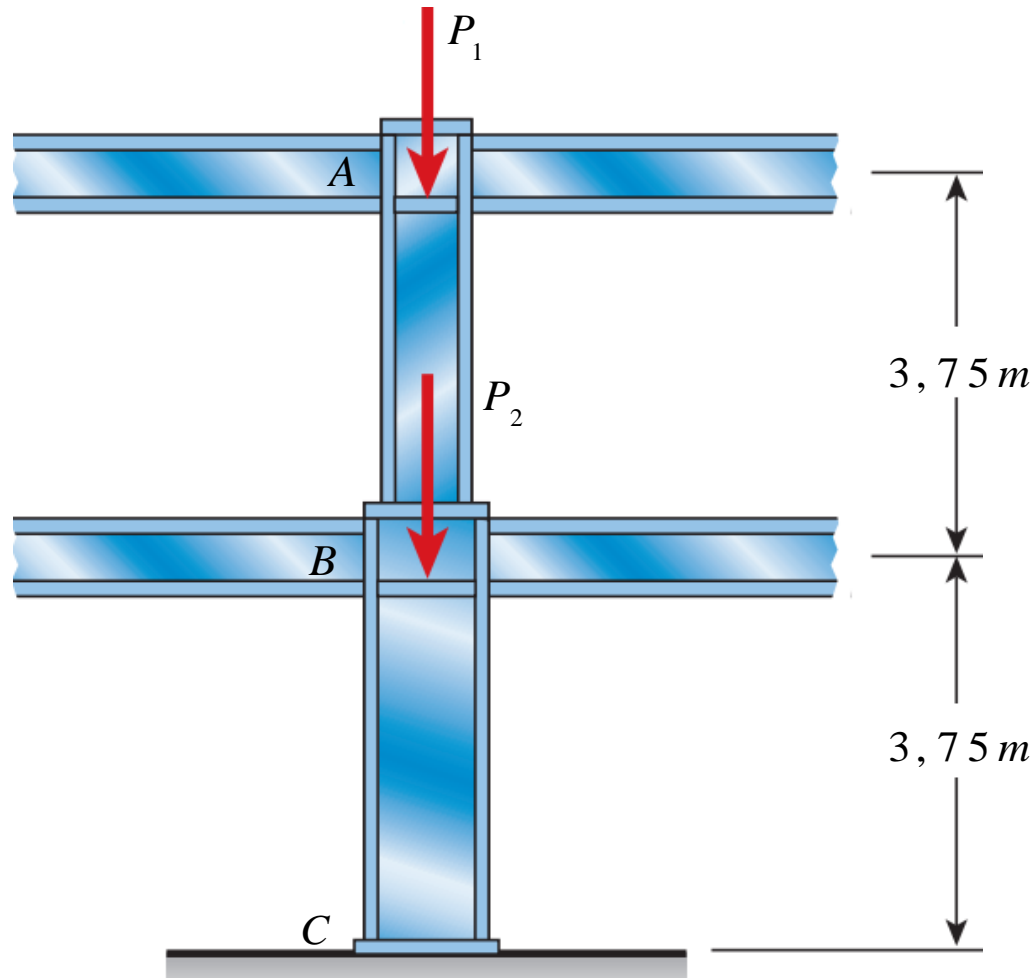
$$\Delta L_{AC} = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{S_{N_z}}{EF} \right)_i$$

$$= \frac{-35 \cdot 1500}{200 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 17,3^2} + \frac{-110 \cdot 2000}{200 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 30,6^2}$$

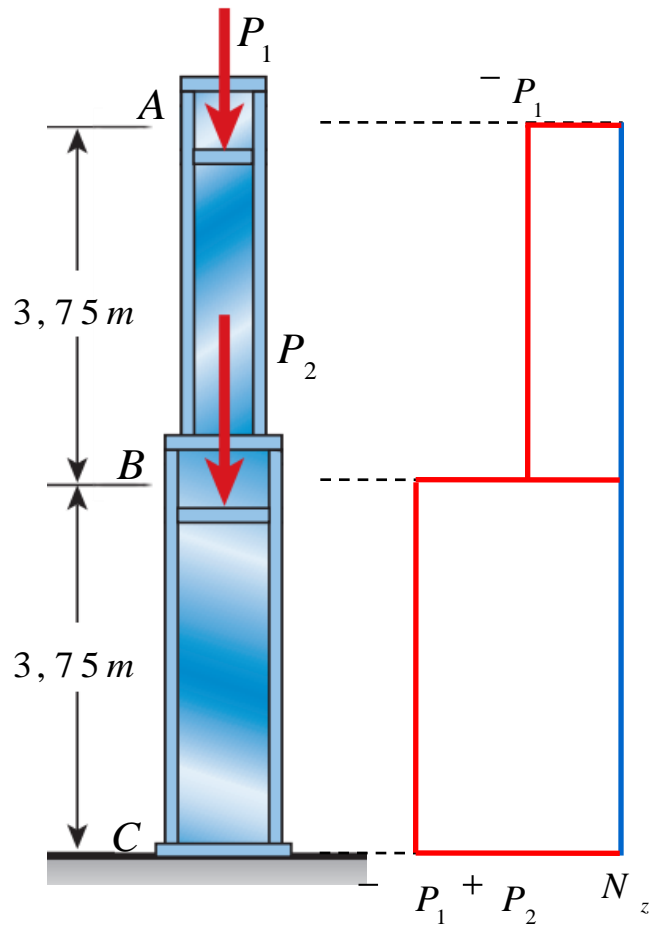
$$\Delta L_{AC} = -2,612 \text{ mm}$$

Bài tập 8: *Cột thép của nhà hai tầng chịu lực như hình vẽ. Đoạn AB có diện tích mặt cắt ngang 3900 mm^2 , đoạn BC có diện tích mặt cắt ngang 11000 mm^2 . Biết rằng thép có $E = 200 \text{ GPa}$; $[\sigma] = 150 \text{ MPa}$.*

- *Xác định tải trọng cho phép theo điều kiện bền.*
- *Tính chuyển vị của mặt cắt tại A.*



*** Điều kiện bền ứng suất pháp**



$$|\sigma_z|_{max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{max} \leq \sigma$$

- Xét đoạn AB:

$$\frac{P_1}{3900 (mm^2)} \leq \frac{150}{1000} \left(\frac{kN}{mm^2} \right)$$

$$\Rightarrow P_1 \leq 585 kN$$

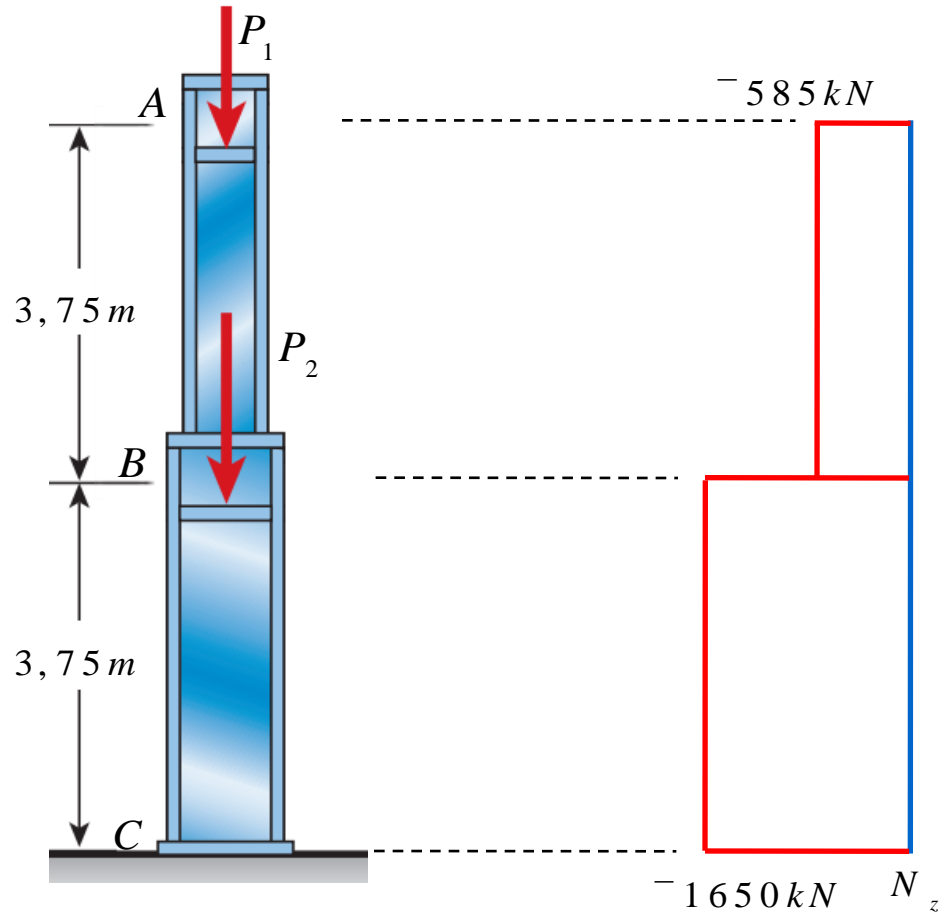
Chọn $P_1 = 585 kN$

- Xét đoạn BC:

$$\frac{P_1 + P_2}{11000 (mm^2)} \leq \frac{150}{1000} \left(\frac{kN}{mm^2} \right) \Rightarrow P_2 \leq 1065 kN$$

Chọn $P_2 = 1065 kN$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 585 \text{ kN} \\ P_2 = 1065 \text{ kN} \\ E = 200 \text{ GPa} \\ F_{AB} = 3900 \text{ mm}^2 \\ F_{BC} = 11000 \text{ mm}^2 \end{array} \right.$$

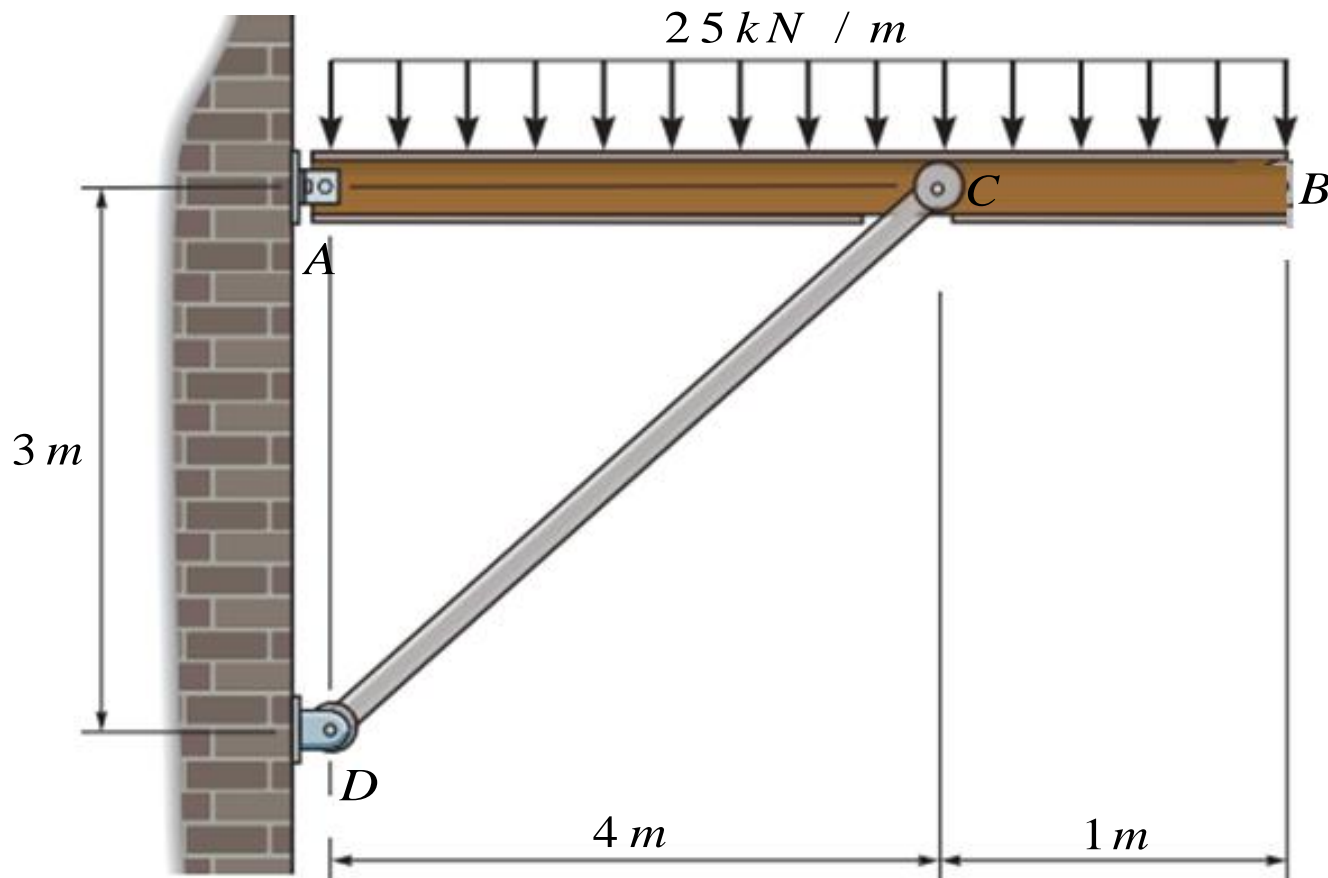


* Chuyển vị của mặt cắt ngang qua A

$$\Delta_{L_{AC}} = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{S_{N_z}}{EF} \right)_i = \frac{-585 \cdot 3750}{200 \cdot 3900} + \frac{-1650 \cdot 3750}{200 \cdot 11000} = -4,627 \text{ mm}$$

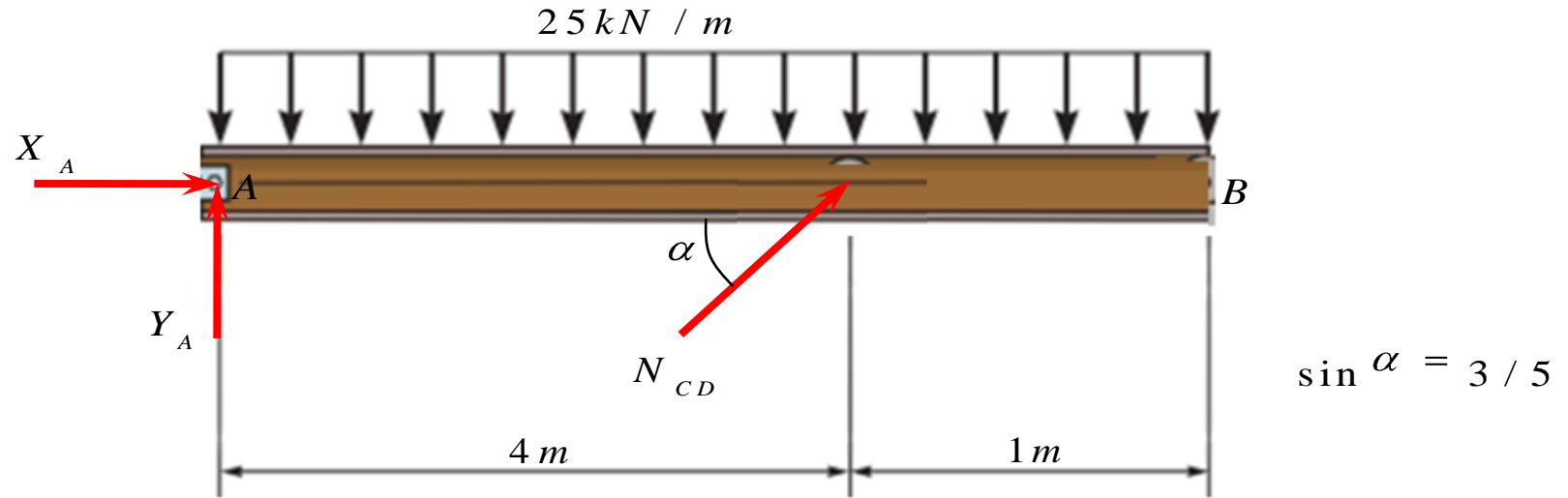
Bài tập 9: Thanh AB tuyệt đối cứng chịu liên kết như hình vẽ. Biết rằng thanh CD được làm bằng thép có $E=200 \text{ GPa}$; $[\sigma]=150 \text{ MPa}$.

- Xác định diện tích mặt cắt ngang của thanh CD theo điều kiện bền.
- Tính chuyển vị theo phương đứng của thanh AB tại B.



Bước 1: *Xác định lực dọc trong thanh CD*

***** *Xét cân bằng thanh CD*



***** *Phương trình cân bằng*

$$\sum m_A = 0 \Rightarrow -25 \cdot 5 \cdot 2,5 + N_{CD} \sin \alpha \cdot 4 = 0$$

$$\Rightarrow N_{BC} = 130,208 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \text{Thanh chịu nén} \Rightarrow N_z^{CD} = -130,208 \text{ kN}$$

Bước 2: *Xác định diện tích mặt cắt ngang của thanh CD*

***** *Điều kiện bền ứng suất pháp*

$$\left| \sigma_z \right|_{max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{max} \leq \sigma$$

$$\Rightarrow \frac{130,208 \text{ kN}}{F} \leq 0,15 \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right)$$

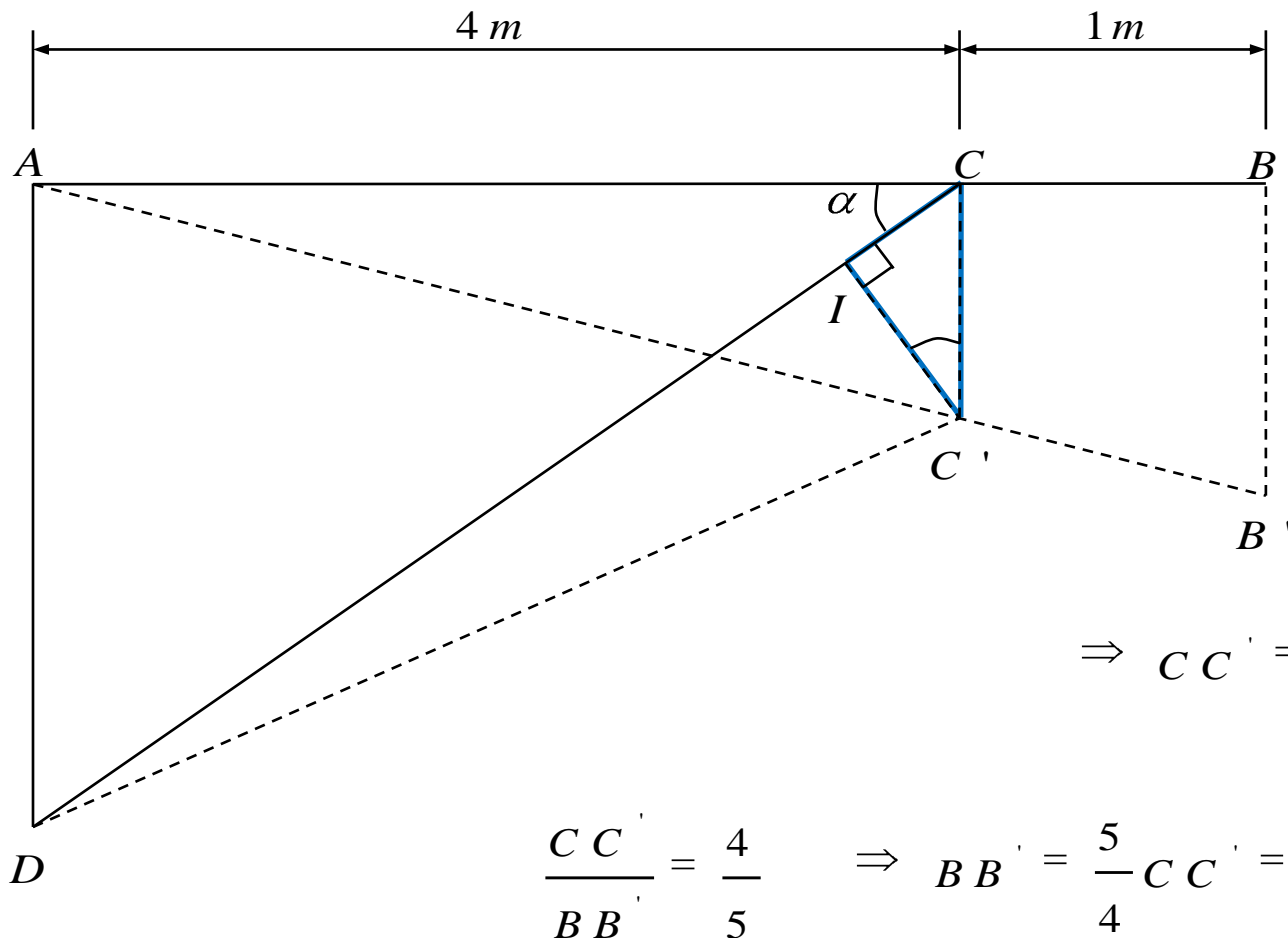
$$\Rightarrow F \geq 868,055 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chọn } F_{\min} \geq 868,1 \text{ mm}^2$$

Bước 3: Tính chuyển vị thẳng đứng tại B

* Biến dạng dài dọc trục của thanh CD

$$\Delta L_{CD} = \frac{N_{CD} L_{CD}}{E_{CD} F_{CD}} = \frac{130,208.5000}{200.868,1} = 3,75 \text{ mm}$$



$$DI \approx DC'$$

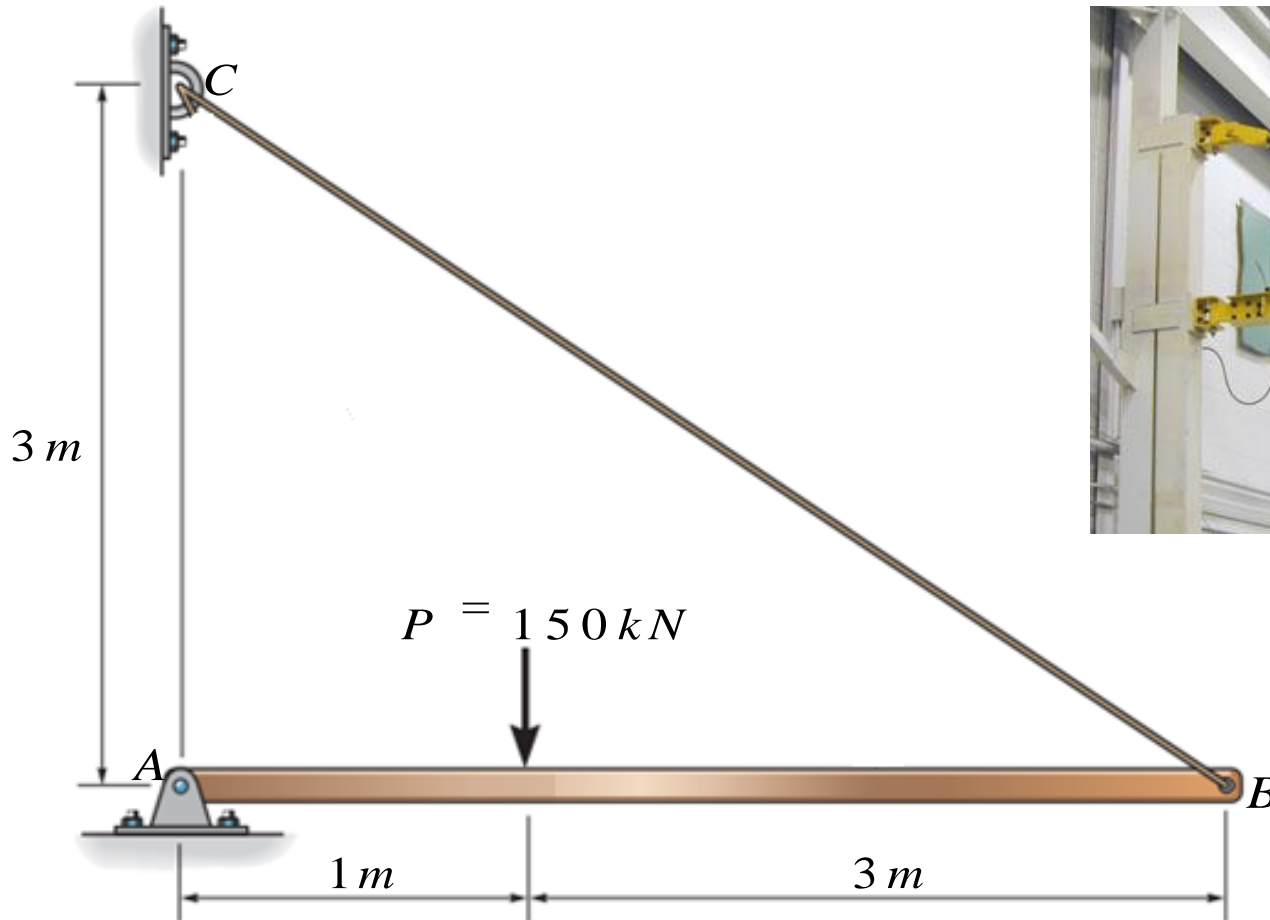
$$\Rightarrow IC = \Delta L_{CD}$$

$$\Rightarrow CC' = \frac{IC}{\sin \alpha} = \frac{\Delta L_{CD}}{\sin \alpha}$$

$$\frac{CC'}{BB'} = \frac{4}{5} \Rightarrow BB' = \frac{5}{4} CC' = \frac{5}{4} \frac{\Delta L_{CD}}{\sin \alpha} = 7,812 \text{ mm}$$

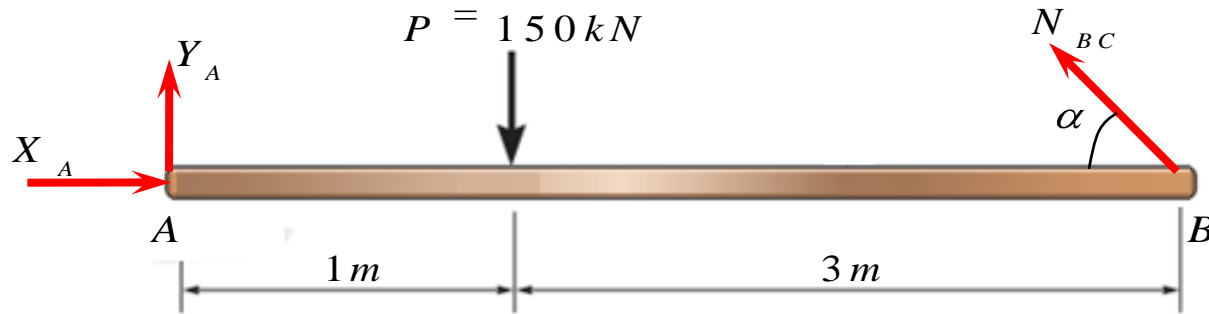
Bài tập 10: Thanh AB tuyệt đối cứng chịu liên kết như hình vẽ. Biết rằng dây cáp BC có mặt cắt ngang hình tròn đường kính d và được làm bằng vật liệu có $E=210\text{kN/mm}^2$; $[\sigma]=0,12\text{kN/mm}^2$.

- Xác định đường kính của dây cáp theo điều kiện bền.
- Tính chuyển vị thẳng đứng tại điểm đặt lực.



Bước 1: Xác định lực căng trong dây cáp

*** Xét cân bằng thanh AB**



$$\sin \alpha = 3 / 5$$

*** Phương trình cân bằng**

$$\sum m_A = 0 \Rightarrow -150 \cdot 1 + N_{BC} \sin \alpha \cdot 4 = 0$$

$$\Rightarrow N_{BC} = 62,5 \text{ kN} \Rightarrow \text{Dây cáp chịu kéo} \Rightarrow N_z^{BC} = 62,5 \text{ kN}$$

Bước 2: Dựa vào điều kiện bền ứng suất pháp

*** Điều kiện bền ứng suất pháp**

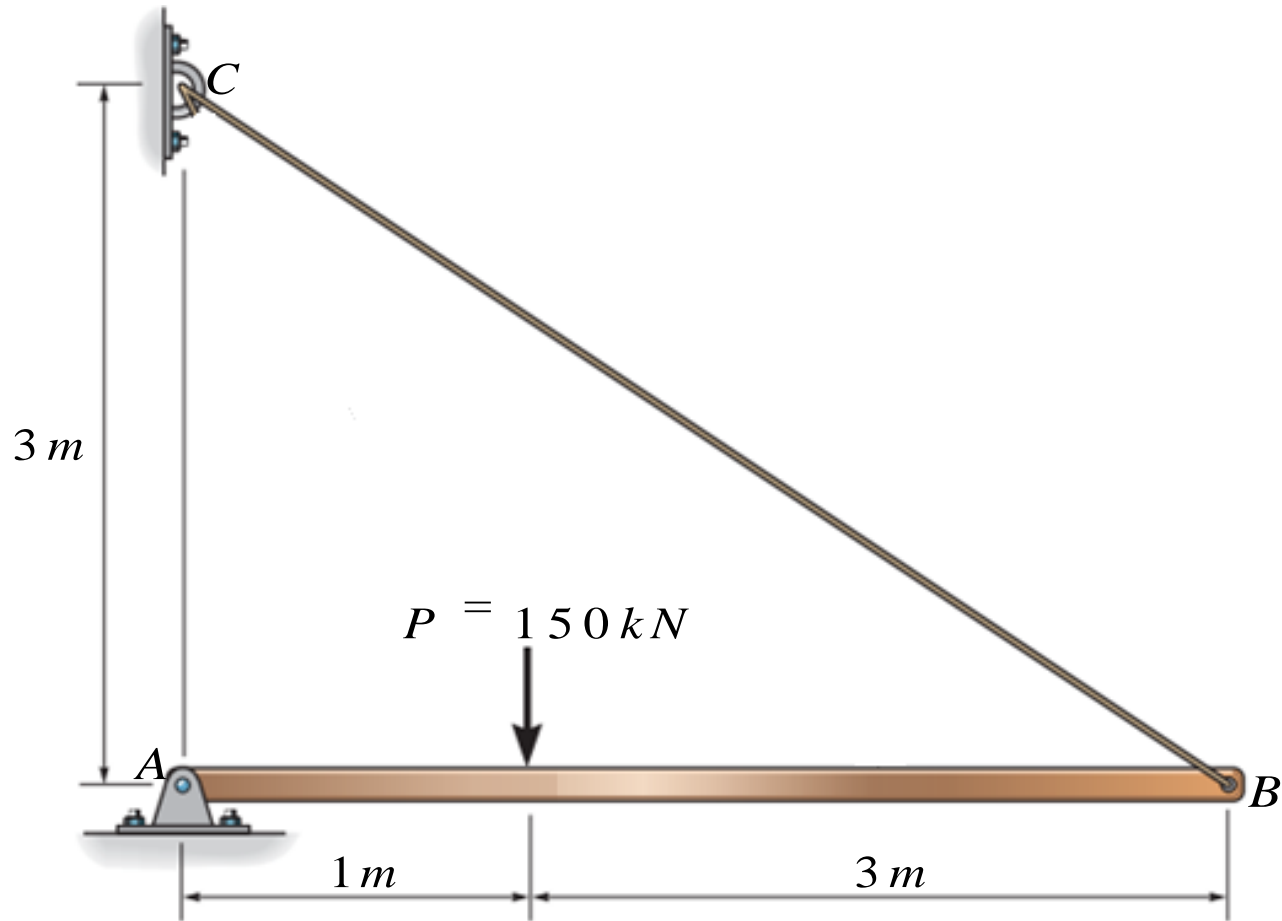
$$\left| \sigma_z \right|_{\max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{\max} \leq \sigma$$

$$\Rightarrow \frac{62,5 \text{ kN}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq 0,12 \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\Rightarrow d \geq 25,751 \text{ mm}$$

$$\text{Chọn } d_{\min} \geq 25,8 \text{ mm}$$

Bước 3: *Tính chuyển vị thẳng đứng tại điểm đặt lực*



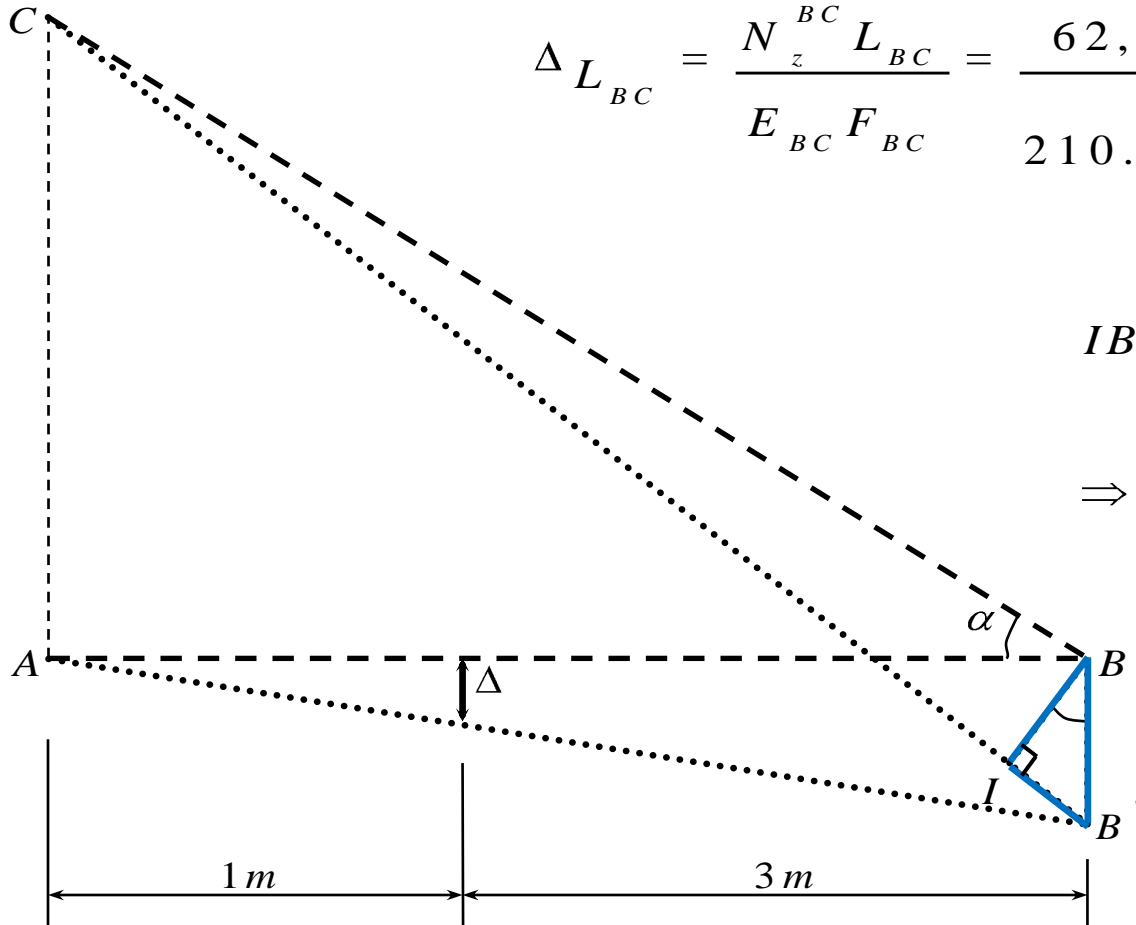
Bước 3: *Tính chuyển vị thẳng đứng tại điểm đặt lực*

** Biến dạng dài dọc trục của dây cáp*

$$\Delta L_{BC} = \frac{N_z^{BC} L_{BC}}{E_{BC} F_{BC}} = \frac{62,5 \cdot 5000}{210 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 25,8^2} = 2,846 \text{ mm}$$

$$IB' \approx \Delta L_{BC}$$

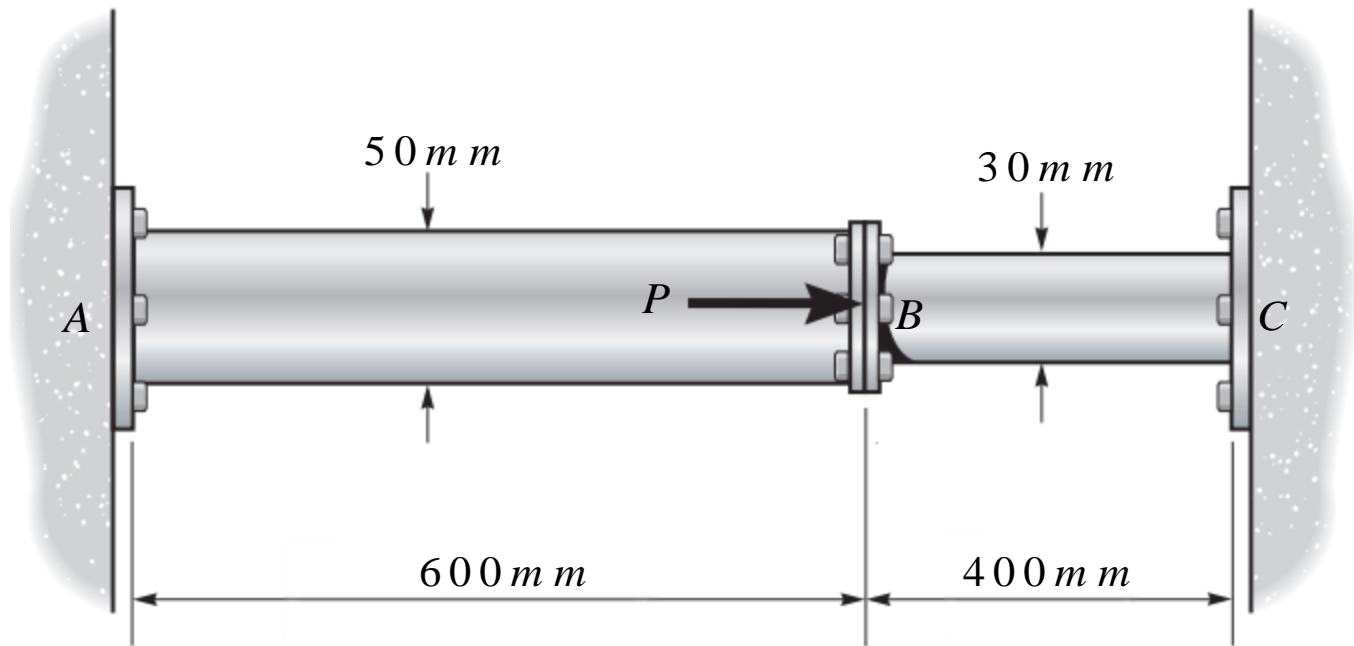
$$\Rightarrow BB' = \frac{IB'}{\sin \alpha} = \frac{\Delta L_{BC}}{\sin \alpha}$$



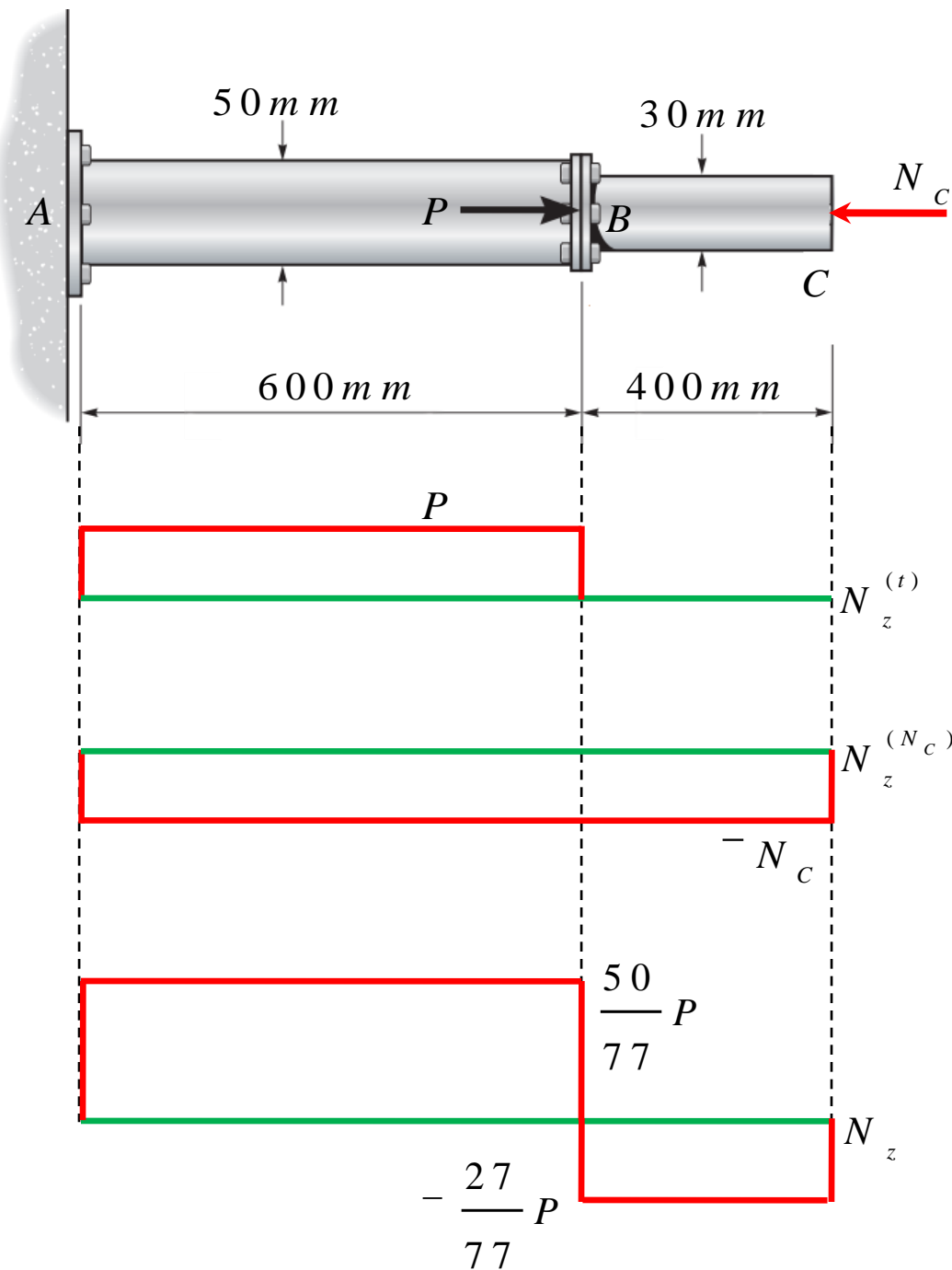
$$\Rightarrow \frac{\Delta}{BB'} = \frac{1}{4} \Rightarrow \Delta = \frac{1}{4} BB' = \frac{1}{4} \frac{\Delta L_{BC}}{\sin \alpha} = 1,185 \text{ mm}$$

Bài tập 11: Trục thép bị ngàm ở hai đầu và chịu lực như hình vẽ. Biết rằng thép có $E = 200 \text{ GPa}$; $[\sigma] = 150 \text{ MPa}$.

- Xác định tải trọng cho phép theo điều kiện bền.
- Tính chuyển vị của mặt cắt tại B.



\Rightarrow Phương trình tương thích biến dạng: $\Delta L_{AC} = 0$

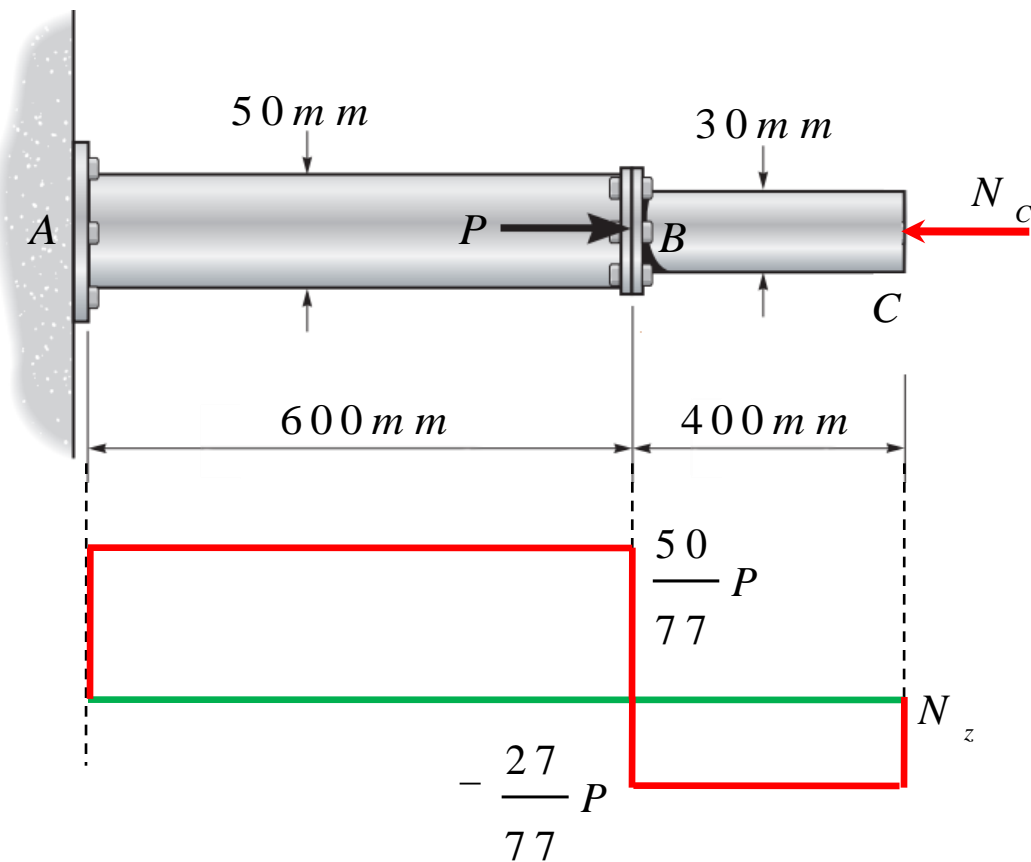


*** Phương trình tương thích biến dạng**

$$\Delta L_{AC} = \Delta L_{AC}^{(t)} + \Delta L_{AC}^{(N_c)} = 0 \quad (*)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta L_{AC}^{(t)} = \frac{P \cdot 600}{\pi E \cdot \frac{50^2}{4}} \\ \Delta L_{AC}^{(N_c)} = \frac{-N_c \cdot 400}{\pi E \cdot \frac{30^2}{4}} + \frac{-N_c \cdot 600}{\pi E \cdot \frac{50^2}{4}} \end{array} \right.$$

$$(*) \Rightarrow N_c = \frac{27}{77} P$$



*** Điều kiện bền ứng suất pháp**

$$|\sigma_z|_{\max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{\max} \leq \sigma$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{27}{77} P}{\frac{\pi}{4} \cdot 30^2} \leq \frac{150}{1000}$$

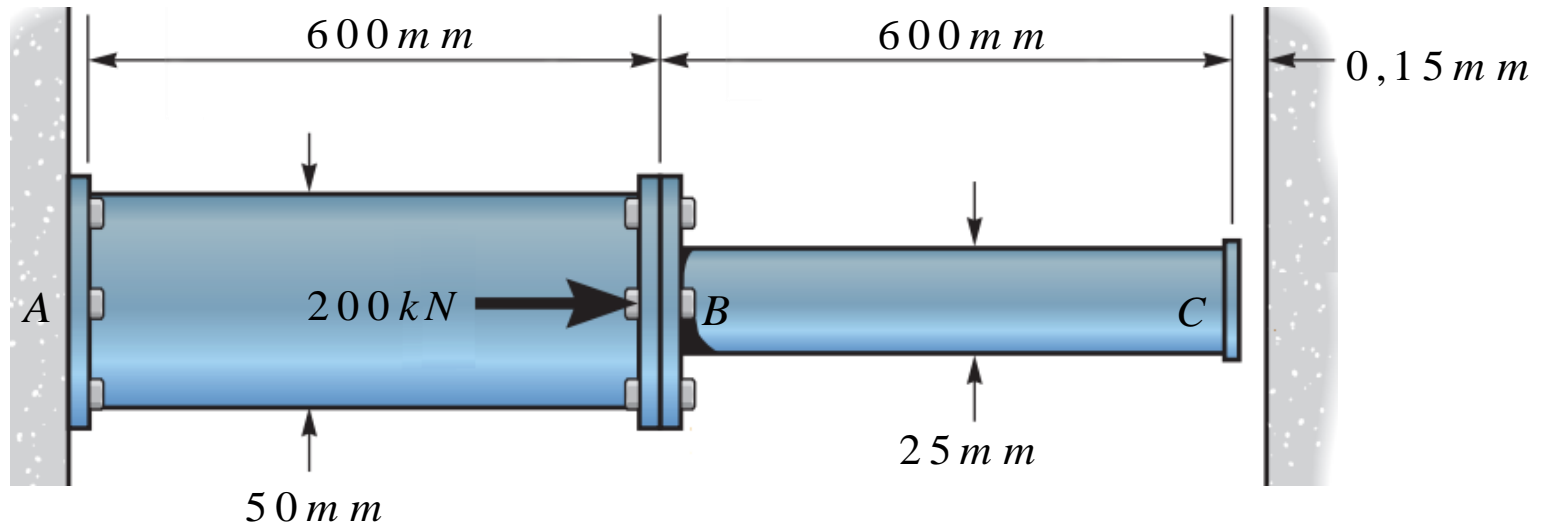
$$\Rightarrow P \leq 302,378 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = 302,3 \text{ kN}$$

*** Chuyển vị của mặt cắt ngang qua B**

$$\Delta L_{AB} = \frac{\frac{50}{77} \cdot 302,3 \cdot 600}{\frac{\pi}{4} \cdot 50^2} = 0,299 \text{ mm} \quad \sigma_{AB} = \frac{77}{\pi} < |\sigma_{BC}| = \frac{77}{\pi} \cdot \frac{27}{77} \cdot \frac{302,3 \cdot 400}{\frac{\pi}{4} \cdot 30^2} = -0,299 \text{ mm}$$

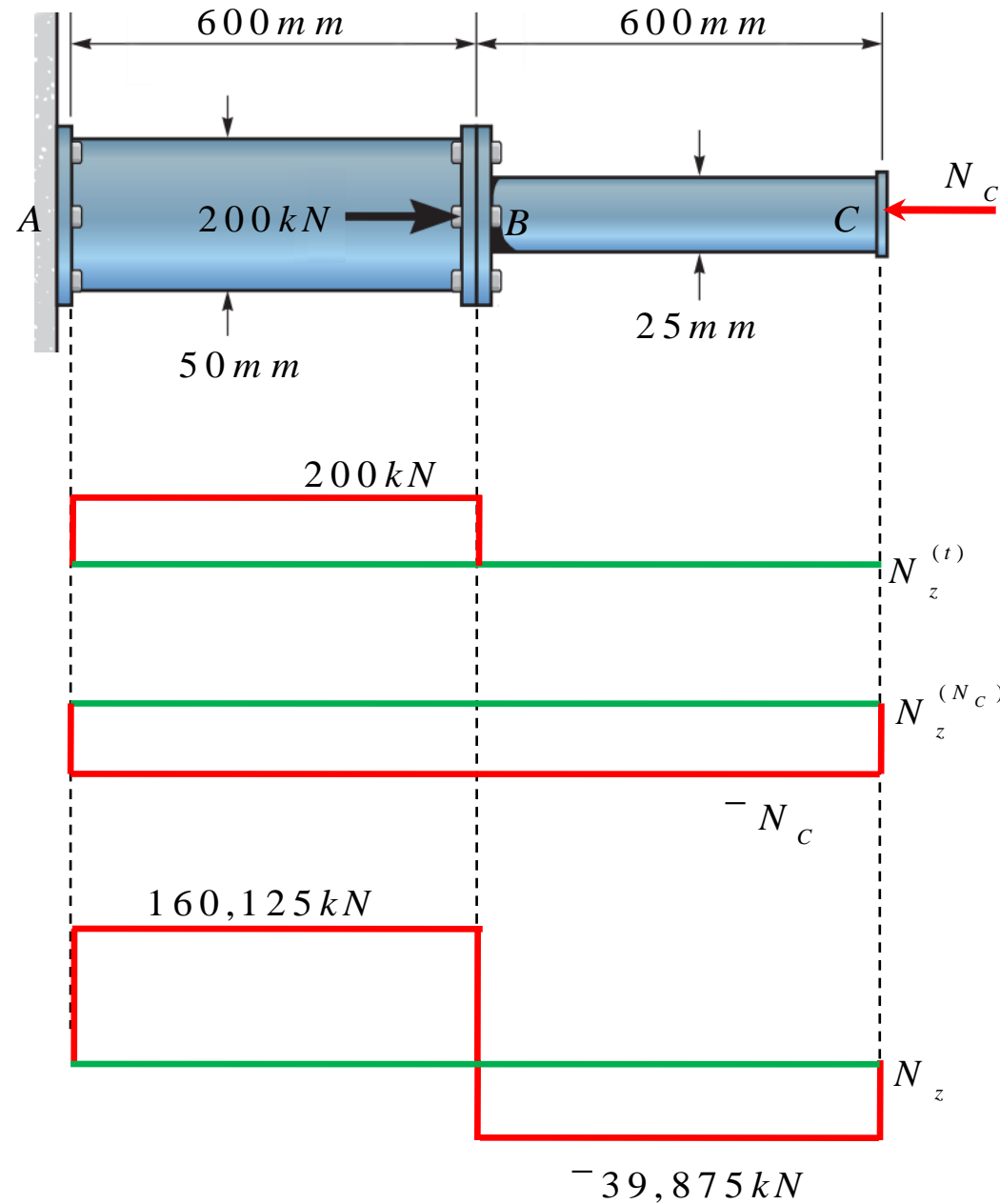
Bài tập 12: Trục thép chịu lực như hình vẽ. Biết rằng thép có $E = 200 \text{ Gpa}$, vẽ biểu đồ lực dọc N_z phát sinh trong trục.



* Giả sử đầu C của trục chưa đụng tường:

$$\Delta L_{AC} = \Delta L_{AB} = \frac{200 \cdot 600}{\frac{\pi}{4} \cdot 50^2} = 0,305 \text{ m m}$$

* Đầu C bị ép vào tường: $\Delta L_{AC} = 0,15 \text{ m m}$



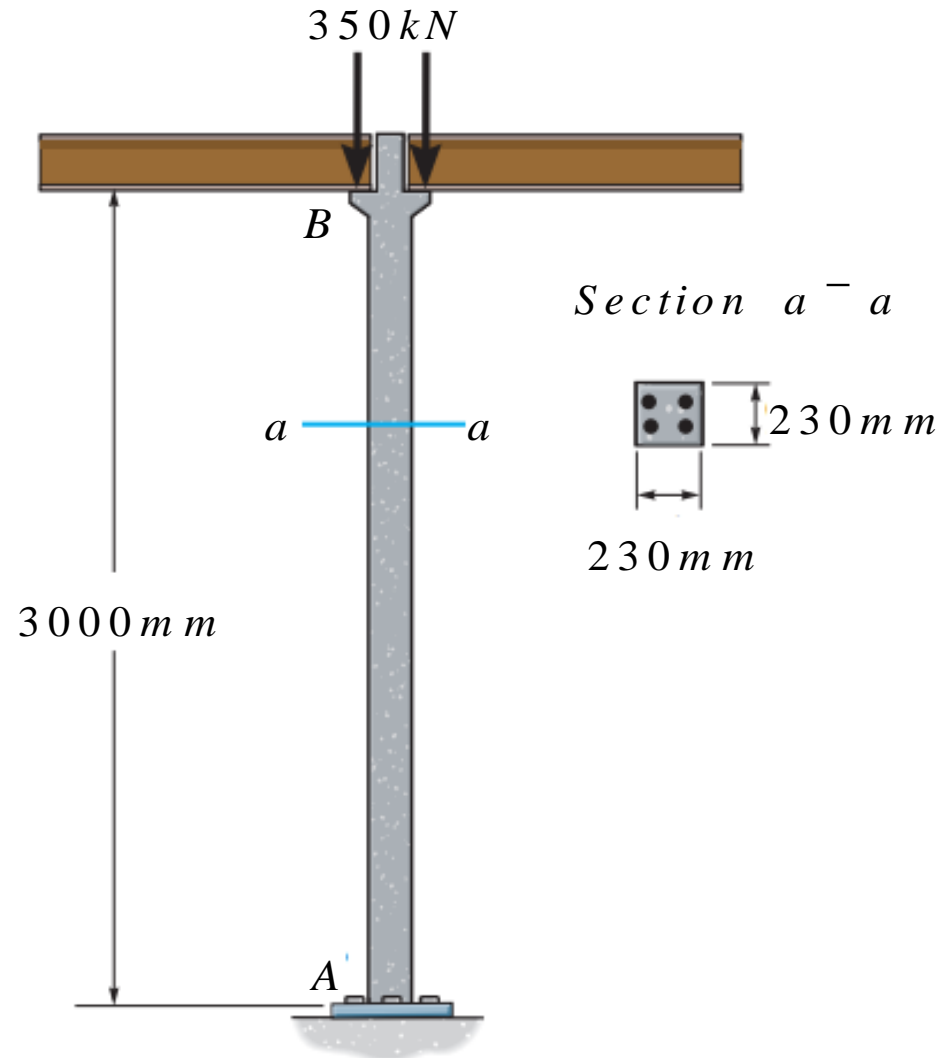
*** Phương trình tương thích biến dạng**

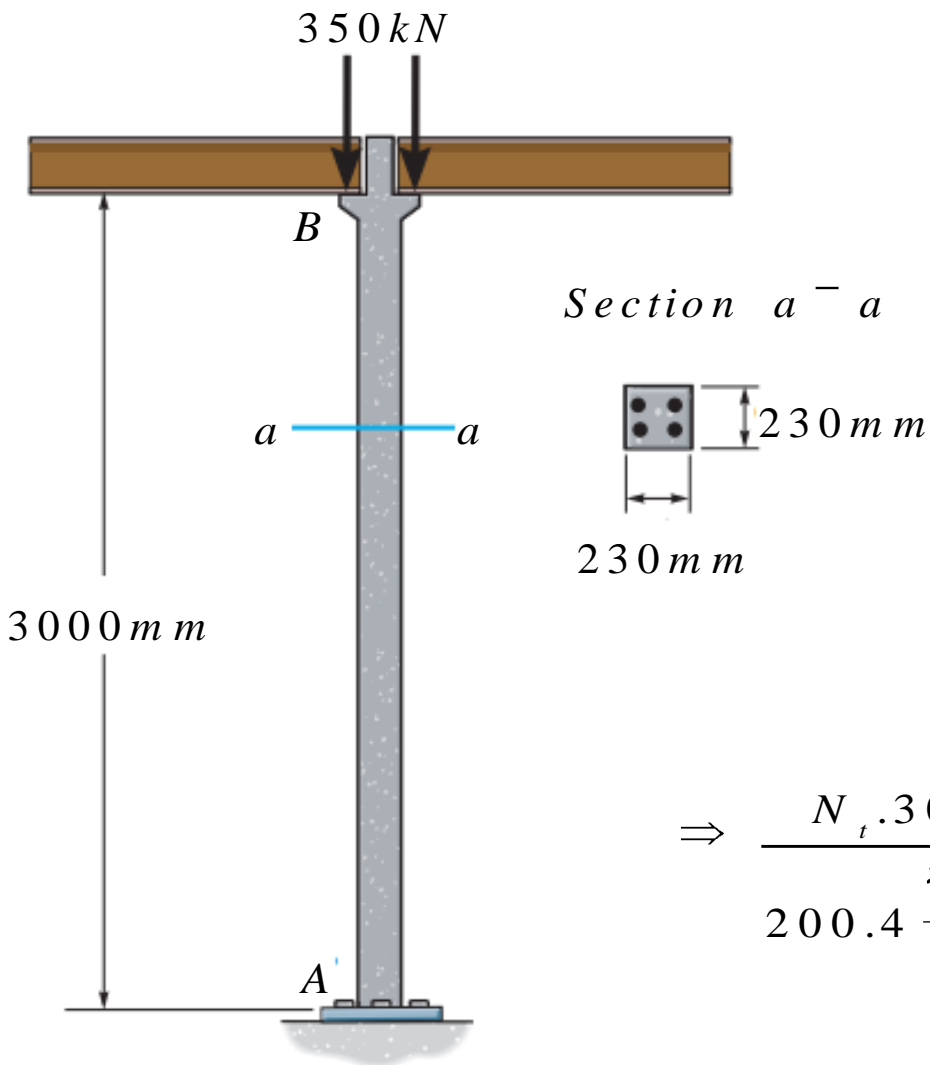
$$\Delta L_{AC} = 0,15 \text{ mm } (*)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta L_{AC}^{(t)} = \frac{200 \cdot 600}{\pi E \cdot \frac{50^2}{4}} \\ \Delta L_{AC}^{(N_C)} = \frac{-N_C \cdot 600}{\pi E \cdot \frac{25^2}{4}} + \frac{-N_C \cdot 600}{\pi E \cdot \frac{50^2}{4}} \end{array} \right.$$

$$(*) \Rightarrow N_C = 39,875 \text{ kN}$$

Bài tập 13: *Cột bê tông được gia cường thêm 4 thanh thép A36, mỗi thanh có đường kính 19 mm. Xác định ứng suất nén phát sinh trong bê tông và thép. Biết rằng bê tông có $E_b = 29 \text{ GPa}$, thép A36 có $E_t = 200 \text{ GPa}$.*





*** Phương trình cân bằng**

$$N_b + N_t = 350\text{ kN} \quad (1)$$

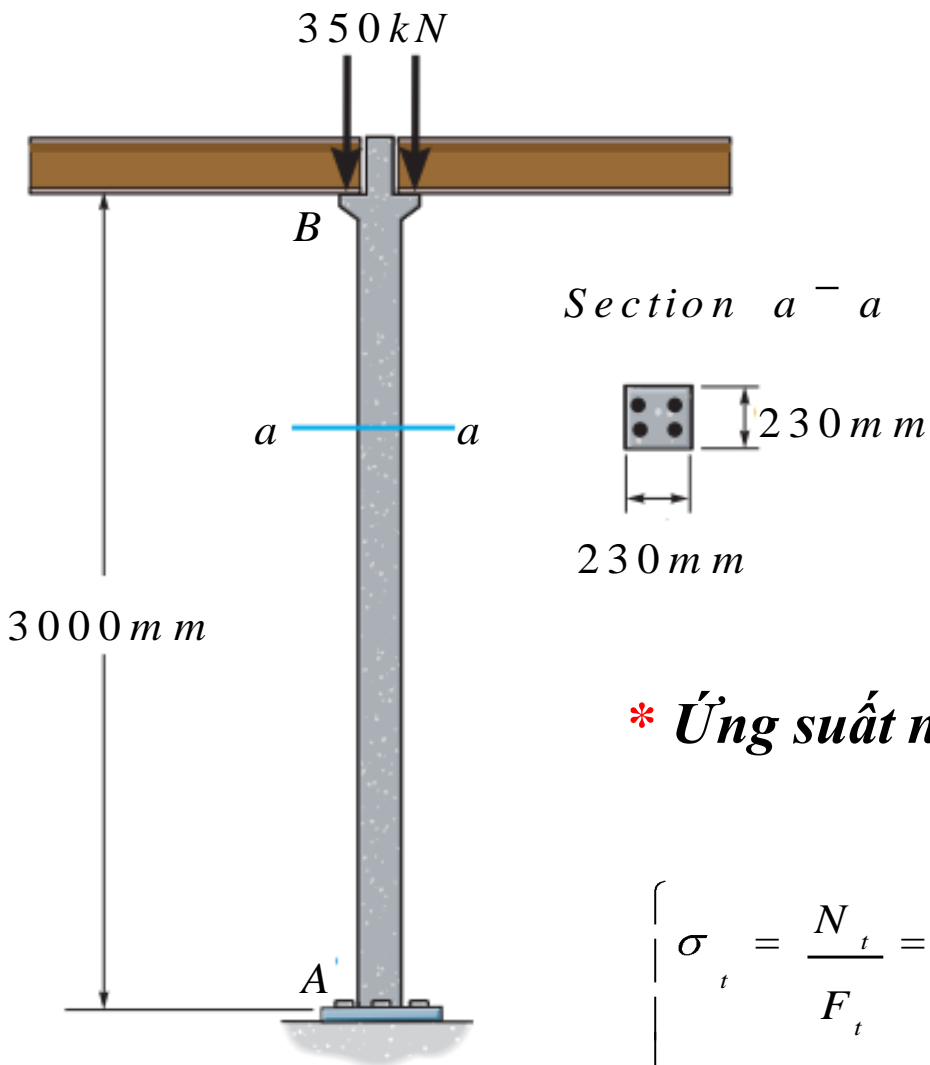
*** Phương trình tương thích biến dạng**

$$\Delta L_t = \Delta L_b$$

$$\Rightarrow \frac{N_t \cdot 3000}{200 \cdot 4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 19^2} = \frac{N_b \cdot 3000}{29 \cdot \left(230^2 - 4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 19^2 \right)} \quad (2)$$

*** Từ (1) và (2) ta có:**

$$\begin{cases} N_t = 45,941\text{ kN} \\ N_b = 304,058\text{ kN} \end{cases}$$

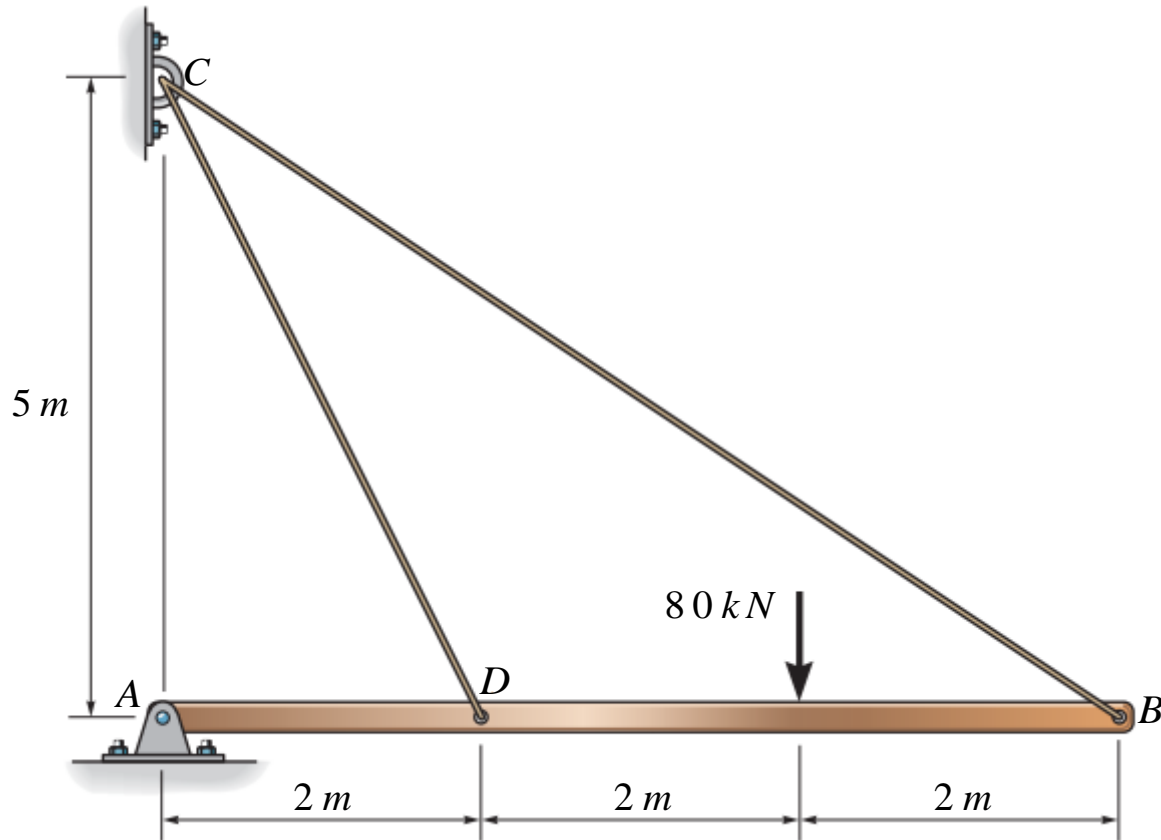


$$\begin{cases} N_t = 45,941 \text{ kN} \\ N_b = 304,058 \text{ kN} \end{cases}$$

*** Ứng suất nén phát sinh trong bê tông và thép**

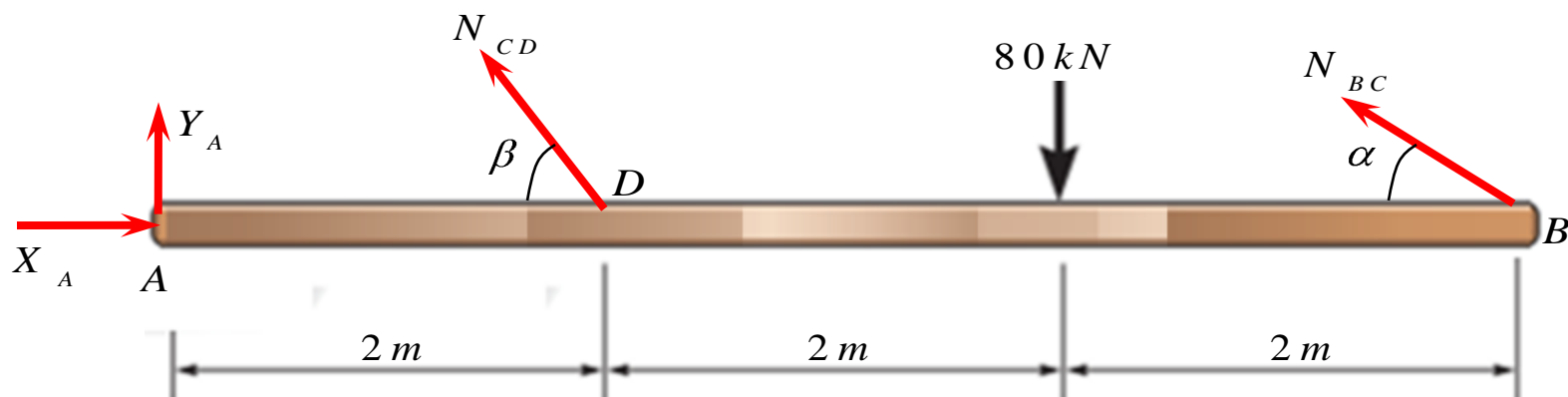
$$\begin{cases} \sigma_t = \frac{N_t}{F_t} = \frac{45,941}{\frac{\pi}{4} \cdot 19^2} = 0,0405 \text{ kN} / \text{mm}^2 \\ \sigma_b = \frac{N_b}{F_b} = \frac{304,058}{\frac{\pi}{4} (230^2 - 19^2)} = 0,00587 \text{ kN} / \text{mm}^2 \end{cases}$$

Bài tập 14: Thanh AB tuyệt đối cứng được đỡ bởi hai dây cáp BC và CD như hình vẽ. Hai dây cáp có cùng diện tích mặt cắt ngang và được làm cùng một loại vật liệu có $E = 200 \text{ GPa}$; $[\sigma] = 150 \text{ MPa}$. a) Xác định lực căng trong hai dây cáp. b) Xác định diện tích mặt cắt ngang của các dây cáp theo điều kiện bền. c) Tính chuyển vị thẳng đứng tại điểm đặt lực.



a) Xác định lực căng trong các dây cáp

*** Xét cân bằng thanh AB**

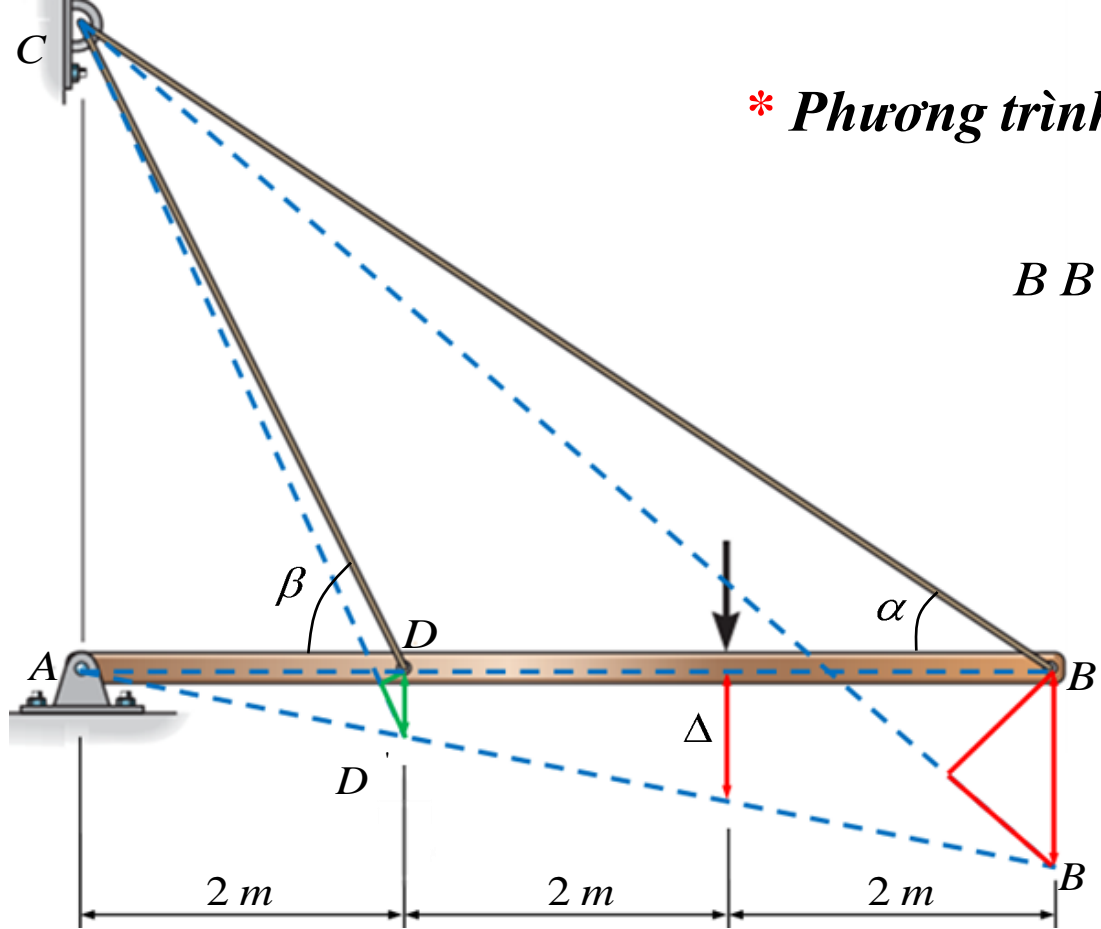


$$\sin \alpha = 5 / \sqrt{61}; \sin \beta = 5 / \sqrt{29}$$

*** Phương trình cân bằng**

$$\sum m_A = 0 \Rightarrow N_{CD} \sin \beta \cdot 2 - 80 \cdot 4 + N_{BC} \sin \alpha \cdot 6 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{30}{\sqrt{61}} N_{BC} + \frac{10}{\sqrt{29}} N_{CD} - 320 = 0 \quad (1)$$



** Phương trình tương thích biến dạng*

$$BB' = 3DD' \quad (*)$$

$$\begin{cases} BB' = \frac{\Delta L_{BC}}{\sin \alpha} \\ DD' = \frac{\Delta L_{CD}}{\sin \beta} \end{cases}$$

$$\sin \alpha = 5 / \sqrt{61}; \sin \beta = 5 / \sqrt{29}$$

$$(*) \Rightarrow \frac{N_{BC} \cdot \sqrt{5^2 + 6^2}}{EF \cdot \sin \alpha} = 3 \frac{N_{CD} \cdot \sqrt{5^2 + 2^2}}{EF \cdot \sin \beta}$$

$$\Rightarrow N_{BC} = \frac{87}{61} N_{CD} \quad (2)$$

* Từ (1) và (2) ta có:

$$\begin{cases} N_{BC} = 62,219 \text{ kN} \\ N_{CD} = 43,624 \text{ kN} \end{cases}$$

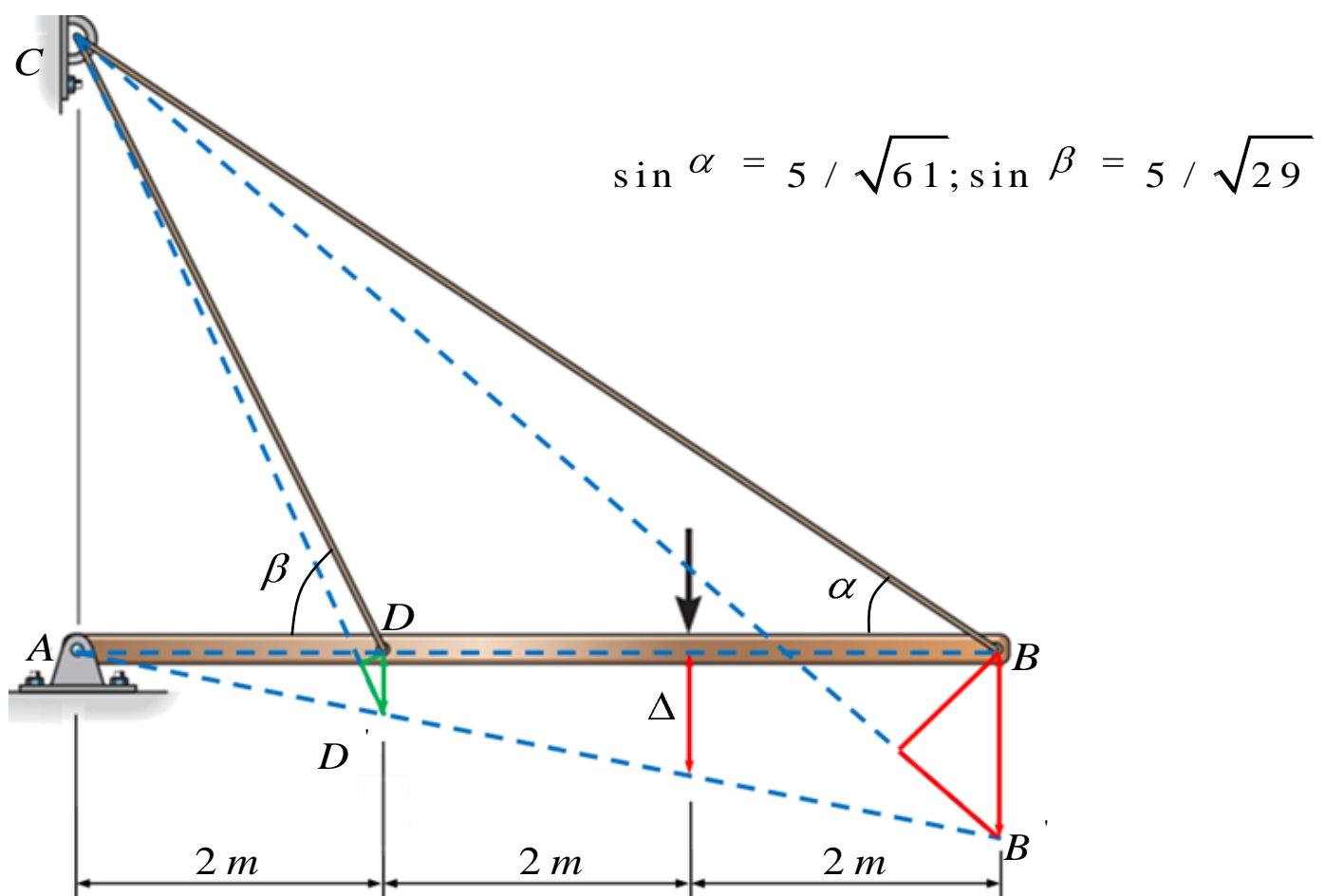
b) Xác định diện tích mặt cắt ngang của các dây cáp

* Điều kiện bền ứng suất pháp

$$|\sigma_z|_{max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{max} \leq \sigma$$

$$\Rightarrow \frac{62,219 \text{ kN}}{F} \leq \frac{150}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\Rightarrow F \geq 414,793 \text{ mm}^2 \quad \Rightarrow F_{\min} = 414,8 \text{ mm}^2$$



c) Chuyển vị thẳng đứng tại điểm đặt lực:

$$\Delta = 2 D D' = 2 \frac{\Delta_{CD} L_{CD}}{\sin \beta} = 2 \frac{N_{CD} L_{CD}}{E_{CD} F_{CD} \sin \beta} = 2 \frac{43,624 \cdot \sqrt{5^2 + 2^2} \cdot 1000}{200 \cdot 414,8 \cdot \sin \beta} = 6,099 \text{ mm}$$