

Chương 11:

**ỔN ĐỊNH CỦA THANH THẲNG
CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM**

Mục tiêu chương:

- Trình bày khái niệm về ổn định của thanh thẳng chịu nén đúng tâm, công thức xác định lực tới hạn, ứng suất tới hạn khi vật liệu làm việc trong phạm vi đàn hồi hoặc ngoài giới hạn đàn hồi.
- Giới thiệu cách tính toán ổn định đối với thanh chịu nén đúng tâm theo phương pháp thực hành.

11.1. KHÁI NIỆM VỀ ỔN ĐỊNH

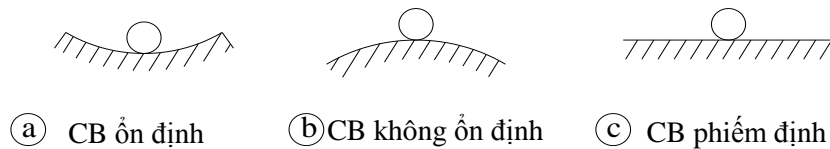
11.1.1. Định nghĩa:

Độ ổn định của kết cấu là khả năng duy trì, bảo quản được dạng cân bằng ban đầu trước các nhiễu động có thể xảy ra.

11.1.2. Hiện tượng ổn định và mất ổn định của thanh chịu nén đúng tâm:

11.1.2.1. Cân bằng của quả cầu trên các dạng mặt tiếp xúc:

Cho quả cầu một chuyển dịch nhỏ (gọi là **nhiều**) từ vị trí ban đầu sang vị trí lân cận rồi bỏ nhiều đi. Quan sát đối với mỗi loại mặt tiếp xúc sẽ có những hiện tượng sau:



Hình 11.1: CB của quả cầu trên các dạng mặt tiếp xúc.

- Trên mặt lõm (Hình 11.1a): Quả cầu quay về vị trí ban đầu: Sự cân bằng **ổn định**.
- Trên mặt lồi (Hình 11.1b): Quả cầu chuyển động ra xa hơn vị trí ban đầu: Sự cân bằng **không ổn định**.
- Trên mặt phẳng (Hình 11.1c): Quả cầu giữ nguyên vị trí mới: Sự cân bằng **phiếm định**.

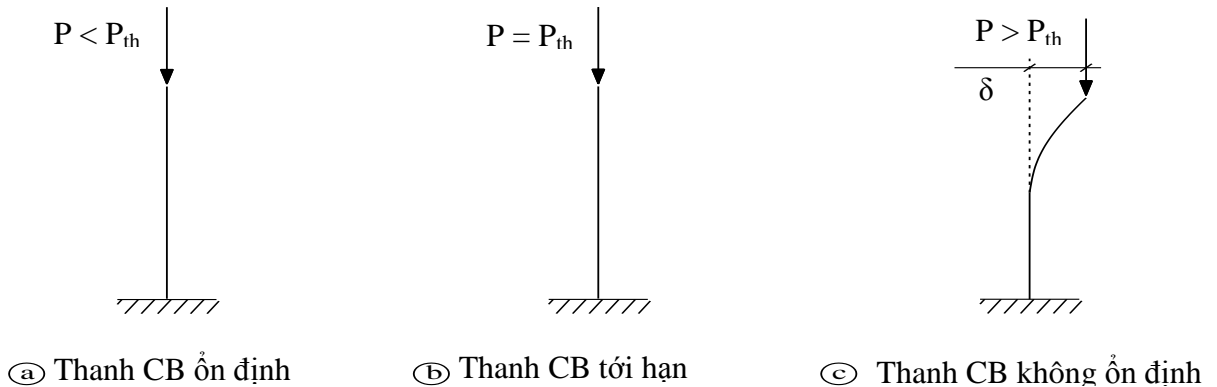
11.1.2.2. Cân bằng của thanh thẳng chịu nén đúng tâm chịu lực tập trung P:

Xét thanh chịu nén trong điều kiện lý tưởng (thanh thẳng tuyệt đối, lực P hoàn toàn đúng tâm ...). Nếu cho điểm đặt của lực P một chuyển vị bé δ do một lực ngang nào đó gây ra, sau đó bỏ lực này đi thì sẽ xảy ra các trường hợp biến dạng sau:

Nếu lực $P < P_{th}$ (P_{th} là **lực tới hạn**) (Hình 11.2a): Thanh sẽ phục hồi lại trạng thái biến dạng thẳng: Thanh làm việc ở **trạng thái ổn định**.

Nếu $P = P_{th}$ (Hình 11.2b): Thanh vẫn giữ nguyên chuyển vị δ và trạng thái biến dạng cong. Sự cân bằng của trạng thái thẳng là phiếm định: Thanh làm việc ở **trạng thái tới hạn**. **Trạng thái tới hạn** là trạng thái chuyển biến từ dạng cân bằng ổn định sang dạng cân bằng không ổn định. Trị số của lực P ứng với trạng thái tới hạn được gọi là **lực tới hạn** P_{th} .

Nếu $P > P_{th}$ (Hình 11.2c): Chuyển vị δ của thanh sẽ tăng và thanh bị cong thêm. Sự cân bằng của thanh là không ổn định: Thanh làm việc ở **trạng thái mất ổn định**.



Hình 11.2: CB của thanh thẳng chịu nén đúng tâm.

11.1.3. Điều kiện về ổn định:

Khi xảy ra mất ổn định, dù chỉ của một thanh cũng dẫn tới sự sụp đổ của toàn bộ kết cấu. Tính chất phá hoại do mất ổn định là đột ngột và nguy hiểm. Vì vậy, khi thiết kế cần phải **đảm bảo cả điều kiện ổn định**, ngoài điều kiện bền và điều kiện cứng.

Điều kiện ổn định:
$$P \leq \frac{P_{th}}{k_{\delta d}} \quad (11.1)$$

Trong đó: $\rightarrow k_{\delta d}$: Hệ số an toàn về ổn định ($k_{\delta d} > 1$).

11.2. BÀI TOÁN EULER XÁC ĐỊNH LỰC TỚI HẠN

11.2.1. Thanh thẳng có liên kết khớp ở hai đầu:

Xét thanh thẳng liên kết khớp hai đầu làm việc trong giai đoạn đàn hồi, chịu lực nén đúng tâm P . Khi bị nhiễu, thanh sẽ bị uốn cong và cân bằng có dạng mới (Hình 11.3).

Xét mặt cắt có hoành độ z có độ võng tương ứng là y :

- Phương trình vi phân độ võng:
$$y'' = -\frac{M_x}{EI} = -\frac{M_x}{EI_{min}} \quad (11.2a)$$

Trong đó: \rightarrow Mômen uốn $M_x = P \cdot y(z) \quad (11.2b)$

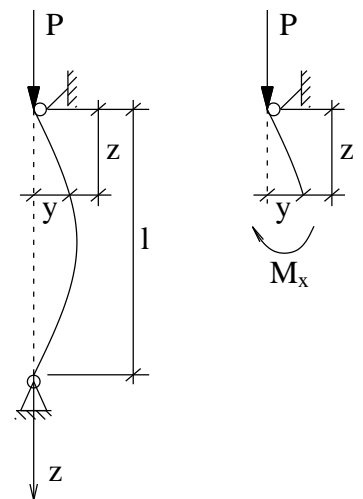
- Thay (3.2b) vào (3.2a) có:
$$y'' + \frac{P}{EI_{min}} \cdot y = 0$$

- Đặt $\alpha^2 = \frac{P}{EI_{min}}$ nên có:
$$y'' + \alpha^2 \cdot y = 0 \quad (11.3)$$

- Nghiệm tổng quát của phương trình (11.3):
$$y = C_1 \cdot \sin \alpha z + C_2 \cdot \cos \alpha z \quad (11.4)$$

- Xác định các hệ số C_1 và C_2 căn cứ vào điều kiện biên:

+ Tại $z = 0 ; y = 0 \rightarrow C_2 = 0$ và $y = C_1 \cdot \sin \alpha z$



Hình 11.3: Bài toán Euler.

$$\begin{aligned}
 + \text{Tại } z = 1 ; y = 0 & \quad \rightarrow \quad C_1 \cdot \sin \alpha l = 0 \quad \rightarrow \quad \alpha l = n \cdot \pi \text{ với } n = 1; 2; \dots \\
 \rightarrow \quad \alpha = \frac{n \cdot \pi}{l} & \quad \rightarrow \quad \alpha^2 = \left(\frac{n \cdot \pi}{l} \right)^2 = \frac{P}{E \cdot I_{\min}} \quad \rightarrow \quad P = n^2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l^2}
 \end{aligned}$$

Thực tế, lực P phải tăng dần từ 0 đến những giá trị xác định, do đó chỉ cần P đạt tới giá trị nhỏ nhất ứng với n = 1 là thanh bị mất ổn định. Lúc này, lực tới hạn được xác định:

$$P_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l^2} \quad (11.5)$$

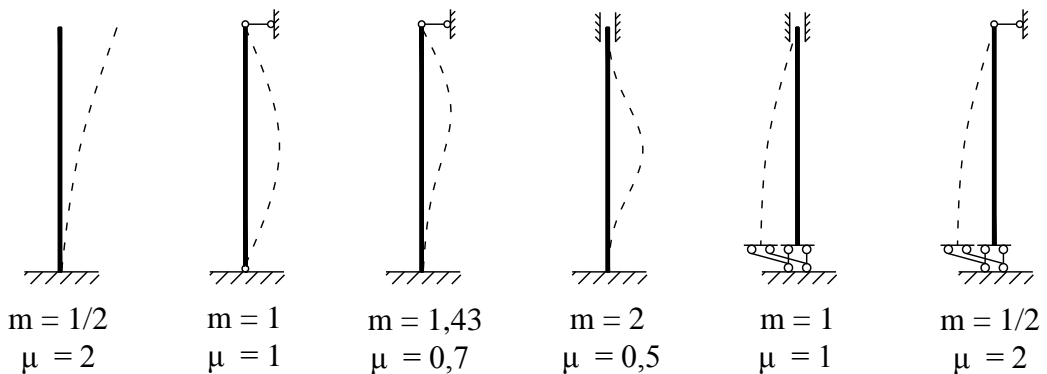
11.2.2. Thanh thẳng có liên kết khác ở hai đầu:

Áp dụng phương pháp trên cho thanh có các liên kết khác nhau ở hai đầu, công thức tính lực tới hạn có dạng chung:

$$P_{th} = m^2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l^2} \quad (\text{a}) \quad \text{hay} \quad P_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot l)^2} \quad (\text{b}) \quad (11.6)$$

Trong đó: $\rightarrow m$: Số nửa sóng hình sin của đường đàn hồi khi mất ổn định.

$\rightarrow \mu = \frac{l}{m}$: Hệ số phụ thuộc điều kiện liên kết ở hai đầu thanh (Hình 11.4).



Hình 11.4: Các dạng mất ổn định và hệ số μ .

Công thức (11.6) sử dụng trị số I_{\min} đúng với trường hợp thanh có liên kết như nhau trong hai mặt phẳng quán tính chính xz và yz. Khi thanh có liên kết khác nhau trong hai mặt phẳng quán tính thì cần tính lực tới hạn riêng biệt trong từng mặt phẳng và chọn trị số nhỏ hơn làm lực tới hạn thực.

11.3. ỨNG SUẤT TỚI HẠN. GIỚI HẠN ÁP DỤNG CÔNG THỨC EULER:

11.3.1. Ứng suất tới hạn và độ mảnh:

Ứng suất trong thanh thẳng chịu nén đúng tâm gây ra bởi lực P_{th} gọi là **ứng suất tới hạn** σ_{th} và được xác định theo công thức:

$$\sigma_{th} = \frac{P_{th}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot l)^2 \cdot A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot i_{\min}^2}{(\mu \cdot l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} \right)^2} \quad (11.7)$$

Trong đó: $\rightarrow i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$: Bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện.

Độ mảnh của thanh λ :
$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} \quad (11.8)$$

Độ mảnh λ không có thứ nguyên, phụ thuộc vào chiều dài thanh, điều kiện liên kết và đặc trưng hình học của tiết diện.

Thanh có độ mảnh càng lớn thì càng dễ mất ổn định.

Thay công thức (11.8) vào (11.7) có:
$$\sigma_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad (11.9)$$

11.3.2. Giới hạn áp dụng công thức Euler:

Công thức Euler được xây dựng trên cơ sở phương trình vi phân đường đàn hồi, vì vậy chỉ áp dụng được khi vật liệu còn làm việc trong giai đoạn đàn hồi, tức là ứng suất trong thanh nhỏ hơn giới hạn tỷ lệ:

$$\sigma_{th} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \leq \sigma_{tl} \quad \text{hay} \quad \lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{tl}}} = \lambda_0$$

Vậy, điều kiện để áp dụng công thức Euler: $\lambda \geq \lambda_0 \quad (11.10)$

Trong đó: $\rightarrow \lambda_0$: Độ mảnh giới hạn, có giá trị là hằng số đối với mỗi loại vật liệu.

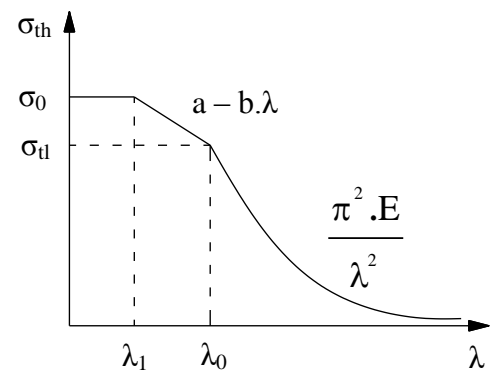
11.4. ỔN ĐỊNH CỦA THANH LÀM VIỆC NGOÀI GIỚI HẠN ĐÀN HỒI:

11.4.1. Nhận xét:

Từ quan hệ giữa σ_{th} và λ (Hình 11.5) có:

- Khi $\lambda \geq \lambda_0$: Thanh làm việc trong giai đoạn đàn hồi.
- Khi $\lambda < \lambda_0$: Thanh làm việc ngoài giai đoạn đàn hồi.

Việc nghiên cứu lý thuyết ổn định của thanh làm việc ngoài giai đoạn đàn hồi gặp nhiều khó khăn. Vì vậy, xác định ứng suất tới hạn thường được rút ra từ những công thức thực nghiệm.



Hình 11.5: Quan hệ giữa σ_{th} và λ .

11.4.2. Công thức thực nghiệm Iashinski:

11.4.2.1. Thanh có độ mảnh vừa ($\lambda_1 < \lambda < \lambda_0$):

Độ mảnh λ_1 :
$$\lambda_1 = \frac{a - \sigma_{tl}}{b} \quad (11.11)$$

Ứng suất tới hạn:
$$\sigma_{th} = a - b \cdot \lambda + c \cdot \lambda^2 \quad (11.12)$$

Trong đó: a, b, c : Các hệ số phụ thuộc vào loại vật liệu, được xác định từ thí nghiệm:

+ Với thép CT3: $a = 31 \text{ kN/cm}^2$; $b = 0,114 \text{ kN/cm}^2$ và $c = 0$

- + Với thép CT5: $a = 46,4 \text{ kN/cm}^2$; $b = 0,3617 \text{ kN/cm}^2$ và $c = 0$
- + Với gỗ : $a = 2,93 \text{ kN/cm}^2$; $b = 0,0194 \text{ kN/cm}^2$ và $c = 0$
- + Với gang : $a = 77,6 \text{ kN/cm}^2$; $b = 1,2 \text{ kN/cm}^2$ và $c = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ kN/cm}^2$

11.4.2.2. Thanh có độ mảnh bé ($\lambda < \lambda_1$):

Thanh có độ mảnh $\lambda < \lambda_1$, thanh không mất ổn định mà đạt đến trạng thái phá hoại của vật liệu. Vì vậy, ứng suất tới hạn được xác định:

Đối với vật liệu dòn: $\sigma_{th} = \sigma_0 = \sigma_b$ (11.13)

Đối với vật liệu dẻo: $\sigma_{th} = \sigma_0 = \sigma_{ch}$ (11.14)

11.4.3. Ví dụ:

Một thanh bằng gang có chiều dài l , một đầu ngàm và một đầu khớp. Có tiết diện là hình tròn rỗng, bán kính ngoài $R = 4 \text{ cm}$, bán kính trong $r = 2 \text{ cm}$. Xác định lực tới hạn của thanh khi: $a, l = 2 \text{ m}$ $b, l = 0,8 \text{ m}$

Biết: Vật liệu gang có:

- + Các đặc trưng về cường độ: $E = 1,2 \cdot 10^7 \text{ N/cm}^2$; $\sigma_{tl} = 17 \text{ kN/cm}^2$; $\sigma_b = 23 \text{ kN/cm}^2$
- + Các hệ số phù thuộc vào các vật liệu trong công thức Iashinski:
 $a = 77,6 \text{ kN/cm}^2$; $b = 1,2 \text{ kN/cm}^2$ và $c = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ kN/cm}^2$.

◆ Lời giải:

- Độ mảnh giới hạn λ_0 :
$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{tl}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 1,2 \cdot 10^4}{17}} = 83$$

- Bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện:
$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{1 - \alpha^2} \quad (*)$$

Với: $R = 3 \text{ cm}$; $\alpha = \frac{r}{R} = \frac{2}{3}$ thay vào (*) có:
$$i_{\min} = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{1 - \alpha^2} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2} = 1,118 \text{ cm}$$

a, Khi chiều dài thanh $l = 3 \text{ m}$:

- Độ mảnh của thanh:
$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 300}{1,118} = 188$$

- Vì $\lambda > \lambda_0$: thanh làm việc trong giới hạn đàn hồi, lực tới hạn được xác định theo Euler:

$$P_{th} = \sigma_{th} \cdot A = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \alpha^2) = \frac{\pi^3 \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 9}{188^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2\right] = 53 \text{ kN}$$

b, Khi chiều dài thanh $l = 2 \text{ m}$:

- Độ mảnh của thanh:
$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 80}{1,118} = 50$$

- Vì $\lambda < \lambda_0$: thanh làm việc ngoài giới hạn đàn hồi, lực tới hạn được xác định theo Iashinski:

+ Độ mảnh λ_1 :
$$\lambda_1 = \frac{a - \sigma_{ul}}{b} = \frac{77,6 - 17}{1,2} = 51$$

+ Vì $\lambda < \lambda_1$: thanh có độ mảnh bé, lực tới hạn xác định theo công thức:

$$P_{th} = \sigma_{th} \cdot A = \sigma_b \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \alpha^2) = 23 \cdot \pi \cdot 9 \cdot \left[1 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] = 361 \text{ kN}$$

11.5. PHƯƠNG PHÁP THỰC HÀNH TÍNH ỔN ĐỊNH

11.5.1. Điều kiện làm việc ổn định của thanh chịu nén đúng tâm:

11.5.1. Điều kiện bền:
$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_0}{n} \quad (11.15)$$

- Trong đó: $\rightarrow N$: Giá trị lực dọc.
 $\rightarrow A$: Diện tích giảm yếu cục bộ của thanh.
 $\rightarrow [\sigma]$: Ứng suất bền cho phép.
 $\rightarrow \sigma_0$: Ứng suất nguy hiểm.
 $\rightarrow n$: Hệ số an toàn về độ bền.

11.5.2. Điều kiện ổn định:
$$\sigma = \frac{|N|}{A_0} \leq [\sigma]_{\text{ổn định}} = \frac{\sigma_{th}}{k} \quad (11.16)$$

- Trong đó: $\rightarrow N$: Giá trị lực dọc.
 $\rightarrow A_0$: Diện tích nguyên của thanh.
 $\rightarrow [\sigma]_{\text{ổn định}}$: Ứng suất ổn định cho phép.
 $\rightarrow \sigma_{th}$: Ứng suất tới hạn.
 $\rightarrow k$: Hệ số an toàn về độ ổn định.

Để thuận tiện cho tính toán thực hành, người ta đưa vào khái niệm **hệ số uốn dọc (hệ số giảm ứng suất cho phép φ)** phụ thuộc vào độ mảnh và được xác định theo công thức:

$$\varphi = \frac{[\sigma]_{\text{ổn định}}}{[\sigma]} = \frac{\sigma_{th}}{\sigma_0} \cdot \frac{n}{k} \quad (11.17)$$

Từ (11.17) điều kiện ổn định trở thành:
$$\sigma = \frac{|N|}{\varphi \cdot A_0} \leq [\sigma] \quad (11.18)$$

Hệ số bám dọc φ có thể được xác định bằng cách tra bảng (Bảng 11.1).

11.5.2. Ba bài toán cơ bản về ổn định:

11.5.2.1. Bài toán kiểm tra ổn định:

Giả thiết cho: Lực nén dọc N , tiết diện thanh A_0 và hệ số bám dọc φ .

Kiểm tra ổn định:
$$\sigma = \frac{|N|}{\varphi \cdot A_0} \leq [\sigma]$$

Bảng 11.1: Bảng tra hệ số bám dọc φ .

| Độ mảnh λ | Trị số φ | | |
|-------------------|------------------|------|------|
| | Thép CT3 | Gang | Gỗ |
| 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 0,99 | 0,97 | 0,99 |
| 20 | 0,96 | 0,91 | 0,97 |
| 30 | 0,94 | 0,81 | 0,93 |
| 40 | 0,92 | 0,69 | 0,87 |
| 50 | 0,89 | 0,54 | 0,80 |
| 60 | 0,86 | 0,44 | 0,71 |
| 70 | 0,81 | 0,34 | 0,60 |
| 80 | 0,75 | 0,26 | 0,48 |
| 90 | 0,69 | 0,20 | 0,38 |
| 100 | 0,60 | 0,16 | 0,31 |
| 110 | 0,52 | | 0,25 |
| 120 | 0,45 | | 0,22 |
| 130 | 0,40 | | 0,18 |
| 140 | 0,36 | | 0,16 |
| 150 | 0,32 | | 0,14 |
| 160 | 0,29 | | 0,12 |
| 170 | 0,26 | | 0,11 |
| 180 | 0,23 | | 0,10 |
| 190 | 0,21 | | 0,09 |
| 200 | 0,19 | | 0,08 |

11.5.2.2. Bài toán xác định tải trọng nén cho phép:

Giả thiết cho: Chiều dài thanh l và tiết diện thanh A_0 .

Xác định φ : Từ $l, A_0 \rightarrow \lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} \rightarrow \varphi$ (tra bảng 11.1).

Xác định tải trọng nén cho phép: $[|N|] \leq \varphi \cdot A_0 \cdot [\sigma]$

11.5.2.3. Bài toán thiết kế: Xác định tiết diện:

Bài toán này được giải bằng phương pháp thử dần. Trình tự như sau:

- Giả thiết: $\varphi_0 = 0,5$. Tính được: $A_0 = \frac{|N|}{\varphi_0 \cdot [\sigma]} \rightarrow \lambda_0 \rightarrow \varphi'_0$

- So sánh $\varphi'_0 : \varphi_0$:

+ Nếu $\varphi'_0 \approx \varphi_0$ thì chấp nhận giá trị φ_0 giả thiết, sau đó xác định tiết diện cần chọn.

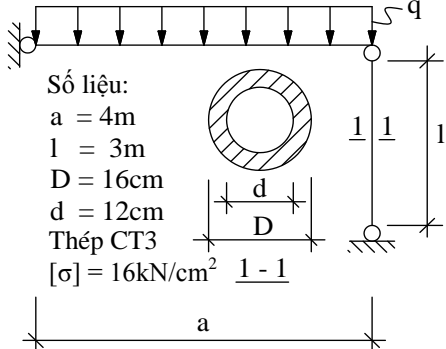
+ Nếu $\varphi_0 \neq \varphi_0$ thì lấy $\varphi_1 = \frac{\varphi_0 + \varphi_0'}{2} \rightarrow F_1 = \frac{|N|}{\varphi_1 \cdot [\sigma]} \rightarrow \lambda_1 \rightarrow \varphi_1$

Quá trình tính thường được lặp lại khoảng 2 – 3 lần thì sai số tương đối giữa hai lần tính đủ nhỏ ($\leq 5\%$).

11.5.3. Các ví dụ:

11.5.3.1. Ví dụ 1:

Ví dụ 1:
Xác định tải trọng cho phép $[q]$ theo điều kiện ổn định của thanh BC (Hình vẽ).



Số liệu:
 $a = 4\text{m}$
 $l = 3\text{m}$
 $D = 16\text{cm}$
 $d = 12\text{cm}$
 Thép CT3
 $[\sigma] = 16\text{kN/cm}^2$ 1-1

◆ **Lời giải:**

- Bán kính quán tính nhỏ nhất i_{\min} :
$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A_0}} = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{1 - \alpha^2} \quad (*)$$

Với: $D = 16\text{cm}$; $\alpha = \frac{d}{D} = \frac{3}{4}$ thay vào (*) có: $i_{\min} = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{1 - \alpha^2} = \frac{16}{4} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{3}{4}\right)^2} = 2,646\text{cm}$

- Hệ số bám dọc φ :
$$\lambda_{BC} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 300}{2,646} = 113 \xrightarrow{\text{Trabang}} \varphi = 0,499$$

- Tải trọng $[q]$ cho phép:

+ Tải trọng nén cho phép:
$$[N]_{BC} = \frac{q \cdot a}{2} \leq \varphi \cdot A_0 \cdot [\sigma] \quad (2^*)$$

+ Từ (2*) có tải trọng cho phép $[q]$:

$$[q] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot A_0 \cdot [\sigma]}{a} = \frac{\varphi \cdot \pi \cdot D^2}{4a} \cdot (1 - \alpha^2) = 0,499 \cdot \pi \cdot \frac{16^2}{4 \cdot 4} \cdot \left[1 - \left(\frac{12}{16}\right)^2\right] \cdot 16 = 176 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

11.5.3.2. Ví dụ 2:

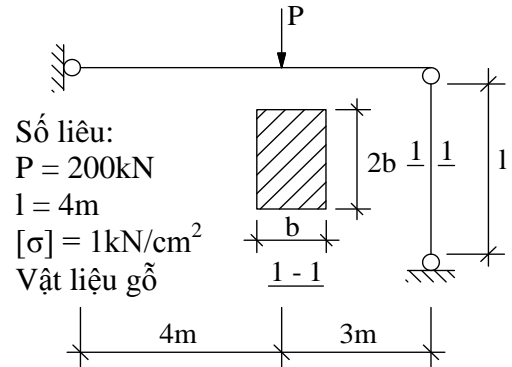
◆ **Lời giải:**

- Lực dọc trong thanh BC: $|N_{BC}| = \frac{4P}{7} = 114,3\text{kN}$

- Lần chọn thứ nhất: Giả thiết: $\varphi_0 = 0,5$.

Ví dụ 2:

Xác định kích thước mặt cắt ngang theo điều kiện ổn định của thanh BC (Hình vẽ).



Số liệu:

$$P = 200\text{kN}$$

$$l = 4\text{m}$$

$$[\sigma] = 1\text{kN/cm}^2$$

Vật liệu gỗ

$$+ \text{ Có: } A_0 = \frac{|N|}{\varphi_0 \cdot [\sigma]} = \frac{114,7}{0,5 \cdot 1} = 229,4\text{cm}^2$$

$$+ \text{ Kích thước của thanh BC: } A_0 = 2b^2 = 229,4\text{cm}^2 \quad \rightarrow \quad b = 11\text{cm}$$

$$+ \text{ Độ mảnh } \lambda_0: \quad \lambda_0 = \frac{\mu \cdot l_{BC}}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 400}{11} \cdot \sqrt{12} = 126$$

$$+ \text{ Tra bảng hệ số bám dọc ứng với } \lambda_0 = 126 \quad \rightarrow \quad \varphi'_0 = 0,196$$

+ So sánh thấy $\varphi'_0 \neq \varphi_0$ nên cần tiến hành lần chọn thứ 2.

$$- \text{ Lần chọn thứ hai: } \text{Chọn } \varphi_1 = \frac{\varphi_0 + \varphi'_0}{2} = \frac{0,5 + 0,196}{2} = 0,348$$

$$+ \text{ Có: } A_1 = \frac{|N|}{\varphi_1 \cdot [\sigma]} = \frac{114,7}{0,398 \cdot 1} = 288\text{cm}^2$$

$$+ \text{ Kích thước của thanh BC: } A_1 = 2b^2 = 288\text{cm}^2 \quad \rightarrow \quad b = 12\text{cm}$$

$$+ \text{ Độ mảnh } \lambda_1: \quad \lambda_1 = \frac{\mu \cdot l_{BC}}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 400}{12} \cdot \sqrt{12} = 115$$

$$+ \text{ Tra bảng hệ số bám dọc ứng với } \lambda_1 = 115 \quad \rightarrow \quad \varphi'_1 = 0,235$$

+ So sánh thấy $\varphi'_1 \neq \varphi_1$ nên cần tiến hành lần chọn thứ 3.

$$- \text{ Lần chọn thứ ba: } \text{Chọn } \varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi'_1}{2} = \frac{0,384 + 0,235}{2} = 0,3095$$

$$+ \text{ Có: } A_2 = \frac{|N|}{\varphi_2 \cdot [\sigma]} = \frac{114,7}{0,3095 \cdot 1} = 371\text{cm}^2$$

$$+ \text{ Kích thước của thanh BC: } A_2 = 2b^2 = 371\text{cm}^2 \quad \rightarrow \quad b = 14\text{cm}$$

$$+ \text{ Độ mảnh } \lambda_2: \quad \lambda_2 = \frac{\mu \cdot l_{BC}}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 400}{14} \cdot \sqrt{12} = 99$$

$$+ \text{ Tra bảng hệ số bám dọc ứng với } \lambda_2 = 99 \quad \rightarrow \quad \varphi'_2 = 0,317$$

+ So sánh thấy $\frac{\varphi_1 - \varphi_1'}{\varphi_1} = 2\% < 5\%$, tiến hành kiểm tra lại điều kiện ổn định:

$$\sigma = \frac{|N_{BC}|}{\varphi \cdot A_0} = \frac{114,7}{0,317 \cdot 371} = 0,975 \text{ kN/cm}^2 < [\sigma] = 1 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Thỏa điều kiện)}$$

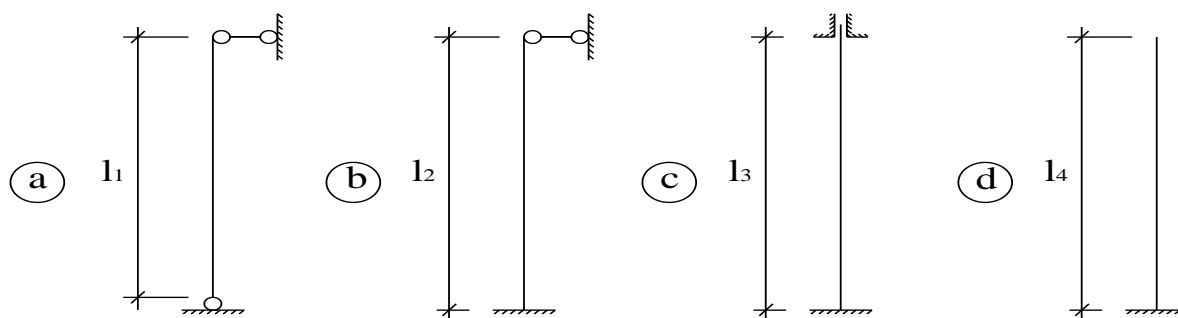
- Vậy chọn kích thước của tiết diện là: $b = 14 \text{ cm}$.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 11

- 1, Định nghĩa dạng cân bằng ổn định và dạng cân bằng không ổn định của hệ biến dạng đàn hồi. Nêu những nguyên nhân nhiễu động đưa thanh chịu nén ra khỏi dạng cân bằng thẳng lý tưởng ban đầu.
- 2, Dấu hiệu mất ổn định của thanh thẳng chịu nén đúng tâm trong bài toán Euler. Khi mất ổn định, thanh sẽ cong trong mặt phẳng nào?
- 3, Định nghĩa độ mảnh của thanh thẳng. Tại sao nói độ mảnh là một đặc trưng quan trọng khi tính toán độ ổn định của thanh? Độ mảnh của thanh phụ thuộc vào những yếu tố nào?
- 4, Đặc điểm và cách giải bài toán thiết kế xác định tiết diện thanh thẳng chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định.
- 5, Khi giải bài toán ổn định theo phương pháp Euler cần dựa vào điều kiện nào để xác định tải trọng tới hạn?

BÀI TẬP THỰC HÀNH CHƯƠNG 11

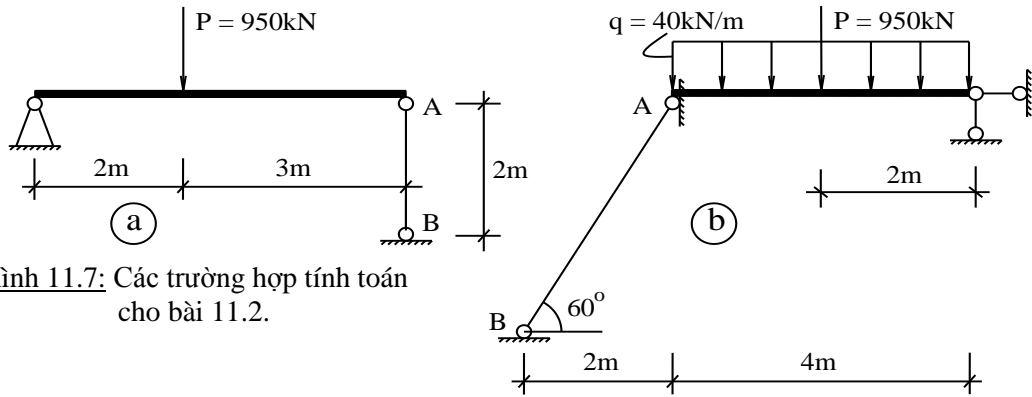
Bài 11.1: Cho bốn thanh có mặt cắt ngang giống nhau làm cùng một loại vật liệu và có liên kết như hình vẽ (Hình 11.6). Nếu muốn chịu được cùng một lực nén đúng tâm thì chiều dài của mỗi thanh là bao nhiêu?



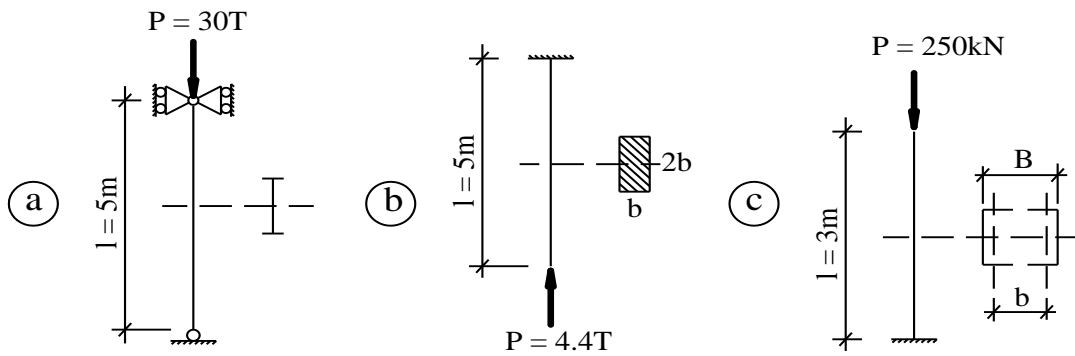
Hình 11.6: Các trường hợp tính toán cho bài 11.1.

Bài 11.2: Cho hai hệ thanh chịu lực như hình vẽ (Hình 11.7). Xác định số hiệu mặt cắt chữ I của thanh chống AB biết $[\sigma] = 160 \text{ MN/m}^2$.

Bài 11.3: Chọn kích thước mặt cắt ngang của cột và thanh nén của hệ thống trong hình vẽ (Hình 11.8). Biết thép 3 có $[\sigma] = 160000 \text{ N/m}^2$ và gỗ có $[\sigma] = 1000 \text{ N/m}^2$



Hình 11.7: Các trường hợp tính toán cho bài 11.2.



Hình 11.8: Các trường hợp tính toán cho bài tập 3 với a, c là vật liệu thép và b là vật liệu gỗ.