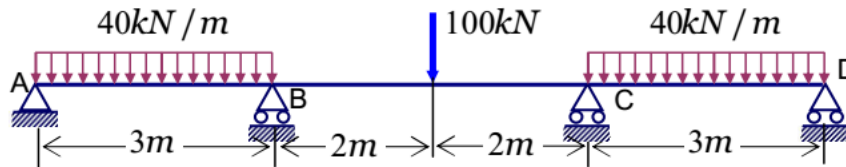


EMA2012 - Sức bền vật liệu và Cơ học Kết cấu, năm học 2015-2016 – Đề 1

Thời gian 150 phút

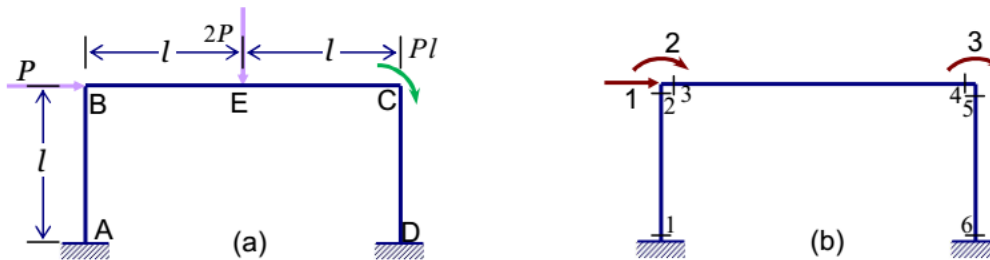
(Sinh viên được sử dụng tài liệu)

Bài 1. Cho dầm chữ I liên tục chịu tải trọng như trên hình bài 1. Độ cứng EI toàn dầm như nhau, với $E = 2 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2$, $[\sigma] = 160 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ và $\left[\frac{y_{\max}}{l_{nhịp}} \right] = \frac{1}{500}$. Chọn thép hình theo độ bền và độ cứng (5 điểm)



Hình bài 1

Bài 2. Cho khung phẳng chịu lực như trên hình bài 2 (a),. Đặc trưng tiết diện EI của các thanh như nhau.



Hình bài 2

a. Bỏ qua biến dạng dọc trục chứng minh ma trận độ cứng [S] có dạng (2 điểm)

$$S = \begin{bmatrix} \frac{24EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & -\frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{6EI}{l} & \frac{EI}{l} \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{EI}{l} & \frac{6EI}{l} \end{bmatrix}$$

b. Tính và vẽ biểu đồ moment nội lực tại các mặt cắt ($M_i, Q_i, i=1,6$) (hình bài 2 (b)) (3 điểm)

Bài 1.

a) Biểu đồ Q, M

Bước 1: bậc siêu tĩnh $n = 2$.

Dầm không có đầu thừa, không có ngàm nên không cần xử lý dầm

Bước 2: đánh số gối = 0,1,2,3; nhịp = 1,2,3

Bước 3: viết hệ phương trình 3 moment

$$i = 1: \quad 14M_1 + 4M_2 + 6EI \left(\frac{100 \times 4^2}{16EI} + \frac{40 \times 3^3}{24EI} \right) = 0$$

$$i = 2: \quad 4M_1 + 14M_2 + 6EI \left(\frac{40 \times 3^3}{24EI} + \frac{100 \times 4^2}{16EI} \right) = 0$$

Bước 4: giải hệ phương trình 3 moment

$$\begin{cases} 14M_1 + 4M_2 + 870 = 0 \\ 4M_1 + 14M_2 + 870 = 0 \end{cases} \rightarrow M_1 = M_2 = -48.33$$

Bước 5: tính các phản lực tại gối

$$R_0 = R_3 = 60 + \frac{-48.33 - 0}{3} = 43.89$$

$$R_1 = R_2 = 110 + \frac{0 - (-48.33)}{3} = 126.11$$

Bước 6: vẽ biểu đồ Q, M

b) Chọn thép

- Điều kiện bền

$$W_z = \frac{\max|M|}{[\sigma]}$$

$$W_z = \frac{51.67}{160 \times 10^3} \times 10^6 = 322.9375 (cm^3) \rightarrow \text{Thép số 27} \tag{1}$$

- Điều kiện cứng

$$I_z = \frac{n}{EI_i} \left(EIy_{r_{\frac{1}{2}}} + \frac{(M_{tr} + M_{ph})l_i^2}{16} \right)$$

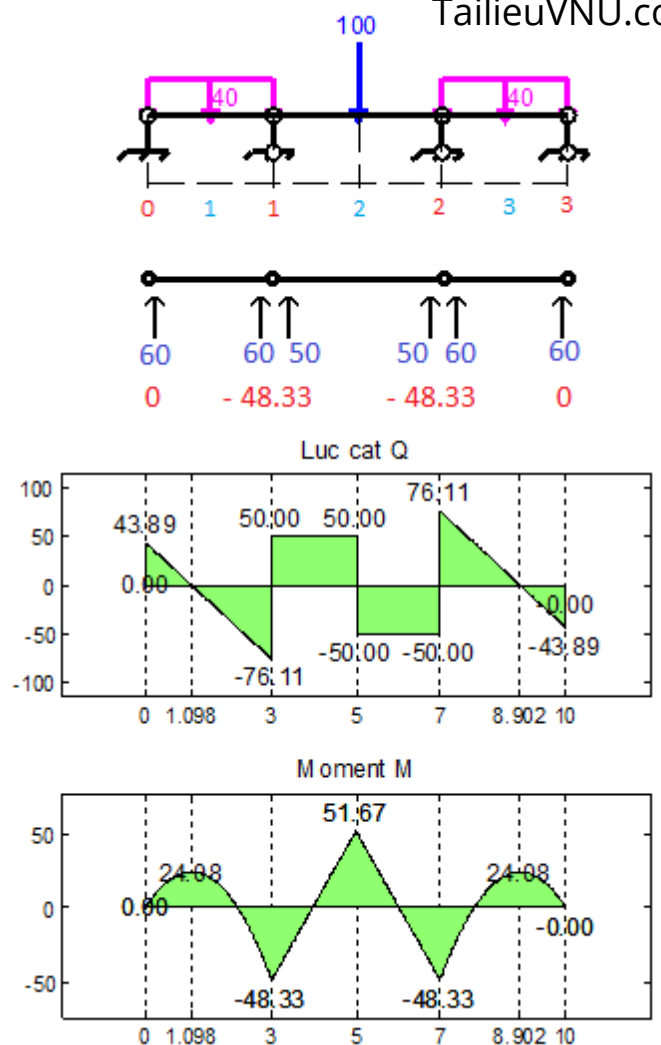
Với nhịp 1,3

$$EIy_{r_{\frac{1}{2}}} = \frac{5ql^4}{384} \rightarrow I_z = \frac{500}{2 \times 10^8 \times 3} \left(\frac{5 \times 40 \times 3^4}{384} + \frac{(0 - 48) \times 3^2}{16} \right) \times 10^8 = 1265.6 (cm^4) \rightarrow \text{Thép số 18} \tag{2}$$

Với nhịp 2

$$EIy_{r_{\frac{1}{2}}} = \frac{Pl^3}{48} \rightarrow I_z = \frac{500}{2 \times 10^8 \times 4} \left(\frac{100 \times 4^3}{48} + \frac{(-48 - 48) \times 4^2}{16} \right) \times 10^8 = 2333.3 (cm^4) \rightarrow \text{Thép số 22} \tag{3}$$

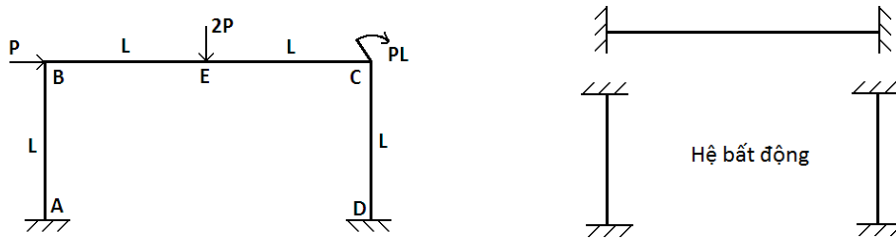
Từ (1),(2) và (3) kết luận thép chữ I số 27 thỏa mãn điều kiện bền và cứng của đề bài.



Bài 2.

Bước 1: Bậc siêu động $n = 3$. Hệ bất động như hình vẽ

(D_1 là chuyển vị ngang tại B, D_2 là góc xoay tại B, D_3 là góc xoay tại C)



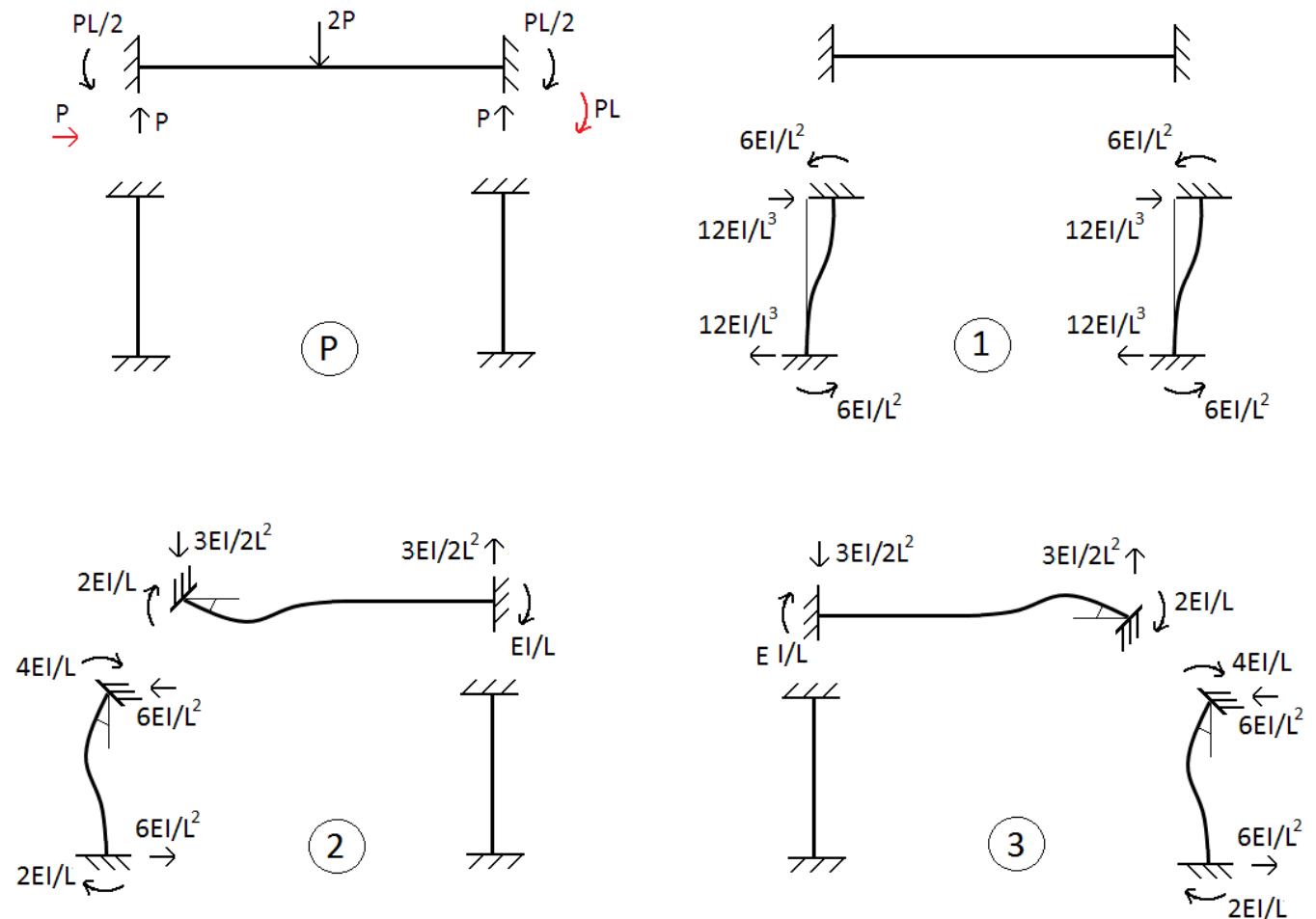
Bước 2: Lực đầu phần tử theo các phụ lục

hình P = hệ bất động + tải

hình 1 = hệ bất động + ($D_1 = 1$)

hình 2 = hệ bất động + ($D_2 = 1$)

hình 3 = hệ bất động + ($D_3 = 1$)



Bước 3: Hệ phương trình giải các chuyển vị (X dương sang phải, M dương xuôi đồng hồ)

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} \sum X_B = 0 \\ \sum M_B = 0 \\ \sum M_C = 0 \end{cases}$$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $P \quad 1 \quad 2 \quad 3$

Hình 1 cho các giá trị trong cột 1 của S

$$S_{11} = \frac{12EI}{l^3} + \frac{12EI}{l^3} = \frac{24EI}{l^3}, \quad S_{21} = -\frac{6EI}{l^2}, \quad S_{31} = -\frac{6EI}{l^2}$$

$$S = \begin{bmatrix} \frac{24EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & -\frac{6EI}{l^2} \\ \frac{6EI}{l^2} & \frac{6EI}{l} & \frac{EI}{l} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{EI}{l} & \frac{6EI}{l} \end{bmatrix}$$

Hình 2 cho các giá trị trong cột 2 của S

$$S_{12} = -\frac{6EI}{l^2}, \quad S_{22} = \frac{4EI}{l} + \frac{2EI}{l} = \frac{6EI}{l}, \quad S_{32} = \frac{EI}{l}$$

Hình 3 cho các giá trị trong cột 3 của S

$$S_{13} = -\frac{6EI}{l^2}, \quad S_{23} = \frac{EI}{l}, \quad S_{33} = \frac{2EI}{l} + \frac{4EI}{l} = \frac{6EI}{l}$$

Các giá trị của F được tính từ hình P

$$F_1 = 0 - P = -P; \quad F_2 = -\frac{Pl}{2}; \quad F_3 = \frac{Pl}{2} - Pl = -\frac{Pl}{2}$$

Bước 4: Giải các chuyển vị D_i

Thay vào hệ $FS + D = 0$ thu được

$$\begin{bmatrix} -P \\ -Pl/2 \\ -Pl/2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 24EI/l^3 & -6EI/l^2 & -6EI/l^2 \\ -6EI/l^2 & 6EI/l & EI/l \\ -6EI/l^2 & EI/l & 6EI/l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \frac{Pl^2}{EI} \begin{bmatrix} 0.1354l \\ 0.1875 \\ 0.1875 \end{bmatrix}$$

Bước 5: Hệ tương đương

Đánh số mặt cắt từ 1 \rightarrow 6, quy ước chiều dương của lực cắt và moment như hình vẽ

Hình P cho các ma trận Q_r, M_r

Hình 1,2,3 cho các ma trận Q_u, M_u

$$Q_r = -P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad M_r = \frac{Pl}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

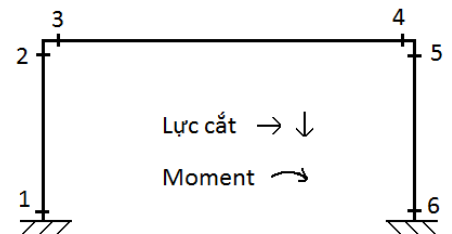
$$Q_u = \frac{EI}{l^2} \begin{bmatrix} -12/l & 6 & 0 \\ 12/l & -6 & 0 \\ 0 & 3/2 & 3/2 \\ 0 & -3/2 & -3/2 \\ 12/l & 0 & -6 \\ -12/l & 0 & 6 \end{bmatrix}; \quad M_u = \frac{EI}{l} \begin{bmatrix} -6/l & 2 & 0 \\ -6/l & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ -6/l & 0 & 4 \\ -6/l & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Tính các lực cắt, moment tại các mặt cắt:

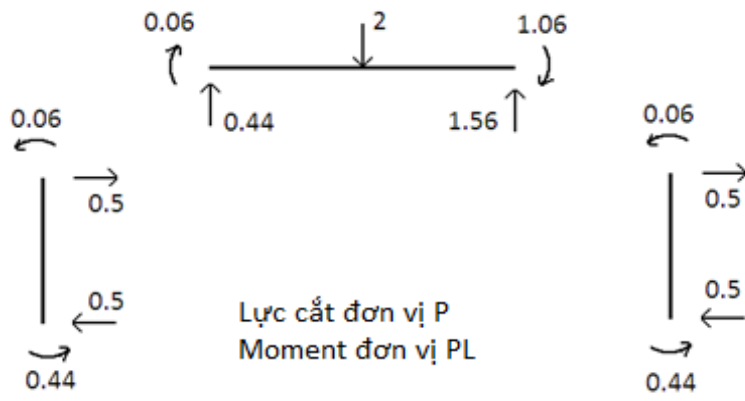
$$Q = Q_r + Q_u D, \quad M = M_r + M_u D$$

$$Q = -P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{EI}{l^2} \begin{bmatrix} -12/l & 6 & 0 \\ 12/l & -6 & 0 \\ 0 & 3/2 & 3/2 \\ 0 & -3/2 & -3/2 \\ 12/l & 0 & -6 \\ -12/l & 0 & 6 \end{bmatrix} \frac{Pl^2}{EI} \begin{bmatrix} 0.1354l \\ 0.1875 \\ 0.1875 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} -0.4998 \\ 0.4998 \\ -0.4375 \\ -1.5625 \\ 0.4998 \\ -0.4998 \end{bmatrix}$$

$$M = \frac{Pl}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{EI}{l} \begin{bmatrix} -6/l & 2 & 0 \\ -6/l & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ -6/l & 0 & 4 \\ -6/l & 0 & 2 \end{bmatrix} \frac{Pl^2}{EI} \begin{bmatrix} 0.1354l \\ 0.1875 \\ 0.1875 \end{bmatrix} = Pl \begin{bmatrix} -0.4374 \\ -0.0624 \\ 0.0625 \\ 1.0625 \\ -0.0624 \\ -0.4374 \end{bmatrix}$$



Điền các lực cắt, moment vào các vị trí 1 \rightarrow 6, và điền các tải trọng vào hệ để thu hệ tương đương



Bước 6: Vẽ biểu đồ Q, M