

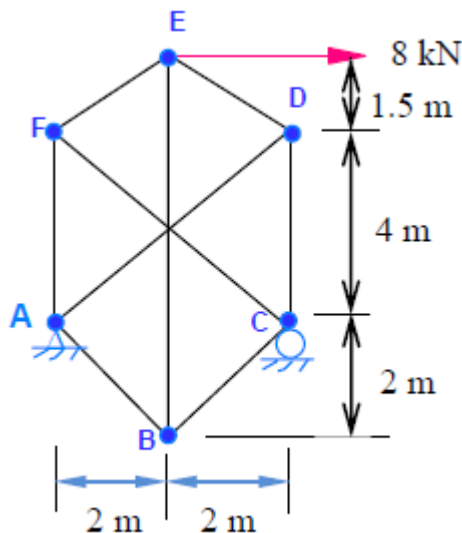
考試別：鐵路人員考試

等別：員級考試

類科別：土木工程

科目：結構學概要與鋼筋混凝土學概要

一、圖示之桁架，當未承受任何載重時，試判斷其為靜定、超靜定或不穩定；當 E 點承受 8 kN 水平力向右時，試求 BE、ED 桿件力=? (25 分)



【解題關鍵】

1. 《考題難易》 中等偏難: ★★★★★☆

2. 《破題關鍵》

(1)由於上下尺寸沒有對稱，所以才會是靜定穩定的情況。

(2)本題必須要用迴路法或替代桿法才有辦法求得。

【擬答】

1. 判斷結構穩定性

$$N = b + r - 2j = 9 + 3 - 2 \times 6 = 0$$

由於上下尺寸沒有對稱，結構體為靜定穩定。

2. 使用迴路法求桿件內力

對整體  $\sum M_A = 0$

$$Y_C(4) = 8(5.5) \quad Y_C = 11kN(\uparrow)$$

$$\text{故 } Y_A = 11kN(\downarrow) \quad X_A = 8kN(\leftarrow)$$

使用節點法求各桿件內力

假設  $S_{BE} = x$ (拉)

$$S_{AB} = S_{BC} = \frac{\sqrt{2}}{2} x(\text{壓})$$

$$S_{AD} = 8\sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} x(\text{拉})$$

$$S_{DE} = 10 + \frac{5}{8} x(\text{壓})$$

$$S_{CF} = \frac{\sqrt{2}}{2}x(\text{拉})$$

$$S_{FE} = \frac{5}{8}x(\text{壓})$$

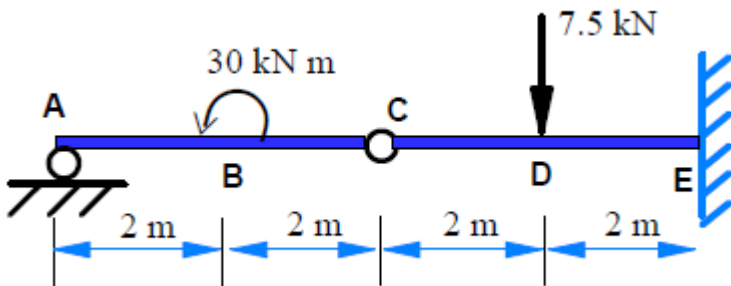
$$\text{可求得 } S_{BE} = 6 + \frac{3}{4}x$$

$$\rightarrow S_{BE} = 6 + \frac{3}{4}x = x$$

$$S_{BE} = 24 \text{ kN}(\text{拉})$$

$$S_{DE} = 10 + \frac{5}{8}x = 25 \text{ kN}(\text{壓})$$

二、圖示之梁各段材料  $E$  值  $= 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ ， $I = 100 \times 10^6 \text{ mm}^4$ ，試繪其彎矩圖，並求  $C$  點左右旋轉角及其垂直位移。



【解題關鍵】

1. 《考題難易》 中等：★★★★☆☆

2. 《破題關鍵》

(1) 剪力彎矩圖為考生基本的的能力。

(2) 需要求的位移及轉角很多，而且又已求得彎矩圖，就選用共軛梁法。

【擬答】

1. 求各支承反力

$$\text{看 ABC 自由體} \quad \sum M_C = 0$$

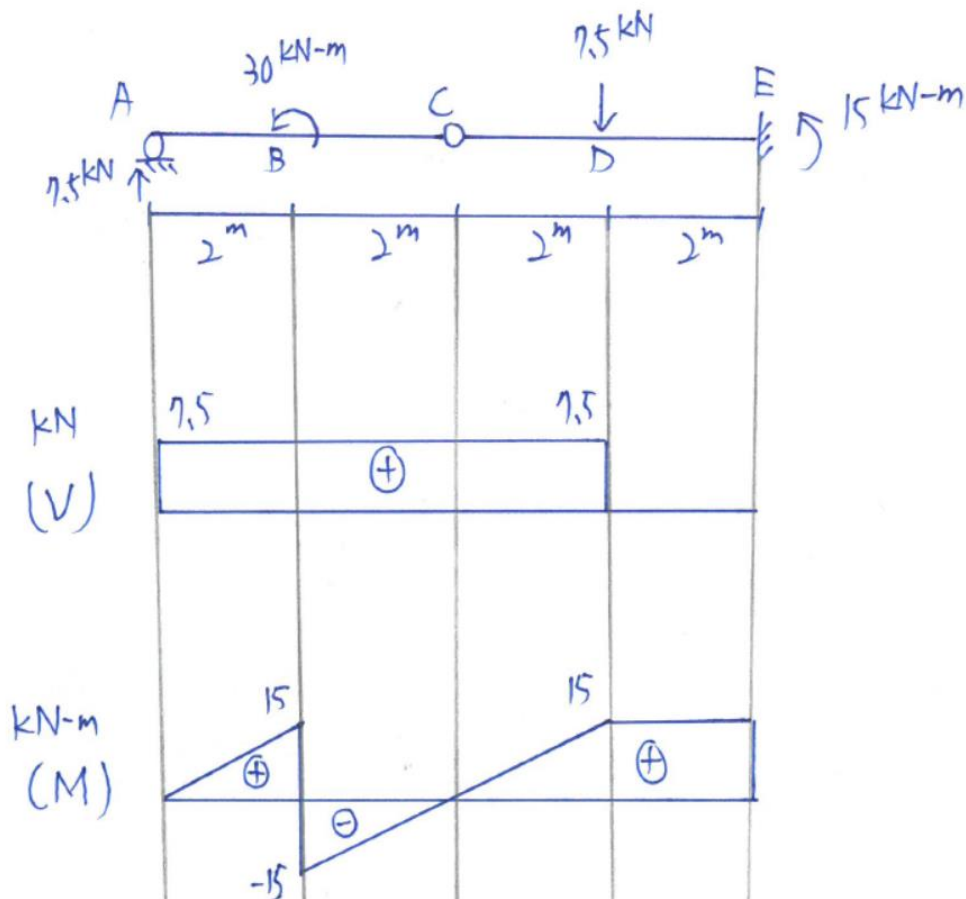
$$R_A(4) = 30 \rightarrow R_A = 7.5 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$\text{看整體} \quad \sum F_Y = 0 \rightarrow R_E = 0$$

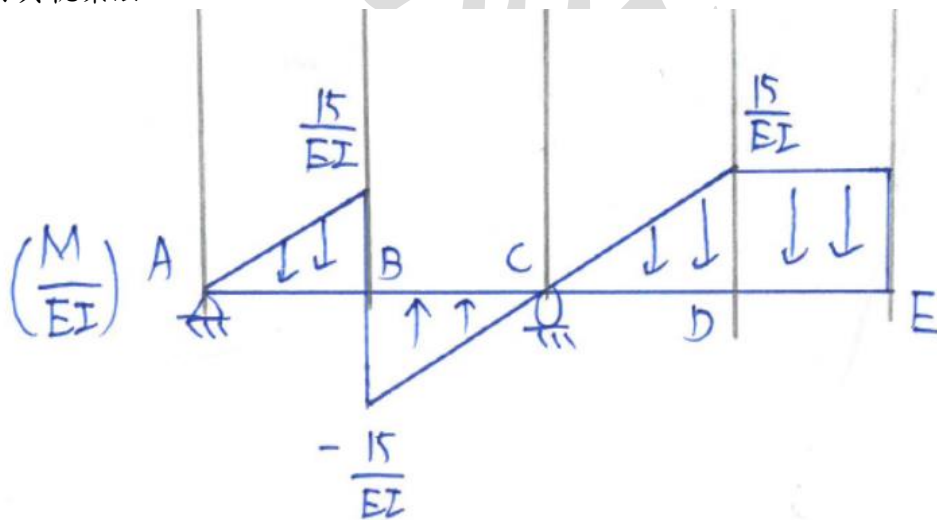
$$\text{看 CDE 自由體} \quad \sum M_E = 0$$

$$M_E = 7.5(4) - 7.5(2) = 15 \text{ kN} - \text{m}(\text{逆})$$

2. 畫剪力彎矩圖如下：



3. 使用共軛梁法



(1) 看 CDE 自由體

$$\sum M_C = 0$$

$$\overline{M}_C = \frac{1}{2}(2)\left(\frac{15}{EI}\right)\left(\frac{2}{3} \times 2\right) + \left(\frac{15}{EI}\right)(2)(3) = \frac{110}{EI} = \frac{110}{200 \times 100} = 0.0055$$

C 點垂直位移  $\Delta_C = 0.0055m(\uparrow) = 5.5mm(\uparrow)$

(2) 看 CDE 自由體

$$\sum F_Y = 0$$

$$\overline{V}_{CR} = \frac{1}{2} \left( \frac{15}{EI} \right) (2) + \left( \frac{15}{EI} \right) (2) = \frac{45}{EI} = \frac{45}{200 \times 100} = 0.00225$$

$$\theta_{CR} = 0.00225 \text{ rad(順)}$$

(3) 看整體

$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (2) \left( \frac{15}{EI} \right) \left( \frac{2}{3} \times 2 \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{15}{EI} \right) (2) \left( \frac{2}{3} \times 2 + 4 \right) + \left( \frac{15}{EI} \right) (2) (7) \\ = \frac{1}{2} (2) \left( \frac{15}{EI} \right) \left( \frac{1}{3} \times 2 + 2 \right) + \overline{V}_C (4) \end{aligned}$$

$$\overline{V}_C = \frac{67.5}{EI} \text{ (↑)}$$

(4) C 節點垂直力平衡

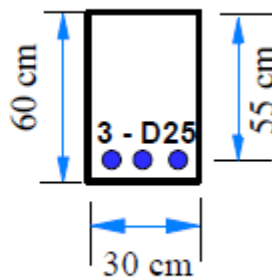
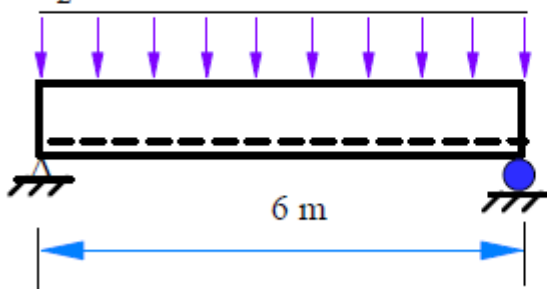
$$\overline{V}_{CL} = \overline{V}_C - \overline{V}_{CR} = \frac{67.5}{EI} - \frac{45}{EI} = \frac{22.5}{EI} = \frac{22.5}{200 \times 100} = 0.001125$$

$$\theta_{CL} = 0.001125 \text{ rad(逆)}$$

三、簡支梁其中間段斷面配筋如圖示， $d=55 \text{ cm}$ ，承受載重  $w_D=2.2 \text{ tf/m}$ （未含自重時）及活動均布載重  $w_L=1.8 \text{ tf/m}$  作用，混凝土單位重  $2,300 \text{ kgf/m}^3$ ， $f_c'=315 \text{ kgf/cm}^2$ ，鋼筋  $f_y=4,200 \text{ kgf/cm}^2$ ，試求此斷面之設計彎矩  $\phi M_n$ ，並驗證其是否滿足  $\phi M_n > M_u$  之要求，請以現行規範作答。D25 直徑 2.54 cm， $A_s=5.067 \text{ cm}^2$ 。（25 分）

$$w_D = 2.2 \text{ tf/m} + \text{weight of beam}$$

$$w_L = 1.8 \text{ tf/m}$$



**【解題關鍵】**

1. 《考題難易》 中等偏易：★★☆☆☆
2. 《破題關鍵》
  - (1) 典型的單筋矩形梁分析。
  - (2)  $f_c' = 315 \text{ kgf/cm}^2$  所對應的  $\beta_1 = 0.825$ 。
3. 《命中特區》正課班講義 P2-3、P2-9 例題

**【擬答】**

1. 計算彎矩外力  $M_u$ 
  - (1) 系數化載重

$$\begin{aligned} w_u &= 1.2w_D + 1.6w_L \\ &= 1.2(2.2 + 2.4 \times 0.3 \times 0.6) + 1.6(1.8) \\ &= 6.0384 \text{ (tf/m)} \end{aligned}$$

(2) 最大彎矩值  $M_{max}$

$$M_u = \frac{1}{8} w_u L^2 = \frac{1}{8} (6.0384)(6)^2 = 27.1728 \text{ (tf-m)}$$

2. 計算設計彎矩強度  $\phi M_n$

(1) 拉力筋是否降伏

$$A_{sb} = \frac{0.85f'_c \times \beta_1 x_b \times b}{f_y} = \frac{0.85(315)(0.825 \times 0.6 \times 55)(30)}{4200} = 52.068 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3 \times 5.067 = 15.201 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{sb} \rightarrow$  拉力筋降伏

(2) 設中性軸  $x$

$$A_s \times f_y = 0.85f'_c \times \beta_1 x \times b$$

$$15.201 \times 4200 = 0.85(315)(0.825x)(30)$$

$$x = 9.634 \text{ cm} \rightarrow a = \beta_1 x = 7.948 \text{ cm}$$

(3) 彎矩強度  $M_n$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 15.201 \times 4200 \times \left( 55 - \frac{7.948}{2} \right) \\ &= 3257714 \text{ (kgf-cm)} = 32.577 \text{ (tf-m)} \end{aligned}$$

(4) 折減因子  $\phi$

$$\phi = 0.65 + 0.25 \left( \frac{d_t}{x} - \frac{5}{3} \right) = 0.65 + 0.25 \left( \frac{55}{9.634} - \frac{5}{3} \right) = 1.661 \text{ (取 0.9)}$$

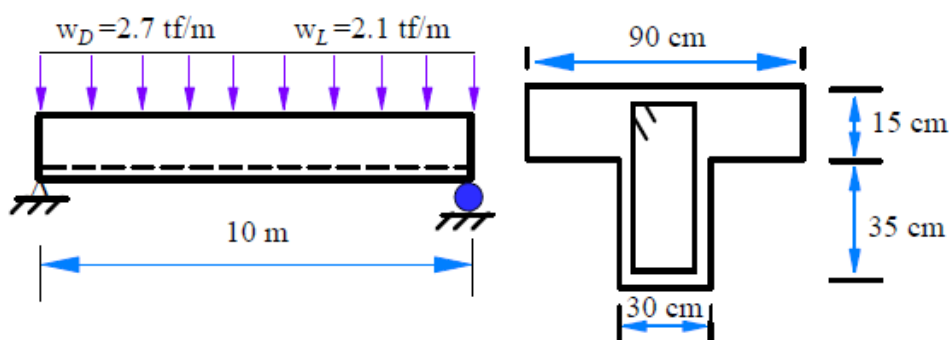
(5) 設計彎矩強度  $\phi M_n$

$$\phi M_n = 0.9(32.577) = 29.319 \text{ (tf-m)} > M_u = 27.1728 \text{ (tf-m)}$$

滿足  $\phi M_n > M_u$  之要求

四、已知梁承受  $w_D=2.7 \text{ tf/m}$  (含自重) 及活動均布載重  $w_L=2.1 \text{ tf/m}$  作用，混凝土  $f'_c=315 \text{ kgf/cm}^2$ ，鋼筋  $f_y=2,800 \text{ kgf/cm}^2$ ，D10 箍筋直徑  $0.953 \text{ cm}$ ， $A_s=0.71 \text{ cm}^2$ ，D22 主筋：直徑  $2.2 \text{ cm}$ ，保護層厚度  $4 \text{ cm}$ ，試求(一)混凝土可以承擔之剪力，(二)臨界斷面處，箍筋之間距  $s=? \text{ cm}$  (25 分)

參考公式： $0.53\sqrt{f'_c} b_w d$ ， $1.06\sqrt{f'_c} b_w d$ ， $2.12\sqrt{f'_c} b_w d$



【解題關鍵】

1. 《考題難易》 中等偏易: ★★☆☆☆
2. 《破題關鍵》
  - (1) 要檢核一下獨立 T 型梁，以及最後箍筋之間距  $s$ 。
  - (2)  $f'_c = 315 \text{ kgf/cm}^2$  所對應的  $\beta_1 = 0.825$ 。
3. 《命中特區》正課班講義 P2-20、P4-7 例題

【擬答】

1. 獨立 T 型梁檢核

$$\frac{b_w}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{cm} \geq h_f = 15\text{cm}$$

$$4b_w = 4 \times 30 = 120\text{cm} \geq b_f = 90\text{cm}$$

故按照原斷面分析計算

2.  $V_c$  混凝土抗剪強度

$$d = 35 + 15 - 4 - 0.953 - \frac{2.2}{2} = 43.947 \text{ cm}$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_wd = 0.53\sqrt{315}(30)(43.947)$$

$$V_c = 12402 \text{ (kgf)}$$

3. 臨界斷面之間距

$$w_u = 1.2w_D + 1.6w_L = 1.2(2.7) + 1.6(2.1) = 6.6 \text{ (tf/m)}$$

$$V_u = 6.6(5 - 0.43947) = 30.099 \text{ (tf)} = 30099 \text{ (kgf)}$$

$$\text{令 } \phi(V_c + V_s) = V_u$$

$$\phi \left( V_c + \frac{A_v f_y d}{s} \right) = V_u$$

$$0.75 \left( 12402 + \frac{2 \times 0.71 \times 2800 \times 43.947}{s} \right) = 30099$$

$$s = 6.301 \text{ cm}$$

4. 檢查  $S_{max}$

$$V_c = 12402 \text{ (kgf)} \quad , \quad V_s = 27730 \text{ (kgf)}$$

$$2V_c < V_s \leq 4V_c$$

$$S_{max} = \min \left[ \frac{A_v f_y}{3.5b_w} , \frac{A_v f_y}{0.2\sqrt{f'_c}b_w} , \frac{d}{4} , 30 \text{ cm} \right]$$

$$= \min \left[ \frac{2 \times 0.71 \times 2800}{3.5 \times 30} , \frac{2 \times 0.71 \times 2800}{0.2\sqrt{315} \times 30} , \frac{43.947}{4} , 30 \text{ cm} \right]$$

$$= \min [37.867 , 37.337 , 10.987 , 30] = 10.987 \text{ cm}$$

實務上可取  $s = 5\text{cm}$  進行設計