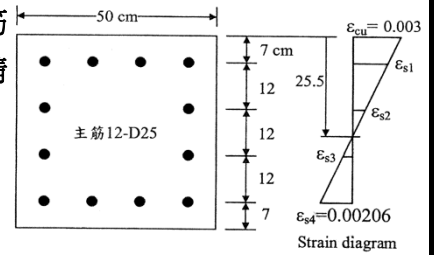


106 年專門職業及技術人員高等考試結構設計參考解答

一、已知一鋼筋混凝土方柱斷面寬 50 cm 共配置 12 支 D25 主筋，此斷面承受軸壓力 P_a 及彎矩 M_a 同時作用下，斷面應變分布如下圖所示。假設混凝土規定抗壓強度為 280 kgf/cm^2 ，主筋 D25 單根鋼筋斷面積為 5.07 cm^2 ，鋼筋規定降伏強度為 4200 kgf/cm^2 ，鋼筋標稱彈性模數為 $2,040,000 \text{ kgf/cm}^2$ ，請回答下列問題：



- (一) 試問下圖應變狀態之名稱。(5 分)
- (二) 試計算此應變狀態下列各鋼筋之應變 ϵ_{s1} 、 ϵ_{s2} 及 ϵ_{s3} 值。(6 分)
- (三) 試計算此應變狀態下之軸壓力 P_a 及彎矩 M_a 值。(10 分)
- (四) 試問若柱軸壓力提高為 $2P_a$ 條件下施加彎矩 M_b 發生破壞，請問破壞時中性軸深度是否大於 25.5 cm？破壞之彎矩 M_b 是否大於 M_a 值？(4 分)

• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

1. 斷面處於平衡應變狀態，屬於中性軸深度已知問題。故標稱軸壓與彎矩強度 P_a 、 M_a 就是平衡應變軸壓與彎矩強度 P_{nb} 、 M_{nb} 。
2. 當軸壓大於 P_{nb} 就是壓力控制斷面，軸壓與中性軸深度成正比和彎矩強度成反比。

參考解答

(一) 圖示的應變狀態

依題圖所示混凝土受壓外緣應變恰達 0.003 且 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 的主筋於此同時達到降伏應變 0.00206，故屬於平衡應變狀態。

(二) 計算各處鋼筋應變

參考題示應變圖，中性軸深度 $c = c_b = 25.5 \text{ cm}$ ， $d = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$ ， $d' = 7 \text{ cm}$ 。中性軸上方的鋼筋受壓，其應變分別為

$$\epsilon_{s1} = (0.003/25.5)(25.5 - 7) = 0.00218 > 0.002 \text{，已降伏。} \quad \blacktriangleleft$$

$$f_{s1} = f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2 \text{。}$$

$$\epsilon_{s2} = (0.003/25.5)(25.5 - 19) = 0.000765 < 0.002 \text{，未降伏。} \quad \blacktriangleleft$$

$$f_{s2} = (6120/25.5)(25.5 - 19) = 1560 \text{ kgf/cm}^2 \text{。}$$

中性軸下方的鋼筋受拉，其應變為

$$\epsilon_{s3} = (0.003/25.5)(31 - 25.5) = 0.000647 < 0.002 \text{，未降伏。} \quad \blacktriangleleft$$

$$f_{s3} = (6120/25.5)(31 - 25.5) = 1320 \text{ kgf/cm}^2 \text{。}$$

(三) 計算此應變狀態的標稱軸壓與彎矩強度

1. 標稱軸壓強度

(1) 壓力塊深度 a

$a = a_b = \beta_1 c = (0.85)(25.5) = 21.675 \text{ cm}$ 。因為此時恰為平衡應變狀態，故標稱軸壓與彎矩強度 P_a 、 M_a 就是平衡應變軸壓與彎矩強度 P_{nb} 、 M_{nb} 。

(2) 混凝土壓應力合力

$$C_c = (0.85 \times 280)(50 \times 21.675)/1000 = 257.933 \text{ tf。}$$

(3) 最上側壓筋力

$$C_{s1} = (4 \times 5.07)(4200 - 0.85 \times 280)/1000 = 80.349 \text{ tf。}$$

(4) 中間壓筋壓力

因為 $19 < (a = 21.675)$ ，所以中間壓筋仍在壓力塊範圍內，要扣 $0.85 f'_c$ 。

$$C_{s2} = (10.14)(1560 - 0.85 \times 280)/1000 = 13.405 \text{ tf。}$$

(5) 最下側拉筋力

$$T_4 = (20.28)(4200)/1000 = 85.176 \text{ tf}。$$

(6) 中間拉筋力

$$T_3 = (10.14)(1320)/1000 = 13.385 \text{ tf}。$$

(7) 軸壓強度 P_{nb}

$$P_{nb} = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_4 - T_3 = 257.933 + 80.349 + 13.405 - 85.176 - 13.385 = 253.126 \text{ tf}。$$

2. 標稱彎矩強度

斷面是對稱配置，**塑心恰好等於形心**。 C_c 的力臂為 $25 - (0.5)(21.675) = 14.163 \text{ cm}$ ； C_{s1} 、 T_4 的力臂為 $25 - 7 = 18 \text{ cm}$ ； C_{s2} 、 T_3 的力臂為 $25 - 19 = 6 \text{ cm}$ 。對塑心使用力矩等效

$$M_{nb} = \frac{(257.933)(14.163) + (80.349 + 85.176)(18) + (13.405 + 13.385)(6)}{100} = 67.933 \text{ tf-m}。$$

$$\text{故 } P_a = P_{nb} = 253.126 \text{ tf}； M_a = M_{nb} = 67.933 \text{ tf-m}。$$

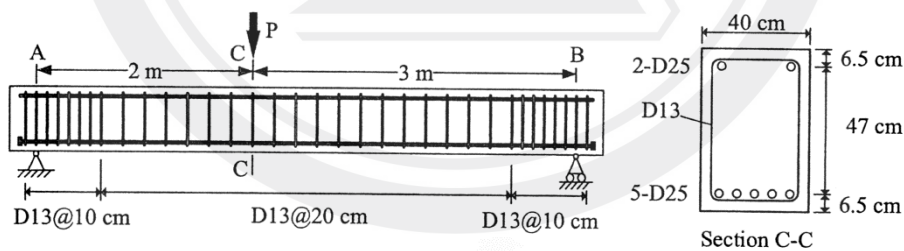
(四) 施加 $2P_a$ 時的破壞狀態

施加 $2P_a$ 就會讓斷面處於軸壓大於 P_{nb} 的**壓力控制斷面**，軸壓與中性軸深度成正比，亦即**軸壓增加則中性軸深度增加**，施加 $2P_a$ 的中性軸深度會大於 25.5 cm 。壓力控制斷面時，軸壓越大彎矩強度越小，故施加 $2P_a$ 對應破壞的標稱彎矩強度 M_b 會小於 M_a 。

※本題請參考“實力《鋼筋混凝土必做 50 題型》— [P6-29、P6-36] 完全命中！”

二、已知一鋼筋混凝土簡支梁跨度 5 m ，斷面尺度及配筋如下圖所示。距支承 A 點 2 m 處之 C 點承受一集中荷載 P 。假設梁自重可忽略，混凝土規定抗壓強度為 280 kgf/cm^2 ，D25 鋼筋單根斷面積為 5.07 cm^2 ，規定降伏強度 f_y 為 4200 kgf/cm^2 ；D13 鋼筋單根斷面積為 1.27 cm^2 ，規定降伏強度 f_{yt} 為 2800 kgf/cm^2 ，請回答下列問題：

- (一) 若梁底層筋為 5 支 D25 鋼筋，頂層筋為 2 支 D25 鋼筋，試計算斷面 C-C 達到其標稱彎矩強度 M_n 時之 C 點荷載 P 值。(15 分)
- (二) 承上，在 C 點荷載 P 值情況下，請評估此梁會不會發生剪力破壞。注意梁兩側箍筋間距為 10 cm ，中央段箍筋間距為 20 cm ，均為 D13 閉合箍筋。(10 分)



• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

- 題意不計梁本身自重，最大彎矩出現在 C 處， $M_{\max} = 1.2P \text{ tf-m}$ 。最大剪力出現在 AC 段， $V_{\max} = 0.6P \text{ tf}$ 。
- 算出雙筋梁彎矩強度後反算標稱彎矩強度 M_n 的集中載重 P ，不需要考慮強度折減因數。接著算出由剪力強度控制的梁上載重值，小者先壞。

參考解答

(一) 由彎矩強度控制的梁上載重值

1. 計算壓降鋼筋量判斷壓筋是否降伏

$$d = 47 + 6.5 = 53.5 \text{ cm}， d' = 6.5 \text{ cm}。 c_y = 3d' = (3)(6.5) = 19.5 \text{ cm}。 A_s = 5 \times 5.07 = 25.35 \text{ cm}^2；$$

$$A_s' = 2 \times 5.07 = 10.14 \text{ cm}^2。$$

$$A_{sy} \div (0.85 \times 280 / 4200)(40)(0.85 \times 19.5) + 10.14 = 47.71 \text{ cm}^2。$$

$$(A_s = 25.35) < (A_{sy} = 47.71)，壓筋「未」降伏，f'_s = (6120/c)(c - 6.5)。$$

2. 計算中性軸深度

$$\text{混凝土壓應力合力 } C_c = (0.85 \times 0.28)(40)(0.85 \times c) = 8.092c \text{ tf}。$$

$$\text{壓筋的壓力 } C_s = (10.14)[(6.12/c)(c - 6.5) - 0.85 \times 0.28] \text{ tf}。$$

$$\text{由拉壓平衡，} 8.092c + (10.14)[(6.12/c)(c - 6.5) - 0.85 \times 0.28] = (25.35)(4.2)。$$

$$\Rightarrow c = 10.524 \text{ cm}，a = (0.85)(10.524) = 8.945 \text{ cm}。$$

$$\epsilon_s = (0.003/10.524)(53.5 - 10.524) = 0.0123 > 0.002，拉筋已降伏。$$

3. 計算彎矩強度反求梁上集中載重

(1) 設計彎矩強度

$$C_c = (8.092)(10.524) = 85.16 \text{ tf}，力臂 jd = d - a/2 = 53.5 - (0.5)(8.945) = 49.023 \text{ cm}。$$

$$C_s = (10.14)[(6.12/10.524)(10.524 - 6.5) - 0.85 \times 0.28] = 21.315 \text{ tf}，力臂 d - d' = 47 \text{ cm}。$$

力矩 = (力)(力臂)，對拉筋重心取力矩

$$M_n = [(85.16)(49.023) + (21.315)(47)] / 100 = 51.766 \text{ tf-m}。$$

(2) 反求梁上載重

依題意不計梁本身自重，題目並明示反算標稱彎矩強度 M_n 的集中載重 P ，故不需要考慮強度折減因數與載重因數。先畫出圖(a)簡支梁在集中 P 力作用下的彎矩與剪力圖，得知最大彎矩出現於 C 點， $M_{\max} = 1.2P$ tf-m。梁要滿足安全性

$$(M_{\max} = 1.2P) \leq (M_n = 51.766) \Rightarrow P \leq 43.138 \text{ tf}，P_{\max,1} = 43.138 \text{ tf}。$$

(二) 由剪力強度控制的梁上載重值評估梁是否安全

1. 計算剪力強度控制的梁上載重值

(1) 混凝土剪力強度

$$\text{使用簡化式 } V_c = (0.53\sqrt{280})(40)(53.5) / 1000 = 18.979 \text{ tf}。$$

(2) 臨界面與剪力筋變換斷面處的作用剪力

因不計梁本身自重，故剪力圖為矩形。由圖(a)剪力圖可知臨界面與剪力筋變換斷面處最大剪力皆出現在 AC 段， $V_{\max} = 0.6P$ tf。

(3) 由剪力筋變換斷面處反算梁上最大載重

照理說臨界面與剪力筋變換斷面處都要分別檢算各自的梁上最大載重並取小者，但因剪力圖是矩形，兩斷面的作用剪力相同，故將會由剪力筋間距較開導致剪力強度較低的剪力筋變換斷面處控制。以較大的剪力筋間距 $s = 20 \text{ cm}$ 為準

$$V_n = V_c + V_s = 18.979 + (2 \times 1.27)(2.8)(53.5) / 20 = 38.004 \text{ tf}。$$

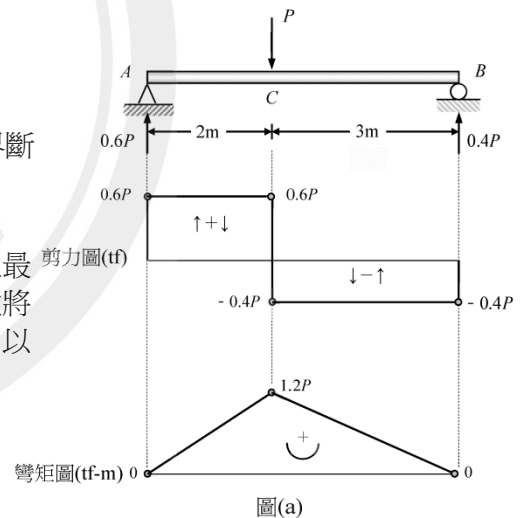
$$\text{梁要滿足安全性 } (V_{\max} = 0.6P) \leq (V_n = 38.004) \Rightarrow P \leq 63.34 \text{ tf}，$$

$$P_{\max,2} = 63.34 \text{ tf}。$$

2. 判斷梁此時是否會產生剪力破壞

剪力破壞的 $P_{\max,2} = 63.34 \text{ tf}$ 大於彎矩破壞的 $P_{\max,1} = 43.138 \text{ tf}$ ，亦即

$$P_{\max,1} = 43.138 \text{ tf} \text{ 作用時梁不會產生剪力破壞。}$$



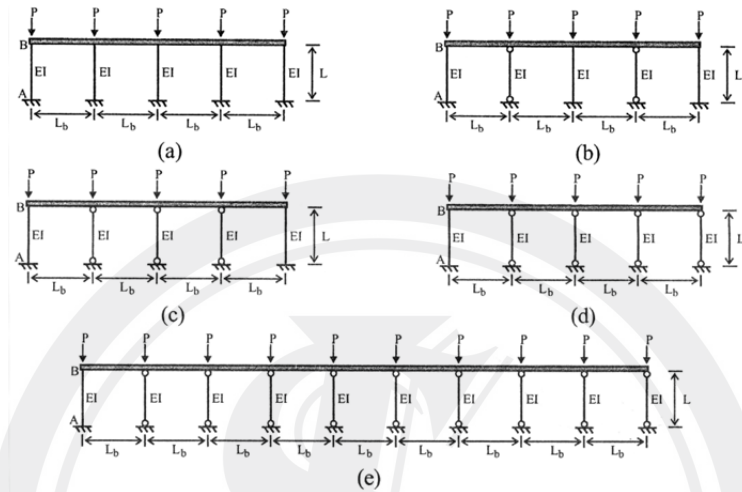
※本題請參考“實力《鋼筋混凝土必做 50 題型》— [P7-22、P7-25]”

“實力《鋼筋混凝土試題精選》— [P7-35]” 完全命中！

107 年技師高考【精修班】
 台北班 1/2(二)18:30 材力
 台中班 12/17(日)09:00 結構
 高雄班 12/16(六)18:00 土力
 其他課程陸續開課
 ~歡迎免費試聽~

第二天土木技師【工程測量】解答
 請上實力網站參閱
<http://www.shi-li.com.tw/>

三、如下圖所示(a)、(b)、(c)、(d)、(e)五個鋼架結構，已知各鋼架結構頂層梁勁度甚大，梁相對柱勁度可視為剛體；今假設各桿間水平間距 L_b 夠大，故不需考慮梁之剪力影響。五個鋼架結構中有些柱上下端均為剛接(Rigid Joint)，有些則均為鉸接(Hinged Joint)，上下端均為鉸接之柱，視為靠桿(Leaning Column)；上下端均為剛接柱，視為強柱。圖(a)中沒有靠桿、圖(b)中有二根靠桿、圖(c)中有三根靠桿、圖(d)中有四根靠桿、圖(e)中有九根靠桿。請參考萊梅厥公式(LeMessurier Formula)，試分別求解圖(a)、圖(b)、圖(c)、圖(d)、圖(e)等各圖中，各鋼架結構中柱 AB 之有效長度係數 $K_{(a)}$ 、 $K_{(b)}$ 、 $K_{(c)}$ 、 $K_{(d)}$ 、 $K_{(e)}$ = ? 今在各圖中柱 AB 之臨界載重 $P_{cr} (= \pi^2 EI / (K_{AB} L)^2 = P_e / K_{AB}^2)$ 情況下，已知五種鋼架結構之總臨界載重 ΣP_{cr} 可用 P_e 的倍數來表示，試比較總臨界載重 $\Sigma P_{cr(a)}$ 、 $\Sigma P_{cr(b)}$ 、 $\Sigma P_{cr(c)}$ 、 $\Sigma P_{cr(d)}$ ，說明四者間增加靠桿後具有何意義；另也請比較 $\Sigma P_{cr(d)}$ 、 $\Sigma P_{cr(e)}$ ，說明二者間增加靠桿後具有何意義？(25 分)



• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

1. 靠桿為結構系統中二端為鉸接(二力構件)且未加以適當側向支撐之承壓構件。
2. 靠桿會讓構架中其他一般柱的有效長度因數「增大」承載力下降，此稱之為靠桿效應。

參考解答

1. 計算各鋼架的 AB 柱有效長度係數

(1) 鋼架(a)

端點有側移但兩端無法轉動的柱其理論 K 值為 1.0， $K_a = 1.0$ 。

(2) 鋼架(b)

靠桿為結構系統中二端為鉸接(二力構件)且未加以適當側向支撐之承壓構件。鋼架(b)中有兩根靠桿三根強柱， $P_e = \pi^2 EI / L^2$ ； AB 柱承受之軸向載重 $P_1 = P$ ；整個結構所有柱的總軸向載重 $\Sigma P = 5P$ ；整個結構強柱在理論 K 值下的臨界載重和 $\Sigma P_{eK} = \left[\pi^2 EI / (1.0 \times L)^2 \right] (3) = 3\pi^2 EI / L^2$ 。依萊梅厥公式計算 AB 柱之有效長度係數 K_b

$$K_b = \sqrt{\frac{P_e \times \Sigma P}{P_1 \times \Sigma P_{eK}}} = \sqrt{\left(\frac{\pi^2 EI}{L^2 P} \right) \left(\frac{5P}{3\pi^2 EI / L^2} \right)} = \sqrt{\frac{5}{3}}$$

很明顯的 AB 柱的 K 值變大了。

(3) 鋼架(c)

鋼架(b)中有三根靠桿兩根強柱， $P_e = \pi^2 EI / L^2$ ； $P_1 = P$ ； $\Sigma P = 5P$ ； $\Sigma P_{eK} = \left[\pi^2 EI / (1.0 \times L)^2 \right] (2) = 2\pi^2 EI / L^2$ 。依萊梅厥公式計算 AB 柱之有效長度係數 K_c

$$K_c = \sqrt{\frac{P_e \times \Sigma P}{P_1 \times \Sigma P_{eK}}} = \sqrt{\left(\frac{\pi^2 EI}{L^2 P} \right) \left(\frac{5P}{2\pi^2 EI / L^2} \right)} = \sqrt{\frac{5}{2}}$$

(4)鋼架(d)

鋼架(d)中有四根靠桿一根強柱， $P_e = \pi^2 EI/L^2$ ； $P_l = P$ ； $\Sigma P = 5P$ ； $\Sigma P_{eK} = \pi^2 EI/(1.0 \times L)^2$ 。依萊梅厥公式計算 AB 柱之有效長度係數 K_d

$$K_d = \sqrt{\frac{P_e \times \Sigma P}{P_l \times \Sigma P_{eK}}} = \sqrt{\left(\frac{\pi^2 EI}{L^2 P}\right) \left(\frac{5P}{\pi^2 EI/L^2}\right)} = \sqrt{5} \quad \blacktriangleleft$$

(5)鋼架(e)

鋼架(e)中有九根靠桿一根強柱， $P_e = \pi^2 EI/L^2$ ；AB 柱承受之軸向載重 $P_l = P$ ；整個結構所有柱的總軸向載重 $\Sigma P = 10P$ ；整個結構強柱在理論 K 值下的臨界載重和 $\Sigma P_{eK} = \pi^2 EI/(1.0 \times L)^2$ 。依萊梅厥公式計算 AB 柱之有效長度係數 K_e

$$K_e = \sqrt{\frac{P_e \times \Sigma P}{P_l \times \Sigma P_{eK}}} = \sqrt{\left(\frac{\pi^2 EI}{L^2 P}\right) \left(\frac{10P}{\pi^2 EI/L^2}\right)} = \sqrt{10} \quad \blacktriangleleft$$

2. 計算各鋼架的總挫屈強度

(1)鋼架(a)

$$K_a = 1.0, AB \text{ 柱(強柱)之挫屈強度 } P_{cr,a} = \frac{P_e}{K_a^2} = \frac{P_e}{1.0^2} = P_e \quad \blacktriangleleft$$

鋼架(a)無靠桿，強柱有 5 根。總挫屈強度 $\Sigma P_{cr,a} = P_e \times 5 = 5P_e$ 。

(2)鋼架(b)

$$K_b = \sqrt{5/3}, AB \text{ 柱(強柱)之挫屈強度 } P_{cr,a} = \frac{P_e}{K_b^2} = \frac{P_e}{5/3} = \frac{3}{5} P_e \quad \blacktriangleleft$$

鋼架(b)強柱有 3 根。總挫屈強度 $\Sigma P_{cr,b} = (3P_e/5)(3) = 9P_e/5$ 。

(3)鋼架(c)

$$K_c = \sqrt{5/2}, AB \text{ 柱(強柱)之挫屈強度 } P_{cr,a} = \frac{P_e}{K_c^2} = \frac{P_e}{5/2} = \frac{2}{5} P_e \quad \blacktriangleleft$$

鋼架(c)強柱有 2 根。總挫屈強度 $\Sigma P_{cr,c} = (2P_e/5)(2) = 4P_e/5$ 。

(4)鋼架(d)

$$K_d = \sqrt{5}, AB \text{ 柱(強柱)之挫屈強度 } P_{cr,a} = \frac{P_e}{K_d^2} = \frac{P_e}{5} \quad \blacktriangleleft$$

鋼架(d)強柱有 1 根。總挫屈強度 $\Sigma P_{cr,d} = P_e/5$ 。

(5)鋼架(e)

$$K_e = \sqrt{10}, AB \text{ 柱(強柱)之挫屈強度 } P_{cr,a} = \frac{P_e}{K_e^2} = \frac{P_e}{10} \quad \blacktriangleleft$$

鋼架(e)強柱有 1 根。總挫屈強度 $\Sigma P_{cr,e} = P_e/10$ 。

3. 各鋼架間的總挫屈強度比較

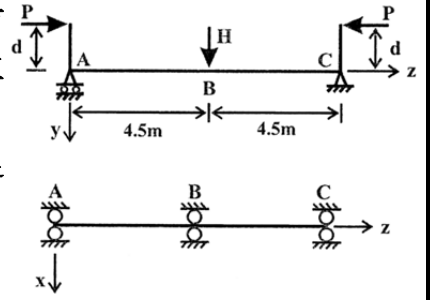
靠桿越多則總挫屈強度越低。當鋼架發生側向位移時，靠桿除了本身無法提供承载力外，反而會因缺乏適當的側向支撐，引致系統產生多餘的水準側向力，將造成鋼架系統承载力大幅下降，此稱之為靠桿效應。

(a)~(d)鋼架總挫屈強度以無靠桿的(a)最高，4 根靠桿的(d)最低。(a)~(d)鋼架屬於總柱桿數不變(5 根)，但靠桿與強柱成此消彼長的態勢。在總柱桿數不變且強柱邊界條件相同的前提下，兩兩鋼架間的總挫屈強度比值與強柱的數量有關，可用 $\Sigma P_{cr,2}/\Sigma P_{cr,1} = (\gamma_2/\gamma_1)^2$ 求得，其中 γ_2 = 鋼架 2 的強柱數量； γ_1 = 鋼架 1 的強柱數量。舉個例子，鋼架(a)強柱有 5 根 $\gamma_a = 5$ ；鋼架(c)強柱有 2 根 $\gamma_b = 2$ ，鋼架(a)的總挫屈強度是鋼架(c)的 $(\gamma_a/\gamma_b)^2 = (5/2)^2 = 25/4$ 倍。

(d)、(e)兩鋼架的鋼架總挫屈強度以有 4 根靠桿的(d)較高，有 9 根靠桿的(e)較低。(d)、(e)兩鋼架屬於強柱桿數不變(1 根)但總桿數增加的態樣。此時兩兩鋼架間的總挫屈強度比值與總桿數的數量有關，可用 $\Sigma P_{cr,2}/\Sigma P_{cr,1} = \alpha_1/\alpha_2$ 求得，其中 α_1 = 鋼架 1 的總桿數； α_2 = 鋼架 2 的總桿數。舉個例子，鋼架(d)總桿數有 5 根 $\alpha_d = 5$ ；鋼架(e)總桿數有 10 根 $\alpha_e = 10$ ，鋼架(d)的總挫屈強度是鋼架(e)的 $\Sigma P_{cr,d}/\Sigma P_{cr,e} = \alpha_e/\alpha_d = 10/5 = 2$ 倍。總之無論是總柱桿數不變的靠桿增加態樣或是強柱數量不變然靠桿增加的態樣，只要靠桿增加就會讓結構系統承载力下降。

※本題請參考“實力《鋼結構必做 50 題型》— [P3-83]” 完全命中！

四、已知一型鋼梁柱構材，相關尺寸配置如下圖所示，假設 A、B、C 三點均有側向支撐補強，且此型鋼梁柱構材承受偏心 d 之工作載重壓力 P 及橫向工作載重 H 。若此梁柱構材採用 W14×30 結實斷面、 $H = 2 \text{ tf}$ 、 $P = 15 \text{ tf}$ 、 $d = 25 \text{ cm}$ ，試以容許應力法 (ASD)，驗核此型鋼梁柱構材強度是否滿足規範？(25 分)



W14×30 之斷面及材料性質：

$$A = 57.1 \text{ cm}^2, d = 35.2 \text{ cm}, t_w = 0.686 \text{ cm}, b_f = 17.1 \text{ cm}, t_f = 0.98 \text{ cm}, r_t = 4.45 \text{ cm}, I_x = 12100 \text{ cm}^4, \\ S_x = 688 \text{ cm}^3, r_x = 14.6 \text{ cm}, I_y = 816 \text{ cm}^4, S_y = 95.4 \text{ cm}^3, r_y = 3.78 \text{ cm}, E = 2040 \text{ tf/cm}^2, F_y = 2.5 \text{ tf/cm}^2, \\ F_u = 4.1 \text{ tf/cm}^2$$

• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

本題為 ASD 梁柱強度檢核之題型，考生應按柱效應→梁效應→梁柱效應的流程依序分析。

參考解答

1. 柱效應分析

(1) 計算工作軸壓應力 f_a

$$f_a = P/A = 15/57.1 = 0.263 \text{ tf/cm}^2。$$

(2) 計算斷面容許軸壓強度 F_a

梁柱無側移且端點可自由轉動，故 $K_x = K_y = 1.0$ 。長細比計算時 L 是彎曲平面上支承間的距離。在 yz 平面繞 x 軸彎曲時，支承在 AC 兩點， $L_x = 900 \text{ cm}$ ；在 xz 平面繞 y 軸彎曲時，支承在 ABC 三點， $L_y = 450 \text{ cm}$ 。

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{(1.0)(900)}{14.6} = 61.644 ; \left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{(1.0)(450)}{3.78} = 119.048。 (KL/r)_{\max} = 119.048。$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{(2\pi^2)(2040)}{2.5}} = 126.914 > \left(\frac{KL}{r}\right)_{\max} = 119.048，屬於非彈性挫屈。$$

$$R = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = \frac{119.048}{126.914} = 0.938。$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5R^2)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8}R - \frac{1}{8}R^3} F_y = \frac{1 - (0.5)(0.938)^2}{\frac{5}{3} + \left(\frac{3}{8}\right)(0.938) - \left(\frac{1}{8}\right)(0.938)^3} (2.5) = 0.731 \text{ tf/cm}^2。$$

(3) 判斷大小軸力

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{0.263}{0.731} = 0.36 > 0.15，屬於大軸力。$$

2. 梁效應分析

(1) 計算強軸工作彎曲應力 f_{bx}

① 支承處彎矩應力(用於降伏性準則)

$$M_{x,A} = Pd = 15 \times 25 = 375 \text{ tf-cm}， f_{bx,A} = 375/688 = 0.545 \text{ tf/cm}^2。$$

② 全梁最大作用彎矩應力(用於穩定性準則)

全梁最大作用強軸彎矩出現在梁中 B 點

$$M_{x,B} = (2)(900)/4 + 375 = 825 \text{ tf-cm}， f_{bx,B} = 825/688 = 1.199 \text{ tf/cm}^2。$$

(2) 計算 C_b 值

ASD 端點無側移梁柱有 C_b 、 C_m 不共存原則，於穩定性準則中一定要用 $C_b = 1.0$ 計算 F_{bx} 。許弘老師在課堂上說過為求簡化，不論是穩定性或降伏性準則一律皆使用 $C_b = 1.0$ 求解。

(3) 側支撐臨界長度計算

強軸於 ABC 三點有側支撐，無側支撐長度 $L_b = 450 \text{ cm}$ 。

$$L_c = \min \left\{ \frac{20 \times 17.1}{\sqrt{2.5}}, \frac{1400}{[35.2 / (17.1 \times 0.98)](2.5)} \right\} = \min \{ 216.3, 266.605 \} = 216.3 \text{ cm}。$$

$$L_u = (4.45) \sqrt{\frac{(7160)(1.0)}{2.5}} = 238.148 \text{ cm} ; L_e = (4.45) \sqrt{\frac{(35800)(1.0)}{2.5}} = 532.515 \text{ cm}。$$

$L_u < (L_b = 450 \text{ cm}) < L_e$ ，屬非彈性 LTB 第三區。

(4) 計算斷面強軸容許彎矩強度 F_{bx}

① 抗翹曲挫屈強度 F_{bx1}

$$F_{bx1} = \left[\frac{2}{3} - \frac{(2.5)(450/4.45)^2}{(107600)(1.0)} \right] (2.5) = 1.073 \text{ tf/cm}^2 < (0.6)(2.5) = 1.5。$$

② 抗扭轉挫屈強度 F_{bx2}

$$F_{bx2} = \frac{(840)(1.0)}{(450)[35.2 / (17.1 \times 0.98)]} = 0.889 \text{ tf/cm}^2 < 1.5。$$

③ 取大為 F_{bx}

$$F_{bx} = \max \{ 1.073, 0.889 \} = 1.073 \text{ tf/cm}^2。$$

3. 梁柱效應分析

① 計算 C_{mx}

梁柱端點有支承無側移，支承間有橫向載重， $C_{mx} = 1.0$ 。

② 計算 F'_{ex}

$$F'_{ex} = \frac{(12\pi^2)(2040)}{(23)(61.644)^2} = 2.764 \text{ tf/cm}^2。$$

③ 計算放大係數 A_F

$$A_{Fx} = \frac{C_{mx}}{1 - f_a / F'_{ex}} = \frac{1}{1 - 0.263 / 2.764} = 1.105。$$

4. 強度檢核

(1) 穩定性準則

$$\frac{f_a}{F_a} + A_{Fx} \frac{f_{bx}}{F_{bx}} = 0.36 + (1.105) \left(\frac{1.199}{1.073} \right) = 1.595 > 1.0 \text{ NG !}$$

(2) 降伏性準則

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} = \frac{0.263}{1.5} + \frac{0.545}{1.073} = 0.683 < 1.0。$$

綜上所述梁柱強度不足無法滿足規範要求。

“106 年土木技師” 考題完全剖析
於 106/11/25(六) 13:00
實力學員可免費參加
* 另開放 10 個名額給非學員 *
欲參加者請至【台北實力土木】粉絲團
線上報名填單，名額有限，額滿為止

※本題請參考“實力《觀念鋼結構》－〔P6-31〕”

“實力《鋼結構必做 50 題型》－〔P5-16〕” 完全命中！

“實力土技金榜勇奪第一 105 年全國前十名實力強佔八名”

【土木專業入門先修班】

學習土木專業科目之前必備的
基礎力學、基礎數學、微積分、工程數學，
讓您能先打好基礎以銜接明年初的專業課程
欲參加者，請至櫃檯報名繳費
並上實力粉絲專頁填寫表單
表單連結網址：goo.gl/vcoh3D
《滿額即開班》