

111 年專技高考 土木技師試題

等 別：高等考試
 類 科：土木工程技師
 科 目：結構設計(包括鋼筋混凝土設計與鋼結構設計)

「鋼筋混凝土設計」依據及作答規範：

內政部營建署「混凝土結構設計規範」(內政部 110.3.2 台內營字第 1100801841 號令)；

中國土木水利工程學會「混凝土工程設計規範與解說」(土木 401-100)

一、有一簡支 H 型鋼梁，跨距為 8.8m，全跨承受因數化載重 $w_u = 8 \text{ tf/m}$ ，型鋼斷面強軸承受彎矩。鋼梁為熱軋 H 型鋼 $H600 \times 200 \times 11 \times 17$ ，為塑性設計斷面，鋼材降伏應力 $F_y = 3.5 \text{ tf/cm}^2$ 。簡支梁兩端支承點皆有向支撐。鋼梁為了承載此因數位載重，需於兩端支承點目增加側向支撐。假設增加的側向支撐為等間距，且其數量最少；並且 c_b 值保求的取 1.0。請依據極限設計法，計算需於兩端支承點間增加多少數量的側向支撐？側向支撐間距為何？(25 分)

參考資料：

$H600 \times 200 \times 11 \times 17$ ： $A = 132 \text{ cm}^2$ ， $I_x = 75,600 \text{ cm}^4$ ， $I_y = 2,270 \text{ cm}^4$ ， $r_x = 24 \text{ cm}$ ， $r_y = 4.15 \text{ cm}$ ， $r_T = 5.02 \text{ cm}$ ， $S_x = 2,520 \text{ cm}^3$ ， $S_y = 227 \text{ cm}^3$ ， $Z_x = 2,900 \text{ cm}^3$ ， $Z_y = 358 \text{ cm}^3$ ， $X_1 = 130 \text{ ft/cm}^2$ ， $X_2 = 3.46 (\text{cm}^2/\text{tf})^2$ 。

參考公式：請自行選擇適合的公式，並檢查其正確性，若有問題應自行修正。

$$L_p = \frac{80r_y}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left[\frac{S_x}{GJ} \right]^2$$

$$M_n = C_b \left\{ M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right\} \leq M_p$$

$$M_r = F_L S_x$$

$$F_L = (F_{yf} - F_r) \text{ 或 } F_{yw} \text{ 取小值}$$

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

$$= \frac{C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / r_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{(L_b / r_y)^2}}$$

《考題難易》★★★★☆

《考題重點》

1. 判別側向支撐間距的狀態為 $L_p < L_b < L_r$ ，屬非彈性 L.T.B
2. 由因數化載重決定需要的最大側向支撐長 L_b

【擬答】：

梁長度為 8.8 m 及 $C_b = 1.0$

$$M_u = \frac{1}{8} \times 8 \times 8.8^2 = 77.4 \text{ tf} \cdot \text{m}$$

斷面為塑性設計，所以斷面為結實斷面

(一) 計算 L_p ， L_r

$$L_p = \frac{80 r_y}{\sqrt{F_{yf}}} = \frac{80 \times 4.15}{\sqrt{3.5}} = 177.5 \text{ cm}$$

$$\text{熱軋型鋼 } F_r = 0.7 \text{ tf} / \text{cm}^2$$

$$F_L = F_{yw} - F_r = 3.5 - 0.7 = 2.8 \text{ tf} / \text{cm}^2$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}} = \frac{4.15 \times 130}{2.8} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 3.46 \times 2.8^2}} = 483.8 \text{ cm}$$

(二) 判別側向支撐長 L_b

側向支撐間距為等間距，且數量最少。

若取中間一個支撐，則 $L_p < L_b = 440cm < L_r$

可知側向支撐間距的狀態為 $L_p < L_b < L_r$ ，屬非彈性 L.T.B.

(三) 由因數化載重決定需要的最大側向支撐長 L_b

$$M_p = Z_x F_y = 2900 \times 3.5 \times 10^{-2} = 101.5 \text{ tf} \cdot m$$

$$\phi_b M_p = 0.9 \times 101.5 = 91.35 \text{ tf} \cdot m$$

$$M_r = (F_{yw} - F_r) S_x = (3.5 - 0.7) \times 2520 \times 10^{-2} = 70.56 \text{ tf} \cdot m$$

$$\phi_b M_n = \phi_b C_b \left\{ M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right\}$$

$$\phi_b M_n = 0.9 \times 1.0 \times \left\{ 101.5 - (101.5 - 70.56) \left[\frac{L_b - 177.5}{483.8 - 177.5} \right] \right\} \geq M_u = 77.4 \times 10^2 \text{ tf} \cdot cm$$

$$\Rightarrow L_b \leq 331 \text{ cm}$$

(四) 決定設計的側向支撐長 L_b

$$\text{增加 2 個支撐，側向支撐長 } L_b = \frac{880}{3} = 293.3 \text{ cm} \leq 331 \text{ cm}$$

答：增加 2 個支撐，側向支撐間距為 293.3cm

二、有一鋼筋混凝土柱，縱向受壓鋼筋的配置有一處為 D29 與 D25 的搭接。D25 鋼筋直徑 $d_b=2.54\text{cm}$ ，D29 鋼筋直徑 $d_b=2.87\text{cm}$ ，鋼筋降伏強度 $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ 。混凝土抗壓強度 $f'_c=280\text{kgf/cm}^2$ 。不考慮修正因數，請計算該搭接處搭接長度為何?(25 分)

參考公式：請自行選擇適合的公式，並檢查其正確性，若有問題應自行修正。

$$\ell_d = \frac{0.19f_y\phi_t\phi_e\lambda}{\sqrt{f'_c}}d_b$$

$$\ell_{dc} = \frac{0.075f_y}{\sqrt{f'_c}}d_b$$

$$\ell_{dc} = 0.0043f_yd_b$$

鋼筋 $f_y \leq 4200\text{kgf/cm}^2$ 者：受壓搭接長度為 $0.0071d_b f_y$ ，且不得小於 30cm

《考題難易》中等偏難：★★★★☆

《考題重點》大號鋼筋要檢討的是受壓伸展長度；小號鋼筋要檢討的是受壓搭接長度。

【擬答】：

對不同直徑之受壓鋼筋作搭接時，本規範要求其搭接長度為(1)小號鋼筋之受壓搭接長度；(2)大號鋼筋之受壓伸展長度，兩者取大值。而此項要求之理由如下：對相同根數但不同直徑之鋼筋作抗壓搭接時，其鋼筋應負擔之壓力是以小號鋼筋為準，故小路鋼筋之搭接長度應為設計對象。但大號鋼筋會因凝土乾縮和潛變的影響，而負擔額外的壓力，故這些大號鋼筋的壓力應在其伸展長度內釋放出來，以供小號鋼筋和周遭之混凝土共同承接。因此，大號鋼筋之伸展長度也應作設計之考慮。

(一) 檢討大號鋼筋受壓伸展長度

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \max \left[\frac{0.075f_y}{\sqrt{f'_c}}d_b, 0.0043f_yd_b, 20\text{ cm} \right] \\ &= \max \left[\frac{0.075(4200)}{\sqrt{280}}(2.87), 0.0043(4200)(2.87), 20\text{ cm} \right] \\ &= \max[54.027, 51.832, 20\text{cm}] = 54.027(\text{cm}) \end{aligned}$$

(二) 檢討小號鋼筋受壓搭接長度

$$\begin{aligned} L_{sc} &= \max[0.0071f_yd_b, 30\text{ cm}] = \max[0.0071(4200)(2.54), 30\text{cm}] \\ &= \max[75.743, 30\text{cm}] = 75.743(\text{cm}) \end{aligned}$$

(三) 兩者取大值：搭接長度為 **75.743(cm)**

三、鋼結構構件的接合常採用螺栓接合，請回答下列問題：(25 分)

(一) 高強度螺栓的鎖緊須達最少預拉力，請列舉四項鎖緊方法。

(二) 影響摩阻型接合的抗滑強度有那些因素？

《考題難易》★★☆☆☆

《考題重點》由摩阻型接合的特性記憶推論抗滑強度的因素

【擬答】：

(一) 高強度螺栓的鎖緊達最小預拉力的四項鎖緊方法

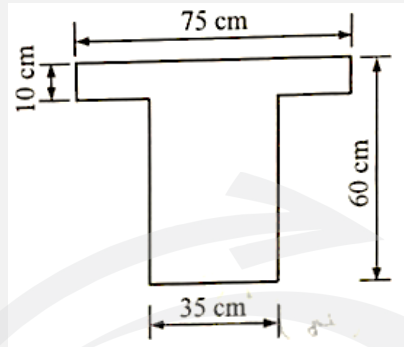
1. 扭力控制法：使用人工以板手或電動板手鎖緊後再以扭力板手檢驗。
2. 螺帽旋轉法：在螺栓鎖定，螺帽轉動時，螺栓會受預拉力而伸長，要達到最小預拉力，我們可以建立在螺帽轉動迴轉角度與螺栓的直徑與長度間的關係表，以此決定最小預拉力所需的旋轉角度。
3. 拉力指示器：使用一特製的拉力指示墊片，在其上有凸出部分，當鎖定後凸出部分會被壓平，此時以厚度規量測螺帽與鋼板間隙是否在規定值內，決定是否達到最小預拉力。
4. 使用扭斷型螺栓：螺栓有一尾端，在鎖定螺栓達最小預拉力時，此尾端會斷裂脫落。可輕易得知是否達最小預拉力。

(二) 影響摩阻型接合的抗滑強度的因素

摩阻型接合是以鋼板間的摩擦力抵抗滑動，影響摩阻型接合的抗滑強度的因素只要為如何增加鋼板間的摩擦力。摩擦力 $F = \mu_s N$ ， μ_s 為鋼板間的摩擦係數， N 為鋼板間的正向壓力。

1. 鋼板間的正向壓力與螺栓的拉力成正比：規範要求預拉力應達螺栓最小抗拉強度的70%。
2. 鋼板表面的處理：應在上鎖前將表面的汙垢，鐵銹及螺栓孔的毛邊處理清潔，增加摩擦係數。

四、圖示為鋼筋混凝土 T 型梁的斷面，有效版寬 75cm。梁承受正彎矩，配置雙層排列的拉力鋼筋，有效深度 $d=50.2\text{cm}$ ，最外層受拉鋼筋位置 $d_t=53.1\text{cm}$ 。混凝土抗壓強度 $f'_c=280\text{kgf/cm}^2$ ，拉力鋼筋降伏強度 $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ 。試計算此 T 型梁規範容許的最大量拉力鋼筋截面積 A_s ，並以拉力鋼筋截面積 A_s 計算設計彎矩強度 ϕM_n 。(25 分)



《考題難易》中等：★★★★☆

《考題命中》正課班講義 P2-28。本張考卷要求使用舊的土木(401-100)來回答。

【擬答】：

(一) 最大拉力筋量為 $\epsilon_t = 0.004$

$$x = \frac{3}{7} d_t = \frac{3}{7} (53.1) = 22.757(\text{cm})$$

$$a = \beta_1 x = 0.85(22.757) = 19.343(\text{cm})$$

$$A_{s,max} f_y = 0.85 f'_c [ab_w + 10 \times 40]$$

$$A_{s,max} (4200) = 0.85 (280) [19.343 \times 35 + 10 \times 40]$$

$$A_{s,max} = 61.03(\text{cm}^2)$$

(二) 求 ϕM_n

$$M_n = C_{c1} \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_{c2} \left(d - \frac{10}{2} \right)$$

$$= 0.85(280)(19.343 \times 35) \left(50.2 - \frac{19.343}{2} \right)$$

$$+ 0.85(280)(10 \times 40) \left(50.2 - \frac{10}{2} \right)$$

$$= 10833283(\text{kgf} - \text{cm}) = 108.333(\text{tf} - \text{m})$$

$$\phi = 0.65 + 0.25 \left(\frac{d_t}{x} - \frac{5}{3} \right) = 0.65 + 0.25 \left(\frac{53.1}{22.757} - \frac{5}{3} \right) = 0.817$$

$$\phi M_n = 88.508(\text{tf} - \text{m})$$