

109 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)

一、重 $w_D = 1.2 \text{ tf/m}$ 與在梁中央之集合活載重 $P_L = 4.8 \text{ tf}$ 。若此梁是位於一般樓層，且該梁上下方無隔間牆或天花板，試檢核該梁是否可符合結構混凝土設計規範對撓度之控制（可參考規範表 2.11.2 之規定）？（25 分）

參考公式：

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g \quad f_r = 2.0\sqrt{f'_c} \quad E_c = 15,000\sqrt{f'_c}$$

表 2.11.2 容許計算撓度

構材形式	考慮之撓度	撓度值限制
平屋頂，不支承或不連繫於因其較大撓度而易遭破壞之非結構體者。	因活載重所產生之即時撓度。	$\ell/180^*$
樓版，不支承或不連繫於因其較大撓度而易遭破壞之非結構體者。	因活載重所產生之即時撓度。	$\ell/360$
屋頂或樓版，支承或連繫於因其較大撓度而易遭破壞之非結構體者。	與因其較大撓度而易遭破壞之非結構體連繫後所增之撓度（持續載重之長時撓度與任何增加活載重之即時撓度之和 ⁺ ）。	$\ell/480^{++}$
屋頂或樓版，支承或連繫於不因其較大撓度而易遭破壞之非結構體者。	與因其較大撓度而易遭破壞之非結構體連繫後所增之撓度（持續載重之長時撓度與任何增加活載重之即時撓度之和 ⁺ ）。	$\ell/240^{\&}$

《考題難易》 中等偏難: ★★★★★

《破題關鍵》

1. 考慮構材形式，再決定撓度值限制。
2. 活載重作用 = 靜載活載同時作用 - 靜載重作用。

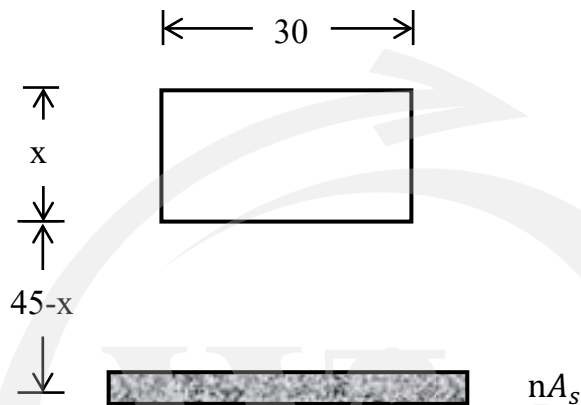
《命中特區》題庫班RC講義EX6 - 1例題

【擬答】

(一) 計算 I_g 、 I_{cr} 、 M_{cr}

$$I_g = \frac{1}{12}(30)(55)^3 = 415937.5 \text{ cm}^4$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 \times 10^6}{15000\sqrt{280}} = 8.128(\text{取 } 8)$$



$$30x \left(\frac{x}{2}\right) = 8(25.34)(45 - x)$$

$$15x^2 + 202.72x - 9122.4 = 0$$

可以解出 $x = 18.812 \text{ cm}$

$$I_{cr} = \frac{1}{3}(30)(18.812)^3 + 8(25.34) \times (45 - 18.812)^2 = 205602 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y} = \frac{2.0\sqrt{280}(415937.5)}{55/2} = 506179 \text{ kgf-cm} = 5.062 \text{ tf-m}$$

(二) 求靜載重+活載重之 Δ

$$\begin{aligned} M_a &= \frac{wL^2}{8} + \frac{PL}{4} \\ &= \frac{1.2 \times 10^2}{8} + \frac{4.8 \times 10}{4} = 27(\text{tf-m}) > M_{cr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_e &= I_{cr} + \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 (I_g - I_{cr}) \\ &= 205602 + \left(\frac{5.062}{27}\right)^3 (415937.5 - 205602) = 206988 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{D+L} &= \frac{5wL^4}{384E_cI_e} + \frac{PL^3}{48E_cI_e} \\ &= \frac{5(12)(1000)^4}{384(15000\sqrt{280})(206988)} + \frac{(4800)(1000)^3}{48(15000\sqrt{280})(206988)} = 4.932 \text{ cm}\end{aligned}$$

(三) 求靜載重之 Δ

$$\begin{aligned}M_a &= \frac{wL^2}{8} = \frac{1.2 \times 10^2}{8} = 15(tf - m) > M_{cr} \\ I_e &= I_{cr} + \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 (I_g - I_{cr}) \\ &= 205602 + \left(\frac{5.062}{15}\right)^3 (415937.5 - 205602) = 213686 \text{ cm}^4 \\ \Delta_{D+L} &= \frac{5wL^4}{384E_cI_e} = \frac{5(12)(1000)^4}{384(15000\sqrt{280})(213686)} = 2.913 \text{ cm}\end{aligned}$$

(四) 求活載重之 Δ

$$\Delta_L = \Delta_{D+L} - \Delta_D = 4.932 - 2.913 = 2.019 \text{ cm}$$

(五) 檢核是否符合規範

本題位於一般樓層，且無支承無連繫其他非結構體，因此撓度限制為

$$\text{撓度上限} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2.778 \text{ cm}$$

$$\Delta_L = 2.019 \text{ cm} < \text{撓度上限} = 2.778 \text{ cm}$$

符合規範！

二、臺灣位處地震帶，建築物結構設計時皆需考量耐震設計，一般 RC 建築物先經基本結構設計後，梁柱仍需再符合結構混凝土設計規範「第十五章 耐震設計之特別規定」之耐震細部設計要求。

有一矩形截面柱，若地震引致之柱剪力超過設計剪力之半且此柱設計軸力小於 $0.05A_gf'_c$ ，依規範耐震細部設計要求，配置柱全長所需箍筋及繫筋間距值，請說明柱頭圍束區及柱中央非圍束區之設計，所需箍筋及繫筋有何特別要求？並比較柱頭圍束區及柱中央非圍束區所需箍筋及繫筋間距值計算時，依規範要求考量上之相同及不同處為何？(說明即可！不必計算！)
(25分)

參考公式：

$$A_{sh} = 0.3 s b_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \quad A_{sh} = 0.09 s b_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad s_0 = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right)$$

《考題難易》 中等: ★★☆☆☆

《破題關鍵》 1. 本題很顯然的在考同學有沒有背耐震章節的公式。

2. 要解釋公式裡面的符號，以及背後的原理。

《命中特區》 正課班RC講義P11 - 9~P11 - 11

【擬答】

(一) 箍筋及繫筋之間距值

題目已經說明本題為矩形斷面

柱矩形閉合箍筋及繫筋之總斷面積 A_{sh} 不得小於以下之值：

$$A_{sh} = 0.3sb_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

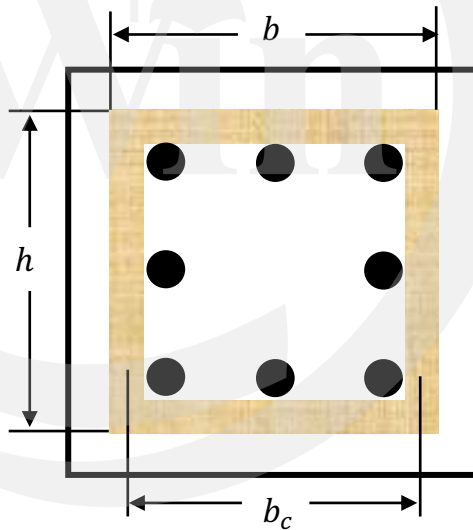
$$A_{sh} = 0.09sb_c \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

b_c ：箍筋外緣圍束鋼筋心到心之間距。

$A_{ch} = bh$ ：鋼筋最外緣邊邊所圍束的面積。

f_{yt} ：箍筋降伏強度。

s ：箍筋間距。



(二) 圍束區及非圍束區，箍筋及繫筋特別要求

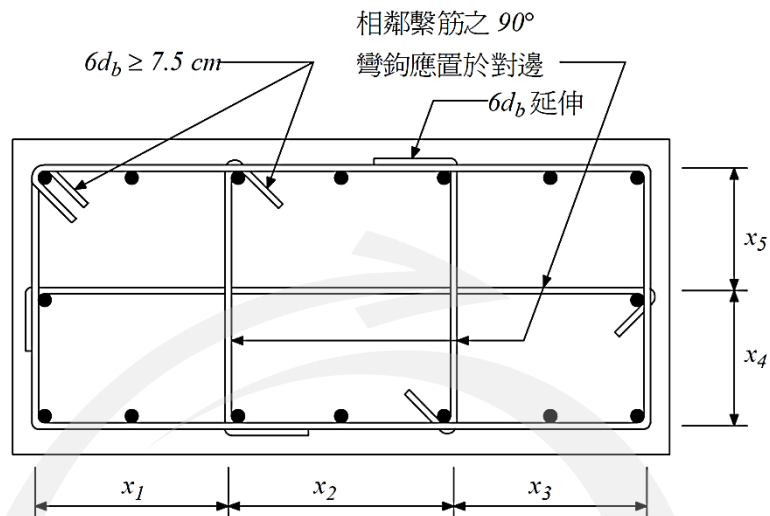
1. 圍束區：

$$S_{max} = \min \left[\frac{\text{柱短邊}}{4}, 6d_{\text{主筋}}, S_0 \right]$$

$$\text{其中 } S_0 = 10 + \frac{35 - h_x}{3} \quad (10 \leq S_0 \leq 15)$$

h_x ：繫筋中心與繫筋中心之間的距離，以下圖為例，有 $x_1 \sim x_5$ ，挑選最大值當作 h_x ，但不得超過35 cm。

2. 非圍束區：



x_i ：不得超過 35 cm

$h_x = \text{Max}\{x_i\}$

$$S_{max} = \min [6d_{\text{主筋}}, 15 \text{ cm}]$$

(三) 圍束區及非圍束區考量之相同及不同處

相同處：

1. 間距不超過 6 倍主筋直徑係避免混凝土剝落後引起主筋挫屈曲。
2. 橫向鋼筋之間距都有 15cm 之天花板上限。

不同處：

圍束區要多考量以下條件，矩形橫向箍筋配置互有關係的規定，一般而言橫向鋼筋間距不超過構材斷面最小尺度之 1/4，混凝土就會受足夠的圍束作用。

三、有一長度2438.4 mm ASTM A36 材質(降伏強度與拉力強度之標稱值分別為248 MPa 與 400 MPa) 鋼構件兩端為鉸接, 其斷面由1對L-127 × 76.2 × 6.35 (mm) 角鋼銲接所組成; 此2個角鋼長邊背對($K_i = 0.5$) 相距19 mm, 並在構件軸向等距加2個銲接(接合距離 $a = 2438.4/3 = 812.8$ mm) 連結。上述單一角鋼最小 $r_i = 16.6$ mm, 而組合斷面兩軸 $r_x = 41$ mm 與 $r_y = 33.8$ mm。經分析得知, 該組合斷面受壓發生撓曲-扭轉挫屈之應力強度為185 MPa, 而考慮細長肢影響修正後之有效斷面(A_e) 為2361 mm²。試分析決定該構材有效長細比(KL/r), 並依照載重強度係數設計法(LRFD) 計算其受壓強度。(30分)

參考公式：

$$\frac{a}{r_i} \leq 40, \left(\frac{KL}{r}\right)_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_o ; \frac{a}{r_i} > 40, \left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} ;$$

$$\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25, F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y ; \frac{F_y}{F_e} > 2.25, F_{cr} = 0.877 F_e ; \phi P_n = \phi F_{cr} A_e, \phi = 0.9$$

《考題難易》 中等偏易: ★★☆☆☆

《破題關鍵》

1. 依照公式給的資訊, 逐步代數字進去。
2. 注意鋼構兩端為鉸接, 因此 $K = 1.0$ 。

【擬答】

(一) 計算有效長細比

$$\frac{a}{r_i} = \frac{812.8}{16.6} = 48.964 > 40$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1.0 \times 2438.4}{33.8}\right)^2 + \left(\frac{0.5 \times 812.8}{16.6}\right)^2} = 76.183$$

(二) 利用LRFD計算受壓強度

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{248}{185} = 1.341 \leq 2.25$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y = [0.658^{1.341}](248) = 141.479(\text{MPa})$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_e = 0.9(141.479)(2361) = 300629(\text{N}) = 300.629(\text{kN})$$

四、試分析比較 A992 鋼材與 A572 Grade 50 鋼材之特性差異。(20 分)

《考題難易》 中等偏易: ★★☆☆☆
 《破題關鍵》 考場上遇到這種題目，就是盡力寫了。
 《命中特區》 題庫班「鋼結構設計」講義 7-1 類題。

【擬答】

(一) 此兩種鋼材之相關性值

	適用範圍	碳當量	降伏強度範圍	降伏比	含磷量	含硫量
A992-50	型鋼	有規定	$3.5 \sim 4.55 \left(\frac{tf}{cm^2} \right)$	0.85	≤ 0.035	≤ 0.045
A572-50	型鋼、鋼板	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.050

(二) 碳當量

為了減少鋼材化學的成分對銲接品質的影響，提升銲接性，因此減少碳、磷、硫等不利於鋼結構銲接的元素是必要的。A992-50 鋼材有規定碳當量，代表銲接條件相同之下，A992-50 所得到的銲接較果較好。

(三) 降伏強度範圍

A992-50 有訂定降伏強度的範圍，可以確保材料變異在規定的範圍內，比較符合原始結構設計，更可以滿足強柱弱梁之精神。

(四) 適當降低降伏比

適當降低降伏比，可以提升梁柱接頭的塑鉸區的範圍，降伏比為 $\frac{F_y}{F_u}$ ，當降伏比較低的時候，可以減少應力集中的現象，也可以增加塑性轉鉸容量，提升梁柱接頭之延展性及消能性。

(五) 含磷量及含硫量

含磷量及含硫量過高，對鋼材有許多的不良影響，A572-50 之含磷量及含硫量較高，可能會造成鋼板產生撕裂之現象，以及面外變形能力降低，大幅度降低鋼材之可銲性。