

110年專門職業及技術人員高等考試建築師、
24類科技師(含第二次食品技師)、大地工程技師
考試分階段考試(第二階段考試)、公共衛生師
考試暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

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)

考試時間：2小時

座號：_____

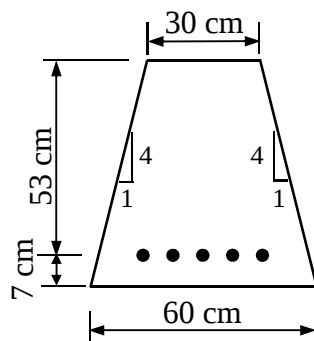
※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

「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)；中國土木水利學會「混凝土工程設計規範」(土木 401-100)。未依上述規範作答，不予計分。

- 一、有一鋼筋混凝土梁的斷面為梯形，如圖所示。梁斷面有效深度 $d = 53 \text{ cm}$ 。斷面為單筋梁設計，配置 5 支 D25 單層拉力鋼筋。混凝土等值矩形應力分布可適用於此梯形斷面。混凝土抗壓強度 $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ，鋼筋的降伏強度 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。D25 鋼筋之直徑 $d_b = 2.54 \text{ cm}$ ，斷面積 $A_b = 5.07 \text{ cm}^2$ 。試計算此梁斷面的彎矩設計強度 ϕM_n 。(25 分)



- 二、請回答下列問題：(25 分)

- (一)耐震設計規定柱構件的縱向鋼筋面積 A_{st} 不得低於 $0.01 A_g$ ，亦不得大於 $0.06 A_g$ ，其中 A_g 為鋼筋混凝土柱構件總斷面積。試分別說明柱構件規定縱向鋼筋最小鋼筋量的原因與最大鋼筋量的原因。
- (二)耐震設計規定柱構件的矩形橫向箍筋間距不得超過三項規定，其中之一為「6 倍主筋直徑」，請說明此規定之原因為何？

三、有一鋼梁設計採用 H 型鋼 $H700 \times 300 \times 13 \times 24$ ，惟現有 H 型鋼為 $H692 \times 300 \times 13 \times 20$ 。於僅考量強軸的彎矩強度，擬於 $H692 \times 300 \times 13 \times 20$ 上下翼板銲接鋼板（如圖所示），使其與 $H700 \times 300 \times 13 \times 24$ 有相同的彎矩強度。可供補強的鋼板厚度為 10 mm。H 型鋼與鋼板的鋼材降伏應力為 $F_y = 2.5 \text{ tf/cm}^2$ ，抗拉應力為 $F_u = 4.1 \text{ tf/cm}^2$ 。 $H700 \times 300 \times 13 \times 24$ 與 $H692 \times 300 \times 13 \times 20$ 皆為塑性設計斷面。（25 分）

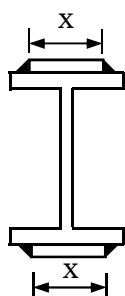
(一)若 $H692 \times 300 \times 13 \times 20$ 補強後與 $H700 \times 300 \times 13 \times 24$ 有相同的強軸降伏彎矩強度 M_y ，試計算所需的鋼板寬度 x 為多少？

(二)若 $H692 \times 300 \times 13 \times 20$ 補強後與 $H700 \times 300 \times 13 \times 24$ 有相同的強軸塑性彎矩強度 M_p ，試計算所需的鋼板寬度 x 為多少？

參考資料：

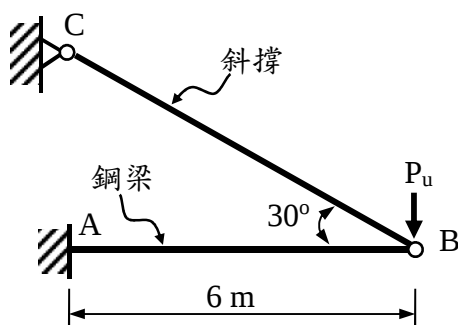
$H700 \times 300 \times 13 \times 24$ ： $A = 232 \text{ cm}^2$ ， $I_x = 197,000 \text{ cm}^4$ ， $S_x = 5,640 \text{ cm}^3$ ，
 $Z_x = 6,340 \text{ cm}^3$ 。

$H692 \times 300 \times 13 \times 20$ ： $A = 208 \text{ cm}^2$ ， $I_x = 168,000 \text{ cm}^4$ ， $S_x = 4,870 \text{ cm}^3$ ，
 $Z_x = 5,500 \text{ cm}^3$ 。



鋼板補強示意圖

四、如圖所示為一靜不定結構，由一懸臂鋼梁與一斜撐組成。斜撐為角鋼 $L150 \times 150 \times 19$ 。鋼梁為熱軋 H 型鋼 $H600 \times 200 \times 11 \times 17$ ，為塑性設計斷面，強軸承受彎矩，弱軸有充分的側向支撐。此結構於 B 點承受因數化集中載重 $P_u = 50 \text{ tf}$ ，經結構分析已知斜撐之軸拉力為 93.56 tf 。於 B 點處，鋼梁弱軸方向有鉸支承。斜撐有足夠的強度與剛性。鋼梁與斜撐之鋼材降伏應力 $F_y = 2.5 \text{ tf/cm}^2$ ，彈性模數 $E = 2040 \text{ tf/cm}^2$ 。忽略鋼梁的自重且無需檢核剪力強度，以極限設計法，檢核鋼梁的強度是否滿足設計需求。(25 分)



參考資料：

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

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。

$$\phi_c = 0.85 \quad P_n = A_g F_{cr}$$

$$F_{cr} = [\exp(-0.419\lambda_c^2)] F_y$$

$$F_{cr} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{\pi r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

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

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

$$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3$$

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

$$M_r = F_L S_x$$

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

F_r = 翼板之殘留壓應力，對於熱軋型鋼其值可設為 0.7 tf/cm^2 ，對於銲接型鋼其值可設為 1.16 tf/cm^2

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

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

$$\text{當 } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ 時}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1.0$$

$$\text{當 } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \text{ 時}$$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1.0$$

示 意 圖 (虛線示柱之屈曲)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
理論之 K 值	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
當接近理想條件時所設之 K 值	0.65	0.80	1.0	1.2	2.10	2.0