

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)本試題之相關公式、物理常數、符號意義及設計參數未提及時，請自行合理推斷與假設。

- 一、(一)有一矩形鋼筋混凝土版，長邊長度為 L ，短邊長度為 S ，試以 L/S 之比例區分單向版及雙向版。（3分）
- (二)根據我國現行混凝土結構設計規範（土木401-100），雙向版之設計除採用直接設計法外尚可採用何方法？（3分）
- (三)有一無梁之鋼筋混凝土版柱系統如圖一所示，所有柱尺寸均為 $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ ，針對虛線範圍內之版，依據土木401-100規定，標示出其長向（W-E向）柱列帶及中間帶之範圍及尺寸。（4分）
- (四)假設版之單位面積設計載重 $q_u = 500\text{ kgf/m}^2$ ，依所附土木401-100相關規定，針對虛線範圍內之版，以直接設計法計算版長向（W-E向）柱列帶及中間帶之正彎矩及負彎矩，並標示正、負彎矩之位置。（15分）

土木401-100相關規定：

6.7.3.2 內跨間負設計彎矩為總靜定設計彎矩 M_0 之65%，正設計彎矩為 M_0 之35%。

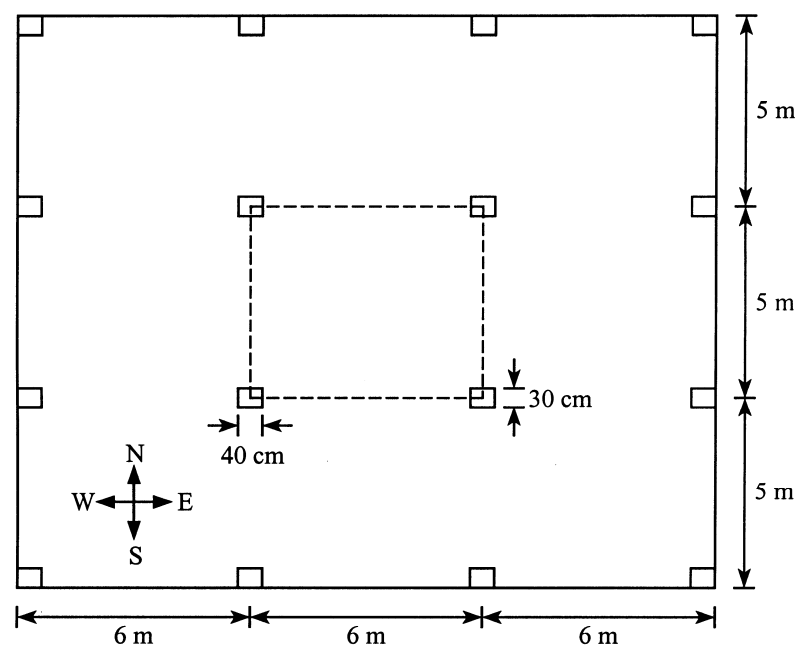
6.7.4.1 分配到柱列帶之內支承負設計彎矩之百分率應如下表，其中間值以內插法求之：

ℓ_2 / ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_f \ell_2 / \ell_1 = 0$	75	75	75
$\alpha_f \ell_2 / \ell_1 \geq 1.0$	90	75	45

α_f 為梁與版之撓曲勁度比

6.7.4.4 分配到柱列帶之正設計彎矩之百分率應如下表，其中間值以內插法求之：

ℓ_2 / ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_f \ell_2 / \ell_1 = 0$	60	60	60
$\alpha_f \ell_2 / \ell_1 \geq 1.0$	90	75	45



圖一

（請接第二頁）

等 別：高等考試

類 科：土木工程技師

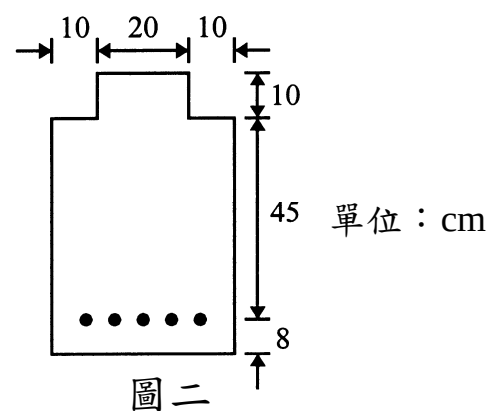
科 目：結構設計（包括鋼筋混凝土設計與鋼結構設計）

二、有一鋼筋混凝土梁斷面如圖二所示，鋼筋彈性模數 $E = 2.04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ，鋼筋降伏應力 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ ，混凝土抗壓強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(一)根據我國現行混凝土結構設計規範（土木401-100），

「拉力控制斷面為受壓混凝土達到規定極限應變 0.003 時，最外受拉鋼筋之淨拉應變 ϵ_t 大於或等於 0.005」。如此梁為拉力控制斷面，則其最大之拉力鋼筋面積 A_s 為何？（10分）

(二)如此梁採用 5 根 #8 拉力鋼筋，1 根 #8 鋼筋之橫斷面積為 5.07 cm^2 。此梁之設計是否符合土木 401-100 規範中拉力控制斷面的規定？試求該梁斷面之彎矩計算強度 M_n 及設計彎矩 M_u 。（15分）



圖二

※第三題及第四題參考之公式集在第三頁。

三、使用極限設計法（LRFD），計算下列(一)~(三)之設計彎曲強度 $\phi_b M_n$ ，梁為 $H800 \times 350 \times 19 \times 40$ ($d \times b_f \times t_w \times t_f$)， $F_y = 2.5 \text{ tf/cm}^2$ ：

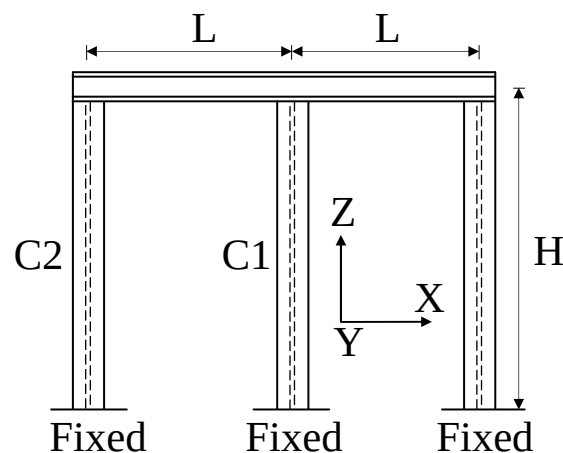
(一)側向支撐長度為 8 m 及 $C_b = 1.0$ 。（9分）

(二)側向支撐長度為 20 m 及 $C_b = 1.2$ 。（9分）

(三)梁全長均有側向支撐， $C_b = 1.2$ 。（7分）

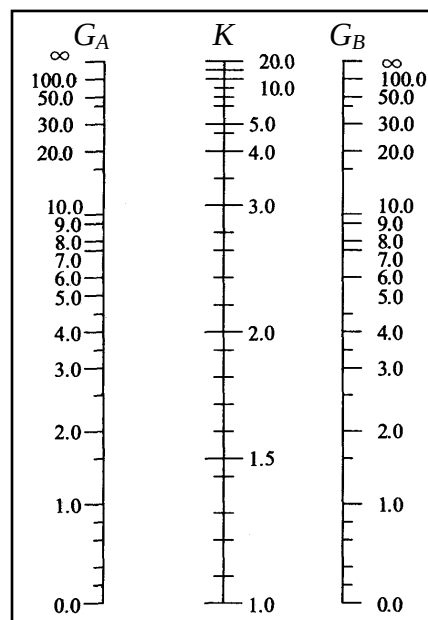
($E = 2040 \text{ tf/cm}^2$, $G = 790 \text{ tf/cm}^2$, $d = 80 \text{ cm}$, $t_w = 1.9 \text{ cm}$, $b_f = 35 \text{ cm}$, $t_f = 4 \text{ cm}$, $A = 417 \text{ cm}^2$, $I_x = 464000 \text{ cm}^4$, $I_y = 28600 \text{ cm}^4$, $S_x = 11600 \text{ cm}^3$, $S_y = 1640 \text{ cm}^3$, $r_x = 33.4 \text{ cm}$, $r_y = 8.29 \text{ cm}$, $Z_x = 13100 \text{ cm}^3$, $Z_y = 2480 \text{ cm}^3$, $J = 1660 \text{ cm}^4$, $C_w = 41300000 \text{ cm}^6$, 殘留應力 $F_r = 1.16 \text{ tf/cm}^2$)

四、使用極限設計法（LRFD），計算圖三柱 1（C1）之設計極限載重。圖中柱為 $H800 \times 350 \times 19 \times 40$ （斷面資料如第三題）， $F_y = 3.5 \text{ tf/cm}^2$ ，梁為 $H500 \times 200 \times 10 \times 16$ ($d \times b_f \times t_w \times t_f$) ($d = 50 \text{ cm}$, $t_w = 1 \text{ cm}$, $b_f = 20 \text{ cm}$, $t_f = 1.6 \text{ cm}$, $A = 112 \text{ cm}^2$, $I_x = 46800 \text{ cm}^4$, $I_y = 2140 \text{ cm}^4$, $S_x = 1870 \text{ cm}^3$, $S_y = 214 \text{ cm}^3$, $r_x = 20.4 \text{ cm}$, $r_y = 4.36 \text{ cm}$)。 K_x 使用懸臂梁之設計建議值（理論值為 2）， K_y 使用圖表計算之（ $H = 10 \text{ m}$, $L = 8 \text{ m}$ ）。（25分）



虛線處顯示H型鋼之腹版

圖三



（請接第三頁）

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）

※下列為供第三題及第四題參考之公式集（請自行使用適合之公式，並檢查此公式之正確性，若有問題，應自行修正）

$$E = 2040 \text{ tf/cm}^2, \quad G = 790 \text{ t/cm}^2$$

$$\text{For flange } \lambda_{pd} = 14/\sqrt{F_y}, \quad \lambda_p = 17/\sqrt{F_y}, \quad \bar{\lambda}_r = 25/\sqrt{F_y}$$

$$\text{Unit of } F_y = \text{t/cm}^2, \quad b_f / (2t_f) \leq \lambda_{pd}$$

$$\text{For web } \lambda_{pd} = \frac{138}{\sqrt{F_y}} (1 - 3.17 \frac{f_a}{F_y}) \text{ for } f_a / F_y \leq 0.16, \quad = 68/\sqrt{F_y} \text{ for others}$$

$$\frac{20b_f}{\sqrt{F_y}} \text{ or } \frac{1400}{(d/A_f)F_y}$$

$$\sqrt{7160C_b / F_y} \leq L / r_t \leq \sqrt{35800C_b / F_y} \text{ then } F_b = [2/3 - \frac{F_y(L/r_t)^2}{107600C_b}]F_y$$

$$\sqrt{35800C_b / F_y} < L / r_t \text{ then } F_b = 12000C_b / (L/r_t)^2$$

$$F_b = \frac{840C_b}{Ld/A_f}$$

$$(1) \frac{f_a}{F_a} < 0.15, \quad \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$(2) \frac{f_a}{F_a} > 0.15, \quad \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx}f_{bx}}{(1 - \frac{f_a}{F_{ex}})F_{bx}} + \frac{C_{my}f_{by}}{(1 - \frac{f_a}{F_{ey}})F_{by}} \leq 1$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\text{if } \frac{k\ell}{r} \leq C_c, \quad F_a = \frac{[1 - \frac{(k\ell/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(k\ell/r)}{8C_c} - \frac{(k\ell/r)^3}{8C_c^3}} \text{ else } F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(k\ell/r)^2}$$

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

$$\text{For } \lambda_c \leq 1.5, \quad F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2})F_y = \exp(-0.429\lambda_c^2)F_y$$

$$\text{For } \lambda_c > 1.5, \quad F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda_c^2} F_y$$

$$L_p = \frac{80r_y}{\sqrt{F_y}}, \quad L_r = \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2(F_y - F_r)^2}}$$

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

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

$$M_r = (F_y - F_r) S_x$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{EGJA/2}, \quad X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} [S_x / (GJ)]^2, \quad G = \frac{\sum (I_c / L_c)}{\sum (I_b / L_b)}$$