

## 107 年專技高考土木技師考試試題

類科：土木技師

科目：結構設計(包括鋼筋混凝土設計與鋼結構設計)

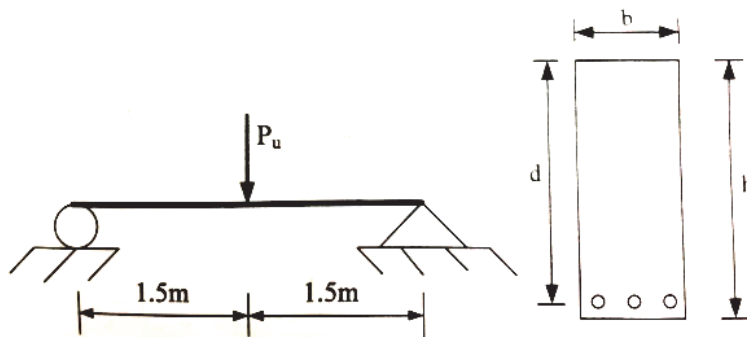
### 甲、申論題部分

一、有一支矩形斷面單層鋼筋混凝土簡支梁，全跨度 $L_1=3$ 公尺，跨度中央有一垂直向下集中載重 $P_u$ ，矩形斷面寬 $b=26$ 公分，全深 $h=67$ 公分， $d=60$ 公分，三支 D25 單層鋼筋配置於底部抗拉。D25 標稱直徑 2.54 公分， $f'_c=210\text{kgf/cm}^2$ ， $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ ， $E_s=2.04\times 10^6\text{kgf/cm}^2$ 。限用規範 3.3.6 混凝土壓應力之分布假設為矩形，以  $0.85f'_c$  分布於壓力區內，此壓力區以一與中性軸平行並距最大壓縮應變纖維  $a=\beta_1c$  之直線為界， $c$  為最外受壓纖維至中性軸之距離，若假設拉力筋已達降服應力  $f_y$ ，且混凝土最外受壓縮纖維  $\epsilon_c < \epsilon_u = 0.003$ ，若不考慮箍筋、鋼筋保護層厚度及鋼筋量與間距等限制規定，

(一) 試算該梁所能承受之最大設計彎矩強度  $\phi M_n$  為多少  $\text{kgf-m}$ ？(15 分)

(二) 若不計構件自重，試算該梁所能承受之最大  $P_u$  為多少  $\text{kgf}$ ？(5 分)

(三) 限用設計載重之組合  $U=1.4(D+F)$ ，若僅有靜載重  $D$ ，試算該梁所能承受之最大靜載重  $D$  為多少  $\text{kgf}$ ？(5 分)



考題難易：★★

破題關鍵：1. 拉力鋼筋降伏  
2. 拉力鋼筋的應變決定折減強度係數  $\phi$   
3. 單鋼筋矩形梁分析

**【擬答】**

單鋼筋矩形梁分析：

(一)梁所能承受之最大設計彎矩強度  $\phi M_n$

題意拉力鋼筋降伏， $d = 60cm$

設斷面中立軸位置為  $c$

$$C_c = 0.85 f'_c \beta_1 x b = 0.85 * 210 * 0.85 * 26c = 3944.85c \text{ kgf}$$

$$T = A_s f_y = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 2.54^2 \times 4200 = 63845 \text{ kgf}$$

$$T = C_c \rightarrow c = 16.18cm$$

$$\epsilon_t = \frac{0.003(60 - 16.18)}{16.18} = 0.0081 > 0.005 \Rightarrow \phi = 0.9$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= C_c * (d - \frac{\beta_1 c}{2}) = 0.9 \times 3944.85(16.18)(60 - 0.5 \times 0.85 \times 16.18) \times 10^{-5} \\ &= 30.52tf.m \end{aligned}$$

(二)梁所能承受之最大  $P_u$

$$M_u = \frac{1}{2} P_u (1.5) = 0.75 P_u$$

$$0.75 P_u = \phi M_n = 30.52 \times 10^3 \Rightarrow P_u = 40693 \text{ kgf}$$

(三)梁所能承受之靜載重  $D$

$$P_u = 1.4D \Rightarrow D = \frac{40693}{1.4} = 29066 \text{ kgf}$$

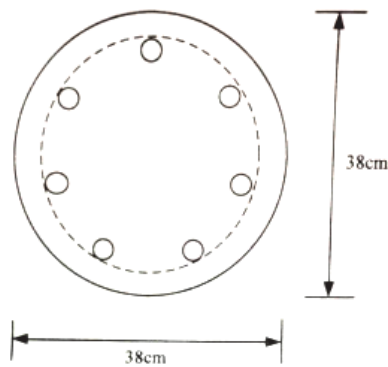
答：(一)梁所能承受之最大設計彎矩強度  $\phi M_n = 30.52tf.m$

(二)梁所能承受之最大  $P_u = 40693kgf$

(三)梁所能承受之靜載重  $D = 29066kgf$

二有一圓形斷面鋼筋混凝土支撐柱，直徑 38 公分，抗壓主筋有 7 支 D25 鋼筋，每支鋼筋標稱面積  $5.067\text{cm}^2$ ， $f'_c = 210\text{kgf/cm}^2$ ， $f_y = 4200\text{kgf/cm}^2$ ，使用螺箍筋，若柱為壓力控制斷面符合規範 3.4.3 規定，不考慮箍筋所占體積，假設保護層及規範 3.10.3 箍筋之體積比等已符合規定。試算  $\phi P_{n,\max}$  為多少  $\text{kgf}$ ？(25 分)

其中規範 3.4.6 規定  $P_{n,\max} = 0.85[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$



考題難易：★★

破題關鍵：1. 柱為壓力控制斷面  
2. 螺箍筋  $\Rightarrow \phi = 0.7$

【擬答】

假設柱細長比小於 22，屬於短柱

題意：柱為壓力控制斷面且為螺箍筋  $\Rightarrow \phi = 0.7$

$$A_g = \frac{\pi}{4}(38)^2 = 1134.1\text{cm}^2$$

$$A_{st} = 7 \times 5.067 = 35.469\text{cm}^2$$

$$\phi M_n = C_c * \left(d - \frac{\beta_1 c}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} \phi P_{n,\max} &= 0.7 \times 0.85 \times 0.85 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y] \\ &= 0.7 \times 0.85 \times [0.85 \times 210 \times (1134.1 - 35.469) + 4200 \times 35.469] \times 10^{-3} \\ &= 205.32\text{tf} \end{aligned}$$

答：柱之  $\phi P_{n,\max} = 205.32\text{tf}$

▶▶GO FIGHT WIN

三有一支寬翼斷面 W 型簡支鋼梁，跨度 2 公尺，全跨度有一垂直向下均布載重  $W_u$ ，鋼材

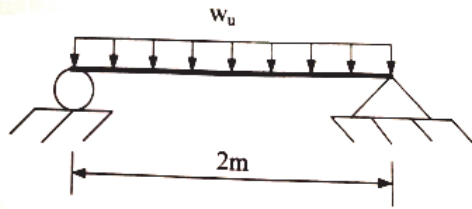
$$F_y = 2.5tf/cm^2, \text{ 梁載面 } r_x = 9.45cm, r_y = 5.38cm, Z_x = 1150.37cm^3,$$

$$Z_y = 535.86cm^3, L_p = \frac{80r_y}{\sqrt{F_{yf}}}. \text{ 假設此梁不允許側向水平位移，也不會側彎扭轉挫屈，亦即無}$$

整體穩定問題，鋼板無局部穩定問題，此型鋼為結實斷面，繞強軸彎曲。

(一)試算此鋼筋的設計撓曲強度  $\phi_b M_n$  為多少  $kgf-cm$  ? (15 分)

(二)若不計構件自重，試算該梁所能承受之最大  $W_u$  為多少  $kgf/cm$  ? (10 分)



考題難易：★★★

破題關鍵：1. 梁無側向水平位移

2. 不側彎扭轉挫屈

3. 型鋼為結實斷面

4. 由以上 3 點條件， $M_n = M_p = Z_x F_y$

【擬答】

題意：梁無側向水平位移，不側彎扭轉挫屈，型鋼為結實斷面，繞強軸彎曲

(一)梁之設計撓曲強度  $\phi_b M_n$

$$L_p = \frac{80r_y}{\sqrt{F_{yf}}} = \frac{80 \times 5.38}{\sqrt{2.5}} = 272.2cm > L_b = 200cm$$

$$\therefore M_n = M_p = Z_x F_y = 2.5 \times 1150.37 \times 10^{-2} = 28.76tf.m$$

$$\phi_b M_n = 0.9 \times 28.76 = 25.88tf.m$$

(二)梁所能承受之最大  $W_u$

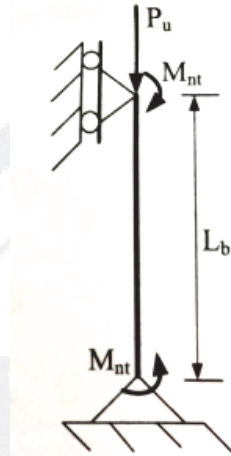
$$M_{\max} = \frac{1}{8} W_u (2)^2 = 0.5 W_u tf.m$$

$$0.5 W_u = \phi_b M_n = 25.887 \Rightarrow W_u = 51.76 tf/m = 517.6 kgf/cm$$

答：(一)梁之設計撓曲強度  $\phi_b M_n = 25.88 tf.m$

(二)梁所能承受之最大  $W_u = 517.6kgf/cm$

四某對稱結實斷面的 W 型鋼構材如圖所示，承受彎矩與軸力交互作用，其一端為鉸接，另一端為滾支撐，長度  $L_b = 430\text{cm}$ ， $E = 2040\text{tf/cm}^2$ ， $F_y = 2.536\text{tf/cm}^2$ ，此構材兩端不允許有側位移，此構材承受係數化軸壓力  $P_u = 449\text{tf}$ ，兩端承受相等但方向相反的一階彎矩  $M_{nt}$ ，故此構材為單曲率彎曲，其中繞 X 軸之彎矩  $M_{ntx} = 2278000\text{kgf-cm}$ ，繞 Y 軸之彎矩  $M_{nty} = 1585000\text{kgf-cm}$ ，此構材兩端點之間沒有承受任何橫向載重。



此構材的基本資料如下：

$L_p = 480\text{cm}$ ， $r_x = 15.95\text{cm}$ ， $r_y = 9.55\text{cm}$ ， $A_g = 250.32\text{cm}^2$ ， $I_x = 63683\text{cm}^4$ ，  
 $I_y = 22809\text{cm}^4$ ， $Z_x = 3835\text{cm}^3$ ， $Z_y = 1852\text{cm}^3$ ，使用極限設計法(主要公式如下)，

(一)計算  $M_{ux}$  為多少  $\text{kgf-cm}$ ？(5 分)

(二)  $M_{uy}$  為多少  $\text{kgf-cm}$ ？(5 分)

(三)核算此構材方程式(8.2-1a)或(8.2-1b)應小於或等於 1 的數值為多少？(15 分)

考題難易：★★★

破題關鍵：1. 構材為單曲率彎曲， $M_1/M_2$  需取負值

2. 弱軸  $M_{ny} = M_p \leq 1.5M_{Yy}$

3. 型鋼為結實斷面

4. 梁柱構材兩端不允許有側位移時，只考慮  $B_1$

## 【擬答】

注意事項：構材為單曲率彎曲， $M_1/M_2$  需取負值

(一)柱效應分析：

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{1.0 \times 430}{15.95} = 26.96 \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{1.0 \times 430}{9.55} = 45.03 \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_{\max} = 45.03$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}} = 45.03 \sqrt{\frac{2.536}{\pi^2 (2040)}} = 0.51 < 1.5 \Rightarrow \text{非彈性挫屈}$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \rightarrow F_{cr} = \left[ \exp(-0.419\lambda_c^2) \right] F_y = 2.274 \text{ tf/cm}^2$$

$$\phi_c P_n = 0.85(2.274)(250.32) = 483.84 \text{ tf}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{449}{483.84} = 0.928 > 0.2 \Rightarrow \text{屬於大軸力}$$

(二)梁效應分析：

因無側位移，故只有  $M_m$

$$M_{nx} = 2278000 \text{ kgf.cm}, \quad M_{ny} = 1585000 \text{ kgf.cm}$$

$\because L_b < L_p$ ，且斷面為結實斷面  $\Rightarrow M_n = M_p$

$$\phi_b M_{nx} = \phi_b \times Z_x \times F_y = 0.9 \times 3835 \times 2.536 = 8753 \text{ tf.cm}$$

$$\phi_b M_{ny} = \phi_b \times Z_y \times F_y = 0.9 \times 1852 \times 2.536 = 4227 \text{ tf.cm}$$

題目未給  $S_y$ ，所以無法檢驗  $M_{ny} \leq 1.5M_{uy}$

(三)梁柱效應分析：

$$P_{elx} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)_x^2} A_g = \frac{\pi^2 (2040)}{26.96^2} (250.32) = 6934 \text{ tf}$$

$$P_{ely} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)_y^2} A_g = \frac{\pi^2 (2040)}{45.03^2} (250.32) = 2485.5 \text{ tf}$$

支承無側移，所以放大係數只有  $\beta_1$

$$M_{1x} = 2278000 \text{ kgf.cm}, \quad M_{ny} = 1585000 \text{ kgf.cm}$$

題目已給

$$B_{1x} = \frac{0.64}{1 - \frac{P_u}{P_{elx}}} \left[ 1 - \frac{M_{1x}}{M_{2x}} \right] + 0.32 \frac{M_{1x}}{M_{2x}} = \frac{0.64}{1 - \frac{449}{6934}} [1 + 1] + 0.32(-1) = 1.049 > 1.0$$

$$B_{1y} = \frac{0.64}{1 - \frac{P_u}{P_{e1y}}} \left[ 1 - \frac{M_{1y}}{M_{2y}} \right] + 0.32 \frac{M_{1y}}{M_{2y}} = \frac{0.64}{1 - \frac{449}{2485}} [1 + 1] + 0.32(-1) = 1.242 > 1.0$$

二階係數化彎矩：

$$M_{ux} = B_{1x} M_{ntx} = 1.049 \times 2278 = 2389.6 \text{ tf.cm}$$

$$M_{uy} = B_{1y} M_{nty} = 1.242 \times 1585 = 1968.57 \text{ tf.cm}$$

(四)強度檢核：

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.928 > 0.2 \rightarrow \frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = 0.928 + \frac{8}{9} \left( \frac{2389}{8753} + \frac{1968.57}{4227} \right) = 1.585 > 1.0$$

答：(一)  $M_{ux} = 2389.6 \text{ tf.cm}$

(二)  $M_{uy} = 1968.57 \text{ tf.cm}$

(三)構材方程式 8.2-1a 值為 1.585

$$P_n = A_g F_{cr}, \lambda_c = \frac{KL}{\pi r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

當  $\lambda_c \leq 1.5$  則  $F_{cr} = [\exp(-0.419\lambda_c^2)] F_y$  ; 當  $\lambda_c > 1.5$  則  $F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y$

若  $\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0.2$  ;  $\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$  (8.2-1a)

若  $\frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0.2$  ;  $\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$  (8.2-1b)

$$M_u = B_1 M_{NT} + B_2 M_{LT} ;$$

$$B_1 = \frac{0.64}{1 - \frac{P_u}{P_{e1}}} \left[ 1 - \frac{M_1}{M_2} \right] + 0.32 \frac{M_1}{M_2} \geq 1.0 ; P_{e1} = \frac{A_g F_y}{(\lambda_c)^2} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{e2}}} ; P_{e2} = \frac{\pi^2 EI}{(K_2 L)^2}$$

祝金榜題名