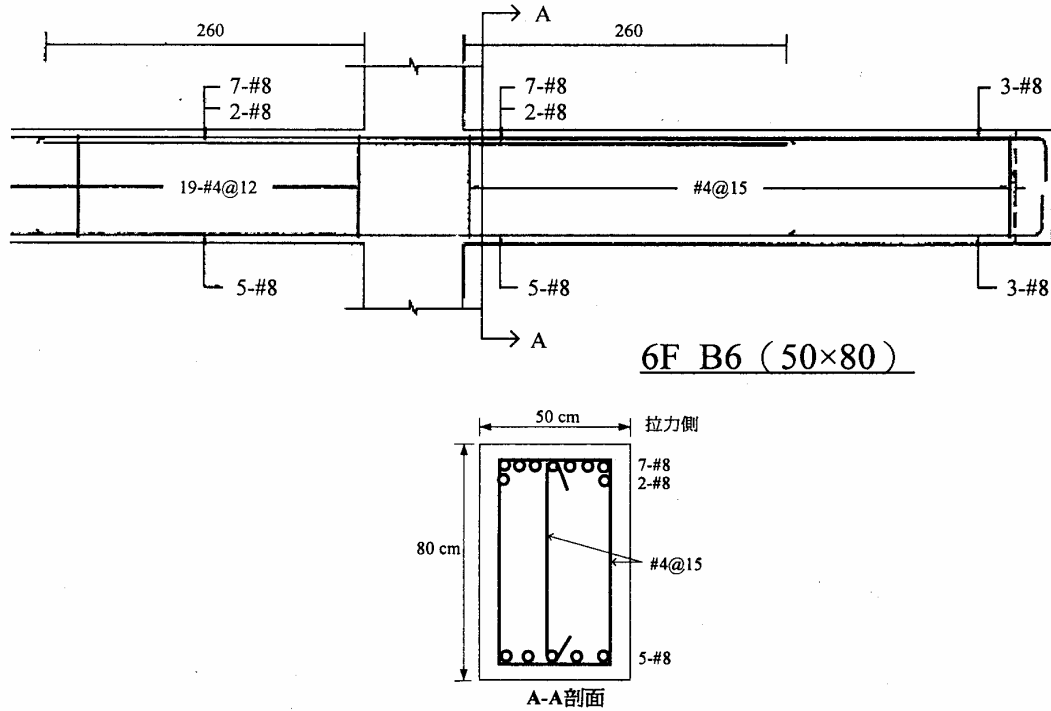


九十五年地方特考三等試題鋼筋混凝土學與設計參考題解

本試題請利用下列資料作答：

連續梁鋼筋配置：



混凝土強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ 。

#4 : $d_b = 12.7 \text{ mm}$, $a_b = 1.27 \text{ cm}^2$, $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 。

#8 : $d_b = 25.4 \text{ mm}$, $a_b = 5.07 \text{ cm}^2$, $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。

$$L_{db} = 0.28d_b f_y / \sqrt{f'_c} , L_d = \alpha \beta \lambda L_{db} \left(\frac{d_b}{c + K_{tr}} \right) \geq 30 \text{ cm} , K_{tr} = \frac{A_{tr} f_{yt}}{105 S_n} .$$

- 一、(一)若鋼筋配置均依規範規定，則 A-A 剖面中拉力鋼筋之有效深度為何？(5 分)
- (二) A-A 剖面之計算彎矩強度值（拉力側鋼筋為主）為何？（請以雙筋梁檢核之）(20 分)

• 95 年三等特考試題 •

問題剖析

$$(1) \text{有效深度 } d = \frac{A_{s1} \times d_1 + A_{s2} \times d_2}{A_{s1} + A_{s2}}$$

(2) 假設拉力、壓力鋼筋降伏情形 → 由 $C_c + C_s = T_s$ 求解中性軸深度 → 計算彎矩強度

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d')$$

參考題解

(一) 假設保護層厚度為 4 cm，兩層鋼筋間之淨距為 2.5 cm

$$\text{則 } 7\text{-}\#8 \text{ 鋼筋中心之深度 } d_1 = 80 - 4 - 1.27 - \frac{2.54}{2} = 73.46 \text{ cm}$$

$$2\text{-}\#8 \text{ 鋼筋中心之深度 } d_2 = 80 - 4 - 1.27 - 2.54 - 2.5 - \frac{2.54}{2} = 68.42 \text{ cm}$$

$$\text{有效深度 } d = \frac{7 \times 73.46 + 2 \times 68.42}{7 + 2} = 72.34 \text{ cm} \quad \dots\dots (\text{Ans})$$

(二)

(1) 假設破壞時所有拉力鋼筋均已降伏，壓力鋼筋未降伏，且破壞時中性軸深度為 x cm

$$d' = 4 + 1.27 + \frac{2.54}{2} = 6.54 \text{ cm}$$

$$C_c = 0.85 f'_c \beta_1 x b = 0.85 \times 280 \times 0.85 \times x \times 50 \times 10^{-3} = 10.12 x \text{ tf}$$

$$C_s = A'_s (f_s - 0.85 f'_c) = 5 \times 5.07 \times \left(2.04 \times 10^6 \times \frac{0.003(x - 6.54)}{x} - 0.85 \times 280 \right) \times 10^{-3}$$

$$= 149.11 - \frac{1014.63}{x} \text{ tf}$$

$$T_s = A_s f_y = (7 + 2) \times 5.07 \times 4200 \times 10^{-3} = 191.65 \text{ tf}$$

(2) 由 $C_c + C_s = T_s$

$$10.12x + 149.11 - \frac{1014.63}{x} = 191.65 \rightarrow \text{解得 } x = 12.33 \text{ cm}$$

$$\text{檢核 } \varepsilon_{s1} = \frac{0.003 \times (73.46 - 12.33)}{12.33} = 0.0149 > \varepsilon_y = 0.002 \quad \dots\dots (\text{O.K.})$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{0.003 \times (68.42 - 12.33)}{12.33} = 0.0136 > \varepsilon_y = 0.002 \quad \dots\dots (\text{O.K.})$$

$$\varepsilon'_s = \frac{0.003 \times (12.33 - 6.54)}{12.33} = 0.0014 < \varepsilon_y = 0.002 \quad \dots\dots (\text{O.K.})$$

→ 假設成立

將 $x = 12.33 \text{ cm}$ 代回得 $C_c = 124.78 \text{ tf}$ 、 $C_s = 66.87 \text{ tf}$

(3)計算彎矩強度

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c(d - \frac{a}{2}) + C_s(d - d') \\
 &= \left(124.78 \times \left(72.34 - \frac{1}{2} \times 0.85 \times 12.33 \right) + 66.87 \times (72.34 - 6.54) \right) \times 10^{-2} \\
 &= 127.73 \text{ tf-m} \qquad \dots\dots (\text{Ans})
 \end{aligned}$$

二、請依下列兩種規範規定分別檢核 A-A 剖面拉力側鋼筋之配置與裂紋控制：

(假設此梁位於室內且使用粒料最大尺寸為 2.0 公分)

(一)依現行規範 (同土木 401-86a) 規定，可參考資料：(15 分)

第 3.7.2 節：若受拉鋼筋之規定降伏強度 f_y 超過 $2,800 \text{ kgf/cm}^2$ 時，最大正、負彎矩處之斷面須使下式所得之 z 值合於不受風雨侵襲且不與土壤接觸之構材不大於 $31,000 \text{ kgf/cm}$ ；其他構材不大於 $26,000 \text{ kgf/cm}$ 之規定

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

第 13.5.1 節：同層平行鋼筋間之淨距不得小於 $1.0db$ ，或粗粒料標稱最大粒徑 1.33 倍，亦不得小於 2.5 cm 。

(二)依新版 ACI 規範 (同土木 401-93) 規定，可參考資料：(10 分)

第 3.7.2 節：最接近構材受拉面之鋼筋中心距 s ，應按下列規定：

$$S \leq \frac{95,000}{f_s} - 2.5c_c ; \text{ 亦不得大於： } 30 \left(\frac{2,520}{f_s} \right)$$

• 95 年三等特考試題 •

問題剖析

(1)土木 401-86a 規範：計算 f_s 、 d_c 、 $A \rightarrow z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \rightarrow$ 檢核 z 是否小於規定值。

(2)土木 401-93 規範：計算 f_s 、 $c_c \rightarrow s_{n,\max} = \text{Min} \left(\frac{95,000}{f_s} - 2.5c_c, 30 \times \frac{2,520}{f_s} \right) \rightarrow$ 檢核鋼筋中心距 s 是否小於 $s_{n,\max}$ 。

參考題解

承第一題之假設，保護層厚度為 4 cm ，兩層鋼筋間之淨距為 2.5 cm ，則 $d_1 = 73.46 \text{ cm}$ ， $d_2 = 68.42 \text{ cm}$ ，有效深度 $d = 72.34 \text{ cm}$

(一)

(1) 裂紋控制

假設鋼筋拉應力 $f_s \doteq 0.6f_y = 0.6 \times 4200 = 2520 \text{ kgf/cm}^2$

混凝土最外受拉纖維至最近鋼筋中心間之混凝土厚度

$$d_c = 4 + 1.27 + \frac{2.54}{2} = 6.54 \text{ cm}$$

每支受拉鋼筋分配之有效混凝土拉力區面積

$$A = \frac{2 \times 50 \times (80 - 72.34)}{9} = 85.11 \text{ cm}^2$$

$$\therefore z = f_s \sqrt[3]{d_c A} = 2520 \times \sqrt[3]{6.54 \times 85.11} = 20729 < 31000$$

\therefore 符合裂紋控制規定

…… (Ans)

(2) 鋼筋間距配置

最外側同層平行拉力鋼筋間之淨距

$$s_n = \frac{50 - 4 \times 2 - 1.27 \times 2 - 2.54}{6} - 2.54 = 3.61 \text{ cm}$$

$$s_{n,\min} = \text{Max}(2.54 \text{ cm}, 2.5 \text{ cm}, 2 \times 1.33 = 2.66 \text{ cm}) = 2.66 \text{ cm}$$

$$\therefore s_n = 3.61 \text{ cm} > s_{n,\min} = 2.66 \text{ cm}$$

\therefore 鋼筋間距配置符合規定

…… (Ans)

(二)

(1) 裂紋控制

假設鋼筋拉應力 $f_s \doteq 0.6f_y = 0.6 \times 4200 = 2,520 \text{ kgf/cm}^2$

最接近受拉面之鋼筋中心距 $s = \frac{50 - 4 \times 2 - 1.27 \times 2 - 2.54}{6} = 6.15 \text{ cm}$

撓曲受拉鋼筋至最近受拉面之淨保護層厚 $c_c = 4 + 1.27 = 5.27 \text{ cm}$

$$\frac{95,000}{f_s} - 2.5c_c = \frac{95,000}{2,520} - 2.5 \times 5.27 = 24.52 \text{ cm}$$

$$30 \times \frac{2,520}{f_s} = 30 \times \frac{2,520}{2,520} = 30 \text{ cm}$$

$$\rightarrow s_{n,\max} = \text{Min}\left(\frac{95,000}{f_s} - 2.5c_c, 30 \times \frac{2,520}{f_s}\right) = 24.52 \text{ cm}$$

$$\therefore s = 6.15 \text{ cm} < s_{n,\max} = 24.52 \text{ cm}$$

\therefore 符合裂紋控制規定

…… (Ans)

(2)鋼筋間距配置

最外側同層平行拉力鋼筋間之淨距

$$s_n = \frac{50 - 4 \times 2 - 1.27 \times 2 - 2.54}{6} - 2.54 = 3.61 \text{ cm}$$

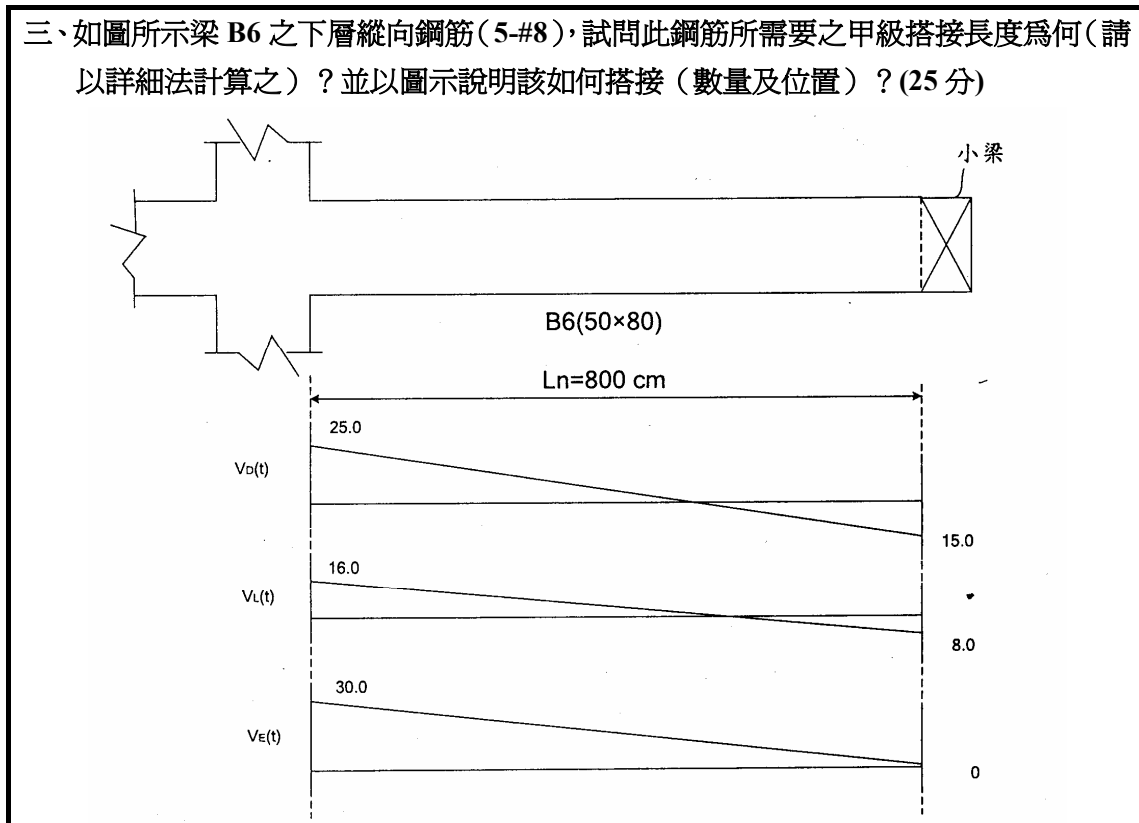
$$s_{n,\min} = \text{Max}(2.54 \text{ cm}, 2.5 \text{ cm}, 2 \times 1.33 = 2.66 \text{ cm}) = 2.66 \text{ cm}$$

$$\therefore s_n = 3.61 \text{ cm} > s_{n,\min} = 2.66 \text{ cm}$$

\therefore 鋼筋間距配置符合規定

..... (Ans)

三、如圖所示梁 B6 之下層縱向鋼筋(5-#8)，試問此鋼筋所需要之甲級搭接長度為何(請以詳細法計算之)? 並以圖示說明該如何搭接(數量及位置)? (25 分)



• 95 年三等特考試題 •

問題剖析

(1) 計算 α 、 β 、 λ 、 η 、 l_{db} \rightarrow 甲級搭接長度 $l_d = \alpha\beta\lambda\eta l_{db} \geq 30 \text{ cm}$ 。

(2) 設計搭接時，應注意規範對於採用甲級搭接之條件規定，及耐震設計之限制。

參考題解

(一)甲級搭接長度 $l_d = \alpha\beta\lambda\eta l_{db} \geq 30 \text{ cm}$

(1)基本伸展長度

$$l_{db} = 0.28 \frac{d_b f_y}{\sqrt{f'_c}} = 0.28 \times \frac{2.54 \times 4200}{\sqrt{280}} = 178.51 \text{ cm}$$

鋼筋位置因數 $\alpha = 1$ 鋼筋塗布因數 $\beta = 1$ 輕質混凝土因數 $\lambda = 1$

(2)本題鋼筋之搭接作錯置處理

保護層指數

$$C = \text{Min} \left(4 + 1.27 + \frac{2.54}{2}, \frac{50 - 4 \times 2 - 1.27 \times 2 - 2.54}{4} \right)$$

$$= \text{Min}(6.54, 9.23) = 6.54 \text{ cm}$$

\therefore 中心至底邊厚 $<$ 間距之半 \therefore 屬垂直式劈裂破壞

$$\text{橫向鋼筋指數 } K_{tr} = \frac{A_{tr} f_{yt}}{105 s n} = \frac{1 \times 1.27 \times 2800}{105 \times 15 \times 1} = 2.26$$

$$\text{鋼筋束制折減因數 } \eta = \frac{d_b}{C + K_{tr}} = \frac{2.54}{6.54 + 2.26} = 0.29$$

$\therefore \eta = 0.29 < 0.4$ \therefore 取 $\eta = 0.29 = 0.4$

(3)甲級搭接長度 $l_d = \alpha\beta\lambda\eta l_{db} = 1 \times 1 \times 1 \times 0.4 \times 178.51 = 71.40 \text{ cm}$ (Ans)

檢核 $l_d \geq 30 \text{ cm}$ (O.K)

(二)

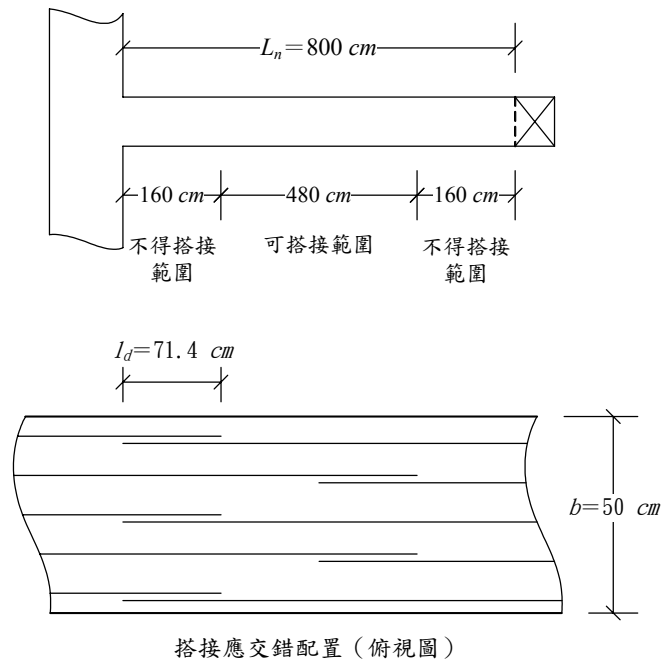
(1)甲級搭接條件：在搭接長度內，使用的鋼筋量至少為分析需要之鋼筋量的 2 倍；
且在搭接長度內之搭接鋼筋面積百分比不大於 50%。

(2)考慮耐震設計規定，搭接不得用於：

(a)構材接頭內；

(b)距接頭交接面 2 倍構材深度以內範圍；

(c)分析顯示由構架非彈性側向變位所引起撓曲降伏之位置。



四、六樓梁 B6，結構分析時，承受呆載剪力 V_D ，活載剪力 V_L 及地震力引起的剪力 V_E 等之剪力圖如圖所示。試依規範規定檢核梁 B6 左端箍筋之安全間距是否足夠？若不足，該如何修正之？(25 分)

• 95 年三等特考試題 •

問題剖析

決定設計載重組合 → 計算地震引致之剪力比例 → 計算設計剪力強度 → 檢核箍筋間距 (考慮力學條件及最大間距規定) → 調整箍筋間距。

參考題解

依新版 ACI 規範 (同土木 401-93) 規定設計

(1) 決定設計載重組合

$$\text{考慮 } U = 1.4D \rightarrow V_u = 1.4 \times 25 = 35 \text{ tf}$$

$$\text{考慮 } U = 1.2D + 1.6L \rightarrow V_u = 1.2 \times 25 + 1.6 \times 16 = 55.6 \text{ tf}$$

$$\text{考慮 } U = 1.2D + 1.0L + 1.0E \rightarrow V_u = 1.2 \times 25 + 1.0 \times 16 + 1.0 \times 30 = 76 \text{ tf (控制)}$$

$$(2) \because \text{地震引致之剪力比例 } \frac{1 \times 30}{76} = 39.47\% < 50\%$$

\therefore 可考慮混凝土提供之剪力強度 V_c

(3) 計算設計剪力強度

$$\text{混凝土剪力強度 } V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bd = 0.53 \times \sqrt{280} \times 50 \times 72.34 \times 10^{-3} = 32.08 \text{ tf}$$

$$\text{箍筋之剪力強度 } V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{3 \times 1.27 \times 2800 \times 72.34}{15} \times 10^{-3} = 51.45 \text{ tf}$$

$$\text{設計剪力強度 } \phi V_n = \phi(V_c + V_s) = 0.75 \times (32.08 + 51.45) = 62.65 \text{ tf}$$

$$\therefore \phi V_n = 62.65 \text{ tf} < V_u = 76 \text{ tf} \quad \therefore \text{箍筋之安全間距不足} \quad \dots\dots (\text{Ans})$$

(4) 調整箍筋間距

$$\text{箍筋應提供之剪力強度 } V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{76}{0.75} - 32.08 = 69.25 \text{ tf}$$

$$\text{箍筋間距 } S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{3 \times 1.27 \times 2800 \times 72.34}{69.25 \times 10^3} = 11.14 \text{ cm}$$

$$\text{考慮施工便利，取調整後箍筋安全間距 } s = 10 \text{ cm} \quad \dots\dots (\text{Ans})$$

$$\text{耐震設計閉合箍筋最大間距 } s_{\max} = \text{Min} \left(\frac{72.34}{4}, 8 \times 2.54, 24 \times 1.27, 30 \right) = 18.09 \text{ cm}$$

$$\text{檢核 } s = 10 \text{ cm} < s_{\max} = 18.09 \text{ cm} \quad \dots\dots (\text{O.K})$$