

《鋼筋混凝土學與設計》

一、有一耐震設計的鋼筋混凝土梁，設計的混凝土規定抗壓強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ，設計的撓曲鋼筋為 SD420 鋼筋。(25 分)

1. 於混凝土灌漿時製作三顆標準圓柱試體。三顆圓柱試體進行抗壓試驗可得到抗壓強度。為符合設計的規定抗壓強度，請說明試驗所得抗壓強度的評量基準為何？
2. 撓曲鋼筋應符合 CNS 560 規定的 SD420W 之要求，惟 CNS 560 規定的 SD420 鋼筋亦可使用。SD420 鋼筋拉力試片進行的抗拉試驗可得實測降伏強度與實測抗拉強度。為使用 SD420 鋼筋，請說明 SD420 鋼筋實測降伏強度與實測抗拉強度應符合那些規定？

試題評析 第(一)小題對分析與設計而言較冷門，第(二)小題則是課內標準教學內容。

考點命中 歐陽老師《解說鋼筋混凝土》11-1節。

解：

(一) 如符合下列(1)和(2)之規定，混凝土拌成物之強度等級可被接受：

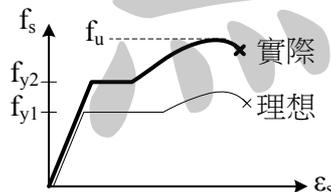
- (1) 任何三個連續強度試驗結果之算術平均值大於或等於 f'_c 。
- (2) 如 f'_c 小於等於 350 kgf/cm^2 ，強度試驗結果低於 f'_c 之差值不超過 35 kgf/cm^2 ；如 f'_c 大於 350 kgf/cm^2 ，強度試驗結果低於 f'_c 之差值不超過 $0.10f'_c$ 。

由於題目之 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ，所以可簡化為

- (1) 任何三個連續強度試驗結果之算術平均值大於或等於 280 kgf/cm^2 。
- (2) 強度試驗結果低於 f'_c 之差值不超過 35 kgf/cm^2 。

注意是(1)和(2)都要成立。

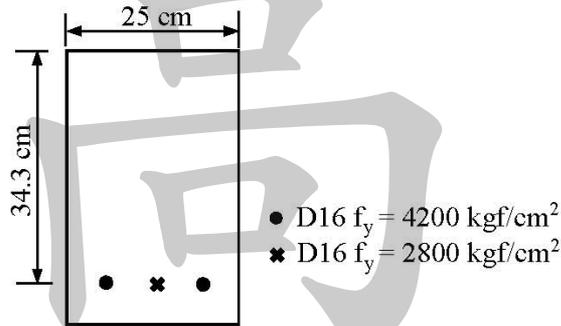
- (二) ① 實測降伏強度不得超出規定降伏強度 f_y 達 $1,250 \text{ kgf/cm}^2$ 以上。
- ② 實測極限抗拉強度與實測降伏強度之比值至少 1.25，抗降比 ≥ 1.25 。
- ③ 最小伸長率不低於 CNS 560 SD420W 之規定。



圖裡 f_{y2} 是實測降伏強度，「實測降伏強度 f_{y2} - 規定降伏強度 f_{y1} 」 $\leq 1,250 \text{ kgf/cm}^2$ ，

$$\frac{f_u}{f_{y2}} \geq 1.25。$$

- 二、有一鋼筋混凝土小梁，矩形梁斷面寬度 $b = 25 \text{ cm}$ ，有效深度 $d = 34.3 \text{ cm}$ 。梁承受彎矩，故設計三支 D16 拉力鋼筋，設計的鋼筋降伏強度 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。一支 D16 拉力鋼筋截面積 $A_b = 1.99 \text{ cm}^2$ 。惟於施工時誤用一支降伏強度 $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 的鋼筋，如圖所示。混凝土抗壓強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ 。試計算誤用鋼筋後梁斷面的設計彎矩強度 ϕM_n 為何？(25 分)



試題評析	本題 ϕM_n 小，是因為鋼筋面積少與斷面尺寸小。
考點命中	歐陽老師《解說鋼筋混凝土》4-3節與4-4節。

解：

(1) 猜三支拉降

$$0.85f'_c ab = A_s f_y$$

$$0.85(280)(25a) = 1.99(2800) + 1.99(2)(4200) = 22288 \text{ kgf}$$

$$\text{解出 } a = 3.746 \text{ cm}$$

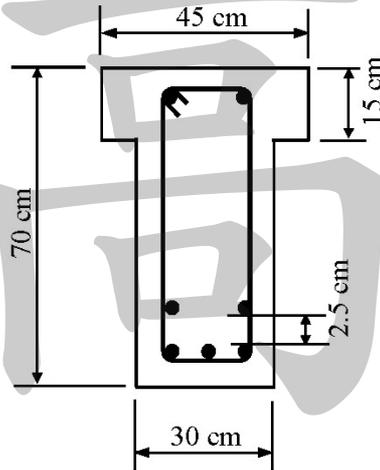
$$x = a / 0.85 = 4.407 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = 0.003(34.3 - x) / x = 0.02 > 0.002 > 0.001373 \quad \text{故三支拉降正確}$$

$$\epsilon_t = 0.02 \geq 0.005 \quad \text{故 } \phi = 0.9$$

$$(2) \phi M_n = 0.9(0.85)(0.28)(25)(3.746)(34.3 - 0.5 \times 3.746) / 100 = \underline{6.505 \text{ tf-m}}$$

- 三、圖示為鋼筋混凝土單獨 T 型梁的斷面。梁配置雙層排列的五支 D25 拉力鋼筋。梁斷面將承受設計剪力 $V_u = 30 \text{ tf}$ ，配置 D13 閉合矩形剪力鋼筋，剪力鋼筋之淨保護層為 4 cm。混凝土抗壓強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ，剪力鋼筋降伏強度 $f_{yt} = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 。試計算剪力鋼筋配置的最大間距為何？（25 分）
- D13 鋼筋之直徑 $d_b = 1.27 \text{ cm}$ ，截面積 $A_b = 1.27 \text{ cm}^2$ 。
- D25 鋼筋之直徑 $d_b = 2.54 \text{ cm}$ ，截面積 $A_b = 5.07 \text{ cm}^2$ 。



試題評析 本題求剪力筋間距，不必檢討翼版尺寸，腹版才能提供剪力。老實講，這是送分題。

考點命中 歐陽老師《解說鋼筋混凝土》4-3節與4-4節。

解：

$$(1) \text{拉力筋重心 } y_1 = \frac{2 \times 5.07(2.54 + 2.5)}{5 \times 5.07} = 2.016 \text{ cm}$$

$$\text{有效深度 } d = 70 - 4 - 1.27 - 2.54 \times 0.5 - y_1 = 61.444 \text{ cm}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.53 \sqrt{280} (30)(61.444) = 16348 \text{ kgf}$$

$$\text{依 } \phi(V_c + V_{s, \text{req'd}}) = V_u$$

$$0.75(16348 + V_{s, \text{req'd}}) = 30000$$

$$\text{解出 } V_{s, \text{req'd}} = 23652 \text{ kgf} < 1.06 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{2 \times 1.27 \times 2800 \times 61.444}{23652} = 18.48 \text{ cm}$$

$$(2) V_s \leq 1.06 \sqrt{f'_c} b_w d, \text{ 則剪力筋最大間距}$$

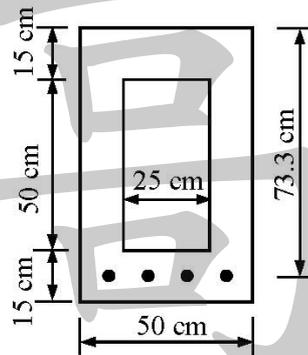
$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{A_v f_y}{3.5 b_w}, \frac{A_v f_y}{0.2 \sqrt{f'_c} b_w}, \frac{d}{2}, 60 \text{ cm} \right\}$$

$$= \min \{ 67.73, 70.84, 30.722, 60 \text{ cm} \} = 30.722 \text{ cm}$$

理論最大間距 18.48 cm

考慮施工性，可取 D13@15 cm

四、有一鋼筋混凝土簡支梁，跨度 6 m。梁斷面為中空斷面如圖所示，中空斷面尺寸為 25 cm × 50 cm，有效深度 $d = 73.3$ cm。簡支梁全跨承受均佈工作靜載重 $w_D = 2.7$ tf/m（含自重）與活載重 $w_L = 3.0$ tf/m。梁全跨度皆配置四支 D29 拉力鋼筋，鋼筋降伏強度 $f_y = 4200$ kgf/cm²。混凝土抗壓強度 $f'_c = 280$ kgf/cm²。一支 D29 鋼筋之截面積為 6.47 cm²。試計算梁承受所有工作載重時跨度中點的瞬時撓度。（25 分）



參考公式：承載均佈載重之簡支梁，其跨度中點之撓度為 $\frac{5wL^4}{384EI}$ 。

$$E_s = 2,040 \text{ tf/cm}^2 \quad E_c = 15,000 \sqrt{f'_c} \quad f_r = 2.0 \sqrt{f'_c}$$

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{y_t} \quad I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

試題評析	本題較有看頭的地方是開裂面積慣性矩的計算，其他都是老生常談的考古型式，請注意您的計算穩定性。 題目說算瞬時撓度，並不是算活重造成的撓度增量，目的是不計算長期潛變變形。
考點命中	歐陽老師《解說鋼筋混凝土》6-2節。

解：

(1) 計算基本數據 I_g 、 I_{cr} 、 M_{cr}

$$I_g = \frac{1}{12} \times (50 \times 80^3 - 25 \times 50^3) = 1872917 \text{ cm}^4$$

$$S = I_g / 40 = 46823 \text{ cm}^3$$

計算 M_{cr}

$$M_{cr} = f_r S = 2 \sqrt{280} \times 46823 / 10^5 = 15.67 \text{ tf} \cdot \text{m}$$

計算 I_{cr}

$$n = \frac{2.04 \times 10^6}{15000 \sqrt{280}} = 8.13$$

設中性軸位置為 x

$$50x(x/2) - 25(x-15)^2 / 2 = 8.13(4)(6.47)(73.3-x)$$

$$\text{解出 } x = 21.382 \text{ cm} \geq 15 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 21.382^3 - \frac{1}{3} \times 25 \times (21.382 - 15)^3 + 8.13(4)(6.47)(73.3 - 21.382)^2 = 727728 \text{ cm}^4$$

$$(2) M_a = \frac{1}{8} \times (2.7 + 3)6^2 = 25.65 \text{ tf} \cdot \text{m} > M_{cr}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 = \left(\frac{15.67}{25.65} \right)^3 = 0.228$$

$$\text{有效慣性矩 } I_e = I_{cr} + \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 (I_g - I_{cr}) = 727728 + 0.228(1872917 - 727728) = 988836 \text{ cm}^4$$

$$w_D + w_L = 2.7 + 3 = 5.7 \text{ tf/m} = 57 \text{ kgf/cm}$$

$$\text{使用載重造成撓度 } \Delta = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5 \times 57(600)^4}{384 \times 15000 \sqrt{280 \times 988836}} = \underline{0.388 \text{ cm}}$$

高點