

等 別：高考二級
類 科：土木工程
科 目：高等鋼筋混凝土學與設計
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)請以黑色鋼筆或原子筆在申論試卷上作答。

(四)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

本科目作答參考規範：中國土木水利工程學會「混凝土工程設計規範（土木 401-110）」。

混凝土設計強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ；彈性模數 $E_c = 12,000\sqrt{f'_c} \text{ kgf/cm}^2$ 。

鋼筋 D13，標稱直徑 $d_b = 1.27 \text{ cm}$ ，標稱截面積 $A_b = 1.267 \text{ cm}^2$ 。

鋼筋 D25，標稱直徑 $d_b = 2.54 \text{ cm}$ ，標稱截面積 $A_b = 5.067 \text{ cm}^2$ 。

鋼筋 D32，標稱直徑 $d_b = 3.22 \text{ cm}$ ，標稱截面積 $A_b = 8.143 \text{ cm}^2$ 。

一、如下圖所示鋼筋混凝土柱斷面，配置 16 支 D32 主筋及 D13 橫箍筋，淨保護層至箍筋外緣為 4 cm，主筋規定降伏強度 f_y 和橫箍筋規定降伏強度 f_{yt} 皆為 4200 kgf/cm^2 。已知此柱在設計載重組合下所受之設計軸力 $P_u = 630 \text{ tf}$ ，試依規範耐震結構物之規定，設計柱端在 ℓ_o 範圍內須配置之緊密圍束鋼筋，須由閉合箍筋與穿插繫筋之組合，限用 D13 鋼筋，間距及用量須符合下列規範公式及特別規定，並繪圖說明橫向鋼筋間距及配置（標示何處須為耐震彎鉤）。（25 分）

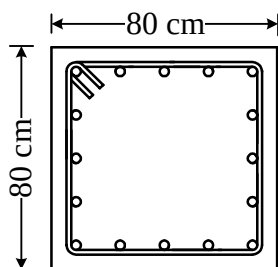
參考公式：

橫向鋼筋	條件	適用表達式		
直線型閉合箍筋之 A_{sh} / sb_c	$P_u \leq 0.3A_g f'_c$ 與 $f'_c \leq 700 \text{ kgf/cm}^2$	(a)與(b) 之較大值	$0.3\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f'_c}{f_{yt}}$	(a)
			$0.09\frac{f'_c}{f_{yt}}$	(b)
	$P_u > 0.3A_g f'_c$ 或 $f'_c > 700 \text{ kgf/cm}^2$	(a)、(b)與(c) 之最大值	$0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$	(c)

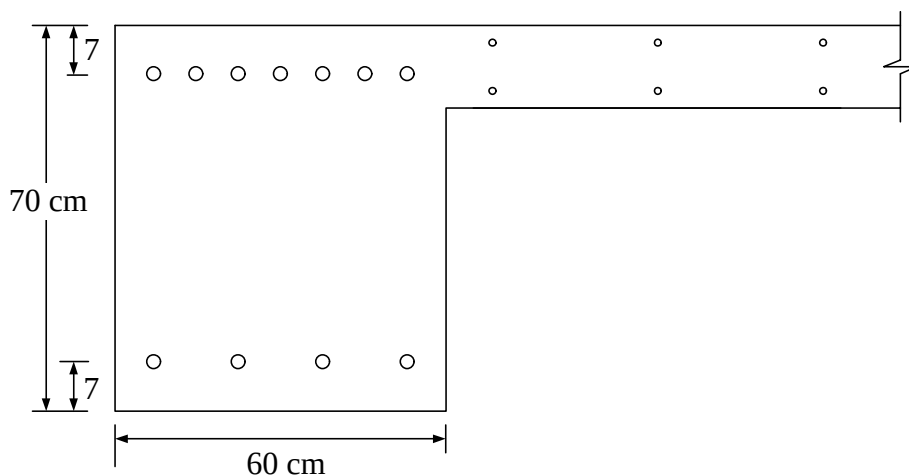
其中 $k_f = f'_c / 1750 + 0.6 \geq 1.0$ ，混凝土強度因數； $k_n = n_l / (n_l - 2)$ ，圍束有效因數。

n_l = 在柱核心沿直線型閉合箍筋周邊，縱向鋼筋或束筋受閉合箍筋轉角或「耐震彎鉤」側向支撐之數目。

土木 401-110 規範第 18.4.5.2 節和 18.4.5.3 節規定柱受 $P_u > 0.3A_g f'_c$ 或設計 $f'_c > 700 \text{ kgf/cm}^2$ 者，在 ℓ_o 之範圍內加強箍筋的配置，沿柱周邊每一縱向鋼筋都應受閉合箍筋或繫筋之轉角圍繞鉤住，且縱向鋼筋間距 h_x 不超過 20 cm。橫向鋼筋間距 s 應不超過柱最小尺度之 $1/4$ 、 $6d_b$ 以及 $s_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3} \right) \leq 15 \text{ cm}$ 。



二、一鋼筋混凝土造耐震建築物之邊梁斷面如下圖所示，頂層配置 7 支 D32 主筋、底層 4 支 D32 主筋，橫向鋼筋使用 D13 鋼筋，規定降伏強度 $f_{yt} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。已知此梁屬於耐震結構物，在含地震力載重組合下，梁端所受之設計剪力 $V_e = 82 \text{ tf}$ ，依規範第 18.3.5.2 節要求計算剪力強度時應假設 $V_c = 0$ ，藉由忽略 V_c 項，要求 $\phi V_n = \phi V_s \geq V_e$ 來提高耐震韌性，請依此規定設計梁端 $2h$ 範圍內之橫向鋼筋，須由 U 型肋筋與頂蓋繫筋組合，繪圖說明橫向鋼筋間距及配置（標示何處須為耐震彎鉤），並檢核規範相關規定。注意剪力強度折減係數 $\phi = 0.75$ 。(25 分)

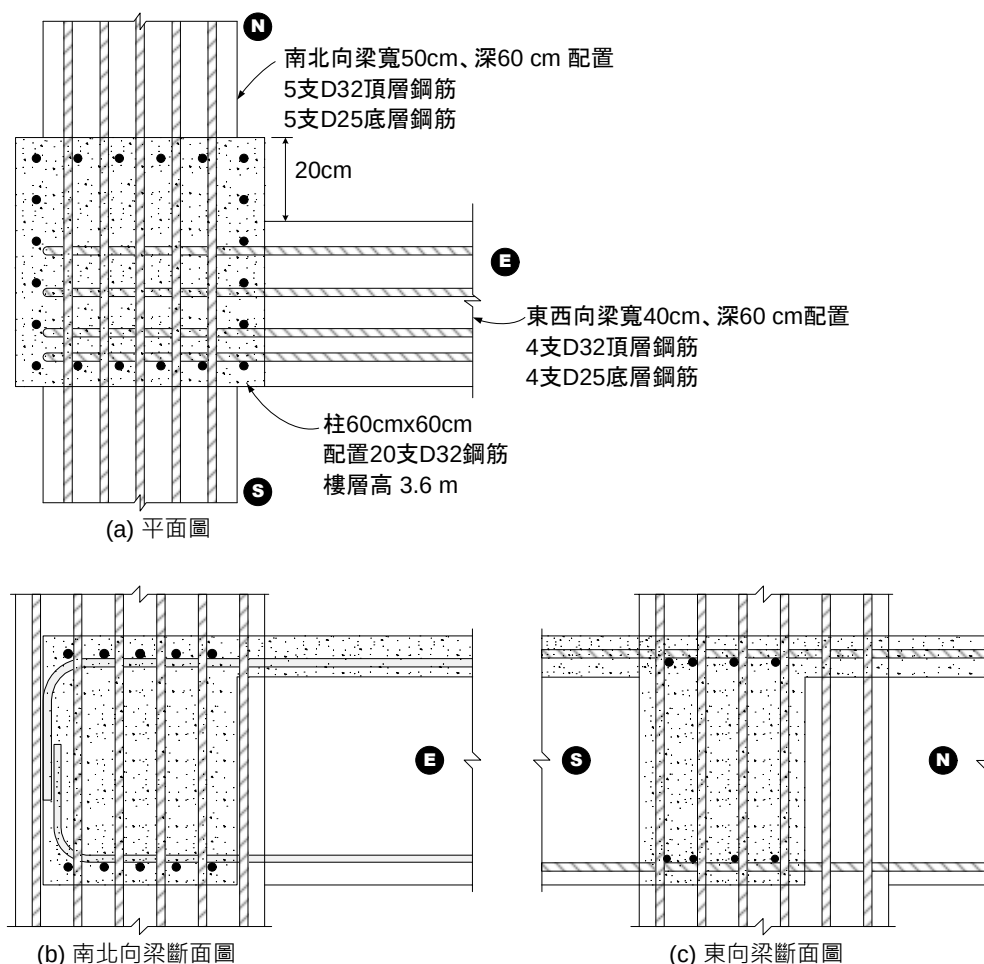


三、一鋼筋混凝土造耐震建築物之邊梁-柱接頭，其斷面尺寸和主筋配置如下圖所示，已知各樓層高度 3.6 m，鋼筋規定降伏強度 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。試檢討當東向梁端彎矩達可能彎矩強度 M_{pr} 時（基於鋼筋拉應力達 $1.25 f_y$ 計算之彎矩，假設梁有效深度 $d = 53 \text{ cm}$ ，得以單筋梁分析），此接頭承受之設計剪力 V_u 是否小於接頭剪力設計強度 ϕV_n ？接頭剪力強度折減係數 $\phi = 0.85$ 。（25 分）

參考公式：

柱	V_u 方向的梁	符合規範之橫向梁圍束	V_n ，單位為 kgf
連續	連續	有	$5.3\sqrt{f'_c}A_j$
		無	$3.9\sqrt{f'_c}A_j$
	其他	有	$3.9\sqrt{f'_c}A_j$
		無	$3.2\sqrt{f'_c}A_j$

其中接頭有效斷面積 A_j ，應為接頭深度乘以有效接頭寬度。接頭深度應為設計作用力方向之柱全深 h 。有效接頭寬度應為柱全寬，但柱寬大於梁寬時，其值應不超過梁腹寬度 b_w 兩側各加：(1)接頭深度之 1/4 或(2)梁腹側面至柱邊之距離之較小值。



四、鋼筋混凝土耐震抗彎矩構架之梁拉力鋼筋比 $\rho = A_s / bd$ ，依土木 401-110 規範第 18.3.3 節 ρ 應不大於 $\frac{f'_c + 100}{4f_y}$ ， ρ 亦不應超過 0.025。其中 f'_c 和 f_y 之單位為 kgf/cm^2 。試說明規範規定二個拉力鋼筋比上限之用意分別為何？（25 分）