

九十七年專門職業及技術人員高等考試結構設計參考題解

一、請回答下列有關鋼筋混凝土 (Reinforced Concrete, RC) 建築構架中 RC 構材之設計問題：

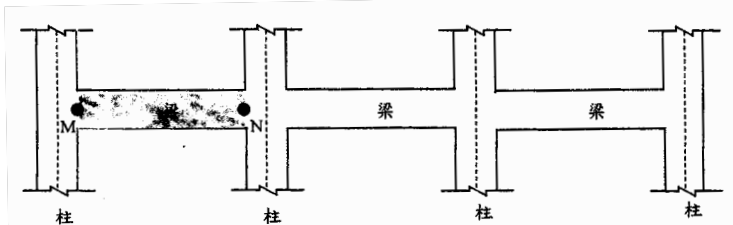
(一) 依據我國結構混凝土設計規範之規定，進行耐震設計時，RC 梁之設計剪力 V_e 應考慮梁塑鉸產生後所引致之剪力。如下圖所示之平面建築構架，請說明如何計算構架中 RC 梁 MN 之設計剪力 V_e (假設梁之淨長度為 L_n)，並繪出該梁之受力自由體圖？(15 分)

(二) 依據我國結構混凝土設計規範，有軸力作用之 RC 構材，其混凝土之剪力計算強度 V_c 有以下 3 組公式之一計算：

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{N_u}{140A_g} \right) \sqrt{f'_c b_w d} \quad \dots\dots(1)$$

$$V_c = 0.93 \sqrt{f'_c b_w d} \left(1 + \frac{N_u}{35A_g} \right) \quad \dots\dots(2)$$

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{N_u}{35A_g} \right) \sqrt{f'_c b_w d} \quad \dots\dots(3)$$



請問以上公式中，那一組公式適用於 RC 構材受拉力時之剪力強度計算？(請回答公式(1)或(2)或(3)) (5 分)

(三) 在我國結構混凝土設計規範之解說中，提供一簡單而通常略為保守之估算 RC 柱強度的設計公式如下：

$$\frac{1}{P_{ni}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_0}$$

請問此公式主要適用於何種載重狀況下的 RC 柱設計？(5 分)

• 97 年土木技師試題 •

問題剖析

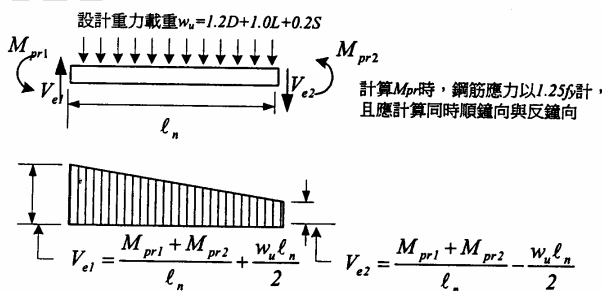
本題所考內容非以計算為主，主要係測試考生對於規範規定與相關觀念之熟悉程度。

參考題解

(一) 計算步驟說明如下：

1. 根據此梁 M 端及 N 端之配筋，計算塑性彎矩 M_{pr1} 及 M_{pr2} 。

其中 M_{pr} = 構材兩端交接面之可能彎矩強度，其方向須考慮地震反向作用之情況；計算時，拉力鋼筋之降伏應力應改用至少 1.25 倍 f_y ，並不得考慮強度折減，亦即 $\phi = 1.0$ 。



2. 此梁之設計剪力 $V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2}$

其中 $\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n}$ = 由地震引致之剪力。

12/7 “結構分析解答”

請上實力網站下載 www.shi-li.com.tw

實力學員請於 97/12/13(六) 13:00

免費回班參加

“97 年專技高考”之考題剖析講座

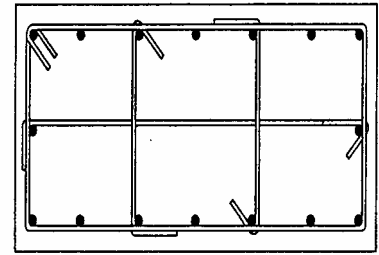
$\frac{w_u l_n}{2}$ = 由設計重力載重所產生之剪力，其中 $w_u = 1.2D + 1.0L + 0.2S$ 。

(二)採用公式(3)，但須注意 V_c 不小於零，且 N_u 為軸拉力以負值計算。

(三)當 P_{nx} 、 P_{ny} 分別大於其平衡軸力之 P_b 時，此公式較為適用。

※本題請參考“實力鋼筋混凝土學講義—〔第 4.3.1、7.1、12.2.2 節〕”

二、如以下所示之矩形鋼筋混凝土 (RC) 柱斷面示意圖，請依據我國結構混凝土設計規範之要求，回答以下鋼筋混凝土建築中 RC 柱耐震設計之相關問題：



(一)進行耐震設計時，基於強柱弱梁之原則，於梁柱接合處，RC 柱之彎矩強度與 RC 梁之彎矩強度應至少滿足何種規定？(10 分)

(二)進行耐震設計時，應注意 RC 柱之主筋用量上限，依據規範之要求，RC 柱之主筋斷面積 A_s ，不得超多少百分比的 RC 柱全斷面積 A_g ？(5 分)

(三)為了避免主筋挫屈，矩形 RC 柱圍束箍筋之間距不得超過多少倍的主筋直徑？(5 分)

(四)矩形 RC 柱之圍束繫筋 (Cross-tie)，其相鄰繫筋之中心間距不得超過多少公分？(5 分)

• 97 年土木技師試題 •

問題剖析

本題所考內容非以計算為主，主要係測試考生對於耐震設計規範規定之熟悉程度，特別是強柱弱梁之觀念。

參考題解

(一)為符合「強柱弱梁」之設計理念，柱之撓曲強度應符合下式規定：

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

其中 $\sum M_c$ = 連接於接頭各柱在接頭中心之計算彎矩強度之總和。

$\sum M_g$ = 連接於接頭各梁在接頭中心之計算彎矩強度之總和。該彎矩強度和之方向應與柱彎矩強度和之方向相反。T 梁受負彎矩作用時，在有效翼緣寬度內之版鋼筋應計入 M_g 的計算中。

(二)「縱向鋼筋面積 A_s 不得低於 $0.01A_g$ ，亦不得大於 $0.06A_g$ 。」

(三)6 倍主筋直徑。

(四)相鄰箍筋或繫筋間之最大水平距離不得超過 35 cm。

※本題請參考“實力鋼筋混凝土學講義—〔第 12.2.3 節〕”

三、如右圖所示鋼結構建築用之鋼骨構材斷面，標示為 $H700 \times 400 \times 19 \times 40$ (mm)，鋼材之降伏應力 $F_y = 3.5 \text{ tf/cm}^2$ ，鋼材之彈性模數 $E_s = 2040 \text{ tf/cm}^2$ ，請回答下列問題：

(一)試求該斷面強軸之塑性彎矩強度 (Plastic Moment Strength) $M_p = ?$ (請以 tf-cm 表示) (5 分)

(二)依據我國鋼構極限設計法規範，構材之標稱軸壓強度可依以下兩式之一計算：

1. 當 $\lambda_c \leq 1.5$: $P_n = \left[\exp(-0.419\lambda_c^2) \right] F_y A_s$

2. 當 $\lambda_c > 1.5$: $P_n = (0.877/\lambda_c^2) F_y A_s$



H 700 × 400 × 19 × 40

若該構材弱軸方向之有效長度 $K_y L_y = 5\text{ m}$ ，試求該構材弱軸方向之 λ_c 值。(10分)

(三)對於受軸力與彎矩 (P-M) 共同作用之梁-柱構材 (Beam-Column)，請依我國鋼結構極限設計法規範，繪出受軸力與單軸彎矩共同作用之 P-M 互制曲線圖，並標示重要轉折點。(10分)

• 97 年土木技師試題 •

問題剖析

- (1) M_p 的計算有公式可循，但要注意 H 型鋼的尺寸標示方式，因為尺寸一錯 M_p 必錯，應試者不可不慎！
- (2) 第二小題主要考點為 λ_c 之公式是否有背，本題僅求 λ_c 和彈性或非彈性挫屈無關。
- (3) LRFD 的 P-M 互制圖最重要的是大小軸力的分界點，即 $\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.2$ 處。若 $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ 則由 $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \leq 1.0$ 控制，反之若 $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ ，則由 $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right) \leq 1.0$ 控制。

參考題解

(一)斷面尺寸標示如圖(a)所示，

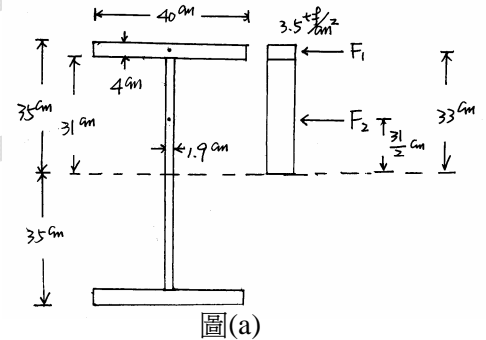
上下對稱，強軸塑性中性軸位於中間

$$F_1 = (3.5)(40 \times 4) = 560 \text{ tf}$$

$$F_2 = (3.5)(31 \times 1.9) = 206.15 \text{ tf}$$

$$M_p = \left[(F_1)(33) + (F_2) \left(\frac{31}{2} \right) \right] (2) = \left[(560)(33) + (206.15) \left(\frac{31}{2} \right) \right] (2)$$

$$= 43350.65 \text{ tf-cm} = 433.51 \text{ tf-m} \quad (\text{Ans})$$

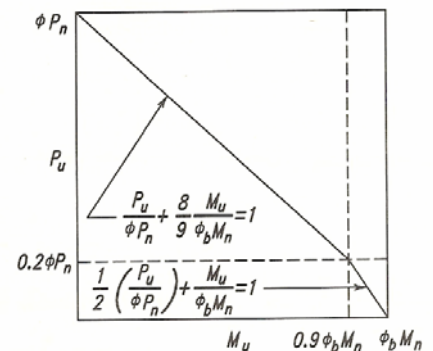


(二)弱軸 I_y 值 $I_y = \frac{(62)(1.9)^3}{12} + \left[\frac{(4)(40)^3}{12} \right] (2) = 42702.105 \text{ cm}^4$

$$\text{斷面積 } A = (62)(1.9) + (4)(40)(2) = 437.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{弱軸迴轉半徑 } r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{42702.105}{437.8}} = 9.876 \text{ cm}$$

$$\text{弱軸之 } \lambda_c = \frac{K_y L_y}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{(5 \times 100)}{(9.876)(\pi)} \sqrt{\frac{3.5}{2040}} = 0.668 \quad (\text{Ans})$$



(三)假設此樑柱之柱效應部份由弱軸控制，屬於非彈性挫屈 ($\lambda_c \leq 1.5$)。

圖(b)

$$P_n = e^{-(0.419 \times 0.668^2)} (3.5)(437.8) = 1270.997 \text{ tf}$$

設此樑柱之樑效應部份具有充分側支撐且為結實斷面，則 $M_n = M_p = 433.51 \text{ tf-m}$ 。

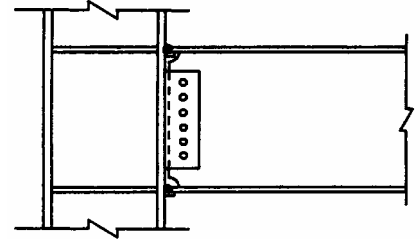
圖(b)則此斷面之 P-M 互制圖，其中

$$0.2\phi P_n = (\phi)(0.2)(1270.997) = 254.2\phi \text{ tf}, \phi \text{ 值可依壓力或拉力構件代入相應之值。}$$

$$0.9\phi_b M_n = (0.9)(0.9)(433.51) = 351.143 \text{ tf-m}$$

四、如右圖所示鋼結構建築的梁柱接頭之示意圖，請依據我國鋼結構設計與施工規範之要求，回答有關鉚接與高強度螺栓接合之問題：(每小題 5 分，共 25 分)

- (一)高強度螺栓之相鄰螺栓孔，其中心至中心的距離，不得小於多少倍之螺栓標稱直徑？
- (二)鎖緊時會對高強度螺栓產生預拉力，鎖緊之最小預拉力應達多少倍的螺栓最小抗拉強度 F_u ？
- (三)鋼結構之鉚接程序中，常用「SAW」之方法，請寫出其英文全名及中文譯名。
- (四)依據鋼結構施工規範，空氣中相對溼度超過多少百分比時，不得進行工地鉚接？
- (五)鉚道之非破壞檢測法中，常用「UT」之方法，請寫出其英文全名及中文譯名。



• 97 年土木技師試題 •

參考題解

(一)(1)容許應力設計法規範規定

最小間距：為避免接合鋼板被螺栓撕裂及滿足安裝時板手之最小間距要求，對標準孔之最小間距要求：

$$S \geq \begin{cases} \frac{8}{3}d \\ \frac{2P}{F_u t} + \frac{d}{2} \end{cases}, \text{ 若 } F_p \text{ 由 } F_p = 1.2F_u \text{ 或 } F_p = 1.0F_u \text{ 求得，則 } S \geq 3d$$

其中： P = 接合處之臨界部位中（包括連接板或桿件本身）一支螺栓傳遞之力， t 。

F_u = 接合處之臨界部位之標稱極限抗拉應力， t/cm^2 。

t = 接合處之臨界部位之厚度（薄的那塊）， cm 。

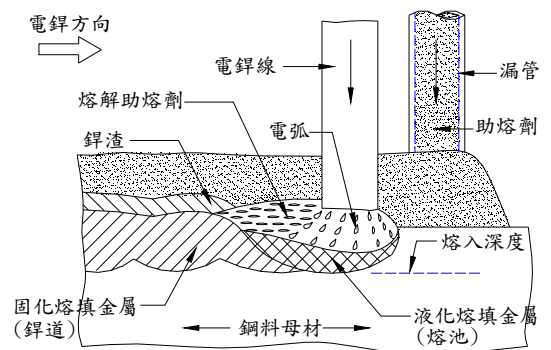
d = 標準螺栓孔之直徑， cm 。

(2)極限設計法規範規定：最小間距 $S \geq 3d$

(二)由於高強度螺栓乃利用對螺栓施加預拉力將母材夾緊以傳遞剪力。原則上，在不使螺栓破壞或改變螺栓永久變形的前提下，螺栓的預拉力愈高愈好。因此，規範要求在安裝高強度螺栓時，預拉力應達螺栓最小抗拉強度的 70% ($0.7F_u$)。吾人應注意的是在摩阻型接合中，因係考慮服務性之滑動強度，即在服務載重或工作載重下接合母材不發生相對滑動之強度，故預拉力的施加對摩阻型螺栓的接合強度影響極大。

(三)潛弧鉚接(Submerged Arc Welding, SAW)

美國鉚接協會英文名稱 Submerged Arc Welding，簡稱 SAW。用於工廠自動與半自動鉚接，送線機將成捲型之實心鉚線送出，與母材間形成電弧，藉由電弧熱熔融母材及鉚線形成鉚接金屬。鉚接過程不會發生鉚渣飛濺，無火花及無煙。此鉚接具有均勻的鉚接品質、好的韌性、高衝擊強度、高密度及好的抗蝕性。常用於全滲透或半滲透開槽鉚，規範允許提升此種鉚接方式之鉚道強度。



(四)依規定，雨天或相對溼度起過 85% 時不得進行工地鉚接。

(五)超音波檢驗法(Ultrasonic Testing, UT)

利用具有壓電效應的晶片材料所產生的高頻振動能量（超音波）傳入材料試件內部產生的波傳特性如反射、折射與共振等，再傳回探頭產生相對應的電波信號顯示來檢測受檢試件材料組成特性、雜質含物或孔洞瑕疵。