108 年專技高考土木技師試題

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)

依據與作答規範：內政部營建署「混凝土結構設計規範」(內政部 100.6.9 台內營字第 1000801914 號令)；中國土木水利學會「混凝土工程設計規範」(土木 401-100)。
未依上述規範作答，不予計分。

D13，$d_b = 1.27cm$，$A_b = 1.27cm^2$；D22，$d_b = 2.22cm$，$A_b = 3.87cm^2$；

D25，$d_b = 2.54cm$，$A_b = 5.07cm^2$；D29，$d_b = 2.87cm$，$A_b = 6.47cm^2$；

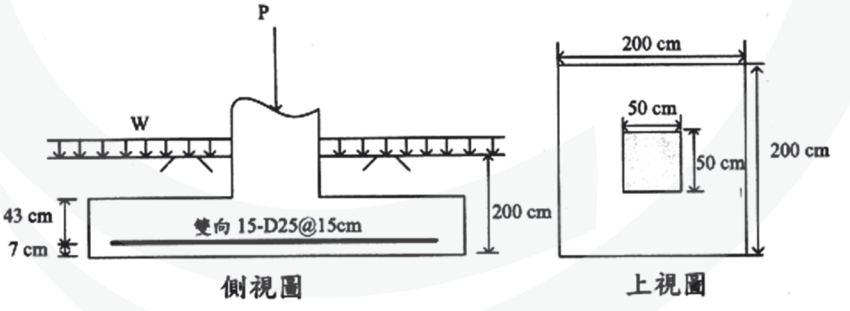
混凝土強度 $f_c' = 280kgf/cm^2$，D10 與 D13 $f_y = 2{,}800kgf/cm^2$；

D25 以上 $f_y = 4{,}200kgf/cm^2$

參考公式：$l_{dc} = \max\left[\dfrac{0.075 d_b f_y}{\sqrt{f_c'}} \times \dfrac{A_{s,req'd}}{A_{s,prov'd}}\ ,\ 0.0043 d_b f_y\ ,\ 20cm\right]$

$S \le \min\left[38(\dfrac{2800}{f_s}) - 2.5C_C\ ,\ 30(\dfrac{2800}{f_s})\right]$

一、附圖所示為一鋼筋混凝土柱基礎，柱主筋未插入基腳內，且須承受活載重 $P_L = 80tf$ 及靜載重 $P_D = 50tf$ 之軸力，請設計此柱基礎之接合鋼筋及其伸展長度。**(25 分)**



【解題關鍵】

1. 《考題難易》 中等偏難: ★★★★☆
2. 《破題關鍵》
   ⑴ 計算柱底板及基腳板的承壓強度，反算最低接合鋼筋量。
   ⑵ 計算受壓的伸展長度，公式題目有提供

【擬答】

㈠ 計算基礎最小接合鋼筋量

$P_u = 1.2P_D + 1.6P_L = 1.2 * 50 + 1.6 * 80 = 188\ (tf)$

1. 柱底承壓強度P_1

$$P_1 = 0.65(0.85f_c' \times A_1) = \frac{0.65(0.85 \times 280 \times 50 * 50)}{1000} = 386.75(tf)$$

2. 基腳板承壓強度P_2

$$P_2 = 0.65\left(0.85f_c'\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \times A_1\right) \quad 且\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{200*200}{50*50}} = 4 \qquad (只能取\ 2)$$

$$P_2 = \frac{0.65(0.85 \times 280 \times 2 \times 50 * 50)}{1000} = 773.5(tf)$$

3. 設計最小接合鋼筋量

$$min(P_1、P_2) = 386.75(tf) \quad > \quad P_u = 188(tf)$$

$$A = 0.005A_1 = 0.005 \times 50 \times 50 = 12.5\ cm^2$$

設計$\mathbf{4-D22}$ $\quad A_{s,prov'd} = 4 * 3.87 = 15.48\ cm^2 > 12.5\ cm^2 \quad OK\ !$

㈡ 計算受壓的伸展長度

$$l_d = max\left[\frac{0.075d_bf_y}{\sqrt{f_c'}} \times \frac{A_{s,req'd}}{A_{s,prov'd}}，0.0043d_bf_y，20\ cm\right]$$

$$= max\left[\frac{0.075 \times 2.22 \times 4200}{\sqrt{280}} \times \frac{12.5}{15.48}，0.0043 \times 2.22 \times 4200，20\ cm\right]$$

$$= max[33.746\ cm，40.093\ cm，20\ cm] = 40.093\ cm$$

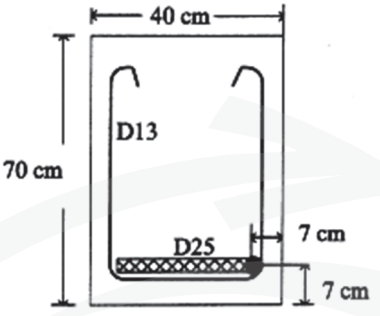
1. 檢討基腳版內伸展長度

$l = 43\ cm\ >\ l_d = 40.093\ cm \qquad OK\ !$

2. 檢討柱內伸展長度

$l = 200-43-7 = 150\ cm\ >\ l_d = 40.093\ cm \qquad OK\ !$

二、有一單筋單排矩形梁(如下圖所示)，其主筋採 **D25**，箍筋採 **D13**，混凝土骨材最大粒徑為 **2.54** 公分，試依照規範計算此梁最大與最小彎矩設計強度 ϕM_n 。**(25** 分**)**



【解題關鍵】

1. 《考題難易》 中等: ★★★☆☆

2. 《破題關鍵》

⑴ 題目有給鋼筋的間距的資訊，所以就要從這方面檢討。

⑵ 挑選最大跟最小的鋼筋量。

【擬答】

㈠ 求最小$\emptyset M_n$

1. 求最小鋼筋量

$$A_{s,min} = max\left[\frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y}bd，\frac{14}{f_y}bd\right] = max\left[\frac{0.8\sqrt{280}}{4200}\times 40\times 63，\frac{14}{4200}\times 40\times 63\right]$$

$$A_{s,min} = max[8.032，8.4] = 8.4\ cm^2$$

$$\mathrm{n} = \frac{8.4}{5.07} = 1.657(支) \qquad 取\ 2\ 支$$

2. 檢討最大間距

$$C_c = 7 - \frac{2.54}{2} = 5.73\ cm$$

$$S_{max} = min\left[38\left(\frac{2800}{f_s}\right) - 2.5C_c，30(\frac{2800}{f_s})\right]$$

$$= \left[38\left(\frac{2800}{4200\times\frac{2}{3}}\right) - 2.5\times 5.73，30\left(\frac{2800}{4200\times\frac{2}{3}}\right)\right]$$

$$S_{max} = min[23.675，30] = 23.675\ cm$$

實際間距$S = 40 - 2\times 7 = 26\ cm\ >\ S_{max} = 23.675\ cm$ 間距 NG!

因此必須取 3 支鋼筋。

3. 求$\emptyset M_n$

$0.85f_c'ab = A_s f_y$

$0.85 \times 280 \times a \times 40 = (5.07 \times 3) \times 4200$

$a = 6.71\ cm$

$\emptyset M_n = 0.9A_s f_y\left(d - \frac{a}{2}\right) = 0.9 \times 3 \times 5.07 \times 4200\left(63 - \frac{6.71}{2}\right)$

$\emptyset M_n = \mathbf{34.292}\ (\boldsymbol{t-m})$

㈡ 求最大$\emptyset M_n$

1. 求最大淨間距

$S_{min} = max\left[1.33d_{骨材}，2.5cm，d_b\right] = max\left[1.33 * 2.54，2.5cm，2.54\right]$

$S_{min} = max\left[3.378cm，2.5cm，2.54cm\right] = 3.378cm$

2. 求最大鋼筋根數

實際間距$S = 2 * d' + (n-1)d_b + (n-1)S_{min}$

$40 = 2 * 7 + (n-1) * 2.54 + (n-1) * 3.378$

$\mathrm{n} = 5.394$(支)　　取 5 支

3. 求$\emptyset M_n$

$0.85f_c'ab = A_s f_y$

$0.85 \times 280 \times a \times 40 = (5.07 \times 5) \times 4200$

$a = 11.184\ cm$

$\emptyset M_n = 0.9A_s f_y\left(d - \frac{a}{2}\right) = 0.9 \times 5 \times 5.07 \times 4200\left(63 - \frac{11.184}{2}\right)$

$\emptyset M_n = \mathbf{55.01}\ (\boldsymbol{t-m})$

二、請說明形狀因子之定義及其物理意義，
並請計算 $H600\times300\times12\times22$ 斷面之形狀因子。**(20 分)**

【解題關鍵】
1. 《考題難易》 易: ★☆☆☆☆
2. 《破題關鍵》
⑴ 基本定義的回答題目。
⑵ 小心計算彈性模數S_x與塑性模數Z_x。

【擬答】

㈠ 形狀因子f之定義：
塑性彎矩M_p與降伏彎矩M_y之比值。
形狀因子$f=\frac{M_p}{M_y}$

㈡ 形狀因子f之物理意義：
形狀因子可視為梁斷面從降伏狀態達到極限狀態之能力，對於矩形斷面$f=1.5$、菱形斷面$f=2$、鋼結構用 H 型鋼隨翼板、腹板的板厚及長度不同而改變，很長介於 1.10~1.18 之間。

㈢ 計算形狀因子f

1. 強軸形狀因子f_x

$$I_x=\frac{1}{12}[300*600^3-288*556^3]=1274889216\ (mm^3)$$
$$S_x=\frac{I_x}{y_{max}}=\frac{1274889216}{300}=4249630.72\ (mm^3)$$
$$Z_x=2\left[300*22*289+278*12*\frac{278}{2}\right]=4742208\ (mm^3)$$
$$f_x=\frac{M_p}{M_y}=\frac{Z_x}{S_x}=\frac{4742208}{4249630.72}=\mathbf{1.116}$$

2. 弱軸形狀因子f_x

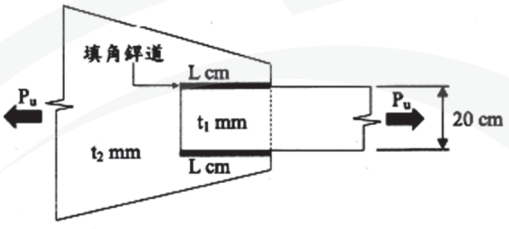
$$I_y=\frac{1}{12}[44*300^3+556*12^3]=99080064\ (mm^3)$$
$$S_y=\frac{I_y}{x_{max}}=\frac{99080064}{150}=660533.76\ (mm^3)$$
$$Z_y=2[150*44*75+6*556*3]=1010016\ (mm^3)$$
$$f_x=\frac{M_p}{M_y}=\frac{Z_y}{S_y}=\frac{1010016}{660533.76}=\mathbf{1.529}$$

四、如下圖所示一寬 $20cm$ 、厚 $16mm(t_1)$ 之鋼板採用填角銲縱向銲道疊接於另一厚度為 $20mm(t_2)$ 之鋼板，兩鋼板之降伏及抗拉強度分別為 $F_y = 2.5t/cm^2$ ，$F_u = 4.1t/cm^2$ ，E70 銲材 $(F_u = 4.9t/cm^2)$ ：

㈠ 依現行極限設計法規範，請問填角銲之最小銲道尺寸及最小銲道長度 L 分別為何？(未說明原因者不予計分)**(10 分)**

㈡ 在不考慮剪力遲滯效應 $(U = 1.0)$ 下，填角銲銲道尺寸 L 至少應為何？

(請說明原因。填角銲銲道之最大銲道尺寸又為何？(未說明原因者不予計分)(20 分)



附表　極限設計法填角銲最小尺寸

接合部之較厚板厚，t（mm）	最小銲腳尺寸[a]（mm）
$t \le 6$	3
$6 < t \le 12$	5
$12 < t \le 19$	6
$19 < t \le 38$	8

【解題關鍵】

1. 《考題難易》　中等偏易: ★★☆☆☆
2. 《破題關鍵》
   ⑴ 配合規範選取適合的銲腳尺寸。
   ⑵ 計算鋼板強度在反算銲道的長度。

【擬答】

㈠ 求最小銲道尺寸及最小銲道長度

最小銲道長度由接合處較厚之板決定，$D = 20\,mm$，故對應的最小銲道尺寸為 $D_{min} = \mathbf{8\,mm}$

填角銲之最小銲道長度 L_{min} 為腳長的四倍，即 $L_{min} = 4D = 4 * 8 = \mathbf{32\,mm}$

㈡ 不考慮剪力遲滯效應

1. 求銲道尺寸

計算鋼板拉力強度

⑴ 全斷面降伏

$$A_g = 20 * 1.6 = 32\,cm^2$$

$$\emptyset_t T_{n1} = 0.9F_yA_g = 0.9 * 2.5 * 32 = 72\,(tf)$$

⑵ 有效淨斷面積撕裂

$U = 1.0$題目提供

$A_e = UA_g = 1 * 32 = 32\ cm^2$

$\emptyset_t T_{n2} = 0.75 F_u A_e = 0.75 * 4.1 * 32 = 98.4\ (tf)$

2. 計算所需銲道長度 L

由(填角銲設計剪力強度)≥(鋼板設計拉力強度)

有效喉厚$t_e = 0.707D = 0.707 * 0.8 = 0.5656\ cm$

$$0.75 * 0.6 F_{EXX} * \sum t_e L \geq \emptyset_t T_n$$

$$0.75 * 0.6 * 4.9 * 0.5656 * L \geq 72\ (tf)$$

可以解出$L \geq 57.731\ cm$，因此單邊長度為$L = \frac{57.731}{2} = 28.866\ cm$

3. 檢核塊狀剪力破壞

鋼板拉力淨斷面積$A_{nt} = 20 * 2 = 40\ cm^2$

鋼板剪力淨斷面積$A_{nt} = 28.866 * 2 * 2 = 115.464\ cm^2$

拉力斷裂$F_u A_{nt} = 4.1 * 40 = 164\ (tf)$

剪力撕裂$0.6F_u A_{nv} = 0.6 * 4.1 * 115.464 = 284.041\ (tf)$

因為$0.6F_u A_{nv} > F_u A_{nt}$，所以是剪裂+拉降破壞模式

塊狀剪力$\emptyset_t T_{n3} = 0.75 * \left(0.6F_u A_{nv} + F_y A_{gt}\right)$

$= 0.75 * (284.041 + 2.5 * 40) = 288.031\ tf$

塊狀剪力必須小於拉裂+剪裂破壞模式$0.75 * (0.6F_u A_{nv} + F_u A_{nt})$

$= 0.75 * (284.041 + 164) = 336.031\ tf$

故塊狀剪力$\emptyset_t T_{n3} = 288.031\ tf$　　OK！

因此填角銲銲道尺寸單邊長度 L 至少為$\mathbf{28.866\ cm}$。

4. 填角銲最大銲道尺寸

當沿著鋼板邊緣的填角銲腳長 D 與板厚 t 相等或接近時，在銲道檢測時容易將鋼板上緣熔解之母材誤判為銲道的一部份。因此填角銲有最大尺寸的限制，當母材(鋼板)厚度$t < 6\ mm$ 時最大填角銲尺寸$D_{max} = t$ ；當母材厚度≥ $6\ mm$時最大填角銲尺寸$D_{max} = t - 1.5\ mm$。

本題為$t_1 = 16\ mm$ 鋼板銲接於$t_2 = 20\ mm$ 鋼板，依規範限制此時填角銲銲道最大銲道(接)尺寸為$D_{max} = t - 1.5 = 16 - 1.5 = \mathbf{14.5\ mm}$。

祝金榜題名 最新名師線上解題&開課