

111 年高考三級 土木工程試題

類科：土木工程

科目：鋼筋混凝土學與設計

註：「鋼筋混凝土學與設計」作答依據及規範：內政部營建署「混凝土結構設計規範」(內政部 110 年 3 月 2 日台內營字第 1100801841 號令)。未依上述規範作答，不予計分。

一、一供公眾使用之鋼筋混凝土構件，受靜載重 D 、活載重 L 、地震力 E 及風力 W 四種力量作用，而風力受方向因數折減。設計此構件所需考慮之設計載重組合 U ，除了 $U = 1.4D$ 、 $U = 1.2D + 1.6L$ 與 $U = 1.2D + 1.0L$ 外，還有那些？請全部列出，不用管它們之間的大小。(25 分)

《考題難易》中等偏難：★★★★☆

《解題關鍵》(1) 本題的載重組合要問比較冷門的組合。(2) 依照自己的印象，盡量作答。

《命中特區》正課班 RC 課本 P1 - 8

【擬答】：

(一) 各類型載重組合

2.4.2 設計載重之組合如下：

- (1) $U = 1.4(D + F)$
- (2) $U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$
- (3) $U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R) + (1.0L \text{ 或 } 0.8W)$
- (4) $U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$
- (5) $U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$
- (6) $U = 0.9D + 1.6W + 1.6H$
- (7) $U = 0.9D + 1.0E + 1.6H$

各符號之說明詳見本規範第 2.1 節及其他有關規定。

以上各種組合遇下列情況，可作調整：

- (a) 除供公眾使用之場所、停車場或活載重 L 超過 500kgf/m^2 之區域外，上述(3)、(4)及(5)式中： $1.0L$ 可減至 $0.5L$ 。
- (b) 風力不受方向因數折減時，上述(4)及(6)中： $1.6W$ 可減為 $1.3W$ 。

土壤力 H 引起之構材內力若有抵消風力或地震力引致之構材內力時，上述(6)及(7)中 H 項應予不計。因其他力作用下對土壤產生反力，該反力不得計入 H ，但構材設計時該項反力須予計入。

風力 W 或地震力 E 引起之土壤力 H ，如其方向與 W 或 E 相反時，上述(6) 及(7) 中 H 項應予不計。因其他力所引起之土壤抵抗力不得計入 H ，但於構材設計時應考慮土壤抵抗力。

F = 流體力，

因密度及高度明確之液體其重量及壓力所造成之載重，或其相關之內彎矩與力。

T = 溫度、潛變、乾縮與不等沉陷等之效應，或其相關之內彎矩與力。

H = 土壤力，因土壤、土壤中之水或其他物質之重量及壓力所造成之載重，或其相關之內彎矩與力。

L_r = 屋頂活載重，或其相關之內彎矩與力。

R = 雨水載重，或其相關之內彎矩與力。

S = 雪載重，或其相關之內彎矩與力。

$$(1) U = 1.4D$$

$$(2) U = 1.2D + 1.6L$$

$$(3) U = 1.2D + (1.0L \text{ 或 } 0.8W)$$

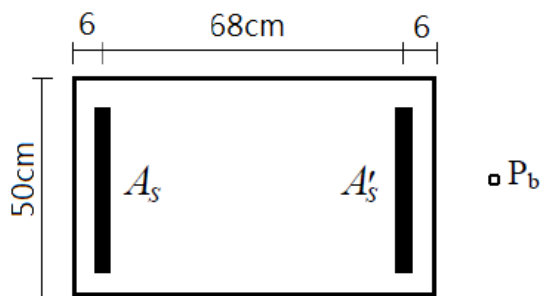
$$(4) U = 1.2D + 1.6W + 1.0L$$

$$(5) U = 1.2D + 1.0E + 1.0L$$

$$(6) U = 0.9D + 1.6W$$

$$(7) U = 0.9D + 1.0E$$

二、圖一的橫箍筋矩形斷面短柱，鋼筋量 $A_s = A'_s = 40\text{cm}^2$ ，混凝土抗壓強度 $f'_c = 280\text{kgf/cm}^2$ ，鋼筋降伏強度 $f'_y = 4200\text{kgf/cm}^2$ ，鋼筋中心保護層厚度 = 6cm。計算平衡破壞時之軸壓力 P_b 、偏心距 e_b 及彎矩 M_b 。壓力鋼筋所占面積需從受壓混凝土面積中扣除。需詳列解答過程。(25 分)



圖一

《考題難易》中等: ★★☆☆☆

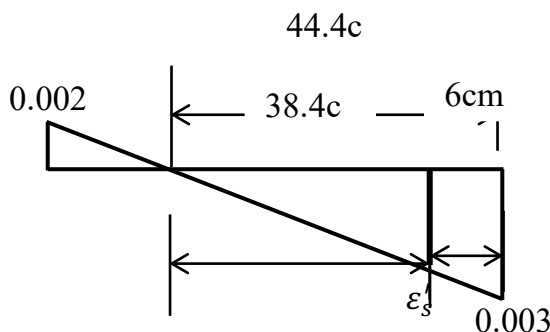
《解題關鍵》

(1) 平衡狀態時的 P_b 、 M_b 、 e_b ，是柱子容易出現的題型。

(2) 我們上課時，就習慣把壓力筋所占面積扣除了。

《命中特區》正課班RC課本P5 - 9~P5 - 10

【擬答】：



(一) 計算 P_b

$$x_b = 0.6d = 0.6 \times 74 = 44.4 \text{ cm}$$

$$a = \beta_1 x_b = 0.85 \times 44.4 = 37.74 \text{ cm}$$

$$\frac{\epsilon'_s}{38.4} = \frac{0.003}{44.4} \rightarrow \epsilon'_s = 0.0025946 > \epsilon_y$$

$$C_c = 0.85f'_c ab = 0.85(280)(37.74)(50) = 449106 \text{ kgf}$$

$$C_s = A'_s(f_y - 0.85f'_c) = (40)(4200 - 0.85 \times 280) = 158480 \text{ kgf}$$

$$T = A_s f_y = (40)(4200) = 168000 \text{ kgf}$$

$$P_b = C_c + C_s - T = 449106 + 158480 - 168000 = 439586 \text{ kgf}$$

$$= \mathbf{439.586 \text{ tf}}$$

(二) 求 M_b

$$M_b = C_c \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + (C_s + T)(d_p - 7)$$

$$= 449106 \left(40 - \frac{37.74}{2} \right) + (158480 + 168000)(40 - 6)$$

$$= 20589930 \text{ kgf-cm} = \mathbf{205.899 \text{ tf-m}}$$

☺ 求 e_b

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{20589930}{439586} = 46.839cm$$

三、撓剪裂縫與腹剪裂縫為鋼筋混凝土梁承受垂直載重作用時可能產生的剪力相關裂縫。請詳述何謂撓剪裂縫與腹剪裂縫?其會發生於何情況?以圖二的簡支梁為例，在這些裂縫常發生的位置畫出示意圖。(25 分)



圖二

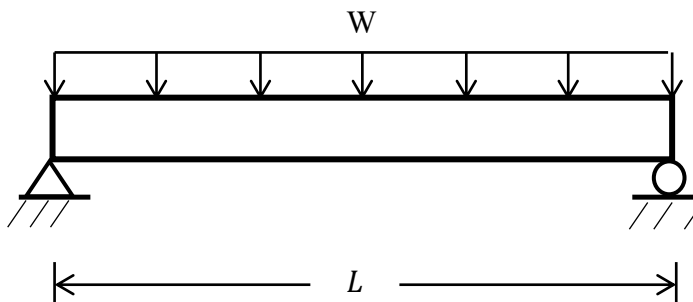
《考題難易》 中等偏易：★★☆☆☆

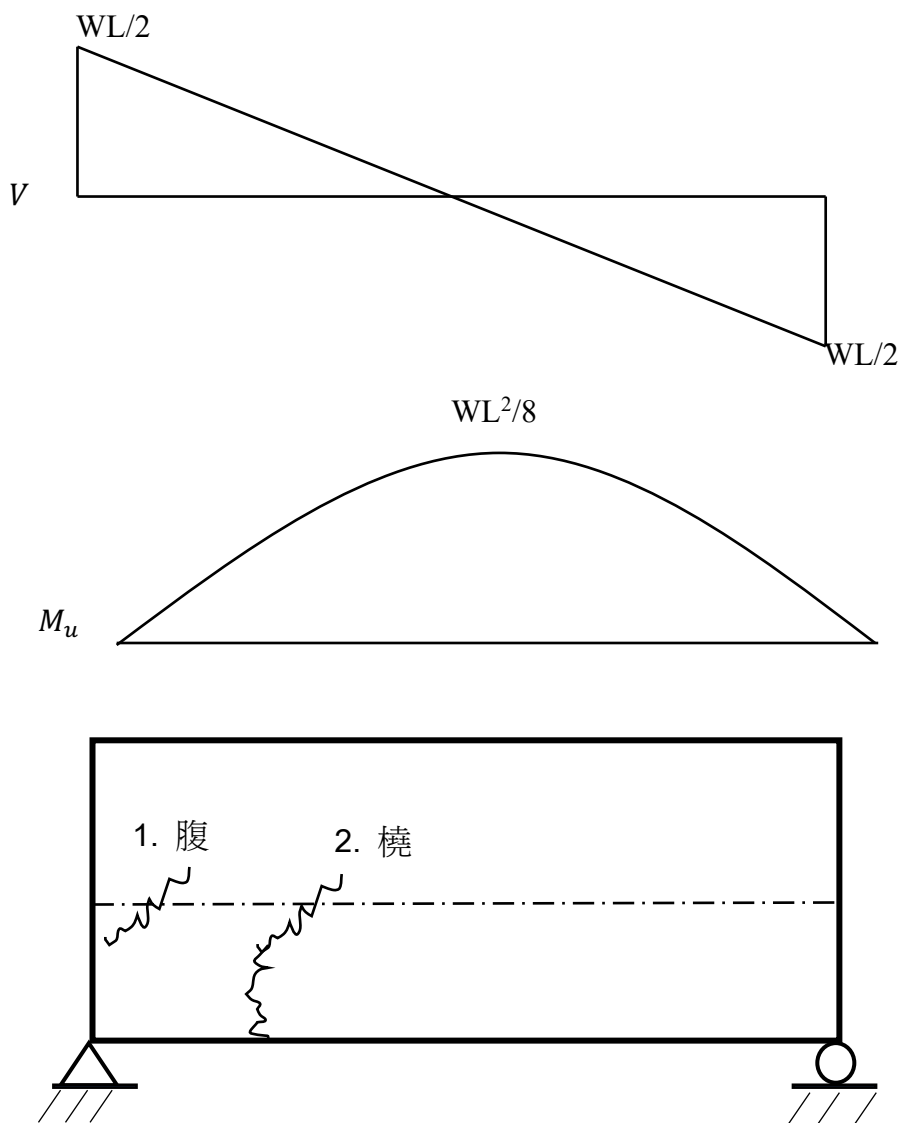
《解題關鍵》

- (1) 本題的正課班有上過的內容，同學應該不難得分。
- (2) 如果可以畫出剪力彎矩圖的話，更好。

《命中特區》正課班RC課本P4 - 2

【擬答】：





1. 腹剪裂縫：

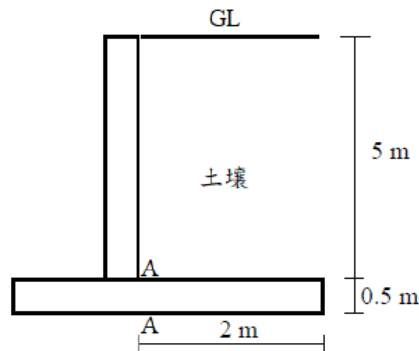
顧名思義就是發生在梁腹的位置，當剪力很大，彎矩較小的位置容易發生，裂縫的走向與水平軸呈現 45° ，隨著外力載重增加，裂縫會往左右兩個方向伸展。

2. 撓剪裂縫：

當梁同時承受較大的彎矩及剪力的時候，容易出現此現象，裂縫通常由撓曲裂縫開始發展，走向先是垂直方向 90° ，然後再轉成與水平軸呈現 45° 。

四、以強度設計法計算圖三擋土牆基礎底板 A-A 斷面(牆踵)第每公尺寬所需之拉力鋼筋量 A_s (以 cm^2 為單位)。鋼筋中心保護層厚度= 10cm，混凝土抗壓強度 $f'_c = 210\text{kgf/cm}^2$ ，鋼筋降伏強度 $f_y = 4200\text{kgf/cm}^2$ 牆背土壤單位重= 1.6tf/m^3 。不考慮基礎底板下面的所有向上壓力。需詳列解答過程。省略最大及最小鋼筋量檢核。(25 分)

(提示：將 A-A 斷面右側的基礎底板視為單筋懸臂梁，梁上載重為自重及土壤重，求得 A-A 斷面所受彎矩內力用以設計拉力鋼筋。)



圖三

《考題難易》中等偏難：★★★★☆

《解題關鍵》

- (1) 把梁的自重及土壤重，整理成懸臂梁上的均佈載重。
- (2) 題目已經提醒為單筋懸臂梁，就跑單筋矩形梁設計的流程。

《命中特區》正課班RC課本P3 - 5~P3 - 7

【擬答】：

(一) 係數化載重(全部靜載重)

$$w_D = 2.4 \times 0.5 \times 1 + 1.6 \times 5 \times 1 = 9.2 \text{ (tf/m)}$$

$$w_u = 1.4w_D = 1.4(9.2) = 12.88 \text{ (tf/m)}$$

$$M_u = \frac{1}{2}w_u L^2 = \frac{1}{2}(12.88)(2)^2 = 25.76 \text{ (tf-m)} = 2576000 \text{ (kgf-cm)}$$

(二) 檢核是否單筋梁就足夠

$$x_{0.005} = \frac{3}{8}d = \frac{3}{8} \times 40 = 15 \text{ cm} \quad a = \beta_1 x = 0.85(15) = 12.75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_{n0.005} &= 0.9 \times 0.85 f'_c ab \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 0.85(210)(12.75)(100) \left(40 - \frac{12.75}{2} \right) = 6887367(\text{kgf} - \text{cm}) \\ &= 68.874(\text{tf} - \text{m}) > M_u = 25.76(\text{tf} - \text{m}) \quad OK !\end{aligned}$$

(三) 計算所需鋼筋支數及鋼筋量

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2576000}{0.9} = 2862222.222$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2862222.222}{100(40)^2} = 17.889$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{4200}{0.85(210)} = 23.5294$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{23.5294} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(23.5294)(17.889)}{4200}} \right] = 0.004497\end{aligned}$$

$$A_{s,req'd} = \rho bd = 0.004497 \times 100 \times 40 = 17.989(\text{cm}^2/\text{m})$$