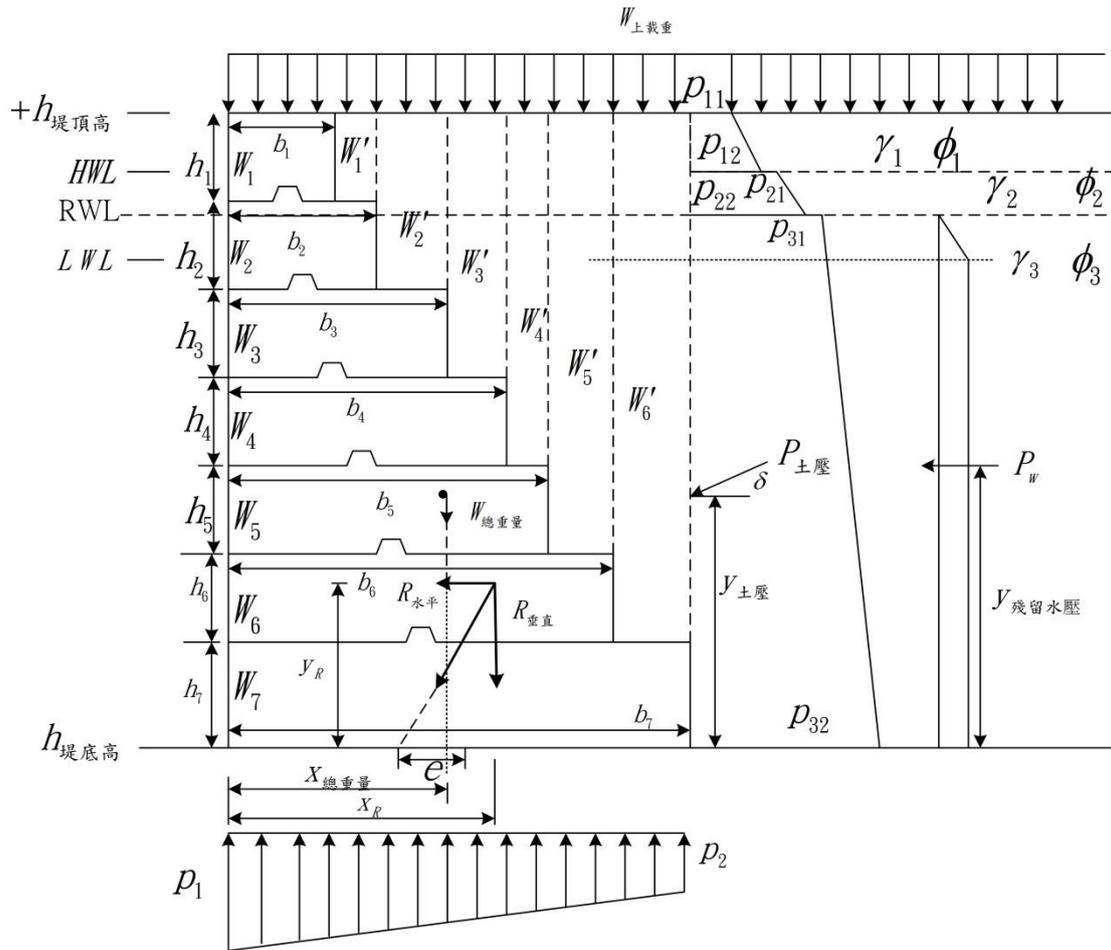


方塊式碼頭設計例



1) 設計條件

- ① 堤址水深: -8.5m
- ② 上載重 $W_{\text{上載重}}$: 32kN/m^2
- ③ 高水位 HWL: +1.5m, 低水位 LWL: +0.0m
- ④ 殘留水位 RWL: +1.0m
- ⑤ $h_{\text{堤頂高}}$: +3.0m
- ⑥ 堤高 H: 8m
- ⑦ 基礎容許承載壓力 q : 300kN/m^2
- ⑧ 混凝土與砂礫間的摩擦係數 μ : 0.6 壁面摩擦角 $\delta = 20^\circ$
- ⑨ 背後材為一般土砂, 其單位體積重量 γ 及內部摩擦角 ϕ
- ⑩ 混凝土單位體積重量, 水面以上 24kN/m^3 , 水中 14 N/m^3



載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈

⑪ 背後材為一般土砂，其單位體積重量 γ 及內部摩擦角 ϕ

Ⓐ 高潮位以上 $\gamma_1=18\text{kN/m}^3$ $\phi_1=35^\circ$

Ⓑ 高潮位至殘留水位間 $\gamma_2=20\text{kN/m}^3$ $\phi_2=25^\circ$

Ⓒ 殘留水位以下 $\gamma_3=10\text{kN/m}^3$ $\phi_3=25^\circ$

2) 粗估最小堤寬 B_{\min} (包含基腳)

① 堤體重量 W_{\min}

堤體重量 W_{\min} 為粗估最小堤寬 B_{\min} 上堤體重量扣除浮力，以下式計算

$$\begin{aligned}
 W_{\min} = & \gamma_{rc} (h_{\text{堤頂高}} - h_{\text{堤底高}}) B_{\min} a / 100 \\
 & + \gamma_b (h_{\text{堤頂高}} - h_{\text{堤底高}}) B_{\min} b / 100 \\
 & - \gamma_w (RML - h_{\text{堤底高}}) B_{\min} \\
 & + W_{\text{上載重}}
 \end{aligned} \quad (\text{kN/m})$$

a : 鋼筋混凝土所佔比例

b : 填充材及背填材所佔比例

γ_{rc} : 鋼筋混凝土單位體積重量

γ_b : 填充材及背填材單位體積重量

γ_w : 海水單位體積重量

② 土壓計算

因假定地表面為水平、壁面為垂直

$$p_{11} = wK_1$$

$$p_{12} = [w + \gamma_1(h_{\text{堤頂高}} - HML)] K_1$$

$$p_{21} = [w + \gamma_1(h_{\text{堤頂高}} - HML)] K_2$$

$$p_{22} = [w + \gamma_1(h_{\text{堤頂高}} - HML) + \gamma_2(HML - RML)] K_2$$

$$p_{31} = [w + \gamma_1(h_{\text{堤頂高}} - HWL) + \gamma_2(HWL - RWL)] K_3$$

$$p_{32} = [w + \gamma_1(h_{\text{堤頂高}} - HWL) + \gamma_2(HWL - RWL) + \gamma_3(RWL - h_{\text{堤底高}})] K_3$$

$$K_n = \frac{\cos^2 \phi_n}{\cos \delta \left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi_n \pm \delta) \sin \phi_n}{\cos(\delta)}} \right]^2}$$

$$\cot \zeta_n = \mp \tan(\phi_n \pm \delta) + \sec(\phi_n \pm \delta) \sqrt{\frac{\cos \delta \sin(\phi_n \pm \delta)}{\sin \phi_n}}$$

第 n 層地層內土壓分佈為由上端 p_{n1} ，下端 p_{n2} 以直線連成的梯形分佈。土壓合力 P_n 、水平分力 P_{niH} 、垂直分力 P_{niV} 可依下式計算

$$P_n = \frac{p_{n1} + p_{n2}}{2} h_n \quad n=1, 2, 3$$

2011 埃及尼羅河之旅

$$h_1 = h_{\text{堤頂高}} - HWL$$

$$h_2 = HWL - RWL$$

$$h_3 = RWL - h_{\text{堤底高}}$$

$$P_{niH} = P_{ni} \cos \delta \quad (i = 1, 2)$$

$$P_{niV} = P_{ni} \sin \delta \quad (i = 1, 2)$$

第 n 層下端至土壓合力 P_n 作用點的垂直距離為

$$H_n = \frac{2p_{n1} + p_{n2}}{3(p_{n1} + p_{n2})} h_n$$

土壓總合力為

$$P_{\text{土壓}} = \sum_1^n P_n$$

合力作用 $y_{\text{土壓}}$ 可由土壓分佈圖(隨個案而異)的圖心求得。

③ 殘留水壓合力及作用點 $y_{\text{殘留水壓}}$

$$P_{\text{殘留水壓}} = 0.5\gamma_w (RWL - LWL)^2 + \gamma_w (RWL - LWL) (LWL - h_{\text{堤底高}})$$

$$y_{\text{殘留水壓}} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} (RWL - LWL)^2 \left[\frac{2}{3} (RWL - LWL) + (LWL - h_{\text{堤底高}}) \right] \\ + \frac{1}{2} \gamma_w (RWL - LWL) (LWL - h_{\text{堤底高}})^2 \end{array} \right\} / P_{\text{殘留水壓}}$$

④ 堤體寬度

① 對滑動安定檢討，堤體最小寬度 B_s

$$F = \frac{\mu(W_{\min} + P_{\text{土壓}} \sin \delta)}{P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta} = \frac{\mu[(a_1 + a_2 - a_3 + W_{\text{上載重}})B_s + P_{\text{土壓}} \sin \delta]}{P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta} = 1$$

即

$$B_s = \frac{P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta - \mu P_{\text{土壓}} \sin \delta}{\mu(a_1 + a_2 - a_3 + W_{\text{上載重}})}$$

$$a_1 = \gamma_{rc} (h_{\text{堤頂高}} - h_{\text{堤底高}}) a / 100$$

$$a_2 = \gamma_b (h_{\text{堤頂高}} - h_{\text{堤底高}}) b / 100$$

$$a_3 = \gamma_w (RWL - h_{\text{堤底高}})$$

F: 滑動安全率

載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

② 對轉動安定檢討，堤體最小寬度 B_o

$$F = \frac{W_{\min} \frac{B_o}{2} + P_{\text{土壓}} \sin \delta B_o}{P_{\text{殘留水壓}} y_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta y_{\text{土壓}}} = 1$$

即

$$(a_1 + a_2 - a_3 + W_{\text{上載重}})B_o^2 + 2P_{\text{土壓}} \sin \delta B_o - 2(P_{\text{殘留水壓}} y_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta y_{\text{土壓}}) = 0$$

即

取

$$B_o = \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}$$

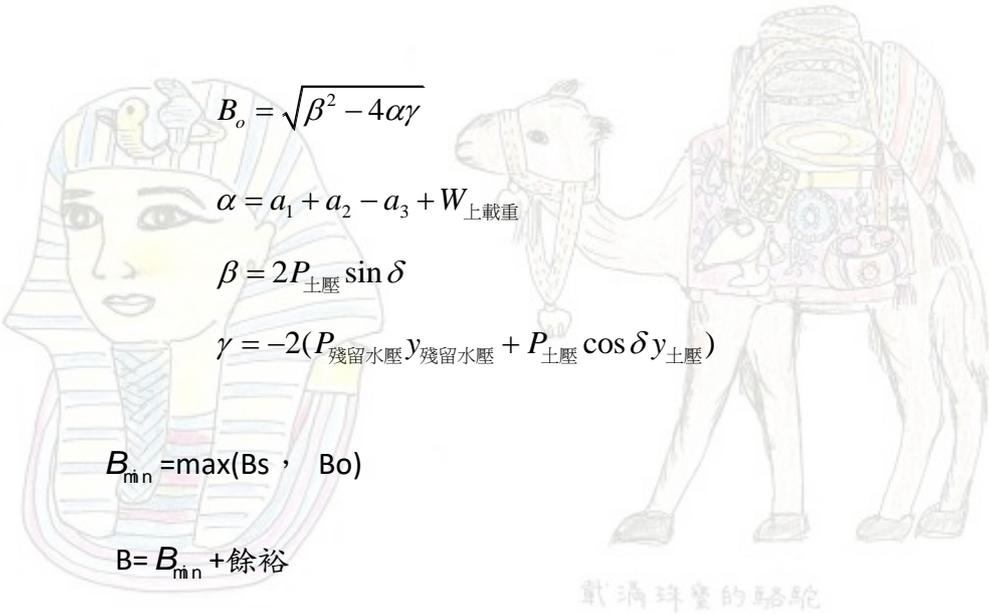
$$\alpha = a_1 + a_2 - a_3 + W_{\text{上載重}}$$

$$\beta = 2P_{\text{土壓}} \sin \delta$$

$$\gamma = -2(P_{\text{殘留水壓}} y_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta y_{\text{土壓}})$$

$$B_{\min} = \max(B_s, B_o)$$

$$B = B_{\min} + \text{餘裕}$$



戴滿珠寶的駱駝

3) 平時安定計算

① 土壓計算

2011 埃及尼羅河之旅

依 2) 之 ② 計算

② 殘留水壓合力及作用點 $y_{\text{殘留水壓}}$

依 2) 之 ② 計算

③ 總重量 $W_{\text{總重量}}$

① 方塊重量

$$W = \sum_i W_i - \text{浮力} = \gamma_c \sum_i h_i b_i - \gamma_w \sum_j h_j b_j$$

i 表示方塊個數， j 表示殘留水位 RWL 以下方塊個數。

② 背填土重量

$$W_z = \sum W = \sum \gamma_i h_i b_i$$

γ_i 為各土層的單位體積重量

$$W_{\text{總重量}} = W_{\text{堤體}} + W_{\text{背填土}} + W_{\text{上載重}} \quad (\text{kN/m})$$

總重量 $W_{\text{總重量}}$ 的作用點 $x_{\text{總重量}}$ ，可利用力矩平衡計算(隨個案而異)。

④ 堤體安定計算

① 滑動

$$F = \frac{\mu(W_{\text{總重量}} + P_{\text{土壓}} \sin \delta)}{P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta}$$

若安全率 F 大於 1.2 即安全 尼羅河之旅

② 轉動

$$F = \frac{W_{\text{總重量}} x_{\text{總重量}} + P_{\text{土壓}} x_{\text{土壓}}}{P_{\text{殘留水壓}} y_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} y_{\text{土壓}}}$$

若安全率 F 大於 1.1 即安全。

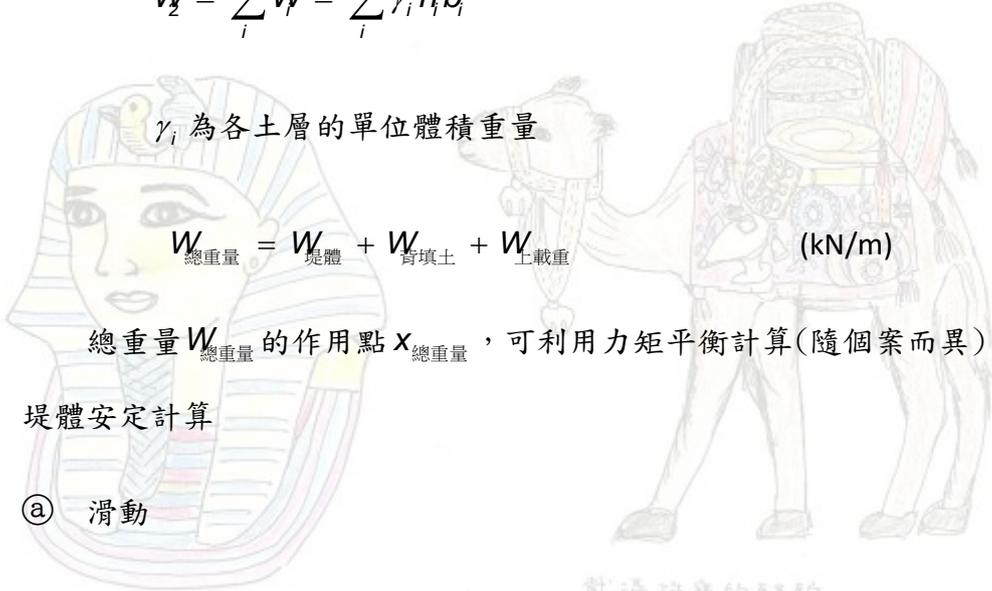
⑤ 地盤安定計算

$$R_{\text{垂直}} = P_{\text{土壓}} \sin \delta + W_{\text{總重量}}$$

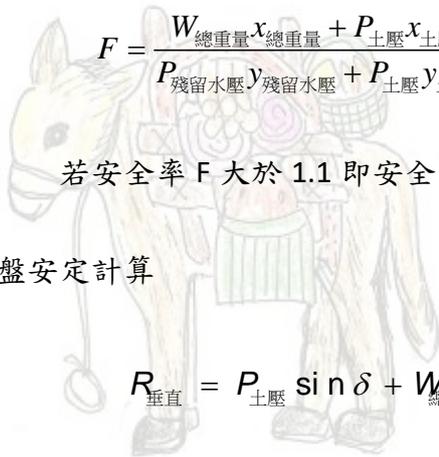
$$R_{\text{水平}} = P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta$$

$$y_R = \frac{W_{\text{總重量}} y_{\text{總重量}} + P_{\text{殘留水壓}} y_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta y_{\text{土壓}}}{W_{\text{總重量}} + P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta}$$

$$x_R = \frac{P_{\text{土壓}} \sin \delta b_7 + W_{\text{總重量}} x_{\text{總重量}}}{R_{\text{垂直}}}$$



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

依底面反作用力計算出底面反作用力 p_1 及 p_2 ，若其值小於容許承載力，即為安全。

4) 地震時安定計算

土壓計算

土壓強度如 3) 所述計算，但土壓係數依下式所示。

$$K_n = \frac{\cos^2(\phi_n - \theta)}{\cos\theta \cos(\delta \pm \theta) \left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi_n \pm \delta) \sin(\phi_n - \theta)}{\cos(\delta \pm \theta)}} \right]^2}$$

$$\cot \zeta_n = \mp \tan(\phi_n \pm \delta) + \sec(\phi_n \pm \delta) \sqrt{\frac{\cos(\delta \pm \theta) \sin(\phi_n \pm \delta)}{\sin(\phi_n - \theta)}}$$

θ 是地震合成角，可依下列計算

2011 埃及尼羅河之旅

水面上地盤： $\theta = \tan^{-1}k$ (°)

水面下地盤： $\theta = \tan^{-1}k'$

k 是空氣中震度， k' 是水中比(apparent)震度。

其餘計算與平時相同。



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

回重力式碼頭設計 回港灣設施設計