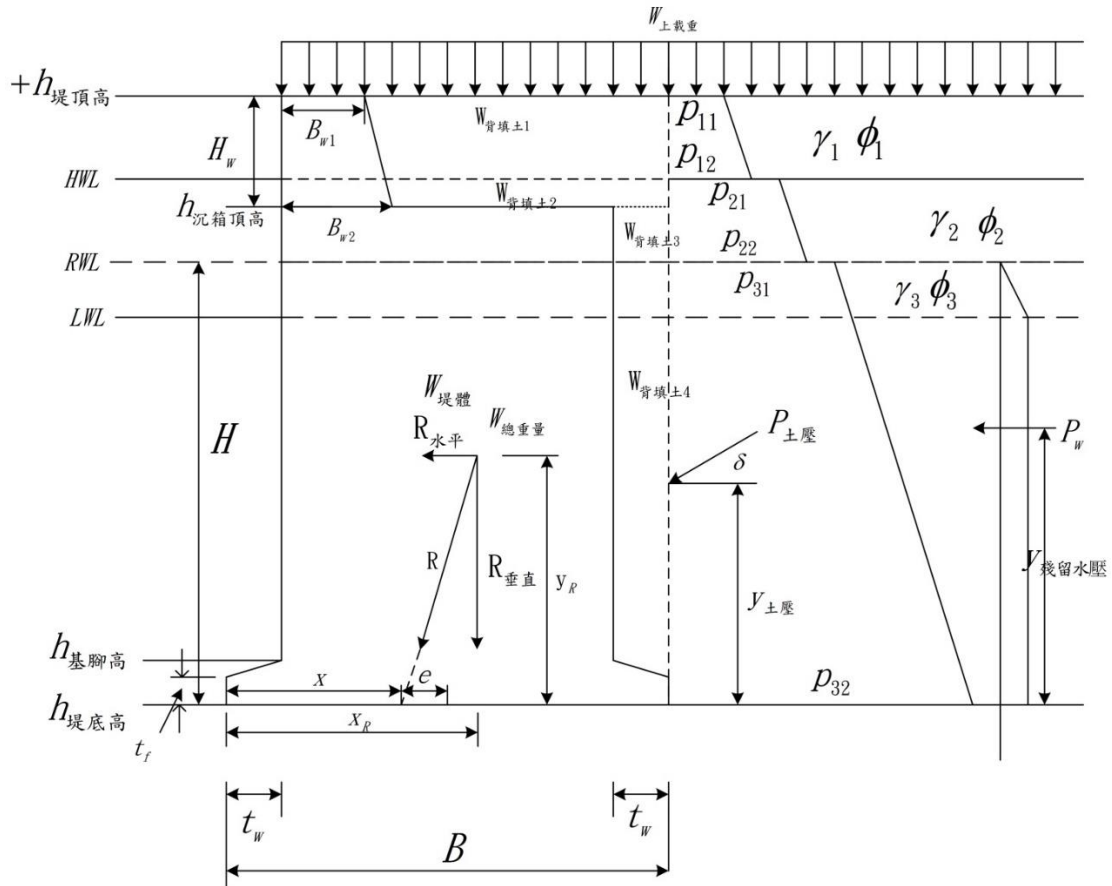


## 沉箱式碼頭設計例

沉箱式碼頭將基腳上背填土視為堤體一部份，土壓及殘留水壓作用於通過基腳後端的垂直線上。



### 1) 設計條件

- ① 堤址水深: -8m
- ② 上載重  $W_{\text{上載重}}$ :  $32\text{kN/m}^2$
- ③ 高水位 HWL: +1.5m
- ④ 低水位 LWL: +0.0m
- ⑤ 殘留水位 RWL: +1.0m
- ⑥ 基礎容許承載壓力  $q$ :  $300\text{kN/m}^2$
- ⑦ 混凝土與砂礫間摩擦係數  $\mu$ : 0.6 壁面摩擦角  $\delta = 20^\circ$

⑧ 背後材為一般土砂，其單位體積重量  $\gamma$  及內部摩擦角  $\phi$

⑨ (a) 高潮位以上  $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3 \quad \phi_1 = 35^\circ$

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

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

⑩  $h_{\text{堤頂高}} : +3.0 \text{ m}$

⑪  $h_{\text{堤底高}} : -8.0 \text{ m}$

⑫ 堤高  $H : 8 \text{ m}$

⑬ 胸牆寬  $B_w : 1.5 \text{ m}$

⑭ 胸牆高  $H_w : 2.0 \text{ m}$

⑮ 堤寬  $B : 6 \text{ m}$

2) 粗估最小堤寬  $B_{\text{min}}$  (包含基腳及背填土) **尼羅河之旅**

① 堤體重量  $W_{\text{min}}$

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

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

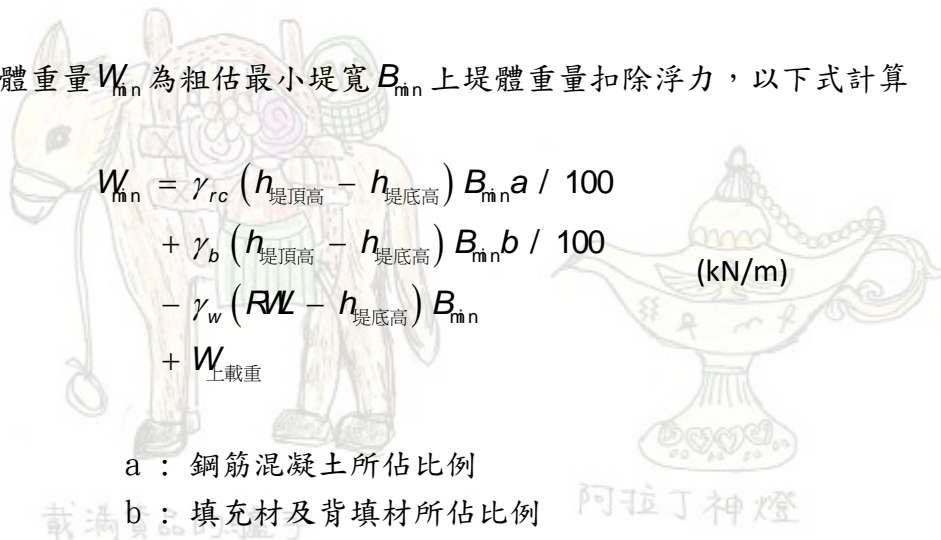
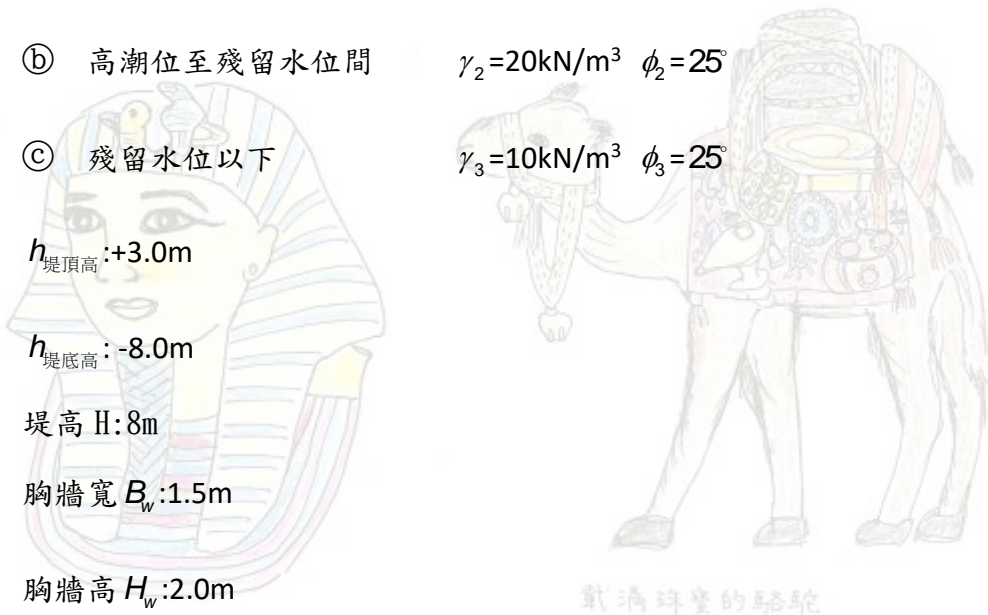
a : 鋼筋混凝土所佔比例

b : 填充材及背填材所佔比例

$\gamma_{rc}$  : 鋼筋混凝土單位體積重量

$\gamma_b$  : 填充材及背填材單位體積重量

$\gamma_w$  : 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

$$p_{11} = wK_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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  $P_{nH}$ 、垂直分力  $P_{nV}$  可依下式計算

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

$$h_1 = h_{\text{堤頂高}} - HWL$$

$$h_2 = HWL - RWL$$

$$h_3 = RWL - h_{\text{堤底高}}$$

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

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

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(隨各案而異)的圖心求得。

③ 殘留水壓合力及作用點  $y_{\text{殘留水壓}}$

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

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

④ 堤體寬度

① 對滑動安定檢討，堤體最小寬度  $B_s$

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

即

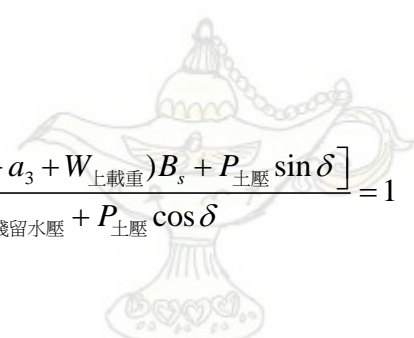
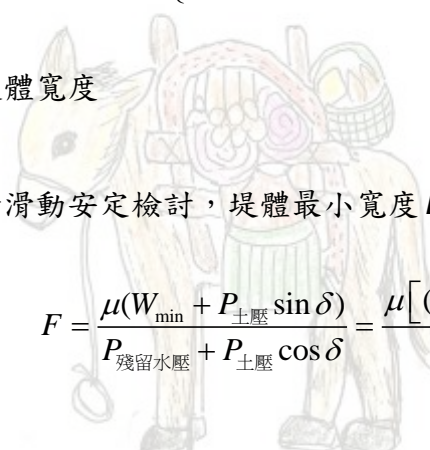
$$B_s = \frac{P_{\text{殘留水壓}} + P_{\text{土壓}} \cos \delta - \mu P_{\text{土壓}} \sin \delta}{\mu(a_1 + a_2 - a_3 + W_{\text{上載重}})}$$

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

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



載滿珠寶的駱駝



阿拉丁神燈

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

F: 滑動安全率

- ② 對轉動安定檢討，堤體最小寬度  $B_o$

即

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

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

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

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

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

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

得

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

取

$$B = B_{\min} + \text{餘裕}$$

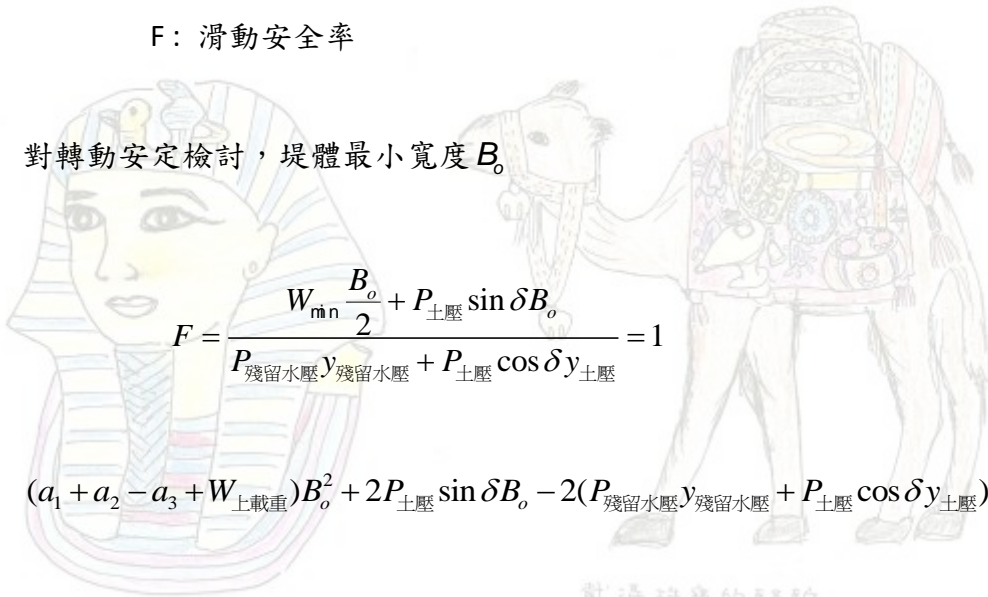
- 3) 平時安定計算

- ① 土壓計算

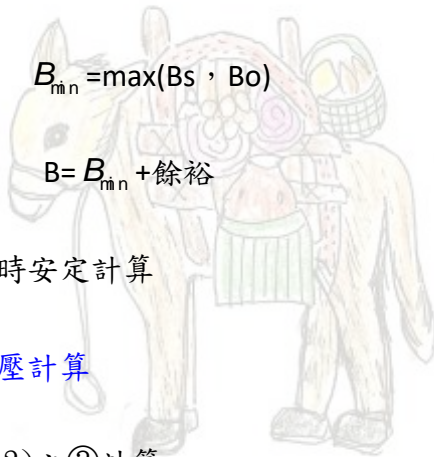
依 2) 之 ② 計算

- ② 殘留水壓合力及作用點  $y_{\text{殘留水壓}}$

依 (2) 之 ③ 計算



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

③ 總重量  $W_{\text{總重量}}$

① 沉箱重量

堤體重量  $W_{\text{堤體}}$  為堤體重量扣除浮力，以下式計算

$$\begin{aligned}
 W_{\text{堤體}} = & \gamma_{rc} (h_{\text{沉箱頂高}} - h_{\text{堤底高}}) (B - 2t_w) \times a / 100 \\
 & + \gamma_b (h_{\text{沉箱頂高}} - h_{\text{堤底高}}) (B - 2t_w) \times b / 100 \\
 & + (\gamma_{rc} - \gamma_w) \frac{1}{2} [t_f + (h_{\text{基腳高}} - h_{\text{堤底高}})] t_w \times 2 \quad (\text{kN/m}) \\
 & + \gamma_{rc} \frac{1}{2} H_w (\times B_{w1} + B_{w2}) \\
 & - \gamma_w (RW - h_{\text{堤底高}}) (B - 2t_w)
 \end{aligned}$$

a : 鋼筋混凝土所佔比例

b : 填充材及背填材所佔比例 羅河之旅

$\gamma_{rc}$  : 鋼筋混凝土單位體積重量

$\gamma_b$  : 填充材及背填材單位體積重量

$\gamma_w$  : 海水單位體積重量

② 基腳上背填土載重  $W_{\text{背填土}}$

將基腳上背填土載重  $W_{\text{背填土}}$ ，因土單位體積重量不同，將之分為  $W_{\text{背填土}i}$  ( $i=1 \sim 7$ ) 等 4 部份(隨個案而異)， $A$  ( $i=1 \sim 4$ ) 為各部份面積，則

$$W_{\text{背填土}1} = \gamma_1 A_1$$

$$W_{\text{背填土}2} = \gamma_2 A_2$$

$$W_{\text{背填土}3} = \gamma_2 A_3$$

$$W_{\text{背填土}4} = \gamma_3 A_4$$

$$W_{\text{背填土}} = \sum_{i=1}^4 W_{\text{背填土}i} \quad (i=1 \sim 4)$$

全部重量為

$$W_{\text{總重量}} = W_{\text{堤體}} + W_{\text{背填土}} + W_{\text{上載重}}$$

總重量作用點  $x_{\text{總重量}}$ 、 $y_{\text{總重量}}$ ，可由各背填土形狀(隨個案而異)利用力矩平衡計算。

④ 堤體安定計算

① 滑動

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

若安全率 F 大於 1.2 即安全。

② 轉動

2011 埃及尼羅河之旅

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

若安全率 F 大於 1.1 即安全。

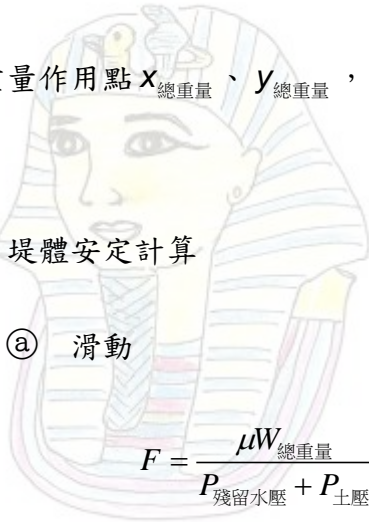
⑤ 地盤安定計算

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

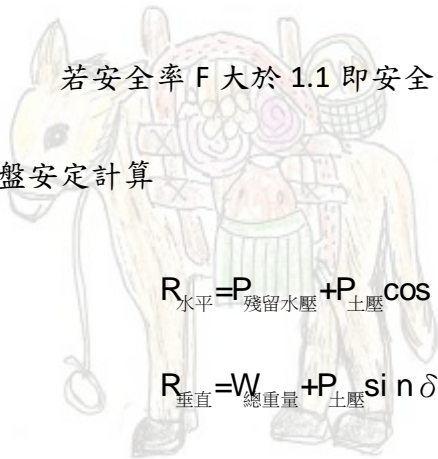
$$R_{\text{垂直}} = W_{\text{總重量}} + P_{\text{土壓}} \sin \delta$$

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

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



載滿珠寶的駱駝



載滿寶物的驢子 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 2) 所述計算，但土壓係數依下式所示。

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

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

地震時壁面摩擦角  $\delta = 0$ ， $\theta$  是地震合成角，可依下列計算

$$\begin{aligned} \text{水面上地盤：} \quad \theta &= \tan^{-1} k \\ \text{水面下地盤：} \quad \theta &= \tan^{-1} k' \end{aligned} \quad (^\circ)$$

$k$  是空氣中震度， $k'$  是水中比(apparent)震度。

其餘計算與平時相同。

回重力式碼頭設計

回港灣設施設計

載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈