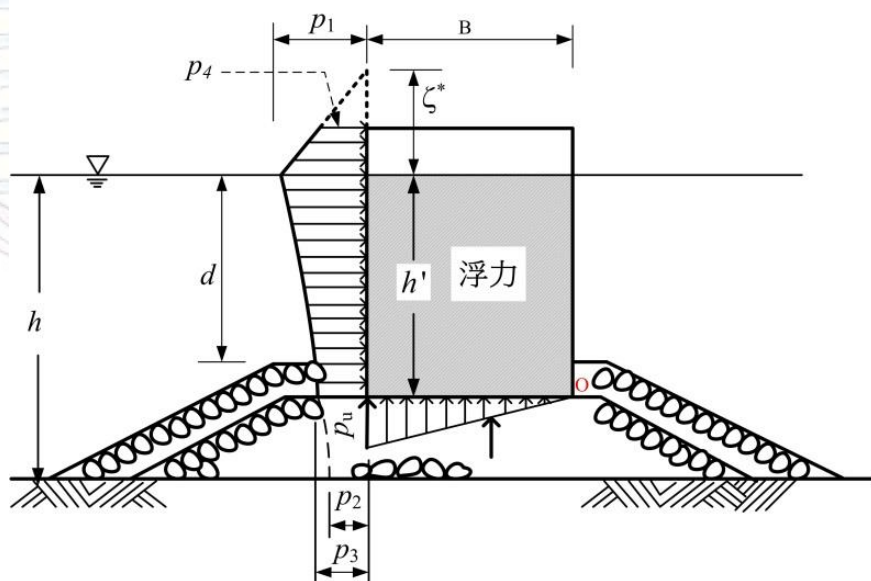


## 沉箱式合成防波堤安定計算

### 1. 直立堤體

#### (1) 最大波高 Hmax

參考合田公式，利用線上即時演算(波浪公式集)計算出



#### ① 最大波高 Hmax

$$h_b = h + 5H_{1/3} \tan \theta$$

$$\beta_0^* = 0.052 [H'_{1/3}/L_0]^{-0.38} \exp[20 \tan^{1.5} \theta]$$

$$\beta_1^* = 0.63 \exp[3.8 \tan \theta]$$

$$\beta_{\max}^* = \max \{ 1.65, 0.53 [H'_{1/3}/L_0]^{-0.29} \exp(2.4 \tan \theta) \}$$

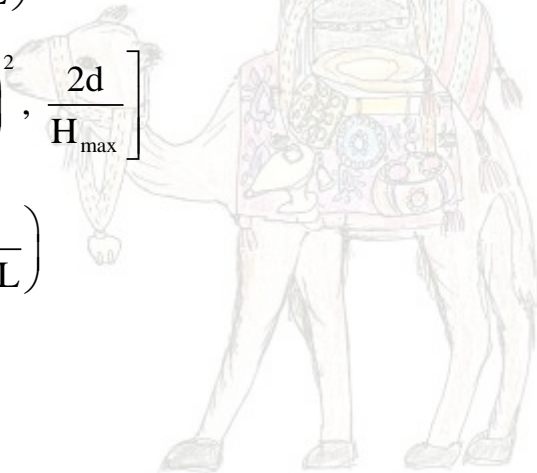
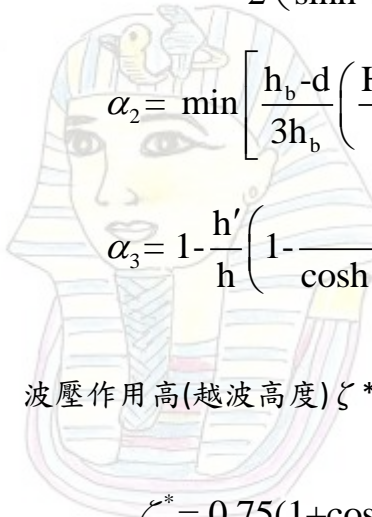
$$H_{\max} = \left\{ \begin{array}{l} 1.8K_s H'_{1/3} \quad ; \quad h/L_0 \geq 0.2 \\ \min \left[ (\beta_0^* H'_{1/3} + \beta_1^* h_b), \beta_{\max}^* H'_{1/3}, 1.8K_s H'_{1/3} \right] ; \quad h_b/L_0 < 0.2 \end{array} \right.$$

② 波壓係數

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left( \frac{2\pi h/L}{\sinh 4\pi h/L} \right)^2$$

$$\alpha_2 = \min \left[ \frac{h_b - d}{3h_b} \left( \frac{H_{\max}}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_{\max}} \right]$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left( 1 - \frac{1}{\cosh 2\pi h/L} \right)$$



載滿珠寶的駱駝

③ 波壓作用高(越波高度)  $\zeta^*$

$$\zeta^* = 0.75(1 + \cos\beta) H_{\max}$$

④ 波壓強度  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_u$

2011 埃及尼羅河之旅

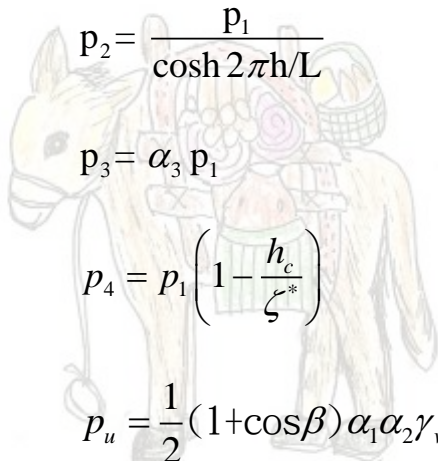
$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos\beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\beta) \gamma_w H_{\max}$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh 2\pi h/L}$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$

$$p_4 = p_1 \left( 1 - \frac{h_c}{\zeta^*} \right)$$

$$p_u = \frac{1}{2} (1 + \cos\beta) \alpha_1 \alpha_2 \gamma_w H_{\max}$$



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

⑤ 波壓水平及垂直合力

i. 選定越波時的越波高度  $h_c^*$

$$h_c^* = \min(\zeta^*, h_c) \quad (\text{m})$$

ii. 波壓水平合力 P

$$P = \frac{1}{2}(p_1 + p_4)h_c^* + \frac{1}{2}(p_1 + p_2)h' \quad (\text{kN/m})$$

iii. 上揚合力 U

$$U = \frac{1}{2}p_u B \quad (\text{kN/m})$$

iv. 水平合力力矩 M<sub>H</sub>

$$M_H = \frac{1}{6}(2p_1 + p_3)h'^2 + \frac{1}{2}(p_1 + p_4)h'h_c^* + \frac{1}{6}(p_1 + 2p_4)h_c^{*2} \quad (\text{kNm/m})$$

v. 上揚合力力矩 M<sub>U</sub>

$$M_U = \frac{2}{3}UB \quad (\text{kNm/m})$$

2011 埃及尼羅河之旅

⑥ 堤體重量 W'

將堤體重量 W' 分割成 W<sub>1</sub>:沉箱重量, W<sub>2</sub>:上部工重量, W<sub>3</sub>:浮力等 3 部分。

$$W_1 = W_{11} + W_{12}$$

$$W_{11} = \rho_{rc} \times (h' + h_T + h_{top}) \times B \times a / 100$$

$$W_{12} = \rho_b \times (h' + h_T + h_{top}) \times B \times b / 100$$

a: 鋼筋混凝土所佔比例

b: 填充材所佔比例

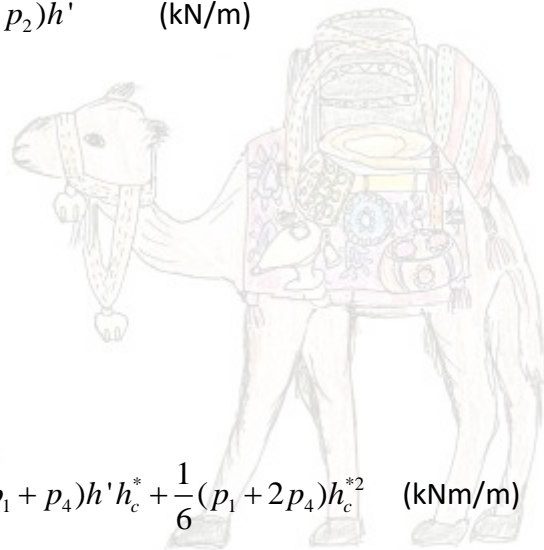
$\rho_{rc}$ : 鋼筋混凝土單位體積重量

$\rho_b$ : 填充材單位體積重量

$h_{top}$ : 沉箱頂高度

$h_T$ : 設計潮位

$$W_2 = \rho_c B (h_c - h_T - h_{top}) \quad (\text{kN/m})$$



載滿珠寶的駱駝



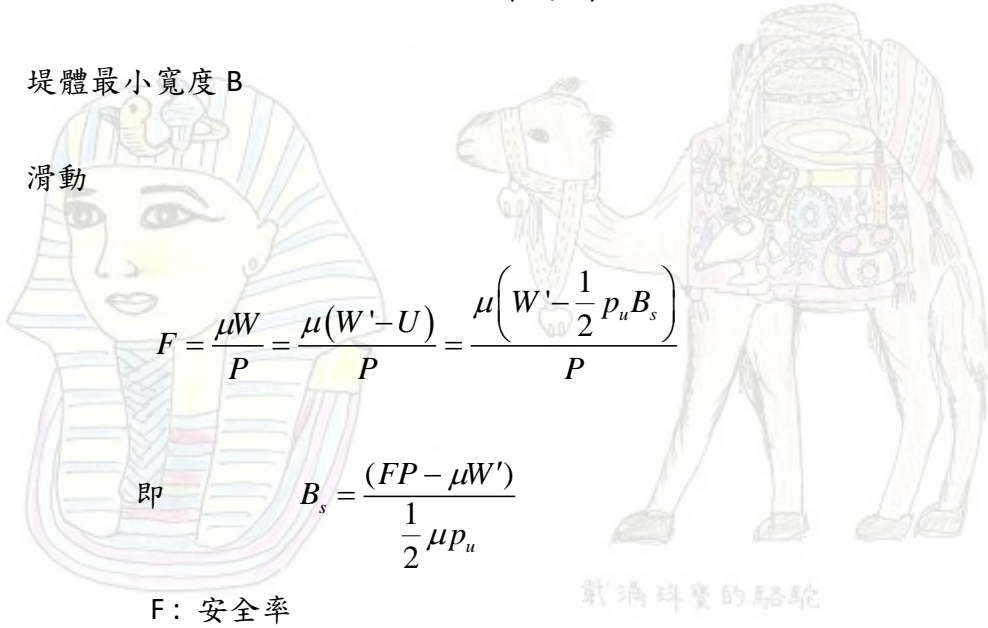
阿拉丁神燈

$$W_3 = \rho_w B h' \quad (\text{kN/m})$$

$$W' = W_1 + W_2 - W_3 \quad (\text{kN/m})$$

(2) 堤體最小寬度 B

(a) 滑動



即 
$$F = \frac{\mu W}{P} = \frac{\mu(W' - U)}{P} = \frac{\mu \left( W' - \frac{1}{2} p_u B_s \right)}{P}$$

$$B_s = \frac{(FP - \mu W')}{\frac{1}{2} \mu p_u}$$

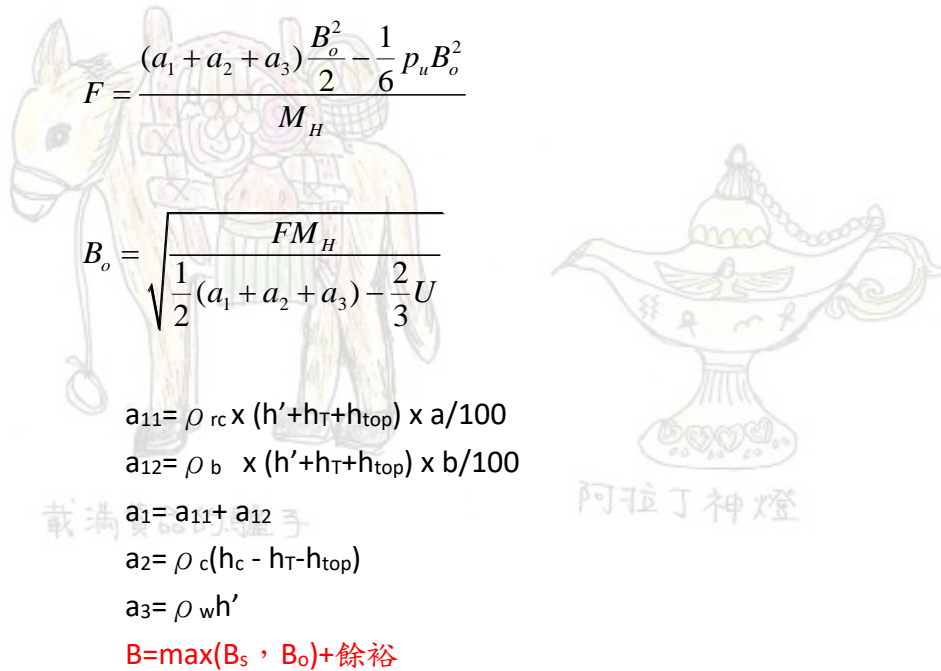
F: 安全率

載滿珠寶的駱駝

(b) 轉動

$$F = \frac{W_x}{P_y} = \frac{W' \frac{B_o}{2} - M_U}{M_H}$$

2011 埃及尼羅河之旅



$$F = \frac{(a_1 + a_2 + a_3) \frac{B_o^2}{2} - \frac{1}{6} p_u B_o^2}{M_H}$$

$$B_o = \sqrt{\frac{FM_H}{\frac{1}{2}(a_1 + a_2 + a_3) - \frac{2}{3}U}}$$

載滿珠寶的駱駝

阿拉丁神燈

$$a_{11} = \rho_{rc} \times (h' + h_T + h_{top}) \times a / 100$$

$$a_{12} = \rho_b \times (h' + h_T + h_{top}) \times b / 100$$

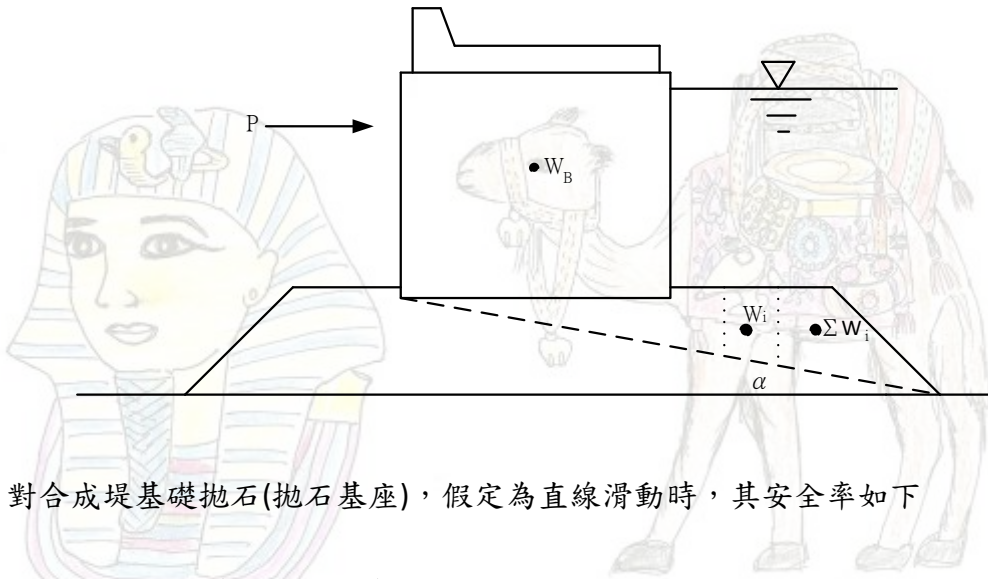
$$a_1 = a_{11} + a_{12}$$

$$a_2 = \rho_c (h_c - h_T - h_{top})$$

$$a_3 = \rho_w h'$$

$$B = \max(B_s, B_o) + \text{餘裕}$$

## 2. 基礎拋石部



對合成堤基礎拋石(拋石基座)，假定為直線滑動時，其安全率如下

$$F = \frac{(W - P \tan \alpha) \tan \phi}{W \tan \alpha + P}$$

$P$ : 水平波力合力(t/m)

$\phi$ : 拋石內部摩擦角( $^{\circ}$ )及尼羅河之旅

$W = W_B + \Sigma W_i$

$W_B$ : 堤體重量(kN/m)

$W_i$ : 滑動直線以上拋石分割片有效重量(kN/m)

$\alpha$ : 滑動面與水平線夾角

## 3. 地盤

### (1) 平面基礎承载力

重力式結構物垂直分力偏心作用時，基礎承载力以下列方式檢討。

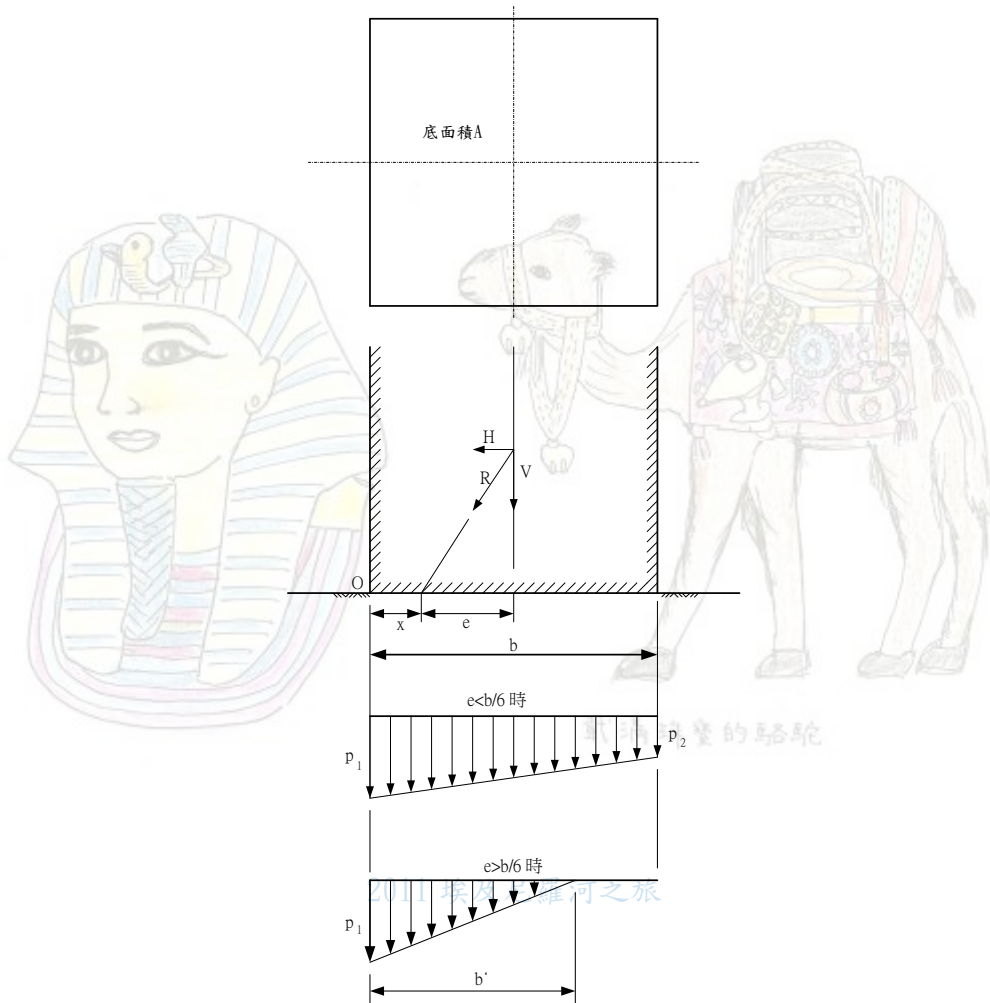
#### ① 堤體底面地盤反作用力

載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈





堤體底面地盤反作用力

- ① 首先判別作用於堤體底面合力  $R$  的偏心率  $e$  的位置(上圖)。

$$e = \frac{b}{2} - x$$

$$x = \frac{M_V - M_H}{V}$$

- ②  $e \leq \frac{1}{6}b$  時

最大反作用力  $p_1 = \left(1 + 6\frac{e}{b}\right)\frac{V}{A}$

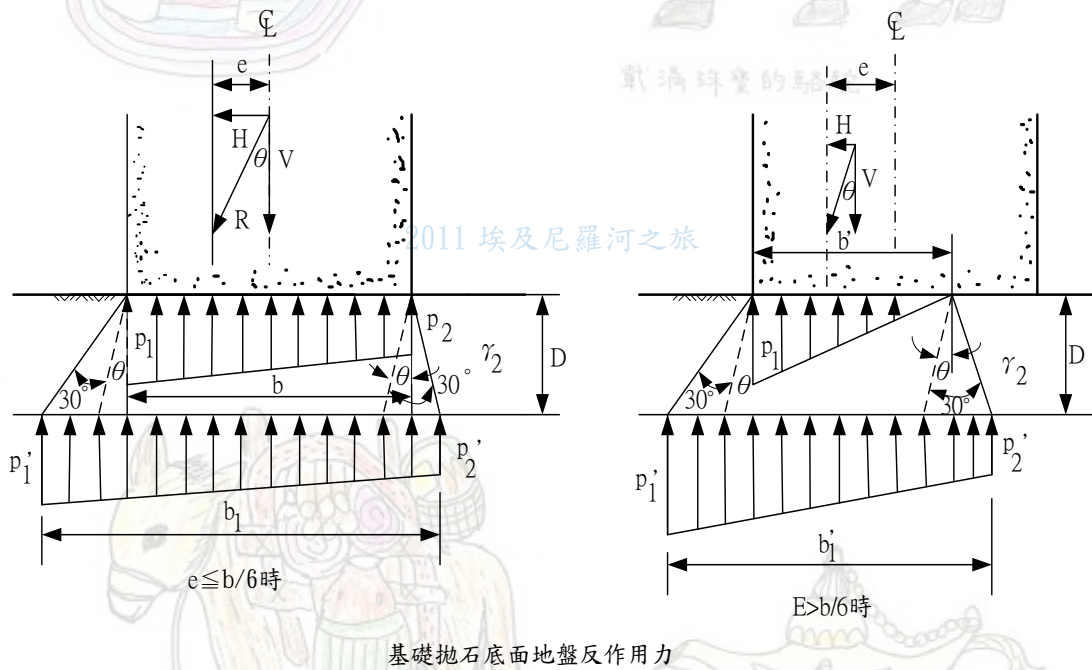
最小反作用力  $p_2 = \left(1 - 6\frac{e}{b}\right)\frac{V}{A}$

③  $e > \frac{1}{6}b$  時

最大反作用力  $p_1 = \frac{2}{3} \left( \frac{1-e}{b} \right) \frac{V}{A}$

分佈寬度  $b' = 3 \left( \frac{b}{2} - e \right)$

② 基礎拋石底面地盤反作用力



① 首先判別作用於堤體底面合力 R 的偏心率 e 的位置(上圖)。

$e = \frac{b}{2} - x$

$x = \frac{M_V - M_H}{V}$

阿拉丁神燈

②  $e \leq \frac{1}{6}b$  時

分佈寬度  $b_1 = b + D[\tan(30^\circ + \theta) + \tan(30^\circ - \theta)]$

最大反作用力  $p_1' = \frac{b}{b_1} p_1 + \gamma_2 D$

最小反作用力  $p_2' = \frac{b}{b_1} p_2 + \gamma_2 D$

③  $e > \frac{1}{6}b$  時

分佈寬度  $b_1' = b' + D[\tan(30^\circ + \theta) + \tan(30^\circ - \theta)]$

最大反作用力  $p_1' = \frac{b'}{b_1'} p_1 + \gamma_2 D$

最小反作用力  $p_2' = \gamma_2 D$

2011 埃及尼羅河之旅

$P_1'$ : 基礎拋石底面最大地盤反作用力(kN/m<sup>2</sup>)

$P_2'$ : 基礎拋石底面最小地盤反作用力(kN/m<sup>2</sup>)

$b_1$ :  $e \leq \frac{1}{6}b$  時, 壁基礎拋石下部載重分佈寬度(m)

$b_1'$ :  $e > \frac{1}{6}b$  時, 壁基礎拋石下部載重分佈寬度(m)

$\gamma_2$ : 基礎拋石單位體積重量(水中部份為水中單位體積重量)  
(kN/m<sup>2</sup>)

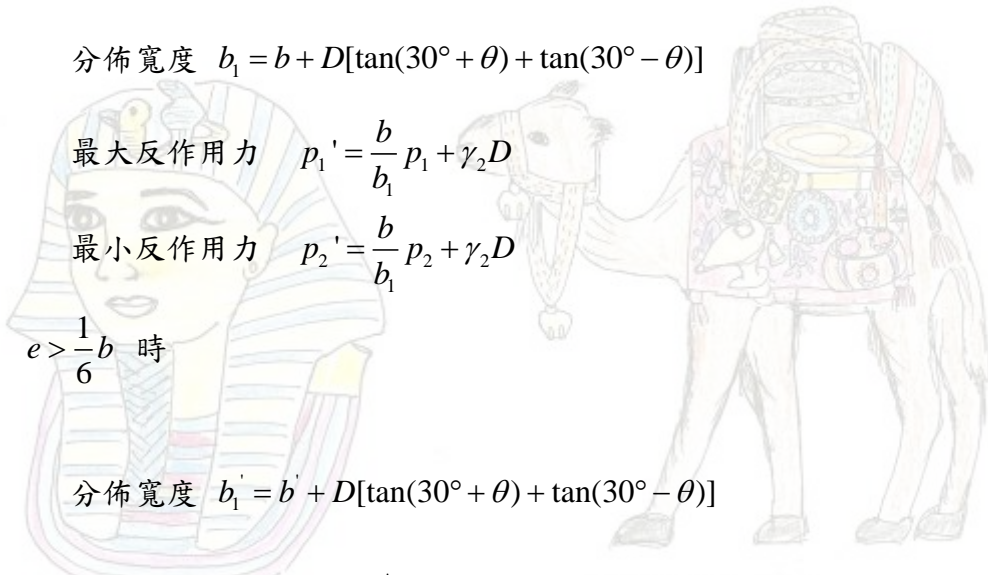
$D$ : 基礎拋石厚度(m)

$\theta$ :  $\tan^{-1}(H/V)$

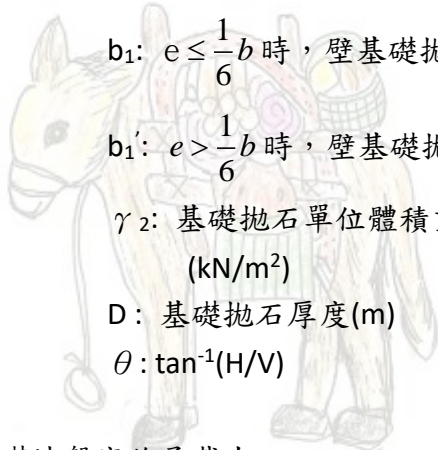
(2) 基礎地盤容許承载力

① 砂質土地盤容許承载力  $q_a$

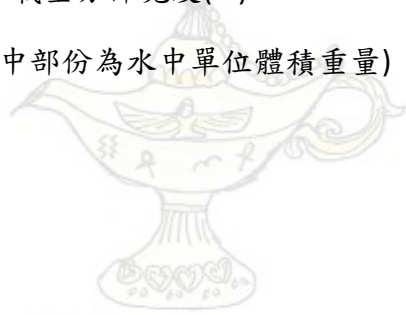
$$q_a = \frac{1}{F} (\beta * \gamma_1 * B * N_r) + \gamma_2 D$$



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈



$q_a$ : 地盤容許承载力(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1$ : 基礎底面下土單位體積重量(水面下部份為水中單位體積重量)(kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_2$ : 基礎底面上土單位體積重量(合成堤為基礎拋石單位體積重量)(kN/m<sup>3</sup>)

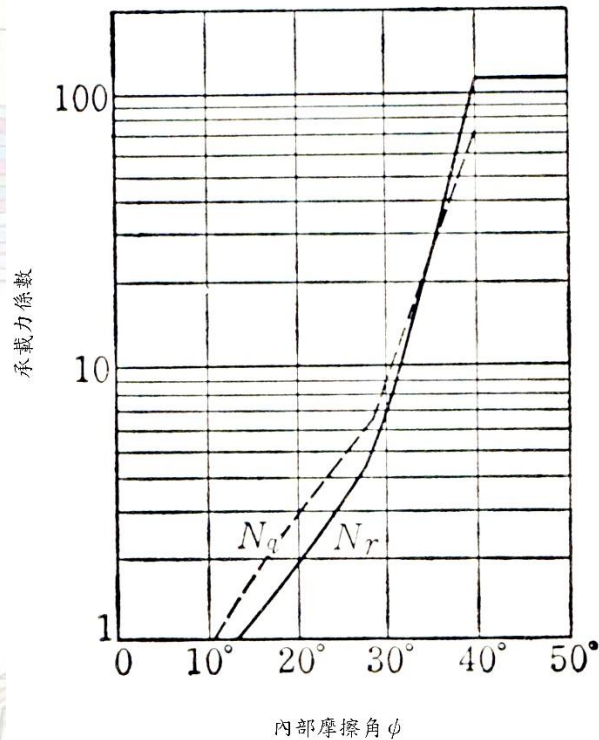
$\beta$ : 基礎形狀係數(帶狀=0.5)

$B$ : 基礎最小寬度(圓形基礎時為直徑, 合成堤時為基礎拋石下部分佈寬)(m)

$D$ : 基礎貫入深度(合成堤時為基礎拋石厚度)(m)

$N_r, N_q$ : 承载力係數, 由上圖求得。

$F$ : 安全率



內部摩擦角  $\phi$

承载力係數  $N_r, N_q$

⑥ 黏性土地盤容許承载力(連續基礎時)

$$q_a = \frac{1}{F}(1.18kB + 6.94C_o) + \gamma_2 D \quad \frac{H}{B} \leq 0.4$$

$$q_a = \frac{1}{F}(1.84kB + 5.52C_o) + \gamma_2 D \quad \frac{H}{B} \geq 0.4$$

$q_a$ : 地盤容許承载力(kN/m<sup>2</sup>)

$k$ : 地盤粘着力增加係數(kN/m<sup>3</sup>)

$C_o$ : 基礎底面土黏着力(kN/m<sup>3</sup>)

$B$ : 基礎最小寬度(m)

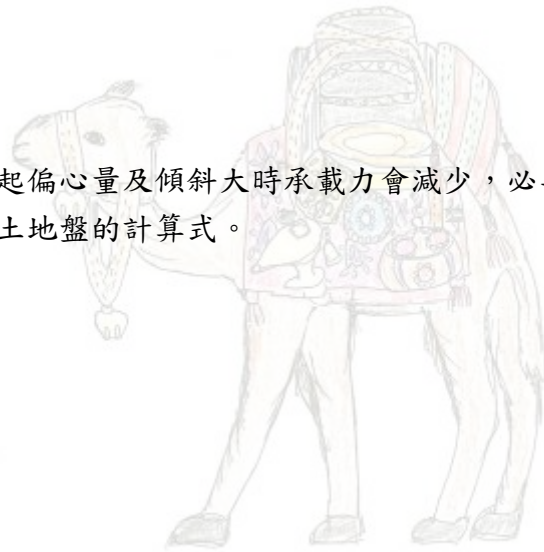
$\gamma_2$ : 基礎底面上土單位體積重量(合成堤為基礎拋石單位體積重量) ( $\text{kN/m}^3$ )

D: 基礎貫入深度(合成堤時為基礎拋石厚度)(m)

F: 安全率

© 偏心傾斜載重

直立壁底面載重及外力分力引起偏心量及傾斜大時承载力會減少，必要檢討偏心傾斜載重，下式為單層砂質土地盤的計算式。



$\theta$ : 水平分力與垂直分力與合力的傾斜角(度)

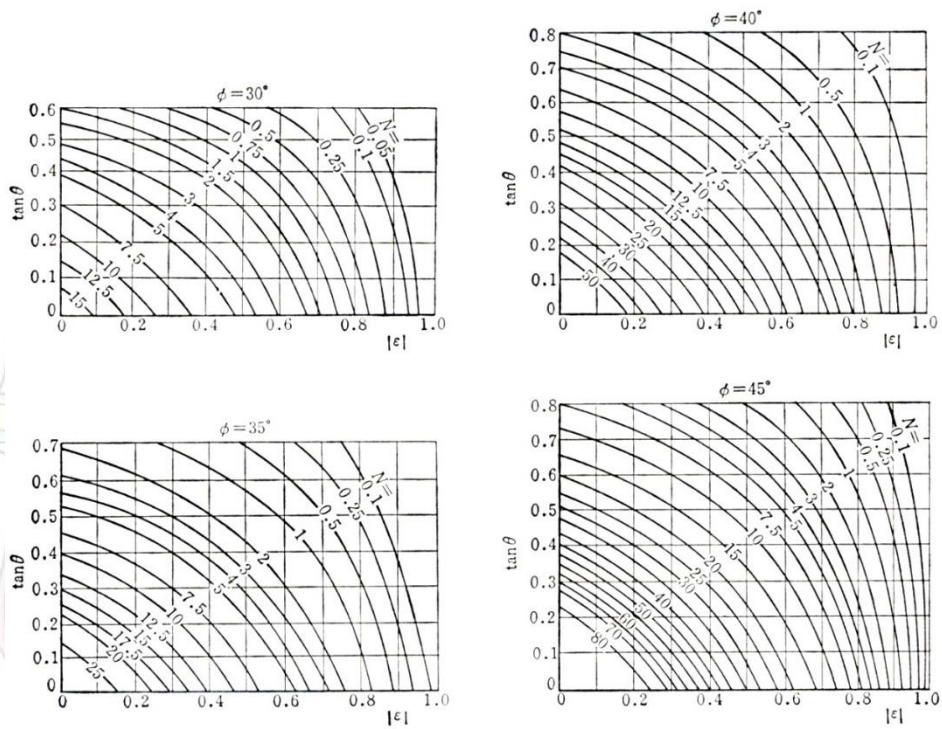
$\varepsilon$ : 載重偏心度

$\gamma$ : 土單位體積重量(水面下部份則為水中單位體積重量) ( $\text{kN/m}^3$ )

N: 承载力係數，可由下圖求得。(  $\phi$  取通常計算土壓時加  $5^\circ$  )。

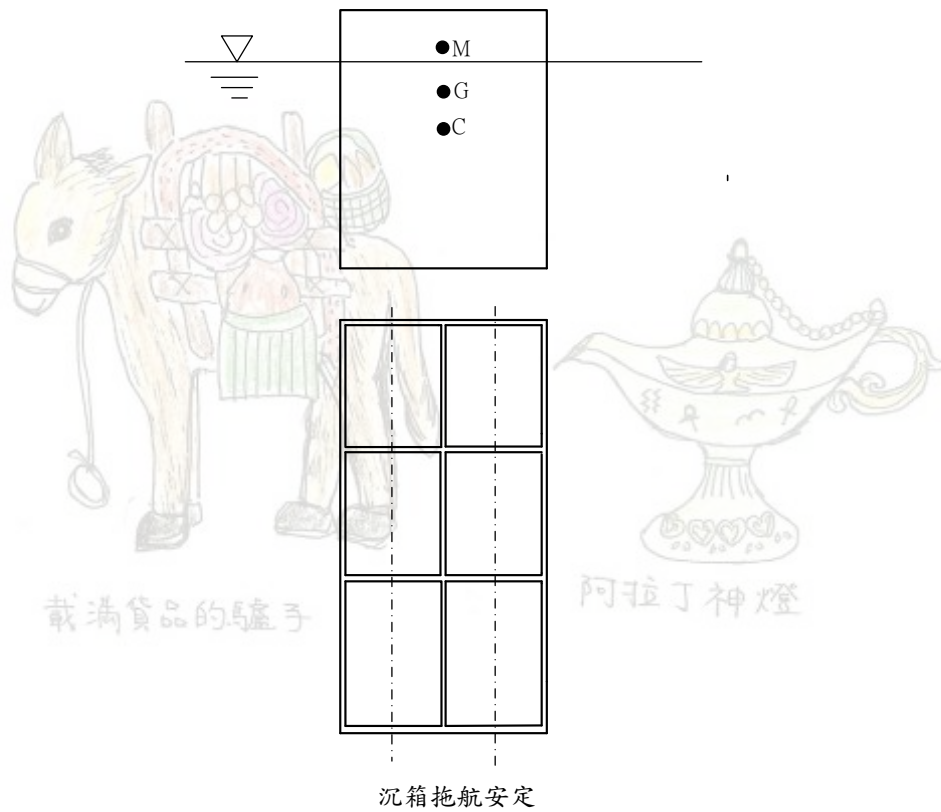
F: 安全率(1.0 以上)





#### 4. 沉箱拖航

沉箱自浮時對傾斜、翻轉的安定計算可依下式推算(下圖)



$$I/V - \overline{CG} = \overline{MG} > 0.05D$$

V: 排水容量(m<sup>3</sup>)(V=LBD, L:沉箱長度, B:沉箱寬度, D:沉箱吃水)

D: 吃水(m),  $D=W/(\gamma_w BL)$

W: 沉箱重量

$\gamma_w$ : 海水單位體積重量

I: 吃水面長軸的 2 次力距(m<sup>4</sup>),  $I=LB^3/12$

C: 浮心,  $C=D/2$

G: 重心

M: 定傾中心

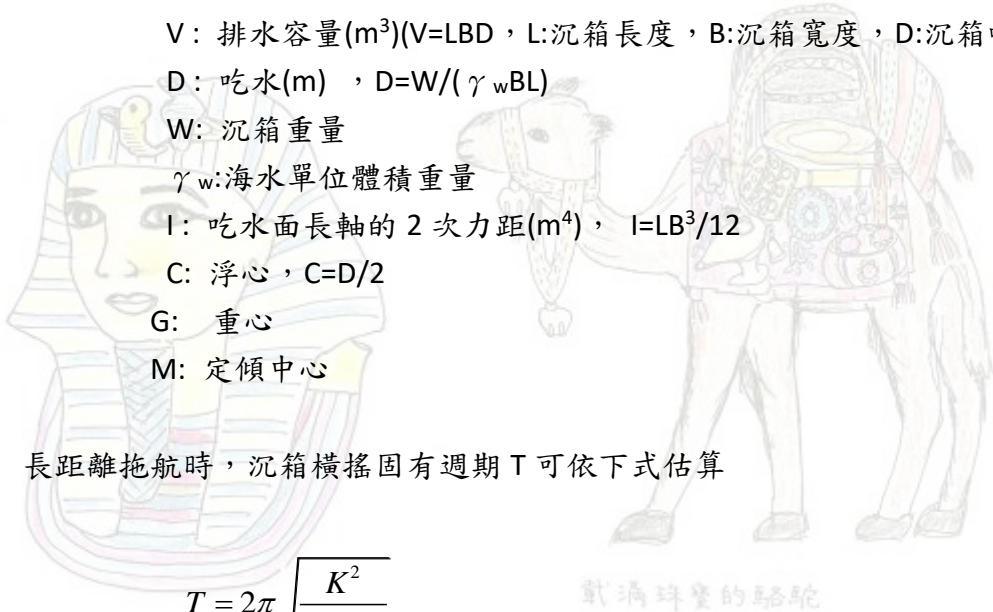
長距離拖航時, 沉箱橫搖固有週期 T 可依下式估算

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K^2}{g \cdot GM}}$$

K: 沉箱橫方向的回轉 2 次半徑(m)

G: 重力加速度(9.8m/sec<sup>2</sup>)

拖航時若受同週期波作用, 容易發生翻轉, 宜特別注意。



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子

回外廓設施設計要點



阿拉丁神燈