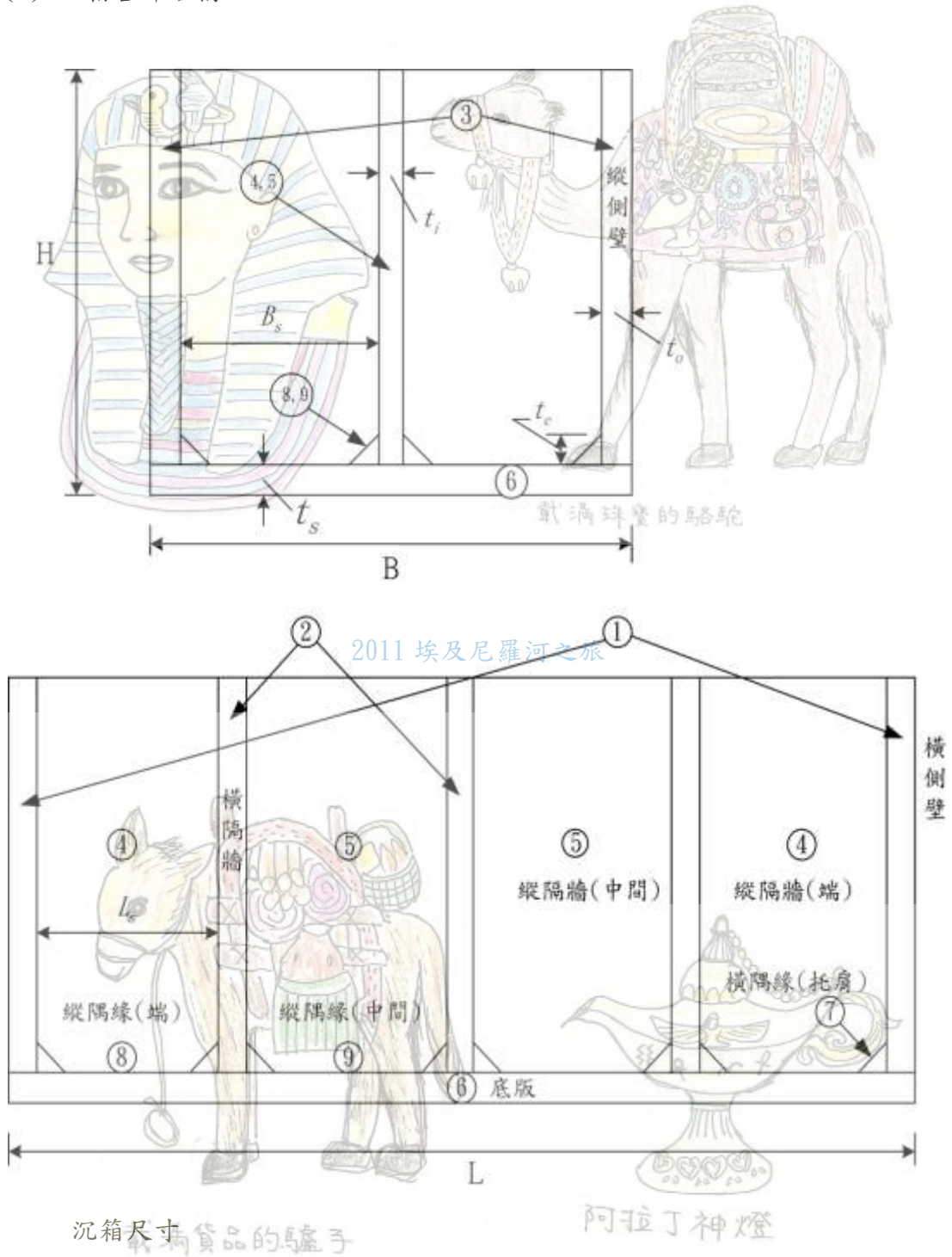


沉箱安定

(1) 沉箱各部名稱



- 沉箱尺寸
 載滿貨品的驢子
 H =堤高
 B =堤寬
 L =堤長
 平行法線方向 : m 隔牆
 垂直法線方向 : n 隔牆

共 $(m+1)(n+1)$ 個隔室

t_e =隔緣高

t_i =隔牆厚

t_o =外壁厚

t_s =底板厚

B_s =隔室寬 $= (B - 2 \times t_o - n \times t_i) / (n + 1)$

L_s =隔室長 $= (L - 2 \times t_o - m \times t_i) / (m + 1)$

側壁及底板視為連續版,隔牆視為柱

V_o =沉箱總體積

V_{rc} =沉箱鋼筋混凝土部份總體積

V_2 =沉箱水面上體積

γ_w =海水單位體積重量

γ_{rc} =鋼筋混凝土單位體積重量



載滿珠寶的駱駝

① 計算總體積 V_o

2011 埃及尼羅河之旅

$$V_o = BHL$$

② 計算沉箱鋼筋混凝土部份總體積 V_{rc}

① 橫側壁 $v_1 = t_o * (H - t_s) * B * 2$

② 縱側壁 $v_2 = t_o * (H - t_s) * (L - 2t_o) * 2$

③ 橫隔牆 $v_3 = t_i * (H - t_s) * (B - 2t_o) * m$

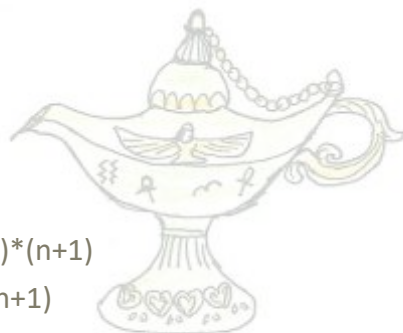
④ 縱隔牆 $v_4 = t_i * (H - t_s) * (L - 2t_o - t_i * m) * n$

⑤ 底板 $v_5 = t_s * B * L$

⑥ 水平偶緣 $v_6 = t_e^2 / 2 * [2 * (L_s + B_s)] * (m + 1) * (n + 1)$

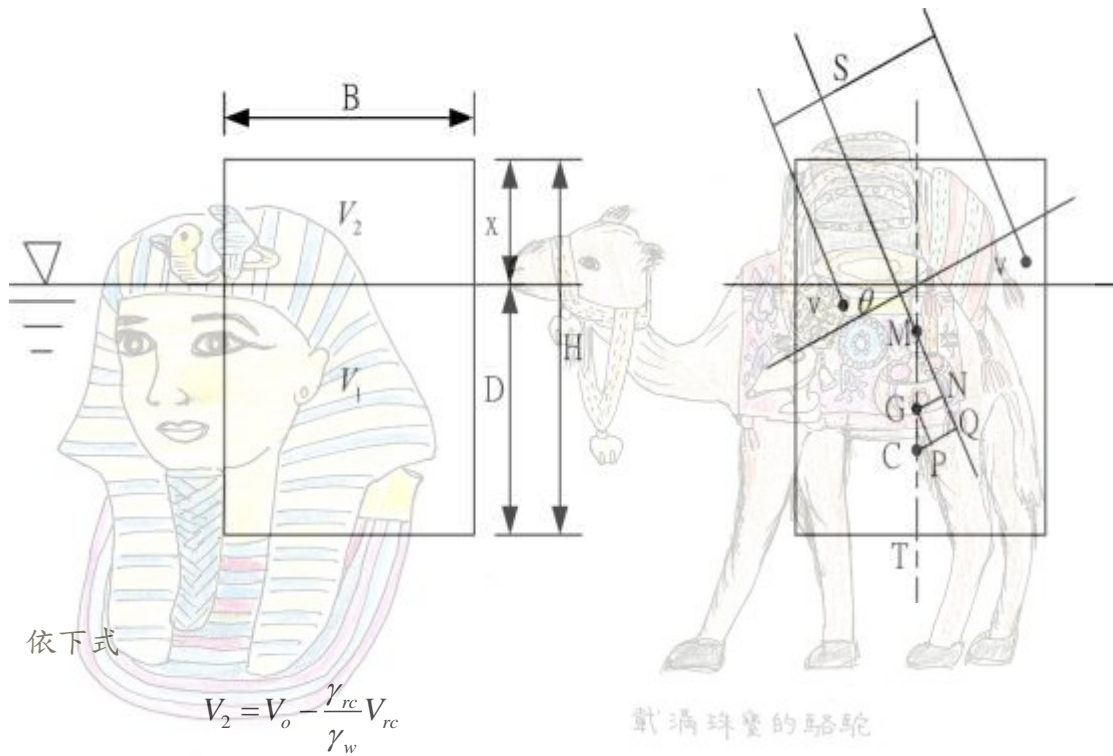
⑦ 垂直偶緣 $v_7 = t_e^2 / 2 * (H - t_s) * 4 * (m + 1) * (n + 1)$

$$V_{rc} = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 \text{ (m}^3\text{)}$$



阿拉丁神燈

③ 計算水面上高度 x (如下圖)



得

$$x = H - \frac{\gamma_{rc} V_{rc}}{\gamma_w BL}$$

2011 埃及尼羅河之旅

即得沉箱吃水 D 如下

$$D = H - x = \frac{\gamma_{rc} V_{rc}}{\gamma_w BL}$$

③ 計算水面上體積 V_2

$$V_2 = xBL$$

(2) 浮心 C 位置

底面上至浮心位置

$$\overline{TC} = \frac{1}{2} D$$

(3) 重心 G 位置

(a) 底面上至各構材重心位置如下

- ① 橫側壁 $g_1 = t_s + (H - t_s)/2$
- ② 縱側壁 $g_2 = t_s + (H - t_s)/2$
- ③ 橫隔牆 $g_3 = t_s + (H - t_s)/2$
- ④ 縱隔牆 $g_4 = t_s + (H - t_s)/2$
- ⑤ 底版 $g_5 = t_s/2$
- ⑥ 水平偶緣 $g_6 = t_s + t_e^2 * 2/3$
- ⑦ 垂直偶緣 $g_7 = t_s + (H - t_s)/2$



阿拉丁神燈

(b) 各構材對底面的力矩 m_i

$$m_i = v_i * g_i \quad (m^4) \quad (i=1\sim7)$$

(c) 沉箱底面上重心位置

$$\overline{TG} = \frac{\sum m_i}{\sum v_i}$$

(4) 沉箱浮遊時的安定

如上圖所示



M=傾心

G=重心

C=浮心

θ =傾斜角

V_1 =沉箱沒水部份體積

I=吃水線斷面對縱軸的斷面 2 次力矩

v=傾斜時變位沒水部份體積

S=相當於 v 體積水重量的力引起力矩的力臂

\overline{GN} =復原力矩的力臂

載滿珠寶的駱駝

2011 埃及尼羅河之旅

(a) 傾心

$$\overline{MC} = \frac{I}{V_1} = \frac{\frac{B^3 L}{12}}{DBL} = \frac{B^2}{12D}$$

即

$$\overline{MG} = \overline{MC} - \overline{GC} = \overline{MC} - (\overline{TG} - \overline{TC})$$

若 $\overline{MG} > 0$ 表示安定。

(b) 小傾斜復原力矩 ($\theta \leq 5^\circ$)

$$\overline{GN} = \overline{MG} \sin \theta$$

復原力矩 R 為

$$R = \overline{GN} * W = \overline{GN} * \gamma_w * V_1$$



阿拉丁神燈

(c) 大傾斜復原力矩 ($\theta > 5^\circ$), 但 $\theta < 37^\circ 40'$ (一邊堤面沒入水面的角度)

若假定出水楔形與進水楔形面積時, 可以下列方法近似計算出復原力矩。

$$\overline{CQ} = \frac{vS}{V_1}$$

$$\overline{CP} = \overline{GC} \sin \theta$$

$$\overline{GN} = \overline{CQ} - \overline{CP}$$

復原力矩 R 為

$$R = \overline{GN} * W = \overline{GN} * \gamma_w * V_1$$

復原力矩越大表示沉箱浮遊時越安定

(5) 橫搖固有週期

長距離拖航時,沉箱的橫搖固有週期 T 可依下式估算

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

K: 沉箱橫方向的回轉 2 次半徑(m)

g: 重力加速度(9.8m/sec²)

(6) 沉箱內注入液體

在沉箱內注入單位體積重量為 γ_ℓ 的液體, 各隔艙內均加注液體高度為 H_ℓ 時, 沉箱吃水深度 D 為

$$D = \frac{\gamma_{rc} V_{rc} + \sum \gamma_\ell V_\ell}{\gamma_w BL}$$

浮心

$$\overline{TC} = \frac{1}{2} D$$

重心

$$\overline{TG} = \frac{\gamma_{rc} \sum m_i + \gamma_\ell B_s L_s (m+1)(n+1) H_1 (H_1 / 2 + t_s)}{\gamma_{rc} \sum v_i + \gamma_\ell B_s L_s (m+1)(n+1) H_1}$$

傾心

$$\overline{MC} = \frac{I}{V_1} - \frac{\gamma_\ell}{\gamma_w} \frac{\sum I_\ell}{V_1}$$

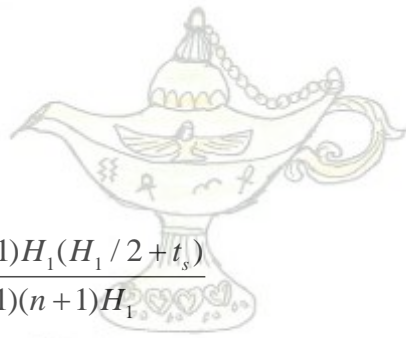
$$I = \frac{B^3 L}{12}$$



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

$$V_1 = DBL$$

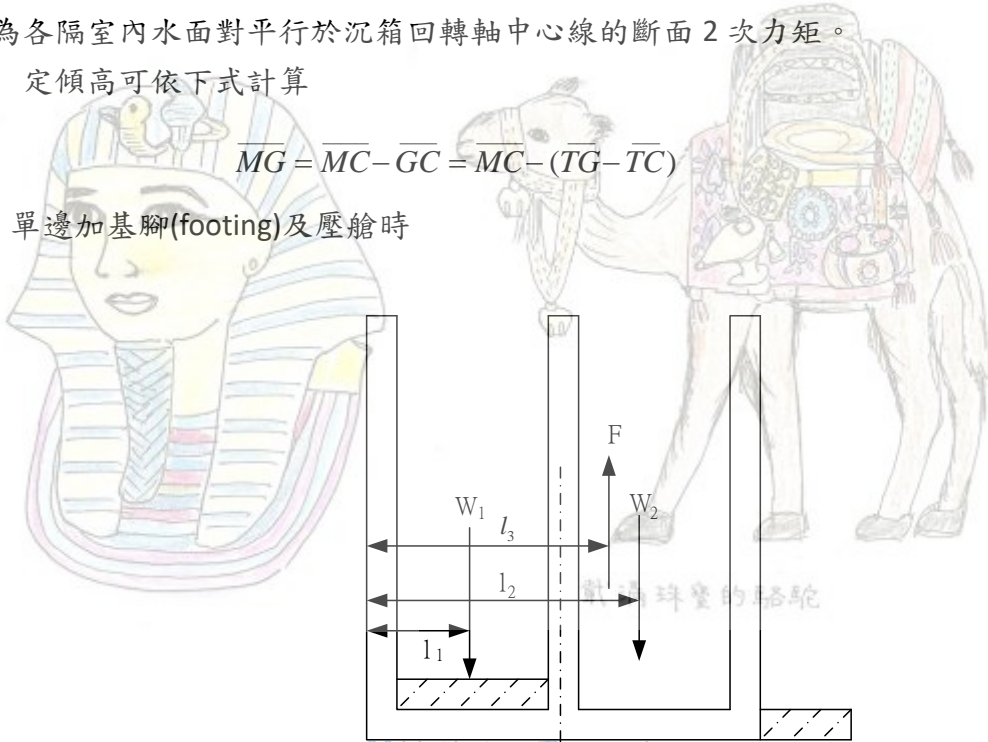
$$I_\ell = \frac{B_s^3 L_s}{12}$$

I_ℓ 為各隔室內水面對平行於沉箱回轉軸中心線的斷面 2 次力矩。

定傾高可依下式計算

$$\overline{MG} = \overline{MC} - \overline{GC} = \overline{MC} - (\overline{TG} - \overline{TC})$$

(7) 單邊加基腳(footing)及壓艙時



2011 埃及尼羅河之旅

單邊加基腳及壓艙時沉箱平衡可由下式計算

$$W_1 l_1 + W_2 l_2 = F l_3$$

W_1 : 壓艙重量(不受浮力作用)

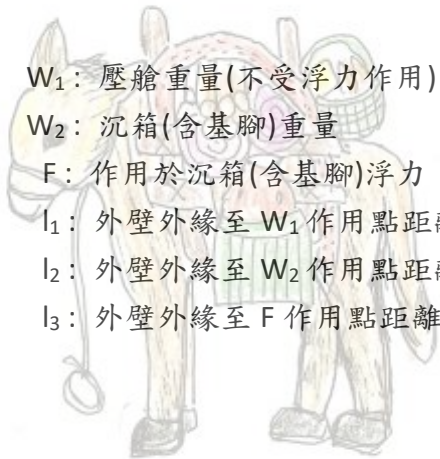
W_2 : 沉箱(含基腳)重量

F : 作用於沉箱(含基腳)浮力

l_1 : 外壁外緣至 W_1 作用點距離

l_2 : 外壁外緣至 W_2 作用點距離

l_3 : 外壁外緣至 F 作用點距離



載滿貨品的驢子

回實用水理學



阿拉丁神燈