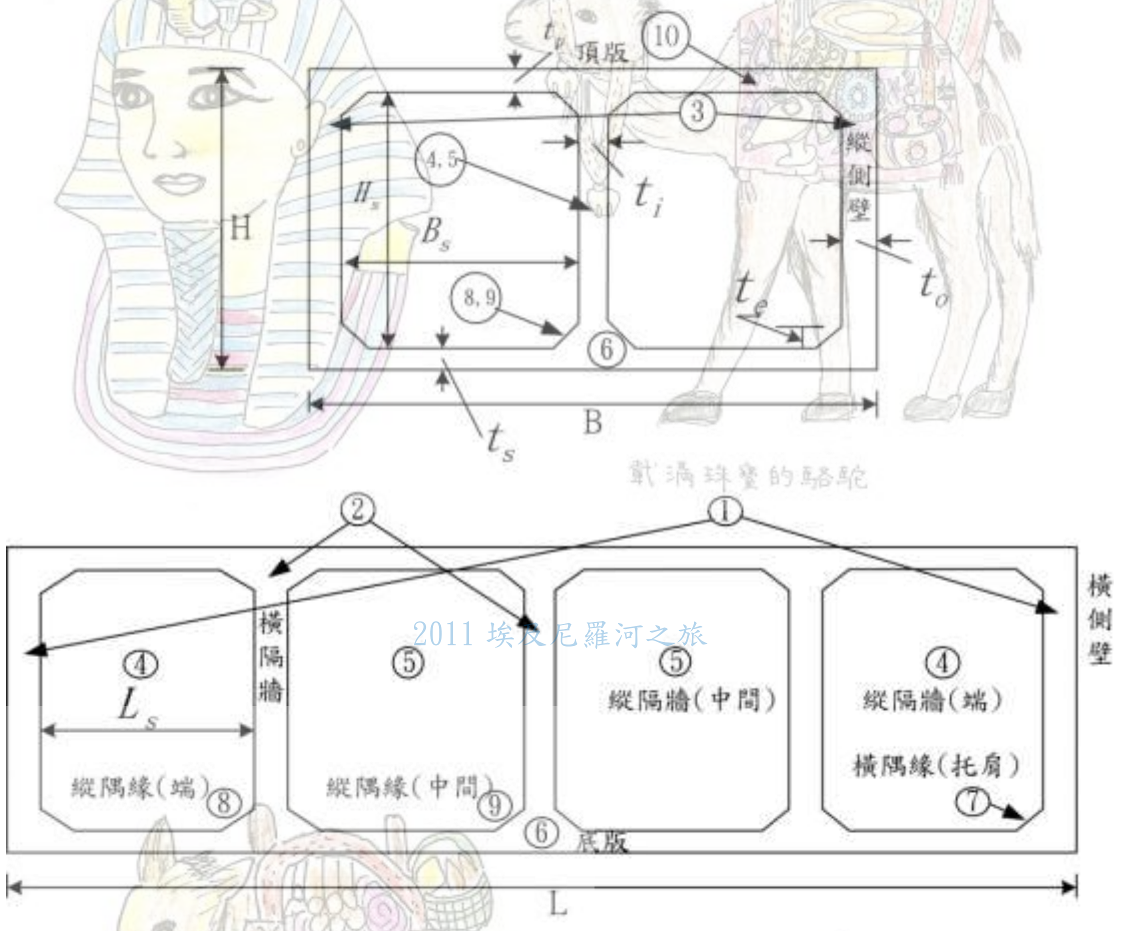
浮台安定計算

浮台除必須確保預定利用狀態時的安定外，還必須確保必要的乾舷(出水高度，freeboard)，依下列狀態檢討



沉箱各部名稱

(1) 吃水深度

沉箱尺寸為 H=堤高　B=堤寬　L=堤長，平行法線方向 有 m 個隔牆，垂直法線方向有 n 個隔牆，共(m+1)(n+1)個隔室。各構材厚度如下:

t_e=隅緣高，t_i=隔牆厚，t_o=外壁厚，t_s=底版厚，t_p=頂版厚

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

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

H_s=隔室高=$(H-t_p-t_s)$

側壁及底版視為連續版，隔牆視為柱，其體積如下:

V_o=沉箱總體積

V_{rc}=沉箱鋼筋混凝土部份總體積

V_1=沉箱水中體積

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

① 計算總體積 V_o

$V_o=BHL$

② 計算沉箱鋼筋混凝土部份總體積 V_{rc}

① 橫側壁 $v_1=t_o*(H-t_s-t_p)*B*2$

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

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

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

⑤ 底版 $v_5=t_s*B*L$

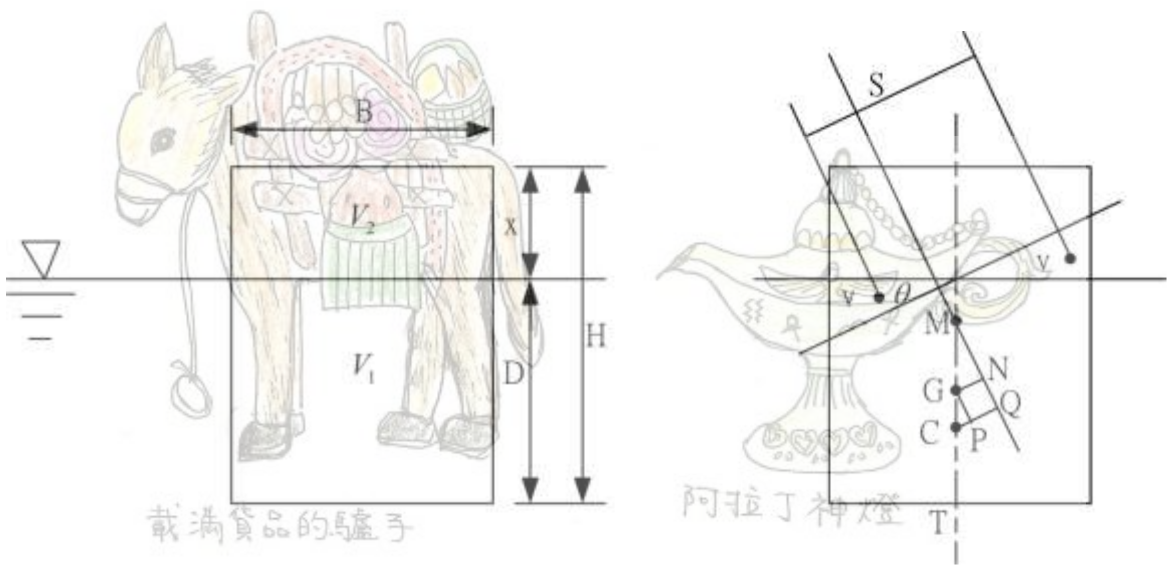
⑥ 頂版 $v_6=t_p*B*L$

⑦ 水平偶緣 $v_7=t_e^2/2*[4*(L_s+B_s)]*(m+1)*(n+1)$

⑧ 垂直偶緣 $v_8=t_e^2/2*(H-t_s-t_p)*4*(m+1)*(n+1)$

$V_{rc}=\sum v_i \quad (i=1\sim8) \quad (m^3)$

③ 計算水面上體積 V_2(如下圖)



$$V_2 = xBL$$

④ 計算水面上高度(乾舷)X

依下式

$$V_2 = V_o - \frac{\gamma_{rcr}}{\gamma_w} V_{rc}$$

得

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

載滿珠寶的駱駝

即得沉箱吃水 D 如下

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

(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 $g_1 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$

② 縱側壁 $g_2 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$

③ 橫隔牆 $g_3 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$

④ 縱隔牆 $g_4 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$

⑤ 底版 $g_5 = t_s/2$

⑥ 頂版 $g_6 = H - t_p/2$

⑦ 水平偶緣 $g_7 = t_s + t_e^2 * 2/3$

⑧ 垂直偶緣 $g_8 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$

(b) 各構材對底面的力矩 m_i

$$m_i = v_i * g_i \quad (m^4) \qquad (i=1\sim8)$$

(c) 沉箱底面上重心位置

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

載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈

(4) 空載時的安定度

無載重狀態時，即非使用時，浮台乾舷必須與設計乾舷一致，而且底版保持水平。考量載重為自重、連絡橋及渡橋的反作用力，調整吃水壓艙重及其他附屬設施載重，另外必須考量附著生物的重量。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

GN=復原力矩的力臂

(a) 傾心 M

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

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(θ<=5º)

$$GN=MG\sin\theta$$

復原力矩 R 為

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

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

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

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

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

復原力矩 R 為

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

復原力矩越大表示浮台時越安定。

(5) 滿載時的安定度

滿載，甲板上的載重為 wkN/m^2，時浮台總體重量 W_1 為

$$W_1 = \gamma_{rc} V_{rc} + wBL$$

吃水 D 及乾舷 x 為

$$D = \frac{W}{\gamma_w BL}$$

$$x = H - D$$

視載重的作用高度與浮台甲板高度一樣，即載重與浮台一體時，底版至重心高度 G 為

$$\overline{TG} = \frac{\gamma_{rc} \sum v_i * g_i + wBL * H}{\gamma_{rc} \sum v_i + wBL}$$

傾心 M

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

即

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

若 $\overline{MG} > 0$ 表示安定。

復原力計算方法同上述。

(6) 部份隔艙進水時

浮台上分佈載重滿載，萬一外牆破損，若干隔艙進水時，確認浮台乾舷必須在水面以上，且滿足浮台安定條件。若假定進水高度為浮台高度 10% ，浮台內部填充有發泡劑時，安定條件如下：

$$\frac{\gamma_w}{W}\left(\mathrm{I} - \sum i\right) - \overline{CG} = \overline{MG} > 0$$

i：進水隔艙對平行浮台回轉軸的斷面 2 次力矩

(6)　偏心載時的安定度

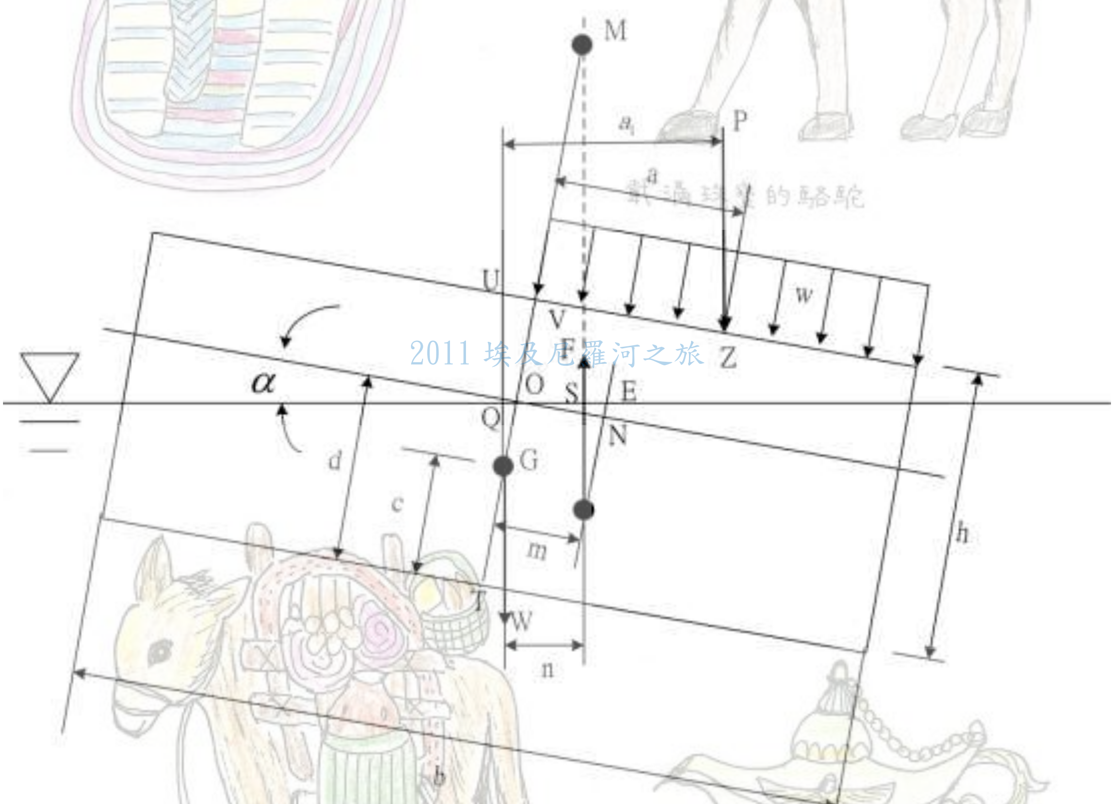
以浮台長軸為中線，一側載重滿載時，確認乾舷必須在水面以上，浮台傾斜角度在容許傾斜範圍內，一般為 1:10。

檢討方法為首先計算出，浮台一側載重滿載，傾斜至安定位置時的傾斜 α。由於

$$F * n = P * a_1$$

必須成立(本公式只在偏心載存在時成立，即不適用於空載或滿載)，而浮力 F 為

$$F = P + W$$



F:　浮力

W: 浮台重量(kN)

P ： 偏載重合力

b ： 浮台寬

h ： 浮台高

d: 偏載重合力 P 載於浮台中心時浮台的吃水

a: 不考慮偏載重合力 P 時浮台中心軸算起的偏心距

c: 不考慮偏載重合力 P 時浮台重心至底面的高度

α ： 浮台傾斜角

因

$$n = \overline{QS} = \overline{QO} + \overline{OT} - \overline{ST}$$
$$= \frac{m}{\cos\alpha} - \left[\frac{m}{2}\tan\alpha + c - \frac{d}{2}\right]$$

$$a_1 = (\overline{ZV} + \overline{VU})\cos\alpha$$
$$= a\cos\alpha + (h - c)\sin\alpha$$

$$m = \frac{b^2}{12d}\tan\alpha$$

得

$$(W + P)\left\{\frac{b^2\tan\alpha}{12d\cos^2\alpha} - \left[\frac{b^2}{24d}\tan^2\alpha + c - \frac{d}{2}\right]\tan\alpha\right\} - P[a + (h - c)\tan\alpha] = 0$$

α 值小時， ，$\cos^2\alpha \approx 1 - \tan^2\alpha$， $\alpha < 10^\circ$ 小時，可忽略 $\tan^5\alpha$ 及 $\tan^3\alpha$，將上式近似為如下式所述對 $\tan\alpha$ 的 2 次方程式。

$$A\tan^2\alpha + B\tan\alpha + C = 0$$

$$A = 12dPa$$
$$B = \left\{(W + P)\left[b^2 - 12d\left(c - \frac{d}{2}\right)\right] - 12dP(h - c)\right\}$$

$$C = -12dPa$$

解之得

$$\alpha = \tan^{-1}\sqrt{B^2 - 4AC}$$

定傾高可依下式計算

$$\overline{MG} = \frac{n}{\sin\alpha}$$

若 $\overline{MG} > 0$， 表示安定。

回實用水理學