

## 沉箱設置完成後底版設計載重(極限狀態設計法)

### 1. 作用於底版外力(垂直載重方向以向下為正)

#### 1) 永久載重(D)

包含頂蓋混凝土重量，填充材重量，底版重量(均不考量浮力) 等3種。

① 底版:  $D_1 = \gamma_c t_s B$  (kN/m)

② 內填充材:  $D_2 = \gamma(H - t_s - h_{cover})(B - n * t_i)$  (kN/m)

內填充材為砂或塊石時  $\gamma = 18 \text{kN/m}^3$ ，飽和時  $\gamma$  比重 =  $10 \text{kN/m}^3$

③ 蓋頂混凝土:  $D_3 = \gamma_c h_{cover} B$  B 為堤寬 (kN/m)

永久載重(D) 為

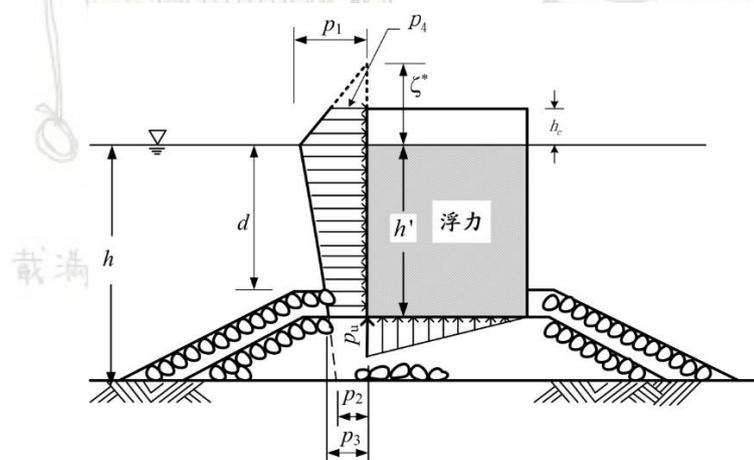
$$D = D_1 + D_2 + D_3$$

#### 2) 設計潮位靜水壓(S)

$$S = \gamma_w \times (\text{設計潮位} - \text{堤底高度}) \times B \quad (\text{kN/m})$$

#### 3) 波引起上揚力(U)

##### (1) 波峰作用時



依合田波壓公式，計算出  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$ 、 $p_u$

① 波合力

$$P_{\text{波峰}} = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_3) h' + \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_4) h_c^* \quad (\text{kN/m})$$

$$\rho_4 = \rho_1 \left(1 - \frac{h_c}{\zeta^*}\right)$$

$P_4$  表示堤頂面的波壓， $\zeta^* < h_c$  時， $P_4=0$

② 波力矩

$$M_{\text{波峰}} = \frac{1}{6}(2\rho_1 + \rho_3) h'^2 + \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_4) h' h_c^* + \frac{1}{6}(\rho_1 + 2\rho_4) h_c^{*2}$$

$$h_c^* = \min\{\zeta^*, h_c\}$$

$$h_c = \text{堤頂高} - \text{WL}$$

2011 埃及尼羅河之旅

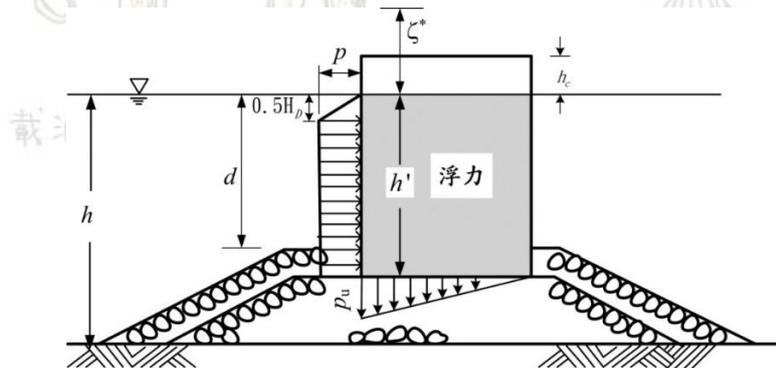
③ 上揚力合力

$$U_{\text{波峰}} = \frac{1}{2} \rho_u B$$

④ 上揚力力矩

$$M_{\text{波峰}} = \frac{2}{3} U_{\text{波峰}} B$$

(2) 波谷作用時



$$p = 0.5 \gamma_w H_b$$

$$p_u = 0.5 \gamma_w H_b$$

$H_b$ : 設計波高

① 波合力

$$P_{\text{波谷}} = \frac{1}{4} \rho H_b + \rho \left( h' - \frac{1}{2} H_b \right)$$

(kN/m)

② 波力矩

$$M_{\text{波谷}} = \frac{1}{4} \rho H_b \left( h' - \frac{1}{3} H_b \right) + \frac{1}{2} \rho \left( h' - \frac{1}{2} H_b \right)^2$$

③ 上揚力合力

$$U_{\text{波谷}} = \frac{1}{2} p_u B$$

2011 埃及尼羅河之旅

④ 上揚力力矩

$$M_{U_{\text{波谷}}} = \frac{2}{3} U_{\text{波谷}} B$$

4) 靜穩時底版反作用力(R)

$$R = D - S$$

5) 波壓作用時底版反作用力( $R'$ )

波壓作用時，作用於堤體或壁體的底版反作用力，如下述計算

載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈

(1) 永久載重強度

$$q_D = D / B$$

(kN/m<sup>2</sup>)

(2) 靜水壓強度

$$q_s = S / B$$

(3) 波峰作用時

① 底版反作用力

② 載重垂直分力  $V$

$$V = D - S - U_{\text{波峰}}$$

③ 載重水平分力  $H$

$$H = P_{\text{波峰}}$$

④ 合力作用點  $x$

2011 埃及尼羅河之旅

$$x = \frac{M_V - M_H}{V} = \frac{\left[ (D - S) \frac{B}{2} - M_{U_{\text{波峰}}} \right] - M_{P_{\text{波峰}}}}{D - S - U_{\text{波峰}}}$$

⑤ 偏心距

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

i.  $e \leq \frac{1}{6}B$  時

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

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

$$\text{任意點 } x' \text{ 的反作用力強度 } q_R = p_1 + \frac{x'}{B + 2x_w} (p_2 - p_1)$$



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈

ii.  $e > \frac{1}{6}B$  時

最大反作用力  $p_1 = \frac{2}{3} \left( \frac{1-e}{2-b} \right) \frac{V}{B}$  (kN/m<sup>2</sup>)

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

任意點  $x'$  的反作用力強度  $q_R = \frac{x' - (B + 2t_w - B')}{b'} p_1$

⑥ 上揚力

任意點  $x'$  的上揚力強度  $q_U = \frac{1-x'}{B+2t_w} p_{U\text{波峰}}$

(4) 波谷作用時

① 底版反作用力

2011 埃及尼羅河之旅

① 載重垂直分力  $V$

$V = D - S + U_{\text{波谷}}$

② 載重水平分力  $H$

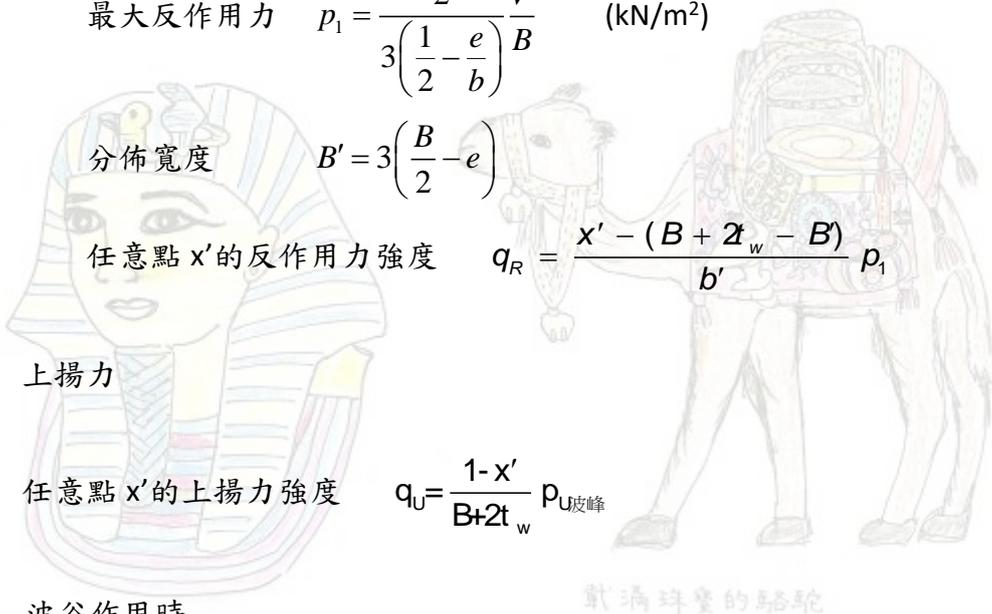
$H = P_{\text{波谷}}$

③ 合力作用點  $x$

$x = \frac{M_V - M_H}{V} = \frac{\left[ (D-S) \frac{B}{2} + M_{U\text{波谷}} \right] - M_{P\text{波谷}}}{D-S+U_{\text{波谷}}}$

④ 偏心距

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



載滿珠寶的駱駝



找到了神燈

i.  $e \leq \frac{1}{6}B$  時

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

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

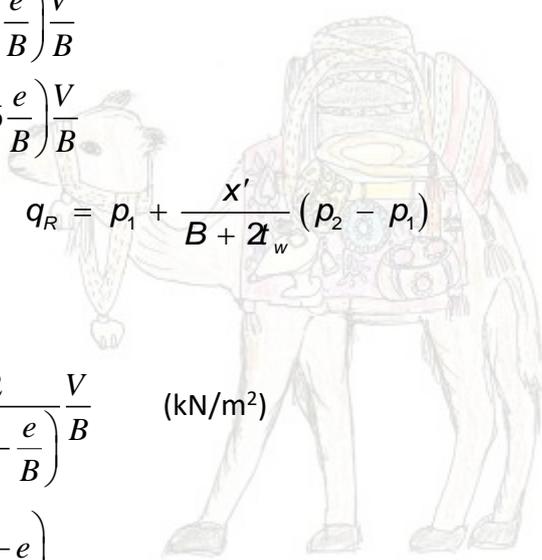
任意點  $x'$  的反作用力強度  $q_R = p_1 + \frac{x'}{B + 2x_w} (p_2 - p_1)$

ii.  $e > \frac{1}{6}B$  時

最大反作用力  $p_1 = \frac{2}{3\left(\frac{1}{2} - \frac{e}{B}\right)} \frac{V}{B}$  (kN/m<sup>2</sup>)

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

任意點  $x'$  的反作用力強度  $q_R = \frac{x' - (B + 2x_w - B')}{b'} p_1$



⑥ 上揚力

2011 埃及尼羅河之旅

任意點  $x'$  的上揚力強度  $q_U = \frac{x'}{B + 2x_w} p_{U\text{波谷}}$

6) 波引起底版反作用力變動載重 ( $\Delta R = R' - R$ )

任意點  $x'$  的波引起底版反作用力變動載重強度

$q_{\Delta R} = q_R - R / (B + 2x_w)$

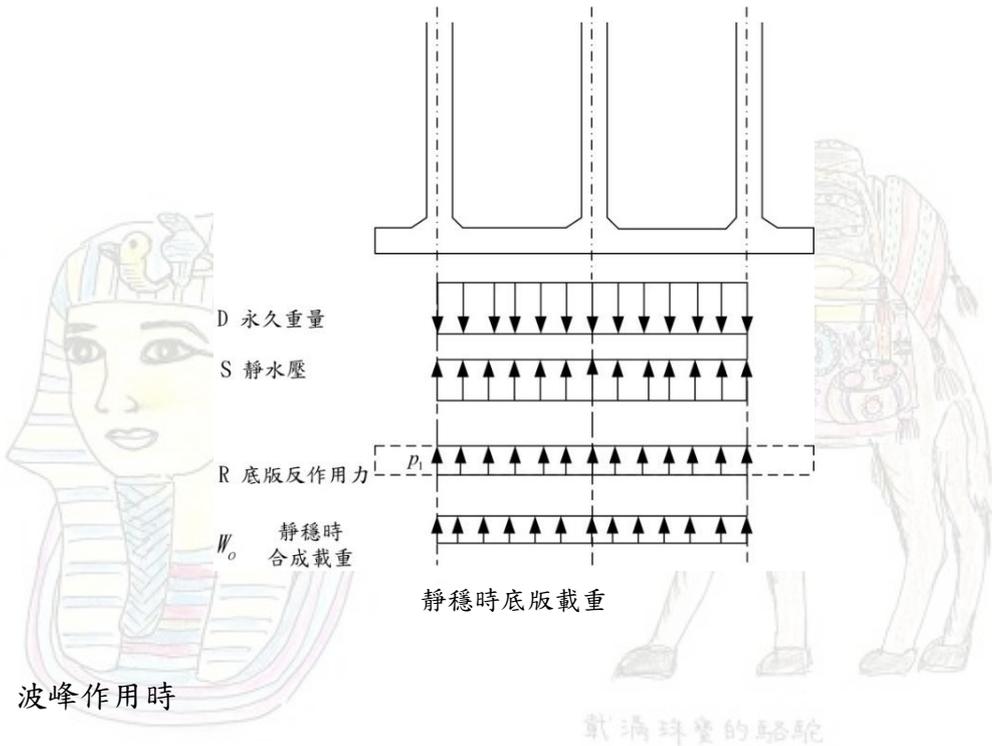
2. 合成載重

1) 靜穩時

載滿貨品的驢子  
 $W = D - S - R$



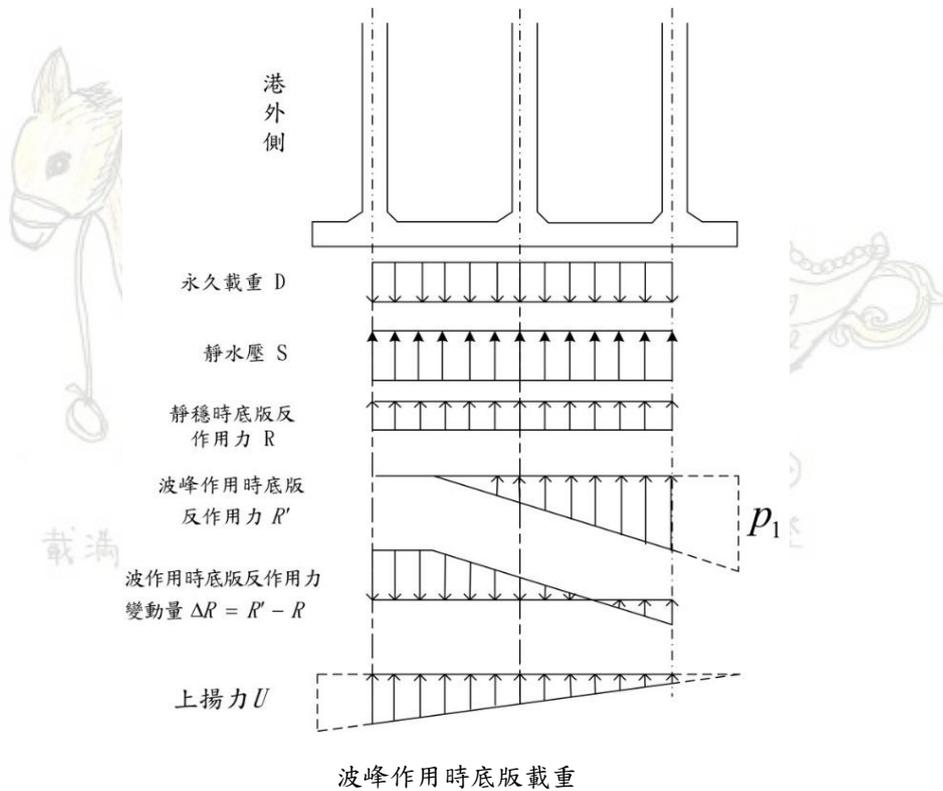
阿拉丁神燈



2) 波峰作用時

波峰作用時的合成載重  $W$

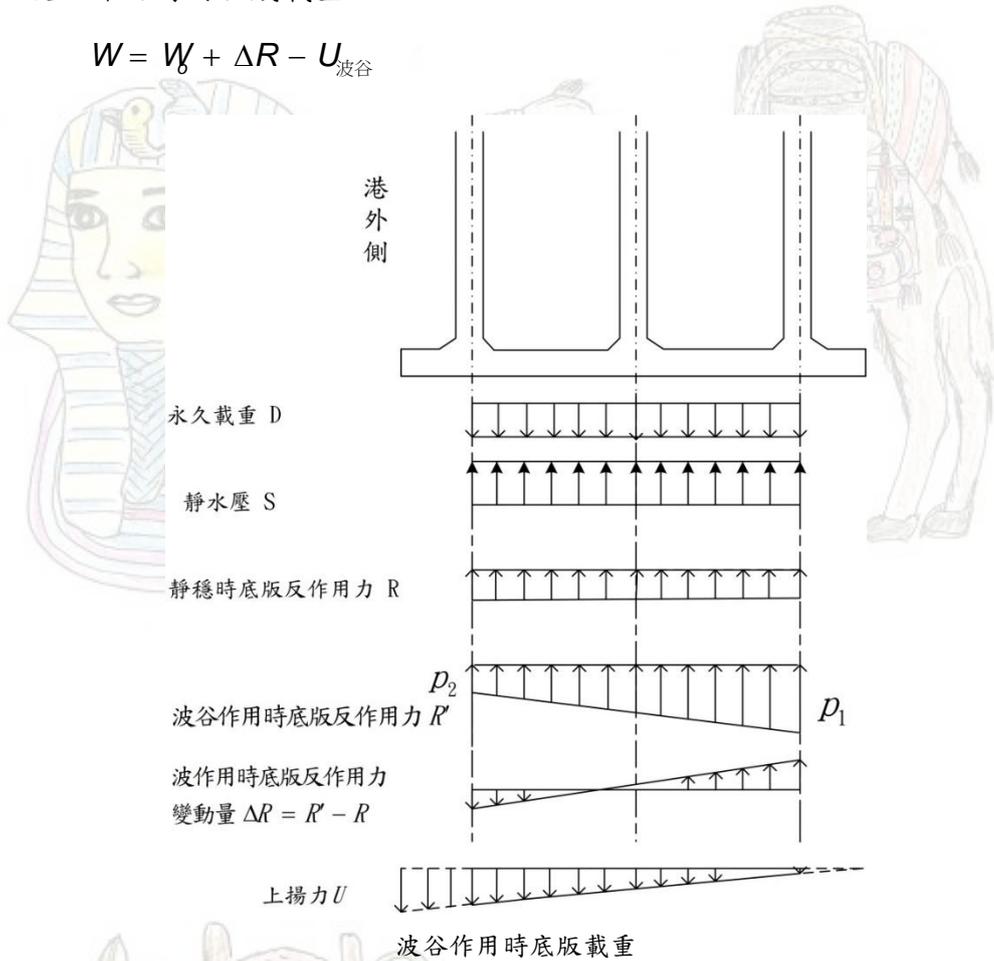
$$W = W_0 + \Delta R + U_{\text{波峰}} \quad \text{2011 埃及尼羅河之旅}$$



### 3) 波谷作用時

波谷作用時的合成載重  $W$

$$W = W_j + \Delta R - U_{\text{波谷}}$$



### 3. 設計載重

設計載重為各載重乘以各極限狀態的載重係數。

#### 1) 最終極限狀態

隨波峰或波谷作用，及  $W$  與  $\Delta R$  的作用方向的不同，分別表列公式計算設計載重。

波峰 作用	$\Delta R \uparrow$	$W \uparrow$	$P = 1.1W_j + 1.2\Delta R + 1.3U$	①
	$\Delta R \downarrow$	$W \uparrow$	$P = 1.1W_j + 0.8\Delta R + 1.3U$	②
		$W \downarrow$	$P = 0.9W_j + 1.2\Delta R + 0.7U$	③
波谷 作用	$\Delta R \uparrow$	$W \uparrow$	$P = 1.1W_j + 1.2\Delta R + 0.7U$	④
		$W \downarrow$	$P = 0.9W_j + 0.8\Delta R + 1.3U$	⑤
作用	$\Delta R \downarrow$	$W \uparrow$	$P = 1.1W_j + 0.8\Delta R + 0.7U$	⑥
		$W \downarrow$	$P = 0.9W_j + 1.2\Delta R + 1.3U$	⑦

對③及⑦式，因不可能得到大於 1.1R 的值，故當  $1.2|\Delta R| > 1.1|\Delta R|$  時，

③及⑦式以下式計算。

$$\text{③式： } P = 0.9W + 1.1|\Delta R| + 0.7U$$

$$\text{⑦式： } P = 0.9W + 1.1|\Delta R| + 1.3U$$

## 2) 使用極限狀態

使用極限狀態時，不論波峰或波谷作用，不論 W 與  $\Delta R$  的作用方向，均以下式計算設計載重。

$$P = 1.0W + 1.0\Delta R + 1.0U$$

## 4. 任意點的設計載重

$$q = \gamma_W q_W + \gamma_{\Delta R} q_{\Delta R} + \gamma_U q_U$$

$\gamma_W$ 、 $\gamma_{\Delta R}$ 、 $\gamma_U$  分別為各極限狀態的平時合成載重係數，波引起底板反作用

力

變動載重係數及上揚力載重係數，由上式可計算出載重方向轉向點。

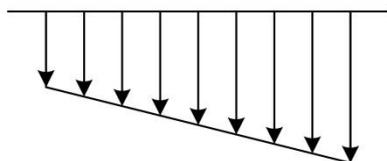
## 5. 換算設計載重

首先依上式將設計載重計算出，再依下述載重換算原則換算成矩形或三角形載重。

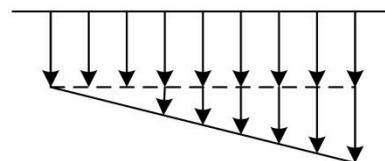
### ① 梯形載重

梯形載重時如下圖分割成矩形及三角形載重

梯形載重

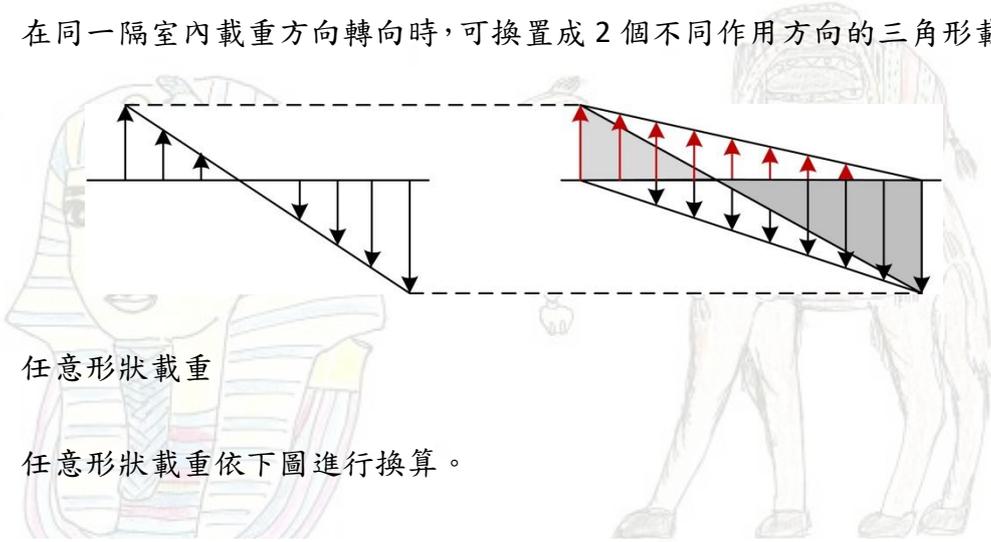


換算載重



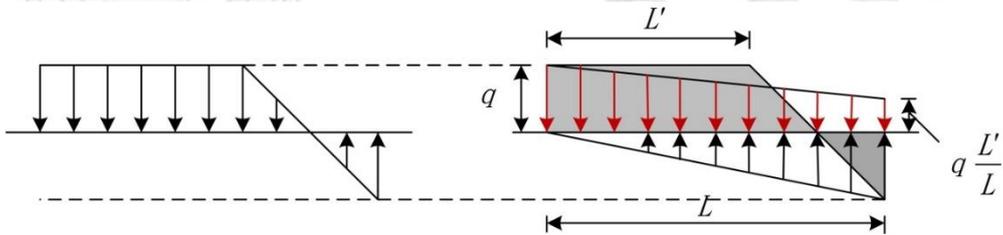
② 同一隔室內載重轉向

在同一隔室內載重方向轉向時，可換置成 2 個不同作用方向的三角形載重。



③ 任意形狀載重

任意形狀載重依下圖進行換算。



載滿貨品的驢子

回防波堤用沉箱設計

回港灣設施設計



阿拉丁神燈