

「混成防波堤断面の経済的設計に就て」

宮崎大学 川上 謙太郎

(I) 緒言

混成防波堤の経済的断面、即ち堤体の築造費を最小ならしめるような直立部及基礎捨石部の高さは、夫々の単位容積当りの工費又はそれらの比率と防波堤の全高が与へられた場合計算から求められるであらう、次にその等式を導く。

(II) 計算式

1) 直立部の波力に対する所要巾

波の進行方向に直角の面に作用する波圧については最近、Bagnold, Morison 等の実験があるが、未だ結論に達していないので最も広く用いられている広井博士式に依つた。

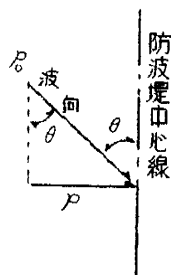
$$P_0 = 1.5 \cdot w \cdot h_w \quad (\text{t/m}^2) \quad \text{----- (1)}$$

P_0 = 波圧 w = 海水の単位重量 = $1.03 (\text{t/m}^3)$ h_w = 最大波高 (m)
防波堤の側面に直角に働く波圧 P は、波の進行方向と防波堤中心線との角度を θ とすれば P_0 の垂直分力であるから (図-1) より

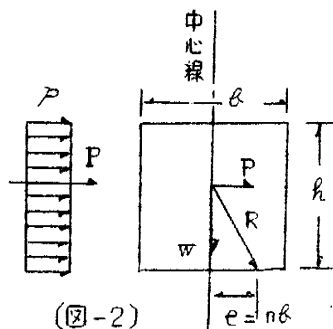
$$P = P_0 \sin^2 \theta = 1.5 \cdot w \cdot h_w \cdot \sin^2 \theta \quad (\text{t/m}^2) \quad \text{---- (2)}$$

直立部側面に働く全波力 P は直立部の堤高を h とすれば、その延長 1m について

$$P = P h \quad (\text{t/m}) \quad \text{----- (3)}$$



(図-1)



(図-2)

この波力のため直立部が転倒しないためには浮力を差引いた堤体の有効重量 W と波力 P との合成力 R の作用線が直立部の底面内におさまることが条件となるから (図-2) より

$$\text{波力による転倒力率: } M_o = \frac{1}{2} P h^2 (t-m) \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{直立部の抵抗力率: } M_R = W \cdot e$$

$$= (w_c - w) n k b^2 (x - m) \dots\dots\dots (5)$$

但し、 w_c 及び w は夫々直立部及び海水の単位容積の重量 (t/m^3)
転倒に対する安定条件としては少くとも

$$M_R = M_o$$

の条件が成立せねばならぬから

$$(w_c - w) n k b^2 = \frac{1}{2} p k^2$$

従つて

$$b = \left\{ \frac{p k}{2n(w_c - w)} \right\}^{1/2} = k_e \cdot k^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

但し

$$k_e = \left\{ \frac{p}{2n(w_c - w)} \right\}^{1/2}$$

(6)式より直立防波堤の巾は堤高の $\frac{1}{2}$ 乗に比例することとなる

2) 混成防波堤の経済的断面

混成堤の總高を直立部と基礎部とに分けて双方の築造費の和が最少になる断面が求められるとしこれを経済的断面と考える。

築造費は材料費、製作費、運搬敷設費等の総てを包含するものとする

C_1 = 直立部単位容積当り工費

A_1 = 直立部の所要断面積

C_2 = 捨石部単位容積当り工費

A_2 = 捨石部の所要断面積

C = 混成堤単位長当り工費

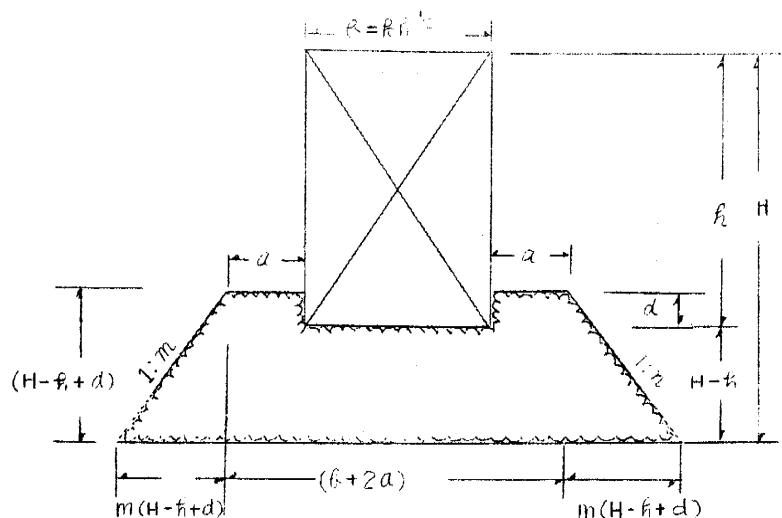
とすれば (図-3) 及び (6)式より

$$A_1 = b k = k_e k^{3/2}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \left\{ b + 2a + m(H - k + d) \right\} (H - k + d) - b d \\ &= (k_e k^{1/2} + 2a)(H - k + d) + m(H - k + d)^2 - k_e d k^{1/2} \end{aligned}$$

$$C = C_1 A_1 + C_2 A_2$$

$$\begin{aligned} &= C_1 k_e k^{3/2} + C_2 \left\{ (k_e k^{1/2} + 2a)(H - k + d) + m(H - k + d)^2 - k_e d k^{1/2} \right\} \\ &= C_1 k_e k^{3/2} + C_2 \left\{ k_e k^{1/2} (H - k + d) + 2a(H - k + d) + m(H - k + d)^2 - k_e d k^{1/2} \right\} \end{aligned}$$



(図-3)

C を最小ならしめる h の値を求めると

$$\begin{aligned} \frac{dc}{dh} &= \frac{3}{2} C_1 h^{1/2} + C_2 \left\{ \frac{h}{2h^{1/2}} (H-h+d) - h^{1/2} - 2a - 2m(H-h+d) \right. \\ &\quad \left. - \frac{hd}{2h^{1/2}} \right\} = 0 \quad \text{より} \\ \frac{3}{2} h \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right) h + \frac{h}{2} H &= 2h^{1/2} \{ a + m(H-h+d) \} \end{aligned}$$

を得るから

$$(\alpha h + \beta)^2 = 4h(\gamma - mh)^2$$

とおき整理して

$$\left. \begin{aligned} m^2 h^3 - (2m\gamma + \frac{\alpha^2}{4}) h^2 + (\gamma^2 - \frac{2\beta}{2}) h - \frac{\beta^2}{4} &= 0 \\ \text{但し } \alpha &= \frac{3}{2} h \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right) \quad \beta = \frac{hH}{2} \quad \gamma = a + m(H-h+d) \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

混成堤の工費を最小ならしめる直立部 h の値が式(7)から求められる。

捨石部の高さは $(H-h)$ で与えられる。

(Ⅳ) 結 言

以上の計算は直立部及び捨石部の工費の比が基礎になっているが、これは港湾の事情によつて夫々異なるものであるから実施に当つてはその港湾に応じて精査すべきことは勿論である。この比值に違算がなければ混成防波堤の経済的断面は算出されるであらう。