# 水平板の厚さを考慮した複合型防波堤の防波効果について

香川高等専門学校専攻科 学生会員 〇森澤 海里 香川高等専門学校 正会員 鶴本 良博

## <u>1. まえがき</u>

防波堤は外海からの波浪を防ぎ港内を静穏に保ち、 高潮や津波の浸入を和らげる役割を担う構造物である。 しかし、防波堤は防災機能を果たす一方、海水の移動 の妨げとなり堤内の水質悪化を引き起こすという欠点 を持ち、環境保全が重要視されている今日では問題と なる。そこで、この解決策として考えられるのが、透 過性能を有する防波堤である。本研究では透過性のあ る防波堤として、景観的観点からも優れる水平板と潜 堤からなる複合型防波堤を考え、模型実験と理論解析 からどの程度の防波効果が得られるかを調べた。

#### 2. 実験概要

図-1 に示すように、水深hを一定とし、水平板と潜 堤の模型に周期の異なる波を X の正方向より入射させ、 波高計を用いて入射波と通過波の波高を測定する。波 の周期は0.7秒から0.05秒ずつ増やしていき1.6秒ま で変化させる。この実験データから水平板、潜堤上に おける損失係数を推定し、入射波と通過波の波高の比 から波の通過率を求め、これを指標とし防波効果の度 合いを調べる。

## 3. 理論解析

理論解析では図-1の破線のような仮想境界面を考 え(1)から(4)の4つの領域に分け、解析する。ま た、基礎理論の考えを用いるために、流体は非粘性、 非圧縮性の完全流体、流れは2次元のうずなし流れと し、水平板、潜堤上の仮想境界面でのみエネルギー損 失が生じるとする。エネルギー損失は流速の2乗に比 例するものとして理論式に考慮する。

## 3.1 速度ポテンシャル

グリーンの公式より境界上のポテンシャル関数は 次式で表される。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \int_{D} \left( \frac{\partial \log r}{\partial \nu} \phi - \log r \frac{\partial \phi}{\partial \nu} \right) ds \tag{1}$$

(1)式を離散化すると(2)式となる。

$$\phi(i) = \sum_{j=1}^{N} \left\{ \overline{E}_{ij} \phi(j) - E_{ij} \overline{\phi}(j) \right\}$$
(2)



#### 図-1 模型配置図および領域分割図

ここで、i は求めるポテンシャル関数の位置、j は境 界を分割したときの個々の位置、r は i から j までの 長さ、E=( $1/\pi$ )logr、 $\overline{E} \ge \overline{\phi}$ はそれぞれ E、 $\phi$ を法線 方向  $\nu$  で微分したものを表す。

## 3.2 境界条件

(1) 水面

微小振幅波の運動学的および力学的条件より

$$\frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{v}} = \mp \frac{\sigma^2}{g} h \phi \tag{3}$$

(2) 不透面

不透面では法線方向の速度が0だから

$$\frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{V}} = 0 \tag{4}$$

(3) 入射部の仮想境界面 下式の第1項は入射の項、第2項は反射の項を表す。

$$\phi = e^{k_0 x} Z^{(0)}(z) + \sum_{n=1}^{\infty} C^{(1)} e^{-k_n x} Z^{(n)}(z)$$
(5)

$$\frac{\partial \phi}{\partial v} = k_0 e^{k_0 x} Z^{(0)}(z) - \sum_{n=0}^{\infty} k_n C_n^{(1)} e^{-k_n x} Z^{(n)}(z)$$
(6)

ここで、  
· 
$$Z^{(n)}(z) = \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos(k_n h)}$$
  
·  $k_n$  :  $n = 0$ のとき $k_0 = ik$  (純虚数)  
 $n \neq 0$ のとき $\frac{\sigma^2 h}{g} = -k_n h \tan(k_n h)$ 

(4) 通過部の仮想境界面

$$\phi = \sum_{n=0}^{\infty} C_n^{(4)} e^{k_n x} Z^{(n)}(z)$$
(7)

$$\frac{\partial \phi}{\partial \nu} = \sum_{n=0}^{\infty} k_n C_n^{(4)} e^{k_n x} Z^{(n)}(z) \tag{8}$$

(5) 潜堤・水平板の上の仮想境界面

$$\frac{\partial \phi_A}{\partial \nu} = \frac{\partial \phi_B}{\partial \nu} = V \quad ( i \pm E ) \tag{9}$$

$$\phi_A - \phi_B = \beta |V| V \tag{10}$$

ここで、 $\phi_A, \phi_B$ : 隣り合う速度ポテンシャル

#### 3.3 各領域のポテンシャル関数

3.1で離散化した(2)式に3.2で求めた境界条件を代入して、連立方程式を得る。この連立方程式を解くことにより境界上のポテンシャル関数 φ を算出し、通過率を求める。ここでは領域(1)についての方程式を示すが、他の領域についてもこれと同様に方程式をつくる。

$$\begin{split} &\sum_{j=1}^{N_{11}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} - E_{ij} \frac{\sigma^2}{g} h \right\} \phi_1^{(1)}(j) + \sum_{j=1}^{N_{12}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} \phi_2^{(2)}(j) \\ &+ \sum_{j=1}^{N_{12}} \left\{ \left( \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right) \mathbf{\beta} \left| \overline{\phi}_2^{(2)}(j) \right| - E_{ij} \right\} \overline{\phi}_2^{(2)}(j) + \sum_{j=1}^{N_{13}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} \phi_3^{(1)}(j) \\ &+ \sum_{j=1}^{N_{14}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} \phi_2^{(3)}(j) + \sum_{j=1}^{N_{14}} \left\{ \left( \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right) \mathbf{\beta} \left| \overline{\phi}_2^{(3)}(j) \right| - E_{ij} \right\} \overline{\phi}_2^{(3)}(j) \\ &+ \sum_{j=1}^{N_{15}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} \phi_5^{(1)}(j) + \sum_{j=1}^{N_{16}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} \phi_6^{(1)}(j) \\ &+ \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{N_{17}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} + k_n E_{ij} \right\} e^{-k_n x} Z^{(n)}(j) C_n^{(1)} \\ &= -e^{k_0 x} \sum_{j=1}^{N_{16}} \left\{ \overline{E}_{ij} - \mathbf{\delta}_{ij} \right\} - k_0 E_{ij} \right\} Z^{(0)}(j) \end{split}$$
(11)

$$i = j$$
のとき δ<sub>ij</sub> =1  
i ≠ jのとき δ<sub>ii</sub> =0

### 4.実験結果と考察

図-2 と図-3 は、横軸に波数 K(=2π/L, L:波長)を 水深 h で無次元化した Kh(=2πh/L)を、縦軸に波の通 過率 Kt(=通過波の波高/入射波の波高)をとったもの である。

図-2 は水平板位置のみを変化させたときの実験値 と解析値のグラフである。解析値は損失係数を 0.7 と したときのものである。この図を見ると実験値は全体 的に理論曲線に寄り添うかたちになっており、解析値



図-2 実験値と解析値の比較

(bh/h=1.000, (dh2-dh1)/h=0.1875,dh3/h=0.5875)



(bh/h=1.000, dh1/h=0.125, dh3/h=0.625)

が有効だといえる。このことより損失係数を 0.7 と決 定した。

図-3 は水平板厚のみを変化させたときの解析値の グラフである。この図から Kh=0.9 を境にして通過率 Kt の傾向が異なることが分かる。Kh が 0.9 より小さい とき水平板厚が大きいほど通過率 Kt は小さく、0.9 よ り大きいときには水平板厚が大きいほど通過率 Kt は 大きくなる。

#### <u>5. まとめ</u>

この研究では、水平板の厚さを考慮して実験を行い、防波効果への影響を調べた。

今後の課題は、水平板を潜堤の真上に置くのではな くずらして設置することを考え、より大きな防波効果 が得られるかを調べることである。また、防波堤の間 隙部における流速についても検討したい。