

九州大学 正員 井島武士

同 正員 江口泰彦

同 正員 小林 彰

同 学生員 永田憲行

同 学生員 矢谷信弘

1. 緒 言

本論文は捨石あるいは異形ブロックによる防波堤と岸壁の流体力学的な性質を明らかにするための研究である。前論文(透過性水平板防波堤及び岸壁に関する研究)の水平板を取り除き、透過性物質が静水面より上方にある堤合とみて差し支えない。紙面の都合上、ここでは理論式を導く過程は次の機会に発表することにし、その結果、及び計算値、実験によって検証した結果を報告する。

2. 理 論

1. 透過性防波堤の場合 (記号の説明は省略)

図-1に示すように水深 h で幅 $2l$ の透過性防波堤を考える。領域(II)(III)での速度ポテンシャルは夫々次式で表わされる。

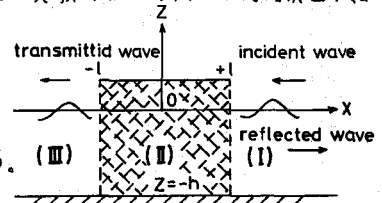


Fig-1 Definition Sketch (Breakwater)

$$\phi_1(x, z, t) = A e^{i(kl + \omega t)} \left\{ \left(e^{ik(x-l)} + \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n + Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} - 1 \right) e^{-ik(x-l)} \right) \frac{\cosh k(Z+h)}{\cosh kh} \right. \\ \left. + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{kn(x-l)} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{P_m + Q_m}{1 + \left(\frac{k_m}{k_n}\right)^2} \right\} \frac{\cosh k_n(Z+h)}{\cosh k_n h} \right\} \quad \text{--- ①}$$

$$\phi_2(x, z, t) = A e^{i(kl + \omega t)} \frac{N_0}{1 - \beta} \sum_{n=1}^{\infty} \left(P_n \frac{\cosh k_n Z}{\cosh k_n l} + Q_n \frac{\sinh k_n Z}{\sinh k_n l} \right) \frac{\cosh k_n(Z+h)}{\cosh k_n h} \quad \text{--- ②}$$

$$\phi_3(x, z, t) = A e^{i(kl + \omega t)} \left[e^{ik(x+l)} \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{R_n - Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} \right) \frac{\cosh k(Z+h)}{\cosh kh} + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{kn(x+l)} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{P_m - Q_m}{1 + \left(\frac{k_m}{k_n}\right)^2} \right\} \frac{\cosh k_m(Z+h)}{\cosh k_m h} \right] \quad \text{--- ③}$$

$$\text{反射率 } K_r \text{ と透過率 } K_t \quad K_r = \left| \beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{R_n + Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} - 1 \right|, \quad K_t = \left| \beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n - Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} \right| \quad \text{--- ④}$$

水面波形 ζ/α

$$\text{領域(I)では } \zeta/\alpha = e^{i(kl + \omega t)} \left(e^{ik(x-l)} + \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n + Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} - 1 \right) e^{-ik(x-l)} + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{kn(x-l)} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{P_m - Q_m}{1 + \left(\frac{k_m}{k_n}\right)^2} \right\} \frac{\cosh k_m(Z+h)}{\cosh k_m h} \right) \quad \text{--- ⑤}$$

$$\text{領域(II)では } \zeta/\alpha = e^{i(kl + \omega t)} \frac{\beta N_0}{1 - \beta} \sum_{n=1}^{\infty} \left(P_n \frac{\cosh k_n Z}{\cosh k_n l} + Q_n \frac{\sinh k_n Z}{\sinh k_n l} \right) \quad \text{--- ⑥}$$

$$\text{領域(III)では } \zeta/\alpha = e^{i(kl + \omega t)} \left(e^{ik(x+l)} \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{R_n - Q_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k}\right)^2} \right) + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{kn(x+l)} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{P_m - Q_m}{1 + \left(\frac{k_m}{k_n}\right)^2} \right\} \right) \quad \text{--- ⑦}$$

$$\text{水平圧力 } P_H \quad \left| \frac{P_H}{\rho g \alpha h} \right| = 2 N_0 \frac{g^2 h}{g} \left| \frac{\beta^2}{1 - \beta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Q_n}{(k_n h)^2} \right| \quad \text{--- ⑧}$$

$$\text{揚圧力 } P_V \quad \left| \frac{P_V}{\rho g \alpha h} \right| = 2 N_0 \frac{g^2 h}{g} \left| \frac{\beta^2}{1 - \beta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tanh k_n l}{\sinh k_n h} \frac{P_n}{(k_n h)^2} \right| \quad \text{--- ⑨}$$

2. 透過性岸壁に対する計算

図2のように水深 h 、幅 l の岸壁を考えると各領域に対する速度ポテンシャルは夫々次のようである。

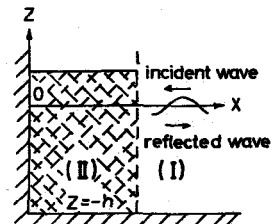


Fig-2 Definition Sketch (Quay Wall)

$$\phi_1(x, z, t) = A e^{i(kh + \omega t)} \left[\left\{ e^{ik(x-l)} + \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z P_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k} \right)^2} \right) - 1 \right\} e^{-ik(x-l)} \right] \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \\ + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{-k_n(x-l)} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{Z P_m}{1 - \left(\frac{k_m}{k_n} \right)^2} \right\} \frac{\cosh k_n(z+h)}{\cosh k_n h} \quad \text{--- (8)}$$

$$\phi_2(x, z, t) = A \frac{N_0}{1-\beta} e^{i(kh + \omega t)} \sum_{n=1}^{\infty} 2 P_n \frac{\cosh k_n z}{\cosh k_n l} \cdot \frac{\cosh k_n(z+h)}{\cosh k_n h} \quad \text{--- (9)}$$

反射率 K_r $K_r = \beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z P_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k} \right)^2} - 1$ --- (10)

水面波形 $\zeta_1/\alpha = \left\{ e^{ik(x-l)} + \left(\beta \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z P_n}{1 - \left(\frac{k_n}{k} \right)^2} \right) - 1 \right\} e^{-ik(x-l)} + \beta N_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n} e^{-k_n(x-l)} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{Z P_m}{1 - \left(\frac{k_m}{k_n} \right)^2}$ --- (11)

$$\zeta_2/\alpha = \frac{\beta N_0}{1-\beta} \sum_{n=1}^{\infty} 2 P_n \frac{\cosh k_n z}{\cosh k_n l} \cdot e^{i(kh + \omega t)} \quad \text{--- (12)}$$

水平圧力 P_H $\left| \frac{P_H}{\rho g \alpha h} \right| = 2 N_0 \frac{\omega^2 h}{g} \left| \frac{\beta^2}{1-\beta} \sum_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{\cosh k_n l} \right) \frac{P_n}{(k_n h)^2} \right|$ --- (13)

揚圧力 P_V $\left| \frac{P_V}{\rho g \alpha h} \right| = 2 N_0 \frac{\omega^2 h}{g} \left| \frac{\beta^2}{1-\beta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tanh k_n l}{\sinh k_n h} \cdot \frac{P_n}{(k_n h)^2} \right|$ --- (14)

壁面 $z=0$ における圧力 P $\left| \frac{P_0}{\rho g \alpha} \right| = N_0 \frac{\omega^2 h}{g} \left| \frac{\beta^2}{1-\beta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z P_n}{k_n h \cosh k_n l} \cdot \frac{\cosh k_n(z+h)}{\sinh k_n h} \right|$ --- (15)

3. 実 験

写真-1のように透過性物質として5cm角の木材を並べ その角材を抜き取ることにより空隙率(V)を変えるようにした。

揚圧力の測定は除き、反射率、通過率、鉛直壁にかかる圧力を容量式波高計、及びトランスデューサーを用いて測定した。

造波水槽は幅1 m、深さ60cm、長さ20mで水深30cmである。



Photo-1

4. 計算及び実験の結果

1. 反射率 K_r , 通過率 K_t

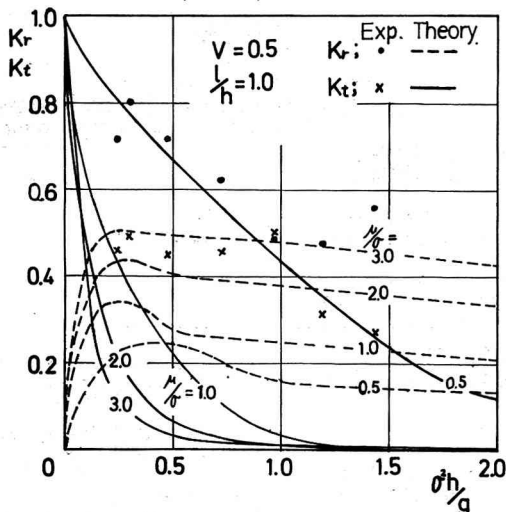


Fig-3 Transmission and Reflection Coefficients (Breakwater)

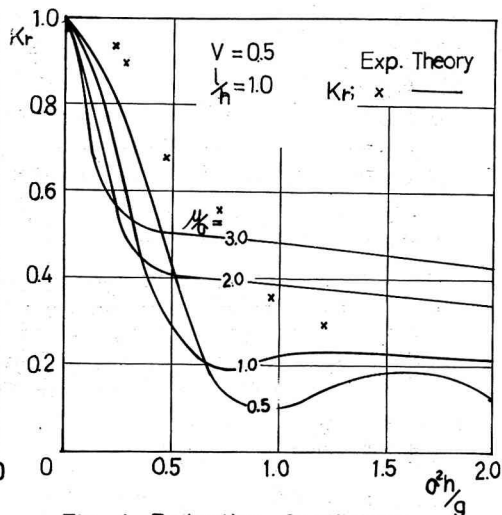


Fig-4 Reflection Coefficients (Quay Wall)

式④及び⑤によって得られた計算の結果と実験値を図3,4に示す。防波堤の場合 K_h は実験値の方が計算値より大きめに出来ている。岸壁の場合、実験値は、計算値の $\mu_0=0.5$ 以下に相当するものと思われる。

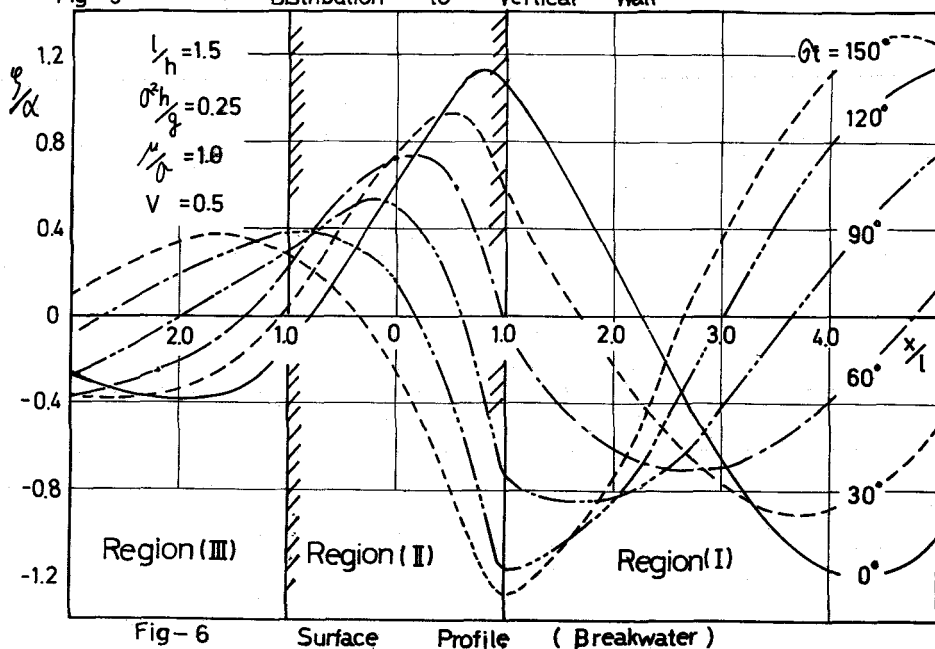
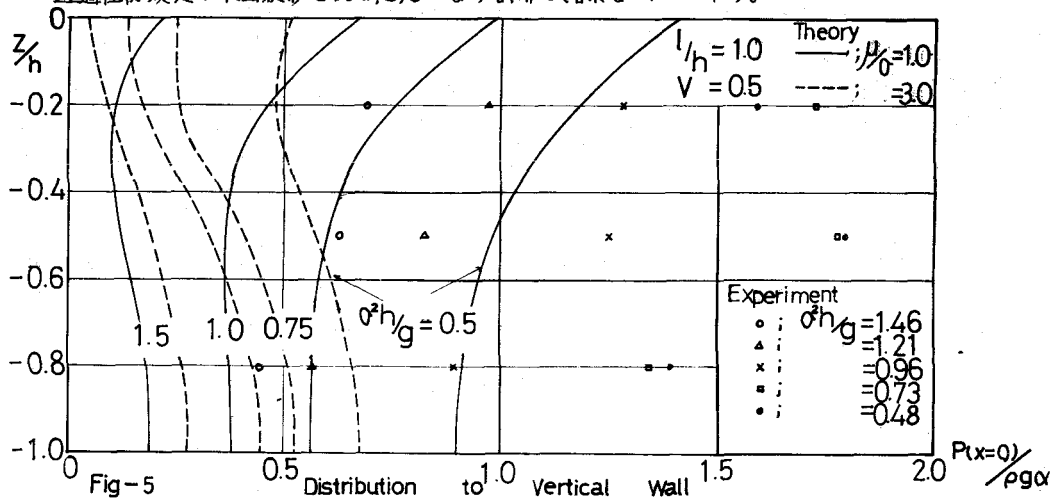
2. 鉛直壁に作用する圧力

式⑥により計算した結果と実験値を図5に示す。 $\sigma^2 h/g$ が小さいほどその圧力は大きい。

実験値の方が理論値より大きめに出来ているが、これは実験値が $\mu_0=1.0$ 以下に相当するためと思われる。

3. 水面波形

透過性防波堤の水面波形を式③、⑥、⑦により計算し結果を図6に示す。



5. む す び

計算及び実験共、 $l/h = 0.5, 1.0, 1.5$ (但し防波堤の場合。岸壁の場合は $l/h = 1.0, 2.0, 3.0$)、 $V = 0.4, 0.5, 0.6$ 、 $\mu/\sigma = 0.5, 1.0, 2.0, 3.0$ の場合について行なった。紙面の都合上、その一部しか記載できなかった。その差異及び理論式の誘導、記号の説明など、詳細は次の機会に報告する。理論値と実験値との間に多少のずれはあったが大体の傾向は、つかめたと思われる。また、実験では、揚圧力の測定及び水面波形の測定を省いたが、これとその測定方法を研究して、次の論文に発表したい。

なお、計算には、九大中央計数施設の OKITAC 5090H を用いた。

—— 参考文献 ——

- ① 井島・尾崎・江口・小林(1970); 水平板による防波堤と岸壁に関する理論的研究(2),
第17回海岸工学講演会論文集
- ② 井島・尾崎・松尾・小林(1969); 直立消波岸壁に関する研究(1),
第16回海岸工学講演会論文集
- ③ Stoker, J. J (1957); "Water Waves", Interscience Publishers, New-York.