

九州大学 正員 井島武士
同 同 奥蘭英明

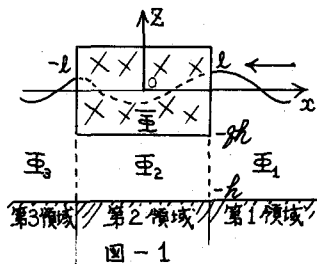
九州大学 学生員 〇川原田秋彦
同 虚石 龍彦

1. まえがき

著者らは、透過性防波堤の理論および実験により波の反射と通過などを検討してきたが、湾内汚染等が問題になっている昨今、通水性がより優れている半没水型透過性防波堤について理論解析し、実験を行なったので、ここに報告する。

2. 理論

図-1の様に、固定された噴水 gh ($g < 1$, h : 水深) 幅 $2l$ の透過性防波堤を考え、空ゲキ率 V , 抵抗係数 μ , とする。入射波の周波数を σ , 振幅を F で、速度ポテンシャルを $\Phi = g\sigma / \sigma \cdot \Phi e^{i\sigma t}$ とし表すと、図-1の各領域の速度ポテンシャルは次の様に考えられる。



$$\Phi(x, z) = (e^{ik_0 z} + B e^{-ik_0 z}) \frac{\cosh k_0 \bar{k}_s(z+h)}{\cosh k_0 \bar{k}_s h} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{ik_n x} \frac{\cosh k_n \bar{k}_n(z+h)}{\cosh k_n \bar{k}_n h} \quad \text{--- (1)}$$

$$\Phi_2(x, z) = F e^{ik_0 x} \frac{\cosh k_0 \bar{k}_s(z+h)}{\cosh k_0 \bar{k}_s h} + \sum_{n=1}^{\infty} G_n e^{ik_n x} \frac{\cosh k_n \bar{k}_n(z+h)}{\cosh k_n \bar{k}_n h} \quad \text{--- (2)}$$

次に Φ に対する "自由表面条件" は、 $z=0$ で、 $\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\sigma^2}{g} \beta V \Phi$ ($\beta = \frac{1-i\mu/\sigma}{V}$) --- (3)

また、 Φ_2 に対する "底面条件" は、 $z=-h$ で、 $\frac{\partial \Phi_2}{\partial z} = 0$ --- (4)

また、 Φ と Φ_2 の境界面 ($z = -gh$) において $\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial z}$, $\Phi_2 = \beta \Phi$ --- (5)

となり、上式 (3), (4), (5) を満足すべき Φ , Φ_2 は、

$$\Phi(x, z) = \sum_{s=1}^{\infty} (D_s \cos \bar{k}_s x + E_s \sin \bar{k}_s x) (\cosh \bar{k}_s \bar{k}_s z + \beta V r \frac{\sinh \bar{k}_s \bar{k}_s z}{\bar{k}_s h}) \quad \text{--- (6)}$$

$$\Phi_2(x, z) = \sum_{s=1}^{\infty} f_s (D_s \cos \bar{k}_s x + E_s \sin \bar{k}_s x) \cosh \bar{k}_s \bar{k}_s (z+h) \quad \text{--- (7)}$$

ここで、 $r = \frac{\sigma^2 h}{g}$, $f_s = \frac{\beta V r \cosh \bar{k}_s gh - \bar{k}_s h \sinh \bar{k}_s gh}{\bar{k}_s h \sinh \bar{k}_s gh}$ ($\bar{g} = 1-g$)

以上の各領域の速度ポテンシャルに対しては、境界面 $x = \pm l$ で、mass flux および energy flux の連続により、7次式が成立せねばならない。

$$\begin{aligned} x=l \text{ で } \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} &= \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad \Phi_1 = \beta \Phi \quad (0 \leq z \leq gh) & x=-l \text{ で } \frac{\partial \Phi_3}{\partial x} &= \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad \Phi_3 = \beta \Phi \quad (0 \leq z \leq gh) \\ &= \frac{\partial \Phi_2}{\partial x} = \Phi_2 \quad (gh \leq z \leq h) & &= \frac{\partial \Phi_2}{\partial x} = \Phi_2 \quad (gh \leq z \leq h) \end{aligned} \quad \text{--- (8)}$$

各領域の速度ポテンシャルを上式に代入し、加減整理することにより、 D_s , E_s , B , F , C_n , G_n が各々決定出来る。これらにより、反射率 K_R , 通過率 K_T は、 $K_R = |B|$, $K_T = |F|$ --- (9) と決定出来る。

3. 実験および計算結果

長さ22m、幅80cm、深さ80cmの2次元造波水路を使用し、透過堤体部分として金網ゆく(堤体幅 $2l=25$ cm)に、発泡スチロール製の円筒形($\phi=8.2$ cm、高さ4.8cm)のものを串どしにして、詰め、 $V=0.514$ にしたものを用い、 $h=50$ cm、入射波高を4.5cm(一定)にして、抵抗線式波高計を用いて、Healyの方法により、反射率、通過率を測定した。

図-2は、 $2l=25$ cm、 $V=0.5$ の反射率 K_R の計算値と、実験結果($V=0.514$)である。実験値においては、喫水が大きくなれば、反射率 K_R も大きくなり、 $0.8l/g$ の増加と共に上昇するが、波長が短くなれば、喫水に関係なく、収束の傾向がある。計算値も、少し小さめであるが、同様の傾向を示し、 $K_R=0.4$ 附近に収束している。これは波のenergy fluxは波長が短くなると、静水面附近に集中するために、反射率 K_R は収束するものと考えられる。

図-3は、同じ条件における通過率 K_T である。実験値においては、喫水が大きくなれば通過率 K_T は小さくなり、 $0.8l/g$ の増加と共に低下し、反射率 K_R と同様に収束の傾向がある。計算値も、同様の傾向を示すが、反射率 K_R ほど、収束は顕著ではない。

図-4は、 $\beta=0.6$ としての堤体幅 l/g を変化させた時の反射率 K_R と通過率 K_T の計算値であるが、反射率 K_R は $0.8l/g$ の増加と共に上昇するが、堤体幅 l/g に関係なく漸次、0.4附近に収束する。また通過率 K_T は、堤体幅 l/g が大きい程、小さく、 $0.8l/g$ の増加と共に低下する。

一般に反射率 K_R は、波長が短くなるにつれ、喫水、堤体幅には支配されなくなり、一定値(堤体固有の値)に収束し、また通過率 K_T は、波長が短くなるにつれ、堤体幅に大きく支配されるようになり、逆に喫水は、それ程大きくは支配されなくなる。

なお、計算においては、 M/O の値として、一定値($=1.0$)を用いて行なったが、この点について、さらに検討しておくつもりである。

参考文献:

井島武士、江口泰彦、小林彰、"透過性防波堤と岸壁に関する研究" 第18回海岸工学講演会論文集(1971)

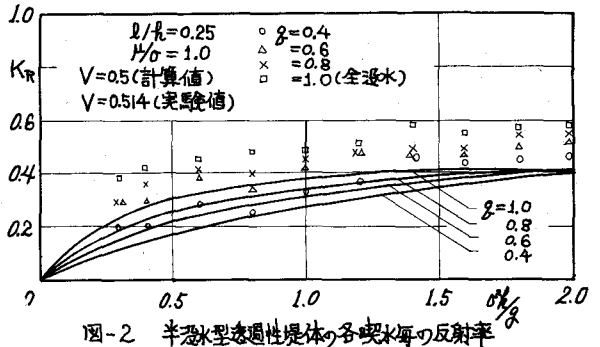


図-2 半透水型透過性堤体の各喫水毎の反射率

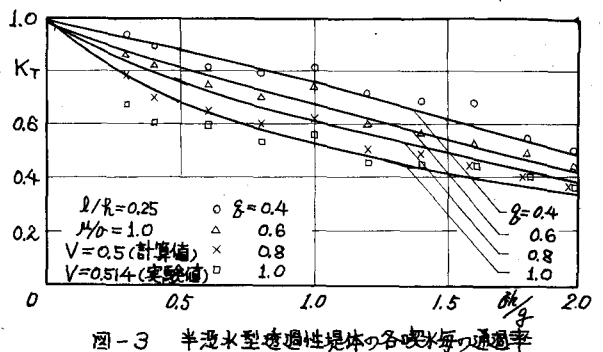


図-3 半透水型透過性堤体の各喫水毎の通過率

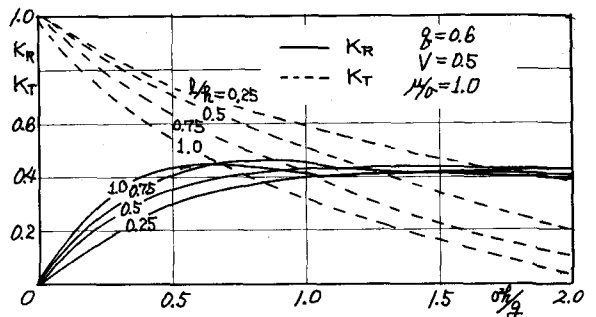


図-4 半透水型透過性堤体の各堤体幅毎の反射率 通過率