

1. はじめに

不透過壁の前に二重の透過壁を置く二重透過壁型式では消波堤を構成する透過壁の空隙率や透過壁の設置位置等の構造因子を適切に選べば、特定の周期の波に対してのみ著しい消波効果を示す一重透過壁型式の消波特性を改善できることが実験的に明らかにされている¹⁾。一重構造因子の組合せによっては逆に一重透過壁型式の反射率よりも大きくなる場合があることも指摘されている²⁾。そこで本研究は、透過壁が円柱縦スリット壁あるいは四角孔あき壁で構成される二重透過壁型式をとりあげ消波効果を最大ならしめる構造因子の組合せについて検討した。

2. 理論

図1のように領域I, II, IIIを設定するとき、波の非回転運動を前提とした1次オーダーの速度ポテンシャルは散乱波の影響を無視すれば各領域で次のように表わされる。

$$\phi_1(x, z; t) = (Ae^{-ik_1x} + Be^{ik_1x}) \frac{\cosh k_1(z+h)}{\cosh k_1h} e^{i\sigma t} \quad \text{----- (1)}$$

$$\phi_2(x, z; t) = \left\{ C \frac{\cos k_2(x-l_1)}{\cos k_2l_1} + D \frac{\sin k_2(x-l_1)}{\sin k_2l_1} \right\} \frac{\cosh k_2(z+h)}{\cosh k_2h} e^{i\sigma t} \quad \text{----- (2)}$$

$$\phi_3(x, z; t) = E \frac{\cos k_3(x-l_2)}{\cos k_3l_2} \frac{\cosh k_3(z+h)}{\cosh k_3h} e^{i\sigma t} \quad \text{----- (3)}$$

ここでA, B, Eは入射波, 反射波および透過波, C, Dは遊水部内の定常波を表わす。 σ は角周波数, また k は波数で次の関係式が存在する。

$$\sigma^2 = gk \tanh kh \quad \text{----- (4)} \quad g: \text{重力の加速度}$$

透過壁での境界条件として流量の連続と壁面^{3), 4)}が多孔壁堤およびスリット壁堤の解析に用いた形に準じたエネルギー損失表現を用いる。

$$\int_{-h}^0 \frac{\partial \phi_1}{\partial x} dz = \int_{-h}^0 \frac{\partial \phi_{21}}{\partial x} dz \quad \text{----- (5)}$$

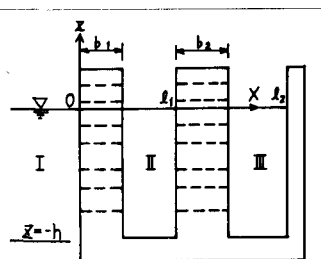
$$\frac{1}{\varepsilon_i} \int_{-h}^0 \left(\frac{\partial \phi_1}{\partial x} - \frac{\partial \phi_{21}}{\partial x} \right) dz + \frac{1}{b_i} \left\{ \frac{\partial \phi_{21}}{\partial t} - \left(-\frac{\partial \phi_2}{\partial t} \right) \right\} dz + \frac{f_i}{\varepsilon_i} \int_{-h}^0 \frac{\partial \phi_1}{\partial x} dz = 0 \quad \text{----- (6)}$$

$$\left. \begin{aligned} f_i &= \frac{f_{fi}^*}{3\pi R_i} \left| \frac{1}{\varepsilon_i h} \int_{-h}^0 \frac{\partial \phi_1}{\partial x} dz \right| \quad (\text{四角孔あき壁}) \\ &= \frac{4f_{fi}^*}{3\pi b_i} \left| \frac{1}{\varepsilon_i h} \int_{-h}^0 \frac{\partial \phi_1}{\partial x} dz \right| \quad (\text{円柱縦スリット壁}) \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (7)}$$

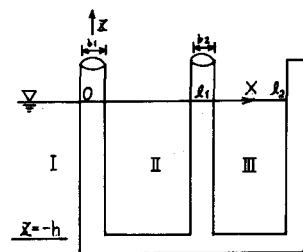
ここに $i=1, 2$, ε : 開口比, b : 壁厚, f^* : エネルギー損失係数, R : 径深である。式(5), (6)に式(1)~(3)を代入すれば連立一次方程式が得られ, これを解くことにより反射率は $K_R = |B/A|^2$ で与えられる。

3. 実験

実験は長さ20m×幅4m×高さ1.3mの2次元造波水槽において、水路幅を0.6m, 0.6m, 2.8mに3分割し幅の狭い2本の水路を用いて実施した。透過壁は円柱縦スリット壁および四角孔あき壁の2種類で、いずれも塩化ビニールで製作した。そして造波板から14mの位置に沖側透過壁を設置し、その背後に中間透過壁、不透過壁を設置した。実験方法は水深 $h=50$ cm一定とし、周期 $T=1.2$ 秒、浪高 $H=2$ cmの波に対して消波堤を構成する構造因子を種々変化させた。そして沖側透過壁前面に形成される部分重複波の最大浪高と最小浪高を移動台車に取り付けた容量式浪高計により測定し、反射率をHealyの方法で求めた。



(a) 四角孔あき壁



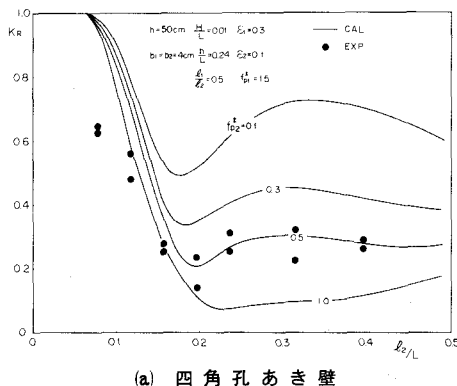
(b) 円柱縦スリット壁

図-1 解析モデル

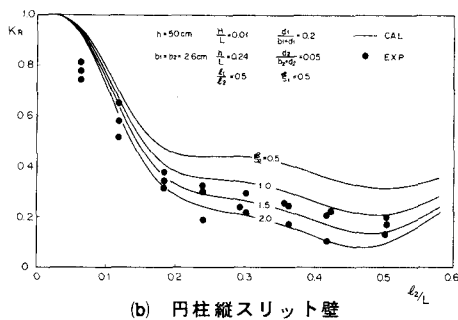
4. 結果と考察

理論計算で問題となるのは式(7)におけるエネルギー損失係数である。摩擦抵抗に基づく損失を無視すれば、孔あき壁および縦スリット壁の損失係数 f_p^* , f_s^*

は次のようになる。 $f_p^* = f_e + f_o$, $f_s^* = \xi + (1 + \xi)\gamma$ ……(8)ここに f_e , f_o は孔の入口および出口での損失, ξ , $(1 + \xi)\gamma$ はスリットの断面急縮および急拡に基づく損失である。図-2は沖側透過壁の損失係数を四角孔あき壁で $f_e = 1.0$, $f_o = 0.5$ また円柱縦スリット壁で $\xi = 0.5$ とし, それぞれ中間透過壁の f_{p2}^* と ξ_2 を変化させ実験値と比較したものである。図中 d/b は円柱間隙比(d :円柱間隙)である。四角孔あき壁で $f_{p2}^* = 0.5$, 円柱縦スリット壁で $\xi_2 = 1.5$ 程度に選べば理論値と実験値の適合性はよい。次に図-3は透過壁間隔の影響について円柱縦スリット壁の実験結果を示したものである。中間透過壁は沖側透過壁と不透過壁の中間に設置するのが適当である。一方中間透過壁の開口比も重要な因子となる。図-4は円柱縦スリット壁について中間透過壁の円柱間隙比を種々変化した結果である。この場合中間透過壁の間隙比は d/b は $0.05 \sim 0.1$ 程度が適切である。また図-5は円柱縦スリット壁の一重透過壁型式と二重透過壁型式の反射率を比較したものである。構造因子を適切に選べば二重透過壁型式の方が一重透過壁型式よりも優れた消波効果を示すことがわかる。



(a) 四角孔あき壁



(b) 円柱縦スリット壁

図-2 実験値と理論値の比較

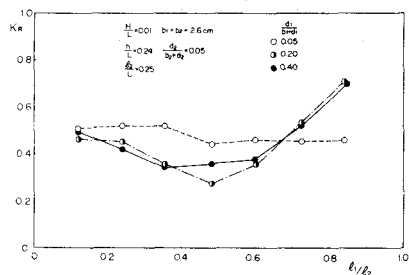


図-3 透過壁間隔の影響 (円柱縦スリット壁)

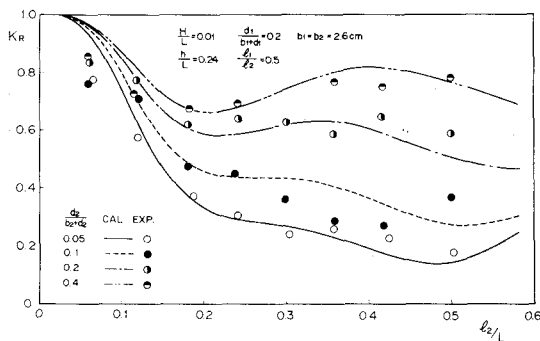


図-4 中間透過壁間隙比の影響 (円柱縦スリット壁)

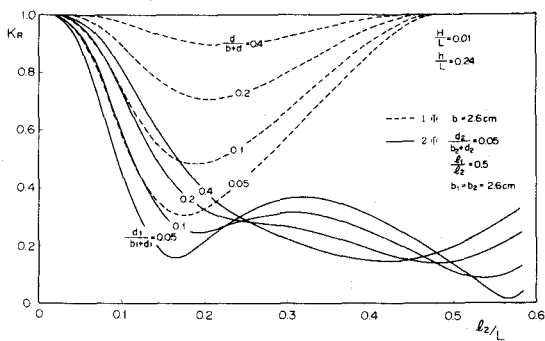


図-5 1重透過壁型式と2重透過壁型式の比較 (円柱縦スリット壁)

参考文献

- 1) 井島・奥田・牛房: 直立消波護岸の構造と周波数特性について, 第24回海岸工学講演会論文集, 1977
- 2) 横木・岩田: 二重透過壁を有する鉛直消波岸壁の消波効果について, 土木学会論文報告集, 第262号, 1977
- 3) 堀口・中道: 多孔壁式防波堤の消波機構と波力, 第23回海岸工学講演会論文集, 1976
- 4) 堀口・小坂・中道・布施: スリット壁式消波構造の水理解析, 第27回海岸工学講演会論文集, 1980