

II-290 スリット型海域制御構造物の波力特性

清水建設機技術研究所 正員 萩原運弘 藤原隆男
建設省土木研究所 正員 宇多高明 村井禎美

1. まえがき 外洋に面した沿岸域においても海洋性レクリエーション等を可能にする波浪制御構造物として、スリット壁が複数に配置されたスリット型海域制御構造物を提案し¹⁾、昨年の年次講演会で透過率 $K_t \leq 0.6$ および反射率 $K_r \leq 0.5$ を満足する構造条件を明らかにした²⁾。本研究では、引き続きスリット型海域制御構造物に作用する非碎波時全波力の特性について理論的、実験的に検討した結果について報告する。

2. 解析方法 完全流体の微小振幅波に対して図-1のように、一定水深 h の海域に吃水深 d 、空隙率 ε_i ($i=1\sim3$) もつ三枚のスリット壁が設置された場合の進行波の変形問題を考える。速度ポテンシャルを $\Phi(x, z; t) = \phi(x, z)e^{i\sigma t}$ とし、時間要素をぬいた各領域の ϕ は次のように表される。 σ は波の周波数である。

$$\phi_1 = (Ae^{-ikx} + Be^{ikx}) \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{knx} \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi_2 = \left\{ D \frac{\cos k(x-\ell_1')}{\cos k\ell_1} + E \frac{\sin k(x-\ell_1')}{\sin k\ell_1} \right\} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ F_n \frac{\cosh k_n(x-\ell_1')}{\cosh k_n \ell_1} + G_n \frac{\sinh k_n(x-\ell_1')}{\sinh k_n \ell_1} \right\} \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi_3 = \left\{ H \frac{\cos k(x-\ell_2')}{\cos k\ell_2} + I \frac{\sin k(x-\ell_2')}{\sin k\ell_2} \right\} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ J_n \frac{\cosh k_n(x-\ell_2')}{\cosh k_n \ell_2} + K_n \frac{\sinh k_n(x-\ell_2')}{\sinh k_n \ell_2} \right\} \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi_4 = \left\{ L e^{-ik(x-\ell_2')} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} + \sum_{n=1}^{\infty} M_n e^{-kn(x-\ell_2')} \frac{\cos k_n(z+h)}{\cosh k_n h} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 A は入射波を表し、また B は反射波、 L は透過波、 D, E, H, I は定常波、 $C_n, F_n, G_n, J_n, K_n, M_n$ は散乱波を表す未知の複素定数である。さらに k, k_n は波数で、 $\sigma^2 = gk \tanh kh = -gk_n \tan k_n h$ (g : 重力の加速度) を満足する。いま、各透過壁部分 ($-d < z < 0$) および透過壁以下の部分 ($-h < z < -d$) に水平流速 $U_i(z)$ ($i=1\sim3$) を導入し、次式で表される各領域間での流量と運動量の二つの接続条件を課す。

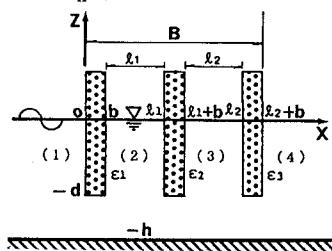


図-1 座標と記号

$$\left. \begin{aligned} U_i(z) &= \frac{1}{\varepsilon_i} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} = \frac{1}{\varepsilon_i} \frac{\partial \phi_{i+1}}{\partial x}, \quad \phi_i - \phi_{i+1} + \beta_i \frac{\partial \phi_i}{\partial x} = 0 \quad (-d < z < 0) \\ U_i(z) &= \frac{\partial \phi_i}{\partial x} = \frac{\partial \phi_{i+1}}{\partial x}, \quad \phi_i - \phi_{i+1} = 0 \quad (-h < z < -d) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここに、 $\beta_i = (L_i^* - i 4 \pi C_i^* U_0 / 3 \sigma) / \varepsilon_i$ で、 L_i^* : 見掛けのオリフィス長さ、 C_i^* : 損失係数、 U_0 : 最大流速振幅である。まず、流量の連続条件に式(1)~(4)の速度ポテンシャルを代入し、未定複素定数を U_i ($i=1\sim3$) を用いて表す。それらを運動量の接続条件に現れる未定複素定数に代入することにより最終的には、透過壁部分と透過壁以下の部分で異なる積分核をもつ U_i に関する第一種フレドホルム型の積分方程式が得られ、数値積分することにより U_i を求める。 U_i が求めれば、式(1)~(4)の未定複素定数が決まり K_t, K_r および各領域の ϕ が計算できる。なお、壁面に作用する波圧 p は次式から算定する。

$$p = -\rho g z + \rho g \zeta \left\{ 1 + \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} - \frac{\cosh k(\zeta+h)}{\cosh kh} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 ρ ：流体の密度、 ζ ： $x=0, b, l_1, l_1+b, l_2, l_2+b$ における表面水位である。

3. 実験方法 実験は、長さ142m、幅0.6m、高さ1.4mの二次元造波水路に、1/50の斜面とそれに続く長さ10mの水平床をつくり、造波板から123m離れた水平床上に三分力計に取り付けた模型を設置して実施した。模型設置地点の水深は $h=0.4$ m一定であり、周期 $T=1.6, 2.0, 2.8$ s、沖波波高 $H_0=4, 8, 12$ cmの波を作用させた。ただし $T=1.6, 2.8$ sでは $H_0=12$ cmのみである。また模型の堤体幅は $B=0.6$ m、空隙率は海側より $\varepsilon_1=0.3, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=0.1$ 一定であり、吃水比を $d/h=0.7, 0.85, 1.0$ の三種類に変化させた。

4. 結果と考察 吃水比 $d/h=0.7$ と 0.85 の場合の無次元波力強度 $f_x/w_0 H_i$ と相対幅 B/L' の関係を図-2(a)および(b)に示す。ここに、 $f_x = F_x/D'(\eta+d)$ で、 F_x ：水平全波力、 D' ：法線方向幅、 η ：波圧の作用高、また w_0 ：水の単位体積重量、 H_i ：入射波高、 L' ：波長である。 $f_x/w_0 H_i$ の計算結果は B/L' が小さいほど、すなわち周期の長い波ほど大きな値を示している。スリット型海域制御構造物全体に働く波力は、構造物を構成する各スリット壁に作用する部材波力の総和であるので、周期の長い波ほど三枚のスリット壁がほぼ同時に波力を受けるためである。また、実験値に比べ計算結果は若干小さい傾向を示している。次に、 $d/h=0.7$ の場合に、空隙率がそれぞれ異なる構造物の $f_x/w_0 H_i$ の計算結果を B/L' に対して示したものが図-3である。当然、各スリット壁の空隙率が等しい場合には、空隙率の大きいものほど $f_x/w_0 H_i$ の値は小さくなる結果を示しているが、 $\varepsilon_1=0.3, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=0.1$ にすると、 $f_x/w_0 H_i$ の値は $\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3=0.2$ の場合よりも若干小さくなるのがわかる。一方、吃水比 $d/h=0.7, 0.85, 1.0$ に対する水平全波力の実験値 F_x を合田式から求めた水平全波力 F_{gx} で除して、相対幅 B/L' に対して示したのが図-4である。 F_x/F_{gx} は d/h の相違により若干のばらつきが見られるが、大部分は0.65以下の範囲に分布している。 F_x/F_{gx} の値は近似的に波力の低減率 λ と考えてよく、重複波が作用する範囲では、ほぼこれらの上限に近い値として $\lambda \approx 0.65$ 程度を与えればよいと考えられる。

5. あとがき 本研究ではスリット型海域構造物の非碎波時の全波力特性を明らかにした。今後、スリット型海域制御構造物の実用化にあたり、碎波条件を含めた大波浪時の全波力および部材波力について検討する予定である。

<参考文献> 1) 建設省：海域制御構造物の開発に関する共同報告書(1)，土研資料，No.2454，1987。 2) 萩原他：スリット型海域制御構造物の透過および反射特性に関する実験的研究，第42回年講概要集，1987。

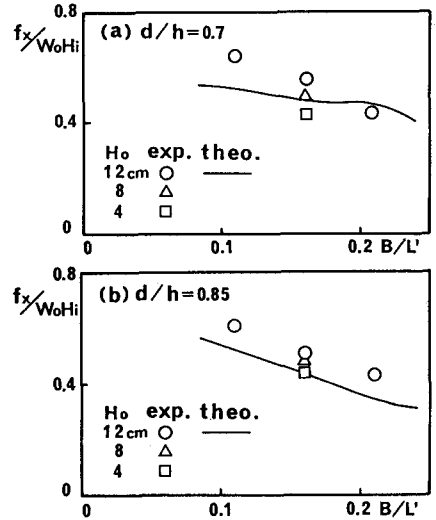
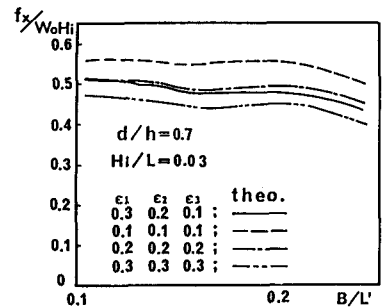


図-2 $f_x / w_0 H_i$ と B/L' の関係



$f_x / w_0 H_i$ に及ぼす空隙率の影響

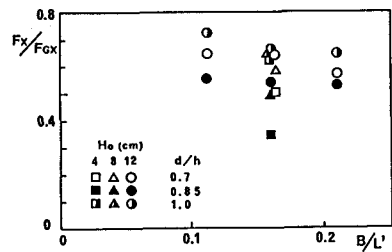


図-4 F_x / F_{gx} と B/L' の関係