

1. はじめに

直立消波型の防波堤や護岸に適用できる波浪の変形理論として、防波堤を構成する透過壁での水平流速分布を未知関数とする積分方程式を導き、これを直接数値積分することにより反射率あるいは透過率を求める解析方法を示したが、理論式中の二つの係数すなわち透過壁での消波機能を支配する損失係数 C^* と見掛けのオリフィス長さ L^* を如何に決定するかが問題となる。これらについては、これまでも二、三の考察^{2), 3), 4)}があるが、著者は透過壁開口部での流速を用いて波力算定中の抗力係数 C_D および質量係数 C_M と次のように関係づけた。

$$C^* = C_D(1-\varepsilon), \quad L^* = \varepsilon \{1 + C_M(1-\varepsilon)/\varepsilon\} \Delta x \quad \dots\dots(1)$$

ここに、 ε は透過壁の開口比であり、 Δx は近似的に透過壁の厚さを考える。しかし、透過壁の抗力係数および質量係数については十分な検討を行っていなかった。そこで本研究では、スリット壁に作用する波力を直接測定することにより抗力係数および質量係数を求め、これらを実用に供しやすように透過壁の開口比と波浪条件とくに波長の関数として表わすことを試みた。

2. 抗力係数および質量係数の算定方法⁶⁾

スリット壁に作用する全波力は抗力と質量力の線形和で表わされるものとする。波力算定式中の抗力係数および質量係数の決定には二、三の方法があるが、ここでは一周期内の2定点から求める。また水平水粒子速度および水平水粒子加速度については、微小振幅波理論により部分重複波を考慮して与える。結局、スリット壁内の流速で定義する抗力係数 C_D および質量係数 C_M は、それぞれ次式のようになる。

$$C_D = F_{D_{\max}} \frac{2\varepsilon^2 \sinh 2Rh}{\omega_0 D(1-\varepsilon)(\alpha_I - \alpha_R) Rh} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2Rh} \sinh 2Rh (1 + \frac{\eta}{h}) + (1 + \frac{\eta}{h})} \quad \dots\dots(2)$$

$$C_M = F_{M_{\max}} \frac{\varepsilon \cosh Rh}{\omega_0 D(1-\varepsilon) d\omega (\alpha_I - \alpha_R)} \cdot \frac{1}{\sinh Rh (1 + \frac{\eta}{h})} \quad \dots\dots(3)$$

ここに、 $F_{D_{\max}}$:最大抗力、 $F_{M_{\max}}$:最大質量力、 ω_0 :水の単位体積重量、 h :水深、 R :波数、 η :静水面上の波峰高、 α_I :入射波振幅、 α_R :反射波振幅、 ε :スリット壁の開口比、 D :スリット壁幅、 $d\omega$:スリット壁厚

3. 実験方法

実験は長さ40m、幅4m、高さ1.3mの二次元造波水槽に幅0.6mの小水路を設けて実施した。スリット壁に作用する水平波力は図1のような装置で測定した。検出器は円形リングにひずみゲージを接着したもので、その容量は15kNである。実験に用いたスリット壁模型は厚さ3cmで幅0.2mをつ3分割されており、水路中央にアクリル製の計測用模型を設置し、その両側に塩化ビニール製のダミー模型を設置した。水深は0.5m一定とし、入射波振幅は幅3.4mの広水路側で計測した。また反射波振幅は移動台車に取り付けた波高計を用いてHealyの方法で決定した。さらにスリット壁より1cm沖側に波高計を設置し、スリット壁前面の水位変動を同時記録した。なお実験では、0.1~0.5までの5種類の開口比をもつスリット壁に対して、それぞれ波高2~8cm、周期0.95~2.4sの範囲の波を作用させた。

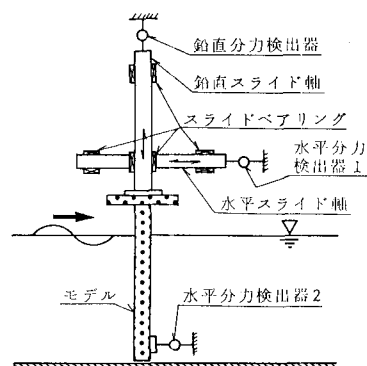


図1 波力測定装置

4. 結果と考察

スリット壁内の流速を用いた抗力係数 C_D の関数形として谷本⁴⁾の論文(前出4))を参考に次式のようにおく。

$$C_D = \varepsilon^2 \{ C_{D0} + A(1 - \varepsilon) \} \quad \dots\dots (4)$$

ここに、 C_{D0} は単一長方形板の抗力係数として2.0を与える。また A は未定係数で、 C_D の全実験データを用いて、その平均値を求めると $A=38.31$ を得る。図2は ε を変化させたときの実験結果から各周期条件ごとに C_D の平均値をプロットしたものであり、また図中の実線は式(4)から計算したものである。したがって式(4)を式(1)に代入することにより、スリット壁での損失係数 C^* が、その開口比から推定できることになる。一方、見掛けのオリフィス長さに対しては種々の要因が関与し、非常に複雑であることが過去の研究例から指摘されている。特に、近藤³⁾は波長の効果の重要性を指摘している。ここでは実用的な観点から、入射波長とスリット壁の幾何学的寸法を考慮し、見掛けのオリフィス長さに関係づけられるスリット壁の質量係数 C_M を次式のようにおく。

$$C_M = \varepsilon \{ C_{M0} + B(1 - \varepsilon)^2 \coth(h/L) \} \quad \dots\dots (5)$$

ここに、 C_{M0} は単一長方形板の質量係数として1.0を与える。また B は未定係数であり、 C_M の全実験データを使用して、その平均値を採用すると $B=1.05$ を得る。図3は相対水深 h/L をパラメータに ε と C_M との関係をプロットしたものである。実験値は各周期条件での平均値であり、実線は式(5)を表わす。 $h/L=0.123$ での実験値が計算値よりも小さい値を示している以外、全般的に両者は一致していると言える。したがって式(5)を式(1)に代入することにより、スリット壁での見掛けのオリフィス長さ l^* は相対水深と幾何学寸法から推定される。

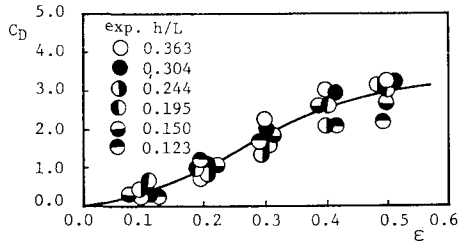


図2 抗力係数

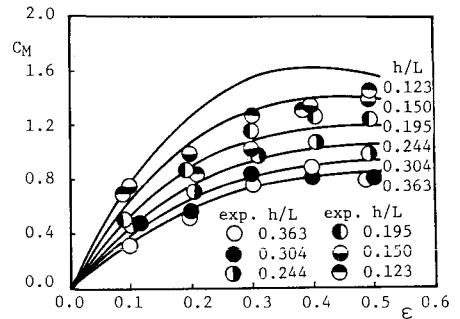


図3 質量係数

そこで式(4),(5)を式(1)に代入して得られる C^* と l^* を用いて、著者が明らかにしている理論に基づいて反射率 K_R と透過率 K_T を計算し、実験結果と比較して示したのが図4である。算定方法は文献1)に詳述してあるが、その概略を述べるとi)各領域の速度ポテンシャルを水底と水面の条件を満足するLaplace方程式の解として鉛直方向座標 z に関する直交関数系により未定複素定数を係数とする無限級数に展開する。ii)スリット壁において水平方向の未知流速 $U(x)$ を導入し、流量と運動量の接続条件を課す。その時、運動量方程式中の損失係数と見掛けのオリフィス長さを式(1),(4),(5)より推定する。iii)これら二つの接続条件を用いて、最終的に U に関する第1種Fredholm型の積分方程式を導き、これを数値積分することにより U を求める。iv) U が求めれば複素定数が決定でき、反射率、透過率が得られる。図4から、透過率の実験値が計算値より全般的に小さい値を示しているが、反射率、透過率とも実験値と計算値の全体的な傾向は比較よく一致している。

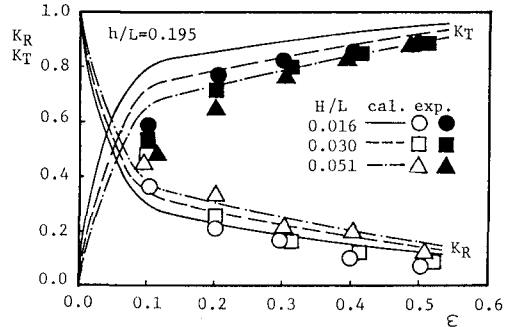


図4 スリット壁の反射率と透過率

- <参考文献> 1)萩原:第30回海議論文集, PP.405~409, 1983 2) Mei (他): Proc. ASCE, vol.100, WW3, PP.217~239, 1974
3)近藤(他):第26回海議論文集, PP.333~337, 1979 4)谷本(他):第29回海議論文集, PP.389~393, 1982
5)前出1) 6)満島(他):苫小牧高等学校紀要, 第17号, PP.91~97, 1982