

スリット構造物の透過率と反射率の新しい算定法の試み

大阪市立大学工学部 正 員 角野 昇八

大阪市立大学工学部 正 員 小田 一紀

大阪市立大学大学院 学生員 ○伊庭 智生

1) まえがき 透過性消波構造物の透過率および反射率の算定式の誘導に関する研究は従来より数多く行なわれている。しかし、それらの算定式に含まれる実験定数は、与えられた波浪や構造物の条件に対してその値を容易に定めにくいという難点があった。そこで本研究では、Goda-Ippen の金網の透過率の算定に用いた考え方を適用し、透過性消波構造物の一形式である円柱列よりなるスリット構造物の透過率および反射率を、波浪や構造物の条件のみから求めようとする算定式の誘導を試みた。

2) 透過率に関する基礎方程式の誘導 本研究の対象とする構造物は波向きに対し直角にかつ一列に、一定間隔で配列された円柱列である。解析は以下のような仮定のもとにする。i) 一様水深である。ii) 構造物は波動により振動しない。iii) 波動は微小振幅波である。また、透過率に関する基礎方程式の誘導に際しては、波動場に設置された構造物によって消散される波のエネルギーは、抵抗力によって行われる仕事量に等しいというGoda-Ippen¹⁾の考え方をを用いる。ここで対象とする円柱列の場合、その漂き方向の微小長さ dx によって消散されるエネルギー dE_{loss} は、次式で表わされる。 $dE_{loss} = \int dF_0 \cdot V dt$ —— (1) ここに、 dF_0 : 円柱の微小長さ dx に働く抵抗力 $= \frac{1}{2} \rho C_D V^2 dx$, V : 円柱に対し直方向の速度, ρ : 水の密度, C_D : 抵抗係数, D : 円柱の直径 である。いまの場合、 V としては水粒子速度の水平成分のみを考えればよいから、構造物($x=0$)において $V=U=H_T \sigma \cosh k(h+z) \cdot \cos \sigma t / 2 \sinh kh$ で与えられる。ここに H_T : 入射波高, σ : 角振動数, k : 波数, h : 水深 である。さらに、円柱相互の中心間隔を S , 波動の周期を T とすると、単位時間に円柱列の単位幅について、抵抗力仕事により消散されるエネルギー P_{loss} は、以上の式より $P_{loss} = (\rho C_D D / TS) \int_{-h}^0 dx \times \int_{T/4}^{T/4} V^2 dt$ —— (2) と表わされる。円柱列透過後の波高の減少は、この P_{loss} によるものであるとすれば、波のエネルギーの輸送理論より次の関係式を得る。 $\rho g H_T^2 C_g / 8 - \rho g H_r^2 C_g / 8 = P_{loss}$ —— (3) ここに、 H_T : 透過波高, C_g : 群速度 $(= \frac{1}{2} \frac{\sigma}{k} \frac{\sinh^2 kh}{\sinh 2kh + 2kh})$ である。式(3)には、構造物からの反射波の影響は全く考慮されていないが、実際にはその影響は無視できない。そこでここでは、高山他²⁾による仮想入射波の概念を導入し、予め入射波のエネルギーから反射波のエネルギーを差し引いた波(仮想入射波)が円柱列を通過するものと考え、その波高 $H_T' = \sqrt{1-r^2} \cdot H_T$ (r : 反射率 $= H_r/H_T$, H_r : 反射波高)を式(3)中の H_T として用いる。すなわち、 $\rho g H_T'^2 C_g / 8 - \rho g H_r^2 C_g / 8 = P_{loss}$ —— (4)

以上の式(2)~式(5)より、スリット構造物の透過率($T_r = H_T/H_T'$)は次式のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} T_r &= \sqrt{1-r^2} \left\{ 1 - 2 \cdot C_D \cdot D / (L \cdot S) \sqrt{1-r^2} \cdot H_T \cdot F(kh) \right\}^{1/2} \\ &= \sqrt{1-r^2} \left\{ 1 - C_D \cdot \lambda \cdot D / S \right\}^{1/2} \end{aligned} \right\} \text{ —— (6)}$$

$$\text{ここに、} F(kh) = 8(\sinh^2 kh + 3) / \{9(\sinh 2kh + 2kh)\} \text{ —— (7)}$$

$$\lambda = 2\sqrt{1-r^2} \cdot F(kh) \cdot H_T / L \text{ —— (8)}$$

Shohachi KAKUNO, Kazuki ODA, Tomoo IBA.

3) 実験定数の決定 式(6)には、実験によって定められるべき定数 C_D と、未知の変数 r_r とが含まれている。そこでそのうちの C_D を求めるために、林・服部³⁾による透過性鋼管防波堤に関する r_r と r_r の実験値を式(6)に代入して C_D を逆算した。このような操作によって得られた C_D の値には、抵抗力そのものの他に円柱間の相互の干渉等の影響も含まれているため、以後これを見掛けの抵抗係数と称し、 C_{Da} と表わすことにする。求められた C_{Da} を式(8)の入の関数として整理すると、図-1に示すような D/S を C_{Da}

パラメーターとする明瞭な関係が得られた。またその関係は $C_{Da} = 2.3(0.75/\lambda)^\alpha$, $\alpha = 0.85(D/S)^{1.9}$ ——(9)と表わすことができる。したがって構造物と入射波の条件が与えられれば、上式により C_{Da} がただちに求められることになる。なお図-1には、式(9)で表わされる関係を実線で示した。

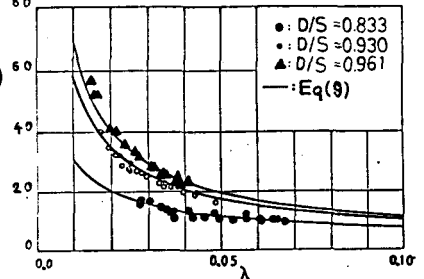


図-1. C_{Da} と λ との関係

4) 反射率の算定 式(6)から r_r を算定するに必要なもう一つの未知数 r_r に関しては、谷本他⁴⁾の立体骨組構造に関する研究で明らかにされた結果を参考にして、林・服部による反射率の全実験値を D/S のみの関数として整理し直し、図-2に示すような関係を得た。ここで $D/S = 1.0$ で $r_r = 1.0$, $D/S = 0.0$ で $r_r = 0.0$ となることを考慮すれば、 r_r と D/S との関係は次式で表わし得る。

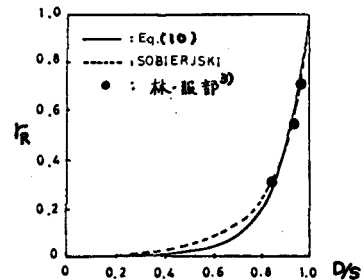


図-2. 反射率と D/S との関係

$r_r = \{\exp(8D/S) - 1.0\} / \{\exp(8) - 1.0\}$ ——(10)
上式によって表わされる r_r と D/S との関係を図-2中に実線で示すが、これは、SOBIERJSKI⁵⁾が経験的に求めた曲線(破線)とよく合っていることが認められる。

5) 透過率算定式の検証 以上のようにして得られた C_{Da} および r_r の値を用いて r_t の値を算定し、図-3に一例を示すようにその値が林・服部の実験値に合致するのを確かめた。さらにこれらの式を検証するために、 r_t の計算値を萩原他⁶⁾による円柱列に関する実験値と比較した。その結果を図-4に示すが、両者間の差は最大10%以内におさまっており、計算値と実験値の対応は良好である。

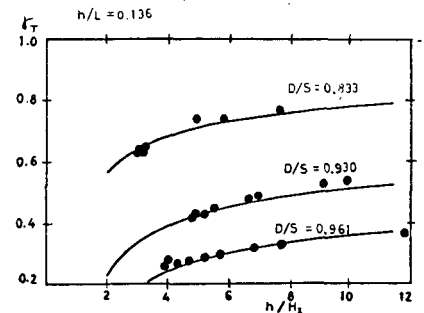


図-3. 計算値と林・服部の実験値³⁾との照合

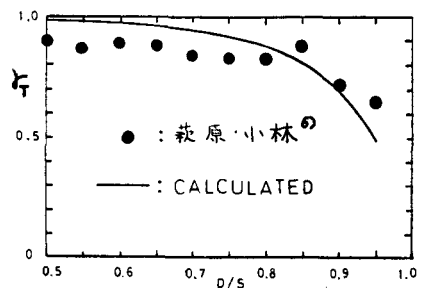


図-4. 計算値の検証

参考文献

- 1) Y. Goda, A.T. Ippen, MIT Report, No.60, 1963
- 2) 高山・菊地・西田, 第26回海岸工学講演会論文集, pp.466~470, 1979
- 3) 林・服部, 第18回海岸工学講演会論文集, pp.115~120, 1968
- 4) 谷本・吉本・泉田, 港研資料 No.394, 1981
- 5) S.R. Massel, J. of. W.H.C. Eng. Div. W.W.2, pp.165~187, 1976
- 6) 萩原・小林, 第25回土木学会年次学術講演会講演要綱集, pp.117~118, 1980