

II-32 振動流による底面摩擦係数の測定

建設省土木研究所 正会員 橋本 宏

1. はしがき

浅海における波のエネルギー損失や砂の移動に関連して、波のような振動流による剪断力、摩擦係数などを明らかにする必要がある。乱流の場合について境界層内の渦動粘性係数を与えて流速分布や摩擦係数を求めた梶浦¹⁾や野田の研究があるが、ここではU字管を利用して振動流を発生し、実験的に砂や波形の粗度について摩擦係数を測定した結果を報告する。

2. 実験方法

測定は図-1に示すような $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ の断面をもつU字管を使用して行なった。この管内に粗度を付けた幅 400mm 、長さ 4m の板を入れ、自由振動を起し、振幅の減衰から摩擦係数を求めた。梶浦¹⁾にしたがって複素摩擦係数 C を $\tau_b/\rho = C\hat{U}$ で定義する。ここで τ_b は底面剪断力、 ρ ：水の密度、 U ：境界層外流速、 $\hat{U}$ は振幅を表わす。単位面積、単位時間当りの1周期平均のエネルギー損失 $\langle E \rangle$ は

$$\langle E \rangle = \frac{\rho}{2} \hat{C} \hat{U}^3 \cos \theta \quad (1)$$

となる。ここで θ は C の位相を示す。一方向幅 B の正方形断面を持つ長さ L の振動している水柱の全エネルギーは振幅を a とすると、

$$E = \frac{1}{2} \rho B^2 L \hat{U}^2 = \rho g B^2 a^2 \quad (2)$$

となりエネルギー損失とこの時間的变化が等しいとおくことによって次式を得る。

$$\frac{1}{a^2} \frac{da}{dt} = - \frac{2 \hat{C} \cos \theta}{B} a \quad (3)$$

すなわち振幅の減衰を測定することによって $\hat{C} \cos \theta$ を求めることができる。このようにして初期振幅 40cm 、 $L=6.4\text{m}$ で粗度を付けない場合の摩擦係数とレイノルズ数 $R = \hat{U} S \rho / \mu$ ($S = \sqrt{B}$ 、 μ ：動粘性係数、 ρ ：密度)の関係を示したのが図-2である。図の実線は梶浦による滑面での値を示すが、 R が小の場合にはよく一致しており、 R が大になるにしたがって差を生じるのは管の側壁がサビなどによって必ずしも滑らかでないためと考えられる。

粗度を入れた場合にはU字管本来の損失と粗度による損失を分離しなければならない。このために粗度による損失が大

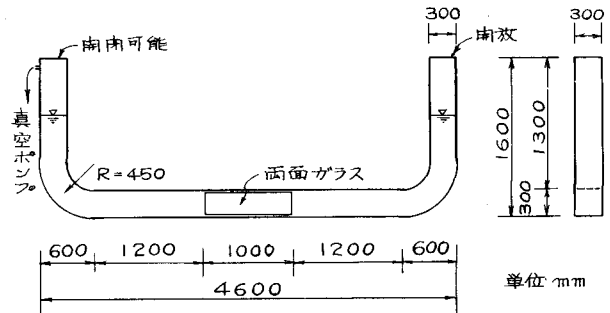


図-1. U字管説明図。

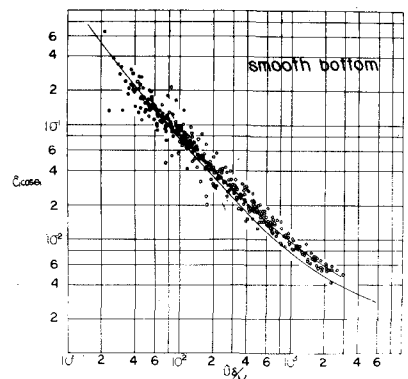


図-2. 摩擦係数とR (U字管)

さい場合にはよいが、小さい場合にはその差が明らかでなくバラツキが相当ある。粗度としては中央粒径 $d_{50}=2.6\text{mm}$, 2.40mm (碎石), 2.25mm の 0.48mm の砂利および砂と、波長 $\lambda=12\text{m}$, 高さ $\eta=0.5\text{mm}$, $\lambda=63\text{mm}$, $\eta=15.5\text{mm}$ の2種類の波形を用いた。測定例を図-3に示す。波形の場合にはRの減少にともないCが増加するがある値で1度減少しているようである。実験の結果をまとめて示したのが図-4である。

この結果を堀浦の結果と比較し粗度の長さを表わすパラメーター Z_0 の値をそれぞれについて求めてみると粒径又は高さとは図-5のような関係にある。この図には Jonsson²⁾ の結果および堀川・渡辺³⁾ による砂の移動限界状態から求めた値も含めて示してある。Bagnold による $d=40Z_0$, White による $d=9Z_0$ と比較するとほぼ同じオーダーであるが実験値の信頼性にも問題があり、今後検討すべき点と考えられる。

参考文献

- 1). Kajiura, K: A Model of the Bottom Boundary Layer in Water Waves, Bull. Earthquake Res. Inst., vol. 46, 1968.
- 2). Jonsson, I.G.: Measurements in the Turbulent Wave Boundary Layer, 10th Congress, I.A.H.R., London 1963.
- 3). 堀川清司, 渡辺 晃: 波による砂移動に関する一考察, 第13回海岸工学講演会講演集, 1966.

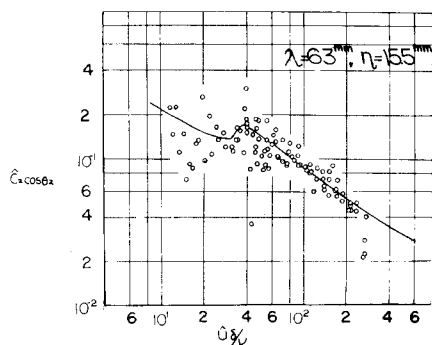


図-3. 摩擦係数とR (波形粗度)

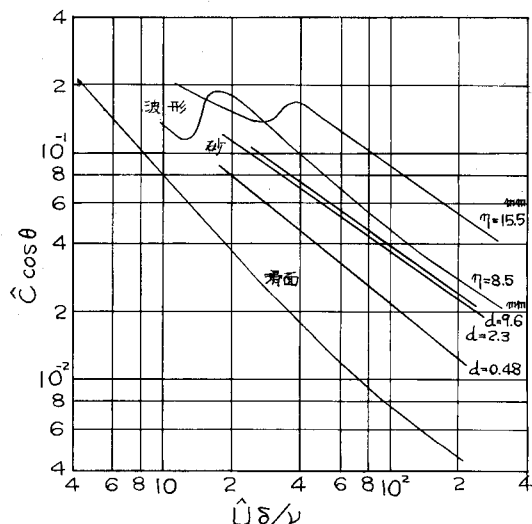


図-4. 摩擦係数とRの関係

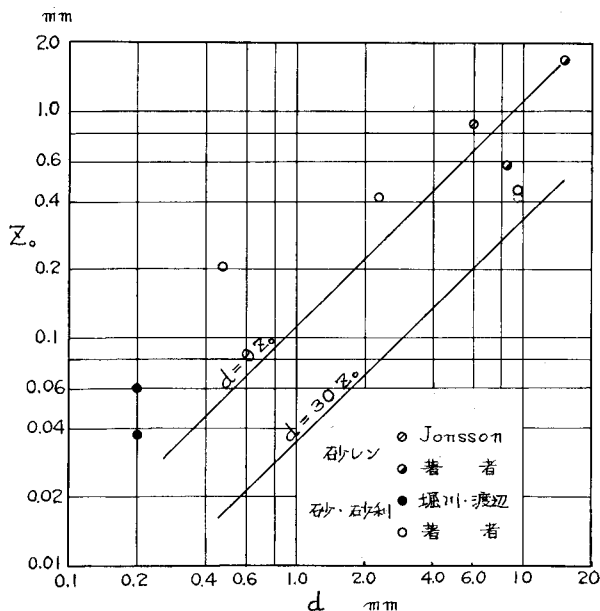


図-5. 粗度長さ Z_0 と粒径又は高さの関係