

II-343

砂漣上の斜め振動流の摩擦係数に関する実験的研究

東京大学大学院	学生員	山本省吾
東京大学	正会員	渡辺 晃
東京大学	正会員	磯部雅彦

1 はじめに

波が沖浜に達すると海底面上の土砂粒子が移動を始め、砂漣が形成される。砂漣が形成されると、その付近では渦が発生し、それに伴う乱流によるエネルギー逸散や、特有の底面摩擦応力を生じる。このため砂漣上では、波の伝播に伴ってエネルギー減衰がおこる。また、底面摩擦は砂移動に対する最も重要な外力となる。海浜流に対しても、底面摩擦は流速を決定する重要な要素である。したがって、これらの沿岸過程を定量的に評価するためには、底面摩擦係数を精度良く算定することが極めて重要である。砂漣は2次元的に形成される場合が多いが、波浪の履歴などにより、砂漣の方向と波向が常に直交するとは限らない。そこで本研究においては、砂漣の方向と波向が斜めである場合に摩擦がどのように変化するかを定量的に調べるために実験を行い、それに基づいて考察を行った。

2 実験装置および実験方法

ここでは、U字管内の自由振動を利用して斜め砂漣存在下での振動流に対する底面摩擦係数 f の評価を試みた。U字管の底部に砂漣模型として波型スレート所定の角度で固定し、管両端の水位差をつけてから自由振動を起こし、振動減衰の様子をみた。測定は、砂漣模型の波峰線と流れ方向との交差角 θ を変化させ、振幅 z の減衰率からエネルギー減衰率、さらには摩擦係数 f を求めた。

U字管はアクリル製で、断面形状は20cm×20cmの正方形である。U字管底部は長さ100cmの水平管路であり、砂漣模型を設置できる。U字管結合部の曲率半径は、管中央で40cmである。

砂漣模型は、長さ100cm、幅20cm、波長 $\lambda=6.4$ cm、波高 $\eta=2.2$ cm、波形勾配は0.34である。流れ方向と波峰線との角度 θ は以下の5種類とした。

0.0°, 15.0°, 30.0°, 53.6°, 90.0°

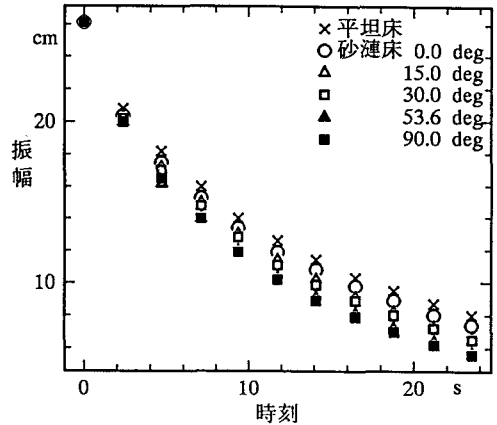


図1: 砂漣峰線と振動流の交差角ごとの振幅の減衰

3 摩擦係数の算定法

底面摩擦応力を τ_b とすると、摩擦係数 f は、

$$\tau_b = \frac{\rho}{2} f v^2 \quad (1)$$

で定義される。ここに ρ は水の密度、 v は流速である。U字管内の運動方程式は、幅を b 、断面積を A として、

$$\rho A \frac{dv}{dt} = -\frac{dp}{dx} A - \tau_b b \quad (2)$$

となる。式(1)、式(2)から初期最高水位を $z = Z_0$ 、次回最高水位を $z = Z_2$ とすれば、以下の関係式を得る。

$$m Z_0 - \ln(1 + m Z_0) + s + \ln(1 - s) = 0$$

$$s = \sqrt{1 - e^{m(Z_2 - Z_0)}(1 + m Z_0)(1 - m Z_2)}$$

$$m = \frac{f}{R}$$

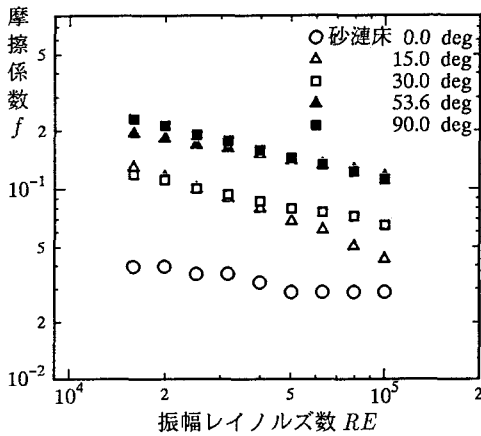


図 2: 摩擦係数 f とレイノルズ数との関係

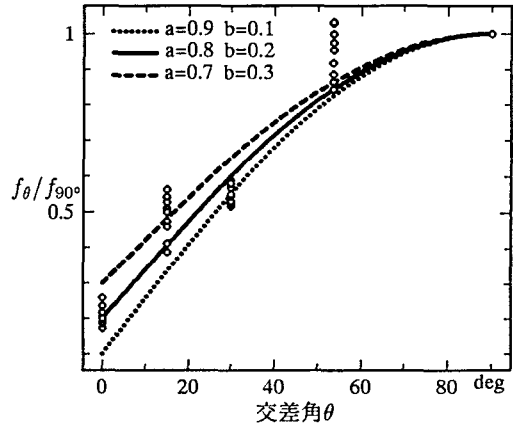


図 3: $f_{\theta}/f_{90^{\circ}} = a \sin \theta + b$ の曲線図

上式に Z_0 、 Z_2 を代入すれば、 f が算定される。図 1 は結果の一例を示している。U 字管の振幅減衰を引き起こす要因は、砂漣模型による摩擦損失の他に、U 字管の管壁の摩擦損失と U 字管の曲がり部分の損失および一方の管上端の開口端での空気の流出入時の損失が考えられる。そのため、砂漣模型のみの摩擦損失を抽出するために各砂漣模型形状ごとに求めた m から平坦床の場合に得た m を差し引いて砂漣模型のみによる減衰効果分 m' を算定し、次式で摩擦係数 f を求めた。

$$f = m'R$$

図 2 は、得られた摩擦係数をレイノルズ数の関数として表したものである。

4 従来の結果との比較

Jonsson は、砂漣の波峰線が振動流と直交した場合の摩擦係数評価を行った。今回の実験条件は、Jonsson の曲線図では Rough-Turbulent(粗面乱流) に位置した。粗度 k が砂漣波高の 2 倍程度であるとする、Jonsson の結果とよく一致した。

5 交差角による摩擦係数の変化

得られた摩擦係数を角度の関数として整理したものが図 3 であり、波峰線が流れ方向に直交する時の摩擦

係数 $f_{90^{\circ}}$ を用いて、この近似式として次式を得た。

$$f_{\theta} = f_{90^{\circ}}(0.8 \sin \theta + 0.2)$$

6 おわりに

波型板の制約から今回用いた砂漣の波形勾配は 0.34 と大きく、現実に近いもので実験することが望ましい。また、U 字管内では曲がり等による振幅減衰が大きく、砂漣による損失分の精度をよくするためにはそれ以外の損失分を減らす必要がある。

(参考文献)

- 本間 仁 (1967): 水理学, 丸善株式会社, pp.174-179.
Jonsson, I.G.(1966): Wave boundary layers and friction factor, Proceedings of 10th Coastal Engineering Conference, pp.127-148.