

II-469

波・流れ共存場における底面近傍の流速とせん断応力

東北大学大学院 学生員○津旨 大輔

東北大学大学院 学生員 スパラティド・セリー

東北大学工学部 正 員 田中 仁

1. はじめに 波・流れ共存場における流速・せん断応力の予測法については、すでにいくつかの解析モデルが提案されている。ただし、それらの妥当性について十分な検討はなされていない。そこで、ここでは水理実験をもとに、これらのモデルの妥当性について検討を行った。

2. 実験方法および実験条件 実験は全長14.5m, 幅30cm, 高さ55cmの造波水路で行なった。側面はガラス製である。一方向流の供給方向は固定し、造波機の設置位置を変えることにより、順流および逆流の実験を行なった。底面には三角粗度を張りつ

けた。粗度の高さは4mm, 間隔は測定部付近2m区間では4cm, これに接続する上下流2m区間では15cmとした。流速は2成分レーザー・ドップラー流速計によって、粗度のトラフ位置で測定した。また同時に流速測定位置での水位変動を容量式波高計により測定した。これらのデータを100Hzでサンプリングし、処理を行なった。各位相毎の平均流速の算定にはアンサンブル平均法を用いた。またz軸の仮想原点は水路床より2mmの位置とした。実験条件を表-1に示す。この条件は碎波が生じないように設定した。また、以下の図では表-2に示した記号を用いる。

3. 実験結果 比較に用いた解析モデルは, Christoffersen and Jonssonモデル¹⁾(CJ), Grant and Madsenモデル²⁾(GM), およびTanaka and Shutoモデル³⁾(TS)である。3つのモデルは渦動粘性係数の仮定に違いがある。これらは正弦波動下での境界層を扱ったモデルであるので、以下では実験値の基本周波数成分について比較を行った。測定された平均流速を用い、次式によりせん断応力および渦動粘性係数が得られる。

$$\frac{\tau}{\rho} = \int_z^{\delta} \frac{\partial(U_{\infty} - u)}{\partial t} dz + \frac{\tau_0}{\rho} \quad \dots\dots(1) \quad \nu_t = \frac{\tau/\rho}{\partial u / \partial z} \quad \dots\dots(2)$$

上式において δ は境界層厚さ、 U_{∞} は境界層外縁流速、 u は境界層内流速、 τ_0 は流れ成分のせん断応力である。 δ は時間変化がなく、 τ_0 は水深に対し直線的に変化すると仮定した。図-1は波動成分流速の振幅と位相のずれを表わしたものである。GMとTSは底面付近での渦動粘性係数の仮定が同一なので、予測値に相違が見えない。理論値と実験値と比較すると、順流と波のみではGMとTSの予測値が良好であり、CJは差が大きい。しかし、どのモデルでもover shootを表わすことができなかった。よって、逆流についてはover shootが大きいので、どのモデルにおいても実験値と理論値との差が大きい。図-2はせん断応力の時間変化を表わしたものである。せん断応力は流速により求められたので、波のみの場合はやはりGMとTSが良好である。順流の場合には、いずれの予測値も実験結果を下回る。同ケースで表面波形に幾分乱れが見られるので、正弦波動下での挙動として扱ったときに誤差が生まれることが原因であると考えられる。図-3は渦動粘性係数の時間平均値を表わしたものである。実際にはこの平均を中心に変動を示す。共存場では実験値のばらつきが大きい。いずれのケースでも、渦動粘性係数の実測値は $z > 7\text{mm} \sim 10\text{mm}$ で減少し、この高さは図-1でover shootが見られる位置に対応する。GMモデルとTSモデルではこの付近で渦動粘性係数を過大に仮定しているので、粘性が効きすぎ、over shootがほとんど見られない。よって、モデルでover shootの形で良好に表現するためには、底面付近で直線的に増加した後、波動境界層外縁付近で減少に転ずる渦動粘性係数の分布形を与える必要がある。

表-1 実験条件

	流速 (U) (cm/s)	水深 (D) (cm)	周期 (T) (s)	波高 (H) (cm)
波のみ	—	30.0	1.3	8.84
順流	7.07	30.0	1.3	7.70
逆流	11.86	30.0	1.3	9.80

表-2 記号

●: 実験値 (平均流速)	○: CJモデル
○: 実験値 (せん断応力)	△: GMモデル
○: 実験値 (渦動粘性係数)	□: TSモデル
*: 実験値 (位相のずれ)	

4. まとめ 今回の実験では、流速において波のみ・共存場順流では、GMモデル・TSモデルによる理論値とよい対応を示した。これらのモデルは渦動粘性係数の仮定方法により、over shootをうまく表現できない。よって、実験値のover shootが大きく現われている共存場逆流では、実験値と理論値の間でよい対応を示さなかった。

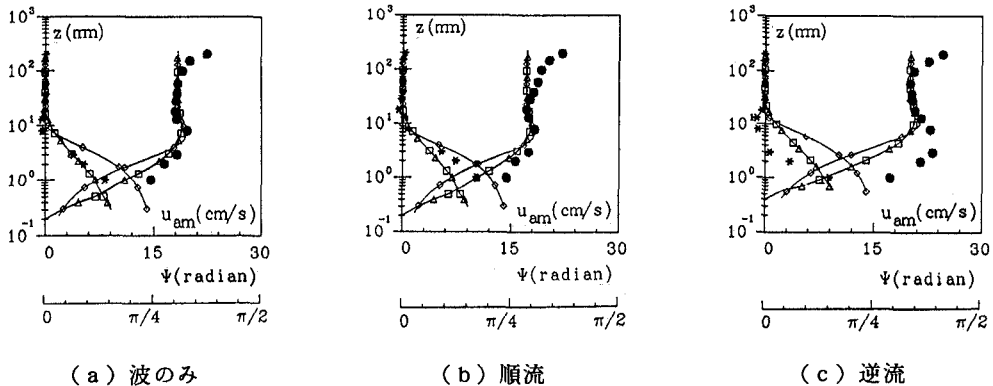


図-1 波動流速成分の振幅と位相のずれ（実験値と理論値）

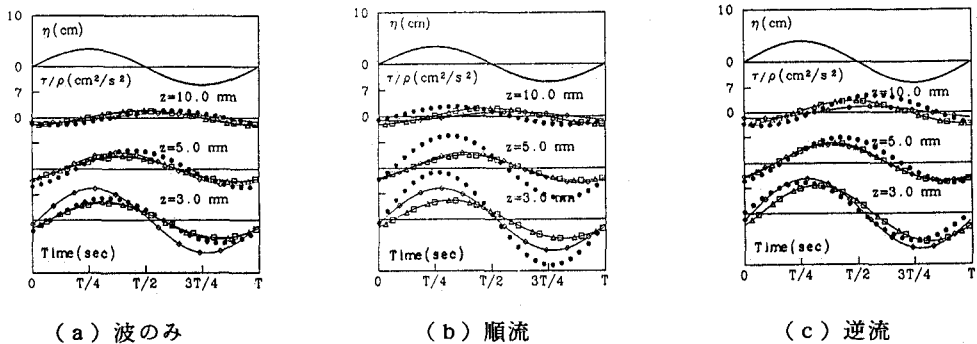


図-2 せん断応力

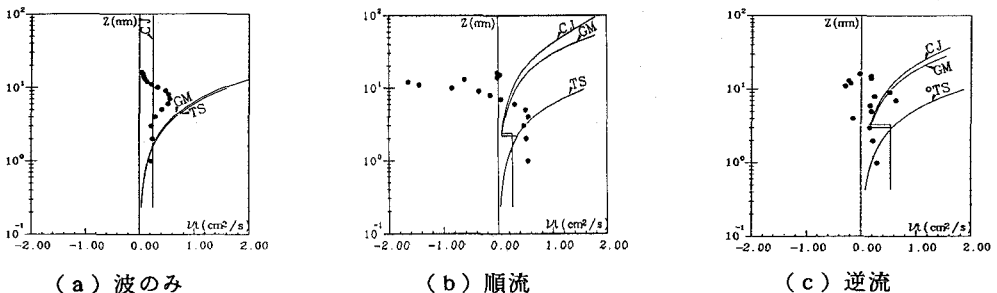


図-3 渦動粘性係数

<参考文献>

- 1) Christoffersen, J.B. and Jonsson, I.G.: Bed friction and dissipation in a combined current and wave motion, Ocean Engng., Vol. 12, No. 5, pp. 387-423, 1985.
- 2) Grant, W.D. and Madsen, O.S.: Combined wave and current interaction with a rough bottom, J. Geophys. Res, Vol. 84(C4), pp. 469-481, 1987.
- 3) 田中・首藤：波・流れ共存時の底面摩擦に関する実験，第27回海岸工学講演会論文集，PP. 163-167, 1980.