

東北大学 工学部 学生員 O. チェン. シュー. チェン.
東北大学 大学院 学生員 田中 仁
東北大学 工学部 正 員 首藤 伸夫

1 はじめに

現実の海岸・港湾・河口などの場において波・流共存場の水理特性については未解明のまま残されている事項が多い。田中・首藤¹⁾は波・流れの共存場における底面摩擦を研究するにあたり、渦動粘性係数を時間的に不変で、鉛直方向に直線的分布を考えると、底面摩擦力の算定式を導いている。

ここで著者は扇形を用いて、一方向流を伴う振動流に関する実験を行ない、渦動粘性係数の時間的分布を求め、田中・首藤のモデルの理論値と比較し、これらの仮定の妥当性を検討した。

2 実験装置と実験方法

実験に使用した装置の概要は図-1に示す。装置はアクリル製で全長12メートル、10cm×15cmの矩形断面を有する。上流端にはピストンが取り付けられており、正弦的な運動を行なう。一方向流を発生させるためには、サクションにより一定量を吸引する方法を用いた。流速測定には、熱線流速計を用いた。流速データおよび ∇ 差圧データは、ピストンに取り付けた変位計の出力電圧とともに磁気テープに記録した。これをA-D変換して、大型計算機で処理を行なった。解析に使用したデータの波数はE型流速計の場合50Hzで、X型の場合150Hzであり、サンプリング間隔は10msである。

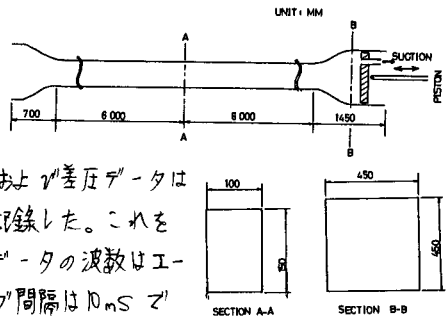


図-1 実験装置

3 実験結果及び考察

実験条件は表-1に示す。図-2は流速計の出力である。壁面に近づくにつれて乱れが強く、また減速期に特に強い乱れが発生する。加速期には乱れが比較的小さい。このために図-3の流速分布は、減速期に相当する位相(270°)の分布は0.1cmより15cm位までの範囲で対数則に従う。加速期に相当する位相(90°, 540°)の分布は対数則に従う範囲が0.1cmから0.2cm位と極めて狭まり、平均流速の値は二層モデル²⁾の理論値とはほぼ一致する。一層モデルに付いて、ほぼ同じであった。

RUN NO	流速計	PERIOD	$U_c/\bar{U}_w$	$z_0/\bar{U}_w$	$\bar{U}_w/\bar{U}_p$
1	E型	3.95 s	0.389	0.0307	6.89×10^5
2	X型	"	0.379	0.0314	6.28×10^5
3	E型	4.5 s	1.753	0.1122	4.49×10^4

表-1 実験条件

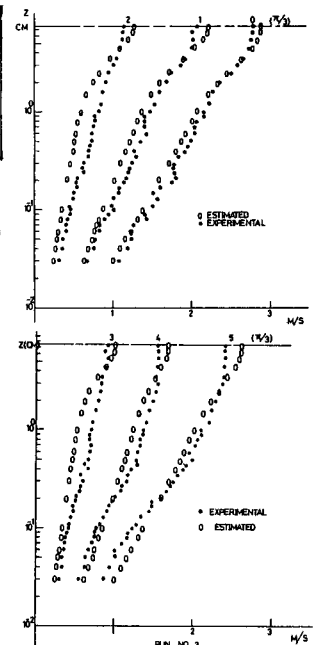


図-3 平均流速分布

せん断力は次の方法により求めた。

(i) X型プロップにより、 $\overline{U \nabla}$ を算定する。

(ii) 運動方程式の数値積分による。

すなわち、

$$\tau_{xy} = \int_z^{z_h} \left(-\rho \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial t} \right) dz + \left(-\rho \frac{\partial u}{\partial t} \right) (z_h - z)$$

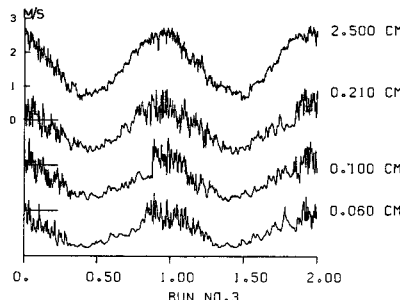


図-2 流速計の出力

(iii) 対数則にあてはめる。

以上の方法により求めたせん断力は図-4に示す。ただし、測定は壁面上0.5(m)の地点である。(i)と(ii)の方法より求めた値は良く合う。渦動粘性係数を(ii)の方法によるせん断力を用いて求めたものを以下に示す。流速分布から τ_z を計算し、 $\tau_z = k_z \frac{\partial u}{\partial z}$ から k_z を求め

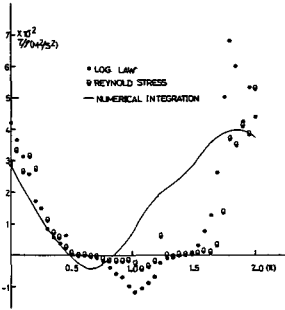


図-4 せん断力

た。渦動粘性係数の分布は図-5に示す。 $k_z = \tau_z / \partial u / \partial z$ の式からわかるように k_z が非常に小さいとき、または非常に大きいときに、 k_z は非常に大きく、または非常に小さくなる。また、流速が0に近いときや逆流になるときに、測定及び計算上の誤差が大きい。このような場合の値は図-5にのせていない。ここで渦動粘性係数が流速の一周期にわたってどう変化するかを調べるために、逆流が生じないように実験条件を設定し、RUN 3を行なった。その流速分布及び渦動粘性係数分布はそれぞれ図-3と図-6に示す。

図-5及び図-6からわかるように渦動粘性係数の分布は二つの領域に分かれており、空間的構造は二層モデルの仮定に従うようにみえる。しかし、RUN 1については理論値は実測値より大きく、RUN 3についてはその逆である。これはRUN 1とRUN 3の流速の定常流成分と振動流成分との比の違いのためと考えられる。高さごとの渦動粘性係数の時間分布を求めて図-7に示す。測定及び計算上の誤差を考慮すれば、図-7の分布は正弦波時間分布と考えられ、渦動粘性係数と時間の関係式は次のように形で表現する。

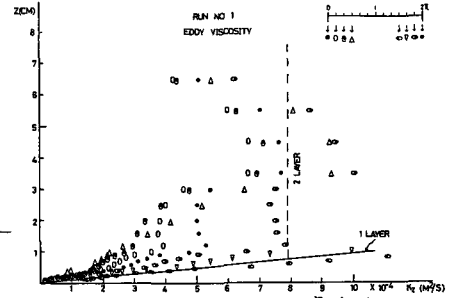


図-5 k_z の空間分布

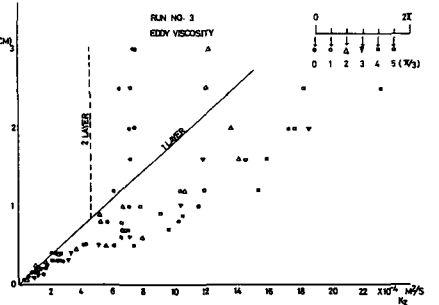


図-6 k_z の空間分布

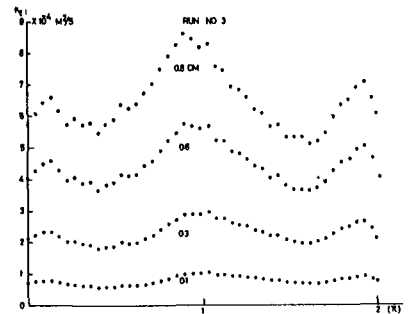


図-7 k_z の時間分布

$$k_z = k_s(z) + \hat{k}_u(z) e^{i(\omega t + \theta_u(z))} + \hat{k}_w(z) e^{i(\omega t + \theta_w(z))} + \dots$$

各高さにおける $\hat{k}_u$ 、 θ_u 、及び k_s の値を図-8に示す。 k_s の分布は、特に壁面の近傍、一層モデルの値に近いが、上に連れてその差が大きくなった。 $\hat{k}_w$ は壁面近傍に非常に小さい。

十. まとめ

(i) 渦動粘性係数の分布は二つの領域に分けられており、壁面近傍においては直線分布とほぼ一致する。またその時間的変動については、図-7、8からわかるように、壁面近傍の変化は小さく、一定と考えられる。従って、底面摩擦を算定するには一層モデルの算定式を採用できる。

(ii) 渦動粘性係数の時間変化は流速と同じく、正弦波的变化をしている。

謝辞：この研究は文部省科学研究費(佐藤：東工大 日野幹雄教授)によって行なわれたことを付記する。

参考文献：1) H. Tanaka and N. Shuto: Friction Coefficient For A Wave-Current Coexisting System, Coastal Engineering In Japan, Vol 24, 1981

2) 田中 昌藤：一方向流を伴う振動流に関する実験, 第29回海岸工学講演会論文集, 1982

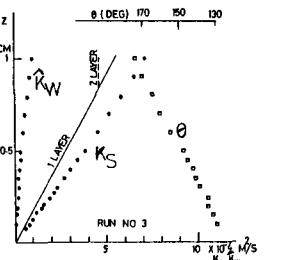


図-8 k_w , k_s , θ の分布