

潮流の底面摩擦応力に関する実験

名古屋大学工学部 正 員 高木 不折

同 上 正 員 ○和田 清

同 上 学生員 富田 孝史

1. はじめに： 沿岸海域の潮流現象の中で、循環流などの定常流が長期的な物質輸送に関与することが知られている。特に海底などの地形条件と潮流の弱非線形過程に従う潮汐残渣流は、内湾域で卓越する恒流形態のひとつである。この残渣流は内湾を形成する境界からの影響に強く支配されており、残渣流の生成・維持機構を解明するには、まず潮流の流動場を把握しなければならない。したがって、本論は流動場の構造と密接な関係にある底面摩擦応力を直接測定し、その特性を水理実験により若干の検討を加えたので、その結果の一部を報告する。

2. 水理実験： 底面摩擦応力測定装置 (Shear Meter) については、すでに種々報告されているが、著者らの Shear Meter は既往の研究成果¹⁾を参考にして、安定性・感度等の観点から工夫を加え試作されたものである。その原理は、Shear Plate に作用する力を鉛直支柱でモーメントに変換し、ひずみゲージで測定する方法である。図-1 は、その校正曲線を示している。なお、Shear Meterの固有振動数は1.3 HZ である。

実験は、潮汐システムがマイコン制御による水供給式の両面アクリル鋼製水槽 (6.0 m x 0.9 m x 0.6 m) で行った。実験条件は、水平床を対象とし、表-1 に示すように水深 h 、周期 T 、潮位差 H を種々変化させた59種類である。底面摩擦応力の計測点は湾口部から1 mであり、サーボ式水位計、差温式あるいは電磁流速計等によりそれぞれ水位と流速を計測している。

3. 実験結果とその考察： 完全重複波動場における層流境界層理論では、底面摩擦応力 τ_b は次式で与えられる。

$$\tau_b = \sqrt{2} \mu \beta u_{bmax} \cdot \text{Sink} x \cdot \text{Sin}(\omega t + \pi/4) \quad (1)$$

ここに、 u_{bmax} ：境界層上縁の最大流速、 $k (= 2\pi/L)$ ：波数、 L ：波長、 $\omega (= 2\pi/T)$ ：角周波数、 μ ：粘性係数、 $\delta (= 1/\beta = \sqrt{2\nu/\omega})$ ：境界層厚、 ν ：動粘性係数。

Shear Meterによって得られた底面摩擦応力の時間波形の一例を図-2 に示す。水位 η と式 (1) で表される τ_b の位相差 θ は $\pi/4$ であるが、実験結果では、相対水深 βh により若干変化するものの $\theta = \pi/2$ 程度である。このことはKajiura²⁾によれば、 $\beta h < 1$ の場合に相当し、境界層の発達が大きいに相当している。この差異については、実測された流速の鉛直分布と比較する必要がある。また、同図からもわかるように、水深が小さくなると τ_b の時間波形は上下非対称となり、定常成分が生じていることがわかる。これは、水深が減少する下げ潮時には相対的に水深の影響が増し、非線形性が卓越するからと思われる。図-3 は、この摩擦速度の定常成分 u_o^* と相対水深 βh の関係を示したものである。 βh の増加に伴って u_o^* は減少するが、 $\beta h \approx 10$ 前後がその限界値である。このことは、非線形パラメーター $\varepsilon (= H/h)$ のみならず、 βh が u_o^* を強く支配していること

表-1 実験諸元

h (cm)	2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 15
T (s)	59.5 ~ 122.5
H (cm)	0.11 ~ 1.02

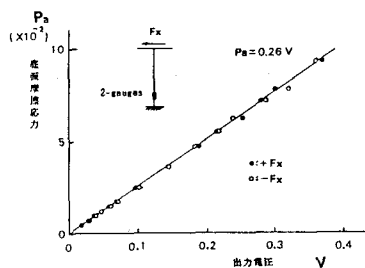


図-1 Shear Meterの校正曲線

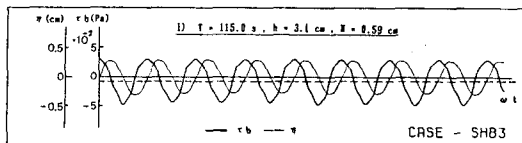


図-2 τb の時間波形の一例

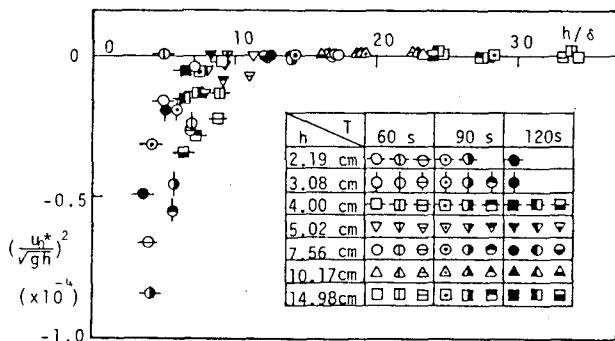


図-3 u_o^* と βh の関係

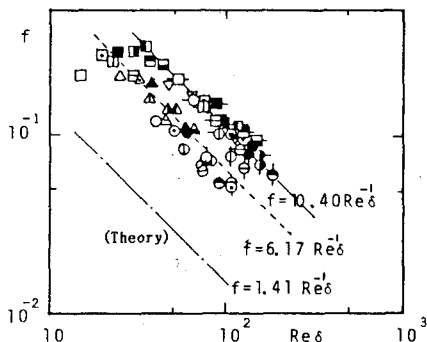


図-4 f と $Re \delta$ の関係

に相当する。

従来、底面摩擦係数 f として種々の定義式があるが、Eagleson³⁾ のように $\tau b = 0$ となる位相 $\theta \sim \theta + \pi$ までの時間平均で整理する場合、前述の位相差が影響してくる。しかし、実験結果によれば、 τb と u_b はほぼ同位相と考えられ、次式で f を定義する。

$$f = \tau b_{\max} / (\rho u b_{\max})^2 \quad (2)$$

ここで、 ρ : 密度。図-4 は境界層厚 δ で無次元化した Reynolds 数 ($Re \delta = u b_{\max} \cdot \delta / \nu$) と f の関係を示している。同図から全ケースを通じて、 f は $Re \delta$ に反比例することがわかる。また前述した $\beta h \simeq 10$ 前後でその絶対値が変化し、 βh の増加とともに理論値に近づく傾向にある。

以上、潮汐振動流による底面摩擦の特性について述べたが、定性的傾向は把えているものの、理論値との対応については未だ十分な検討がされておらず、今後流速分布の鉛直シアーと共に明らかにする所存である。

(参考文献)

- 1) たとえば、岩垣・土屋・坂井：第11回海講，1964。
- 2) Kajiura, K : Bull. Earthquake Res., Inst., Univ. of Tokyo, Vol. 46, 1968。
- 3) Eagleson, P. S. : Proc. of A. S. C. E., Vol. 88, 1962。