

II-60

粘性土床の流動に関する基礎的実験

字 部 興 産 正 員 渡邊武志
 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学工学部 正 員 神吉和夫
 神戸大学大学院 学生員 笹 真

1. まえがき

河口部における底泥の流送や巻き上げは水質汚濁，シルテーション等を引き起こす。この問題に関連して様々な検討がなされているが，現象の素過程としての底泥自体の流速分布やその上部の水流の流速分布については十分明らかになっていない。本研究では底泥材料としてカオリナイトを用い，これらの流速分布に関して実験的に検討した。

2. 実験装置および実験方法

実験は均一な含水比に調節したカオリナイトを水路凹部に敷き通水し，サーマル式微流速計で底面近傍の水流と底泥の流速を測定した。実験の模式図を図-1に示す。

3. 実験結果

3.1 底泥上の流れ

測定した流速分布の一例を図-2に示す。 $y=0$ の位置が水・泥界面である。

まず，底泥上の流速分布を示せば図-3のようになる。図中の実線および点線はそれぞれ滑面乱流の対数分布，層流の流速分布を表す。測定結果は，粘性底層外では滑面乱流の流速分布と一致するが，底泥が流動する場合の粘性底層内の流速は流動しない場合（および滑面）よりも大きくなっている。この粘性底層内の流速分布を算術目盛りのグラフ上に表したのが図-4である。いずれの実験ケースでも，粘性底層外縁： $U_* y / \nu = 11.6$ で $U/U_* \approx 11.6$ であり，一方，底泥が流動することにより $U_* y / \nu = 0$ でスリップ速度 u_s が存在する。粘性底層内の流速は両者の間で直線的に変化する。

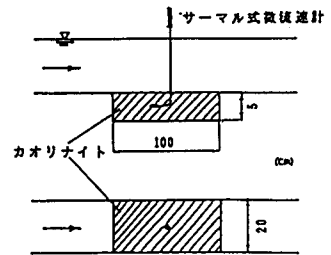


図-1 実験の模式図

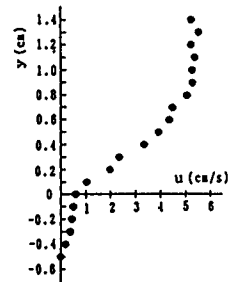


図-2 流速分布

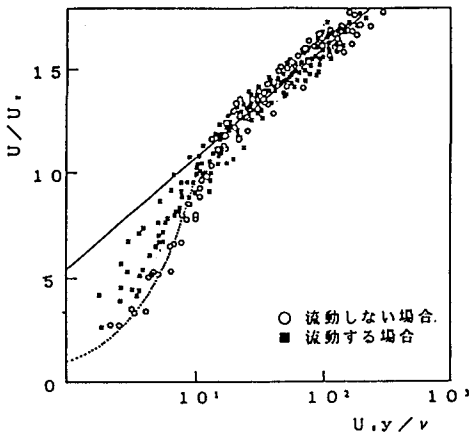


図-3 底泥上の流速分布

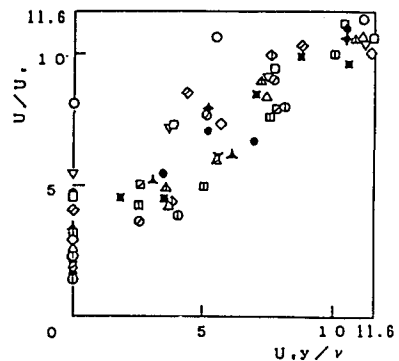


図-4 粘性底層内の流速分布

つぎに、底泥流速分布を図-5に示す。片対数紙上で各プロットは、ほぼ直線的に変化しており、底泥流速の分布は指数関数型と見なせる。また泥表面せん断応力が増加すれば、底泥流速 u および泥表面から底泥流速がゼロになるまでの深さ（流動化層厚） δ_m が大きくなる傾向が確認される。

3.2 スリップ速度および流動化層厚

粘性底層内の流速が直線上に分布することから、その直線の $y=0$ における値をスリップ速度 u_s とする。このスリップ速度と泥表面せん断応力との関係を示したのが図-6である。泥表面せん断応力が増加すればスリップ速度も増加し、それらは含水比の高い順に左上から右下に並ぶ。流動化層厚 δ_m と泥表面せん断応力との関係を図-7に示す。図-6と同様に泥表面せん断応力が増すと流動化層厚は大きくなり、含水比が高い順に左上から右下に並ぶ。このような特性をもつ泥表面流速 u_s と流動化層厚 δ_m を使って底泥流速を無次元化し、鉛直分布を示したのが図-8である。底泥流速が極めて小さい $y/\delta_m \approx 1.0$ の領域を除いて、どの実験ケースもほぼ一直線上に分布している。

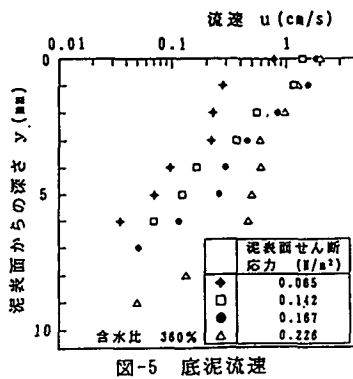


図-5 底泥流速

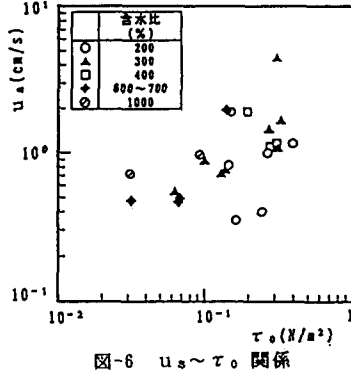


図-6 $u_s \sim \tau_0$ 関係

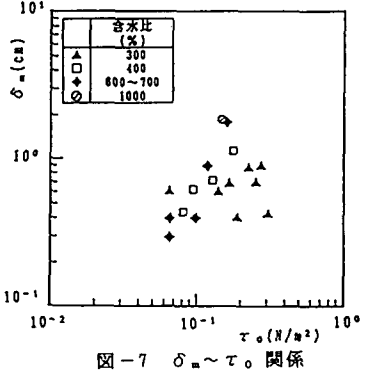


図-7 $\delta_m \sim \tau_0$ 関係

3.3 摩擦抵抗係数

スリップ速度が生じると粘性底層内の流速分布の傾きは底泥が流動しない場合よりも小さくなる。この流速勾配の減少による底面摩擦の減少を評価するために、次式により摩擦抵抗係数 f を求める。

$$f = \frac{2}{\rho \bar{U}^2} \left(\mu \frac{du}{dy} \right)$$

この摩擦抵抗係数 f をレイノルズ数 $Re (= \bar{U} R / \nu)$ に対して示したものが図-9である。底泥が流動しない場合は滑面の摩擦抵抗係数 (Blasius, Keulegan) より、やや大きな値であるが、流動する場合は滑面より小さな値となり、これがスリップ速度による影響と考えられる。

4. まとめ

底泥上の流速分布は、粘性底層外では滑面乱流の対数分布と変わらず、粘性底層内で底泥の流動の影響を受ける。底泥の流速は、泥表面せん断応力および含水比の増加とともに大きくなり、またその鉛直分布は指数分布である。

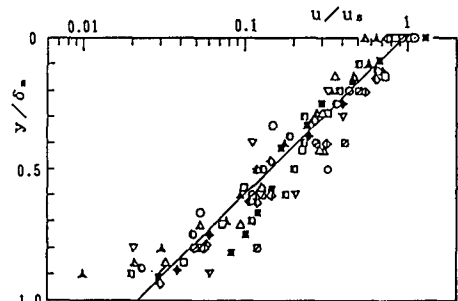


図-8 底泥流速（無次元化）

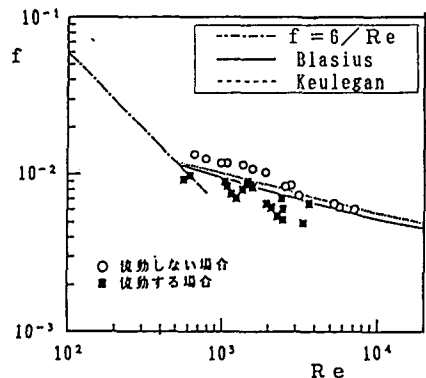


図-9 摩擦抵抗係数