

浮泥流の挙動に関する理論的研究

九州大学工学部 ○学生員 渡辺亮一 正員 楠田哲也

同上 学生員 岩本 純 正員 山西博幸

1.はじめに

傾斜底面上を流下する浮泥の流動特性を明らかにすることは、感潮域や沿岸域での浮泥による微細粒子の輸送機構を考えるうえで、非常に重要な課題となっている。従来の研究¹⁾により、海底面に沈積している底泥の挙動については種々の検討がなされているが、ブロックを形成した状態で底面上を流れる浮泥の流動特性についての検討は、ほとんどなされていない。この問題を解明するために、当実験室において実際に沈降水槽を用いて浮泥の流下実験を行なった。この実験より、高濃度の懸濁物質がブロックを形成し沈降した後、傾斜底面上に形成される浮泥の流動および沈積過程を観測することができた。本研究では、この観測により得られた浮泥層内の流速および濃度分布を用いて、浮泥の流動特性について理論的な検討を加える。

≡

2.浮泥流のモデルおよび基礎式について

浮泥流下実験の観測結果より、浮泥層内の流動現象は時間的に定常であると見なしてもよいことがわかった。したがって、このようにして形成される定常的な浮泥の流動は、図-1に示すモデルのように表現できる。このモデルでは、浮泥層は高濃度の主流動層であり、その上層懸濁液とはほぼ同じ濃度の連行層がある。底泥層は流動しない浮泥と非常に凝集力が大きく移動しない底泥とからなるとしている。また、流速の変曲点と濃度分布の急変点は、ほぼ同じ位置にある。

層内の流動は時間的に定常で、しかもゆっくりとした流れであり、マクロ的に見れば層流と仮定できる。この仮定より、層内の流動現象を表現する基礎式は、式(1)となる。

$$\frac{d\tau}{dz} = \frac{d}{dz} (uF_d) - Rg(C_f - C_a)\theta \quad (1)$$

$$F_d = w_s C$$

$$R = \frac{(\rho_s - \rho_l)}{\rho_s}$$

式(1)中に用いている記号の説明を表-1に示している。なお、沈降速度 w_s は、懸濁物質がブロックを形成した状態の沈降速度を示しており、図-2に示すように懸濁物質濃度の関数形²⁾で表すことができた。

表-1 記号の説明

ρ_s : 粒子密度	ρ_l : 流体密度
F_d : 沈降フラックス	w_s : 沈降速度
C_r : 浮泥層内濃度	C_a : 上層懸濁液濃度
θ : 斜面勾配	

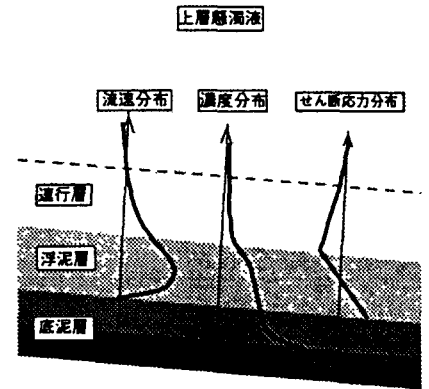


図-1 浮泥層モデル図

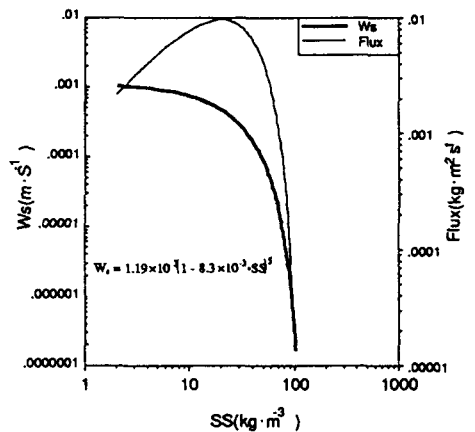


図-2 懸濁物質濃度と沈降速度の関係

3.計算結果および考察

せん断応力および見掛けの粘性は、観測結果より得られた流速と濃度を、式(1)を差分化した式に代入して算出できる。その結果を図-3～6に示す。図-3は、ずり速度とせん断応力の関係を示している。この図より、せん断応力は、ずり

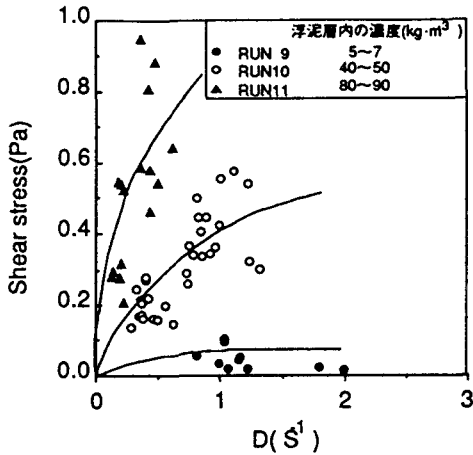


図-3 ずり速度とせん断応力の関係

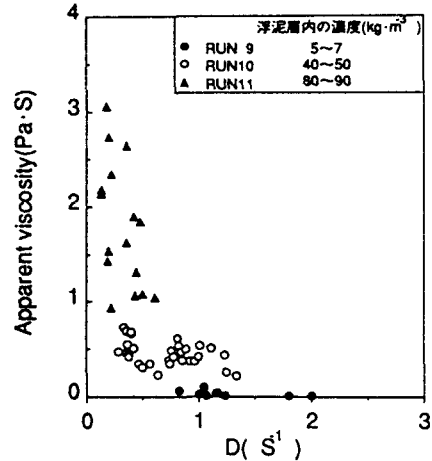


図-4 ずり速度と見掛け粘性の関係

り速度の増加とともに増加すること、およびせん断応力とずり速度の比（見かけ粘度）は、浮泥層内の濃度に依存していることがわかる。次に、図-4 には、ずり速度と見掛けの粘性の関係を示している。この図より、ずり速度が小さい領域では粘性が非常に高く、ずり速度が増加するにしたがって粘性が低下していく傾向が認められる。以上の結果をわかりやすく整理するために、図-3、4 を両対数紙上に表したものを図-5、6 に示す。この二つの図より、ずり速度とせん断応力、ずり速度と見掛けの粘性の関係がほぼ指数関係にあると推定される。よって、浮泥層内での流動現象は、べき乗則流体として近似できるものと考えられる。³⁾

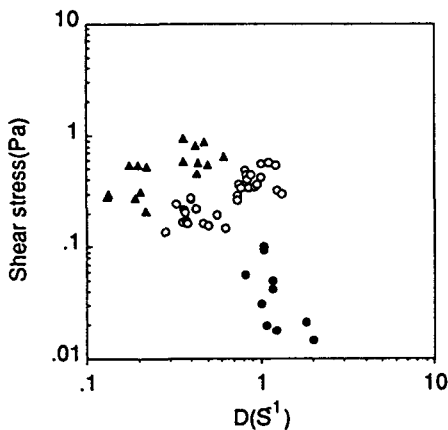


図-5 ずり速度とせん断応力の関係（両対数）

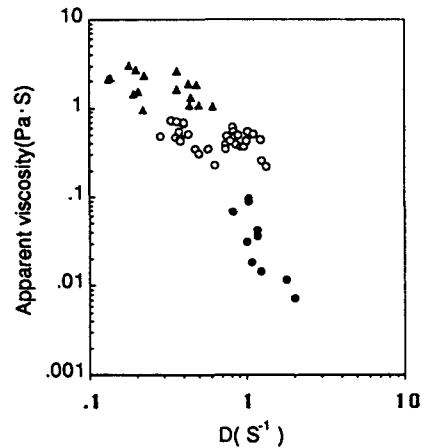


図-6 ずり速度と見掛け粘性の関係（両対数）

4. 今後の研究方針

今回の計算により得られた結果から、浮泥層内の流動現象は、べき乗則流体として近似できることがわかった。今後は、粘性およびせん断応力をずり速度と濃度の関数形として示し、流動層内の構成方程式を定め、最終的には、浮泥層の保持機構について理論的な検討を加えていく予定である。

参考文献：

- 1) 鶴谷広一(1986)；回転粘度計による底泥の流動特性の検討, 港湾技研資料, No.556, pp.1-29
- 2) Mark A. Ross and Ashish J. Mehta; On the Mechanics of Lutoclines and Fluid Mud, Jour. Coastal Research (1989), pp51-62
- 3) 富田幸雄(1975)；レオロジー, コロナ社, pp167-168
- 4) T. Kusuda and R. Watanabe; Fluid mud movement on an inclined bed, Proceedings of 3rd Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Workshop, 1991.