

II-577 傾斜底面上での浮泥流の挙動に関する研究（その5）

九州大学大学院 学生員 ○渡辺亮一

九州大学工学部 正 員 楠田哲也 正 員 山西博幸

1. はじめに

微細粒子（粘土・シルト等）からなる高濃度の懸濁物質が多量に存在する沿岸域や感潮域では、これらの粒子がフロックを形成して沈降した後、底面上に浮泥層を形成する。この浮泥層の挙動は、その層を構成する粒子の物理的性状のみではなく、粒子の金属イオンや有機物の含有率等多くの因子に依存しているため、非常に複雑なものとなっている。このため、これまでその物理的な特性、すなわち外力が作用した時の流動のメカニズムについては、まだ十分に解明されていないのが現状である。

本研究では、この浮泥層内の流動現象を実験的に観察するために、沈降水槽を用いて浮泥の流下実験を行った。^{1)~3)} 本報では、この実験結果を踏まえて浮泥層内の流動特性について考察を加え、また同時にその流れの構成方程式を構築することを目的としている。

2. 基本的な考え方

底部に傾斜板を設けている十分に大きな水槽に、懸濁粒子（粘土・シルト）を多量に含む懸濁液を攪拌しながら注入した後、そのまま静置すると、懸濁粒子はフロックを形成して、傾斜底面上へ沈降する。この際、底面上に浮泥層が形成され、浮泥は底面に対して水平方向へ非常にゆっくりと流下し始める。この現象を模式化すれば、図-1のように表せる。このような考え方のもとで、浮泥層内の流れによってフロックに与えられる運動量を考慮し、流れが時間的に定常という仮定のもとで基礎式を構築すると、その運動方程式は式（1）となる。⁴⁾

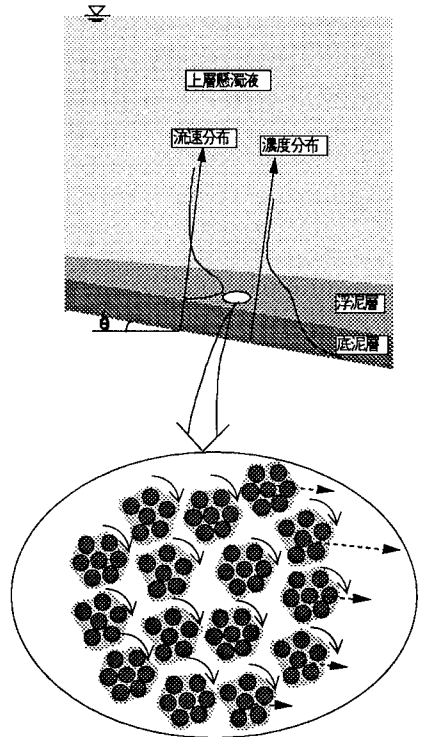


図-1 浮泥層内の概念図

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} (u F_d \cos \theta) - R g (C - C_a) \sin \theta + R g \cos \theta \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} C dz + \frac{\partial \rho_m u^2}{\partial x} \quad (1)$$

ここで、

$$F_d = w_s \cdot C, \quad R = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s}, \quad \rho_m = R \cdot C + \rho_l$$

ρ_s は粒子密度、 ρ_l は流体密度、 C_a は上層懸濁液濃度、 w_s はフロックの沈降速度である。

3. 浮泥層内の流動特性について

浮泥層内の流動特性を示すせん断応力および見かけの粘性は、実験³⁾により得られた層内の濃度分布・流速分布を用いて、式（1）を差分化して算出できる。

a) ずり速度とせん断応力の関係について

ずり速度とせん断応力の関係を図-2に示す。この図より、せん断応力はずり速度の増加にともなって増加すること、およびせん断応力とずり速度の比（見かけの粘性）は、浮泥層内の濃度に依存していることがわかる。

b) ずり速度と見かけの粘性の関係について

ずり速度と見かけの粘性の関係を図-3に示す。この図より、ずり速度が小さい領域では見かけの粘性は非常に高く、ずり速度の増加にともなって粘性が低下していることがわかる。また、ずり速度がある程度以上大きくなると、粘性は一定値に漸近していく。この時の粘性の値をビンガム的な擬塑性粘度 μ_p と近似すれば、 μ_p を水の粘性係数 μ_w で除して無次元化した値($\mu_p / \mu_w - 1$)は、浮泥層内の固体分率の関数として表される。その関係を図-4に示す。

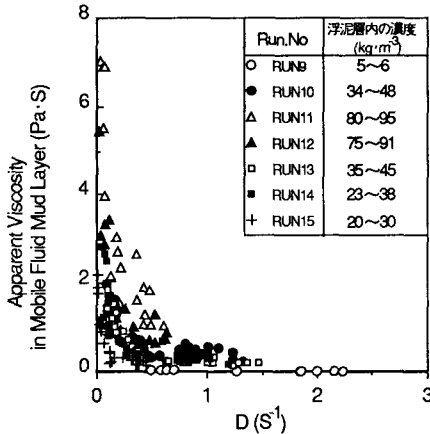


図3 ずり速度と見掛け粘性（浮泥層内）の関係

c) 浮泥流の構成方程式について

浮泥層内の見かけの粘性係数 μ_a を μ_p で除して無次元化した値($\mu_a / \mu_p - 1$)とずり速度の関係を図-5に示す。この図より、ずり速度と $\mu_a / \mu_p - 1$ の関係は対数紙上で直線として近似でき、浮泥層内の流動が擬塑性流体として扱えることがわかる。以上の結果より、浮泥層内のせん断応力とずり速度の間に式(2)の関係が成り立つことを考慮すれば、浮泥流の構成方程式は式(3)として表現される。

$$\tau = \mu_a \cdot D \quad (2)$$

$$\mu_a = \mu_p \cdot (5.6 \times D^{-0.71} + 1)$$

$$\tau = \mu_p \cdot D (5.6 \times D^{-0.71} + 1) \quad (3)$$

$$\mu_p = \mu_w \{ 4.9 \times 10^4 \cdot (1 - \epsilon)^{1.7} + 1 \}$$

参考文献

- 1) 渡辺、楠田：傾斜底面上での浮泥流の挙動について、平成2年度西部支部研究発表会講演概要集、pp266-267,1991
- 2) 渡辺、楠田：傾斜底面上での浮泥流の挙動に関する研究、土木学会第46回年次学術講演会概要集、pp504-505,1991
- 3) 渡辺、岩本、他：浮泥流の挙動に関する実験的研究、平成3年度西部支部研究発表会講演概要集、pp458-459,1992
- 4) 渡辺、楠田、他：浮泥流の挙動に関する理論的研究、平成3年度西部支部研究発表会講演概要集、pp460-461,1992

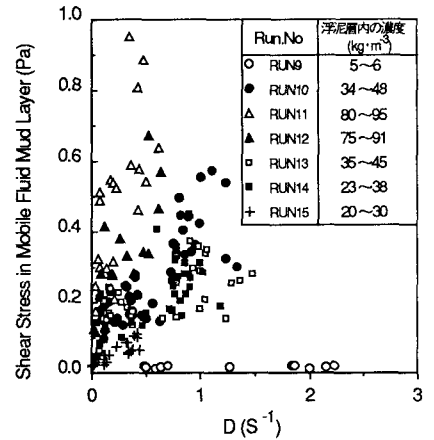


図2 ずり速度とせん断応力（浮泥層内）の関係

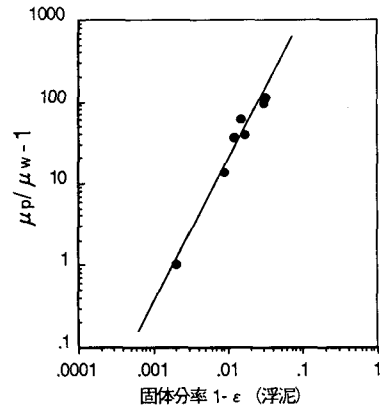


図4 固体分率（浮泥層）と擬塑性粘度 μ_p の関係

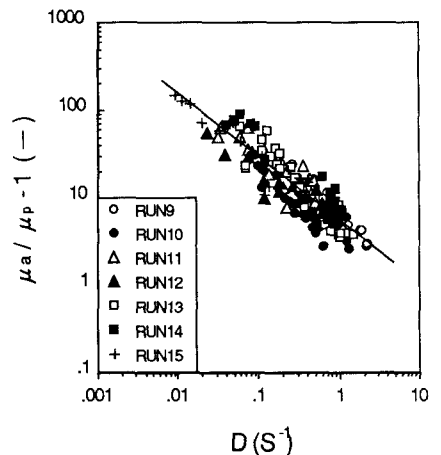


図5 ずり速度と $\mu_a / \mu_p - 1$ の関係