

傾斜底面上での浮泥流の挙動について(その6)

—浮泥の沈積過程についての基礎的研究—

九州大学大学院 学員 渡辺亮一 九州大学工学部 正員 楠田哲也

1. 研究の目的

粘土・シルト粒子等からなる微細な底質が広範囲に渡って多量に沈積している海域・沿岸域では、底面上に非常に高濃度の浮泥層が形成される。この浮泥層は、波や流れの外力を受けて、あるいは底面が傾斜していることによって水平方向に流動し始める。この流動によって微細粒子群が輸送されることにより、工学的見地からみれば、港湾内の航路や泊地の埋没といった問題、また生態学的見地からみれば、底生生物への影響といった問題が引き起こされている。

本研究では、このような問題のうち工学的見地からみた現象を解明するために、浮泥層内での流動現象、および浮泥層から底泥層(浮泥層の下部に位置する非流動層)への沈積過程について、実験値に基づいた理論的な考察を加えて行くことを目的としている。

2. 基本的な考え方

傾斜板を内部に設置した十分に大きな矩形の水槽^{1)~4)}に粘土・シルトを多量に含んだ懸濁液を注入し、十分に攪拌する。しばらく静置すると、懸濁粒子がフロックとなって沈降し始め、傾斜底面上に浮泥層が形成される。この時、傾斜底面上には浮泥層内の流動によってせん断応力が作用しているが、この値が沈降限界せん断応力以下であれば、ほぼ同時に浮泥層の下部に底泥層が形成され始める(図-1)。

この現象を単純化して捉えるために幾つかの仮定⁵⁾を用いれば、浮泥層内の運動方程式および懸濁物質の保存式は、各々式(1)、(2)となる。式(2)を積分し、式(3)とし、この二式に浮泥層および底泥層内の濃度・流速分布を与えれば、式(1)より浮泥層内のせん断応力を、式(3)^{注1)}より沈積速度 W_d を得ることができる。参考までに沈積速度算定手法の説明図を図2に示す。

注1): 式(3)は式(2)より得られる。

浮泥層内の運動方程式

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

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

底泥層内の懸濁物質の保存式

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (w_d \cdot C)}{\partial z} = 0 \quad (2) \quad w_d = \frac{-\frac{\partial}{\partial t} \int_{z=0}^{z=h} C dz + C(t, h) \frac{\partial h}{\partial t}}{[C]_{z=h}} \quad (3)$$

ここに、 w_s :沈降速度、 ρ_s :粒子密度、 ρ_l :流体密度、 C_s :上層懸濁液濃度、 w_d :沈積速度
 θ :斜面勾配、 g :重力加速度、 u :層内の流速、 C :層内の懸濁物質濃度

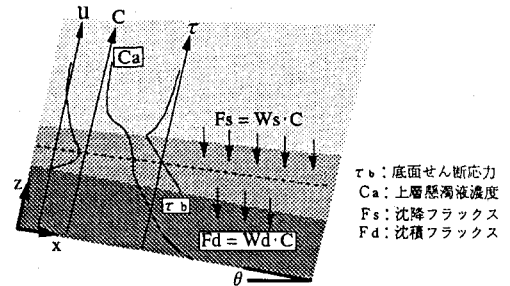


図1 概念図

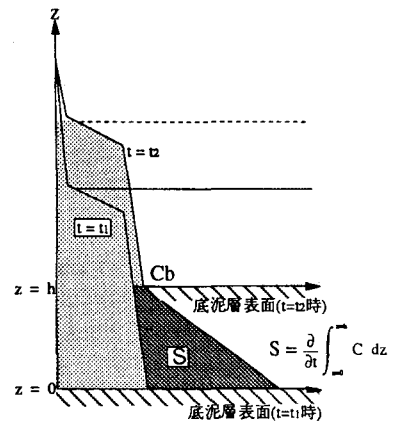


図2 沈積速度算定概念図

3. 結果の考察

(1) 底泥層表面での固体分率とせん断応力の関係について

底泥層表面での固体分率（懸濁物質濃度の体積分率）とせん断応力の関係を図3に示す。この図より固体分率とせん断応力の間には、浮泥層内の流動状況に対応して何らかの関係があると推察できる。例えば、RUN17（田印）の場合には実験中、底面上に浮泥層のみが形成され、底泥層はほとんど形成されなかった。この結果から判断すれば、固体分率とせん断応力の値に応じて、図3中の斜線部分に相当する非沈積領域^{注2)}が存在することが示唆された。また、図3中に示されている沈降に関する限界せん断応力はどの試料においても約0.025Pa⁶⁾であることが分かっている。

注2)：非沈積領域とは、浮泥層から底泥層への沈積が起らない領域を指す。

(2) 沈積速度と底面せん断応力の関係について

沈積速度と底面せん断応力の関係を図4に示す。この図より、底面せん断応力が約0.15Pa以下の値を示す時は、せん断応力の増加に伴って沈積速度が急速に小さくなっていることが分かる。逆に、せん断応力が0.15Pa以上となった時には、沈積速度はゼロに向かって漸近しているように考えられる。また、底面せん断応力が小さな領域内にあるRUN15（■印）では、他の実験ケース較べると1オーダー近く沈積速度が大きくなっている。このことから、浮泥層から底泥層への沈積速度 W_d は、底面でのせん断応力に強く依存していることがわかる。

4. まとめ

以上の結果から推察すれば、浮泥層から底泥層への沈積速度は底面上でのせん断応力に強く依存しているという傾向は明らかとなったが、RUN15以外の実験ケースについては「せん断応力がいくらの時に、沈積速度はいくらである。」といった、定量的な解析までには至っていない。また、「浮泥層がどのようなメカニズムで保持されているのか。」といった問題もまだ解明できていない。この問題も含めて今後の課題としたい。

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
- 5) 渡辺、楠田：傾斜底面上での浮泥流の挙動に関する研究(その5)、土木学会第47回年次学術講演会概要集、pp504-505,1992
- 6) 海田輝之：底泥の巻き上げと懸濁物質の沈降に関する研究、九州大学学位論文、pp27-30,1988

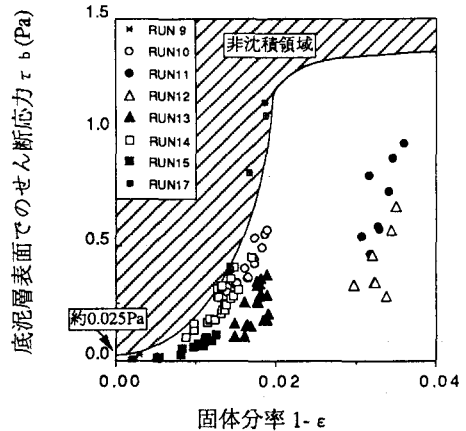


図3 固体分率（浮泥）とせん断応力 τ_b （底泥層表面）の関係

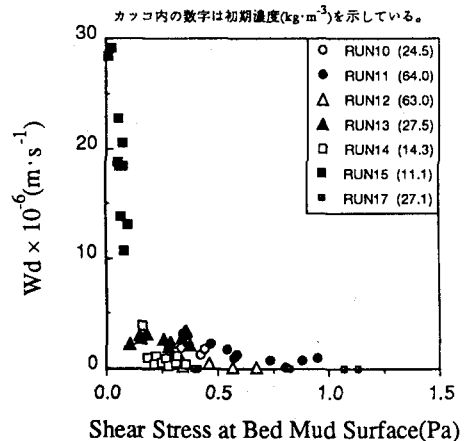


図4 せん断応力（底泥層表面）と沈積速度の関係