

## 感潮域での底泥の堆積に関する研究

—底泥のせん断特性と堆積メカニズムについて—

福岡大学工学部 学生員 ○橋本匡弘 福岡大学工学部 正員 渡辺亮一  
 福岡大学工学部 正員 山崎惟義 九州大学大学院 フェロー楠田哲也

### 1. はじめに

有明海最深部に流入する六角川等では、河道断面内に海側から輸送されてきた底泥が常に堆積する傾向にある。断面内に堆積した底泥は、通水断面積を減少させ洪水流下能力の低下を引き起こし、大雨時の洪水の原因となっている。このため、定期的に河道断面を掘削あるいは河道を拡幅し、通水断面積を維持する必要性が生じている。これらの問題点を定量的に取り扱うためには、河道断面への底泥の堆積速度および量を予測することが重要であると考えられる。しかしながら、感潮河川における懸濁物質の沈積特性および底泥層の形成過程は非常に複雑な要因が重なり合った非線形現象であるために、その現象を定式化し、定量化していくことは容易ではない。これまでの研究では、底泥の堆積過程を解明するために、浮遊泥の圧縮性を明らかにする圧密試験、底泥自体の物理的な強度を明らかにするせん断試験および潮汐に伴う堆積過程を解明する底泥堆積実験の三つの実験を主に行ってきた。その結果、底泥のせん断強度および堆積過程について新たな知見が得られたので報告させていただく。

### 2. 実験に用いた試料

せん断強度試験で用いた試料は、佐賀県新川で採取した試料と博多湾の東部海域の湾奥部(和白干潟付近)にて採取した二種類の底泥である。底泥堆積実験に用いた試料は新川で採取した底泥である。各々の物性値は表1に示す。新川・博多湾の試料ともに地盤工学の三角座標分類では粘土に属しているものである。底泥堆積実験には新川の試料を用いて行った。実験に用いた試料懸濁液は密度  $1025 \text{ (kg} \cdot \text{m}^{-3})$  の塩水で調整し、所定の濃度としている。

#### 2.1 せん断強度実験

縦  $24 \text{ mm}$  × 横  $43 \text{ mm}$  × 奥行き  $35 \text{ mm}$  の水槽に仕切り板を立て、懸濁液を注入する方には底面板を敷いたものを用いて、一方に懸濁液もう一方に塩水を注入し所定の日数静置する。所定の日数圧密させた後、底泥のサンプルを採取し、仕切り板を取り除く。そして塩水を排除すると自重によりせん断破壊を引き起こす。これをビデオで撮影しパソコンによりカラムに分割し、採取したサンプルより固体分率を求め、せん断強度と固体分率の関係を算出した。(図1参照)

#### 2.2 底泥堆積実験

図2は底泥堆積実験に使用した実験装置を示している。実験水槽は厚さ  $20 \text{ cm}$  アクリル製で、縦  $0.7 \text{ m}$  横  $1.3 \text{ m}$  奥行き  $0.23 \text{ m}$  であり、実験に用いた試料は筑後川支流の新川河岸にて採取した底泥を用いている。実験方法は、試料調整タンク内の懸濁液を攪拌機を用いて濃度を一定に保ちつつ注入ポンプによって一定速度で排水する。底泥が干出した状態のまま所定の時間放置する。この過程を周期的に繰り返し行うことによって擬似的な感潮河川の状態を作り出した。なお今回の実験では2時間静置・2時間干出の4時間周期(RUN1)、2時間静置・4時間干出の6時間周期(RUN2)、3時間静置・3時間干出の6時間周期(RUN3)<sup>2)</sup>としている。

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 せん断強度試験について

底泥のせん断強度をフラクタルの概念で整理した関係式<sup>3)</sup>は

$$\tau \sim (1 - \varepsilon)^{\frac{2}{3-D}} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 $\tau$ : せん断強度,  $1 - \varepsilon$ : 固体分率,  $D$ : フラクタル次元である。フラクタル次元は圧密時

表1 試料の物性値

	新川	博多湾
真密度	$2557 \text{ kg/m}^3$	$2766 \text{ kg/m}^3$
含有有機物量	10.4%	12.6%
中央粒径	$1.6 \mu\text{m}$	$4.3 \mu\text{m}$
粘土分	83%	53%
シルト分	16%	45%
砂分	1%	2%

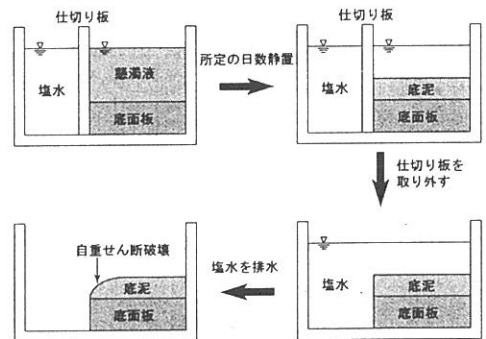


図1 せん断強度試験概要図

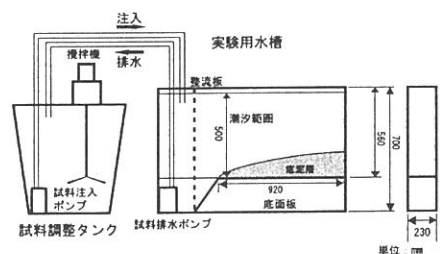


図2 底泥堆積実験装置概略図

間 $t$  (day)で表されることがわかっており、

$$D = 1.82 + (1 - e^{-\frac{t}{3}}) \quad (2)$$

で表される。<sup>4)</sup>次に、異なる場所の底泥に関してもこの関係が成り立つかを検証するために博多湾の試料を用いて同様の実験を行い、圧密日数3日、7日、14日で固体分率とせん断強度を測定した。図3は固体分率とせん断強度の関係を表している。この図から、博多湾の底泥に関しても式(2)と同じ関係が成り立ち、同様にフラクタル次元で整理できることが明らかとなった。この実験結果から算出した博多湾底泥に関するせん断強度式は、式(3)となった。

$$\tau = 10^{13.75} (1 - \varepsilon)^{11.11} \quad (3)$$

ここで、新川の底泥で求められたせん断強度式は

$$\tau = 10^{14} (1 - \varepsilon)^{11.11} \quad (4)$$

で与えられることが昨年の結果からわかっており、他の凝集性の極めて強い底泥に関しても中央粒径や強熱減量等のパラメータを用いれば、一元的に整理可能であると考えられる。

### 3.2 底泥堆積実験について

図4はRUN1での底泥堆積実験の結果と実験終了時(174周期目)底泥の深さ方向固体分率分布を示している。図5は

RUN3での堆積実験結果と実験終了時(63周期目)の底泥の深さ方向固体分率分布を表している。これらの二つの図から、どちらの実験結果からも一旦形成された底泥が先端部分において破壊され、以前の周期よりも底泥層厚が低くなる様子が観察されている。これは、底泥層が成長していく際に、先端部の柔らかい部分が落潮時のせん断破壊によって破壊されたためであると考えられる。この後、せん断破壊された部分に再び底泥が堆積していき、先端部分が十分に強度になった時点で底泥層が更に成長していくと推察される。またRUN1では周期数を重ねるごとに底泥が堆積していくが、ある一定周期を越えると底泥が堆積しなくなる様子が観察された。これは堆積した底泥の表面勾配が限界勾配に達したと考えられる。RUN1, RUN2, RUN3において圧密時間、干出時間の違いに着目すると、圧密時間は堆積速度に影響し、干出時間は底泥の強度に影響を及ぼすと推察される。なお、固体分率分布の形状はどの地点においても同様の形状を示しており、このことより深さ方向の固体分率分布に関して相似則を適用することが可能であることがわかった。

### 5. 参考文献

- 1) 渡辺亮一、感潮域における浮泥の輸送と底泥形成に関する研究、九州大学学位論文、43-44、2000。
- 2) 宮市哲、感潮河川域における底泥の堆積に関する研究、福岡大学卒業論文、27-38、2002。
- 3) C.Kranenburg, The Fractal Structure of Cohesive Sediment Aggregates, Estuarine Coastal and Shelf Science, vol.139, 451-460, 1994.
- 4) 宮市哲・楠田哲也・渡辺亮一・山崎惟義、感潮域における底泥の堆積に関する研究、土木学会第57回年次学術講演会、49-50、2002。

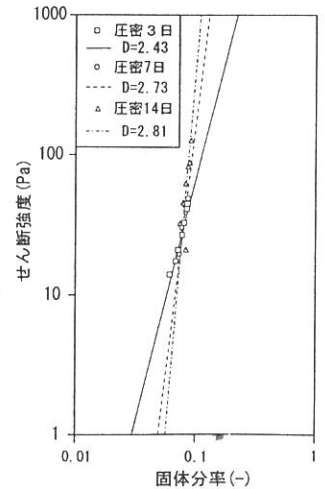


図3 固体分率とせん断強度の関係 (博多湾底泥)

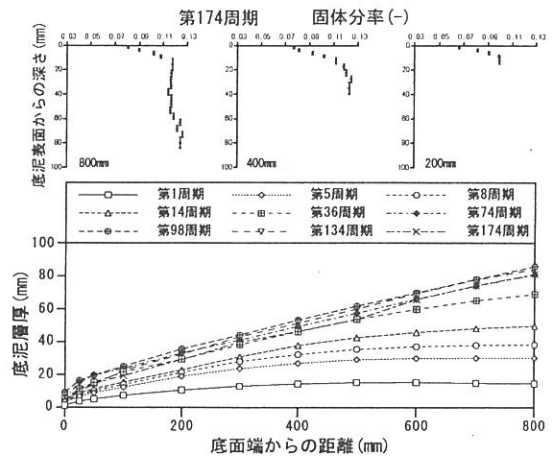


図4 底泥堆積実験結果(RUN1)と第174周期での固体分率分布

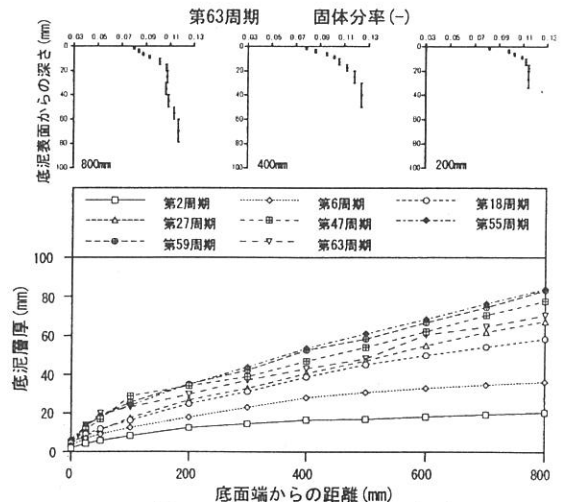


図5 底泥堆積実験結果(RUN3)と第63周期での固体分率分布