

## 掃流砂の供給を受ける粘土河床の鉛直構造の変化

早稲田大学大学院

学生員 ○ 因 岳宏

早稲田大学理工学術院

正会員 関根 正人

### 1. 序論

日本の河川では、砂利の採取や河川を横断する構造物の設置などによって河床低下が発生している。その結果、軟岩層や粘土層などの軟弱な地盤が露出していることがある。軟弱な地盤が露出している河川では橋梁を始めとした河川構造物の根入れ深さの減少など、河川管理上の問題が起きている。

これらの問題を解決するため、砂河床化することを目標に対策が実施されている。著者らは粘土河床が砂河床化するメカニズムを詳細に明らかにすることを目的に研究を行ってきた。その結果、粘土河床に掃流砂として輸送されてきた砂礫が入り込むことにより形成される『混合層』を形成した後、砂河床化に至ることが明らかになっている<sup>1)</sup>。

本研究は、粘土河床から『混合層』が発達するプロセスについて、河床の鉛直構造に着目したより詳細な実験的討を実施した。

### 2. 実験の概要

本実験では、図-1に示すような循環型のアクリル製閉管路を使用した。水路の全長は4.9mであり、断面は一辺が0.1mの正方形となっている。図-1(b)において、供試体設置区間に模擬粘土河床を設置する。砂礫設置区間には掃流砂を敷き詰められるよう凹部が設けられており、凹部の下にある底板によって掃流砂が供給できるようになっている。

掃流砂には珪砂3号(60% 粒径: 1.56mm)、あるいは同粒径のカラーサンド(赤・青・緑)を使用した。模擬粘土河床は、TA カオリン(60% 粒径: 0.005mm)と水を10:9の割合で練り混ぜた後、15時間以上圧密させることで作成する。

本実験では流量を6.00L/secにした上で砂礫を供給する時間を変えながら、実験を実施した。所定時間かけて給砂を実施した後、二次元変位センサを用いた河床の浸食量、河床上部からの写真撮影による砂礫の被覆状況を観測した。

図-2に上流から掃流砂を流すことによって粘土河床が砂河床化するメカニズムを模式化したものを示す。既存の研究<sup>1)</sup>では図-2(b)のような粘土層の上に混合層が堆積している状態で観測を行っていた。このため、時間経過に伴う河床の浸食量や浸食速度の変化などは明らかになっていた。しかし、鉛直方向における混合層の発達過程や粘土層が現れる位置など、河床の鉛直構造については明らかになっていなかった。

そこで所定時間かけて給砂を実施した後、粘土層が河床全体で露出している状態になるまで河床から混合層を丁寧に剥ぎ取った。その後、二次元変位センサを用いて、もう一度河床の浸食量を測定することで混合層の厚さを算出する。なお、本実験では混合層の上に砂層が現れることは無かった。

また、砂礫の供給量について給砂量比  $q_b/q_e$  を 0.15, 0.35 と変えることによって砂礫の供給量の違いによる混合層の発達過程の違いを見た。ここで給砂量比は、河床が平衡状態になるために必要な平衡流砂量  $q_e$  に対する実際に供給される砂礫の量  $q_b$  の割合のことを言う。平衡流砂量  $q_e$  の算出には Meyer-Peter&Muller の式を用いる。

キーワード：粘土河床、浸食、掃流砂、河床変動、混合層、河床の鉛直構造

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1, TEL 03-5286-3401, FAX 03-5272-2915

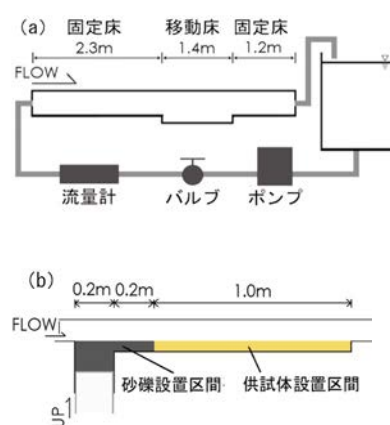


図-1 実験装置の概要：  
(a) は全体図、(b) は移動床区間の拡大図を示す。

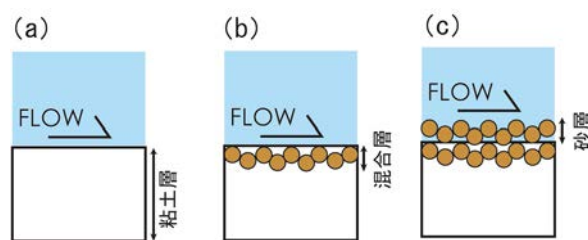


図-2 粘土河床が砂河床化するプロセス：  
(a) は実験開始時、(b) は河床に混合層が形成された状態、(c) は砂層が形成された状態を示す。

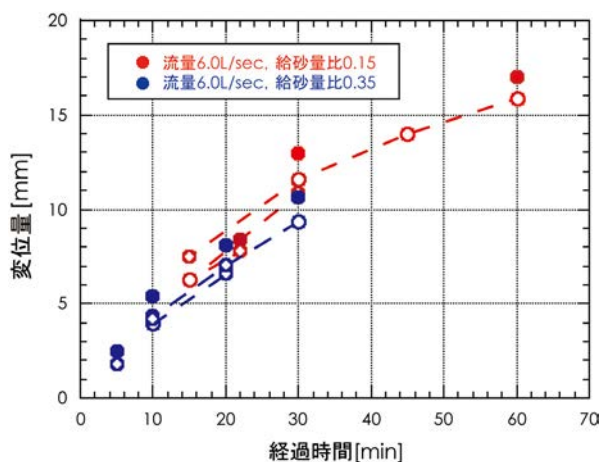


図-3 河床の変位量の時間変化：

白丸は初期河床から河床表面までの変位量，黒丸は粘土層と混合層の境界がある位置までの変位量を示す。

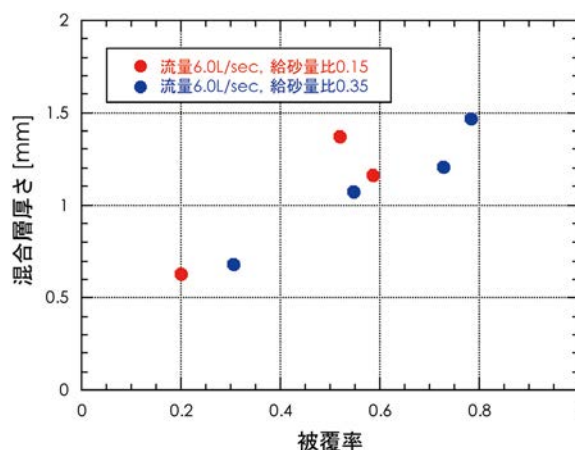


図-4 被覆率と混合層厚さの関係：

### 3. 混合層の発達過程の評価

まず，混合層厚さ  $L_{mix}$  を以下のように求める。

$$L_{mix} = L_{clay} - L$$

ただし， $L$ ：初期河床から河床表面までの変位量， $L_{clay}$ ：粘土層と混合層の境界がある位置までの変位量とする。

ここで， $L$  は混合層剥ぎ取り前における変位量の計測値， $L_{clay}$  は混合層剥ぎ取り後における計測値としてそれぞれ求めることが出来る。変位量は河床中央部の 8cm×8cm の区域の平均値を示す。

図-3 に時間経過に伴う浸食深の変化を示す。実験開始 30 分後に着目してみると給砂量比  $q_b/q_e = 0.35$  では， $q_b/q_e = 0.15$  と比較して河床の変位量が小さくなっている。また，粘土層と混合層の境界がある位置も浅くなっていることが分かる。このことから供給する砂礫の量が多いほど，砂礫が粘土河床表面に被覆することで河床の浸食量を小さく抑えることが出来る浸食抑制作用が確認できた。既存研究<sup>2)</sup>では粘土河床と砂礫の接触時に浸食を促すことが確認されているが，実験開始 20 分以前に起きていると推定される。

次に，混合層厚さをより定量的に評価できるようにするため被覆率  $F_{sand}$  と混合層厚さの関係を調べる。ここで被覆率  $F_{sand}$  は，粘土河床表面の面積に対する砂礫で覆われた部分の面積の割合を表し，河床上部からの写真から画像解析を行うことで求めることが出来る。被覆率  $F_{sand}$  と混合層厚さの関係を図-4 に示す。 $q_b/q_e = 0.15, 0.35$  の条件では被覆率が大きくなれば，混合層厚さが大きくなる事がわかる。

### 5. 結論

本研究では，粘土河床から混合層が形成されるプロセスにおける河床の鉛直構造の変化を詳細に見るため，混合層厚さに着目した実験的検討を行った。粘土層と混合層の境界位置を計測した結果，浸食抑制効果を確認することが出来た。今後は流量や給砂量比の条件を変えて，砂層や混合層の鉛直構造がどのように変化するかより詳細に観測することを目指す。

謝辞：本研究は文部省化学研究費基盤研究 B(研究代表者：関根正人，課題番号：No.20H02262)を受けて行われた。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献：

- 1) 関根正人・藤浦望誇：粘土河床上を移動する砂礫の被覆・離脱プロセス，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.77，No.2，pp.I\_607-I\_612，2021。
- 2) 関根正人・池田憲昭・芦澤穂波・佐藤裕：砂礫の移動に起因する粘土河床の浸食促進・抑制効果と河床変動プロセス，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.74，No.4，pp.I\_1087-I\_1092，2018。