

粘着性を有する流路の動的安定形状に関する研究

早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人
 早稲田大学大学院 学生員 ○岡 幸宏
 JR 東日本 正会員 白川 剛

1. 序論

著者らは、粘土と砂ならびに水が混じり合った材料を「粘着性土」と定義し、その浸食機構を力学的に理解するとともに、浸食速度予測式を誘導することを目指した実験的検討を継続して進めてきている¹⁾。また、著者らのこれまでの研究の成果を踏まえて、実験水路内に台形断面を有する直線流路を形成し、そこに一定流量の通水を行うことにより、どのような流路の変動が生じるかを調べる移動床実験も行っている。前報²⁾では上流端から給砂がないものとした検討を行ったが、このような流路の動的安定状態を考える上では給砂を行うことが不可欠である。本論文では、これらの点を踏まえて、土砂の粘着性が流路の変動過程あるいは安定形状にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。

2. 研究概要

実験の概要は以下の通りである。実験には、全長 20m、幅 0.6m のアクリル製の長方形断面水路を用い、その上流側 11m を整流区間とし、下流側 9m を移動床区間として実験を行った。この水路内の移動床区間には、所定の比率で練り混ぜた粘土混じり砂を敷き詰めて模擬河床を形成した。模擬河床の構成材料は、硅砂 3 号と TA カオリンであり、これに水を加えて均質になるよう練り混ぜてから、水中で 1 日半静置し排水し、整形することにより初期流路を設定した。ここでは粘土含有率 R_c を 0.166 とした。初期流路の形状は、水路中心軸に対して左右対称の台形断面であり、底面幅を 10cm、高水敷と底面の高低差を 5cm とした。また、河床の縦断勾配は 1/100 とした。なお、水中静置時間の決定に当たり予め圧密実験を行ったところ、1 日半程度で圧密が完了し、これ以上継続しても変化が生じないという結果を得ている。これを踏まえて、上記の値に決定した。流路への通水は実験開始から 2 時間にわたって行われ、その流量を 2.28 l/s とした。実験時には 5 分または 10 分毎に下流端から流出する土砂を採取した。なお、給砂を行う際には、5 分毎に下流端から流出した土砂を採取し、重量を測定した後、上流端からそれを一様に 5 分かけて供給した。また、流路の横断面形状の変化を調べるため、実験前後にレーザ式変位センサを用いて河床高の面的な計測を行った。さらに、通水中、各断面における水深・水面幅のデータを採取することとあわせて、流路内の流れならびに流路の浸食状況を写真ならびにビデオ画像として撮影した。

3. 実験結果と考察

実験時には、上流端ならびに下流端の限られた区間を除けば流路の横断面形状に差がなく、平衡状態に達していることが確認された。そこで、ここでは上流端から 4.6m だけ下流側に位置する断面での結果に注目する。まず、写真 -1 には、上記地点付近の流路の状況を撮影した写真を示した。ここに、図中の数値は、4.6m 地点周辺における実験後に計測された平均的な粘土含有率を表す。この写真より、側岸部にオーバーハング状の斜面が形成されていることがわかる。また、流路中央部において砂がある程度の厚さをもって堆積し、ほとんど粘土が認められないことがわかった。また、粘土含有率は側岸部に向かうほど初期値の値に漸近する傾向にあることがわかる。この、砂の層の下には初期の粘土含有率に等しい層が存在し、完全な鉛直分級が生じた。このことが流路のほぼ全域にわたって変わらないことも確認されている。図 -1 (a) には実験により得られた横断面形状の変化を示した。図中の赤色の実線が初期断面の測定値を、青色の実線が通水開始から 2 時間後におけるものを表す。また、水色の実線は通水終了後に堆積した砂を除去した際に現れた粘土と砂からなる層の断面形状を示す。なお、図中の同系色の破線はそれぞれの時刻における水面を表す。この図中の横断面形状とその前後数 m にわたって計測されたものとを比較

キーワード：粘着性土，浸食，動的安定形状，土砂の分級

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

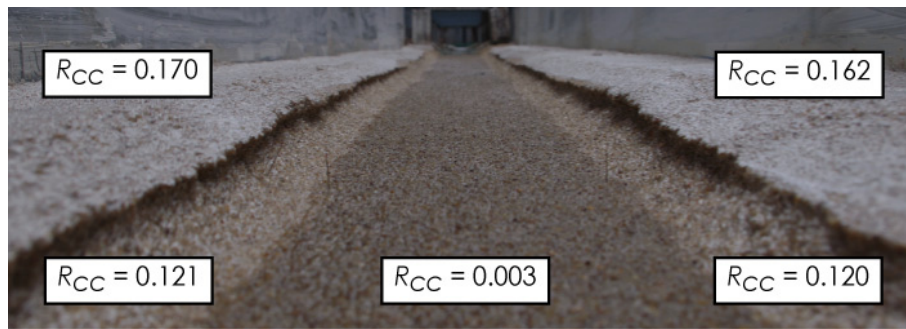


写真-1 浸食を受けた流路の状況

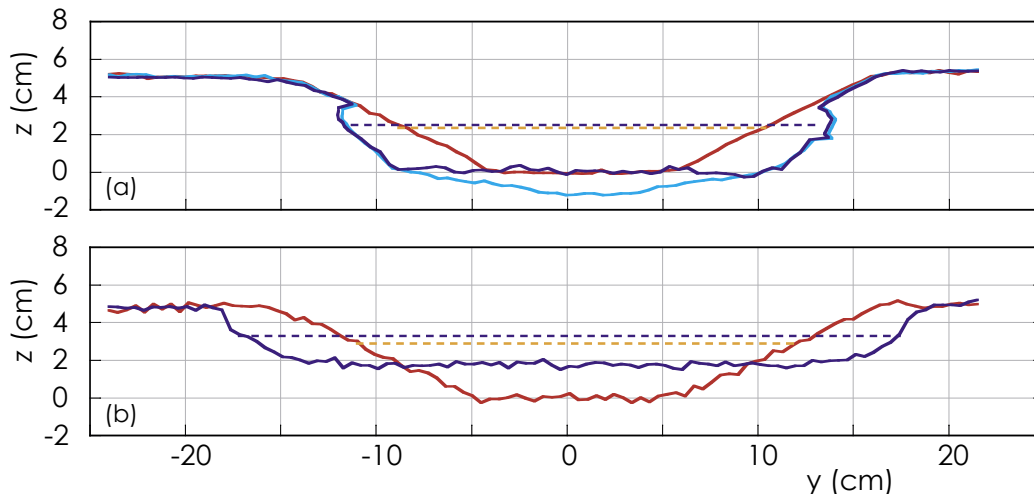


図-1 流路横断面形状の時間変化：赤線が初期断面形状，青線が平衡状態，水色の実線は低水路に堆積した珪砂を除去したもの，破線は同系色の断面形状に対応する水面の位置を表す．(a) 粘着性土 ($R_{cc} = 0.166$) からなる流路，(b) 砂 ($R_{cc} = 0$) からなる流路

したところ，無視し得る程度の差しかないことを確認している．粘着性土が含有される場合には，材料の粘着性の影響により拡幅は穏やかに進行し側方への浸食が抑制される．また，これまでに同様の材料を用い同一の水理条件下で給砂を行わずに実施した実験の場合には，下方浸食が卓越することが示されている²⁾が，これに対して，ここで行った給砂を伴う実験では，流路中央部付近に砂が層を成して堆積していることが確認された．図-1(b)には，参考までに同条件下で行われた砂のみからなる流路の動的安定状態の横断面形状を示す．これまでに給砂を行わない砂のみ実験を行ってきた²⁾が，これと比較すると，給砂を行うことにより流路中心付近での堆積量が大きくかつ側方への拡幅が大きいもののその差はわずかであった．いずれにしても「顕著な拡幅が生じ，広く浅い断面となる」という砂のみの流路の特徴である変動過程に変わりはないことが確認された．

4. 結論

本論文では砂に 10 ～ 20 % 程度の粘土が混合された粘着性土を対象とした台形断面直線流路の変動実験を行い，材料の粘着性の影響を流路の変動の観点から捉えることとした．ここでは上流端から砂のみ供給した場合の検討を行ったが，その結果として次のことがわかった．すなわち，流路中央部で砂の堆積により粒度の粗粒化が進行し，横断面方向のみならず鉛直方向にも顕著な分級生じることが確認された．また，粘着性の影響により流路の拡幅が抑制されることも理解された．今後はさらなる検討を行い，粘土含有率が異なる場合にその値が流路変動にどのような影響を及ぼすかについて明らかにしていく．

参考文献：

- 1) 西森研一郎，関根正人：粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究，土木学会論文集 B, Vol.65, No.2, 127-140, 2009.
- 2) 関根正人，白川 剛，岡 幸宏：粘着性土の浸食に及ぼす粘土含有率の影響，水工学論文集，第 55 巻，745-750, 2011.