

勾配変化点上下流の土砂移動形態に関する水路実験

国土技術政策総合研究所 泉山寛明, 山越隆雄
株式会社建設技術研究所 ○奥山遼佑, 松原智生, 西口幸希
高橋佑弥, 中島奈桜, 安達郁哉

1. はじめに

近年, 平成29年7月の九州北部豪雨災害や平成30年7月豪雨による広島県での災害に代表されるように土砂・洪水氾濫による被害が顕在化しており, 数値計算による被害予測や対策施設の検討が盛んに行われている。

これらの予測計算では, 土石流, 土砂流, 掃流砂・浮遊砂のように土砂の流送形態に応じた計算手法を用いることが被害予測の精度を確保するうえで重要である。それぞれの土砂移動形態に応じた流砂量式や土砂移動特性に関する研究はこれまでに数多く実施されてきた(例えば高橋, 1977)。しかしながら, 勾配変化点周辺における土砂移動形態の変化に着目した研究事例は少なく土石流～掃流砂まで連続的に計算を行うことの必然性は必ずしも明確でない。

本研究では, 勾配変化点における土砂移動形態の遷移特性を把握し, 河床変動計算の検証材料とすることを目的として水路実験を行い, 勾配変化点およびその上下流の河床位, 水位, 砂礫移動層厚等のデータを取得し, 砂礫移動層厚と流動深の関係を整理した。

2. 実験の概要

2.1 実験条件

実験水路は, 国土技術政策総合研究所の所有する長さ10m, 幅30cm, 高さ30cmの二次元水路を用いた。本水路は, 縦断方向に2点で勾配を変更することが可能である。なお, 本実験では横断方向の偏流が生じないように水路幅を10cmに狭めて使用した。

水路の勾配は, 1箇所に変化させることとした。水路勾配は土石流から土砂流への遷移を想定した15度-5度, 土砂流から掃流への遷移を想定した5度-1度とした。

実験砂は, 混合砂と均一砂の2条件とし, 混合砂は平均粒径が7mm, 3mmとなるように材料の混合比を調整した。使用した実験砂は代表粒径1mm, 3mm, 7mm, 12mm, 17mmのものである。なお, 実験砂はJIS規格に準拠してふるい分けを行った土砂を使用した。

土砂の供給は, 水路床に実験砂を敷詰めて移動床とし, 上流から水を供給して土砂移動を発生させる方法とした。上流から供給する水の量は, 定流3.5L/sとした。通水時間は, 水路勾配に応じ2分および5分とした。

2.2 計測項目および計測手法

計測項目は, 水位, 河床位, 砂礫移動層厚とした。

計測は, 水路側面に設置した3台のハイスピードカメラにより通水中の流況を記録し, 取得した動画をもとに目視により判読した。ハイスピードカメラは, 勾配変化点およびその上下流約1mの位置に各1台設置した。

ハイスピードカメラは, Ximea社製のMC031CG-SY-UB, レンズはスペース社のJHF25Mを用いた。

3. 実験ケース

実験のケースを表-1に示す。実験は, 水路勾配2条件, 実験砂6条件を組み合わせた計10ケース実施した。

4. 実験結果

本研究では, 土砂移動形態の特性を表す指標として, 流動深 h に対する砂礫移動層厚 h_d の比 h_d/h を用いた。

図-1, 図-2に h_d/h を時系列で整理した結果を示す。なお, 図中の点は, ある時間において各ケースで取得した h_d/h の値を平均したものであり, エラーバーはそれらの値の標準偏差を表している。図-3に画像判読の例を示す。

土石流から土砂流に遷移する水路勾配である15度-5度の条件では, 勾配変化の上流側の h_d/h はおおむね0.9前後であり, 水面付近まで砂礫が存在する土石流形態の流れになっている。これに対して, 勾配変化点より1m下流の h_d/h は0.6程度であり, 水流層と砂礫移動層が明瞭に分かれた土砂流形態となっていることが確認できる。このことは, 縦断的に見て勾配変化点から約1mの区間の間に土砂移動形態が土石流から土砂流状態に変

表-1 実験ケース表

CASE	勾配		材料		水供給	
	上流	下流	実験砂の 粒径構成	平均 粒径	流量	継続 時間
	度	度		mm	L/s	分
1	15	5	3mm, 17mm	7	3.5	2
2	15	5	3mm, 12mm	7	3.5	2
3	15	5	7mm	7	3.5	2
4	15	5	3mm	3	3.5	2
5	5	1	3mm, 17mm	7	3.5	5
6	5	1	3mm, 12mm	7	3.5	5
7	5	1	1mm, 17mm	7	3.5	5
8	5	1	1mm, 17mm	3	3.5	5
9	5	1	7mm	7	3.5	5
10	5	1	3mm	3	3.5	5

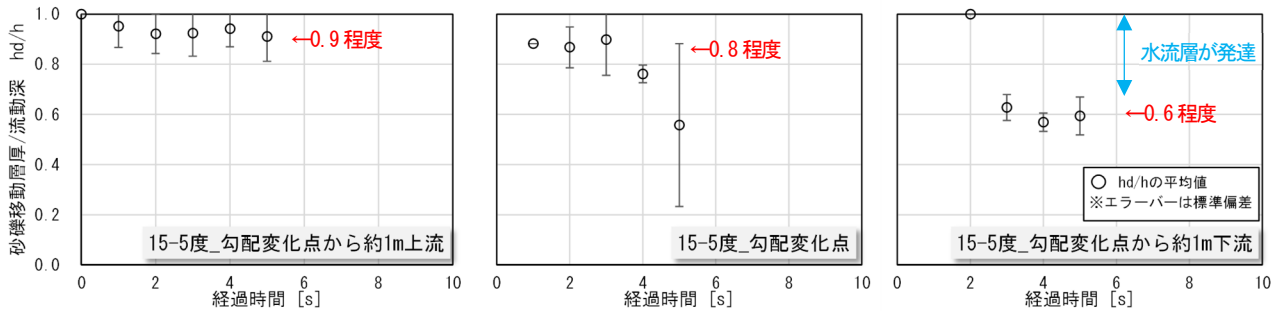


図-1 流動深と砂礫移動層厚の比 (h_d/h) の時系列変化 (水路勾配 15 度-5 度)

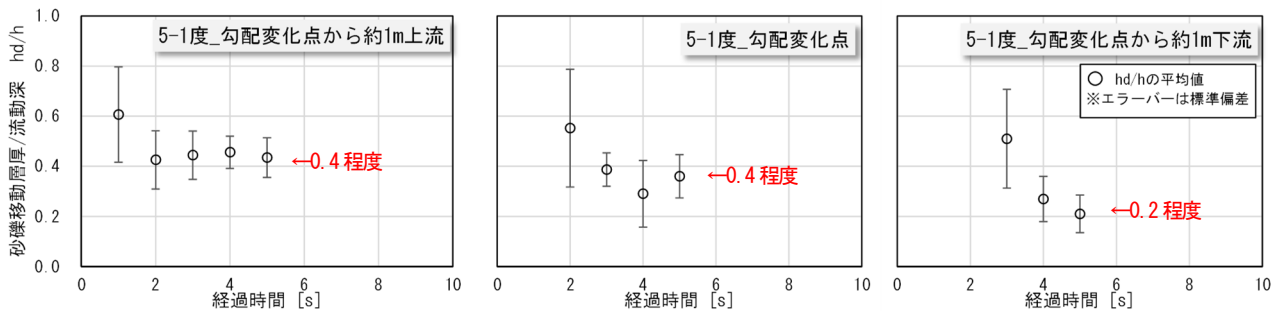


図-2 流動深と砂礫移動層厚の比 (h_d/h) の時系列変化 (水路勾配 5 度-1 度)

化したことを示している。

土砂流から掃流に遷移する水路勾配である 5 度-1 度の条件では、2 秒～4 秒では勾配変化点およびその約 1m 下流で h_d/h が大きくは変化していない点が特徴的である。実験ケースが少ないため検証が必要であるが、勾配変化点周辺では、河床勾配 1 度の区間に土砂流が突入した後のしばらくの間は、土砂流に近い状態で流下していると考えられる。

図 4 には水路勾配 15 度-5 度、勾配変化点より 1 m 下流地点の h_d/h の変化を粒径別に示す。粒径 3 mm のケースの h_d/h の値は、平均粒径 7 mm のものと同程度である。この傾向は水路勾配 5 度-1 度でも同様であった。このことから、今回設定した条件においては、粒径によって土砂移動形態に差異がないことが確認された。

5. まとめと今後の課題

本研究では、ハイスピードカメラの映像解析を行うことで、一部精度に課題はあるものの時々刻々変化する土砂移動の特性 (h_d/h) を確認することができた。これにより、土砂移動形態は勾配変化点から約 1 m 程度の区間内で遷移することが示唆された。現時点では、実験ケースが少なく一般的な傾向とは言いがたいため、今後は土砂の粒径条件や勾配変化量を変えた実験により土砂移動形態の変化傾向を詳細に分析していく予定である。

なお、本研究において取得した水位、河床位、濃度等のデータは、再現対象現象が存在しない流域において数値計算モデルを適用する際にそのモデルの妥当性を確認するための検証データとする予定である。

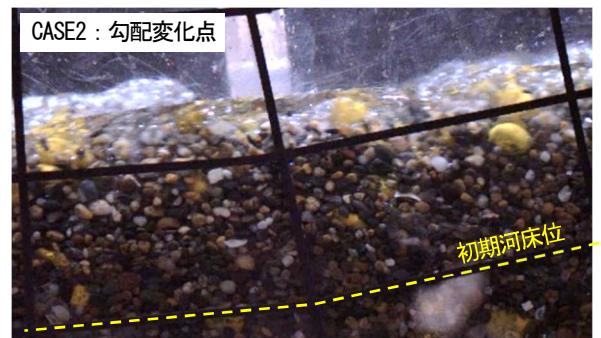


図-3 ハイスピードカメラによる勾配変化点周辺の流況撮影状況の一例

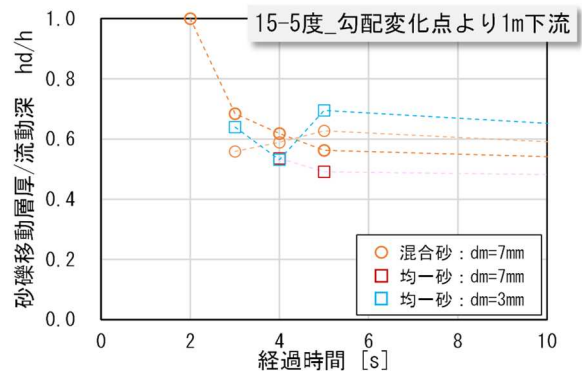


図-4 流動深と砂礫移動層厚の比 (h_d/h) の粒径による違い (水路勾配 : 15 度-5 度)

引用文献

高橋保 (1977) : 土石流の発生と流動に関する研究, 京大防災研究所年報, 第 20 号 B-2, p.1-31