

湾曲部における土石流の流動特性

京都大学大学院工学研究科 ○乾 亮太

京都大学防災研究所 竹林 洋史 長谷川 祐治 藤田 正治

1. はじめに

台風による豪雨や、短時間の局所的豪雨により、日本では様々な場所で土石流災害が発生している。これまで、わが国では土石流の流動特性について様々な研究がなされてきた。しかしながら、そのほとんどは直線河道を対象としたものであり、湾曲河道の土石流の流動特性についての知見はほとんど得られていない。本研究では、湾曲水路を用いて定常状態での土石流実験を行い、湾曲部における土石流の流動特性について検討した。

2. 実験概要

実験には勾配 15 度、長さ 6.5 m、幅 10 cm の直線水路下流端に曲率半径 1 m の横断勾配のない湾曲水路を接続して使用した。図-1 に実験水路模式図を示す。水路上流端から一定の流量を供給し、上流端から 30 cm の位置から給砂ホッパーで一定の土砂を供給し、定常状態の土石流を作成した。使用した土砂は、粒径がほぼ一様な 1.4 mm で、密度は 2.65g/cm³ である。実験は、流量と土砂量を調整して、輸送濃度が 0, 0.1, 0.2, 0.3 になるようにした。水と土砂の合計流量（土石流流量）は 100 cm²/s である。直線部と湾曲部の接続地点から 1m 上流側の地点、湾曲部の内岸および外岸全体をハイスピードカメラ(120fps)で撮影し、粒子を追跡して、流速を計測した。

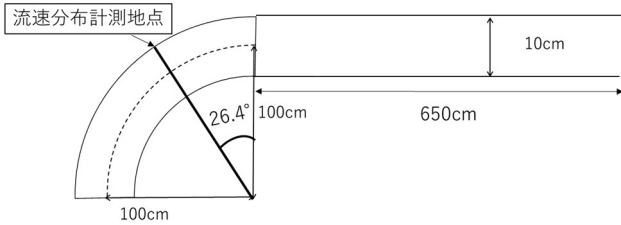


図-1 実験水路模式図

3. 実験結果

表-1 のように土砂の輸送濃度を変化させて実験を変化させた 4 ケースについて実験を行った。図-2 に各濃度における外岸の水位と堆積高さを示す。このグラフからわかるように Run1～3 は接

続部から 45cm 下流の地点で水位が最も高くなる。それに対して Run4 は外岸の水位が突出して高くなっている地点は存在していない。これは輸送濃度が高くなると降伏応力が大きくなり、水位の縦断変化が抑制されるためと考えられる。また、土砂の濃度が大きくなるほど湾曲部で土砂の堆積が見られた。また、緩勾配で掃流砂が卓越する河川とは異なり、堆積域は湾曲外岸側で形成された。なお、平衡濃度は江頭らの式³⁾より 0.38 であるが、平衡濃度よりも濃度が小さい状態でも湾曲部外岸で土砂の堆積が見られた。

図-3～5 に接続部から 45cm 下流の地点（図-1 で示した場所、図-2 の赤い点線）の外岸における Run2～4 の流速分布を示す。直線部では Run3, 4 では土石流の典型的な流速分布の 3/2 乗則に近い分布型を取り、他のケースと比べて輸送濃度が小さい Run2 は流れの対数則に近い分布型を取る。Run2 の流速分布は湾曲部外岸では直線部より速度勾配が緩くなる傾向を示すが、Run3, Run4 は湾曲部外岸と直線部の速度勾配はほとんど変わらない。また、他のケースより輸送濃度が高い Run4 は河床近傍付近の流速がゼロに近いことがわかる。輸送濃度の違いによる比較では、Run4 は Run2 と Run3 に比べて流速が小さい。このような流速の低下も外岸で水位が上昇していない原因の一つと考えられる。

図-6, 7 に Run4 の直線と湾曲外岸の土石流の流況を示す。図-6 の直線部では土砂は水面まで到達して流れていることが確認できるのに対し、図-7 の湾曲部外岸では水と土砂が分離し表層に清水層、下層に土砂と水の混合層の鉛直 2 層構造の現象が確認できる。

表-1 実験条件

	輸送濃度	流量(cm ² /s)	土砂量(cm ² /s)
Run1	0	100	0
Run2	0.1	90	10
Run3	0.2	80	20
Run4	0.3	70	30

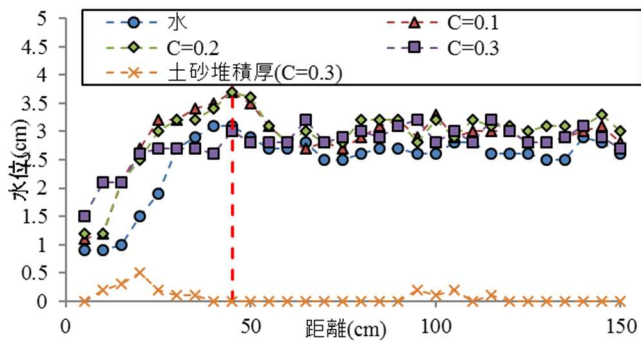


図-2 外側での水位

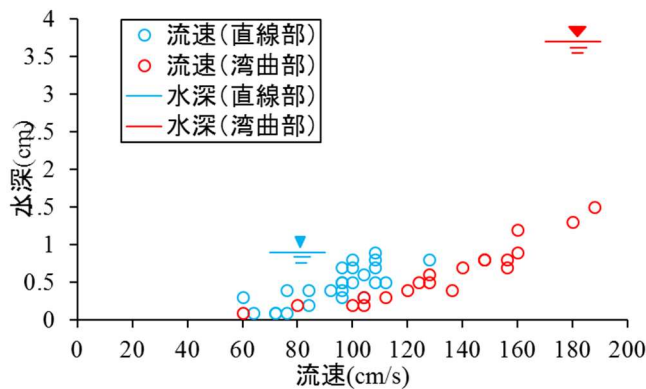


図-3 Run2 の流速分布

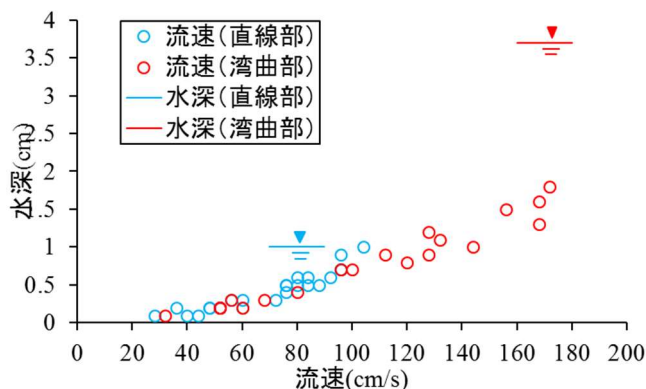


図-4 Run3 の流速分布

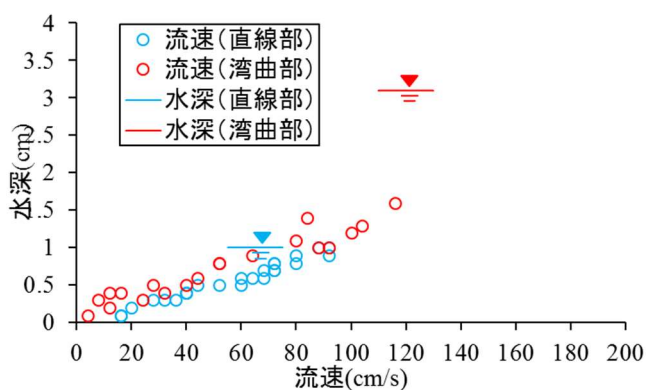


図-5 Run4 の流速分布



図-6 Run4 直線部分の流況



図-7 Run4 湾曲部外岸の流況

4. まとめ

本研究では、定常状態でいくつかの輸送濃度の土石流の実験を行い、湾曲部における土石流の濃度による流動特性の違いについて検討した。その結果、湾曲部外岸では土砂堆積が生じること、土石流の流速が水位に大きく影響を及ぼすことが分かった。また、湾曲部では水と土砂が鉛直二層構造となる現象が確認され、直線部と明らかに異なる流れの構造を持つことを確認した。

参考文献

- 1) 水山高久, 上原信司: 湾曲水路における土石流の挙動, 土木技術資料, 23-5, pp.243-248, 1981
- 2) 芦田和男, 高橋保, 新井宗之: 土石流の調整制御に関する研究(2)-流路湾曲部における土石流の流動, 京都大学防災研究所年報, B-2, pp.251-263, 1981
- 3) 江頭進治: 土石流の流動機構, ながれ, 19(2000), pp.74-80, 2000