

1.蛇行流路における混合砂礫場の流路変動特性に関する水路実験

久加 朋子¹・山口 里実²

Tomoko KYUKA, Satomi YAMAGUCHI

¹ 富山県立大学大学院 工学研究科 准教授

² 国立研究開発法人 寒地土木研究所 主任研究員

要 旨

近年、全国各地の山地河川において、斜面・河岸崩壊や土石流に起因する大量の土砂流入による災害が増加しており、これらの土砂流入が河床・流路変動に与える影響の把握が重要な課題となっている。特に、崩壊地から供給される細粒を含む土砂の挙動を理解することは、急流河川における流路変動の解明に不可欠と考えられる。しかしながら、これらに関する基礎的知見は限られた状況にあり、本年度研究では大規模水路実験から一様粒径と混合粒径場における河床・流路変動特性の違いを詳細に把握するためのデータ取得を目的としている。久加・山口は、これまでに一様粒径条件下での網状流路における流路変動実験を実施し、砂州発達や樹木の影響など把握してきた。これらの水路実験データを比較対象データとし、本年度は混合粒径場を対象とした網状流路における水路実験を新たに1ケース実施した。実験は平衡給砂条件とし、8.5時間の通水を行った。なお、今年度は実験の設計・実施と基礎的な整理に重点を置いたため、河床・流路変動特性の定量的な分析については次年度に実施予定である。本稿では、今年度実施した水路実験の構成・手法・観測項目等の概要について報告する。

《キーワード：混合粒径；水路実験；河床変動；細粒土砂》

1. はじめに

河道内に流入する細粒土砂は、その濃度によって氾濫原の高さ、河岸侵食量、土砂輸送特性を変化させ、沖積河川の中長期的な河床・流路形態に影響を与えることが知られている¹⁾。しかしながら、我が国のような急勾配河川における山地から生産される細粒土砂の挙動や、それらが河道内へ流入した後の輸送特性に関する知見は非常に限られた状況にある。こうした背景のもと、本研究の1年目の検討では、河岸を固定させた蛇行流路を作成し、その中で一様粒径と混合粒径を用いた際における河床・流路変動特性を比較するための水路実験を実施した。しかしながら、蛇行角をあらかじめ固定していることから、河床材料構成に与える影響を比較することはできるが、砂州の波長などの中規模河床形態に由来する河床・流路変動特性の比較を行うことが難しい課題があった。そこで、本年度は網状流路を想定した混合粒径実験を実施し、過去に実施した一様粒径を用いた網状流路実験との比較を行うことを目的とした水路実験を新たに実施することを試みた。新規水路実験は2ケースとし、平衡給砂条件および過剰給砂条件とを扱った。2ケースの実験はそれぞれ、平衡給砂条件および過剰給砂条件の設定とし、これまでの一様粒径実験との比較を行うことを主目的としている。なお、今年度は実験の設計・実施と基礎的な整理に重点を置いたため、河床・流路変動特性の定量的な分析については次年度に実施予定である。本稿では、今年度実施した水路実験の構成・手法・観測項目等の概要について報告する。

2. 水路実験

2.1. 実験条件

実験には、寒地土木研究所所有の長方形矩形水路を用い、初期水路形状として水路延長26.0 m、水路幅3.0m、低水路幅0.45 m、勾配0.01を作成した（図-1）。初期地形の土砂は高水敷に厚さ10cm、低水路に厚さ8 cmで敷設し、低水路河岸高は2 cmとなるようにした。これら条件は2016年に同水路で実施した一様粒径を用いた網状流路実験²⁾と同じ初期形状である。本年度の検討では、河床材料のみ混合粒径に変更している。本実験にて用いた混合砂は平均粒径0.76 mmであり、粒径加積曲線を図-2に示す。

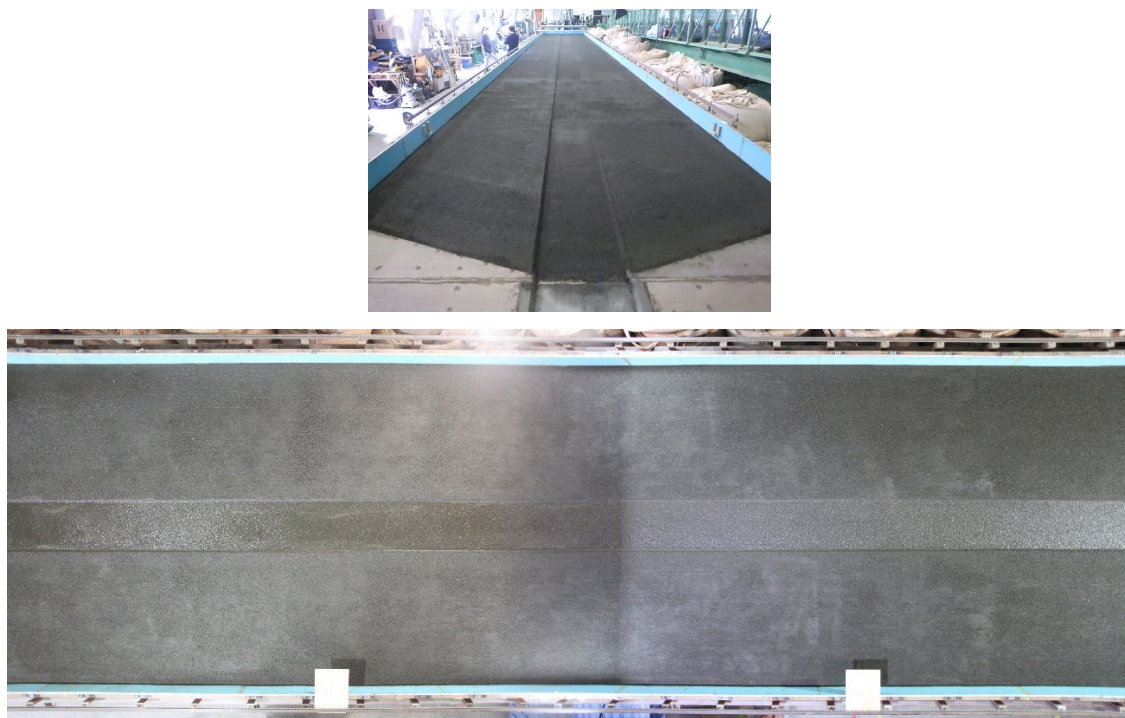


図-1 初期河床の様子，上) 水路上流側から撮影，下) 水路上部から撮影

表-1 実験ケース

Case	初期地形	初期水深	初期無次元掃流力	河床材料	通水時間
Case1 ^{※1}	複断面水路	14 mm	0.111	一様粒径(0.765mm)	8.5
Case2	複断面水路	14 mm	0.111	混合粒径 (0.763mm)	8.5

※1: 2016 年実施の既往実験

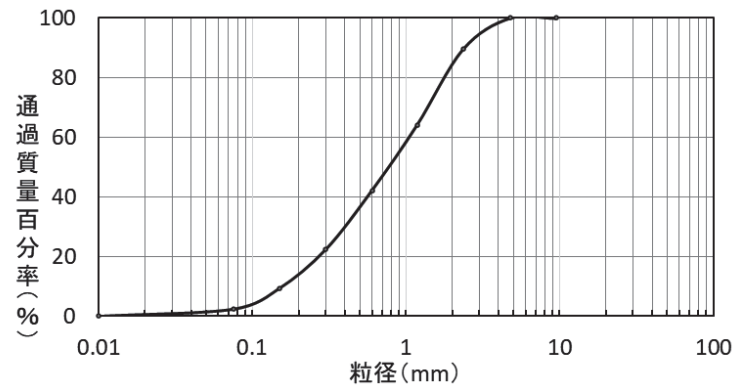


図-2 実験に用いた混合粒径材料の粒径加積曲線

2. 1. 実験ケース

実験ケースを表-1に示す．実験水理条件は既往実験²⁾ および岸・黒木³⁾を参考とし，初期条件のもとでは交互砂州形成領域となるように定めた．これは，一様粒径の既往実験では，交互砂州が形成された後，低水路幅拡幅に伴い多列流路へと時間変化する実験条件である．流量は一定流量 ($0.00276 \text{ m}^3/\text{s}$) とし，水路上流端からは2016年既往実験と同じ給砂量を平衡掃流砂量として与え続けた．

表-1に示すCase1は，2016年実施の既往実験である．初期河床材料を一様砂とし，8.5時間の通水中に水路上流端から平衡掃流砂量（実験上流端直下の河床が上昇も低下もしない給砂量）を供給し続けたものである．Case2は初期河床材料を混合砂とし，Case1と同じく8.5時間の通水中に水路上流端から平衡掃流砂量（Case1と同量）を供給し続けたものである．混合粒径の場合，Case1とは平衡掃流砂量が異なることも考えられたが，実験条件をできる限りそろえることを優先し，Case1と同じ土砂量を平衡掃流砂量と定義して与えてものとした．

実験データの取得は，Case1では水路上部にタイムラプスカメラを設置して河床変動の様子を記録すると共に，通水前後の河床高を3Dスキャナ（STONEX製X300）にて計測した．今回実施したCase2では，実験中は水路上部にタイムラプスカメラに加えて4Kビデオを設置し，河床変動の様子を記録している．また，通水前と通水終了後は，河床高を超高速インラインプロファイル測定器（KEYENCE社製）にて計測した．

3. 結果・考察

図-3に実験終了時の河床の様子を示す．図より，一様砂で行ったCase1は，側壁近くまで広がる形で多列流路を形成していると分かる．一方，混合粒径で行ったCase2はCase1と同じく多列流路を形成するものの，流路の側壁方向への移動量がCase1に比べて小規模であると分かる．低水路の深さの違いなどはR7年度に整理予定であるが，実験中の目視では，Case2の方が水深のある流路を形成しているように見受けられた．これは，混合粒径の方が一様粒径よりも砂礫の安息角が大きく，河岸侵食量が小さくなるためと考えられる．本結果は実験前からある程度想定された結果ではあるが，これまで数値計算に用いるための検証用に利用できる水路実験は限られており，貴重な実験データと考えられる．

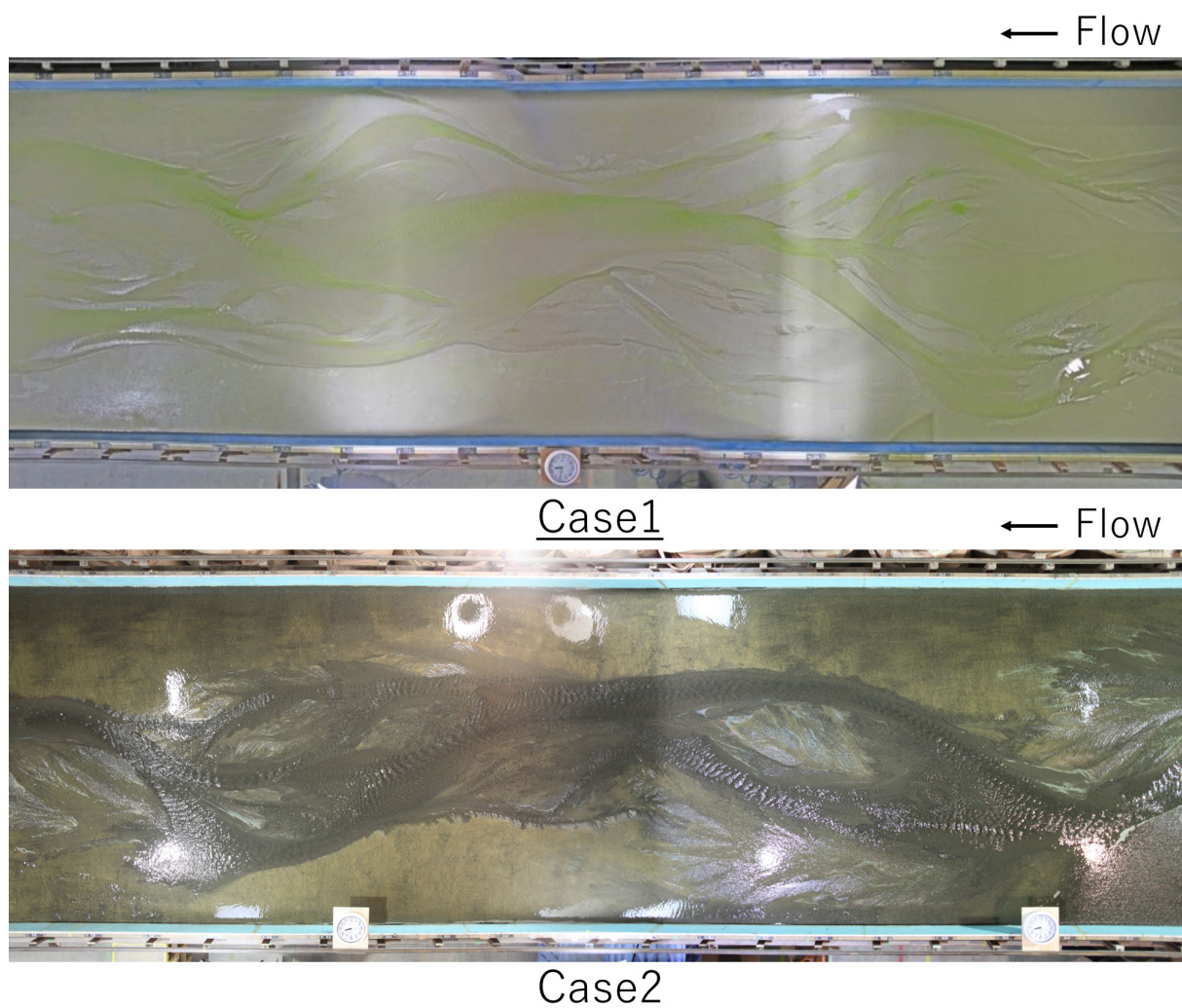


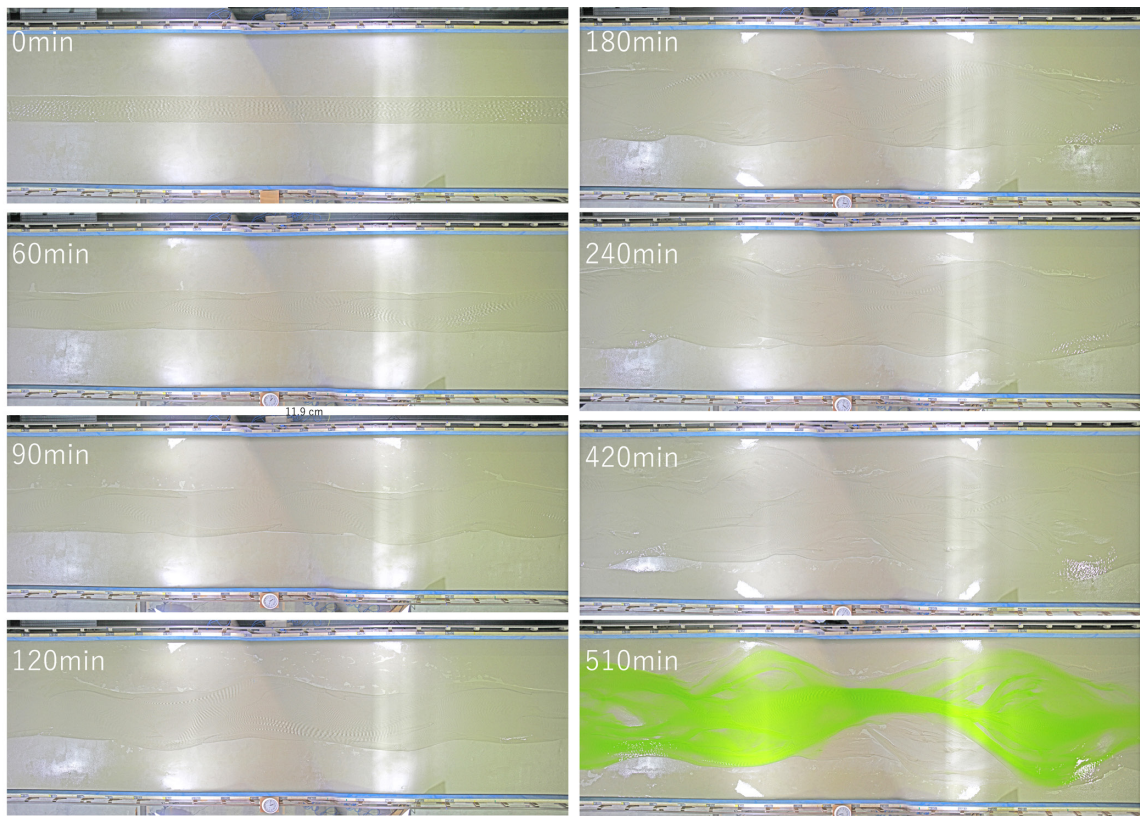
図-3 実験終了時の様子，上) Case1（一様粒径），下) Case2（混合粒径）

図-4にCase1とCase2の実験中の流路変動速度の違いの様子を示す．図より，Case1に比べてCase2の方が初期の河床変動量が大きく，短時間で交互砂州から多列流路へと遷移した．しかしながら，180分経過後あたりからCase2では流路の拡幅が止まり，流路の平面的な位置の変化も小規模となる．一方，Case1はCase2に比べて初期段階での側方移動量は少ないものの，時間経過と流路の側方移動あるいは新たな流路が形成され，Case2よりも広い低水路幅を形成することとなる．

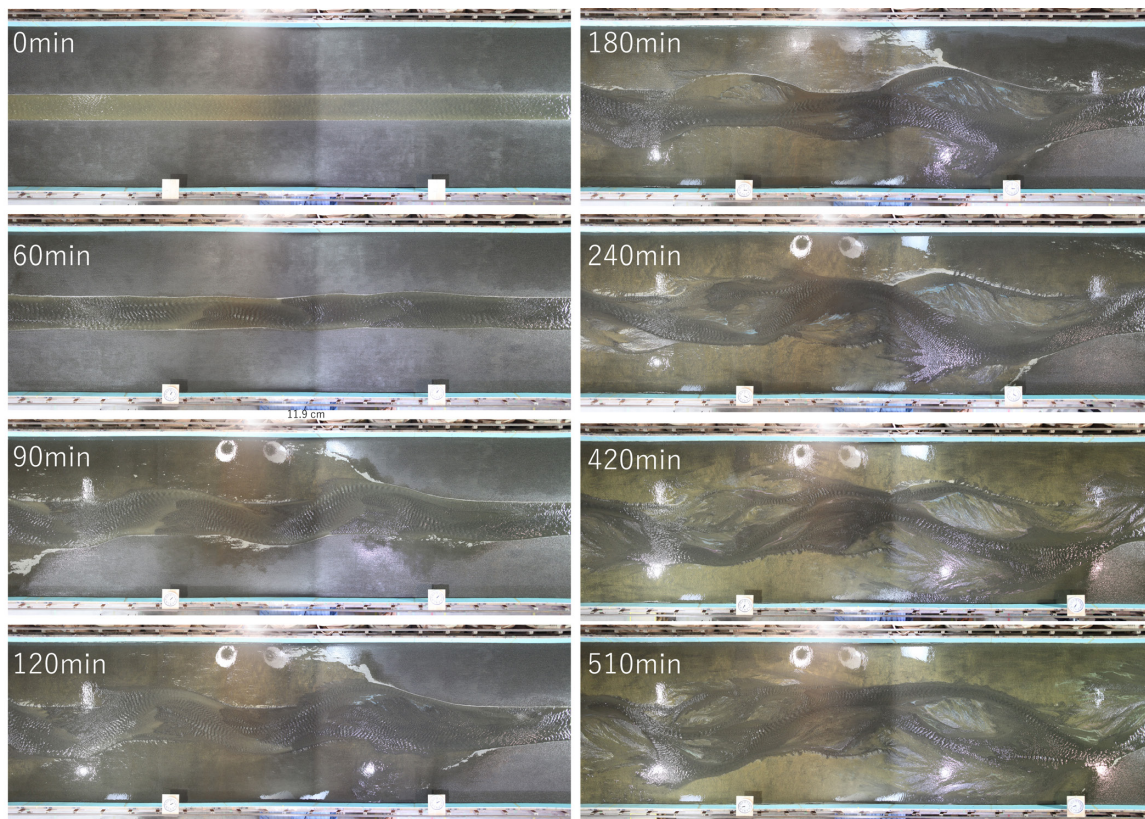
本年度は水路実験を実施し，簡単な整理のみを実施した．R7年度，R5年度とR6年度の実験結果を整理し，一様砂と混合砂における河床・流路変動特性の違いを詳細に比較する予定である．

4. 結論

混合粒径を用いた検討として2年目となる本研究では，2016年度に実施した一様粒径での網状流路を対象とした水路実験を比較対象とし，混合粒径場における河床・流路変動特性の違いを把握するための水路実験を実施した．結果，混合粒径では一様粒径に比べて実験開始直後の河床・流路変動量が大きく，90分程度の短時間で交互砂州から流路蛇行化へと移行し始めた．さらに，180分経過後あたりから低水路幅の拡幅が止まり，Case1よりも狭い低水路幅の中で流路移動が生じることとなった．



Case1



Case2

図-4 河床・流路変動の時間変化, 上) Case1 (一様粒径), 下) Case2 (混合粒径)

参考文献

- 1) M. G. Kleinhans, B. de Vries, L. Braat, M. van Oorschot: Living landscapes: Muddy and vegetated floodplain effects on fluvial pattern in an incised river, *Earth Surface Processes and Landforms*, 43, pp. 2948–2963, 2018.
- 2) 内田典子・久加朋子・木村一郎・清水康行：裸地砂州への種子定着特性の検討と植生分布が河床変動の応答に与える影響，*土木学会論文集B1（水工学）*. 72（4），pp. 1087–1092, 2016.
- 3) 黒木幹男・岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，*土木学会論文報告集*, 342, pp.87–96, 1984.