

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○久加 朋子

京都大学防災研究所 正会員 藤田 正治

京都大学防災研究所 正会員 竹林 洋史

1. はじめに

近年、コンクリート河川や河床低下による基岩露出河川などの固定床河川における土砂の再被覆を目的とした環境配慮事業が全国的に実施されている。固定床河川における土砂の輸送特性に関する研究はこれまでもいくつか実施されている¹⁾。しかし、実河川では供給土砂量が時間的に大きく変化し、土砂の堆積・浸食とともに固定床から移動床、移動床から固定床にと、河床の状態が時空間的に変化しながら土砂が伝播しているが、給砂量の違いによる土砂の伝播特性に関する知見はほとんど得られていない。本研究では、固定床河川における土砂供給量と流砂の伝播特性との関係に関する基礎情報を得ることを目的とし、一定流量の給水条件で異なる給砂量を供給した場合における土砂の伝播特性を水理模型実験で検討した。

2. 実験方法

実験水路は全長 21m、幅 0.5m、勾配 0.0012 の長方形断面水路を用い、平均粒径 0.053cm の珪砂 5 号（図 1）を張り付けたベニヤ板を水路底に敷いて固定床とした。水路下流端には水深を等流水深に調節するためのゲートおよび土砂を捕捉するための採砂箱を設置し、下流端から 5.2m 上流地点には給砂投入点を設定した。給砂材料は全ての実験を通して平均粒径 0.108cm の一様砂とし、移動床実験のみ河床砂として珪砂 5 号を敷き詰めた（図 1）。実験の水理条件を表 1 に、2 種類の実験条件を表 2（No1）および表 3（No2）に示す。実験 No1 では移動床実験と固定床実験の流砂の伝播速度を比較するため、800g と初期に多めの土砂を置土状に給砂投入点に与えている。実験 No2 では、固定床河川に与える給砂量の違いによる土砂の伝搬速度の違いについて検討するため、土砂

の総供給量を 2400g に統一し、少量ずつ時間をかけて給砂する CaseF-1 から全ての土砂を一度に与える CaseF-4 まで変化させた。実験中は、下流端で流出土砂を採集し、実験終了後、河床地形の測定を行った。各実験で与えた給砂量は CaseFB-1、CaseMB-1、CaseF-1 は移動床の平衡流砂量²⁾であり、CaseF-3、CaseF-4 は固定床の堆積限界掃流量以上に相当する。

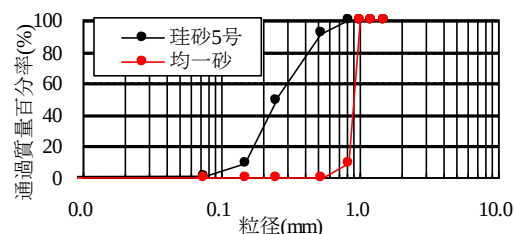


図 1 実験砂の粒径加積曲線

表 1 実験条件

実験条件			
河床勾配	0.0012	$BI^{0.2}/H_0$	1.78
流量(L/s)	15.24	τ^*	0.047
水深 H_0 (cm)	7.3	U^*	0.029
n	0.012	一様砂 d_m (cm)	0.11

表 2 実験 No1 実験ケース

CASE	初期 給砂量(g)	給砂量 (g/30s)	回数	給砂終了 時間 (min.)	実験時間(min.)
MB-1	800	40	60	30	1,5,10,20,30,40,50
FB-1	800	40	40	20	1,5,10,20

※B-1:20分経過時で河床地形の先端が下流端に到達し、実験終了

表 3 実験 No2 実験ケース

CASE	給砂量 /回 (g)	回数	給砂終了 時間 (min.)	実験時間(min.)
F-1	40	60	30	1,5,10,20,30,80
F-2	80	30	15	1,5,10,20,30,80
F-3	200	12	6	1,5,10,20,30,80
F-4	2400	1	-	1,5,10,20,30,80

3. 結果と考察

3.1 移動床と固定床の流砂の伝播速度の違い

実験 No1 における水路下流端の流砂量を図 2 に

示す。移動床実験では、河床に 1mm 未満の珪砂 5 号を敷いているため、ここでは 1mm 以上の土砂に着目している。図より、移動床では 20 分経過後においても給砂された土砂が全く下流端から流出してこないが、固定床ではわずか 1 分後から土砂が流出し始めていることが分かる。これは、移動床では給砂された土砂が河床材料と混合しながら輸送されてゆっくり下流に伝播するが、固定床では給砂された土砂が河床材料と混合することなく伝播するため、非常に伝播速度が速くなるためと考えられる。つまり、固定床河川で河川整備を行う場合、移動床河川に比べて給砂の質と量の時間的な変化が、下流域の地形や河床材料の粒度への影響として早く現れる点に注意が必要である。

3.2 固定床水路の流砂の伝播特性

実験 No2 において、総給砂量を統一した上で給砂量を時間的に変化した場合における水路下流端への流出土砂量の違いを図 3 に示す。図 3 より、一度に多くの給砂量を与えたにも関わらず、CaseF-3 および CaseF-4 は、下流端からの初期の流出土砂量が少ないという結果が得られた。実験 CaseF-1 および CaseF-4 の開始 10 分後のコンター図（図 4）を比較すると、一度に与える給砂量の少ない CaseF-1 と異なり、CaseF-4 には固定床上に土砂が堆積していることがわかる。つまり、一度に多くの土砂が給砂された場合は、土砂が下流に輸送されにくいようである。これは、少しずつ給砂した場合は、流砂が流れに与える影響が小さく、ほぼ等流状態の流れ場の流体力を受けて土砂は下流に伝播される。一方、一度に多くの土砂を給砂して土砂が堆積している場合は、堆積土砂の下流域に流れの剥離が形成され、土砂が剥離域に取り込まれながら下流に伝播するため、伝播速度が遅くなるものと考えられる。

3.3 固定床上に堆積した土砂の浸食特性

実験 No1 における移動床実験（CaseMB-1）では、上流域の堆積地形は比較的長時間安定して存在したが、実験 No2 における CaseF-3、CaseF-4 において固定床上に形成された堆積地形は、短時間で分裂を繰り返しながら崩壊した。固定床上の堆積地形の崩壊は、図 4 の CaseF-4 に認められるように、横断方向に周期性がある堆積地形となって

おり、堆積地形の上流端から始まった浸食が地形の下流側まで達した時点より急激に加速された。上流側から始まる浸食は、固定床河川に特徴的な強い縦渦の影響である可能性が考えられる。実河川では、流量が変化し、それにより縦渦の横断方向のモード数が変化して浸食位置が変化することを考慮すると、土砂供給が十分でない固定床河川では、土砂は河道内にほとんど堆積しない事が予想される。

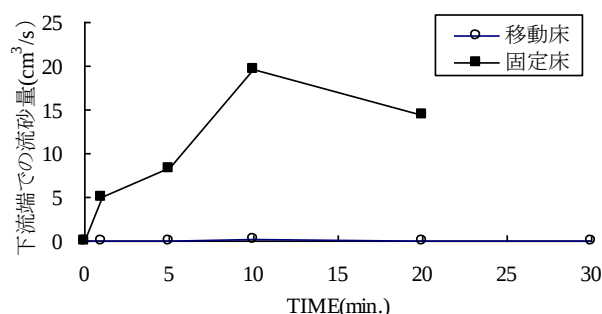


図 2 固定床と移動床での土砂の伝搬速度の比較

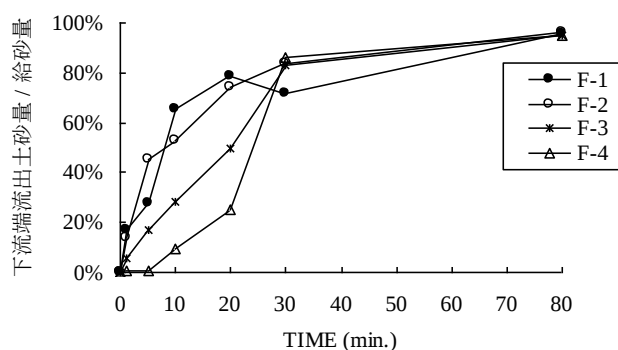


図 3 給砂量に対応した土砂の伝搬速度の比較

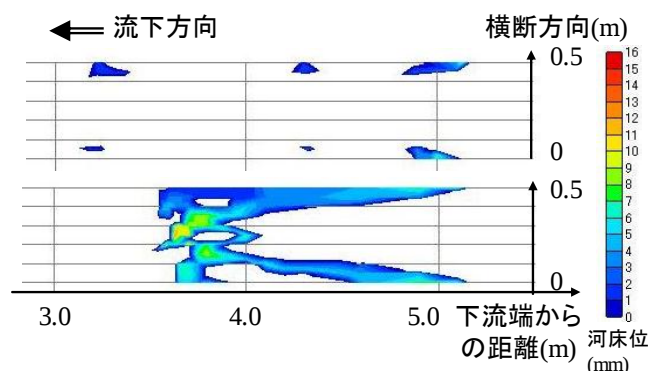


図 4 実験開始 10 分後(上：CaseF-1，下：CaseF-4)

参考文献

- 1) 江頭進治・吉栖雅人・伊藤隆郭：固定床開水路における砂礫の輸送形態と輸送能力，水工学論文集 vol.35, pp.441-446, 1996
- 2) 芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，vol.208, pp.59-63, 1972