

給砂量の時間的な変化が流砂の伝播特性に与える影響

京都大学大学院工学研究科 ○久加 朋子
京都大学防災研究所 藤田 正治, 竹林 洋史

1. はじめに

近年、都市近郊や農村域を中心に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。しかし、固定床上の流砂特性¹⁾については十分な知見が得られておらず、上流からの流砂が少ない固定床河川における河床地形および堆積土砂の粒度の予測が非常に難しい現状がある。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、土砂は時空間的に変化しながら伝播している。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タイミングで土砂を供給した場合における土砂の伝播特性の違いを水理実験で検討した。

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 0.53 mm 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 1.08mm 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、実験条件を表-2 に示す。図中の実験ケースのうち F および FB は固定床実験を、MB は移動床実験を示す。CaseF-1～F-4 では、固定床河川に与える給砂量の違いによる土砂の伝播速度の違いを確認するため、土砂の総給砂量を 2400g に統一し、少量ずつ時間をかけて土砂を給砂する CaseF-1 から土砂を一度に置土状に与える CaseF-4 まで給砂方法を変化させた。また、

Case-FB と Case-MB では、固定床と移動床水路での流砂の伝播速度を比較するため、初期に 800g と多めの土砂を置土状に給砂投入点に与えた。水理条件は一定流量とし、岸・黒木による中規模河床波が形成されない水理条件とした。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。

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であり、CaseF-3、CaseF-4 は固定床の堆積限界の掃流砂量付近、およびそれ以上に相当する。平衡流砂量は、水理条件が給砂した砂礫の限界掃流力付近であったことから、実験水路に砂礫を流して妥当な値を設定した。堆積限界掃流砂量は、限界摩擦速度を樁の研究成果²⁾ よりを与え、芦田・道上式²⁾ を用いて値を計算した。

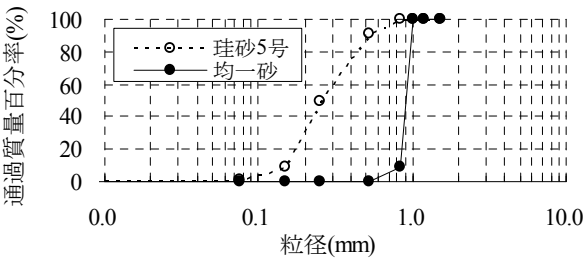


図-1 実験砂の粒径加積曲線

表-1 実験の水理条件

実験条件			
河床勾配	0.0012	$Bl^{0.2}/H_0$	1.78
流量 (L / s)	15.24	τ^*	0.040
水深 H_0 (cm)	7.3	U^*	0.026
粗度係数 n	0.012	一様砂 dm (mm)	1.08

表-2 実験条件

CASE	初期 給砂量 (g)	給砂量 / 回 (g)	回数	給砂終了 時間 (min.)	実験時間 (min.)
F-1	0	40	60	30	1,5,10,20,30,80
F-2	0	80	30	15	1,5,10,20,30,80
F-3	0	200	12	6	1,5,10,20,30,80
F-4	0	2400	1	-	1,5,10,20,30,80
FB	800	40	40	20	1,5,10,20
MB	800	40	60	30	1,5,10,20,30

3. 固定床と移動床水路との流砂の伝播速度の違い

固定床水路と移動床水路における水路下流端での単位時間あたりの流砂量を図-3 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-3より、移動床水路（Case-MB）では30分経過後においても置土状に給砂された土砂が全く下流端から流出してこないが、固定床水路（Case-FB）ではわずか1分後から流出し始め、8分後には、継続的に与え続けた平衡流砂量40gよりも多量の土砂が下流端から流出し始めた。つまり、固定床上に置土状に土砂を与えたとしても、移動床河川に比べると活発に土砂が下流へと輸送されるようである。これは、移動床水路では給砂された土砂が河床材料と混合しながらゆっくり下流に伝播するが、固定床水路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、流砂の伝播速度が非常に速くなると考えられる。

4. 固定床水路の流砂の伝播速度

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-4に示す。図-4より、堆積限界掃流砂量より少ない土砂を与えた CaseF-1 と CaseF-2 では、どちらも土砂が短時間で下流端まで到達し、伝播速度も大きく異ならなかった。一方、CaseF-3 および CaseF-4 では、一度に多くの土砂を与えたにも関わらず、下流端からの初期の流出量が少ないという結果が得られた。つまり、一度にたくさんの土砂を与えられた固定床水路ほど、土砂が下流に輸送されにくいようである。これは、少しずつ流砂を供給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が下流に流下されること、および本条件では固定床河床と砂礫との内部摩擦角が砂礫と砂礫との内部摩擦角より小さいため、流砂の伝播速度が速くなるものと考えられる。一方、多くの土砂が河床上に堆積している場合、堆積した土砂の下流側に流れの剥離域が形成され、土砂が剥離域に取り込まれながら下流に伝播するため、流砂の下流への伝播が遅くなるものと考えられる。ただし、図-5に示すとおり、移動床水路（Case-MB）と異なり、固定床上に形成された地形は、上流側からの浸食により比較的短時間で分裂を繰り返しながら崩壊した。これは、固定床河川に特徴的な強い

縦渦による影響である可能性が考えられる。

5. おわりに

固定床上を流れる流砂は、単時間あたりの供給砂量に応じて伝播速度を変化させ、その境界が土砂の堆積限界掃流砂量付近に存在することが明らかとなった。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。

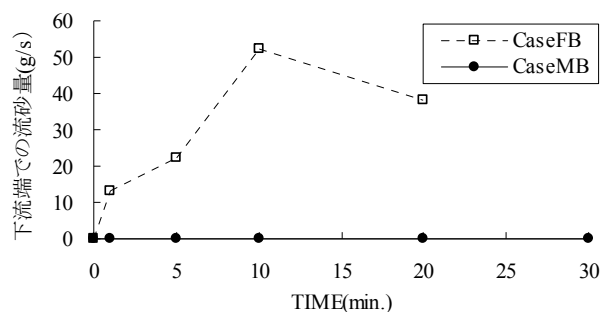


図-3 固定床と移動床での土砂の伝播速度の比較

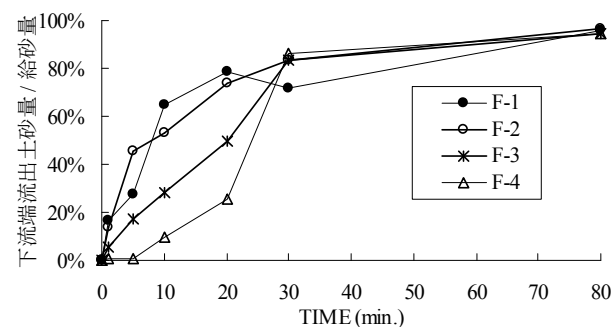


図-4 給砂量に対応した砂礫の伝播速度の比較

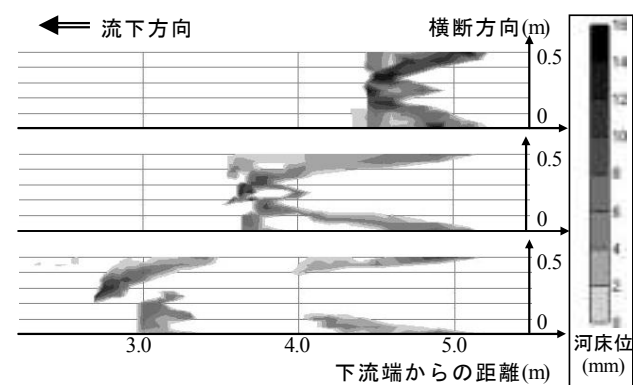


図-5 固定床と移動床での土砂の伝播速度の比較

5. 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 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, 208, pp.59-63, 1972