

急勾配混合砂礫河床における大流量時の流砂量変動特性に関する研究

愛媛大学工学部 正 員 鈴木 幸一
復建調査設計㈱ 正 員 山本 裕規
㈱シアテック 正 員 ○藤岡 貴之
豊中町 正 員 図子 孝幸

1. はじめに

山地河川は、一般に急勾配であり、河床構成材料の粒度分布が広い、いわゆる混合砂礫より構成されているので、河床では様々な混合効果が起こり、その効果が混合砂礫の流砂現象に大きな影響を与えている。

ここでは、山地河道の流砂特性を明らかにするために、砂と礫の急勾配二粒径混合砂礫河床を用いて、礫集合部分の形成・破壊に伴う流砂量の変動特性および流砂機構を実験的に検討した。

2. 実験概要

実験水路は、長さ 7m、幅 15cm の可変勾配水路で、側壁は透明ガラスでできており、流砂の動きを見ることができる。使用材料は、平均粒径 1.48cm の石礫と 0.14cm の細砂の 2 粒径であり、これらを体積比 1:1 で混合したものを、水路全長にわたり 15cm の厚さで平坦に敷き詰めた。そして、表-1 に示す水理条件で通水し、水路下流端において 1 分毎の流出流砂量を測定した。実験中は水路上流端より、河床材料と同じ混合砂礫を給砂し、上流側の基準断面での河床高が常に一定になるようにした。また、通水中は下流端水路側方に設けたビデオカメラにより通水終了時まで撮影を行い、流況等を観察し、通水後に河床形状および河床表層の写真撮影をした。

表-1 実験条件

Run No.	水路勾配 <i>I</i>	通水流量 <i>Q</i> (ℓ/sec)	通水時間 <i>t</i> (min)
Run A-1	1/20	4.0	0~15
Run A-2	1/20	3.0	15~32
Run A-3	1/20	2.0	32~47
Run A-4	1/20	1.0	47~62
Run B-1	1/60	10.0	0~20
Run B-2	1/60	8.0	20~45
Run B-3	1/60	6.0	45~60
Run B-4	1/60	4.0	60~75
Run C	1/20	3.0	0~60

3. 実験結果と考察

1) 流砂形態の分類

本実験では、同一水理条件で給砂を行っても、河床には礫の停止・集合によって流砂形態が変化し、その結果下流端での流砂量が時間的に大きく変動する。ここでは、撮影したビデオや写真などから砂礫の流砂形態を以下のように分類し、図-1 にそれぞれの概念図を示している。

①. 砂礫鉛直分級過程：砂・礫とも活発に移動している状態で、礫は砂床面上に突出しきわめて高速で転動する。砂は底面下の移動しない礫の間隙を充填して底面を平滑にするという、いわゆる鉛直分級を繰り返しながら流送される。その結果、河床面が滑らかになり礫がその上を滑るように移動する流砂形態で、通水中最も流砂量が多くなっている。

②. 礫停止・集合過程：砂・礫が活発に流送される状態であっても、砂床面上を移動する礫の分布密度が増し、礫の移動速度が減少すると、礫が河床に停止して集合部が形成される。

③. 砂洗堀・堆積過程：礫集合部が形成されると、その直下流部で洗堀が生じ、礫集合部上流側では砂の堆積が生じる。

④. 堆積部崩壊過程：流砂形態③の洗堀孔が発達すると、上流側の礫集合部分が洗堀孔内へ崩壊する。礫集合部の規模が小さい場合は、洗堀孔の下流側で再び礫が停止して流砂形態③→④の過程を繰り返しながら

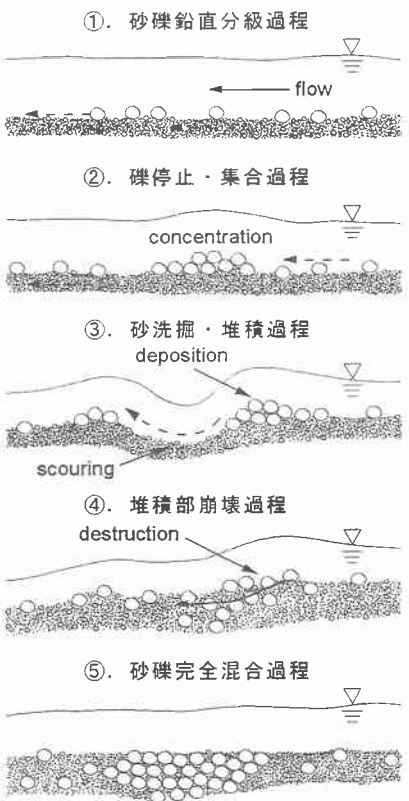


図-1 流砂形態の概念図

下流へ伝播する。

⑤. 砂礫完全混合過程：流砂形態④の過程において礫集合部の規模が大きく、崩壊によって礫が洗堀孔を埋めてしまう場合、河床表層の礫の割合が一時的に大きくなり、砂・礫ともに移動が間欠的となって、流砂量が著しく減少する。この状態は、上流から砂が流送され礫の空隙に入り込み、礫集合部が減摩効果により動きやすくなって破壊されるまで継続される。

これらの過程は定常状態となることはなく、流砂形態①から流砂形態⑤の過程を経て、再び流砂形態①の過程に移るのが基本的なパターンである。しかし、各過程が明確でない場合や、流砂形態②の過程から流砂形態①の過程に移行するなど、必ずしも基本パターン通りの変化をするとは限らない。

2) 掃流砂量の時間的変動

図-2 は Run-A における流砂量の時間変化を示したもので、流量が比較的大きい時には、流砂量が時間的に大きく変動しているが、流量が減少すると、砂のみが移動する選択輸送が生じ、流砂量の時間変動もほとんど無くなっている。Run-B についても同様の傾向が見られた。

図-3 は、Run-C の流砂量の時間変化と、通水中に確認できた礫集合部分の発生地点・発生時間と、それが下流端に到達した時間を示したもので、礫集合部分が下流端へ到達した時間付近で砂・礫ともに流砂量が減少していることが分かる。

3) 流砂形態および混合効果を考慮した流砂量式の検討

混合砂礫河床における流砂量は、流砂形態の変化や混合効果により大きく異なるが、従来の Meyer-Peter&Müller 型の掃流砂量式を補正した鈴木¹⁾らの提案式(1)によって、得られた計算値と実測値とを比較してみる。

$$q_{b*} = 8i_b (\varepsilon_1 \tau_{*i} - \varepsilon_2 \tau_{*c})^{3/2} \quad (1)$$

ここに、 ε_1 は砂礫の突出・遮へい効果の補正係数、 ε_2 は減摩効果の補正係数である。

図-4 は計算された最大・最小流砂量と実測値とを比較したものである。図より、礫の流砂量に関しては、いくつかのデータを除いては実測値とよく一致している。△で示す砂の最小流砂量は、全体的に実測値の方がやや過大となっているが、今後各流砂形態の表層粒度分布を調べることで適合性が向上するものと考えられる。ただし、砂の最大流砂量に関しては実測値がかなり過大になっているが、これは流砂形態①では砂の上を礫が滑るように移動しているが、砂の流送を遮へいするほど礫が表層に存在していないためである。

4. おわりに

今後は、各流砂形態の発生条件と発生間隔についての検討を行う必要がある。

参考文献 1) 鈴木・栗原・山本：二粒径混合砂礫による流砂量に及ぼす砂礫の混合効果の検討，水工学論文集，第 38 巻，pp.627-632,1994.

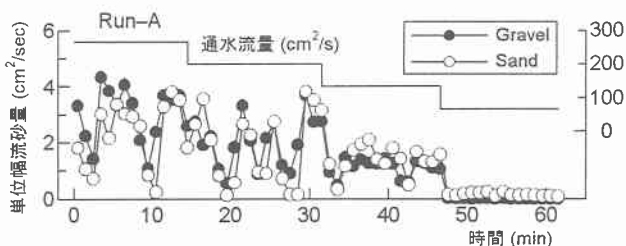


図-2 Run-A の粒径別流砂量の時間変動

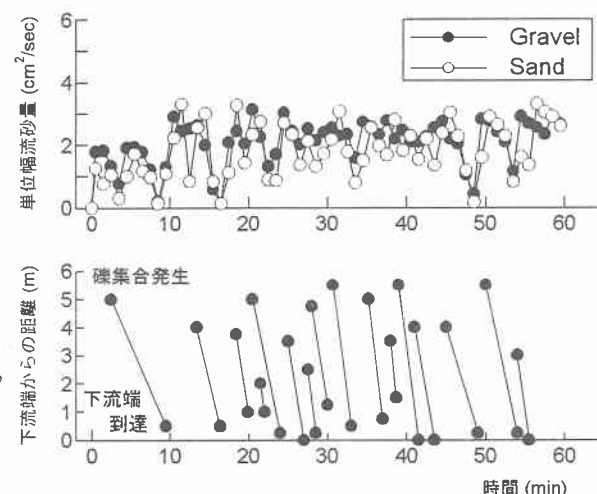


図-3 Run-C の流砂量の時間変動と礫集合部の発生時間

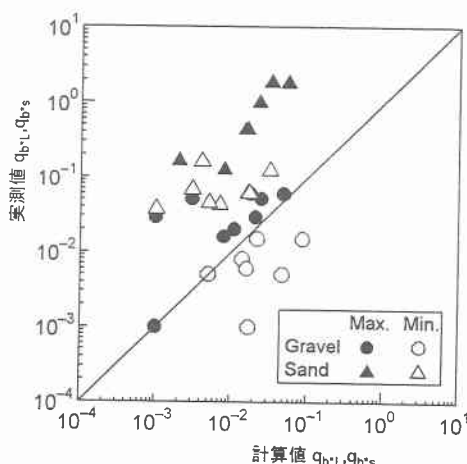


図-4 最大・最小流砂量の実測値と計算値の比較