

急勾配移動床水路における混合砂礫の流砂量と分級に関する研究

九州大学工学部 学生員 田畑 敦圭
 九州大学大学院工学研究院 正員 橋本 晴行
 九州大学大学院工学府 正員 池松 伸也
 九州大学大学院工学府 学生員 田崎 信忠

1. はじめに

最近、流域の源頭部から海岸までの水系一貫した土砂管理や、流砂の自然な土砂の流れの復活が叫ばれている。このような場合においては、流砂の量と質の正確な評価が必要となるが、十分な精度での予測までには至っていない。特に実際河川の河床は、混合砂礫から構成されており、砂礫の移動とともに分級が生じるなど、流砂現象の予測をさらに困難にしている。本研究は、急勾配移動床水路において、混合砂礫の流砂量と分級過程を調べ、その特性を明らかにしたものである。

2. 実験方法

実験に使用した水路は全長12m、幅20cmの片側アクリルライト製可変勾配水路であり、水路の下流側8mを厚さ10cmの移動床とした。

Run 1, 2においては、河床材料として、粒径 $d=0.84, 1.5, 2.0, 3.3, 5.9, 12, 13.6, 23.8\text{mm}$ の均一な砂礫をそれぞれ容積比 $6:6:6:6:4:4:2:1:1$ で混合した材料を用いた。その平均粒径は $d_m=4.467\text{mm}$ であり、密度 $\sigma/\rho=2.63$ である。

Run 3においては、河床材料として、粒径 $d=0.84, 1.5, 2.0, 3.3, 5.9, 12\text{mm}$ の均一な砂礫をそれぞれ容積比 $6:6:6:3:3:2$ で混合した材料を用いた。その平均粒径は $d_m=3.30\text{mm}$ であり、密度 $\sigma/\rho=2.63$ である。

Run 1, 2では水路勾配を 3° とし、上流端から単位幅流量 $q_{wo}=100, 300\text{cm}^2/\text{s}$ の水を供給した。下流端で流れを採取し、全流量 q_t や輸送濃度 C_T を計測した。また、実験後、下流端から1m, 3m, 5m, 7mの地点において長さ30cm、厚さ2cm、幅20cmの河床砂を採取し、同様に粒度試験を行った。

Run 3では水路勾配を 6° とし、上流端から単位幅流量 $q_{wo}=200\text{cm}^2/\text{s}$ の水を供給した。実験後には下流端から1m, 3m, 5m, の地点において長さ50cm、厚さ2cm、幅20cmの河床砂を採取し、粒度試験を行った。

3. 実験結果と考察

水路下流端において採取した流砂について粒度分布を調べた結果をそれぞれ図-2(a),(b),(c)に示す。またそれぞれの平均粒径および標準偏差を図-3(a),(b),(c)に示す。ここで、 t' は流砂を一つのコンテナに採取する時間、 z はサンプリング土砂を採取する際の表層範囲、 x は下流端からの距離を示す。

図-2(a), (c)において、各採取時間毎の流砂の平均粒径が広域に分布していることがわかる。これに対して、図-2(b)では、流れの先頭部における平均粒径は粗く、後続部におけるそれは前者と比較して細くなっていることが

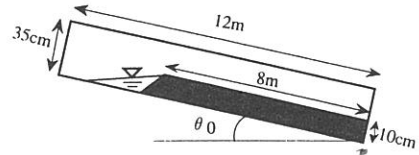


図-1 水路図

表-1 実験条件

	Run 1	Run 2	Run 3
$q_{wo}(\text{cm}^2/\text{s})$	97.53	303.6	200.0
$\theta_0 (^\circ)$	3	3	6
$d_m (\text{mm})$	4.467	4.467	3.300
$d_{50} (\text{mm})$	2.034	2.034	1.628
$(d_{84}/d_{16})^{1/2}$	2.81	2.81	2.64

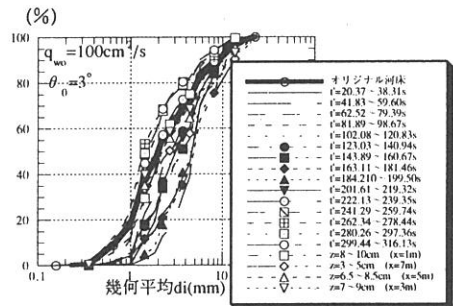


図-2(a) 水路下流端で採取された流砂の加積通過百分率

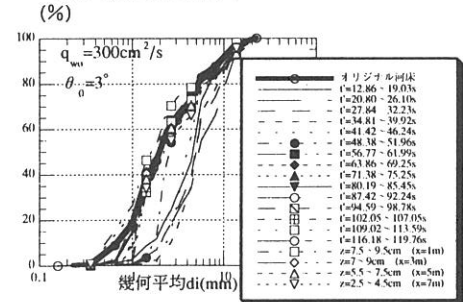


図-2(b) 水路下流端で採取された流砂の加積通過百分率

わかる。全ての実験における後続流の粒度分布が、オリジナル河床と実験後河床のそれと適合した形になっている。

図-3(a)においては、 $t^* = 175s$ 付近において再度平均粒径が増加している点がある。このため、図-2(a)において各採取時間毎の粒度分布が複雑なばらつきをとったと考えられる。これについては今後さらに検討する必要がある。しかしながら、図-3(b),(c)にみられる経過時間と粒径の時間的変化は顕著に表れており、時間の経過と共に、平均粒径も減少していることがわかる。また、標準偏差については図-3(a),(b),(c)いずれも明瞭な傾向が見られなかった。

図-4は従来、橋本・平野らにより提唱されている流砂量式¹⁾を適用させ、無次元流砂量を無次元掃流力に対して表したものである。図中の点線は橋本・平野らの流砂量式を示す。図-4において、大部分の実験値がこの流砂量と適合していることがわかる。これにより、混合砂礫を均一砂の流砂量式に適用させることは可能であるといえる。

結果、流れの先頭部には比較的粗粒な土砂が集中する一方で、後続流になると源河床のそれとほぼ同様な粒度構成となることがわかった。

4. おわりに

以上、広範な粒度分布を持つ混合砂礫を河床材料として、表-1の三つの実験条件のもとで実験を行い、水路下流端に流出してくる流砂の粒度分布の変化と流砂の分級特性をそれぞれ比較、検討した。芦田²⁾が既に指摘されているように、流れの先頭部には比較的粗粒な土砂が集中する一方で、後続流になると源河床のそれとほぼ同様な粒度構成となることがわかった。これは従来、土石流の特性として知られていることである。

参考文献

- 1) 橋本晴行・平野宗夫：掃流状集合流動の抵抗則と流砂量，土木学会論文集，No.545/II-36，1996。
- 2) 芦田和男・高橋 保・水山高久：急勾配水路における混合砂礫の移動限界掃流力に関する研究，新砂防，第103巻，1977。

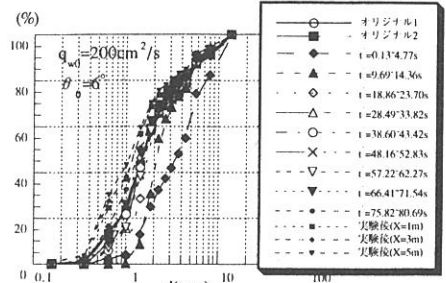


図-2(c) 水路下流端で採取された流砂の加積通過百分率

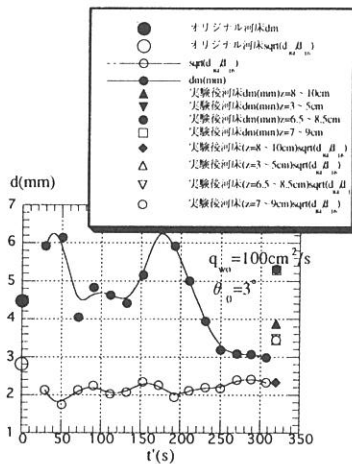


図-3(a) 水路下流端で採取された流砂の平均粒径と標準偏差の関係

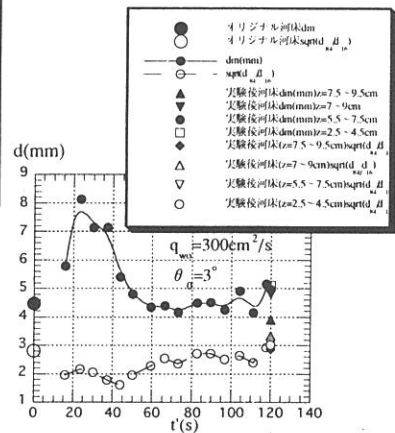


図-3(b) 水路下流端で採取された流砂の平均粒径と標準偏差の関係

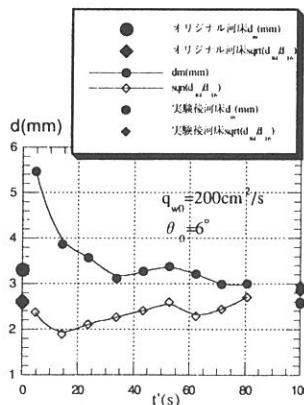


図-3(c) 水路下流端で採取された流砂の平均粒径と標準偏差の関係

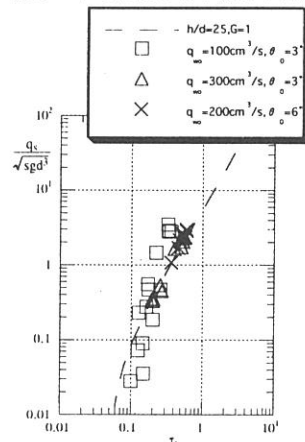


図-4 無次元流砂量と無次元掃流力の関係