

粗粒径河床材料を使用した掃流砂実験

○北海道開発土木研究所 河川研究室 正会員 小川 長宏
北海道開発土木研究所 河川研究室 正会員 渡邊 康玄

1. 目的

河川上流域における増水時の流量、掃流砂等の測定は困難であり、増水時の河川上流域における流況及び粗粒径の土粒子移動実態については、不明である部分が多い。河床における土粒子の移動に関する研究は現在まで数多く行われており、河川上流域に多く存在する粗粒径の土粒子についても移動実態は基本的に既存の掃流砂量式に従うものと考えられる。本報告ではできる限り現地の条件に近づけた実験を行うため、高速流が再現できる高速循環実験水路を用いて実験を行い実態を検証するため、実験結果により既存の代表的な掃流砂量式との比較を行い現象の検証及び考察を行う。

2. 実験概要

使用した水路は北海道開発土木研究所が所有する延長 24.0m、水深 1.0m、幅 1.0m の高速循環実験水路であり、最大流量は $3.0\text{m}^3/\text{s}$ である。実験は河床材料を変えた 4 例を行った。実験の諸元を表-1 に示す。なお、通水中は河床材料と同じものを上流から給砂して実験を行った。

3. 流速測定

水路下流端から縦断距離 7.9m の地点にレーザー流速計を設置し、通水開始から終了までの 30 分間流速分布を計測した。平均流速分布測定結果を図-2 に示す。またこの時の水深平均流速 u 、摩擦速度 u_* 、レイノルズ数 Re 、水面勾配 i を表-2 に示す。表-2 を見ると u 、 u_* 、 i については各実験とも河床材料の粒度分布の違いに関わらずほぼ同様の値となっている。レイノルズ数 Re については各実験とも 10^6 オーダーであり、河川の洪水時に近い値をとっている。

4. 実験前後河床高

実験 1～4 の通水前後の河床高を、横断方向中央において縦断方向に 0.5m 間隔で計測した。各実験の河床高を水路底面からの高さとして図-2 に示す。

5. 通水前後粒径分布

河床上層部として河床表面より 30cm までの深さの部分と下層部として水路底面より上方に 30cm までの高さの部分における、各実験の通水前後の粒径分布を図-3 に示す。図からわかるように河床上層部と下層部で粒度分布に大きな差はなく、各々通水前後で著しい粒径分布の変化はなかった。

6. 各計算式による検討

現在まで多くの掃流砂量式が提案されている。掃流砂量式は複雑な流水中の土粒子の運動をモデル化、または次元解析的手法、実測値等に基づき構築されたものであり、その推定手法が異なるため各々の掃流砂量推定値に差がある。今回実験を行った粗粒径の土砂の運動・掃流砂量については不明な部分が多いと考えるため、ここでは掃流砂推定式のうちで代表的な、Meyer・Peter-Muller の式と芦田・道上の式、および佐藤・吉川・

表-1 実験諸元

	実験1,2	実験3,4
流量	$1.0\text{m}^3/\text{s}$	$1.0\text{m}^3/\text{s}$
通水時間	30min	30min
河床勾配	1/214	1/214
平均粒径	2.7cm	2.75cm

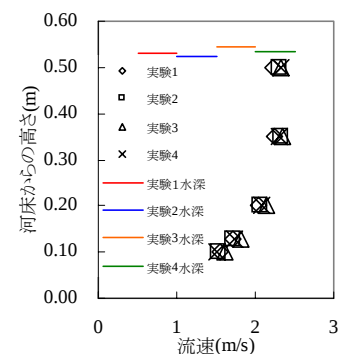


図-1 流速分布

表-2 各実験 u, u_*, Re

	u	u_*	Re	i
実験1	2.06m/s	0.26m/s	$1.1\text{E}+06$	1/80
実験2	2.09m/s	0.24m/s	$1.1\text{E}+06$	1/92
実験3	2.13m/s	0.24m/s	$1.2\text{E}+06$	1/93
実験4	2.08m/s	0.24m/s	$1.1\text{E}+06$	1/95

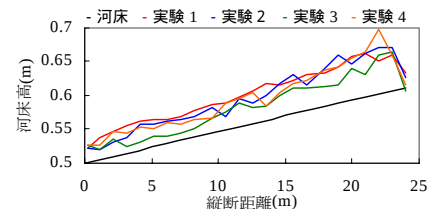


図-2 通水前後河床高

キーワード 粗粒径土粒子, 掃流砂量, 高速循環実験水路

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目 独立行政法人北海道開発土木研究所 TEL 011-841-1639

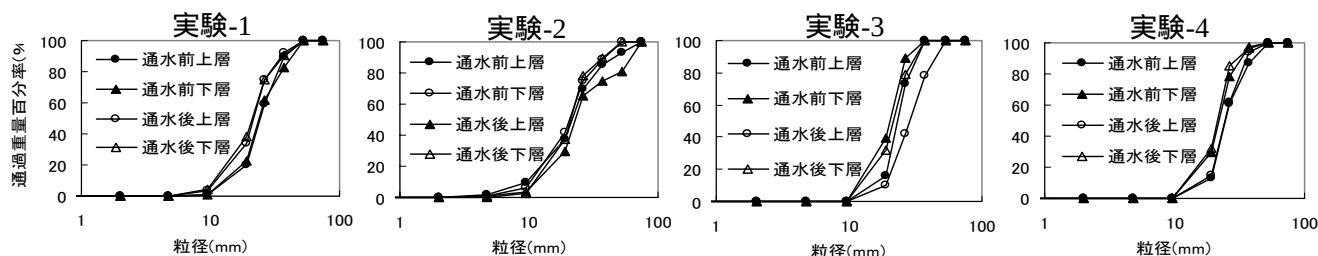


図-3 粒径分布

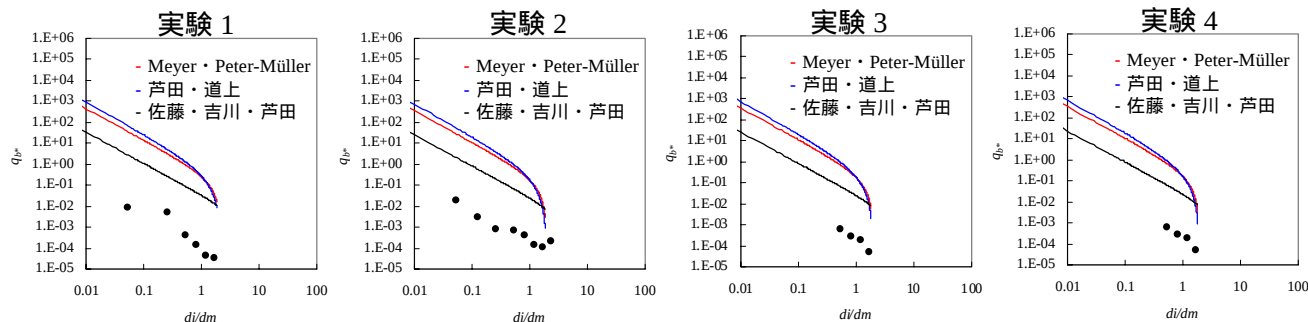


図-4 無次元掃流砂量

芦田の式を用いて下流端から 7.9m 地点における掃流砂量の算定を行い実測値との比較検討を行った。なお各実験で目立った河床波は形成されなかったため、河床波が形成されない抵抗則を用いて計算を行った。各実験で実測された掃流砂量を無次元化したものと、掃流砂量式から算出される無次元掃流砂量 q_{b*} を図-4 に示す。各計算値とも実測値より大きな値をとる。最も実測値と近い値となった佐藤・吉川・芦田の式でも 2 オーダー程度の違いが見られる。表-3 は粒径の 2.5 倍とした相当粗度 ks と実験結果から算出した相当粗度 ks' を各実験について示したものである。本実験においては小規模河床波は生じていなかったが、粗粒径のみを河床材料として用いたため、河床面の凹凸が大きく、相当粗度が大きくなったものと思われる。このことから、掃流砂量も小さくなったと考えられるが、さらに河床表面の凹凸と掃流砂との幾何学的かみ合せ等も考えられる。図-5 は実験 1,4 における任意の土粒子の挙動について、ビデオ撮影された 1/12 秒間隔での位置を示したものである。白丸が河床から浮上しながら移動している状況を、黒丸が河床上を移動している状況をそれぞれ示している。図-6 のように土粒子が揚力によって浮上し掃流される現象が各実験において観察された。本実験における土粒子の運動をモデル化するには粒子の浮上機構を考慮している佐藤・吉川・芦田の式が適当であると考えられるが、前述したように有効掃流力や幾何学的かみ合せの考えを取り入れる必要がある。また図-6 の土粒子の挙動についても図のような挙動を示す土粒子が支配的であるとするにはまだ観測解析事例が少ない。これらのことについては今後の検討課題としたい。今回の実験は実験例の少ない粗粒径の土粒子を用いた実験として貴重な 1 例であるとする。

表-3 相当粗度

	ks'	ks
実験1	0.231m	0.0675m
実験2	0.169m	0.0675m
実験3	0.164m	0.0688m
実験4	0.170m	0.0688m

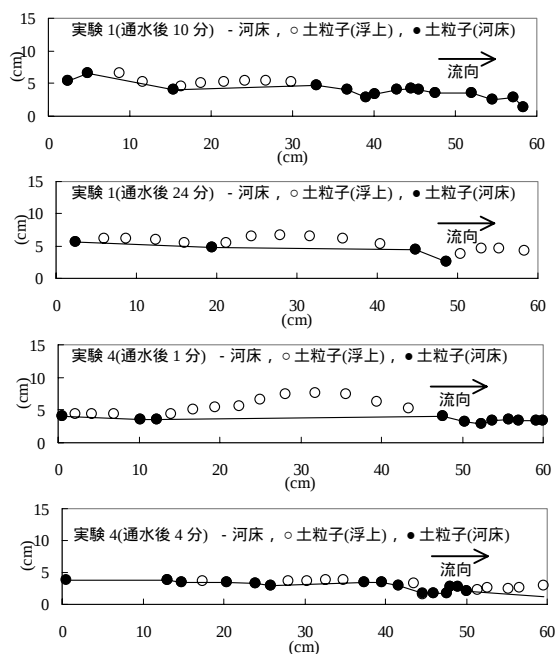


図-5 土粒子の移動軌跡

参考文献

- ・水理公式集[平成 11 年度版] 土木学会 pp162～166