

粗面水路における流砂に関する研究

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄
 " " " 〇河田恵昭
 京都大学大学院 学生員 布村明彦

1. 緒言 一般に、砂礫河川では、河床砂礫の粒度範囲が広く、洪水時はもとより平水時に細砂が不動状態の砂礫床上を流送されることが多い。しかしながら、従来の混合砂粒の流砂量などに関する研究の多くは、粒度が連続的に変化し、標準偏差が比較的小さい砂粒を対象として行なったものであり、前述した現象の解析にこれらを適用するには、かなり問題があるものと思われる。本研究は、以上の観点から粗面水路における細砂の移動限界および流砂量などについて、若干の実験的検討を加えたものである。

2. 実験の概要 実験に用いた水路は、幅50cm、高さ50cmおよび長さ20mの可変勾配式の循環水路である。この床面上に、最密に平均径(D)2.45cmのガラス玉を一層敷き並べ、その頂点から5~6mm下部まで細砂をほぼ一様に充填した。細砂としては、粒径 $d=0.3, 0.5$ および1mmの3種を用いた。流速の測定はピトー管によって行い、同時に水深、流量および流砂量などを測定した。図-1は限界掃流力を推定するためにガラス玉のかわりに用いたプラスチック製の採砂器を示す。

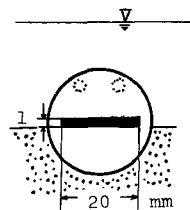


図-1 採砂器

3. 実験結果とその考察 (1) 摩擦速度の推定：粗面水路における流砂量などを検討する場合、摩擦速度を精度よく推定することが重要である。図-2は流砂のある場合の流速測定結果の数例を示し、ほぼ対数分布則が成立していることがわかる。ただし、鉛直方向の座標原点はガラス玉頂点から0.25D下方にずらせた。つぎに、流速分布から推定した摩擦速度 u_{*velo} と径深(側壁の影響を除去した)から求めた摩擦速度 u_{*R} との関係を図-3に示す。この図から、水深の小さい場合の u_{*R} は u_{*velo} より大きく、水深が大きくなると逆の傾向が見出され、また河床勾配が大きい程両者の相違は大きい。この原因としては、水深の小さい場合、水深の補正量が大きすぎることが考えられるが、水深が大きい場合その逆の傾向を示すことから、このような系統的な変化は粗面水路流れの1つの特性であると思われる。

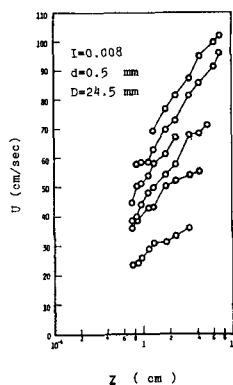
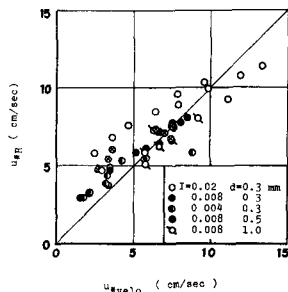


図-2 流速分布の数例

(2) 細砂の挙動：細砂の移動限界水深より若干大きい水深で水を流すと、ガラス玉の前面は洗掘され、上流からの移動砂粒は一度この穴に落ち込みその後出ていく運動を繰り返す。さらに水深を大きくすると、細砂はガラス玉とガラス玉の間の谷を運ばれほとんどの砂粒はつぎの谷に運ばれるが、一部の砂粒はガラス玉の背面上を頂部に向かって逆行し、上昇最高点付近で側方

図-3 u_{*velo} と u_{*R} の関係

へ落ちて行くのが観察された。さらに掃流力が増加すると、細砂は上述した運動のほかにガラス玉の頂部付近で衝突し跳躍しながら層状に流送される運動を併なう。また、着色砂粒によって移動径路を調べてみると、水路横断方向にほとんど拡散せず流下していき、河床には流下方向に平行な砂の帯が水路全長にわたり、1本から最高12本現われ、直線水路の2次流(縦渦)に対応しているように思われた。

(3) 限界掃流力の検討：図-1で示れた採砂器を用いて、水路の中心軸に対称な位置で測定した流砂量とその時の水深との関係を図-4に示す。ただし、下流端で捕砂箱によって測定した結果が一部含まれている。採砂器の捕砂率が問題となるが、流砂量が零となる限界掃流力 q_{*c} はかなりの精度で推定できるものと思われる。図-3の関係をなどを用いて細砂の限界掃流力を求めたものが図-5である。限界掃流力に及ぼす勾配の影響は、今回の実験範囲ではないうように推定されるが、相対粒径 d/D が大きくなる程 q_{*c} は大きくなっている。このことは、ガラス玉が細砂に対して遮蔽効果のほかに巻き上げの効果を持ち、従来のように前者のみでは粗面水路の細砂の限界掃流力を単純に評価できないことを示している。

(4) 流砂量に関する考察：図-6は相対粒径と勾配をパラメーターとして、無次元掃流力 q_{*} と無次元流砂量 $q_{B*} (= q_B / u_* d)$ との関係を示したものである。実験値はかなりバラツキはいるが、 $q_{*} \approx q_{*c}$ では(3)で

示した結果と接続し、 d/D が小さくなると q_{B*} が大きくなっている。また、 $q_{*} \div 1$ では d/D の影響が顕著でなくなるのに対し、勾配が大きくなる程 q_{B*} は小さくなっている。一方、

流送時に細砂が河床に堆積している厚さと流砂量との関係を示したものが図-7である。今回の実験では流量がほぼ同一によるようにしたが、 $q_{*} \div 0.2$ で q_{B*} は ΔH によって変化し、 $\Delta H = 0$ (ガラス玉が完全に細砂に埋まっている。)になるとplane bedの流砂量に一致するように考えられる。

4. 結 語 今後さらに精度の高い系統的实验を行い、これらの特性を明らかにしたい。

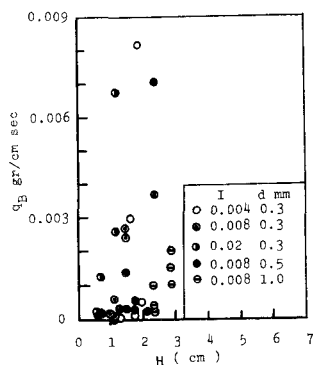


図-4 移動限界水深の推定

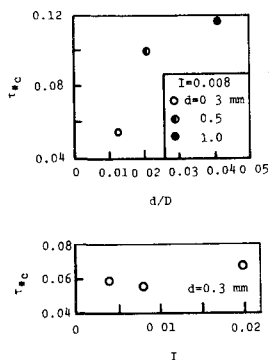


図-5 d/D および I と q_{*c} の関係

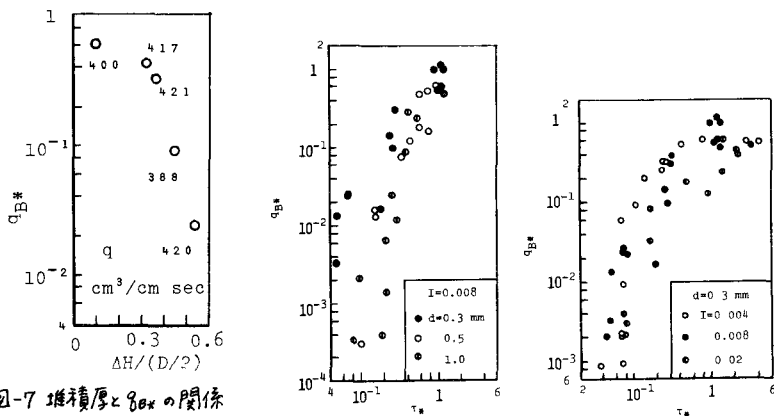


図-6 無次元掃流力($q_* = u_*^2 / (g(p-1)gd)$)による無次元流砂量の変化