

相対水深が小さい場での河床と粗度の取り扱いに関する検討

名城大学理工学部 学生会員 後藤 正和

名城大学理工学部 正会員 溝口 敦子

1. はじめに

近年、山地河川における藻類の剥離および魚類や底生生物の生息環境に対する平水時の流砂の役割が指摘されている。しかし、山地河道は、河床材料に様々な粒径が存在し河床の取り扱いが難しく、かつ、相対水深が小さいため水理学的に取り扱いが難しく、あまり研究が進んでいないのが現状であり、特に平水時の流砂量を対象にした研究はほとんどない。平水時の流砂量の算定には、粗度を正しく評価し、流れ特性についても把握する必要がある。相対水深が小さい場の粗度を取り扱った研究では、これまで取り扱いの簡便性から自然石でなく球形粗度で取り扱っている場合が多く、実河川との対応が難しい。そこで、本研究では粗度要素にある程度均一な粒径の自然石を用い、表層の配置状況を変え、相対水深が小さい場において、粗度および水深、河床の取り扱いに関する知見を得ることを目的として検討を行う。

2. 表層礫構造の違いが河床高さおよび河床間隙構造に及ぼす影響

自然石を用いても密に敷き均せば、内部骨格構造はばらつきを持ちながらもある程度の範囲で同じになると考え、密に敷いた礫およびその上に礫をまばらにおいた河床を対象に、鉛直方向の間隙率の変化および表層の礫高さのばらつきを調べる実験を複数回行った。実験では、図-1 のような直径 3cm 程度の礫を河床材料に用いて、表-1 に示したケースを対象とした。まず、図-2 で示した 20cm 四方枠の領域でポイントゲージを用いて礫高さのばらつきの計測、また少量の水を加えながらマンメータにて水位を調べ、流入水量に対する水位上昇を計算し各高さの間隙率も調べた。ここでは礫高さのばらつきについて報告する。



図-1 実験で用いた礫



case①



case②



case③

図-2 各 case の礫配置図

表-1 各河床条件

case①	礫を3層密に敷き詰める
case②	case①の1層目にある礫数を数え、その1/4を条件①の上に置く
case③	case①の1層目にある礫数を数え、その1/2を条件①の上に置く

図-3 は実験から得た礫頂高さの平均、最大、最小値を示したものである。図より、表層の状態を変化させると、三層で密に敷き詰めた状態から Case②、③と表層の礫が増えると平均礫頂高さが 3mm、7mm 程度、最大、最小の差が増加することが分かる。

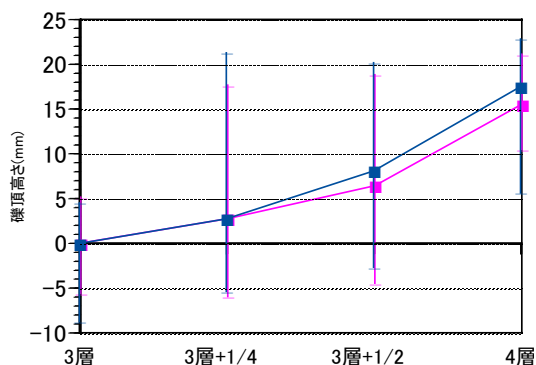


図-3 礫頂高さの平均、最大、最小の関係

表層礫構造の違う場での河床高さおよび粗度の取り扱いに関する実験的検討

(1) 実験概要

相対水深が小さい場では、水深を算出する河床基準面の決定など難しい問題が存在する。そこで、表層礫構造を変化させた河床を用いて、河床基準面や粗度の取り扱いについて検討するため以下の実験を行った。

可変勾配水路に、下流端に 1m の固定床をおいた長さ 7m 幅 30cm の実験区間を設け、勾配を 1/100, 1/80, 1/60 に変化させ、表-1 に示した河床表層条件で実施した。実験では、水位をある程度コントロールしながら一定流量通水し、1cm 間隔で上昇するように流量をあげた後、流量の計測とポイントゲージを用いて河床面と水位(平均礫頂高さを基準とする)の計測を行った。なお、実験では、一部のケースで PIV を用いて流速分布の計測も行い、流れ構造についても調べた。

(2) 河床高さおよび粗度抵抗の取り扱いの検討

図-4 に、実験から得られた勾配 1/60 での各河床条件の流量 Q と水位 H の関係を示す。実験結果から、相対水深が小さい場での相対水深と粗度係数の関係を調べるために、Manning-Strickler の式および等価粗度を粒径程度にした Keulegan の式での評価を検討した。(1)の式は粗度係数 f の算出式である。

$$f = 8 \left(\frac{U}{u_*} \right)^{-2} = \frac{8ghI}{U^2} = \frac{8gh^3I}{q^2} \quad (1)$$

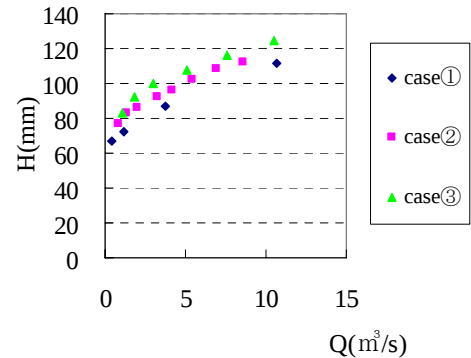


図-4 勾配 1/60 における Q - H グラフ

ここに、 U : 平均流速, u_* : 摩擦速度, h : 水深, I : 水路勾配, q : 単位幅流量 である。

図-5(A)に Case①の平均礫頂高さを基準とした水位を水深とした場合の各ケースの相対水深と粗度係数の関係を示す。これによると、Case①が Manning-Strickler の式に従うものの、各ケースともに河床基準面の補正を行っていないため、このままでは既存の式で表現できないことがわかる。

そこで、河床基準面および等価粗度について検討した結果、以下の結論を得た。礫を密に敷き表層をそろえた Case①は、2 章で調べた間隙率を参考に河床基準面を礫径の 0.15 倍下方に修正すると Keulegan 式に従う。また、表層の礫を追加した Case②, ③では、2 章の礫面高さを調べた結果を反映し、Case①の基準面からそれぞれ 3mm, 7mm 上方に河床基準面をとり、かつ、河床の凹凸が Case①の 2 倍となっていることから等価粗度を 2 倍にとると、図-5(B)のように、Keulegan 式に従うことが分かった。

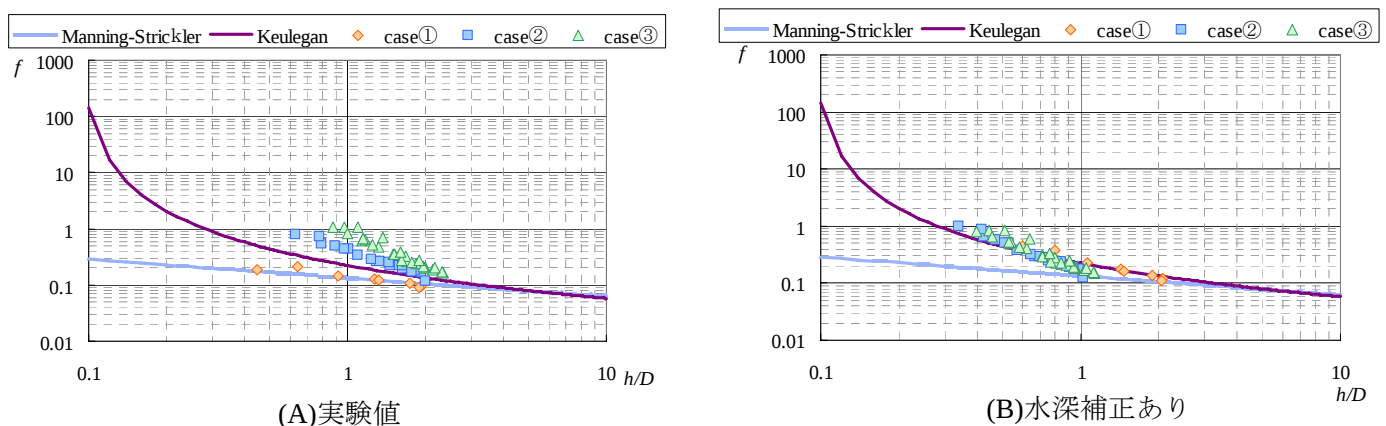


図-5 相対水深 h/D と粗度係数 f の係数

3. おわりに

山地河道のような相対水深が小さい場を意識し、河床面および粗度の取り扱いを検討した結果、礫表層構造により河床基準面を変化させる必要があり、礫頂部を参考に河床基準面を決められること、および、礫高さのばらつきを参考に粗度の値を決められることが分かった。今後は、現地河道に対し、本研究の結果をいかに反映させるかについて検討するとともに山地における平水時流砂量の算定方法についても検討していく予定である。