

II-35 抵抗分離法に基づく混合砂礫床の掃流砂量の計算法

徳島大学大学院 学生会員 ○尾崎 雅恒
徳島大学工学部 正 会 員 岡部 健士
徳島大学工学部 正 会 員 竹林 洋史

1. はじめに

幅広い粒径範囲の砂礫から成る山地河床では、中・小規模の出水時に大径石礫の被覆面を除く砂礫面上で細粒成分のかなり活発な選択流送が生じる。しかし、このような状態に対して従来の混合砂礫床の流砂量計算法を適用すると、平均粒径が大きいために細粒成分の粒径別移動限界掃流力が過大評価され、それらの流送量が過小に評価される恐れがある。本研究では、上述のように部分的な砂礫面で生じる細砂の選択流送量の計算法を検討した。ただし、流砂の形態は掃流砂のみに限定している。

2. 選択的掃流砂量の計算法

上で述べたような大径礫を除く砂礫面での掃流砂運動は、大径礫による進路妨害や捕捉の効果があって極めて複雑なものとなるが、ここでは簡単のため、注目する砂礫面上の掃流砂量とその面上での平均掃流力（以下、有効掃流力と呼ぶ）との関係が、大径礫がない場合のものと同様であるものと仮定する。このように仮定するとき、選択流送量の問題は概ね抵抗分離の問題に帰着する。

さて、いわゆる見かけの掃流力から大径礫の形状抵抗を分離する方法としては、すでに岡部ら¹⁾が次式を提案している。

$$u_*^2 = \sum_{j=1}^{j_D} \frac{1}{2} C_{Dj} \frac{m_j}{A_i} a_{Dj} u_{Dj}^2 + \frac{A_s}{A_i} u_{*s}^2 \quad \text{ただし, } u_* = \sqrt{ghi(1-z_a/h)} \quad u_{*s} = \sqrt{\tau_s/\rho} \quad (1)$$

ここに、河床面を構成する砂礫の粒径は J 個の階級に離散化され、各階級には粒径の大きいものから順に番号 $j(=1 \sim J)$ が付されている。また、 C_{Dj} ：抗力係数、 m_j/A_i ：単位面積当たりの形状抵抗に関する大径礫の個数、 a_{Dj} ：大径礫 1 個あたりの形状抵抗に有効な面積、 u_{Dj} ：形状抵抗力の代表流速、 A_s/A_i ：大径礫の遮蔽効果を受けない河床部分の面積と河床面積との比、 j_D ：形状抵抗要素とみなす最小の砂礫の階級番号、 g ：重力加速度、 h ：基準面からの水深、 i ：河床勾配、 z_a ：河床基準面と幾何的平均河床面との差、 τ_s ： A_s 内の有効掃流力、 ρ ：水の密度である。

(1)式により u_{*s} を求める場合、まず形状抵抗要素とみなす砂礫の選別、すなわち m_j/A_i の決定を行う必要がある。このモデルでは、河床を構成する全砂礫群の平均粒径の K 倍を基準高さ δ_c とし（ K の値は経験的に定める）、これにより高く露出したものを形状抵抗要素とみなす。このとき、砂礫の露出度の分布をどのようにモデル化するかが重要である。岡部らは、第 j 階級の粒子の露出高さ Δ_j が $0 \leq \Delta_j \leq d_j$ の範囲で一様に分布するとみなすだけでなく、とくに大径礫がアーマールコート²⁾の発達に伴い完全露出（転石状）で残留する傾向を考慮し、一様分布とデルタ関数の複合分布を与えている。このあと、 a_{Dj} や A_s/A_i の計算を行う際に用いる式の誘導においては、 m_j に属する粒子の露出高さは粒径階級ごとに平均化されているが、それらの平面配列はランダムとみなし、相互の遮蔽効果や後流域の重なりをある程度厳密に評価している。ただし、後流域については、後流の平面形状は長方形とし、横断方向の幅は露出高さによって決まる露出部の最大幅に等しく、流下方向の長さは露出高さの α 倍に等しいと仮定されている（ α の値は経験的に定める）。このほか、 u_{Dj} は、大径礫の頂点高さにおける流速とし、流速勾配の係数に修正を加えた対数則で評価される。また、 C_{Dj} は、砂礫形状によりかなりの影響がもたらされるため、一定値とするのではなく、球状率および露出度の関数として表わされている。

次に、形状抵抗要素とみなされない砂礫、すなわち第 $j_D+1 \sim J$ 階級の砂礫について、累加百分率が 100% となるように粒度分布を作成した。このとき、砂礫の累加百分率をどのようにして取り扱うかが重要である

が、本研究では簡単のため、元の粒度分布の第 $j_d + 1 \sim J$ 階級において、各階級の累加百分率を第 $j_d + 1$ 階級の累加百分率で除して定めた。そして、この粒度分布より計算される平均粒径と(1)式より計算される摩擦速度 u_{*} を用いて粒径別無次元掃流力、粒径別移動限界無次元掃流力を算定した。さらに、砂礫の移動の有無を調べた後、粒径別に表記された芦田・道上式を用いて粒径別掃流砂量を算定し、その総和を選択的掃流砂量とした。

3. 計算条件

河床材料の粒度分布としては、図-1 に示すようなアーモークートの進行過程を表わすものを考えた。また、河床勾配は 1/100 と設定した。さらに、(1)式により u_{*} を求める際に予め必要になる係数の初期値について、まず完全露出している砂礫の割合 P_j の初期値を $P_j = 0.1$ とした。つぎに、大径礫が完全露出している際の抗力係数 C_{Dg} 、基準高さを決定する際に必要な係数 K 、遮蔽面積に關与する係数 α 、形状抵抗力の代表流速に關与する係数 K_s は、経験的に定めなければならない係数であり、これらの初期値としては岡部ら²⁾の推奨値 $C_{Dg} = 0.7$ 、 $K = 0.8$ 、 $\alpha = 2$ 、 $K_s = 5.6$ を適用した。

4. 計算結果

図-1 の各粒度分布において、従来の方法で計算される掃流砂量と、提案した方法で計算される掃流砂量の比較を図-2 に示す。これら全てのグラフにおいて、従来の方法では掃流砂量が存在しない水深においても、提案した方法によれば掃流砂量が存在していることが明らかに分かる。このことにより、提案した方法によれば従来の方法に比べて低水深から掃流砂が発生していると言え、中・小規模の出水時における細粒成分の選択流送を説明することができる。

5. おわりに

本研究では、選択的掃流砂量の計算法を検討した。施行計算の結果、従来の掃流砂量計算法では的確に表現しきれていなかった細粒成分の選択流送について、提案した掃流砂量計算法によりの確に表現できた。しかし、河床材料の粒度分布と表面支配面積割合の關係や摩擦面における粒度分布形状など今後検討していかなければならない。

参考文献

1) 岡部健士，肥本一郎；大径礫を伴う山地河床における流砂の有効掃流力に関する研究，第 30 回水理講演会論文集，1985，pp.247～252。 2) 岡部健士，肥本一郎；粗度の大きい山地河川の抵抗則に関する研究，新砂防，Vol.39，No.4(147)1986，pp.4～13。

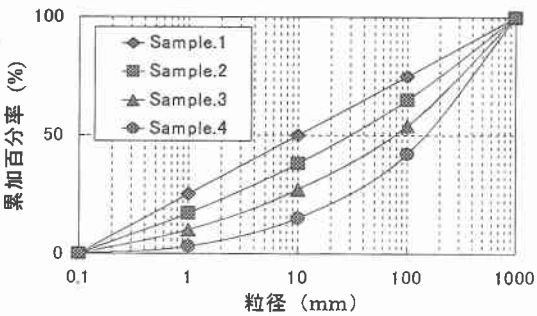


図-1 河床材料の粒度分布図

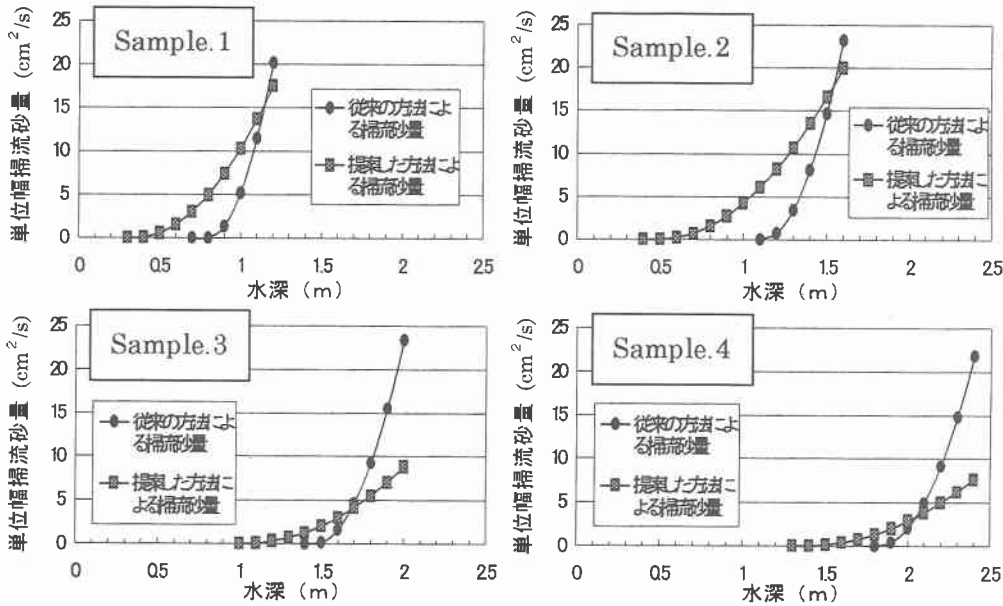


図-2 従来の方法と提案した方法とによる掃流砂量の比較