

審査の結果の要旨

氏名 サイード イフティカ アーマド

本論文は、日本の急流河川によく見られる礫床の河川における流砂量の算定方法をいかにして改善するかを検討したものである。流砂量の算定は、河川管理上極めて重要であるにも関わらず、未だに十分な精度での算定には至っていない。特に、河川生態系の保全や再生を考える上では、よりマイクロな土砂の動態を捉えなければならないため、既往の土砂動態の算定法は適用できていないのが現状である。

こうした背景を踏まえ、河川における土砂の堆積状況の観察、河床形状及び河床材料の調査、水理実験を行った結果、既往のモデルでは球体として扱われている礫の形状を丁寧に考慮しない限り、実際の土砂動態を表せていないのが問題ではないかとの結論に達した。こうした背景を踏まえ、これまでにない新たな流砂量算定手法を提案したのが本論文であるが、次の四つの項目を新しい着眼点として挙げるができる。

一つ目は、存在割合がさほど多くなくとも、水深に比して粒径の大きな材料が河床に存在する場合には、通常用いられる対数則ではなく、双曲線正接(ハイパボリックタンジェント)型の分布形を用いた方が良いという Katul の手法をモデルに組み込んだ点である。たいていの場合、流れの計算は平面二次元で行われ、水深方向の平均流速から底面剪断力を算定する際には上記対数則を仮定しているため、このような流速分布形の違いは流砂量の算定において極めて大きな影響を及ぼす。実際に細粒土砂からなる水路床に大きめの材料を配置した水理実験を行った結果、流量や勾配といった条件が同じでも、細粒分の流出量が著しく減少することが確認でき、水深と 84%通過粒径の比が 7 より大きいかな否かで上記二種類の流速分布を使い分けるというルールをモデルに組み込んだ。

二つ目は、礫の形状によって河床材料を分類し、分類群ごとに剪断応力と粒子

の移動速度の関係を求めた点である。具体的には、まず長径と中径の比が 1.5 より大きいかな否か、中径と短径の比が 1.5 より大きいかな否かに応じて、礫の形状を 4 つのタイプに分類するという Zingg の方法を適用することから始める。こうして分類された 4 つのタイプによって、同じ水理条件でも土粒子の移動速度や挙動が異なることを実験によって確認し、剪断力と土粒子の移動速度との関係を粒径ごとに定量的に求めている。

三つ目は、礫の形状を考慮した有効剪断応力の算定手法を提案した点である。この四つのタイプのそれぞれに属する複数の礫の輪郭(半径の分布)に対して、フーリエ解析を行って礫の形状を定量化する。こうして得られた礫表面の凹凸の度合いについて、4 つの形状間で比を求め、この比率を河床にかかる平均的な剪断応力に掛け合わせることで有効剪断応力とした。単に掛け合わせるだけでよいか否かは今後検討を続ける必要があるが、凹凸が大きい方が表面積が大きくなり、それだけ剪断力の影響を受けやすいという仮定である。

四つ目は、通常表面を流れる砂の量しか考慮しないものの、河床材料の粒度分布の幅が広い場合は、大半の河床材料が静止している下層からも細粒分が表層に持ち出されるという点を考慮すべきだとし、この影響をモデルに組み込んだ点である。しかしながら、今回行った水理実験では、その量が有意ではなかったため、モデルに組み込めるようにはしつつも、その定量的な影響についてはまだ含めていない。

こうした四つの作業を組み合わせた流砂量算定モデルを提案し、すでに流砂量のデータが公開されているアメリカの河川に適用した結果、計算結果は礫の形状を考慮する前より観測値の傾向を再現することに成功した。モデルにおける各種パラメーターの選択に任意性が残されているものの、上記四つの観点は従来の流砂量の算定では組み込まれていない。本論文で問題提起された流砂量における礫の形状の役割は、それ自体が重要な問題提起であると同時に、本論文で提案されたモデルは、まだ不完全な部分を残しているものの、今後の流砂に関する学術研究の新たな展開に結びつくものであると認められる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。