

粒子法を用いた粗面上を流下するサルテーション砂礫の挙動の推定

広島大学 綾香建太
 広島大学 正会員 ○椿 涼太
 広島大学 フェロー正会員 河原能久

1. 背景

中規模洪水において、河道の骨格となる大きな河床材料は動かず、小さな河床材料が動く。発生した掃流砂は河川環境に大きな影響を与える。しかし、現在ではサルテーション砂礫の経路のシミュレーション方法が確立していない。例えば、人為的な洪水を引き起こす事で、河床をリフレッシュし、河川環境の改善を目的とした手法としてフラッシュ放流があるが、現在の放流方法が最大限の効果を発揮しているものであるかは不明である。本研究では、掃流砂の経路や影響をシミュレーションすることで、このような河川環境改善の手法の評価の改良に繋がる。

2. 目的

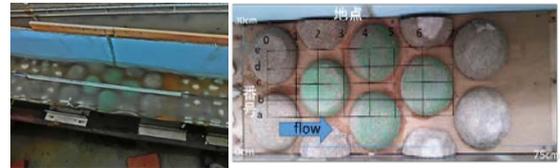
サルテーション砂礫による付着藻類の剥離効率、主にサルテーション砂礫の質量、衝突速度・角度、衝突回数により規定される。本研究では、洪水時に礫河川中で発生するや砂礫の挙動を評価する手法を確立することを目的とする。

3. 方法

本研究では、実験と数値計算を用いて経路の分析を行う。

3.1 実験内容

図1の実験水路に流量 24l/s を流し、流速は図1(b)の各格子点で測定する。荒い粗度領域の始点付近の水面付近から着色したガラスビーズ(大きさ 3cm, 密度 2.5g/cm³)を流下させ、経路を分類する。



(a)実験水路

(b)計測地点

図1 実験水路

3.2 数値計算

数値計算には粒子法を用いる。この手法は Navier-Stokes 式の各項を粒子間相互作用として離散化するという特徴を持ち、単純なアルゴリズムで、複雑な水面の挙動にも柔軟に対応することが可能である。また、全ての物質を粒子で表現し、粒子一つ一つの圧力や速度を求めることが出来るため、複雑な河川形状を流下する土砂の動きを知ることが可能となるという利点を持つが、粒子数の増加に伴う計算時間の増加が著しいことや、計算の安定化を目的として、粒子が常に小さく振動しているため粒子の持つ圧力の瞬間値に乱れが生じる現象である圧力擾乱が発生してしまうといった欠点も存在する。

3.3 計算条件

図1を再現した水路に水深 8cm を与える。水粒子、壁粒子の密度は 1.0g/cm³、流下させるガラスビーズは大きさ 3cm, 密度 2.5g/cm³ とし、重力加速度に勾配を付けることで、実験水路の勾配を再現している。重力によって水粒子が加速していき、流速が安定した流況の状態を初期条件として与え、実験と同様に水面付近から剛体を落下させ、その挙動を分析する。

4. 結果

4.1 流速分布

実験と粒子法による流速分布を図2に示す。水面

キーワード 掃流砂, 礫床, MPS 法

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 椿 涼太

TEL : 082-424-7847

付近の流速は粒子法と実験結果で近い値となっている。底面側ではずれてしまっているものもあるが、これは、粒子法での水粒子が粒子同士の衝突などで、流下方向とは逆向きの力を受けるため、水面よりも河床や、水粒子同士、粗度など、衝突するものが多い底面側の流速が遅くなっているのではないかと考える。また、粒子法と実験の最高点に差が生じているが、これは底面側の流速が実験に比べ遅いため、水位が上昇することで、流量が保存されている。図 2(a), (b), (c)の 3 線を見比べると、水路の手前である a 線上から、水路の奥側である e 線上へなっていくにつれて流速や水面形の実験地と粒子法によって求めた値が近づいており、位置で精度が大きく変わっていることから、実験水路が完全に再現出来てはいないのではないかと推測できる。

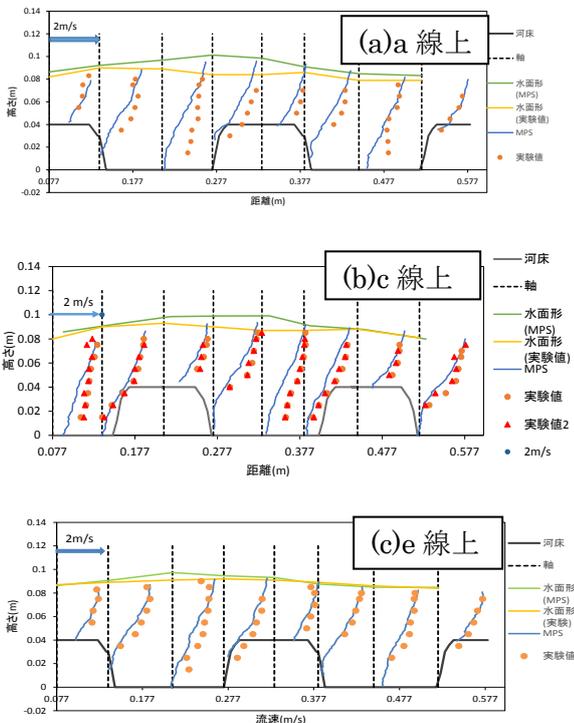


図 2 流速分布

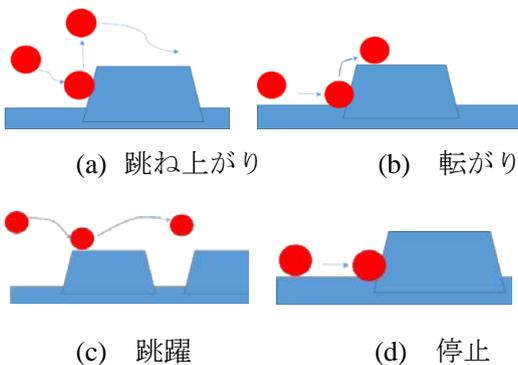


図 3 移動経路

4.2 経路の比較

4.2.1 実験

ガラスビーズを流下させ、その経路を図 3 と表 1 にまとめた。図 1 の(b)に示す実験水路の地点 2 の緑の粗度に 1 回目の衝突をし、多くの場合は地点 6 の緑の粗度へ(a)または(b)の挙動を示しながら移動したが、一度だけ、停止したものがあつた。

表 1 ガラスビーズの衝突後移動経路内訳

	1回目	2回目
a 跳ね上がり	9	6
b 転がり	4	2
c 跳躍	3	5
d 停止	0	1

4.2.2 粒子法による砂礫の流下の再現

図 4 に $t=0s$ と $t=10s$ の砂礫の流下の状況を示す。MPS 法の計算結果では、砂礫の挙動は地点 2 の粗度に衝突後、停止を繰り返しながら、粗度間を転がっていき、最終的に壁と粗度の間で挟まれて、停止した。

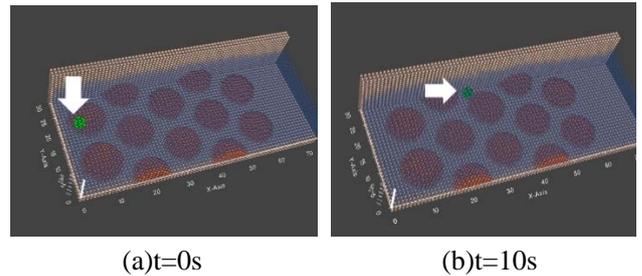


図 4 計算結果

5. 結論

粒子法によって、実験で計測した流速分布がおおむね再現できた。しかし、底面側に流速のずれが見られた。また、粒子法によって、ガラスビーズの経路を 2 回シミュレーションしたが、2 回とも実験では一度しか起こらなかった、(d) 停止という結果になった。計算による経路では実験の様に跳躍がなかったことを考慮すると、粗度と剛体、または剛体と水粒子の力のやり取りに問題があることが考えられる。

参考文献

- 1) 石橋毅：ダム排砂設備の流下砂礫による摩耗・損傷に関する水理学的研究，土木学会論文報告集，第 334 巻
- 2) 越塚誠一：粒子法，丸善出版株式会社