

数値シミュレーションモデルを用いた実河川の河道内における砂の分布特性に関する検討

筑波大学 第三学群工学システム学類 学生会員 ○秋谷 優
 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 学生会員 神野 朋子
 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 正会員 白川 直樹

1. 目的

河床材料分布特性を数値シミュレーションモデルを用いて検討した既存の研究は、ほぼすべて実験水路を対象としている。そこで本研究では、実河川の河床材料分布特性を、数値シミュレーションモデルを用いてどこまで再現できるか検討する。

2. 現地観測

現地観測は2007年の10月から12月にわたって行われた。場所は茨城県北部に位置する久慈川支流の里川で、徳田発電所取水前の自然区間（第1区間）、中流の減水区間（第2区間）、放水直前の減水区間（第3区間）、放水後の別の発電所による減水区間（第4区間）である。観測項目は流量、河床高、流速、水深、河床材料粒径である。

3. 数値計算

(1) 概要

現地観測より得られた河道地形に対し、平面2次元不等流計算を行った。数値計算の結果と岩垣の式¹⁾から算出される限界粒径と現地の河床材料粒径を比較することで、河床材料が力学的に安定しているか否かを検討することが可能になる。

用いた式は St. Venant の連続式と運動方程式である。これらの式は微分方程式であり、精度を下げない為にも高精度差分法である Kv-MacCormack 法を用いて解いた。

(2) 計算条件

計算を簡略化する為、本研究では全ての観測データを直角座標系で表した。現地調査の結果を流下方向に2[m]、横断方向に1[m]のメッシュに分けて整理した。流下方向を[i]、横断方向を[j]で表すと、境界条件は、[i][j]に植生や岩などが存在する場合、次のようになる²⁾：

$$u[i-1][j]=0, u[i+1][j]=0$$

$$v[i][j-1]=0, v[i][j+1]=0$$

ここで、u は流下方向の速度[m/s]、v は横断方向の速度[m/s]である。更に以下の境界条件を加えた：

$$u[i][j]=0, v[i][j]=0, h[i][j]=0$$

ここで、h は水深[m]である。また、本研究では C.F.L 条件を満たしている $\Delta t=0.01[\text{sec}]$ を使用した。

(3) 流砂について

流砂は掃流砂・浮遊砂・ウォッシュロードと3形態に分けて考えることができる。本研究で対象としたのは抗力の作用の下で河床付近を移動する掃流砂のみである。

4. 計算結果・考察

第2区間の水深と流速を図1に示す。図の上側は上流、下側は下流を指す。水深は深くなるほど濃い青色になっていて、流速は遅くなるほど濃い青色になっている。紫色は河道内の植生や岩、白色は兩岸の陸を表している。

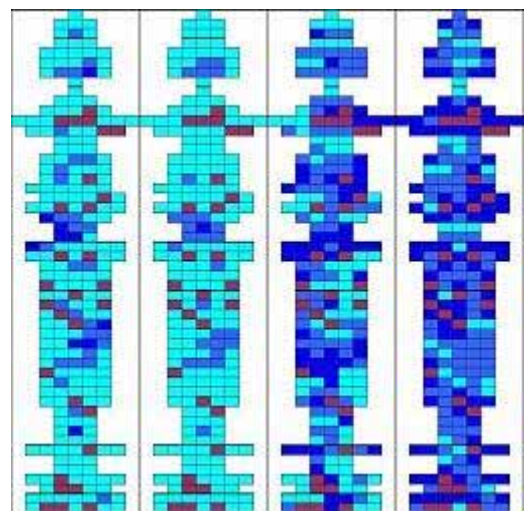


図1: 第2区間の水深と流速（左端から：水深の観測値と計算値、流速の観測値と計算値）

キーワード 実河川, 減水区間, St. Venant の連続式・運動方程式, Kv-MacCormack 法

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 理工学群 E 棟 211 号室 T E L 029-853-5400 E-mail : yuakiya@gmail.com

次に図 2 に河床材料を示す。これは格子点上の代表粒径を表しており、粒径が小さいほど薄い色になっている。本研究で注目したのは黄色で表現されている砂である。計算された水深と流速から限界粒径を求め、現地に存在する河床材料粒径と比較した。薄い青は河床材料が力学的に安定している場所、濃い青は不安定な場所である。これに加え、河床材料の観測値と計算値を、砂を中心に分類した結果を表 1 に示す。

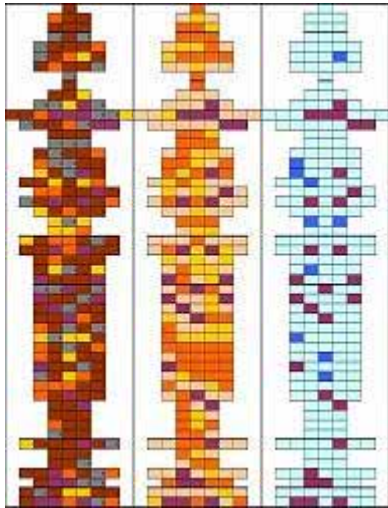


図2: 第 2 区間の河床材料と安定度（左端から：河床材料粒径の観測値と計算値，河床材料の安定度）

表1: 第 2 区間の砂と砂以外の格子点数の分類

		計算		
		砂	境界付近	砂以外
観測	砂	3	11	9
	砂以外	41	77	72

5. 考察

図 1 を見ると、水深は良好に再現されていることが確認できる。しかし、流速に関してはあまり再現性が高くない。特に、河道内の植生や岩の周辺で過小評価されている。これは境界条件の影響によるものと考えられる。

図 2 の河床材料粒径の計算値は、数値計算によって求められた値を下に算出した限界粒径である。限界粒径より観測粒径が大きい場合は、安定している。第 2 区間の場合、不安定な格子点は 10 点ある。

表 1 を見ると、計算と現地両方で砂が堆積している場所は 3 点のみに止まった。境界付近では流速がゼロになってしまうので、これは比較の対象外とし

た。砂と砂以外だけの値を考えると、58%の格子点で河床材料の現地と計算の分類が一致した。

計算では砂、観測では砂以外となった格子点は 41 点もある。観測値は代表的な河床材料の粒径のみを記録したのでそれが誤差の要因になっていると考えられる。

計算では砂以外、観測では砂となった格子点は 9 点あり、いずれの場合も河床材料が不安定であった。誤差の原因として考えられるのは流速の過大評価である。不安定になる格子点では観測値よりも大きい流速が計算されている。

6. 結論

本研究を通じて、数値計算モデルは砂の分布特性を検討するための精度には達してなく、多くの課題が残っていることも確認できた。河道内の植生や岩付近の条件の設定方法、格子サイズの細密化及び現地観測での河床材料の記録方法などが今後の課題である。

参考文献

1) 岩垣 雄一,「限界掃流力の流体力学的研究」,土木学会論文集 第 41 号, pp.1-21, 1956
2) 砂防学会,「山地河川における河床変動の数値計算法」,山海堂, 2000