

砂礫河床における土砂移動の数値解析法

いであ株式会社 正会員 ○東 誉 鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治
鳥取大学工学部 正会員 梶川 勇樹 鳥取大学大学院 学生員 寺田 雄一

1. はじめに

山地河川における河床砂礫の土砂移動については様々な研究がなされているが、完全に把握されているとは言い難い。特に、その数値解析法に関しては、交換層の概念を導入した粒径別流砂の連続式¹⁾による混合砂河床変動モデルがよく用いられているが、これまで実河川におけるデータが皆無に等しいため、その理論の妥当性について十分な検討はなされていない。また、交換層厚は一般的に90%粒径程度¹⁾とされているものの、砂礫群の移動距離の再現性に対して交換層厚の設定が非常に重要となる²⁾ことから、一概に90%粒径程度であるとは断定できない。そこで、本研究では2ケースの洪水流を対象とし、交換層厚を変化させた解析と実河川データとの比較を行い、砂礫河床の数値解析を行う上での交換層厚の設定方法について検討した。

2. 千代川の河床材料調査

鳥取県東部に位置する千代川では、河口より約32km地点にて1999年および2004年に大規模な土砂崩落が発生し、河道内に多量の土砂が流入した。流入した土砂の多くは、従来から河道内に存在していた花崗岩類とは目視で判別できる三郡変成岩類を多く含んでいた。そこで、小玉³⁾はその特殊性に着目し、洪水前後における河床材料に含まれる三郡変成岩の割合を流下方向に追跡することで土砂移動を把握できると考え、16~256mmの土砂について粒径別の調査を行った。図-1に1999年および2004年洪水前後の64~128mm, 128~256mm粒径の現地調査結果を、また、図-2に1999年および2004年の土砂崩壊地点における出水状況をそれぞれ示す。図より、洪水前後で土砂が移動している様子が見て取れる。

3. 一次元河床変動モデルを用いた数値解析

基礎方程式には、一次元非定常流れと混合砂河床変動計算を組み合わせた一次元混合砂河床変動モデルを用いた。河床変動計算では、流砂として比較的粒径が大きい区間を対象としているため掃粒砂のみを考慮し、流砂量式には芦田・道上式を、また、粒径別流砂の連続式には三郡変成岩類と花崗岩類との岩種別を考慮した式を用いた²⁾。基礎式の離散化には、山地河川の常射流混在場でも適用可能であるMacCormack法を用いた。境界条件として、上流端では流量と平衡流砂量を与え、下流端では流量・流砂量ともに自由流出とした。計算対象期間は、図-2に示す2ケースであり、図-3に計算区間の主たる条件を、表-1に計算条件をそれぞれ示す。図-3(a)より、計算区間内では2本の支川が合流しているが、支川からの流入量については流域面積比より算定した。

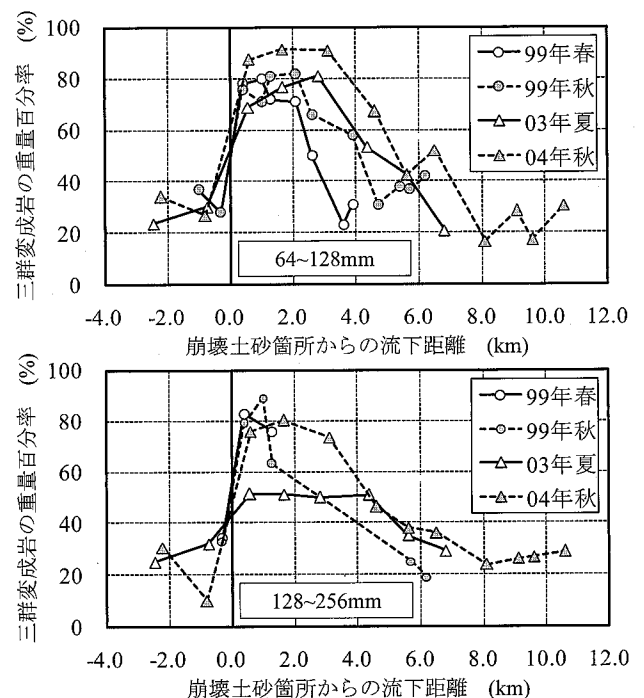


図-1 年度別三郡変成岩の割合

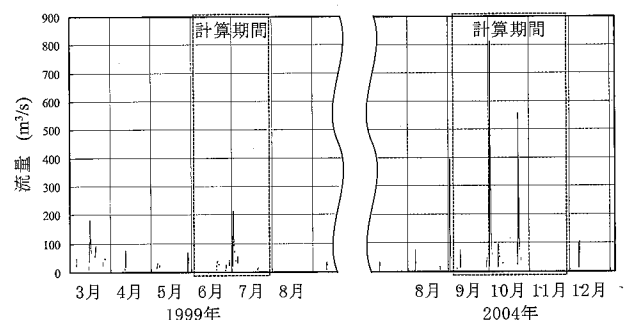


図-2 土砂崩壊地点の流量

4. 計算結果および考察

計算結果として、図-4 に 1999 年洪水を対象としたものを、図-5 に 2004 年洪水を対象としたものをそれぞれ示す。各図は粒径 64~128mm および 128~256mm の結果を示している。また、各ケースにおける交換層厚 δ については、1999 年洪水では $\delta=200\text{mm}$ 、2004 年洪水では $\delta=700\text{mm}$ とした計算結果である。両図より、粒径別の土砂移動距離について計算結果は現地調査結果と概ね一致しており、良好に再現できていることが分かる。図-4 に示す 1999 年洪水の場合、中規模な出水であったため、64~128mm の砂礫群は移動しているものの、128~256mm の砂礫群は殆ど移動していない。一方、2004 年洪水は大規模な出水であったために、128~256mm の比較的大きな砂礫群も移動している。計算結果はこのような特徴を良好に再現している。

このように、1999 年の中規模出水および 2004 年の大規模出水時の土砂移動について交換層厚を変化させることにより良好に再現できることが分かった。すなわち、交換層厚は 90%粒径程度の一定値を与えるのではなく、出水規模に応じて変動させなければ、砂礫河床における土砂移動現象を十分に再現できないことが分かる。そして、出水規模に応じて時間的に交換層厚を変動させることは、交換層厚内の粒度分布も時間的に変動させることを意味しており、その場合、「交換層厚下の粒度分布を持つ何%かの土砂量を交換層厚内に混入し粒度分布を変化させる」といった計算法が必要となる。今後、このような計算法を導入した解析モデルの構築が望まれる。

4. まとめ

本研究では、千代川中流域の砂礫河床場を対象とし 1999 年および 2004 年洪水による土砂移動現象について従来の河床変動モデルによる解析を行った。その結果、交換層厚を変えることにより、中規模出水および大規模出水時の土砂移動現象を再現できることが分かった。今後、出水規模に応じて交換層厚を変動させていく解析モデルの構築が必要である。

【参考文献】1)平野宗夫：Armoring をともなう河床低下について、土木学会論文報告集，第 195 号，pp.55-65，1971。
2)井上ら：千代川中流域における土砂移動特性に関する研究，第 58 回中支概要集，pp.115-116，2006。3)小玉芳敬：土砂を運ぶ千代川，国土交通省報告書，資料 6，11p，2004。

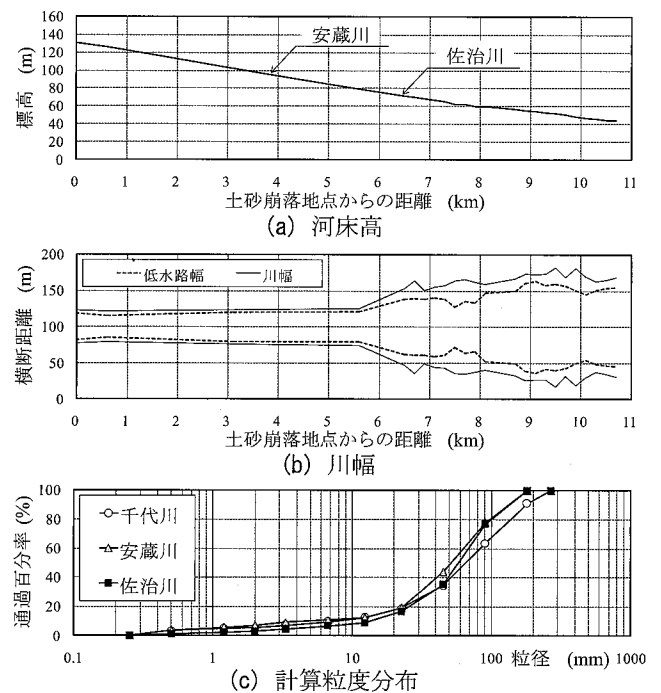


図-3 計算区間の主な条件

表-1 計算条件

流量	図-2参照	粗度係数	0.044
河床高	図-3(a)参照	離散間隔	Δt (sec) 2.0
川幅	図-3(b)参照		Δx (m) 50.0
粒度分布	図-3(c)参照	人工粘性係数 K_v	0.0

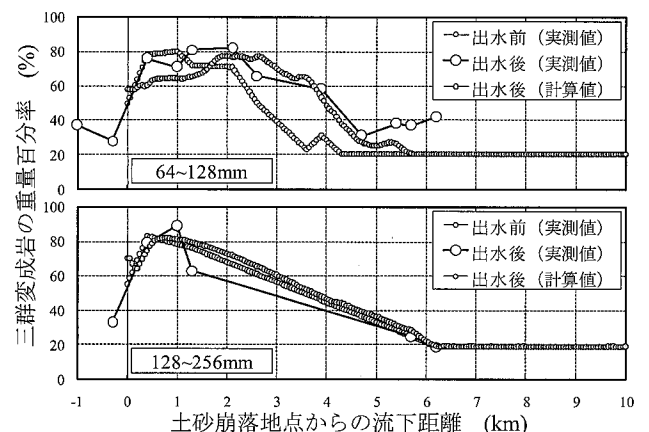


図-4 1999 年の計算結果 (交換層厚 $\delta=200\text{mm}$)

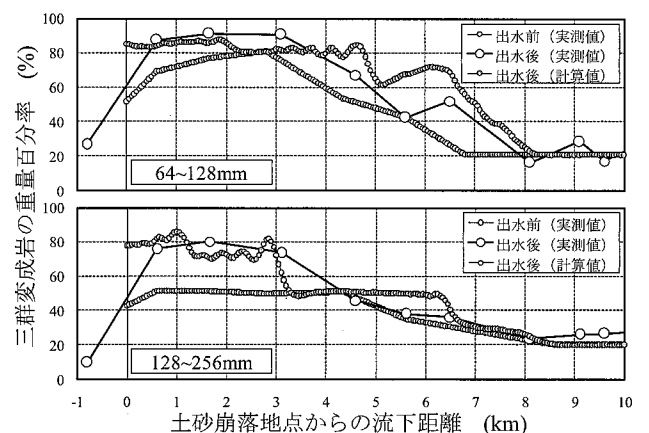


図-5 2004 年の計算結果 (交換層厚 $\delta=700\text{mm}$)