

II-165

射流分岐水路の反力による跳水発生と土砂移動に関する実験・数値解析

北海道大学大学院 学生員 水柿 俊直
北海道大学 正員 長谷川和義
大林組 正員 納 弘

1. はじめに

著者らは¹⁾²⁾山地河川に広く見られる分岐流路の閉塞堆積(Plug)が分岐部で発生する跳水によって引き起こされるものと考え、研究を進めきた。これまでに分岐部の反力(中の島反力)が作用しない平行分岐水路においても、入口部の粗度条件次第によって跳水が発生しうること、跳水内に大量の土砂堆積が起こることなどを明らかにしてきた。しかしこの種の跳水は土砂堆積によって容易に消滅し、新たな跳水がその上流部に形成されて、流路が閉塞するまでに至らない。本報は、分岐部反力が働く場合の射流分岐水路の流れと土砂堆積の特徴を実験によって調べたものであり、あわせて2次元MacCormack法による流れの再現計算の結果を報告している。

2. 実験の概要

実験水路は幅80cm長さ13mの可傾斜式循環水路である。底面は錆止めペイントが塗っており、滑面に近い状態である。閉塞堆積を起こしている現地河川(白水川)の観測結果³⁾を参考に、水路の中ほどに図2.1に示すような分岐を設けた。分岐先端形状は直線(Run-1)、および三角形(Run-2)の2種類である。上流側は等流状態になるよう十分な距離を取っている。所定流量を通水して水面形の測定(ポイントゲージ使用)と流速測定(2次元電磁流速計使用)を行った。また水路上部にビデオカメラを設置し、流下礫の移動状況をRun-2の場合のみ録画し、移動経路堆積状態を調べた。主な水理条件を表1.に記す。

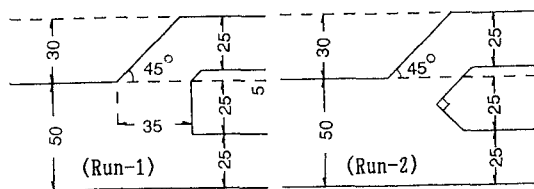


図2.1 実験水路の形状 (cm)

表1. 実験条件および主要水理量

	流量(1/s)	底面勾配	斜流等流水深(cm)	斜流フルード数	右岸側分岐後流量比
Run-1	35.3	1/62.5	4.57	2.31	0.61
Run-2	35.4	1/62.5	4.60	2.29	0.64

3. 実験結果

図3.1は水面形の等水深図である。Run-1,2とも分岐直前で水路幅全般にわたって跳水が発生している。反力が働く分岐部上流左岸側では無条件に跳水が起こり安定に存在するが、反力の働かない右岸側は、幅比と流量配分比の不整合により発生しているものと推測され、条件次第で非発生の場合も生ずるものと考えられる。図3.2は、所定水深における流速と平均流速のベクトル図である。常流分岐水路においては2次流の存在が知られているが、射流分岐水路ではこうした2次流が見られない。わずかに分岐壁近傍において流速方向の違いがある程度である。

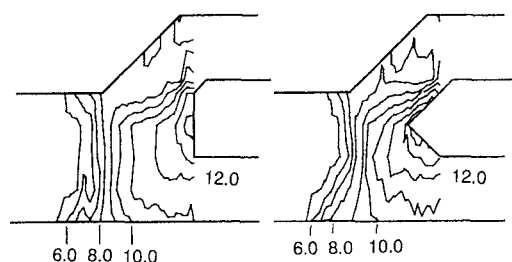


図3.1 等水深図 (cm)

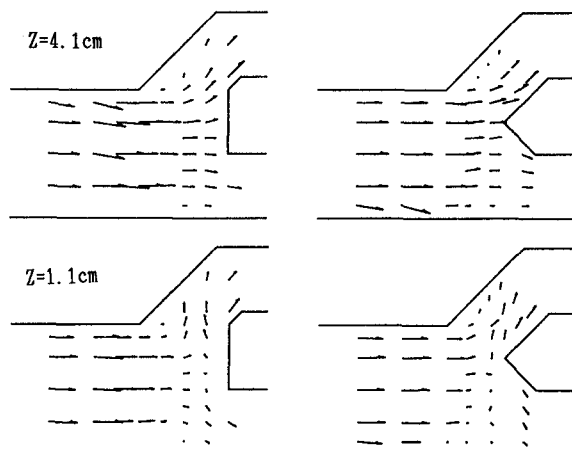


図3.2 流速ベクトル図

礫を水路上流から流下させると、従来の実験と同様に跳水位置において停止する。平行分岐実験との相違は、多少の堆積では跳水の水面形、発生位置に変化が生じないことである。ビデオ録画による調査では、のべ113個の礫の移動経路が確認された。これらの礫の移動経路は、図3.3に示すようにほぼ流量配分比どおりに分かれていることが注目される。すなわち2次流が存在しない射流分岐水路においては、流下礫が流量配分比にほぼ等しく分岐して流れることがわかる。

4. 2次元MacCormack法による解析

2次元シアフローモデルにより分岐部流れの再現をはかった。2次元MacCormack法の適用^{4) 5)}にあたり、分岐前淀み部の中立不安定が問題となったが、TVD形式の採用により安定化が可能になった⁶⁾。図4.2は実験(Run-2)の測点に対応する計算流速結果である。実測値(図3.2)と比較すると、分岐部での細部の違いはあるものの全体的な一致は非常に良好である。ちなみに流量配分比が計算と実測において、ともに0.64:0.36と全く同じになった。図4.3は水面形の計算結果である。跳水波形が急であるなど不一致も認められるが、位置・水深とも妥当な結果といえる。これらの結果は、反力の働く分岐部の流れが2次元のシアフローによってもかなり良く表現できることを示しており、移動床への発展が見込まれるものと言える。

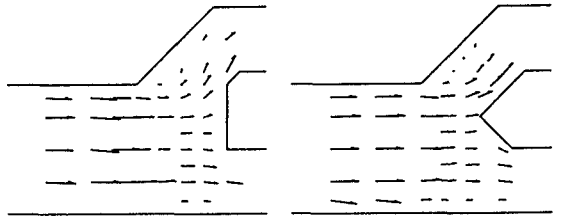


図3.2 流速ベクトル図 平均流速

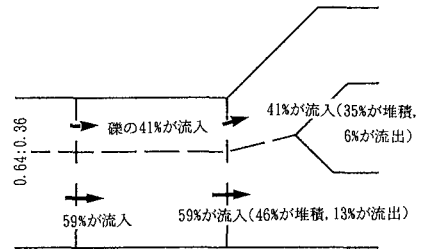


図3.3 礫の流入、堆積状況

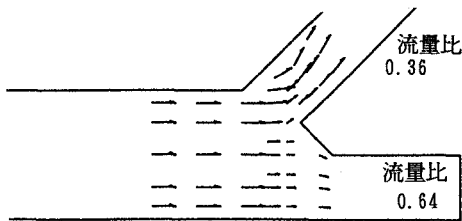


図4.1 計算による流速ベクトル図

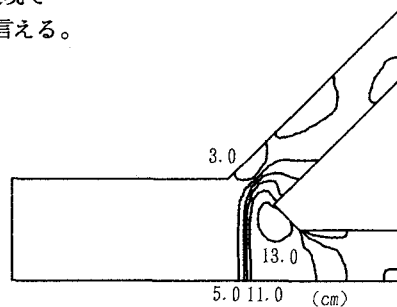


図4.2 計算による等水深図(間隔2cm)

5. おわりに

今回の固定床実験では、安定な跳水の発達と土砂堆積を認めることができたが、閉塞堆積までには至らなかった。分岐部直前の巻き返し流れによる土砂流送のためである。今後、移動床実験へ進み、閉塞堆積の機構解明をはかりたい。

謝辞:本研究は、文部省科研費一般研究(C)「分岐跳水が引き起こす土砂移動停止による山地河道の突然変動機構の解明」(代表 長谷川)の補助を受けた。記して深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 長谷川・納・石川: 射流分岐水路における跳水の発生条件、水工学論文集 第36巻
- 2) 長谷川・納・石川: 急勾配分岐水路における跳水の発生と土砂堆積、土木学会北海道支部論文集 平成3年度
- 3) 長谷川・水柿・納: 分岐部反力が働く射流分岐水路における流れと土砂堆積 土木学会北海道支部論文集 平成4年度
- 4) 流れの数値シミュレーション: 日本機械学会 編
- 5) Garcia, R. and Kahawita, R.: Numerical solution of the St. Venant equation with the MacCormack finite difference scheme: International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 6, 1986
- 6) 長谷川・納・水柿: 2次元MacCormack法を用いた射流分岐水路の流れの解析、土木学会北海道支部論文集 平成4年度