

捨石水制群が設置された開水路流の局所流・透過流の特性

神戸大学 学生員 ○李最森

神戸大学 フェロー会員 道奥康治

フジクリーン工業 非会員 牛田高裕

神戸大学 学生員 藤井淳

1. はじめに

環境に配慮した河川整備を目標としてコンクリートや築土など不透過型材料を用いた水制に替わり、透過性の捨石水制の利用を考える。捨石水制に関しては、水生生物の生息空間としての捨石間隙の役割、景観上の機能、透過流による水質浄化など環境面での付加的機能を期待できる。

本研究では、図-1のように捨石水制群が設置された開水路流を対象として、水理実験と二次元二層流モデルを用いた数値解析を実施した。これにより、水制内外の局所流特性や流れの制御機能など、捨石水制の水理設計や配置計画に供するための知見を得ることを目的とする。

2. 水理実験と数値解析の概要

水理実験に使用された開水路は、長さ 20.0(m)×幅 0.9(m)×高さ 0.5(m)の可変勾配開水路である。平均粒径 $d_m=0.02$ (m)の自然石によって長さ 0.45(m)×幅 0.20(m)×高さ 0.10(m)の捨石水制を左岸側に 8 基等間隔に配置し、流量 Q (m^3/s)、水深 h (m)、流速 u, v (m/s)を計測した。「直角」、「上向き」、「下向き」の三種類で水制群を設置した。また、二次元二層流モデル¹⁾によって、捨石水制内部を含む流れを数値解析的に再現した。表-1に水理実験及び数値解析における水理条件を示す。

3. 実験と解析結果の考察

水深 h が水制高さ h_g よりも大きく水制が冠水する CaseB-3 ($h>h_g$)を一例として、実験と解析の結果を示す。

(1) 水深

縦断方向の水深変化を図-2に示す。1 基目の水制直下流では水深が低下し、下流へ向けて徐々に回復する。横断方向における三つの縦断面の水深はほぼ同じである。数値解析は実験値を概ね良好に再現している。

(2) 流速分布の特性

一例として、CaseB-3の4・5基目の水制周辺の流速を図-3に示す(上流断面における平均流速 U_0 を用いて無次元化されている)。水理実験で観測される流れの平面構造が数値解析によって

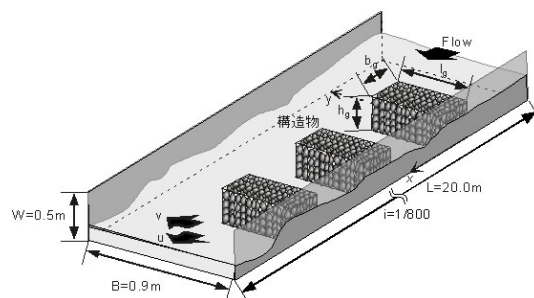


図-1 流れの模式図

表-1 実験と数値解析における水理条件

CaseA	CaseA-1	CaseA-2	CaseA-3
流れの型	非越流		
水制設置角度	90°	70° 上流向き	70° 下流向き
CaseB	CaseB-1	CaseB-2	CaseB-3
流れの型	越流(小)		
水制設置角度	90°	70° 上流向き	70° 下流向き
CaseC	CaseC-1	CaseC-2	CaseC-3
流れの型	越流(大)		
水制設置角度	90°	70° 上流向き	70° 下流向き
CaseD	CaseD-1	CaseD-2	CaseD-3
流れの型	非越流		
水制設置角度	90°		
水制設置間隔	0.6 (m)	1.8 (m)	

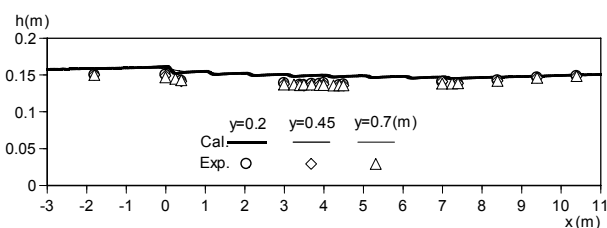
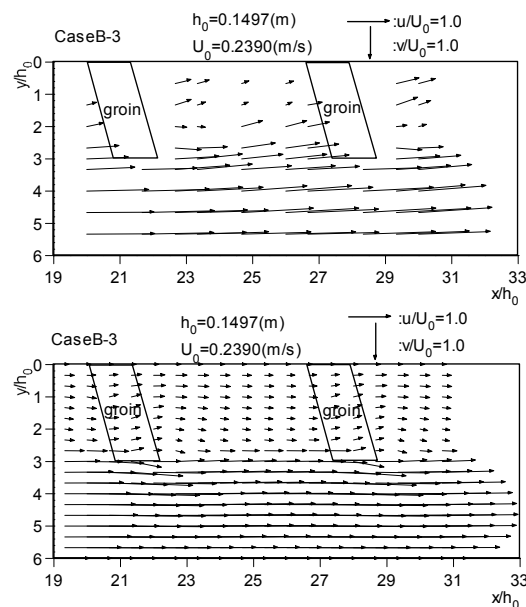


図-2 CaseB-3における水深の縦断方向変化



上：実験値 下：解析値

図-3 4・5基目の水制周辺の無次元流速分布

キーワード 捨石水制群 透過性 開水路流 環境水理学的機能 二次元二層流モデル

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 TEL078-803-6054

再現されている。水制を越流する場合、流れは水制の近傍で左岸へ向かって流れるのが実験値と解析値の双方から確認できる。水理実験では計測できない水制内部の流れも数値解析においては得られている。水制内部ならびに水制の越流部を含む流れの詳細は図-4 のようである。

(3) 水刼ねの効果

水制の重要な水理機能である水刼ね効果を検討するために、水制長さ l_g に相当する範囲で川幅を左岸側と右岸側の領域で分割し、右岸側の流量 Q_r と全断面流量 Q_{all} との比 Q_r/Q_{all} を求めた。その流下方向変化を図-5 に示す。 Q_r/Q_{all} は水制群上流付近大きく増加し、水が右岸に刼ねられる。8 基目の水制より下流では流れが徐々に回復する。水制群の設置角度によらず、水刼ね効果が十分得られるが、流れに直角或は上流向きに設置した方が Q_r/Q_{all} がより大きくなり、効果的に流れを刼ねている。

(4) 透過水制群の環境機能

水制間に形成される湛水域の水・土砂収支は環境水理学的に重要な要素である。湛水域における渦度、レイノルズ応力などの他、湛水域の水質に影響を持つ水交換率を検討した。図-6 のように各湛水域に番号を付す。一例として、湛水域上流側の水制からの無次元流入量 Q_{IN} （断面における無次元流速分布を積分し、無次元水深と乗じることによって得られたもの）を図-7 に示す。いずれの Case においても、第 1 水制から第 2 水制への透過流量が最も大きく、いったん急減した後、流下方向に徐々に透過流量が回復している。CaseA-3 と CaseA-2 の場合が CaseA-1 に比べて透過流は大きく、湛水域内の停滞性は低い。

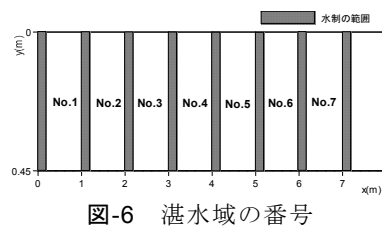


図-6 湛水域の番号

(5) 水制群の最適配置

水制の設置目的に応じた水制群の最適配置を検討する。一例として、透過性水制群に期待される湛水域の水質浄化が最も効果的に働くための水制間隔について示す。湛水域上流側の水制の下流端断面からの無次元流入量 Q_{IN} を図-8 に示す。CaseD-1, CaseA-1, CaseD-2（水制間隔はそれぞれ 0.6m と 1.0m と 1.8m である）の順、すなわち水制間隔の増加とともに流入量が増える傾向が見られた。より多くの場合について解析を実施すれば、水制の最適間隔を決定できると考えられる。

参考文献

- 1) 道奥・南條・石垣・前野：捨石水制が冠水した開水路流の二次元二層流モデル，土木学会論文集，No. 782/II-70，pp.31-50，2005 年

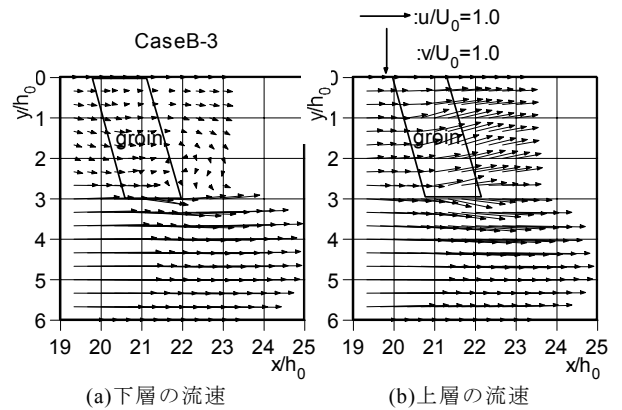


図-4 4 基目水制周辺・内部の無次元流速分布

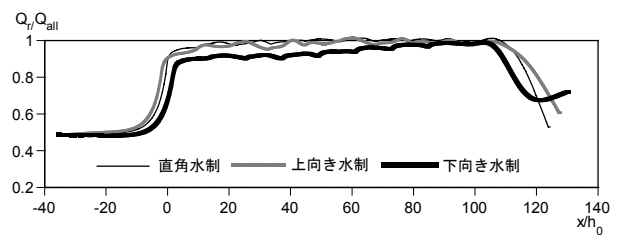


図-5 非越流れにおける右岸側流量と全流量の比 Q_r/Q_{all}

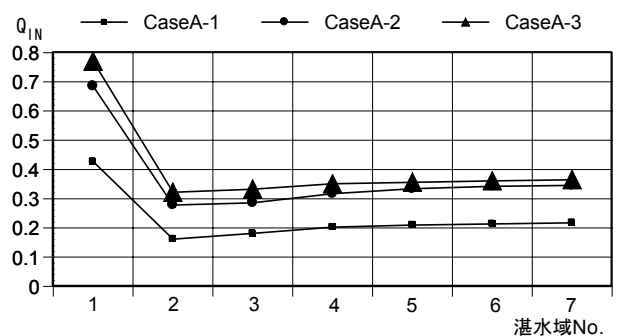


図-7 湛水域上流側の水制からの流入量 Q_{IN} （無次元）

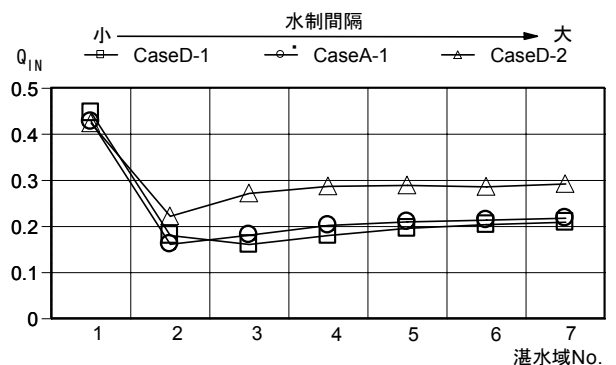


図-8 湛水域上流側の水制の下流端断面からの流入量 Q_{IN} （無次元）