

第II部門

捨石水制群の配置形態による開水路流の制御について

神戸大学 学生員 ○李最森
 神戸大学 非会員 牛田高裕

神戸大学 フェロー会員 道奥康治
 神戸大学 学生員 藤井淳

1. はじめに

近年、自然環境や生活環境に対する関心が高まり、河川の整備に関して、環境に配慮した工法が注目されている。透過型の捨石水制は、間隙への水生生物の生息空間、河川景観保全、さらに曝気や浸透による水質の自然浄化機能などが期待できる。

本研究では、図-1のように捨石水制群が配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する。これにより、捨石水制群における流れの構造と、配置形態が流れに及ぼす影響を検討し、捨石水制群による流れの制御特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験の概要

水理実験は、神戸大学工学部環境水理実験室で実施した。実験ケースは、透過水制群を越流しない場合（以下「非越流」と記す）と越流する場合（以下「越流」と記す）である。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)、水路勾配 1/20000~1/20 の可変勾配開水路である。捨石水制の諸元は、長さ0.45(m)×幅0.20(m)×高さ0.10(m)であり、材料には、平均粒径 $d_m=0.02(m)$ の自然石を用いた。水路の左岸側に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。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

本文では、例として水深 h が水制高さ h_g よりも小さい CaseA-3($h < h_g$)と、逆に水制が冠水する CaseB-3($h > h_g$)における流れの構造を水理実験と数値解析によって明らかにし、透過型の捨石水制の水流制御機能を検討する。

(1) 水深

捨石水制群を下流向きに設置した場合の CaseA-3, CaseB-3 における縦断方向の水深変化を図-2に示す。実験値を少し上回るものの、数値解析は実験で観測された縦断方向の水深変化を良好に再現している。非越流の場合(CaseA-3)には、1基目の水制直下流では急激な水深低下が見られるが、それより下流部では水深の変化は緩やかである。越流の場合(CaseB-3)には CaseA-3と同様に1基目の水制直下流付近での水深低下は大き

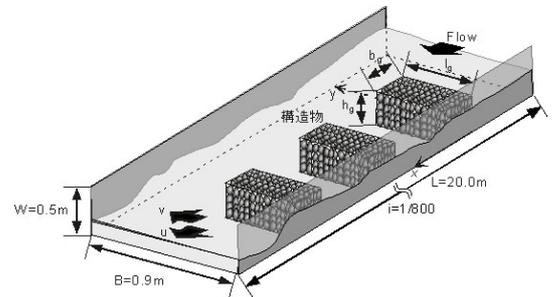


図-1 流れの模式図

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

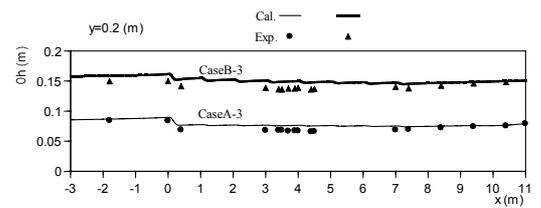
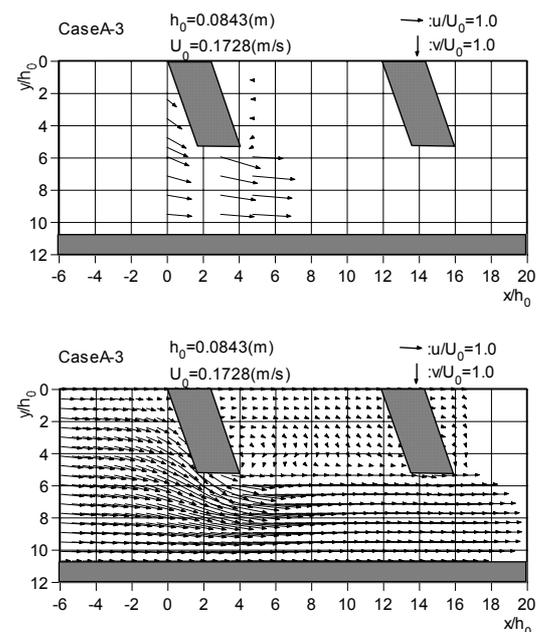


図-2 CaseA-3とCaseB-3における水深の縦断方向変化(左岸部、水制側)



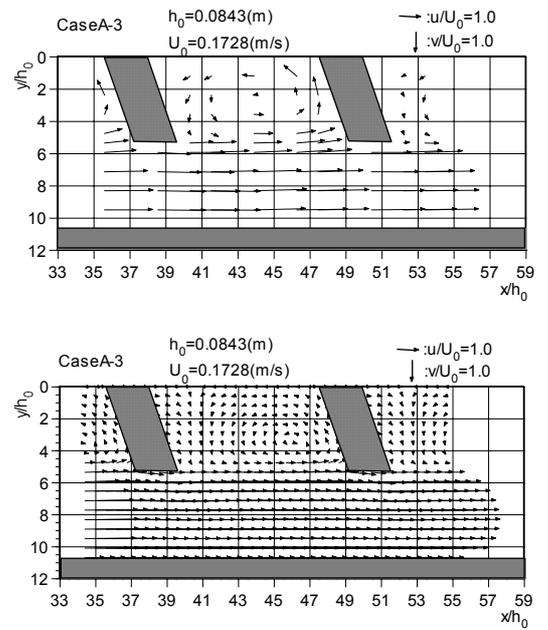
上：実験値 下：解析値

図-3 1・2基目の水制周辺の無次元流速分布

いが、非越流の場合ほどその変化は顕著ではない。計算値は実験値をやや上回るものの、それらの合致度は概ね良好である。

(2) 流速分布の特性

一例として、CaseA-3の1・2基目と4・5基目の水制周辺の流速をそれぞれ図-3、図-4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ような流れの平面構造が数値解析によって概ね再現されている。水制を越流しない場合、流れは1基目の水制の上流側で右岸方向に勿ねられ、左岸への再付着は見られない。循環流は、1基目と2基目の水制間には発生せず、それ以降の全ての水制間においてほぼ同様の規模と強度で発生する。これは、1基目の水制を透過する流れが強く、2基目以降の水制を透過する流れが循環流の発生を妨げるほどは強くないためであると考えられる。



上：実験値 下：解析値

図-4 4・5基目の水制周辺の無次元流速分布

(3) 水制群の安定性

捨石水制群の構造設計、維持管理を行う上で、捨石水制に作用する流体力を検討することは重要である。本モデルによれば、水理実験では計測不可能な水制内部の流れ・流体力を解析することが可能である。図-5には捨石に作用する抗力の分布(無次元表示)をCaseA-3に関して示す。抗力は、各水制の上流側隅角部で最も大きい。いずれのケースにおいても1基目で最も大きな抗力が作用していた。これより、1基目の水制の強度を大きくする必要があり、また、各水制の上流側隅角部を補強しなければならないことがわかる。

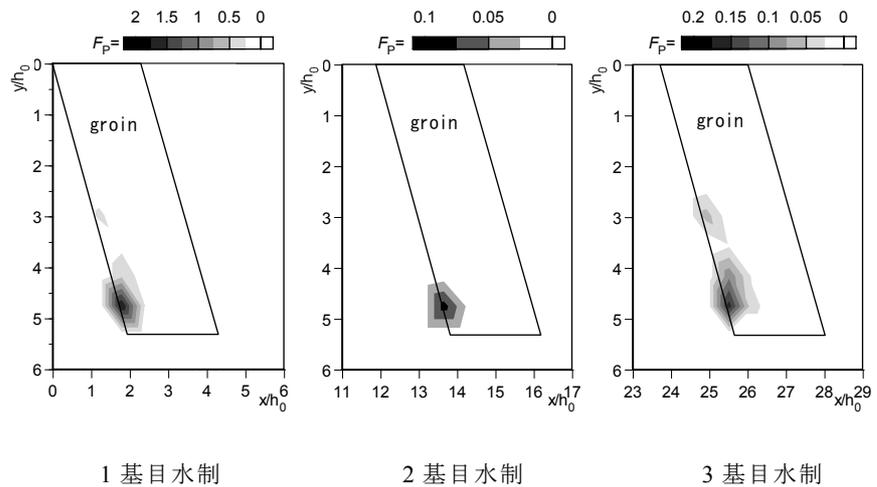


図-5 CaseA-3における無次元抗力 F_p

いずれのケースにおいても3基目以降の水制ではほぼ同様の抗力分布特性を示していた。さらに、水制を図-6に示すA、B、C三領域に分割して、各部に作用する抗力の最大値(無次元表示)の流下方向変化を図-7に示す。1基目のC部(水制の先端部)における抗力が最大となっている。また、いずれのケースにおいても図-7と同様に2基目の水制に作用する抗力が最も小さく、3基目あるいは4基目より下流側の水制における抗力はほぼ同様の最大値を示していた。

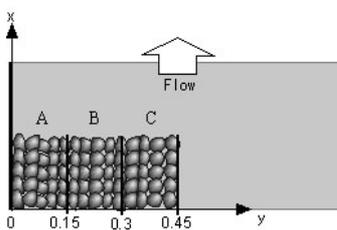


図-6 水制各部の名称

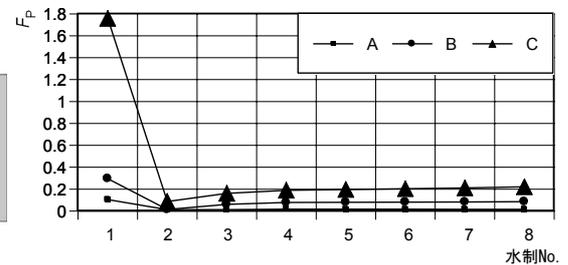


図-7 水制各部における無次元抗力の最大値 (CaseA-3)

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 31-50 2005.2