

### かごマットを用いた水制周辺の現地観測と河床変動特性

名古屋工業大学 正会員 ○富永 晃宏  
名古屋工業大学 学生会員 榊 卓也  
名古屋市 山本 裕治

1. はじめに 水制は、河岸侵食防止や土砂堆積制御のために用いられる水理構造物であるが、環境面への配慮と柔軟性及び経済性の面から蛇籠やかごマットを用いた透過性あるいは空隙を有する水制の施工例が増加している。このような水制の洗掘に対する安定性については十分な知見が得られていないことから、現地データを蓄積することは重要である。

2009年3月に庄内川の32.5km地点に新たにかごマットを用いた水制群が設置された。そこで本研究では、現地での水制周辺の河床形状及び平水時の流速を計測した。また、かごマットを想定した透過型水制模型を設置した室内実験を行い、水制周辺の流れ構造と洗掘の関係について検討した。

2. 現地観測 庄内川の水制設置区間は、河床勾配 1/540 の礫床河川である。水制は8連からなり、水制長 20m、設置間隔 60m で、角度は上向き 70°程度、天端高は平水位+0.75m として設計されており、構成材料には金網に碎石を詰めたかごマットが用いられている。水制群配置平面図を図-1に、第1水制の横断、縦断形状を図-2に示す。本研究では水衝の最も大きい第1水制を含む約120mの区間を対象とした。地形についてはトータルステーションによって等水深線の座標を計測した。また、洗掘域では超音波ドップラー流向流速計(ADP)を両岸からロープで引張り、横断方向に移動させて、横断面での水深・流速の計測を行った。観測は、水制の施工完了から約7か月後であり、それまでに水制を越流する出水が5回程度発生した。図-3に水深コンター及び流速計測断面を示す。第一水制前および第1第2水制間には施工の際の土工ヤードが残されている。先頭の土工ヤードから第一水制先端後方へと連続的に洗掘域が存在する。第1・第2水制先端を結ぶ流下方向線に沿って砂州が形成されている。次に、図-4にADPによる流速分布計測結果を示す。断面C-C'断面では、水制先端付近に50cm/sを超える高速域が見られ、ここで河床が洗掘されている。水制先端のE-E'断面では高速域が水制先端から左岸側に離れ、水制先端の水面付近で流れが剥離し、負の流速が認められる。断面G-G'では主流域が左岸側に移動し、右岸側には剥離した流れによる逆流が確認され、大規模な平面渦が発生していることがわかる。また、ここでは平水時に高速域が最深部に対応していないことがわかる。さらに下流の断面I-I'では、左岸側が浅くなるが、この部分で高速となっている。このことから出水時には流れ構造が異なる可能性が示唆される。

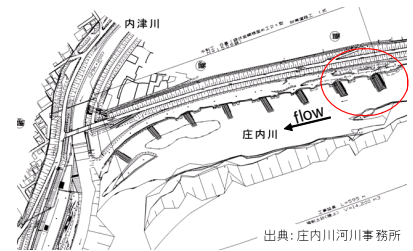


図-1 水制群配置

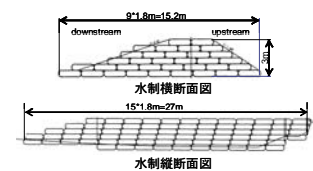


図-2 水制形状

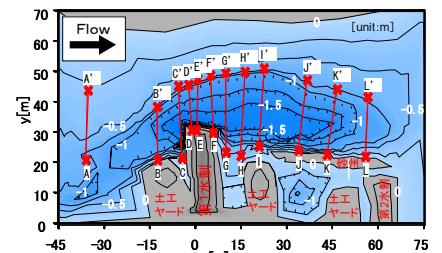


図-3 水制周辺の水深と流速計測位置

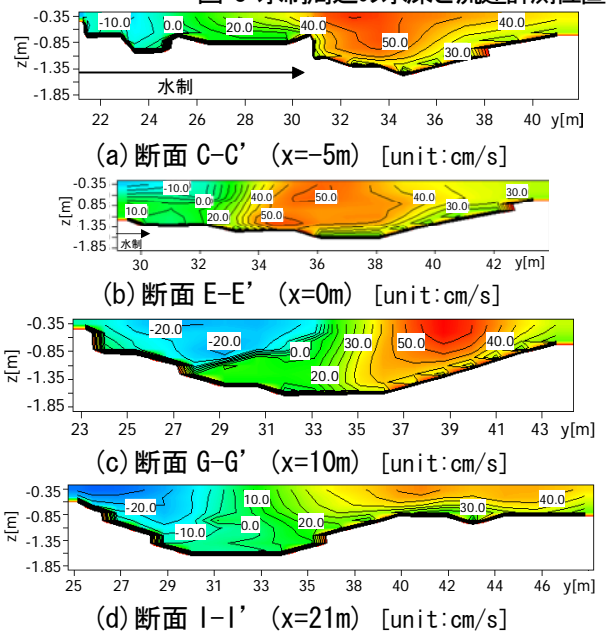


図-4 横断面流速コンター

キーワード 水制, かごマット, 現地観測, 流速分布, 河床変動

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 都市社会工学科 TEL 052-735-5490

3. 室内実験 実験水路は、全長 13m, 幅 59.3cm, 高さ 30cm の長方形水路を用いて、水路勾配を 1/500 に設定した。水制模型として、粒径 1~1.5cm の骨材を水とセメントで練り混ぜたもので空隙率が体積比で約 44.2% の 1 辺が 3cm の立方体を作成した。これらを連結して長さ 15cm, 幅は下段 6cm, 上段 3cm の 2 段積みにし、水路上流端から 8.0m と 8.45m の位置に 2 基配置した。水理条件は小出水時を想定した流量  $Q=0.0085\text{m}^3/\text{s}$ , 水深  $h=4\text{cm}$ , フルード数  $Fr=0.44$  の Case1 と出水時を想定した  $Q=0.0170\text{m}^3/\text{s}$ ,  $h=8\text{cm}$ ,  $Fr=0.37$  の Case2 を設定した。水制を含む 135cm の区間において 2 成分 I 型

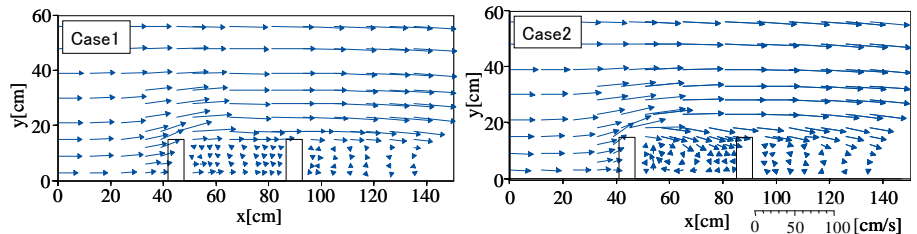


図-5 流速ベクトル (室内実験,  $z=1.5\text{cm}$ )

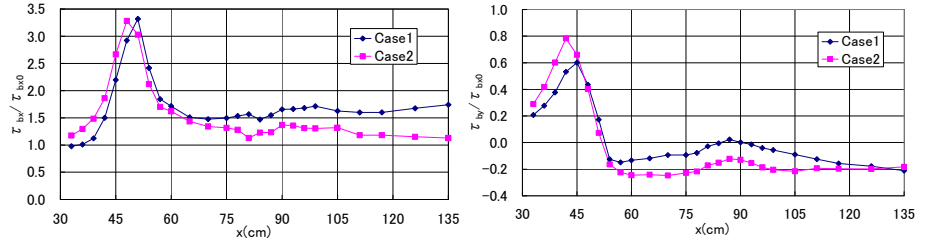


図-6 底面せん断応力縦断分布 ( $y=18\text{cm}$ )

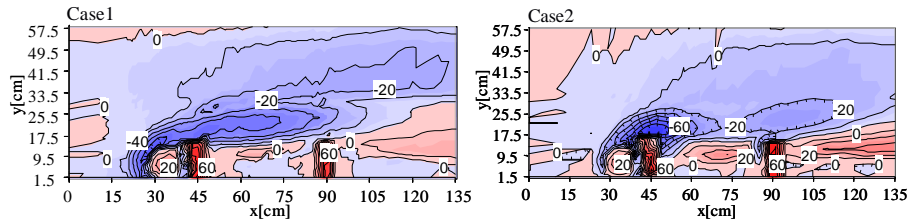


図-7 河床高コンター (室内実験) [unit:mm]

電磁流速計を用いて固定床での流速計測を行った。図-5 に  $z=1.5\text{cm}$  における流速ベクトルを示す。Case1 では非越流状態であり、水制背後を透過する流れが認められ水制間の流れは直進するが、越流状態の Case2 では透過流がほとんど見られず、主流域から水制間に入り込む流れが発生し、水制間に平面渦が発生している。これは、越流型、非越流型の一般的特性と逆の傾向であるが、越流により水制前後の水位差が小さくなり透過流が減少したことと水制による 3 次元流の発生に起因するものと推測される。

次に、図-6 に  $x=0\text{cm}$  における平均の流下方向底面せん断応力  $\tau_{bx0}$  で無次元化した流下方向および横断方向の無次元底面せん断応力  $\tau_{bx}/\tau_{bx0}$ ,  $\tau_{by}/\tau_{bx0}$  の  $y=18\text{cm}$  における縦断分布を示す。なお、底面せん断応力は  $z=1.5\text{cm}$  における流速成分を用いて算定したものである。主流方向の  $\tau_{bx}$  は Case1, 2 ともに  $x=45\text{cm}$  を境に大きく値が増加し、ピーク大きさは両ケースでほぼ同程度に達する。このことから、流量が小さい非越流時にも流量の大きい越流時と同程度の洗掘が発生することが予想される。横断方向の  $\tau_{by}$  はやはり水制先端から上流で主流方向の大きな値を取る。Case2 の方が 30% 程度大きな値を示し、水制間では右岸側に大きな負の値を示す。次に、移動床での河床変動実験を行った。河床には平均粒径 0.586mm の砂を敷き詰め、通水時間は 65 分と設定した。第一水制前には現地での土工ヤードを想定して障害物を配置したケースの結果を検討する。通水後の河床高コンターを図-7 に示す。2 つのケースでは洗掘が最大となる位置が異なり、Case1 ではヤードの前方が最大となり洗掘域は広範囲であるが、Case2 では第一水制先端が局所的に最大となった。このことは流量によって洗掘位置が異なることを示し、現地において考えると、出水時には第 1 水制先端において洗掘が発達するが、平水時にはヤード前が洗掘され第 1 水制先端は埋め戻しがなされることが予測される。

4. おわりに 河床変動の実験結果は現地で形成された洗掘や水制間の堆積と同様の傾向がみられた。第 1 水制前面の土工ヤードの存在が第 1 水制の洗掘を軽減する効果が認められた。越流時と非越流時では周辺河道における洗掘のメカニズムが異なることも注意を要する。水制の保護には前面ヤードの存在が大きな効果があると言えるため、ヤードを含めた流れ構造と流量変化への応答に注目して検討することが重要と考えられる。

最後に、現地観測に便宜をはかっていただいた庄内川河川事務所の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

・李最森, 神田佳一, 道奥康治, 前野詩朗: 透過水制が設置された河川流の解析, 河川技術論文集, Vol.13, 237-242, 2007.