

透過型水制周辺の流れが洗掘に及ぼす影響

名古屋工業大学

山本裕治

名古屋工業大学大学院

学生会員

鄭載勲

名古屋工業大学大学院 学生会員

榊卓也

名古屋工業大学大学院

正会員

富永晃宏

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．これまでのコンクリート塗り固めによる護岸は，生態環境の保全や景観の面から好ましくないとされ，水制の利用が期待されている．水制の形式としては，環境面への配慮と柔軟性，経済性の面から蛇籠やカゴマットを用いた透過型水制の施工例が増加している．しかし，このような透過型水制の洗掘による安定性については未だ定かでない．本研究は，2009年3月に設置された庄内川上条水制を研究対象として，現地での河床形状及び流速計測と，カゴマットを想定した透過型水制について室内実験を行い，水制周辺の流れ構造と洗掘の関係について検討するものである．

2 現地観測：上条水制は8連水制であり，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カゴマットが用いられている．このうち本研究の対象である水制は水衝の最も大きい第1基目とし，水制を含む約120mの区間において水深を計測した．現地は水深の深い水域が広がっており，水制近傍まで近寄れないため，水深0~1mまで20cm間隔でコンターとなるようトータルステーションにて座標を計測した．また，洗掘域では超音波ドップラー式 miniADP を左岸側からロープで引張り，横断面の水深・流速の計測を行った．

図-1に水深コンターを示す．洗掘は水制先端部と後方40~50mにわたって見られる．また，洗掘の右岸側には堆積による砂州が形成されていた．これは，水制の下流側に剥離渦が発生しており，水制背後に回りこんだ流れや透過した流れと合流する際に流速が減少することで堆積するものと考えられる．洗掘域・堆積域ともに右岸側に寄っているようであるが，これは対象区間が河川の湾曲部に当たることによる．次に，図-2に miniADP による流速分布計測結果を示す．なお，横軸 y' は左岸側の移動開始点を0としている．断面 A-A では，水深は横断方向にほぼ一様に分布しているが，湾曲により流速は右岸側に偏って速くなって

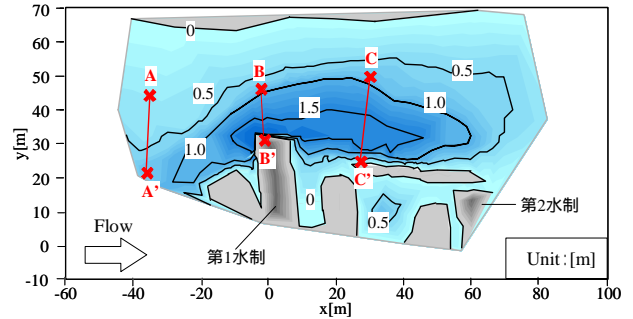
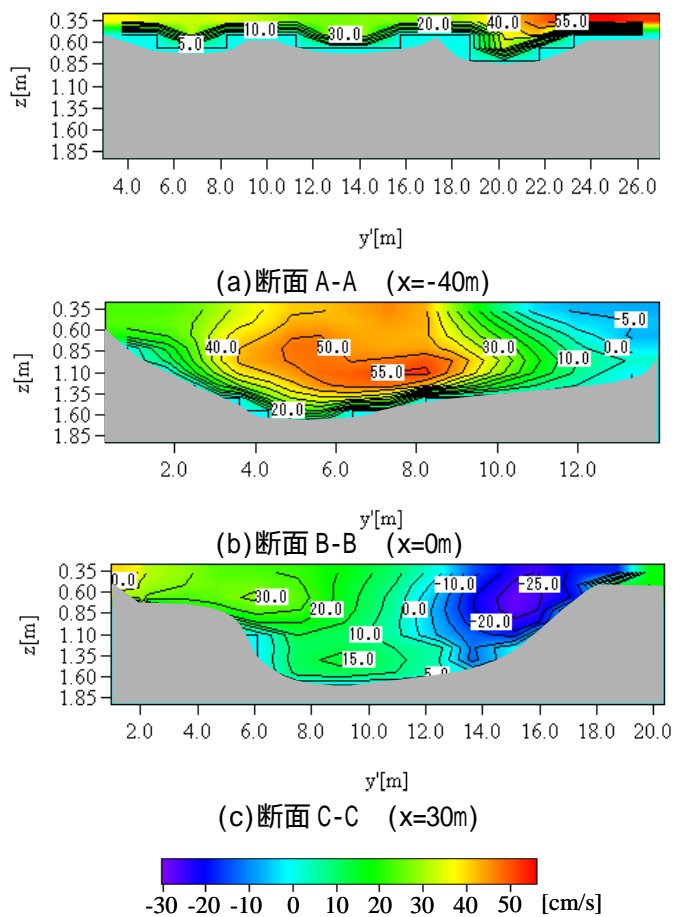


図-1 上条水制周辺の水深と流速観測位置



いる．断面 B-B では，水はねにより局所的に流速の増加が見られるとともに，流れの速い箇所でも河床が洗掘されている．断面 C-C では，断面 B-B と比較して主流域が左岸側に移動しているため，水はねの効果が持続していることがわかるが，その一方で右岸側には逆流が確認されており，堆積の原因となる渦が発生していることもわかる．観測は，上条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。施工当初には水制前後に工事の際のヤードが繋がっていたが、観測時には離別している。これは、出水の際に越流したことにより平水時には流れのほとんどない水制前後においても、土砂を流出させる程の力が発生していると考えられる。

3. 室内実験：実験水路は、全長 13m、幅 59.3cm、高さ 30cm の勾配可変型長方形水路を用いて、水路勾配を 1/500 に設定した。水制の模型は、図-3 に示すように 1 辺 3cm のカゴマットモデルを連結して、水制長 15cm、水制幅は下段 6cm、上段 3cm の 2 段積みにし、上流側から 45cm と 90cm に 1 基ずつ配置した。構成材料は、粒径 1~1.5cm の骨材を水とセメントで練り混ぜたもので、空隙率は体積比で約 44.2% である。ケースは平水時と出水時を想定して表-1 に示すように設定した。Case1 については $z=1.5\text{cm}$ 、Case2 については $z=1.5, 4.0, 6.5\text{cm}$ において、135cm の区間にて 2 方向 I 型電磁流速計を用いて固定床での流速計測を行った。

図-4 に $z=1.5\text{cm}$ における流速ベクトルを示す。Case1 では水はねされた流れ及び透過した流れは直進するが、Case2 でははねられた流れが再付着する方向を向いており、この流れが第 2 水制にぶつかることで逆流し水制間に渦が発生する。これは、透過流量に比べて流量が大きくなったことで抵抗としての働きが強まり、機能的に不透水制に近くなったものと考えられる。次に、図-5 に $x=0\text{cm}$ における平均の底面せん断応力 τ_{bx0} で無次元化した底面せん断応力 τ_{bx}/τ_{cp0} の分布を示す。なお、底面せん断応力 τ_{bx} は $z=1.5\text{cm}$ における流速 u_b 、 v_b を用いて次式より算定した。

$$\tau_{bx} = \frac{\rho C_f}{2} u_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2} \quad (1)$$

水制域内は 0 に近く、逆流域では負の値となるため、土砂堆積が想定される。図-6 に $y=18$ における無次元底面せん断応力の縦断分布を示す。Case1, 2 とともに $x=45\text{cm}$ を境に大きく値が増加しており、水制先端が特に洗掘されやすいことが考えられる。Case1 の方が増加量は大きいですが、これは非越流の場合水制が断面に対して占める割合が大きく、流速増加を促しているからである。

4. おわりに：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。今後は移動床実験を行うことで、水制の安定性や砂の挙動について検討を行う必要がある。

表-1 実験条件

Case	水深 h[cm]	流量 Q[lit/s]	平均流速 u[cm/s]	フルード数 Fr
1	4	8.5	27.7	0.4429
2	8	17.0	32.8	0.3706

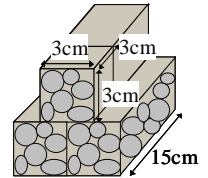


図-3 模型の概略

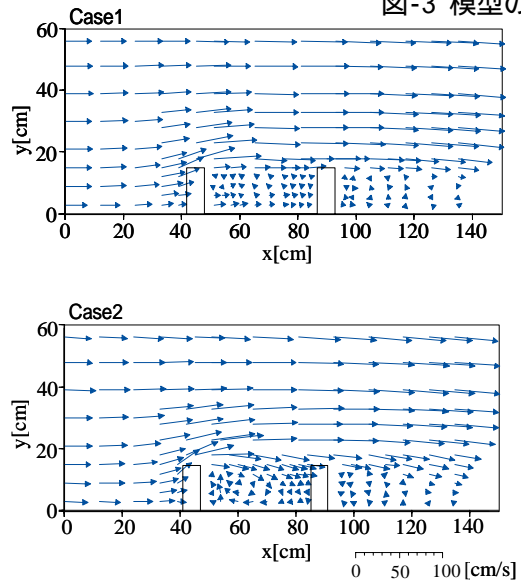


図-4 流速ベクトル ($z=1.5\text{cm}$)

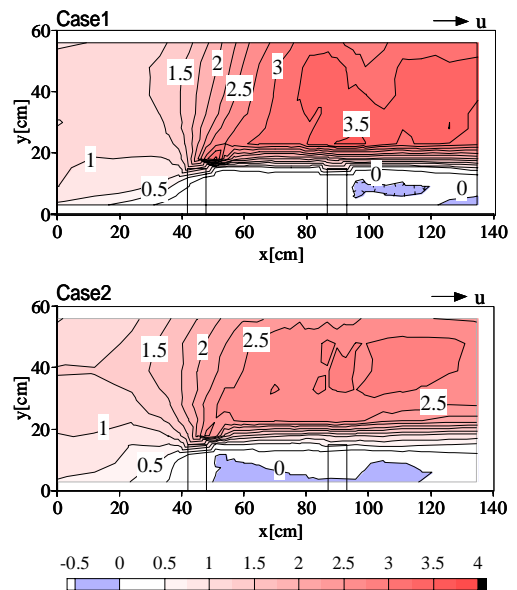


図-5 無次元底面せん断応力

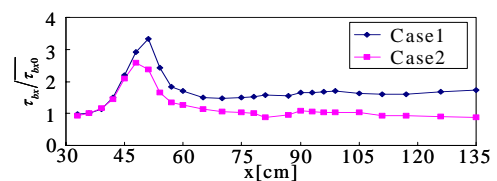


図-6 無次元底面せん断応力の縦断分布 ($y=18$)

5. 参考文献

1) 富永晃宏, 金田雪雄, 神谷昌文, 河川湾曲部における 3 次元乱流構造の現地計測と底面せん断応力の評価法, 水工学論文集, 第 38 巻, pp727-732, 1994.