

自然形成型水制を用いた淵の生成に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○林 秀明
 名古屋工業大学 学生会員 末次 宏基
 名古屋工業大学 学生会員 富田 和希
 名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに：近年都市河川においてコンクリート製の護岸・根固め工に対し河川の景観や環境の保全に関する声が強くなり、水制の設置が試みられている。しかし水制自体まだまだ研究段階であり河川によって適した水制が異なることもあり、中には洗掘により壊れる水制がある。そこで本研究では河川の景観と安定性を考慮した自然形成型に近い三角錐の水制¹⁾を用いて実験し、その流れの特性が多自然川づくりに利用できるか検討する。

2. 実験方法：実験水路は、全長 13m、幅 60cm の勾配可変型水路と全長 6m、幅 30cm の水路を使用した。60cm 水路では勾配を 1/500 で河床を固定床とし、30cm 水路では勾配を 1/2000 で河床を移動床とした。自然形成型水制の模型は、針金、金網で造った型枠に細礫を詰めて作成し、底面からの高さ 7.5cm、幅 14cm、長さ 14.5cm の三角錐とした。比較のための直方体水制は同様の方法で作成し、高さ 5cm、幅 5cm、長さ 10cm の直方体の水制とし、空隙率はいずれも体積比で約 22%である。直方体の水制は三角錐の水制の体積と流れ方向の投影面積に近くなるように寸法を決定した。移動床では高さ 3.5cm を砂に埋めて高さ 4.0cm、幅 7.5cm、長さ 10.2cm で計測した。固定床実験では水深 5cm、流量 0.013m³/s とし水深はポイントゲージで、流速は 2 成分電磁流速計を用いて計測した。移動床実験では中央粒径 $D_{50}=0.571\text{mm}$ の砂を使用し、水深 3.5cm、流量 0.0014m³/s にし通水開始から 120 分後の河床の高さをレーザー距離計を用いて計測した。直方体の水制と三角錐の水制の諸元を表-1 に、実験条件を表-2 に、水制の写真を図-1 に示す。

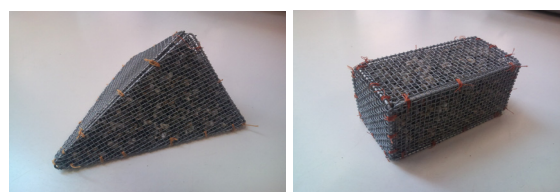
3. 実験結果と考察：図-2 に固定床で計測した水深コンターを示す。最も深いところは堰上げ効果により水制頭部手前で 61.1mm を示し、最も浅いところは水制の下流側で 32.1mm を示した。また水制先端から流れ方向の左岸側に向かって徐々に水深が低く

表-1 水制模型の諸元

	体積 $V(\text{cm}^3)$	投影面積 $A(\text{cm}^2)$
三角錐	253.75	54.38
直方体	250	50.0

表-2 水理条件

	水深 $h(\text{cm})$	流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	平均速度 $u(\text{cm}/\text{s})$	フルード数 Fr
固定床実験	5.0	0.0130	4.33	0.619
移動床実験	3.0	0.0014	1.56	0.287



(a) 三角錐の水制 (b) 直方体の水制

図-1 水制の写真

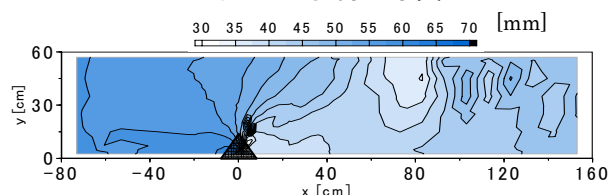
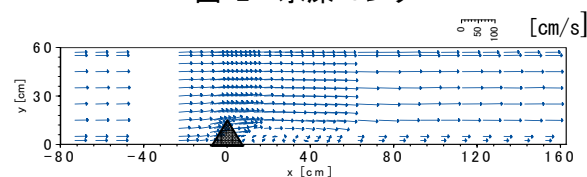
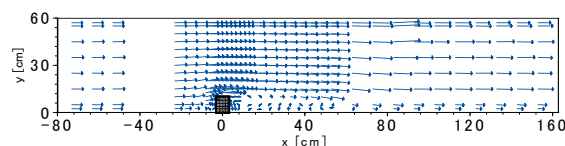


図-2 水深コンター



(a) 三角錐の水制

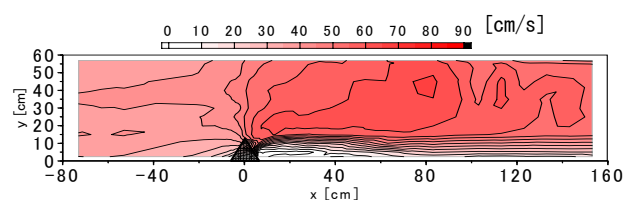


(b) 直方体の水制

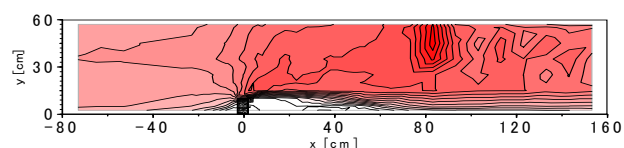
図-3 流速ベクトル (z=2cm)

なった。これは水制の下流側で流速が遅くなることで仮想的に水路の幅が狭くなり流速が速くなることでエネルギーの保存から水深が低くなったと考えられる。図-3 に $z=2\text{cm}$ での流速ベクトルを示す。直方体の水制は水制手前で流速が極度に遅くなるのに対し、三角錐の水制は先端側の水が越流しているため

極度に遅くならず徐々に遅くなっている。また直方体に比べ水制背後の剥離渦の範囲は狭く再付着点距離は三角錐では 43cm 付近、直方体では 53cm 付近であった。これは三角錐の水制が直方体の水制よりも抵抗が少ないからと考えられる。剥離渦以降の流れはどちらも正の方向に遅い流速が計測ポイントの終点まで維持されている。図-4 に $u-v$ 合成流速コンターを示す。三角錐と直方体のどちらも水制の下流側の斜め方向で流速が最大となる。先端部分が越流する三角錐とは異なり直方体は水制の影響で水制の上流側と下流側の減速域が広がっている。三角錐の水制下流側では部分的に越流しているため、直方体よりも流速が大きいことがわかる。水深と見比べると流速が最大となるところで水深は最小となっている。三角錐水制でも側岸下流の減速効果は直方体と同様に維持されている。図-5 に $z=2\text{cm}$ の鉛直方向流速 W のコンターを示す。三角錐の水制は先端部分の下流側に下降流が発生している。直方体の水制は前面から下降流があり、水制の先端から y 方向 2.5cm のところで最大となっている。下降流速の最大値は三角錐の水制の方が約 10cm/s 程度速いという結果となった。図-6 に 30cm 移動床水路で計測した 120 分後の三角錐水制の河床高コンターを示す。河床変動の経過として、通水直後からすぐに水制先端の下流側斜め方向に洗掘が始まり、洗掘された砂は水制の下流側に堆積した。その堆積した砂の山に沿って洗掘された砂が移動し、砂の山が徐々に下流側に伸びていった。淵のすぐ下流側にも洗掘された砂が堆積して小さな丘ができ、その丘と砂の山の間を水が流れていた。120 分以降も砂は少しずつ移動していたが、計測開始時から砂の動き方は変わらず水制側の砂の山が x 方向に伸びていくだけなので、安定した河床形状は図の淵と砂の山の範囲が下流に伸びたものと考えられる。これまでの研究から直方体の水制は局所洗掘が大きいとわかっているが²⁾、三角錐の水制周りの洗掘は先端部分が少し洗掘されただけで上流側も下流側もほとんど洗掘されることはなく水制自体が傾くということもなかった。流量は固定床よりも小さいが、大きな淵ができていないことから三角錐の水制は安定しているといえる。この結果になったのは図-4 より直方体の水制と異なり下降流が水制の先端部分の下



(a) 三角錐の水制



(b) 直方体の水制

図-4 $u-v$ 合成流速コンター

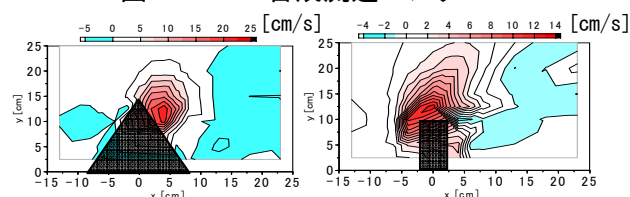


図-5 鉛直方向流速 W のコンター ($z=2\text{cm}$)

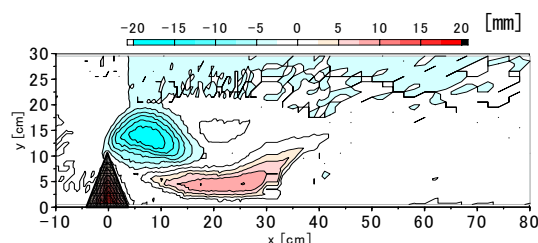


図-6 河床高コンター

流側にのみあるからと考えられる。

4. おわりに：今回の研究でわかった三角錐の水制の特徴をまとめる。流速ベクトルは水制手前を除いて直方体とほとんど変わらないが、部分的に越流するため水制周辺でも流れを急激に止めることなく流れる。河床について淵が水制先端下流側にできるが、流速が大きいため魚の休息場所に適しているとは言えない。水制自体は安定していたが流速が速い場合についても検討する必要がある。今後は移動床で固定床と同じ水理条件にして河床、流速、水深を計測し、多自然川づくりに利用できるかさらに検討していきたい。

参考文献：

- (1) 須賀如水・三品智和：自然成型水制の合理性に関する第一段の考察，水工学論文集，pp.1033-1038，Vol.54，2010.2.
- (2) 富田和希・富永晃宏：導流工設置による水制工の周辺の洗掘抑制に関する研究，土木学会中部支部研究会発表講演概要集，II-15，pp.97-98，2012.