

水制直上流における相対水制高の影響に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○飯岡 千晶

前橋工科大学 正会員 平川 隆一

前橋工科大学 学生会員 福田 介

1. はじめに

川づくりの考え方が社会的背景とともに変遷し、現在では治水・利水・環境面に配慮した多自然型川づくりがすべての川づくりにおいて実施されつつある。その中でも水制は、河川環境の形成において大きな役割を果たしている。しかしその一方で、洪水疎通能の低下や局所洗掘などの影響を及ぼしたり、水制上流側では水位上昇に伴う河岸浸食や越流氾濫を生じる可能性がある。また、越流が進むと破堤に繋がることもある。そのため、水制を有する流れの抵抗特性や流動機構について把握することは重要である。

水制の水理機能に関する研究は、これまでも多数行われてきた。例えば、今本ら¹⁾は不透水制を多数個設置し、水制間隔の水深への影響を検討している。富永らは²⁾相対水制高が片岸2つの越流型水制間の流れ構造に及ぼす影響を検討している。しかしながら、両岸に設置された水制の上流域の流れ構造についてはまだ不明な点が残されている。

本研究では、水路両岸に1組の直角水制を設置し、相対水制高が水面付近に与える影響を検討した。

2. 実験条件および実験方法

実験に用いた水路は長さ 17m、幅 40cm、高さ 50cm である。水路勾配は 1/1,000 とした。また、不透水制モデルは長さ $L=10\text{cm}$ のステンレスブロックを用い、水制高 H は表-1 に示す 5 ケースとした。水制を設置しない状態で流量 $Q=4.3\text{l/s}$ を通水し、下流端堰を操作することにより、水路中流部の流れが等流状態になるようにした。この状態で下流端堰を固定して実験を行った。このとき $H=7.5\text{cm}$ のみ非越流状態であった。水路下流端より 7.5m 上流の断面を基準断面とし、この断面の両岸に水制モデルを配置した。水理条件は表-1 のようにした。座標系は基準断面右岸の底面を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直方向に z 軸とした。

流速計測には PIV 法を用いた。トレーサーとして比

表-1 水理条件

水制高 H (cm)	7.5	5.0	3.5	2.0	0.7
等流水深 h_0 (cm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
相対水制高 H/h_0	2.0	1.3	0.9	0.5	0.2
流量 Q (ℓ/s)	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
断面平均流速 U_m (cm/s)	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2
摩擦速度 U^* (cm/s)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
レイノルズ数 Re	11000	11000	11000	11000	11000
フルード数 Fr	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

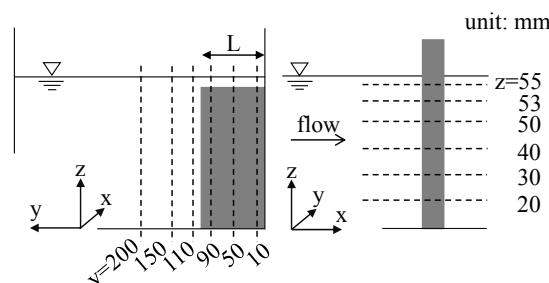


図-1 レーザーシート照射位置

重 1.02, 平均粒径 50micron のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 3mm のシート状にした 2W-YVO₄ レーザー光を水平断面 (x - y 面) と開水路鉛直断面 (x - z 面) に照射した。レーザーシートの照射位置は図-1 のようにした。撮影は水制設置断面において行った。この可視化画像はハイスピードデジタル CMOS カメラを用いて 100fps で 45 秒間撮影した。

3. 実験結果および考察

水制直上流における水面付近の水平面内における平均流速ベクトルを図-2 に示す。 $H/h_0=2.0$ は、主流部へと向かう流れが顕著である。 $y/L=0.5$ 付近で $x/h_0=-3\sim-2$ 付近にかけてその流れが生じ、水路中央付近まで見られる。また水制前面には逆流が見られ、 $y/L=0.5$ 付近を境に、水制にぶつかって水路側岸に向かう流れと水路中央に向かう流れがあることがわかる。このうち水路中央に向かう流れは $x/h_0=-1$ 付近の $y/L=0.5\sim1$ 付近において、その上流にある主流部へと向かう流れと合流している。一方、水路側岸に向かう流れは水制根付け部

キーワード 水制工, 相対水制高, 治水, 水制直上流, 運動量輸送

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460 番地 1 前橋工科大学工学部 TEL. 027-265-7355 E-mail : m1616001@maebashi-it.ac.jp

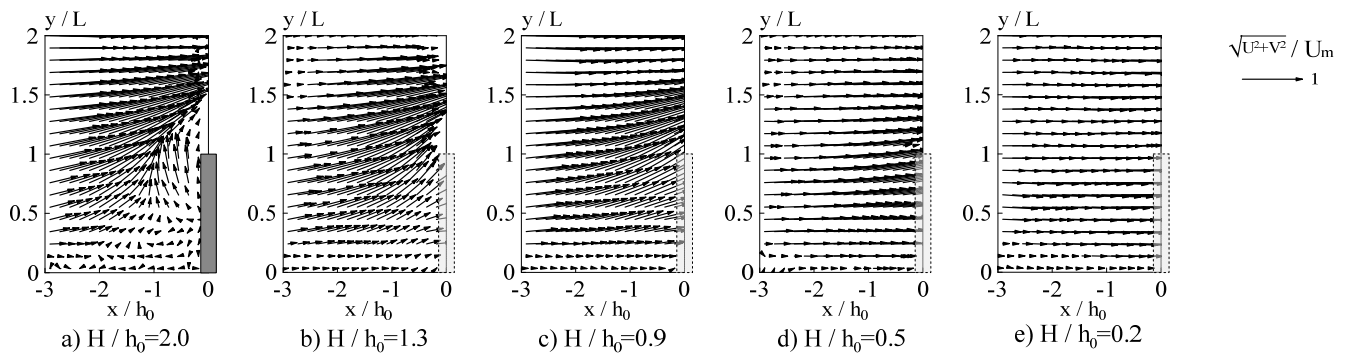


図-2 水制直上流における水面付近の水平面における平均流速ベクトル

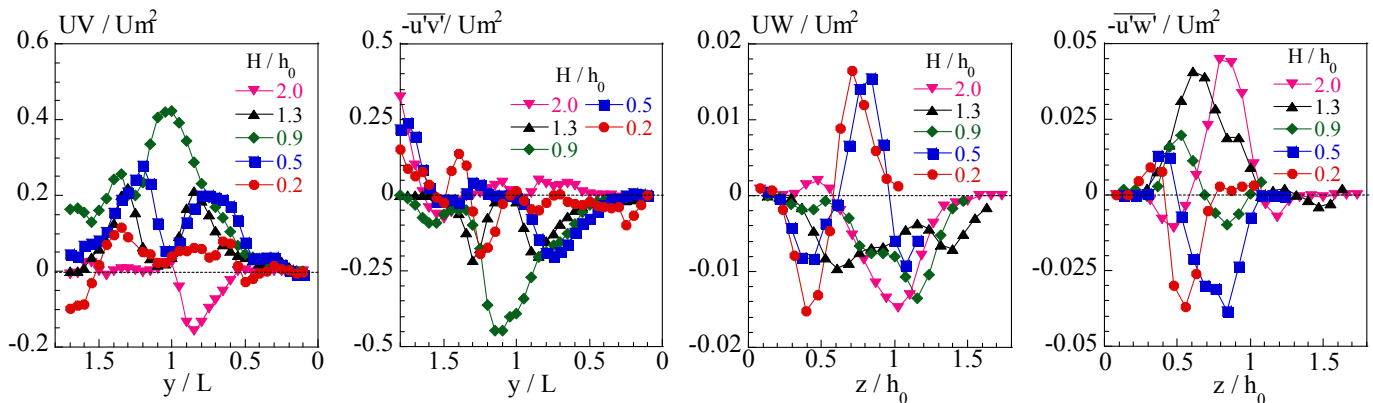


図-3 水表面付近の運動量輸送

に達した後、 $x/h_0=-1$ 付近まで水路側壁に沿って逆流している。 $H/h_0=1.3$ は、越流型水制であるため水制を乗り越える流れも見られるが、依然として主流部へと向かう流れは強く見られる。しかし $H/h_0=2.0$ に比べると、主流部へと向かう流れの傾きはやや小さい。 $H/h_0=0.9$ は、主流部へと向かう流れの傾きがさらに小さくなり、 $H/h_0=1.3$ に比べて水はねの影響範囲が狭くなっている。 $H/h_0=0.5$ は、これまでの3ケースに比べて水はねの影響範囲が大幅に狭くなっている。 $y/L=0.5\sim 1$ 付近にかけて徐々に流れが水路中央に向かっており、この流れは $x/h_0=-1$ 付近から生じている。最も水制高の低い $H/h_0=0.2$ は、主流部へと向かう流れが見られなくなり、流下方向に一樣な流れとなっている。

水表面付近の運動量輸送を図-3 に示し、水制先端付近の運動量輸送を図-4 に示す。図-3 の平均流の運動量輸送 UV/U_m^2 は、 $H/h_0=0.9$ は $y/L=1$ で最大値を取っており $UV/U_m^2=0.4$ 程度であるが、他の越流型水制は極小値を取っている。また、 $H/h_0=2.0$ では $y/L=0.8$ 付近で最小値を取ることがわかる。次に、図-3 のレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_m^2$ を見ると、 $H/h_0=0.9$ は $y/L=1$ 付近で最小値を取っており $-\overline{u'v'}/U_m^2=-0.5$ 程度であるが、他の越流型水制は $y/L=1$ で極大値を取り、いずれも $-\overline{u'v'}/U_m^2=0$ 程度である。

図-4 の平均流の運動量輸送 UW/U_m^2 は、水制高の低

い2ケースが $z/h_0=0.4$ 付近で最小となっており、 $z/h_0=0.8$ 付近で最大となっている。また、 $H/h_0=2.0$ では $z/h_0=1$ 付近で最小となっている。次に、図-4 のレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}/U_m^2$ の $z/h_0=0.5\sim 1$ 付近までの大小関係は、水制高が高くなるにつれて最大値も大きくなっていることがわかる。

図-4 水制先端付近の運動量輸送

4. おわりに

本研究では、相対水制高が水表面付近に与える影響を運動量輸送によって検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 水表面付近では、水制高が低くなるにつれて水はねの影響範囲が狭くなった。
- 2) 水表面付近の $H/h_0=0.9$ は、 $y/L=1$ において平均流の運動量輸送 UV/U_m^2 が最大となり、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_m^2$ は最小となった。
- 3) 水制先端付近の $z/h_0=0.5\sim 1$ 付近では、水制高が高くなるにつれてレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}/U_m^2$ の最大値が大きくなった。

参考文献

- 1) 今本ら：水制の水理機能に関する研究(1)，京大防災研究所年報第17号B，pp.681-699，1974。
- 2) 富永ら：越流型水制域内の流れ構造に及ぼす相対水制高の影響，応用力学論文集，Vol.3，pp.805-812，2000。