# 単一水制および連続水制が直下流部の流れ構造に及ぼす影響

佐賀大学大学院 学生会員 松本祥平 佐賀大学大学院 正会員 大串浩一郎,平川隆一 佐賀大学名誉教授 正会員 渡邊訓甫

#### 1. はじめに

水制頭部の局所的洗掘<sup>1)</sup>や、水制間における運動量の交換機構<sup>2)</sup>など水制周辺に関して多くの知見が得られている. しかし、水制による影響は下流側へ水制長の数十倍まで及ぶ<sup>3)</sup>にもかかわらず、剥離流れを伴う水制下流域に着目した研究は多くない.

本文は、片岸に設置した単一水制および連続水制を有する開水路流れの越流・非越流状態における、水制下流域の流況特性や乱れ特性について実験的検討を行ったものである.

## 2. 実験条件と実験方法

幅0.4m,有効長18mの長方形可変勾配開水路の右岸水路側壁に、高さH=5cm,長さL=10cm,厚さ約2cmの直方体の水制を設置した.連続水制の場合は間隔を水制長の2倍のD=20cmで6基設置した.水路床に粒径0.97mmの均一砂を貼り付け、粗面平坦固定床とした.水理条件を表-1に示す.座標は図-1に示すように、単一水制の根付部または連続水制6基目の根付部を原点として流下方向にx軸、横断方向にy軸をとり、2成分電磁流速計を用いて流速を測定した.なお、本研究ではy/L=1.0を境界として右岸側を水制域、左岸側を主流部と呼ぶことにする.

### 3. 実験結果及び考察

表-2 に示すように、水制下流端からの再付着点距離は連続水制の場合より単一水制の方が長く、同一水制の場合、越流状態より非越流状態での方が長い.これは、単一水制の場合は強い水はね効果により大きな剥離渦を形成すること、一方越流は水はね効果を弱めることによる.

図-2,3 はそれぞれ、非越流状態および越流状態における水制下流域の流れが、一様流に回復する状況を、主流速Uの横断分布の流下方向変化によって示したものである。

非越流状態の単一水制の場合(図-2(a))は、水はねにより生じた水制設置断面(x/L=0.0)と水制背後(x/L=10.0)での極大値は水制がない場合の断面平均流速の1.5倍以上あり、流下するに従って主流部の減速と水制域での増速

表-1 実験条件

水制配置		流量Q	勾配 i	水制高	等流水深	断面平均流速	Fr数
		$(\ell/s)$		H(cm)	$h_0$ (cm)	U <sub>m</sub> (cm/s)	
非越流	単一	2.39	1/4500	5	4.5	13.31	0.20
非越流	連続	2.39		5	4.6	13.08	0.20
越流	単一	7.92		5	10.0	19.80	0.20
越流	連続	7.92		5	10.0	19.72	0.20

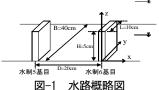


表-2 水制からの再付着点距離 水制配置 再付着点距離 非越流 単: -水制 11.9 非越流 連続水制 x/L 6.0 2.4 越流 単一水制 x/L= 1.3 越流 連続水制 x/I

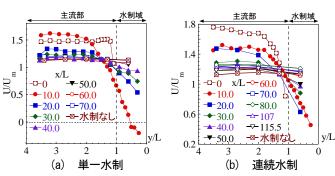


図-2 非越流状態における主流速 U/U の横断分布

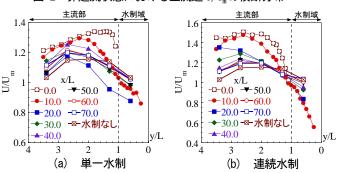
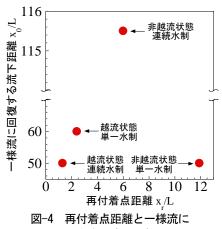
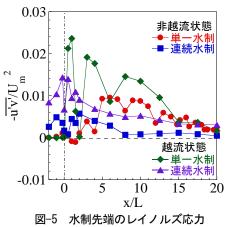


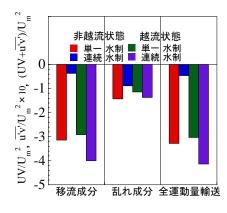
図-3 越流状態における主流速 U/U の横断分布

により流速分布は次第に一様に近づき、水制長の50倍下流で、水制の影響はほぼなくなった.連続水制の場合(図-2(b))でも、水制区間の主流部で生じていた高速流は水制区間終端で流れが剥離して拡大流となるため徐々に減速する.水制区間終端での主流部流速は水制がない場合の断面平均流速の1.6~1.8倍に達するため、水制の影響は水制長の115倍下流まで及び、その範囲は単一水制の場合の約2倍である.

越流状態の単一水制の場合(図-3(a))は、水はねと越







回復する流下距離

の縦断分布

図-6 水制域境界における 運動量輸送

流する流れにより水制先端(v/L=1.1)付近で断面平均流速 の1.3 倍以上の極大値をもち、非越流状態と同様に、これ より下流では流速分布は一様に近づく. 水制の影響がな くなるのは、水制長の60倍下流であり、連続水制の場合 (図-3(b)) は水制長の 50 倍にまで及び、単一水制の場 合より狭くなったが、非越流状態の単一水制の場合と同 程度となった.

図-4は、再付着点距離と一様流に回復する流下距離の 関係を示している. 非越流状態の単一水制を除くと, 一 様流に回復する流下距離は再付着点距離が起因となって おり、比例関係にある.

図-5 は、主流部と水制域の境界近傍(y/L=1.1)における レイノルズ応力の縦断分布である. 非越流状態における レイノルズ応力は、単一水制では水制長の5倍下流まで は増加し、その後下流に向けて徐々に減少する.一方, 連続水制の場合は極値の位置が水制長の2倍下流で、単 一水制より上流に生じている. 越流状態では, 極値は非 越流状態よりも、さらに上流側に生じており、値もかな り大きくなっている. 水制直背後では、水はねと越流に より主流部と水制域間の流速勾配は急だが、極大値を生 じる位置より下流側では,流下するに従い水制域内の流 速が加速され、主流部との速度勾配が緩やかになったこ とによるものである.

図-6に、主流部と水制域間の運動量輸送を示す指標と して、水制先端(y/L=1.1)の位置における移流と乱れによ る運動量輸送量の x/L=0~60 間の積分量を示す. なお、負 の値は主流部から水制域内への輸送を表している. 移流 成分は、非越流状態では単一水制の方が連続水制の場合 より約8.4倍大きく,越流状態では逆に連続水制の方が単 一水制より若干大きくなる. 乱れ成分も, 若干ではある

が移流成分と同様の大小関係を示した. 従って、全運動 量輸送量は、非越流状態では単一水制の場合が、越流状 態では連続水制の場合が大きくなる. これは、非越流状 では水はねが顕著であるため、移流成分を成す平均横断 方向流速の絶対値は、単一水制の場合が大きいからであ る. 越流状態では水はねよりも水制上部を通過した流れ の影響が強いため、非越流状態とは異なる結果になった といえる. なお今回のケースでは、移流成分が乱れ成分 よりも卓越しており、水制背後の水制域境界において移 流成分が支配的であるといえる.

### 4. おわりに

再付着点距離は、水はねの強弱により変化する. この ため剥離域は非越流状態における単一水制では広く, 越 流状態の連続水制では狭い. レイノルズ応力の縦断分布 より、極大値を生じる位置は再付着点距離に起因するこ とが分かった. ただし, 再付着点距離と一様流に回復す る流下距離の関係より,越流状態では比例関係にあるが, 非越流状態では再付着点距離には依らない. また, 水制 域境界における運動量輸送では、水制域への輸送が顕著 で、全運動量輸送が大きいと、一様流に回復する流下距 離は短い傾向にある. また, どのケースでも運動量輸送 は移流成分が支配的であることが分かった.

# 参考文献

- 1) 平川隆一・渡邊訓甫・大本照憲・松本祥平:連続水制周辺の 河床変動と流れ構造に及ぼす相対水深の影響, 応用力学論文集, Vol. 67, pp.635-644, 2011.
- 2) 冨永晃宏・中野義郎・井嶋康二・長坂剛: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
- 3) 村岡一志・森本稔・門田章宏・鈴木幸一:石かご水制下流域 の河床形状変化に関する研究,水工学論文集,第52巻, pp.631-636, 2008.