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

	水制西	水制配置		勾配 i	水制高 H(cm)	等流水深 h <sub>o</sub> (cm)	断面平均流速 U (cm/s)	Fr数
ł	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



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



流する流れにより水制先端(y/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

- 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.