

非越流型水制群を有する流れの乱流特性と水面変動

熊本大学大学院 平川 隆一  
 熊本大学工学部 大本 照憲  
 熊本大学大学院 大屋 健一  
 熊本大学工学部 石川 鮎子

1. はじめに

水制の配列が水面変動に及ぼす影響については、単独水制や片岸の水制群については既存の研究があるものの、水制が水路両岸に設置された直角水制群や水制群の向きについてはほとんど検討されていない。本研究では、水制群先頭部の水制設置間隔や水制群の向きが水面変動に与える影響に注目し、流速変動と水面変動の同時計測を行い、水面変動が流れに及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験装置および方法

実験では、全長 10m、幅 40cm、高さ 20cm の可変勾配型アクリル製循環式直線水路を用い、路床勾配を  $i=1/1000$  とした。水制設置場所は水路の中間部、上流端から 3.0m~7.0m の範囲を水制区間とし、兩岸側壁に沿って対称に 21 基の図-1 に示すような連続水制モデルを設置した。水制モデルは金属製で、長さ  $L=10\text{cm}$ 、幅  $1\text{cm}$ 、高さ  $H=7.5\text{cm}$  の物を使用した。水制の間隔  $D$  は水制長の 2 倍の 20cm に固定している。水制群の設置角度は直角 ( $\theta=0^\circ$ )、上向き ( $\theta=10^\circ$ )、下向き ( $\theta=-10^\circ$ ) の 3 種である。流量は  $Q=2.0\text{l}$  の定常流を通水し、下流部での堰上げを調整して 11 基目の水路中央の水深を  $h=4\text{cm}$  とした。

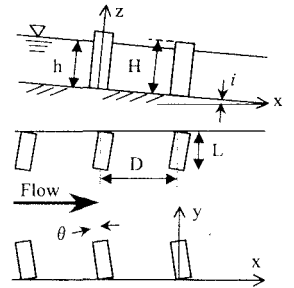


図-1 水制配置図

流速の計測には 2 成分電磁流速計を用い、流速の流下方向成分及び横断方向成分の同時計測を行った。計測高さは、底面から 2cm である。また、本実験では、高精度超音波変位計を用いて、電磁流速計の 2cm 上流の水面変動も同時計測した。計測結果は、サンプリング周波数 100Hz で AD 変換した後、1 測点 4096 個のデータに関して統計処理を施した。

座標系は流下方向に x 軸を、水路横断方向に y 軸を、上向きに z 軸を設定し、水路右岸を  $y=0$ 、水路床を  $z=0$  とした。

3. 実験結果

各ケースに於いて、水制一区画内の水面形は、水路中央に節を持ち、水路両岸に振幅の腹を持つ横断方向の波が周期的に変動している様子が観察された。そこで同じ横断面内で、上流側の水制から 11~12 基間の水制間中央部において、水路両側岸に 2 台の変位計を設置して水位変動の同時計測を行った。そのときの水面変動の時系列を図-2 に示す。各ケースとも周期性が明瞭に現れており、水路の右岸と左岸で逆位相であることが分かる。この水面変動の周期は約 1.3 秒である。閉鎖性水域の水面の固有周期は  $T=2l/\sqrt{gh}$  (ここに、 $l$ : 死水域開口部長、 $h$ : 平均水深) で与えられるが、 $l=40\text{cm}$  (水路幅)、 $h=4\text{cm}$  を代入すると  $T=1.28$  秒となり、計測結果とほぼ一致する。従って、本実験の水面変動の周期はセイシュに起因する水面変動であると考えられる。振幅については、下向水制群に於いて水面変動の振幅は最も小さく抑えられており、続いて直角水制群、上向水制群の順では大きくなる。

図-3 は上流の水制から 11~12 基間中央部における水面変動の平均二乗根の横断方向分布を示した物である。この図より、各水制群とも側岸方で変動は大きく、水路中央部に向かって小さくなり、 $y/L=1.5$  付近で同程度となるのが分かる。側岸部における変動強度は、下向水制群では平均水深の約 7% であるのに対して、

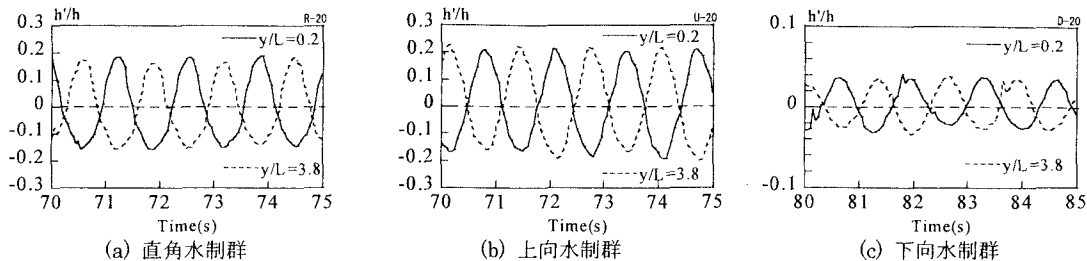


図-2 水制間中央部における水面変動

直角水制群と上向水制群とは平均水深の12%程度である。

上流から11~12基の水制間中央部におけるレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断方向分布を図-4に示す。断面平均流速 $U_m$ で無次元化を行っている。越流型水制群におけるレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ は、下向水制群で最も大きく、続いて直角水制群、下向水制群の順となるが、非越流型水制群の場合、横断方向の運動量輸送は水制群の向きによらずほぼ同様な分布形を示し、極大値の大きさは同程度である。その極大値は水制域と主流部との境界付近で現れており、主流部から水制域内への運動量輸送はこの位置に集中している。また、水制先端から水制長の約40%程主流部へ出たところから水路中央部にかけて、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ は負の値をとり、この領域における運動量は水路中央部へと輸送されている。

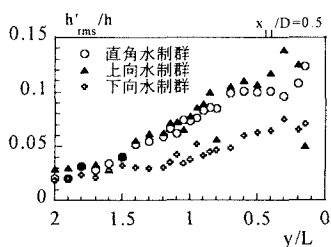


図-3 水面変動の横断分布

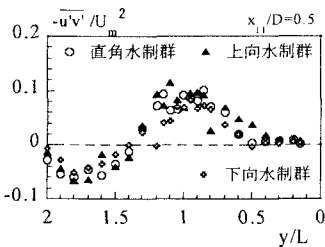


図-4 Reynolds Stressの横断分布

図-5に、流速と水面変動の同時計測によって得られた、上流の水制から11~12基間の水制間中央部の水制域境界線上( $y/L=1.0, x/D=0.5$ )における流下方向流速変動 $u'$ 、横断方向流速変動 $v'$ 、水面変動 $h'$ を示す。流速変動と水位変動ともに周期性が明瞭に現れている。各水制群に於いて、流速変動の極値は $u'$ よりも $v'$ の方が大きく現れており、逆位相の関係にある。それらの発生時間は $h'=0$ の時間に対応しており、水深が上昇するときに $v'$ は負の極値をとり、水深が低下するときには正の極値を取る。

#### 4. 結論

非越流型水制群の有する開水路流れに於いては、水面変動が観察される。その大きさは下向水制群で最も小さく抑えられ、続いて直角水制群、上向水制群の順で大きくなる。水面変動によって流速変動にも周期性が現れるが、レイノルズ応力の大きさは水制群の向きによらず同程度であり、 $-\overline{u'v'}$ の極値は $h'$ が0を通過するときのときに現れる。

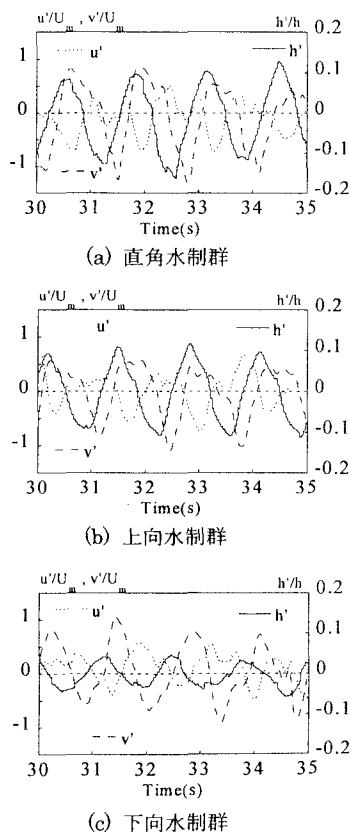


図-5 流速と水位の時間変動

#### 参考文献

- 1) 大本照憲, 平川隆一: 越流型水制群を有する開水路流れの三次元構造, 応用力学論文集, Vol.2, pp665-672, 1999.