

非越流型水制群を有する開水路流れ

熊本大学大学院 学生員 ○平川 隆一
熊本大学工学部 正会員 大本 照憲
熊本大学大学院 学生員 大屋 健一

1. はじめに

水制は、従来からの治水面だけではなく、環境機能についても注目されている。水制域内の流れ場を考える場合、水制域・主流域間での物質輸送を考えることが必要となる。本研究では、上流側から水制域内への流体の流れ込みがない非越流型水制群を固定床上に設置し、水制域・主流域間での運動量交換に注目し、実験を行った。

2. 実験条件

実験に用いた水路は、長さ 10m、幅 40cm のアクリル樹脂製可変勾配水路である。水路床に、幅 10mm、高さ 60mm、長さ 10cm の直方体の木片で作られた水制を滑面水路床の兩岸に水制長の 2 倍の間隔で設置した。水制の向きは主流に対して直角($\theta=0^\circ$)、上向き($\theta=10^\circ$)、下向き($\theta=-10^\circ$)の 3 種である。なお、水制群は水路両側に対称に設置されており、流下方向に 21 基で構成されている。実験条件を表-1 に示す。水深は下流部を堰上げ、上流から 11 基目の水制設置断面で 4cm となるようにした。流速測定には、二成分ホットフィルム流速計を用い、水制域境界面に沿って主流速と横断方向流速を計測した。計測結果は、サンプリング周波数 200Hz で AD 変換した後、一測点 2048 個のデータに関して統計処理を施した。座標軸は図-1 に示すように流下方向を x 軸、横断方向を y 軸、鉛直方向を z 軸としている。

3. 実験結果

水制域・主流域間での物質輸送を示す指標として、水制域境界面における移流と乱れによる運動量輸送に注目した。移流による運動量輸送 Θ は式(1)で、乱れによる運動量輸送 Θ' は式(2)でそれぞれ定義される。

$$\Theta = \frac{1}{rU_m^2 h} \int_0^h UV dz \quad (1)$$

$$q' = \frac{1}{rU_m^2 h} \int_0^h \overline{u'v'} dz \quad (2)$$

計測から得られた U , V , $-\overline{u'v'}$ を用いて算出した Θ , Θ' ならびに $(\Theta - \Theta')$ の流下方向分布を図-2 に示す。移流による運動量輸送 Θ に関しては、直角水制群の場合水制直下流部($x/D=0.05$)で運動量は水制域内に運び込まれ、 $x/D=0.1 \sim 0.25$ では主流部へ運び出される形態をとる。 $x/D=0.3$ より下流では運動量は水制域内に運び込まれ、水制間のほぼ中央($x/D=0.55$ 付近)で極値をとる。さらに下流の水制直上流部($x/D=0.9 \sim 0.95$)では運動量は主流部へと運び出される。上向水制群の場合、水制間の 3/4 にあたる $x/D=0.1 \sim 0.75$ において運動量は水制域内に運び込まれ、その極値は直角水制群よりも上流側の $x/D=0.35$ に現れている。 $x/D=0.8$ より下流側において運動量は主流部へ運び出される形態をとり、その極値は、負の極値の 2.5 倍以上にもなっている。下向水制群に関しては、流下

キーワード：水制群、固定床、運動量輸送

表-1 実験条件

流量 $Q(l/s)$	2.00
水路床勾配 i	1/1000
基準水深 $h(cm)$	4.0
水制長 $l(cm)$	10
水制幅 (mm)	18
水制高 $H(mm)$	60
水制間隔 $d(cm)$	20
d/l	2
水制設置	直角, 上向, 下向

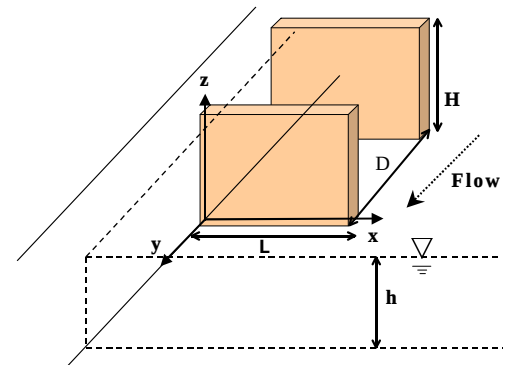
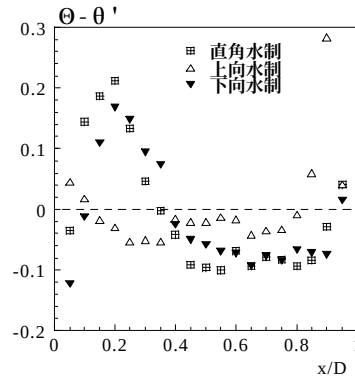
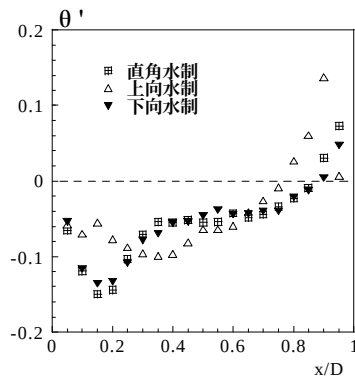
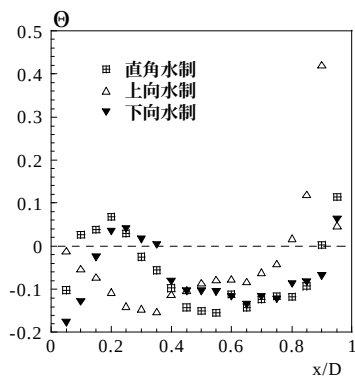


図-1 水制群概略図



方向分布は直角水制群の分布と似ており、水制域と主流部への運動量輸送が2回ずつ現れている。

乱れによる運動量輸送 Θ' に関しては、直角水制群と下向水制群とではほぼ同様な分布形をとっており、 $x/D=0.05 \sim 0.85$ までは水制域内への運動量の輸送があり、 $x/D=0.2$ 付近で最大となる。水制直上流部では主流部へ運動量は運び出される形態をとる。上向水制群に関しては、 $x/D=0.05 \sim 0.75$ において運動量は水制域内に運び込まれ、その極値は直角水制群と下向水制群に比べより下流側の $x/D=0.4$ で現れる。 $x/D=0.8$ より下流側では運動量は主流部へ運び出されており、その極値は直角水制群と下向水制群に比べ上流側の $x/D=0.9$ で現れている。

次に $(\Theta - \Theta')$ について見ると、直角水

制群と下向水制群では、 $x/D=0.4$ より上流側において正の値をとる傾向にあり、 $x/D=0.4$ より下流側では負の値をとる傾向にある。上向水制群に関しては、水制間のほとんどの領域で負の値をとる傾向にあり、水制直上流部にあたる $x/D=0.9, 0.95$ で正の値をとっている。これらのことから、水制域境界面における運動量輸送に対しては、直角水制群と下向水制群では水制間上流部で二次流、下流部では Reynolds 応力が支配的であるのに対し、上向水制群に関しては水制直上流部を除いて二次流よりも Reynolds 応力の方が支配的であることを示している。

図-3 には各ケースの境界面上での横断方向流速分布を示す。水制間において、下向水制群では水制域内への流入と主流部への流出が交互に2回ずつ現れているのに対し、上向水制群では流入は1回となっている。

図-4 には、 v'_{rms} の流下方向分布を示す。下向水制群では底面付近で小さな値をとる傾向にあるが、上向水制群においては底面付近よりも水面付近の方が小さな値をとる傾向にある。

4. まとめ

直線水路に非越流型水制群を設置し、実験を行った。上流から水制域内への流れの進入がない場合、直角水制群と下向水制群において、水制間上流側では移流が、下流側では乱れによる運動量輸送がそれぞれ卓越しているのに対し、上向水制群では、水制間ほぼ全領域にわたって乱れによる運動量輸送が卓越することが分かった。

参考文献

- 1) 大本・平川・井手：越流型水制群に対する二次流と流砂の応答，水工学論文集，42，pp.1003-1008，1998。

図-2 運動量輸送分布

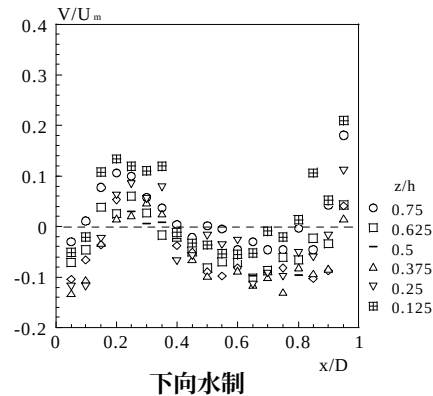
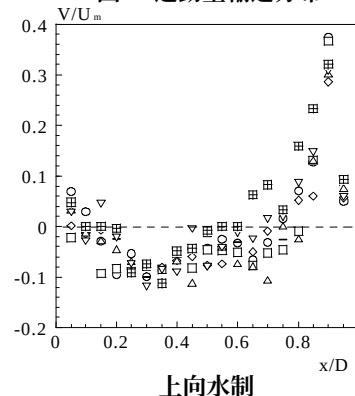


図-3 横断方向流速分布

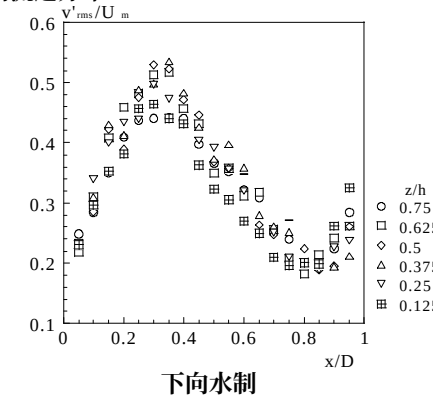
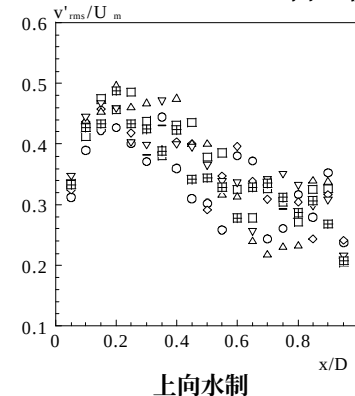


図-4 乱れ強度分布