

非越流型水制群を伴う流れの河床変動と流れ構造について

佐賀大学 正会員 平川隆一
 熊本大学 正会員 大本照憲
 佐賀大学 正会員 渡邊訓甫

1. はじめに

水制は、粗度効果による河岸近くの流速低減や、水はね効果による流向制御を目的として、古くから伝えられてきた技術である。

これまでの水制に関する研究は、単独非越流型水制や湾曲部に水制を設置した場合の流れ場と河床変動に関するもの¹⁾や、片岸に越流型水制を数個設置し、流体力や河床変動を研究したもの²⁾があるが、水路両岸に水制を多数個設置した開水路流れにおいては非越流型水制群の向きが河床変動や流れ場に与える影響については不明な点が多い。

本研究では、動的平衡河床を対象として、非越流型水制群の向きが、河床変動へ与える影響を検討する。また固定床実験によって、水制群の向きが水面振動や主流速および乱れ特性へ与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、長さ 10m、幅 40cm のアクリル製可変勾配型直線水路である。移動床実験および固定床実験ともに、水制群は図-1 に示すように両岸に対称に設置しており、流下方向に 21 基で構成されている。水制の大きさは、長さ 10cm、高さ 7.5cm であり、流下方向に水制長の 2 倍の間隔で設置している。水制群の向きは主流に対して、直角($\theta = 0^\circ$)、上向き($\theta = 10^\circ$)および下向き($\theta = -10^\circ$)の 3 種である。

水理条件を表-1 および 2 に示す。

座標系は移動床実験および固定床実験ともに右岸側の水制根付け部を原点とし、主流方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直方向に z 軸をとる。

3. 実験結果

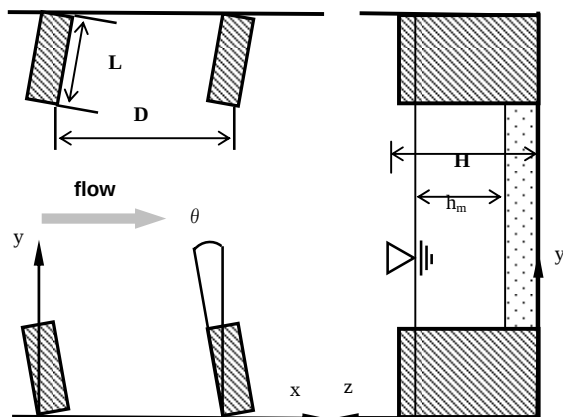


図-1 水制配置

3. 1 河床変動

水制群の向きが異なった各非越流型水制群の設置に伴って生じる河床変動の、初期河床に対する河床高の等値線を図-3 に示す。図中の実線は堆積を、破線は洗掘を表し、堆積厚および洗掘深は基準水深 h_m で無次元化している。

直角水制群では、水制域では水制前面の先端部に局所洗掘、水制背後では全体的に堆積傾向にあって、主流部では全般的に洗掘傾向にあることがわかる。

上向水制群では、主流部で全体にわたって洗掘が生じている。水制域では、洗掘および堆積の位置は直角水制群と類似しているが、水制先端部の洗掘は顕著ではないことに特徴がある。

下向き水制に関しては、主流部では直角水制群および上向水制群と同様に洗掘傾向に在って、洗掘深は最も大きい。水制域内では直角水制群同様、水制前面の先端部に大きな洗掘が生じ、水制背後は堆積傾向に在ることがわかるが、堆積厚は直角水制群と上向水制群に較べて最も小さく抑えられている。

以上のことから、極大洗掘深は下向水制群で最も大きく、続いて直角水制群、上向水制群も順となること、主流部の洗掘は下向水制群で最も大きくなること、水制域内の堆積厚は下向水制群で最も小さく抑えられることが認められた。これは、下向水制群を設置した場合に、流速は最も速いこと、すなわち流速低減効果は最も小さく、抵抗としての働きが弱いことが理由として考えられる。

3. 2 水深変化

図-3 には、固定床実験で水制群の向きを変化させた時の、水路中央部の水深の流下方向変化を示す。どの向きも水深は流下するに従い低下する傾向に在ることが認められる。全体的に、上向水制群が最も高く、続いて直角水制群、下向水制群の順である。このことから、抵抗は上向水制群で最も大きく、下向水制群で最も小さくなることが予想され、

表-1 移動床実験の水理条件

流量	$Q=3 \text{ } \ell/\text{s}$
基準水深	$H=4.5 \text{ cm}$
平均流速	$U_m=17 \text{ cm/sec}$
水路勾配	$I=1/1000$

表-2 固定床実験の水理条件

流量	$Q=2 \text{ } \ell/\text{s}$
基準水深	$H=4.5 \text{ cm}$
平均流速	$U_m=12.5 \text{ cm/s}$
水路勾配	$I=1/1000$

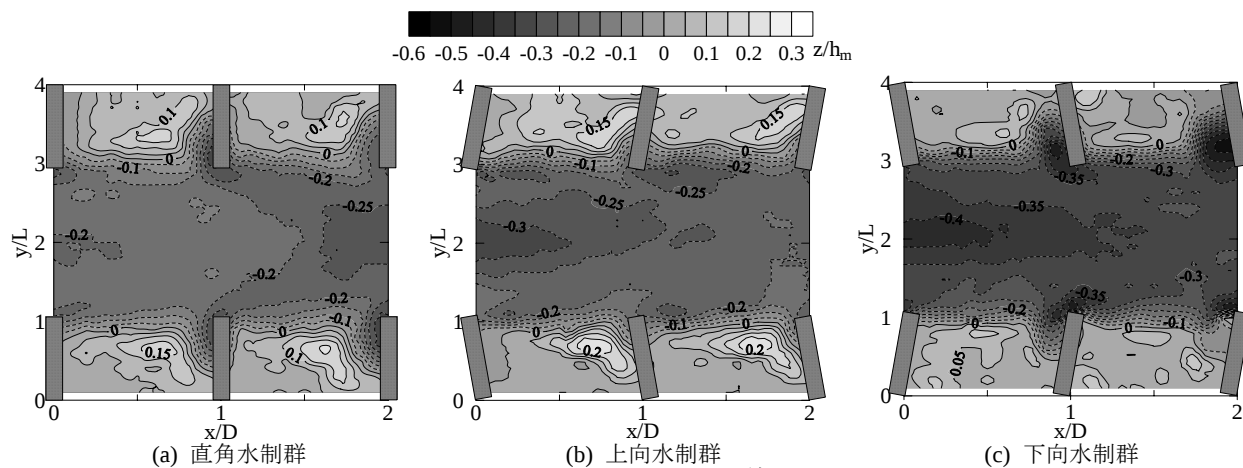


図-2 河床高の等値線

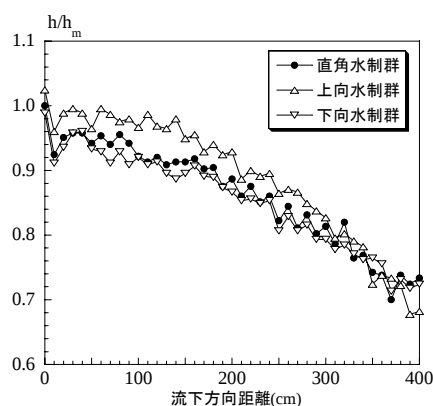


図-3 水深の流下方向変化

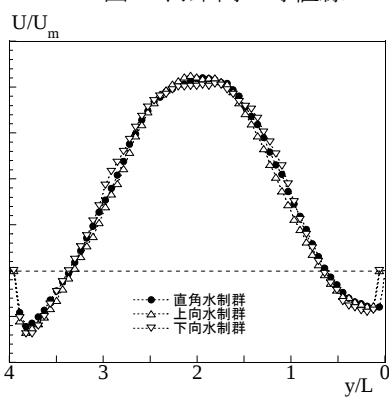
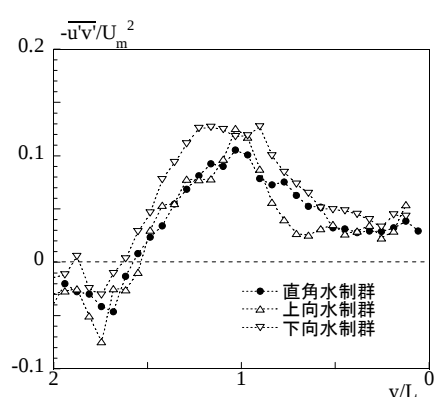


図-4 主流速の横断分布

図-5 レイノルズ応力 $-u'v'$ の横断分布

移動床実験での極大洗掘深の大小関係と対応していることがわかる。

3. 3 平均流特性

水制間中央部における主流速の横断分布を図-4に示す。水路中央で流速は最も速く河岸に向かって減少し、水制先端から水制長の約30%水制域内に入ったところから側壁までは逆流の流速が大きくなっていることが認められる。全体的に見ると、どの水制群の向きも分布形は同様である、しかし主流部の $y/L = 1.0 \sim 1.5$ 付近の流速を詳細に見ると、下向水制群が最も速く、上向水制群で最も遅い値を示している。これは移動床実験における極大洗掘深の大きい順と対応しており、流速測定の結果からも水制群の抵抗は下向水制群で最も小さく、上向水制群で最も大きくなることが考えられる。

3. 4 乱れ特性

乱れエネルギーの発生項であり、乱れによる運動量輸送を表すレイノルズ応力 $-u'v'$ の横断分布を図-5に示す。水路右半分 ($y/L = 0.0 \sim 2.0$) のみに着目すると、どの向きの水制群に対しても水制域境界付近で極値を示しており、横断方向の運動量輸送はこの位置に集中していることがわかる。レイノルズ応力の大きさは、水制域および主流部ともに下向水制群で最も大きい。これは、水制間

中央部 ($x/D = 0.5$) においては流部で高速化し水制域で低速となるのは下向水制群であって、主流速の全般的横断方向変化率が最も大きいためであると考えられる。

4. 結論

本研究では、非越流型水制群の向きが河床変動と、主流速および乱れ特性に与える影響について検討した。得られた結果は、以下の通りである。

- (1) 動的平衡状態にある河床において非越流型水制群は、極大洗掘深が下向水制群で最も大きく、続いて直角、上向水制の順となる。下向水制群と直角水制群では、水制先端近傍で顕著な洗掘が生じ、上向水制群では滞り部に洗掘が生じる。水制域内の堆積厚は下向水制群が最も小さく抑えられる。
- (2) 主流部における水深平均流速は、下向水制群が最も速く、続いて直角、上向水制群の順となる。従って、流速低減効果は下向き、直角、上向水制群の順で大きくなる。

参考文献

- 1) 道上正規, 檜谷 治: 水制周辺の平面二次元河床変動計算に関する研究, 水工学論文集, 第36巻, pp.61-66, 1992.
- 2) 川口広司, 岡信昌利, 福岡捷二: 越流型水制群に作用する流体力の特性, 水工学論文集, 第44巻, pp.1065-1070, 2000.