

連続水制周辺の流れに及ぼす相対水制高の影響

佐賀大学大学院 学生会員 副島佑介
 正会員 渡邊訓甫 平川隆一
 松本祥平 淡島久光 池島浩貴

1. はじめに

水制は古来より用いられてきた河川構造物であるが、合理的な設計方法は確立されていない。単一水制での相対水制高を連続的に変化させた場合について¹⁾は次第に特性が分かりつつある。しかし連続水制に関して相対水制高の影響はわからないままである。

そこで本研究では、連続水制を有する流れ場の相対水制高に着目し流れ構造の解明を目的とする。

2. 実験条件と実験方法

実験水路には幅 0.4m、有効長 18m の長方形可変勾配開水路を用いた。水制は高さ $H=5\text{cm}$ 、長さ $L=10\text{cm}$ である。座標軸は、水制 1 基目の設置位置を原点として流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直方向に z 軸とした。水制間隔は $D=20\text{cm}$ とし、水路右岸側壁に $x/L=0,2,4,6,8,10$ の位置で垂直に 6 基設置した。水路中間部に約 8m の長さに亘って粒径 0.97mm の均一砂を敷き、のりで固め平坦固定床としている。通水した流量を表-1 に示す。流速の測定位置はそれぞれの設定水深の半水深であり、二成分電磁流速計を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

図-1~6 は非越流型のケース NS-2($h/H=0.9$)、越流直後のケース S-3($h/H=1.1$)、十分に越流したケース S-5($h/H=2.0$)での水制 1 基目と 6 基目周辺の横断流速分布であり、それぞれの断面平均流速 U_m で無次元化している。

図-1 はケース NS-2 の 1 基目付近である。水制前面 ($x/L=-0.2$) から水制背後 ($x/L=0.5$) に向うと $y/L=0.6\sim 1.1$ 付近の流速が減少しており、水はねの影響だと考えられる。流速の極大値は水制背後の $x/L=0.5$ 、 $y/L=1.5$ で最も大きくなり断面平均流速の約 2 倍となっている。流下方向に向うに従い、極大値が低下し、位置は左岸側へと移動している。水制域内から水制先端 ($y/L=0.6\sim 1.1$) 付近の流速は抑えられたままである。図-2 の 6 基目周辺では、水制前面 ($x/L=9.8$) での流速の極大位置は 1 基目周辺と比較して、水路中央付近 ($y/L=1.7$) から左岸側 ($y/L=3.5$) へと移動しており、その大きさは断面平均流速の約 1.7 倍である。水制先端付近の流速は、1 基目付近では止水域が $y/L=0\sim 1.2$

表-1 実験条件

越流状態	ケース名	設定水深	相対水制高	流量 Q	Fr 数	無次元掃流力 Ψ
		(cm)	(h/H)	(ℓ/s)		
非越流	NS-1	3.0	0.6	1.3	0.20	0.00544
	NS-2	4.5	0.9	2.4		0.00713
越流	S-3	5.5	1.1	3.2		0.00815
	S-4	7.5	1.5	5.1		0.01002
	S-5	10.0	2.0	7.9		0.01214

程度であったが、6 基目前面 ($x/L=9.8$) では $y/L=0\sim 0.9$ となり止水域が狭くなっている。6 基目背後では、1 基目のように流下方向に大きな変化は見られず流速分布はほぼ維持されるが、 $x/L=14$ (流下方向に水制長の 4 倍) から水制域内の流速が次第に回復し、主流部の流速が低下しており流速分布が横断方向に一様化していくのが分かる。

図-3 に示すケース S-3 の水制 1 基目付近では、流速分布の極大値がケース NS-2 と比較して約 2 から約 1.7 まで減少している。また極大位置もケース NS-2 よりも下流側 ($x/L=1.0$)、横断方向にも左岸側 ($y/L=1.8$) へと移動している。図-4 の 6 基目付近では水制前面 ($x/L=9.8$) での極大位置が水路中央側 ($y/L=2.9$) へと移動しており、極大値も 1.6 程度となっている。6 基目背後ケース NS-2 と同様に水制背後の $x/L=14$ 付近から流速が横断方向に一様化していくが、変化量はケース NS-2 よりも小さい。

図-5 に示すケース S-5 の 1 基目付近では、水制前面 ($x/L=-0.2$) では水制域の流速があまり低減していない。これは測定水深 ($z=5\text{cm}$) が相対水制高と等しため、上記の 2 ケースよりも大きい値を示していると考えられる。流速の極大位置はさらに流下方向 ($x/L=1.0$)、左岸方向 ($y/L=2.0$) へと移動している。水制背後の水制域内は止水域を形成しているが、 $x/L=1.5$ では流速が大きくなっている。これは水制 1 基目によって横断方向、鉛直方向に剥離した流れが主流域の $x/L=1.0$ で極大値をとり、水制域内 $x/L=1.5$ の断面に流れ込んできたと考えることができる。

図-6 に示す水制 6 基目付近では、水制前面から水制背後までほぼ同一な分布形状を取っており他の 6 基目付近の流速分布ように流下方向に対して変化が小さい。

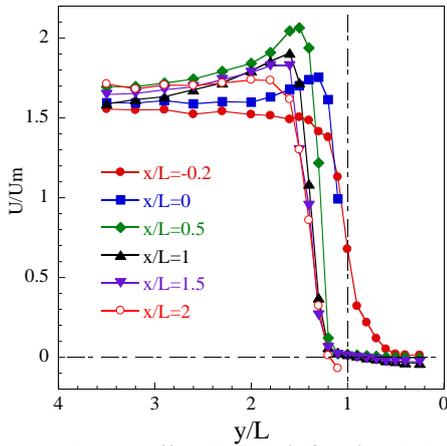


図-1 1 基目周辺の流速分布 (NS-2)

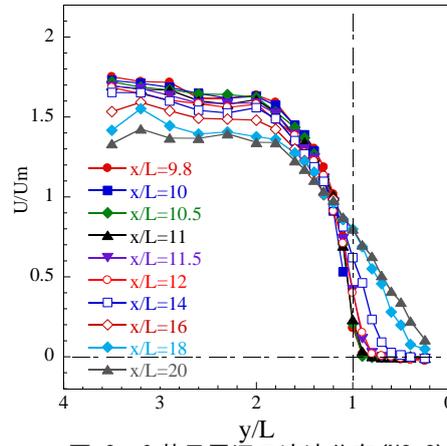


図-2 6 基目周辺の流速分布 (NS-2)

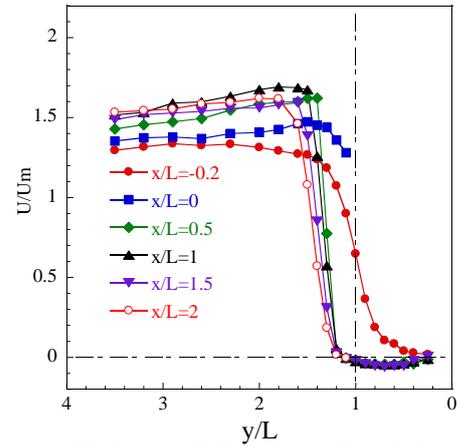


図-3 1 基目周辺の流速分布 (S-3)

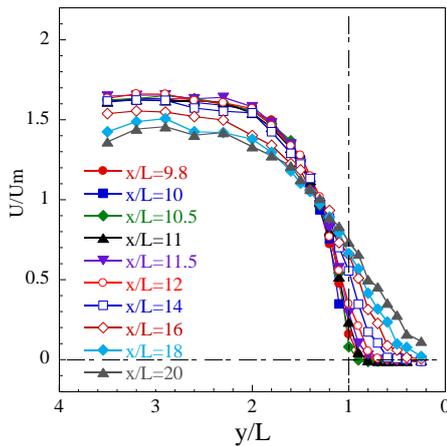


図-4 6 基目周辺の流速分布 (S-3)

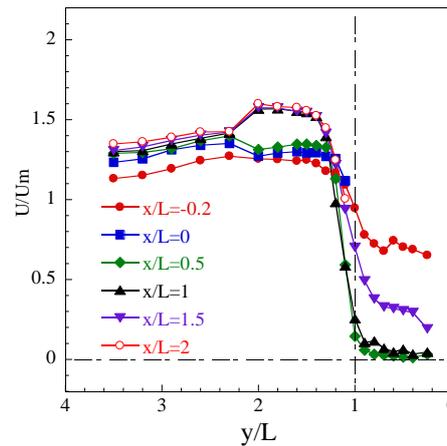


図-5 1 基目周辺の流速分布 (S-5)

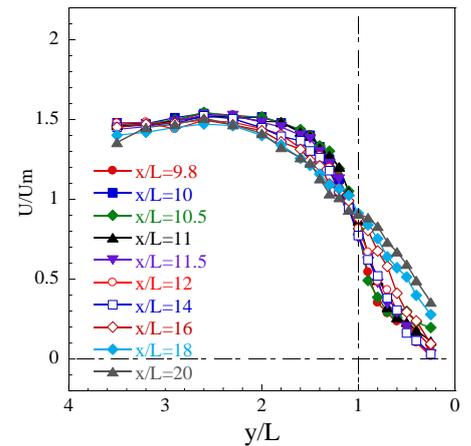


図-6 6 基目周辺の流速分布 (S-5)

4. 単一水制との比較

連続水制と単一水制周辺の違いを明らかにするため、表-1と同様の水理条件で単一水制についても実験を行った。図-7は単一水制にケース S-3と同様の水理条件を与えた時の水制周辺の流速分布²⁾である。連続水制の場合の図-3と比較すると、単一水制では連続水制より上流側の断面(x/L=0.5)で極大値を取っているが、分布形は比較的似ている。図-4の連続水制6基目背後と比較すると、単一水制背後に対応する連続水制背後の範囲 x/L=9.8~12では、全ての流速分布がほぼ重なって流下方向にあまり変化は生じていない。しかし水制域内の止水域の範囲が単一水制の方が広いといえる。

5. 結論

本研究で得られた結果は以下の通りである。

- 1) 連続水制を直線水路片岸に、水制長の2倍の間隔で設置した場合、相対水制高が大きくなると、半水深では水はねの影響が次第に小さくなる。また水制1基目付近での流速分布の極大値を取る位置が次第に流下方向へ移動し、断方向は水制設置領域から離れる。
- 2) 連続水制背後では相対水制高が大きければ、流速分布は流下方向に向うにつれ、一様化しにくくなる。

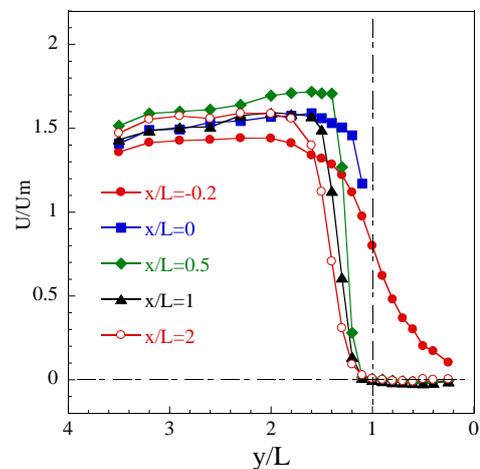


図-7 単一水制周辺の流速分布 (S-3)

- 3) 単一水制と比較すると、連続水制の1基目周辺では横断方向にはほぼ同様な流速分布となるが、連続水制下流端背後の流れでは水制背後の止水域の範囲が単一水制よりも狭くなる。

参考文献

- 1) 平川ら:非正常場における単一水制周辺の河床応答と流れ特性に関する研究, 応用力学論文集 Vol.12, pp.859-866, 2009.
- 2) 常盤ら:単一水制周辺の河床変動と流れに及ぼす相対水制高の影響, 応用力学論文集 Vol.11, pp.719-726, 2008.