

単一水制周辺の河床形状と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 常盤 俊輔
 佐賀大学 正会員 渡邊 訓甫 平川 隆一
 佐賀大学 非会員 野口 剛志

1. はじめに

これまでに水制の高さと水深を一定にした場合については多くの研究がなれているが、一方で相対水制高が異なる流れ場については不明な点が多い。本研究では、水制高さを一定にし、水深を系統的に変化させて、単独水制を伴う流れ場における河床変動と流速分布の特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験条件及び方法

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。高さ $H=5\text{cm}$ 、長さ $L=10\text{cm}$ の水制を水路側壁に垂直に 1 基設置した。本研究ではフルード数を一定($Fr=0.2$)に保って、相対水制高を表-1 のように変化させた。座標軸水制設置位置を原点として下流方向に x 軸、幅方向に y 軸、鉛直方向に z 軸をとった。移動床実験では水路中間部に約 6m の長さにあわせて 10cm の厚さで砂を敷き均した。河床砂は粒径 0.97mm の均一砂を用いた。通水中は水制先端部に超音波砂面測定器を設置し、水制先端部の河床形状の時間変化を追った。水制先端部の洗掘が停止したところで一旦通水を止め、河床形状を超音波砂面測定器で測定した。通水停止後の河床をのりで固めた後再び通水し、2 成分電磁流速計を用いて主流速と横断方向流速を測定した。

3. 実験結果及び考察

図-1 は最大洗掘深の時間変化を示す。縦軸は洗掘深 Z_s を最大洗掘深 Z_{smax} で、横軸は通水開始からの経過時間 T を、水制先端部の河床変動が安定した時の T_{max} で無次元化している。最大洗掘はいずれのケースにおいても水制先端部に生じた。

相対水制高が最も小さいケース S-3 では、通水開始から短時間で最大洗掘深の約 4 割まで洗掘が生じ、相対水制高が大きいケースになるにつれて、その割合は 5 割、7 割、9 割と大きくなっている。いずれのケースもその後は緩やかに洗掘が進んでいる。これより、相対水制高が大きいほど、通水開始から短時間で最大洗掘深に対する洗掘の割合は大きくなることがわかる。

図-2 は最大洗掘深 Z_{smax} と相対最大洗掘深 Z_{smax}/h_0 の相対水制高 H/h_0 による変化を示した。最大洗掘深は相対水制高が大きくなると、越流型では急激に、非越流型では緩やかに小さくなる。しかし相対水制高が 0.5 から 0.9 の間の最大洗掘深の変化は、非越流型と同様に緩やかな変化となっている。越流型の S-9 と非越流型水制のケースとではその値に大きな違いが見られない。また相対最

表-1 実験条件

実験ケース		初期水深 $h_0(\text{cm})$	相対 水制高 H/h	Fr数	断面平均 流速 $U_m(\text{cm/s})$
越流	S-3	15	0.33	0.2	23.0
	S-5	10	0.5		18.7
	S-9	5.5	0.9		13.8
非越流	NS-11	4.5	1.1	0.2	13.4
	NS-16	3.0	1.6		10.2

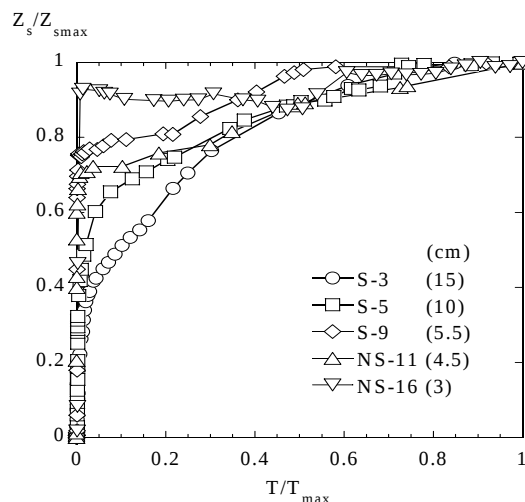


図-1 最大洗掘深の変化

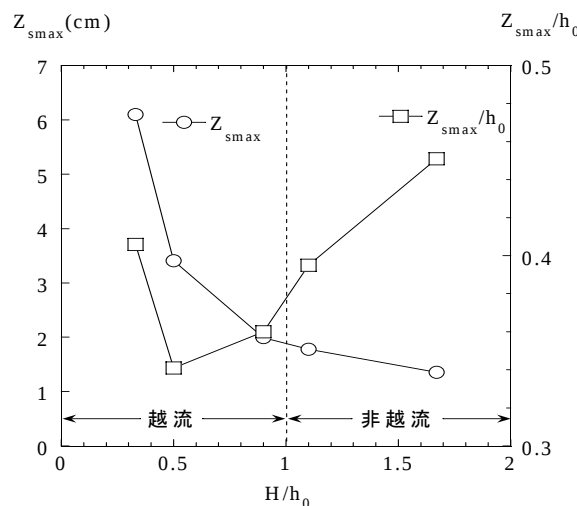


図-2 最大洗掘深と相対水制高の関係

大洗掘深は、越流型では急に小さくなり、非越流型では緩やかに大きくなる傾向にあるが、すでに相対水制高が

キーワード 水制、室内実験、河床変動、相対水制高

連絡先 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 佐賀大学 TEL:0952-28-8685

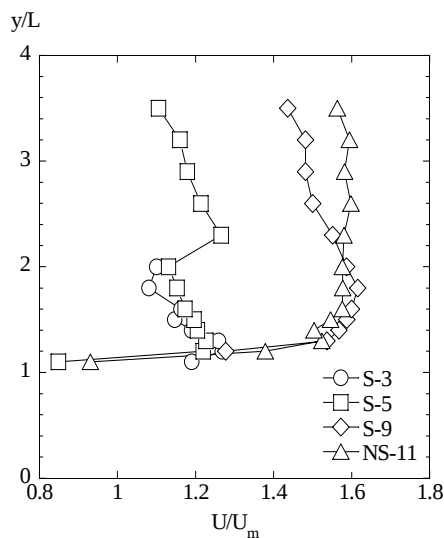


図-3 主流側Uの横断分布
($x/L=0.0$)

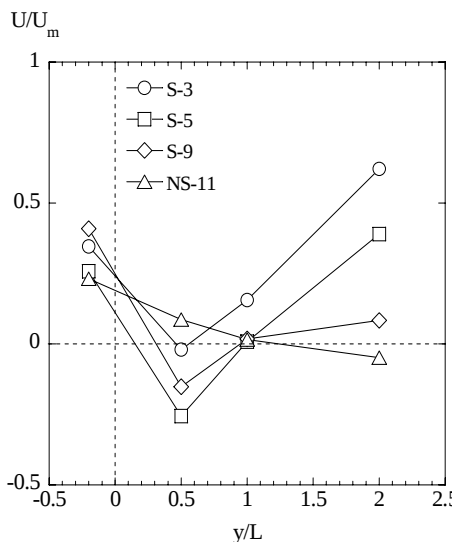


図-4 主流速Uの縦断分布
($y/L=1.0$)

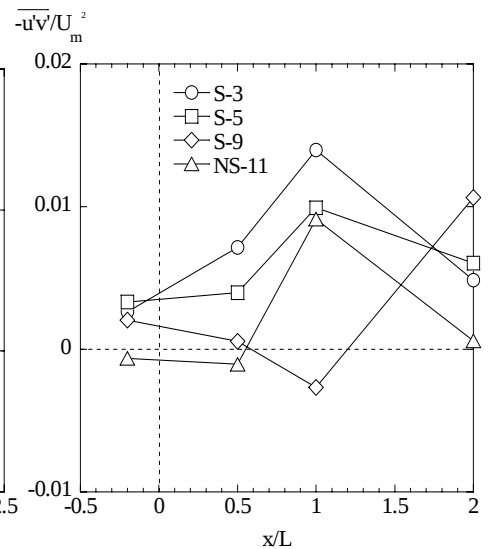


図-5 レイノルズ応力 $-u'v'$
の縦断分布 ($y/L=1.0$)

0.9の相対最大洗掘深は非越流型の変化に近いといえる。これらのことから相対水制高が1に近い越流型水制周辺の流れは非越流型水制周辺の流れに近く、0.9付近は両者の遷移領域になっていると思われる。

図-3に、水制が主流速に及ぼす影響を検討するため、制設置断面の主流域水の横断分布を示す。非越流型のケースNS-11では水制先端部から水制長の1.5倍にあたる $y/L=1.5$ にかけて流速は急激に大きくなる。そこから左岸側壁側では断面平均流速の1.6倍の流速でほぼ一定となっている。越流型のケースS-5、S-3は似た流速分布であり、水制先端部で断面平均流速の約1.3倍の流速が生じ、その流速は水路中央にかけて徐々に減速されている。そして水路中央付近で断面平均流速の約1.3倍の流速に達し、そこから左岸側壁にかけて流速は小さくなる。しかし相対水制高が0.9の越流型のケースS-9は、他の越流型のケースより、非越流型のケースNS-11に近い分布となっていることがわかる。以上のことから、相対水制高が大きいほど主流部の断面平均流速に対する流速は大きくなる傾向にある。また相対水制高が0.9のケースS-9は、他の越流型の2ケースと分布の傾向が異なり、非越流型の流速分布に近いことから相対水制高が1に近い越流は非越流の流れ構造の特性を持っているといえる。

図-4は水制中央の $z/H=0.6$ における主流速の縦断分布を示している。越流型の3ケースは、水制前面で断面平均流速の3割程度の流速である。水制背後の $x/L=0.5$ で逆流が生じ、それより下流側では徐々に流速は大きくなっている。その速度勾配は相対水制高が小さいほど大きく、相対水制高が大きいものほどより下流まで水制の影響があるといえる。非越流型のケースNS-11では下流方向に流速が低下している。よって越流のように順流となるのはさらに下流だと考えられる。よって相対水制高が大きいほど、より下流側まで水制の影響があると考えられる。

図-5は水制域境界のレイノルズ応力の分布を示す。越流型、非越流型のケースともに、水制域境界の水制前面と水制背後でレイノルズ応力に大きな変化はなく、水制長の1倍下流で最大値となっている。

これより、レイノルズ応力の縦断分布は相対水制高の違いにそれほど影響を受けず、水制長の1倍下流で最大の値をとるといえる。よってこの点で主流速の最も急激な変化があると考えられる。

しかしケースS-9では他のケースと異なる分布となった。この理由については、今後検討が必要である。

4. まとめ

単独水制周辺の河床と流れに対する水深と水制高の比の相対水制高が及ぼす影響について実験的に検討した。

相対水制高が大きいほど、通水開始から短時間での最大洗掘深に対する洗掘の割合は大きい。水制先端部で生じた最大洗掘深は、越流型では相対水制高が大きくなるにつれて急激に小さくなるが、非越流型では緩やかな変化となった。相対水制高が0.9のケースにおいては越流型と比越流型の両方の性質を持っているため、この付近が非越流との遷移領域と考えられる。水制設置断面の主流域では、相対水制高が大きくなると、平均断面流速に対する主流速は大きくなる傾向にあるが、非越流型と相対水制高が0.9のケースの横断分布は同様の傾向となった。このことから相対水制高が1に近い越流のケースは、非越流の流れ構造と似たものと考えられる。主流速の縦断分布では相対水制高が大きいものほどより下流まで水制の影響があるといえる。レイノルズ応力の縦断分布は相対水制高の違いにそれほど影響を受けず、水制長の1倍下流で最大の値をとった。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 岡信昌利, 川口広司, 西村達也: 越流型水制周辺の流れと河床変動, 水工学論文集, 第42巻, pp.997-1002, 1998.
- 2) 富永ら: 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.