

水制周辺の流れ場と河床変動との相互作用について

佐賀大学大学院 学生会員 常盤俊輔
 佐賀大学理工学部 正会員 渡邊訓甫 平川隆一
 学生会員 副島祐介 辻翔一
 非会員 野口剛志

1. はじめに

越流型水制と非越流型水制では、水制先端部の水跳ねや水制を乗り越える流れの有無により、水制周辺の流れ構造や河床形状が大きく異なる。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、相対水制高の違いが河床変動に及ぼす影響について検討するとともに、河床形状が流れ場に及ぼす影響を考える。

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 のように変化した。座標軸は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。固定床実験では水路中間部に約 6m の長さにわたって砂を敷き、河床砂は粒径 0.97mm の均一砂を用いた。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。移動床実験では固定床実験と同様に砂を敷き均し、通水中は超音波砂面測定器で、水制先端部の洗掘深の時間変化を測定した。水制先端部の洗掘が停止したところで一旦通水を止め、河床形状を測定した。その後、河床を固定し、流速を測定した。

3. 実験結果及び考察

固定床の流れ場を検討するため図-1 にケース NS-11, S-5, S-3 の流速ベクトルと、主流速 U の分布を示す。流速ベクトルを見ると、各ケースとも相対水制高が大きいほど左岸側壁に向かう流れが大きい。これは水制直上の越流水

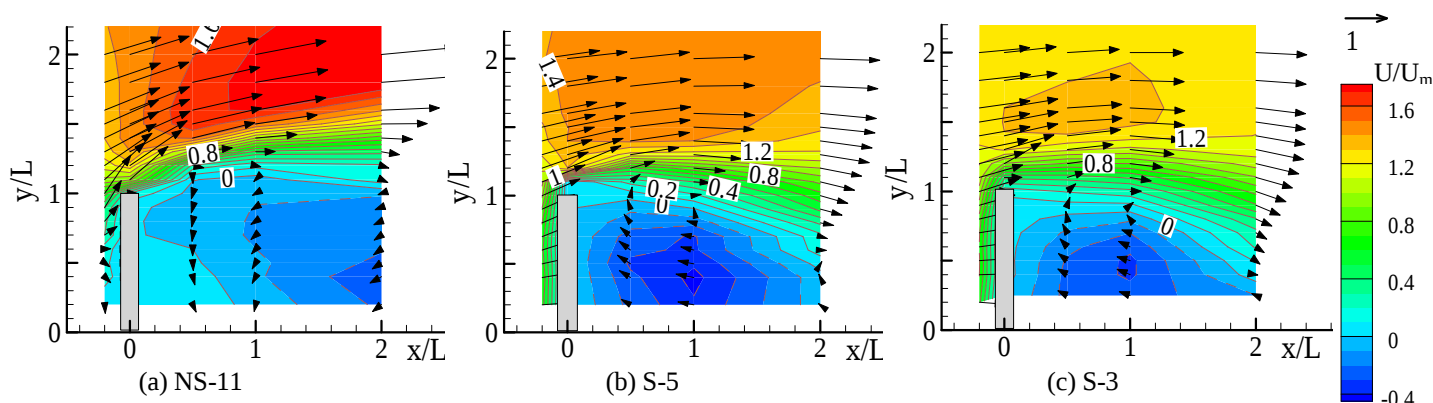
深が小さいほど水制先端での水はねの影響が顕著になるためである。

主流速 U の等値線から各ケースとも主流速 $U=0$ の位置を見ると、越流型で水制域内に見られるが、非越流型では主流部まで張り出している。相対水制高が大きいほど右岸側壁から遠ざかる。このことから相対水制高が大きいほどより下流まで逆流域があると思われる。このような違いが生じる要因としては、図-1 のように相対水制高が大きいほうが水はねの影響が顕著であるため、より下流で主流部から水制域内に入り込む流れが生じること、さらに越流型では水制を越流する流れが水制背後の流速の小さい流れを下流方向に引っ張ることが考えられる。

図-2 に河床高 Z_b の分布を示す。ケース NS-11 とケース S-5 は水制先端部で洗掘が見られ、 $x/L=1.0$ 、 $y/L=1.3$ 付近に堆積が見られる。ケース S-5 では水制先端部から水制前面にかけて洗掘が見られ、水制域内に大きな堆積がある。このような河床変動の最大洗掘深と最大堆積の横断位置を相対水制高で比較したものが図-3 である。最大洗掘深は相対水制高が大きくなるにつれて小さくなる。越流型ではその変化の割合は大きく、非越流型では緩やかである。最大

表-1 実験条件

実験ケース		初期水深 h_0	相対水制高 H/h_0	Fr 数	断面平均 流速 $U_m(\text{cm/s})$
越流	S-3	15	0.33	0.2	24.2
	S-5	10	0.5		19.8
	S-7	7.5	0.67		17.1
	S-9	5.5	0.9		14.7
非越流	NS-11	4.5	1.1	0.2	13.3
	NS-16	3	1.6		10.8

図-1 流速ベクトルと主流速 U の等値線 ($z/H=0.5$)

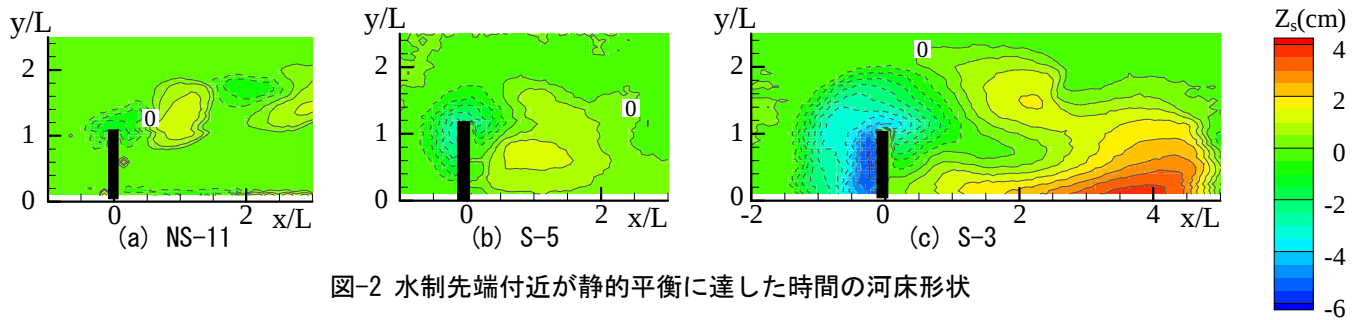


図-2 水制先端付近が静的平衡に達した時間の河床形状

堆積位置は相対水制高が大きくなるほど水制域内から主流部へと移動している。これも越流型でその変化が大きい。

このような河床変動が生じる要因を、平坦な固定床の流れ場と通水後の河床形状から考察する。

非越流型のケース NS-11 では、図-1 (a) に示すように水はねの影響が大きいため、水制先端部から主流部に向かう流速が大きくなる。よって水制先端部で巻き上げられた砂は、水制域内ではなく、主流部へ流される。巻き上げられた砂の堆積位置と主流速の等値線を比較すると、ほぼ同位置に主流速 $U=0$ の位置がみられる。これより非越流型では、河床変動は水はねの影響と主流速 $U=0$ の位置が影響していると思われる。越流型では、相対水制高が小さくなるにつれて水はねの影響は小さくなり、主流速 $U=0$ の位置も右岸側壁に近づく。また図-3 が示すように最大堆積位置も、相対水制高が大きいほど右岸側壁から水制先端部に近づくことから、これらに相関関係があると考えられる。

図-4 は河床変動後の流速ベクトルと主流速の等値線である。これと図-2 より河床形状が流れ場に及ぼす影響を考える。

非越流型のケース NS-11 では、 $x/L=1.0$, $y/L=1.3$ 付近の堆積箇所では流速が小さい。堆積の上流側の流れはそれを避けるように主流部と水制域内の 2 つの方向に分かれている。越流型のケース S-5 では、水制背後の逆流域が、堆積により水制先端部と堆積の間、堆積と右岸側壁の間の 2 箇所に分かれている。また平坦な河床では、逆流域が $x/L=2.0$ より下流まで見られていたが、河床変動後にはそれが短くなった。主流部で見られる最大主流速は、河床変動後のほうが小さくなっていることが分かる。全体として非越流型より越流型のほうが河床変動の影響を受けているといえる。

4. まとめ

本研究は、単独水制周辺の平坦な固定床での流れ場と河床変動の関連性を検討するとともに、河床形状が流れ場に及ぼす影響を考察した。得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 河床変動は、相対水制高が大きいほど、右岸側壁から水制先端部に堆積位置が移動する。
- 2) 平坦な河床と変動後河床形状の水制域内の流れ

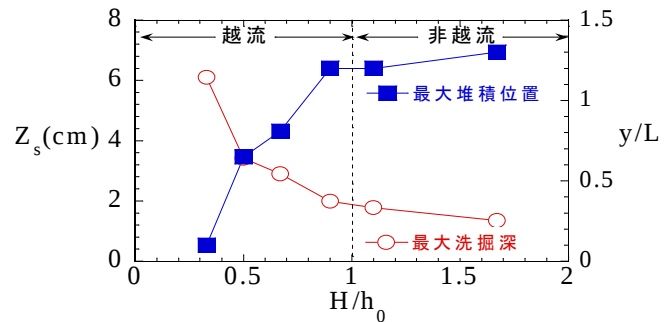
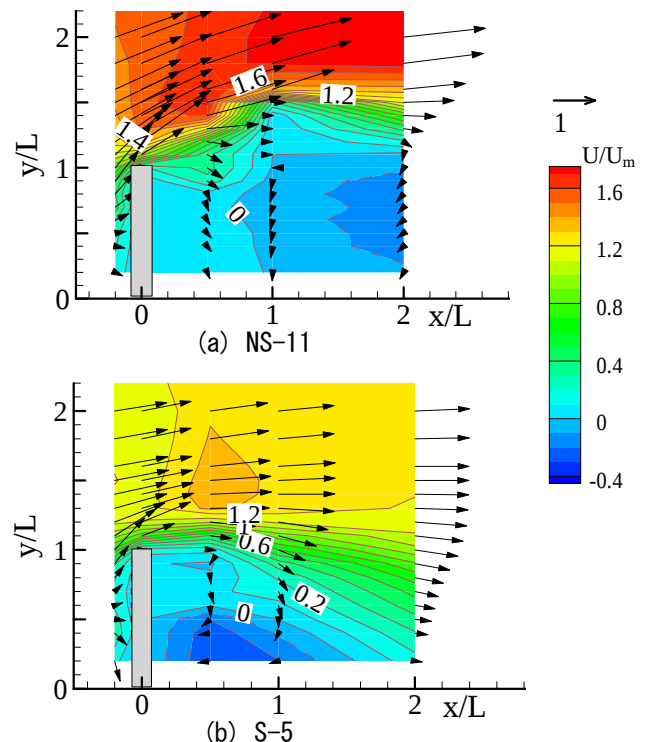


図-3 最大洗掘深及び最大堆積位置と相対水制高の関係

図-4 河床変動後の流速ベクトルと等値線 ($z/H=0.5$)

を比較すると、どのケースにおいても逆流域の範囲は小さくなった。

参考文献

- 1) 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, 2000.
- 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, pp719-726, 2008.