

河床形状に及ぼす相対水制高の影響

佐賀大学院 常盤俊輔

佐賀大学 渡辺訓甫 平川隆一

野口剛志 白川未希

1 はじめに

これまでに水制工周辺の流れおよび河床変動等の基礎研究は多々なされてきた^{1), 2)}が水深と水制高の比である相対水制高に着目した研究は少ない。そのため本研究は相対水制高をパラメータとして取り上げ、フルード数一定という条件で相対水制高の変化が水制周辺の河床変動や流れ場に与える影響について実験的に検討したものである。

2 実験条件及び方法

実験水路は幅 0.4m, 有効長 18m の長方形勾配可変水路を用いた。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。本研究では全ケースで $Fr=0.2$ として表-1 のように水深 h と断面平均流速 U_m を変化させた。河床砂は粒径 $L=0.97\text{mm}$ の均一砂を用いた。水制は水路側壁に垂直に 1 基設置した。水制高, 水制長はそれぞれ $H=5\text{cm}$, $L=10\text{cm}$ とした。また全ケース水制先端部周辺河床が動的平衡状態に達したところで通水を止め河床形状を測定した。その後河床を固定し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

図-1 は最大洗掘深の時間変化を示したものである。経過時間, 洗掘深をそれぞれ最終経過時間, 最大洗掘深で無次元化している。越流のケースでは相対水制高が小さいほど初期変動が大きく, ケース S-9 では最大洗掘の約 7 割, ケース S-5 では約 5 割, S-3 では約 3 割程度となっている。ケース NS-11 では初期変動の大きさ, 変化の仕方とも越流水深の小さいケース S-9 と似た傾向となっているが初期変動は小さい。図-2 は河床変動後の等値線図である。越流水深が大きいケース S-3 では水制先端から水制前面全体に洗掘が見られる。また水制背後の右岸側壁, $x/L=2.0$ の点で 4cm 程度の大きな堆積がある。また $x/L=2.0$, $y/L=1.5$ の位置にも約 1.5cm 程度の堆積がある。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生じている。堆積は水制背後全域で, $x/L=1.0$, $y/L=0.6$ で堆積高が最大となり約 3cm となった。ケース S-9 では水制先端部で 1.5cm 程度の洗掘が生じ, その下流側 $x/L=1.0$, $y/L=1.4$ で 1cm 程度の堆積がある。非越流型の NS-11 では水制先端部に洗掘があり, $x/L=1.0$, $y/L=1.4$ に 1.5cm 程度の堆積がある。さらにその下流側にも洗掘, 堆積が連続している。各ケースの最大堆積位置を横断方向に比較すると, 相対水制高が小さいほど右岸側壁よりに堆積している傾向があるこれは相対水制高が大きいほど水制を乗り越え

表-1 実験条件

実験 ケース	水深 $h(\text{cm})$	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	0.2	22.99
	S-5	10		18.73
	S-9	5.5		13.83
非越流	NS-11	4.5		13.38

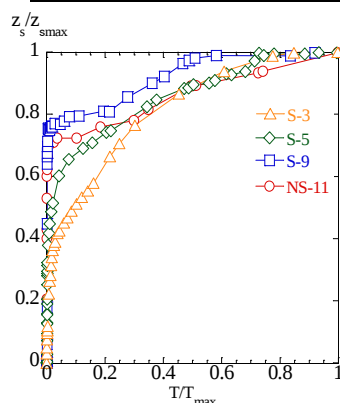


図-1 洗掘深の時間変化

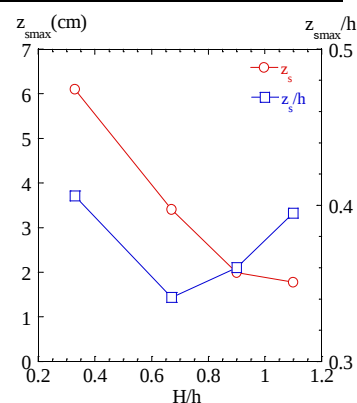


図-3 相対水制高の違いによる最大洗掘深の変化

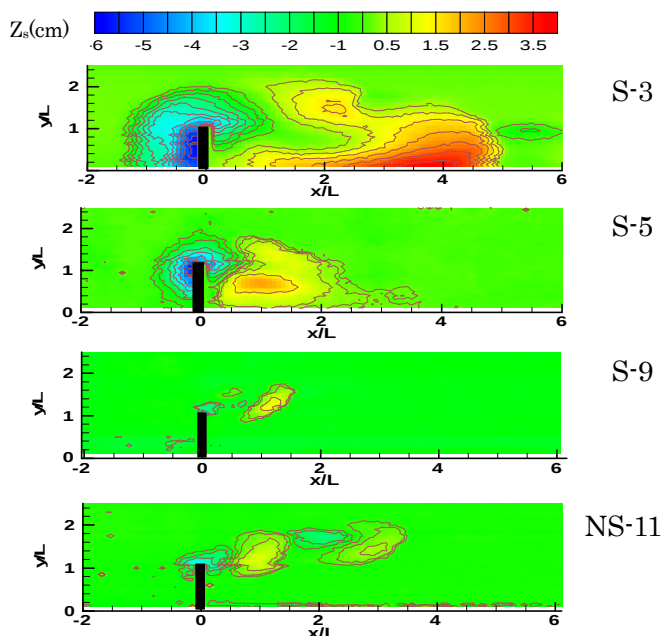


図-2 動的平衡状態での河床形状

る流れが小さく, 水制先端から水路中央に向かう流れが支配的になるためだと考えられる。越流水深の小さいケース S-9 と非越流型のケース NS-11 ではほぼ同位置に堆積している。また流下方向で比較するとケース S-3 で水制長の約 4 倍, 他の 3 ケースは水制長の 1 倍となった。

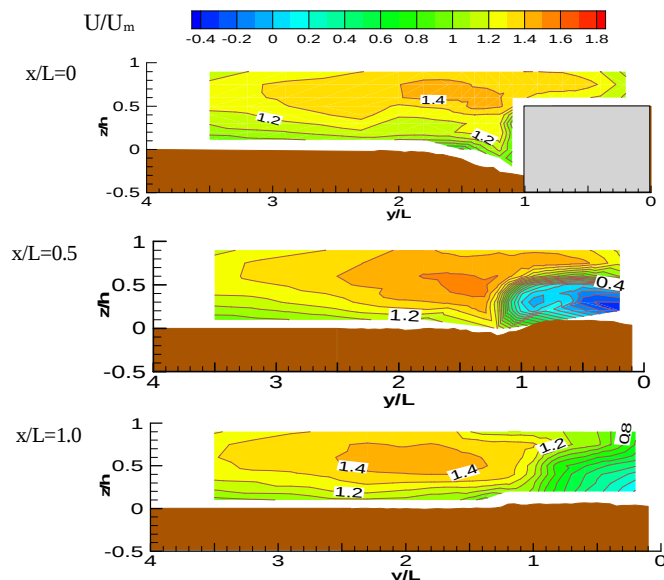


図-4 ケース S-5 の主流速等値線

図-3 は各ケースの最大洗掘深である。赤いラインは洗掘深を実スケールで表している。越流の場合に注目すると相対水制高が大きいほど最大洗掘深は小さくなっていて、それらは直線関係に近いといえる。非越流型のケース NS-11 ではケース S-9 と同程度の最大洗掘深となった。これは連続水制群の実験³⁾でも同様の傾向が見られている。青のラインは各ケースの最大洗掘深を各初期水深で無次元化したものである。最も小さい値をとったのはケース S-5 で、逆に大きい値をとったのはケース S-9 となった。また全ケースで水深の 3~4 割となった。

図-4、図-5、図-6 はそれぞれケース S-5、S-9、NS-11 における主流速の等値線図の流下方向変化である。ケース S-3 はケース S-5 と似た傾向が見られたためここでは省略した。図-4 では水制断面で $y/L=1.5$, $z/h=0.7$ 周辺で最大主流速がみられ、その大きさは断面平均流速 U_m の約 1.4 倍となっている。 $x/L=0.5$ ではほぼ同位置で最大主流速が見られるがその大きさは $x/L=0$ 断面で見られたものより大きく U_m の約 1.5 倍となった。さらにその下流では最大主流速は水路中央へ移動し、その大きさも U_m の 1.4 倍でまた小さくなった。また $x/L=0.5$ 断面の水制背後では右岸側壁に近いところで逆流がみられ水制の影響を大きく受けているが $x/L=2.0$ 断面では逆流もなくその影響が小さくなっていることがわかる。図-5 では最大主流速の位置はどの断面もケース S-2 とほぼ同位置となっている。しかし $x/L=0.5$ 断面で U_m の約 1.7 倍となった最大主流速は $x/L=2.0$ でも同程度であり、ケース S-5 のように減速していない。また $x/L=0.5$ 断面で水制背後に逆流がみられ、それが $x/L=2.0$ 断面にもあることからケース S-5 よりもケース S-9 のほうが水制高の影響がより下流までであると考えられる。図-6 では全 x/L 断面で半水深の高さに横断方向に広がって最大主流速が見られる。その大きさは $x/L=0$ で U_m の 1.4 倍、 $x/L=0.5$, $x/L=2.0$ で 1.6 倍となっておりケース S-5 と同じ傾向となっている。また水制背後では $x/L=0.5$ 断面よりも $x/L=2.0$ 断面の方が大きな逆流がある。

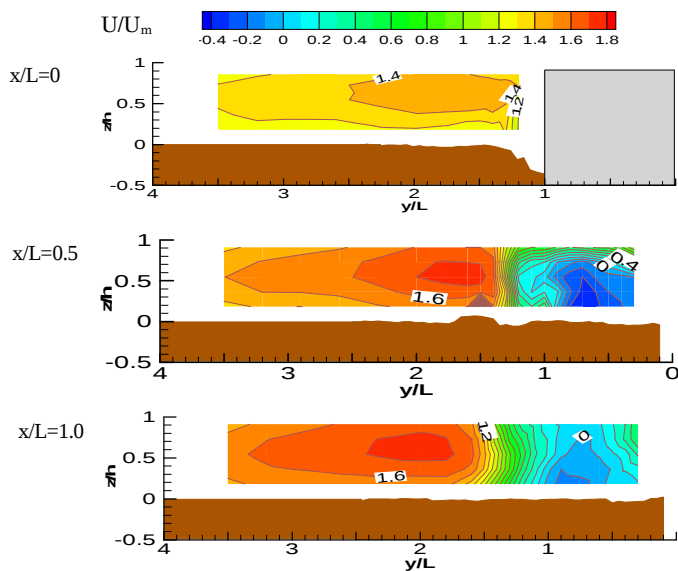


図-5 ケース S-9 の主流速の等値線

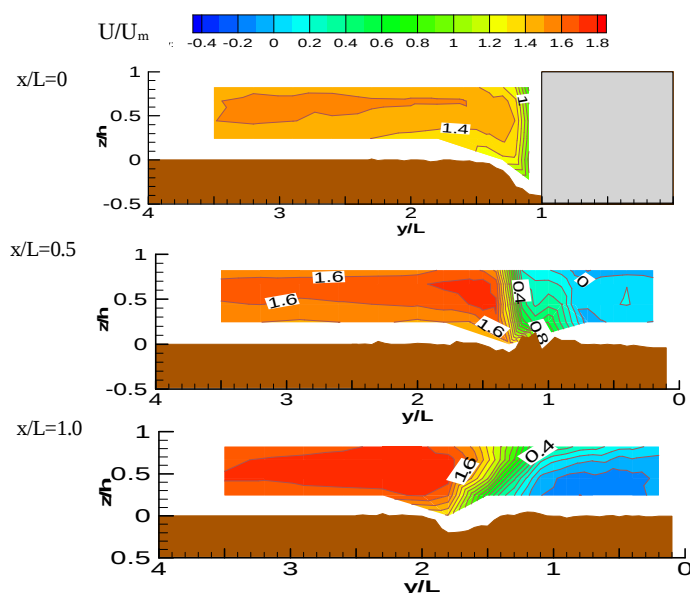


図-6 ケース NS-11 の主流速の等値線

4 まとめ

本研究は移動床に水制を 1 基設置し、相対水制高を変化させた実験を行った。その結果相対水制高が大きくなると洗掘深は徐々に小さくなるが、相対水制高の大きい越流型と非越流型では河床変動は似た形状となった。また流速は相対水制高が大きくなるにつれて水制背後で流速の低速域が水制境界近傍に発生した。また洗掘と同様に、相対水制高の大きい越流型と非越流型は同様の傾向があった。

参考文献

- 1) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計方法, pp281~295, 森北出版株式会社, 2000.
- 2) 富永晃宏ら：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.
- 3) 常盤俊輔ら：水制周辺の流れ構造と河床変動に及ぼす影, 第 62 回年次学術講演会講演概要集, pp.323~324, 2007.