連続水制周辺の流況に及ぼす相対水深の影響

佐賀大学 学生会員 副島佑介 松本祥平 井上智啓 正会員 渡邊訓甫 平川隆一

1. はじめに

水制は近年,再び注目されつつある河川構造物である.実河川において水制は越流状態が変化し,周辺では複雑な流れ構造を有する.水制の非越流,越流状態については研究が行われている ^{1,2)}が,相対水深を連続的に変化して場合の流れ場には不明な点が多い.

本研究では、連続水制を有する流れ場の相対水 深に着目し、水制周辺の流れ構造の解明を目的とする。

2. 実験条件と実験方法

実験に用いた水制は高さ H=5cm, 長さ L=10cm である. 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. 座標軸は, 水制 1 基目の設置位置右岸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=20cm とし, 水路右岸側壁に垂直に 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. 図-1 に水制設置の概略図を示す. 実験条件を表-1 に示す. 水面形は容量式波高計を用い測定した. 流速は二成分電磁流速計を用いて測定し, 測定位置は各ケースの半水深である.

3. 実験結果

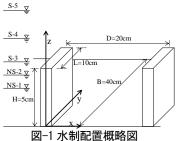
図-2 は各ケースでの水制域内(y/L=0.5)と水路中央 (y/L=2.0)の、それぞれの水面形の水制前面の最大値と 1 基目下流側の最小値の落差 Δh である。水制域内では相対水深が大きくなるにつれ、次第に $\Delta h/h$ は減少していく。越流しても $\Delta h/h$ は減少していくが、h/H=1.5 から 2.1 にかけてはあまり減少がみられない。また水路中央でも同様の傾向を示す。水位差は次式で表される。

$$\Delta h/h = [0.04 (h/H)^2 - 0.17(h/H) + 0.19], y/L = 0.5$$
 (1)

$$\Delta h/h = [0.02 (h/H)^2 - 0.09(h/H) + 0.11], y/L = 2.0$$
 (2)

図-3 はケース NS-2 の主流速横断分布の流下方向変化である. 水制前面 (x/L=-0.2) から水制背後 (x/L=0.5) にかけ $y/L=0.6\sim1.1$ 付近の流速が減少し、x/L=0.5 以降は水制域内に逆流がみられる. 主流部では同断面の y/L=1.5 で流速の最大値をとり、断面平均流速の約 2.1 倍となった. 流下に従い、最大値の位置は左岸側へと移動し、1.8 倍程度まで低下している.

図-4 に示すケース S-5 の主流速横断分布の流下方向変化は,水制前面(x/L=-0.2)では NS-2 と比較して,水制域内の流速が低減されていない. 主流速の最大位置は流



下方向(x/L=1.0),左 岸方向(y/L=2.0)へ と移動しており,極 大値は 1.4 程度であ る.主流部に関して は,流下してもほぼ 分布形は変化しない.



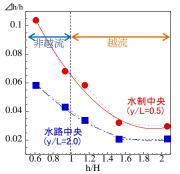


図-2 相対水深と水面の落差の関係

図-5 はケース NS-2 の横断流速分布の流下方向変化である. 最大値を水制前面の x/L=-0.2 の y/L=1.0 でとり、断面平均流速程度の水はねが確認できる. 流下に従い最大値は減少していく. x/L=1.5 では流入する流れと変化し、水制域内(y/L=0.6)で約-0.4 となっている.

図-6 のケース S-5 の横断流速分布では, NS-2 のケース と比較して同じ位置で最大値をとるが, 断面平均流速の 約半分になっている. 流下方向に向かうにつれ流速は減少していくが,減少の幅は小さい.

4. 相対水深の流況に対する影響

上記では非越流時と越流時の流れ構造を示した.しかしながら,非越流状態から越流状態へ変化する場合,どのように流れ構造が変化していったのかは不明である. そのため,相対水深を連続的に変化させた.

図-7に示す水制 1 基目前面(x/L=-0.2)の主流速は、水制域内ではケース NS-1 の値が最も遅く、相対水深が上がるにつれ流速は大きくなっていく。越流直後のケース S-3は非越流のケース NS-2とほぼ重なり非越流状態のような特性を示した。越流水深が高いケース S-4、S-5ではそれぞれ値が 0.5, 0.8 と上昇している。主流部では、ケース NS-1 から NS-2にかけて値が約 $1.5\sim1.65$ まで増加している。越流状態になるケース S-3 では非越流時の 2 ケースよりも値が減少しており、ケース S-4、S-5 では徐々に値が減少し、水制域内と水制域外では非越流と越流で異なる傾向を示した。

図-8 は 2 基目前面(x/L=1.5)の主流速横断分布である. 水制域内では,越流前の非越流時のケース NS-1, NS-2 はほぼ同様の分布形状であり,極小値を右岸側 y/L=0.2 でとり、約-0.5 である. 越流直後のケース S-3 では極小値をとる位置が y/L=0.7 へと水制先端側に移動し、さらに越流したケース S-4、S-5 では水制域内の値が上昇し、逆流がなくなっていく. 主流部側では非越流のケース S-1、S-2 と越流のケース S-4、S-5 でそれぞれ分布形状が重なった. ケース S-3 では越流直後であるためか、分布形状がその間に存在している. 主流部は非越流時、越流時、越流直後で分布形が分けられる.

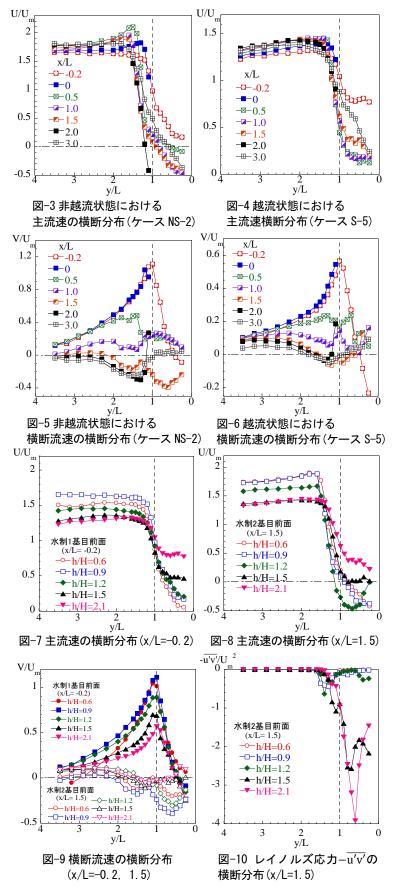
図-9 は水制1基目前面(x/L=-0.2)と水制2基目前面(x/L=1.5)の横断方向流速の変化である. 水制1基目前面(x/L=-0.2)では水制域内はほとんど変化がないが,水制先端付近ではケース NS-2 が最も大きくケース S-5 が最も小さい. 大小関係は主流速の主流部と一致する. 水制2基目前面(x/L=1.5)では、非越流のケースは水制域内(y/L=0.6)と主流部側(y/L=1.5)に極値を持つ分布であるが、越流直後のケース S-3 では水制域内のみに極小値をもち、さらに越流したケースでは y/L=1.3 にわずかに極小値をもつ. 以上、図-7~9 の現象は、非越流時では水制前面の流れは主流部へと向きを変え、主流部の流れの速さに影響を与えるが、越流水深が増加すると水制を乗り越え水制背後に流れ込む流れの割合が増し、主流部へはねられる流れの割合が減少したためだと考えられる.

図-10 は水制2基目前面(x/L=1.5)のレイノルズ応力 横断分布である. 非越流時では水制先端付近の主流 部側で極小値をとり、相対水深が増加するにつれ越 流直後のケース S-3 まで極小値が徐々に増加してい く. ケース S-4 では極小値を取る位置が水制域内へ と移動し、極小値もケース S-3 の 4 倍にまで急激に 増加した. ケース S-5 ではさらに極小値がケース S-4 の 1.5 倍に増加した. これは越流状態になり、水制 を越える流れの割合が増加し、水制域内の運動量の 交換が頻繁に行われたためだと思われる.

5. 結論

本研究で得られた結果は以下の通りである.

- 1) 水制 1 基目付近では、相対水制高が大きくなると、 非越流状態で主流速と横断方向流速が大きくなり、 越流状態ではどちらも次第に減少していく.
- 2) 主流速および横断流速分布は、非越流状態と越流 状態と越流直後で分けることができ、越流直後の ケースは遷移領域と考えることができる. また、 水制1基目背後ではその現象は顕著に表れる.
- 3) レイノルズ応力は水制 1 基目背後で非越流時と越流直後に水制先端付近で極値をとるが、十分に越流したケースでは水制域内で極大値を取り、値も非越流時の 4 倍以上である.



参考文献

- 1) 平川ら: 非越流型水制群を有する開水路流れの乱流特性と水面振動,水工学論文集,第46巻,pp.469-474,2002.
- 2) 福岡ら:越流型水制工の設計法の研究, 土木学会論文集, No.59, II-43, pp.51-68, 1998.