連続水制周辺の流況に及ぼす相対水深の影響

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Δh/h は減少していく. 越流してもΔh/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=0.6~1.1 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

佐賀大学 学生会員 副島佑介 松本祥平 井上智啓

越流状態

非越流

正会員

ケース名

NS-1

NS-2

渡邊訓甫 平川隆一

断面平均流速

U_m(cm/s)

10.6

12.8

Fr数

0.19

0.19

表-1 実験条件

水深 h(cm)

3.1

4.7

相対水深 h/H

0.6

0.9



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-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 1.5~1.65 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 NS-1、NS-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.

- 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

- 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.