

II-174

平坦移動床土上の流れの三次元性と
縦筋の発生過程に関する研究

京都大学工学部 正 員 中川 博次
 京都大学工学部 正 員 福井 家久
 京都大学大学院 学生員 川島 伸哉

1. まえがき これまでの研究では、河川や実験水路で、ある条件の下で、縦筋が発生することが知られており、その性質も詳しく知られている。¹⁾ 本研究では、平坦移動床上で、縦筋、縦渦が形成されるまでの非定常過程について、流速、河床、流砂量の変化を時間を追って探ることを目的としている。

2. 実験方法 実験水路は、長さ8m、幅30cmの平面可変型水路である。流速はレーザー流速計で、河床形状は超音波測深器で測定した。流砂量については、水路横断方向の分布をトラップ法で計測した。水理条件は、すべてのケースについて、流量 2.5 l/s、水路勾配 1/587、平均水深 2.8cmである。実験条件は、(1) 自然発生させたケース (2) 上流側にあらかじめ2本のリッジを設置したケース (以上のケースでは粒径 0.68mm の一様砂を用いた。) (3) 粒径4mm の粗砂の上に、粒径0.68mm の細砂を 2~3mm 敷きつめたケース、の3ケースがある。砂は水路底面から厚さ約5cm に平坦に敷きつめた。

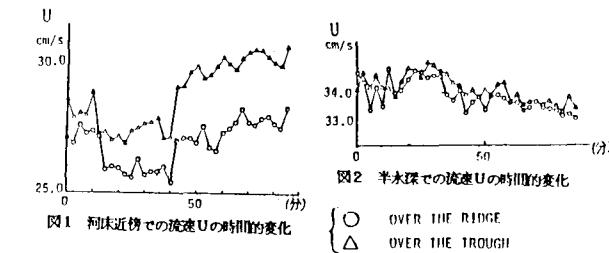
3. 実験結果及び考察 図1、図2では、それぞれ河床近傍、半水深での主流速Uの時間的変化に関して、将来、主流方向にトラフあるいはリッジになるであろう測点を選んで、その結果が示されている。主流速Uは河床近傍では、トラフ上、リッジ上ともに増加する傾向にあるが、トラフ上の方がその増分は大きくなっている。これに対して、半水深では、Uはやや減少する傾向がみられる。これらは、すべてのケースについてみられる傾向である。このことから判断すると、主流速Uの水深方向の分布は時間と共に、トラフ上ではリッジ上と比較すると、より一様化が進むと同時に、河床近傍での速度勾配が大きくなり、トラフではリッジよりも河床での剪断応力が大きくなることが考えられる。図3では、ケース(2)の縦筋が形成された定常状態での主流速Uの横断方向zの分布を計測位置yを変化させて図示した。(このケースでは、上流側に2次流が強制発生され2次流の典型的な特性が下流まで伝播し発生したものと考えられ、この特性は、程度の差こそあれケース(1)と同様であった。) この図からも、上述のトラフ、リッジ上でのUの分布の相違、Uの時間的変化を推察することができる。このようなトラフ上、リッジ上の流速分布の顕著な相違は、図4に示した流速計測点での河床断面の時間的変化によく対応しており、河床には剪断応力の大きい部分と小さい部分が横断方向に交互に縞状に並ぶことが考えられる。図5は、ケース(3)での河床形状の横断方向の相関を時間の変化で示すが、約20分後には、整然とした相関がみられ、縦筋が発達していくのがわかる。ピークを示す値から縦筋の間隔を調べると水深の約2倍になることがわかった。以上のように、主流速Uのトラフ上、リッジ上の時間的変化の相違からそれぞれでの流速分布の違いがみられること、すなわち、底面剪断応力が横断方向に周期的に変化し、その周期がほぼ水深の2倍になることは図4からも可視化的に理解される。

次に、図6、図7では、それぞれケース(2)、(3)の流砂量の時間的変化が示されている。グラフの縦軸は全流砂量に対するある位置での流砂量の割合を表し、横軸は水路横断方向の座標である。図6で示すように、10分後ではまだ流砂量分布はほぼ一様であり、2次流は充分発達していなかったと考えられる。しかし、時間と共に分布に凹凸がみられ、縦筋の位置を推定できるまでになっており、2次流の存在により、剪断応力が横断方向にほぼ周期的に変化し、トラフ上、リッジ上では流速の発達過程が前述したように異なることがわかる。上流側に設置された2本のリッジの間では、特に流砂量が卓越しており、強いせん流が発達したと考えられる。また、上流側にリッジを設置しなかった右側半断面にも縦筋が発達していることがはっきりとわかり、これは強制渦が横断方向に伝播したことを示すものと考えられる。図3の横断方向の流

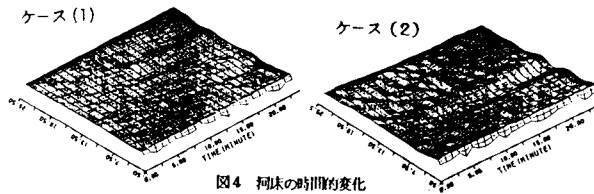
速分布の変化と流砂量分布の横断方向の変化とはよく一致しており、トラフ上、リッジ上の流速分布の違いから半断される底面剪断応力の違いは流砂量分布からも裏づけられる。図7の2粒径モデルの場合、20分後にすでに流砂量分布に凹凸がみられ2次流が存在していたと考えられるが、60分後の流砂量分布と比較すると、2次流の発達過程が予想される。すなわち、60分後では、それ以前と比較して、側壁近傍の流砂量の割合が高くなり、トラフでの流砂量が横断方向にほぼ等しくなることから、2次流が存在しない場合の横断方向の放物線的な流速分布がなす流砂量分布が変化し、時間経過と共に2次流が発達してほぼ大きさの等しいセル状の流れが形成されたと考えられる。この場合、河床形状には著しい変化はみられなかったが、表面の細砂が洗掘されて粗砂が露出した部分と細砂があまり洗掘されなかった部分が横断方向に交互に並んでおり、粗滑の分級現象がみられ、セル状のらせん流が発達し、図8に示す流速分布や底面剪断応力が周期的に変化することに対応している。これは、流砂量分布ともよく対応できる。

4. あとがき トラフ上、リッジ上では流速の時間的变化が異なり、それに伴って底面剪断応力も異なってくる。それは河床上で縦筋となって現れる。流れと河床とは相互に補完しあい、これは流砂量分布にも反映される。また、流砂量分布の時間的变化は、流れが時間と共に三次元的になることを裏づけており、流速の横断方向の分布ともよく対応している。

参考文献 1) Nakagawa, Nezu (1984), J. Hydr. Eng., ASCE., vol. 110, pp. 173 ~ 193



ケース (1)



ケース (2)

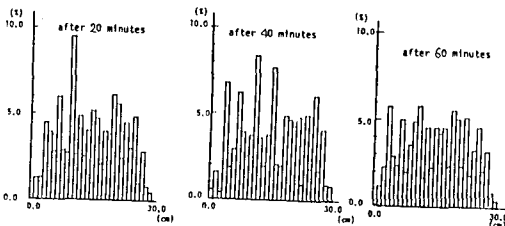
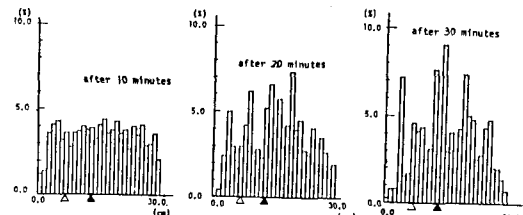


図7 ケース (3) の流砂量の時間的变化

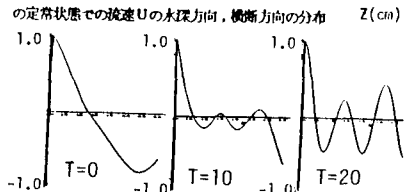
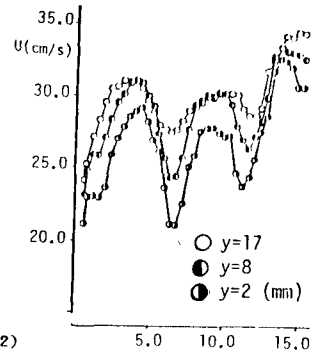


図5 河床の横断方向の粗度の時間的变化

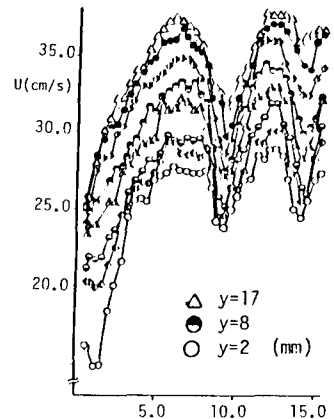


図8 ケース (3) の定常状態での流速Uの水深方向、横断方向の分布