

非定常流れにおける大規模乱流に関する研究

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 正 員 稲津 家久
 鹿 島 建 設 正 員 藤井 信宏 京都大学大学院 学生員 越智 厚
 京都大学大学院 学生員○石田 吉宏

1. まえがき 洪水時に実河川の流れでどのような現象が生じているかを明らかにすることは、工学的に非常に重要な課題である。洪水流に関しては昔から様々な研究がなされてきたが、それらはほとんど実地観測によるもので、実験室レベルでの研究は比較的最近になってからである。そこで、本研究では、染料注入法による可視化を通して、洪水流における増水期及び減水期での大規模乱流の動特性の解明を行った。

2. 実験概要 実験は、長さ10m、幅40cm、高さ50cmの可変勾配型循環式水路に波高 $H_s=2$ cm、波長 $L=40$ cmの鉄板性の河床波を20枚連続的に設置した水路に表-1の条件で非定常流を流し、染料注入法により大規模乱流の可視化を行った。実験項目としては、

case	Q_0 (l/s)	Q_1 (l/s)	U_{max} (cm/s)	U_{min} (cm/s)	h_{i1} (cm)	h_{i2} (cm)	Δt (sec)	λ	洪水波形状
VT1	1.0	3.2	6.7	11.0	5.0	0.0	0.0	0.00	三角波
VS1									三角波
VT2							180	0.02	三角波
VS2									三角波

表-1

①実験水路のほぼ中央にある河床波の再付着点付近から染料を注入し、スリットを通した投光機の光を水平に当て、その水平断面を通過する料を鉛直方向からビデオカメラで影し、コルク・ボイル渦の抽出を行い、増水期及び減水期における発生頻度の差異を調べた。②コルク・ボイル渦を発生させる原因と考えられる剝離渦の挙動が増水期及び減水期でどのような違いがあるかを調べるために、クレストから染料を注入して水平方向からビデオカメラで撮影した。③コルク・ボイル渦の原因と考えられる河床波付近で発生する上昇流の軌跡が増水期及び減水期でどのような違いがあるかを調べるため、実験①と同じ地点から染料を注入し、水平方向からビデオカメラで撮影した。

3. 実験結果及び考察 まず、実験①、実験②による実験結果を図-1と図-2に示す。図-1は、各ケースごとのコルク・ボイル渦の発生周期を増水期及び減水期全体で評価したものであり、増水期と減水期でのコルク・ボイル渦の発生周期の比を図中に示してある。これより、三角波では、非定常性が低いケース($\Delta T=3$ min)では、増水期の方が減水期よりも若干発生周期が短くなっており、増水期の方が僅かながらコルク・ボイル渦が多く発生しているが、両者であまり顕著な差は見られないことがわかる。それに比べて非定常性が高いケース($\Delta T=1$ min)では、増水期の方が減水期よりも発生周期がかなり短くなっており、増水期の方が減水期よりもコルク・ボイル渦が非常に多く発生していることがわかる。増水期と減水期が明確に分離できる台形波についても上記と同様なことが言えるが、三角波よりもその傾向が強く見られるこ

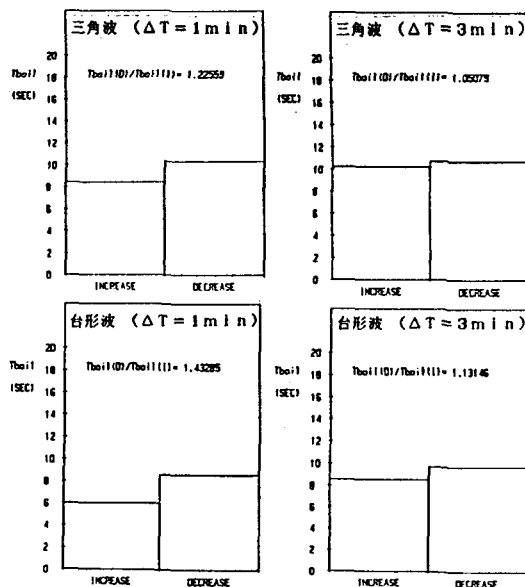


図-1

Hiroji NAKAGAWA, Iehisa NEZU, Nobuhiro FUJII, Atsushi OCHI, Yoshihiro ISHIDA

とがわかる。図-2は、各ケースに対応する点計測実験での波高計のデータを基に、増水期及び減水期を立ち上がり、中間、ピークの三段階に分け、上図に、実験①により水面で観測されたコルク・ボイル渦の増水期及び減水期の各区分における発生周期を示し、また、下図には、実験②により観測された剝離渦が河床波へ再付着する周期を、上図の増水期及び減水期の各区分に対応させて示したものである。これより、三角波については、非定常性が低いケースでは、コルク・ボイル渦の発生頻度は増水期、減水期ともに流速に比例して増加している。また、剝離渦の再付着周期も同様な傾向が見られる。非定常性が高いケースでは、増水期においては、非定常性効果により波高勾配が最も急な区間1-2でコルク・ボイル渦の発生頻度が最も高くなっており、剝離渦の再付着頻度についても同様なことが言える。減水期については、波高勾配が最も急な区間で剝離渦の再付着頻度が最も低くなっている。台形波についても三角波と同様なことが言えるが、特に、非定常性が高いケースでは、増水期において三角波よりも強い傾向が見られる。以上のことからクレストから発生した剝離渦がコルク・ボイル渦の発生に重要な役割を果たしていることが考えられる。また、実験②の結果より、再付着点距離は、非定常性が低い場合には増水期、減水期にかかわらず流速に比例して短くなっていくが、非定常性が高い場合には非定常性効果により、増水期においては波高勾配が最も急な区間

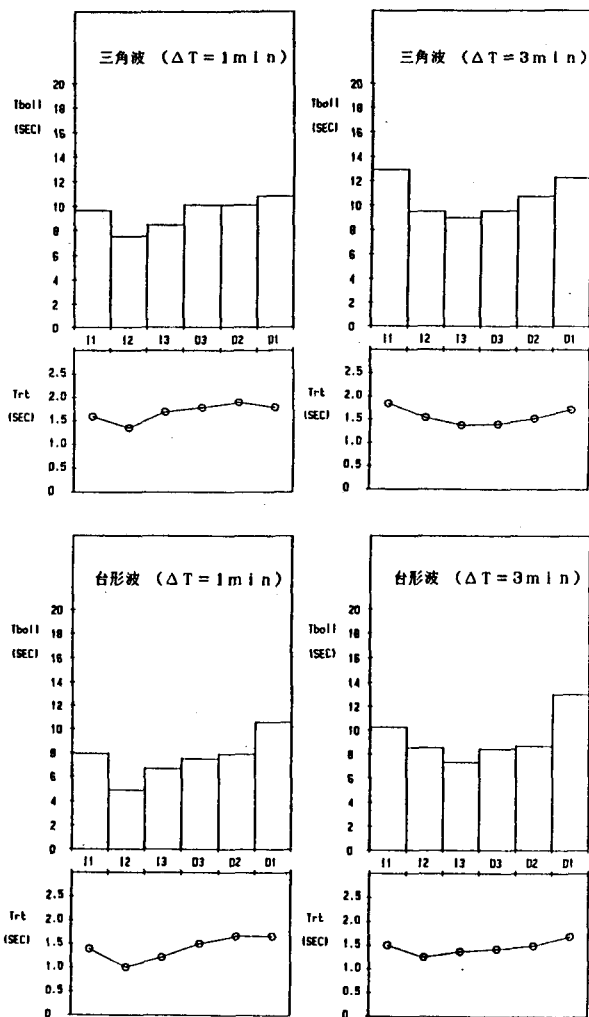


図-2

で短くなり、逆に減水期においては波高勾配が最も急な区間で長くなっており、また、増水期の各区分とそれに対応する減水期の各区分とを比較した場合、増水期の方が減水期よりも短くなっていることがわかった。さらに、実験③により、コルク・ボイル渦の軌跡は、増水期においては、非定常性効果により上昇流の上昇角度が急になり上流側にずれ、逆に、減水期には上昇流の上昇角度が緩やかになるため下流側にずれこむ傾向がみられた。この傾向は非定常性が高い程強く、また、これが、減水期の方が増水期よりもコルク・ボイル渦の発生頻度が低くなる原因であると考えることが出来る。

4. あとがき 本研究では、可視化法を通して、非定常流れにおける大規模乱流構造の定性的解明を行ったが、これらは実地観測結果¹⁾と完全に一致するものではなく、今後さらに検討を要する。
 <参考文献>1. 石狩川下流部における洪水時の濁度鉛直分布と流れの構造について、水工学論文集 第34巻, PP463-468