

II-362

非定常流れにおける大規模乱流

京都大学大学院 学生員 石田 吉宏
 京都大学工学部 正 員 中川 博次
 京都大学工学部 正 員 彌津 家久

1. まえがき

洪水時に実河川の流れてどのような現象が生じているかを明らかにすることは、水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、それらはほとんどが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、本研究は、染料注入法による可視化を通して非定常流れ、具体的には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を把握しようとする。

2. 実験方法及び結果

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の鉄板性の三角形河床波を連続的に20枚設置した水路を用いた。実験条件を表-1に示す。まず、増水期及び減水期で、また、非定常性の高低によってコルク・ボイル渦の発生頻度にどのような違いがみられるかを調べるために、実験水路のほぼ中央にある河床波の再付着点付近から発光染料を注入し、スリットを通した投光機の光を水路に水平に当て、その水平断面を通過する染料を鉛直方向からビデオカメラで撮影し、コルク・ボイル渦の抽出を行った。さらに、コルク・ボイル渦を発生させる要因と考えられる剝離渦の挙動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。実験結果を図-1、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る。これより、三角波、台形波ともに非定常性が低いケースでは、発生周期は増水期の方が減水期よりも僅かばかり短くなっているが、増水期と減水期で顕著な差はみ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では、発生周期は増水期の方が減水期よりもかなり短くなっており、増水期でコルク・ボイル渦が非常に多く発生していることがわかる。また、非定常性が高いケースと低いケースとを比較してみると、三角波、台形波ともに、非定常性が高いケースの方が、特に増水期において、コルク・ボイル渦の発生頻度が高くなっていることがわかる。図-2は、上図に、増水期及び減水期を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三区間に分け、増水期及び減水期のそれぞれの区間におけるコルク・ボイル渦の発生周期を示し、下図に、増水期及び減水

case	Q_0 (l/s)	Q_p (l/s)	U_{avg} (cm/s)	U_{max} (cm/s)	$h_{r,p}$ (cm)	$h_{r,r}$ (cm)	Δt (sec)	λ	洪水波形
VT1	1.0	3.2	6.7	11.8	6.0	8.8	60	0.06	三角波
VS1								0.11	台形波
VT2							180	0.02	三角波
VS2								0.04	台形波

表-1 実験条件

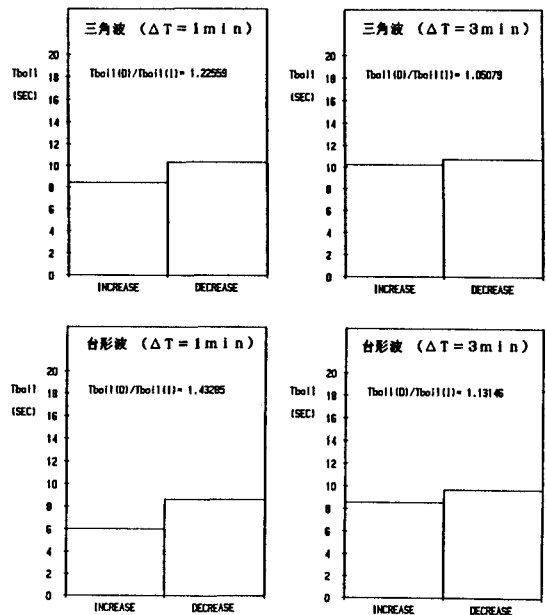


図-1 増水期及び減水期におけるコルク・ボイル渦の発生周期

増水期及び減水期におけるコルク・ボイル渦の発生周期を示し、下図に、増水期及び減水

期の各区分における剝離渦の河床波への再付着周期を示したものである。これより、三角波、台形波ともに、非定常性が低いケースでは、コルク・ボイル渦の発生頻度、剝離渦の再付着頻度は両者ともに流速に比例して高くなっていることがわかる。それに比べて、非定常性が高いケースでは、増水期においては、非定常効果により波高勾配が最も急な区間でコルク・ボイル渦の発生頻度が最も高くなっている。また、剝離渦の再付着頻度に関しても同様なことが言える。減水期においては、コルク・ボイル渦の発生頻度に関しては明瞭な特性がみられなかったが、剝離渦の再付着頻度に関しては、非定常効果により増水期とは反対に波高勾配が最も急な区間で最も低くなっている。したがって、コルク・ボイル渦の発生頻度と剝離渦の再付着頻度は非常に似た傾向を持つことから、剝離渦の再付着がコルク・ボイル渦の発生に重要な役割を果たしていると考えられる。なお、図-2をみればわかるように、剝離渦の再付着周期は、コルク・ボイル渦の発生周期よりもかなり小さい値となっており、コルク・ボイル渦は、剝離渦の再付着が重要な引金となっていることは確かであるが、クレストから発生した剝離渦が流線に沿って発達し、再付着点で河床に衝突してバウンドし、そのまま上昇渦となったものではないと思われる。

次に、河床波付近で発生する上昇流(半水深に達するまでのコルク・ボイル渦)の挙動を調べるために、河床波上の再付着点付近から染料を注入し、水平方向からビデオカメラで撮影した。この実験より、コルク・ボイル渦の軌跡は、増水期においては、非定常効果により上昇流の上昇角度が急になるために上流側にずれ、逆に、減水期においては、非定常効果により上昇流の上昇角度が緩やかになるために下流側にずれこむ傾向がみられた。また、この傾向は、増水期及び減水期ともに非定常性が高いケースで、特に波高勾配が最も急な区間で強くみられた。

最後に、以上の結果を簡単な模式図で示したものが図-3である。

3. 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と思われる。

<参考文献> 1) 木下 良作 (1990): 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
水工論文集, 第34巻, PP463-468

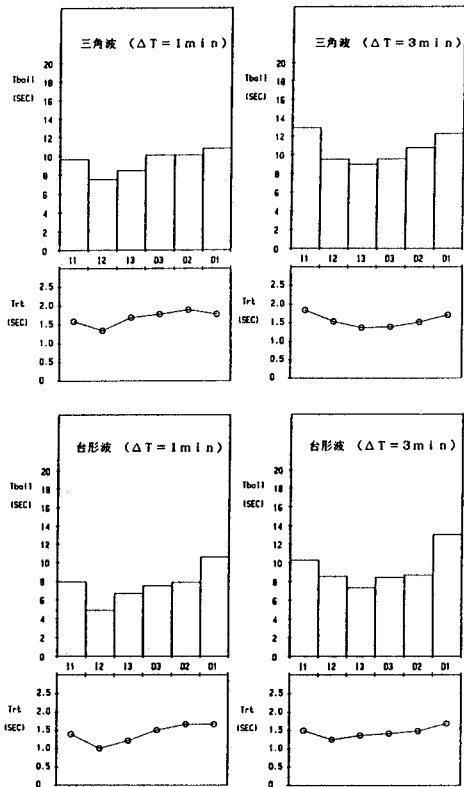


図-2 増水期・減水期の各区分におけるコルク・ボイル渦の発生周期及び剝離渦の再付着周期

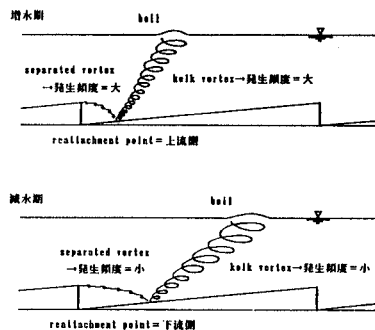


図-3 増水期及び減水期のコルク・ボイル渦の特性の違い