

水深が時間的に変化する非定常な洪水複断面開水路における 組織的水平渦の構造について

京都大学大学院工学研究科修士課程

学生員 ○後藤 健

京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻

フェロー 瀬津 家久

京都大学大学院工学研究科博士後期課程

学生員 山上 路生

1. はじめに

複断面開水路流れでは低水路と高水敷の境界部付近に大規模水平組織渦が発生することが知られている。従来の定常流の研究でその構造は次第に解明されつつあるが¹⁾²⁾、一方で水深が時間変化する非定常な洪水場での水平渦の発生・発達現象については不明な点が多い。そこで、本研究では非定常複断面流れにおける水平渦構造の時間変化プロセスを PIV システムによる可視化実験によって解明する。

2. 実験方法と実験条件

図-1 に計測システムを示す。実験水路は、全長 10m、全幅 $B = 40$ cm の可変勾配型総ガラス製の直線水路である。水路の右岸側にアクリルボックスを用いて高さ $D = 5$ cm の高水敷を全長にわたって設置し、複断面水路を作成した。流速計測には PIV システムを用いた。時間変化する流量はコンピュータと電磁流量計で自動制御し、三角波流量ハイドログラフを与えて洪水流を発生させた。また、水位変化の計測には、超音波波高計を使用した。表-1 に水理条件を示す。 U_m は断面平均流速、 T_d は増水時間であり、添え字 b および p はベース時とピーク時の値を示す。水深方向距離 $y/D = 1.2$ の高さに計測断面を設定し、レーザーライトシート(ILLS)を照射した。この検査平面の結果に基づいて考察を行う。

3. 実験結果と考察

図-2 に水深の時間変化を示す。ここで T は無次元時刻で $T = t/T_d$ と定義する。すなわち、 $T = 0.0$ が水深の増加開始時刻、 $T = 1.0$ が水深のピーク時刻であり、 $0.0 < T < 1.0$ が増水期、 $1.0 < T < 2.0$ が減水期となる。減水期では増水期に比べて水深が緩やかに変化しており、実河川洪水流と同様の時間変化挙動を示している。図-3 にベース時($T = 0.0$)とピーク時($T = 1.0$)における、瞬間流速ベクトルと渦度 ω_y の分布を示す。瞬間流速ベクトル(u, w)は移動座標系で示している。渦度の値は T_d を乗じて無次元化し、

表-1 水理条件

case	H_b (cm)	H_p (cm)	B_f/B	H_b/D	H_p/D	Q_b (l/s)	Q_p (l/s)	U_{m_b} (cm/s)	U_{m_p} (cm/s)	T_d (s)
HH60	6.8	9.6	0.5	1.4	1.9	1.8	15.0	10.4	52.8	60

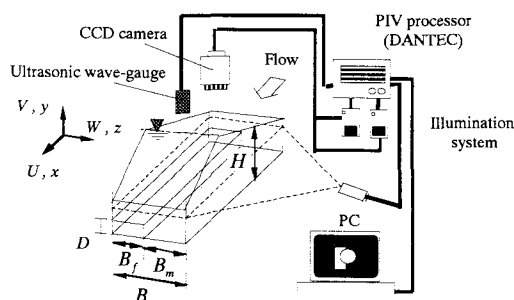


図-1 実験装置図

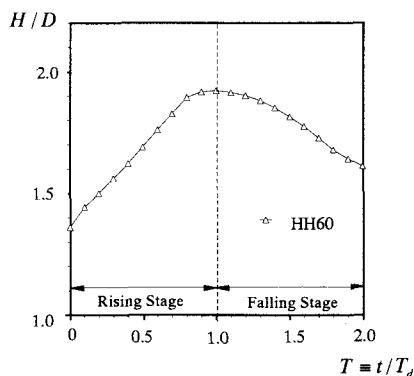


図-2 水深の時間変化

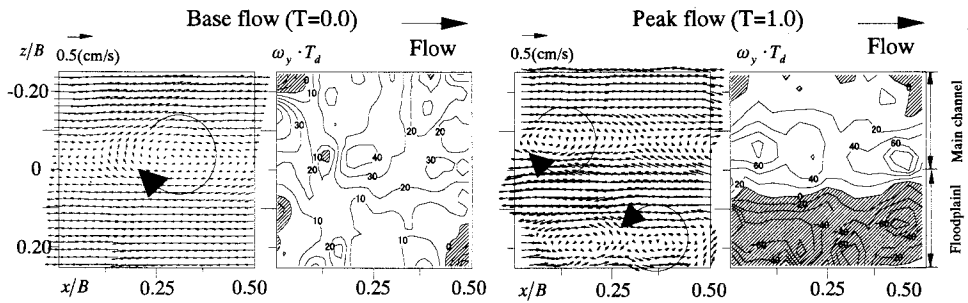


図-3 ベース時およびピーク時における瞬間流速ベクトルと渦度分布

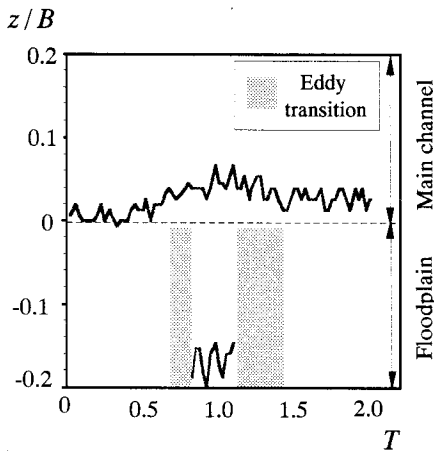


図-4 渦中心位置の時間変化

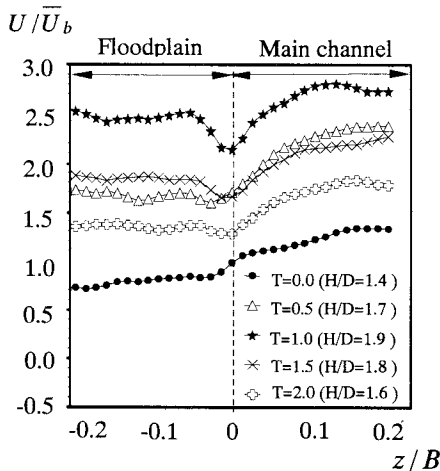


図-5 主流速の横断方向分布

負の領域には斜線を施した。ベース時($T = 0.0$)では、境界部を中心とした時計回りの組織渦が1列だけ観察される。一方、ピーク時($T = 1.0$)では低水路側と高水敷上に逆回転の2列の渦対が存在し、注目される。渦度分布も水平渦の回転方向と対応して、低水路側が正、高水敷側が負となっている。

図-4に渦列中心位置の時間変化を示す。ベース時において境界部付近で見られる単列水平渦は流量増加に伴い低水路側へと移動する。流量がさらに増加すると高水敷上で新たな水平渦が発生し複列構造になる。

図-5に時間平均主流速の横断方向分布 $U(z)$ を時系列的に示す。ベース時($T = 0.0$)ではかぶり水深が小さいために高水敷・低水路間で大きな流速差がみられ、単一のせん断不安定性が生じる。これによって境界部付近で単列の組織渦が発生すると思われる¹⁾。一方、ピーク時($T = 1.0$)では斜昇流によって低運動量が水面上方に輸送されるために境界部付近で分布の落ち込みが存在し変曲点が2つとなる。その結果、横断方向に2ヶ所でせん断不安定となり、水平渦が複列構造へと時間変化するものと考えられる。

4. おわりに

本研究では水深の時間変化を有する複断面開水路流れ場を対象にPIV計測を行い、水平渦の非定常な発生・発達特性を明らかにした。今後は計測断面を増やして3次元的な解明を行いたい。

参考文献 1) 池田駿介, 村山宜義, 空閑健: 複断面

開水路水平渦の安定性とその3次元構造, 土木学会論文集, No.509/II-30, pp131-142, 1995. 2) 楠津家久, 鬼束幸樹, 相良幸輝, 池谷和哉: かぶり水深の変化が複断面開水路流れの組織渦に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集, No.649/II-51, pp1-15, 2000.