

京都大学大学院工学研究科

フェロー 瀬津 家久

京都大学大学院工学研究科博士課程

学生員 山上 路生

株式会社野村総合研究所

正会員 坂根由季子

京都大学大学院工学研究科修士課程

学生員 ○若元 洋樹

1. はじめに

複断面開水路流れに関する研究は数多くあるが、これらの研究のほとんどが定常流を対象としており、流量が時間的に変化する実河川（洪水流）の水理挙動を解明するにはこの非定常特性を知ることが必要である。従来までの非定常な開水路流に関する研究はほとんど単断面、しかも2-D流れであり、複断面を対象としたものはあまりなく、特に乱れ構造の横断面分布を高精度計測した例はない。そこで本研究では、水位が複断面から複断面へと増減する非定常複断面開水路流の乱流計測をレーザー流速計（LDA）で行い、非定常乱流特性の解明を試みる。

2. 計測方法と実験条件

計測は全長10m、全幅40cmの可変勾配型循環式直線水路で行った。この水路の右岸側に高さ5cm、幅20cmの高水敷を設置し、複断面水路とした。表-1に実験条件を示す。流量ハイドログラフ $Q(t)$ は、三角波を与えた。流速計測には、4ビーム後方散乱型レーザー流速計（DANTEC社製）を使用した。上流端から約7m下流の地点において横断面内に計360測点をトラバースした。U-VおよびU-W測定を行うために、LDAプローブをそれぞれ水路側壁および底面側に設置した。時間変化する水位の測定には、超音波波高計3台と容量式波高計1台の計4台を用いてLDAと同時計測した。より詳しい計測手法や解析手法は文献¹⁻²⁾を参照されたい。

3. 実験結果と考察

図-1に水深 H と主流速 U 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。図中の主流速 U は低水路の中心（ $z/B=0.76$, $y/H_b=0.51$ ）のものである。実河川の洪水現象でも確認されているように、主流速のピーク時刻は水深のピーク時刻よりも早く現れる。図-2は底面せん断応力 τ_w の横断方向分布を時系列的に示したものである。全期間において低水路側の境界部付近で局所的な減少が観察される。また、高水敷と低水路での τ_w の差は水深の増加とともに減少することがわかる。

表-1 実験条件表

case	H_b (cm)	H_p (cm)	Q_b (l/s)	Q_p (l/s)	$U_{max,b}$ (cm/s)	$U_{max,p}$ (cm/s)	T_d (s)
HH120	7.5	9.5	2.1	7.3	13.5	27.3	120
HH60	7.5	10.5	2.1	14.4	13.5	28.1	60

H_b : ベース水深 H_p : ピーク水深
 Q_b : ベース流量 Q_p : ピーク流量
 $U_{max,b}$: ベース時の最大主流速
 $U_{max,p}$: ピーク時の最大主流速
 T_d : 増水時間

図-3は主流速の等値線図である。主流速は全期間を通して低水路中央部で極大値をとる。また、境界部付近では後述する2次流の影響により、高水敷から低水路側に流速の

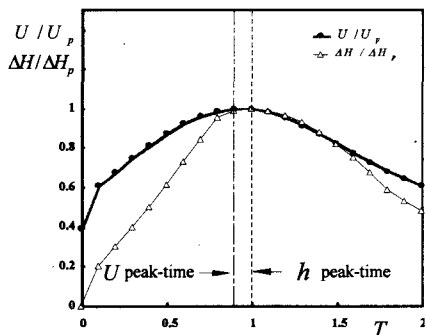


図-1 水深と流速の時間変化

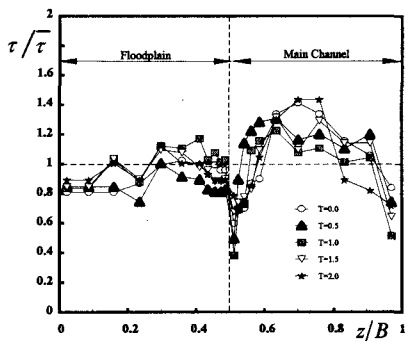


図-2 せん断応力分布

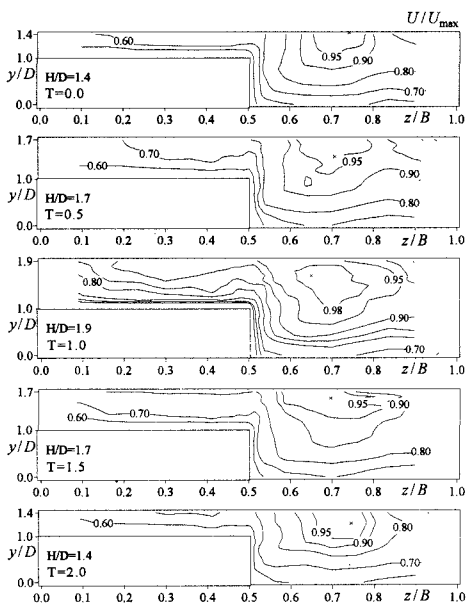


図-3 主流速分布の時間変化

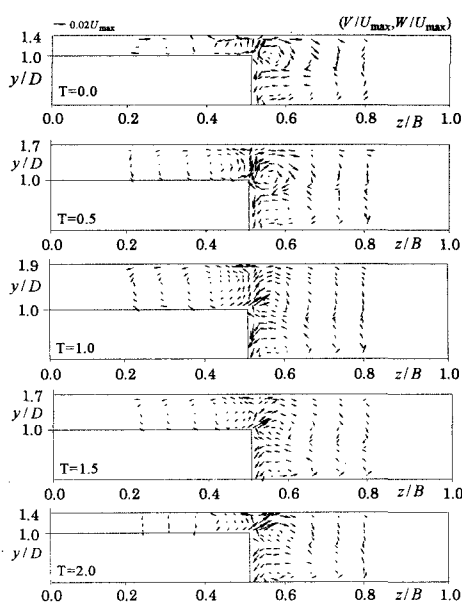


図-4 2次流分布の時間変化

分布が張り出しているのがわかる。図-4は2次流の分布図である。境界の隅角部から低水路水面に向けて斜昇流が確認される。この斜昇流は増水期では水面の正の時間変化の影響を受けてその傾きが鉛直に近くなるが、その後水深の時間的減少に応じて傾きは定常時にもどることが観察される。この2次流は、低水路と高水敷の間における物質輸送に大きな役割を果たしていると考えられる。今後、水平渦との関係も含めてこれらの相互作用の時間的変化を詳細に検討する必要がある。

4. おわりに

本実験では流量の時間変化をとまなう複断面開水路流れ場を対象に3次元LDA計測を行い、各種の乱流特性を明らかにした。今後は数値計算(CFD)でこれらを再現して行きたい。

参考文献 1) 棚津家久・門田章宏・中川博次：非定常開水路流れの乱流構造に関する実験的研究，土木学会論文集，No.491/II-27，pp81-88，1994。 2) Nezu, I., Kadota, A. and Nakagawa, H.: Turbulent structure in unsteady depth-varying open channel flows, *J. Hydraulic Eng. ASCE*, Vol.123, pp.752-763, 1997.