

京都大学大学院工学研究科 フェロー会員 橋津 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. 緒言

複断面開水路流に関する研究は、低水路および高水敷における相互の流れの干渉やそれらの境界付近の乱流構造、低水路から高水敷への物質輸送などを解明するためにこれまでに数多く行われ¹⁾²⁾、これらの研究のほとんどは定常流を対象としている。しかし流量が時空間的に変化する実河川を想定する場合には、流れ場の非定常特性を把握しておく必要がある。一般に実河川の洪水流では、第1段階として流れが単断面から複断面へと時間的に遷移し、その後第2段階において低水路から高水敷までの全領域にわたって水深が増加し、最終的には破堤や堤内地への氾濫といった水災害が発生する。そこで、本研究では、第1段階にあたる単断面から複断面に遷移する非定常な開水路流れを対象に、種々の水理特性について実験的考察を行い、その3次元乱流構造を明らかにする。

2. 実験方法と水理条件

表-1に水理条件を示す。水位上昇時間 T_d を60sと120sとし、非定常性の異なる2ケースについて実験を行った。本計測は、可変勾配型循環式直線水路(全長10m, 全幅 $B = 40$ cm)を用いて、右岸側にアクリル製ボックス(高さ $D = 5$ cm, 幅 $B_f = 20$ cm)を並べ高水敷を設置し、複断面水路を作った。流速計測には、4ビーム後方散乱型2成分アルゴンイオンレーザー流速計(LDA)を使用した。これを駆使して、上流から約7mの地点において横断面内に計250点を計測した。図-1のように $U-V$ 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に設置し、それぞれを2回に分けて行った。流量は、電磁流量計を用いて三角波を与えた。水位の測定には、超音波波高計3台(低水路上流部, 低水路および高水敷の計測部付近)と容量式波高計1台(低水路下流部)の計4台を同時計測した。非定常流の平均流速の評価手法には、フーリエ解析法を用い、その項数は7とした。

表-1 実験条件

case	H_b (cm)	H_p (cm)	H_b/D	H_p/D	$U_{\max,b}$ (cm/s)	$U_{\max,p}$ (cm/s)	T_d (s)
TH120	4.0	8.0	0.8	1.6	23.9	46.9	120
TH60	4.0	8.3	0.8	1.7	23.9	49.1	60

H : depth, D : height of floodplain, T_d : duration time between base and peak
 $U_{\max}$: maximum bulk velocity, suffix b: base flow, p: peak flow

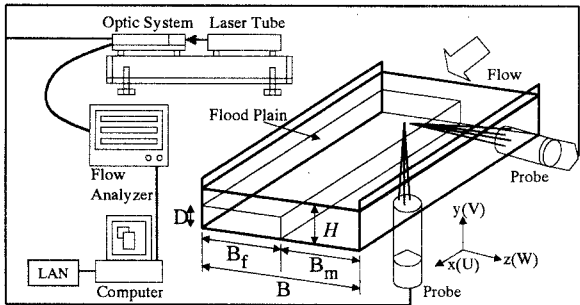


図-1 実験装置図

3. 実験結果と考察

図-2はTH60の2次流をベクトル表示し、各断面最大主流速 $U_{\max}$ で無次元化している。ここで T は無次元時刻で $T \equiv t/T_d$ と定義する。ピーク時には高水敷角部から低水路の水面に向かう斜昇流が見られた。また増水時において低水路から高水敷に向かう横断方向の流れ、逆に減水期においては高水敷から低水路に向かう流れが観察される。この結果から、横断方向の流れが洪水時の物質輸送を支配していると考えられる。

図-3はTH60の $y/D = 1.1$ における主流速 U の時系列変化を示した。低水路中央部($z/B = 0.75$)での増水時($T = 0.5$)の流速 $U_{0.5}$ で無次元化している。遷移直後には低水路と高水敷の U の差は大きい、水深ピーク

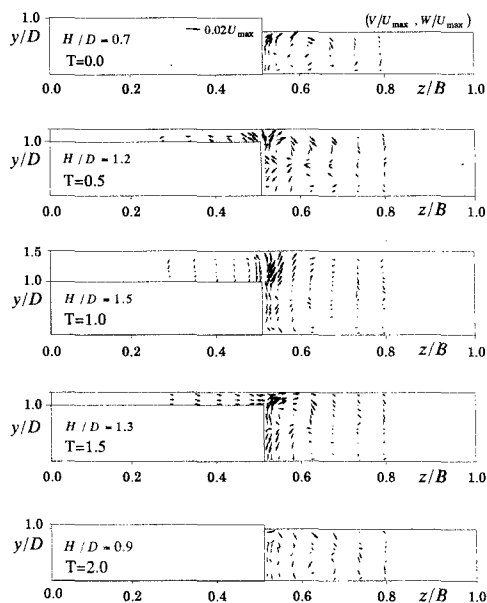


図-2 2次流ベクトル

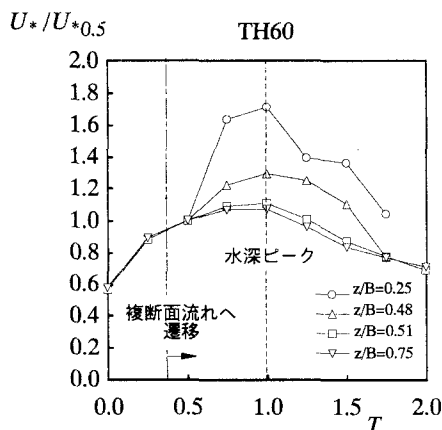


図-4 摩擦速度の時間変化

面への遷移直後の状態である。高水敷と低水路の主流速 U の差が著しく、2次流の結果から高水敷と低水路の境界部には横断方向の強い流速シアが生じるとともに乱れが生成される。さらに、図-5の状態から水深が大きくなると鉛直方向の流速シアが発達し斜昇流および複列渦が形成される。

4. 結言

本研究では、単断面から複断面に遷移する非定常な開水路流れを対象に、種々の水理特性を解明するため、LDAを用いて3次元の点計測を行い、実験的な考察を行った。この結果から流速シアの変化が浮遊物質の輸送および高水敷上の土砂堆積に大きく関与していると考えられ、今後の研究としたい。

参考文献 1) Naot, D., Rodi, W.: Calculation of secondary currents in channel flow, J. of Hydraulic Div., ASCE, vol.108, No.8, pp.948-968, 1982. 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, pp.1-15, 2000.

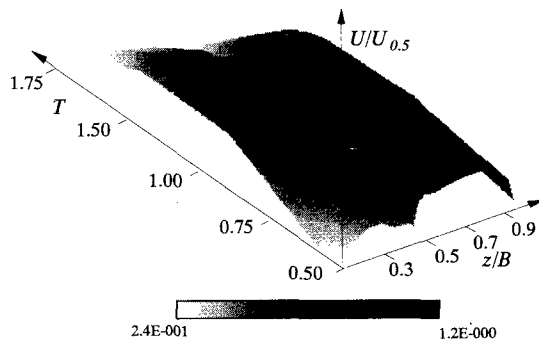


図-3 主流速の時間変化

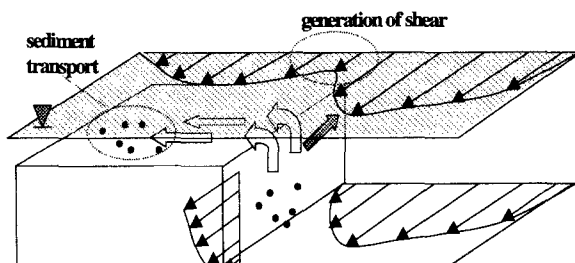


図-5 複断面洪水流の内部構造

時にはその差が小さくなる。

図-4はTH60の $z/B = 0.25, 0.48, 0.51, 0.75$ における摩擦速度 U_* の分布を時系列に示した。増水時($T = 0.5$)の摩擦速度 $U_{*,0.5}$ で無次元化している。流量の増減に対応して U_* は変化するが、低水路よりも高水敷の方が変化は大きく、増水時($T \geq 0.5$)に顕著に現れている。これより複断面流れへの遷移直後に高水敷上の摩擦抵抗が急激に増加することがわかり、水工学上重要な知見である。

図-5は、本研究で得られた知見をもとに複断面河道で発生する洪水流の3次元的な内部構造を模式的に示したものである。これはTH60の増水時に相当する単断面から複断