

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
京都大学大学院工学研究科 フェロー会員 瀬津 家久
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

複断面開水路流れにおける抵抗則や乱流構造に関する研究は、従来から多くの研究者によって行われてきたが、そのほとんどが時間的に水深固定の定常流を対象としたものであり、水深が時間変化する複断面洪水流を扱う上では不十分である。そこで本研究では単断面から複断面への断面遷移する非定常な開水路乱流に着目した乱流計測を行い、2次流特性を解析して来た¹⁾。また、特に洪水乱流の高水敷上における抵抗特性を明らかにした。また複断面河道の多くが台形形状である現況を考慮して矩形複断面と台形複断面流れを計測対象とし、断面形状が流水抵抗に与える影響も考察した。

2. 実験方法と水理条件

表-1に水理条件を示す。 U_m は断面平均流速、 T_d はベース時からピーク時までの増水時間である。添字の b および p はベース時とピーク時の値を表す。図-1に示すように θ は高水敷の法面勾配で、本実験は矩形複断面と法面勾配 θ の異なる2種類の台形複断面の計3ケースについて行った。図-2に本研究における実験装置図を示す。乱流実験に用いた水路は、長さ10m、幅40cm、高さ30cmの変勾配型水路である。 $H(t)$ は低水路水深、 $h(t)$ は高水敷のかぶり水深、 B は水路幅、 B_f は高水敷幅である。流量 $Q(t)$ は電磁流量計と制御コンピュータによって自動制御し、流量ハイドログラフは三角波を与えた。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、上流から約7mの地点において高水敷上を中心に主流速 U を約200点計測した。なお、鉛直方向の計測メッシュは粘性底層を含むように河床に近いほど細かく設定した。水位測定には超音波波高計を用いた。

3. 実験結果と考察

瀬津ら²⁾は定常な複断面流れを対象に粘性底層までLDA計測し、式(1)で示される粘性底層($0 < y^+ \equiv yU_* / \nu < 5$)で成立する理論式から最小2乗近似で摩擦速度 U_* を正確に評価している。そこで本研

表-1 水理条件

case	$\theta (^{\circ})$	$H_b(\text{cm})$	$H_p(\text{cm})$	$Q_b(\text{l/s})$	$Q_p(\text{l/s})$	$U_{m_b}(\text{cm/s})$	$U_{m_p}(\text{cm/s})$	$T_d(\text{s})$
A90	90	4.0	8.3	2.3	13.8	28.8	59.4	60
A45	45	4.0	8.3	1.1	17.6	18.8	82.1	60
A26.6	26.6	4.0	8.3	1.05	17.0	16.2	80.2	60

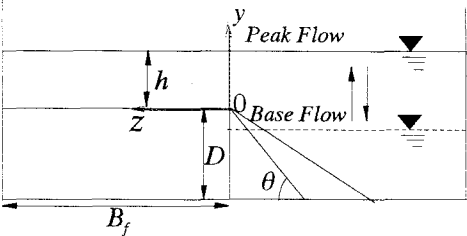


図-1 流れ場の概念図

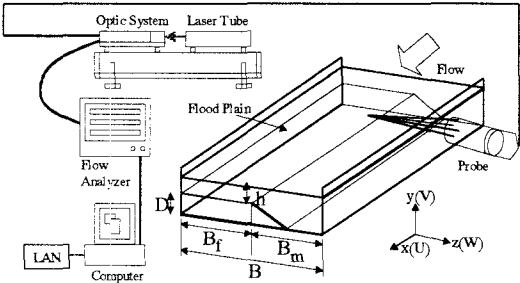


図-2 実験装置図

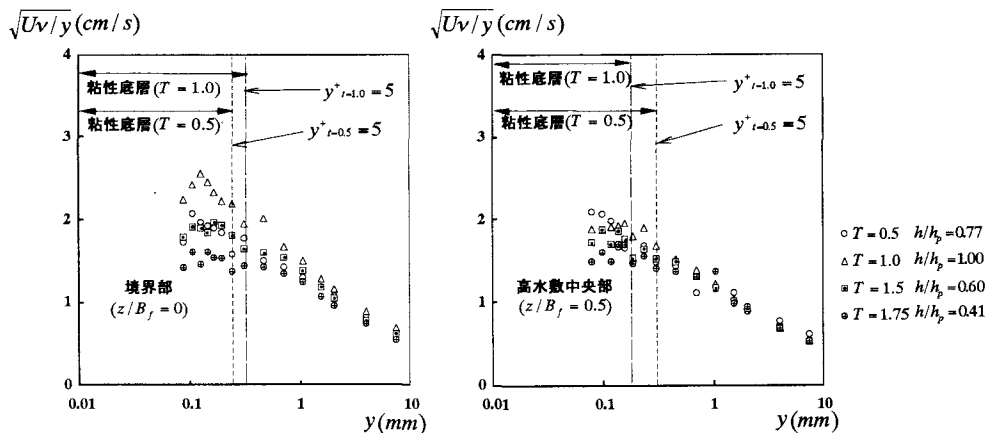


図-3 実寸表示の主流速分布（左図：境界部，右図：高水敷中央部）

究でも粘性底層の速度分布式 (1) から摩擦速度 U_* を計算する。

$$U_* = \sqrt{Uv/y} \quad (1)$$

図-3 はケース A90 における壁面からの鉛直距離 y と $\sqrt{Uv/y}$ の実測値をプロットしたものである。ここで $T = t/T_d$ は無次元時刻であり、 $T = 1.0$ が水深のピーク時刻となる。また図には複断面流れへの遷移直後 ($T = 0.5$) とピーク時 ($T = 1.0$) における粘性底層 ($0 \leq y^+ \leq 5$) に対応する領域も示した。 $\sqrt{Uv/y}$ の鉛直分布は全時間ステージにおいて、粘性底層を含む壁面近傍でほとんど変化しない。したがって、式(1)より U_* が算出できることがわかる。

さて境界部には主流速分布のシアによって付加的なせん断応力 τ_a が発生することが知られているが、 τ_a は一般的に低水路と高水敷の主流速差の 2 乗に比例する形でモデル化される。 τ_a を考慮して計算したマンシングの粗度係数 n_f の時間変化を示したのが図-4 である。 n_f の値はピーク時 ($T = 1.0$) の粗度係数 $n_{f,1.0}$ で無次元化した。全ケースで、 n_f はかぶり水深の小さい $T \leq 0.4$ および $T \geq 1.7$ で卓越し、断面遷移ステージで粗度係数が増大することがわかる。この特性は矩形複断面である A90 で最も顕著である。一方、法面角度の小さい A26.6 (勾配 1:2) では時間変化幅は小さい。このことから、台形複断面にすることで断面遷移にともなう高水敷抵抗の増加を抑制できることが期待できる。

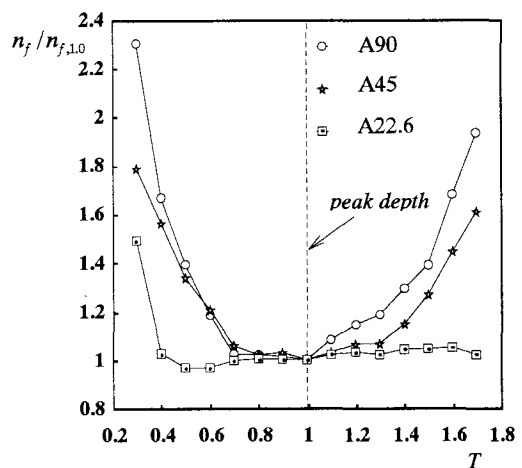


図-4 粗度係数の時間変化

4. 結言

本研究では、単断面から複断面への遷移を有する開水路流れを対象にレーザー流速計による計測を行い、高水敷上の抵抗特性およびそれらに及ぼす断面形状効果を実験的に解明した。

参考文献 1) 瀬津家久・山上路生・坂根由季子：水深変化する非定常な複断面開水路流れの 3 次元乱流構造に関する研究，土木学会論文集，2003，2 月号（印刷中） 2) 瀬津家久・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. 3) 福岡捷二・藤田光一：複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用，土木学会論文集，No.41/II-12，pp.63-72，1989.