

京都大学大学院 正 員 瀬津家久
 大阪市 正 員 ○相良幸輝
 京都大学大学院 学生員 池谷和哉

1. はじめに

低水路と高水敷からなる複断面河道は、わが国の多くの河川がもつ形状であり、高水敷は平水時にはレクレーション等に用いられるが、洪水時には流量調節上重要な役割を果たす。本研究では、かぶり水深を系統的に変化させ、ファイバーレーザ流速計(FLDA)を用いた3次元点計測から、時間平均的な流れの3次元乱流構造の解析を行う。あわせて、3次元代数応力モデル¹⁾による数値計算結果とも比較する。

2. 実験方法および実験条件

複断面水路は、長さ10m、幅40cmの可変勾配型循環式直線水路の半幅に、幅20cm、高さ5cmの亚克力製BOXを設置することにより構成した。本実験では4ビーム後方散乱型2成分ファイバーレーザ流速計を用いて、水路側方と水路上方の2方向より(U, V)

表-1 実験条件

CASE	S	$H(\text{cm})$	B/b	H/D	$Q(\text{L/s})$	$U_{\text{max}}(\text{cm/s})$	Fr	$Re(\times 10^4)$
H6	1/3000	6.0	0.5	1.20	1.44	13.4	0.20	1.3
H7	1/4000	7.0		1.40	2.06	14.9		1.8
H8	1/5000	8.0		1.60	2.73	15.6		2.3
H10	1/6000	10.0		2.0	4.20	16.4		3.1
H15	1/7500	15.0		3.0	8.37	19.0		6.2

および(U, W)の3次元点計測を行った。座標系は、流下方向に x 軸を、水深方向に y 軸を、また高水敷から低水路に向かう水路横断方向に z 軸をとり、河床を $y=0$ 、高水敷水路側壁を $z=0$ とした。実験条件を表-1に示す。

3. 解析結果および考察

図-1に時間平均主流速 U を水深平均した U_{da} を各ケースの断面最大流速 U_{max} で無次元化した横断方向分布を示す。同図より、かぶり水深の浅いcase H6, H7では境界部において変曲点を有しており、かぶり水深が浅くなるにつれて低水路・高水敷間の流速勾配が非常に大きくなる傾向が窺える。これよりかぶり水深が浅いほど高水敷と低水路との流速差が顕著であり、大規模水平渦の発生・発達に起因していることが再確認できる²⁾。一方、かぶり水深が深いcase H10, H15では、境界部付近で流速値が大きく減少するという特徴が見られる。これは、斜昇流が存在していることが原因と考えられ、かぶり水深が深いほど斜昇流が顕著に見られるということを示唆している。図-2に代数応力モデルによる U_{da} の横断方向分布を示すが、精度良く実験値を再現していることがわかる。図-3は、case H7, H8, H10において2次流(V, W)を断面最大流速 U_{max} で無次元化して、ベクトル表示したものである。同図より、各ケースとも高水敷端部付近において2次流が発達していることがわかるが、その位置における2次流特性は若干異なる。すなわち、かぶり水深が小さいと高水敷端部における2次流は鉛直方向成分の寄与が大きく、斜昇流というよりも単断面に見られる水面渦の上昇流に近い。しかし、かぶり水深が増すにつれて横断方向成分の寄与

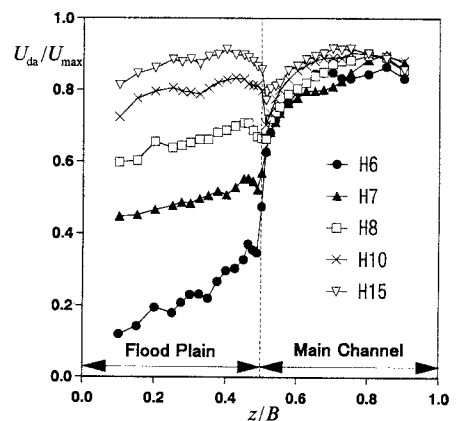


図-1 水深平均主流速 U_{da} の横断方向分布(Exp)

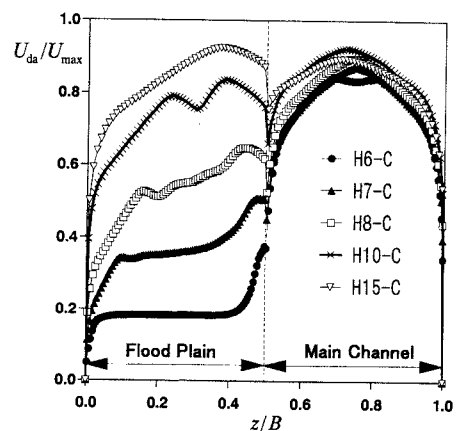


図-2 水深平均主流速 U_{da} の横断方向分布(Cal)

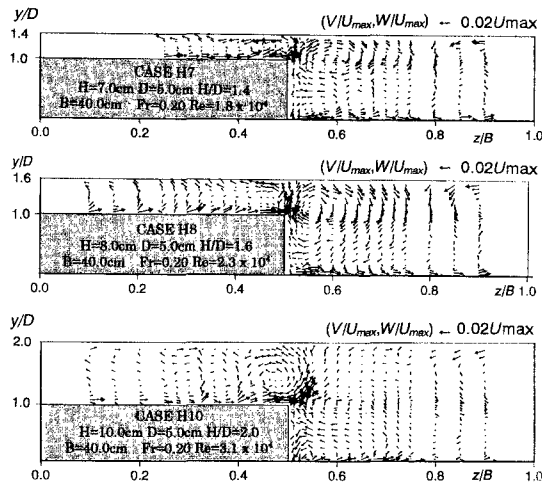


図-3 2次流ベクトル(実験)

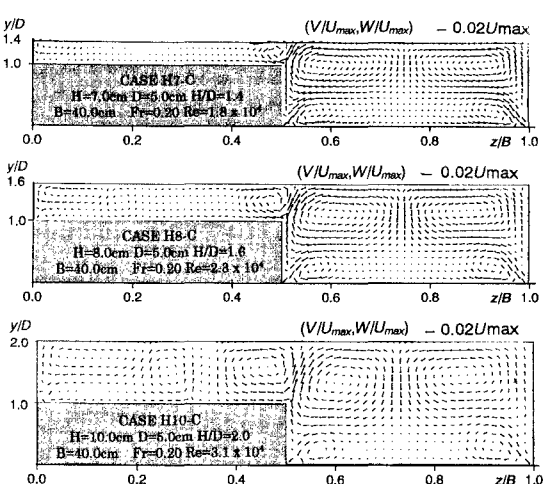


図-4 2次流ベクトル(数値計算)

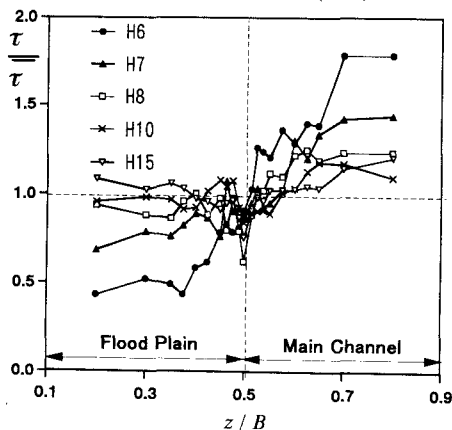


図-5 河床せん断応力 τ の横断方向分布(実験)

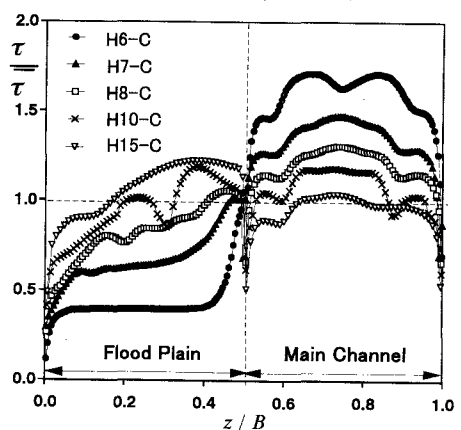


図-6 河床せん断応力 τ の横断方向分布(数値計算)

が増し、複断面開水路流れ特有の斜昇流を形成している。図-4は2次流ベクトルの数値計算結果である。各ケースとも実験値と比較的良好に一致している。特に、高水敷端部から生じる斜昇流が表現されているのが窺え、標準 $k-\epsilon$ モデルでは計算できない2次流が代数応力モデルにより良好に再現できることがわかる。図-5は粘性底層計測から評価された河床せん断応力 $\tau = \rho U_*^2$ の横断方向分布である。同図より、河床せん断応力は、かぶり水深が浅い場合、高水敷から低水路に向かって単調に増加し続けるが、これは、図-1においてかぶり水深が浅いと主流速が高水敷から低水路に向かって単調に増加しているからである。一方、かぶり水深が深くなると境界部で落ち込む現象が見られ、これは境界部で斜昇流が発達し、主流速が低減することと関連していると予想される。図-6は代数応力モデルによる τ の横断方向分布であるが、図-5にある実験値を比較的良好に再現しているのが確認できる。

4. おわりに

本研究では、かぶり水深変化が複断面開水路流れに及ぼす影響を解明するため、FLDAによる点計測を行った。その結果、かぶり水深の相違によりその内部構造が大きく異なることが確認された。また、代数応力モデルが複断面開水路流れにおける平均流速、河床せん断応力を良好に再現できることがわかった。

参考文献

- 1) Naot, D., Nezu, I. and Nakagawa, H.: *J. Hydraulic Eng.*, ASCE, Vol.119, No.3, pp.390-408, 1993.
- 2) 池田駿介・空閑健：土木学会論文集，第558号/II-38, pp.91-102, 1997.