

II-129

低水路・高水敷間の相互作用がせん断応力分布特性に及ぼす影響

京都大学工学部 正 員 ○欄津家久
 鴻池組 正 員 志村拓也
 京都大学大学院 学生員 中山忠暢

1. はじめに 複断面開水路流れの乱流構造は、水路の幾何学的形状や水理条件によって大きく変化し、2種類の組織構造が存在する。河川工学上の観点から言えば水路床に働くせん断応力分布特性の解明が望まれており、低水路・高水敷間での相互作用と大きく関連している。本研究では、そのような条件の相違によるせん断応力分布の変化特性について考察する。

2. 実験方法および水理条件 本実験で使用した水路は長さ10m、幅40cm、高さ40cmの変可変型循環式水路である。せん断応力分布は、水路側壁方向よりレーザ流速計を用いて計測を行うことによって対数則分布から評価した。横断方向の相互作用の評価については、高水敷水深が深い場合には水路上方よりレーザ流速計を用いて、浅い場合にはPTV法を用いて行った。表-1に実験条件を示す。

表-1 実験条件表

case	S	H(cm)	B/B _f	h/H	Q(l/s)	Re(10 ³)	Fr
AL	1/1000	6.0	0.500	0.167	3.2	7.9	0.40
BL	1/1000	6.0	0.375	0.167	3.8	9.0	0.38
CL	1/1000	6.0	0.250	0.167	4.3	9.7	0.36
DL	1/5000	7.5	0.375	0.333	3.4	6.6	0.24
EL	1/5000	10.0	0.375	0.500	3.1	5.0	0.09

3. 実験結果および考察 図-1は高水敷水深を変化させた場合における、高水敷上でのせん断応力分布である。せん断応力は高水敷での断面平均値 $\overline{\tau_{w_f}}$ で無次元化して表示してある。また、曲線は代数応力モデルによる数値計算結果である。これより、高水敷水深が深い場合から浅い場合に向かうにつれて、境界部ではせん断応力が増加していき、高水敷中央部では減少していく特性が見られる。このような境界部でのせん断応力の増加特性は河道計画を行う上で非常に重要である。また、高水敷水深が深い場合には実験値は計算値と比較的良好一致するが¹⁾、浅くなるにつれて境界部での計算値は実験値よりも過大評価をしており、以下で述べる平面渦の影響を十分に考慮していないためと考えられる。

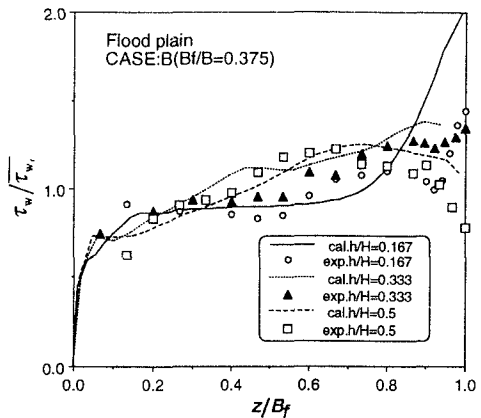


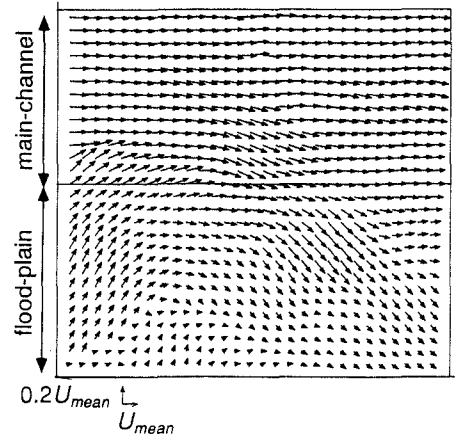
図-1 底面せん断応力分布(高水敷水深変化)

図-2は図-1での高水敷水深が一番浅い場合において、PTV法を用いて得られた高水敷高さ近傍($y/H=0.88$)での瞬間流速ベクトルである。このように高水敷水深が浅い場合には高水敷上の低速流体が境界部へと移動し、巻き上げられて再び高水敷側へと流れ込む様子が見られる。

図-3は高水敷水深が浅い場合において高水敷幅 B_f を変化させた時の高水敷・低水路でのせん断応力の分布である。せん断応力は高水敷・低水路それぞれでの断面平均値 $\overline{\tau_{w_f}}$, $\overline{\tau_{w_m}}$ で無次元化して表示してある。これより、低水路に比べて高水敷上でのせん断応力の方が高水敷幅の変化の影響を大きく受けていることが分かる。高水敷幅が大きいほどせん断応力分布は大きく蛇行し、特に高水敷中央部において実験値は計算値からのずれが大きくなっている。このことは高水敷幅が大きい方が平面渦が卓越しやすく、平面渦の通過に伴う上昇流・下降流によってせん断応力が大きく変化するためである。

複断面流れにおいて横断方向への運動量輸送を評価することは非常に重要である。主流成分に関するレイノルズ方程式を水深方向に積分することによって、次式のような水深平均された運動方程式が得られる²⁾。

$$\frac{\tau(z)}{\rho} = ghS - \left[\frac{d}{dz}(h \cdot T) - \frac{d}{dz}(h \cdot J) \right], \quad T = \frac{1}{h} \int_0^h (-\overline{uw}) dy, \quad J = \frac{1}{h} \int_0^h (\overline{UW}) dy \quad (1)$$

図-2 瞬間流速ベクトル($y/H=0.88$)

ここで、 T は横断方向のレイノルズ応力 $-\overline{uw}$ によるせん断応力であり、 J は2次流 W による横断方向への移流を示し、 $(T-J)$ は xy 平面に働く見かけのせん断応力である。また、 h' は高水敷・低水路それぞれ

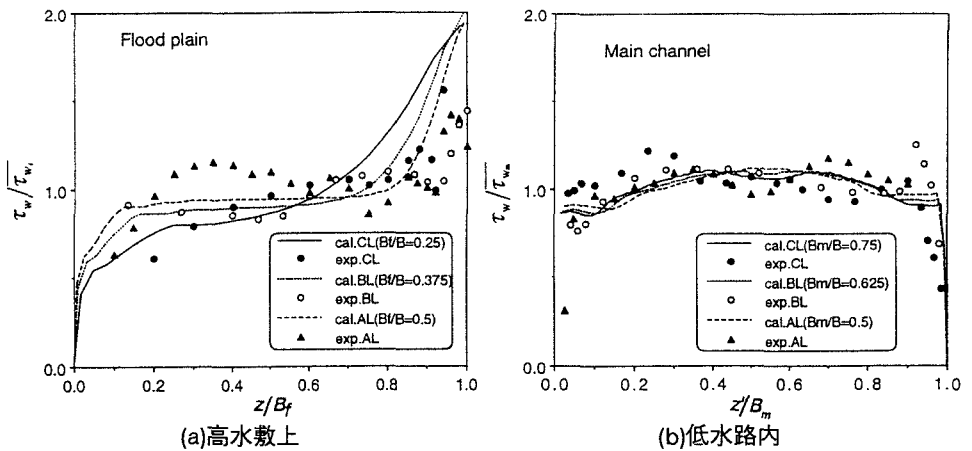


図-3 底面せん断応力分布(高水敷幅変化, $h/H=0.167$)

における水深、 S は勾配である。である。図-4は高水敷水深が深い場合・浅い場合それぞれにおける見かけのせん断応力の分布である。浅い場合には平面渦による水面擾乱によってレーザ流速計による計測が困難

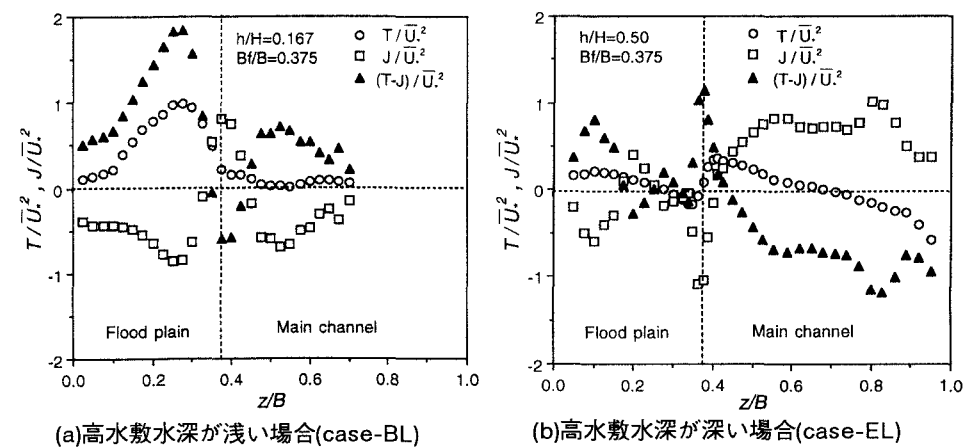


図-4 見かけのせん断応力の分布

であったので、PTV法によって計測したデータを用いた。これより、レイノルズ応力項 T については、高水敷水深が深い場合には境界部を挟んで正負のピークが逆転するのに対して、浅い場合には逆転が生じないことが分かる。移流項 J も両者で大きく特性が異なる。見かけのせん断応力 $(T-J)$ については、両者とも境界部近傍でピークをとっているが、両者に見られる相違は平面渦・2次流のどちらが卓越しやすいかに影響されると考えられる。

図-5は図-4における高水敷水深が深い場合に対して、見かけのせん断応力 $(T-J)$ を用いて式(1)から求められたせん断応力と実験値・計算値それぞれと比較したものである。境界部で若干のずれが見られるが全体的に良く一致しており、式(1)の妥当性が示された。

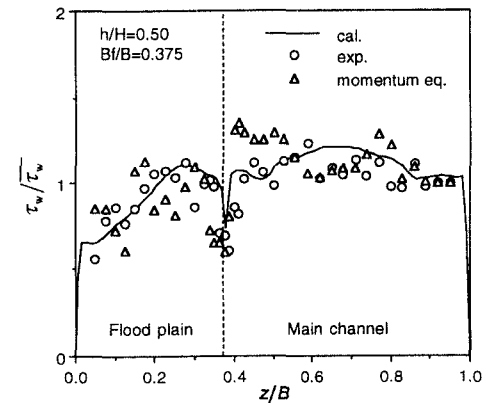


図-5 せん断応力分布の比較

4. おわりに 本研究は、複断面開水路流れにおける幾何学的・水理条件の相連によるせん断応力分布の変化特性について、低水路・高水敷間の相互作用と関連づけて考察を行ったものである。

<参考文献>

- 1) Naot, D., Nezu, I. and Nakagawa, H. : J. Hydraulic Eng., ASCE, 119, pp.390-408, 1993.
- 2) Tominaga, A. and Nezu, I. : J. Hydraulic Eng., ASCE, 117, pp.21-41, 1991.