

II-204

複断面開水路流れに及ぼす水深の影響

東京大学工学部 正員 河原能久

東京大学工学部 正員 玉井信行

1. はじめに

複断面直線河道の流れ場は、断面形状の複雑さや第2種2次流の存在によって強い3次元性を示す。この流れの3次元性が複断面河道流れの定量的な解析を困難にしている原因であるが、さらに理解を妨げる要因となっているものに、多くの因子が流れ場に影響を及ぼすことが挙げられる。本報は、乱流モデルの一つである Launder-Yingモデルを用いた数値解析により、流れ場に及ぼす水深の影響を検討したものである。

2. 基礎方程式と計算条件

座標軸を主流方向をx軸、底面に垂直方向をy軸、底面に平行な方向をz軸とする。基礎方程式は連続の式、3方向の運動量方程式、乱れエネルギー(k)の輸送方程式及びエネルギー散逸率(ϵ)の輸送方程式である。レイノルズ応力の評価には Launder-Yingモデルを用いる。モデルの詳細と数値計算法については河原¹⁾と同一であり、ここでは省略する。

計算は左右対称な複断面流れの半分を対象としている。そして、低水路半幅8cm、高水数幅12cm、水路半幅20cm、高水数高さ(h)4cm、全断面平均流速(U_m)50cm/s、低水路と高水数の壁面はいずれも滑面であるとし、低水路内の水深(d_0)を5, 6, 8, 10, 12cmと変化させた。

3. 計算結果

(1) 平均流速場 水深を増加させた場合の2次流ベクトルの分布の変化を図-1に、主流の等流速線の変化を図-2に示す。水深に依らず、高水数先端から低水路側へ向かう2次流が顕在し、その大きさは低水路と高水数との境界部付近で摩擦速度(U_τ)の半分程度である。一方、この2次流が高水数先端から低水路側へ向かう方向は、水深が増加するにつれ水平方向から鉛直方向へと変化している。さらに水深が増すと高水数側壁の2次流が発達するために再度水平方向に角度を変える。また、低水路の中央部に見られる2次流も水深の増加と共に流向を変化させている。次に、2次流の変化を考慮しながら主流の等流速線図に見られる変化を調べる。高水数先端から低水路側へ向かって低流速の領域が広がるという複断面流れの特徴がいずれの水深に対しても確認できる。しかし、水深が増加すると、2次流の方向の変化に従ってその広がり低水路側から高水数先端の上方へと変化している。水深がさらに大きくなると、低流速の領域は低水路内に広がる。その他の等流速線の湾曲も2次流の強さと方向によく対応していることがわかる。また、水深が増加すると、低水路内の流速はむしろ減少し、高水数上の流速が著しく増大していることが確認できる。このことは図-4で明示するが、低水路が洪水の流下に有効に利用されないことを表している。

(2) レイノルズ応力 図-3はレイノルズ応力($-u'w'$)を示したものである。レイノルズ応力が低水路側壁付近で大きいこと、境界部付近では水深の増加に伴って減少することが知られる。なお、さらに水深が増加すると境界付近には負の領域が広がる。

(3) 低水路と高水数の断面平均流速(U_0 , U_1)と境界部鉛直分割線に作用する平均剪断応力(τ_j) 図-4は低水路と高水数それぞれの断面平均流速と低水路と高水数との境界部の鉛直分割線に作用する平均剪断応力を表したものである。 τ_w は壁面平均剪断応力である。水深が増加するにつれて、低水路平均流速は減少し、高水数平均流速は増加し両者の値が近づく。また、剪断応力(τ_j)は減少する。水深が十分大きくなると2次流の水平方向成分が強まり、低水路から高水数へ輸送される運動量が増大する。しかし、その増加率は水深の増加率より小さい。このために剪断応力(τ_j)は減少する傾向を示すと考えられる。剪断応力(τ_j)のこの傾向は、流量算定法において鉛直分割線を用いることが合理的であることを意味するものであると考えられる。

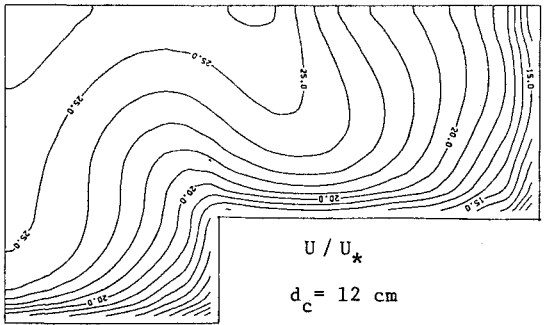
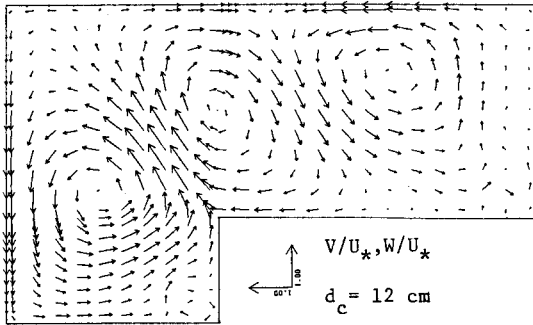
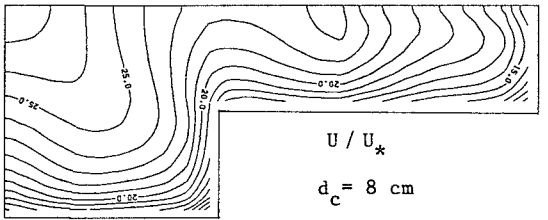
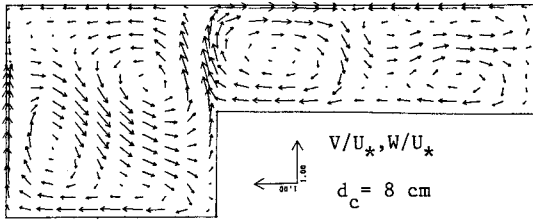
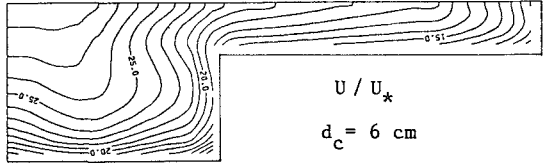
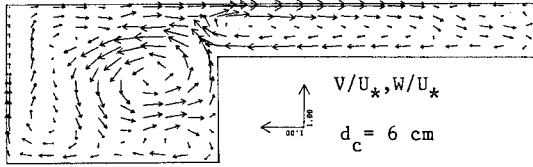
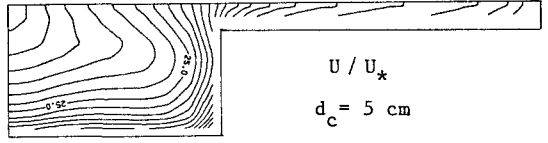
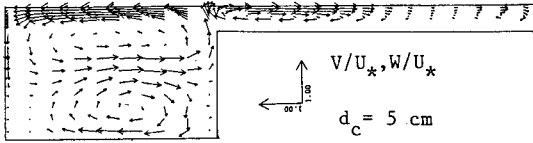


図-1 2次流ベクトル

図-2 主流速度の等流速線

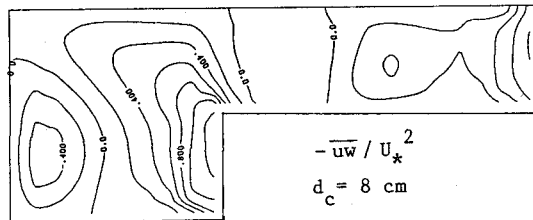
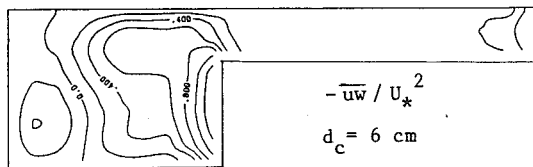


図-3 レイノルズ応力 ($-\overline{u'w'}$)

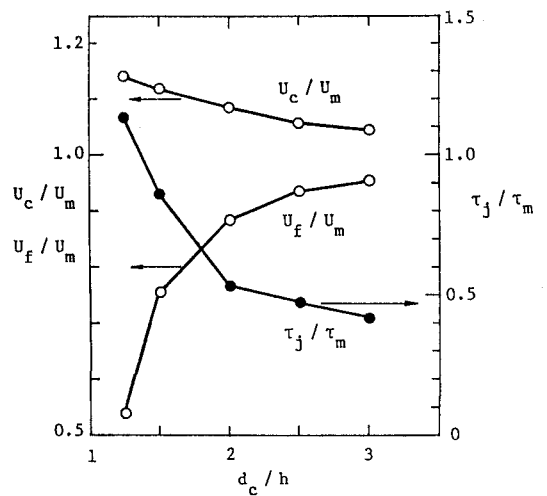


図-4 断面平均流速と境界部での平均剪断応力

参考文献 1)河原・玉井：第1回数値流体力学シンポジウム，1987