

名古屋工業大学 正 員 富永晃宏
 群馬大学大学院 学生員 角田吉章
 群馬大学工学部 藤井隆男

1. まえがき 河川の流れは、その複雑な断面形状及び粗度の非一様性など、多くの境界条件に応じて変化する、三次元的な様相を呈する。実河川によく用いられる複断面開水路の流れにおいては、高速流と低速流の流速差によって高いせん断層が発生し、鉛直軸を持つ渦だけでなく流下方向の軸を持つ二次流が存在する^{1), 2)}。さらに高水敷上は一般に粗度が大きいので、横方向の粗度の变化の影響を解明することも水工学上重要である。本研究ではまず基本的な流れとして片側を滑面、片側を粗面とした長方形断面の実験水路を用いてその流れを計測し、底面高さがほぼ同一で横断方向に強いせん断のある流れの特性を解明したものである。

2. 実験装置及び方法 実験水路は図1に示すように幅40cm、長さ12.5mの長方形断面開水路で、その中に上流に向かって右側に断面が5×5mm、長さが20cmの塩ビ製の棧型粗度を設置し片側滑面、片側粗面とした。流速計にはレーザー・ドップラー流速計を用い、サンプリング周波数100Hzで計測時間は1点につき41秒、計測断面はx軸と垂直に粗度と粗度の中央にとった。また実験条件は表1のようであり、水深及び相対棧間隔(L/k)の異なる4ケースについて実験を行った。

3. 実験結果とその考察 (1)二次流構造 図2に今回得られた二次流ベクトル図を示す。ここに挙げた2つのケースは、水深Hが8cmで相対棧間隔の異なるものである。HRC13のケースでは滑面上で時計回りの渦構造が認められ、粗滑境界では鉛直下向きに下降流が顕著である。また粗面上のz/H=3.5付近で強い上昇流がありその右側に縦渦が認められるが、これと対をなす左側の渦構造は不明確である。HRC23のケースでは滑面上に明確な縦渦が存在し、やはり粗滑境界では下降流が発生している。粗面側ではL/k=8のときにみられた上昇流がなくなり、縦渦の輪郭はいつそう不明確なものとなり、全断面にわたる時計回りの大きな渦が背景に存在しているようである。このような二次流構造は間欠的な大規模渦運動の平均された結果であり、粗面上ではかなり不安定な挙動を示していると考えられる。

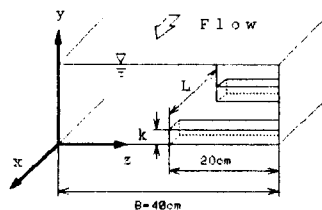


図1 水路断面図

表1 実験条件

ケース	水深 H(cm)	平均流速 U _m (cm/s)	最大流速 U _{max} (cm/s)	摩擦速度 U _τ (cm/s)	相対棧間隔 L/k	レイノルズ数 Re(=4RU _m /ν)
HRC12	9.03	24.91	35.42	1.94	8	44300
HRC13	7.95	25.45	34.11	2.01	8	55300
HRC22	9.02	24.16	32.10	2.39	4	41300
HRC23	8.08	24.78	33.20	2.22	4	53500

境界では下降流が発生している。粗面側ではL/k=8のときにみられた上昇流がなくなり、縦渦の輪郭はいつそう不明確なものとなり、全断面にわたる時計回りの大きな渦が背景に存在しているようである。このような二次流構造は間欠的な大規模渦運動の平均された結果であり、粗面上ではかなり不安定な挙動を示していると考えられる。

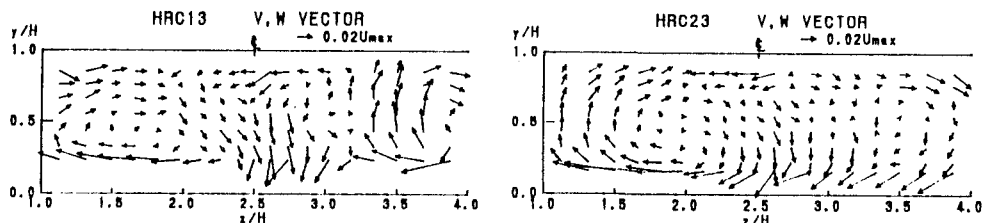


図2 二次流ベクトル

(2)平均主流速の構造 図3にU_{max}で無次元化された主流速コンターを示す。水路中央付近の流速等値線は粗面と滑面の大きな流速差により、Z軸に垂直なせん断層を生じるようなかたちとなっている。L/k=8の方がL/k=4より抵抗が大きいことから³⁾、L/k=8の方がよりせん断が強くなっている。またいずれも二次流による運動量輸送の影響が等値線形状に認められる。

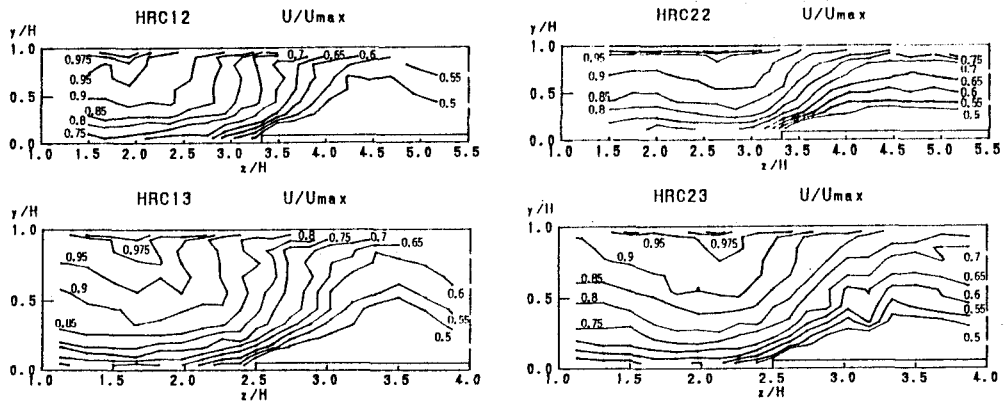


図3 主流速コンター

(3)壁面せん断応力分布 図4に壁面せん断応力 τ の横断分布を示す。今回、対数則を用いて U^* を決定し、 $\tau = \rho U^{*2}$ からせん断応力を求めた。分布は接合部から粗面に向かって狭い範囲で急激に増大することが特徴的である。滑面側ではほぼ一定値をとり、水路中央よりやや粗面側で極大値をとる。これは境界部の下降流の効果と考えられる。またこのピーク値は $L/k=8$ の方が大きくなっている。また粗面側では極大値から徐々に減少し一定値に近づく。

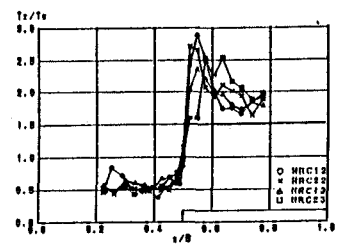


図4 底面せん断応力分布

(4)乱れ特性 図5にレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ 、 $-\overline{uw}$ のコンターを示す。 $-\overline{uv}$ の分布は境界部より少し粗面側の底面で最大値をとり、これは先述のせん断応力のピークに一致している。また粗面上で値の変化が激しいことがわかる。 $-\overline{uw}$ の分布は水路中央付近で負のピークをとり、接合部を中心にほぼ対称に分布している。また水面近傍がより大きな負の値をとっている。

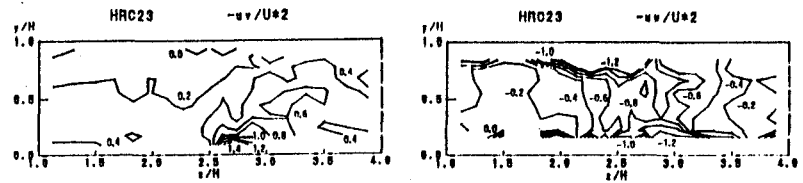


図5 レイノルズ応力コンター

図6に乱れ強度 u' 、 v' 、 w' のコンターを示す。乱れ強度はいずれの成分も粗面上で大きな値をとるが、 $-\overline{uv}$ と同様に境界部より少し粗面側でピークをとる。 w' の分布は滑面側の水面付近で大きな値をとる傾向にありこの付近で激しい横方向の変動があることを示唆している。

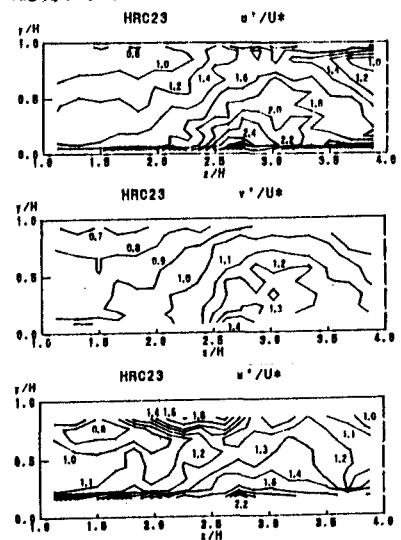


図6 乱れ強度コンター

4. あとがき 粗面と滑面の境界部では、複断面とは逆に下降する二次流が存在することが明らかにされた。今後は横方向の渦動粘性係数等の検討と共に、流れは間欠的に大きく変動していることから可視化と流速信号の解析から大規模渦の構造の解明が必要と考えられる。【参考文献】 1) 富永晃宏、江崎一博、森上秀樹：第33回水理講演会論文集、1989。 2) 富永晃宏、江崎一博、角田吉章：土木学会第45回年次学術講演会、1990。 3) 根岸邦明、富永晃宏、阿部敬幸：土木学会第18回関東支部技術研究発表会、1991。