

開水路流底面の粗・滑による3次元性の相違について

九州工業大学工学部 学生員 ○松岡定和

九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎

九州工業大学大学院 学生員 鬼束幸樹 政徳克志

1. はじめに

実河川における河床は、礫や砂粒子によって構成される粗面であるが、底面粗度の3次元流況に与える影響は不明な点が多い。そこで長方形断面において、全潤辺が滑面の場合と底面が粗面で側壁面が滑面の場合について、流速測定を行い、その結果に基づき比較検討を行った。

2. 実験方法

実験用水路は長さ20.5m, 幅B=60cmの長方形断面をもつ。座標軸は水路入口より流下方向にx軸, 鉛直上向きにy軸, 右岸から左岸に向かってz軸をとった。滑面は $0 \leq x \leq 20.5$ mの全域で側壁がアクリル樹脂製、底面がステンレス鋼製であり、 $x=14.5$ mにおいて横断面内に測定点を 24×22 とった。粗面は $6 \leq x \leq 15$ mの水路床のみに粒径 $d=1.94$ cmのガラスビーズを最密充填し、 $x=13.35$ mにおいて測定点を 23×22 とった。流速測定はX型Hot-film流速計(Kanomax 1241-60W)を2度使用することにより、x, y, z方向の流速値U, V, Wを得た。計測間隔を0.01sec, 計測時間を40.96secとした。測定断面の水利諸量を表-1に示す。

表-1 水利諸量

水路 状態	EXP .NO	水深h (cm)	Ar (=B/h)	流量Q (cc/s)	Umax (cm/s)	Umean (cm/s)	Re	Fr
粗面	R-4	15.0	4.0	22400	37.9	24.9	90500	0.25
滑面	S-4	15.0	4.0	22300	34.0	24.7	109200	0.25

ここに Ar: アスペクト比

Fr: Froud数($=U_{mean}/\sqrt{gR}$)Re: Reynolds数($=4RU_{mean}/\nu$)

R: 径深

Umax: 最大流速

Umean: 平均流速

3. 実験結果及び考察

図-1に粗・滑面における、主流速Uを最大主流速Umaxで無次元化した等流速線図を示す。粗面は滑面に比べ、 $0 \leq y/h \leq 0.2$ で底面粗度の影響を強く受けて、鉛直方向の速度勾配が大きくなっている。また、水路中央において等流速線が底面と平行になる領域が、粗面では幅方向に対して狭くなり、側壁の影響が滑面に比べ広い範囲に及ぶことが分かる。

図-2は粗・滑面の2次流ベクトル図である。滑面の場合、 $z/B=0.2$ を中心とする水面渦が存在し、そのスケールは深さ方向に $h/2$, 幅方向に水深h程度である。一方、半水深以下の2次流は $y/h=0.5$ 程度の位置を水平方向に側壁に向い、その後側壁に沿って下降し、隅角部を経て $y/h \leq 0.1$ で水路中央に向う流れに変わる。このことから、隅角部付近には水平・鉛直とも $h/2$ 程度のスケールをもつ強い底面渦が存在する。ところが、粗面の場合は $y/h \leq 0.1$ において2次流の向きにばらつきが生じ、はっきりとした底面渦は認知できない。これは底面粗度から発生する剥離渦の影響によるものといえよう。半水深より上部では、ほぼ中央付近にまで達する扁平な水面渦が存在し、その水面渦の水路中央部付近での下降流により最大流速点が $y/h=0.85$ 付近まで降下する¹⁾(図-1)。また、最大主流速で無次元化された2次流強度は、滑面が2.8%であるのに対し、粗面では5.9%と約2倍程度の大きさを持ち、滑面よりも粗面の方が水面渦の幅方向スケールが大きく、その強度も強くなることが分かった。

図-3に乱れ強度 u', v' を水路中央底面摩擦速度 U_* で無次元化した分布図を示す。滑面の u'/U_* は、側壁及び底面付近において極大値をとり、最大主流速域に向かって減少する傾向を示す²⁾。一方粗面では、底面より少し上方で最大値をとり水面に向かって減少するが、側壁に近い水面付近では u'/U_* の小さい領域が存在する。これは、側壁が滑面なのにに対し底面が粗面であるため、側壁から発生する乱れが底面に比べ小さいためである。この影響は v'/U_* においてさらに顕著に現れる。つまり、滑面は $0.5 \leq y/h \leq 0.8$ の側壁近傍において最大

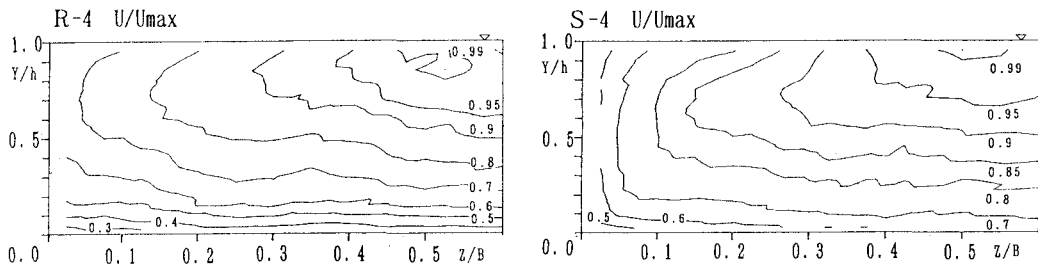


図-1 主流速 U の等流速線図

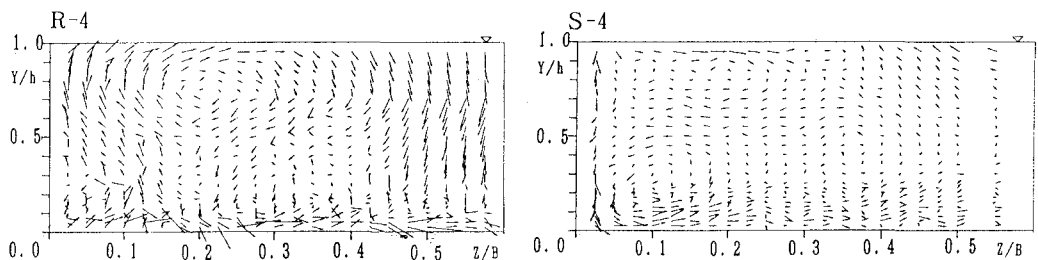


図-2 2次流ベクトル図

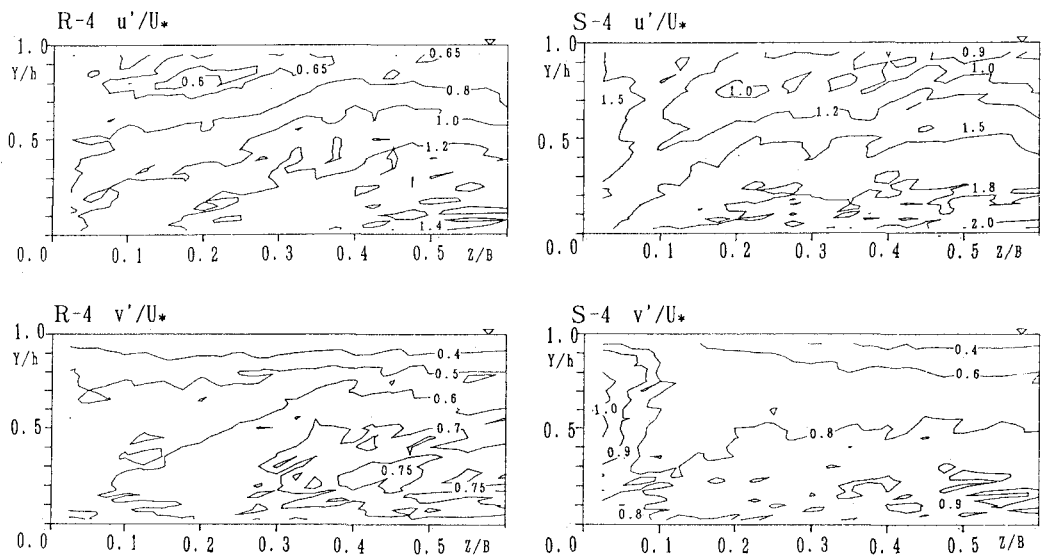


図-3 乱れ強度分布図

値をとるが、粗面の最大値は $0.4 \leq z/B \leq 0.6$, $0.1 \leq y/h \leq 0.4$ の底面近傍で現れ、そこから水表面に向かって減少している。また、粗・滑面ともに $0.15 \leq z/B \leq 0.35$, $y/h = 0.8$ 付近における u'/U_* の極小値の位置は、水面渦(図-2)の中心に対応しており、乱れ強度分布に2次流が作用していることが推察できる。

4. おわりに

以上、開水路流における底面粗度の3次元流況に与える影響を、滑面との比較によって示した。

参考文献 1) 富永・江崎：第29回水理講演会論文集, 1985

2) 福津・中川：京都大学防災研究所年報, 第28号B-2, 1985