

平行工による2次流の生成と流れの制御について

名古屋工業大学 学生員 草野 清
 名古屋工業大学 正 員 富永 晃宏
 名古屋工業大学 久野 誓友

1. まえがき 流れに平行な棧を水路床に設置することで、棧の上で強い上昇流を伴う安定な2次流が形成される^{1), 2)}。今までは縦渦構造と河床形態との関係という観点から棧を等間隔に配置した流れの検討されてきたが、本研究ではこれを河岸近傍の洗掘防止や物質拡散の制御等に積極的に応用する可能性について基礎的な検討を試みたものである。この2次流は乱れに起因するものであり、その強さは高々主流速の数パーセントしか達しない。しかし、この程度の2次流でも浮遊砂輸送にはかなり影響があると考えられる³⁾。

辻本ら⁴⁾による斜め棧による実験ではかなり強いらせん流が誘起されるが、棧が流れに直角に当たる成分を持つため全体の粗度が増大する。平行に置かれる場合には粗度の増大は小さいと期待できる。

2. 実験方法 実験は幅30cm、長さ8mの開水路で行い、棧粗度として斜辺15mm、高さ $k=7.5\text{mm}$ の2等辺三角形断面の棧を用いた。まず、生成される2次流の強さを定量的に把握するための基礎的な実験として、棧を水路中央に1列設置し、水深 h を変化させた実験を行った。2次流の強さに影響する因子としては、棧の形状、水深と棧の高さの比 h/k 、レイノルズ数、底面粗度等が考えられるが、ここでは、 h/k による変化と側壁の2次流との干渉についての結果を報告する。流速はまず差圧変換器に接続したピトー管で平均流速を計測し、次にX型ホトフィルム流速計によって、乱れ成分 (u, v) 、 (u, w) を計測した。また、質量保存による補正を行い2次流速 (V, W) も計測した。

3. 実験結果と考察

(1) 主流速分布 図-1は、水深4cm及び7.5cmのときの平均主流速 U の横断分布である。棧の上に明かな速度欠損領域が形成されている。水深4cmでは $h/k=5.3$ であり、水面近傍まで棧による減速が及んでいる。底面近傍では棧の横で小さなピークをとる。これらは底面の上昇効果だけでは説明できず当然2次流の影響である。水深7.5cmのとき水面に近づくにつれて欠損流速は小さくなり、欠損領域は拡大していく。この欠損流速の最大値 ΔU を断面平均流速 U_m で除した値を y に対して示したのが図-2である。欠損流速は、 h/k の値によらず棧の頂点から水面に向かって直線的に減少し、棧の高さの10倍程度の高さまで達することがわかる。次に、水深7.5cmと15cmというアスペクト比 B/H の小さい側壁の2次流が水路中央まで達するケースについて棧がある場合の主流速コンターを図-3に示す。両者とも最大流速点の下降現象は見られなくなり水面付近に最大流速が現れるようになる。また、棧と側壁の間の底面近傍が加速されるようである。

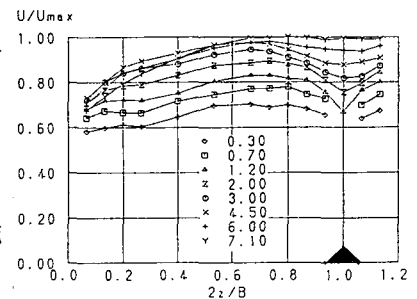
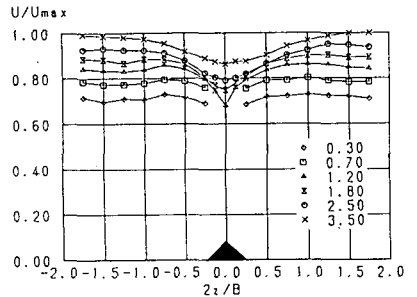


図-1 主流速 U の横断分布

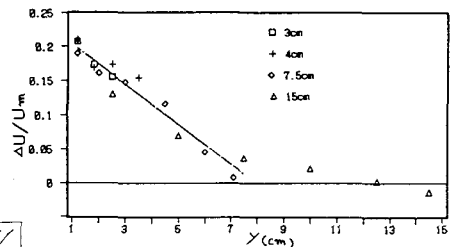


図-2 欠損流速の高さ方向変化

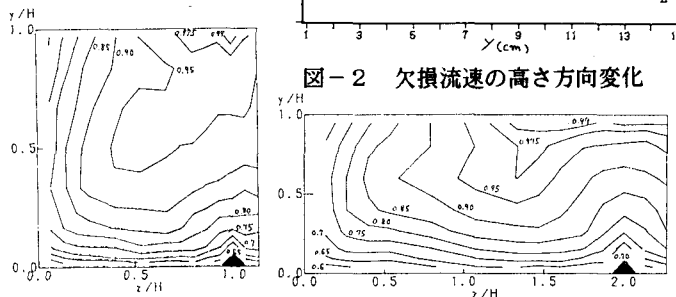


図-3 主流速コンター

(2)底面せん断応力分布 主流速の鉛直分布はいずれも対数則に良好に従い、これから底面せん断応力 τ_b が評価された。

棧の頂部ではせん断応力は定義されないが、便宜的に頂点を底面として求めた。図-4(a)は水深3cmと4cmの場合の底面せん断応力分布、(b)、(c)は水深7.5cmと15cmの場合の棧が無い場合との比較図である。(a)の $h/k=4$ と5.3の場合は、若干非対称な傾向があるもののほぼ一致している。棧は τ_b の局所的な減少を引き起こし、その横に τ_b の増大領域をもたらす。限界掃流力に近い流れでは棧のごく近傍は堆積傾向で、その両側が洗掘傾向となることが予想される。棧が無い場合との比較では棧によるせん断応力の減少は、棧と側壁の中間領域の増大と相殺されるがピーク値の大きさを変えるには至らない。

(3)2次流の構造 ホットフィルム流速計によって2次流を定量的に正確に把握することは困難であるため、構造の概形とオーダーについてのみ議論する。図-6は水深7.5cmの鉛直方向流速 V のコンターである。棧上では最大主流速 U_{max} の1~2%の大きさである。棧のすぐ横には棧上の上昇流の大きさに匹敵する大きな下降流が存在する。また、棧より約 $h/2$ 側壁側では下降流が認められる。

(4)乱れへの影響 棧の乱れへの影響を見るために、乱れ強度 w' 、レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ 、 $-\overline{uw}$ のコンターを図-7に示す。すでに明らかになっているように、棧上で上昇流の影響を受けて乱れ強度は増大する。レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ も棧上で増大するが、これらはある程度底面から離れたところでの増大が顕著である。 $-\overline{uw}$ は棧上の鉛直線上がほぼゼロとなり左側で負のピーク、右側で正のピークをとる。この絶対値の大きさは、側壁近傍の値に匹敵する。

4. あとがき 現段階ではまだ従来の縦筋の研究の成果を確認した形であるが、今後さらに棧の大きさ及び形状を種々変化させ、その影響の定量的な評価を行いたい。また、拡散に及ぼす効果として濃度分布に関する実験や移動床での実験を行い、水工学的応用面について検討したい。

<参考文献>

- 1)中川、橋津、冨永：第26回水理講演会論文集、1982、
- 2)中川、橋津、冨永、若井：第27回水理講演会論文集、1983、
- 3)辻本、宮垣、森田：水工学論文集、第36巻、1992、
- 4)冨永、江崎：第32回水理講演会論文集、1988

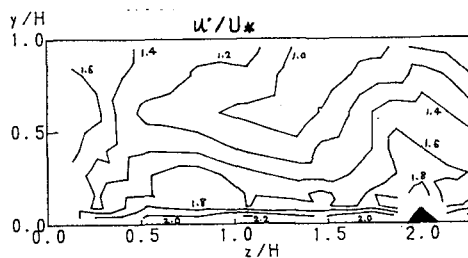


図-6 棧の乱れ構造に及ぼす影響

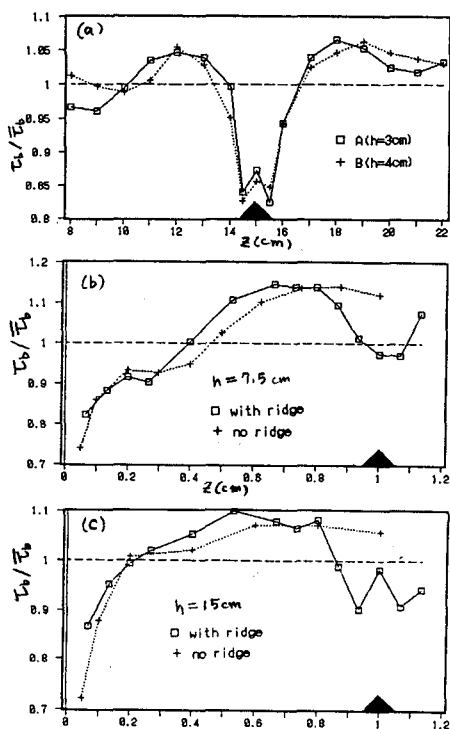


図-4 底面せん断応力分布

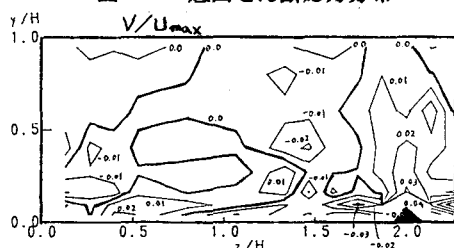


図-5 鉛直方向流速 V のコンター

