

斜めに配置された棧粗度上の流れ

金沢大学工学部 正 員 辻本哲郎
金沢大学大学院 学生員 宮垣圭吾
金沢大学工学部 ○学生員 森田優子

1. まえがき

最近、都市内に残された水辺空間が重要視されつつあるが、これらの中にはコンクリート矩形断面の流路を流れるだけのものが多く、またゴミや浮遊物が多いどぶ川のような河川もみられる。特に洪水時に流量調整が可能なものについては、親水機能を確保するため構造的工夫を凝らすのが望ましいと考える。例えば浮遊物除去や流雪溝としての機能の他、レクリエーションなど積極的な親水機能も考えられる。そのためには流れを制御する技術が必要で、ここでは棧粗度を斜めに配置することにより螺旋流を生じさせ、底面と水面付近で逆向きの横断方向流、側壁付近で上昇流、下降流を産み出す工夫をして、その効果を調べた。

2. 実験の概要

実験は、浅野川水系金浦用水（金沢市）のコンクリート矩形断面直線区間（幅1.5m、直線部約30m）において行った。一辺6cmの正方形断面のモルタル製角材を水路に図1のように斜めに設置した。流速測定は、小型電磁流速計（KENEKVM201）を用いて、流下方向（x）、鉛直方向（y）、横断方向（z）成分を計測した。流速計の出力は20Hzでデジタルレコーダに1024個記録され、平均流速（ u, v, w ）、乱れ強度（ $u'_{rms}, v'_{rms}, w'_{rms}$ ）、Reynolds応力（ $-\overline{u'v'}, -\overline{v'w'}$ ）などが計算された。流速測定は図2に示す各点で行った。実験条件は表1（k：棧高さ、s：棧間隔、h：水深）のようである。

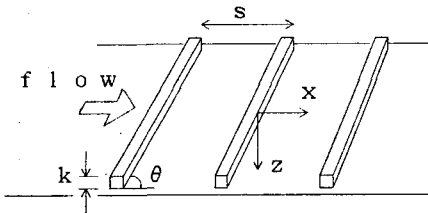


図1 棧概略図

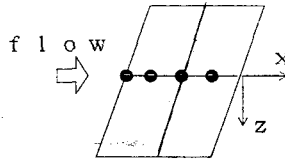


図2 測点

表1 実験条件表

	k(cm)	s(cm)	θ (degree)	h(cm)
S1	6.0	110	70	38.0
S2	6.0	110	60	38.0

3. 実験結果

水路中心軸に沿った主流流速分布（図3）は、棧頂部で路床の局所形状に影響されているが、概ね流下方向に均質な場が保たれていることが分かる。Reynolds応力（ $-\overline{u'v'}$ ）分布（図4）は、三角形分布よりややせった分布（これを凹型分布と呼ぶことにする）になっている。このような、歪んだ三角形分布から図のようにして $y=0$ への外挿値を求め、これより摩擦速度 u_* を評価した。ここで、 $u_{*1}^2/u_{*2}^2 = \tan 70^\circ / \tan 60^\circ$ であることを考慮した。この u_* を用いて無次元化された流下方向流速分布（図5）を示す。図中の曲線は、Reynolds応力（ $-\overline{u'v'}$ ）の三角形分布と一定の渦動粘性係数を仮定して求められた理論分布で次式で書かれる。

$$\frac{u}{u_*} = \frac{\eta}{\varepsilon_{xy}} \left(1 - \frac{\eta}{2} \right) + \sqrt{\frac{2}{C_D \sin \theta}} \frac{s}{k}$$

ただし、 $\eta = y/h$ 、 $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{xy}/(u_* h)$ と無次元化しており、 ε_{xy} は主流方向運動量の鉛直方向の乱流拡散係数である。また抗力係数 C_D は1.5とした。棧角度をきつくした場合（ θ を 90° より小さくする）、底面付近で流速が増し水面付近で流速が減じて理論曲線からのずれは大きくなっていく。すなわちReynolds応力分布が凹型に歪むほど、流速分布が一様分布に近づく。

水路中心軸に沿った横断方向流速分布（図6）も流下方向の変化は顕著でない。また水面と底面近傍で符号は逆転しており流下方向に均質な螺旋流構造があることを示している。Reynolds応力（ $-\overline{v'w'}$ ）分布（図7）

は、三角形分布よりはらんだ分布（これを凸型分布と呼ぶことにする）になっている。この歪んだ三角形分布から図のようにして $y=0$ への外挿値を求め、これより摩擦速度 w_* を評価した。ここで、 $w_*^2 = u_*^2 \cot \theta$ である。この w_* を用いて無次元化された横断方向流速分布（図8）を示す。図中の曲線は、やはりReynolds応力 $(-\overline{v'w'})$ の三角形分布と一定の渦動粘性係数を仮定して求められる次の理論分布を示す。

$$\frac{w}{w_*} = \frac{\eta}{\varepsilon_{zy}} \left(1 - \frac{\eta}{2}\right) - \frac{1}{3\varepsilon_{zy}}$$

Reynolds応力分布が凸型の時、流速分布の傾きは上式で与えられるものより大きくなる傾向がある。

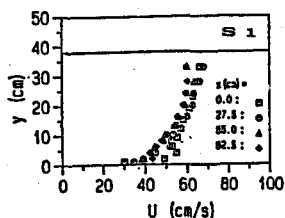


図3 主流流速分布

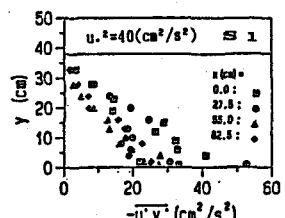


図4 Reynolds $(-\overline{u'v'})$ 応力分布

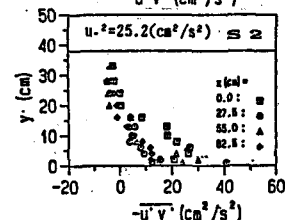


図5 無次元化された
流下方向流速分布

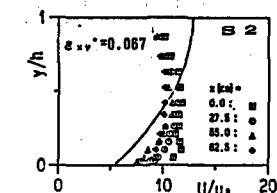
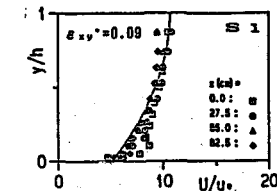


図6 横断方向流速分布

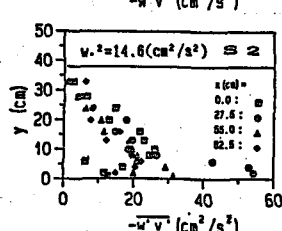
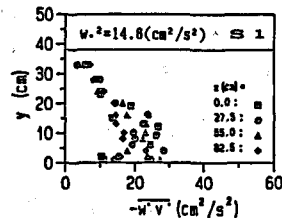


図7 Reynolds応力 $(-\overline{w'v'})$ 分布

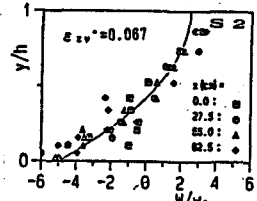
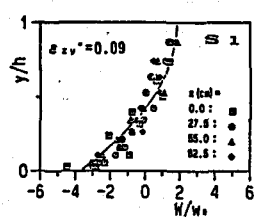


図8 無次元化された
横断方向流速分布

4. あとがき

実際の用水に斜めに配置された棧粗度が螺旋流を生み出し、底面と水面付近で横断方向流が生じることが確認された。また θ が 90° からずれる度合の小さいときは簡単な解析で流速分布が表現できるが、 θ が小さくなって螺旋流が強くなるとこれよりはずれてくる。ずれは単に渦動粘性係数の増減として現われるのではなく、Reynolds応力分布の歪みとして表れる。今後、このずれについても解析を進め、このような流れの制御が生活の場に近い河川の質の向上に生かされるよう努めたい。