

壁面粗度を有する開水路流の流況

九州工業大学工学部 学生員 ○ 石母田大四郎、千住 司朗
同 上 正 員 秋山 壽一郎、浦 勝

1. はじめに

近年、多自然型河川工法の一貫として水制やワンドが多くの河川に設置されている。また、河道内浄化法のひとつとして、礫やセラミックを詰めた棧粗度を中小河川の両岸に設置し、水質の浄化を図るような試みも検討されている。本研究は、多数個設置された水制やワンド、水質浄化を目的とした棧粗度を統一的に壁面粗度要素として取扱い、その水理機能を明らかにすることを目的としたものである。ここでは、その第1段階として、直線水路内に多数個設置された棧粗度要素まわりの局所流の特性について検討した。

2. 実験

実験装置は、全長 20.5m、幅 0.5m 可変勾配水路の両岸に水深より十分に高い棧粗度(長さ $l=5.5\text{cm}$ 、幅 $b=5.0\text{cm}$)を間隔 $c=0.5\text{m}$ で水路全体にわたって左右対象に設置したものである。実験は等流状態で行った。なお、流量 Q は $4000\text{cm}^3/\text{s}$ 、水路勾配は $1/1333$ である。なお、水深 H は、1 区間内における水深差が最大で 0.5mm 程度であったので、 5cm の一定値とした。

流速測定は X 型 Hot-film 流速計 (KANOMAX 社製) を用い、プローブを 90° 回転させて同一測定点で 2 回計測することで、流速 u 、 v 、 w の 3 成分の測定を行った。測定点は、図 1 に示す各横断面 (c-e'、f-f'、g-g'、h-h'、i-i') において、水深方向へ 17 点、横断方向へ 21 点の合計 357 点である。サンプリング間隔、サンプリング時間はそれぞれ 0.01 秒、40.96 秒である。

3. 実験結果

図 2 は流下方向の主流速 u と Reynolds 応力 $\overline{\rho u'w'}$ の分布を示したものである。側壁 (a-a' 断面) 近くでは流速が小さくほぼ死水域となっていること、水路中央 (d-d' 断面) では流速はほぼ対数則に Reynolds 応力はほぼ直線分布に従うこと、また、その中間 (c-c' 断面) では水表面近くで流速が低下することなどがわかる。

図 3 は横断方向 (e-e' 断面、f-f' 断面、g-g' 断面) の流速 v と Reynolds 応力 $\overline{\rho u'v'}$ の分布を示したものである。水路中央で流速はほぼ零であり、側壁近傍では水表面と底面近くで側壁から離れる流れ、半水深付近で側壁に向かう流れがあることがわかる。

図 4 は水深平均流速 V のベクトル図であり、e-e' 断面で流速が一様化されており、壁面近くでは壁面方向へ向かう流速成分があることがわかる。

図 5 は摩擦速度 u_* の分布図である。水路の側壁と粗度要素の近くを除き、主流速と Reynolds 応力の分布は、等流状態の分布にほぼ従うことが確認された。そこで、主流速分布 u に対数則を適用して求めた摩擦速度 u_{*L} と Reynolds 応力分布より得られた u_{*R} を平均したものを u_* とした。当然ながら、 u_{*L} と u_{*R} の相対誤差は壁面に近づくにつれて大きくなるが、その大きさは $2.6\sim 10\%$ 程度であった。

図 6 は図 4 と 5 より得られる流速係数 $\phi (=V/u_*)$ のコンター図である。同図より得られた平均の ϕ_m 値は約 17.5 であり、水路全体にマニングの式を適用し得られた ϕ_M 値は水路幅 $2B=0.5\text{m}$ (粗度の無い断面) で 9.14、 0.39m (粗度のある断面) で 12.0 であった。流速係数の比 ϕ_M/ϕ_m より、粗度のある場合の流水に及ぼす抵抗は無い場合の $1.46\sim 1.90$ 倍程度であると思われる。

4. 結論

今後、より幅広い条件下での水理特性の把握、抵抗特性、有効水路幅などについて検討していきたいと考えている。

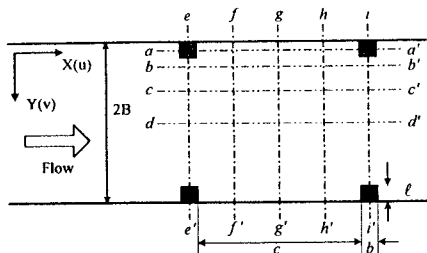
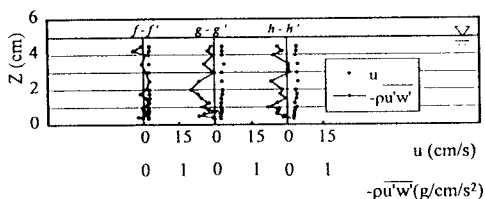
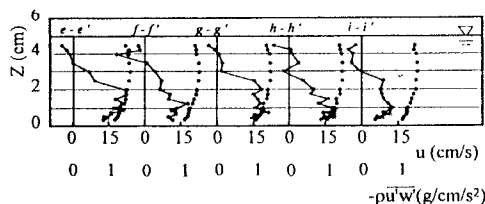


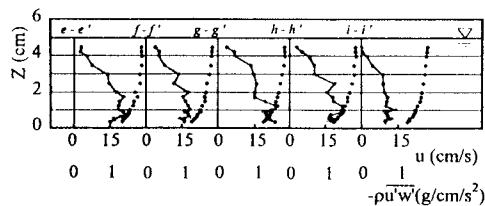
図1.定義図



(a) a - a' 断面

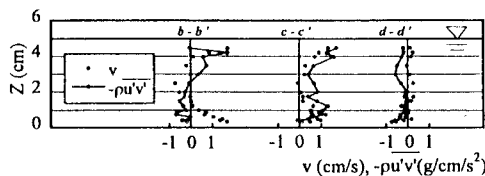


(b) c - c' 断面

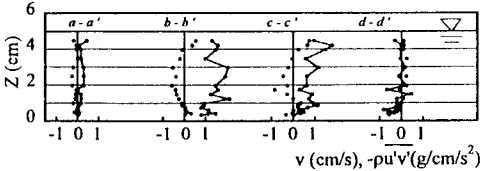


(c) d - d' 断面

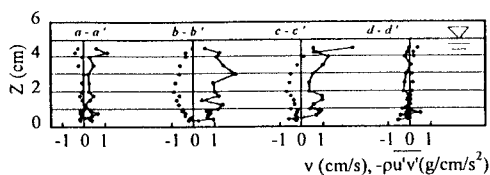
図2.流下方向の主流速 u と Reynolds 応力 $\overline{\rho u'w'}$ の分布



(a) e - e' 断面



(b) f - f' 断面



(c) g - g' 断面

図3.横断方向の流速 v と Reynolds 応力 $\overline{\rho u'v'}$ の分布

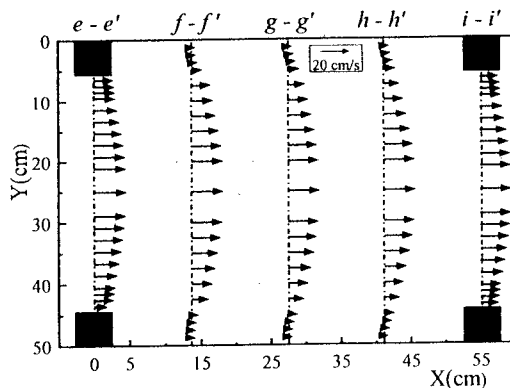


図4.水深平均流速 V のベクトル図

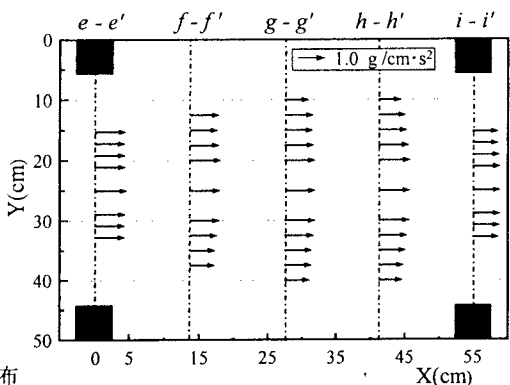


図5.摩擦速度 u_* の分布図

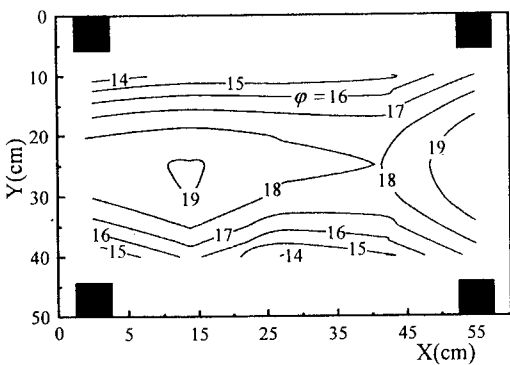


図6.流速係数 ϕ のコンター図