

神戸大学工学部 正員 藤田一郎

神戸大学工学部 正員 篁 源亮

1. まえがき

本研究は、河床形態と流れとの関係を明らかにするための基礎研究の一つである。ここでは、流れの横断方向に底面粗度を変化させた場合の境界層流れに関して実験上、理論上から検討を行なった。

2. 実験装置、及び方法

実験には、長さ5.15m、幅15cmの開水路を用いた。底面粗度には直径3mmの塩ビ棒を用い、流れ方向に対して底面の左右で異なる粗度となるように粗度指数 $a = S/k$ (塩ビ棒の間隔/塩ビ棒の直径)を変えて取り付けした。粗度は、水路底面の流れ方向の中心線を境に、一方の面の粗度指数を $a=10$ 、他方の面における値を $a=2.5$ となるようにした。(図-1)粗度は、開水路上流端から3mの位置より約1mの区間に取り付けた。測定は図-1に示す8本の測定線(A₁~D₂)上で底面中

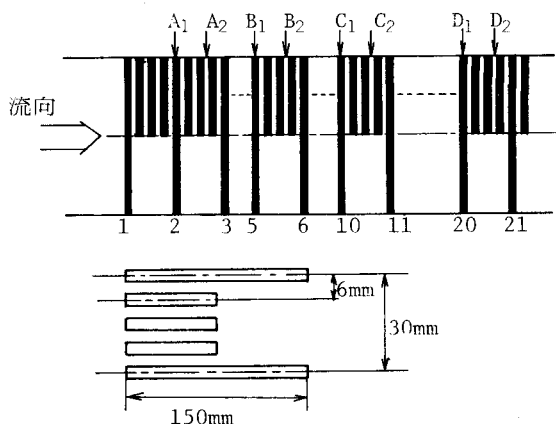


図-1 粗度の配列及び測定線

心線から両側に5mmの間隔で行なった。測定水深は、水路底面より4mmと6mm、即ち、塩ビ棒の上端を連ねた面より1mmと3mmの2通りとした。断面平均流速は41.5cm/secである。測定には、熱線流速計を使用し、今回の実験では、基本的な流れの状態を把握するために、一応、平均流速のみを測定対象とした。

3. クロッコの式を用いた理論計算

水路中心線付近における同一水深の横断方向の平均流速分布は、図-2の上図に示すごとく、滑面上から粗面上に向かって平均流速が減衰する流れであると考えられる。この流れの領域(混合領域)における流速分布は、図-2の下図に示すように、異なる流速 U_1, U_2 をもつ平行した流れがその境界で混合した場合に生じるFree shear flowの平均流速の分布と相似したものであると考えられる。従って、ここでは、この流れに横断方向の平均流速分布を次に示すクロッコの式から求めた。クロッコの式は、境界層流れの運動の式を座標変換したものである。¹⁾

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho^2 \epsilon u / \tau) + \frac{\partial^2 \tau}{\partial u^2} = 0$$

流速分布はさらにこの式を積分した次式を用いて計算した。

$$F(u_*) = (1 - u_*) \int_0^{u_*} 2u_* \left[\frac{1 + \lambda(2u_* - 1)}{F(u_*)} \right] du_* \\ + u_* \int_{u_*}^1 2(1 - u_*) \left[\frac{1 + \lambda(2u_* - 1)}{F(u_*)} \right] du_*$$

但し、

$$F(u_*) = \frac{\tau}{\rho \sigma \kappa c (U_1 - U_2)^2}$$

$$u_* = (u - U_2) / (U_1 - U_2) \quad , \quad \lambda = (U_1 - U_2) / (U_1 + U_2)$$

また、

$$\eta = \sigma y / x$$

$$\eta(u_*, u_{0*}) = \int_{u_{0*}}^{u_*} \frac{1}{F(u_*)} du_*$$

であり、これは

おける u_* の値で、渦動粘性係数 ϵ は、プラントルの仮説より

$$\epsilon = \kappa b \cdot (U_1 - U_2)$$

但し、 κ は常数、 b は領域幅、 $b = cx$ 、 c は常数でゲル

トラーのパラメーター σ との間には $4 \lambda \kappa c \sigma^2 = 1$ なる関係が存在する。

4. 考察、並びに結論

上に示した積分方程式から得られた平均流速分布並びに、実験結果を図-3に示す。この図には、以前、風どう実験で行なった結果もあわせて示している。但し、この風どうの実験は粗度として砂粒を使用しており、底面の左右で異なる粗度となるように粒径の異なる砂が用いられている。この図によると実測値と理論値は必ずしも一致しておらず、実測値の分布形は、粗度の境界面から低流速側にずれた形となっている。この一つの原因は、基礎方程式において主流に垂直な方向の渦動粘性係数を一定と仮定していたためと考えられる。

実験の結果を詳細に検討すると流れの横断方向の流速分布は図-3に示すように上側の一様流が erfc 形となって下側の一様流に移行するのでなく、極端に言えば、一様流が一度ゆるいS字分布をした後、混合域の erfc 分布となりS字分布を経て、一様流に移行する。このことについては、実験、理論上より検討中であるが、いずれにしても河床形態と流れとの関係を明らかにする上で興味深い結果である。今後、さらに詳細な実験が必要と考えられる。

参考文献

- 1) Mills, R. D. : Numerical and Experimental Investigations of the shear layer between two parallel streams, JFM, vol.33, 1968
- 2) 荻、佐伯：粗さの異なる面の境界線に沿った流れについて、第23回年次学術講演概要集, 1968

から求められる。また、 u_{0*} は $\eta=0$ に

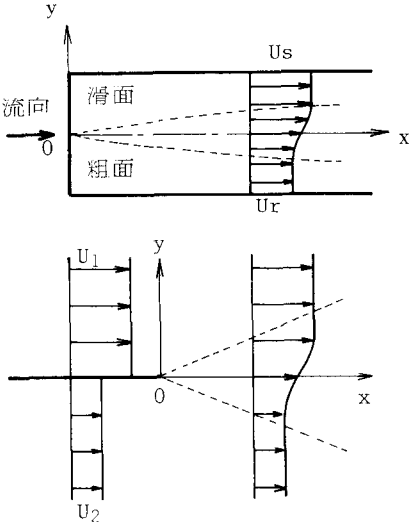


図-2 粗さの異なる二平面上及び流速の異なる自由せん断流による混合領域発達の模式図

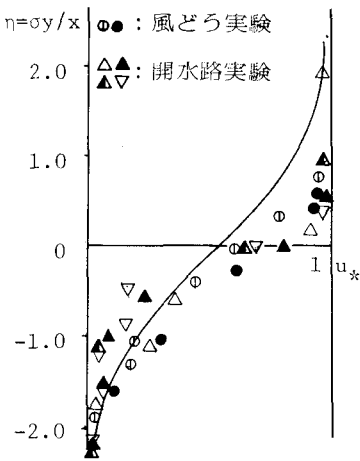


図-3 無次元平均流速分布

σ : Görtler's rate-of-spread parameter