

# 用水路内部境界層について

山口大学 正 坂井隆文  
日本道路 〃 金子容治  
山口大学 〃 斎藤 隆

著者は主流部の渦動粘性係数をパラメータとして含み、Prandtl-Kármánの対数分布と特別な場合として包含する壁面噴流境界層の速度分布則を導いた。内部境界層も壁面噴流と同様に境界層外側の乱れの影響を受けていると考えるのが自然である。用水路内部境界層におけるReynolds 数力な渦動粘性係数の分布を壁面噴流と同様にして検討した結果について報告する。

図-1は流れの概要と本文で用いる主要記号の説明である。

実験した速度分布を対数紙上にプロットしたものが図-2である。内部境界層の定義と表わしているが、速度分布の折角と境界層外縁とする。図より主流部の流れは上流の勾配と同じで、流速はわずかながら加速されている。また、内部境界層内はほぼ同じ勾配となっている。

図-3は速度分布と表面流速と水深で無次元化してプロットしたものである。流速距離によって変ってきて速成の相似則は成立していない。

通常の境界層近似と適用した非圧縮性二次元定常流の運動方程式に連続の式を代入すると次式となる。

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \left( \int_0^y \frac{\partial u}{\partial x} dy \right) + \frac{\partial \bar{u}^2}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

速度分布は図-2, 3から明らかに、速成の相似則は成立しないが、その変化は小さいので、流れ方向の変化と実験した各断面の速度分布を用いることと近似することにして、次の分布関数を導入する。

$$\frac{u}{u_s} = f(\eta), \quad \frac{\bar{u}^2}{u_s^2} = g(\eta), \quad \eta = \frac{y}{\delta} \quad (2)$$

図-1

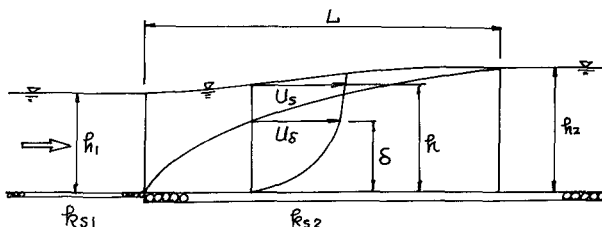


図-2

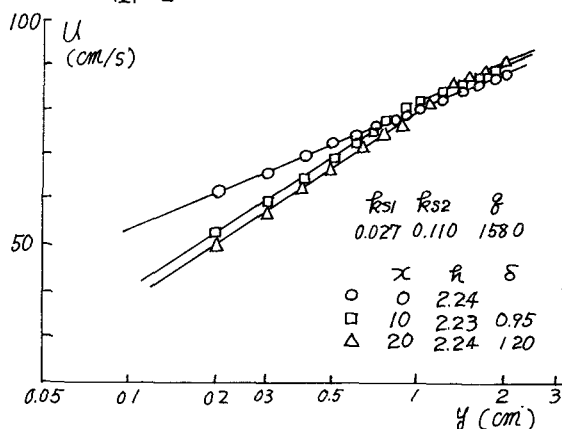
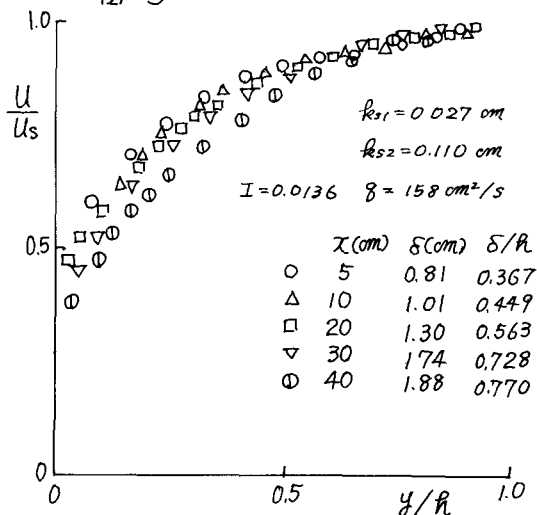


図-3



式(1)の右辺の粘性項は壁面の近く近傍を除けば無視できるので、これを無視して式(2)を代入し、 $\eta=1$ で  
 $\eta=0$ であるので、 $\eta$ から1まで積分すると次式となる。

$$\frac{\tau}{\mu u_s} = -g(\eta) = -\left(\frac{dh}{dx} + 2\frac{h}{u_s} \frac{du_s}{dx}\right) \int_{\eta}^1 f^2 d\eta - \left(\frac{dh}{dx} + \frac{h}{u_s} \frac{du_s}{dx}\right) \left\{ f \int_{\eta}^1 f d\eta - \int_{\eta}^1 f d\eta \right\} \quad (3)$$

$$\frac{\tau_0}{\mu u_s} = -g(0) = -\left(\frac{dh}{dx} + 2\frac{h}{u_s} \frac{du_s}{dx}\right) \int_0^1 f^2 d\eta + \left(\frac{dh}{dx} + \frac{h}{u_s} \frac{du_s}{dx}\right) \int_0^1 f d\eta \quad (4)$$

滑動粘性係数は  $\varepsilon = (\tau/\rho) / (du/dy)$  なら、

$$\frac{\varepsilon}{u_s h} = -\frac{g(\eta)}{f(\eta)} \quad (5)$$

となる。

図-4は各断面で実測した速度分布を  $f(\eta)$  とし、式(3)、(4)、(5)を計算した結果である。Reynolds数、滑動粘性係数のいずれも内部境界層内と外とで違ふ分布をここに、境界層外縁の若干本側で連続している。注目されるのは、内部境界層の発達に伴って滑動粘性係数の無次元値  $\varepsilon/u_s h$  が小さくなり、その後再び大きくなり、二次曲線分布に近くなることになり、Reynolds数の分布は下流になるほど直線分布となること。

図-5は下流側の流れ成分の測定結果から求めたReynolds数の分布である。図-4の表現と若干違っているが、Reynolds数の分布は定性的によく似ている。

式(5)から、滑動粘性係数はその点の速度勾配によって大きく左右されるので、定量的な評価はより詳細な測定で、より多くの測定結果によるなければならないが、内部境界層内・外の滑動粘性係数の分布が流路距離によって変化していることは明らかで、速度分布則は流れの相互干渉を考慮しなければならない。

以上、内部境界層の発達領域におけるReynolds数の分布から滑動粘性係数の分布について若干の検討を行なったことがあるが、平均流速の測定精度を考慮して射流流れでの測定は行なわず、むしろ実験結果を多少なりとも完全にばらばらとせざるを得ないが、境界層の発達に伴って境界層外の流れが加速されて流れが小さくなることも流れ速度の測定から明らかとなつた。今後、より広範囲の検討を行ない、流れ構造の面から検討していこうと考えている。

図-4

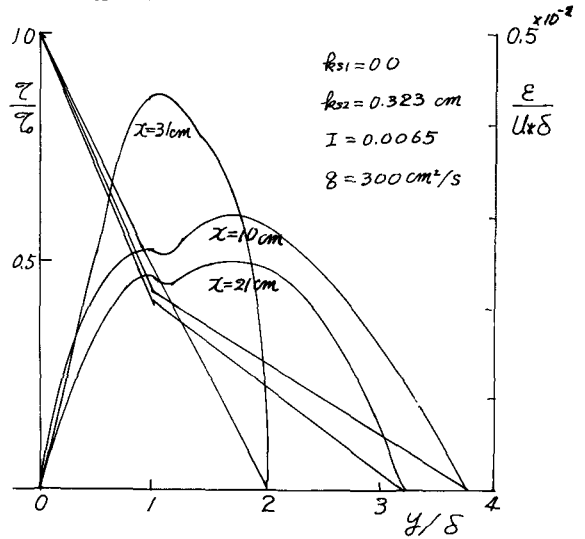


図-5

