

九大 正員 栗谷陽一
九大 学生員 ○金子 新
九大 学生員 荻 照夫

1. まえがき

矩形沈殿池に於いて、流入水と貯留水の密度差によつて、整流壁付近で発生する密度流に關して一連の報告を行つてきた。整流壁面に沿つて重力噴流が発生するわけであるが、今回は、この整流壁面に沿う摩擦抵抗に關して定量的評価を加えた。

2. 固体壁面に沿う摩擦抵抗(混合距離理論の拡張)

沈殿池流入部の整流壁を、理想的に抵抗の十分大きな透過壁と考え、流れは、一様流速で壁より滲出するものとする。壁面噴流に對するこの滲出の影響を検討するために、準備として、滲出のない普通の壁面噴流の境界層について、モデルを設定しておく。固体壁面に沿う流れに關しては、粘性底層に對しては直線分布、乱流境界層に對しては許数則が列々に与えられている。ここでは、乱れエネルギー式を適用して、連続的な速度分布の解析解を推定してみる。乱れエネルギー式は、乱流拡散、圧力および粘性の仕事による乱れエネルギーの輸送を省略し、平均流による generation と、分子粘性および渦動粘性による dissipation で平衡を保っていると考え、

$$0 = \kappa y w \left(\frac{dU}{dy} \right)^2 - (\beta \cdot V + \kappa y w) \cdot \left(\frac{w}{\kappa y} \right)^2 \quad (1)$$

また、運動量保存則より

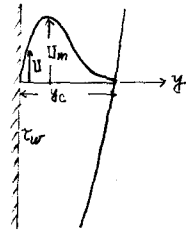
$$0 = (V + \kappa y w) \frac{dU}{dy} - U w^2 \quad (2)$$

を得る。

ただし、 U : 平均流速 κ : オルマン常数

w : y 方向の変動流速 β : constant

$U_{\tau w} = \sqrt{\tau_w / \rho}$ (τ_w : 壁面摩擦力)



次の如く関係諸量を無次元化する。

$$\bar{\eta} = \frac{\kappa U}{U_{\tau w}}, \quad \Psi = \frac{\kappa y w}{V}, \quad \eta = \frac{\kappa y U_{\tau w}}{V} \quad (3)$$

(3)を(1), (2)に代入し整理すれば

$$\eta^2 = \Psi (\beta + \Psi) (1 + \Psi)^2 \quad (4)$$

$$\frac{d\Psi}{d\eta} = \frac{1}{1 + \Psi} \quad (5)$$

を得る。この結果は、 $\beta=40$ とする時、

N. Kuradse の円管内流れの流速分布の

実験値に最も接近する。

したが、こゝでは $\beta=40$ を用いる。

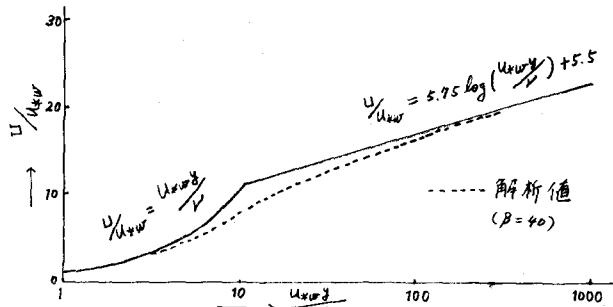


図-1 $\Psi/U_{\tau w} \sim \eta/U_{\tau w}$ 曲線

3. 流出のある壁流壁面に沿う摩擦抵抗

壁面から流入のある場合、乱れエネルギー輸送項を省略することはさらに危険であろうが、ここでは流入のない場合の拡張として乱れエネルギー輸送を省略しても、壁面抵抗に関しては、ある程度の推測を行なうことができる。

乱れエネルギー式および運動量保存則はそれぞれ (6) (7) で与えられる。

$$v_0 \frac{d}{dy} \left(\frac{1}{2} \alpha w^2 \right) = \kappa \gamma w \left(\frac{dU}{dy} \right)^2 - (\beta \nu + \kappa \gamma w) \left(\frac{w}{\kappa \gamma} \right)^2$$

$$v_0 U = (\nu + \kappa \gamma w) \frac{dU}{dy} - U_{xew}^2 \quad (7)$$

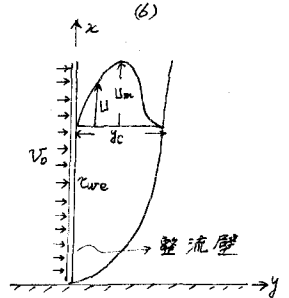
ただし、 U_{xew} : 流入のある場合の壁面上の摩擦速度

v_0 : 流出流速 ($= \sqrt{\tau_{we}/\rho}$)

α, β : constant

次の如く関係諸量を無次元化する。

$$\Phi = \frac{U}{U_{xew}}, \quad \Psi = \frac{w}{U_{xew}}, \quad \eta = \frac{U_{xew} y}{\nu}, \quad \lambda = \frac{v_0}{U_{xew}} \quad (8)$$



(8) を (6), (7) に代入すれば

$$\alpha \lambda \frac{d\Psi}{d\eta} = \kappa \eta \left(\frac{d\Phi}{d\eta} \right)^2 - (\beta + \kappa \eta \Psi) \frac{\Psi}{\kappa^2 \eta^2} \quad (9)$$

$$\lambda \cdot \Phi = (1 + \kappa \eta \Psi) \frac{d\Phi}{d\eta} - 1 \quad (10)$$

を得る。ここで、 α は、Laufer⁽⁹⁾ による測定結果より 14.0 とし、また $\beta = 4.0$ とする。(9), (10) を λ をパラメータとして数値解析し、 Φ, Ψ を決定する。

つぎに、壁面からある距離 η に於ける摩擦速度を $U_{\eta e}(\eta)$ とすれば (11) 式より

$$v_0 U = U_{\eta e}(\eta)^2 - U_{xew}^2$$

となり、これを簡単にすれば

$$\left[\frac{U_{\eta e}(\eta)}{U_{xew}} \right]^2 = 1 + \lambda \cdot \Phi(\eta) = G(\eta) \quad (11)$$

を得る。図-2 に $G(\eta) = \left[\frac{U_{\eta e}(\eta)}{U_{xew}} \right]^2$ と、 $\eta = \frac{U_{xew} y}{\nu}$ の関係を与える。

流入の影響は、 η の小さい区画 ($\alpha \eta < \eta_d$) に限られ、それより外側の区画 ($\eta > \eta_d$) では、摩擦速度に於いても流入のない場合と一致すると考えられる。即ち、 $U_{\eta e}(\eta_d) = U_{xew}$ となる。この時 (11) 式は

$$\frac{U_{xew}}{U_{xew}} = \frac{1}{\sqrt{G(\eta_d)}} \quad (12)$$

となる。新たに、 $\lambda_1 = \frac{v_0}{U_{xew}} = \frac{\lambda}{\sqrt{G(\eta_d)}}$ とした時、表-1 より λ_1 の増加と共に $\frac{U_{xew}}{U_{xew}}$ は急速に減少することとが判った。

参考文献:

1) 昭和48年 西部友部研究発表論文集

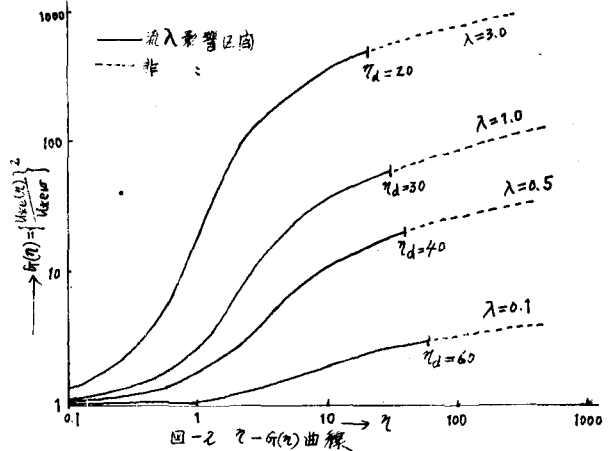
2) 第28回土木学会講演概要集 (1973) (15) P365

3) Schlichting "Boundary Layer Theory" McGraw-Hill

1968 (5th Ed.) P565

4) Townsend "The Structure of Turbulent Shear Flow"

1956, P204



$\lambda_1 = \frac{v_0}{U_{xew}}$	0	0.057	0.109	0.128	0.140
$\frac{U_{xew}}{U_{xew}}$	1	0.575	0.218	0.128	0.047

表-1