

九大 正員 栗谷陽一

九大 正員 ○金子 新

1. まえがき

沈殿池の流況をより厳密に把握するため、流入水と貯留水の密度差により整流壁通過直後に発生する密度流に関して報告を行ってきたが、今回は、実験結果より理論解析を多少補正し、整流壁面よりの滲出により固体壁に沿う流れに比して顕著に減少する Karman 定数及び密度界面よりの Entrainment について報告を行う¹⁾²⁾。

2. 理論解析

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へ、流れは、一様流速 U_0 で壁より滲出するものとする。流入水に淡水、貯留水に塩水をモデルとして用い、整流壁面に沿って上昇する流れを二次元の沿面 plume とみなして解析を行う。また、滲出のある壁面上の摩擦抵抗は滲出により急減することを確かめているので省略する³⁾。

図-1 に示す如く座標軸をとり、 x 及び y 方向の流速をそれぞれ u , v とする。 $U \gg V$, $\frac{\partial}{\partial y} \gg \frac{\partial}{\partial x}$ と考へ、混合距離を $l = Ky$ とすれば、定常状態における二次元運動量保存則、連続の式及び質量欠損保存則はそれぞれ次式で与えられる。

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \varepsilon g + \frac{\partial}{\partial y} (K^2 y^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| \frac{\partial u}{\partial y}) \quad (1)$$

$$P = P_b - \rho_s g y \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} (K^2 y^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}) \quad (4)$$

ただし、 $\varepsilon = (\rho_s - \rho) / \rho_w$ K : Karman 定数 g : 重力加速度

P_b : bottom における圧力 ρ_s : 塩水密度 ρ_w : 淡水密度

流速及び質量欠損の分布形は、図-1 に示す如く x 方向に遷移するので、Jet 及び u plume におけるような分布形の Similarity は存在しない。ここでは、3 個のパラメータ $U_m(x)$, $y_1(x)$, $y_2(x)$ を用いて、分布形を次の様に関連数で仮定する。

流速分布: $0 < y < y_1(x) \quad U_1(x, y) = U_m(x) \sin \frac{\pi y}{2 y_1(x)}$

$$y_1(x) < y < y_1(x) + y_2(x) \quad U_2(x, y) = \frac{U_m(x)}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi \{y - y_1(x)\}}{y_2(x)} \right] \quad (5)$$

質量欠損分布: $0 < y < y_1(x) \quad \varepsilon_1(x, y) = \frac{\varepsilon_0}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi y}{2 y_1(x)} \right]$

$$y_1(x) < y < y_1(x) + y_2(x) \quad \varepsilon_2(x, y) = \frac{\varepsilon_0}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi \{y_1 - y_1(x) + y_2(x)\}}{2 y_2(x)} \right]$$

ただし、 $\varepsilon_0 = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$

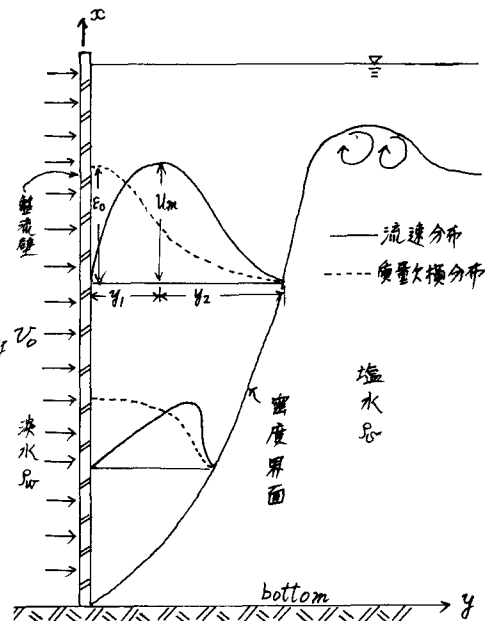


図-1 Model

(5)式を, (1)式, (1)式の両辺に u を乗じたもの及び(6)式に代入し(2)式を用いて y に関して $0 \sim y_1 + y_2$ まで積分すれば, それぞれ次のような u_m, y_1, y_2 に関する常微分方程式に変換される。

$$(y_1 + \frac{3}{2}y_2)u_m \frac{du_m}{dx} + \frac{1}{2}(\frac{dy_1}{dx} + \frac{3}{2}\frac{dy_2}{dx})u_m^2 = \frac{\epsilon_0 g}{2} \left\{ (1 + \frac{2}{\pi})y_1 + (1 - \frac{2}{\pi})y_2 \right\} \quad (6)$$

$$(\frac{2}{\pi}y_1 + \frac{15}{32}y_2)u_m \frac{du_m}{dx} + \frac{1}{3}(\frac{2}{\pi}\frac{dy_1}{dx} + \frac{15}{32}\frac{dy_2}{dx})u_m^2 = \left\{ \frac{3}{2\pi}y_1 + \frac{1}{2}(1 - \frac{2}{3\pi})y_2 \right\} \epsilon_0 g - \kappa^2 u_m^2 \left\{ \frac{\pi^2}{4} - \frac{50}{27} + \frac{\pi^2}{6y_2} y_1(y_1 + y_2) \right\} \quad (7)$$

$$\left\{ \frac{3}{2\pi}y_1 + (\frac{1}{2} - \frac{1}{3\pi})y_2 \right\} u_m = 2\sigma \cdot x \quad (8)$$

(6), (7), (8)式を数値解析した結果と, 先に報告した完全流体としたときの解¹⁾及び実験結果²⁾を図-2, 図-3に与える。これより, 壁面より流出のある場合, Karman定数 κ は固体壁に沿う流れと比して極端に減少し, 実験範囲内では $\kappa < 0.2$ なる値を示している。

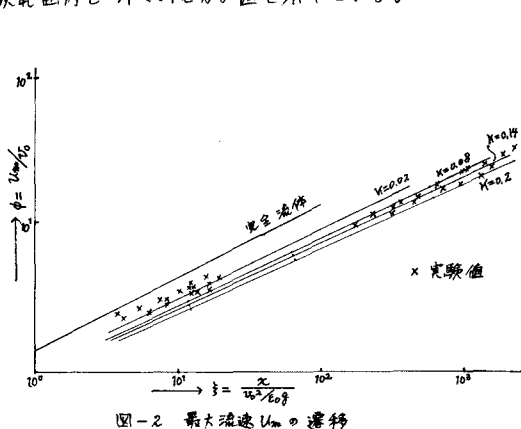


図-2 最大流速 u_m の遷移

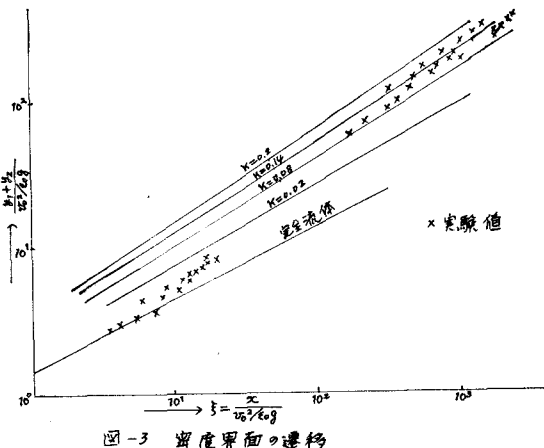


図-3 境界面の遷移

3. Entrainment Coefficient の算定

連続の式(3)を y に関して $0 \sim y_1 + y_2$ まで積分し Entrainment Coefficient E を使用すれば次式を得る。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\int_0^{y_1+y_2} u dy \right) = E \cdot \frac{1}{y_1+y_2} \int_0^{y_1+y_2} u dy + 2\sigma \quad (9)$$

(9)式に分布形(5)を代入し E を求めれば

$$E = \frac{y_1 + y_2}{(\frac{2}{\pi}y_1 + \frac{1}{2}y_2)} \left\{ \left(\frac{2}{\pi}y_1 + \frac{1}{2}y_2 \right) \frac{du_m}{dx} + \frac{2}{\pi}u_m \frac{dy_1}{dx} + \frac{1}{2}u_m \frac{dy_2}{dx} - 2\sigma \right\} \quad (10)$$

となる。

(6), (7), (8)式の数値解析の結果を(10)に代入すれば κ をパラメータとして E を算定できる。図-4にこの結果を与える。

Entrainment Coefficient E は, $\xi = \frac{x}{u_0^2 / \epsilon_0 g}$ が増加するとともに減少し, 橋, 小松, 木寺等の鉛直70°-ムと与えた値 $E \approx 0.1$ ⁵⁾に漸近している。

参考文献:

- 1) 栗谷, 金子 西部支部論文集 昭和47年
- 2) 栗谷, 金子 第28回(昭48)年次講演会概要集 P367
- 3) 栗谷, 金子, 菅 西部支部論文集 昭和48年 P195
- 4) 金子新 九州大学修士論文 昭和49年3月
- 5) 橋, 小松, 木寺 第28回(昭48)年次講演会概要集 P357

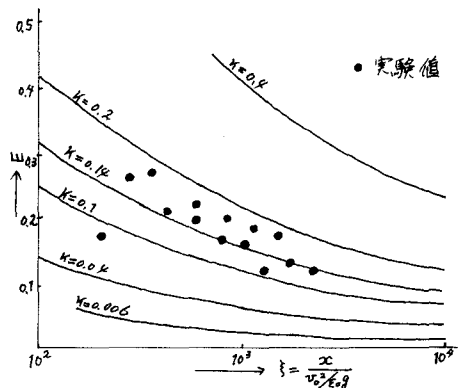


図-4 Entrainment Coefficient