

II-402 横流式沈殿池における濁度密度流の解析(I)

九州工業大学 工学部 学生員 ○田中 孝

九州工業大学 工学部 正会員 藤崎 一裕

1. まえがき

本研究は、沈殿池内の濁度密度流について調べることを目的とした。矩形沈殿池の入り口から一様濃度、一様流速で流入した懸濁粒子が移流、乱流拡散と沈降の作用で下方に移動していく様子を検討した。乱れのモデルとして $k-\varepsilon$ モデルを用い、いくつかの具体的な場合に対して数値解にもとづき現象の特徴を考察した。

2. 基礎式

流下方向に x 、水路底から鉛直方向に y と座標軸をとると、この場合の基礎式が以下のように与えられる。

$$\frac{\partial(U\phi)}{\partial x} + \frac{\partial(V\phi)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\Gamma_\phi}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\Gamma_\phi}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + S_\phi \quad (1)$$

表1 基礎式

	物理量 ϕ	拡散係数 Γ_ϕ	生成項 S_ϕ
連続の式	1	0	0
x 方向運動方程式	U	μ_e	$-\frac{\partial p}{\partial x}$
y 方向運動方程式	V	μ_e	$-\frac{\partial p}{\partial y} + \Delta \rho g c$
乱れエネルギー輸送方程式	k	$\frac{\mu_e}{\sigma_k}$	$\frac{1}{\rho} \left(G - \rho \varepsilon + \Delta \rho g \frac{\mu_t}{\sigma_t} \frac{\partial c}{\partial y} \right)$
乱れ散逸輸送方程式	ε	$\frac{\mu_e}{\sigma_\varepsilon}$	$\frac{1}{\rho} \left[\frac{\varepsilon}{k} \left(C_1 G - C_2 \rho \varepsilon + C_1 (1 - C_{3\varepsilon}) \Delta \rho g \frac{\mu_t}{\sigma_t} \frac{\partial c}{\partial y} \right) \right]$
粒子の保存式	c	$\frac{\mu_t}{\sigma_t}$	$-\frac{\partial}{\partial y} (W_0 c)$

$$\mu_e = \mu + \mu_t, \quad \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad G = \mu_t \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 \right\}$$

(1)式の物理量 Φ 、拡散係数 Γ_ϕ 、生成項 S_ϕ に表1の値を代入してそれぞれの式を得る。ここで、UおよびVはそれぞれx、y方向の流速、 W_0 は静水中での粒子沈降速度、pは圧力、 ρ は流体の密度、 $\Delta \rho$ は粒子の密度と流体の密度の差、cは池内における粒子濃度である。またモデル定数については常用値を用いた。

3. 考察

図1には、粒子沈降速度を変化させたときの境界層厚の発達状況を示している。図中の U_* は摩擦速度である。また、横軸の X/L は流下方向無次元距離で、 L は理想沈殿池(完全流体)のときの水面に流入した粒子の到達距離 $L = U_0 \cdot H / W_0$ (U_0 は流入一様流速、 H は沈殿池流入口の水深)である。縦軸の δ/H は境界層厚 δ を H で無次元化したものである。これらの図を比較すると W_0/U_* が小さいほど境界層の発達が進行している様

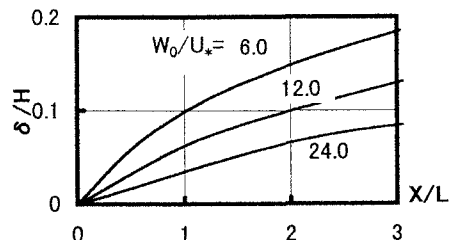


図1 境界層

キーワード：横流式沈殿池、濁度密度流、 $k-\varepsilon$ モデル

連絡先：〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL(093)884-3000 FAX(093)884-3100

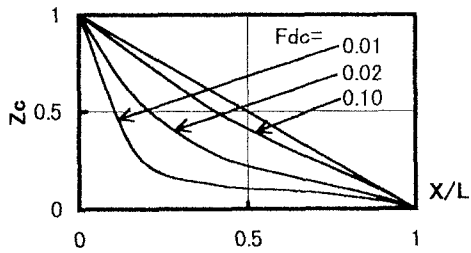


図2 界面高さ

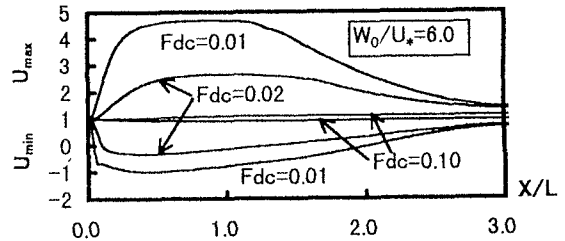
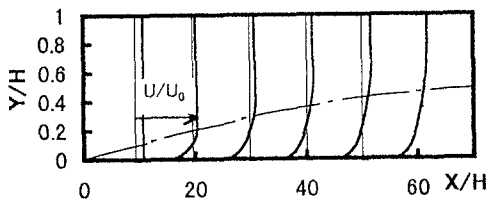
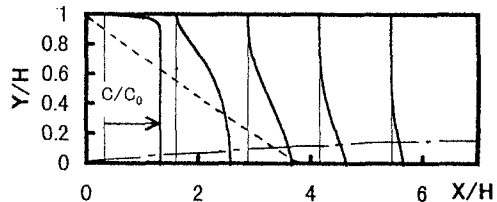


図3 最大・最少流速

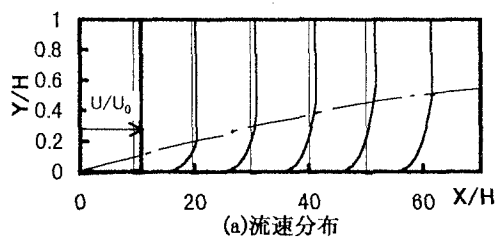


(a)流速分布

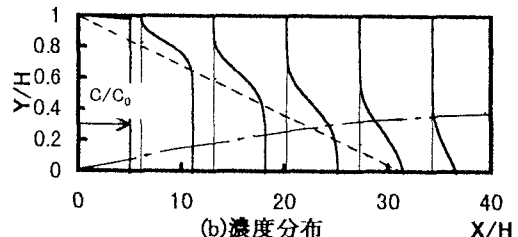


(b)濃度分布

図4 解析結果 ($U_0/U_* = 21.3$, $F_{dc} = 0.07$, $W_0/U_* = 6.0$, $L/H = 3.6$)



(a)流速分布



(b)濃度分布

図5 解析結果 ($U_0/U_* = 21.3$, $F_{dc} = 0.07$, $W_0/U_* = 0.6$, $L/H = 33.3$)

子が確認できる。しかし、いずれの場合も粒子沈降がほぼ終了するまでの距離($X/L=1$)における境界層厚は全水深に比べて小さく、図1の場合は最高でも水深の1割程度である。したがって池内の現象の大部分は一樣流中での現象であることがわかる。

図2には、流下方向の界面高さ($C=0.5$ の位置)の変化の結果を、図3には密度流の最大流速と最小流速の発達の結果を示している。これらの図によると、界面の低下が著しいところで密度流の発達が著しく、 F_{dc} が小さいところで密度流が発生しやすいことがわかる。また、粒子の沈降が $X/L=1.0$ でほぼ終了することを考えると沈降終了後も密度流の影響がかなり下流まで残っている様子が確認できる。

次に流下距離が現象に及ぼす影響に着目して調べた結果を図4,5に示している。図4は相対的に沈降速度が速い場合の結果、図5は遅い場合の結果である。図中の一点鎖線は境界層厚を、破線は界面高さを表わしている。(a)の流速分布については、密度差に基づく底面近傍での加速は、底面摩擦と相殺してほとんど生じていない。(b)の濃度分布については、図4では X/H が小さい段階で粒子がある程度除去されていることが確認できる。よってこの場合、粒子は移流や乱流拡散の作用よりも沈降の作用に支配されていると考えられる。図5では X/H が小さい段階では乱流拡散の影響が小さいために鉛直方向の混合は抑えられているが $X/L=1.0$ に近いところ(破線が横軸と交わるところ)では乱流拡散の影響を受けて混合が促進されている様子が確認できる。よってこの場合、粒子は沈降の作用に加えて、移流や乱流拡散の影響をより強く受けていると考えられる。

[参考文献] 藤崎・田中：横流式沈殿池における濁度密度流、水工学論文集、pp.547～552、1998