

消化汚泥の濃縮沈降について

九州工業大学 正 員 〇朝位孝二

九州工業大学 正 員 藤崎一裕

九州共立大学 正 員 栗谷陽一

1. はじめに 沈降濃縮は固液分離のための重要な単位操作であり、理論的取扱も多く研究者によってなされてきた。しかしながら、多くの理論的研究は鉱物系の汚泥を対象にしており、生物系の汚泥は楠田ら¹⁾が活性汚泥を用いたものがあるがあまり多くはないようである。本研究では生物系の汚泥としてガス発生のない消化汚泥を用いて回分沈降試験を行い、その結果と理論式との適合性を調べた。

2. 濃縮沈降の基礎式 凝集物の濃縮沈降に関する式はいくつか提案されているが、ここでは凝集体の沈降現象に関して提案されている式²⁾に従って解析を行うことにする。基礎式は以下に示す通りである。また図-1は座標系を示している。

$$\frac{\partial p_x}{\partial t} = -\frac{\rho_s (1-\varepsilon)^2}{d\varepsilon/dp_s} \frac{\partial}{\partial \omega} \left(\frac{K}{\mu} (1-\varepsilon) \rho_s \frac{\partial p_x}{\partial \omega} \right) \quad \dots (1)$$

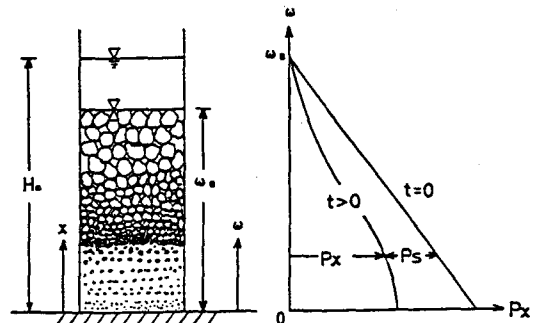


図-1 座標系

ここで、 t は時間、 p_x は過剰間隙水圧、 ρ_s は固体の密度、 ε は空隙率、 K は透水係数、 p_s は有効応力、 μ は液体の粘性係数である。また ω は質量座標であり次式で定義される。

$$\omega = \int_0^x (1-\varepsilon) \rho_s dx \quad (2)$$

空隙率と有効応力の間には次式が成立すると仮定する。

$$\varepsilon = a (p_s + p_{s0})^{-b} \quad (3)$$

ここで、 a 、 b は実験から求められる定数であり、 p_{s0} は $p_s=0$ のとき初期空隙率となるように定められる定数である。

透水係数はKozeny-Carmanの式と類似の式を仮定して次のように表す。

$$K = \kappa \varepsilon^3 / (1-\varepsilon)^2 \quad (4)$$

ここで、 κ は定数である。

境界条件は沈降管底面 ($\omega=0$) で $\partial p_x / \partial \omega = 0$ 、界面で ($\omega=\omega_s$) $p_x=0$ を与える。また初期条件としては p_x に汚泥の懸濁を考慮した過剰間隙水圧分布を与える。以上のように基礎式の(1)式は非線形の圧密方程式であり、パラメータ a 、 b 、 p_{s0} および透水係数 K によって特徴づけられている。

3. 実験結果ならびに数値計算による検討 内径7cmのアクリル樹脂製円筒を用いて回分沈降試験を行った。使用した汚泥は北九州市日明下水処理場における消化汚泥(初期濃度は重量濃度で約2%、固形分の比重は約

1.517)である。初高 H_0 ($H_0=99.2\text{cm}, 41.2\text{cm}, 20.7\text{cm}, 7.7\text{cm}$)を変えて試験を行った結果が図-3、4の実線である。

(3) 式のパラメータを決定するためには有効応力と空隙率の関係が必要である。沈降開始時と終了時の界面の高さの関係をを用いて得られた有効応力と空隙率の関係を図-2に示す。この結果から次のような値が得られた。

$a = 1.0823\text{cm sec}^2/\text{g}$ 、 $b = -0.0311$ 、 $p_{se} = 19.37\text{g}/(\text{cm sec}^2)$

この値を用いて最終沈降高さを計算したところ実験値との相違がみられたので最終沈降高さが合うようにパラメータ a の値をトライアルで定めた。最終的に次のような値を得た。

$a = 1.2934\text{cm sec}^2/\text{g}$ 、 $b = -0.0311$ 、 $p_{se} = 6029.910\text{g}/(\text{cm sec}^2)$

これらの値と(1)式および(3)式を用いて沈降濃縮過程を数値計算によってシュミレートした。DuFort-Frankelのスキームで差分化し陽的に数値解を求めた。図-3、4の点線が数値解である。

図-3は(4)式の定数 κ をパラメータとして初高が99.2cmの実験曲線に合うように κ を定めた。他の初高の場合の計算も同じ κ の値を用いた。図-4は初高が42.1cmの実験曲線に合うように κ を定めたものである。

4. 考察 実験では沈降当初に長期の凝集期間があり、圧密沈降の開始にかなりの時間遅れがある。一方数値解は直ちに圧密が開始するので実験曲線と数値解のずれはやむえないが透水係数にその歪を負わせればある程度現象を再現しているようである。しかしながら、一つの実験曲線に合うようにパラメータを決定しても他の実験曲線を再現できていない。これは(3)、(4)式に原因があると思われる。とくに透水係数を空隙率だけの関数としているところに無理があると考えられる。今後は透水係数に他のパラメータを考慮して解析を進めていく予定である。

5. 参考文献

- 1) 楠田・綿引・久保田・粟谷：汚泥の沈降濃縮に関する研究，下水道協会誌，Vol.23, No.262, pp23~32
- 2) 粟谷・藤崎：凝集物の圧縮沈降過程に関する一検討，粉体工学会誌，Vol.16, No.11, pp15~24, 1979

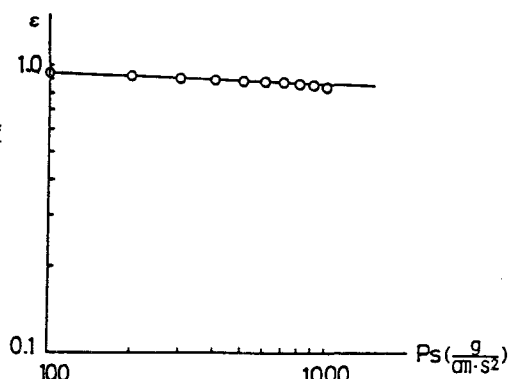


図-2 空隙率と有効応力の関係

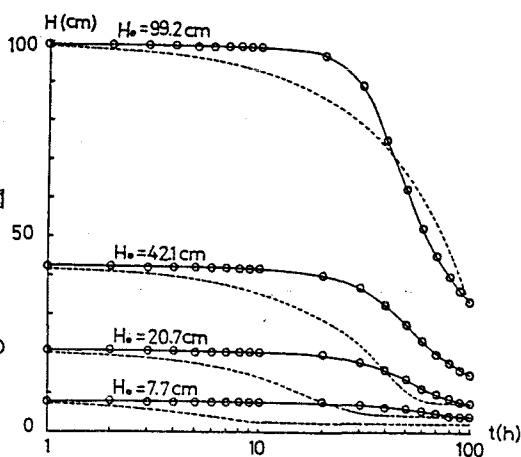


図-3 沈降濃縮過程

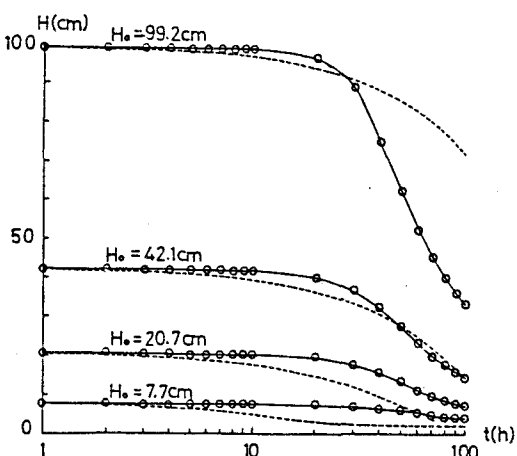


図-4 沈降濃縮過程