

下水汚泥の遠心濃縮

九州工大 工学部 正員 藤崎一裕
九州工大 工学部 学生員 ○内田志恵

1. はじめに

下水汚泥を遠心力を用いて濃縮する方法は広く用いられているが、その濃縮のメカニズムについてはまだ十分には調べられていない。そこで、本報では遠心濃縮のメカニズム解明の第一段階として、小型遠心器を用いて、基礎的な検討を行った。

2. 実験装置及び方法

実験用小型遠心器（図1-a）の沈降管に汚泥を入れ、時間の進行に伴う濃縮過程を調べた。試料として、北九州市日明浄水センターより採取した濃縮余剰汚泥を用いた。実験は、沈降管に直接汚泥を投入して遠心沈降させる方法（図1-b）と、沈降管内に図1-cの様にろ紙、ろ布、 $\phi 17$ mm用のろ布をセットして遠心脱水する方法の2通りについて行った。

3. 実験結果

3.1 遠心沈降実験

図2に遠心沈降過程を示す。縦軸のHは図1-bに示す沈降界面の高さである。プロットした点が実測値で時間の経過に伴う沈降界面の低下の様子を表している（実線については後述）。この場合、初期水分率0.96の汚泥38.5gが、回転数4000rpm（約1600G）沈降時間30分で水分率0.94に濃縮されている。

3.2 遠心脱水実験

図3に遠心脱水過程を示す。図1-cで示す容器に汚泥試料を5g入れて3000rpm（約900G）で回転させたときの脱水液量Qの増加の様子を図中にプロットしている。この場合、初期水分率0.96の汚泥が0.87にまで濃縮された。

4. 濃縮過程のシミュレーション

4.1 基礎式

遠心濃縮の過程をシミュレーションするために以下の式を用いた。

$$\frac{\partial P_x}{\partial t} = -\frac{\rho_s(1-\epsilon)^2}{d\epsilon/dP_s} \frac{\partial}{\partial w} \left(\frac{K}{\mu} (1-\epsilon) \rho_s \frac{\partial P_x}{\partial w} \right) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} I.C. \quad P_x &= \int_x^H \rho g' (1-\epsilon) (\rho_s/\rho - 1) dx \\ g' &= r\omega^2, \quad \omega = 2\pi f \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

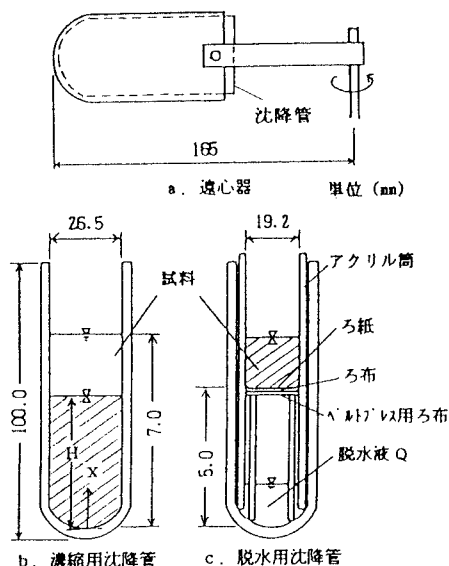


図1. 遠心器及び沈降管

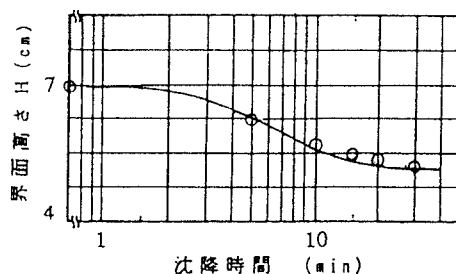


図2. 遠心沈降過程

$$K = \frac{1}{S_v^2} \frac{1}{k} \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2}, \quad k = 5.0 \quad (3)$$

$$w = \int_0^x (1-\varepsilon) \rho_s dx \quad (4)$$

(1)式は過剰間隙水圧 P_s の遠心沈降の進行に伴う減少を表す式で、 ε は空隙率、 t は時間、 P_s は有効応力、 ρ_s は汚泥粒子密度、 μ は水の粘性係数、 f は回転数である。 K は透水係数で、(3)式のようにKozeny-Carmanの式を仮定した((3)式中 S_v は汚泥構成粒子の比表面積である)。(1)式では、沈降管の底部からの距離座標 x の代わりに、底部から x まで積分された汚泥の質量座標 w ((4)式)を用いて式が簡略化されている。このときの底部の境界条件は、遠心濃縮の場合ろ液の $\text{flux}=0$ 、遠心脱水の場合過剰間隙水圧 $=0$ を用いた。

4.2 汚泥の圧縮、脱水性の評価

上の4.1での解析で現象に影響する要因は、汚泥の空隙率と透水係数の関係と、有効応力と空隙率の関係との2つである。前者には、前述のように(3)式を仮定するととして、後者は次のようにして実験により求めた。

図4に示すようなセル内に汚泥を入れて空気圧により加圧し、脱水終了時の有効応力 P_s と空隙率 ε との関係を求めた。本実験の場合、空気圧を0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 kgf/cm^2 に設定して実験を行った。この実験の結果を図5に示している。ここで用いた試料については、以下の実験式を得た。

$$1-\varepsilon = 0.21 P_s^{0.12} \quad (5)$$

(5)式を(1)式に代入して、数値解を求めた結果を図2, 3中の実線で示している。これらの図によると、計算値は実験値を比較的良好に再現している。今後は、(2)式で r を一定としている点や、(3)式の汚泥の透水性に関する式などについて、さらに検討を進めるとともに、熱処理や凝集剤の添加が遠心濃縮効果に及ぼす影響等について調べる予定である。

おわりに、本研究の実験に協力された九州工業大学技術補佐員中村祐弥氏に感謝する。

5. 参考文献

- 1) 藤崎他、第31回環境フォーラム講演集、1994、pp.43-45
- 2) 藤崎・内田、土木学会第50回年講演集II-618、1995、pp.1236-1237

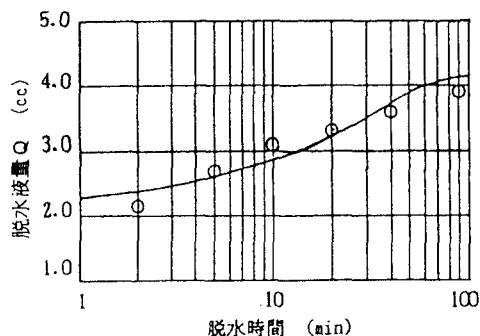


図3. 遠心脱水過程

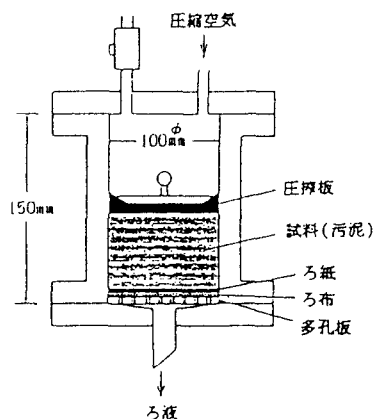


図4. 加圧ろ過容器

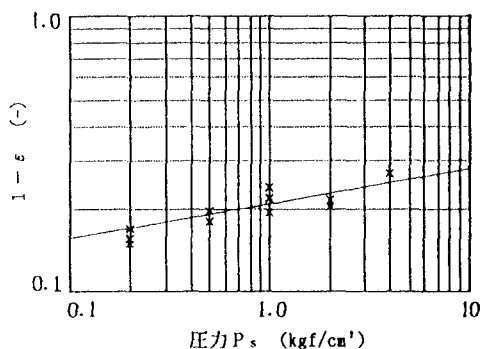


図5. $1-\varepsilon$ と P_s との関係