

活性汚泥の圧縮沈降 (I)

九州大学工学部 学生員 ○解引 綾一郎

熊本県 正員 久保田 修

九州大学工学部 正員 菊田 哲也

九州大学工学部 正員 栗谷 陽一

1. まえがき 汚泥処理プロセスにおいて、濃縮は種々の操作の前処理として行われる。このため、濃縮の影響は、後続の処理プロセスに影響を及ぼし、濃縮度の低下は汚泥処理プロセス全体の負担増加となる。濃縮には、一般に重力濃縮法が採用されているが、近年、汚泥の有機物含有量が増加し、それに伴ない濃縮度が低下している。機械濃縮による濃縮度の向上という方法もあるが、省エネルギーの観点からは重力濃縮法の採用が望まれる。そのために、圧縮沈降の機構の解明は極めて今日的な課題であり、検討の価値が多いと考えられる。

本研究は、昨年に引き続き活性汚泥の圧縮沈降実験を行い、データの集積に務めた。また実験開始時のSVIと透水係数及び固体分率の関係について検討を加えた。

2. 圧縮沈降の基礎式 圧縮沈降の基礎式を固相(汚泥の固体部分)と液相(汚泥の液体部分)とに分けると次に述べる仮定のもとに以下になる。(i)汚泥の性状は均一である。(ii)汚泥の固体成分及び液体の圧縮量は無視できる。(iii)汚泥の間隙は、水で完全に飽和されている。(iv)汚泥中の水の排出は、一軸に行われ、そのときのレイノルズ数は固相にとっても液相にとっても十分、1より小さい。(v)汚泥の圧縮も一軸的に行われる。(vi)汚泥中の固相と液相間の相対速度は、汚泥全体の移動速度に左右されない。(vii)沈降容器に基づく壁効果は無視できる。

○連続の式

$$\text{汚泥固相: } \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} - \frac{\partial V_s}{\partial z} = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$\text{汚泥液相: } \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial V_s}{\partial z} = 0 \quad \text{--- (2)}$$

○運動方程式

$$\text{汚泥固相: } \frac{\partial P_s}{\partial z} - \left[\frac{\mu}{k} (V_s - \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} V_s) \right] + (1-\varepsilon)(s_s - s_e)g = 0 \quad \text{--- (3)}$$

$$\text{汚泥液相: } \frac{\partial P_s}{\partial z} + \left[\frac{\mu}{k} (V_s - \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} V_s) \right] = 0 \quad \text{--- (4)}$$

ただし、 z 軸は鉛直方向を正とし、 P_s :沈降した汚泥内の有効応力、 V_s :沈降した汚泥内の過剰間隙水圧、 k :透水係数、 μ :汚泥液相の分子粘性係数、 ε :空隙率、 V_s :汚泥液相の体積フラックス、 V_s :汚泥固相の体積フラックス、 s_s :汚泥液相の密度、 s_e :汚泥固相の密度である。

3. 実験装置及び方法 実験装置

は、図-1に示す内径2.5cm(断面積363cm²)、高さ3m(総容量109L)のアクリル樹脂製である。この沈降筒には、過剰間隙水圧測定用の管(8mmφ)が圧力変換器(共和電業PG-104C)を通して接続されている。実験試料は福岡中東部下水道

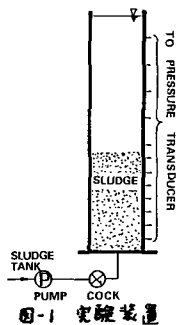


図-1 実験装置

理場の返送汚泥(5000~6000mg/L)を用いた。採取してきた汚泥に、ガス発生による汚泥浮上を防ぐ目的で100%のトリクロロ酢酸(TCA)をMLSSに対して10%を加えた。この汚泥を沈降筒に入れ実験を開始する。界面の等速沈降が終了する前後にその沈降筒の内部に外部から磁力により固定されていたマーカー(直径3mmφの円形の発光スチロールに幅約3mmのブルキ板を差つけたもの)の磁力を取り除き、汚泥固相とともに沈降させる。これらのマーカーの位置と水圧を経時的に測定する。圧縮沈降終了後、汚泥を数cm単位の層として取出し、各層の乾燥質量と乾燥密度及び湿潤密度を求めた。固体分率は二種類の方法で求めた。第一は、採取した各層の汚泥の乾燥質量から求めたもの(以下1-εとすること)であり、第二は同じ汚泥を湿潤状態と40mlのトリクロロ酢酸に3000rpmで20分かけて(約1360g)分離した濃縮汚泥の体積より算出したもの(以下1-ε'とすること)である。回転時間は3000rpmのときこれ以上回転時間を延ばしても汚泥の固相体積がほとんど変化しないことから求めた。

4. 実験結果と考察 各実験

表-1 汚泥の性状

Run No.	SS (mg/l)	SVI	γ (ton/m ³)	lg-Loss (%)	Height (cm)	Observation Period (hour)
1	4500	16.5	1.63	—	197.5	24
2	4700	19.0	1.62	—	198.2	24
3	5000	23.5	1.77	18.0	236.0	48
4	4800	245.0	1.73	63.9	255.8	48
5	5800	141.5	1.80	—	233.0	24
6	5355	141.6	1.56	77.5	196.0	24

で用いた試料の性状を表-1に示す。図-2に透水係数と湿潤状態の空隙率の関係を示す。前

報²⁾では湿潤状態の空隙率 ε' を用いたとき、透水係数が $\varepsilon'^3/(1-\varepsilon')^2$ の関数として一般的に決定された。本報でも各実験結果は、両対数紙上に直線に乗り、このことが確認された。各実験例において透水係数を

$$k_g K = a \cdot \{\varepsilon'^3 / (1-\varepsilon')^2\}^b \quad \text{----- (5)}$$

の関数形で表わし、係数 a , b を求める。係数 a , b とSVIの関係も、

図-3, 図-4に示す。SVIが増すにつれて、 a は増加し、 b は減少する傾向を示す。今回の実験結果の範囲では、SVIと a , b の間に明確な関数関係は求められなかった。今後、種々のSVIの汚泥試料を用いた実験を行うことが必要と考えられる。

図-5, 図-6に有効応力と固体分率の関係を示す。ここでは有効応力として湿潤状態の空隙率 ε' より計算した有効応力 P'_s を用いた。図-5では P'_s と $1-\varepsilon'$, 図-6では P'_s と $1-\varepsilon'$ で表わしている。前報の結果では有効応力は乾燥質量から求めた空隙率 ε より計算した有効応力 P'_s を用い、粒子の固体部分により伝達されるとし、 P'_s と $1-\varepsilon$ は一義的な関係として表現されるとしていた。実際には汚泥粒子は圧縮応力下で、互いに接触し有効応力を伝える。この場合、汚泥粒子は微生物を多く含むため、内部に水分を含んだ湿潤状態である。このため有効応力は P'_s で表現するのが適当と考えられる。図-5と図-6を比較すると、 P'_s の独立変数として $1-\varepsilon'$ より $1-\varepsilon$ のほうが実験結果のばらつきが小さい。したがって $P'_s/k_g K$ を表わす独立変数として $1-\varepsilon$ の方が $1-\varepsilon'$ より好ましいことが解る。このことは、有効応力の伝達機構から推定される結果と一致している。

図-7に $1-\varepsilon'$ と $1-\varepsilon$ の関係を示す。 $1-\varepsilon'$ と $1-\varepsilon$ は両対数紙上に直線の関係が認められる。一般の汚泥では必ずしも以下のような関数関係が成立すると思えないが、本報で用いた汚泥試料では次のような関係にある。

$$1-\varepsilon' = 22.6 (1-\varepsilon)^{1.05} \quad \text{----- (6)}$$

5. あとがき 今後の課題として、種々のSVIの実験試料を使い、汚泥の沈降実験を続けるとともに、トリクロル酢酸を加えない無処理の汚泥試料に対しても、同様の実験を行う予定である。

〈参考文献〉

- 1) 楠田哲也・古賀憲一・栗谷陽一：汚泥の沈降濃縮に関する研究，土木学会論文報告集第294号，1980年2月，pp. 59~71
- 2) 久保田修・栗谷陽一・楠田哲也・大石京子：活性汚泥の圧縮沈降，昭和58年度土木学会西部支部研究発表会 講演概要集，pp. 134~135

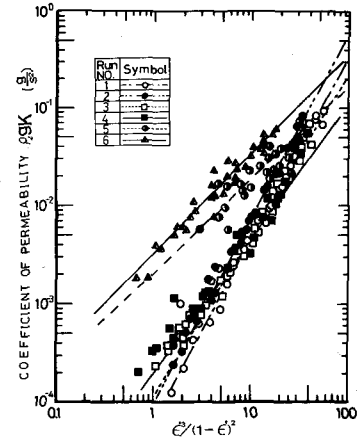


図-2 透水係数と空隙率の関係

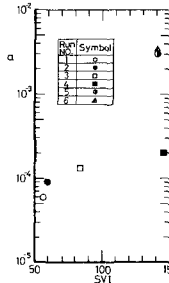


図-3 係数aとSVIの関係

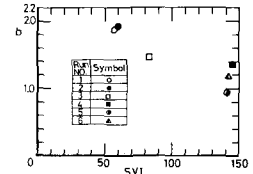


図-4 係数bとSVIの関係

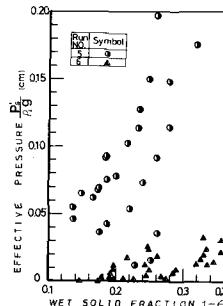


図-5 透水係数と(湿潤)固体分率の関係

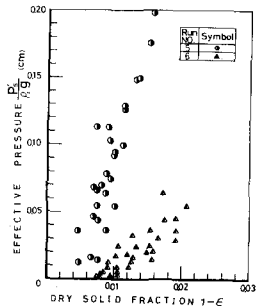


図-6 透水係数と(乾燥)固体分率の関係

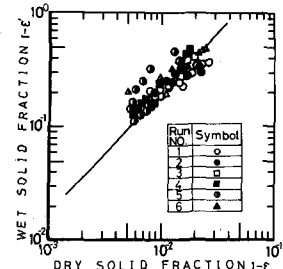


図-7 湿潤状態と乾燥状態の固体分率の関係