

II-501

凝集系汚泥の定率ヒズミ圧密実験による固液分離特性評価

東北大学大学院 学生員 ○西村 修
東北大学工学部 正 員 後藤光亀
東北大学工学部 正 員 佐藤敦久

1. はじめに 本研究は、各水源の水質レベルに対応する浄水処理とそれから産出される汚泥の固液分離特性を総合的に評価でき、また、自然エネルギーを利用する無薬注処理を行ううえでの汚泥の固液分離限界を明らかにするため、少量のサンプルで迅速に固液分離特性を評価する定率ヒズミ圧密試験装置を試作し、その評価法の妥当性を検討した。

2. 定率ヒズミ圧密実験による固液分離特性 汚泥の圧縮性を総合的に示す指標として土質工学で用いられる圧密係数がある。圧密係数 C_v は、式(1)のように表される。また、汚泥の空隙を指標に取り入れた白戸の修正圧密係数は式(2)で表される。

$$C_v = K / m_v r_w \quad (1)$$

$$C_e = C_v \left(\frac{\rho_s}{f} \right)^2 \quad (2)$$

ここで、 C_v ；圧密係数(m^2/sec)、 K ；透水係数(m/sec)、 m_v ；体積圧縮係数(m^2/kgf)、 r_w ；水の単位体積重量(kgf/m^3)、 C_e ；修正圧密係数($kg^2/m^4/sec$)、 f ；体積比(-)、 ρ_s ；粒子密度(kg/m^3)。透水係数 K はDarcy則より式(3)のように表される。

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{1}{\rho_w g} \left(-\frac{dP_x}{dx} \right) \quad (3)$$

ここで、 A ；透過面積(m^2)、 V ；ろ液量(m^3)、 t ；時間(sec)、 g ；重力加速度(m/sec^2)、 ρ_w ；水の密度(kg/m^3)、 P_x ；間隙水圧(Pa)、 x ；試料厚(m)。間隙水圧の差($-dP_x$)によって水の透過が起こるものと考えれば式(2)より透水係数を求めることができる。また、試料にかかる有効圧力(上、下端の有効圧力の平均)と圧縮ヒズミの関係が一義的に決定できるという仮定より体積圧縮係数が求まる。

3. 定率ヒズミ圧密実験 実験装置の概略を図-1に示す。圧力検出は小型圧力変換器(容量 $0.5kgf/cm^2$)にて行い、出力電圧をAD変換してマイコンに取り込み解析した。実験は試料上端を不透水面とし間隙水圧を測定した。定率ヒズミ速度は約3/100、6/100、12/100、24/100(mm/min)の4段階で、初期試料厚を2cmとして実験を開始し、下部の圧力が約49kPa($0.5kgf/cm^2$)となった時点で実験を終了し、汚泥内空隙率分布を求めた。実験に用いた試料は、2箇所の浄水場より採泥した。A汚泥の粒子密度は $2340kg/m^3$ 、強熱減量($600^\circ C, 3hrs$)は26.2%、B汚泥は $2950kg/m^3$ 、17.9%である。また、カオリン($\rho_s=2600kg/m^3$)を学内水道水に500mg/lの濃度になるように混和し、ALT比1/10、1/100となるよう硫酸アルミニウムを用いて凝集させたモデル汚泥も用いた。

4. 実験結果および考察 図-2は、ひずみ速度の違いによる有効圧

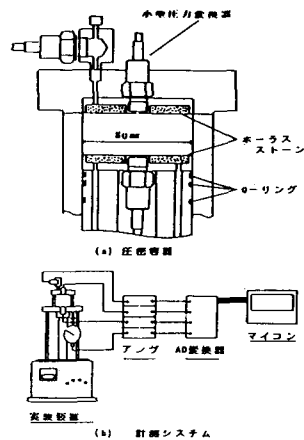


図-1 実験装置

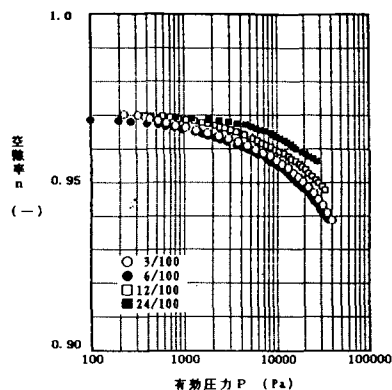


図-2 有効圧力と空隙率の関係 (A汚泥)

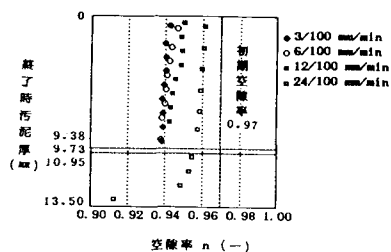


図-3 汚泥内空隙率分布 (A汚泥)

力と空隙率の関係で、図-3は、A汚泥の実験終了時の汚泥内空隙率分布である。ひずみ速度が大きい場合には、不透水面での空隙率の減少は小さく、透水面付近で急激に減少する。しかし、ある程度ひずみ速度が小さければ、みかけ上均一なケーキを形成しながら脱水が進行すると仮定できる。また、3/100 (mm/min)と6/100 (mm/min)の曲線がほぼ一致することから、汚泥固有（平衡状態）の有効圧力と空隙率の関係はある程度ひずみ速度を小さくした実験結果より有効に近似できると考えられる。したがって、解析方法で述べたように汚泥内を平均化するためには、ひずみ速度はある程度小さくする必要がある。図-4における空隙率と有効圧力の関係において、100kPa以下のプロットはひずみ速度3/100 (mm/min)の定率ひずみ圧密実験、それ以上のプロットは加圧脱水実験によって求めたものである。ALT比1/100の汚泥は分散系の汚泥に近く、他の凝集系汚泥に比較してかなり小さい空隙率を示す。図中の実線は青葉山粘土であり、他の汚泥とは基本的に異なり、わずかな凝集でも汚泥の性状が大きく異なると推測できる。また、上水汚泥およびALT比1/10の汚泥は、約5000kPaの圧力でも空隙率は0.7以上であり、凝集状態の差が固液分離性に及ぼす影響は、圧力のレベルによらず大きいことがわかる。図-5は、透水係数と空隙率をKozeny-Carman型で表したものととの関係である。図中実線は、楠田らが汚泥の沈降濃縮実験より求めた透水係数である。楠田らが定義した関数型と同様重力濃縮より高い圧力領域でも、直線で近似できる。図-6は、以上の結果より圧密係数をもとめ、体積比 f の関数として表したものである。圧密係数は、凝集系汚泥に対しては体積比の増加関数として求められたが、分散系汚泥では減少関数となった。

図-7は、凝集系汚泥に対して修正圧密係数を求めたものであり、圧密係数と比較すればその変化は小さい。しかし、これらの値を一定として計算を行うのは疑問が残る。

5. おわりに 上水汚泥に対し比較的緩やかなヒズミ速度で定率ヒズミ圧密実験を行った結果より、低い圧力域での圧密係数が

決定法および、凝集系汚泥の固液分離特性を考察した。今後、低い圧力レベルでの省エネルギー型脱水処理法について検討を加えていきたい。

参考文献：梅原 他：超軟弱粘土の圧密係数の決定法、港湾技術研究所報告(1975)

楠田 他：「汚泥の沈降濃縮に関する研究」土木学会論文集，第294号（1980.12）

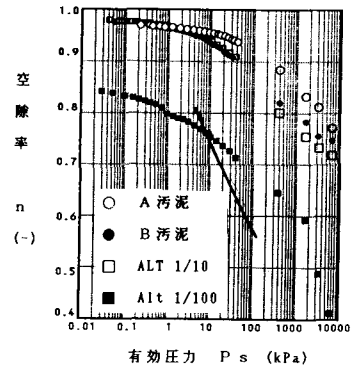


図-4 有効圧力と空隙率の関係

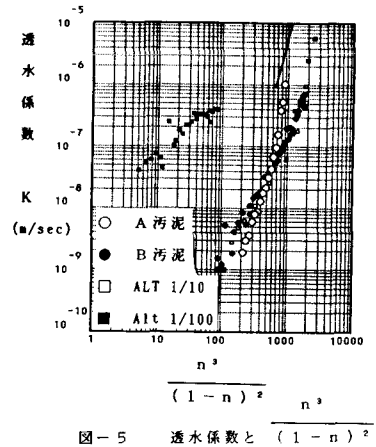


図-5 透水係数と $\frac{n^3}{(1-n)^2}$ の関係

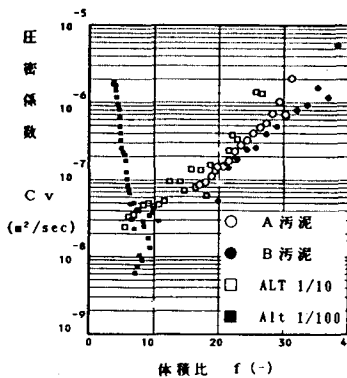


図-6 圧密係数

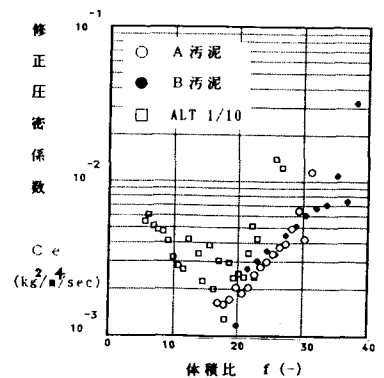


図-7 修正圧密係数