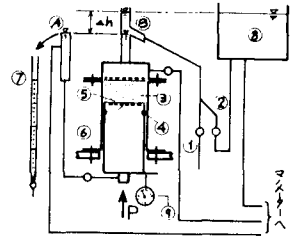


東北大学工学部 学生員 ○ 後藤光龜
正 員 佐藤敦久

1. はじめに、未処理の上水汚泥は一般に難脱水性であるため処理を必要とするが、凍結融解処理法はその中でも最も確実に脱水性を改善する処理法といえる。この凍結融解処理によって粗大化した汚泥粒子について圧密透過実験を行ない、脱水過程、間ゲキ比の減少、透水性の変化等について検討を加えてみた。

2. 実験装置および方法 試料の上水汚泥は自然沈降濃縮土 74μm のふるいを通過させた(含水率 92.9%)。この試料(1ℓ)をバット(ホロ引き)に入れ -10℃で凍結させた(このとき試料深さ 18mm, 平均凍結速度 1.1mm/hr)。融解は室温で行ない、粗大化した汚泥粒子と無調整あるいは水中で静かにふるいにかけて分け、圧密透過実験の試料とした。図-1は圧密透過実験装置の概略で、圧密箱(14径 60mm)を各荷重段階平衡時に左水位透水実験を行なえるように改良し、排水は両面から行なった。圧密実験時は、②のコックを閉じ①のコックを開け、④と⑥の水位を等しくし、左水位透水実験時は、①のコックを閉じ②のコックを開け⑥



- 1 圧密時排水用 3/8 多孔板
- 2 ヘッド 7:7 用 3/8 (7) 10mm 口径
- 3 試料
- 4 O-リング
- 5 3 紙
- 6 ヘッド 9:7
- 7 9mm ガージ

図-1 圧密透過実験装置

表-1 実験条件および結果

実験 No.	試料	初期厚 (mm)	最終厚 (mm)	W ₀ (%)	W _f (%)	ろ紙	備考
1	上水汚泥	1.0	0.422	70.2	42.7	No.5C	粒度調整後
2	・	・	0.418	69.7	41.5	・	・
3	・	・	0.416	70.3	42.3	・	1.19~0.04mm
4	・	・	0.424	70.2	42.9	No.3	・
5	・	・	0.406	71.7	43.6	・	0.59~0.50mm
6	・	・	0.387	72.2	42.6	・	0.797~0.210mm
7	上水汚泥	3.0	0.498	93.8	72.5	No.5C	74μm 以下
8	粘土	・	0.450	82.5	39.7	・	・

W₀: 初期含水率, W_f: 最終含水率 (飽和状態)
F=15, No.7, No.8 は 圧力 115 (kg/cm²) で

の水位を上昇させた水頭差 (Δh) を与え、圧密箱に接触することを避けた。また、ろ紙の抵抗をできるだけ防ぐため透水実験に用いた水(上水汚泥の上澄水)とあらかじめろ紙 (No.5c) を数回真空ろ過 (70mmHg) してから使用した。ヒズ三量は、ピストン下部にセットしたダイヤルゲージによって測定した。実験は表-1に示す条件で行なった(粒子密度、上水汚泥 = 2.33, 粘土 = 2.60 (g/cm³))。

3. 実験結果および考察 実験結果を表-1に示す。凍結融解処理後の圧縮ケーキ(実験1~6)は、手で力を加えると簡単に潰れるが、粒径が小さくなるにつれて潰れが難しくなる(写真参照)。図-2に、圧密実験時のある荷重段階初期と圧密度 U=0 (%)、平衡時(荷重載荷から1時間後)を U=100 (%) とした場合の圧密度と時間 t の関係を示した。粒径が小さくなるに伴い、載荷初期に潰れがであるが圧密土は小さくなる傾向があり、いずれの場合も載荷後1分で圧密度 70~80 (%) となり、以後ゆるやかに平衡に達する。凍結融解処理後の粗大化した汚泥

粒子は後に述べるように圧力が大きくなっても比較的大きな間ゲキ比を保持するため、載荷直後の急激な圧縮に即応して水が排水されるものと考えられる。また、最終荷重段階(圧力 P=355 kg/cm²) 時に12時間載荷を継続してヒズ三量の変化を調べ表-2に示した。載荷から1時間後を U=100 (%) とすると12時間後ではさらに10~12 (%)ほどヒズ三量が増加した。さらに、最終荷重段階(12時間載荷後)から荷重を除荷 (→0.07 kg/cm²) したときの膨張量は、最終ケーキ厚に付し5 (%)前後であった。図-3は各荷重段階平衡における間ゲキ比 e (e) で、未処理の上水汚泥と粘土の場合もあわせて示した。処理後の汚泥粒子の場合(実験1~6)はほぼ同一の

表-2 載荷時間ごとのヒズ量

実験 No.	4		5		6	
	ad	U	ad	U	ad	U
時間						
0~30 min	58.1	93.4	52.8	92.0	50.4	91.0
0~1 hr	62.2	100	57.4	100	55.4	100
0~12 hr	68.2	109.6	63.4	110.5	61.9	111.7

ad (X 100 mm), U (%)

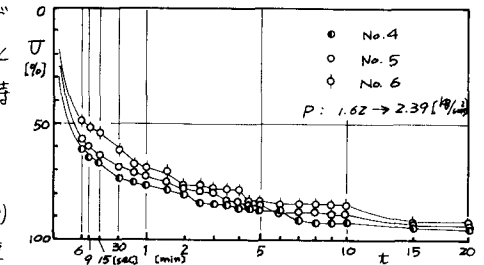


図-2 圧密度 U と時間 t

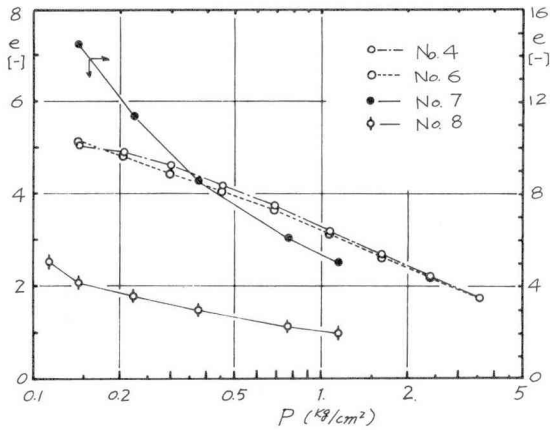


図-3 圧力平衡時における間ゲキ比 e

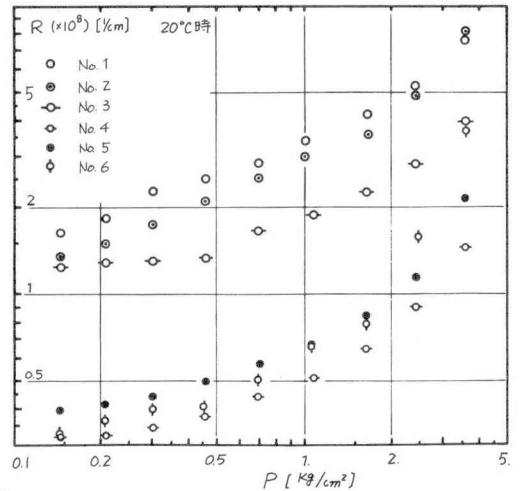


図-4 載荷圧力平衡時における抵抗 R

値をとるもので実験4,6の場合のみを示した。このとき、空
キ率 $m = e/(e+1)$ (-), 含水率 $w = \frac{100 \cdot m \cdot \rho_w}{\beta - m(\rho_s - \rho_w)}$ (%)、 ρ_w : 水の密度
(g/cm^3)。処理後の汚泥粒子は、圧力が増加しても間ゲキ比は粘土に比較して大
きく、圧力1 (kg/cm^2) 時で約3倍程度の間ゲキ比を示す。また、未処理の上水
汚泥と比較すると、圧力1 (kg/cm^2) 時で $\frac{1}{16}$ 倍程度で、間ゲキ比は未処理の方が
大きい。後に述べるように粒径、性状の相違等により透水性には大きな差
が認められる。図-4は、載荷圧力平衡時における透水係数実験から求めた
ろ紙とケーキの抵抗 R ($R = R_m + R_c$, R_m : ろ紙の抵抗, R_c : ケーキの抵抗 ($1/cm$)) の
次式により算出した。 $R = (\alpha h \cdot \rho_w \cdot g_c \cdot A) / (\mu \cdot g)$, 二に、 αh : 水頭差 (cm), g_c :
重力換算係数 ($g/cm \cdot sec$), A : 断面積 (cm^2), μ : 粘性係数 ($g/cm \cdot sec$), g : 流
量 (cm^3/sec)。与えた水頭差は $0.4 \sim 7.0$ (cm) である。 0.5 (kg/cm^2) 以下の圧力
時に小エリ汚泥粒子を含む実験1,2では、ケーキによる抵抗が認められず、
実験3のように大きな汚泥粒子のみの場合には、ろ紙 ($No.5C$) の抵抗の方が
大きく、ケーキのみの抵抗を算出するのは困難であった。そこで、ろ紙を
 $No.3$ に取り換え、ろ紙の抵抗を小さくして実験を行なった。また、粗大化し
た汚泥粒子とふるい分けした実験4~6において、圧力2 (kg/cm^2) 以上で粒径が
小さくなるに伴い抵抗は小さくなるのが認められた。図-5は、実験1,2の場
合の透水係数 k_e (透水係) で、ろ紙の抵抗分を差し引いて求めた。図中の破線
は未処理の上水汚泥の透水係数 (透水係) である。圧力1 (kg/cm^2) 時で、両者の
透水係数を比較すると約 6×10^3 倍程度、凍結融解処理後の汚泥の方が透水係
数が大きくなる。

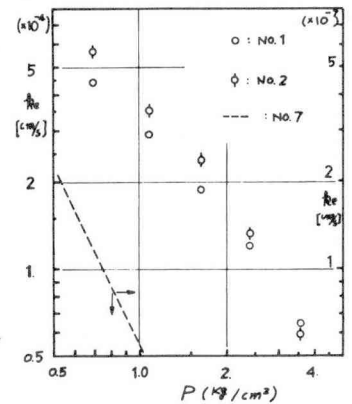
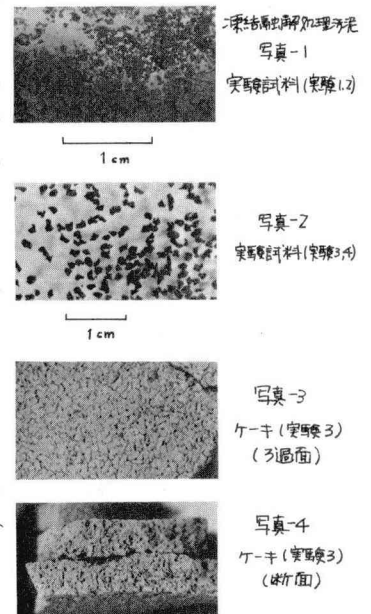


図-5 透水係数 k_e と圧力 P



4. おわりに、上水汚泥を凍結融解処理して粗大化させた汚泥粒子を
 3.6 (kg/cm^2) 程度の圧力が脱水するとケーキの最終含水率は約42% (飽和状
態) 程度であり、荷重を除去した際は最終ケーキ厚に約5%ほど膨張す
るのが認められた。また、実験1,2のように小エリ汚泥粒子を含む場合、透
水性は低下するので、未凍結の汚泥あるいは搬出時に粗大化した粒子の細分
化を防ぐことが望まれる。

参考文献: 佐藤, 後藤他, 「汚泥の性状と圧密に関する考察」昭和54年度 東北学術講演会要旨