

# モデル汚泥による重力脱水過程に関する実験

東北大学工学部 学生員 ○ 西村 修

正 員 佐藤敦ス

正 員 後藤光晃

1 はじめに 現在省エネルギーの観点より、汚泥処理法の一つである天日乾燥法が見直され、その変法の開発が進み各地で稼働を始めている。この高速天日乾燥法には、ろ材付近に形成される低含水率ケーキ層を機械的に攪拌し汚泥層を均一にする方法、圧力差を増加させるため砂層に真空を与える方法等により重力脱水期間を短縮させる方式がある。しかしながら、天日乾燥砂床に関する理論的裏付けはなく、これらの効果を定量的に比較するのは困難である。本報告は、天日乾燥法に関する基礎的知見を得るためその重力脱水過程をモデル汚泥を用いて実験した。また、汚泥の透過実験から高速天日乾燥の効果を検討した。

2 実験試料 モデル汚泥としてカオリンを水道水で十分分散させて泥状にしたものを用いた。このカオリンの粒径は $2\mu\text{m}$ 以下が80%を占め、その粒子密度 $\rho_s$ は $2.63\text{ g/cm}^3$ である。

3 実験装置及び方法 重力脱水実験装置の概要を図-1に示す。カラムは $\phi 5\text{ cm}$  (断面積 $19.63\text{ cm}^2$ )の透明アクリル管で、下部はろ布を介しNo. 50のろ紙をゴム栓にシールテープで密着させる材とした。このろ材、パイプ等の抵抗はケーキ抵抗に比較し十分小さい。またカラムとゴム栓間の水密性はパスボンドで保った。実験条件は初期含水率 $w_0 = 77.94\%$ 、汚泥打込厚 $40\text{ cm}$ とし、同一条件で重力沈降実験を行ない、重力沈降による自重圧密効果も検討した。ろ液量、汚泥界面高、水温を測定すると共に、所定の時間にスラッジ及びケーキ層をスライスして各層の含水率を測定した。スラッジ層が流動状態の場合上部から吸引採取し、流動しない場合カラムの中でゴム栓を押し上げて全層を任意の厚でスライスした。透過実験装置の容器は $\phi 5\text{ cm}$ の透明アクリル製で、試料厚は $2\text{ cm}$ とした。ヘッドタンクと越流部の間に所定の水頭差を与えて透過速度を測定するが、水頭差が小さい場合バルブの操作で傾斜管マンومترに接続し、水頭差を厳密に読み取れるよう工夫した。

4 実験結果及び考察 図-2にカオリン汚泥の脱水曲線を示す(上澄水面の低下分が単位面積当りのろ液量を示す)。本実験に用いた試料は上澄水を形成するが、図中のA曲線は、重力脱水時の汚泥界面と上澄水界面との差を表わし、重力沈降濃縮における汚泥界面B曲線と比較するため示した。すなわち、A曲線がB曲線より上方にある(図中ハッチ部)場合は、重力脱水時に形成される上澄水の一部がケーキ層を通過していることを示す。

カオリン汚泥では、粒子自身の沈降が比較的速く、ケーキろ過のみが主体となる固液分離は比較的短期間に終了すると考えられる。図-3は、実験開始後6日目の重力脱水時及び重力沈降時の含水率分布である。同図からカオリン汚泥では重力沈降による自重圧密でもかなりの含水率低下が生じることが知れる。以上の結果より、カオ

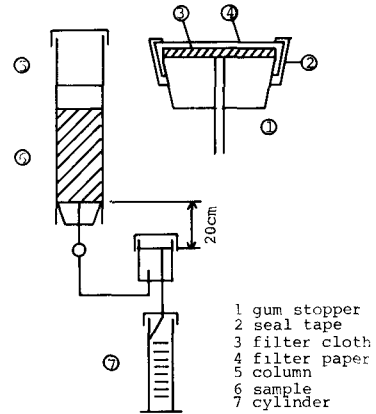


Fig. 1 Gravity Dewatering Test

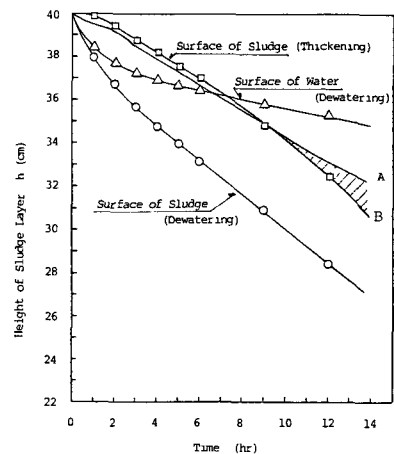


Fig. 2 h vs. T

リン汚泥では脱水初期を除けば、重力脱水における含水率低下はケーキ層が主体となるものの、沈降による自重圧縮効果が無視し得ないといえる。

一方、図-4は重力脱水開始後約13時間の含水率分布である。図中の汚泥上部の含水率が打込時の初期含水率より高いのは試料調整時の希釈によるものである。同図では材上6cmまでケーキの形成が認められる。この図から重力脱水時の液圧分布を図-4、式①及び②によって推定する。

図-5は、各濃度に調整したカオリン汚泥の透過実験結果である。本試料では次式が成立する。  $\log_{10} k_D = 6.052 \cdot n - 9.1915$  ---①  $k_D$ ; 透水係数 (cm/s),  $n$ ; 空ゲキ率 (-) ( $= \rho_s w' / (c w' (\rho_s - \rho) + 100 \rho)$ );  $w'$ ; 含水率 (%),  $\rho$ ; 溶液密度 (g/cm<sup>3</sup>) 上式が他の空ゲキ率範囲でも成立すると仮定する。図-2から図-4のスライス時の単位面積当りのろ液速度を算定すると 0.18 cm/h となる。各層の空ゲキ率から①式により  $k_D$  を求め、次式により各層の損失水頭  $\Delta h$  を算定する。  $\Delta h = \frac{\Delta L}{k_D} \cdot \frac{dV}{Ad\theta}$  ---②  $\Delta L$ ; 試料厚 (cm),  $V$ ; ろ液量 (cm<sup>3</sup>),  $A$ ; 排水面積 (cm<sup>2</sup>),  $\theta$ ; 時間 各層の間ゲキ水圧  $P_x = \delta \cdot h$ ,  $\delta$ ; ろ液の単位体積重量) を図-4に示す。ただし、越流部水位を 0cm とした。同図より、生成ケーキ層による液圧降下が大きく、排水面に近いケーキ層がろ液速度を律速することが知れる。

次に、高速天日乾燥法で排水面付近の低含水率ケーキ層を機械的に破壊した場合を検討する。(1) 図-4で上澄水を排除し、全層を攪拌により均一にする。(2) 図-4で上澄水を排除し、ケーキ層 (6cm) のみを攪拌により均一にする。

(1) の場合、汚泥層 (28cm厚) の平均含水率は 70.2% ( $n = 0.861$ ) となり、①式より  $k_D = 1.05 \times 10^{-4}$  cm/s, ②式より  $dV/Ad\theta = 1.80 \times 10^{-4}$  cm/s となる。上澄水を排除したとき、攪拌前の場合  $dV/Ad\theta = 5.14 \times 10^{-5}$  cm/s となるから、(1) の場合、攪拌しない場合より約 3.5 倍程ろ液速度が改善される。(2) の場合、ケーキ層 (6cm) の平均含水率は 52.5% ( $n = 0.744$ ),  $k_D = 2.05 \times 10^{-5}$  cm/s となる。上澄水を排除したとき、攪拌前のケーキ層の液圧降下,  $dV/Ad\theta$  はそれぞれ 38.2 gf/cm<sup>2</sup>,  $4.46 \times 10^{-5}$  cm/s となり、攪拌後の  $dV/Ad\theta$  は  $1.31 \times 10^{-4}$  cm/s となる。したがって (2) 場合でも攪拌をしない場合より約 2.9 倍、ろ液速度は改善される。

これらの結果から (2) の場合のように、ろ材付近の低含水率ケーキ層の破壊のみでもろ液速度がかなり改善されることが知れる。また、これらの結果をろ材下に真空度を与えた場合に換算すると、(1) の場合、-170 cm H<sub>2</sub>O, (2) の場合、-140 cm H<sub>2</sub>O の真空度を与えた場合に相当する。

5 おわりに 本報告では、ある脱水時間で機械的攪拌等の処置を加えた場合についてのみ考察したが、今後は間欠的機械攪拌に対する効果及びろ材に砂層を用いた場合に対する影響について検討を加えていきたい。

なお、本研究は文部省科学研究費の補助を受けたことを付記する。

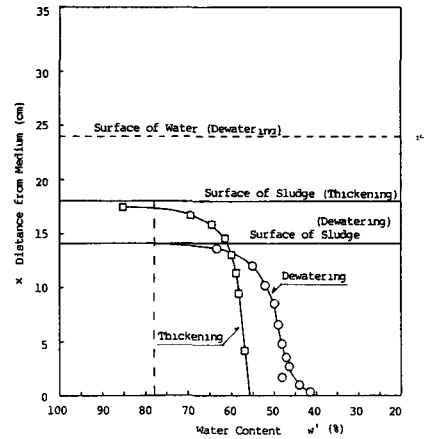


Fig. 3 x vs. w'

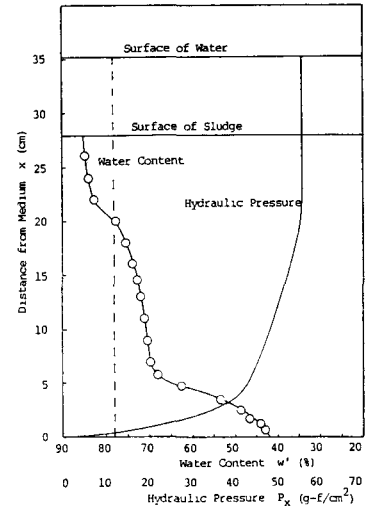


Fig. 4 x vs. w' and P<sub>x</sub>

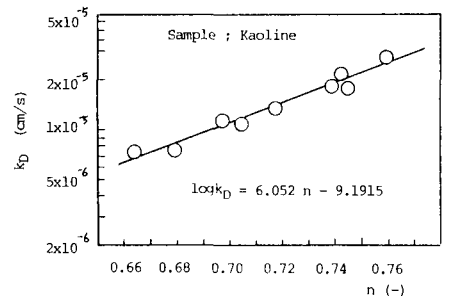


Fig. 5  $k_D$  vs.  $n$