

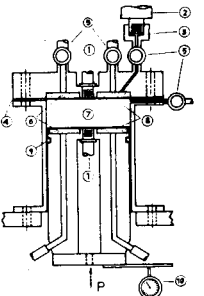
東北大学工学部 学生員 後藤光寛
東北大学工学部 正員 佐藤敏久

表 汚泥の特性値

SiO ₂	57.4 %
Al ₂ O ₃	19.7 %
有機物量	15.0 %
その他	13.9 %
上澄みPH	6.65
粘度	2.38 g/cm ²
沈降性限界	94.0 %
塑性限界	11.0 %

1. はじめに 本報告は、無毒注上水汚泥の定圧脱水時に圧力、初期含水率と変化させたケーキ内の含水率分布を測定し、上水汚泥の脱水特性について考察を加えたものである。

2. 実験装置および方法 実験試料は河川と取水源とする下浄水場の排泥池から採泥した上水汚泥と表に示す特性値をもつ。図-1は、実験装置の概要で、荷重と下より載荷後、ダイヤルゲージによってピストンの移動量 d (cm) (注流量 V (cm³) = $d \times A$, A : 注通面積 28.27 (cm²)) を測定する。排水は片面排水(下端のみ排水)とし、脱水中の試料上下端面の圧力を排水面に接するように埋め込まれている直径 8 (mm)、容量 5 (kg/cm²) の小型圧力変換器で、また、上端面の間ゲキ水圧を容量 2 (kg/cm²) の圧力変換器で測定する。注材として注紙 NO.5C を用い、初期試料厚 H_0 を 2 (cm) とした。脱水は間ゲキ水圧がほぼゼロになるまでの場合と、任意の注流量時に実験を中断した場合とについて行ない、それぞれの試料と注通面から 3 (mm) までは 0.5 (mm) ごとに、3 (mm) 以上は 1 (mm) ごとにスライス化して各ケーキ層ごとの含水率を測定する。また、段階的に荷重を載荷し、各荷重段階の有効圧力に対する汚泥の平衡間ゲキ率 n を求めた。このとき、排水は両面排水とし、初期試料厚を 3 (cm) とした。



3. 実験結果および考察 図-2に、定圧脱水時のピストン移動量 d と脱水時間 t の関係を示した。脱水初期に t と d は直線となり、注流量と時間が放物線関係にあることを示している。図-2で t と d が直線関係を示す最終点を移行点とし、間ゲキ水圧がほぼゼロになる点、図-1 実験装置概略を平衡点としたときのケーキ厚(それぞれ H_1, H_2) と初期含水率 w_0 との関係を図-3に示した。移行点および平衡点ごとのケーキ厚は、注通圧力が一定の場合、初期含水率が低いほど、また、初期含水率が一定の場合、圧力が低いほど小さくなる。移行点および平衡点のケーキ厚は、圧力や初期含水率の変化によって変動するので、平衡点までの注流量 V_2 に対する移行点までの注流量 V_1 との比 V_1/V_2 をとり図-4に示した。注流量比 V_1/V_2 は、初期含水率および注通圧力が低いほど小さい値をとる。すなわち、初期含水率および注通圧力が低いほど相対的に少ない注流量で移行点を示す。本実験の範囲では、いずれの場合も、注流量比は 0.7~0.8 の値を示した。すなわち、全注流量 V_2 に対し、(0.7~0.8) × V_2 の注流量時にケーキは移行点に達することになる。定圧脱水時の不透水面の間ゲキ水圧の変化を図-5に示す。移行点前には間ゲキ水圧が注通圧力に等しく一定値を示し、移行点後は徐々に減少しゼロに近づく。間ゲキ水圧の減少速度の差は、主に層厚の相違によると考えられる。

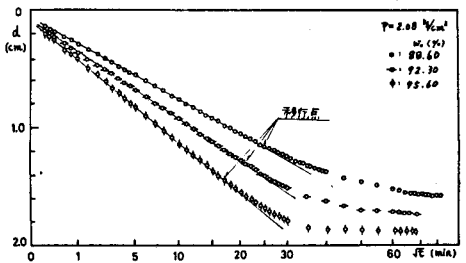


図-2 ピストン移動量 d と脱水時間 t

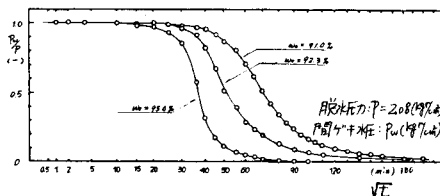


図-5 P_w/P と t の関係

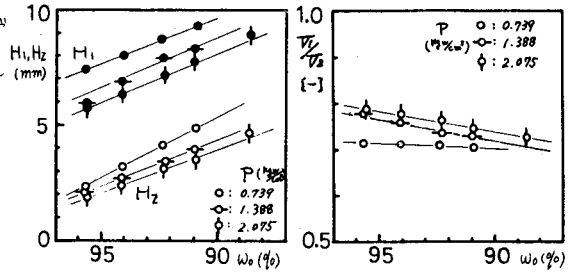


図-3 ケーキ厚 H_1, H_2 と初期含水率 w_0 図-4 注流量比 V_1/V_2 と初期含水率 w_0

一般に、移行点前と沈滞期間、移行点後は圧密期間と呼ばれる。
 図-6に、定圧脱水時のケーキ内含水率分布を示した。脱水初期に沈滞面に近い層(0~0.5mm層)は著しい含水率低下を示す。図-7に各沈液量における各ケーキ層ごとの含水率変化を示す。沈滞面に近い層の含水率変化はS字型となり、0~0.5mm層におけるS字の変曲点はほぼ移行点と一致する。0~0.5mm層は他のケーキ層にくらべ含水率低下が著しいが、これは前に堆積しているケーキ層が脱水の進行とともにさらに圧縮されるためと考えられる。また、図-8は、圧力一定の場合における0~0.5mm層、0.5~1.0mm層の初期含水率からの含水率低下 $\Delta W = (w_0 - w_2) (\%)$ を示したものである。0.5~1.0mm層の含水率低下は、初期含水率が変化すると大きく異なるのに対し、0~0.5mm層の含水率低下はほぼ一本の曲線に表わされる。したがって、沈滞面に近い層は、脱水圧力固有の含水率低下を生じると考えられる。移行点におけるケーキ内含水率分布はつぎの手順で定める。まず、図-7において移行点のピストン移動量 d に対して沈滞面に近い各ケーキ層の含水率を求める。また、図-6において、移行点におけるケーキ厚 H に対して不透水面の含水率 w_2 が定まり、先に求めた各ケーキ層の含水率を図-6にプロットして、未知のケーキ層の含水率と前後の分布曲線の傾向を考慮して決定する。図-9は、一定圧力のもとでの移行点におけるケーキ内含水率分布である。初期含水率が異なる場合、移行点における不透水面付近の含水率値に大きな差が認められる。図-10は、圧密透過実験によって求めた有効圧 P_0 と平衡空ゲキ率 n の関係である。空ゲキ率 n と有効圧 P_0 は、液性限界は近以下の空ゲキ率で直線関係を示す。また、平衡空ゲキ率は、試料の初期含水率の低下に伴い、同一有効圧時ではやや小さい値となった。いま、ケーキ内で常に $P = P_0 + P_s$ (P_s : 脱水圧力)なる関係が成立するとして、図-9, 10の結果から移行点時のケーキ内同ゲキ水圧分布を求めると図-11のようになる。初期含水率が高くなるにつれ、0~0.5mm層における圧力損失が大幅になる。0~0.5mm層の圧力損失は脱水圧力の5割以上に達した。不透水面に近づくにつれ同ゲキ水圧は脱水圧力に近づいていくが各ケーキ層の圧力差はだいに小さくなる。今後は、以上の結果に圧密透過実験で定まる平衡空ゲキ率に対する透水係数の関係を用いて各ケーキ層の抵抗を算定する予定である。

4. おわりに、土水汚泥のように圧縮性汚泥の脱水では、ケーキ内沈液流速分布や圧縮の遅れあるいは界面摩擦の影響等の問題があり、今後の検討課題とした。

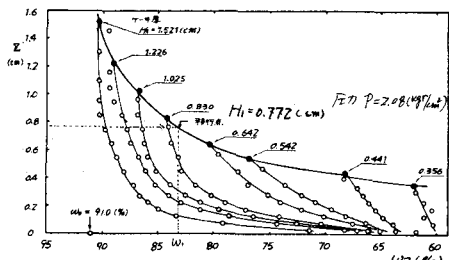


図-6 沈滞面からの距離Zとケーキ内含水率 w_2

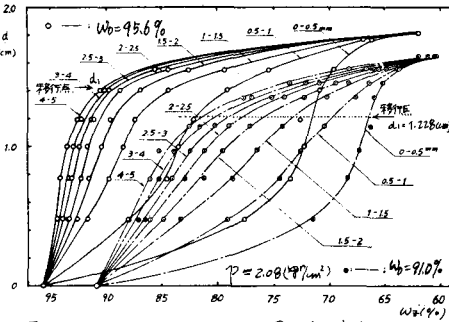


図-7 ピストン移動量 d と各ケーキ層の含水率変化

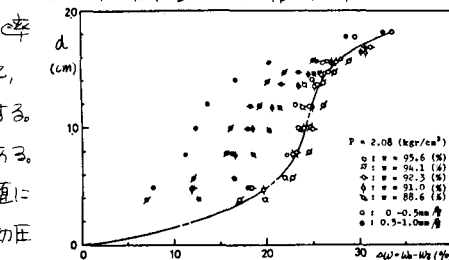


図-8 ピストンの移動量 d と含水率低下 $\Delta W = (w_0 - w_2)$

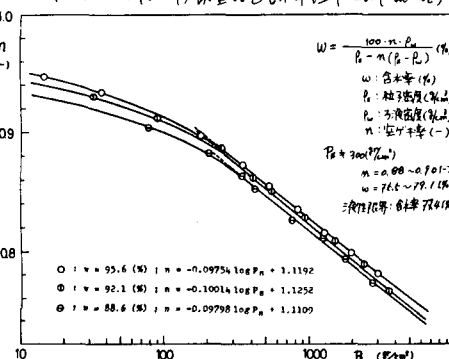


図-10 有効圧 P_0 と平衡空ゲキ率 n

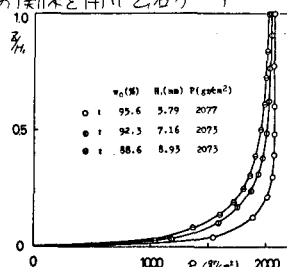


図-11 無次元ケーキ厚に対する同ゲキ水圧分布

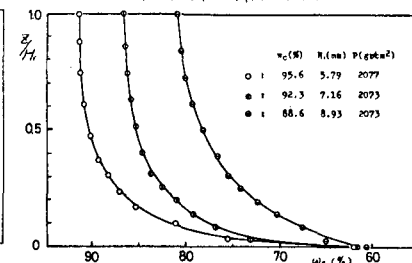


図-12 無次元ケーキ厚 (H/H_0) とケーキ内含水率分布(移行点時)