上水汚泥の脱水過程に関する一考察

東北大学　工学部　学生員　○鈴木武男
東北大学　工学部　正　員　　佐藤敦久
東北大学　工学部　学生員　　後藤光亀

1. はじめに

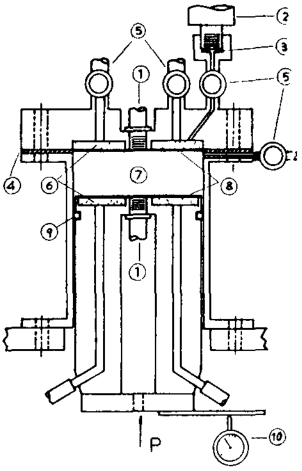
本報告は無薬注上水汚泥の定圧脱水時に、圧力、初期含水率を変化させてケーキ層内含水率分布を実測し、上水汚泥の脱水特性について考察を加えたものである。

2. 実験装置および実験方法

実験試料は河川を取水源とするT浄水場の排泥池から採泥した上水汚泥で、表に示す特性値をもつ。図-1は実験装置の概要で、荷重を下方より載荷する。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。沪材として沪紙(No.5C)を用い、初期試料厚H_0を2(cm)とした。荷重載荷後、ダイヤルゲージによってピストンの移動量d(cm)〔沪液量V(cm³)$=d\times A$，A:沪過面積、28.27(cm²)〕を測定する。脱水は間ゲキ水圧がほぼゼロになるまでの場合と、任意の沪液量時に実験を中断した場合とについて行ない、それぞれの試料を沪過面から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。

表　試料の特性値

SiO_2	51.4 (%)	
Al_2O_3	19.7 (%)	
灼熱減量	15.0 (%)	
その他	13.9 (%)	
液性限界	含水比	340(%)
	含水率	77.4(%)
塑性限界	含水比	110(%)
	含水率	52.3(%)
粒子密度	$\rho_s=2.38$(g/cm³)	
上澄水のPH	6.65	



① 小型圧力変換器　⑥ ポーラスストーン
② 圧力変換器(間ゲキ水圧)　⑦ 試料
③ 皮製パッキング　⑧ ろ紙
④ ゴム製パッキング　⑨ O-リング
⑤ バルブ　⑩ ダイヤルゲージ

図-1　実験装置概要

3　実験結果および考察

図-2にピストンの移動量dと脱水時間$\sqrt{t}$の関係を示した。脱水初期に$\sqrt{t}$とdは直線となり、沪液量と時間が放物線関係にあることを示している。図-3に、$\sqrt{t}$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を平衡点とした時のケーキ厚〔それぞれH_1、H_2 (cm)〕を、初期含水率W_0(%)に対し沪過圧力ごとに示した。沪過圧力が一定の場合、初期含水率が高ければ固形物量は少ないので、移行点および平衡点でのケーキ厚は小さくなる。初期含水率が同一の場合には、沪過圧力が低いほど移行点でのケーキ厚H_1は大きい。しかし、各沪過圧力によって平衡点でのケーキ厚H_2は異なる。そこで、平衡点までの沪液量V_2〔$=A(H_0-H_2)$〕に対する移行点までの沪液量V_1〔$=A(H_0-H_1)$〕との比V_1/V_2をとり、図-4に示した。比V_1/V_2は初期含水率が低くなると減少する傾向を示し、初期含水率が高い場合に

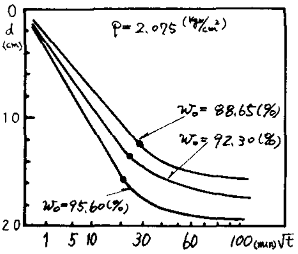


図-2　ピストン移動量dと脱水時間$\sqrt{t}$

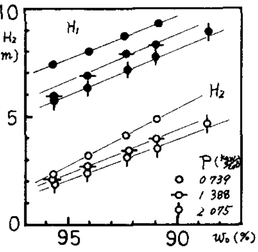


図-3　ケーキ厚(H_1, H_2)と初期含水率W_0

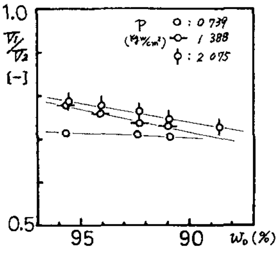


図-4　沪液量比V_1/V_2と初期含水率W_0

比較して、相対的に少ない沪液量V_Tで移行点を示す。
また、沪過圧力が低くなると比V_T/V_2も小さくなり、沪過圧力が高い場合に比べ少ない沪液量V_Tで移行点を示す。本実験の範囲では、いずれの場合も、比V_T/V_2は0.7~0.8の値を示した。すなわち、全沪液量V_2に対し(0.7~0.8)×V_2の沪過量時に、ケーキは移行点を示すことを意味する。

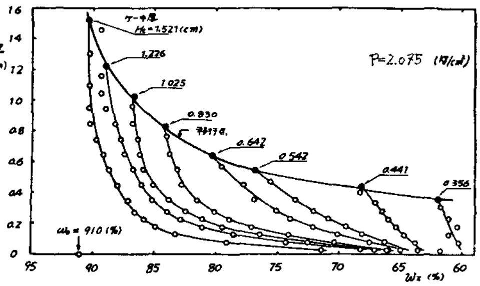


図-5　沪過面からの距離Zとケーキ層内含水率W_Z

図-5にケーキ層内の含水率分布を示した。脱水が進行するにつれ不透水面の含水率も低下し、平衡時では、ケーキ層厚に対しほぼ均一の含水率分布を示す。平衡点含水率W_2は、この図より推定した。図-6は各沪液量におけるケーキ層ごとの含水率変化を示したものである。沪過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。この0~0.5mm層は他のケーキ層に比べ含水率低下が著しい。これは、前に堆積しているケーキ層が、沪過の進行と共にさらに圧縮されるためと考えられる。沪過において、抵抗は単位沪液量の沪過によって増加するが、図-6より、その増加の大部分は、ケーキ表面に堆積してくる固形物量よりもすでに堆積している沪過面に近い層の圧縮による空ケキの減少によると考えられる。この傾向は初期含水率が高いほど著しい。図-6から移行点におけるケーキ層ごとの含水率分布を、図-5から不透水面の含水率W_1を推定する。移行点における各ケーキ層の沪過面からの平均距離$\bar{Z}$（各ケーキ層の平均）を、移行点におけるケーキ層厚H_1に対して無次元化(Z/H_1)し、また、その時のケーキ層内の含水率分布(W_Z)を無次元化($\frac{W_1-W_Z}{W_1-W_2}$)して、図-7に示した。この時の分布曲線はほぼ同一の形を示し、移行点において汚泥固有の含水率分布を形成すると考えられる。沪過圧力一定の場合には、初期含水率が高いほど分布曲線の曲率が大きくなる傾向にある。図-8に、移行点における不透水面含水率W_1と、沪過面から0~0.5mm層の含水率$W_{Z=0\sim0.5}$を、初期含水率W_0に対して示した。圧力一定の場合、初期含水率が低ければW_1, $W_{Z=0\sim0.5}$の値は小さくなる。沪過圧力が変化する場合は平衡点での含水率W_2も変化するので、図-9に示すように含水率を無次元化した。このとき、不透水面の含水率比$(100-W_1)/(100-W_2)$、0~0.5mm層の含水率比$(100-W_{Z=0\sim0.5})/(100-W_2)$, $[W_2 \neq 100^{(\%)}]$は、沪過圧力に無関係の一本の曲線であらわすことができる。初期含水率W_0と平衡点での含水率W_2が既知であれば$\frac{100-W_0}{100-W_2}$の値が計算でき、図中でこの値に相当する$\frac{100-W_1}{100-W_2}$, $\frac{100-W_{Z=0\sim0.5}}{100-W_2}$を求めれば、移行点における排水面(Z=0~0.5mm)と不透水面の含水率を求めることができる。

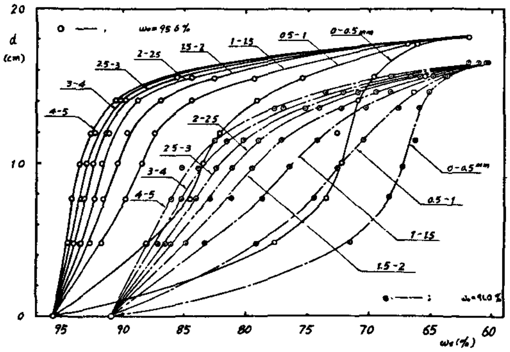


図-6　各沪液量における各ケーキ層ごとの含水率変化

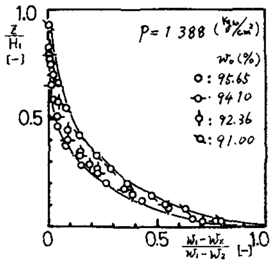


図-7　無次元値(Z/H_1)と($\frac{W_1-W_Z}{W_1-W_2}$)

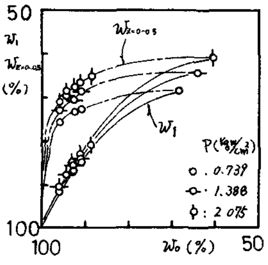


図-8　W_1, $W_{Z=0\sim0.5}$と初期含水率W_0

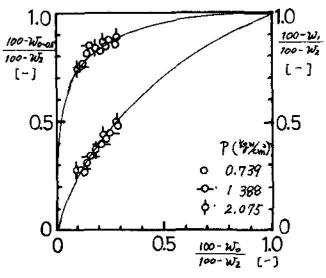


図-9　図-8の無次元化