

東北大学工学部 正〇夜藤 光豊

学 円谷 秀夫

学 西村 修

I. はじめに、本報告は、天日乾燥法における重力脱水基礎式を示し、実験値と比較を行なったものである。

II. 重力脱水速度式 Ruth による過渡基礎式は次式で与えられる。

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{APg_c}{\mu\alpha w} \quad (1)$$

V : 3液量 (cm^3), θ : 時間 (sec), A : 3液通過面積 (cm^2), P : 3液過圧力 (g/cm^2), g_c : 重力換算係数 (dyn/g-f), μ : 粘性係数 (g/cm-sec), α : 比抵抗 (cm/g), w : 単位面積当りの固形物量 (g/cm^2)

ここで、比抵抗 α と圧力 P の関係は式(2)で、ケーキ内の物質収支式は式(3)で表わされる。

$$\alpha = \alpha_0 P^n \quad (2)$$

$$w = \rho S(V + V_m) / (1 - mS)A \quad (3)$$

α_0 : 定数, n : 圧縮指数, ρ : 3液密度 (g/cm^3), S : 濃度分率 ($-$), m : 湿乾質量比 ($-$), V_m : 3材に相当する仮想3液量 (cm^3)

天日乾燥法における重力脱水過程では、図1に示すように、3液量分だけ界面が低下する変圧脱水となる。このとき、

$$V = A(H_0 - R), \quad \frac{dV}{d\theta} = -A \frac{dR}{d\theta} \quad (4)$$

H_0 : 初期の全水頭 (cm), R : 時間 θ の全水頭 (cm)。3材による抵抗を無視して、式(2), (3), (4) を式(1)に代入して整理すると、

$$-A \frac{dR}{d\theta} = \frac{APg_c}{\mu PS(H_0 - R)\alpha_0 P^{n-1}} \quad (5)$$

ここで、 $P = \rho R$ (ρ : 3液の単位体積重量 (g-f/cm^3)) とし整理し直すと、

$$d\theta = - \frac{\mu PS \alpha_0}{\rho g_c (1 - mS)} (H_0 - R) R^{n-1} dR \quad (6)$$

式(6)を、次の条件下で積分すると、式(7)を得る。

$$\theta = 0; R = H_0, \quad \theta = \theta; R = R \quad (7)$$

$$\theta = \frac{\mu \left(\frac{PS}{1 - mS} \right) \alpha_0}{\rho g_c} \left[\frac{1}{n+1} R^{n+1} - \frac{H_0}{n} R^n + \frac{H_0^{n+1}}{n(n+1)} \right] \quad (8)$$

式(8)が天日乾燥法における重力脱水式となる。従って、マッテ試験から α_0 , 圧縮指数 n も求め、打込濃度分率 S , 打込高さ(初期全水頭) H_0 , 生成ケーキの湿乾質量比 m , 及び汚泥濃度(粘性係数 μ) を定めれば、3液量 $V (= A(H_0 - R))$ と時間 θ の関係が求まる。

図2は、 $\alpha_0 = 1.0 \times 10^{10}$, $S = 0.03$, $m = 12$, $H_0 = 100$, $\mu = 0.01$ とし、圧縮指数 n を変数としたときの θ/V と V の関係である。ここで、 V は単位排水面積当りの3液量で示してある。一定圧力では、 θ/V と V は理論上直線であるが、式(8)で示した天日乾燥法における変圧脱水においても圧縮指数が大きければ、ほぼ直線に近似でき、圧縮指数が小さくなると下に凸の曲線となる。また、圧縮指数の増加により、3液速度が著しく低下して

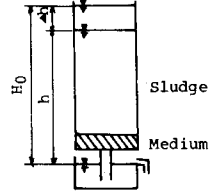


Fig. 1 Gravity Dewatering Test Apparatus

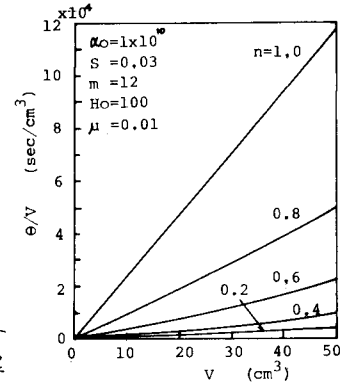


Fig. 2. θ/V vs. V

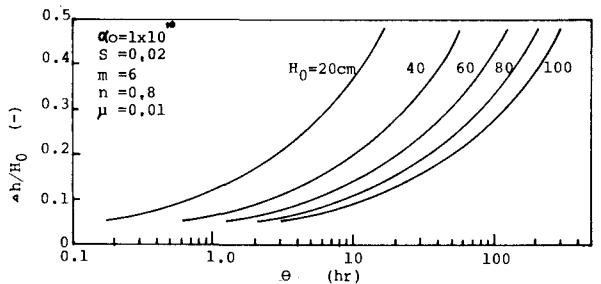


Fig. 3 $\Delta h/H_0$ vs. θ

くる。

図-3は、 $\alpha_0 = 1.0 \times 10^{-10}$, $S = 0.02$, $n = 6.0$, $m = 0.8$, $\mu = 0.01$ とし、打込汚泥厚を 변수とし、任意の脱水時間における界面低下曲线を初期全水頭 H_0 と無次元化した場合における脱水時間の变化である。ろ材に砂を用い、砂層への汚泥の目づりの影響を無視でき、砂層内での大気圧に平衡となっていると仮定する。このとき、図より結果から、打ち込んだ汚泥厚 h_0 に対して界面低下曲线(すなわち濃度)の比をある一定の値と比較すると、打込厚の増加に伴い脱水時間は増加することを示している。すなわち、同一濃度の汚泥から一定の割合で液固液分離する場合は、汚泥打込厚の小さい方が少ない脱水時間で達成できることになる。

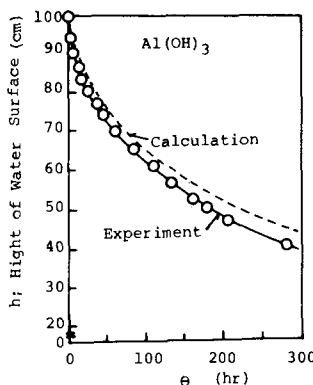


Fig. 4 h vs. θ

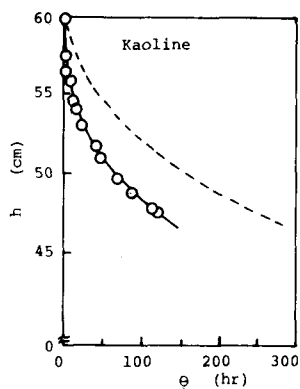


Fig. 5 h vs. θ

III. 重力脱水実験方法

重力脱水実験は、φ5cmのカラム(A)、ろ材にろ紙を用い、図-1に示す装置を使用した実験、及びφ12cmのカラム(B)、ろ材に有効径φ78mmの砂(15cm厚)を用いた実験について行なった。カラム(B)では砂層は飽和である。試料は、カラム(A)ではPACより生成させた水和アルミナ及びカオリン懸濁液を用いた。カラム(B)の試料は、湖沼、河川表流水を取水源とする上水汚泥それぞれA、Bである。また、重力脱水と並行して重力沈降実験も行ない、重力脱水及び重力沈降過程における含水率分布り変化を測定した。

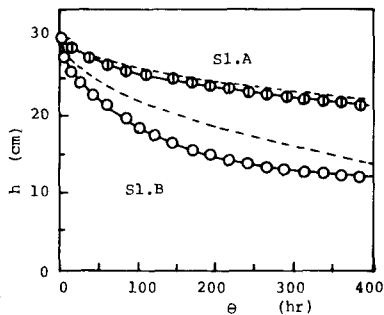


Fig. 6 h vs. θ

IV. 実験結果及び考察

図-4、5、6に、重力脱水の実測値と式(8)による計算値の一例を示す。図-4、水和アルミナでは、 $H_0 = 100$ cm (汚泥の初期打込厚80cm、越流部までの水頭差20cm) $\alpha_0 = 8.6 \times 10^{-10}$, $n = 0.59$ である。計算値は実測値より脱水速度を小さく評価するが、ほぼ一致する。図-5、カオリン懸濁液では、 $S = 0.282$ (含水率71.8%)、 $H_0 = 60$ cm, $\alpha_0 = 5.0 \times 10^{-10}$, $n = 0.21$ である。計算値は実測値よりも脱水速度をかなり小さく評価する結果となった。図-7、8に示すように、水和アルミナでは、重力沈降による濃縮はほとんどなく、含水率の低下はろ過によるケーキ生成によるものであるが、カオリン懸濁液では、重力沈降による濃縮もかなり濃縮されている。カオリン懸濁液では重力脱水時にはこの重力沈降濃縮による影響を受けるため、式(8)によるモデルとは異なる脱水過程になり推定値に誤差が生じたと考えられる。図-6の上水汚泥では、Aが $S = 0.0503$, $H_0 = 30$ cm, $\alpha_0 = 6.4 \times 10^{-10}$, $n = 0.85$, Bが $S = 0.0491$, $H_0 = 30$ cm, $\alpha_0 = 1.7 \times 10^{-10}$, $n = 1.03$ である。汚泥Aでは計算値と実測値はほぼ一致するが、汚泥Bでは計算値の脱水速度が実測値よりも小さく、また、脱水曲線の曲率も異なる。汚泥Bは高濃度時の汚泥で濃縮は比較的良好な汚泥であったので、重力沈降による影響があったと考えられる。また、脱水曲線の曲率の相違は実測ではすでにろ過過程が終了しているためと考えられる。

V. おわりに 天日乾燥における重力脱水速度は重力沈降による汚泥濃縮が顕著でない場合式(8)による推定が可能と考えられる。また、式(8)による推定では、 α_0 と n の値が脱水速度に与える影響が大きいため注意を要する。

参考文献 ; D.D. Adrian Sludge Dewatering and Drying on Sand Bed 1978

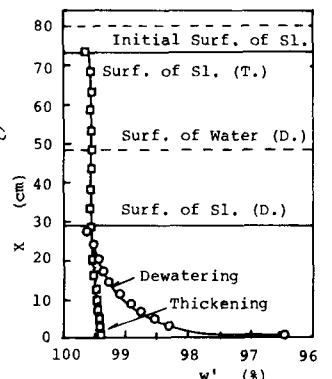


Fig. 7 X vs. w' Al(OH)₃

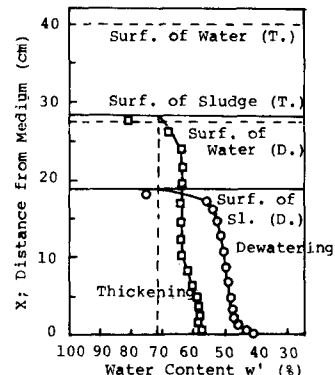


Fig. 8 X vs. w' Kaoline