

汚泥の性状と圧密に関する一考察

東北大学工学部 正員 佐藤敦久

学員 ○ 後藤光竜

〃 佐藤克彦

浄水場の排泥池から排出される上水汚泥は、泥殿槽内では非常に含水率が高く、これを処理するにはその性状を把握する必要がある。本報告は、これら高含水率の汚泥に関する土質力学的諸特性値を圧密透過実験によって実験的、半理論的に求めたものである。

圧密透過実験装置(図-1)は圧密箱を改良して変水位透水試験を行なえるようにしたもので、普通の圧密試験よりも小さい荷重がかけられるように下方から載荷する方式とした。実験方法はシリンドラ(B)内に所定の濃度の試料を入れた後蓋(A)をなし、ピストン(C)によって荷重をかける。セズミ量はダイヤルゲージ(D)によって測定する。ある荷重段階の圧密が終了後、ピストンを固定し、②のバルブを閉じて越流部との水頭差(h_1, h_2)を与えて変水位透水係数 k_v を求める。今回用いたような高含水率の汚泥では圧密量が大きく、ある荷重段階の圧密量(公称セズミ量)が40%に及ぶものもあるので、層厚一定とした理論から求めた圧密度50%における時間係数 $T_{50}=0.197$ を用いるのは妥当でないと考える。そこで、層厚の変化を考えた三笠の圧密基礎式 $\frac{\partial s}{\partial t} = C_v s^2 \cdot (\frac{\partial^2 s}{\partial z^2})$ を数値計算し、最終セズミ量($\bar{s}$)に対する時間係数を求め、圧密実験結果より求める $\bar{s}$ から T_{50} を求めた。ここに、 s : 圧密比、 z : 初期の厚さ、 C_v : 圧密係数(一定)、 t : 圧密時間、 $\bar{s}$: 公称セズミ($= -\Delta d(\delta z)/(\delta z)$)、 (δz) : 微小部分の初期の厚さ、 (δz) : ある時間の微小部分の厚さ。実験結果からのごときは、 $\bar{s} = (\Delta d/h_0)$ とする。ここに、 Δd : 圧密量(cm)、 h_0 : ある荷重段階の初期高さ。時間-圧密量曲線から圧密度50%に相当する時間 t_{50} (min)を読みとり、層厚の変化を考えたときの圧密係数 $C_{v,m} = (h_0/2)^2 T_{50}/t_{50}$ を求める。ただし、このときの圧密量は小さいとして無視した。したがって、このときの透水係数 $k_{v,m}$ は、 $k_{v,m} = mv \cdot C_{v,m} \cdot \gamma_w / 1000$ (cm/min)となる。ここに、 mv : 圧縮圧縮係数(cm^3/kg)、 γ_w : 水の単位体積重量(g/cm^3)。 T_{50} として0.197を用いる場合には、 $C_v = 0.197 \times (\bar{s}/2)^2 / t_{50}$ となる。そこで、 $\bar{s}$: 圧密中の平均供試体高さ(cm)、 C_v : 層厚を一定としたときの圧密係数(cm^2/min)。また、変水位透水係数を k_v とすると、このときの圧密係数 C_{v,k_v} は、実験的に $C_{v,k_v} = 1000 k_{v,m} \cdot \gamma_w$ と与えられる。

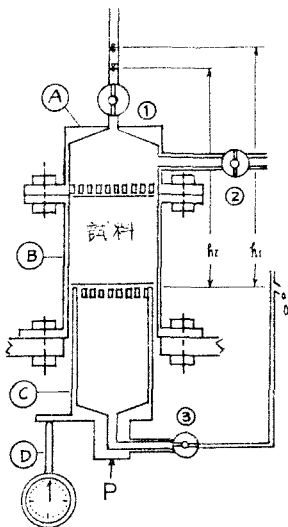


図-1 圧密透過実験装置

圧密実験結果を表に示す。図-2に圧密圧力 p (kg/cm^2)と平衡状態の間隔 z (e)の関係を示す。圧密圧力が 1.0 (kg/cm^2)以下になると傾度が増加する傾向にあり、この傾度によって与えられる圧縮

表 圧密透過実験結果

No	試料	初期含水率 w_0 (%)	最終含水率 w_f (%)	初期高さ H_0 (cm)	最終高さ H_f (cm)
1	上水汚泥	96.39	74.28	3.0	0.377
2		96.29	73.00	2.0	0.248
3		96.75	71.66	3.0	0.279
4		96.90	72.17	3.0	0.226
5		93.82	72.49	3.0	0.496
6		93.88	71.94	3.0	0.500
7	青葙山粘土	68.94	38.99	3.0	0.980
8		82.49	39.69	3.0	0.450
9	Al(OH) ₃	94.03	86.33	3.0	0.704
10		94.03	85.96	3.0	0.677
11	ポリリン	73.43	39.30	3.0	0.893

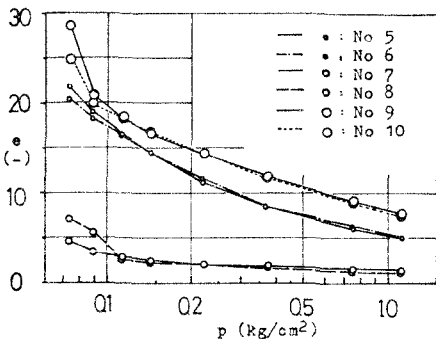


図-2 間隔 z (e)と圧密圧力 p の関係

相対 C_v は、 $P > 0.2$ (kg/cm^2) のとき、上水汚泥 (No. 5, 6) と粘土 (No. 7, 8) とは、 $A\ell(OH)_3$ と 9.3 とあった。圧密量-時間曲線の形状は、圧密量が多いとき圧密終り時付近曲線の曲率が小さくなる傾向にある。また、 $A\ell(OH)_3$ の各荷重段階の圧密量と無次元の圧密度に直して圧密量-時間曲線を描き、これらのグラフと圧密に移動させると長い区間には重なりが現れた。このことは、 $A\ell(OH)_3$ の性状が圧密圧力の増加によってほとんど変化しないためと考えられる。図-3 に、圧密圧力 P と体積圧縮係数 m_v および変水値透水性係数 k_e を示す。各試料について体積圧縮係数の大きな順に並べると、上水汚泥 $> A\ell(OH)_3 > 青葉山粘土 > カオリン$ となる。また、変水値透水性係数の減少割合の大きな順に並べると、上水汚泥 (No. 1, 4) $> 上水汚泥$ (No. 5, 6) $> 青葉山粘土 > カオリン$ となる。このことより、上水汚泥は他の試料に比べ圧密圧力の増加により最も締め固められ（濃度が低いため）、しかも最終荷重段階では透水性係数 (k_e) が最も小さくなり、脱水性が非常に悪くなる。逆にカオリンはそれほど悪くならないことになる。図-4 に変水値透水性係数 $C_{v,e}$ を用いて圧密係数 C_u と求めた結果を示す。カオリンの $C_{v,e}$ は、圧密中増加し続ける。

このことは、透水側付近の圧密速度を早め、その影響は圧密初期に圧密量が増える結果を生ずる。カオリンの時間-圧密度曲線で、初期に圧密量が多いのはこのためと考えられる。 $A\ell(OH)_3$ の $C_{v,m}$ は、 $1.0 \times 10^{-1} \sim 3.0 \times 10^{-2}$ (cm^2/min) と今回用いた試料の中では最も変化が少なかった。

また、No. 1, 4 の上水汚泥の $C_{v,e}$ は、初期濃度の高い No. 5, 6 のそれよりも小さい値を示す。この差は、No. 5, 6 の k_e の値の方が大きいためであるが、初期濃度の高い上水汚泥の方が透水性係数が小さくなることをよき方自然であるから、結果はこれと逆になったことになる。このことから、初期濃度の低い上水汚泥の方がよく締め固まることになるが、今後検討を加えたい。図-5 に、実験的透水性係数と理論的圧縮係数 ($C_{v,m}, C_v'$) を示す。 $C_{v,m}$ は、上水汚泥では $C_{v,e}$ よりも小さく見積られる傾向にあり、全体적으로는、圧密圧力が小さい範囲で小さく、大きい範囲ではほぼ等しいかやや大きく見積られる傾向を示す。また、 $C_{v,m}$ と C_v' の差は、予想ほど大きくなかった。

〔参考文献〕：二宮「軟弱粘土の圧密」

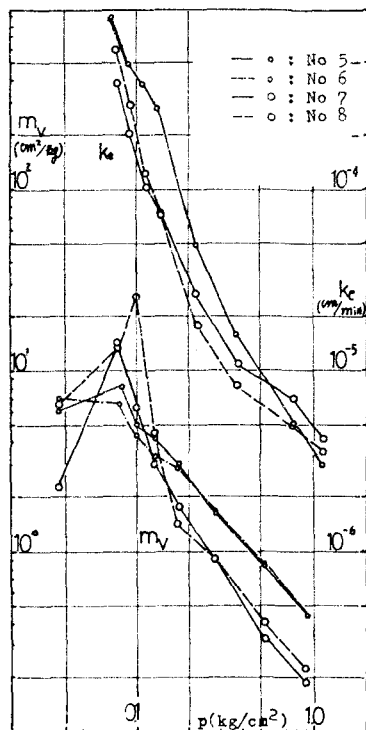


図-3 体積圧縮係数 (m_v) および変水値透水性係数と圧密圧力 (P) の関係

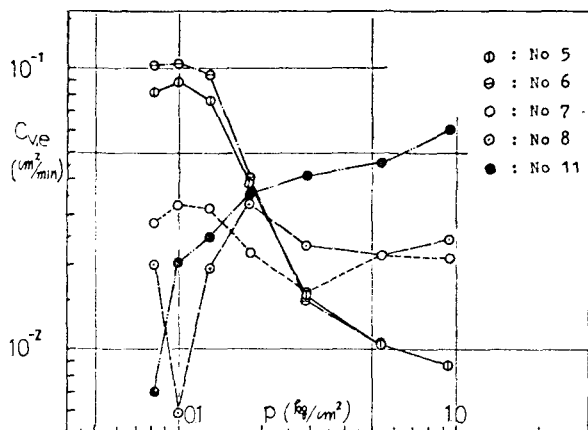


図-4 圧密係数 ($C_{v,e}$) と圧密圧力 (P) との関係

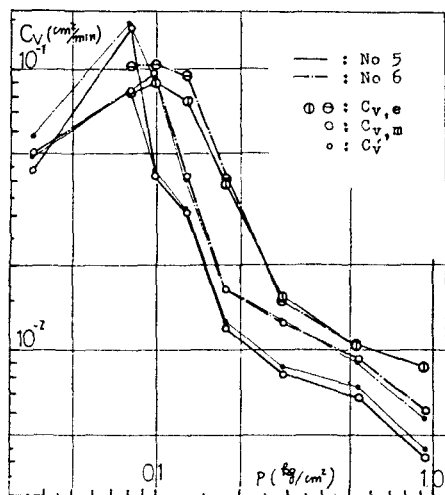


図-5 圧密係数 ($C_{v,e}, C_{v,m}, C_v'$) と圧密圧力 (P)