

# 粘土の透水性に関する実験的研究

金沢大学 正員 西田 義親

〃 〃 八木 則男

〃 〃 二木 幹夫

はじめに

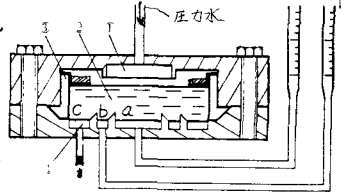
一般に透水性の低い粘土などの透水係数を求める場合、普通の圧密試験結果から逆算的に透水係数を求めるという方法がとられることが多い。従来の圧密試験は一次圧密領域の結果から透水係数を求めているのであるが、その一次圧密領域の中には、二次圧密的成分、いわゆる構造粘性による時間的遅れの影響が多少とも含まれていると考えられる。しかし透水係数を求める際にはこのような影響は考慮されず、直接測定された透水係数の方が Terzaghi 理論から求められた透水係数よりも若干大きくなることを以前に発表した<sup>(1)</sup>。今回はその補足として、構造が異なると思われる粘土について新たに、Gibson and Lo のレオロジーモデルを用いて、圧密試験から求めた透水係数と、高压透水試験から求めた透水係数の相互比較を行ったので、その結果を報告する。

## 実験試料および実験方法

実験に使用した試料およびその物性を表-1に示す。図-1は高压透水試験装置の概要を示したものである。圧力は水頭にして300mまで付加が可能であるが、実験に際しては5m~100mの水頭を用いた。試料下端の排水部は内側よりa, b, cの部分に区切り、リングに沿う水の流れを少なくするためc部の排水を止め、さらに試料の上の周辺にベントナイトを塗りその上をドーナツ型のビニール膜と木の板で押えた。この結果b部への透水量は多くなったがa部には影響はないと思われるので、透水係数の算定にはa部からの透水量を用いた。

表-1

|              | 比重   | LL    | PL   | PI   |
|--------------|------|-------|------|------|
| 柴山鴻粘土        | 2.74 | 55.7  | 35.6 | 20.1 |
| 九谷粘土         | 2.69 | 62.4  | 20.8 | 39.6 |
| Al-Bentonite | 2.64 | 168.9 | 22.6 | 96.3 |



①ポラスストーン②試料③圧密リング

図-1

## Gibson and Lo理論による透水係数の算定

Gibson and Loは図-2に示すレオロジーモデルをもとに圧密方程式を導き、非常に短い時間の間において、沈下量 $P(t)$ は

$$P(t) = \frac{2}{\pi h} \sqrt{\frac{B}{A}} \cdot q_0 \cdot \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{A}{h} t + \alpha \left( \frac{A^2 t^2}{h^2} \right) \right] \quad (1)$$

また時間が非常に長くなると

$$P(t) = q_0 \cdot h \cdot \left[ \frac{1}{A} + \frac{1}{B} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{B}{h} t\right) \right\} \right] \quad (2)$$

なる解を求めている<sup>(2)</sup>。(2)式において $t \rightarrow \infty$ とすると $P(\infty)/h = \varepsilon(\infty) = \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B}\right) q_0 \dots (3)$

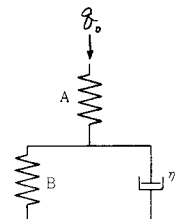
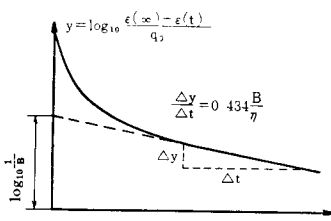


図-2

(3)式から(2)式を引いて両辺の対数をとると、

$$\log_{10} \frac{P(\infty) - P(t)}{q_0} = \log_{10} \frac{1}{B} - 0.434 \frac{B}{h} t \quad (4)$$

(4)式を図示すると図-3のようになる。透水係数の算定には図-3よりB, hの値を求め、(3)式よりAの値を計算する。その結果、A, hの値のオーダーがそれぞれ $10^7$ ,  $10^7$ であったので(1)式の $\alpha$ 項以下を無視してhの値を求めた。なお最終沈下量 $P(\infty)$ には、96時間以後の圧密が $e \sim \log t$ 上で直線的に進むとして $t = 5 \times 10^4$ 分の所で求めた。



Gibson and Lo 理論の図解法

図-3

## 実験結果および考察

図-4～6に従来の圧密試験(Terzaghi理論), Gibson and Lo理論および高圧透水試験から得られた透水係数の値を示す。図4図～図5図からわかるように 九谷粘土, 柴山潟粘土で約1オーダー, Gibson and Lo理論から計算された透水係数の方が Terzaghi理論から計算された透水係数よりも大きくなっている。これは, Terzaghi理論の場合, 沈下の時間的遅れは透水性の良否だけによつて影響されるのに対して, Gibson and Lo理論の場合は 土構造の圧縮抵抗の粘弾性, つまり図3図のダッシュボットの粘性抵抗を加えたものによつて影響される。この粘性抵抗が無視できない程度の大きさであるところのような結果になると思われる。さらに実際の透水係数が, 九谷粘土では Terzaghi理論, また柴山潟粘土では Gibson and Lo理論から求めた透水係数に近い値をとっている。

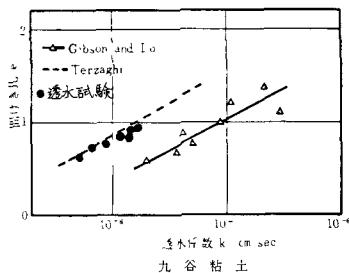


図-4

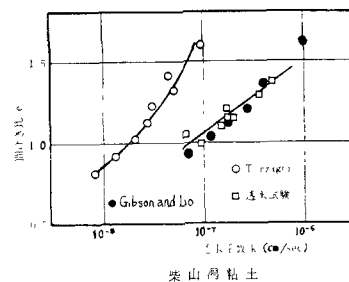


図-5

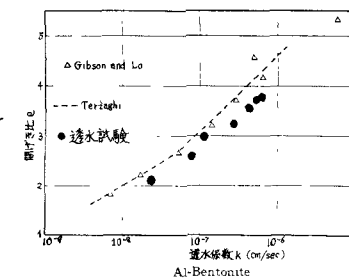


図-6

Al-Bentoniteの実験結果では三種の方法で求めた透水係数の間には違いはみられず, ほぼ一致した値となっている。Al-Bentoniteでは二次圧密量が大きく, すなわち粘性抵抗を伴う変形が大きいにもかかわらず, このような結果が得られた理由は次のように考えられる。Al-Bentoniteは, Na-Bentoniteに凝集剤として硫酸アルミニウム( $Al_2(SO_4)_3$ )を加えたものである。その後, 蒸留水で洗浄すると粘土構造は $Al(OH)_3$ を核とし, その回りにBentonite粒子が凝集したブロックを一単位として集まったものとなると考えられる。圧密に際して, 第一段階で間引き水の流出に伴つて個々のブロック間距離が近づく一次圧密が生じ, 次に第二段階として個々のブロックが変形する二次圧密が生じる。Al-Bentoniteの構造上の特殊性のため, 一次圧密と二次圧密が, きり分離され, 一次圧密中に含まれる二次圧密が極めて少ないことによると思われる。つまり, Gibson and Loのレオロジーモデルで考えれば, Aのパネが最終ヒズミに達するまでに, ダッシュボットに小さい変形しか起こらない場合(これが非常に大きい場合)に対応すると思われる。

まとめ

Terzaghi理論, Gibson and Lo理論によつて求めた透水係数が 高圧透水試験から求めた透水係数と一致するかどうかは粘土の圧密特性の違いによつて, 多少かわる。しかし, その差は大きくとも1オーダー以内であり, オーダー程度が必要であれば, 従来の圧密試験から求めた値で十分であろう。なお本研究の実験には元金沢大学工学部学生(現大阪市)の片山貴美君の協力があったことに感謝する。

## 参考文献

- (1) 松村, 西田, 大島 高圧透水試験を用いた実験: 粘土粒子配向変化が透水係数に及ぼす影響について 第27回年次学術講演会講演概要集, (1972)
- (2) Gibson RE and Lo, K.Y., A Theory of Consolidation of Soils Exhibiting Secondary Compression, Acta Polytechnica Scandinavica, G1 10 (1961)