

1 はじめに

粘土はその配向性から、構造的に異方状態にあると考えられる。従って、粘土層内の間隙水の流れも鉛直方向と水平方向へ流れる場合では、圧密挙動に影響が現われると思われる。この考え方に基づき、ここ数年水平方向に排水する圧密試験機により水平方向圧密係数 c_h を求めてみたが『 c_v よりやや大きい』という一般的な認識と大きく異なる結果を得ることはできなかった^{1)・2)}。圧密係数の異方性を圧密試験結果から得ることには限界をも感じているが、以下に示す排水形状により再度検討することにした。なお、この試験機は圧密試験を行いながら透水係数を測定することもできる。ここでは、試験機を紹介し結果整理の際に必要な事項や試験機の構造上の問題点について説明する。

2 試験装置と供試体の作製

図-1に試験装置の断面図を示す。供試体の寸法は内径6cm、高さ2cmであるが、バーチカル・ドレーンなどの圧密モデルと同様に中空円柱の供試体を作製する必要がある。この中空部分に排水材が挿入される。その大きさは内径8mmである。また、供試体の外周面にも厚さ4mmのポーラス金属が存在する。荷重装置は水圧制御式のゴムジャッキを採用し最大3.2kgf/cm²の圧密圧力が加えられる。

中空部分の成形方法については、昨年の土質工学会の研究発表会³⁾においても議論されていた。そこでの意見では、ワイヤーソーで切り出すと試料の乱れが少ないとのことであった。実際にワイヤーソーで切り出すための器具を製作して試みたが、いわゆる粘土らしい粘土には適すると思われるが、混入物が存在したものや粘土質ロームなどには不適であった。このような試料の場合には、コルクローラー（化学実験などでゴム栓に穴を開ける鋭利な刃先を有するもの）を用いるとよいと思われる。

3 圧密解析

前記した中空円柱の排水条件を図-2に示す。外周面と中空円柱の内周面が排水面となり、上下端は非排水面である。すなわち、間隙水は r_w の幅の1/2を境として外向きと内向きの二次元放射流れが生じることになる。また、圧密変形は一様に変位すると考える。解析に用いた圧密方程式は次のテルツァーギによって導かれた熱伝導の基本方程式の二次元版であり、これを近似差分方程式により計算した。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

境界内の分割は正方形格子区分で、一辺の長さは内径寸法の100分の1とし、境界は仮想節点を考えた虚像法を用いている。図-3には得られた計算結果の平均圧密度 U を時間係数 T_h を対数にとった値に対してプロットした。また、図-4は $U \sim \sqrt{T_h}$ 曲線である。従って、水平方向圧密係数 c_h は次式により求められる。

$$\log t \text{ 法 (曲線定規法) の場合} \quad \sqrt{t} \text{ 法 の場合} \\ c_h = \frac{0.0401(r_w/2)^2}{t_{50}} \quad c_h = \frac{0.1743(r_w/2)^2}{t_{90}} \quad (2)$$

ただし、 $(r_w/2)$ は水平方向の排水距離で1.3cmである。

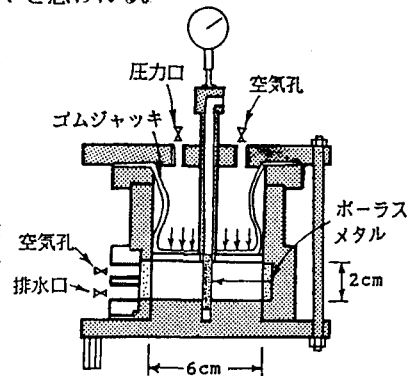


図-1 試験機の断面図

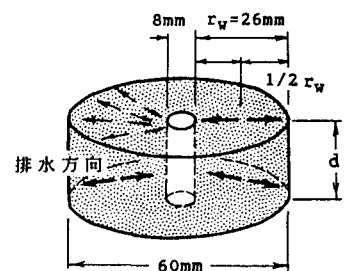


図-2 排水条件

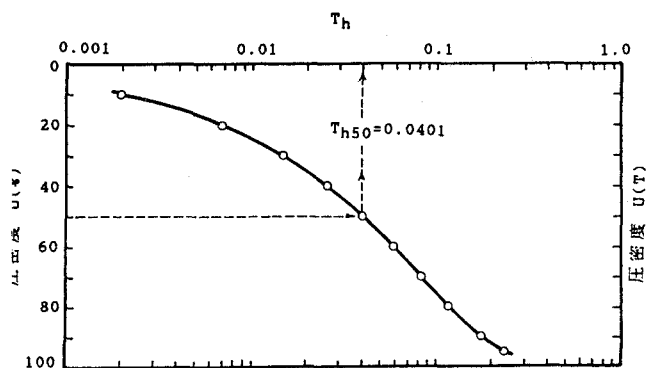


図-3 圧密度 $\sim \log T_h$ の関係

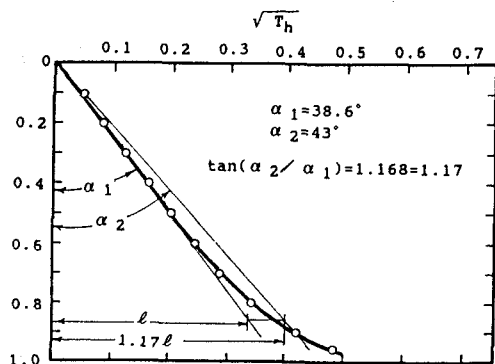


図-4 圧密度 $\sim \sqrt{T_h}$ の関係

4 試験機の問題点

圧密試験結果に影響するものには、供試体の周面摩擦、載荷時間や荷重増加率などがあり、これらによりデータに差が生じることはよく知られている⁴⁾。本試験機の場合は、特に周面摩擦の影響をうけることが考えられる。供試体と接する外周面にはボラスメタルが位置し通常の圧密リングほど滑らかではない。しかも、周面摩擦を低減するために行われるテフロン加工やオイルを塗布することができない。さらに、図-5に示したように内周面の接触面積分が外周面の値の13%ほど増加する。ただし、外周面にボラスメタルが存在するケースの圧密挙動を示した文献²⁾によると、外周面の摩擦による影響は先行圧密圧力を境にかなり軽減される結果を得ている。

ところで、この試験機を試作した目的の一つに $e \sim k$ の関係を精度よく求めることがある。特に圧密圧力下における水平方向の透水係数である。著者らは、水平方向の透水係数は圧密現象を支配する多くの要因のなかでも、卓越した支配要因であると考えている。この試験機の場合は、中心軸（中空の部分）から給水し外周面からの排水量を計測すれば、次の式によって水平方向透水係数 k_h が求められる。式の誘導に用いた境界条件は図-6に示す。

$$k_h = \frac{q}{h \cdot d} \cdot \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{n} = 0.32 \frac{q}{h \cdot d} \quad (3)$$

ここに、 q ：単位時間当たりの浸透水量、 h ：水頭差、 d ：供試体の高さ、 n ：中空部分の内径8mmと外径60mmとの比で0.13とした。

以上、実際の沈下における排水現象に即した圧密試験の特徴や問題点を簡単に紹介した。

5 おわりに

室内試験より実用上の圧密係数を求めることはかなり難しいと考える。その検討を行うと同時に実際問題を扱う場合の卓越する支配要因と思われる水平方向透水係数、すなわち、 $e \sim k_h$ の関係を知るための圧密試験機を試作してみた。今後は、計測を重ねて、そこに示された挙動について検討を行うつもりである。

参考文献 1) 赤木・石田(1989):側面排水型圧密試験機の圧密解析,第24回土質工学研究発表会. 2) 赤木・石田(1990):粘土の水平方向圧密係数,第25回土質工学研究発表会. 3) 第25回土質工学研究発表会 圧密・圧縮セッションにおける討論. 4)例えば,土質学会(1990):土質試験の方法と解説

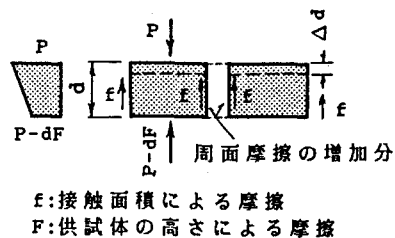


図-5 側面摩擦

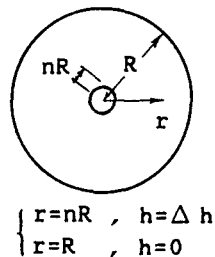


図-6 境界条件