III−15　　特殊三軸圧密試験機の試作について

近畿大学理工学部　正員　中野　坦

概説

圧密理論は『図−1のような微小六面体において dt 時間中に起こる容積変化は、その時間中における間ゲキ水の流入量と流出量の差に等しい』として誘導される。これを三次元的に取り扱うと、

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t}(dx \cdot dy \cdot dz)dt = -\frac{k}{\gamma_w}\nabla^2 u\,(dx \cdot dy \cdot dz)dt \quad \text{——— (1)}$$

こゝに、$\epsilon = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$ ＝ 体積ヒズミ

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ ＝ x, y, z 方向の縦ヒズミ

なる式が導びかれる。間ゲキ水圧 u は等方性圧力であるからすべての方向の変形が自由であるとして、粘土の粒子骨格構造を等方等質の弾性体と仮定すれば、

$$\epsilon = -\frac{3(1-2\nu)}{E}u = -\frac{1}{K}u = -m_v' u \quad \text{— (2)}$$

こゝに、ν ＝ ポアソン比　E ＝ 縦弾性係数

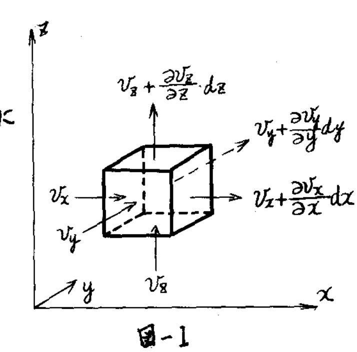
K ＝ 体積弾性係数　m_v' ＝ 体積圧縮係数（等方的）

が成立するからこの関係を(1)式に代入すると、

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} = C_v' \nabla^2 \epsilon \quad \text{または} \quad \frac{\partial u}{\partial t} = C_v' \nabla^2 u \quad \text{——— (3)}$$

こゝに、$C_v' = k/\gamma_w m_v'$

となり、レンリックの圧密理論式と一致したものが得られる。



図−1

なお、テルザーギの圧密理論に論においては、側方変形が零、すなわち、$\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ で体積ヒズミは鉛直方向の縦ヒズミで起こり、また、間ゲキ水の流れは鉛直方向にのみ起こるとしている。それゆえ(3)式は、

$$\frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} = -\frac{k}{\gamma_w}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \text{——— (4)}$$

となる。そしてこのような変形条件においては、赤井等が指摘したように水平方向と鉛直方向の有効応力の比が K_0 なる一定値をとり、圧密の進行に伴って側方圧力の減少をまねいて形状変形を含む圧密変形が生ずる。そこで、粘土の骨格構造を等方等質の弾性体であると仮定すると、

$$\varepsilon_z = -\frac{1}{E}\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu} = -m_v u \quad \text{——— (5)}$$

なる関係が成立するから、

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \text{または} \quad \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial z^2} \quad \text{——— (6)}$$

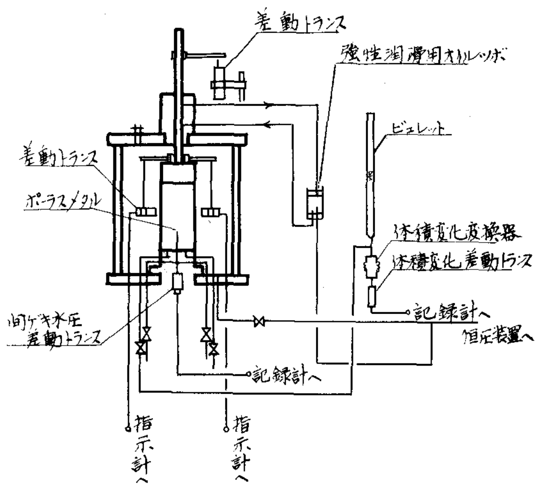
こゝに、$C_v = k/\gamma_w \cdot m_v$

なる周知の式を得る。

試験機

今回試作した試験機は図−2のように、応力制ギョ型の三軸圧縮試験機と同型のもので、側方圧力を空気圧、軸方向圧力を重錘荷重で載荷し、試験中の荷重を長時間一定値に保つことができる。供試体は直径 60 mm、高さ 120 mm の円筒状で周辺に濾紙をはりつけてドレーンとし、水平方向に放射流れを起こさせて圧密を行なう。この際、供試体に鉛直方向の流れを起こさせないようにするため、下部加圧板のポーラスストーンと供試体底面とその間にパラフィン等の遮水膜を設けて直接流れ込むのを遮断する。上部加圧板からの排水は起こさせない構造とし、試料との接触面を可撓性（薄いゴム膜で密閉される空間に着色水を封じ込める）あるいは剛性のいづれにもなし得るものとする。下部加圧板の中央に先端にポーラスメタルを持つ針を直立させ、供試体水平断面の中心にお

ける間ゲキ水圧を測定する。変形は軸圧方向と側方方向に差動トランス型の変位計を取りつけて計測し、容積変化は周面のドレーンから下部加圧板のリング状ポーラスストーンを通って排水される水をビューレットに導びきその水位変化を圧力変換器によって測定する。これらの計測値はすべて自記記録させるものとした。



(a)

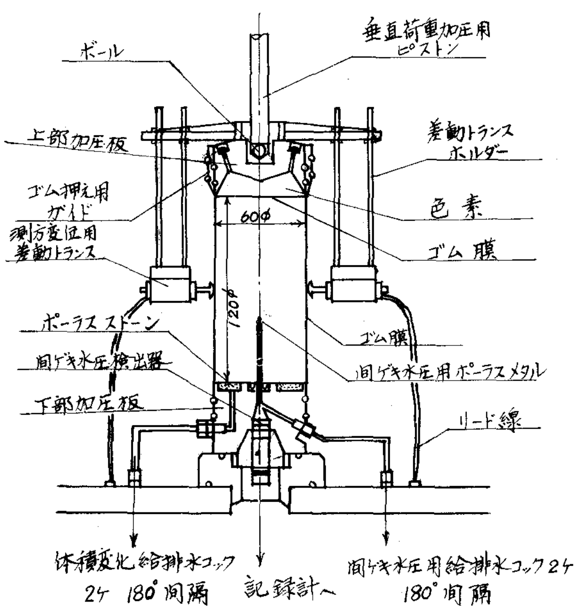


図-2

(b)

試作の目的

筆者は数年前より、サンドパイルの設計において最も重要な役割を果たす水平方向の圧密係数の決定を供試体に水平方向のみの流れを起こさせる状態での三軸圧密試験によってなさんとした。三軸圧密における基本式は(3)式から、

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + C_v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} \right) \qquad (7)$$

でキャリローによれば上式を、

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \qquad (8a)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} \right) \qquad (8b)$$

とに分離して解き、後、合成して合成流れによる圧密を計算し得るとしている。したがって、等方性圧力での上記試験においては(8b)式が直接適用できるし、また、鉛直と水平方向との流れを分離するわずらわしさを避けられる利点がある。

従来は剛性加圧板を用いて鉛直方向圧力を加えていたのであるが、圧密がドレーンのある供試体周辺部から内部に向って進行するため、鉛直方向の変形が遅れる中心部に応力集中が起こり、そのために圧密終局部にズレが生ずる。なお、今回、このズレは可撓性の加圧板を用いることによって完全に無くし得ることを確認した。すなわち、(8b)式の適用条件を充すことができた。そこで、このような条件での圧密試験を基本として、変形条件の変化に伴うズレの検討、あるいは、同条件での圧密中の m_v の変化の影響、二次圧密の問題等を充分に照査することができる。変形条件としては、サンドパイルの free strain、および、equal strain に相応するものとして、側方変形ゼロ状態(側方変位計の観測において側方圧力を手動で制ギョする)での可撓性加圧板と剛性加圧板の載荷によって行ない得る。

各種の試験結果については講演会当日に口頭で報告する。