放射流れの圧密変形

近畿大学理工学部　正員　○中野 坦
鈴木 正治

粘土の圧密に関する一般式は衆知の通り

$$C_v \nabla^2 u = \partial u / \partial t \qquad (1)$$

こゝに　$C_v = k/\gamma_w m_v$ ＝圧密係数　　k＝透水係数

m_v＝体積圧縮係数　　u＝過剰間ゲキ圧

であり、サンドパイル等の円筒座標による三次元圧密の一般式は

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

こゝに　C_h＝水平方向の圧密係数

で表わされる。キャリローによれば(2)式は

$$C_h\left\{\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right\}=\frac{\partial u}{\partial t} \qquad (3a)$$

$$C_v\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}=\frac{\partial u}{\partial t} \qquad (3b)$$

の二つの微分方程式に分離して解き、のちに

$$u_{(r,z,t)}=\frac{u_{(r,t)}\,u_{(z,t)}}{u_{(r,z,0)}} \qquad (4)$$

によって組み合わせれば良いとした。そしてサンドパイルに関する(3a)式のバロンの解は有名で最も広く実用に供されている。サンドパイル工事のコストは設計に使われる圧密係数値に支配されるからその決定は慎重かつ正確でなければならない。このことから多くの研究者がこの問題に取り組んできたが、大別すると側方変形を起させない圧密試験機か、または三軸圧密試験機を使用して決定する。前者の代表的なものはシールドとロウによる方法で、モールド中央に模型のサンドパイルを作り、水平方向の流れのみによって鉛直圧力で圧密を起させる。これは実際に起こる変形と同一条件になし得る点で優れているが、特殊な装置が要されること、周面マサツ、サンドパイル模型の圧密圧に及ぼす影響等の未知の問題が残されているように思われる。後者においては川上、マッキンリー等の方法であり鉛直流れと水平流れによる圧密の分離がむつかしいこと、ドレーンペーパーの損失水頭の影響、後述の理論的矛盾がある。

筆者は厚い粘土層に打込まれたサンドパイル（サンドドレーンの機能はこの条件において充分に発揮される）の層中央付近の粘土が水平流れのみによって圧密されること、鉛直流れと水平流れの分離のわずらわしさを避けることから、三軸圧密試験で試料に水平流れのみを起させて、その圧密特性を調べてきた。この条件における圧密基本式は(3a)式であるとしてm_v、kの変化、二次圧密を考慮した理論式を導びき、ある程度まで適合することがわかった。

図-1　等方圧密中のひずみの時間的変化

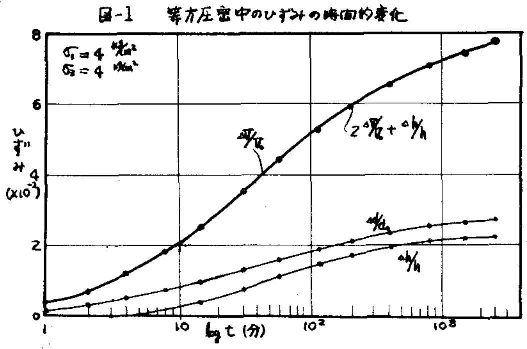


図-2　異方圧密中のひずみの時間的変化 (σ₁:σ₃=1:0.7)

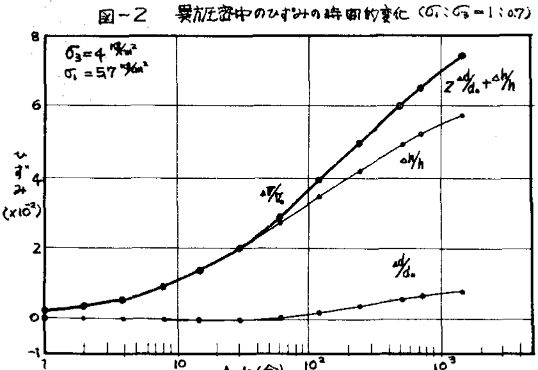
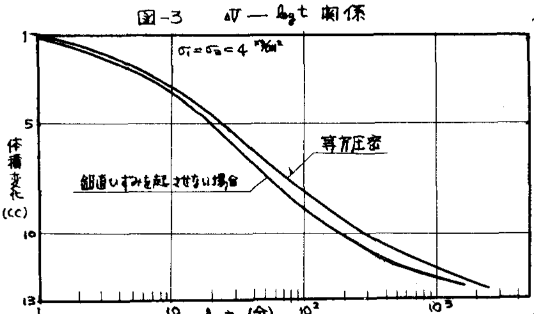


図-3　ΔV — log t 関係



こゝで　いま一度(3a)式の組立てについて考察すると『水平流れによる脱水量とその流れの方向に起こる圧縮変形が等しい』として導びかれているから鉛直方向の変形が生じないときにのみ適合することを言外に含んでいる。しかるに鉛直流れを遮断した三軸圧密試験において等方圧力で圧密した場合，直径方向のヒズミよりも若干小さい割合ではあるけれども鉛直ヒズミが起こる。(図-1)，異方性圧密(図-2)ではこれに軸差応力によるセン断変形が鉛直ヒズミに加算され同時に水平方向の膨脹に次ぐ圧縮変形が見られる。また，鉛直方向の変形を起させないで圧密させるとき，(図-3)に見られるように，等方圧密の場合のそれよりも早い速度でやゝ大き目の変形が起こる。また曲線の形状は殆んど変わらないけれども一次圧密終了近くで等方圧密のそれよりも若干急曲することがわかる。この条件が(3a)式の誘導時におけるそれと合致するように思われるけれども，鉛直流れによる標準圧密試験において赤井等が指摘したと同様，

圧密中に試料内部に応力変化が生じ，それに伴なう理論外のセン断変形が起こる。

以上のことから，より複雑なセン断変形を含めた圧密を避けるために，等方圧力による圧密を充分に検討することが当面の問題であるとすれば，(3a)式の適用限界を越える。

そこで(3a)式の矛盾を解消する一法として，三笠が指摘したように，圧密基本式を間ゲキ水圧でなくヒズミに関して

$$C_v \nabla^2 \varepsilon = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \qquad (5)$$

と置いて，ヒズミに関する適合条件を境界条件として解き，(3a)式のそれとの相異を明確にした上でより実用的な(3a)式理論に適合するようにしたい。