

間ゲキ水圧の発生ズレ

近畿大学理工学部 正員 中野 坦

三軸試験機による圧密試験において、載荷に対応する過剰間ゲキ水圧、変形が時間的なズレを伴って起る。一般に、それらが十分に平衡するのに数時間を要するから、その間は非排水状態を保持した後、排水コックを用いて圧密試験に移る。このような時間の浪費を避けて、載荷と同時に圧密試験を開始した場合、試験結果にどのような影響を与えるかを調べることにした。

(i) 間ゲキ水圧発生ズレを表す近似式

三軸試験試料に非排水状態で載荷が行なわれたとき、そこに発生する過剰間ゲキ水圧は瞬時的に上昇するのではなく、時間と共にその上昇率を速減する形で発生する。

この現象は、同時に試料の値直変形の生起過程においても見られ、両者の間に相関関係があるように思われる。そこで、変形に際して遅れを生ずるような構造模型として図-1に示すVoigt型の力学モデルを考える。このモデルにおいて G_0 を一定とすると

$$\varepsilon_{z(t)} = \varepsilon_{z(\infty)} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{E}{\eta} t\right) \right\} \quad (1. a)$$

で表わされる。いま、間ゲキ水圧の発生において生ずるズレについても、同様の関係式が成り立つとすれば、ある時間の間ゲキ水圧は

$$u(t) = u_0 \left\{ 1 - \exp(-\alpha t) \right\} \quad (1. b)$$

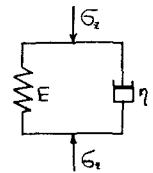


図-1 Voigt型モデル

と書くことが出来る。この式を使って試験結果と対応させたところ、かなりの精度で近似させ得ることを確かめた。

(ii) 間ゲキ水圧発生ズレを考慮した放射流れの理論式

図-2に放射流れの圧密を受ける試料の平均間ゲキ水圧を経過時間に対して示した。図中の実線は、載荷の瞬間において間ゲキ水圧が上昇し、次の瞬間から圧密が開始される場合を示す。一実線は非排水状態の試料に載荷を行なったとき見られる間ゲキ水圧の発生経過を示す。

実線は載荷と同時に排水状態にした試料が示す間ゲキ水圧変化を表わしている。

この場合、間ゲキ水圧の上昇と並行して圧密による減少が起るから慣性の定義による初期間ゲキ水圧 u_0 に到達しないで進減が始まる。そして、載荷後、非排水状態で数時間放置して間ゲキ水圧が十分に生じた後、圧密を開始した場合(実線)と比較して遅れる。そこで、この遅れを調べるために理論解を導く。この問題は間ゲキ水圧発生過程で、その量が時間的に変化するのであるから漸増荷重を受ける圧密理論を適用すれば良い。

外向きの放射流れに対するこの場合の解は、

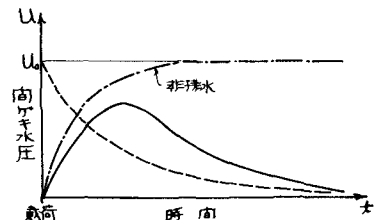


図-2 間ゲキ水圧の変化

$$U_{(r,t)} = 2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{U_i}{m_i J_0(m_i r)} J_0\left(\frac{m_i r}{R}\right) e^{-m_i^2 T} + 2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{m_i J_1(m_i)} J_1\left(\frac{m_i r}{R}\right) \int_0^T \frac{\partial U}{\partial T} e^{-m_i^2 (T-\tau)} d\tau \quad (2)$$

ここに、 $T = C_v t / R^2$ 、 R = 試料の半径、 $m_i = 0$ 階の第一種 Bessel 関数の零、
(2) 式において、初期条件として、 $U|_{t=0} = U_i = 0$ 、また、先に求めた(1.b)式より $\frac{\partial U}{\partial T} = U_0 \beta \cdot \exp(-\beta T)$ 、ここに、 $\beta = \alpha R^2 / C_v$ 、と置く

$$U_{(r,t)} = 2 U_0 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{m_i J_1(m_i)} J_0\left(\frac{m_i r}{R}\right) \frac{\beta}{\beta - m_i^2} (e^{-m_i^2 T} - e^{-\beta T}) \quad (3)$$

が得られ、ある時間の圧密による体積変化量は

$$\Delta V_{(t)} = m \cdot V \cdot U \cdot U \quad (4)$$

$$\therefore U = 1 - e^{-\beta T} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4\beta}{(\beta - m_i^2) m_i^2} (e^{-m_i^2 T} - e^{-\beta T})$$

よって算定できる。 β の種々の値について計算すると図-3 のようである。

(iii) 試験結果と考察

同一の試料を使って、1 個の試料については非排水状態で載荷を行ない、1 日向け放置して間ゲキ水圧変化を観測して α を定める。次に圧密を行ない、圧密係数を定める標準的な手法による試験を行なった。いま 1 個の試料については、排水状態で載荷を行ない同時に圧密を起させる試験を行なった。

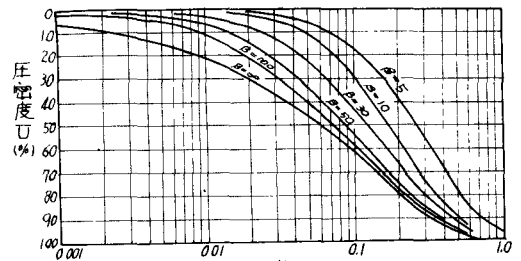


図-3 U-T 関係曲線

後者の試験結果を前者によつて求めたパラメーターを使って解析し、理論値と実測値とが割合によく合致することがわかった。実験によつて観測された β 値は 2.95 ~ 4.3 と広範に分布した。したがって、間ゲキ水圧の発生を無視して解析を行なった場合、 C_v の値を $1/4 \sim 1/5$ に見積ることが起り得る。

また、この比較試験において、両者において起る鉛直ヒズミの比較を行なったところ、前者に比べて後者の値が小さく、極端な例では 50% にも足りないものも観測した。

試験結果より次のことがわかった。

地盤中の土塊では間ゲキ水圧の発生をズレが圧密の時間に比べて無視し得る程小さいとするならば、

- (1) 圧密試験は非排水状態で載荷し、間ゲキ水圧が平衡するまで放置した後に行なうなければならない。放置時間は試料によって異なるけれども、安全を期するためには 1 日を要する。
- (2) これと同様の現象が標準圧密試験においても起るものと思われる。ところで、この試験機では非排水状態に保たれないから試験結果の誤差の原因となるであろう。