I—17 粘性土に生ずる間隙水圧について

九州大学工学部 正員 工博 水野 高明
〃 〃 徳光 善治
〃 〃 ○川上 浩

飽和粘土の三軸急速試験中に生ずる間隙水圧について考察するには，図-1の如きA.Casagrandeが発案したモデルについて考えると好都合である。このモデルには剛体の球が格子状に配置され，それが縦横にバネで連結されており，その空隙は水で完全に満たされているとする。そしてこのバネは圧縮時と膨脹時ではバネ常数が異るものと考える。

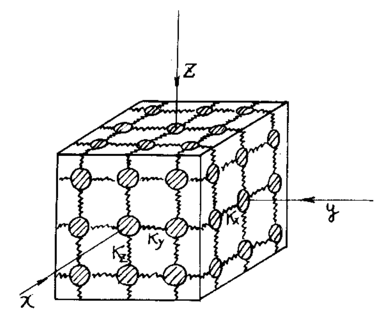

図-1 A.Casagrandeによる土の力学モデル

今，単位長さの一辺をもつ立体をとって考える。

図-1に示す如く直交座標x.y.z軸を考える。今

K_x, K_y, K_z：3方向夫々の圧縮変形に対するバネ常数

K_x', K_y', K_z'：3方向夫々の膨脹変形に対するバネ常数

$\Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y, \Delta\sigma_z$：Δt時間にこの立体に作用した外応力の増分

$\Delta\bar{\sigma}_x, \Delta\bar{\sigma}_y, \Delta\bar{\sigma}_z$：〃 に生じた有効応力の増分

Δu：〃 に生じた間隙水圧の増分

とすると次の関係が成り立つ。

$$\Delta\sigma_x = \Delta u + \Delta\bar{\sigma}_x \qquad \Delta\sigma_y = \Delta u + \Delta\bar{\sigma}_y \qquad \Delta\sigma_z = \Delta u + \Delta\bar{\sigma}_z \quad \cdots\cdots (1)$$

又 $\Delta\varepsilon_x, \Delta\varepsilon_y, \Delta\varepsilon_z$：3方向夫々の変位の増分（圧縮変位を正）

$$\left.\begin{array}{llll} \Delta\varepsilon_x, \Delta\varepsilon_y, \Delta\varepsilon_z > 0 \text{ の時は} & \Delta\bar{\sigma}_x = K_x\cdot\Delta\varepsilon_x & \Delta\bar{\sigma}_y = K_y\cdot\Delta\varepsilon_y & \Delta\bar{\sigma}_z = K_z\cdot\Delta\varepsilon_z \\ \Delta\varepsilon_x, \Delta\varepsilon_y, \Delta\varepsilon_z < 0 \text{ の時は} & \Delta\bar{\sigma}_x = K_x'\cdot\Delta\varepsilon_x & \Delta\bar{\sigma}_y = K_y'\cdot\Delta\varepsilon_y & \Delta\bar{\sigma}_z = K_z'\cdot\Delta\varepsilon_z \end{array}\right\} \cdots\cdots (2)$$

又急速試験中は

$$\Delta\varepsilon_x + \Delta\varepsilon_y + \Delta\varepsilon_z = 0 \quad \cdots\cdots (3)$$

が成り立つ。

これを一般に行っている側圧一定，軸圧のみ増加という三軸圧縮急速試験に適用すると

◎ 圧縮初期には

$$\Delta\sigma_3 - \Delta u = \Delta\bar{\sigma}_3 = K_h'\cdot\Delta\varepsilon_3$$
$$\Delta\sigma_1 - \Delta u = \Delta\bar{\sigma}_1 = K_v\cdot\Delta\varepsilon_1$$

において $\Delta\sigma_3 = 0$ $\Delta\sigma_1 = \Delta p$：軸差応力の増分

であるから

$$\left.\begin{array}{l} -\Delta u = \Delta\bar{\sigma}_3 = K_h'\cdot\Delta\varepsilon_3 \\ \Delta p - \Delta u = \Delta\bar{\sigma}_1 = K_v\cdot\Delta\varepsilon_1 \\ \Delta\varepsilon_1 + 2\cdot\Delta\varepsilon_3 = 0 \end{array}\right\} \cdots\cdots (4)$$

これらより

$$\Delta p = \left(\frac{2K_v}{K_h'} + 1\right)\Delta u$$

$\frac{K_h'}{K_v} = \lambda$ とおくと

$$\Delta u = \frac{1}{1+\frac{2}{\lambda}}\cdot\Delta p \quad \cdots\cdots (5)$$

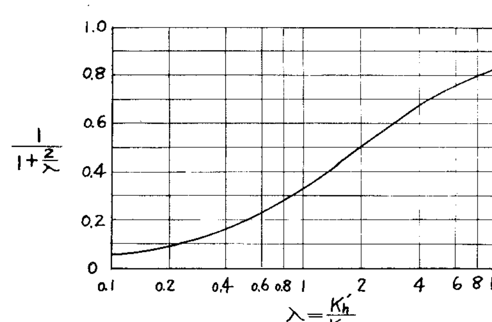

図-2

この $\frac{1}{1+\frac{2}{\lambda}}$ はSkemptonの間隙水圧係数Aに相当し，その報告通り土によって広く変化する常数である。λの値いによるこの係数の変化は図-2に示く如くである。土が弾性体ならば $\lambda=1$ で $\frac{1}{1+\frac{2}{\lambda}}=\frac{1}{3}$ となる。

◎圧縮終期　軸荷重の増加と共に土は段々破壊状態に近づくのであるが，先ず垂直方向の有効応力 $\bar{\sigma}_z$ がその土に固有な極限値 $\bar{\sigma}_f$ に達して垂直方向のバネが完全塑性の状態になると考える。即ち垂直有効応力の増分は零になる。(4)式で

$\Delta\bar{\sigma}_z = \Delta\bar{\sigma}_1 = 0$ とおけば　$\Delta p - \Delta u = 0$,　$K_z = 0$

故に　$\Delta u = \Delta p$　　$\Delta\varepsilon_1 = \frac{2\Delta p_1}{K_z}$　…………(6)

即ち破壊状態に近づくと軸荷重の増分に等しい間隙水圧を生ずる事になる。更に圧縮が進行して横方向のバネ迄完全塑性になると土は完全塑性の状態を示す様になる。

◎ 以上の場合は圧密が充分行なわれていて軸荷重の増分に相応する間隙水圧が生じうる場合であるが，圧密を行なわない急速試験の様な場合には間隙水圧が側圧と同値迄達するとそれ以上は間隙水圧は増加しえない。即ち $\sigma_3=u$ に達すると $\Delta u=0$ 或は $\Delta u<0$ となるが(4)式の関係を満足したまま $\Delta u \leq 0$ とはなりえないから $\Delta\varepsilon_1+2\Delta\varepsilon_3<0$ という容積変化を起こしてそれに応ずる事になる。

一般の三軸試験のやり方である側圧 σ_3= const について考えて来たが，側圧が変化する場合には(4)式で $\sigma_3 \neq 0$ として解くと

$$\Delta u = \left(\frac{1}{1+\frac{2}{\lambda}}\right)\Delta p + \Delta\sigma_3 \quad \cdots\cdots(7)$$

なる関係がえられる。

2.3の不攪乱粘土について実験を行っているが，その1例を図-3，図-4に示す。圧縮は応力制御にて行い，1時間位で圧縮を終えている。実験の結果圧縮初期の係数 $\frac{1}{1+\frac{2}{\lambda}}$ を常数と考えて適合するのは1%位迄であり，歪3～4%から $\Delta u=\Delta p$ なる間隙水圧が生ずる事が見られる。大部分のDataで終期には $\Delta u=\Delta p$ なる間隙水圧が生じており，又初期の係数も一部の土ではその土に固有な係数を決める事が出来る。しかし学内粘土では同じ様なTestを行っても初期の係数が大きな差異を示す場合があり，その原因を極める迄には至っていない。

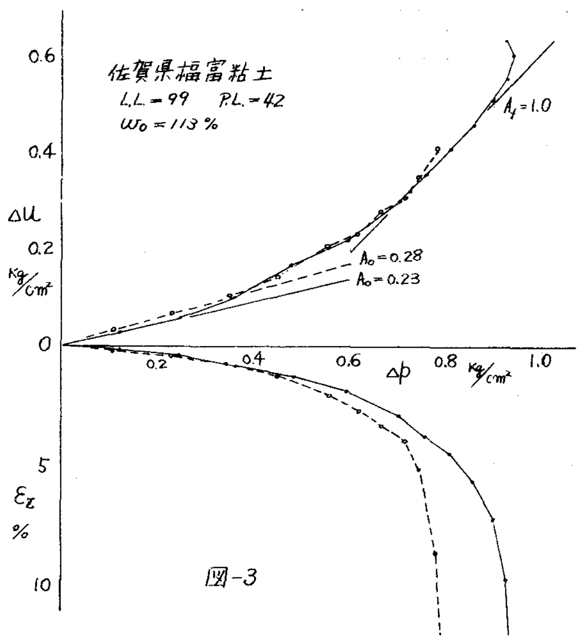

図-3

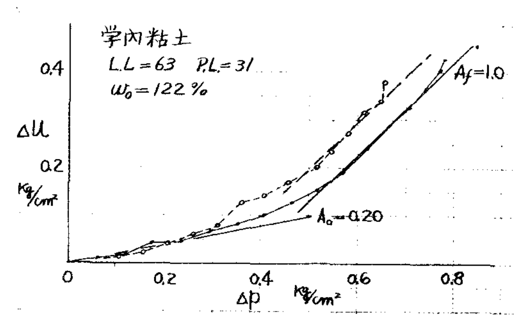

図-4