Ⅲ—44　不飽和粘土の圧密について

大阪市港湾局　正員　佐々木 伸

1．はじめに

飽和した土が、土の一般的な姿ではないにもかかわらず、不飽和土の土質力学は、飽和土のそれほど発達しておらず、不明な点が多く残されている。その理由の一つは、間げき中の気体の挙動の解析が困難であることによる。しかし、不飽和であっても飽和度の高い土では、この間げき中の気体は気泡（土粒子壁に附着するものを含む）となって存在することが多く、形状的には安定しており、比較的簡単に取扱うことができる。

また、不飽和土は、部分的に不飽和で、その他の場所では飽和であるような土と、全体が均一な飽和度をもつような不飽和土とに分類することができる。このうち、前者は、単に気体が、ある部分に存在するというだけでなく、完全に飽和した土に間げき水圧計などのように圧力により体積変化をおこさせるような物体が存在するときも同様に取扱うことができるので、これを解くことによって、間げき水圧計などの読みと、真の間げき水圧との誤差を知り得るのである。

2．$x=h$ において不飽和である圧密

いま、$x=0$ のみを排水面とし、$x=h$ においてのみ不飽和であるような土の　$x=h$ での過剰間げき水圧の挙動を調べることにする。この場合は、$x=h$ 以外のところでは、すべて飽和であるので、飽和圧密の基本式を、次の境界条件を用いて解けばよい。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \qquad 0<x<h,\ 0<t<0,$$

（境界条件）

$$u=0 \qquad x=0 \quad 0<t<\infty$$

$$\frac{h}{\gamma_w}\frac{\partial u}{\partial x} = -F\frac{\partial u}{\partial t}, \quad x=h,\ 0<t<\infty$$

$$u=P \qquad 0<x<h,\ t=0$$

$$u=P \qquad x=h \quad t=0$$

ここに、F は一次元圧縮で $[L^3F^{-1}]$ なるディメンジョンをもち、圧力による気体の体積変化を表わす定数である（実際にはFは定数ではなく圧力の関数であるが、体積変化が微小である場合は定数と考えてさしつかえない）。この解は

$$U = \frac{u(t)_{x=h}}{P} = 2\sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_v^{-\frac{1}{2}}[1-\cos(\alpha_n\cdot h\cdot C_v^{-\frac{1}{2}})] + f\alpha_n \sin(\alpha_n\cdot h\cdot C_v^{-\frac{1}{2}})}{\alpha_n(h\cdot C_v^{-\frac{1}{2}}+f)\sin(\alpha_n h C_v^{-\frac{1}{2}}) + f h\alpha_n^2\cdot C_v^{-\frac{1}{2}}\cos(\alpha_n h\cdot C_v^{-\frac{1}{2}})} \times e^{-\alpha_n^2 t}$$

$$f = \frac{F\cdot\gamma_w}{h}$$

となる。ここで、α_n は　$\tanh(\sqrt{s}\cdot h/\sqrt{C_v}) = -1/f\sqrt{C_v}\sqrt{s}$　の正根である。（$\sqrt{s}=i\alpha_n$）

この式が、$x=h$ における不飽和の過剰間げき水圧を表わしている。しかし、間げき水圧計の読みは必ずしも、この式のような挙動を示さない。それは、間げき水圧計の受圧部に変位を起させるための水が間げき内から流出してくるに要する時間が必要であり、上記境界条件の第4番目のものは、次の

ように書きかえられる。

$$u = 0 \qquad x = h, \quad t = 0$$

この条件で、飽和圧密の基本式を解くと、近似的に次の解を得る。

$$u_{t\to 0} = P\left\{2\cdot\frac{t^{1/2}}{f(\pi C_v)^{1/2}} - \frac{t}{f^2 C_v^2} + \frac{4}{3}\frac{t^{3/2}}{f^3(\pi C_v^3)^{1/2}} - \cdots\right\}$$

3. 試料内で均一な飽和度をもつ不飽和粘土の圧密

前節では、部分的に不飽和であり、その他の場所では、すべて飽和しているものについて考えたが、試料全体が不飽和である場合は、飽和圧密の基本式は用いることができず、新らたに不飽和圧密の基本式を考えなければならない。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{F}{m_v}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right) \qquad 0<x<h \qquad 0<t<\infty$$

この式を、下記境界条件のもとで解く（形式的に非常に複雑な式となったので、この紙面には略す）

（境界条件）

$$u = 0 \qquad x = 0 \qquad 0<t<\infty$$

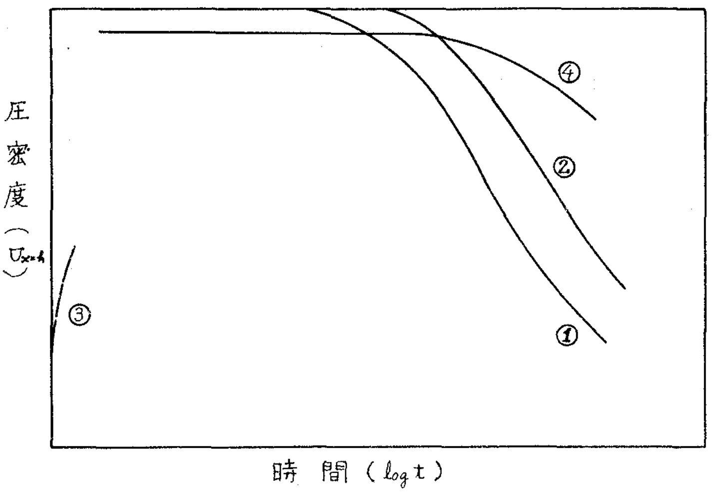
$$u = 0 \qquad x = 2h \qquad 0<t<\infty$$

$$u = P_0\ (\leq P) \qquad 0<x<2h \qquad t = 0$$

ここで、$t=0$ において $u=P_0(\leq P)$ となっているのは、不飽和圧密では、間げき水が圧縮性と考えることができ、$t=0$ において、すでに有効応力が存在することによる。

4 あとがき

以上の各式を右図にまとめた。①は飽和圧密、②は $x=h$ において不飽和な圧密、③はその時の $t=0$ における間げき水圧計の読み、④は均一な飽和度をもつ不飽和圧密を表わす。



以上の検討では、すべて、圧密中、k, m_v を一定として、解いている。これは、飽和圧密の場合よりも、正しくない結果を生じる危険が大きく、重大な誤りの原因となるが、今後の研究にようたい。

（参考）　佐々木：不飽和粘土の圧密(1)　土質工学会第10回シンポジウム，1965