

1. まえがき 飽和粘土の等方圧密試験と平均有効主応力一定の排水フルーフ試験の結果に基づいて、主応力比一定の異方圧密試験における応力・ひずみ・時間挙動を説明することが出来れば、少なくとも部分荷重を受けた構造物中央面下における粘土地盤の多次元的地下計算法の手掛りは得られるものと考えられる。本文は、等方圧密試験とp'-一定試験におけるひずみ成分をモデル化することにより、具体的に上記のことを説明する方法を提案したものである。

2. 応力・ひずみ関係のモデル化 等方圧密に

おける圧密、p'-一定試験におけるタイランレー、せん断変形によるひずみと応力・時間に関するモデルを図-2.1のように仮定する。ここで、 t_p , t_s , t_f はそれぞれ一次的地下終結時間、 t_s は二次的地下過程のある時間、 t_f は収束時における時間を示している。従って、この時間におけるひずみはそれぞれ下のグラフより、 p , s , f を付して表わす。また最大主応力を σ_1 、最小主応力を σ_3 とすると、 $p' = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$, $q = \sigma_1 - \sigma_3$ である。

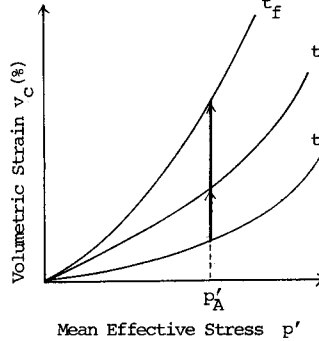


図-2.1(a)

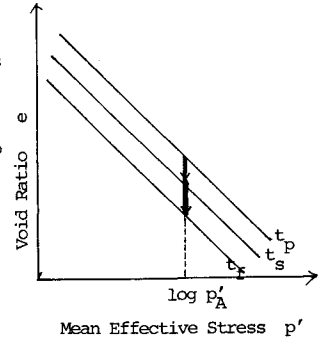


図-2.1(b)

3. 異方圧密における体積変化と変形

一次元圧密と同様に多次元圧密においても地下計算に必要なものはひずみ量とひずみの経時変化である。柴田・大田⁽¹⁾が指摘している様に体積ひずみは圧密によるだけタイランレーにおける重ね合わせが成立する

$$dV = dV_e + dV_a \quad (3.1)$$

と表わさる。ここで、 V , V_e , V_a は全体積ひずみ、圧密、タイランレーによる体積ひずみである。 V_e については周知の如くに

$$dV_e = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \frac{dp'}{p'} \quad (3.2)$$

が認められているが、 dV_a については必ずしも表現が一定でない⁽²⁾といわれる。

$$V_a = f(\eta) \quad (\eta = q/p'), \quad dV_a = df \cdot d\eta \quad (3.3)$$

と置くことにすると次式が得られる。

$$dV = \left(\frac{C_c}{1+e_0} \right) \cdot \left(\frac{dp'}{p'} \right) + df \cdot d\eta \quad (3.1, a)$$

関数 $f(\eta)$ についてはCam Clay model⁽³⁾は $\frac{1}{1+e} \frac{\lambda - \kappa}{\eta}$, 柴田・大田⁽¹⁾式では

$M\eta$, Roscoe-Burland⁽⁴⁾によるModified Modelでは $\frac{\lambda - \kappa}{1+e} \ln \frac{M^2 + \eta^2}{M^2}$ として与えられているが、筆者が⁽⁴⁾用いた軟弱粘土については柴田・大田⁽¹⁾式と同じ形

と仮定する。これを $V_a = f(\eta) = DK\eta_k$ ($\eta_k = \frac{q}{p} - \eta_0$, η_0 : 経時破壊)^(3,2)と表わすことにする。上記粘土 ($G_s = 2.34$, $w_L = 153$, $I_p = 66$) のp'-一定、 σ_3 -一定、 σ_3/σ_1 -一定の三軸排水フルーフ試験から得られる $dV/d\epsilon$ と η_k

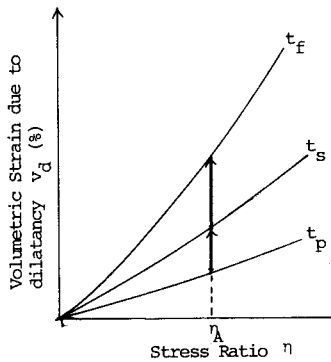


図-2.1(c)

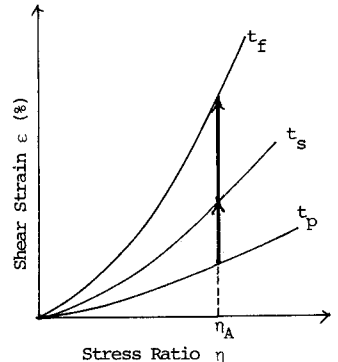


図-2.1(d)

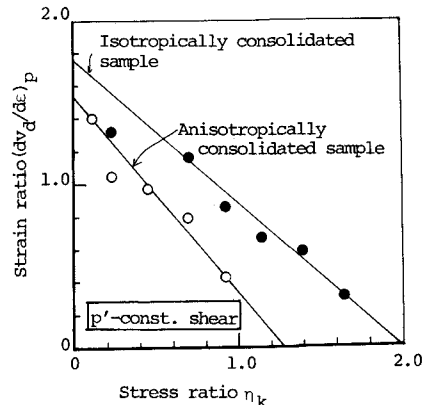


図-3.1

6) の関係 (図-3.2) から次式を仮定する。

$$\frac{dV}{dE} = M - N\eta_K \quad (M, N: \text{実験定数}) \quad (3.3)$$

式に式 (3.1, a) を代入するとせん断比に關する次式が得られる。

$$dE = \frac{\frac{C}{1+e_0} \frac{dp'}{p'} + df \cdot d\eta_K}{M - N\eta_K} \quad (3.4)$$

主応力一定試験の場合 $d\eta_K = 0$ となるからこの条件を上式へ代入すると

$$E = \frac{\frac{C}{1+e_0} \log \frac{\sigma_1}{\sigma_3}}{M - N\eta_K} \quad (3.5)$$

を得る。これと主応力一定の異方圧密試験結果(加圧効果除去)と比較したのが図-3.2 である。比較のために等圧密 $\rightarrow p'$ 一定 $\rightarrow$ 等圧密... の繰返しを行な結果も併記している。この応力経路は図-3.3 に示す通りである。計算値と実験値はほぼ対応しているといふ。

4. η_K の経時変化の予測 主応力一定の異方圧密試験では荷重増大時にせん断応力が作用しその後等圧密 $\overrightarrow{BC}$ を経由するといわれている(図-3.3)。しかし、筆者の三軸異方圧密試験では固相排水の挙動から $t=0$ でいったん P に至りその後 B に戻った後 $\overrightarrow{BPC}$ を経由する。したがって、排水過程のせん断比を即時比 η_K , $\overrightarrow{BC}$ 過程の比を $\eta_{K-\text{secondary}}$ とすると扱いが便利に思われる。この $\eta_{K-\text{secondary}}$ については現在検討中なので今回はとりあず $\overrightarrow{BC}$ 過程におけるせん断比の経時変化を考えよう。

式 (3.1, a) においてせん断応力 $df=0$ の条件、すなわち

$$-dp'/p' = d\eta_K/\eta_K \quad (3.6)$$

を代入すれば、 $dV = \left(\frac{C}{1+e} - \eta_K \eta_K \right) \frac{dp'}{p'}$ (3.7)

が得られるので、これを式 (3.3) へ代入するとせん断比増分式として次式を得る。

$$dE = \frac{\frac{C}{1+e} - \eta_K \eta_K}{M - N\eta_K} \cdot \frac{dp'}{p'} \quad E = \frac{\frac{C}{1+e} - \eta_K \eta_K}{M - N\eta_K} \log \frac{p'}{p'_0} \quad (3.8)$$

一次元圧密で行なうのに $\eta_K = \Delta p' \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{E}{\eta_K} t\right) \right\}$ を用いるとすると式は

$$E = \frac{\frac{C}{1+e} - \eta_K \eta_K}{M - N\eta_K} \log \left\{ 1 + \frac{\Delta p'}{p'_0} \left(1 - \exp\left(-\frac{E}{\eta_K} t\right) \right) \right\} \quad (3.9)$$

と書ける。計算の例として K_0 圧密 ($\sigma'_0 = 2.0$, $\sigma'_{30} = 1.15 \text{ kg/cm}^2$) 後 $\Delta\sigma'_0 = 0.60$, $\Delta\sigma'_3 = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ の圧密したときのせん断比の経時変化を予測したのが図-3.5 である。71-70 部分は先に示した実験式による。実験値と計算値はほぼよく対応しているといふ。

5. あとがき 異方圧密における応力・ひずみ・時間に関する実験式を導いたが、この方法では Mandel-Cryer 効果は説明できない。多次元圧密理論と結びつけることが課題である。現在模型実験と実験中心あり、これを解析する方法を試みる。

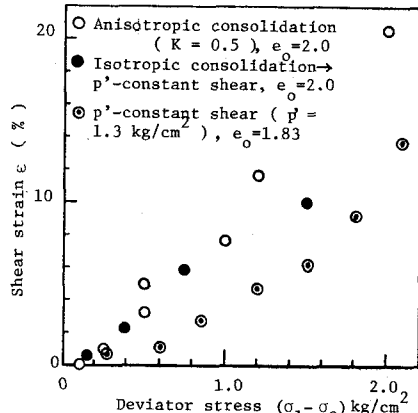


図-3.2 異方圧密時のせん断比

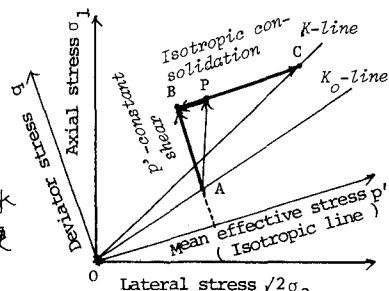


図-3.3 異方圧密時のストレス・パス

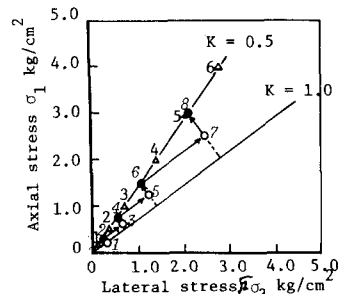


図-3.4

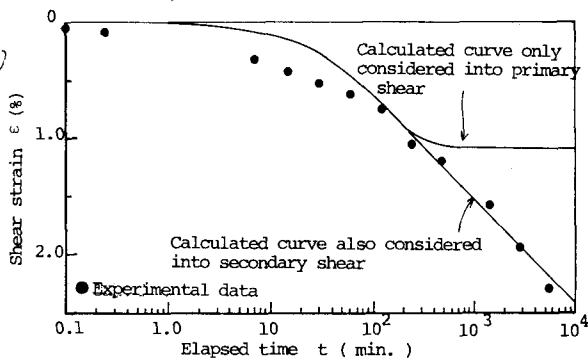


図-3.5 異方圧密時のせん断比の経時変化

- 引用文献 1) Ohta, H., et al. (1971); Soils & Foundations, Vol. 11, No. 3, pp. 65-90. 2) Schofield & Wroth (1968); John Wiley & Sons. 3) Roscoe, K. & J. Burland (1968); Eng. Plast., pp. 535-609. 4) 岸本 山郎 (1976); 工学論文報告集, No. 46, pp. 83-103. 5) 岸本 (1975); 第19回土工学会シンポジウム論文集, pp. 111-114. 6) 岸本 山郎 (1976); 第19回土工学会シンポジウム論文集, pp. 177-180. 7) 岸本 (1976); 土と基礎, Vol. 24, No. 4, pp. 35-41.