

III-246

過圧密領域における粘土の変形挙動とその解析

名古屋工業大学

学生員 ○ 村田 卓則

〃

正 員 松岡 元

〃

学生員 福元 信一

過圧密粘土の変形挙動の解析は、古くからの問題であるが、いまだに決定的な方法が見いだされていないようである。通常の弾塑性論に基づいた土の構成式では、弾性域での挙動とみなすことが多いが、土の挙動は弾性体の挙動とは大いに異なっている。そこで、正規圧密状態と過圧密状態での変形・強度特性の差に着目した1つの簡便な解析方法について述べる。なお、ここでは平均有効主応力 σ_m が過去最大のものより減少する場合を「過圧密」と呼ぶものとする。

1. 実験に用いた試料と実験方法

藤の森粘土（粘土粉末の練返し再圧密試料： $w_L=41\%$, $w_P=23\%$, $G_s=2.67$ ）を試料として排水三軸圧縮試験を行った。試験の種類は、図-1に示す等方圧密線上の1点からの放射状の直線経路に沿う試験¹⁾と、正規圧密（NC）状態での $\sigma_m = 2(\text{kgf/cm}^2)$ 一定試験、過圧密比 $\text{OCR}=2$ での $\sigma_m = 1(\text{kgf/cm}^2)$ 一定試験、 $\text{OCR}=4$ での $\sigma_m = 2(\text{kgf/cm}^2)$ 一定試験、 $\text{OCR}=8$ での $\sigma_m = 1(\text{kgf/cm}^2)$ 一定試験²⁾とした。

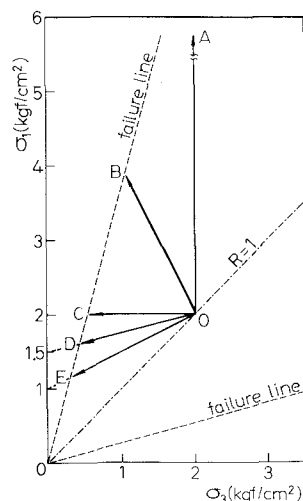


図-1 等方圧密線上からの放射状直線経路

2. 正規状態と過圧密状態における変形・強度特性の差違

正規状態と過圧密状態における土の変形・強度特性の特徴的な差違を挙げれば次の通りである。1) 図-2に示す有効応力表示の破壊時のモールの応力円（概念図）よりわかるように、正規状態の破壊線がほぼ原点を通る直線となるのに対して、過圧密状態では縦軸切片（ $c_{(OC)}$ ）を持ったそれより上の直線となる。2) 圧密時の変形特性は、正規状態では圧縮指数 C_c 、過圧密状態では膨潤指数 C_s を用いて表される。以上の2つの差違を考慮すれば、せん断時の変形特性も正規状態と過圧密状態で異なると考えるのは自然であろう。事実、図-3と図-5を注意深く見れば、□印の σ_m 一定試験の $\sigma_1/\sigma_3 \sim e_1$ 関係と、それより σ_m が減少する黒印の $\sigma_1/\sigma_3 \sim e_1$ 関係の間で、ひずみの出方が急激に変化していることに気付く。そこで、提案している一般座標表示の土の構成式^{3),4)}中の、せん断によるひずみの絶対値を決める係数 k_s （正規状態での係数 $k_{s(NC)}$ と過圧密状態での係数 $k_{s(OC)}$ ）の関係を次のように仮定してみた。

$$k_{s(OC)} = \frac{C_s / (1 + e_o)}{C_c / (1 + e_o)} \cdot k_{s(NC)} \quad (1)$$

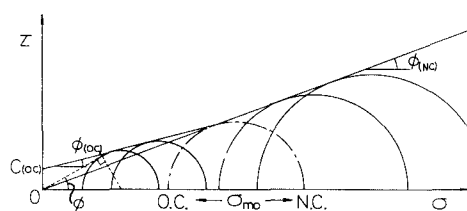


図-2 正規領域(NC)と過圧密領域(OC)での破壊線(概念図)

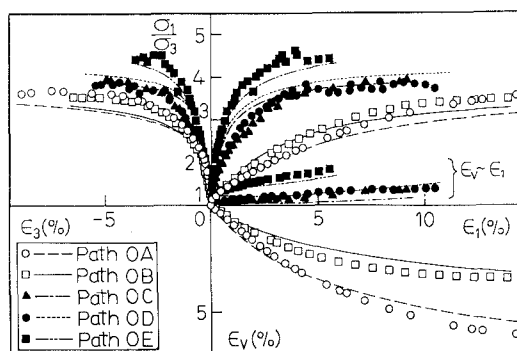


図-3 放射状直線経路での主応力比～主ひずみ～体積ひずみ関係の実測値と解析値

ここに、 $C_c/(1+e_o)$, $C_s/(1+e_o)$ は正規状態と過圧密状態における圧密時の体積ひずみに対する変形係数であり、せん断時の変形係数がそれらと同じ比率で変化するとみなしたわけである。

なお、図-2より三軸圧縮条件下での過圧密領域における内部摩擦角 ϕ は、 $c_{(OC)}$, $\phi_{(OC)}$, σ_m を用いて次のように表わされる。

$$\sin \phi = \frac{3\sigma_m \cdot \sin \phi_{(OC)} + 3c_{(OC)} \cdot \cos \phi_{(OC)}}{3\sigma_m + c_{(OC)} \cdot \cos \phi_{(OC)}} \quad (2)$$

式(1), (2)より求まる $k_{S(OC)}$, ϕ を用いれば、過圧密領域における土の構成式が正規領域と同様に規定されることになる。なお、ここでは簡単のため、応力比 $\sim$ ひずみ増分比関係については正規領域と同じものを用いた。

3. 実験結果と解析結果の比較

以上のように定めた k_S と ϕ を用い、提案モデル^{3),4)}に基づいて解析したのが図-3, 4, 5, 6中の各曲線である。解析結果は実測値の傾向を適切に表現しており、式(1), (2)を用いて過圧密領域でのパラメーターを推定する考え方は、適用可能と思われる。

以上より、 $c_{(OC)}$, $\phi_{(OC)}$ だけを新たに求めれば、正規領域と同様、過圧密領域での変形特性の予測が可能となる。なお、解析に用いたパラメーターは、 $\phi_{(NC)}=35^\circ$, $c_{(OC)}=0.09(\text{kgf/cm}^2)$, $\phi_{(OC)}=33^\circ$, $C_c/(1+e_o)=11.7\%$, $C_s/(1+e_o)=2.58\%$, $\lambda=1.1$, $\mu=0.31$, $k_{S(NC)}=1.7\%$ である。

謝辞

日頃御援助いただいている本学山内利彦教授、また図-1の経路OD, OEの実験をやっていただいた中井照夫助教授、大学院生三宅正人君に謝意を表します。

参考文献

- 1) T. Nakai and H. Matsuoka (1986): S & F, Vol. 26, No.3, pp. 81-98.
- 2) H. Matsuoka and T. Nakai (1982): IUTAM Symp. on Deformation and Failure of Granular Materials, Delft, pp. 253-263.
- 3) H. Matsuoka et al (1986): 2nd Int. Symp. on Numerical Models in Geomechanics, Ghent, pp. 67-78.
- 4) H. Matsuoka and K. Sakakibara (1987): S & F, Vol. 27, No. 4, pp. 73-88.

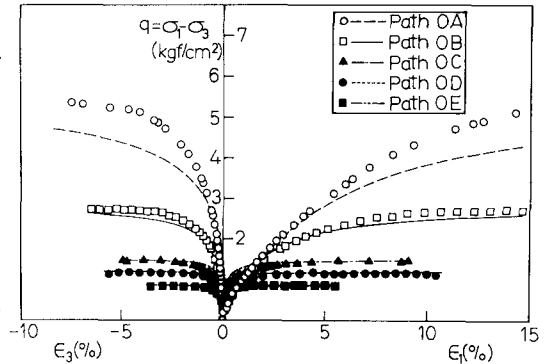


図-4 放射状直線経路での主応力差 $\sim$ 主ひずみ関係の実測値と解析値

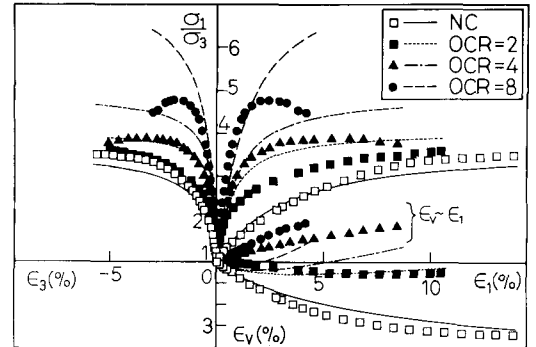


図-5 正規圧密と過圧密状態での σ_m 一定試験における主応力比 $\sim$ 主ひずみ $\sim$ 体積ひずみ関係の実測値と解析値

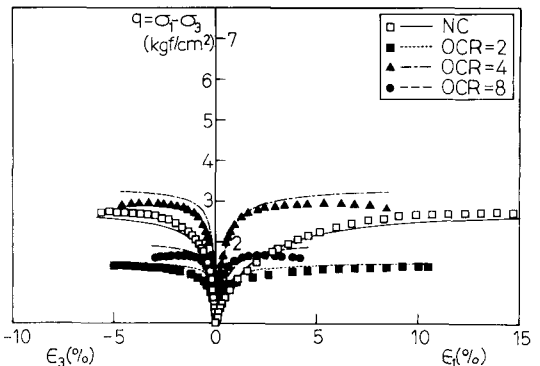


図-6 正規圧密と過圧密状態での σ_m 一定試験における主応力差 $\sim$ 主ひずみ関係の実測値と解析値