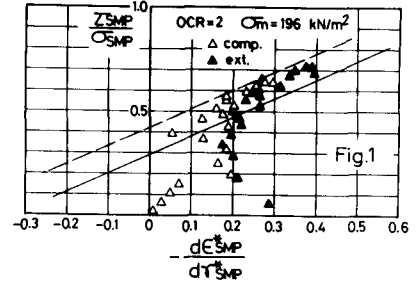


名古屋工業大学 学生員 ○鈴木好実
正員 松岡 元

正規圧密および過圧密粘土の排水三軸圧縮・伸張試験(平均有効主応力 σ_m 一定)結果を、空間滑動面(Spatial Mobilized Plane; SMP)¹⁾に基づいて検討したところ、過圧密粘土の応力・ひずみ挙動も正規圧密粘土の場合と同様の方法で統一的に解析可能であることが見出されたので報告する。なお、この解析法によれば三軸圧縮試験結果から三軸伸張条件下のみならず相異なる主応力下の変形・強度特性も推定できると考えられる。



1. 空間滑動面(SMP)に基づいた過圧密粘土の応力・ひずみ関係

試料(通称、藤の森粘土)および実験方法についてはすでに報告^{2),4)}しているのを省略する。さて、主ひずみ増分ベクトルのSMPに垂直な成分を $d\epsilon_{SMP}^*$ 、平行な成分を $d\sigma_{SMP}^*$ 、SMP上のせん断・有効垂直応力比を τ_{SMP}/σ_{SMP} と表記する。Fig. 1, 2 は過圧密比 OCR 2 の三軸圧縮・伸張試験($\sigma_m=196 \text{ kN/m}^2$)結果を、正規圧密粘土の場合の2つの基本関係式に対応させてそれぞれ $\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*$ 関係および $\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim -\epsilon_{SMP}^*/\sigma_{SMP}^*$ 関係でプロットしたものである。両図中の破線は正規圧密粘土の関係式であるが、過圧密粘土の実測値はいずれも破線より少々下側へ来るようである(OCR 4, 8 の試験結果についても同様の傾向がみられる)。そこで、過圧密の場合には正規圧密(NC)の関係よりも共に下方へある量 u^* だけ平行移動されるとして次式(Fig. 1, 2 中の実線)を仮定した。

$$\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} = \lambda^* \cdot (-d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*) + u^* - u_0^* \quad \text{---- (1)}$$

$$\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} = \lambda^* \cdot (-\epsilon_{SMP}^*/\sigma_{SMP}^*) + u^* - u_0^* \quad \text{---- (2)}$$

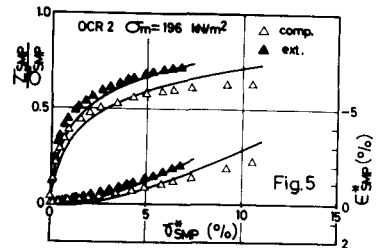
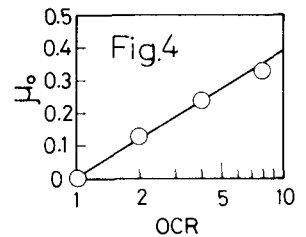
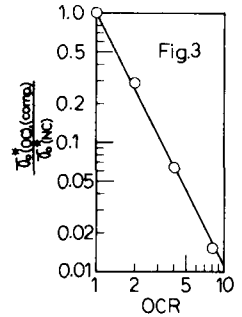
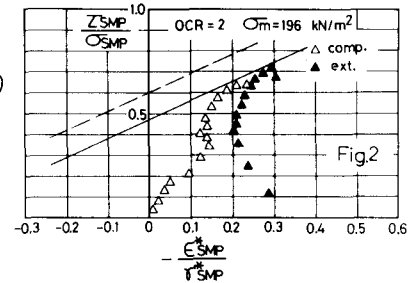
式(1), (2) を合せて微分方程式を解けば次式を得る。

$$\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} = (u^* - u_0^*) \cdot \ln(\sigma_{SMP}^*/\sigma_0^*) + u^* - u_0^* \quad \text{---- (3)}$$

$$\epsilon_{SMP}^* = \{ (u^* - u_0^*) / \lambda^* \} \cdot \sigma_{SMP}^* \cdot \{ \ln(\sigma_{SMP}^*/\sigma_0^*) - 1 \} \quad \text{---- (4)}$$

22に、 λ^* , u^* , u_0^* , σ_0^* および u^* は土質パラメータであるが、(λ^* , u^* , u_0^*) は正規圧密の場合と同じ値とする。 σ_0^* は ϵ_{SMP}^* の最大圧縮点での σ_{SMP}^* を意味するので、密になる程(OCRが大きい程)小さな値となる。また u_0^* はOCRには依存するが圧縮・伸張条件によらず一定と考える(NCのとき $u_0^*=0$)。なお、 u^* はOCRが大きい程小さな τ_{SMP}/σ_{SMP} で体積膨張することを表すパラメータと考えられる³⁾。

Fig. 3, 4 は NC, OCR 2, 4, 8 の三軸圧縮試験結果に対して決定したパラメータ u_0^* , u^* と OCR との関係である。ただし、Fig. 3 には過圧密の場合の u_0^* を $u_0^*(OCR)$ で表わし NC の $u_0^*(NC)=3.3\%$ で割って正規化している。この両図より $u_0^* \sim \log(OCR)$ 関係、



$\log\{\sigma_o^*(oc), (comp.) / \sigma_o^*(nc)\} \sim \log(OCR)$ 関係はほぼ直線で近似できようである。

2. 三軸伸張条件下および相異なる3主応力下の変形・強度特性の推定法

Fig.5はOCR2の三軸圧縮・伸張試験結果を $\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim \sigma_o^*$ 関係および $\epsilon_{SMP} \sim \sigma_o^*$ 関係で整理したものである。同図より、破壊時の τ_{SMP}/σ_{SMP} に対する σ_o^* の値が圧縮・伸張条件でほぼ等しいと考え、式(3)から次式を導いた。

$$\frac{\sigma_o^*(ext.)}{\sigma_o^*(comp.)} = \frac{\exp\{(\tau_{SMP}/\sigma_{SMP})_f(comp.) / (\mu^* - \mu^*)\}}{\exp\{(\tau_{SMP}/\sigma_{SMP})_f(ext.) / (\mu^* - \mu^*)\}} \quad \text{--- (5)}$$

ここに、添字 (comp.), (ext.) はそれぞれ圧縮・伸張条件を、添字 f は破壊時の値を意味する。Fig.5中の実線は、試験より得られた強度から式(5)によって $\sigma_o^*(ext.)$ を推定し、式(3), (4)により算定した計算値を示している。計算値は圧縮・伸張条件の実測値をよく説明しており、式(3)~(5)の妥当性を示している。OCR4, 8の $\sigma_o^*(ext.)$ も同様にして推定した。表-1に土質パラメータをまとめて示す。ところで、 a_i をSMPの法線方向余弦、 b_i を τ_{SMP} の方向余弦とすれば、 $d\epsilon_{SMP}^*$, $d\sigma_{SMP}^*$ の主ひずみ増分 $d\epsilon_i$ への変換は次式で与えられる¹⁾

$$d\epsilon_i = a_i \cdot d\epsilon_{SMP}^* + b_i \cdot d\sigma_{SMP}^* \quad (i=1, 2, 3) \quad (6)$$

Fig.6, 7, 8, 9は、それぞれNC, OCR2, 4, 8の三軸圧縮・伸張試験結果を主応力比 $\sigma_1/\sigma_3 \sim \epsilon_1$ 関係、体積ひずみ $\epsilon_v \sim \epsilon_1$ 関係で整理したものである。なお、図中の実線は表-1のパラメータ値を用いて式(6)により算定された計算値を示している。

さて、過圧密粘土の強度が正規圧密粘土のSMPに基づく破壊規準¹⁾(摩擦成分)にMisesの破壊規準(粘着成分)を重ね合せたものとして評価できる⁴⁾ものとするれば、正規圧密と過圧密粘土の三軸圧縮試験を行なうことによって、三軸伸張条件を含む相異なる3主応力下の過圧密粘土の強度を推定することができる。したがって、式(5)が三軸伸張条件だけでなく相異なる3主応力下でも成立するとすれば、上記の強度を用いて $\sigma_o^*(comp.)$ から相異なる3主応力下の σ_o^* が求まり、変形特性も推定可能となる。すなわち、一般応力条件下の過圧密粘土の変形・強度特性が三軸圧縮試験結果だけから推定できることになる。

謝辞 日頃御援助いただいている本学山内利彦教授、適切な助言をいただいた中井照夫講師、実験に協力いただいた卒業生(現・岡山県庁)野村幸宣氏に謝意を表する。

文献 1) 中井・松岡(1980): 土木学会論文報告集, 第303号, PP.65-77.

2) 松岡・中井・野村(1979): 第34回土木学会年次講演会, 第3部, PP.53-54.

3) 岡・鷲巣(1980): 第15回土質工学研究発表会, 120, PP.477-480.

4) 松岡・中井・鈴木(1980): 第15回土質工学研究発表会, 109, PP.433-436.

表-1 藤の森粘土の正規圧密および過圧密粘土の土質パラメータ

	NC		OCR2		OCR4		OCR8	
	comp.	ext.	comp.	ext.	comp.	ext.	comp.	ext.
μ^*	0.0		0.13		0.24		0.33	
λ^* (%)	3.3	3.3	0.95	0.62	0.21	0.095	0.050	0.0035
$\lambda^* = 0.9$, $\mu^* = 0.42$, $\mu^* = 0.60$								

