

大阪大学工学部 正員 松井 保
 同 同 阿部 信晴
 大阪大学大学院 学生員 ○山下 勝徳
 同 同 富吉 正

① まえがき

飽和粘土の繰返しせん断挙動の解明には、有効応力の立場からのアプローチが必要であり、したがって、繰返しせん断時の間隙水圧を精度よく測定することが不可欠である。筆者らは、超小型間隙水圧計を供試体中央部に埋設する方法を開発し、正規圧密飽和粘土の繰返し時の有効応力挙動を明らかにしてきた。また、飽和粘土の応力経路依存的な繰返し応力・ひずみ挙動をシミュレートするという立場からは、有効応力のみならずひずみ挙動をも精確に把握することが非常に重要である。そこで、軸ひずみの測定に関しても供試体中央部で測定する方法を開発し、その信頼性を検討してきた。^{4) 5)}

本研究では、自然地盤が正規圧密状態ばかりでなく過圧密状態にあるものも少なくないことから、過圧密飽和粘土に対して、繰返し載荷時の間隙水圧挙動及び軸ひずみ挙動について、供試体中央部での測定結果にもとづいて検討した結果を報告する。

② 試料及び実験方法

用いた試料は市販の粘土で、その物性は、 $LL:100\%$ 、 $PI:57\%$ 、粘土分($2\mu m$ 以下): 60% 、比重: 2.59 である。供試体はスラリー状態で繰返し、大型圧密装置を用いて約 118 kPa の圧力で圧密したのち、 $\phi 50\text{ mm} \times 125\text{ mm}$ に成型した。実験装置は振動三軸試験機で既報のものである。^{6) 7)} 正規圧密供試体は有効圧密圧力 196 kPa で24時間等方圧密し、過圧密供試体は3種の圧密圧力(392 kPa 、 588 kPa 、 784 kPa)で24時間等方圧密したのち、有効拘束圧力 $\sigma'_c = 196\text{ kPa}$ で24時間吸水膨潤して作成した。すなわち、4種の過圧密比($n=1, 2, 3, 4$)に対して実験を行った。実験方法は、非排水状態で平均主応力一定下の振幅一定繰返し試験で、応力波は正弦波、せん断応力振幅レベル τ_d/τ_f は約 0.6 、周波数は 0.5 Hz である。

図-1には、供試体中央部の間隙水圧及び軸ひずみの測定方法の概略が示されている。間隙水圧の測定は、超小型間隙水圧計を供試体中央部に図のように装着することにより行なう。軸ひずみの測定は、供試体高さの $1/3$ 及び $2/3$ の位置にあるターゲットの変位を2台の非接触型変位計で計測することにより行なう。

③ 実験結果及び考察

図-2は、累積果加する過剰間隙水圧 u_N/σ'_c と N 回目の繰返しせん断応力 τ_{dN} 及び $(N-1)$ 回載荷後の平均主応力 $\sigma'_{m(N-1)}$ の比 $\tau_{dN}/\sigma'_{m(N-1)}$ との関係をプロットしたものである。ただし過剰間隙水圧 u_N は有効拘束圧力 σ'_c で正規化されている。筆者らはすでに、正規圧密粘土に対しせん断レベル τ_d/τ_f を種々に変化させた両者の関係が τ_d/τ_f によらずユニークな双曲線関係となることを確認し、またその関係から、次式の間隙水圧予測式を提案している。^{1)~5)}

$$\frac{\Delta u_N}{\sigma'_c} = \frac{\sigma'_{m(N-1)}}{\sigma'_c} - \frac{a}{\frac{\tau_{dN}}{\sigma'_{m(N-1)}} + a - C} \quad \dots\dots(1)$$

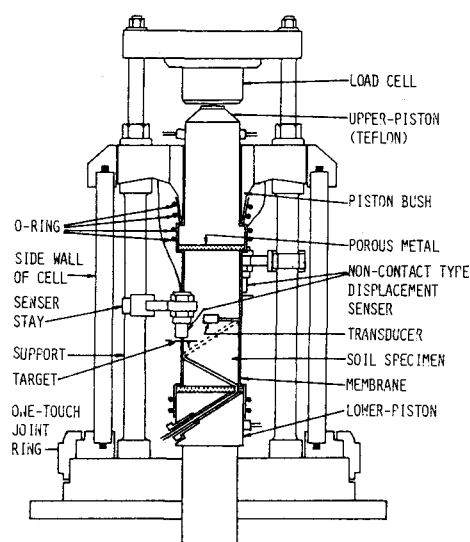


図-1

ここに、 a 及び c は双曲線関係における初期接線勾配の逆数及び横軸切片である(図-2参照)。しかし、図-2から分かるように、 u_N/σ'_c と $\tau_{dN}/\sigma'_{m(N-1)}$ との双曲線関係は過圧密比によって異なったものになっている。そこで、各OCRのプロットに双曲線をあてはめて係数 a 及び c を求め、これらの値とOCRの関係を図示したのが図-3である。図から分かるように、係数 a 及び c はともにOCRと線形関係にあることが認められる。したがって、式(1)で表わされる繰返し載荷時の過剰間隙水圧の予測式は、式(1)中の係数 a 及び c を次式で表わすことによって、正規圧密粘土のみならず過圧密粘土に対しても適用可能な一般式となる。

$$\left. \begin{aligned} a &= a_1 + \alpha a (n-1) \\ c &= c_1 + \alpha c (n-1) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここに、 a_1 及び c_1 は $n=1$ のときの a 及び c であり、 αa 及び αc はそれぞれ a 及び c の n に対する増加率(図-3の直線の傾き)である。なお、図-2中の実線は上記の式(1)、(2)を用いて描いたものである。種々のOCRに対する過剰間隙水圧の予測が十分可能であると思われる。

図-4は、過剰間隙水圧 u_N/σ'_c と供試体中央部の局所軸ひずみ振幅 $EMP-P$ との関係を示す。両者には、種々のOCRに対して一義的な関係はなく、一定の軸ひずみに対して、OCRが小さいほど大きな過剰間隙水圧が生じる。また、各OCRに対して、軸ひずみの増加とともに過剰間隙水圧が双曲線的に増加する傾向にあることが認められる。そこで、上記と同様にして双曲線の初期接線勾配の逆数及び横軸切片を a^* 及び c^* とし、各OCRのプロットに対してこれらの値を求めると、図-5に示すようになる。これらの係数もまたOCRと線形関係にあるようである。図-4中の実線はこれらの線形関係にもとづいて求めた双曲線であるが、おおむね $u/\sigma'_c \sim EMP-P$ 関係の実測値の傾向をうまく表現している。

<参考文献>

- (1) 伊藤・花井・田中：繰返し載荷時における飽和粘土の間隙水圧挙動について、第4回土質工学研究発表会、161、1979
- (2) 松井・阿部・松田：砂を含む飽和粘性土の繰返しせん断挙動、第35回土木学会年次学術講演会、Ⅲ-68、1980
- (3) Matsui T. and Abe N.: Behaviour of clay on cyclic stress-strain history, Proc. 10th ICSMFE, Session 10, Stockholm, 1981
- (4) 松井・阿部・松田：飽和粘土の繰返しせん断挙動について、第16回土質工学研究発表会、1981
- (5) 松井・阿部・山下：飽和粘土の繰返しせん断挙動に及ぼす載荷速度の影響、第36回土木学会年次学術講演会、Ⅱ-31、1981
- (6) 松井・小原・伊藤：飽和粘土の力学特性に及ぼす動的応力履歴の影響、土木学会論文報告集、第257号、1979
- (7) Matsui Toshiaki: Cyclic stress-strain history and shear characteristics of clay, Journal of GT Division, ASCE, Vol. 106, No. GT10, 1981

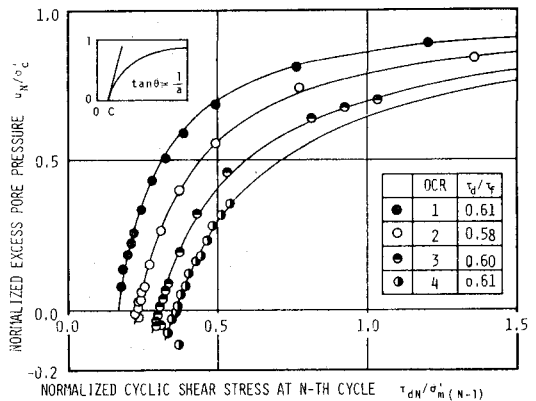


図-2

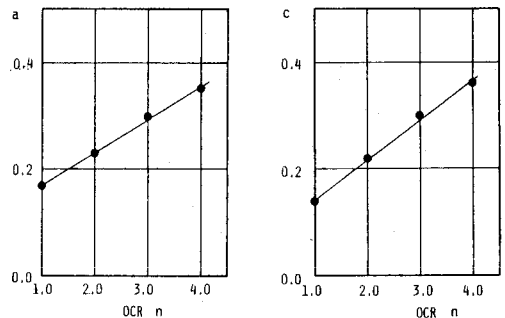


図-3

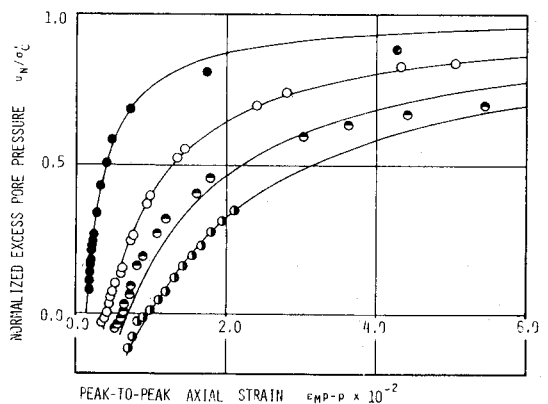


図-4

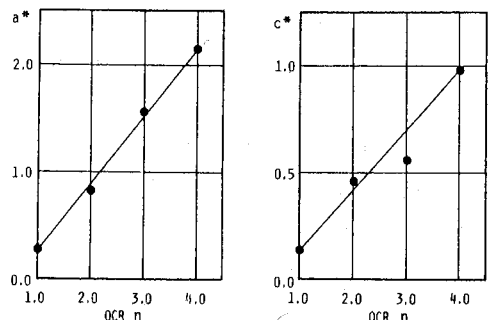


図-5