

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

1 まえがき

繰返しせん断時においては、飽和砂は載荷速度（周波数）の影響をあまり受けないが、飽和粘土に対するその影響は大きい。また、地盤は地震力、潮流力、交通荷重などの種々の原因により動的環境におかれるが、飽和粘土地盤では地震力に対しては1 Hz 前後、波力に対しては0.1 Hz 前後の周波数が最も重要な意味をもつ。飽和粘土の繰返し軸試験において、上記程度の周波数をもつ繰返しせん断時に間隙水圧を測定することには多くの困難が伴う。筆者らは、このような場合にも間隙水圧を精度よく測定する方法として、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、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。¹⁾²⁾³⁾一方、飽和粘土の応力経路依存的な繰返し応力・ひずみ挙動をシュミレートする立場からは、有効応力挙動のみならずひずみ挙動をも精確に把握することは非常に重要である。そこで、軸ひずみの測定に關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た。⁴⁾ここでは、供試体中央部での測定結果にもとづき、飽和粘土の繰返しせん断挙動に及ぼす載荷速度（周波数）の影響を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 μ m以下):60%, 比重:2.59である。供試体はスラリー状態で十分繰返し大型圧密装置を用いて約118 kPaの圧力で圧密した後、 ϕ 50 mm $\times$ 125 mmの内柱形に成型したものである。実験装置は電気油圧サーボ式振動軸試験機で既報⁵⁾⁶⁾のものである。実験方法は、供試体を有効圧密圧196 kPaで24時間等圧密したのち、非排水状態で平均主応力一定下の振幅一定繰返し試験を行った。応力波形は正弦波、せん断応力振幅レベル τ_u/τ_f は約0.6、周波数は0.5 Hz及び0.05 Hzである。

る軸供試体中央部の軸ひずみの測定は、図-1に示されるように、2台の非接触型変位計（フルスケール:6 mm, 分解能:2 μ m）を用い、ターゲットを供試体高さの1/3及び2/3の位置に取付けることにより行う。それぞれの位置における軸ひずみから供試体中央1/3の領域における局所軸ひずみが算定できる。一方、過剰間隙水圧の測定は、超小型間隙水圧計（直径:5 mm, 長さ:13.5 mm）をる軸供試体中央に埋設することにより行われるが、その装着方法は図-2に示されている。

3 実験結果及び考察

図-3は、周波数0.5 Hzの試験における繰返し数3, 15及び20回の軸差応力と軸ひずみとの関係であり、図中の太線及び細線はそれぞれ局所軸ひずみ E_M 及び全体軸ひずみ E_T に対応している。全体的に局所軸ひずみが全体軸ひずみより大きな値をとり、特に圧縮側でその差異がかなり大きくなることが分かる。図は省略しているが、周波数0.05 Hzの試験結果も同様の傾向を示し

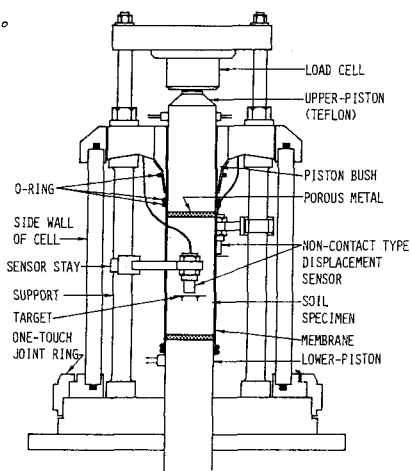


図-1

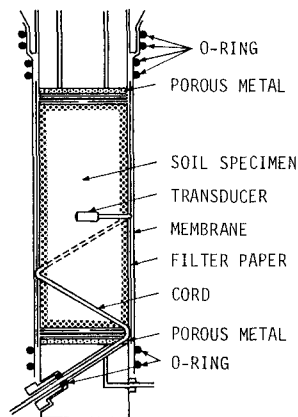


図-2

ている。これは、載荷速度の大きい繰返しせん断に起因する供試体の不均一性を反映し、特に圧縮側においてその傾向が著しいことを示している。

図-4は、繰返しにより蓄積加する過剰間隙水圧 u_N 及び圧縮・伸張状態における局所軸ひずみ振幅 ϵ_{M-P-P} と繰返し回数 N との関係を示す。ただし、 u_N は有効拘束圧 σ'_c で正規化されている。図中には、周波数 0.5 Hz 及び 0.05 Hz のデータがプロットされているが、同一の繰返し回数に対し、0.05 Hz すなわち載荷速度の遅い方が過剰間隙水圧及び軸ひずみとも大きな値をとる。これは、載荷速度が遅い場合には載荷持続時間が長くなることに起因するものと考えられる。

図-5は、残留過剰間隙水圧 u_N/σ'_c と局所軸ひずみ振幅 ϵ_{M-P-P} との関係を示す。図中には、参考のため静的圧縮試験（載荷速度 1.96 kPa/min）の過剰間隙水圧と軸ひずみとの関係も示してある。同一の軸ひずみ振幅に対しては、載荷速度の遅い方がより大きな過剰間隙水圧が発生するようである。また、静的試験の軸ひずみと繰返し試験の軸ひずみ振幅との間には統一的な対応関係がないように見える。

繰返し載荷による残留過剰間隙水圧の予測法がすでに筆者らによって提案されているが、⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ この予測法は蓄積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 $(N-1)$ 回載荷後の平均有効主応力 $\sigma'_{m(N-1)}$ の比 $\tau_{dN}/\sigma'_{m(N-1)}$ との間の双曲線関係に基づいている。図-6における曲線は、周波数 0.5 Hz で種々のせん断応力振幅に対して実験的に得られたユニークな上記の双曲線関係である。一方、図中のプロットは周波数 0.05 Hz に対する実験結果であるが、載荷速度が1オーダー異なるにもかかわらず、両者は同一の双曲線関係をもつことが分かる。したがって、すでに提案している予測法は載荷速度にかかわらず有効であることを示唆される。

参考文献

- 1) 伊藤・松井・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，才14 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，才39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，才16回土質工学研究発表会，1981
- 5) 松井・小原・伊藤：飽和粘土の力学的特性に及ぼす動的応力履歴の影響，土木学会論文集，才257号，1977
- 6) Matsui T. et al.: Cyclic stress-strain history and shear characteristics of clay, Journal of GT Division, ASCE, Vol. 106, No. GT10, 1981

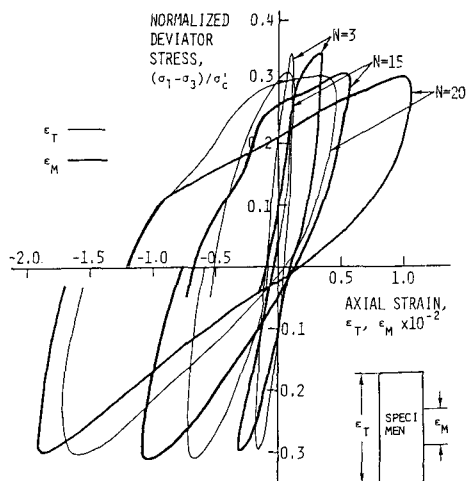


図-3

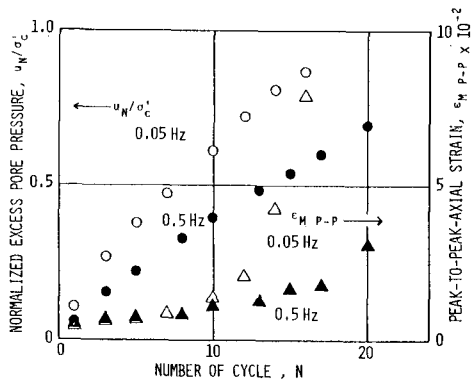


図-4

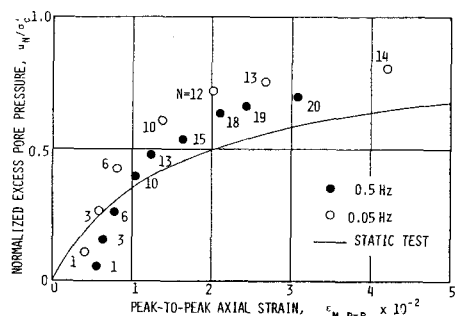


図-5

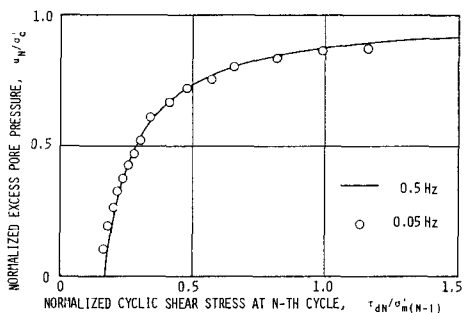


図-6