

繰返しせん断応力を受ける飽和粘土の変形特性

九州大学工学部 正 落合 英俊 正 坂井 晃
同 正 林 重徳 学○久保 明

1. はじめに

繰返し荷重を受ける飽和粘土盤の変形は、せん断変形と圧密変形が混在した変形であり、間隙水圧の発生とその一部消散が同時に進行していると考えられる。筆者らは、このような変形挙動を繰返し載荷時における非排水状態と排水状態での変形の組み合わせによって表現するとの立場から、両状態での変形を別個に取り扱う実験的研究を行っている。本文では、繰返しせん断応力下における非排水状態での変形挙動を明らかにするために、次のような事に着目し、繰返し載荷中に発生する間隙水圧について検討した。

2. 試料および試験方法

試験に使用した試料は、含水比200%で繰返しした有明粘土でその物理的性質は表-1に示す通りである。供試体は、繰返しした試料を円筒モールド内で、39.2 kN/m²の応力で10日間圧密した後、直径5 cm、高さ10 cmに切り出して作成した。試験に際して、供試体を完全飽和させるために、196 kN/m²のバックプレッシャーを一昼夜負荷し、その後所定の拘束圧で24時間等方圧密を行った。試験に使用した装置は、電気油圧サーボ方式の振動三軸試験装置であり、周波数0.1 Hzの片振り正弦波を側圧一定のもとで載荷した。初期拘束圧 σ_{co} は98 kN/m²とし、繰返し応力比 σ_d/σ_{co} を0.3, 0.6, 0.9の3通りについて非排水繰返しせん断試験を行った。なお、室内は18℃に温度管理した。

表-1 物理的性質

比重	G _s	2.602
液性限界	w _L	122.4%
塑性限界	w _p	50.9%
塑性指数	I _p	71.5
	λ	0.352
	κ	0.072
	$M \left(= 1.75 \left(1 - \frac{\kappa}{\lambda} \right) \right)$	1.392

3. 試験結果および考察

3.1 繰返し回数と残留間隙水圧の関係

図-1は、繰返し回数Nと各載荷終了時の残留間隙水圧 u の関係である。残留間隙水圧は、繰返し回数の増加に伴い徐々に上昇する。その上昇量は、繰返し応力比に大きく依存し、繰返し応力比の値が大きくなるほど増大する。

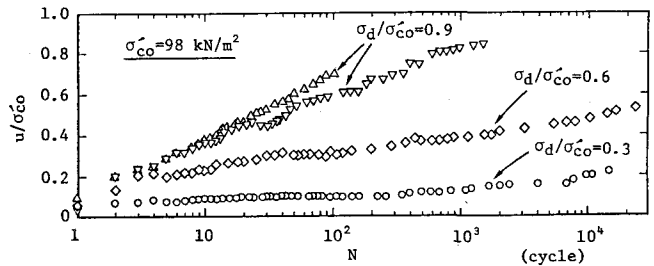


図-1 繰返し回数と残留間隙水圧の関係

3.2 残留ひずみと残留間隙水圧の関係

各載荷終了時の残留ひずみと残留間隙水圧との間には、繰返し応力比に依存しないユニークな関係があると言われている。図-2は、本実験の結果を残留ひずみに対して整理したものである。繰返し応力比 σ_d/σ_{co} が0.3と0.6の場合、残留間隙水圧は繰返し応力比に依存せずほぼ同一の曲線上にプロットされる。しかし、繰返し応力比 σ_d/σ_{co} が0.9の場合には、繰

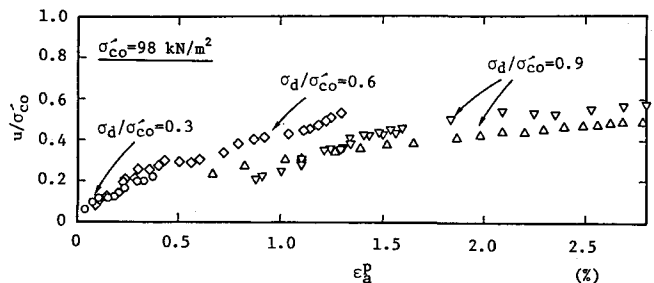


図-2 残留ひずみと残留間隙水圧の関係

返し応力比の小さい場合に比べて、残留間隙水圧に対する残留ひずみの値は大きくなる傾向があり、すべての繰返し応力比に対して、ユニークな関係は認め難い。

3.3 外力のなす仕事と残留間隙水圧の関係

繰返し荷重を受ける時の応力変形特性は、各載荷時の残留値だけでなく、繰返し載荷時の応力ひずみ関係の影響を強く受けると考えられる。ここでは、繰返し載荷時の応力ひずみの増分の積で表わされる外力のなす仕事に着目し、繰返し載荷中の残留間隙水圧との関係について調べた。ここに、外力のなす仕事 W は、仕事増分を繰返し回数 N まで累積したもので (1) 式で表わされる。

$$W = \sum_{i=1}^N \Delta W_i, \quad \Delta W_i = \sigma_i \Delta \epsilon_i + 2\sigma_i \Delta \epsilon_i \quad (1)$$

図-3は、外力のなす仕事 W と繰返し回数 N の関係であり、各繰返し応力比に対して、面対数紙上で直線関係にあることが認められる。したがって、外力のなす仕事 W と繰返し回数 N の関係は (2) 式の指数関数で表わされる。

$$W = a \cdot N^b \quad (2)$$

一方、外力のなす仕事 W と残留間隙水圧 u/σ'_{co} の関係を示したのが図-4である。外力のなす仕事 W に対する残留間隙水圧上昇量は、外力のなす仕事 W の小さい初期の段階で大きくなり、その後徐々に増大する。またその上昇量は、繰返し応力比の値によって差異が認められる。このときの残留間隙水圧発生に要する外力のなす仕事 W は、繰返し応力比が大きくなるほど減少する傾向にあるが、その割合は繰返し応力比に依存しているものと考えられる。したがって、外力のなす仕事 W と残留間隙水圧の関係は、繰返し応力比の関数 f を用いて (3) 式の表現が考えられる。

$$u/\sigma'_{co} = f(\sigma'_d/\sigma'_{co}) \cdot g(W/\sigma'_{co}) \quad (3)$$

ここで関数 f の最も簡単な表現として、繰返し応力比の線形関数 $f = a \cdot \sigma'_d/\sigma'_{co}$ を考え、残留間隙水圧比と繰返し応力比との比 $(u/\sigma'_{co})/(\sigma'_d/\sigma'_{co})$ と外力のなす仕事 W の関係を本実験結果からプロットしたものが図-5である。幾分のバラツキはあるものの、外力のなす仕事 W と $(u/\sigma'_{co})/(\sigma'_d/\sigma'_{co})$ の間には、ほぼ繰返し応力比に依存しない関係があるものと思われる。

4. まとめ

飽和粘土の非排水繰返しせん断試験を行った結果、次のことが明らかになった。1) 外力のなす仕事と繰返し回数の関係は指数関数によって表わされる。2) 残留間隙水圧と外力のなす仕事の関係は、繰返し応力比の線形関数 f を用いた (3) 式で与えることができる。

参考文献) 平尾, 安原: 西日本工業大学紀要 理工学編 第15巻 (1985)

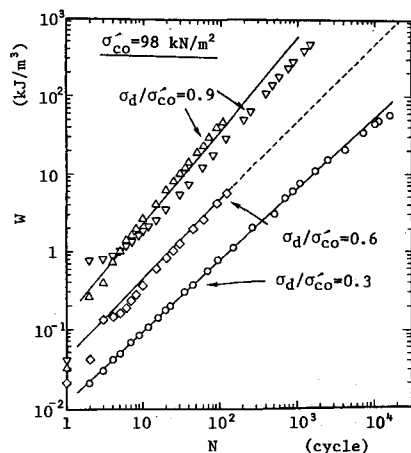


図-3 繰返し回数と外力のなす仕事の関係

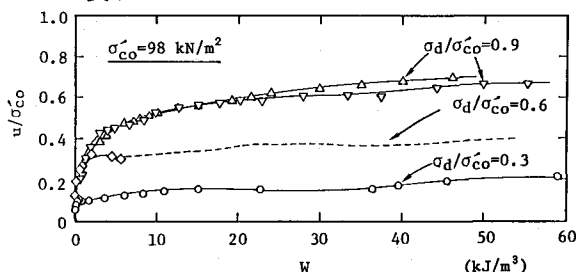


図-4 外力のなす仕事と残留間隙水圧の関係

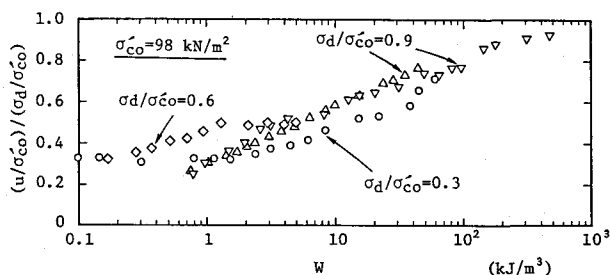


図-5 外力のなす仕事と $(u/\sigma'_{co})/(\sigma'_d/\sigma'_{co})$ の関係