

九州大学 工学部 学○吉川幸夫 正 落合英俊  
正 林 重徳 正 梅崎健夫

1. まえがき

波浪等の繰返し荷重を受ける粘土地盤は、静的载荷理論では予測が困難な大きな沈下・変形を生ずる場合がある。この問題を解決するためには、繰返し载荷問題における粘土の構成関係を確立する必要がある。繰返し载荷に伴う粘土の変形は、応力状態、周波数、载荷回数等の因子に影響を受け、相互に影響を及ぼし粘土の変形挙動をさらに複雑にしている。本研究は、繰返し载荷に伴う粘土の変形特性を繰返し回数毎に静的载荷問題に置き換えて評価する方法を非排水繰返し三軸試験結果に基づき検討したものである<sup>1)</sup>。

2. 試験概要

**2.1 試料および試験方法** 試料は、有明粘土( $G_s=2.633, W_L=118\%, I_P=79\%$ )を用いた。200%の含水比で繰返した試料を $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ で予備圧密した後、直径5cm、高さ10cmに切り出して供試体を作成した。なお、スパイラル型のペーパードレーンを用いた。背圧( $2.0 \text{ kgf/cm}^2$ )を24時間負荷した後、所定の圧密圧力( $p_a'=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ )で24時間等方圧密した。その後、側圧( $\sigma_3=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ )を一定に所定の応力比( $\eta_0 = q/p_a'$ )を周波数  $f=0.02\text{Hz}$ で载荷する非排水試験を行った。载荷波形は、片振り正弦波である。なお、間隙水圧は供試体周面で測定を行った。ここに、 $p'=(\sigma_1'+\sigma_2'+\sigma_3')/3$ ,  $q=\sigma_1'-\sigma_3'$ である。

**2.2 応力・ひずみパラメータ** 図-1に示す $p' \sim q$ 面において、土要素が全応力経路 AB の繰返し応力を受ける場合を考える。繰返し回数の増加に伴い間隙水圧が蓄積され、繰返し回数N回目の载荷時および除荷時における応力点は、各々  $B_N$  および  $A_N$  点の状態にある。測定される間隙水圧  $u_g$  は、载荷応力の等方応力成分  $\Delta p$  とせん断応力成分  $\Delta q$  によって生ずる間隙水圧  $u_d$  との和 ( $u_g = \Delta p + u_d$ )<sup>2)</sup>。また、体積ひずみ  $\epsilon_v$  およびせん断ひずみ  $\epsilon_s = \epsilon_1 - 1/3 \cdot \epsilon_v$  ( $\epsilon_1$ は最大主ひずみ)をひずみパラメータとする。

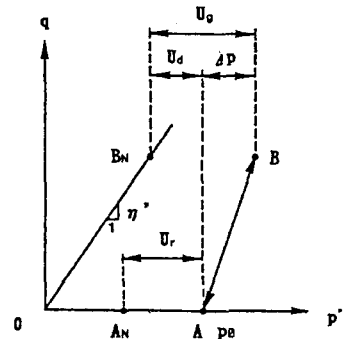


図-1 応力パラメータ

3. 試験結果および考察

**3.1 有効応力経路** 図-2は、全応力比 ( $\Delta \eta_0 = 0.443, 0.587, 0.750$ ) が異なる3ケースの試験結果における载荷ピーク時の有効応力経路を整理したものである。繰返し载荷回数の増加にともない間隙水圧は蓄積されているが、間隙水圧の増加量は減少し、一定の値に収束する傾向を示す。繰返し回数毎に整理した有効応力経路は静的载荷試験における有効応力経路と類似しており、繰返し回数の増大に伴い $p'$ 減少方向に傾く傾向にある。

**3.2 応力比・ひずみ・間隙水圧特性** 载荷ピーク時の  $q/p_a' \sim \epsilon \sim u_d/p_a'$  関係を図-3に示す。ある繰返し応力比  $q/p_a'$  の試験における変形は、図中の破線に沿って進行する。一方、繰返し回数毎の応力とひずみの関係は実線で示す通りであり、静的载荷試験における関係と類似している。このことは、繰返し载荷問題を繰返し回数毎に静的载荷問題に置き換えて評価できることを示唆するものである。

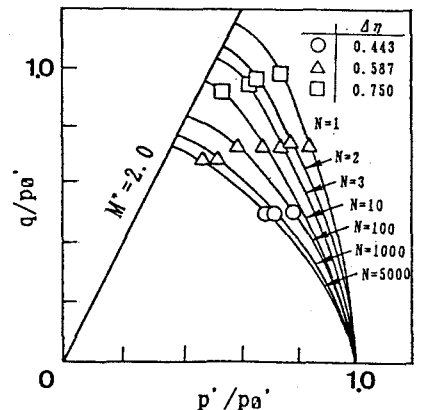


図-2 有効応力経路

図-4は有効応力比  $\eta'$  ( $\eta' = q/p_a'$ ) とせん断ひずみ  $\epsilon$  の関係

を示したものである。  $\eta' \sim \varepsilon$  関係は、繰返し回数と有効応力比に依らず一義的な関係がある。

**3.3  $\eta' \sim -d(u_d/p\sigma')/d\varepsilon$  関係** 各繰返し回数の  $\eta' \sim \varepsilon$  関係および  $u_d/p\sigma' \sim \varepsilon$  関係から求めた  $\eta' \sim -d(u_d/p\sigma')/d\varepsilon$  関係を図-5に示す。  $\eta' \sim -d(u_d/p\sigma')/d\varepsilon$  関係は、  $-d(u_d/p\sigma')/d\varepsilon$  がゼロのときの有効応力比  $M^*=2.0$  を通る曲線群として表すことができる。すなわち、繰返し荷重による繰返し効果は、繰返し回数の増加に応じ材料の変形特性が変化すると捉える<sup>2)</sup>。なお、構成関係を確立するための基となる応力比・ひずみ増分比関係 ( $\eta' \sim d\varepsilon_v/d\varepsilon$ ) を求めるためには、非排水状態における  $u_d$  を体積ひずみ  $\varepsilon_v$  に置換する評価法を検討する必要がある。

**4. まとめ**

1) 応力比の異なる繰返し荷重試験結果を繰返し回数毎に整理することにより、静的荷重問題に置き換え評価することができることを示した。

2)  $\eta' \sim \varepsilon$  関係には、繰返し回数と有効応力比に依らず一義的な関係が存在する。

3) 繰返し荷重回数毎の  $\eta' \sim -d(u_d/p\sigma')/d\varepsilon$  関係は  $M^*=2.0$  を通る曲線群で表せる。

今後、間隙水圧と体積ひずみの関係を検討することによって繰返し荷重に伴う応力・ひずみ関係を実験的に確立することが可能であると考え。

**【参考文献】**

1) 落合ら; 繰返し荷重を受ける飽和粘土の変形挙動に関する一考察, 31回土質工学シンポジウム論文集, pp. 23-26, 1986.

2) 梅崎ら; 繰返し荷重を受ける粘土の応力・ひずみ関係, 繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシンポジウム, pp. 61-68, 1990.

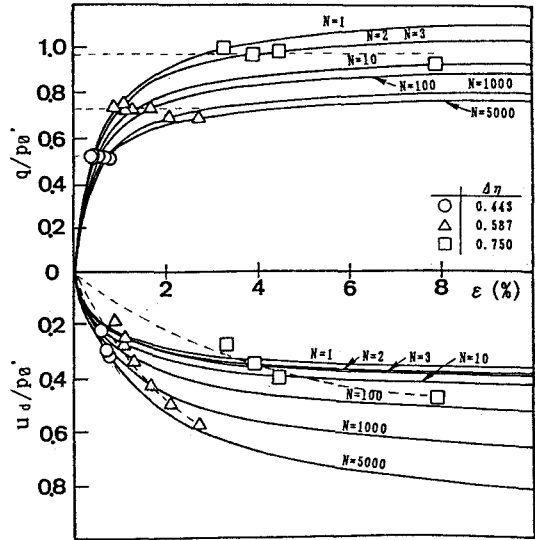


図-3  $q/p\sigma' \sim \varepsilon \sim u_d/p\sigma'$  関係

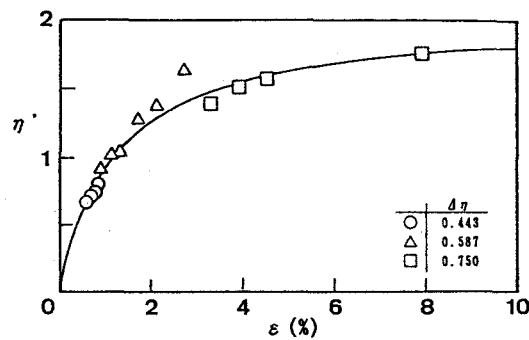


図-4  $\eta' \sim \varepsilon$  関係

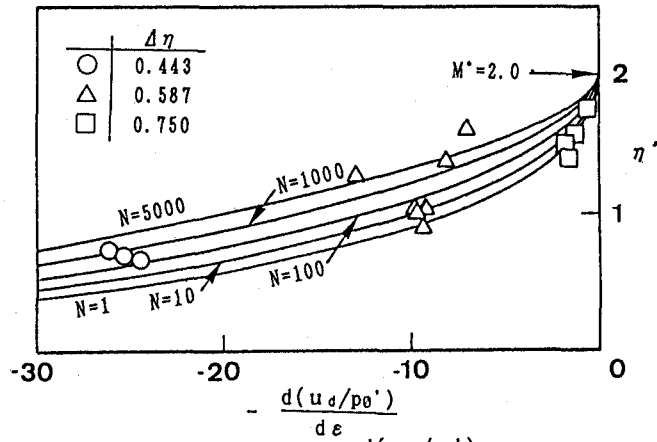


図-5  $\eta' \sim -\frac{d(u_d/p\sigma')}{d\varepsilon}$  関係