

Ⅲ - A66

三軸試験による豊浦砂の液状化後の変形特性

○清水建設(株)(元東京大学大学院) 正 濱谷 正司  
 東京大学生産技術研究所 正 古関 潤一  
 東京大学 工学部 正 龍岡 文夫  
 東京大学大学院 学 真栄城徳泰

1.はじめに:

地震時に液状化した地盤の変形は、地震終了後も進行すると言われている。本研究では、非排水繰返し三軸試験により液状化した供試体に、引き続き微小な応力振幅で非排水繰返し載荷を行い、液状化後の変形特性について検討した。

2.試験方法:

供試体は高さ200mm×直径100mmで、気乾状態の豊浦砂を用いて空中落下法により相対密度70%程度になるように作成した。供試体の飽和後、平均有効主応力  $p'$  ( $\equiv (\sigma_v' + 2\sigma_h')/3$ ) 98.1kPaまで等方圧密し、軸差応力振幅  $q$  ( $\equiv \sigma_v' - \sigma_h'$ ) 60kPaで非排水繰返し載荷を行った。両振幅軸ひずみが5%を超え、さらに  $q=0$  の時の  $p'$  が数kPa以下になった後、一旦、等方応力状態に戻し、非排水状態を保ったまま軸差応力振幅約2kPa(test7)または約0.5kPa(test4)で繰返し載荷を行った。試験装置の詳細は文献2)を参照されたい。なお、以下では供試体の中央高さで計算した応力状態を代表値として用いた。

3.試験結果とその考察:

test7において大きい応力振幅で非排水繰返し載荷を行ったときの  $p'$  と  $q$  の関係を図-1(a)に、 $q$  と軸ひずみ  $\varepsilon_v$  の関係を図-2(a)に示す。図-1(a)における①~⑫のようないくつかの段階で  $10^{-5}$  程度の軸ひずみ振幅で微小繰返し載荷を行って「軸差応力の増分  $dq$  と軸ひずみの増分  $d\varepsilon_v$  の比 ( $dq/d\varepsilon_v$ )」を非排水ヤング率  $E_{v,u}$  として求めている。

test7で引き続き小さい応力振幅で非排水繰返し載荷を行ったときの  $p'$  と  $q$  の関係を図-1(b)に、 $q$  と  $\varepsilon_v$  の関係を図-2(b)に示す。大振幅の繰返し載荷では  $\varepsilon_v$  が伸張側に徐々に片寄ったのに対して、図-2(b)の微小振幅の繰返し

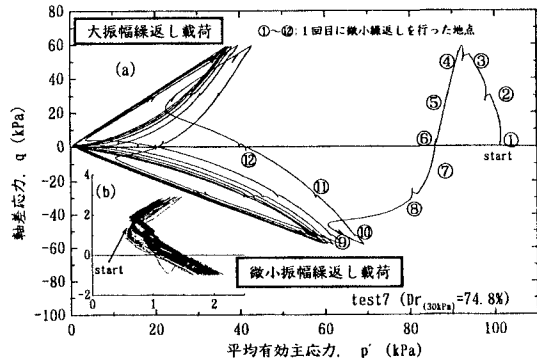


図-1  $p'$  と  $q$  の関係(test7)

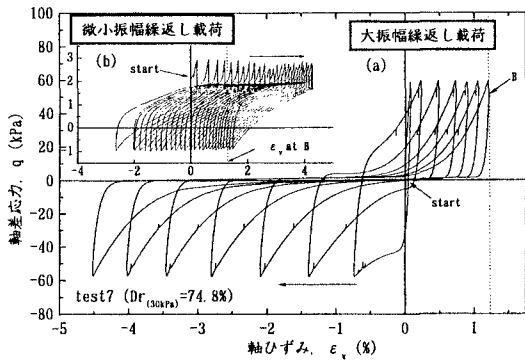


図-2  $q$  と  $\varepsilon_v$  の関係(test7)

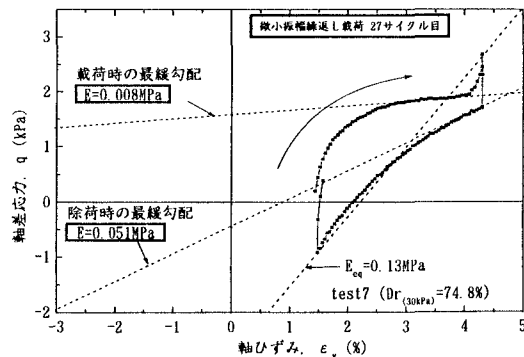


図-3 微小振幅繰返し載荷時のうち最後の27サイクル目の  $q$  と  $\varepsilon_v$  の関係(test7)

キーワード; 液状化、変形特性、三軸試験、繰返し載荷、豊浦砂

連絡先; 東京大学生産技術研究所 第5部 古関研究室(東京都港区六本木7-22-1、Tel:03-3402-6231、Fax:03-3479-0261)

載荷では  $\epsilon_v$  が圧縮側に徐々に大きくなり、最初の大振幅の繰返し載荷時の圧縮側の最大値(図中の点 B)を超えた。これは  $p'$  がゼロ近くになってからは、 $q=0$  の応力状態を挟んだ両振りの繰返し載荷自体がひずみ振幅を増加させ、応力振幅の値はほとんど関係ないことを示している。この現象は、「不規則波での応力振幅の順序の影響を考慮できない非履歴モデルである累積損傷モデル」では説明できない。

図-3 に、図-2(b)のうちの最後の 27 サイクル目における  $q$  と  $\epsilon_v$  の関係を示す。軸荷重載荷時と除荷時のそれぞれの最緩勾配と、ピーク～ピーク間の等価ヤング率  $E_{eq}$  も示した。大振幅繰返し載荷での第一サイクルでのピーク～ピーク間の  $E_{eq}$  は、約 14.0MPa であるので、液化化によって剛性は著しく低下していることが分かる。

液化化後の応力振幅がさらに小さい test4 の結果を test7 と同様に整理したものを図-4~6 に示す。この場合も軸ひずみが徐々に圧縮側に大きくなったが、大きい繰返し載荷中の圧縮側最大軸ひずみを超えるまでは至らなかった。これは、 $q=0$  の中立応力状態を挟まない片振り繰返し載荷であったためであろう。しかし、このような微小応力振幅でも軸ひずみが増加し続けることは重要な事実である。また、図-6 中に示した勾配は、第一サイクルでの  $E_{eq}=19.6\text{MPa}$  よりはるかに小さく、液化化によって剛性は著しく低下している。ただし、test4 の結果は、test7 の対応する勾配(図-3 参照)よりも全般的に大きかった。これは、前述したように片振りの繰返し載荷であったことが理由であると考えられる。

4.まとめ:

液化化した豊浦砂の非排水状態を保ったまま小さい応力振幅で三軸繰返し試験を行ったところ、1)微小応力振幅でも中立応力状態を挟む両振り繰返し載荷であれば、ひずみ振幅は大きく進行した。また、2)片振りの微小振幅繰返し載荷でも軸ひずみは進行し、3)微小振幅に対する剛性は著しく減少した。

参考文献: 1)濱谷正司ら(1997): "豊浦砂の非排水繰返し三軸試験における弾・塑性的変形特性", 第 24 回地震工学研究発表会, 投稿予定 2)天谷宗徳ら(1997): "三軸試験装置における AC サーボモータの利用", 第 32 回地震工学研究発表会, 投稿中

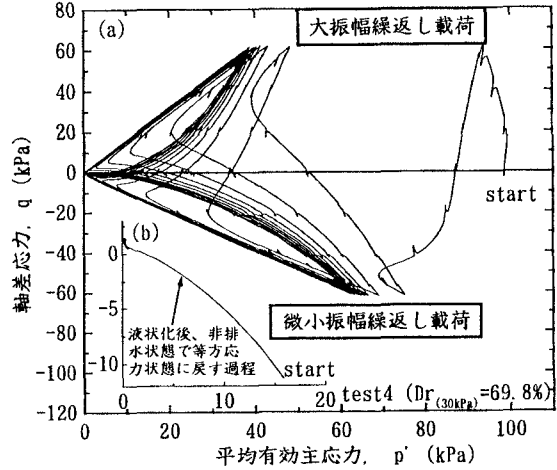


図-4  $p'$  と  $q$  の関係(test4)

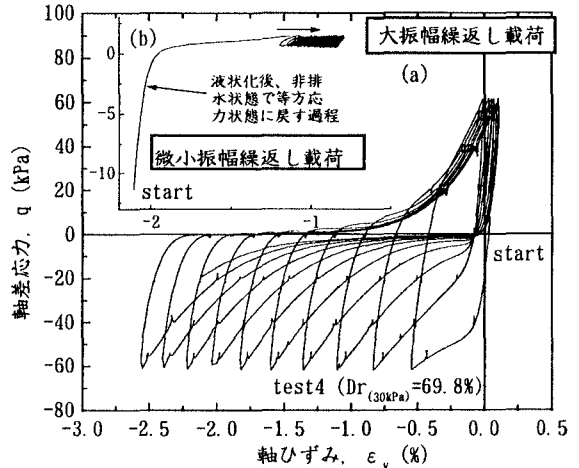


図-5  $q$  と  $\epsilon_v$  の関係(test4)

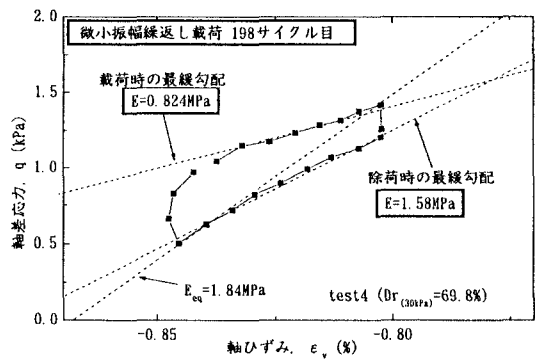


図-6 微小振幅繰返し載荷時のうち最後の198サイクル目の  $q$  と  $\epsilon_v$  の関係(test4)