

Ⅲ-A78 細粒分を含む砂の微小変形特性に及ぼすエージング時間の影響

東京大学大学院 学生会員 ○太田 行
 東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一

1. はじめに

細粒分を含む砂質土は、長期圧密または高温圧密することにより、豊浦砂など細粒分が少ないきれいな砂よりも液状化強度が増加することが報告されている¹⁾。一方、近年の技術の進歩により、ひずみ振幅が 10^{-5} オーダーの繰返し载荷が可能になり、土の骨格構造を反映すると考えられる弾性的な微小変形特性を測定できるようになった。しかし、微小繰返し载荷時の変形特性に及ぼすエージングの影響について体系的に扱った例はまだ少ない²⁾。そこでここでは、細粒分を含む砂質土において一定の応力レベルを保ちエージングさせることによる微小変形特性の変化について検討した結果を報告する。

2. 供試体

豊浦砂にナトリウムベントナイト(液性限界 $w_L=357\%$ 、塑性限界 $w_P=25.1\%$)を乾燥重量比で5%混合した人工試料(最大間隙比 $e_{max}=0.975$ 、最小間隙比 $e_{min}=0.561$ 、土粒子密度 $\rho_s=2.646\text{g/cm}^3$)を、含水比5%に調整してモールド内に10層に分けて投入し、ランマーで締め固めることにより相対密度約50%・高さ15cm・直径7.5cmの円筒供試体を作製した。

3. 試験方法および試験装置

供試体作製後、有効拘束圧 $\sigma'_c=10\text{kPa}$ で自立させ飽和した。その後、 σ'_c が100kPaに達するまで等方的に载荷し、排水状態で24時間(1440分)その応力状態を保った。その後、 σ'_c を10kPaまで除荷し、さらに100kPaまで再载荷した。

この等方载荷・除荷・再载荷の過程で、 σ'_c を10kPaずつ変化させる毎に、その応力状態を排水状態で10分間保ち、その後に軸ひずみ片振幅が 8×10^{-6} の軸方向排水微小繰返し载荷を実施した。载荷過程で σ'_c が20・60・100kPaの各段階では、エージングの時間を1分・10分・30分の3通りにわけて微小繰返し载荷をした($\sigma'_c=100\text{kPa}$ では、1440分のエージング後にも実施)。各微小繰返し载荷は6波行い、そのうち5波目のデータを検討対象とした。

微小繰返し载荷は全て、ACサーボモーターを用いて軸ひずみ速度0.01%/minで行い、測定範囲2mmのギャップセンサーを用いてキャップの変位を計測することにより軸ひずみを測定し、データの記録には16bitのA/Dボードを用いて測定精度を確保した。

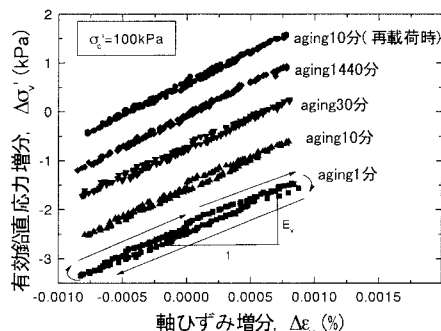


図1 エージング時間の異なる
 応力ひずみ曲線の比較

4. 試験結果および考察

$\sigma'_c=100\text{kPa}$ 点での応力ひずみ曲線に及ぼすエージング時間の影響を図1に示す。1枚の図にまとめるため縦軸は少しずつずらしてある。エージング時間が長くなるにつれて応力ひずみ曲線のループの面積が小さくなり、線形性が強くなっている。これは、エージングにより弾性領域が拡大したためと解釈できる。

次に図2は、各微小繰返し载荷から得られた鉛直方向の排水等価ヤング率 $E_v/f(e)$ と有効鉛直応力 σ'_v (=有効水平応

キーワード：三軸試験、微小変形特性、繰返し载荷、エージング、砂質土

連絡先：東京都港区六本木7-22-1 東大生研 TEL03-3402-6231 FAX03-3479-0261

力 σ_h' の関係である。密度変化の影響を補正するために間隙比の関数 $f(e)$ で除してある。24時間圧密すること①等価ヤング率が上昇し、②有効鉛直応力の変化に対する等価ヤング率の変化量 m （図中の式参照）が減少していることがわかる。また図3は、微小繰返し載荷から得られた履歴減衰率 h を有効鉛直応力 σ_v' （＝有効水平応力 σ_h' ）でプロットしたものである。24時間の圧密により履歴減衰も減少することがわかる。これらは、24時間の圧密（＝エージング）により弾性領域が拡大することにより今回のひずみレベルにおける等価ヤング率が増加するとともに履歴減衰が減少した影響が、その後の除荷・再載荷過程においても残っていたためと推測される。このような傾向は、1440分間圧密後除荷し、その後再載荷して10分のエージングの後測定した図1の「エージング10分（再載荷時）」のデータと他のデータの比較からも見てとれる。なお、図2・3中の各データポイントはエージングが10分の場合で統一しているが、※印は24時間圧密した直後に測定したため実際のエージング時間は1440分になる。

図4は、三段階の σ_c' において、エージング時間が $E_v/f(e)$ に及ぼす影響を示している。 $E_v/f(e)$ は、エージングが1分の場合の値で正規化してある。なお、エージング時間が1440分のデータは本来 $\sigma_c' = 100\text{kPa}$ のデータのみである。その他の拘束圧の場合については24時間圧密した後に除荷・再載荷した際に、エージング時間10分で測定したデータを、24時間圧密の影響が残っているものと仮定して、エージング時間1440分の位置に参考値として示した。 $\sigma_c' = 20\text{kPa}$ の場合を除いてエージング時間を長くすることにより等価ヤング率が増加した。間隙比の変化の影響は $f(e)$ で補正しているの、エージングにより、密度増加以外の原因でもヤング率が増加していると推測できる。

5. まとめ

豊浦砂にベントナイトを5%混合した試料では、等方応力状態におけるエージング時間が長くなることにより、履歴減衰が減少するとともに等価ヤング率が増加し、このヤング率の増加は密度増加だけでは説明できないことを明らかにした。これは、エージングにより弾性領域が拡大し、微小繰返し載荷の線形性が増加するためと考えられる。また、24時間圧密（エージング）した場合には、弾性領域が拡大した影響が、その後の除荷・再載荷時にも残っていることを示した。

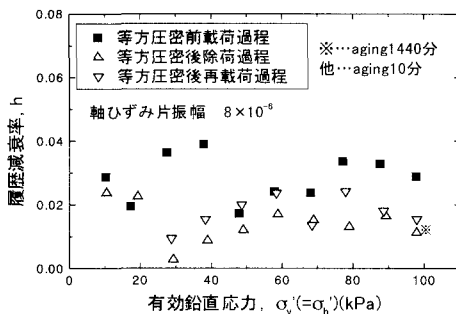


図3 24時間等方圧密前後の履歴減衰率の変化

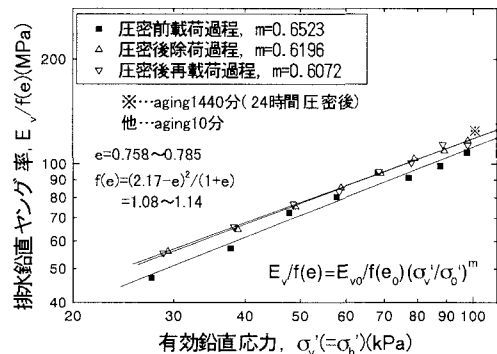


図2 24時間等方圧密前後のヤング率の変化

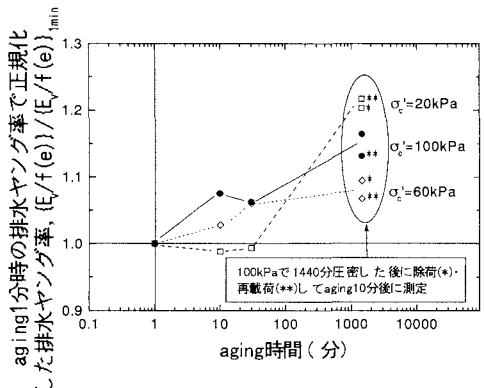


図4 エージング時間によるヤング率の増加

参考文献：[1]真栄城徳泰ほか「細粒分を含む砂の液状化特性に及ぼす圧密温度の影響」第33回地盤工学研究発表会 1998

[2]F.Santucci de Magistris et al.「Effects of strain rate and ageing on small strain behaviour of a compacted silty sand」

Proc. of the 2nd int. symp. on hard soils _ soft rocks 1998