

Ⅲ-A110 凍結サンプリングされた砂質土の液状化過程における弾性的変形特性の変化

応用地質（株）（元日本大学） 正 ○浦野 泉  
 電源開発（株）（元東京大学大学院） 正 真栄城 徳泰  
 東京大学生産技術研究所 正 古関 潤一  
 東京大学大学院 学 河上 定弘

1.はじめに

前報<sup>1)</sup>では豊浦砂の液状化過程における弾性的変形特性について報告した。ここでは自然地盤から凍結サンプリングにより採取した砂質試料の液状化過程における弾性的変形特性の変化状況について報告する。

2.試料及び試験方法

利根川河川敷の深度11.50mより採取された凍結サンプリング(FS)試料 ( $D_{max}=0.85\text{mm}$ ,  $D_{50}=0.18\text{mm}$ ,  $F_c=6\%$ )を高さ100mm×直径50mmに整形して用いた。拘束圧29.4kPaの下で解凍し、供試体の飽和化を二重負圧法により行い、B値0.96以上を確認した後、原位置の推定有効上載圧 $\sigma_{v1}'=107\text{kPa}$ まで等方圧密し、非排水繰返し三軸試験を実施した。

各供試体の等方圧密過程におけるいくつかの段階で排水・非排水状態で軸方向に微小繰返し载荷（軸ひずみ振幅 $10^{-5}$ 程度、ひずみ速度 $10^{-4}/\text{min}$ ）を行い、また非排水繰返し三軸载荷過程（ひずみ速度 $10^{-3}/\text{min}$ ）でも微小繰返し载荷を行うことによって、軸方向の等価ヤング率の変化状況を測定した。試験装置の詳細については文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

3.試験結果とその考察

<液状化強度>

図1に液状化強度比 $R_L$ （繰返し回数20回で $DA=5\%$ に達する応力比）と原位置の換算N値 $N_1(=1.7N/(\sigma_{v1}'+0.7))$ の関係を、松尾<sup>3)</sup>がまとめたFS試料の既応の試験結果とともに示す。本研究で用いた砂質土は沖積土に属しており、 $F_c<5\%$ の試料に対して得られている従来の傾向よりもやや小さめの液状化強度が得られた。

<等方圧密過程での弾性的変形特性>

図2に等方圧密過程における排水・非排水ヤング率を空隙比の関数 $f(e)=(2.17-e)^2/(1+e)$ で補正したものと圧密応力 $\sigma'$ の関係を示す。排水・非排水ヤング率は、同じ深度の試料を用いたにもかかわらず、供試体間で多少のばらつきが見られた。また、原位置での弾性波探査より求められたせん断剛性率 $G(=110\text{MPa})$ と比較すると、 $\sigma'=\sigma_{v1}'$ における非排水ヤング率から求めたせん断剛性率 $G$ は51~63MPaと低かった。これは、本研究に用いた試料は細粒分を約6%含んでおりなおかつ比較的密であったため、凍結・融解時に構造の乱れが生じたためと考えられる。これが液状化強度に及ぼす影響について今後検討する必要がある。

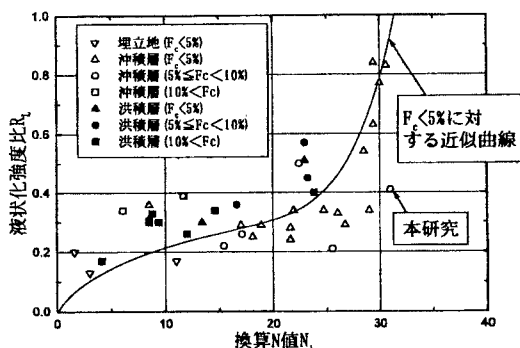


図1 液状化強度比と換算N値の関係（文献3）に加筆

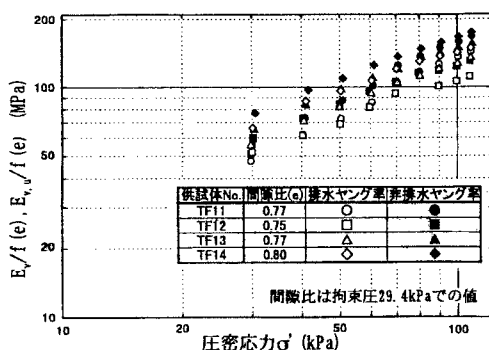


図2 排水・非排水ヤング率と圧密応力の関係

キーワード：液状化、変形特性、凍結サンプリング、三軸試験、繰返し载荷

連絡先：東京都港区六本木7-22-1東大生研 TEL 03-3402-6231 FAX 03-3402-6231

<液状化過程での弾性的変形特性>

図3に非排水繰返し三軸载荷中の平均有効主応力  $p' (= (\sigma_v' + 2\sigma_h')/3)$  と軸差応力  $q (= \sigma_v' - \sigma_h')$  の関係を、図4に  $q$  と軸ひずみ  $\epsilon_v$  の関係を示す。図3中の①~⑫が繰返し回数1回目に微小繰返し载荷を行った応力点である。この時の「 $p'$ の増分 $dp'$ と $q$ の増分 $dq$ の比( $dp'/dq$ )」と主応力比  $R (= \sigma_v'/\sigma_h')$  の関係を図5に示す。また、図6は液状化中の非排水ヤング率から次の理論式<sup>1)</sup>を用いて排水ヤング率を推定した結果である。

$$\frac{E_{v,\mu}}{E_v} = \frac{1+x}{1+2\nu\sqrt{a}R^{m/2}} \quad (1) \quad \frac{dp'}{dq} = \frac{1-2x}{3(1+x)} \quad (2)$$

$$x = \frac{1}{2} \frac{1}{aR^m} \left\{ \frac{1-2\sqrt{a}R^{m/2}\nu}{1-\nu-\nu\left(\frac{1}{a}\right)\left(\frac{1}{R}\right)^{m/2}+MP} \right\} \quad (3)$$

$E_{v,\mu}$ : 非排水ヤング率       $E_v$ : 排水ヤング率  
 $\nu$ : 基準ポアソン比               $R$ :  $\sigma_v'/\sigma_h'$   
 $a$ : ヤング率の初期異方性に関する係数

$MP$ : メンブレンペネトレーションの影響を補正する項

上式において  $a=1.2, \nu=0.20$ , メンブレンペネトレーションに関する補正なし ( $MP=0$ ) とした場合、等方圧密過程での微小繰返し载荷試験における(1)式の理論値が1.18となる。これに対して図2に示した実測値の非排水ヤング率と排水ヤング率の比 ( $E_{v,\mu}/E_v$ ) は1.12~1.22となり整合性が高いのでこれらの値を用いることとした。この時(2)式による理論値も図5に示すように実測値と比較的よく整合する。一方、図6より液状化中の推定排水ヤング率は、等方圧密時の排水ヤング率よりも小さい。これは、繰返し载荷によって初期の構造が壊れているためと考えられる。

4. まとめ

豊浦砂の場合りと同様に、自然地盤より採取したFS試料においても、液状化試験中の非排水ヤング率から推定した推定排水ヤング率が、等方圧密時に測定したヤング率に比べて低いことを示した。

本研究に用いた凍結サンプリング試料は建設省土木研究所よりご提供いただき、その運搬・成形にあたっては東京ソイルサーチ(株)と基礎地盤コンサルタンツ(株)の御協力を得たことを感謝致します。

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 2) 天谷宗徳ら(1997) "三軸载荷装置におけるACサーボモータの利用", 第32回地盤工学研究発表会 3) 松尾修ら(1997) "砂質土の試料採取法による液状化抵抗の違い", 第32回地盤工学研究発表会

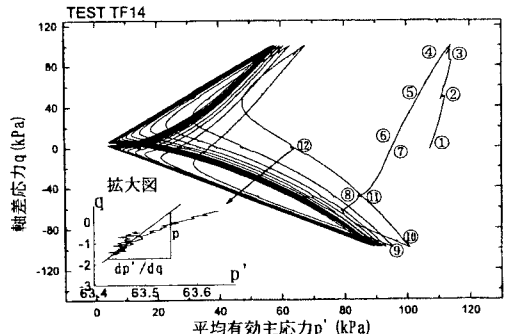


図3 平均有効主応力と軸差応力の関係

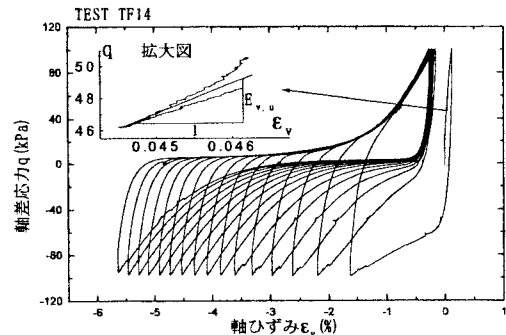


図4 軸差応力と軸ひずみの関係

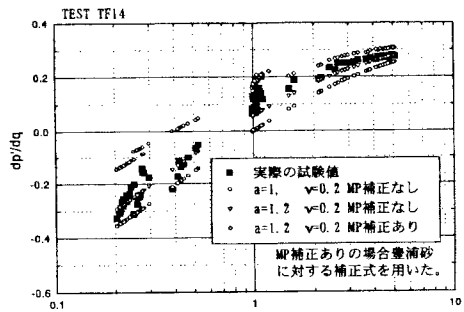


図5  $dp'/dq$ と主応力比の関係

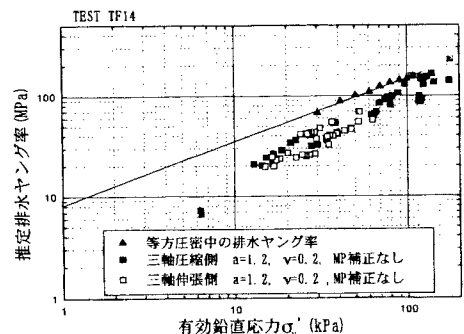


図6 推定排水ヤング率と有効鉛直応力の関係