

Ⅲ-A88

非塑性シルトのサンプリング方法の検討（その1：土槽圧密）

飛鳥建設㈱技術研究所 正会員 沼田 淳紀
 飛鳥建設㈱技術研究所 正会員 嶋本 栄治
 飛鳥建設㈱技術研究所 染谷 昇

1. はじめに

地盤の繰返し非排水強度（以降、液状化強度と呼ぶ。）を求めるには、良質な不攪乱試料を用いた液状化試験が必要であり、その採取方法として原位凍結サンプリング法が良いとされている。しかし、この方法は細粒分を多く含む場合には試料に凍結膨張が生じるために不向きであるとされている¹⁾。後藤²⁾は、凍結サンプリングにおける細粒分の影響について明らかにしているが、均等粒径で粘土分の少ない非塑性のシルトに対する凍結サンプリング法の適用性についてはそれほど明確になっていない。細粒分の多い地盤に対しては、凍結による試料の乱れを避ける目的で、シンウォールチューブによるサンプリングが行われることがある。さらに、サンプリングした試料の運搬時や試験機にセットするまでの乱れの防止とハンドリングを考慮してシンウォールチューブでサンプリングされた試料を現地で凍結することがある。そこでここでは、非塑性シルトの液状化強度を求めるためのサンプリング方法を検討する目的で、圧密土槽で作成された試料について凍結サンプリングを含めた上記の3種類の試験を実施し比較検討を行った。

2. 試験に用いた試料

試験に用いた試料は、函館市浅野町の海岸埋立地で採取されたシルトである。函館市浅野町は、1968年十勝沖地震³⁾と1993年北海道南西沖地震⁴⁾で液状化が生じた地域である。図-1に用いた試料の粒度組成を示す。図中には、港湾基準⁵⁾に示される粒度組成の範囲を示した。用いた試料は、液状化の可能性ありの下限値に近く、細粒だが粘土分が少なく均等粒径である。表-1に、試料の物理的性質を示す。塑性限界は求めることができず非塑性である。最大・最小密度は、適用範囲外であるが地盤工学会の基準に準拠して求めた。

3. 試験方法

試験は、圧密土槽で圧密を行った後に、3種類の方法で試料を採取・保管し、繰返し非排水三軸試験（以降、液状化試験と呼ぶ。）と三軸等方圧密試験を実施した。試験に用いた圧密土槽の概略図と試験の流れ図を図-2と図-3に示す。

試料は、液状埋立土を想定し、含水比を液性限界+20%のヘドロ状に調整し良く攪拌し、試料高さが35cmとなるよう圧密土槽に流し込んだ。圧密は、空気圧196kPa(2kgf/cm²)を試料上部に載荷する1次元圧密である。排水は、試料の上下面より行い、圧密時間は24時間とした。圧密時には載荷した空気圧を一定に保ち、試料の沈下量と土槽下部の土圧を計測した。載荷圧密圧力は196kPaであるが、液状化試験での有効拘束圧は98kPaとした。これは、試料に過圧密による応力履歴を与えるためである。

以下に示した3種類の方法で、不攪乱試料の採取・保管を行った。

〔TNシリーズ〕：試料に、剛な板に取り付けた5本のシンウォールチューブを同時に貫入し、貫入後チューブごと掘り出し、ラッピングし保管した。三軸試験のさいには、試料をチューブより押し出し、上下端面のみ整形し供試体とした。試料採取後の移動、保管、整形、三軸試験機への設置は、極めて慎重に行った。なお、圧密土槽ごとの試料のばらつきを調べる目的で、5本採取した試料の内1本は、TFシリーズと同様に凍結した。

〔TFシリーズ〕：TNシリーズと同様にシンウォールチューブを用いて採取し、ラッピングされたチューブごと冷凍庫で凍結した。三軸試験のさいには、凍結状態の試料をチューブより押し出し、上下端面のみを整形し供試体とした。整形後の凍結供試体は、三軸試験機にセットした後に解凍を行った。なお、TNシリーズと同じ目的で、5本採取した試料の内1本は、TNシリーズと同様に未凍結とした。

キーワード：圧密、埋立地盤、液状化、細粒分、三軸試験、サンプリング、試料の乱れ、シルト、凍結
 連絡先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472, TEL 0471-98-7553, FAX 0471-98-7586

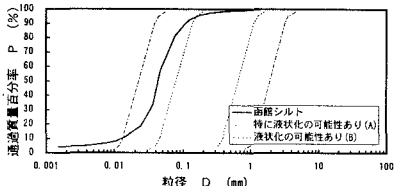


図-1 用いた試料の粒度組成

表-1 用いた試料の物理的性質

土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.682
均等係数 u_c		3.8
最大粒径 D_{max}	mm	2.00
細粒分含有率 P_i	%	80.8
粘土分含有率 P_c	%	5.5
液性限界 W_L	%	39.9
塑性限界 W_P	%	NP
塑性指数 I_p		NP
最小乾燥密度 ρ_{dmin}	g/cm ³	0.962
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	g/cm ³	1.924
最大間隙比 e_{max}		1.788
最小間隙比 e_{min}		1.072

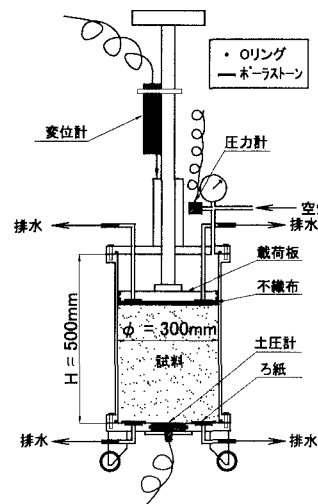


図-2 圧密土槽概略図

FF シリーズ：土槽圧密後、98kPa の圧密圧力下で土槽ごとドライアイスで下部より凍結を行った。試料の上部は、排水が可能である。凍結時間は 24 時間とした。凍結された試料はラッピングし冷凍庫で保管し、三軸試験のさいに所定の寸法に切り出し供試体とした。凍結供試体は、三軸試験機にセット後解凍した。

なお、シンウォールチューブの寸法は内径 75mm、長さ 210mm、厚さ 1.2mm であり、液状化試験用の供試体寸法は直径 75mm、高さ 150mm である。また、液状化試験用の供試体は、圧密条件が同一となるように土槽圧密試料のほぼ同心円上の位置より採取されたものを用いた。土槽圧密は、3 種類の採取・保管用の試料を得るために 3 回行ったが、TN シリーズの一部で失敗があったのでこのシリーズは 1 回追加した。

4. 土槽圧密結果

図-4および図-5に、土槽圧密時の土槽下部における土圧と試料の沈下量の経時変化を示す。空気圧による载荷圧密圧力はほぼ 196kPa で一定であったが、土圧は経過時間とともに低下した。これは、圧密土槽側面と载荷板や試料との摩擦により土圧が低下したものと考えられる。したがって、沈下量が約 200 分で一定になっているのは、一次圧密が終了し始めたということと土圧が低下した結果だと考えられる。このように、土圧の低下が生じたが、4 試料とも同一の沈下傾向を示し、ほぼ同一の試料が作成されたものと考えられる。

このように作成された試料の三軸試験における、有効拘束圧 98kPa (1kgf/cm²) で圧密後の乾燥密度は 1.285g/cm³ (1.262 ~ 1.305g/cm³) であり、原位置で採取された不攪乱試料は 1.300g/cm³ (1.287 ~ 1.325g/cm³)⁹⁾であった。圧密土槽による供試体の方が 0.015g/cm³ 小さいが、原位置の密度との差は少ない。

FF シリーズの凍結時の膨張体積ひずみは 1.7%であった。豊浦標準砂を用いて同じ方法で凍結した場合は 0.009%であった。凍結時の変位量は、約 20 時間で一定となったのでこの時間に試料全体が凍結したとすると、土槽圧密後試料高さ約 28cm より、平均の凍結速度は 14mm/h である。後藤ら⁹⁾は、膨張体積ひずみが 0.7%以下であれば細粒分を含んでも凍結によって液状化強度が低下しないことを示しているが、ここではこれを上回った。後藤ら⁹⁾の示した膨張体積ひずみと液状化強度の低下率の関係より、1.7%の膨張体積ひずみに対する凍結解凍による液状化強度の低下率を読みとると、約 1 割低下することとなる。

5. まとめ

- (1) 3 種類のサンプリングを行うために圧密土槽を用いて試料を作成したが、いずれも圧密傾向は同じであり、ほぼ同等の試料が作成されたと考えられる。
- (2) 圧密土槽により作成された試料の 98kPa の拘束圧下における乾燥密度は、1.285g/cm³ (Dr=98%) であり、原位置のそれとの差は少なかった。
- (3) 圧密土槽により作成された試料の凍結時の膨張体積ひずみは 1.7%であり、試料に乱れが生じないとされる 0.7%よりも大きかった。

参考文献

- 1) 時松 孝次、大原 淳良：地盤の熱的問題 8.凍結の応用 8.2 凍結サンプリング、土と基礎、38-11 (394), pp.61-68, 1990.11.
- 2) Shigeru GOTO: Influence of a freeze and thaw cycle on liquefaction resistance of sandy soils, *SOILS AND FOUNDATIONS*, Vol.33, No.4, pp.148-158, 1993.12.
- 3) 1968 年十勝沖地震調査委員会：1968 年十勝沖地震調査報告、847pp., 1969.3.
- 4) 森 伸一郎、沼田 淳紀：1993 年北海道南西沖地震における函館市の臨海埋立地の液状化、第 29 回土質工学研究発表会、pp.1015-1018, 1994.6.
- 5) 日本港湾協会：13 章 砂質土の液状化、港湾の施設の技術上の基準・同解説 改訂版（上巻）、pp.203-209, 1989.6.
- 6) 沼田 淳紀、森 伸一郎：1993 年北海道南西沖地震で液状化したシルト埋立地盤の液状化強度、土木学会第 52 回年次学術講演会、第 3 部、pp.262-263, 1997.9.
- 7) 後藤 茂、吉見 吉昭、田地 陽一：細粒分を含む砂地盤に対する原位置凍結サンプリングの適用性、清水建設研究報告、第 67 号、pp.11-20, 1998.4.

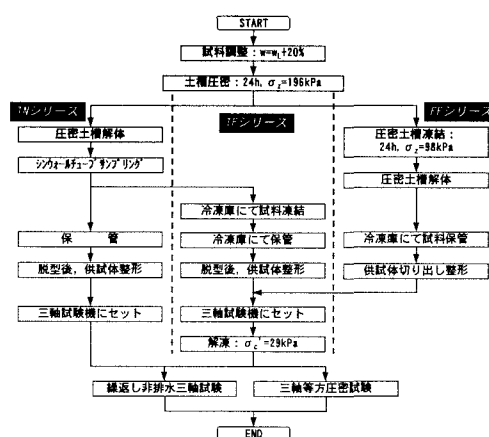


図-3 試験のフロー図

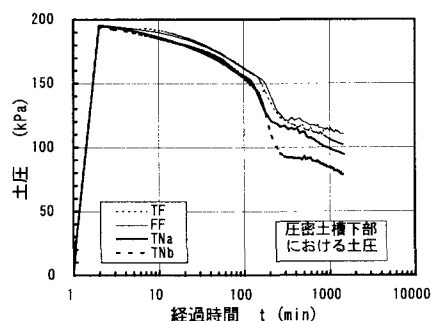


図-4 圧密土槽下部の土圧の経時変化

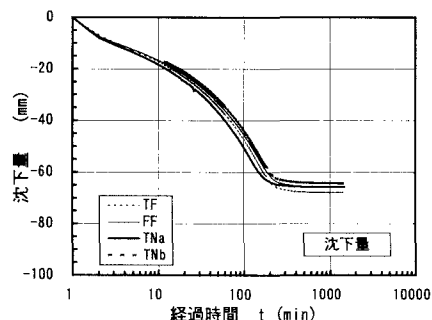


図-5 沈下量の経時変化