

2003年十勝沖地震で被災した火山灰造成盛土の液状化特性

中央大学 正会員 國生 剛治
 中央大学 正会員 原 忠
 中央大学 学生員 森戸 義裕

1. はじめに

2003年9月26日に発生した十勝沖地震では、震央距離約230kmに位置する北見地域において、液状化に起因する地盤災害が発生した。その中でも、端野町協和地区の農地が液状化し、長さ約190m、幅35~62mの範囲にわたって最大3.4m陥没した（傾斜角約 3° ）。液状化した火山灰は陥没域端部の複数の噴出口から約 1000m^3 流出し、農地、道路、明渠を通過して約1km下流まで流れた。

本研究では、埋立て火山灰造成盛土の原位置での液状化特性を調べるために、図-1に示す端野町内の地盤流動崩壊部においてブロックサンプリングした不攪乱試料について液状化試験および非排水単調載荷試験を行った。また、液状化後の残留強度を求めるため、繰返し載荷後に非排水単調載荷試験を行った。

2. 試験試料・物理試験結果

試験試料は、道東に広く分布する屈斜路カルデラを噴出源とする軽石流堆積物であり、図-1の地盤流動崩壊部より直径25cmのボイド管でブロックサンプリングした不攪乱試料である。表-1に試験試料の物性値を示す。原位置で行った、内径5cmのコア cutter を用いたコアサンプリング(JGS 1613-1995)と砂置換(JIS A 1214-1995)¹⁾の D_r を比較すると、コアサンプリングが11~33%、砂置換が50~60%とかなり差が得られた。一方ブロックサンプリングから切り出した三軸試験供試体の圧密後の D_r は平均33%である。

3. 試験方法

不攪乱試料はそのままでは供試体を成型することが困難であったため、予め-25のフリーザーにて凍結させた後、直径50mm、高さ100mmの供試体寸法になるように成型し、三軸セル内にて背圧に真空圧をかけ、2時間程度放置して解凍させた。炭酸ガスを供給した後、脱気水を十分に通水し、背圧300kPaを加え、間隙水圧係数(B値)が96%以上であることを確認した後、有効拘束圧49kPaで1時間程度等方圧密した。液状化試験は、周波数0.1Hzの正弦波荷重を非排水条件で繰返し載荷した。非排水単調載荷試験は、液状化試験同様、有効拘束圧49kPaで等方圧密した後、ひずみ速度0.1%/minの条件で軸ひずみが20%になるまで行う。繰返し載荷後の非排水単調載荷試験は、液状化試験の後、上記と同様の試験条件で軸ひずみが25%になるまで行う。

4. 試験結果

図-2に液状化強度曲線を示す。今回の試料の圧密後相対密度は平均 $D_r=33\%$ 程度であるが、同図中に示した $D_r=45\%$ の利根川砂や豊浦砂の再調整試料の試験結果に比較して強度は D_r の違いで説明できないキーワード 2003年十勝沖地震 液状化 火山灰土 三軸試験 不攪乱試料

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 03-3817-1799

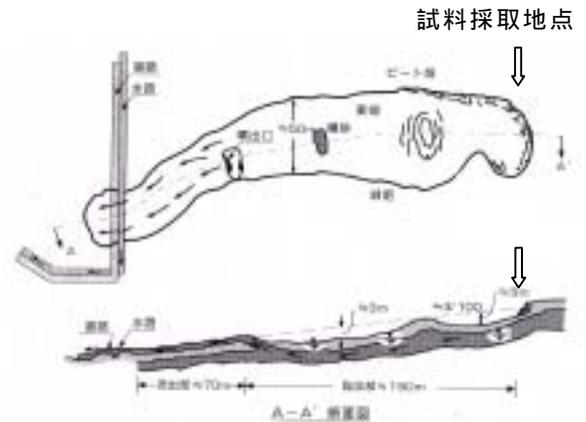


図-1 試料採取地点模式図

表-1 試験試料の物性値

	平均値	供試体 No	圧密前 D_{r0} (%)	圧密後 D_{r1} (%)
土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	2.446	No 1	23	26
最大密度 d_{max} (g/cm^3)	1.221	No 2	36	42
最小密度 d_{min} (g/cm^3)	0.846	No 3	36	38
原位置試験方法 D_r (%)		No 4	20	24
コアサンプリング	11~13	No 5	30	34
砂置換	50~60	平均値	29	33
細粒分含有率 F_c (%)	22~27			
礫分含有率 G_c (%)	8~14			
均等係数 U_c	25~125			

最小・最大密度試験は2mm以下の細粒分に対して行った。

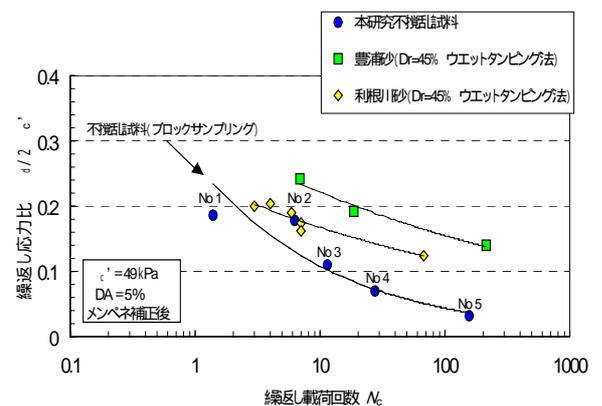


図-2 液状化強度曲線

ど極端に小さいことがわかる。

図-3 に不攪乱試料の単調載荷試験で得られた軸ひずみと偏差応力・過剰間隙水圧の関係を示す。同図には液状化試験のあと継続して行った単調載荷試験の結果も一緒に示しており、両者を液状化前と液状化後として区別している。両試料とも有効拘束圧 49kPa、圧密後相対密度 $D_r=23\%$ である。偏差応力～軸ひずみ関係は、液状化前では偏差応力が急激に上昇してピーク強度に達した後、徐々に減少していくのに対して、液状化後は軸ひずみが増大しても偏差応力が殆ど上昇しない結果を得た。過剰間隙水圧～軸ひずみ関係は、液状化前には水圧が急激に上昇するのに対し、液状化後は殆ど変化せず、ひずみが10%以上に大きくなると、偏差応力のわずかな上昇に伴って負の方向に向かって僅かに変化していることがわかる。これは液状化状態では土粒子間の有効応力がゼロで土粒子骨格を形成できないが、せん断ひずみが10%以上に大きくなると土粒子の噛み合いが復活し、それに伴い偏差応力や負の過剰間隙水圧がわずかながら発生したためと考えられる。

図-4 は、単調載荷試験での有効応力経路を示したものである。液状化後の応力経路は原点付近でとどまり、液状化前のせん断試験とは全く異なるが、載荷の進行とともに液状化前の供試体とほぼ同じ破壊線の上をたどる傾向が読み取れる。

図-5 には、異なる応力で圧密した不攪乱試料の単調載荷試験から得られた有効応力経路を示す。それぞれの圧密応力についての経路はおおむね収縮傾向を示し、破壊線に達すると偏差応力が上昇する。その後、拘束圧 49kPa の試料では原点に向かっていく。同図中に比較のため、直径 100 mm、高さ 200 mm の供試体による同程度の D_r を有する利根川砂²⁾の応力経路をしめすが、破壊線にそっての偏差応力の回復が顕著である。それに比べて火山灰土では応力回復が生じにくい、その原因のひとつとしてせん断中の粒子破碎が考えられる。

写真-1 に試験前における北見火山灰土粒子の電子顕微鏡写真を示し、写真-2 に堅硬な粒子を有する利根川砂の写真を示す。これより北見火山灰土の粒子形状は利根川砂のそれと比べ扁平な形状をしており、さらに同程度の粒子径を有する河床砂に比べ角ばりが大きいので粒子破碎を生じやすい構造を有しているといえる。

5. まとめ

1. 端野町協和地区の火山灰土不攪乱試料の液状化強度は豊浦砂や利根川砂より低く、非常に液状化しやすい試料であることがわかった。
2. 液状化後の、残留強度はゼロに近く、ひずみが10%を越えないと強度回復が生じない。これ

らの非排水せん断強度特性は火山灰特有の粒子形状に密接に関連していると考えられる。

謝辞：本試料採取を行うにあたり、北見工業大学山下助教授、平田技官、その他多くの山下研究室の皆様のご助力を得ました。この場をお借りし、謝意を表します。

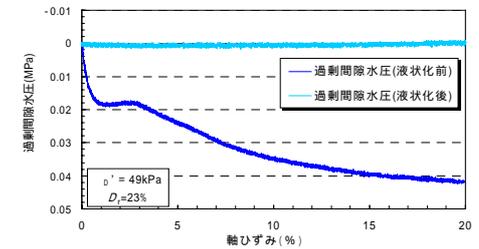
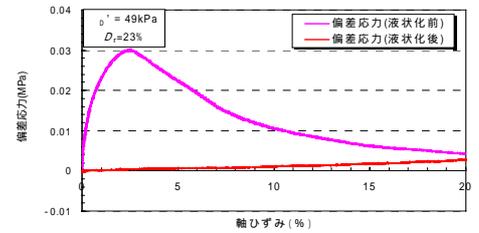


図-3 不攪乱試料の偏差応力・過剰間隙水圧と軸ひずみの関係

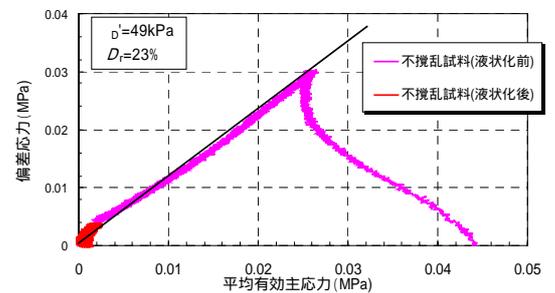


図-4 有効応力経路の比較

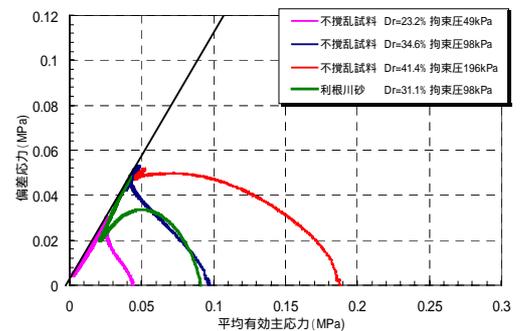


図-5 単調載荷試験による有効応力経路



写真-1 不攪乱試料拡大写真



写真-2 利根川砂拡大写真

〔参考文献〕1) 地盤工学会：地盤調査法，pp.391 - 394, pp.414 - 419, 1995.2) 原忠，國生剛治：砂礫の液状化強度および液状化後の非排水せん断強度に及ぼす粒度分布の影響，土木学会論文集，No.645/ -50, pp.245-253, 2000.