

北見火山灰土の液状化強度に及ぼす攪乱の影響

中央大学理工学部 正会員 國生剛治 原 忠  
 学生会員 高橋周聖 森戸義裕

1. はじめに

2003年9月26日、北海道釧路沖を震源とするマグニチュード8.0の十勝沖地震が発生し、道内各地に地盤の液状化や地すべり<sup>1)</sup>による農地崩壊など多くの地盤災害をもたらした。震央距離約230kmに位置する北見市近郊の端野町協和地区では、液状化により写真-1のように1984年頃に谷を埋め立てて造成した農地が最大3.4m陥没し、液状化した火山灰が大量に道路や河川に流出した。

本研究室では、地震発生直後2度の現地調査を行い、原位置での被害状況の全体像を把握した。さらに、図-1に示す原位置崩壊地盤からの不攪乱試料の採取を行っている。

本報では、北見火山灰土不攪乱試料による液状化前の静的試験及び液状化後の単調載荷試験の結果に加え、攪乱試料による試験結果との比較について報告する。

2. 試料及び物理試験結果

試験試料は、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供試体である。表-1に試験試料の物性値を示す。これより、採取試料の細粒分含有率は $F_c=22\sim 27\%$ 、礫分含有率 $G_c=8\sim 14\%$ であり、均等係数は $U_c=25\sim 125$ の範囲内であることがわかる。また、土粒子密度 $\rho_s=2.446\text{g/cm}^3$ であり、原位置での自然含水比 $w=17.4\sim 24.7\%$ である。また、攪乱試料は図-2に示した不攪乱試料の粒径加積曲線と同様に粒度を再調整し、試験をおこなった。

3. 試験方法

液状化試験には直径50mm、高さ100mmの三軸試験機を使用する。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、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。また、攪乱試料では不攪乱試料にほぼ等しい粒度配合の供試体を作製した。炭酸ガスを供給した後、脱気水を十分に通水し、背圧294kPa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。また、液状化試験



写真-1 農地崩壊地点

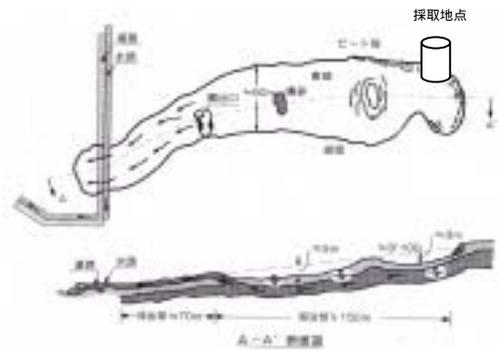


図-1 試料採取地点概要図

表-1 北見火山灰土の物性値

	平均値		コアサンプリング	砂置換法 <sup>2)</sup>
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.446	湿潤密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.06	1.24
最大密度 $\rho_{max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.221	乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.88	1.01
最小密度 $\rho_{min}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.846	相対密度 $D_r$ (%)	11-13	50-60
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	

最大・最小密度試験は2mm以下の細粒分に対して行った。

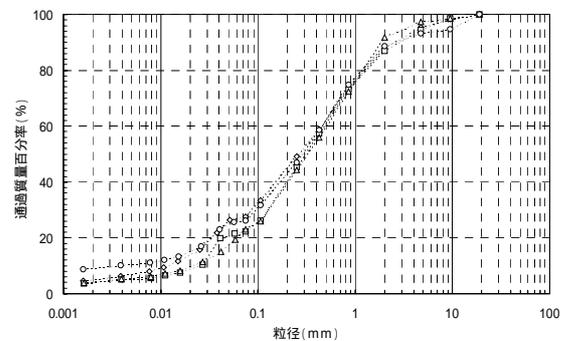


図-2 粒径加積曲線

キーワード 2003年十勝沖地震 火山灰土 不攪乱試料 攪乱試料 液状化試験

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

後,上部の载荷ロッドを固定し,ひずみ速度 0.1%/min で下部から静的载荷をし,供試体軸ひずみが 25%になったら終了とした。

#### 4. 試験結果と考察

図-3 に北見火山灰土の不攪乱試料及び攪乱試料による液状化強度曲線を示す。参考のために豊浦砂や利根川砂の結果も示す。攪乱試料は,不攪乱試料と同様な粒度調整を施し,相対密度については,  $D_r$  の調整が困難であったため,圧縮後  $D_r=50\%$  を目標として試験をおこなった。また,試験結果は,メンブレンペネトレーション補正<sup>4)</sup>を施している。一般的に攪乱試料は同試料の不攪乱試料よりも繰返し载荷回数に対する繰返し応力比の増加傾向が低くなると考えられているが,同図中に示している通り,北見火山灰土については,むしろ逆の傾向が読み取れる。

図-4 に北見火山灰土の不攪乱試料及び攪乱試料の液状化試験後の単調载荷試験から得られた軸ひずみ～偏差応力,過剰間隙水圧関係を示す。本試験では,軸ひずみが 25%になったら終了としたが,不攪乱試料においては,軸ひずみが増大しても偏差応力が僅かしか上昇せず,過剰間隙水圧も殆ど変化しない。一方,攪乱試料においては軸ひずみ 3%あたりから負の間隙水圧が生じ,これにともなって明瞭なる強度回復が起きることが分かる。これより,相対密度の違いもある程度影響している可能性もあるが,攪乱試料の方が,液状化後の残留強度が大きく,通常の土とは逆の傾向となることがわかる。

図-5 に不攪乱試料及び攪乱試料の液状化前の単調载荷試験における有効応力経路を示す。不攪乱試料における拘束圧 196kPa では利根川砂同様,変相線到達後,偏差応力の回復が顕著にみられるが,49kPa,98kPa においては強度の回復がみられず,変相線に達するまで収縮を示し,達すると流動方向に落ち込んでいく。これは,不攪乱試料が粒子破碎を起しやすく,応力回復がみられないためと考えられる。一方,攪乱試料については,変相線到達後,偏差応力の回復が拘束圧 49kPa,98kPa,196kPa のいずれも顕著にみることができた。ピーク強度に着目すれば不攪乱試料と攪乱試料は大きな違いはないものの,その破壊後の流動性は大きく変化することがわかった。

#### 5. まとめ

- ・ 北見火山灰土の液状化強度は,不攪乱試料の方が攪乱試料よりもむしろ小さい傾向となる。
- ・ この火山灰土の液状化後の単調载荷試験では,不攪乱試料よりも攪乱試料の方が,液状化後の残留強度が大きく,通常の土とは逆の傾向となり,また,液状化前の単調载荷試験では,変相線到達後の流動性は不攪乱試料では大きい,攪乱試料ではむしろ体積膨張傾向に転ずることがわかった。

[参考文献] 1) 八木一善,三浦清一,志比川清史:2003年十勝沖地震によって液状化した火山灰土の動的力学特性,土木学会第59回年次学術講演会,pp.485 - 486,2004. 2) 地盤工学会:地盤調査法,pp.391 - 394,pp.414 - 419,1995. 3) 堀智仁,山下聡,村田芳信,林宏一,伊藤陽司,鈴木輝之:2003年十勝沖地震で被災した火山灰地盤の液状化特性,第39回地盤工学研究発表会,pp.1951 - 1952,2004. 4) 田中敬三,時松孝次:液状化試験結果に対する Membrane Penetration の簡便な評価方法,土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム発表論文集(土質工学会),pp.85-88,1989.

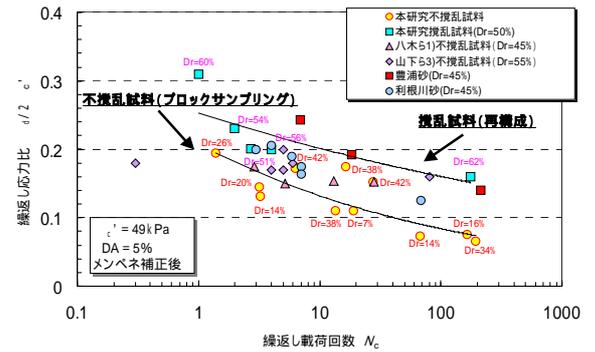


図-3 液状化強度曲線

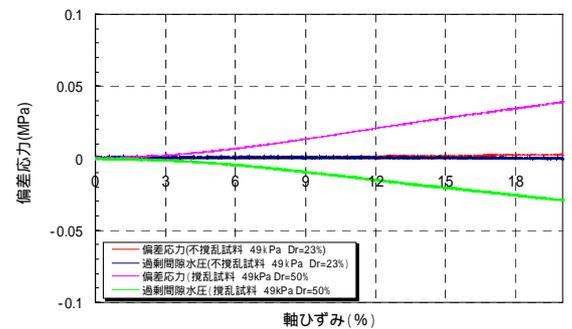


図-4 液状化後静的試験における軸ひずみ～偏差応力,過剰間隙水圧関係

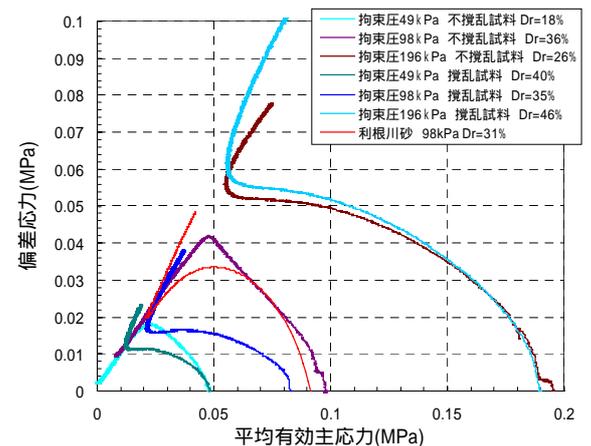


図-5 液状化前静的载荷による有効応力経路