

日本国内に分布するいくつかの火山灰質粗粒土の液状化特性

宇都宮大学 学生会員 ○鈴木優花
宇都宮大学 正会員 海野寿康, 非会員 吉直卓也

1. 研究背景と目的

近年の地震では火山灰質土分布地域で甚大な被害が発生している。1952 年，特殊土壤地帯に対し「特殊土壤地帯災害防除及び振興臨時措置法」（以後，“特土法”と称す）が制定されている。この特土法により，西日本の 7 種の特殊土壤（シラス，ボラ，コラ，赤ホヤ，花崗岩風化土，ヨナ，富士マサ）が認定対象土とされ，制定以降継続して災害防除事業が行われている¹⁾。一方で，特土法認定土壤地帯以外にも火山灰質土は国内に広く分布しており，多くの地盤災害が発生している。しかしながら，特土法認定土と非認定火山灰質土の力学的な違いは明らかになっていない。

本研究では，特土法認定土と非認定の火山灰質土の物理特性や液状化特性を比較し，その差を求めた。

2. 用いた試料の物理特性

用いた火山灰質土は，シラス（鹿児島県産）とボラ（鹿児島県産）の 2 試料（特土法認定土），北広島土（北海道産の火山灰質土）と鹿沼土（栃木県産の火山灰質土）の 2 試料（非認定土），全 4 試料である。それぞれ液性限界・塑性限界試験，粒度試験，土粒子密度試験を行った。なお土粒子密度試験の準備時に，全 4 試料，すり鉢を用いすりつぶしたものを 12 時間以上の脱気をさせ，かつ 4 時間の煮沸を行ったものを用いている。

物性試験の結果，塑性指数は全試料で NP であった。粒度試験，土粒子密度試験の結果を表-1，2 に示す。また，粒径加積曲線を図-1 に示す。

表-1 物性試験結果

試料名	シラス	ボラ	北広島土	鹿沼土
土粒子密度 ρ_s g/cm ³	2.455	2.666	2.457	2.217
細粒分含有率 F_c %	21.4	11.0	33.9	18.2

表-2 粒度試験結果

試料名	シラス	ボラ	北広島土	鹿沼土
最大粒径 mm	2.0	2.0	2.0	2.0
60 % 粒径 D_{60} mm	0.3	0.6	0.3	1.3
50 % 粒径 D_{50} mm	0.2	0.5	0.2	1.0
30 % 粒径 D_{30} mm	0.1	0.35	0.1	0.3
10 % 粒径 D_{10} mm	0.02	0.04	0.01	0.01
均等係数 U_c	16.3	15.0	27.8	118.2
曲率係数 U'_c	2.4	5.1	1.1	6.3

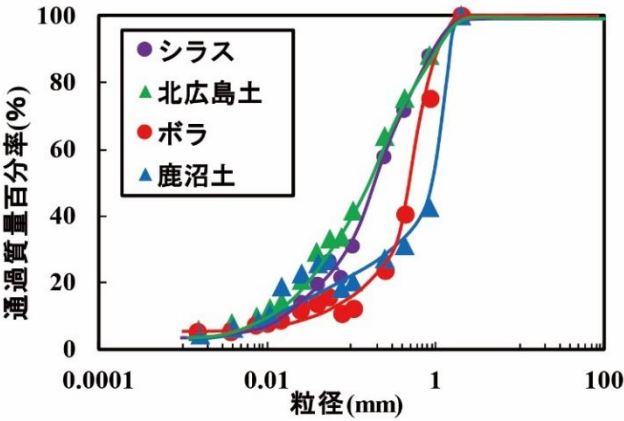


図-1 粒径加積曲線

全試料とも，載荷試験に用いた試料で粒度試験を行った。これらの物性試験結果より，シラスと北広島土は土粒子密度，粒径加積曲線ともに近い値を示す結果となった。同様に曲率係数 U_c も，シラスと北広島土，ボラと鹿沼土は近い値を示している。

3. 繰返し三軸断試験の概要

供試体は直径 5cm，高さ 10cm の円筒形で，試験試料は全て 2mm ふるいを通過したものを用いた。以後，本研究供試体中，緩い状態のものをシラス A，ボラ A とし，密な状態なものをシラス B，ボラ B とする。供試体の圧密後の乾燥密度を表-3 に示す。

各供試体に両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ となるまで正弦波で繰返し載荷を与えた。供試体に対する初期有効拘束圧は 50kN/m^2 とし，等方応力状態，非排水条件で載荷を行っている。また，繰返し載荷は軸差応力振幅一定，載荷周波数 $f=0.05\text{Hz}$ で与えた。

表-3 圧密後の平均乾燥密度と供試体作製方法

試料名	圧密後の平均乾燥密度 ρ_{d0} g/cm ³	供試体作製方法
シラスA	0.966	湿潤締め固め法($W_o=5\%$)
シラスB	1.259	乾燥締め固め法
ボラA	0.794	湿潤締め固め法($W_o=8\%$)
ボラB	0.968	乾燥締め固め法
北広島土	0.898	湿潤締め固め法($W_o=5\%$)
鹿沼土	0.762	湿潤締め固め法($W_o=6\%$)

キーワード 火山灰質土，繰返し載荷，液状化，曲率係数

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部 TEL. 028-689-7041

4. 繰返しせん断変形挙動と液状化強度

試験結果の一例として図-2,3に繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c=0.090$ のシラス, $\sigma_d/2\sigma'_c=0.096$ の北広島土, $\sigma_d/2\sigma'_c=0.220$ のボラ, $\sigma_d/2\sigma'_c=0.413$ の鹿沼土の各有効応力経路, 応力～ひずみ関係と過剰間隙水圧比の時刻歴をそれぞれ示す. 全試料とも, 繰返し载荷に伴い平均有効主応力がゼロに達し, 液状化に至る. 応力～ひずみ関係より液状化に至ると軸ひずみが急激に発生することが観察される. また時刻歴より間隙水圧は繰返し载荷に伴い上昇し, 過剰間隙水圧比が0.95に達する.

これらの結果より, 液状化強度曲線及び液状化強度比を求めた(表-4, 図-4). 緩い状態の液状化強度比(载荷回数 20 回時の $\sigma_d/2\sigma'_c$) は, シラス A は $R_{L20}=0.083$, ボラ A は $R_{L20}=0.207$, 鹿沼土は $R_{L20}=0.316$, 北広島は $R_{L20}=0.101$ と低い値を示しており, 特にシラスと北広島は非常に液状化しやすい試料といえる. しかしながら密な状態になると, シラス B は液状化強度比 R_{L20} が非常に高い値を示す結果となった.

ここで, 液状化抵抗と粒径分布の関係をみるため, 液状化強度比 R_{L20} と曲率係数 U'_c の関係を図-5 に示す. シラスと北広島土, ボラと鹿沼土に近い位置にあることより, 粒度分布の似た試料は液状化強度比 R_{L20} も近くなる傾向にある.

本研究に用いた 2 試料, シラス(特土法認定土), 北広島土(非認定土)における力学的な差はみられなかった. ボラと鹿沼土においても土粒子密度の違いはあったが, 同様に液状化強度比も近い値であった.

5. 結論

以下に本稿の結論を示す.

- I. 物理試験結果より, 塑性指数は全て NP であり, 土粒子密度はシラスが 2.455, 北広島土が 2.457 と近い値であった. 粒径加積曲線について, 曲率係数 U'_c でみると, シラスと北広島土, ボラと鹿沼土が近い値である.
- II. 繰返しせん断試験結果より, 物理特性が特に似たシラスと北広島土では, 液状化強度比は近い値を示す. 緩い状態の液状化強度比 R_{L20} で比較したところ, シラスは 0.083, 北広島は 0.101 と近く, 小さい値を示す.
- III. 火山灰質土において曲率係数 U'_c と液状化強度比 R_{L20} より, 物理特性が似た土の液状化強度比は近い.

謝辞: 本研究は, JSPS 科研費 18H01529 (代表: 海野寿康) および JSPS 科研費 19H00780 (代表: 菊本統) の各助成を受けて実施したものです.

参考文献 1) 農林水産省: 特殊土地地帯対策の概要 (https://www.maff.go.jp/j/nousin/tiiki/tokudo/pdf/tokudo_gaiyou.pdf)

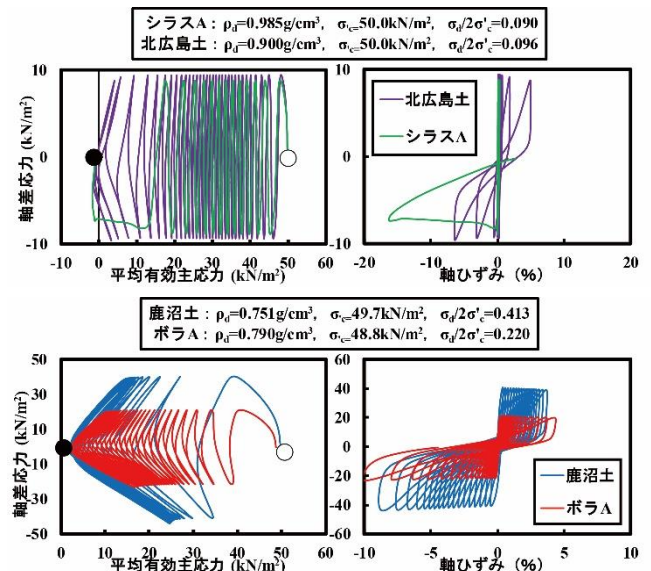


図-2 有効応力経路, 応力～ひずみ関係

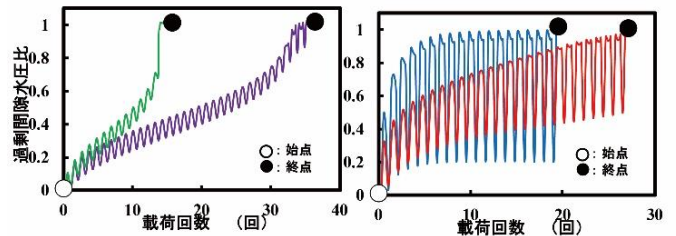


図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴

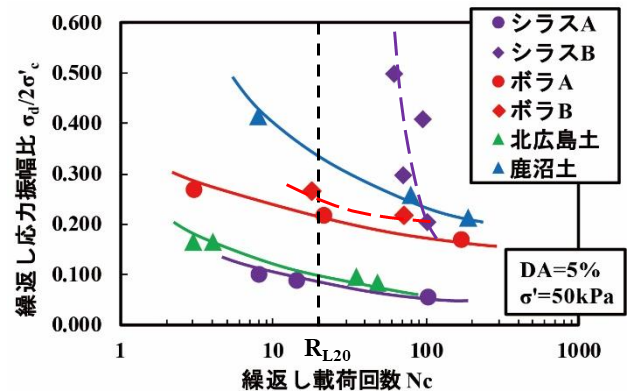


図-4 液状化強度曲線

表-4 液状化強度比

試料名	シラスA	シラスB	ボラA	ボラB	北広島土	鹿沼土
R_{L20}	0.083	—	0.207	0.261	0.101	0.316

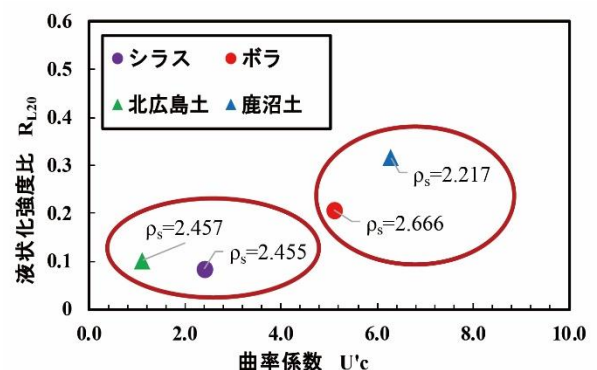


図-5 液状化強度比 R_{L20} と曲率係数 U'_c の関係