

微視的構造に着目した熊本平野における火山灰質砂の液状化特性

九州大学大学院 学○小合克弥

九州大学大学院 正 ハザリカ・ヘマンタ 中央大学名誉教授 國生剛治

日本基礎技術(株) 松本大輔 日本地研(株) 石橋慎一郎 九州大学大学院 学 Wa Ode Sumartini

1 はじめに

2016年4月16日に熊本県で最大震度7を観測する大きな地震が発生し、中部九州を中心とした広い地域で強い揺れが観測された。この地震により熊本平野や八代地方などにおいて広く液状化の被害が発生したが、その被害状況は地震のマグニチュード・震源距離などから考えてもそれほど大規模ではなかった。噴砂の分布は広範囲に面的に広がるのではなく、主に河川付近や自然堤防上などに集中して見られた。

過去の地震でも、震度5強以上においての液状化被害が報告されているが、その程度は地盤の状況により様々である。地盤工学会の平成28年熊本地震地盤災害調査団の報告¹⁾によると、熊本平野に多くの地点において黒色の火山灰質砂が噴砂として観測されたことが報告されている。このことから本研究では、この火山灰質砂の性質が液状化の発生状況に大きく関わっていると考え、その物理的性質・力学的性質について実験を行った。

2 噴砂の物理的性質

熊本市西区、南区および益城町の噴砂が確認された地点10カ所で地表の噴砂を回収した。また、これらは次項の力学試験を行うには量が不十分であったため、白川沿岸で同様の砂を採取した。これら合計11種類の試料に対して土粒子密度、液性限界・塑性限界試験を、うち6種類に対して、粒度試験を行った。その結果として、土粒子密度は $2.6\sim 2.76\text{g/cm}^3$ であり、すべて非塑性であることが分かった。また、粒度試験の結果は図2の通りで、試料6が白川沿岸で採取した砂であるが、いずれも同様に細砂・中砂を多く含んでいる。このように分級された砂は一般に液状化しやすいことが知られている。相対密度試験は比較的多量の試料を必要とするため、1つの噴砂試料に対してのみ行った。その結果、最小密度は 1.19g/cm^3 、最大密度は 1.53g/cm^3 となっており、この値は一般的な砂と比較しても小さい値である。土粒子の微視的構造を観測するために走査電子顕微鏡(SEM)による観察を行った。図3の(a)と(b)が観察結果である。図3の(a)は熊本市南区で採取した噴砂で、粒子の表面には凹凸などが見受けられず、角張った形状の粒子を主として構成されていた。一方で(b)の試料は白川沿岸で採取した砂で、(a)のものと似た角張った粒子も含有する一方で、丸みを帯びた表面に凹凸をもつ粒子も確認された。また、写真中央により細かい土粒子がみられることから粒子破碎を起こしやすいことも考えられる。試料の土粒子密度は比較的大きかったのに最大・最少密度の値が小さくなったのは、粒子の角張った形状により間隙の多い堆積構造となったことが原因であると考えられる。



図1 噴砂の顕微鏡拡大写真
(熊本市南区)

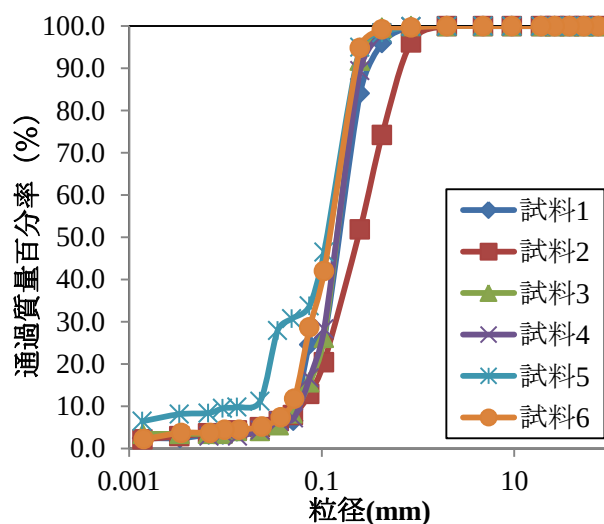


図2 噴砂の粒径加積曲線

キーワード：平成28年熊本地震、液状化、火山灰質砂、SEM、繰返し三軸試験

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 ウエスト2号館11階1108-2号室 Tel & Fax : 092-802-3369

3 噴砂の力学的性質

次に、白川沿岸で採取した砂試料を用いて、液状化強度を評価するために繰返し非排水三軸試験を行い、その液状化強度曲線を求めた。供試体として、直径5cm×高さ10cmの円柱供試体を作成した。含水比を30%に調整し、湿潤密度を $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 程度になるようにし、攪乱資料を再構成した。B値は0.96~0.97である。

飽和方法としては試料に炭酸ガスを通し、脱気水を用いた。セル圧、背圧、圧密応力はそれぞれ150、100、50 (kN/m^2)とした。

表1および図5が試験結果であり、小さい応力振幅比で液状化に至っていることが分かった。また、繰返し回数が小さい範囲での液状化強度曲線の立ち上がりは顕著ではなく、 $DA=1,2,5\%$ の曲線の間隔が狭いことから、いったん液状化するとひずみが急激に進行する緩い試料であるといえる。

4 まとめ

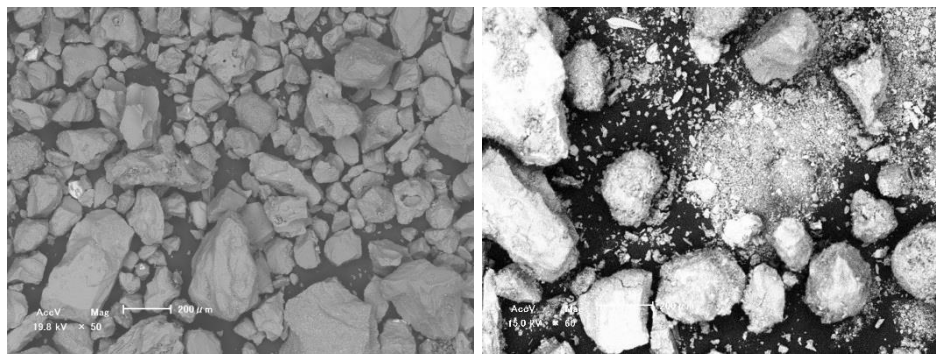
本研究で明らかとなった火山灰質砂の性質は以下の通りである。1)土粒子密度が大きく、噴砂は軽石の様に地震荷重により粒子破碎を生じるものではなかった。2)非塑性であるが、細粒分含有率は少なくはない。3)粒度分布から判断すると、一般的に液状化しやすい粒度分布に含まれている。4)最大・最少密度の値はともに小さいが、それはSEMの観察結果から、土粒子自体に角張った形状のものが多く、粒子間の間隙が大きくなっていることが予想された。

冒頭でも述べたように、本地震における液状化被害は地震の規模などと比較しても大きいものではなかったが、今回性質を調査した火山灰質砂には液状化に対する耐性がなく、むしろ脆弱であることが示された。今後は火山灰質砂の分布状況など実際の地盤状況と比較しながら今回の試験結果を活用していくことが課題となる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた九州大学大学院のハザリカ・ヘマンタ教授に感謝いたします。また、多くの知識や示唆を頂いた國生剛治中央大学名誉教授、実験の実施や試料採取に関して多大なご協力を頂いた日本基礎技術(株)の松本大輔氏、日本地研(株)の石橋慎一郎氏、九州大学大学院のWa Ode Smartini氏に感謝します。

【参考文献】1) 平成28年熊本地震地盤災害調査団：平成28年熊本地震 災害調査報告-液状化班、2016、2) 風間基樹、高村浩之、海野寿康、仙頭紀明、渦岡良介：不飽和火山灰質砂質土の液状化機構について、土木学会論文集C Vol.62 No.2、pp. 546~561、2006



(a) 噴砂(熊本市南区)

(b) 白川沿岸で採取した砂試料

図3 SEMによる粒子表面の観察

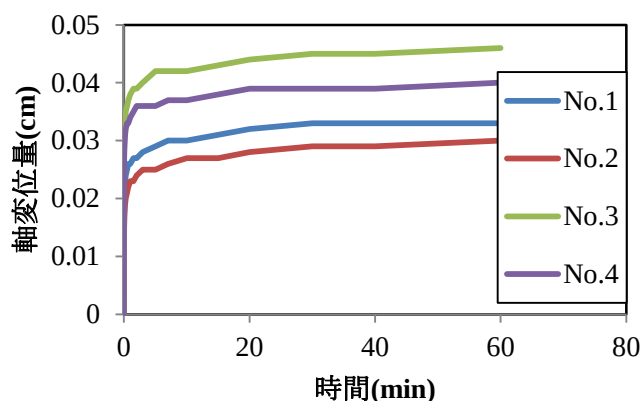


図4 圧密時の時間と軸変位量

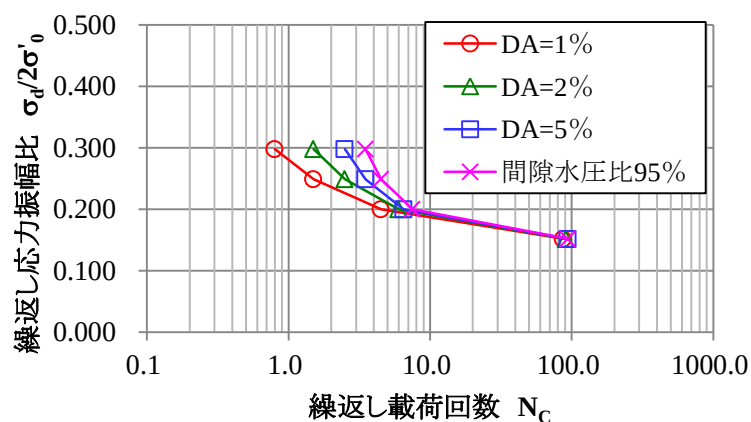


図5 繰返し応力振幅比—繰返し載荷回数