

鉱物に着目した火山灰土の液状化特性に関する研究

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 正 國生剛治

日本基礎技術(株) 非 松本大輔 日本地研(株) 非 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14日、16日に熊本県を中心に最大震度7を記録する大規模な地震が発生し、九州の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、その被害は地震のマグニチュードなどから考えてもそれほど大規模ではなかった。噴砂は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強以上における液状化被害が報告されているが、その被害の程度は地盤の状況により様々で、特に古い自然体積地盤での液状化事例は少ない。今回の地震では、図1(a)のような人工地盤の液状化もさることながら、熊本平野の多くの液状化地点において黒色の火山灰質砂が噴砂として観測されている(図1(b))。火山砕屑物を主体とする火山灰質土は、場所や噴出時期によって化学組成、堆積条件、力学特性が様々であるため、液状化に関しても特殊な特性を示すことが考えられる。本研究では熊本平野における火山灰質砂の特性を明らかにするため、その物理性質、力学特性、および粒径ごとに区分した試料を顕微鏡で観測し、その特徴について考察を行った。



(a) 熊本港

(b) JA 上益城駐車場

図1 噴砂の様子

2. 噴砂の物理特性

図2に示す地点において採取した噴砂、および力学試験等に用いた同様の砂(白川左岸)に対して土粒子の密度試験及び、粒度試験を行った。噴砂の土粒子密度は $2.65\sim 2.75\text{ g/cm}^3$ と比較的大きな値を示した。粒度試験の結果は図3に示す通りで、いずれの試料も細砂、中砂の含有率が高いため、液状化の起こりやすい粒度であると考えられる。

3. 顕微鏡による土粒子の観測

採取した砂試料は火山灰質砂であると考えられるが、土粒子中には種々の鉱物が含まれている。ここでは砂をふるいによって粒径ごとに区分し、各粒径範囲に含まれる鉱物の種類に着目した観察を行った。それぞれのふるいに残留した試料を光学顕微鏡により観測した結果を図4に示す。観測に用いたのは白川左岸で採取した試料である。 $425\mu\text{m}$ を境として土粒子の種類に大きな違いがみられる。(a)および(b)では褐色で表面の平らな土粒子が多く見られる一方で、それ以下の粒径(c), (d), (e), (f)では黒色、白色等の火山由来の鉱物が主にみられる。この試料の $425\mu\text{m}$ ふるいの通過質量百分率は99.2%であるため、ほとんど火山性の鉱物により構成されているといえる。また、(d), (e), (f)では(c)に比べて無色鉱物の割合が多くなるなど、粒径ごとに含有量や種類の違いも見られた。



図2 噴砂の採取地点

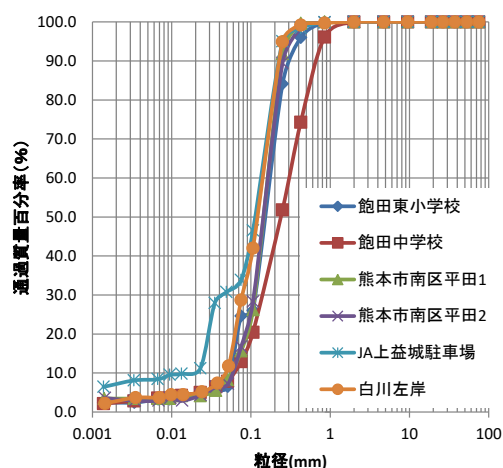


図3 噴砂の粒径加積曲線

4. 繰返し三軸試験による液状化強度評価

白川沿岸で採取した試料の液状化強度を求めるために、モールド内で締固め法により作成した供試体に対し、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。表 1 に供試体の寸法等を示す。過圧密状態としたときの結果と比較するため、OCR=1, 2, 3 の試験条件に対し、初期圧密応力をそれぞれ 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa と設定した。圧密終了後、拘束圧を 50 kPa に戻し、所定の応力比にて载荷を開始した。図 5 にその試験結果を示す。ここで、 R_L を繰返し回数 20 回における応力振幅比として定義すると、OCR=1 のとき R_L の値は 0.179 となる。一般にゆる詰め液状化しやすい砂質土の R_L は 0.2 以下である³⁾ことから、対象試料は正規圧密状態において、今回の試験条件における液状化強度は弱いものであったといえる。一方で OCR=2, 3 としたのを見ると、 R_L の値は 0.2 を上回り上昇する傾向がみられた。したがって、同じ深度で同じ火山灰質砂であっても過去に力学的な作用を受け、液状化強度が上昇しているところがあると考えられる。

5. 結論

物理試験の結果から、火山灰質砂は液状化に対して脆弱な物理特性を有することが分かった。また、この火山灰質砂の中砂以降の成分については黒色、白色等の種々の火山由来の鉱物から成っていること、その組成は粒径ごとに異

なることが示唆された。力学試験の結果においては液状化に対して脆弱な挙動を示したが、それは粒度分布などの物理性質に関連するものと考えられ、また過去の過圧密により強度を増すことが分かった。

謝辞: 本研究は日本科学技術振興機構(JST)の平成 28 年熊本地震国際緊急共同研究・調査支援(J-RAPID)(代表者: Hemanta Hazarika)の補助を受けています。ご支援に対して厚くお礼申し上げます。

参考文献: 1) Hazarika, H., Kokusho, T., Kayen, R. E., Dashti, S., Fukuoka, H., Yasuhara, K., Saitoh, O., Sakai, N., Ishizawa, T., and Chen, G. (2016): An Overview of the Geotechnical damage Brought by the 2016 Kumamoto Earthquake, Japan, International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) Bulletin, Vol. 10, Issue 3, 2) 江川拓也, 山梨高裕, 富澤幸一(2016): 火山灰質土の液状化特性に関する検討, 日本地震工学会論文集第 16 巻第 1 号(特集号), 3) 石原研而(2017): 地盤の液状化, 朝倉書店, 4) 日本港湾協会(2007): 港湾の施設の技術上の基準・同解説, pp. 385-389

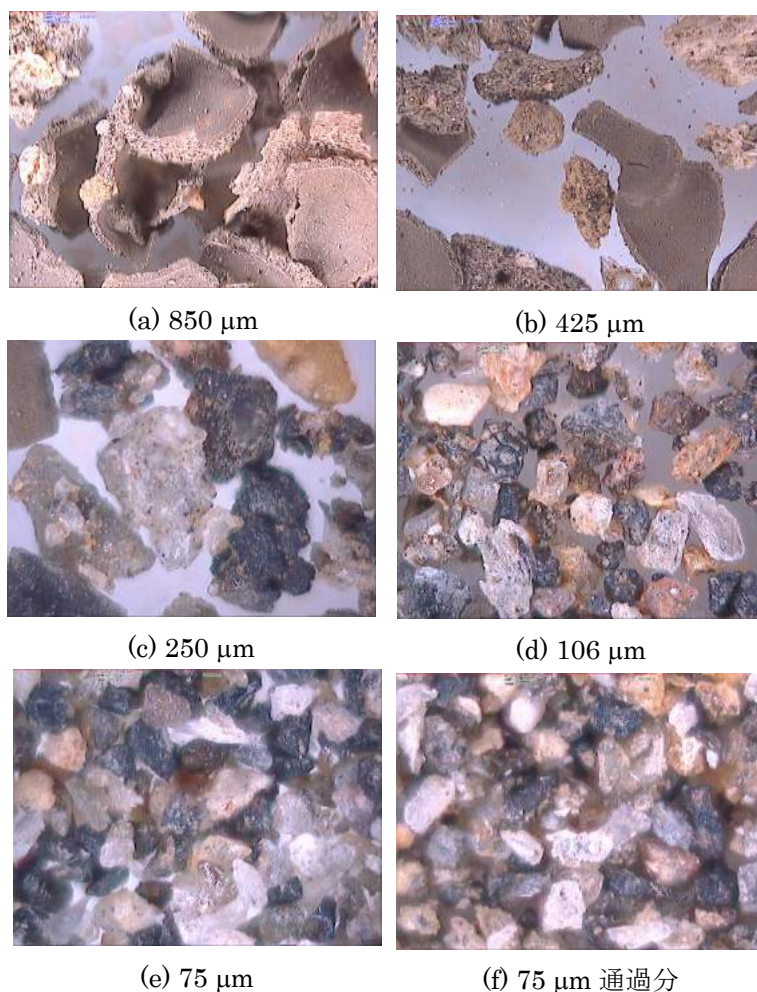


図 4 粒径ごとの土粒子の顕微鏡写真

表 1 繰返し三軸試験の供試体に関して

供試体番号	No.1	No.2	No.3	No.4
直径(cm)	4.979 4.977 4.976	4.987 4.984 4.981	4.989 4.977 4.987	4.979 4.978 4.972
直径平均	4.977	4.984	4.984	4.976
高さ(cm)	10.088 10.091 10.092	10.109 10.111 10.11	10.05 10.055 10.051	10.081 10.083 10.078
高さ平均	10.090	10.110	10.052	10.081
体積(cm ³)	196.33	197.24	196.14	196.06
質量(g)	252.6	252.5	255.2	255.5
含水比(%)	30	30	30	30
湿潤密度(g/cm ³)	1.287	1.280	1.301	1.303
乾燥密度(g/cm ³)	0.990	0.985	1.001	1.002
間隙比 e	254.230	255.515	251.379	250.990
セル圧変化(kN/m ²)	39.7	38.8	39.5	38.8
間隙水圧変化(kN/m ²)	38.1	37	38.5	37.9
B 値	0.960	0.954	0.975	0.977

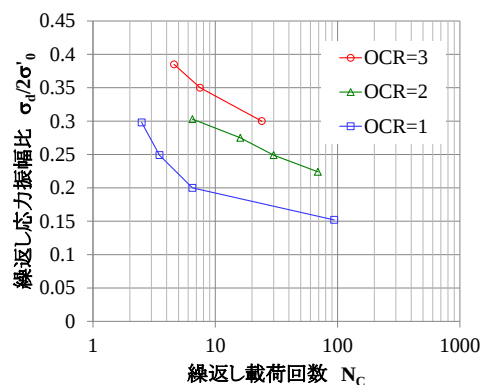


図 5 繰返し三軸試験結果