

平成 28 年熊本地震における液状化噴砂の物理的特性

福岡大学 学生員 ○山田 康平
福岡大学 正会員 村上 哲
福岡大学 正会員 樋原 弘貴

1. はじめに

平成 28 年熊本地震では熊本県内 11 市町村で液状化が確認され、とりわけ、熊本平野においては広範囲で甚大な液状化被害が生じた。これは、熊本特有の火山性由来の土質の影響に加え、従来指摘されている埋立地盤だけでなく、旧河道部、自然堤防部の一部で液状化の帯として現れたような限定的に生じているのが特徴的である¹⁾。この液状化した土質は火山性由来のものと指摘されているが、地域の土質特性が被害を甚大化させた可能性も否定できない。そこで、熊本地震後に採取した噴砂試料を用いて、液状化した砂の基本物性の調査を行った。また、粒子の形状や成分について顕微鏡観察を行い、液状化した土の基本的性質の把握を実施した結果について報告する。

2. 液状化した噴砂の物理特性

2.1 噴砂試料の概要

熊本の液状化が確認された地点から噴砂を採取した。様々な地域からおよそ 16 試料を入手し、それらを調査に利用した。図-2 は噴砂試料採取位置となっている。

2.2 噴砂試料の基本物性

液状化発生地点で採取した噴砂試料に対して粒度試験(JIS A 1204) と土粒子密度試験(JIS A 1202) を実施した。表 - 1 はその結果をまとめたものである。



図-1 噴砂試料の採取地点

粒度試験結果から得られた粒径加積曲線を図-2 に示す。図中の左右にある点線は 1997 年運輸省港湾局の基準を用いて液状化の範囲を表している。すべての試料が、この点線内に収まっていることが分かる。すなわち、試験に用いた試料すべて従来液状化の可能性がある土質であることが分かる。それぞれの粒径加積曲線を見ると多少の差異はあるが、同じような曲線であり重なっている。均等係数は 1.5~2.5 のものが多く、曲率係数の範囲は 0.8~1.3 となり、細粒分含有率は 1.5%~16.2% である。土粒子密度に関して、数値にばらつきは見られるが、一般的な土としての代表として豊浦砂の密度は 2.64 になるため、これと比較すると全て上回る結果となった。最小が 2.664、最大が 2.833 となったことから熊本の噴砂の土粒子密度は比較的高いようである。液状化被害が顕著であった近見地区で採取試料に対し、所定の粒径範囲で分級した粒子に対し、土粒子密度試験を実施した。分級した粒径は、75 μ m 以下、75 μ m~106 μ m、106 μ m~250 μ m、250 μ m 以上の 4 種類である。

表-1 粒度試験結果の一覧

	試料名	均等係数U _c	曲率係数U _c	細粒分含有率F _c	土粒子密度
緑川	イオンモール熊本No.1	4.2	0.8	4.2	2.666
	イオンモール熊本No.2	5.0	1.1	9.5	2.664
加勢川	犬瀬公園	2.2	1.3	1.5	2.71
	元三町5丁目	1.8	1.0	6.8	2.716
	嘉島町下仲間	3.0	1.0	1.3	—
緑川or加勢川	嘉島町鉾No.2	2.0	0.9	3.4	2.775
	嘉島町鉾No.1	2.0	0.9	4.0	2.7
白川	近隣公園	2.4	0.9	3.5	2.728
	西区二本木4丁目	3.5	1.0	10.0	2.72
	南区近見1丁目No.3	2.5	0.9	4.8	2.669
	南区近見1丁目No.1	2.2	1.0	8.1	2.833
	南区近見1丁目No.2	2.6	0.9	16.2	2.773
	南区近見1丁目No.4	2.0	0.9	8.8	—
	南区八幡7丁目	1.9	0.9	4.0	2.825
黒川	阿蘇市赤水No.1	1.9	1.0	4.4	2.734
	阿蘇市赤水No.2	1.6	0.8	12.3	2.729

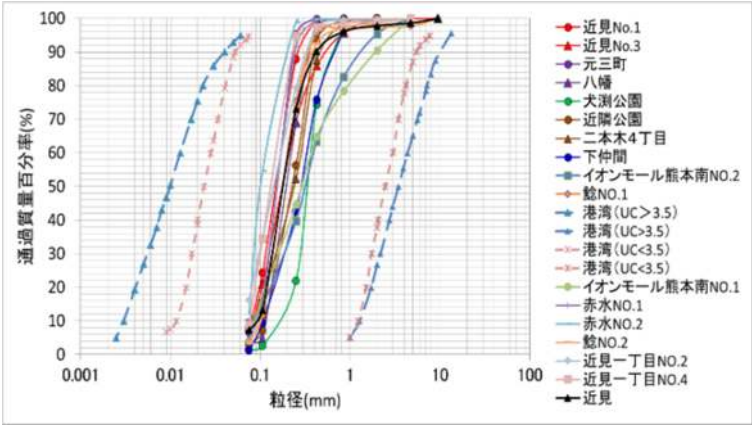


図-2 噴砂試料の粒径加積曲線

試験結果を表-2 に示す. この試料全体の土粒子密度が 2.658g/cm^3 であるのに対し, $75\mu\text{m}$ 以下, $75\mu\text{m}\sim 106\mu\text{m}$, $106\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$, $250\mu\text{m}$ 以上で, それぞれ, 2.572g/cm^3 , 2.732g/cm^3 , 2.711g/cm^3 , 2.630g/cm^3 となっている. $75\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ で比較的高い値を示した. この土粒子密度の違いは, 土を構成する粒子の鉱物の違いにより生じたものであると考えられることから, 他の採取試料で見られた土粒子密度が比較的高くなる傾向の要因の1つであると考えられる.

2.3 噴砂試料の粒子特性

表-2 で示した同一試料について顕微鏡観察を行った. 写真-1 は分級前の粒子状況であり, 写真-2~5 は分級されたそれぞれの粒径範囲における顕微鏡写真である.

$250\mu\text{m}$ 以上から $106\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$, $75\mu\text{m}\sim 106\mu\text{m}$ にかけて火山ガラスの含有量が増加していることが確認されたが, 火山ガラスの密度は一般的に $2.34\sim 2.41\text{g/cm}^3$ となり数値は低い. 一方, 鉱物の密度に関しては $2.5\sim 3.5\text{g/cm}^3$ となり高い数値である. 土粒子密度試験の結果と対比すると, 密度の高い鉱物の含有率も増加していると予想される. 今後分析を進めていきたい. また, 観察した土粒子は丸みを帯びていた. 上流から移動する過程で土粒子が円磨されたと推測される. このために流動性が上がり液状化後の被害の甚大化の原因の1つである可能性が考えられる.

3. まとめ

本研究で得られた知見は以下のとおりである.

- (1) 噴砂採取試料の粒度特性からすべての試料が従来液状化の可能性がある土質であることが分かった. しかしながら, 土粒子密度は比較的高い値を示した.
- (2) 試料の観察結果から, 粒径によって火山ガラスの含有率に違いがあった. 土粒子が円磨され丸みを帯びていることから, 流動性が上がり液状化後の被害の甚大化の原因の1つである可能性がある.

表-2 分級された試料の土粒子密度

近見	土粒子密度平均値
全体	2.658
$>250\mu\text{m}$	2.63
$106\sim 250\mu\text{m}$	2.711
$75\sim 106\mu\text{m}$	2.723
$<75\mu\text{m}$	2.572



写真-1 粒子状況 (全体)



写真-2 粒子状況 ($\phi > 250\mu\text{m}$)



写真-3 粒子状況 ($106\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$)



写真-4 粒子状況 ($75\mu\text{m}\sim 106\mu\text{m}$)



写真-5 粒子状況 ($\phi \leq 75\mu\text{m}$)

【謝辞】本研究の一部は, 九州地域づくり協会熊本地震関連調査研究の研究助成(研究代表者 村上哲)を受けて実施したものである. 付記して謝意を表します.

【参考文献】1) Mukunoki, T. et.al., Reconnaissance report on geotechnical damage caused by an earthquake with JMA seismic intensity 7 twice in 28 h, Kumamoto, Japan, Soils and Foundations, 2017 (in press).