

軽石混じり土の静的せん断特性と粒子破碎特性

九州大学 学生会員○内田好乃 I Wayan Ariyana Basoka
 正会員 笠間清伸 古川全太郎 八尋裕一

1. はじめに

わが国は世界でも有数の地震大国であり、かつ火山の多い国である。その中でも、九州には 17 の火山が存在し、それに伴い、火山由来の特殊な土が多く存在している。2016 年の熊本地震では、この特殊な土の一つである、降下軽石で構成された層が、地震時の繰り返し載荷により生じた粒子破碎により強度低下を起し、広域的な土砂流動の一因となったと考えられている。

本文では、飽和度を調整した供試体を対象に、三軸圧縮試験により強度定数を調査するとともに、試験前後の試料を用いて、粒子破碎指標を算定し、軽石の粒子破碎性と強度特性の関係を調べた。

2. 実験概要

供試体は、軽石の一つである日向土を用いて作製した。日向土の物理的特性は、土粒子密度 2.537g/cm^3 、最大密度 1.006g/cm^3 、最小密度 0.8242g/cm^3 である。表-1 に実験条件を示す。圧密排水条件でせん断試験を実施し、供試体の相対密度は 60% で統一した。飽和度は 0% と 100% とし、拘束圧はそれぞれ 25、50、100kPa とした。

乾燥器にて 24 時間乾燥させて飽和度 0% にした日向土を、直径 50mm、高さ 100mm のモールドに、空中落下法を用いて供試体を作成した。0.5mm/min のせん断速度で三軸圧縮試験 (JGS 0524) を行った。試験終了後、乾燥器にて 24 時間 110°C で乾燥させた試料を対象に土の粒度試験 (JIS A 1204) を行った。

3. 実験結果および考察

図-1 と図-2 に飽和度 0% と 100% の時の応力-ひずみ曲線をそれぞれ示す。また、図-3 と図-4 に飽和度 0% と 100% の時のモールドの応力円をそれぞれ示す。

図-3 と図-4 を比較すると、内部摩擦角 ϕ は飽和度によってほとんど変わらない一方で、飽和度 100% の方が粘着力 c が 2 倍以上大きいことがわかる。この結果は、飽和度が高い軽石で CD 試験を行った場合、見かけの粘着力が認められるという既往の研究²⁾と同様の結果が得られたと考えられる。

図-5 に飽和度 0% における試験前後の粒径加積曲線を、図-6 に飽和度 100% における試験前後の粒径加積曲線を示す。どちらも、拘束圧 25kPa と 50kPa では試験前後において粒径分布にほぼ差はなく、0.25 mm 以下の粒径の割合が 0.05 ~ 1.35 % 増加した。拘束圧 100kPa の条件では、細粒分の増加が顕著に表れた。0.25 mm 以下の粒径割合は、飽和度 0% で 0.77 ~ 3.71 %、飽和度 100% で 0.58 ~ 2.02 % 増加した。

この結果を用いて、Marsal の修正破碎率³⁾により粒子破碎率を算出した。定義は式 (1) の通りである。

表-1 実験条件

試料名	日向土
供試体高さ	10cm
供試体直径	5cm
相対密度	60%
三軸条件	圧密排水(CD)
飽和度	0%, 100%
拘束圧	25kPa, 50kPa, 100kPa

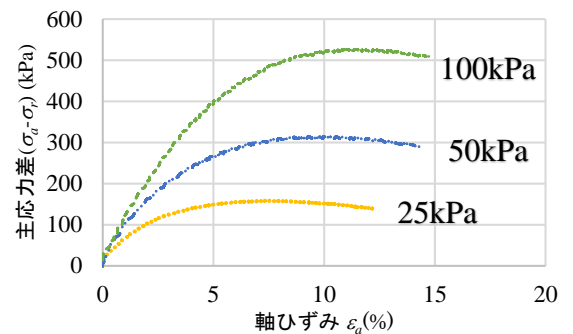


図-1 応力-ひずみ曲線 (飽和度 100%)

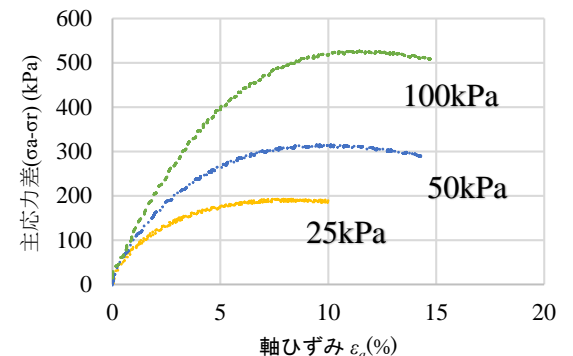


図-2 応力-ひずみ曲線 (飽和度 0%)

$$B_M^* = (\sum |\Delta f_i|) / 2 \quad \dots (1)$$

ここに、 B_M^* : Marsal の修正破砕率 (%), Δf_i : i 番目の粒径における未破砕試料と破砕後試料の残留率の差分 (%) である。本文では、粗粒側から等対数間隔 h で粒径加積曲線を 10 分割し、粒子破砕前後の残留率の差分 Δf_i を求めた。式 (1) より、 B_M^* が大きい程粒子破砕が進行しているといえる。

図-7 に飽和度 0 % と 100 % における拘束圧と修正破砕率 B_M^* の関係を示す。図-7 より、供試体に作用する応力が大きいと破砕が進行し、その結果 B_M^* も大きくなる傾向があることがわかる。

飽和度 0 % と 100 % の B_M^* を比較すると、0 % の供試体の方が B_M^* が大きくなる傾向にあった。特に、最大主応力差 600 kPa 程度 (拘束圧 100 kPa) では、0 % の供試体の B_M^* は飽和度 100 % の供試体の 2 倍程度となった。

4. まとめ

本論文で得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- 1) 日向土の内部摩擦角 ϕ は飽和度によってほとんど変わらない一方で、飽和度 100 % の粘着力 c は飽和度 0 % の供試体と比較して 2 倍以上大きくなった。
- 2) 拘束圧が大きいと破砕が進行し、その結果 Marsal の修正破砕率 B_M^* も大きくなる傾向がある。特に、最大主応力差 600 kPa 程度 (拘束圧 100 kPa) では、0 % の供試体の B_M^* は飽和度 100 % の供試体の 2 倍程度となった。

<参考文献>

- 1) 笠間清伸, 山縣史朗, 田中大貴, 古川全太郎, 安福規之, 南阿蘇村高野台地区に分布する火山灰質地盤の地震時安定性評価, 地盤工学ジャーナル, 13(3), 171-181, 2018年9月.
- 2) 三好壮一郎, 古賀美津久, 山城俊昭, 未固結粗粒降下軽石(三池ぼら)の C , ϕ , 全地連「技術 e-フォーラム 2007」札幌 論文集, 2007.
- 3) 石井武美, 粒子破砕の表示尺度の持つ物理的意義, 土質工学会論文報告集, Vol. 29, No. 4, 155-164, Dec. 1989. 3) 中村和正, 秀島好昭, 藤田勝, 岩石材料の粒子破砕とせん断強度, 寒地土木研究所昭和 63 年度技術研究発表会論文集, 239-242, 1989.

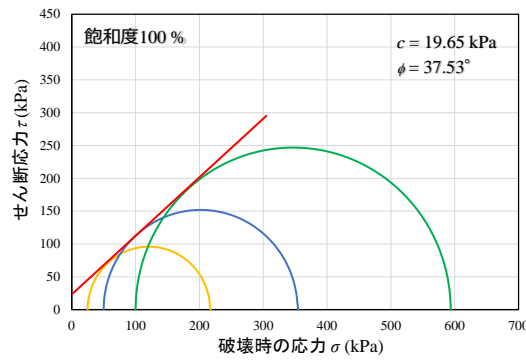


図-3 モール円 (飽和度 100 %)

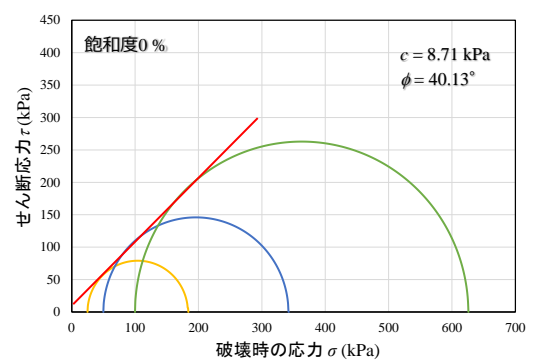


図-4 モール円 (飽和度 0 %)

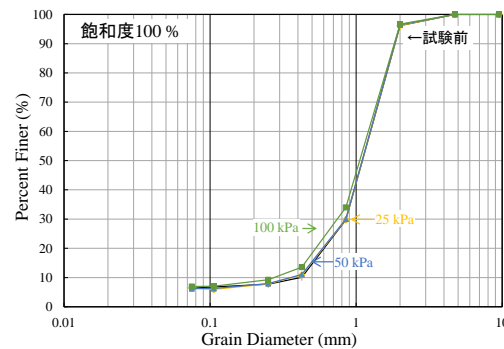


図-5 粒径加積曲線 (飽和度 100 %)

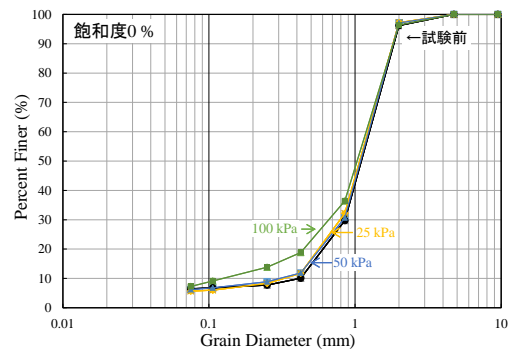


図-6 粒径加積曲線 (飽和度 0 %)

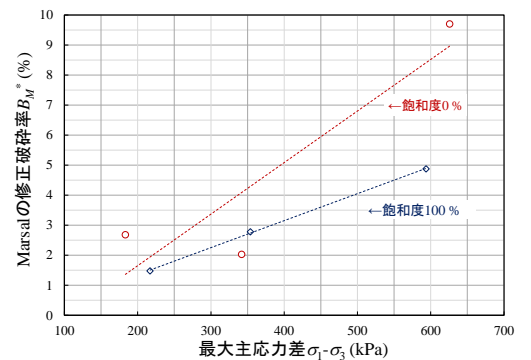


図-7 最大主応力差と Marsal の修正破砕率 B_M^* の関係