

阿蘇溶結凝灰岩の物理および力学特性 に関する基礎的研究

澤山重樹¹・瀬崎満弘²・京谷孝史³・長友貞文⁴

¹正会員 宮崎県地質調査業協同組合 (〒880-0925 宮崎市大字本郷北方 2043 番地)

E-mail:sawa-nsx@viola.ocn.ne.jp

²正会員 工博 宮崎大学 助教授 土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1)

³正会員 工博 東北大学 助教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06)

⁴学生会員 宮崎大学大学院工学研究科土木環境工学専攻 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1)

阿蘇溶結凝灰岩は、現在の阿蘇カルデラ形成に伴う第四紀の火砕流堆積物である。この阿蘇溶結凝灰岩は、密度が小さい割には比較的高い圧縮強度を有する。掘削工事では機械掘削および発破掘削の能率が低いのが特徴である。中でも掘削能率に関する特徴は、“しわい”・“ねばる”等の言葉で表現されているが、定性的な表現に留まっており掘削機械および掘削方法の選定などにトラブルが生じている。本研究では阿蘇溶結凝灰岩の各物性値の集積および相関性を求めるとともに、黒色ガラス含有量との関係を調べた。その結果、阿蘇溶結凝灰岩の各物性値間の関係および黒色ガラスと土粒子の密度の相関性が明らかになった。しかし、未だ“しわい”・“ねばる”等で表現される事象や黒曜石含有量を定量的に表すにはいたっていない。

Key Words : Aso-welded-tuff, obsidian, compressive strength, density of soil particle, effective porosity

1. はじめに

阿蘇溶結凝灰岩は、現在の阿蘇カルデラ形成に伴う第四紀の火砕流堆積物で、熊本県をはじめ宮崎県・大分県に広く分布している。この阿蘇火砕流堆積物は、宮崎県北部の五ヶ瀬川や五十鈴川流域の谷部を埋め、台地や段丘状の地形、高千穂峡などの峡谷を形成している。

この岩石の特徴としては、密度が低い割には比較的高い圧縮強度を有する点と掘削工事における機械掘削および発破掘削の能率が低いという点が挙げられる。また、黒曜石様の黒色ガラスをレンズ状¹⁾に伴うなど、一般の堆積岩との様相の違いも特徴的である。(以下、この黒色ガラスを黒曜石と記す)

掘削に関する特徴としては、“しわい”・“ねばる”等の定性的な言葉で表現され、掘削機械および掘削方法の選定などにトラブルが生じている。

凝灰岩でも凍結融解などで問題視される大谷石等の研究^{2), 3), 4)}はあるが、阿蘇溶結凝灰岩に関する研究はほとんどなく、本研究ではボーリングコアから切り出した供試体で物理および力学試験を行い、阿蘇溶結凝灰岩の特性を見出そうとしたものである。

その結果として、密度が低い割には圧縮強度が高いこと、また阿蘇溶結凝灰岩に含まれる黒曜石含有量と土粒子の密度に高い相関性がある等の特徴が見出された。しかし、未だ“しわい”・“ねばる”等で表現される事象を定量的に表すにはいたっていない。

2. 実験の手順と方法

地盤調査業務で実施されたボーリングコアから阿蘇溶結凝灰岩の収集を行い、試験供試体の切り出しを行った。そして、寸法・質量等の測定および黒曜石の観察等を行った後、物理試験・弾性波伝播速度試験・一軸圧縮試験に着手し、最後に破壊した供試体をさらに粉碎して土粒子の密度を求めた。

また、これらの実験には乾燥ならびに飽和過程を伴うため、本実験に先だって乾燥時間および飽和時間の設定を目的とした予備実験を行った。

本実験のフローを図-1 に示す。

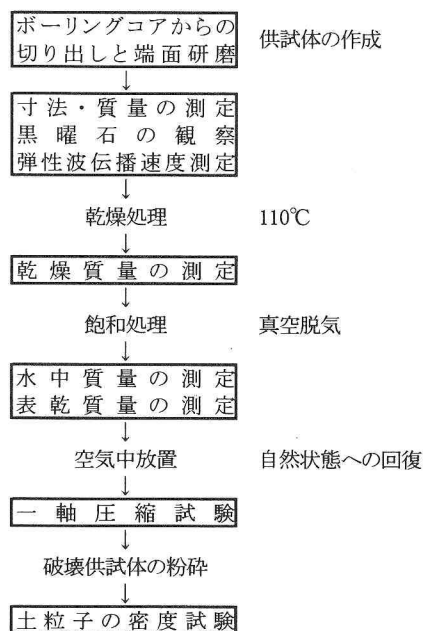


図-1 本実験のフローチャート

(1) 予備実験

a) 乾燥時間の設定

岩石の含水比試験において乾燥に要する時間は、110℃の恒温乾燥炉で一定質量になるまでとされている。予備実験における時間と乾燥質量の変化では、図-2 に見るように2~4時間程度で乾燥質量の変化はなくなり、乾燥に要する時間としては4時間程度で十分であることが確認できた。

しかし、供試体のバラツキ等を考慮して12時間を乾燥に要する時間に設定した。

b) 飽和時間の設定

飽和の手法は、脱気水で満たしたタンクに供試体を入れ、真空ポンプにて脱気する方法とした。この手法で飽和に要する時間としては、図-3 に見るように2~4時間程度で表乾質量の変化がなくなり、飽和に要する時間としては4時間程度で十分であることが確認できた。

しかし、乾燥時間と同様に、供試体のバラツキ等を考慮して24時間を飽和に要する時間に設定した。

c) 乾燥・飽和が一軸圧縮強度に及ぼす影響

乾燥や飽和处理が一軸圧縮強度へ及ぼす影響については、予備実験として乾燥および完全飽和直後に一軸圧縮試験を実施し、既存データの密度と一軸圧縮強度の関係に照らし合わせた。また、隣接する岩石コアの一軸圧縮強度比較を行った。

その結果、阿蘇溶結凝灰岩においては、一時的な加熱・乾燥および飽和が強度に与える影響はほとんどないと判断した。

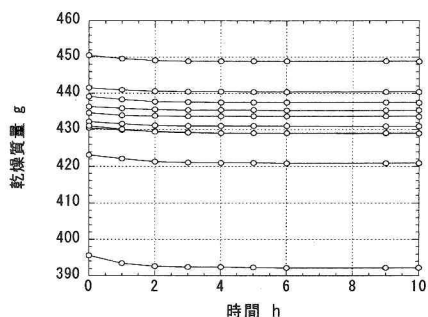


図-2 乾燥時間と質量の変化

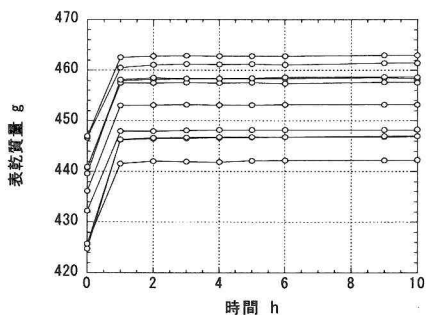


図-3 飽和時間と質量の変化

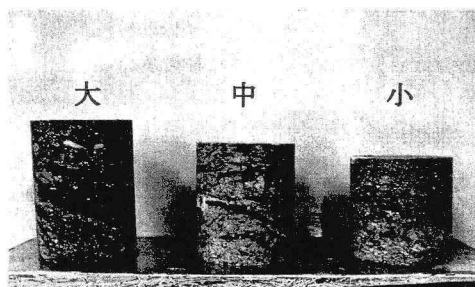


写真-1 黒曜石含有状況

(2) 本実験

a) 試験供試体の作成

地盤調査で実施されたボーリングコア（直径約50mm）から阿蘇溶結凝灰岩の収集を行い、その円柱状の岩石コアから試験供試体を切り出した。切り出し長さは、直径の約2.0倍として、両端面は平面研磨機を用いて整形し、供試体表面の付着水を拭き取ってラッピングした。

以後、これを自然状態の岩石として取り扱うこととし、作成した供試体は100本である。

b) 物理試験の測定と手法

物理試験としての測定項目は、岩石の密度・含水比・飽和度・間隙率・吸水率・土粒子の密度で、いずれも地盤工学会基準⁵⁾に従って実施するものとした。

まず、全供試体の寸法・質量の測定に際して黒曜石含有量を観察した。この観察は定性的な手法ではあるが、供試体側面での色調および黒曜石の占める割合から3つに分類した。（黒曜石の含有状況を写真-1に示す）

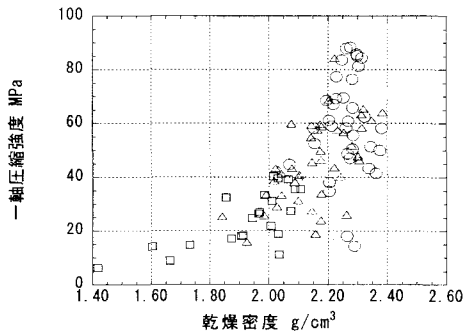


図-4 乾燥密度と一軸圧縮強度

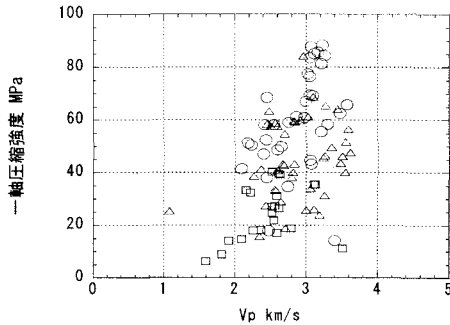


図-5 V_p と一軸圧縮強度

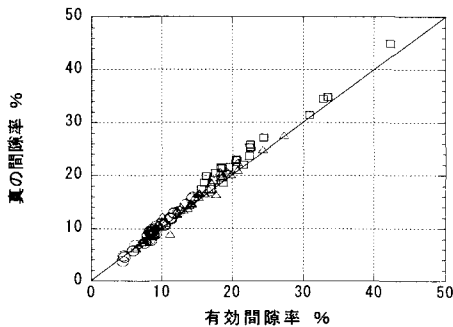


図-6 有効間隙率と真の間隙率

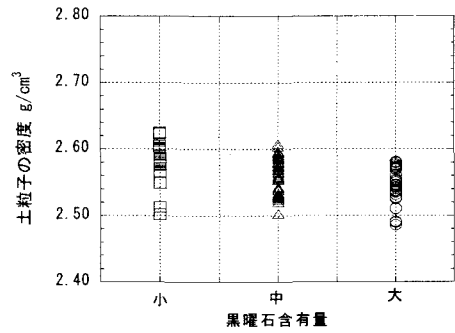


図-7 黒曜石含有量と土粒子の密度

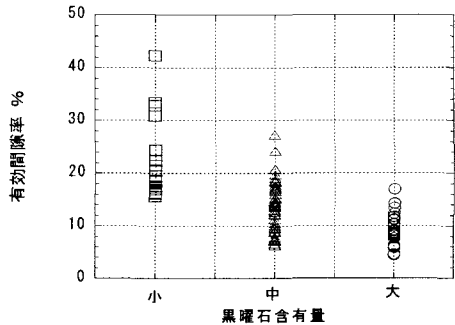


図-8 黒曜石含有量と有効間隙率

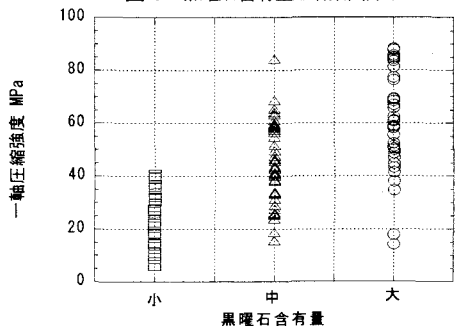


図-9 黒曜石含有量と一軸圧縮強度

その後、乾燥・飽和等の過程を経て各物性値を算出し、一軸圧縮試験後の破壊片では土粒子の密度試験を行って間隙率を算出した。そして、浮力法による間隙率を有効間隙率、土粒子の密度によるものを真の間隙率として比較した。以後、本論中の記載もこれに従うものとする。

c) 弾性波伝播速度（縦波）の測定と手法

弾性波伝播速度試験は、寸法・質量測定後、つまり自然状態の供試体に対して超音波パルス透過法にて行った。

これは地盤工学会基準に従って行い、用いた振動子の振動数は100kHzである。

d) 一軸圧縮強度の測定と手法

一軸圧縮試験は、間隙率および吸水率の測定後に実施するため自然状態とは異なる含水比や飽和度を有することになる。乾燥や飽和が強度へ与える影響は予備実験において確認済みであるが、初期状態を再現するため飽和供試体を空气中に放置して、初期の質量（自然状態）に

戻した後に試験を行った。

荷重測定には500kNロードセル、軸ひずみは供試体の側面2箇所至歪みゲージを張り、軸圧縮制御は0.1MPa/secの応力制御で自動計測とした。

3. 実験の結果および考察

(1) 各物性値の相関関係

実験にて得られた各物性値の相関関係を、図-4～9に示す。図中の凡例として黒曜石含有量の大・中・小をそれぞれ○・△・□で表す。

乾燥密度は1.40～2.40g/cm³と幅広く、一軸圧縮強度も6.3～88.4MPaの広範囲にばらつく。この圧縮強度は、乾燥密度の増加とともに増加し、黒曜石の少ないものほど低い傾向を示している。

V_pは1.0~3.6km/sの範囲で、最頻値は2.5~3.5km/sにある。また、一軸圧縮強度とV_pには、明瞭な相関関係はみられず、一般的な岩石の特徴とは異なる。

有効間隙率と真の間隙率の比較では、ほぼ同等または真の間隙率の方が高い傾向を示している。中でも黒曜石の少ないものは、真の間隙率が有効間隙率に比べて2.0%程度高い傾向にあり、その体積としては3.0cm³程度である。これは、閉塞された空間の体積と判断している。

土粒子の密度および有効間隙率は、黒曜石の多いものほど低くなる傾向を示す。特に土粒子の密度が低い点については、黒曜石の比重が2.339~2.527であることが一要因ではないかと考えている。

一軸圧縮強度と黒曜石含有量との関係では、黒曜石の多いものほど強度が高くなる傾向にあり、黒曜石がガラス質を呈する点との因果関係を把握する必要がある。

4. おわりに

一般的な堆積岩と比較して、密度が低い割には一軸圧縮強度が大きく、工事用語で“しわい”あるいは“ねばる”等で表現される阿蘇溶結凝灰岩の特性を一軸圧縮試験を通して明らかにしようと試みた。得られた結果から、

一軸圧縮強度と密度、間隙率、あるいは弾性波速度等との相関を求めたところ、当初期待していた密度の低い割には強度が高いという現象は把握できた。しかし、その原因や岩石中に特徴的に見られる黒曜石の効果を十分に解明するにはいたっていない。

現在、弾性係数との関連や引張り試験も開始しており、これらを総合的に勘案して、阿蘇溶結凝灰岩の特性を解明していく必要がある。

参考文献

- 1) 通商産業省工業技術院 地質調査所：地域地質研究報告・諸塚山地域の地質，pp. 49-59, 1982.
- 2) 京谷孝史 ほか：多孔質軟岩（大谷石）の凍結融解による力学特性劣化の定量的把握について・土木学会論文集No. 652, pp. 103-114, 2000.
- 3) 山本清仁 ほか：凍結融解の影響による岩石の力学定数の変化・土木学会論文集No. 666, pp. 35-44, 2000.
- 4) 福井勝則 ほか：一軸引張応力下での三城目安山岩と田下凝灰岩の載荷速度依存性・土木学会論文集No. 729, pp. 59-71, 2003.
- 5) 地盤工学会：岩の試験・調査方法の基準・解説書，pp. 1-77, 2003.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ASO-WELDED-TUFF BY UNIAXIAL COMPRESSION TEST

Shigeki SAWAYAMA, Mithuhiro SEZAKI, Takashi KYOYA and Sadafumi NAGATOMO

Aso-weldet-tuff is a pyroclastic flow deposit that was made when the Aso volcano caldera formed and are widely distributed over the midst of Kyushu Island. The rock has a distinctive feature that although its density is low, it has high strength. Aso-weldet-tuff with such feature cause big problems under cutting and excavation work: the rock is persistent against ripping and hammering and not easily destroyed, so that it is very difficult for us to select appropriate excavation method and work machine to finish work within a given schedule. Its evil properties for engineering, however, have not been qualitatively cleared yet. So, in this study, in order to qualify the mechanical properties of Aso-weldet-tuff, uniaxial compressive tests and the physical tests are carried out, and a qualitatively description of the relation between uniaxial compressive strength and other properties, such as, porosity, elastic wave velocity, density and obsidian content of rock, is precisely investigated.