

類似石との比較に基づいた大谷石の工学的性質に関する研究

宇都宮大学大学院

栃木セキスイハイム

宇都宮大学大学院

学生会員 ○佐藤 陽

正会員 高橋 優

正会員 清木 隆文

1. はじめに

日本各地で岩石の凍結融解に起因する岩盤等の斜面崩壊、建造物基礎が膨れるなどの盤膨れ、堆積性軟岩の風化現象に伴う様々な問題が多数報告されている。栃木県宇都宮市は代表的な堆積軟岩である大谷石（流紋岩質熔結凝灰岩）は、花崗岩などの硬岩と比較しても軟らかく、加工しやすい一方で、風化の進行が早く、それに伴い強度低下や岩石表面の欠落がよくみられる。建設石材として使用されてから、数年経過した大谷石の表面には、凹凸や穴ができ、強度の低下につながっている。しかし一方で、栃木県鹿沼市で主に産出される深岩石は、大谷石と同様の凝灰岩に分類され、形成された時代も新生代新第三紀の前半の同じ時期と考えられるものの、大谷石に比べ緻密で吸水率が低く、圧縮強度が高いのが特徴で、土木・建築用材として盛んに採掘された。また、風化抵抗性も比較的高い。また、大谷石の細目に分類され、大谷層から産する田下石も大谷石と同じ時期に形成されたにも関わらず、圧縮強度が高いと言われている。そこで本研究では、この深岩石と田下石を、大谷石の類似石と定義し、切り出して間もない（以下、新鮮な）大谷石と大谷石類似石を比較することで、深岩石や田下石が大谷石に比べて圧縮強度が高い理由を検討することを目的とした。

2. 試験に用いた試料について

本研究で対象とした岩石の鉱物組成を調べるために、大谷石、類似石ともに風化作用の影響を受けていない新鮮な試料を用いた。

また、3種類の岩石試料の強度の違いを考察するため、岩石を構成する鉱物中主要な造岩鉱物（以下、基質部分）に着目して、研究を行った。

3. 観察および試験の概要

(1) 薄片観察

岩石試料で厚さ 0.03mm の薄片を作成し、偏光顕微鏡で観察することによって含有鉱物を特定した。

(2) 岩石スラブの画像解析

岩石スラブの表面を、解像度を上げてスキャナー

で読み取り、鉱物ごとの面積計算をすることで、構成鉱物の構成比を調べた。

(3) 針貫入試験

この試験は軟岩に針を貫入することで針貫入勾配 NP を算出し、一軸圧縮強さに換算する（以下、換算一軸圧縮強さ）。

(4) ポイントロード試験

この試験は、供試体全体の一軸圧縮強度を求める、岩盤を対象とした簡易力学試験である。試験方法は地盤工学会基準 JGS 3421-2005 に準拠する¹⁾。

(5) X 線粉末回折試験

新鮮な石に対して X 線粉末回折試験を行い、鉱物組成を調べた。

(6) 走査型電子顕微鏡

走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) による観察分析を行い、EDX (Energy Dispersive X-ray spectrometry) により観察領域に含まれている元素を定性的、および定量的に明らかにすることができる。

4. 試験結果と考察

(1) 薄片観察

大谷石、類似石ともに無色鉱物（石英と長石）と外来岩片と呼ばれる他の軽石凝灰岩が含まれていることが確認できた。

(2) 岩石スラブ画像解析

岩石試料を基質部分、無色鉱物、岩片、ミソ部分に分類し、画像処理ソフトを使用してそれぞれの面積計算を行ったところ 3 種類の石の基質部分の構成比は表-1 のような結果となった。

(3) 針貫入試験

基質部分の換算一軸圧縮強さは大谷石 2.68MPa、深岩石 3.32MPa、田下石 4.14MPa という結果となった。

(4) ポイントロード試験

大谷石 25.03MPa、深岩石 29.68MPa、田下石 24.58MPa という結果となった。

(5) X 線粉末回折試験

X 線粉末回折試験の結果、大谷石と深岩石からは Clinoptilolite ($\text{Ca}_{1.16}\text{Na}_{1.8}\text{K}_{1.68}\text{Mg}_{0.25}\text{Al}_{6.33}\text{Si}_{29.81}\text{O}_{72}(\text{H}_2\text{O})$)

キーワード 一軸圧縮強さ 大谷石 類似石 X 線粉末回折試験

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7 丁目 1 番 2 号

Tel 028-689-6218

20.1)と Quartz (SiO_2) が、田下石から Quartz が主成分として検出された。そこで、これらの成分を定量的に評価するため、純物質である CaCO_3 を混ぜ合わせ、 CaCO_3 に対するピークの高さの比を比較してみたところ、図-2 のような結果となった。また、mordenite や montmorillonite も含有される可能性もある²⁾が、少量で検出されるピークも低いため、定量的な評価は现阶段ではできなかった。

(6) 走査型電子顕微鏡

この観察を行うことにより、Clinoptilolite と思われる板状微結晶や、mordenite と思われる繊維状結晶を確認することができた(図-1)。

5. まとめと今後の課題

薄片を観察することによりすべての岩石試料に無色鉱物や岩片を含んでいることが確認できた。また、岩石スラブの画像解析により、それらやミソ以外の部分が岩石試料の構成の大部分を占めていることがわかった(表-1)。この結果から、岩石の一軸圧縮強さは基質部分の硬軟に大きく影響を受けると考えた。そこで基質部分に対して X 線粉末回折試験を行った結果、それぞれの岩種において Quartz の含有量に差異が見られた(図-2)。この結果と、ポイントロード試験の結果を基質部分に対しての値に修正するため、一軸圧縮強さを表-1 の各岩石試料の基質部分の面積比で割ることによって求めた修正一軸圧縮強さの関係(図-3)からは、高い相関が得られた。これは、Quartz の含有率が高い程より硬質な物質であるということを表している。また、基質部分に対して行った針貫入試験から求めた換算一軸圧縮強さと Quartz の含有量との関係からも、同様の傾向が確認できた。よって、大谷石などの堆積軟岩の一軸圧縮強さは、基質部分に含まれる Quartz の含有量と基質部分自体の面積率に支配されと考えられる。

本研究行った観察、試験で用いた試料は、すべて新鮮な岩石を自然乾燥させた状態(常温)のものである。よって、今後は、湿乾や温度などの諸条件を変えて同様の試験を行う必要がある。また、大谷石のような堆積軟岩は他にも数多く存在するので、サンプル数を増やして試験を行い、傾向を確認する。

参考文献

- 1) 大谷地域における大谷石採石技術指針, 東京通商産業局, 1982.
- 2) 岩の試験・調査方法の基準・解説書 平成18年度版, 社会法人地盤工学会, pp.95, 2006.
- 3) 下中直人: 新版地学辞典, 地学団体研究会, 平凡社 pp.361, 676, 1996.

表-1 各岩石試料の分類別面積比

分類	面積比(%)		
	大谷石	深岩石	田下石
基質部分	91.14	86.02	62.00
外来岩片	1.48	0.72	9.14
無色鉱物	5.40	12.16	28.86
ミソ部分	1.98	1.09	

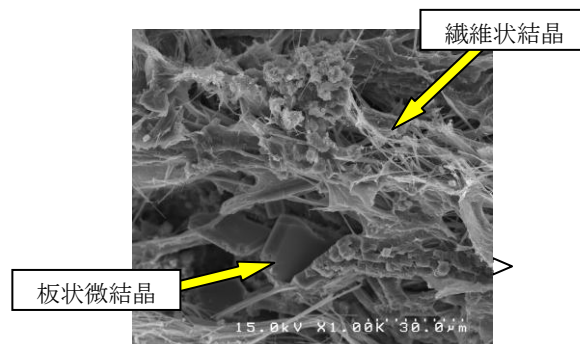


図-1 走査型電子顕微鏡画像(大谷石 1000 倍)

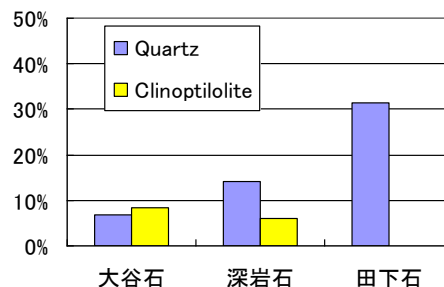


図-2 各岩石試料における CaCO_3 を基準とした Quartz と Clinoptilolite の含有率

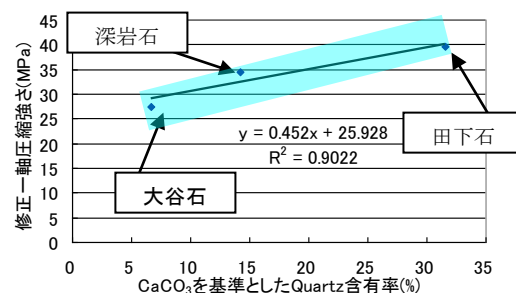


図-3 CaCO_3 を基準とした Quartz の含有率と修正一軸圧縮強さの関係

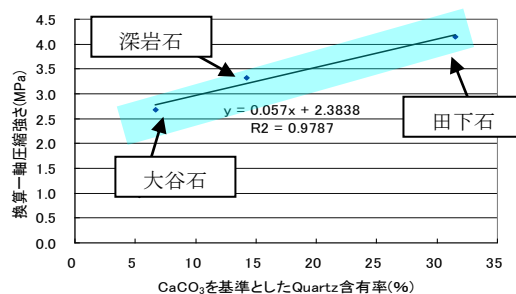


図-3 CaCO_3 を基準とした Quartz の含有率と換算一軸圧縮強さの関係