

大谷石と大谷石類似石の強度発現の仕組みに関する検討

宇都宮大学

学生会員

○坂田 裕樹

宇都宮大学大学院

学生会員

島田 大輔

宇都宮大学大学院

正会員

清木 隆文

1. はじめに

大谷石は、栃木県宇都宮市で産出される石材として、耐震性、耐火性に優れていることから様々な用途に利用されてきた。硬岩と比較しても岩質が軟らかく、加工がしやすい一方で、風化の進行が早いため、強度低下や変色、岩石表面の欠落が多く見られる。また、栃木県内において、大谷石の類似石である深岩石、田下石、芦野石等も石材として採掘・利用されている。大谷石は地質学的に、軽石火山礫凝灰岩に分類され、深岩石、田下石も同様の凝灰岩。芦野石は石英安山岩質溶結凝灰岩である。既往の研究より、各岩石について構成鉱物の種類や含有率の違いが判明している。そこで本研究では各岩石においてその構成と一軸圧縮強さの間に関連性を見出し、強度の発現のメカニズムを探ることを目的とする。

2. 研究手順

大谷石と、その類似石である深岩石、田下石、芦野石に対し針貫入試験を行い、換算一軸圧縮強さを求めた。その後、SEM(走査型電子顕微鏡)を用いて各岩石を高倍率で観察し、表面の構造の形状を確認。EDX(エネルギー分散型X線分析装置)やX線粉末回折装置によって定量定性分析を行った。

3. 観察・試験結果

以下に針貫入試験により求めた各岩石の換算一軸圧縮強さ(数値後の()内は標準偏差)、乾燥密度、有効間隙率を示す。SEMにより試料を高倍率で観察した結果、各岩石からそれぞれ特徴的な結晶構造を確認すること

表-1 各岩石の物理特性値

特性値 岩石名	換算一軸圧縮強 さ(MPa)	乾燥密度 (g/cm3) ¹⁾	有効間隙率 (%) ¹⁾
大谷石	1.36 (0.53)	1.36	36.91
深岩石(青目)	3.17 (1.07)	1.66	25.50
深岩石(白目)	3.25 (0.66)	1.63	26.56
田下石	3.29 (0.54)	1.68	24.89
芦野石	5.61 (1.30) ¹⁾	2.00	18.46

ができた。共通した結晶構造もあれば、ある岩石特有の構造も見られた。図-1～5に岩石毎に観察された結晶構造を示す。構成比は岩石のSEM画像から各構造の割合を求めて総数で除して算出した。

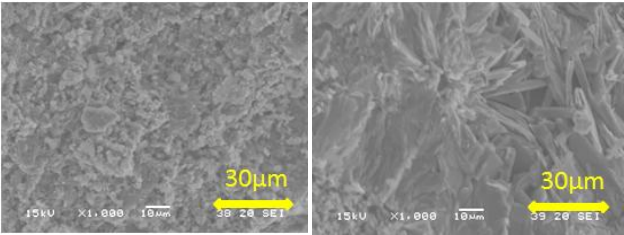


図-1 岩屑状 図-2 柱状

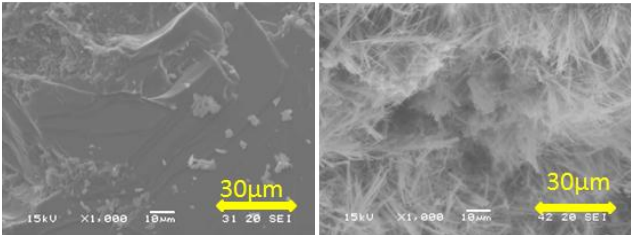


図-3 平滑 図-4 繊維状

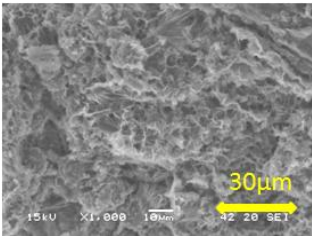


図-5 スポンジ状

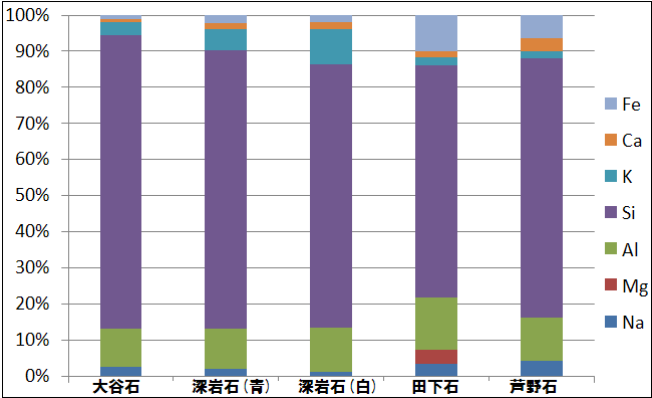


図-6 各岩石の定量分析結果

表-2 各岩石で確認された微視的構造と構成比(%)

	岩屑	柱状	平滑	繊維	スポンジ
大谷石 ²⁾	83.0	5.4	3.4	0	8.2
深岩石(青目)	60.2	23.2	12.4	2.4	1.8
深岩石(白目)	45.0	37.7	5.6	10.7	1.0
田下石	31.7	0.5	5.5	26.5	35.8
芦野石	30.3	0	34.8	0.3	34.6

表-3 各岩石の主な含有鉱物

	鉱物名		
大谷石	Clinoptilolite	Quartz	
深岩石(青目)	Clinoptilolite	Quartz	Albite
深岩石(白目)	Clinoptilolite	Quartz	Albite
田下石	Mordenite	Quartz	Albite
芦野石	Cristobalite	Quartz	Albite

大谷石は構造の 80%以上を岩屑状が占めているが、局所的に他の構造が存在している様子を確認できた。深岩石も大谷石同様岩屑状の構造と、柱状の構造が多く見られた。他の構造の配置は、大谷石と同じように局所的である。田下石の岩屑状構造は、10000 倍以上の高倍率で観察すると、非常に微細なスポンジ状構造から成っていた。その岩屑状とスポンジ状構造が表面を占めていて、亀裂部分に繊維状の結晶が存在しているという構造であった。肉眼では密であるが、スポンジ状の構造が微細な空隙を有しているので空隙率が大きくなり、強度が伸びなかったと考えられる。芦野石は岩屑状と平滑構造が非常に密な集合をしていたが、田下石と同様に岩屑状の大本はスポンジ状構造であった。

EDX による定量分析は、どの試料においても Si の割合が高く(図-6)、含有鉱物の結果から得られた鉱物の化学式と一致している。

4. 考察

平均値の算出をする際、全岩石試料において数値に安定性のないばらつきが出た結果となった。岩石内部において鉱物の配置や空隙等が不均一なものであるためと考えられる。岩屑状の構造は全ての試料から確認された。これは大谷石と深岩石では主となる構造であり、最も高い含有率のクリノタイロライトと推定できる。沸石鉱物であるため構造中に多数の空隙を有していることから、強度に影響を及ぼすものと考えられる。クリノタイロライトの含有が認められなかった田下石

と芦野石の岩屑状構造は、他の鉱物のものによる可能性が高い。深岩石で確認できた柱状構造は、縦横様々な向きで多く分布しており、これが繊維補強としての機能を果たしていると考えられる。類似した石材としてよく比較される大谷石との強度に差が現れるのは、この点が原因ではないかと推測する。スポンジ状構造は空隙を多く有することから、強度発現に対してその構成比が影響を及ぼすものと考えられる。既往の研究²⁾から、強度が低いという特徴を持つ、モンモリロナイトと形状が酷似していることが指摘されている。構造の 25%以上をスポンジ状構造が占めている田下石の強度はこれに影響を受けている。また田下石でのみ Mg が検出され、化学組成に Mg を含むモンモリロナイトである可能性は高い。芦野石は非常に緻密な基質部分を有している。これは芦野石のスポンジ状構造が他の岩石よりも目が細かく、空隙を持たない平滑構造の割合が高いことから言える。他の岩石よりも高い強度を示すのは、主要な鉱物に沸石鉱物を含まない点と、その密度の高さである。

5. 今後の課題

走査型電子顕微鏡による観察結果が、岩石固有の特性なのか個体差によるものなのか不明瞭であるため、サンプル数を増やすことでより正確に岩石構造の傾向を把握できるものと考えられる。X 線粉末回折試験においても同様の課題が挙げられ、また同定できた鉱物について、純度の高い試料で強度試験を行うことが望ましい。針貫入試験における貫入部分により異なってくる強度結果に対して、岩石に含まれる鉱物の結晶が影響を与える可能性を検討することができ、岩石表面という限られた範囲内での強度発現について手掛かりとなると期待できる。

参考文献

- 1) 林聖也, 高梨倫明, 佐藤陽, 清木隆文(2011):大谷石類似石の工学的性質の比較と大谷石の自硬性に関する研究, 第 40 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, 6p, CD-ROM, pp.381-386.
- 2) 清木隆文, 高葉悠, 井上達也, 木村理沙子, 斎藤友彦, 大谷石の岩石構造および色調変化機構の推定, 第13回岩の力学国内シンポジウム&日韓ジョイントシンポジウム講演論文集DVD, pp191-196,2013.