

## 大谷石の乾湿状態の強度の違いと自硬性に関する検討

宇都宮大学 学生会員 ○高梨 倫明  
 宇都宮大学大学院 学生会員 佐藤 陽  
 宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

### 1. 研究背景

大谷石(流紋岩質熔結凝灰岩)は、栃木県宇都宮市に産する石材として、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<sup>1)</sup>。しかしながら、硬岩と比較しても岩質が軟らかく、加工しやすい一方で、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、凹凸や大きな窪みが生じるものもあり、強度の低下の原因につながっている。

### 2. 研究目的

大谷石に関する既往の研究<sup>1)</sup>より、大谷石には時間経過に伴い強度が上昇するという現象(自硬性)が報告されている。しかし、その現象の定量的な把握および原因の究明は行われていない。そこで、本研究では、「含水量の変化に伴い強度がどのように変化しているのか」「採石場と製品石材では含水強度の違いはあるのか」「間隙水が大谷石のどのような部分の強度低下に影響をあたえているのか」ということに着目し、自硬性や乾湿状態の強度の違いについての定量的な把握および原因の究明を目的とした。この自硬性や乾湿状態の強度の違いについての研究は、地下空間の評価に役立つと考える。

### 3. 研究手順

本研究では、採石地下空間内の壁面の含水強度、加えて含水強度と自硬性との関連を捉えるために、採石年代の異なる壁面に対して含水比試験、針貫入試験を行った。また、採石場と製品石材の含水強度の違いを把握するために、サンプルに対しても同様の試験を行った。更に、新鮮な大谷石試料の表面をグルーピングし、走査型電子顕微鏡により細かく観察した。

### 4. 観察・試験で用いた試料

観察、試験に用いた試料は、採石地下空間内の採石年代の異なる壁面と大谷石採石地下空間から切り出したばかりの淡緑色で新鮮な大谷石石材を用いた。

### 5. 試験結果

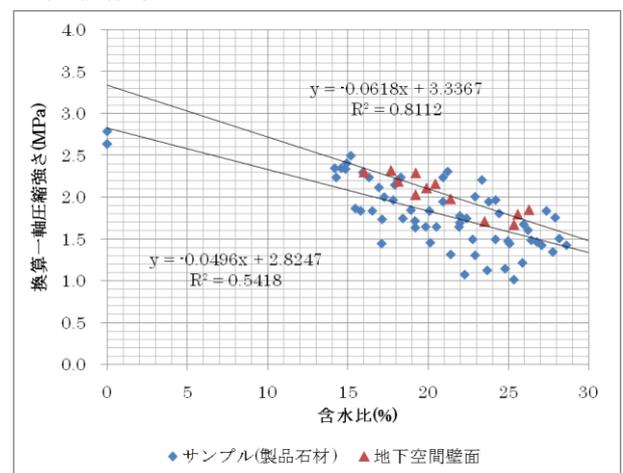


図-1 大谷石の含水強度について

表-1 壁面試料の構成鉱物の化学式及び和名

構成鉱物	化学式	和名
Clinoptilolite	$\text{Na}_{1.8}\text{K}_{1.68}\text{Mg}_{0.25}\text{Ca}_{1.16}\text{Al}_{6.35}\text{Si}_{29.67}\text{O}_{72}(\text{H}_2\text{O})_{20.1}$	単斜プチロル沸石
Quartz	$\text{SiO}_2$	石英
Cristobalite	$\text{SiO}_2$	クリストバル石
Tridymite	$\text{SiO}_2$	鱗珪石
Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	曹長石
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	石膏

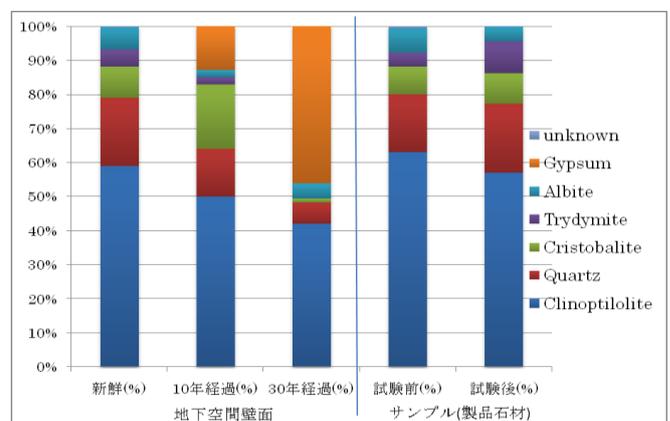


図-2 X線粉末回折試験結果

キーワード 含水強度, 自硬性, グルーピング, 走査型電子顕微鏡

連絡先 〒321-8585 宇都宮市陽東7丁目1番2号 宇都宮大学工学部 E-mail: t062830@cc.utsunomiya-u.ac.jp

## 6. 観察結果

### (1) 画像解析結果

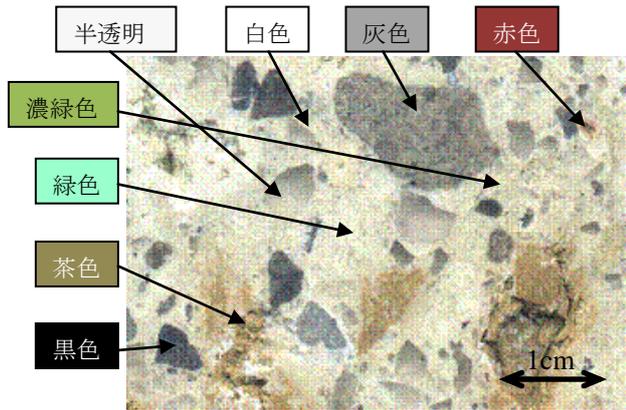


図-3 大谷石のグループ分け

### (2) 走査型電子顕微鏡による観察結果

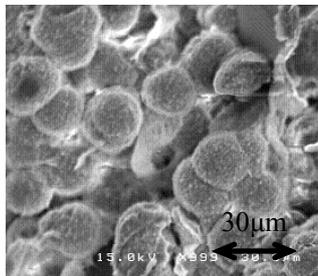


図-4 白色部分

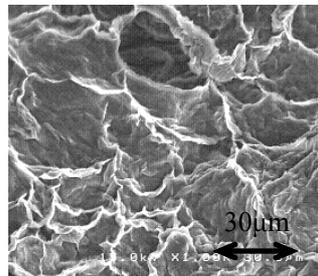


図-5 濃い緑色部分

表-2 定量分析結果

	原子数濃度(%)							
	半透明	白色	濃緑色	茶色	灰色	緑色	赤色	黒色
O	94.85	79.58	91.48	92.26	91.92	90.86	89.62	90.45
Na	0.63	1.59	0.46	0.34	0.26	0.82	0.48	1.13
Mg	0.18	0.49	0.43	0.51	0.12	0.13	0.21	0.15
Al	0.30	2.74	1.56	1.39	0.31	1.16	1.98	0.98
Si	3.93	14.42	4.76	4.54	6.67	6.67	6.38	6.52
K	0.06	0.57	0.64	0.05	0.14	0.21	1.23	0.44
Ca	0.03	0.22	0.05	0.12	0.07	0.13	0.03	0.10
Fe	0.03	0.39	0.62	0.78	0.50	0.03	0.05	0.24
合計	100	100	100	100	100	100	100	100

## 7. 考察

### (1) 試験結果について

大谷石壁面とサンプル、どちらにおいても換算一軸圧縮強さと含水比との間には良好な正の相関があり、含水比が低いほど換算一軸圧縮強さは高い傾向を示している(図-1)。

採石年代の観点から見ると、採石年代が古い壁面ほど、含水比は低い傾向を示した。これは、壁面表面から水分が長い年月をかけて水蒸気として抜けて

いったことが原因と考えられる。更に、採石年代が古い壁面ほど壁面表面の強度は上昇している。これは、採石年代が古い壁面ほど壁面表面は乾燥し硬化するためであると考えられる。このことから、自硬性は含水量に大きな影響を受けていると考えられる。

また、構成鉱物の観点(図-2)からみると、地下空間内壁面は、時間が経つにつれて石膏が析出している。しかし、サンプルによる含水強度試験前後では、構成成分にほとんど違いは見られない。この石膏の析出の有無が、図-1の傾き及び切片の違いとして表れていると考えられる。

### (2) 観察結果について

今回、針貫入試験を行ったのは、主に図-3の白色部分(基質)である。そのため、この基質部分の強度が水分により低下していると考えられる。この基質部分は、他の部分と違い様々な細かい粒子が混在していることがわかった(図-4)。そのため、この基質部分は水分を含むことで粒子どうしが分離しやすくなると考えられる。

## 8. まとめ及び今後の課題について

### (1) まとめ

大谷石の強度は、水分量の増加に伴って減少傾向にあることが明らかとなった。また、採石地下空間壁面における自硬性の原因に関しては、水分量の他に石膏の析出が考えられる。石膏は長い年月をかけて析出するもので、短期間では強度に影響を与えないと考えられる(図-2)。

### (2) 今後の課題

グループ分けした大谷石の各構成部分と強度との関係、また水分との関係を明確にし、大谷石の強度が含水量によって異なる原因を究明する。

### 【参考文献】

- 1) 清木隆文, 鮎澤淳一: 採石跡地下空間の現状と有効利用に関する研究, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第7巻, 土木学会(一般投稿論文), pp.287-294, 2002.