

III-356 構成鉱物からみた安山岩の高温下線膨張特性

清水建設㈱ 技術研究所 正会員 ○ 奥野哲夫
清水建設㈱ 技術研究所 正会員 木下直人

はじめに

一般に岩石の線膨張特性は、様々な要因から特徴づけられ、岩種により卓越する要因は異なる。著者らは高温における岩石の線膨張ひずみを測定し、その中で稲田花崗岩、秋吉大理石は、一次的な要因として構成鉱物の線膨張特性が、また二次的な要因として微小クラックの発生があることを確認した¹⁾。これとは別に、安山岩には 200℃前後において著しく大きな線膨張係数を示すものがあり、その原因は明らかでない。今回はそのような安山岩の線膨張特性を、構成鉱物から調べたので報告する。

実験方法

岩石の線膨張ひずみの測定には、押棒式線膨張計を用い、室温から 500℃の温度範囲を対象として測定した。試料は表-1に示すように、三城目安山岩と小松安山岩を用い、気乾状態で測定を始めた。温度変化の与え方は、室温から 500℃まで加熱した後 1 時間保持し、その後再び室温まで戻すものとし、昇温および降温速度は共に 30℃/h とした。

また、これらの試料の構成鉱物を分析するため、顕微鏡観察と X 線回折も実施した。

実験結果

三城目安山岩と小松安山岩の線膨張ひずみの測定結果を図-1に示す。またこれらの温度と線膨張ひずみの関係を 4 次のスプライン関数で近似し、その差分をとって求めた温度と線膨張係数の関係を図-2に示す。三城目安山岩では、200℃前後で著しく大きな線膨張係数を示しており、このような特徴を示す温度範囲は、昇温過程より降温過程の方が約 40℃低くなっている。これに対して小松安山岩の線膨張係数は、200℃前後でわずかな増加を示しているだけである。この 2 種類の安山岩では、室温付近の線膨張係数と約 300℃から 500℃の範囲の線膨張係数に大きな違いがない。また、室温での残留ひずみはほとんど発生しない。

また、室温での残留ひずみはほとんど発生しない。

考 察

測定結果より明らかなように、三城目安山岩のような線膨張特

表-1 岩石試料

岩 種	直 径 (mm)	長 さ (mm)	単位体積重量 (kg/cm ³)	有効間隔率 (%)
三城目安山岩	20.2	182.2	2.14	19.2
小松安山岩	19.6	181.7	2.60	6.1

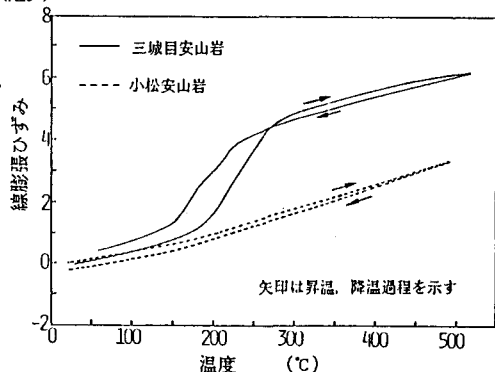


図-1 線膨張ひずみの測定結果

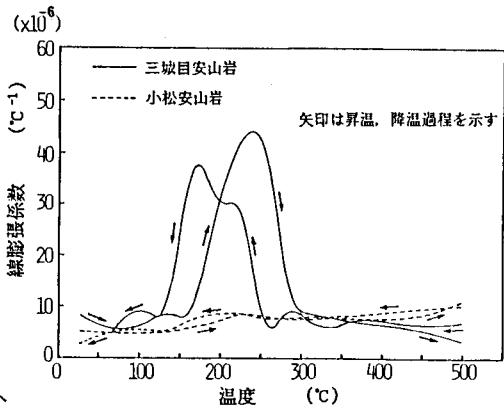
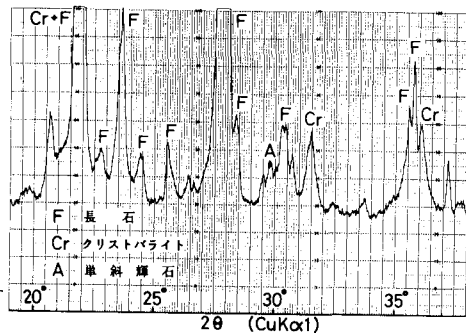
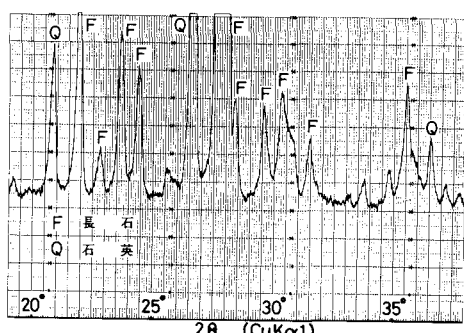


図-2 温度と線膨張係数の関係



(a) 三城目安山岩の X 線回折図



(b) 小松安山岩の X 線回折図

図-3 X線回折図

性を示す岩石・岩盤は、高温下の安定性評価を行う場合、熱応力の評価が重要かつ複雑になる。三城目安山岩のこのような特性は、外尾・大村²⁾、厨川³⁾によっても報告されているが、その原因は明らかでない。ここでは、測定に用いた両岩種の構成鉱物を分析し、岩石の線膨張特性について考察した。

2種類の岩石のX線回折結果を図-3に示す。図-3から結晶鉱物として、小松安山岩には長石と石英が、三城目安山岩には長石、クリストバライト、単斜輝石があることがわかる。これらの結果と顕微鏡観察の結果から求めた鉱物組成を表-2に示す。

これらの鉱物の弾性係数と線膨張係数から、次に示すTurnerの式を用いて岩石の線膨張ひずみを算定し、実測値と比較・検討を行った。

$$\alpha_v = \frac{\sum \alpha_i \cdot E_i \cdot V_i}{\sum E_i \cdot V_i}$$

ここで、 α_v ：岩石の線膨張係数 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)， α_i ：鉱物の線膨張係数 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)， E_i ：鉱物の弾性係数 (kgf/cm^2)， V_i ：鉱物の体積密度 (%) である。計算に用いた各鉱物の弾性係数と体積膨張ひずみを表-3に示す。なお、各鉱物の線膨張ひずみは体積膨張ひずみの1/3であると仮定して、温度の3次式で近似した。クリストバライトについては、200℃から275℃の温度範囲で α (低温) クリストバライトから β (高温) クリストバライトに転移し、その範囲で直線的に線膨張ひずみが生じるとした。三城目安山岩のクリストバライトの含有率は、定量的な分析が困難だったので、15、20、25%の3ケースの含有率を仮定した。また小松安山岩の石英の含有率は5%とした。計算結果を図-4に示す。

小松安山岩では計算値と測定値がよく一致しており、三城目安山岩についてもクリストバライトが20%含まれるとした場合が、よく一致していることがわかる。

結 論

- (1) 安山岩でも、構成鉱物の違いにより線膨張特性は大きく異なるが、いずれも鉱物組成に基づきTurnerの式を用いて計算した値とほぼ一致する。
- (2) 三城目安山岩の200℃前後における著しく大きな線膨張係数は、クリストバライトの転移に伴う体積膨張に起因する。

謝 辞

今回の研究の鉱物組成ならびにX線回折の分析にあたり、御指導していただいた千葉大学理学部地学科 兼平教授に対して、ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 奥野哲夫, 木下直人, 高温下における岩石の線膨張特性, 第17回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 176-180, 1985
- 2) 外尾善次郎, 大村昭士, 岩石の高温特性, 日本鉱業会誌, 85巻, 771-776, 1969
- 3) 厨川道雄, 回転圧砕方式による岩盤の機械掘削に関する研究, 京都大学学位申請論文, 1978

表-2 岩石の鉱物組成と粒径

岩 種	鉱 物 名		組 成 (%)	粒径の範囲 (mm)	平均粒径 (mm)
三 城 目 安 山 岩	斑晶	斜 長 石	16	0.3～2.0	0.8
		単斜輝石	2		
	石基	斜 長 石	36	—	—
		ガラス質 (クリストバライトを含む)	36		
		単斜輝石	9		
		不透明鉱物	1		
小 松 安 山 岩	斑晶	斜 長 石	22	0.05～2.5	0.25
		単斜輝石	5		
	石基	磁 鉄 鉱	1	—	—
		ガラス質 (石英を含む)	72		

表-3 各鉱物の弾性係数と体積膨張ひずみ (20℃を0とした値)

鉱 物 名	弾性係数 (kgf/cm^2)	体積膨張ひずみ (%)				
		20℃	100℃	200℃	400℃	500℃
クリストバライト	8.41×10^6	0.0	0.79	1.80	6.27	6.41
石 英	9.83×10^6	0.0	0.29	0.70	1.75	3.18 (注)
斜 長 石	8.50×10^6	0.0	0.10	0.24	0.55	0.95
単 斜 輝 石	14.37×10^6	0.0	0.15	0.35	0.83	1.37
磁 鉄 鉱	23.54×10^6	0.0	0.22	0.55	1.35	2.28
安山岩質ガラス	7.25×10^6	0.0	0.13	0.30	0.62	0.95

(注) 550℃での値

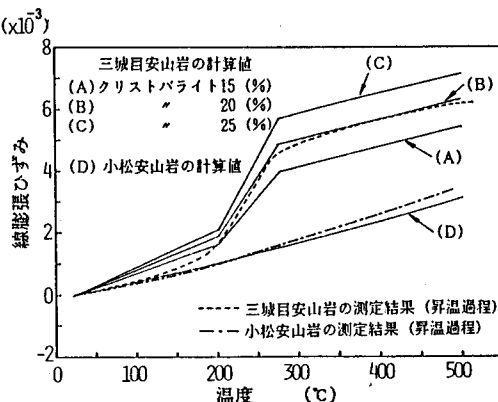


図-4 線膨張ひずみの計算結果