

III-321 高温下における火成岩の力学特性

清水建設㈱ 正会員 木下直人
 清水建設㈱ 正会員 若林成樹
 清水建設㈱ 正会員 安部 透

1. はじめに

地下空間利用の多様化にともない、岩石・岩盤の高温特性に関する研究が重要になっている。高温下岩石の力学特性に関しても、常温の場合と同様に、拘束圧の影響について明らかにする必要があるが、従来の高温下三軸圧縮試験は、主として地球科学の分野で実施されてきたこともあり、100～500MPaといった超高压下で行われている場合が多く、地下1000m程度までの深さに対応するような拘束圧下で実施された例はあまり多くない。そこで、温度300℃、拘束圧30MPaまでの範囲における火成岩の力学特性を明らかにするために、2種類の岩石を用いて、三軸圧縮試験および圧裂引張試験を行った。

高温下における試験は、一般に1本当たりの試験時間が長くなるため、従来の三軸圧縮試験方法に従った場合、様々な条件下で試験を行うには非常に多くの時間を要する。そこで今回は、効率的に試験を行うために、多段階三軸圧縮試験法を用いた。

2. 試験概要

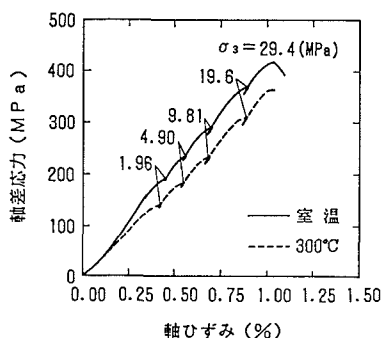
試験に用いた岩石試料は、茨城県産の稲田花崗岩および福島県産の三城目安山岩であり、その基本物性および鉱物組成を表-1に示す。供試体寸法は、直径50mm、高さ100mmとし、デシケータ内で1週間以上乾燥させた後試験を行った。

高温下における三軸圧縮試験には、MTS社製の油圧サーボ式三軸試験装置を用いた。軸荷重の測定にはロードセルを、また軸ひずみの測定には差動トランス型変位計を用いたが、いずれも精度の良い測定を行うために、三軸室内に設置した。試験温度は室温から300℃まで、側圧は、稲田花崗岩では最大29.4MPa、三城目安山岩では最大14.7MPaとした。供試体の加熱には三軸室内に設置されているヒーターを用いたが、

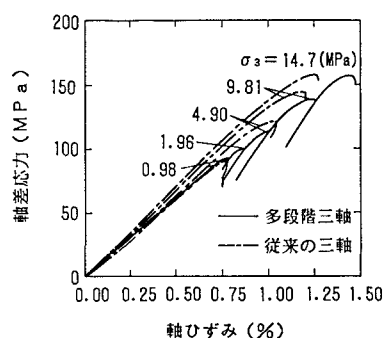
加熱時に供試体内の温度勾配に起因する熱応力によって微小クラックが発生することがないように、ゆっくりとした昇温速度（20℃/h）で加熱した。なお、多段階三軸圧縮試験法の適用性について確認するため、室温において、三城目安山岩を用いて、従来の方法による三軸圧縮試験を行い、

表-1 試料の基本物性と鉱物組成

岩 種	単位体積重量 (kN/m ³)	間隙率 (%)	鉱物組成 (%)	粒径 (mm)
稲田花崗岩	26.2	1.3	石英	42
			斜長石	22
			微斜長石	31
			黒雲母	4
			角閃石	1
三城目安山岩	20.0	10.2	斑 晶	斜長石 16
			単斜輝石	2
			石 基	斜長石 36
				ガラス質 36
				単斜輝石 9
				不透明鉱物 1



a) 稲田花崗岩



b) 三城目安山岩（室温）

図-1 軸差応力～軸ひずみ関係の測定例

多段階三軸圧縮試験結果との比較を行った。

3. 試験結果および考察

三軸圧縮試験によって得られた、稲田花崗岩と三城目安山岩の応力-ひずみ関係の測定例を図-1に示す。三城目安山岩に関しては、従来の三軸圧縮試験法によって得られた曲線と多段階三軸圧縮試験法によって得られた曲線の両方を示している。また、三軸圧縮試験結果に基づいて求められた粘着力と内部摩擦角を図-2および図-3に示す。多段階三軸圧縮試験法によって得られた三城目安山岩の粘着力と内部摩擦角はそれぞれ18.8MPa, 45.0°であるのに対し、従来の三軸圧縮試験法によって得られた粘着力と内部摩擦角はそれぞれ18.7MPa, 45.4°であり、両者は良く一致している。稲田花崗岩の粘着力は温度上昇にともなって少し低下するのに対し、三城目安山岩の粘着力はほとんど温度に依存しない。一方、内部摩擦角に関しては、稲田花崗岩も三城目安山岩も300℃までの温度範囲では温度依存性を示さない。また、圧裂引張試験結果は図-4のようになり、稲田花崗岩の引張強度は温度上昇にともなって低下し、

300℃では室温における値の約60%になっているのに対して、三城目安山岩の引張強度は温度上昇にともなってやや増加する傾向を示している。以上の結果は、次のような考え方で説明することができる。稲田花崗岩では、拘束圧が小さい場合には、ある温度以上になると、鉱物粒子間の熱膨張率の不一致による微小クラックが発生し始め、その量は温度の上昇にともなって増加する^{1), 2)}。したがって、クラックの発生の影響を受けやすい引張強度や粘着力は温度の上昇にともなって低下するのに対して、その影響をあまり受けない内部摩擦角は温度に依存しない。一方、三城目安山岩では、組織が花崗岩と異なり、ガラス質や微細な粒子からなる、などのために、微小クラックがほとんど発生しない³⁾ので、高温になっても、内部摩擦角はもちろんのこと、引張強度や粘着力も低下しない。

4. おわりに

300℃までの温度範囲において、稲田花崗岩および三城目安山岩を用いて、多段階三軸圧縮試験および圧裂引張試験を行った。その結果、稲田花崗岩では、鉱物粒子の熱膨張率の不一致による微小クラックが発生するため、温度上昇にともなって引張強度や粘着力が低下するのに対して、三城目安山岩では微小クラックがほとんど発生しないので、引張強度や粘着力は低下しないということがわかった。

参考文献

- 1) 外尾善次郎, 高島啓行: 高温における岩石の強度に関する研究 (第1報), 日本鉱業会誌, 84巻, pp.1071-1076 (1968)
- 2) 木下直人, 安部 透: 拘束圧下における花崗岩質岩石の熱膨張特性に関する研究, 第19回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.241-245 (1987)
- 3) 山口梅太郎, 宮崎道雄: 熱による岩石の強度の変化あるいは破壊について, 日本鉱業会誌, 86巻, pp.346-351 (1970)

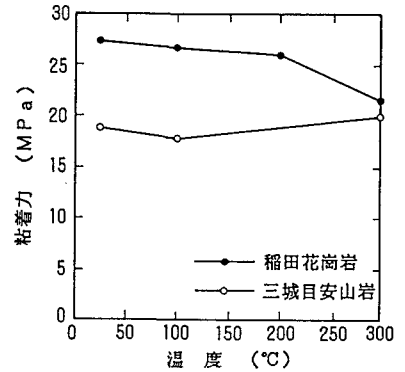


図-2 粘着力と温度の関係

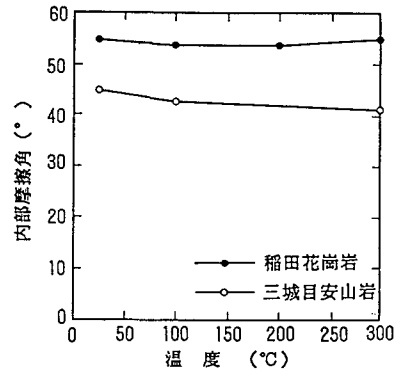


図-3 内部摩擦角と温度の関係

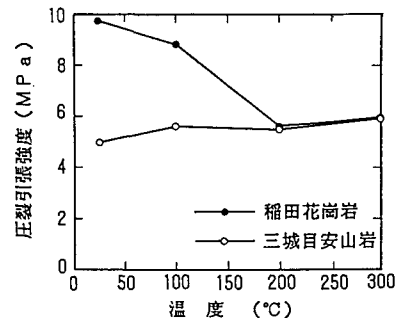


図-4 圧裂引張強度と温度の関係