

熱の影響を受けた岩石の強度・変形特性

愛媛大学工学部（正会員） 稲田善紀
愛媛大学大学院（学生員） ○岡田明浩
(株)建設企画コンサルタント 西崎政吉

1. 緒言

地熱エネルギーには、熱水あるいは蒸気の形で岩盤内に貯留しているものと、熱水として流動しているものの2つのタイプがある。後者をとり出して利用する場合には湯水期にも常に利用できるようなしておく必要がある。このため地下の岩盤内に空洞を設けここに熱水を貯蔵する方法が考えられる。この場合岩盤は熱の影響を受けるので、岩盤の熱的性質を明らかにしておく必要がある。今回は熱の影響を受けた岩石の強度特性ならびに熱物性値の変化を実験によって求めた結果を報告する。

2. 熱間における岩石の強度変化

2. 1 実験材料および実験方法

本実験に使用した岩石は、花崗岩（愛媛県越智郡大島産）および安山岩（愛媛県上浮穴郡久万町産）である。供試体は圧縮試験用のものは直径3 cm、長さ6 cmに、また引張試験用のものは圧裂試験で代用したので直径3 cm、長さ3 cmに成形した。実験に先立ち供試体は室内で自然乾燥させたのちデシケータ内でさらに3日間放置した。また熱間強度試験は、圧縮試験機に組み合わせた電気炉内で、常温、100℃、200℃、300℃の4段階の温度でおこなった。

2. 2 実験結果および考察

図1および図2は熱間における岩石の圧縮強度および引張強度の変化を示している。これらの値はいずれも供試体10～15個について実施した結果である。圧縮強度については、安山岩、花崗岩とも温度上昇と共に増加する傾向にあると思われる。強度増加の割合は、花崗岩はさほど大きくないが、安山岩は大きく、300℃において常温時の強度に比べて24%程度もの増加を示している。一方引張強度については、安山岩、花崗岩とも温度上昇と共に低下しており、この低下の割合は花崗岩より安山岩の方が大きい。引張強度の低下については、構成鉱物粒子それぞれの線膨張係数が異なるため、温度上昇に伴ってマイクロクラックが成長することによるものと思われる。また圧縮強度の増加については間隙水および結晶水の影響が考えられるが、花崗岩の構成粒子である石

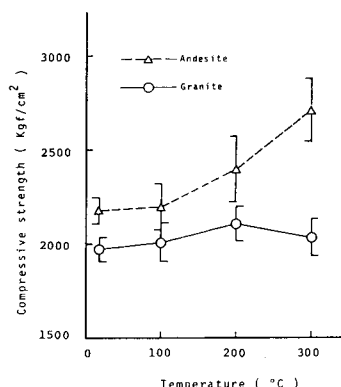


図1. 熱間における
圧縮強度の変化

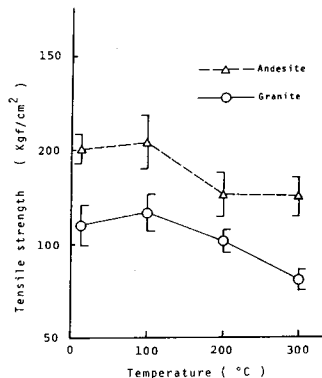


図2. 熱間における
引張強度の変化

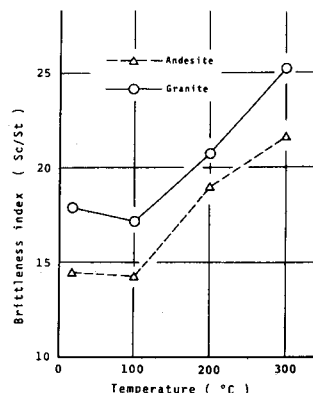


図3. 熱間における
ぜい性度の変化

英が温度上昇と共に強度が低下するという傾向があるので、¹⁾岩石全体として加熱と共に強度が上がる原因はよくわからない。前述の圧縮強度および引張強度からぜい性度、 $B_r = S_c / S_t$ を求め図3に示した。ぜい性度については安山岩、花崗岩とも増加しており、温度が上昇するにつれてもろくなっていくことがわかる。

次に圧縮強度試験における応力・ひずみ曲線から接線弾性係数およびポアソン比を求めた。図4、図5はそれぞれ破壊応力の30%付近および70%付近の接線弾性係数を示しており、いずれも温度上昇と共にその値が増加する傾向にあると思われる。これは温度の上昇と共に岩石がひずみにくくなることを示しこの傾向は特に安山岩の方が著しい。図6は破壊応力の30%付近のポアソン比を示しているが、温度上昇と共に花崗岩は低下、安山岩は増加する傾向がある。花崗岩が低下する原因としては圧縮の過程で30%の時点ではクラックの空隙が圧縮方向に埋められている状態にあり、クラックの発生が顕著な高温になるほど横方向への膨張が小さくなることによるものと思われる。安山岩の挙動については今のところよくわからない。図7は破壊応力の70%付近のポアソン比を示しているが、両岩石とも温度上昇による大きな変化はみられない。これは70%の時点になると岩石内のクラックはほとんど埋められ、その後は荷重による粒子の挙動が温度に関係なく一定になってくるものと考えられる。

3. 高温における岩石の線膨張係数

図8は高温で岩石の伸びを測定して求めた線膨張係数である。安山岩、花崗岩とも温度上昇と共にその値は増加しているが、花崗岩においてその傾向は著しい。また、線膨張係数の変化の割合は初期に著しく、次第にゆるやかになり、その後、直線的になっているのがわかる。

4. 結言

熱の影響を受けた岩石の強度特性ならびに熱物性値の変化を実験により求めたが、それらの挙動に対する解釈は難しい点も多く、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Sydney P. Clark, JR., Editor: Handbook of Physical Constants, The Geological Society of America, Memoir 97, 1966. P. 263

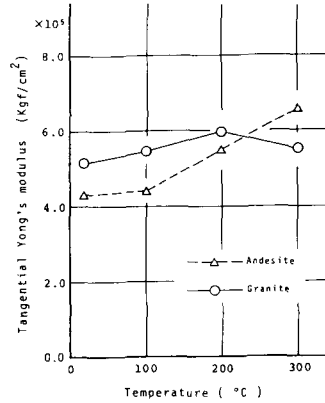


図4 温度による接線弾性率の変化(破壊応力の30%)

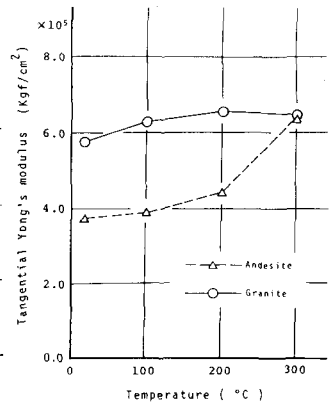


図5 温度による接線弾性率の変化(破壊応力の70%)

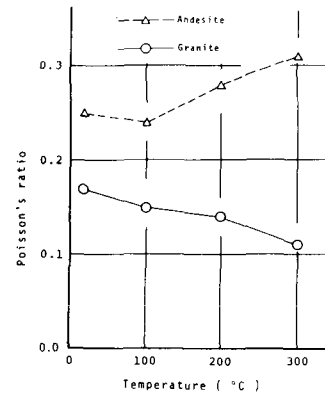


図6 温度によるポアソン比の変化(破壊応力の30%)

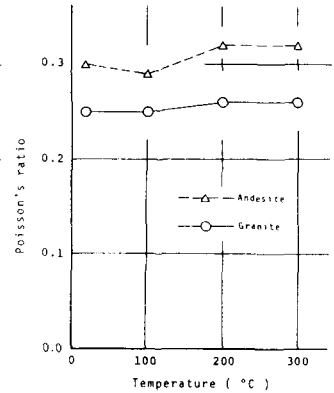


図7 温度によるポアソン比の変化(破壊応力の70%)

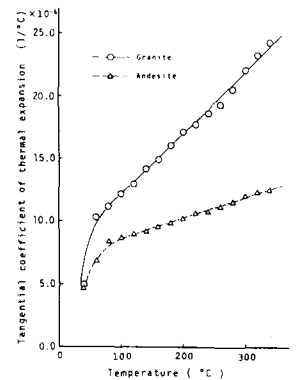


図8 温度による線膨張係数の変化