

愛媛大学工学部 正員 稲田 善紀, 愛媛県土木部 正員 ○岡田 明浩
大久木建設(株) 伊勢家治彦, 藤木工務店(株) 山岸 宏郎

1. まえがき

地熱エネルギー利用の一環として最近熱水の多目的利用が行なわれている。とくに地下を流動する温水も含めて多量に利用するため、湯水期のことも考慮しておかなければならない。一つの方法として地下岩盤内空洞に熱水を貯蔵することが考えられるが、岩盤は熱の影響を受けるので空洞の安定性が問題となる。このため岩石の熱的性質を明らかにしておく必要がある。今回は高温下ならびに高温の履歴を受けた岩石の強度および変形特性を実験によって求め、考察した結果を報告する。

2. 実験方法

今日は、花崗岩(愛媛県越智郡大島産)および安山岩(同上伊予郡久万町産)を成形し実験に供した。温度変化による岩石の挙動の変化を調べるため、室内で1週間以上自然乾燥した後デシケータ内で3日間乾燥させたDryの試料について主として実験を行い、比較のため減圧吸水させたWetの試料についても実験を行った。試料は圧縮試験機に組み合わせた電気炉内で2 $\frac{1}{2}$ minで昇温し、所要の温度にした後もさらに1時間保温して実験に供した。Dryの試料については常温・100℃・200℃・300℃・400℃の5段階で高温下で実験を行い、別にこれらの温度の履歴を与え常温で実験を行った結果と比較した。試料の個数は各温度につき10~20個である。

3. 実験結果および考察

図1~図4はDryの試料について高温下および高温の履歴を与えた場合の強度変化を示している。高温下の圧縮強度は、花崗岩の場合、200℃までは温度の上昇とともに強度が増加しているがそれ以上の温度では低下している。安山岩の場合、温度上昇とともに著しく増加している。一方引張強度は、花崗岩の場合、温度上昇とともに低下しているが安山岩の場合はほとんど変化していない。さらに高温の履歴を与えた面岩石の強度特性についても同様の傾向がみられる。以上のように花崗岩と安山岩とでは特性が異なっている。以下これらについて考察する。まず花崗岩の挙動については岩石内に存在する間隙水およびマイクロクラックの影響が大きいものと考えられる。間隙水は圧縮によって潜在的マイクロクラックを押し広げるように働くので蒸発によってこの量が減少するほど強度が増加する。別の実験から110℃で24時間、又は、200℃で1時間加熱すれば間隙水をほぼとり除くことができることがわかった。図5は試料を110℃で24時間加熱し、そのまま引き続いて所要の高温下で1時間加熱した後実験を行った結果を示している。間隙水を取り除けば温度上昇とともに強度が著しく低下する

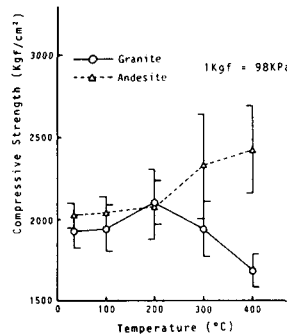


図-1 高温下における岩石の圧縮強度の変化

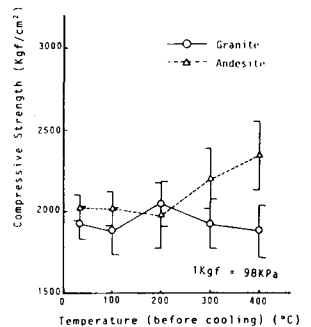


図-2 高温の履歴を受けた岩石の圧縮強度の変化

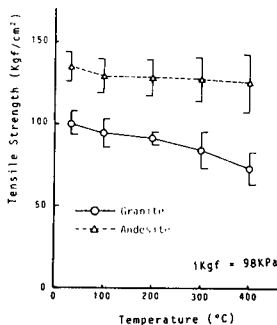


図-3 高温下における岩石の引張強度の変化

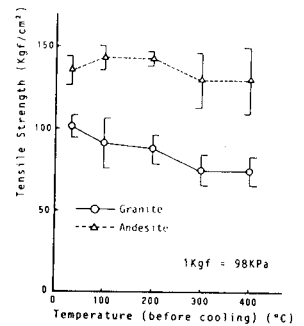


図-4 高温の履歴を受けた岩石の引張強度の変化

ことがわかる。高温の履歴を受けた場合も図6から同様な傾向を示している。このような温度上昇に伴う強度低下の原因は構成鉱物粒子の膨張の差から生ずるマイクロクラックの発生や発達に起因していることが考えられるが、このことは高温下における岩石の挙動を顕微鏡で観察した別の実験結果からも裏づけられた。一方、安山岩の場合は温度上昇による強度の低下はみられず逆に増加している。これは安山岩の場合構成鉱物粒子が極めて小さく、粘土質鉱物の存在が分析結果から確認されているのでマイクロクラックの影響よりむしろ高温になるほど焼結硬化してゆく影響が大きいものと思われる。

次にWetの試料についての圧縮および引張試験の結果をそれぞれ図7および図8に示した。いずれも強度低下を示しているがとくに安山岩の場合粘土質鉱物の水中への溶解および間隙水の楔作用の影響が大きいものと思われる。

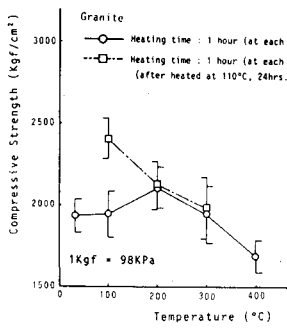


図-5 加熱条件のちがによる高温下における花崗岩の圧縮強度の比較

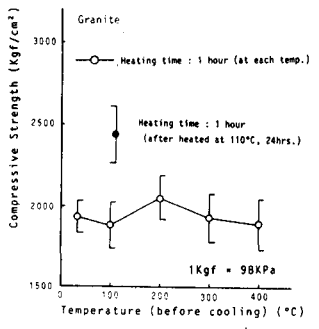


図-6 加熱条件のちがによる高温履歴を受けた花崗岩の圧縮強度の比較

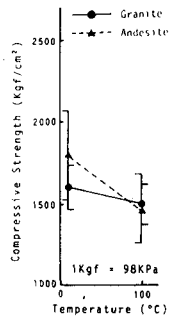
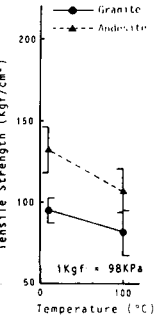


図-7 水潤状態における岩石の圧縮強度の変化

図-8 水潤状態における岩石の引張強度の変化



次に前述の圧縮試験の際に得られた応力-ひずみ曲線から、縦ひずみが1500μ（破壊ひずみの30~40%に相当）の値における接線弾性係数およびポアソン比を求めたものが図9~図12である。温度上昇とともに接線弾性係数が花崗岩は低下し、安山岩は増加するが、ポアソン比は花崗岩が著しく低下し、安山岩はやや低下する傾向がみられ、高温の履歴を受けた場合も同様な傾向がみられる。さらに図13に温度上昇によるひずみの変化を示したが花崗岩と安山岩の変形挙動が明らかに異なっている。以上の変形特性からも前述の強度特性が裏づけられる。

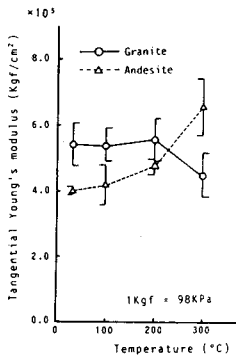


図-9 高温下における岩石の接線弾性係数の変化

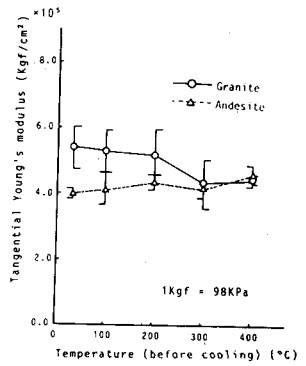


図-10 高温の履歴を受けた岩石の接線弾性係数の変化

4. あとがき

熱の影響を受けた岩石の強度・変形特性は岩石によって異なった特性を示し、花崗岩の場合はマイクロクラックの発生および成長が、安山岩の場合は粘土質鉱物の焼結硬化による変質が原因であることがわかった。

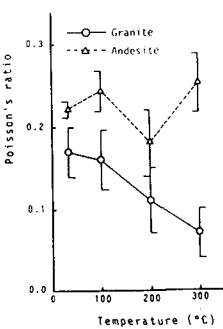


図-11 高温下における岩石のポアソン比の変化

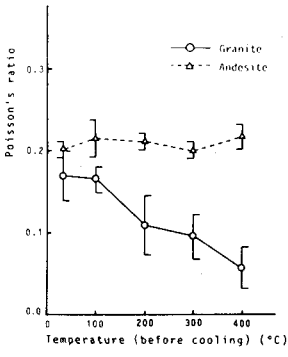


図-12 高温の履歴を受けた岩石のポアソン比の変化

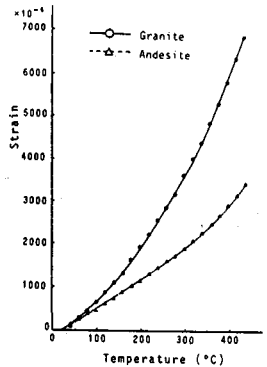


図-13 高温下における岩石のひずみの変化