

Ⅲ－B 225

熱水貯蔵時の岩盤内空洞の挙動

愛媛大学工学部 フェロー会員 稲田 善紀
 愛媛大学工学部 正会員 木下 尚樹
 愛媛大学大学院 学生員 ○篠原 淳一

1. はじめに

ゴミ焼却時に発生する廃熱を利用して水を熱水に変え、家庭用給湯等多目的に利用する際、安定供給のために、地山岩盤内に設けた空洞に一時的に貯蔵することが考えられる。この場合、空洞周辺岩盤には熱応力が発生し空洞の安定性が問題となる。本研究では、空隙率の異なる5つの岩石について、常温下および高温下において強度・変形特性を実験により求め、それらの値を用いて熱水貯蔵時の空洞周辺岩盤の挙動を解析により求め、その結果について考察する。

2. 実験方法

実験に用いた岩石は空隙率の異なる5種類の岩石、すなわち、花崗岩（愛媛県越智郡宮窪町大島産）、安山岩（愛媛県上浮穴郡久万町産）、砂岩（福岡県大牟田市産）、凝灰岩（栃木県宇都宮市産）および泥岩（神奈川県相模原市産）である。供試体は、一軸圧縮試験用には $\phi 30 \times 60$ mm、圧裂引張試験用には $\phi 30 \times 30$ mmに成形し、以下に示す2通りの方法で処理を行い、異なる2種類の含水状態にした。

① 室内で7日間自然乾燥させ、さらにデシケータ内で7日間乾燥させた。

② ①の状態、蒸留水で満たしたデシケータ内で真空ポンプにより5時間脱気した。

以後①の状態のものを乾燥状態の Dry、②の状態のものを湿潤状態の Wet と呼ぶ。

3. 実験結果および考察

岩石の圧縮強度を図1に示す。いずれの岩石においても Dry、Wet とともに温度上昇に伴い強度が低下していることがわかる。これは、温度上昇に伴う岩石の構成鉱物粒子の熱膨張の差異により、潜在的マイクロクラックの助長・拡大が原因であると思われる。また、いずれの岩石においても Dry よりも Wet の方が強度が小さい。これは供試体表面から間隙内に浸入した水が、荷重をかけた際に間隙水圧として働き、破壊を促進したために強度が低下したものである。圧裂引張強度試験を行った結果も、これと同様な傾向が得られた。また、接線弾性係数を求めた結果を図2に示す。温度の上昇とともに低下する傾向が見られたが、花崗岩および安山岩の Wet

では増加している。これは、高温下において構成鉱物粒子の膨張および間隙水の浸入によって空隙がある程度密になり、見かけ上外部からの力に抵抗し、弾性係数が大きくなったものと思われる。

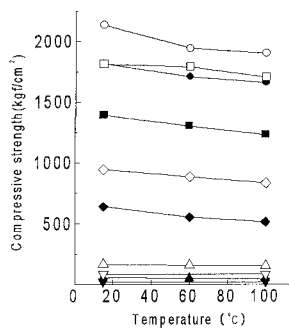


図1 岩石の圧縮強度

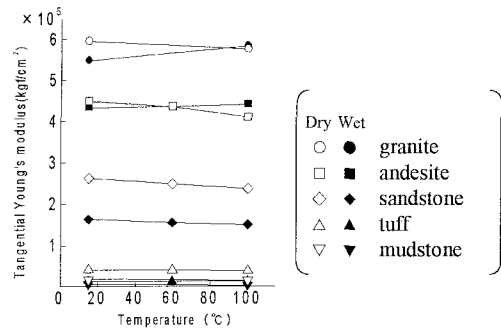


図2 接線弾性係数

4. 空洞周辺の温度分布

本解析では、土被り 100 m の地山岩盤内に直径 10 m の単一円形空洞を設け、その空洞内に熱水（100 °C

キーワード：熱水貯蔵 熱的挙動 空洞 地山岩盤

〒790-8577 松山市文京町3 愛媛大学工学部環境建設工学科 TEL 089-927-9815 FAX 089-927-9842

一定）を貯蔵した場合を想定し、空洞周辺岩盤の温度分布の経時変化を要素分割法¹⁾により貯蔵一年後までを求めた。その結果のうち、5種類の岩石の中で熱拡散率の最も大きい花崗岩（ $\kappa=12.3 \times 10^{-3} [\text{cm}^2/\text{sec}]$ ）と、小さい凝灰岩（ $\kappa=3.8 \times 10^{-3} [\text{cm}^2/\text{sec}]$ ）の場合の温度分布を図3に示す。初期の時間において熱伝導に遅れが見られるが、その後、時間の経過とともに小さくなっている。

5. 応力解析

本解析では、4で得られた温度分布を用いて、空洞周辺岩盤の応力分布を有限要素法により解析し検討した。貯蔵一年後までの空洞の中心から水平軸上に作用する空洞の半径方向の応力

（ σ_r ）および接線方向の応力（ σ_t ）の経時変化と岩盤空洞の変位図を図4および図5に示す。花崗岩については、空洞周辺に生じた熱膨張により、岩盤は自由面である空洞内部に向かって張り出し、できるだけ円に近い状態になろうとするが、これは空洞を縮めることになり空洞の円周方向に大きな圧縮応力が発生したものと考えられる。しかし、熱膨張によって空洞が収縮するにも限界があり、これを越えると逆に地山内部に向かって張り出そうとする結果、半径方向および接線方向に大きな圧縮応力が発生したものと考えられる。凝灰岩については、花崗岩に比べて空洞は自由面である空洞内部に張り出し、空洞が見かけ上収縮している。これは凝灰岩では、高温下において接線弾性係数が低下することから熱応力が小さく、空洞周辺に温度が及ぶと、相対的に自重による変位が大きくなるので空洞が見かけ上収縮したものと考えられる。

6. おわりに

岩質の違いにより、熱水貯蔵時の各岩石の応力分布および挙動はかなり異なっており、これは、接線弾性係数の値の違いによるものであると考えられる。また、空隙率の小さい花崗岩においては空洞は安定しているが、空隙率の大きい凝灰岩においては、空洞の安定性に問題があると思われるので、熱水を貯蔵する際には、熱応力軽減対策や漏水防止対策を行う必要があると思われる。

参考文献

- 1) 稲田善紀，重信純：日本鉱業会誌，vol.99，No.1141，pp.179～185，1983。

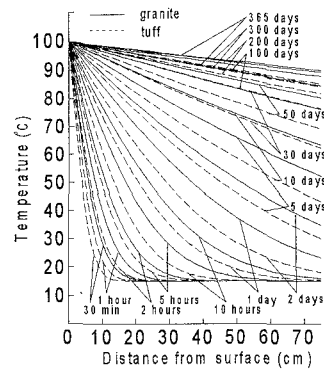


図3 空洞周辺の温度分布

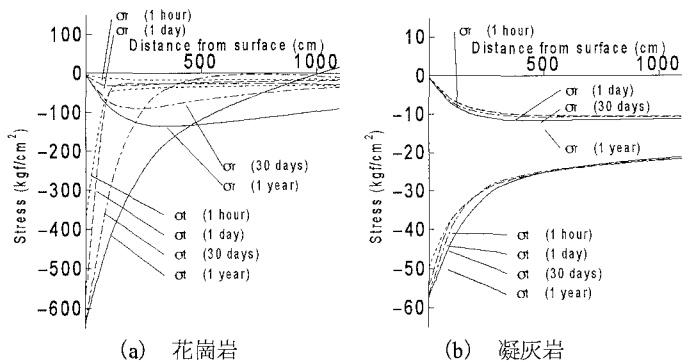


図4 応力の経時変化

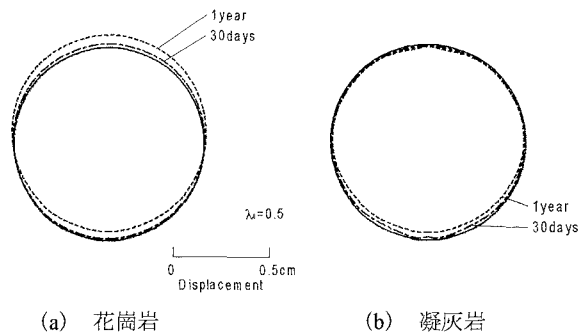


図5 空洞の変位図