

1. はじめに

ゴミ焼却場等の廃熱を利用して熱水を得、多目的に利用する際の安定供給のための一時的な貯蔵方法として、筆者らは地山岩盤内に設けた空洞に直接貯蔵することを提案し、検討を行ってきている¹⁾。本研究では数種類の岩石を用い、室温から 100 の範囲での温度履歴幅、履歴回数、雰囲気温度、岩石の含水状態等が力学的性質に及ぼす影響について考察した。また、得られた値を用いて熱水貯蔵時に生じる応力分布を数種類の岩盤について解析により求め、空洞周辺岩盤の挙動について検討した。

2. 温度履歴を受けた岩石の強度・変形特性

花崗岩、安山岩、砂岩および凝灰岩のブロックから同一方向にコア試料を採取し、一軸圧縮強度試験用には $\phi 3 \times 6\text{cm}$ 、圧裂試験用には $\phi 3 \times 3\text{cm}$ に成形し、供試体とした。供試体は室内で 1 週間以上自然乾燥させた後、デシケータ内で 1 週間乾燥させた乾燥状態のもの(dry)と、乾燥状態のものを真空ポンプを用いて、5 時間脱気しながら蒸留水を浸潤させた湿潤状態のもの(wet)の 2 種類用意した。供試体に温度履歴を与える際にはポリエチレンフィルムで覆い、熱サイクル試験装置にて図 - 1 に示すように温度履歴を与えた。その後、一軸圧縮強度試験、圧裂引張試験を行った。試験温度は室温および 100 とした。試験は荷重速度を一定として制御し、圧縮試験の際にはひずみゲージにより縦ひずみと横ひずみの変化を測定した。供試体数は各条件 5 本とした。図 - 2 は温度履歴を受けていない場合について高温下における圧縮強度を求めた結果である。いずれの岩石においても温度の上昇に伴い値が低下している。これは岩石の構成鉱物粒子の熱膨張の差異により、マイクロクラックが拡大、増加したことが原因と考えられる。また、wet よりも dry の方が値が大きい。図 - 3 は温度履歴を受けた岩石の圧縮強度の変化を示したものである。履歴回数の増加に伴い値は低下しているが、低下の割合は履歴とともに小さくなっている。また、凝灰岩では強度低下は大きい。図 - 4 は接線弾性係数の変化を示したものである。安山岩、砂岩では変化が小さい。

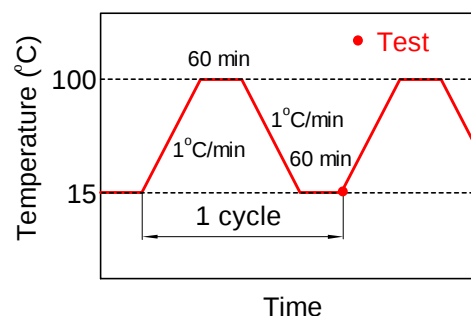


図 - 1 温度履歴の与え方。

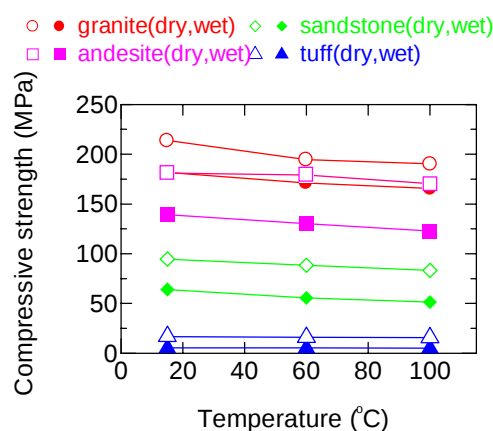


図 - 2 高温下における圧縮強度。

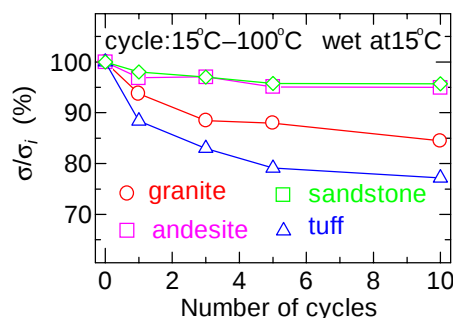


図 - 3 履歴に伴う圧縮強度の変化。

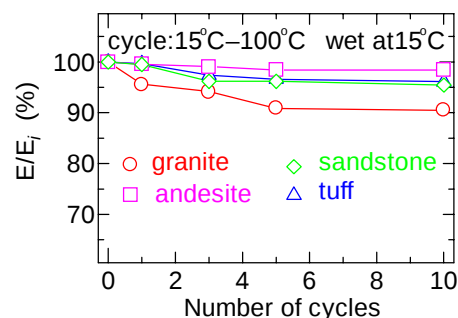


図 - 4 履歴に伴う弾性係数の変化。

キーワード：岩盤内貯蔵，温度履歴，熱水，空洞，熱応力

連絡先：〒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

3. 空洞周辺岩盤の挙動

土被り 100m の岩盤内に直径 10m の円形空洞を設け、熱水 (100 一定) を貯蔵した場合を想定し、空洞周辺岩盤の挙動を解析により検討した。温度分布の経時変化は要素分割法²⁾により求め、この結果を用いて FEM 弾性解析に時間の概念を取り入れた逐次破壊解析³⁾を行った。解析は平面ひずみ問題として取り扱い、破壊判定は Mohr の破壊包絡線説に従うものとした。初期応力は岩盤の自重と自重の

1/2 の側圧とし、そこに熱応力が重畳されるものとした。解析結果として空洞中心からの水平軸上に作用する空洞の接線方向および半径方向の応力の経時変化を図 - 5 に、空洞の変形状態を図 - 6 に示す。花崗岩岩盤では空洞周辺に生じた熱膨張により接線方向に圧縮応力が生じている。貯蔵 1 年後において空洞表面付近の熱応力は初期状態の 8 ~ 10 倍作用している。凝灰岩岩盤では空洞は自由面である空洞内部に張り出し、空洞が収縮している。これは凝灰岩の弾性係数が高温下において低下することから、空洞周辺の温度が上昇すると変位しやすいことに起因しているものと考えられる。また、凝灰岩は花崗岩と比べ弾性係数が小さいことから発生する熱応力も小さい。しかし、凝灰岩は強度がもともと小さく高温下ではさらに低下するため、水平軸付近でせん断破壊することがわかった。次に花崗岩岩盤について温度履歴を受けた場合の挙動を検討した。図 - 7 は 11 ヶ月貯蔵し、1 ヶ月貯蔵を停止(空洞内部が 15 と仮定)した場合を 10 回繰り返した後、貯蔵した際の応力分布である。履歴を受ける前と比べ熱応力は減少している。これは履歴を受けると弾性係数が低下することによるものと考えられる。

4. おわりに

本研究の結果、岩盤の違いにより熱水貯蔵時の空洞周辺岩盤の応力分布および挙動が異なることがわかった。また、温度履歴を受けた場合には発生する熱応力は減少することがわかった。

参考文献

- 1) 例えば稲田善紀，木下尚樹他：熱水の地山岩盤内貯蔵における一二の問題点と対策，土木学会論文集，No.610/ -45, pp.57-67, 1998.
- 2) 稲田善紀：岩盤工学，pp.180-188, 森北出版，1997.
- 3) 稲田善紀：地下の空間利用，pp.112-119, 森北出版，1989.

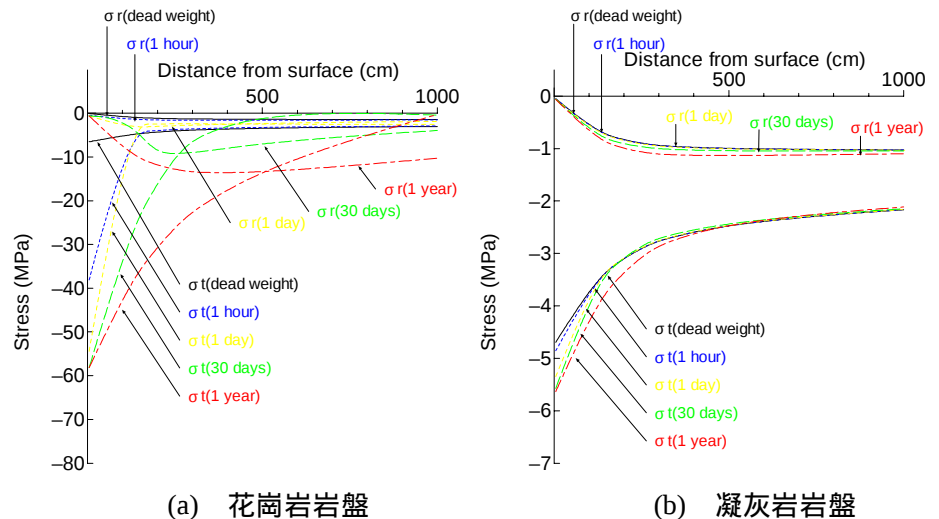


図 - 5 水平軸に沿った応力分布の経時変化。

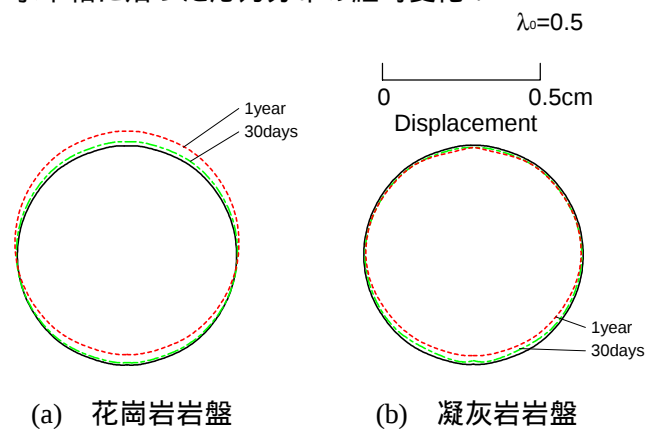


図 - 6 空洞の変形状態。

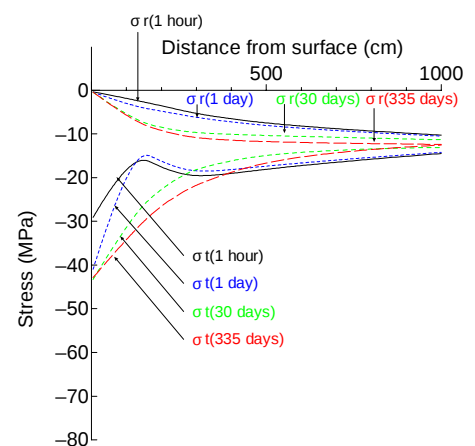


図 - 7 履歴を受けた場合の応力分布の経時変化。