

熱水貯蔵時の温度降下と周辺岩盤の挙動に関する考察

愛媛大学工学部

正会員 稲田 善紀

愛媛大学工学部大学院

学生員 ○塩崎 宏紀

(株)竹中工務店技術研究所

正会員 中崎 英彦

(株)竹中工務店技術研究所

上田 貴夫

1. はじめに

ゴミ焼却によって得られた廃熱を利用して水を熱水に変え、一時的に地山岩盤内に設けた空洞に貯蔵する場合、貯蔵中の熱水の温度降下および空洞の安定性が問題となる。本研究では、これらの解析方法の妥当性について検討するため、現場で小規模ながら熱水貯蔵時を想定し、供試体中に設けた孔周辺の温度分布、熱水の温度降下および孔壁の歪を実験により測定し、要素分割法¹⁾と有限要素法を用いてこれらの解析を行い、実験結果とを比較検討した結果について述べる。

2. 孔周辺岩盤の温度分布の測定値と解析値の比較

本実験に使用した供試体の初期温度は花崗岩は33℃、安山岩は25℃であった。

測定した結果を図1(a),(b)中に実線で示す。花崗岩および安山岩ともに、初期の時間では急激な温度勾配を示しているが、時間の経過とともに次第に緩慢となり、温度変化も小さくなっていることがわかる。また、花崗岩と安山岩の初期温度には約8℃の温度差があるが、孔周辺岩盤の温度上昇にはそれほどの差はみられなかった。次に、要素分割法により軸対称モデルにて解析した結果を図1(a),(b)中に破線で示す。花崗岩および安山岩ともに、測定値と解析値を比べると、解析

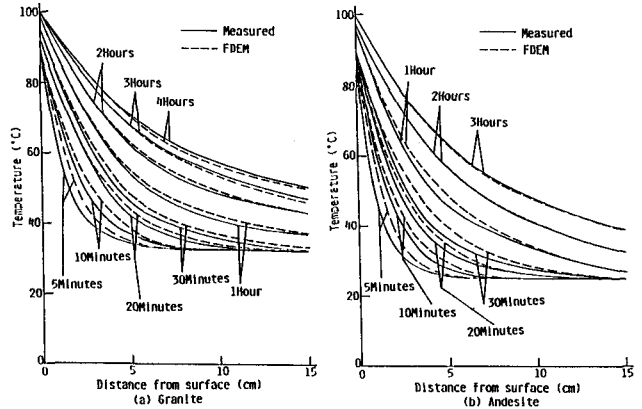


図1 孔周辺の温度分布

では孔に瞬時に熱水を満たすことを想定したが、実際の実験では孔に熱水を満たすのに30秒程度の時間を要したために初期の時間で測定値に若干の遅れがみられるが、その差は時間の経過とともに小さくなっていることがわかる。

3. 熱水の温度降下の測定値と解析値の比較

本実験では次の2通りの場合について熱水の温度降下の測定および解析を行った。

- Case I : 孔に熱水を満たしてからその熱水を4時間100℃に保温し、孔周辺岩盤の温度がある程度上昇した後に保温をやめ、熱水の温度降下を測定および解析する。
- Case II : 供試体の初期温度が花崗岩では33℃、安山岩では25℃の分布を成している状態の孔を熱水で満たし、熱水の温度降下を測定および解析する。

測定した結果を図2(a),(b)中に実線で示す。花崗岩および安山岩の熱水の温度降下を比較するとCase I およびCase II の場合も両者間には、それほど大きな差は認められない。また、両者ともにCase II に比べるとCase I の温度が約15℃高くなっていることから、Case I の保温性の効果がよくうかがえる。次に、解析した結果を図2(a),(b)中に破線で示す。花崗岩および安山岩ともにCase I の場合は、非常に良く一致している。

Case II の場合の初期の誤差は解析では瞬時に孔を熱水で満たすことを想定したが、実験では瞬時に満たすことができなかったために生じたものと思われる。

4. 孔壁の歪の測定値と解析値の比較

本実験では熱水の影響を受けた孔壁の縦方向の歪および円周方向の歪と同時に亀裂上の円周方向の歪の測定も行った。測定した結果を図3 (a), (b)中に実線で示す。花崗岩および安山岩ともに時間の経過とともに孔壁の縦方向の歪は徐々に上面の自由面方向に膨張しているのがわかる。一方、円周方向の歪は花崗岩では収縮した後に膨張し、安山岩では最初から膨張しているが、これは、孔壁に存在していた亀裂や、熱応力の発生によりマイクロクラック等が助長され、新たに微細な亀裂が発生したことなどが原因であると考えられる。また、亀裂上の円周方向の歪は急激に収縮し、その値も新鮮な場所に比べて大きな値を示していることから、亀裂は熱水により影響を受けふさがれる方向に変位していることがわかる。その後の亀裂上の円周方向の歪の収縮量の減少は亀裂の両側での熱膨張のずれ等により見掛け上、収縮量が減少したものと考えられる。次に、有限要素法の軸対称モデルより求めた歪を図3 (a), (b)中に破線で示す。花崗岩および安山岩ともに縦方向の歪の値は比較的一致している。しかし、円周方向の歪の値が一致していないのは、解析では亀裂の存在を考慮しなかったことや、実際には実験中に孔壁に熱応力の発生により微細な亀裂等が発生したことなどが考えられ、これらの理由により測定値と解析値に差が生じたものと思われる。

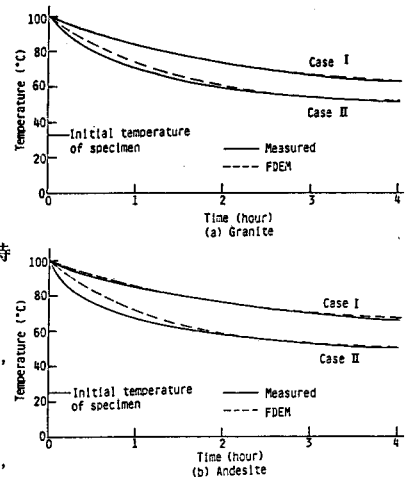


図2 熱水の温度降下

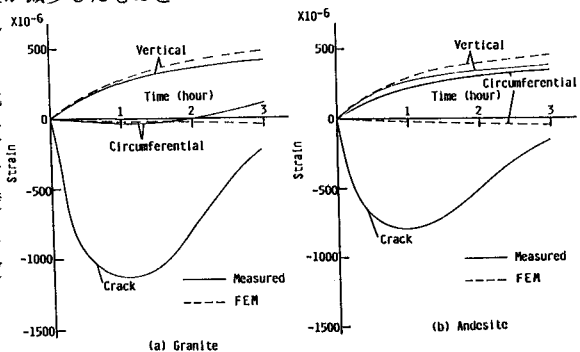


図3 孔壁の歪

5. おわりに

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 測定した孔周辺の温度分布と要素分割法による解析値を比較した結果、花崗岩および安山岩ともに、測定値と解析値はほぼ一致しており、要素分割法による解析方法は有効な手段となり得ることが確認された。
- (2) 測定した熱水の温度降下と要素分割法による解析値を比較した結果、花崗岩および安山岩ともに、測定値と解析値はよく一致しており、要素分割法による解析は実際の熱水の温度降下の現象をよく再現し得ることがわかった。
- (3) 測定したひずみと有限要素法により得られたひずみとを比較した結果、解析では考慮しなかった亀裂等が実際に存在することにより、花崗岩および安山岩ともに測定値と解析値には多少差がみられることがわかった。

参考文献

- 1) 稲田善紀, 重信純: 液化天然ガスを地下岩盤内空洞に貯蔵した場合の空洞周辺の温度分布, 日本鉱業会誌, 99巻, 1141号, 179~185頁, 1983.