

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
 愛媛大学工学部 学生員 ○高須賀伸生

1. はじめに

筆者らは、省エネルギーの観点から、ごみ焼却時の廃熱により水を熱水に換え、これを多目的に利用する際、安定供給のために熱水を地山岩盤内の空洞に一時的に貯蔵することを提案してきている¹⁾。この場合、空洞周辺の岩盤には高温の影響により熱ひずみ、熱応力が発生することが予想され、空洞の安定性が問題となる。本研究では、高温影響下における熱応力の計測法の開発を目的とし、現場にて図1に示すような計測を行うことを想定した室内実験を行い、解析結果と比較して計測法の妥当性を検討した。

2. ひずみ計測器

本研究では、計測孔を穿孔した際に採取される岩石コアにひずみゲージを貼付した計測器 (Type A) と、長期にわたる計測の際のひずみゲージの保護を考慮し、パイプ状の材料を用い、アクティブ・ダミー法により温度補正を行う計測器 (Type B) を試作した。それぞれの計測器の構造およびひずみゲージの配置を図2に示す。Type B の場合には、計測器に用いる材料選定のため、複合材料問題に発展させた軸対称の要素分割法¹⁾により、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ のモルタルに $\phi 4 \times 30\text{cm}$ のパイプ材料を挿入した際の高温下 (100°C) における温度分布への影響を調べた。その結果を図3に示す。金属材料を用いると周囲の温度分布への影響は大きい、塩化ビニルではその影響が極めて小さいことがわかった。この結果から、Type B の計測器材料には硬質塩化ビニルを使用することにした。

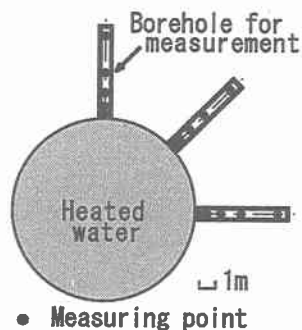


図1 計測の概念図

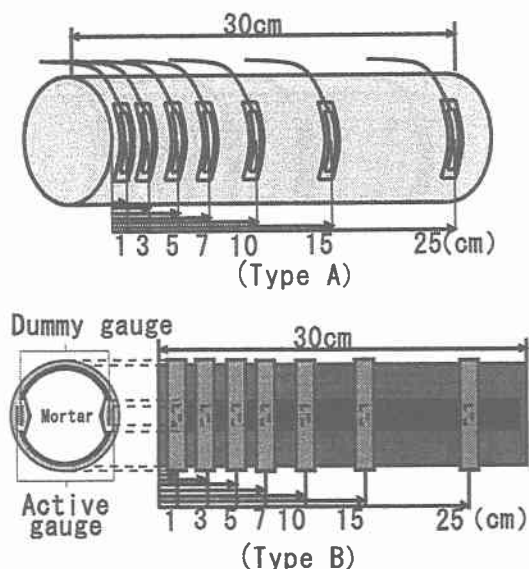


図2 計測器の構造とゲージ配置

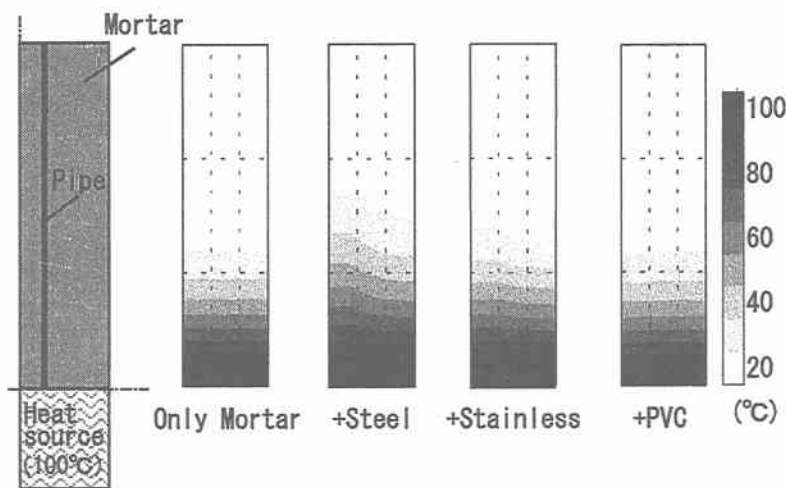


図3 熱を与えてから1時間後の温度分布の比較

3. 実験方法

試作した計測器を用いて、高温物質貯蔵時の空洞周辺岩盤の一部を模した小規模実験を行った。実験の概念図を図4に示す。一辺 30cm の立方体の花崗岩の供試体の中央に設けた孔に計測器を埋め戻し、さらにひずみゲージ配置と同じ深さの位置に熱電対を設置し、周囲を超速硬セメントモルタルで充填した。次に岩石ブロックの側面の四方から拘束を与えた状態で、熱水 (100°C) による熱を一次元的に連続的に与え、岩石供

試体内の温度分布と熱によるひずみの経時変化を測定した。

4. 温度分布

各測定点の温度分布の実験結果と解析値の比較を図5に示す。解析値は、実験モデルと花崗岩のみの場合を対象に前述の解析法により求めたものである。Type A,B 共に、それぞれの実験値と実験モデルの解析値はほぼ一致している。また、花崗岩のみの場合の解析値と実験値を比較すると両者はほぼ一致しており、使用した充填材および計測器が周囲の岩盤の温度分布に及ぼす影響は極めて小さいといえる。

温度分布は初期の時間に急勾配を示し、時間の経過と共に緩やかになることがわかった。

5. 熱応力

熱によるひずみの測定結果より熱応力を求めた。また、花崗岩のみの場合について、前述の温度解析値を用いて有限要素法により熱応力の分布を求めた。実験開始から10分後および1時間後の熱応力の測定値と解析値の比較を図6に示す。Type A の場合には、熱源に近い供試体表面付近では高温下でのモルタルの接線弾性係数の低下の影響によるものと思われる応力の緩和がみられるものの、供試体内部においては比較的一致していることがわかった。Type B の場合は、いずれの測定点においても熱応力が花崗岩のみの解析値を大きく上回っていることがわかる。これは、塩化ビニルの接線弾性係数が花崗岩の約 1/10 と小さいことや、Type B のアクティブゲージ上部が自由面であるために、計測器の被測定部分のみが自由面に向かって収縮しやすく、そこに応力集中が働いた結果であると考えられる。

6. おわりに

今回の結果からは、Type A の方が Type B よりも岩石のみの場合の熱応力分布を良く表すことがわかったが、ひずみゲージの保護等を考慮すると Type B のような計測器についてその構造および材料の再検討による改良の必要があると考えられる。

参考文献 1)稲田善紀:岩盤工学, 175~185 頁, 森北出版, 1997.

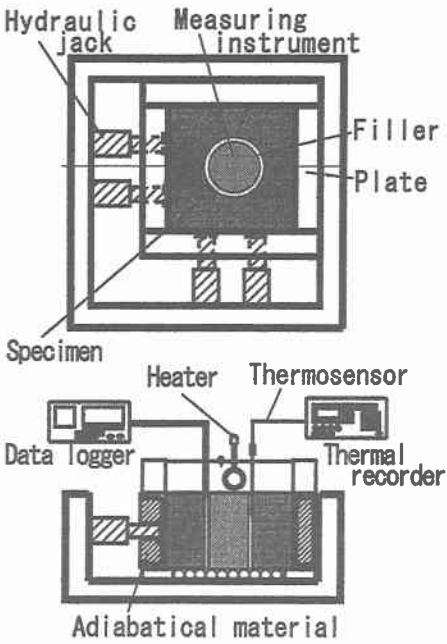


図4 実験方法の概念図

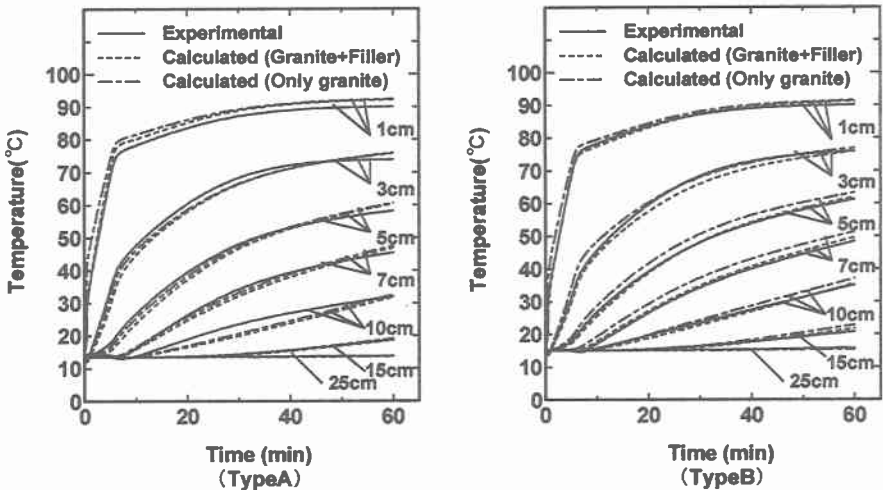


図5 温度分布の経時変化

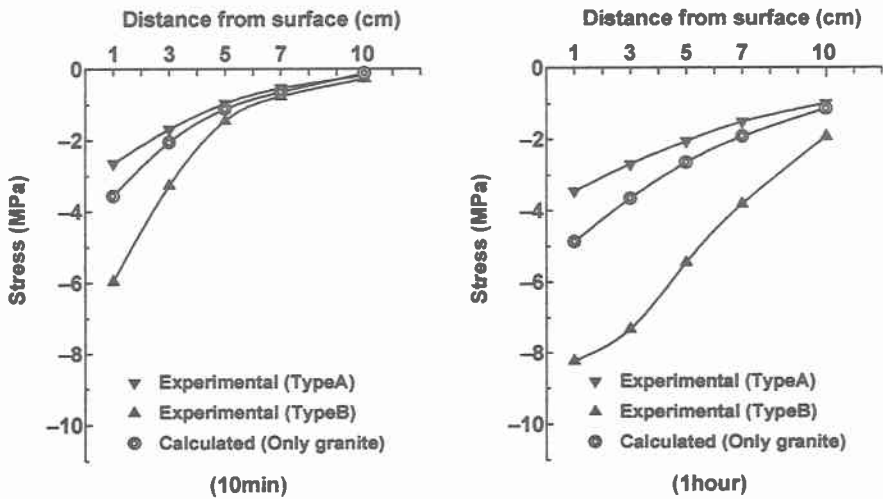


図6 熱応力の比較