熱水貯蔵システムにおける岩盤空洞の挙動について

愛媛大学 正会員 〇木下 尚樹 安原 英明 大成建設(株) 正会員 友永 翔太

1. はじめに

筆者らはこれまでごみ焼却場などの廃熱を利用して得た熱水を多目的に利用する熱水貯蔵システムについ て検討を行ってきている¹⁾.本システムでは熱水の安定供給のための一時貯蔵施設として岩盤空洞を想定して いるが,岩盤空洞の長期安定性を検討する際には熱の影響は重要な要因となる.本研究では熱水環境下におけ る岩石の一軸圧縮クリープ試験の結果から推定したクリープに関する定数を用いて,岩盤空洞の挙動を解析に より求めることを試みた.

2. 解析方法

本解析では問題を単純化するために1次クリープ部分は取り扱わないで、2次クリープ部分のみに着目して おり、2次クリープのひずみ速度の構成式としてよく知られている Norton 型方程式を採用し、これを多軸応力 状態に拡張した式を用いた.また、解析上全ひずみ増分は弾性ひずみ、クリープひずみ、熱ひずみのそれぞれ の増分の和とした.解析は2次元平面ひずみ問題とし、土被り100mの位置に直径10mの円形空洞を想定して いる.熱水を貯蔵した岩盤空洞表面には常に100°Cの熱水が接しているとして、熱ひずみおよびクリープひず みの温度項に温度分布解析結果を用いた場合と、岩盤全体が20°C一定に保たれると仮定した場合を行い比較 した.物性値は、密度を2650kg/m³、ポアソン比を0.25、弾性係数を60GPa、定圧比熱を0.997kJ/(kgK)、熱伝 導率を3.25W/(mK)、線膨張係数を7.7×10⁻⁶ (1/°C)とした.空洞表面から水平、鉛直下にそれぞれ100m、50m に境界をとり、地表は自由端とし、左右の境界は水平方向固定、下方の境界は上下方向固定とした.空洞周辺 岩盤の側圧係数は0.5とした.





図1 温度分布の経時変化



図2 貯蔵1000日後の温度分布

まず、空洞に熱水を貯蔵した場合の空洞中心からの水平軸上の温度の経時変化を図1に、貯蔵1000日後の 温度分布を図2に示す.初期においては急激な温度勾配を示しているが、時間の経過とともに緩慢になる様子 がうかがえる.また、熱は時間の経過とともにほぼ同心円状に周辺岩盤へ伝わっていくことがわかる.

空洞中心からの水平軸上における垂直変位と水平変位の経時変化を図3に示す.また,1000日後の空洞の 変形状態を図4に示す.熱水を貯蔵した場合,時間の経過に伴い空洞の水平軸上の水平変位が空洞に向かう方

キーワード	熱水貯蔵シ	/ステム,岩盤	空洞,熱挙動	
連絡先	〒790-8005	松山市文京町3	愛媛大学大学院理工学研究科	kino@dpc.ehime-u.ac.jp



向に大きくなり,空洞が収縮している様子がうかがえる.これは熱水を熱源として空洞周辺岩盤に非定常の温 度分布が生じ,熱膨張により空洞周辺岩盤が自由面である空洞内部に張り出した結果である.内空変位量を図 5 に示す. 貯蔵 1000 日後には空洞内径の 1.97%となっている.土屋ら²⁾の実験的研究によると内空変位量がト ンネル直径の 2%を超えると,それ以後の変形は急激に大きくなることがわかっている.また,岡林ら³⁾の既 設トンネルの調査研究によると内空変位量(計測変位量)がトンネル直径の 2%を超えるとトンネルが不安定 状態になることが多いとの結果が出ている.このことより,クリープ変形を含めた場合の熱水貯蔵時の岩盤空 洞の変位は,熱水を貯蔵しない場合に比べて非常に大きい.このことより,断熱材などを空洞表面に施すこと で熱伝導を遅らせるなど,変位を抑える対策が必要である.

4. おわりに

クリープを考慮した解析により検討した結果,熱水を貯蔵した場合の岩盤空洞の内空変位は大きくなること が予想されるため,変位を抑制する対策が必要であることがわかった.

参考文献

1) 土木学会岩盤力学委員会編:熱環境下の地下岩盤施設の開発をめざして, pp.167-174, 2006.

2) 土屋・安田・田沢・須藤:第15回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.31-34, 1983.

3) 岡林·永井·塩釜: 鹿島建設技術研究所年報, Vol.32, pp.43-52, 1984.