

熱水貯蔵時の漏出防止および熱応力軽減対策

愛媛大学工学部	正会員	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	学生会員	松嶋 信行
(株)芙蓉調査設計事務所	正会員	○松下 範徳
(株)芙蓉調査設計事務所	正会員	山田 公雄

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、多目的に利用する場合、安定した供給を行うために一時的に地山岩盤内に設けた空洞に直接貯蔵することが考えられる。しかし、この場合には、空洞周辺岩盤には熱膨張のため空洞の接線方向に圧縮応力が発生することがわかっており、空洞周辺岩盤に存在する潜在的な亀裂や熱水の量の変動により熱の影響を繰り返し受けるなどを考慮すると、熱応力の軽減対策および熱水の漏出防止対策が問題となってくる。本研究では、これらの対策を同時に行う方法として、高分子系材料をライニング材として空洞表面に設ける場合と、空洞周辺に断熱材を施し、その表面に高分子系材料をライニング材として用いる場合について、その効果を考察した結果について述べる。

2. 本研究に使用した高分子系材料

本研究に用いた高分子系材料は、これまでの研究において高温下でとりわけ有利であると考えられるM社製のビニルエステル樹脂と、T社製のウレタン樹脂である。

また、空洞表面に施す断熱材についてはA社製の硬質ウレタンフォームを使用した。解析時に必要となる高分子系材料および断熱材の高温下での熱物性値については表1に示す別の実験により求めた結果を用いた^{1) 2)}。また、比較のため母岩となる花崗岩の熱物性値についても示している。

表 1 本解析に用いた試料の熱物性値

	Thermal diffusivity ($\text{cm}^2/\text{sec} \times 10^{-4}$)	Heat capacity ($\text{cal}/\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C} \times 10^{-4}$)	Thermal conductivity ($\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C} \times 10^{-4}$)
vinyl ester resin	1.00	349.00	3.49
urethane resin	0.80	190.00	1.52
adiabatic material	5.19	8.99	0.45
granite	12.30	631.70	77.70

3. 空洞周辺の温度分布

本解析で用いたモデルを図1に示す。土被り100mの新鮮な花崗岩岩盤内に表面に厚さ10cmのビニルエステル樹脂の層を含む仕上がり直径10mの単一円形空洞を設け、その岩盤内に熱水(100℃一定)を貯蔵した場合を想定した。その際の空洞周辺岩盤の温度分布の経時変化を要素分割法³⁾により貯蔵1年後まで求めた結果を図2に示す。比較のために、空洞周辺岩盤に層を設けない場合の温度分布も図中に示している。図より層を設けた場合

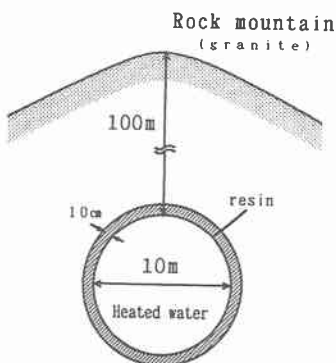


図 1 本解析に用いたモデル

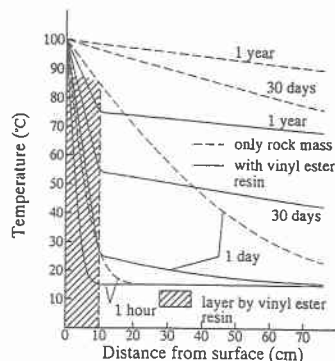


図 2 空洞周辺の温度分布

の方が温度分布に遅れが見られる。これは、ビニルエステル樹脂の熱拡散率および熱伝導率が花崗岩に比べて小さいためにこのような結果になったものと考えられる。次に、空洞表面に断熱材を厚さ10cmで施し、さらにビニルエステル樹脂を3cmの厚さでライニングした場合を想定した。ビニルエステル樹脂、断熱材および岩盤はそれぞれ防水シート等で互いに分離し自由に伸縮できるものとしている。空洞周辺の温度分布の経時変化を図3に示す。図よりビニルエステル樹脂部分、断熱材部分および岩盤部分においてそれぞれ温度勾配が異なっており、特に断熱材部分で温

度勾配が急であり、岩盤に遅く熱を伝えていることがわかる。なお、ウレタン樹脂の場合にも、ほぼ同じ傾向が得られた。

4. 応力解析

本解析では、3で得られた温度分布により空洞周辺岩盤の安定性を有限要素法により解析し検討した。貯蔵1年後の応力状態を図4(a)～(c)に示す。いずれの場合も熱水の貯蔵開始直後から空洞表面付近の岩盤には空洞の接線方向に大きな圧縮応力が発生しているものの、ビニルエステル樹脂および断熱材の層を設けることにより熱応力が緩和されていることがわかった。また、ビニルエステル樹脂のみの場合と比べて、断熱材を併用した場合の方が熱応力軽減の効果が大きいことがわかった。さらに、ビニルエステル樹脂の層を設けた場合について安定性を検討した結果、層は熱膨張するものの破壊に至るような応力は発生せず安定していることもわかった。なお、ウレタン樹脂の場合にも、ほぼ同じ傾向が得られた。以上のことから、断熱材および高分子系材料系を併用して施した場合、熱応力軽減および漏出防止の効果が同時に得られることがわかった。

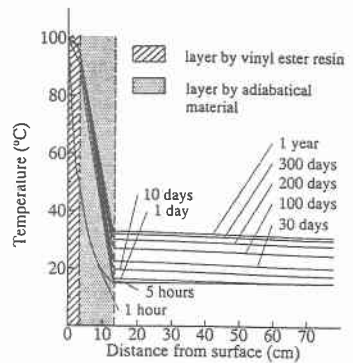


図3 空洞周辺の温度分布

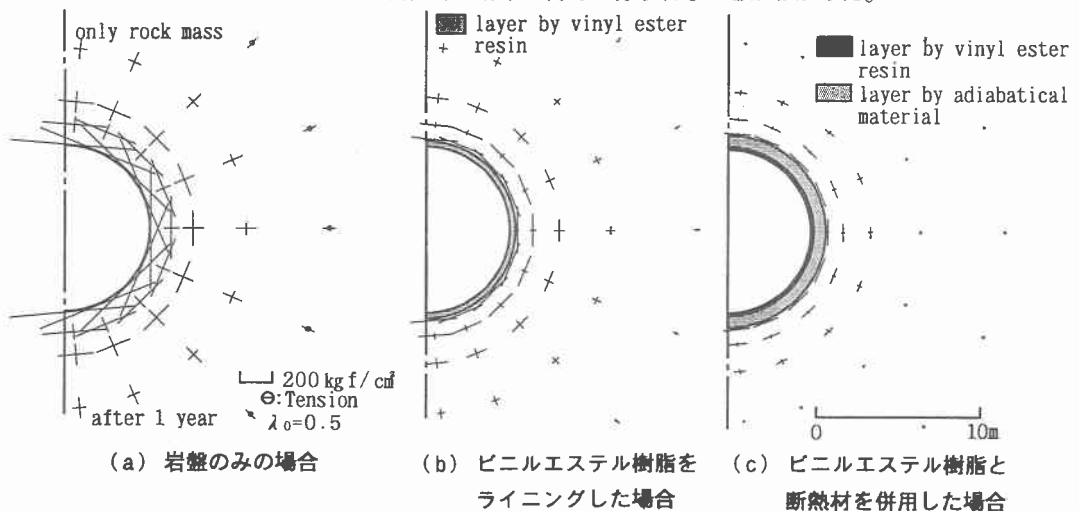


図4 貯蔵1年後の応力分布

5. おわりに

本研究では、地山岩盤内空洞に熱水を直接貯蔵する際の熱応力軽減対策および漏出防止対策を同時に行う方法を検討してきた。その結果、断熱材および高分子系材料を併用して施す場合、熱応力軽減の効果が漏出防止の効果が同時に得られることがわかった。

なお、本研究を遂行するにあたり、ウレタン樹脂を提供して頂いた東急建設(株)にここでお礼申し上げておきたい。

参考文献

- 1) 稲田善紀, 塩崎宏紀, 小島正靖, 中崎英彦, 上田貴夫: 高温下における高分子系材料の物理的性質, 第44回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 418～419頁, 1992.
- 2) 稲田善紀, 木下尚樹, 関正造, 菊地慎二: 断熱材を用いた場合の空洞周辺岩盤の熱応力軽減に関する一考察, 第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 71～75頁, 1995.
- 3) 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, 第99巻, 第1141号, 179～185頁, 1983.