

異なる構造形式を持つ大谷採石地下空間の長期利用に伴う環境負荷特性

| | |
|----------|--------|
| 竹中土木 | 菊池 正寛 |
| JR東日本 | 井上 達也 |
| 宇都宮大学大学院 | 島田 大輔 |
| 宇都宮大学大学院 | ○清木 隆文 |

1. はじめに

近年、地下空間の利用が注目されている。この理由としては、都市部の土地不足や、CO₂の削減などの環境負荷の低減が求められているためである。地下空間の利用によって、都市の規模を現在のままとし、都市機能の向上や環境負荷の低減を図ることが期待される。栃木県宇都宮市大谷地区では、古くから建築資材として用いられてきた大谷石の採石が盛んに行われている。しかしながら、大谷石採石後の採石跡地下空間の多くは放置され荒廃している。これらの採石跡地下空間は、貴重な空間資源と捉えて、有効利用することが期待されている。そこで本研究では、現存する大谷採石地下空間を空間資源として有効的利用することを前提とし、貯蔵施設を採石形式の異なる2種類の地下空間内に建設することを想定し、環境負荷を比較して長期有効利用の可能性を検討する。なお、本研究では、地下採石場の自然温度が最適な保存温度に近いグレープフルーツを貯蔵対象物として選択した。

2. 対象地下空間の概要

大谷採石地下空間はこれまでに地下工場や食料、飲料の貯蔵空間などとして利用されたものもある。今回は、実存する大谷地域の採石地下空間をモデルとして設定する。本研究では、2つの採石地下空間を対象とした。一方の地下空間は、残柱式空洞であり、深さ40 m、15.0 m×15.0 mの正方形断面の立坑と3.0 m×3.0 mの横坑を持つ。もう一方は長壁式空洞であり、深さ50 m、7.0 m×7.0 mと深さ40 m、10.0 m×10.0 mの2つの正方形断面の立坑を持つ、長壁式空洞である。内面の面積は残柱式空洞が約20,000m²、長壁式空洞が約5,300m²である。各採石地下空間において、立坑・横坑からの空気の流入による影響を考慮していないので、貯蔵施設として利用する空間とそれ以外の空間の間には隔壁を設置すると仮定した。

3. 単純化した地下空間での検討

残柱式空洞と長壁式空洞の同規模の単純化したモデルを作成した。内面積は、残柱式空洞が4,000 m²、長壁式空洞が3,900 m²、体積は、残柱式空洞が

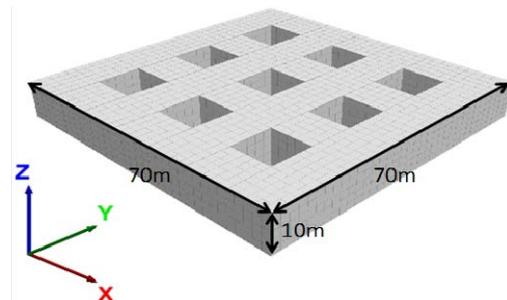


図-1 単純化した残柱式空洞の貯蔵施設のモデル

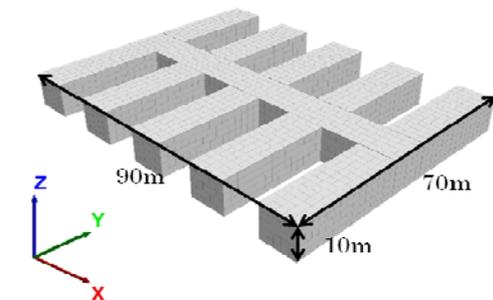


図-2 単純化した長壁式空洞の貯蔵施設のモデル

40,000 m³、長壁式空洞が39,000 m³である。貯蔵施設のモデルを図-1、図-2に示す。

(1) 熱伝導解析

解析ソフト FLAC3D (Itasca 社)の熱伝導解析のオプションを用いて、数値解析を行った。掘削方法の異なる2つの地下空間を対象とし、各対象地下空間の熱伝導を解析した。寸法・ゾーン数は、残柱式空洞は170 m×170 m×110 m、2 m×2 mのゾーン数が397,375個、長壁式空洞は190 m×170 m×110 m、2 m×2 mのゾーン数が444,125個であり、グレープフルーツの貯蔵を検討しているので、貯蔵施設として対象とする地下空間に対して、境界条件に、グレープフルーツの最適保存温度である10℃における空気の物性値を与えた。また、それ以外の空間には大谷石の平均温度13℃と大谷石の物性値を与え、施設稼働後50年間までの熱伝導解析を行った。

(2) 熱伝達による温度の比較

残柱式空洞と長壁式空洞を単純化した地下空間のモデルの温度分布を考察するために、各モデルの温度を数値解析の結果から抽出し、比較した。抽出し

キーワード 大谷石、採石地下空間、環境負荷、残柱式、長壁式

連絡先 〒321-8585 宇都宮市陽東7丁目1番2号 宇都宮大学大学院工学研究科 E-mail : tseiki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

た箇所は残柱・長壁部分上下、空間部分上下、水平方向の貯蔵施設から 2 m, 4 m, 6 m, 8 m の位置であり、温度分布図の残柱部分と長壁部分において最も熱伝達の差が出た施設稼働 1 年後の温度を選択した。貯蔵施設からの距離別の温度比較のグラフを図-3 に示す。

残柱部分と長壁部分の熱伝達の違いは、貯蔵施設に近い部分で顕著で、残柱式空洞の方が熱の広がりが早いことが分かった。

4. 実在する採石地下空間における検討

(1) 熱伝導解析

単純化した地下空間と同様の解析条件で熱伝導解析を行った。寸法・ゾーン数は、残柱式空洞は 210 m×210 m×60 m, 1.5 m×1.5 m のゾーン数が 784,000 個, 長壁式空洞は 210 m×210 m×51 m, 1.5 m×1.5 m のゾーン数が 856,800 個であり、貯蔵施設の面積は残柱式空洞が 4,014m², 長壁式空洞が 4,401 m² である。貯蔵施設のモデルを図-4, 図-5 に示す。

(2) 熱負荷による比較

解析結果から得られた施設周辺の温度を用いて、熱負荷計算¹⁾を行い、地上施設と地下施設の比較を行い、季節別(夏・冬)のピーク冷暖房負荷と日冷暖房負荷、年間冷暖房負荷、年間電力消費量、年間 CO₂ 排出量を算出した。残柱式空洞には横坑があるため、昇降設備は、長壁式空洞にのみ、既往の研究²⁾と同規模のものを考慮した。この結果、構造の違いによる年間の負荷値等に大きな差は見られないが、わずかに残柱式空洞の方が有利であるので、長期間利用することを考慮すると、差が生じると考える。これに加えて、残柱式空洞には横坑があるため、昇降設備による電力消費量を考慮しないので、残柱式空洞の方が優位である。

5. まとめ

単純化した残柱式および長壁式構造の地下空間の施設稼働 1 年後の温度を比較した結果、残柱部の方が壁面部よりも早く貯蔵温度に達するため、残柱式空洞の方が、鉛直方向に熱が広がりやすく、施設稼働 1 年後において、最も温度分布に差がでることが確認できた。また、実在する採石地下空間については、負荷値、昇降設備の年間冷暖房消費電力を考慮した結果、残柱式空洞の方が優位であった。さらに、今回の解析で対象とした残柱式空洞は、20~60 m の土被りがあるため、さらに鉛直方向に熱が広がる現象が早く、実際の熱負荷は、今回算出した値よりもわずかに低くなると考えられる。以上のことを踏まえ、実在する採石地下空間については、残柱式空洞の方が長壁式空洞よりも長期利用において優位であると考えられる。

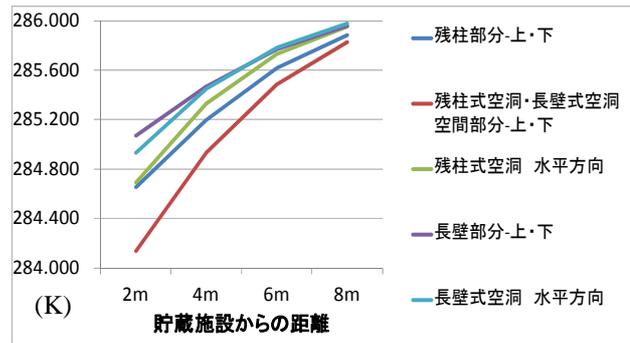


図-3 貯蔵施設からの距離別の温度比較

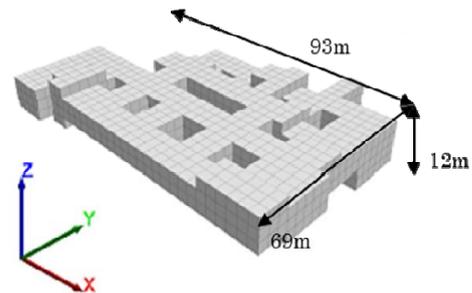


図-4 実在する残柱式空洞の貯蔵施設のモデル

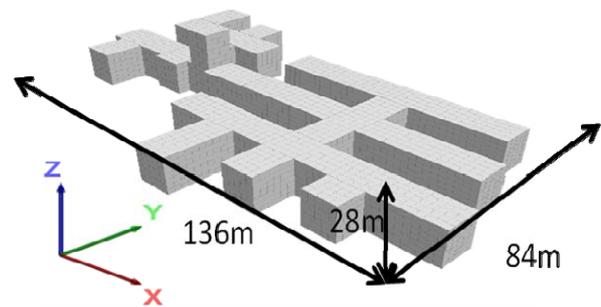


図-5 実在する長壁式空洞の貯蔵施設のモデル

6. 今後の課題

単純化した地下空間については、施設稼働年数別の温度差は、施設稼働 1 年後が最も大きかったが、さらに間隔を短くし、この結果を確認することが望まれる。また、他に実在する地下空間の熱負荷計算結果についても比較することで、異なる構造形式を持つ採石地下空間の一般的な違いが、確認できると思われる。実在する地下空間については、より同規模に近い採石地下空間を対象とし、比較・検討を行うことで、より現実的な分析ができると思われる。

参考文献

- 1) 岡 建雄：わかりやすい グリーンオフィスの設計, オーム社出版 1991.
- 2) 井上 達也, 早坂 晃, 阿部 友哉, 清木 隆文：熱負荷推定に基づいた大谷採石地下空間の長期的な利用に関する検討, 地下空間シンポジウム論文・報告集. 第17巻, 土木学会, pp, 211-216, 2012.