

異なる構造形式を持つ大谷採石地下空間の熱特性に基づいた長期利用可能性に関する検討

宇都宮大学 学生会員 ○ 菊池 正寛
 宇都宮大学大学院 学生会員 井上 達也
 宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. 研究背景

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、都市機能の向上を図ることが期待される。また、地下空間の特性を活かすことで環境負荷を低減し、環境にも配慮することができる。既存の地下空間を貴重な空間資源として捉え、種々の用途への利用が求められている。

2. 研究目的

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。再利用されているのは、ごく一部であり、利用されていない地下空間が多数存在している。これらの採石跡地下空間を貴重な空間資源捉え有効利用することが求められている。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に利用することを前提とし、地上・地下での同規模の施設での比較や掘削方法の異なる地下空間での熱の伝達の比較を行い、大谷採石地下空間の有効利用を検討することを目的とする。また、既往の研究¹⁾において、熱負荷に関しては、解析結果を熱負荷の計算式に代入しなければ、数値を得ることができなかったが、解析によって得ることができるように工夫し、計算式に代入していた既往の研究¹⁾の結果と比較・評価することによって、数値解析結果の負荷計算の反映を試みる。

3. 対象地下空間の概要

大谷地区は、栃木県宇都宮市の中心から北西約7kmに位置している。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40m、15.0m×15.0mの正方形断面の立坑と3.0m×3.0mの横坑を持つ。もう一方は長壁式空洞であり、深さ50m、7.0m×7.0mと深さ40m、10.0m×10.0m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20000m²、長壁式空洞が約5300m²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。

4. 熱伝導解析

(1) 解析概要・目的

本研究は、解析ソフトFLAC3D(Itasca 社)の熱伝導解析のオプションを用いて、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。本解析では対象地下空間が長期解析によりどのような温度分布を示すのかを調べた。

(2) 解析条件

残柱式空洞は480m×480m×69m、3m×3mのゾーン数が588,800個、長壁式空洞は340m×280m×68m、2m×2mのゾーン数が809,200個の立方体を作成し、その中に対象地下空間があるような解析モデルを作成した。解析モデルの全体図を図-1、図-2に示す。貯蔵施設として利用する空間は、どちらも約4000m²で同規模である。グレープフルーツの貯蔵を検討しているので、貯蔵施設対象空間に対して、境界条件として、グレープフルーツの保存温度である10℃における空気の物性値を与え、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て、施設稼働後50年間の熱伝導解析を行った。

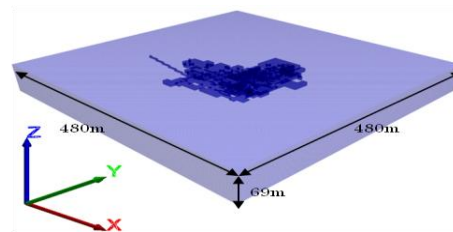


図-1 残柱式空洞の解析モデルの全体図

キーワード 地下空間、熱伝導解析、熱負荷

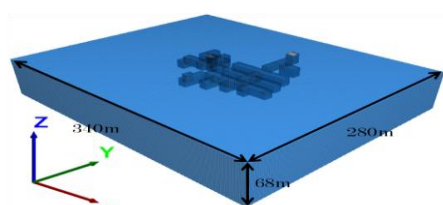


図-2 長壁式空洞のモデルの全体図

3. 3 解析結果

解析の結果、残柱式空洞では 1 年後は約 9m, 50 年後には約 42m の奥行まで、長壁式空洞では 1 年後は約 10m, 50 年後には約 45m の奥行まで影響がでることが分かった。地下空間の構造の違いでは、熱の広がりにより違いは見られなかった。解析結果として、図-3、図-4 に各採石地下空間の施設稼働後 50 年後における xy 平面を上から見た温度分布の平面図を示す。

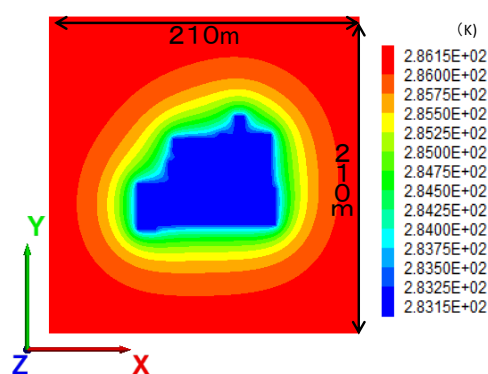


図-3 残柱式空洞 50 年後

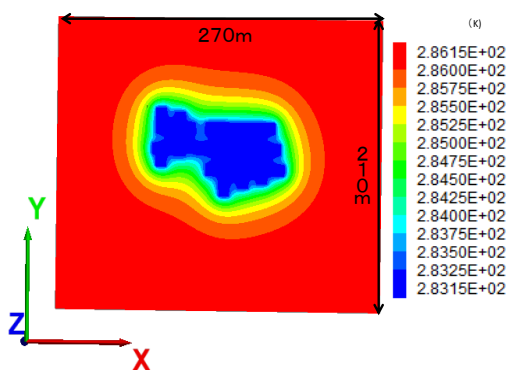


図-4 長壁式空洞 50 年後

5. 地下空間の有効利用に関する考察

解析から得られた施設周辺温度を用いて、熱負荷計算を行い、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。構造の違いによる負荷値等に大きな差は見られなかった。年間電力消費量について、地上施設の年間電力消費量は空調設備による電力消費量のみで、地下施設の年

間電力消費量は空調設備と昇降設備による電力消費量を足し合わせたものであるが、残柱式空洞には横坑があるため、空調設備による電力消費量のみとなっている。どちらの採石地下空間も施設稼働から 50 年後は地下施設の方が有利な結果となった。熱負荷の比較においては、ピーク冷暖房負荷、日冷暖房負荷では、夏は地下施設が有利だが、冬では設定した壁体厚さの条件によって、どちらの採石地下空間にも地上施設が有利な場合も存在したが、1 年間を通した熱負荷である年間冷暖房負荷では、全ての壁厚パターンにおいて、地上施設が地下施設の 2.2～2.3 倍の値を示した。

6. まとめ

各採石地下空間で地上施設と地下施設の年間冷暖房負荷、年間電力消費量、年間CO₂排出量を比較してみると、地上施設よりも地下施設の方が有利である結果となったため、長期利用は有望である。また、掘削方法の違いによる異なる構造を持つ地下空間の比較に関しては、熱の広がりや負荷値、電力消費量等に差は見られなかった。残柱式空洞ではメリットとして横坑を持つことによる貯蔵物搬入の効率化が挙げられることから、今回対象とした 2 つの採石地下空間では、昇降設備による電力消費量の観点から、残柱式空洞の方が有利である。

7. 今後の課題

今回行った異なる構造を持つ採掘地下空間の比較に関して、熱の広がりだけの比較ではなく、構造の違いによる機械稼働等のコストや貯蔵、運搬の効率性などを比較項目へ入れる必要があると思われる。また、地下空間の構造によって、必要となる隔壁の枚数も異なるので、隔壁設置コストも考慮する必要がある。

これらの点を反映させて詳細の比較を行う。

参考文献

- 1) 井上 達也, 早坂 晃, 阿部 友哉, 清木 隆文(2012): 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[一般投稿論文], pp, 211-216.
- 2) 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.