

隣接大谷採石地下空間群の熱特性による相互影響の検討

宇都宮大学 学生会員 ○下池 恭平
 宇都宮大学大学院 学生会員 多田 海成
 宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文
 東京都庁 田中 純

1. はじめに

1.1 研究背景

宇都宮市大谷町では、採石跡である地下空間の有用性について地域住民に理解を求め、町の活性化を考えた上で、実験・調査などを行っている。また、都市部の異常な過密化や地球温暖化の要因物質として挙げられている CO_2 などの環境負荷を低減していくことを考慮した上で、大深度地下をはじめとする地下空間を貴重な空間資源と捉え、種々の用途に沿った有効利用を行うことが求められる。

1.2 研究目的

本研究では、宇都宮市大谷地区に存在する砕石後地下空間をグループ群に分け、各地下空間と大谷石に伝わる熱伝導を求め、大谷地区全体の地下空間の温度分布図を作成することを目的としている。また、既往の研究を考慮した上で、さらに現実的な地下空間の有効利用を可能にすることを目的としている。

そこで、本報文では既往の研究と同様の物性値を与え、地下空間に与えた熱が、大谷石壁体にどの程度まで伝導し、地下空間の温度がどのように変化するかを求め、地下空間内の気温の上昇の変化に着目し、地下空間の現実的な有用性について検討する。

1.3 対象とする地下空間の概要

大谷地区は宇都宮市の中心部から北西に約 7km 離れた場所に位置する。大谷採石地下空間は、これまでに地下工場として、または食料・飲料の貯蔵空間などとして利用されたものがある。本研究では、現在存在している大谷地域の採石地下空間をモデルとしてグループ群分け(図-1)し、設定する。なお、本報文においては、長壁式の地下空間と柱房式の地下空間を対象とする。

2. 地下空間設備の熱伝導移流解析

2.1 解析モデルの概要

本研究では、大谷地区に実在する地下空間を標高差があまりないものと考え、単純化しモデル化することで再現した。本報文では、実在する地下空間に熱源を与え、年間を通しての温度分布を算出し、距離に応じた温度差の変化を確認する。本研究では、8つの大谷地区地下空間グループ群の A から H の中で、代表例として A の地下空間群についての解析手順を示す。解析期間としては、1 年目から 50 年目までを設定した。また、季節によって変化する地表面の温度変化を連続して解析を行った。

2.2 解析手法

本解析では有限差分法による解析ソフト FLAC3D (Itasca 社製)によって地下空間の熱伝導を再現した。解析モデル(図-2)に初期温度 286 K (13℃)と、境界条件として解析モデルの最外面に 286K (13℃)、モデル内の地下空間における空気の温度を 286K (13℃)、相対湿度 100%と設定し、与える熱源の温度は、既往の研究でも検討されているデータセンターの稼働時の推奨温度である 298.15K (25℃)に設定した。これは、設定温度 13℃との温度差を温度分布図から読み取るため、既往の研究³⁾⁴⁾で検討した施設の設定温度の中でデータセンターの設定温度が最も高いためである。また、解析に必要な空気や大谷石の物性値は、既往の研究と同じ値を用いて計算した。本解析では50年間における地下空間の熱伝導解析を行った。熱源を与えた場所は、地下空間群 A 内の解析領域を区分して、北部、中央部、南部の3つのケースに分けてその中にある地下空間群から選んで設定した。これは、隣接する地下空間と最も離れた地下空間と間で熱伝達状態の違いを確認するためである。なお、本来は、空気を流体として取り扱い、対流を考慮した移流解析が必要であるが、解析上の制約から、本研究においても、非常に剛性が小さく、熱が伝わりにくい性質を持ち、透水係数が大きく、透気性の高い材料の中に、空気の物性値を持つ流体が存在していると仮定して、擬似的に空気の流れをモデル化し、解析を行った。

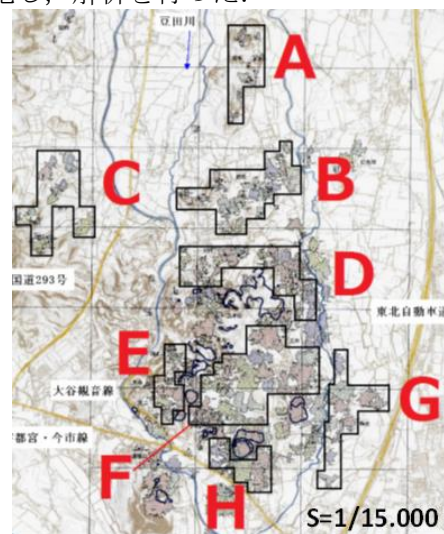


図-1 大谷地区地下空間グループ群

キーワード 熱特性, 隣接地下空間, 大谷

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学陽東キャンパス 10 号館 6 階 岩盤工学研究室

E-mail : t102826@cc.utsunomiya-u.ac.jp TEL : 028-689-6218

2.3 解析結果

季節により変化する温度を考慮したうえで、地下空間の解析を行った。本解析では、四季の中で温度が高くなる夏季の解析を行った。図-3は、それぞれ、各地下空間に熱を与えた、1年目および、10年目の温度分布を示す。

2.4 考察

本研究の解析も既往の研究と同様に、空気を非圧縮流体として扱い再現した。図-2のように地下空間を配置し、3つのパターンにおける熱源をそれぞれ与えることで、隣接する地下空間の熱による影響を確認することが出来た。熱源を与えた地下空間の規模は、図-1から読み取り、単純化して想定した。ケース1、ケース2、ケース3の近く間の規模はそれぞれ異なるが、温度分布図から、地下空間規模の大小による熱伝導の影響は少なく、A群の地下空間全体の温度が、熱源を与えることで高温状態にならないことも確認出来た。

また、図-3のように、深さ方向に平面図として、A群の地下空間全体の温度分布を示した。その結果、10年後の解析結果では、熱源を与えた地点から最も遠い地点での地下空間では、熱の影響を受けていない地下空間が現れた。これは、図-4のように解析モデルの縦断面で見ると、外気の影響と地下空間の熱源の両方から、大谷石岩体内に温度変化が現れているため、地表面近くで熱が広がり、地盤深部では熱が伝わりにくい状況を示す。以上より、熱源から距離が出来ると温度勾配が小さくなるため、10年後の解析結果においては、熱源から最も遠い地下空間には地表面からの熱の影響を受けていない空間も現れた。

3. まとめ

既往の研究では、宇都宮市大谷地区の1つの地下空間を対象とし、その地下空間内に施設を考慮した解析を行ってきた。本研究では、この地区全体の地下空間群をグループ群に分け、地下空間を単純にモデル化し、熱伝導解析を行い、大谷地区の実在する地下空間の熱による影響を温度分布図により確認した。その中でも今回は、AからHの8つのグループ群に分けた内の代表例としてA群の地下空間の熱伝導解析の結果を示した。解析結果としては、各パターンにおける温度分布図を見ても、熱の広がり方に大きな変化は見られなかった。しかし、今回行った解析では、3つのケースとも、最も遠い地下空間にまで熱源による影響が見られる。

4. 今後の課題

本研究では、都市施設の温度を想定して解析を行ったが、実際には1つ地下空間全体に施設を想定するわけではないため、地下空間内に施設を想定し、隣接する地下空間にどのように影響するのかを検討し、地下空間の有効利用の促進に繋げることが今後の課題である。

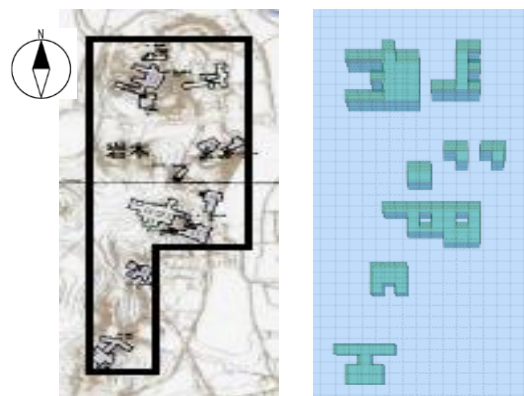


図-2 地下空間群A

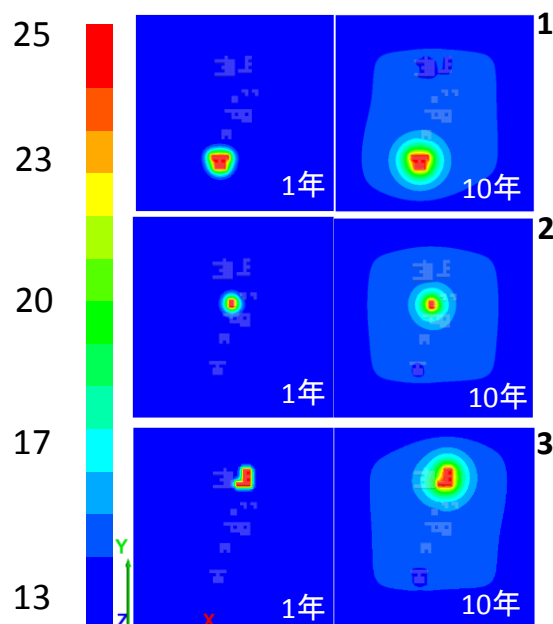


図-3 各パターンにおける熱伝達分布

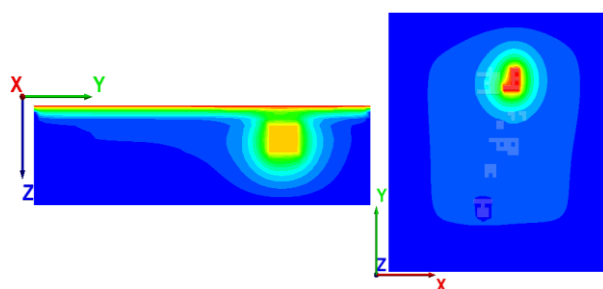


図-4 パターン3のX断面図

参考文献

- 1) 井上 達也, 早坂 晃, 清木 隆文: 地盤の熱特性に基づいた大谷採石地下空間の有用性評価に関する検討, 第8回地盤工学会関東支部発表会発表講演集, pp.377-379, 2011.
- 2) 早坂 晃, 井上 達也, 清木 隆文, 地盤の熱特性に基づいた大谷採石地下空間の有用性評価に関する検討, 土木学会第39回関東支部技術研究発表会講演概要集, 2ps, CD-ROM, VII-38, 2012.
- 3) 国立天文台編: 理科年表 机上版 第80刷, 2丸善株式会社, 2007
- 4) 土木学会 岩盤力学委員会: 熱環境下の地下岩盤施設の開発をめざして, 丸善出版社, 平成18年, 2006.