

## 地上空間との比較による大谷採石地下空間に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○柴田 正史  
宇都宮大学 正会員 清木 隆文

## 1. 研究目的

栃木県宇都宮市大谷地区では、大谷石を産出し、石壁、石塀、門柱、コンクリートの骨材など様々な用途に用いられている。一方で、採石終了後には、地下に大小様々な採石地下空間が残っている。(図-1, 図-2: 参照) これらの採石地下空間は、採石終了後は放置され、雨水などが溜まり、荒廃するに任している。これらの採石地下空間を、有効な空間資源と捉えて、有効利用することで、地域経済、文化の環境形成に活用されることが望まれる。本研究は、これらの採石地下空間を実際に有効利用するために、適切な空間の規模を考察し、地上施設と比較することにより、地下施設の有効さを検討することを目的とする。

## 2. 研究内容

## 2.1 地下空間利用における建設コスト

地下および半地下に建設する際の工事費を 31 件の事例を調査した<sup>1)</sup>。ここで、事務所・倉庫業のみの代表例を示す。(表-1)

表-1 地下建設コスト

事業名 建物種類	事業規模 工事費
ウィリアムソンホール 事務所、書店(半地下)	8,035 m <sup>2</sup> 3億8153万円
テラテックセンター 事務所、住居(半地下)	1,370 m <sup>2</sup> 1億2100万円
グレートミッドウェスト アンダーグラウンド社 事務所・倉庫・製造(地下)	2,760,000 m <sup>2</sup> 仕上げ費用のみ
ホラディサーキット社 製造、事務所(半地下)	3,300 m <sup>2</sup> 2億3793万円

ここで、グレートミッドウェストアンダーグラウンド社の地下施設に注目する。この会社は、通常、石灰岩採石を行っているが、採石によって生じた廃坑を事務所・倉庫・製造業のテナントスペースとし

て貸借している。そのため、地下利用するために新たに掘削する費用がかからず、利用業態に応じた仕上げ費用のみが工事費となる<sup>2)</sup>。

このように、採石事業により生じた地下空間を有効利用する考え方を大谷地区においても建設コスト等に注目して検討する。

大谷地区も採石の結果として多くの地下空間が存在するので、これらを利用することで、新たな掘削費用は軽減される。さらに、地下空間がもつ恒温性を活かすことによって、有効利用の可能性は高まる。

## 2.2 有限要素法による地上と地下空間の比較

二次元平面ひずみ有限要素解析を用いて、対象地下空間 A(横 91.7m, 縦 44.0m, 残柱除外面積 2953.3 m<sup>2</sup>: 図-1)の安全性を算出し、対象地下空間の上ほどの程度の規模の地上構造物を建設することが可能か検討する。

対象地下空間(図-1)のA-A'代表断面を有限要素メッシュでモデル化した。(図-3: 土被り 10m、高さ 18m, 幅 9mの残柱、残柱間隔 9m、天板厚さ 30mの対象断面をモデル化している。) 解析に用いた大谷石の岩盤物性値は、現場調査および参考文献<sup>3)</sup>で得られた弾性係数、一軸圧縮強度等(表-2)を用いた。

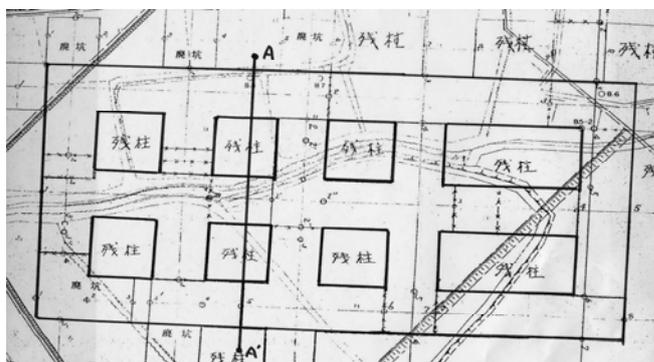


図-1 地下空間Aの平面図

キーワード：大谷石, 地下空間, 空間資源, 有効利用, 採掘跡地空間

〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部 建設学科 建設学コース 地域施設学研究室

TEL/FAX (028) 689-6218

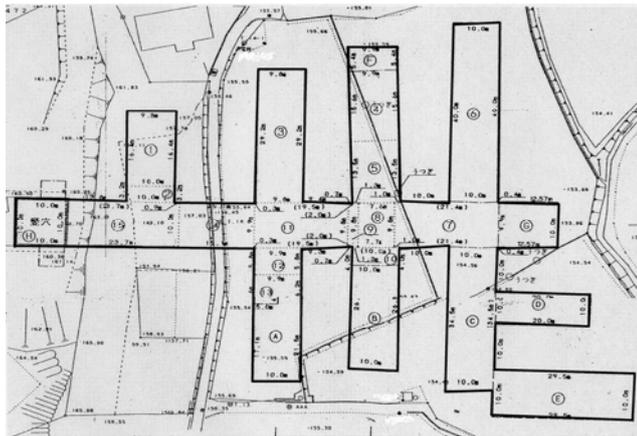


図 - 2 地下空間 B の平面図

表 - 2 解析に用いた大谷石の岩盤物性値

単位体積重量 (MPa/m)	0.018
ポアソン比	0.19
一軸圧縮強度 (MPa)	11.54
弾性係数 (MPa)	7428.84
内部摩擦角 (°)	30
粘着力 (MPa)	3.3313

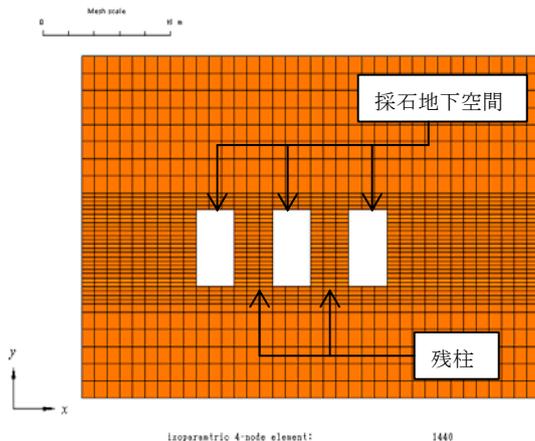


図 - 3 対象地下空間 A-A ‘断面の有限要素メッシュ (要素数 1440, 節点数 1517)

2.3 地上・地下における日冷暖房負荷の比較

対象地下空間 A において、縦 39.4m×横 75m×高さ 18mの倉庫(ただし、ガラス面の伝熱負荷、日射負荷を考慮しないために窓を設置していない。)を、地上・地下に建設し、8:00~20:00 の空調運転時間で発生しうる日負荷を夏季と冬季において算出し、比較、検討する。

また、熱負荷計算は、設計分野の参考文献<sup>4),5),6),7)</sup>を参考にした。算出条件は、地上と地下の夏季(冬季)の外気温、湿度、外壁等の熱通過率の違いを、日冷暖房負荷に反映させ、その他の条件は同一とし

た(図-4)。

解析結果は、暖房負荷よりも冷房負荷のほうが運転費用に大きく影響を与えていることを示す。さらに、同室温条件での地上・地下を比較すると、地下の日冷暖房負荷は小さい。この結果、地下空間利用することで空調分野での省エネ効果が発揮されることが確認された。

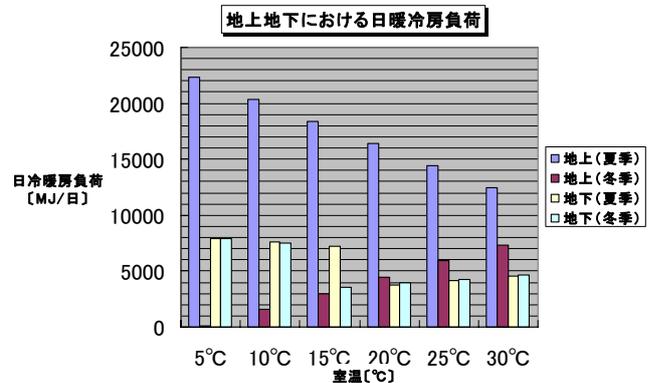


図-4 地上・地下における日冷暖房負荷

3. まとめ

実例調査をもとに、栃木県宇都宮市大谷地区にある採石地下空間の実現可能性を検討した。

地上・地下の日冷暖房負荷の比較をすることで、空調分野での省エネ効果があることが示された。今後は、除湿負荷によるエネルギーコスト等も比較をすすめる。

【参考文献】

- 1) UBD 研究会：地下建築物のデザイン手法，丸善株式会社出版，1967.
- 2) グレートミッドウェストアンダーグラウンド社 ホームページ：  
<http://www.huntmidwest.com/subtropolis/index.html>
- 3) 江守 太一郎：大谷採石地下空間の安定性検討に関する研究（平成 15 年度宇都宮大学卒業論文），2003.
- 4) 岡 建雄：わかりやすい グリーンオフィスの設計，P88~P97，オーム社出版，2000.
- 5) 地下室設計施工研究会：地下室設計・施工マニュアル，P142~P151，新日本法規株式会社出版，2005 年発行.
- 6) 理科年表，平成 19 年版（国立天文台編），P500，丸善株式会社出版，2006.
- 7) 空気調和・衛生工学会：空気調和設備 計画・設計の実務の知識，P111，オーム社出版，1995.