

現場計測に基づく大谷採石地下空間の安定性に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○千葉託巳
宇都宮大学 正会員 清木隆文
宇都宮大学大学院 学生会員 新田勝紀

1. はじめに

1. 1 目的

大谷町の陥没事故以来、採石地下空間の安全性が話題になり、採掘後の地下空間の埋め戻しが議論されるようになってきている。そこで、本研究は規定どおりの採掘方法であれば、その安定性が十分であるかどうかを採掘中の地下空間における変位測定・数値解析を行うことによって検討すること、また、埋め戻しをする際の安定性も解析から検討することによって、周辺住民の生活に安心を与えることや地下空間の有効利用の実現を考える。

1. 2 大谷石

大谷石は¹⁾、新生代三世紀前半、火山灰や火山礫が海底に沈殿して凝固し、生成されたと考えられている。また、ところどころに褐色の「みそ」と呼ばれる不純物を多く含んだところがある。この「みそ」が周囲の基質とは異なった性質を示す。大谷石の建材としての特徴は、耐火性に優れて、重量が軽く、石質が軟らかいため加工しやすいなどが挙げられる。大谷採石地下空間は空間資源として、様々な利用が試みられ、音楽や演劇などのイベントホール、岩盤内低温貯蔵庫があげられる。昭和 53 年 (1978) に開館した大谷資料館は、美術展や音楽コンサートなどのイベントを何度も開催している。

2. 現地調査

2. 1 変位測定

著者らは、平成 15 年度から大谷採石地下空間の安全性の検討を行なうため、大谷町で大谷石の採掘を行っている石材会社に協力を得て、大谷石の採石箇所における調査を行なっている。実際に採石地下空間において、採石に伴う変位量を確認するために、内空変位の測定を継続している。地下空間の内空変位を簡易に測定するため、測定器としてレーザー距離測定器 (DISTO pro4a hand-held laser meter・測定精度最大

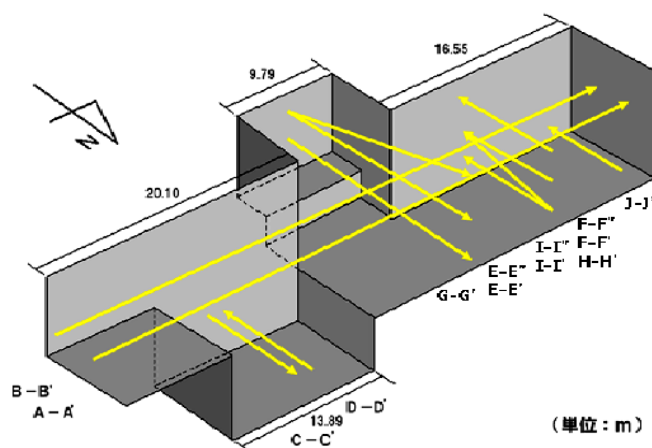


図-1 大谷採石地下空間の測定地点の概略図

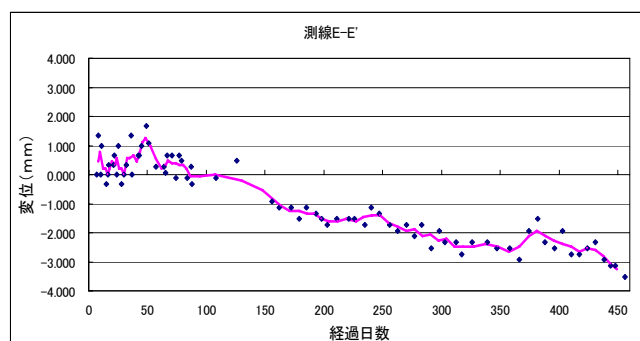
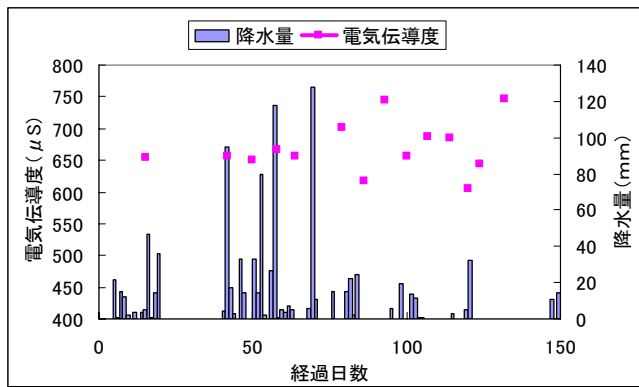


図-2 測線 E-E'変位の経時変化

±2mm) を使用した。ここに、図-1 は、大谷採石地下空間内の測定位置示している。これ以外に、現在、測線を 4 本採石していない場所に変位の基準とするため設定した。図-2 に測線 E-E'における内空変位の経時変化を示した。これは横軸に測定期間、縦軸に変位をとったグラフで、曲線は前後三点の平均を用いて平滑化した曲線である。他の側線も多少の変動はあるが、最終的には掘削が進むにつれて内向きの変位が生じている。ほぼすべての測線で 1mm から 3mm 程度の変位が確認された。また、採石されていない場所の測線の変位は観測されなかった。なお、測定の精度は相対誤差が 0.01% 以下なので十分信用できるデータであるといえる。

キーワード： 大谷石 採石地下空間 変位測定 掘削解析 力学的安定性

連絡先： 栃木県宇都宮市陽東 7 丁目 1-2 地域施設学研究室 tel 028-689-6218 (fax 共通)



図－3 電気伝導度と降水量³⁾の関係

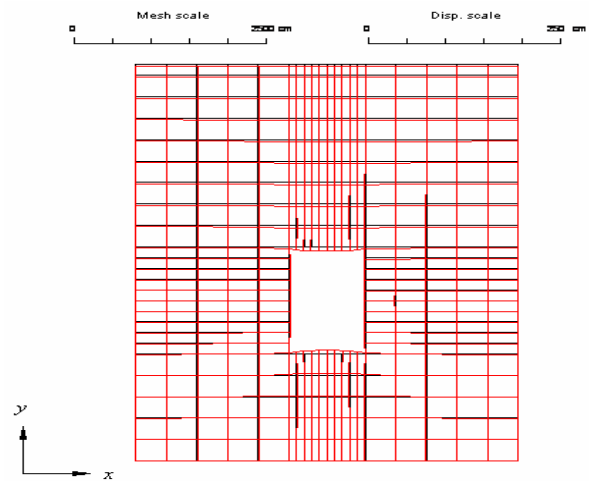
2. 2 電気伝導度の測定について

現在計測を実施している大谷採石地下空間の中には湧水が見られる。そこで、この湧水の起源を、電気伝導度を調べることによって推定する。測定器は、簡易型導電率計 (DiST 5) を使用する。地下空間の湧水との比較材料として、雨水 (宇都宮市工学部)、水道水などの電気伝導度も測定した。雨水との関係を考えるために、日降水量との関係を図－3に示す。この結果は雨の影響によって地下空間の湧水が影響を大きく受けにくいことを表わしている。また、他の電気伝導度は、水道水が $200\mu\text{S}$ 前後、雨水が $3\mu\text{S}$ 程度であることから、この採石地下空間に見られる湧水は、地面に染み込んだ雨水がそのまま流れてくるのではなく、地下水が流入した可能性が高い。雨水と地下水の関係および採石地下空間の水みちの観点からの地下空間の安定性を評価するには、さらにデータの蓄積が必要である。

3. 確率有限要素法による安定性評価

3. 1 掘削解析

大谷石の切削は現在機械によって行なわれ、 $40\times 30\times 90$ (cm) 直方体ブロックをひとつずつ切り出す方式なので、有限要素法のメッシュを取り除くことで、採石過程の表現が可能である。この過程を確率有限要素法による掘削解析で繰り返し行うことで、採石地下空間が形成されてゆく状態を表現する。ここで破壊は、局部に発生し、全体伸展することを考慮し、局部破壊に対する破壊確率を求め、大谷石の「みそ」の存在による工学的なばらつきを確率場で表現する。ここで、破壊確率は、大谷石の破壊がクーロンの破壊基準に従うものとして、安全性の余裕を示す性能関数をせん断応力、引張応力について定義する。大谷石の材料定数の確率分布は正規分布であると仮定し、解析結果と現地調査の結果との比較によって空間の安定性



図－4 F-F断面の変位図

を評価する。F-F断面の変位図を図－4に示す。解析結果は内空内向きに現場計測より大きく変位が生じた。破壊確率の検討を行うと、せん断破壊確率が地下空間周辺において比較的大きな値を示しているため、特に隅角部において何らかの補強を行ったほうがより安全だと思われる。一方、引張破壊確率に対しては十分安全であることが想定される。

3. 2 充填による採石地下空間の安定性評価

採石終了後、その採石地下空間を有効利用しない場合は、充填をした方が、安全性が高まると考えられる。そこで、充填材が時硬性を持つことを考慮して、充填の効果を定量的に評価する。確率有限要素法による破壊確率の比較から、充填で安全性は向上することが想定される。しかし、充填により長期的な安定性が確保されるかは、検討が必要である。

4. まとめ

本研究によって、現場調査に基づいた掘削時、充填時の安定解析を行うことで、調査対象地下空間の安全性が示された。今後も現場の変位測定の継続や3次元的な掘削に対応した解析方法などが今後の課題である。

参考文献

- 1) 江守太一郎：大谷採石地下空間の安全性検討に関する研究 平成15年度 宇都宮大学卒業論文
- 2) 松枝真吾：大谷石の内部構造不確実性が力学的挙動に与える影響に関する研究 平成14年度 宇都宮大学修士論文
- 3) 気象庁気象データ検索電子閲覧室 HP