

現場計測による採石地下空間の構造安定性に関する一考察

宇都宮大学工学部 正員 ○ 清木隆文
 浅沼組 江守太一郎
 宇都宮大学大学院 学生員 新田勝紀

1. はじめに 採石地下空間を有効利用する場合、その構造躯体の力学的な安定性を保証することが前提である。その為には、現場計測などによるモニタリングが不可欠である。著者らは、平成15年度から、栃木県宇都宮市の大谷町にある大谷石(流紋岩質熔結凝灰岩)の採石地下空間を対象に、採石に伴う空間の変形挙動を計測し、内空の状況を記録している。本研究では、これらの現場計測の結果について考察し、無支保採石地下空間の構造安定性について、検討した結果を報告する。

2. 採石地下空間の測定について 大谷石採掘地下空間は、大谷地域に200箇所以上あると言われるが、その殆どは、採掘を止めて放置されている。著者らは、現在も大谷石を採掘している大谷石の採石地下空間の一つ(写真-1)を研究対象として、(1)内空変位計測、(2)弾性波探査試験、(3)簡易弾性波探査試験を実施した。また、外気、採石地下空間内、地下空間への入り口である立坑の温湿度も連続計測している¹⁾。

(1) 内空変位計測 実際に、大谷石が採石されている土被り約30mの採石地下空間で、地下空間を切り広げることによる側壁の変形を測定した。測定には、レーザー距離測定器(DISTO pro4a hand-held laser meter)を用いた。これは、レーザー光の反射によって器械と対象物間の距離を測定する器材である。この機器の測定精度は、 $\pm 1.5\text{mm}$ である。また、測定する点を固定するため、L字型鋼を溶接して作成し、各測定始点に設置した。測定始点を図-1に示すように、AからFの6点を設定して、これらの対面にA'からF'の測定点をマークし、測線を設定した。例えば、測線A-A'は、測定始点Aに測定器を設置し、測定点A'にレーザーを反射させることを意味する。他の測線も同様である。さらに測定始点E、Fでは、先の固定具に硬質ゴム製治具を重ねて、レーザー距離測定器に傾斜をつけ、水平測線(E-E', F-F')の他に、壁面中央までの距離を測る2測線(E-E'', F-F'')を設定した。測定は、一つの測線について5回ずつ実施し、測定精度を管理した。また、測定日毎に、採石された範囲を記録した。



写真-1 大谷石採石地下空間内の採石部

(2) 弾性波探査試験 前項で述べた内空変位測定を実施した大谷石採石地下空間において、岩盤の弾性波速度、および掘削によるゆるみ域などを調べる目的で、3測線、延べ55mにわたり、受信器を壁面に設置した。その後、ハンマーによる打撃で弾性波を発生させ、弾性波を測線毎に検出した。得られたデータをもとに、側壁の壁面からのゆるみ域深さを算出した。

(3) 簡易弾性波探査試験 この試験は、弾性波(粗密波)の発信源から受信点までの伝播時間をMARUI Ultra Sonic Testerを用いて測定し、既知の距離における対象物

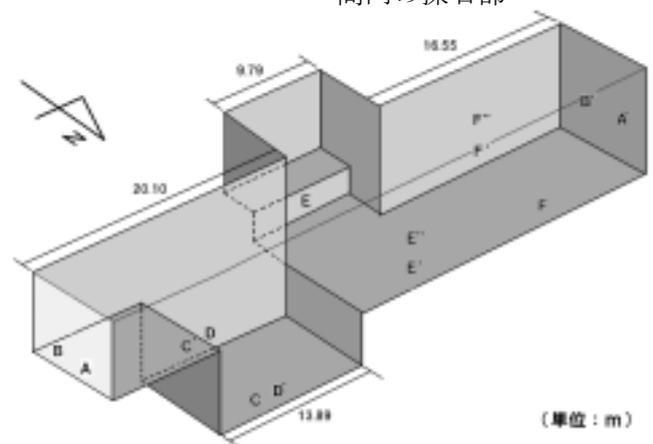


図-1 採石地下空間の測定位置の簡易図

中を伝わる弾性波速度を求める。本実験では、大谷石側壁の健全な区間と節理をまたいだ区間を各測定間隔 5cm として、簡易弾性波探査を実施した。検出された伝播時間の差から、節理深さを推定した($T_c - T_0$ 法)。

3. 原位置計測結果および考察

(1) 内空変位計測について 測線 A-A', 測線 E-E'における測定結果を図-2, 図-3に示す。なお, 図中には, 測定変位および変位を平滑化した曲線を示す。今回の測定で最も長い測線 A-A' ($\ell = 46.4\text{m}$) では, 採石地下空間内向きに最大約 2mm の変位で, 落ち着く傾向が見られた。また, 採石箇所に近い測線 E-E'間 ($\ell = 14.7\text{m}$) においては, 測定開始後約 60 日で最大 2mm の変位が内向きに生じ, 最終的には初期値とほぼ同じ値となっている。その他の測線には, ほとんどに 1~2mm の採石地下空洞の側壁内向きへの変位が生じているが, 大谷石の採掘がすすむにつれて, 一定値に落ち着く傾向が見られた。

これは採石後ある程度の期間で, 採石地下空間の変位が収束する傾向があることを示している。

(2) 弾性波探査試験について 今回の実験から, 南側の壁面で 1.0~2.0m, 西側で 0~0.4m, 東側で 1.0~1.5m の深さまで, ゆるみ域があると推定された。大谷石の採掘を継続することで, 対象空間近傍の応力が十分再配分されて, 安定したことを確認するためにも定期調査が望まれる。

(3) 簡易弾性波探査試験について 簡易弾性波探査試験を実施した結果, 伝播時間は, 無傷な壁面よりも節理のある壁面の方が, 長くなることが確認された。壁面の凹凸などの影響で測定

誤差が大きい中で, 節理深さを算出すると, わずかであるが, 増加傾向を示す箇所がある(図-4)。今回の実験で得られた傾向について, 採石地下空間で追跡するためにも, 計測の継続が必要である。

4. まとめ 本研究では, 現在も大谷石を切り出している採石地下空間の現場計測を実施した。その結果, 採石後のある程度の期間で, 採石地下空間の変形が収束する傾向があることが示され, 構造的に安定であることが示された。しかし, 採石地下空間の長期安全性を保障するためには, 採石後の計測が必要である。そのためには, 現在の現場計測手法を改善しながら, 継続することが望まれる。また, 同じ採石地下空間に近接する空間の中には, 30年以上無支保で自立している箇所もある。これらの調査をもとにして, 採石後の長期安定性を検討することが, 今後の課題である。

参考文献 1) 清木隆文, アイダン・オメル, 地下空間の恒温恒湿性の客観性に関する一考察, 土木学会第58回年次講演会概要集(CD-ROM), Disc 2, CS12-003, 土木学会。

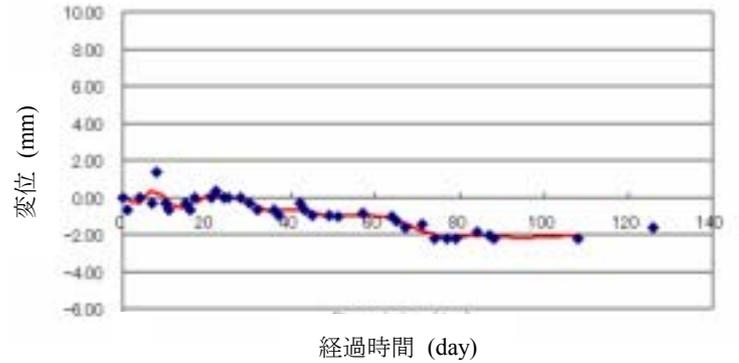


図-2 測線 A-A'間の変位

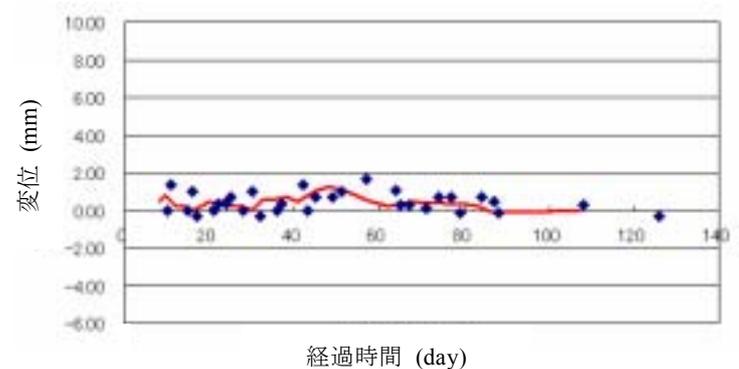


図-3 測線 E-E'間の変位

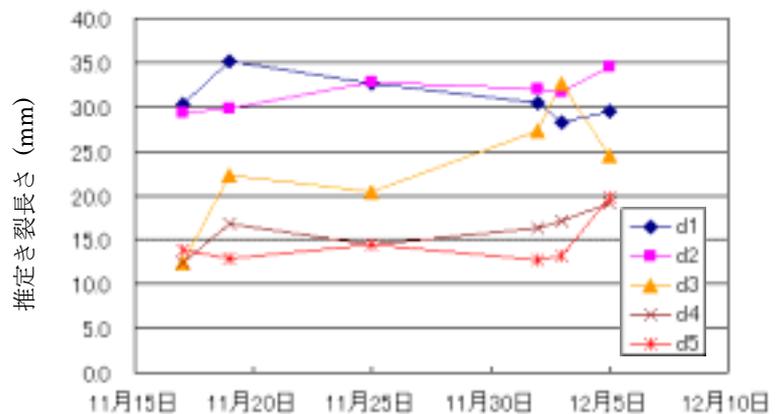


図-4 簡易弾性波探査試験に基づく節理深さの推定