

# 大規模地下空洞の変状分析への3次元レーザースキャナの適用検討

大成建設(株) 正会員 ○名合 牧人 正会員 鈴木 雅浩 フェロー 竹田 直樹  
 (株)地層科学研究所 松原 誠 正会員 遠藤太嘉志 正会員 重廣 道子  
 計測ネットサービス(株) 正会員 佐藤 哲郎 永田 衛史

## 1. はじめに

大規模地下空洞の施工においては、掘削の進捗に伴う空洞壁面の変状を把握することが岩盤の安定性、支保の健全性を確認する上で重要な課題となる。一方で、近年、3次元レーザースキャナによる形状計測技術を用いた出来形管理や施工管理手法が報告されつつある<sup>1)</sup>。そこで筆者らは、3次元レーザースキャナを利用して、定期的に空洞形状を計測することにより空洞壁面の変位や変形モードを連続面的に確認することが可能なシステムを考案した。

本稿では、京極地下発電所空洞施工中に実施した、2回のレーザースキャナの結果から、空洞の変状分析に適用可能か検討した結果、および空洞壁面の異常な変位の有無について確認した事例を報告する。

## 2. 3次元レーザースキャナを利用した空洞変状分析システム開発の背景

トンネルや大規模地下空洞の計測管理については、任意に数十m間隔で計測断面を設け、光波測距儀による空洞壁面の変位計測や、岩盤変位計、ロックボルト軸力計、アンカー荷重計などの計測機器を設置して、空洞周辺の岩盤挙動計測や支保応力の測定を行うことが一般的である。図-1に京極地下発電所における計測断面位置を示す。これに対して、空洞の変状は、地質構造に起因するため、その要因に応じて面的な範囲を持って生じる。したがって、変状が認められた場合には、対策工の範囲を特定するためにも変状の発生している範囲について把握する必要があることから、従来の計測手法では計測断面間に新たに補助計測断面を密に設けて計測を行わなければならない、計測管理が極めて煩雑であった。そこで、計測断面間の変状を補填するために、空洞軸方向に、連続的に空洞壁面の変状を把握可能な手法として、3次元レーザースキャナを利用した形状計測技術の適用を試みた。

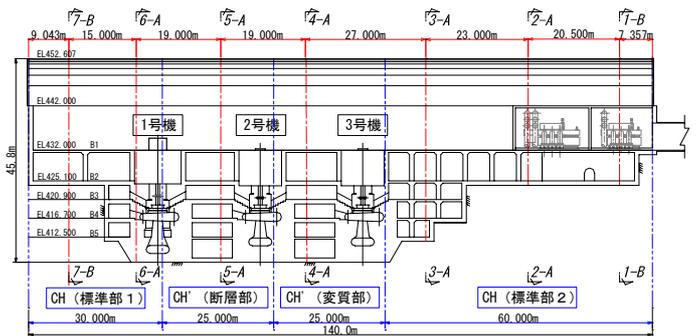


図-1 計測断面位置

## 3. 3次元レーザースキャナによる測定方法

図-1に示す通り、京極地下発電所の延長は140mと長く、3次元レーザースキャナを適用するためには、空洞長軸方向に数回に分けてスキャニングする必要があります。この場合の測定誤差を最小限にするために、測定器としては、絶対座標を用いてスキャニングを行うことが可能な3次元レーザースキャナ (GLS-1000 : TOPCON製) を選定した。

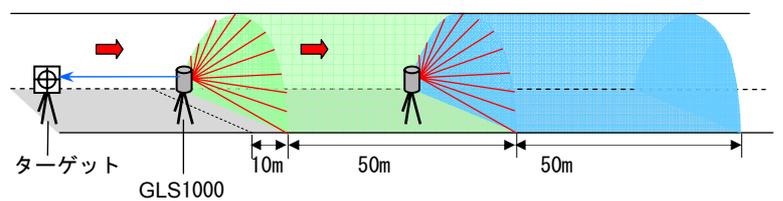


図-2 測定方法の概要

GLS-1000は、機械点・後視点法によるレジストレーションに適し、光波測距儀と同様な測定方法が可能である。また、この機械特有の機能であるターゲットスキャンにより、後視点から機械位置を確認できる。測定方法については、図-2に示す通り、1ヶ所の機械点からのスキャン範囲を50mとし、始点から終点を往復測定することとした。

## 4. 3次元レーザースキャナ測定結果

3次元レーザースキャナによる測定は、アーチ部施工完了時と、2段ベンチ施工完了時の2回実施した (図-3)。

キーワード 地下発電所, 情報化施工, 計測, 3次元レーザースキャナ

連絡先 〒044-0112 北海道虻田郡京極町字春日 122-1 大成建設(株) 札幌支店 京極地下発電所作業所 TEL. 0136-41-2180

アーチ部施工完了時の点群データを図-4 に示す. レーザースキャナで測定された吹付面の測点は 5,000,000 点で, 10mm~50mm 間隔で取得されている. レーザースキャナによる測定結果について, まず, 計測断面位置における光波測距儀による壁面変位計測結果との比較を行った. 図-3 に 1-B 断面近傍 (TD.6.857m~7.857m) の範囲に含まれる点群データを示す. また, 図-5 に点群の拡大図を示す. 図-3 および図-5 より, 2 回の測定結果の差は, 天端付近においてはほとんど認められず, 側壁部においては 20mm 程度の差が認められることが分かる (放水路側 EL.444m~EL.445m の図-5 に示す範囲においては, 設計仕上がり面の円弧の半径  $R = 8.015m$  に対して, アーチ部施工完了時の吹付け面の測定点と設計仕上がり面の円弧の中心との平均距離は  $L1 = 8.119m$ , 2 段ベンチ施工完了時の吹付け面の測定点と設計仕上がり面の円弧の中心との平均距離は  $L2 = 8.102m$  であり,  $L1-L2=17.4mm$ ). これに対して, 光波測距儀により計測された天端沈下は

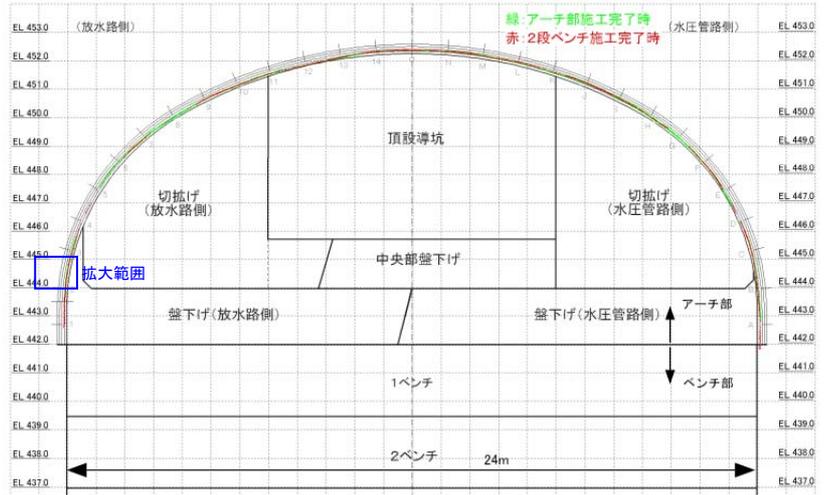


図-3 横断方向点群データ

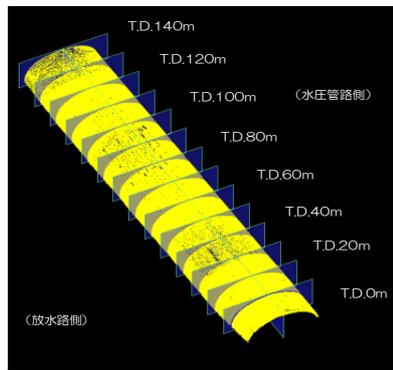


図-4 点群データ

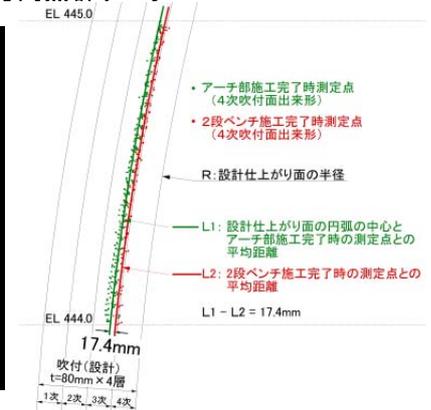


図-5 横断方向点群データ(拡大)

0.5mm と小さく, アーチ脚部の側方変位については, 放水路側で 19.6 mm であった. なお, 器械設置位置の基準点測量と吹付け面の凹凸を考慮すると測定誤差については 10mm~20mm 程度である. これらのことから, レーザースキャナによる 2 回の測定結果の変位差については, 差が小さく, 測定誤差の範囲であるものの, ほぼ一様に内空側に変位しており, 光波測距儀による変位測定結果と概ね良い整合を示している. 今後は, 予測解析で壁面変位が 30mm~50mm 程度生じる結果となり, 測定誤差を上回ることから, レーザースキャナによる空洞壁面変位の分析, 評価が可能になると判断している. ここで, レーザースキャナにより測定された測定点は, いずれの回の場合も設計仕上がり面より 100mm 程度外側に位置しており, 内空が確保されていることが分かる. すなわちレーザースキャナの従来使用方法である出来形管理としての機能を果たしていることが分かる.

次に, 計測断面間における変状の有無を把握するために, 図-4 に示すとおり, 前棲 (TD.0m) から 10m 間隔で, 2 回の測定結果を比較して変位差を確認した. この結果, 全線において予測解析結果と同等の変位が確認され, 計測断面間において予測以上の大きな変状については認められていないことが分かった.

5. まとめ

本稿では, 京極地下発電所における 3 次元レーザースキャナを利用した変状分析結果について報告した. 空洞施工時に実施したレーザースキャナによる 2 回の測定結果と光波測距儀により計測された空洞壁面変位とを比較した結果, レーザースキャナによる 2 回の測定結果の変位差については, 差が小さく, レーザースキャナの測定誤差の範囲であるものの, 光波測距儀の変位測定結果と良い整合を示し, 3 次元レーザースキャナの大規模地下空洞の変状分析への適用性が確認された. また, 計測断面間における異常な変位は認められていないことが確認された.

参考文献

1) 長瀧慶明, 佐藤康弘, 村田 勤, 森川泰成: 「3D レーザースキャナを用いた出来型確認システムの開発—その 2 適用事例—」, 日本建築学会大会学術講演概要集, pp.577-875, 2005.