

走行型レーザー計測を使用した高速道路トンネル変状計測の試み

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○倉持 典幸
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 渋谷 正浩
 東日本高速道路(株) 関東支社 小杉 翼
 三谷プランニング(株) 三谷 浩二
 クモノスコーポレーション(株) 廣瀬 眞理
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング フェロー会員 永井 宏

1. 目的

高速道路におけるトンネルの維持管理では、路面隆起に対しては測量や地中変位計による計測、内空断面の変位ではレーザー距離計やトータルステーションによる定点観測を実施し変状状況を把握している。一般にこれらの計測では計測機器の設置や測量の際に車線規制が伴い、制約された時間および空間での計測となり、安全の確保など現場作業の負担を大きくしているのが現状である。この改善策として、規制作業を必要とせず、高速で移動可能な車載式による3次元レーザースキャナー（以下「3D計測」という。）に着目し、トンネルにおける計測の適用性の検証を行った。

本稿では実際に変状が発生しているトンネルにおいて3D計測を試行した結果について述べる。

2. 3D計測の仕様

3D計測には表-1に示す性能を持った計測機器を使用した。

計器は乗用車上部に設置し、車線規制を実施せず、走行速度は80 km/hとし、走行車線および追越車線を走行し計測を行った。なお計測の事前準備として、近傍のインターチェンジの敷地内においてGPSによる位置精度の確認を行った。

表-1 3D計測機器の諸元

項目	仕様
レーザースキャニング密度	約100万点/秒
レーザー距離計測精度	0.2mm～3.0mm
レーザー到達距離	119m
慣性観測装置(IMU)	200Hz
絶対位置精度	15mm以内
可視画像	全方位ステレオカメラ
機動性	専用車両不要

3. 変状計測と3D計測の比較

3D計測の鉛直方向の計測差を比較するために従前の方法（測量）による3断面の計測結果との確認を行った。用いた断面は変状が認められない3断面とし、路面から照明灯までの離隔距離とした（図-1）。これによると計測差1mm～4mmであった。次に水平方向の計測差を比較するために内空断面の縮小が確認された箇所の路面から2m地点の内空変位（2断面）を確認した（図-2）。この場合の計測

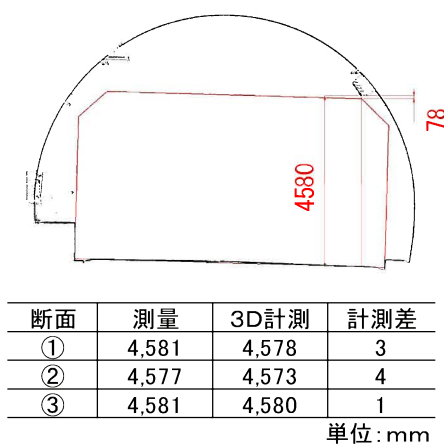


図-1 路面と照明の離隔

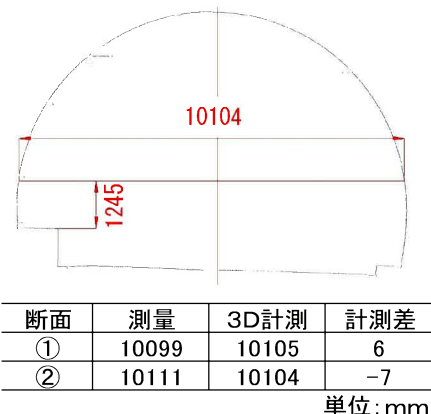


図-2 内空変位計測結果

差は-7mm～6mmであった。この結果から、建築限界の離隔では±5mm程度、内空変位計測では±10mm程度の範囲で計測差が生じている。内空変位計測は簡易型レーザーとターゲットを両側壁に設置し、固定点間の距離を計測しているのに対し、3D計測では路面からの高さを基準とし、その基準高さからの水平距離を求めて

キーワード トンネル 走行型レーザー計測 路面隆起

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 5-7-18 コスモパークビル7階

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-3805-7925

いる。このため、計測で使用している計測機器の設置状況により、計測値の差が認められたと考えられる。

4. 3D計測の評価手法の試み

3D計測では膨大な点群データを処理・解析する必要があり、人力作業ではデータの整理に長時間要する。このためデータ処理時間を少なくし、トンネル変状を定性的に把握することを目的とし、自動図化機能を取り入れてデータの整理を実施した。整理手法を以下に示す。

- ① トンネル両側の縁石から中心線（垂線）を自動作図する（図-3）。
- ② 中心線に直行する方向において点群より2 m ピッチにて断面図（ポリライン）を作成する（図-4）。
- ③ 中心線上の路面から2 m 上方に水平線を引いて両側の覆工と交わる点の距離を内空距離として算出する（図-5）。

トンネルの変状を表現できる路面高さや内空変位（表-2）について、3D計測結果と変状測定結果（測量）を比較した。

表-2 3D計測と変状調査の変位量の定義

種別	方法	数量	定 義
路面高さ	3D計測	路面隆起量	両坑口を直線で結んだ路面の高さと個々の断面の路面高さの差
	測量	段差量	舗装版の段差測定結果
内空変位	3D計測	内空変位量	内空距離のトンネル全線の平均と個々の断面の差
	測量	縁石変位量	監視員通路の縁石の変位量測定結果

舗装版の段差と3D計測の結果を見ると、延長距離280 m までは3D計測では路面隆起の傾向を示す箇所が見られるが、段差量において一致しない結果となる。延長距離280 m 以降では変状傾向、段差量とも同一の傾向を示した（図-6）。

内空変位の比較においては、3D計測結果では全体を通して-50 mm～30 mm と計測値に幅があり、変状調査結果では、最大でも15 mm と計測値の差が大きい（図-7）。また、3章で確認した3D計測と測量の計測差が±10 mm と考えると内空変位においては相関が低い事が考えられた。次に、内空変位との比較を移動平均法によって再評価すると、変位量においては計測値に差が認められるが、変状調査結果から判明した変状箇所において、3D計測でも内空変位の変化が捉えられており、変位傾向においては整合が見られる箇所も確認された（図-8）。

5. まとめ

3D計測は今回の試行によりトンネルの変状部分を実用上十分な精度で、高速にかつ交通規制を実施せずに計測出来る事を確認した。また得られたデータについても

自動化機能を取り入れたことで効率的な処理が可能となった。3D計測は変状傾向にあるトンネルを早期に把握するために活用し、今後は現行の測量による計測に代替する手法として確立していくことを考えている。

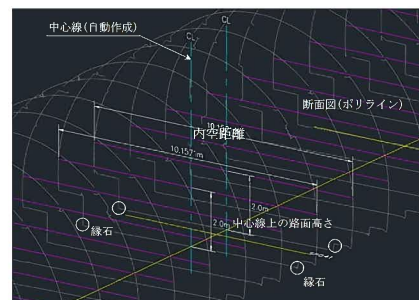


図-3 自動作図の概要

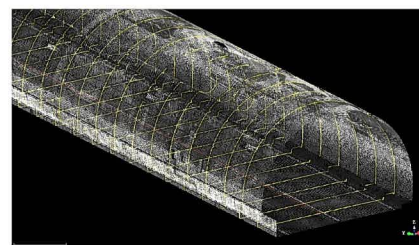


図-4 断面図作成図

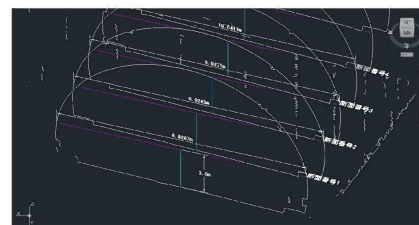


図-5 内空変位算出

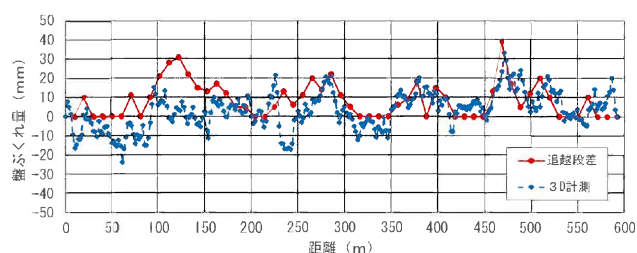


図-6 3D計測と路盤段差との関係(鉛直方向)

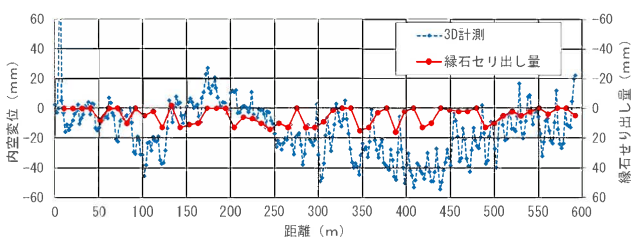


図-7 3D計測と縁石変位との関係(水平方向)

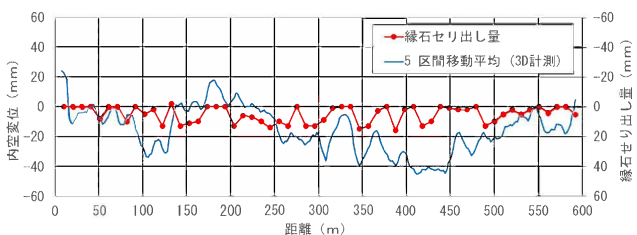


図-8 移動平均法による平準化(水平方向)