

車載式レーザースキャナーによるトンネル路面変状計測の手法検討

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング
クモノスコポーレーション(株)
(株)ネクスコ東日本エンジニアリング
(株)ネクスコ東日本エンジニアリング

正 ○山下 真佑, 野田 徹児
正 亀井 志郎
正 高櫻 裕一, 正 関 茂和
フェロー 永井 宏

1. はじめに

高速道路のトンネルにおける維持管理上必要な路面隆起量の計測は、水準測量や地中変位計により行っているが、一般的に車線規制が必要な作業であり、時間や空間に制約を受け、安全性や効率性など現場作業の負担が大きいのが現状である。

この改善策として、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、定点観測に適用可能か検証を行った。また、トンネル内は衛星不可視であり誤差が大きくなることが予想されるため、トンネル内に座標を付与した評定点を設置し、GNSS情報の代わりに評定点から位置情報を取得し、補正すれば明かり部の計測と遜色ない結果が得られるのではと考えた。本稿では供用中のトンネルにおいて3D計測を用いた定点観測を試行した結果について述べる。

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	15mmRMS
可視画像	全方位ステレオカメラ
機動性	専用車両不要

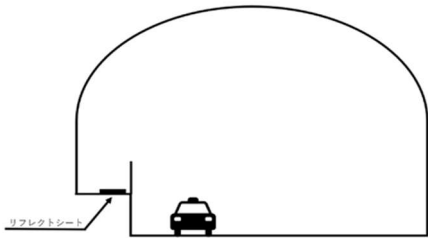


図-1 評定点設置位置（横断面図）

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、走行車線および追越車線を走行速度は80 km/hで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GNSSによる位置精度の確認を行った。

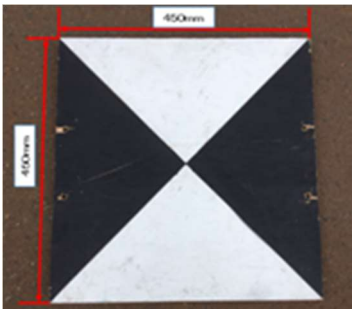


図-2 評定点（リフレクトシート）

3. 現状の課題

3D計測で路面隆起の定点観測を行うにあたり、トンネル内での計測のためGNSS情報が取得できないことから誤差が大きくなることはあきらかであり、定点観測への適用性を確認するには3D計測自体の計測誤差を把握し、計測値の再現性を確認する必要がある。

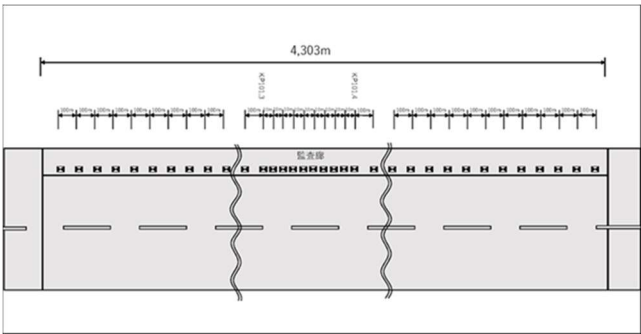


図-3 評定点設置位置（平面図）

4. 取り組み

(1) 評定点の設置

トンネルの監視員通路上（図-1）にその中心点に座標を付与した評定点（図-2）を設置して3D計測を行い、評定点との差を確認した。また、評定点の設置間隔を変えて各々の3D計測データを補正し、その座標を比較した。評定点は（図-3）に示すように100 m間隔の設置を基本とし、一部区間を10 m間隔で設置し検証区間とした。

キーワード トンネル 車載式レーザースキャナー 路面変状

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

(2) 同一日、同一箇所でも複数回の計測

対象トンネルの現場条件（標高値）が同等となるように同一日に 4 回計測し、計測値の差を解析した。計測値は GNSS 情報の代わりに評定点から位置情報を取得し補正を行った。

5. 計測結果

(1) 評定点の設置間隔別の解析パターンを（表-2）に示す。また、検証区間において測量により付与した評定点の標高値と 3D 計測値の差を示したグラフを（図-4）に示す。評定点の間隔が短いほど測量で付与した標高値との差が小さくなることが確認できた。

表-2 解析パターン定義

種別	使用評定点	補正点数	評定点間隔(m)
パターン①	トンネル両坑口の2点	2	約4,300
パターン②	トンネル両坑口とトンネル坑内で2点	4	約1,400
パターン③	トンネル両坑口とトンネル坑内で4点	6	約900
パターン④	トンネル両坑口とトンネル坑内で10点	16	約300
パターン⑤	100m間隔で設置の評定点すべて	45	約100

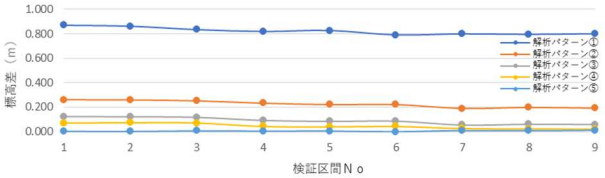


図-4 測量による標高値と 3D 計測による標高値の差

(2) 3D 計測によるトンネル全線の計測値を（表-2）のパターン①とパターン⑤の条件で補正した。計測 4 回の平均値とその値との差が最大の計測値との差を（図-5）、（図-6）に示す。パターン⑤の計測差ヒストグラムを（図-7）に示す。パターン①の計測差は予想されたとおり、GNSS 情報が取得できないことが影響し、トンネル中央付近ほど計測差が増加する傾向となり、計測差も最大で 0.883m と大きい値であり、定点観測には適用し難い結果となった。パターン⑤の計測差は評定点による補正を行うことで計測差は大幅に小さくなるが、トンネル坑口付近と比較してトンネル中央付近の計測差が大きくなる傾向は変わらないことを確認した。この要因の 1 つとして、3D 計測は GNSS、IMU、オドメーターにより、車両位置と姿勢を取得した上で路面情報を取得していくが、評定点では車両姿勢の補正はできないため、パターン①と同様にトンネル中央付近ほど計測差が大きくなったと考えられる。

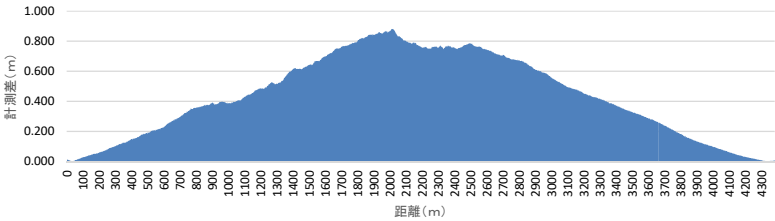


図-5 パターン①計測差

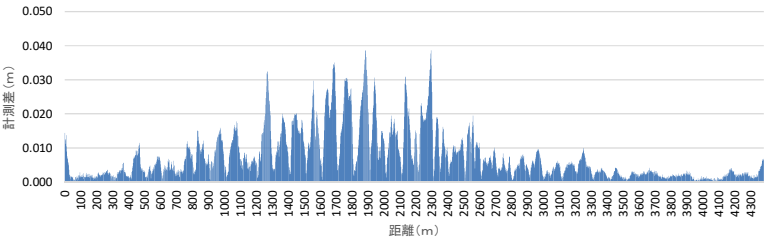


図-6 パターン⑤計測差

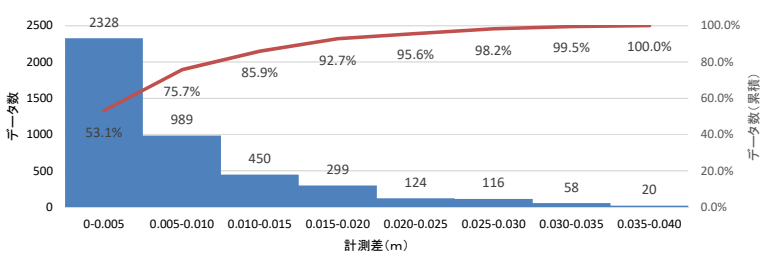


図-7 パターン⑤計測差ヒストグラム

6. おわりに

トンネル坑内に評定点を設置して 3D 計測を行うことで計測差が小さくなることが確認されたが、トンネル中央付近ではトンネル坑口付近に比べて計測差が大きくなる傾向にあり、データ数の 15%で 10mm 以上の計測差が生じた。今回のような延長 4,000m 以上かつ横断線形の悪いトンネルではその傾向が顕著に表れたと考えられる。比較的延長の短いトンネルなら上記影響も小さくなることが見込まれるため本手法が有効であると考えている。また、GNSS、IMU の解析手法により改善される可能性もあるので今後の課題としていく。