

# 道路トンネルの変状調査へのレーザーสキャナ適用可能性の検討

九州大学工学部 学生会員 ○丹野 英照 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩  
九州大学大学院 正会員 池見 洋明 九州大学大学院 学生会員 野々村 瞬

## 1. はじめに

近年、老朽化した道路トンネルの増加により、トンネル点検の重要性が増している。しかしながら、トンネルの点検は、ひび割れなどの覆工の変状に注目したものが主であり、トンネル自体に大きな変状が生じた場合、内空変位や変形箇所の変位を計測する程度で、トンネル全体としてどのような変状が生じているかを評価するためには、十分な情報を得られていないのが実状である。

そこで本研究では、路面に大きな変状が生じている道路トンネルを対象として、新しい計測技術であるレーザースキャナを用いて、道路トンネルの変状調査へのレーザースキャナの適用可能性を検討する。

## 2. 道路トンネルにおける計測方法の検討

レーザースキャナとは、照射されたレーザーによって、対象物の位置情報を取得する計測機器であり、離れた位置から非接触で計測を行うことができる。本研究で用いるレーザースキャナは FARO 社製 Focus3DX 330 である。レーザースキャナで計測したデータは、点のデータの集合体(点群データ)として取得される。点群データには、位置座標、反射強度、RGB の情報が含まれている<sup>1)</sup>。Focus3DX 330 では、点群データの精度に影響する分解能と品質を計測目的に応じて設定する。分解能によって、点群データの点の間隔が決定され、その間隔は計測器からの距離が離れるほど大きくなるため<sup>2)</sup>、計測対象との距離を考慮して分解能を設定する必要がある。最も精度が良い場合で、10 m 地点での点の間隔は 1.534mm となる。品質は1つの点に対して何回レーザーを照射するかを意味し、品質が高いと精度は向上するが、計測に要する時間は長くなる。

今回の計測では、トンネル内で車両の通行止めを行うことなく計測することから、トンネルの監視員通路を利用して計測を行う。トンネルは線形構造物であるため、複数の地点から計測を行うが、その際の点群データを結合するために複数の基準点を設置する。データの結合に際しては、レーザースキャナが計測時に同

じ基準点を認識する必要がある。また、計測の際、監査廊側の壁面に基準点を設置するが、レーザースキャナが基準点を認識するためには、図1に示すように基準点の正面から45°以内の位置からレーザースキャナでの計測を行う必要がある。計測対象のトンネル幅は最大で12 mであり、図1より、レーザースキャナは24 mより短い間隔で設置すればよく、最終的に20 m間隔で設置することとする。その結果、基準点を元にデータを結合した場合、点の間隔は最大でも17mmに保つことができた。

## 3. 道路トンネルの変状の計測結果およびその分析

対象となるトンネルでは、これまでに水準測量により、非常駐車帯付近の地盤が変形していることが確認されている。計測では、図2に示す測量鉞の位置の地盤高を計測していた。図中のN1~N7の測量鉞の位置の地盤高の経時変化のグラフを図3に示す。図よりN5の測量鉞位置にH20年からH26年にかけて、最大で約60mmの変形が生じていることが確認できる。しかし、これまでの調査方法では、調査地点での変位は分かるものの、路面の変形状況までは把握できない。

そこでこのエリアを対象に、レーザースキャナを用

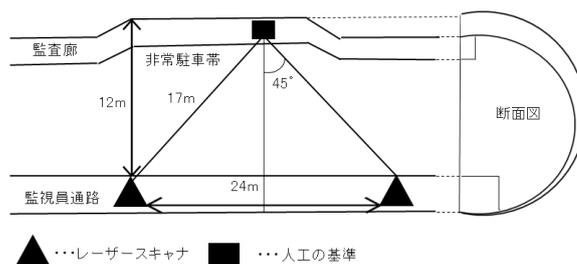


図1 レーザースキャナの配置間隔の検討

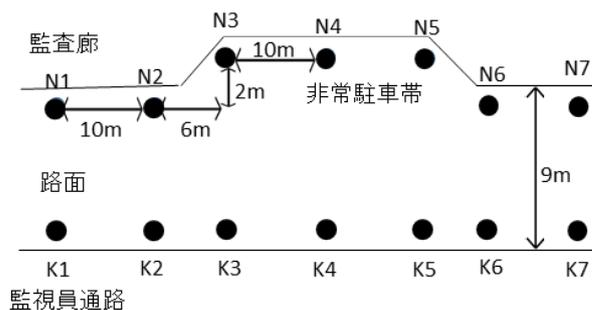


図2 路面上の測量鉞位置

いて計測した結果を図4に示す。この図は、全て点群データであり、各点は座標値とRGBのデータを有している。今回は路面に着目した検討を行うことから、車両のノイズおよびアーチ部のデータを除去し、路面の点群データのみを抽出する。路面の点群データを、GISを用いて地盤高の分布として表したものを図5に示す。このように、レーザースキャナでは、地盤高を面的に取得でき、任意の箇所の地盤高を把握できる。

路面の変形量を評価するために、道路トンネルの縦断勾配および横断勾配を元に、設計時の道路トンネルの地盤高を作成し、計測結果との差分をとり路面の変形量を求めた結果を図6に示す。路面は測量鉋N5付近を中心に変状が生じており、変形は非常駐車帯付近のみで生じているのではなく、道路中央線付近にまで広く生じていることが確認できる。さらに変状の広がり、道路に沿って60mにも及んでいることが分かった。従来の調査報告書によれば、最も変形する場所で供用開始時から年に11mmの変形が確認されており、現在供用開始から17年経過しているため、最大で187mmの変形が起こっていると指摘されている。本研究で最も変位が大きかった測量鉋N5付近における変形量は235mmであり、これは設計断面を基準としたためこのような結果になったと考えられる。このように、レーザースキャナを用いることで、トンネルの変状の位置、形状規模を定量的に把握することができた。また、計測を継続することで変形の進行具合を確認できると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、路面に変状が確認されている道路トンネルを、レーザースキャナを用いて計測し、路面の変状の分析を行った。その結果、従来は測量鉋位置のみでの地盤高の調査を行っていたのに対して、地盤高を面的に把握でき、任意の点の地盤高や変形量を把握することができた。また、道路交通を止めることなく、供用中でも計測が行える利点も有している。このように、道路トンネル等の変状調査に対して、レーザースキャナは適用可能性が高いことを明らかになった。

#### <参考文献>

- 1) 中村裕幸：地上型レーザースキャナによる森林情報のデジタルドキュメント化，2013年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，pp.643～pp.644，2013.
- 2) 福森秀晃他：3次元レーザースキャナを用いた路面形状計測に関する研究，土木情報利用技術論文集，vol.17，pp.225～pp.232，2007.

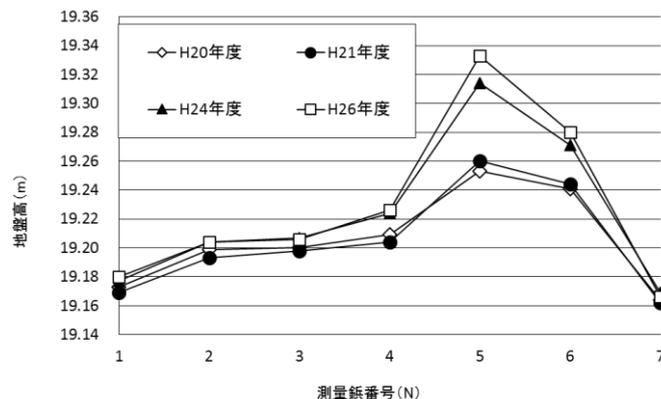


図3 N点の各鉋における地盤高のグラフ



監視員通路

図4 道路トンネルの計測結果（点群データ）

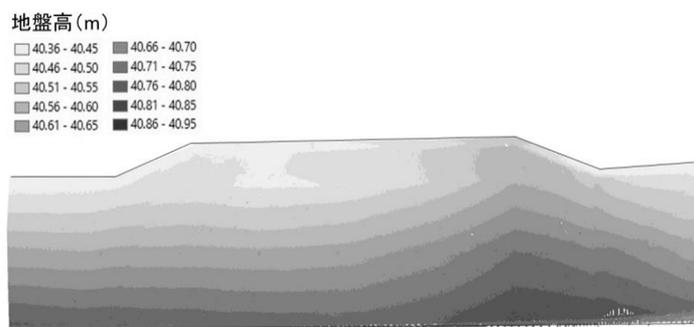


図5 路面の地盤高分布

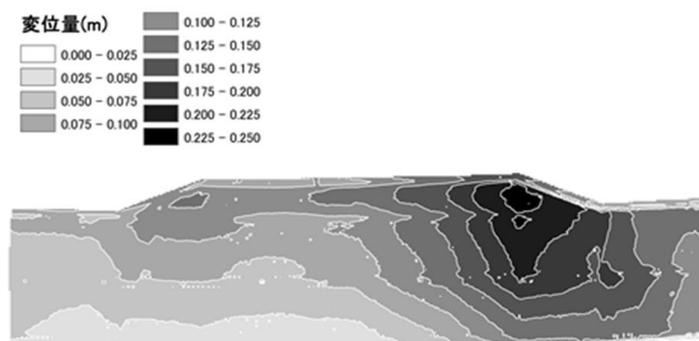


図6 トンネル路面の変位量分布