

3D スキャナーを用いた路面隆起変位測定手法の提案

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北	正会員	○安田 賢哉
(株)ネクスコ・エンジニアリング東北	法人会員	斎藤 建
応用地質(株)東北支社	法人会員	鶴原 敬久
計測ネットサービス(株)東北営業所	非会員	小林 大介
東日本高速道路(株)東北支社	法人会員	芳賀 伯文
東日本高速道路(株)東北支社	正会員	宮沢 一雄

1. はじめに

トンネルを含む道路構造物の老朽化が社会的に重要な課題となってきた。その中で効率的な対策を講ずるため、トンネル内で路面隆起が発生している場合には、インバートコンクリート（以下インバート）の設置は有効な対策工として考えられる。

今回路面隆起を生じ監視対象となったトンネルでは、建設時にインバートが無い支保パターンで施工され、供用開始から間もない時期に路面隆起が確認された。大きく隆起した箇所ではインバートの新設で対処した¹⁾。路面隆起の状況を監視するために、路面の標高を測量手法により測定してきた。しかし、測量手法ではリアルタイムでの路面



写真-1 路面隆起に伴う路面切削

監視は困難であることから、トータルステーション（以下 TS）を用いて監視する手法を採用した²⁾。

本報告では、3D スキャナーを用いた新たな路面計測方法を、実際に路面隆起が確認された高速道路トンネルの路面計測に試験的に適用したので、その結果とトンネルの路面計測への適用性について報告する。

2. 計測システム概要

今回提案する計測システム（以下 3D サーフェス）の計測機は、従来の自動視準 TS の機能を有し、かつ 3 次元的な高密度計測機能も有している。また、1 秒間に多数点のデータ取得が可能であるため、面的に広がりがある箇所での計測を短時間で実行し、かつ大量のデータを取得できる長所がある。さらに、点群データをデジタルデータとして保存ができるため、データ処理の効率化も図ることが可能となった。供用中の高速道路のように、人の立ち入りが困難な現場への適用に向いているため、今回は供用中のトンネル内で路面隆起が懸念される範囲を対象に試験的に導入することとした。また、合わせて従来法である路面 TS 測定²⁾も実施したので、それらの比較を行った。

3. 計測結果

1 回の測定で取得されたデータの分布を図-1 に示す。

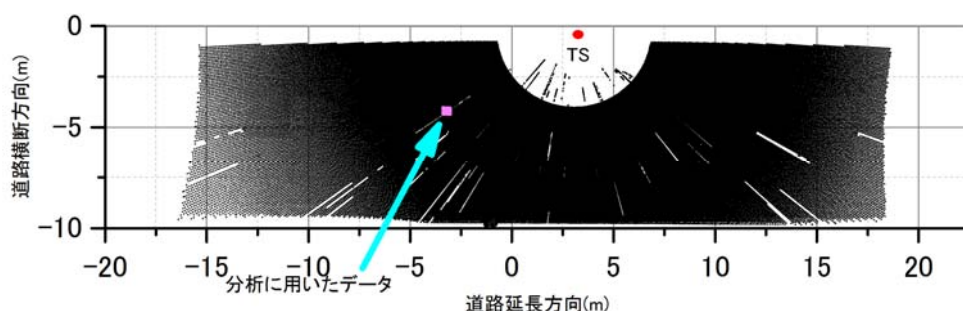


図-1 3D サーフェスにより測定された点群データの分布

キーワード トンネル，路面隆起，計測

連絡先 〒980-0013 仙台市青葉区花京院2-1-65 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 TEL022-713-7290

点群データの数、概略で 230,000 点であり、道路延長方向に約 35m、横断方向に約 8.5m の範囲で測定した。測定データの比高差は約 3.4m であった。平均的には 1 m²あたり 650 点、3.9 cm 間隔で路面データを取得している計算となる。なお、上記の条件での 1 回あたりの測定時間は 25 分程度であった。

本システムは、3D スキャナーの機能により取得した点群データをメッシュに分割し、メッシュ内部の平均標高値をメッシュの標高として算出し、メッシュ標高の変化から路面変位を評価するものである。

図-1 のデータから代表箇所 40 cm 角のメッシュのデータを用いて平均標高を計算し、平均値のズレを用いて路面標高分布を計算した結果を図-2 および図-3 に示す。40 cm 角の範囲では、概ね ±1cm の範囲で路面が凹凸を伴って傾斜している状況が分かった。

図-2 のデータを用いて、メッシュの大きさによりメッシュの標高データがどのように影響するかを検討した。

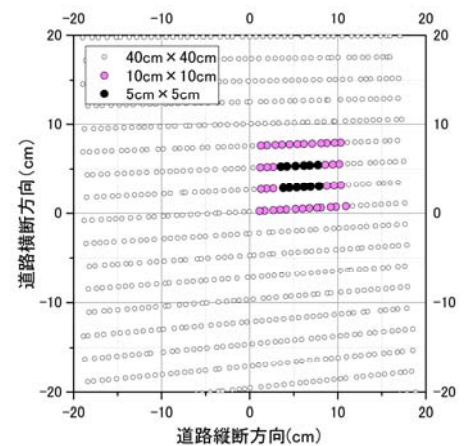


図-2 点群分布（40cm×40cm の範囲）

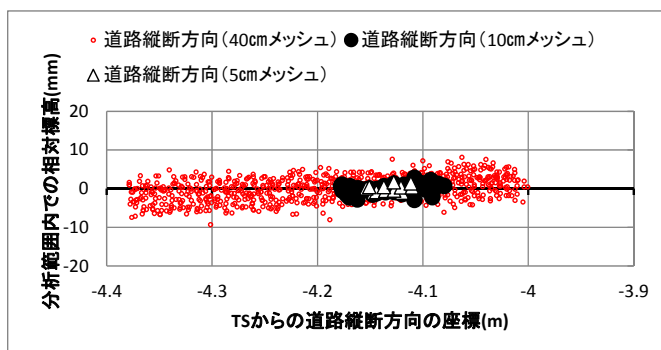


図-3 道路縦断方向での点群の標高分布（7/30）

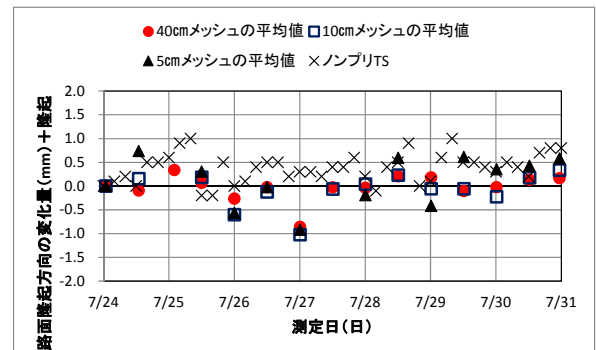


図-4 路面標高（平均値）の経時変化

図-4 に示したように、路面標高の平均値はメッシュを 40 cm、10 cm、5 cm と変化させても大きい違いは認められず、異常値を除けば概ね ±0.5mm の範囲で変化していることが分かった。TS による測定結果は、概ね 0～1mm の範囲で変化していた。したがって、3D サーフェスの測定結果は、TS の結果と同様の精度を有していると考えられる。なお、図-2 に示したように、40 cm メッシュでは 17 測線、10 cm メッシュでは 4 測線、5 cm メッシュでは 2 測線のデータとなっていることが読み取れた。5 cm メッシュでは、2 測線しかなく、路面の凹凸があれば、測線のズレの影響を大きく受ける可能性が考えられるため、データのメッシュの大きさは、メッシュに含まれる測線数やデータの変動幅などを初期に分析してから設定することが重要であると考えられる。

5. 考察・まとめ

ここでは、3D スキャナーを用いた道路トンネルの路面の隆起変位の測定方法を検討した。その結果、TS による計測と同程度の精度で測定が可能であることが分かった。また、メッシュごとの平均値を計算する方法では、測定時間によらず、測定点を自由に増やすことが可能であり、路面隆起の分布状況を詳細に把握することが可能である。今回検討に用いたデータでは、メッシュの大きさが 40 cm と 5 cm ではデータの変動に大きい違いは認められなかったが、3D スキャナーと測定位置の関係によっては測線数が少なくなることや、路面の凹凸の状況によっては、メッシュの大きさに依存してデータの変動が生じる可能性も考えられる。したがって、測定当初にデータの変動状況を調べ、適切なメッシュの大きさを選定することが必要である。

参考文献

- 1) 渡辺東ほか（2016），磐越自動車道鳥屋山トンネルの路面隆起の発生から対策完了までの取り組み，地盤工学フォーラム東北 2015（平成 27 年度（第 34 回）研究討論会講演概要集），pp5～8。
- 2) 安田賢哉ほか（2015），路面隆起トンネルに適用した新しい路面測定手法，地下空間シンポジウム 論文・報告集，第 20 巻，p. 171～176。