

点群データを活用したトンネル内空変位検出のための調整点に関する検討

首都高技術株式会社 正会員 ○渡邊 賢太郎
 首都高技術株式会社 非会員 松本 伸也
 朝日航洋株式会社 非会員 山本 岳史

1. はじめに

トンネルの内空変位や挙動を計測するためには、一般的に交通規制を行いトンネル内にターゲットを設置し測量を行う。特に、長大なトンネルを計測する場合、一般的な測量手法を用いた場合は数か月の作業期間を要し、費用も膨大なものとなる。このため、当社ではMMS（モバイル・マッピング・システム）で取得した3次元点群データを活用し交通規制を実施せずにトンネルの断面変化及び変位を計測する技術の開発を行っている。

GNSS情報が取得出来ないトンネル内において、MMSで取得した点群データから変位を精度良く計測するためには、点群データを補正するマーカー（以下、調整点）が必要であり、今回筆者らはこの調整点について様々な検証を行った。

2. 検証項目

トンネルの変位を計測するためには、取得時期の違う（2時期）点群データを比較し、その差分を検出する必要がある。さらに2時期の点群データを精度良く比較検証するためには調整点が必要であり、一定間隔に設ける必要がある。しかし、意図的に調整点を設けると調整点自体を維持管理する必要があり、道路管理上好ましくない。このため、筆者らは下記の検証を行った。

- ① トンネル内の道路附属施設物を調整点とした適用可否の検証
- ② 上記①の検証結果を基に、調整点の設置間隔と2時期の点群データの重ね合せ誤差の検証

3. 検証場所

検証場所は、首都高速道路埼玉新都心線の新都心トンネルとし、調整点として利用できると考えられた防災設備及び道路施設物について検証した。トンネルの諸元と計測範囲を表-1、図-1にそれぞれ示す。

表-1 トンネル諸元

トンネル名	延長(m)	供用年	形状	等級
新都心 TN	2,877	2006年	矩形	AA

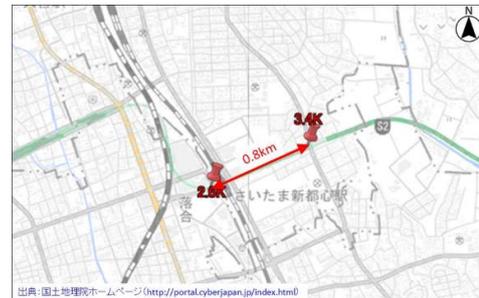


図-1 検証範囲（新都心トンネル）

4. 調整点として利用できる防災設備、道路施設物の抽出と検証

(1) 調整点として検証する防災設備及び道路施設物

道路トンネルの防災設備は、「トンネルの非常用施設物のための等級区分」¹⁾により規定されている。この基準に基づいて設置されている防災設備及び施設物を調整点として検証した。

検証に使用した施設物を表-2に示す。今回検証する新都心トンネルは、等級AAに該当する。したがって、等級AAに設置されており、なおかつ調整点として利用できる角がある施設物を選定した。さらに、調整点となり得ると見込まれるトンネル照明、白線、施設管理用BOX、作業用扉についても検証した。

(2) 計測方法

MMSのレーザ照射角度を路面に対して、60度・75度の2パターンとし、法定速度の60km/hで計測した。

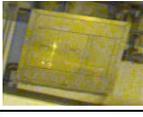
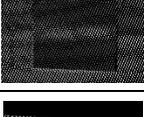
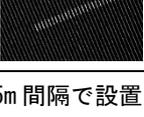
項目	60°	75°
走行速度	60km/h	60m/h
回転数	200回転/秒	200回転/秒
横断のスキャン時間差 (図中青文字)	約0.38秒	約0.11秒

図-2 計測角度（左から60度・75度）

キーワード 3次元点群データ、トンネル、調整点、道路附属施設物
 連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 虎ノ門PFビル
 首都高技術(株)インフラドクター部 TEL03-3578-5767

(3) 検証結果

表-2 検証に使用した施設物とその検証結果

	等級 区分	画像	レーザ画像	間隔	評価
消火栓	AA,A			50m ※	○
施設管理用BOX	—			50m ※	○
誘導表示板	AA,A B			50m	○
非常口	—			250m	○
作業用扉	—			不規則	○
トンネル照明	—			20m	×
非常電話	AA,A, B,C			86m	×
白線	—			10m	×

※消火栓と施設管理用BOXは25m間隔で設置

施設物の検証結果を表-2に示す。以下の知見を得た。

- 1mを超える矩形形状の施設物は、縦横の輪郭を明確化でき、施設物の角を調整点として利用可能である。
- 1m以下の案内看板や照明設備は縦横の輪郭を明確にすることは困難であった。
- 白線は幅方向が短く輪郭の把握が困難であった。よって、消火栓、施設管理用BOX、誘導表示板、非常口、作業用扉を調整点として抽出可能とした。

5. 調整点の設置間隔と重ね合わせ誤差の検証

トンネルの変位検出における精度と調整点の間隔、およびMMS計測時のレーザ照射角度の設定との関係を検証した。

(1) 検証ケース

調整点と検証点を前項で使用可能と評価した施設物のうち、間隔を25m、50m、100m、200mとし、レーザ照射角度60度及び75度での誤差を算出した。

消火栓、誘導表示板がともに約50m間隔で設置され

ている他、消火栓と施設管理用BOXが約25m間隔で設置されているので、これらを調整点として使用することとした。なお、対象となる新都心トンネルは、調整点として使用出来ると評価した施設物が片側（左車線側）のみに設置されているため、片側のみを補正箇所とした。

(2) 検証結果

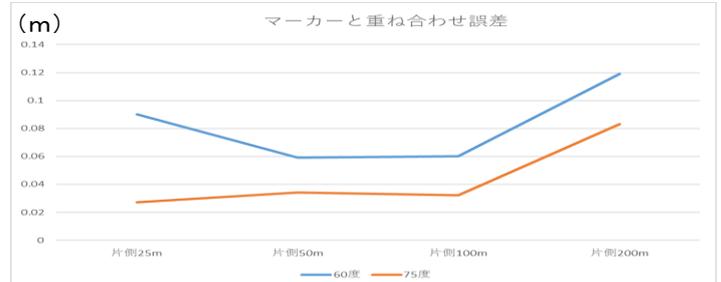


図-3 調整点の設置間隔と重ね合わせ誤差

調整点の設置間隔と重ね合わせ誤差の関係を図-3に示す。以下の事が分かった。

- 調整点の設置間隔にかかわらず、レーザ照射角度60度より75度のほうが重ね合わせ誤差は少ない。
- マーカースettings間隔50mと100mでは、おおむね重ね合わせの誤差は変わらない。
- マーカースettings間隔が100mを超えると重ね合わせ誤差も大きくなっていく。

6. まとめと課題

調整点となり得る道路付属施設物の選定、また、その調整点の設置間隔と2時期の点群の重ね合わせ誤差の関係性について検証することができた。

消火栓と誘導表示板については、等級A及びBのトンネルにも設置されているので、これらのトンネルにも適用可能と思われる。しかし、今回は適用困難とした照明や白線は、MMSの走行速度を変えることで点群密度を濃くし、さらにレーザ照射角度を調整することで、その角を検出できると考える。今後、検証の再検討を行い、等級に関係なく全てのトンネルに調整点を設定できるよう検証したい。

また、今回は調整点とした施設物がトンネル内の片側のみに設置されていた。この時の重ね合わせ誤差が最小値でも3cm程度あった。今後、より精度を向上させるために、トンネル内の両側に施設物が存在する場所での検証、位相差方式レーザスキャナを使用するなど引き続き検証を行い、3次元点群データを活用したトンネルの変位計測手法を確立させたい。

参考文献

- 道路トンネル非常用施設設置基準・同解説
(社団法人 日本道路協会)