

可搬型 MMS によるトンネル内空断面の把握

(株)パスコ 技術統括本部 新空間技術部 正会員 ○黒須 秀明 非会員 稲見麻央
奥村・日本国土・NB 建設共同企業体 正会員 小出 昌克, 非会員 森 淳

1. はじめに

近年, 道路分野においては, 車両搭載型のセンシング技術として, MMS (Mobile Mapping System) を用いた計測手法が報告されている¹⁾²⁾. この様な計測手法は, 車両に GNSS (Global Navigation Satellite System), IMU (Inertial Measurement Unit), 距離計およびレーザスキャナ等を搭載し, 走行しながら道路の3次元的な空間の把握ができる特徴がある. 一方, 鉄道分野においても, それらの技術を用いて構造物や付帯施設の位置情報の把握や工事現場への適用検討が進んでいる.

地下鉄トンネル等の補強工事を実施する際は, 地山の崩壊や変形を防ぎ, 安全に作業ができるように鋼製支保工を設置して作業する場合がある. 鋼製支保工を設置して補強工事を実施する際には, 予めトータルステーション (以下 TS) 等を用いてトンネルの内空断面を計測し, トンネル内に設置する鋼材とセグメントの離隔が確保できているか確認している. 本論文では, このような工事現場で可搬型 MMS (以下 MMS) を用いて取得したデータからトンネルの内空断面を把握し, TS の計測点との差を比較した事例について報告する.

2. MMS を用いたデータ取得

MMS を用いた 3 次元空間データの取得は, 機材運搬用の 15t トロに Leica 社製の MMS を設置し, 軌道モーターカーに牽引してもらう方式で実施している. 実際の計測は地上部よりデータ取得を行い, 約 10km 程度の地下鉄トンネル区間を走行し, Uターンして戻る経路で合計約 20km 程度の延長を実施している. また, 画像データも同時に取得する事が可能であることから, 15t トロに別途の照明装置を設置してトンネル覆工面の画像情報も取得している. 15t トロに搭載した MMS の機材設置状況を図 1 に示す.

MMS に搭載しているレーザスキャナは, 1 秒間に

約 100 万回レーザを照射する能力があり, レーザの回転軸の全周 360° を 1 秒間に 200 回転して計測する. このため, 点群の密度は, 実際の走行速度に依存して粗密が発生する. 今回は, モーターカーの走行可能速度を考慮して, 約 25km/h 以下の速度でデータ取得を実施しているため, レーザスキャナセンサ受光部より 5m 離れた場所において, レーザ点群密度 4,500 点/m² 以上が確保されている.

取得した 3 次元点群データの反射輝度を利用してトンネル内部の状況を視覚化したデータを図 2 に示す.



図 1. MMS の設置状況



図 2. MMS で取得した 3 次元データ

キーワード MMS, トンネル, 3 次元データ, 建築限界

連絡先 〒153-0043 東京都目黒区東山 2-8-10 株式会社パスコ 技術統括本部 新空間技術部 TEL03-6412-3800

3. トンネル現況断面図の作成

トンネル断面図の作成は、本来、レールから軌道中心を算出し、その中心を進行方向につないだ線に対しての傾きに垂直な断面を作成する必要がある。今回、レールの上部のデータを確認した結果、レーザデータのノイズ成分が場所により 1~2cm 程度発生していることが確認され、レール形状を正確に把握することができなかった。このため、実際の比較は、図 3 に示すようにコンクリートスラブ面を利用して、縦断方向の傾きを計算し、その線に垂直な断面データを抽出することとした。

その後、TS の計測場所に近い所で、かつコンクリートの溝等の影響を受けてない断面を利用して、点群を抽出し、CAD 上でトレースした結果を MMS のトンネル断面としている。

4. MMS データと TS データの比較方法と結果

MMS と TS のデータ比較は、予め TS で計測してある 20 断面で実施した。比較方法は、各断面において、TS で計測しているトラフ側 (左)、側道側 (右)、天井の 3 箇所各 2 点の計 6 点、20 断面で合計 120 点のデータを利用して比較した。このような比較方式にした理由として、トータルステーションで計測した内空断面の計測点が、必ずしもトンネルの左右、天井の頂点で計測できていなかった。このため、図 4 に示すように、TS の計測点がある最寄りの MMS の計測点を利用してどの程度差があるか比較する方針とした。

また、比較する際の基準面においては、TS の点が道床面にも存在することから、道床を基準面と考えて MMS データと TS データを比較している。その結果、最大で $\pm 30\text{mm}$ 程度の差はあるものの、全体の平均値では、8mm 以下になっていた。

なお、今回のデータを確認してみると、図 4 のように TS のデータと、MMS データにおいて、左右に同一方向のずれが確認できる。これを補正することにより、精度は高くなることは確認できるが、本論文においては、このような調整は実施していないデータでの報告である。

5. おわりに

今回実施した MMS においては、10km 程度のトンネルを往復計測して取得した連続的なデータから任意のトンネル断面の形状を取得することができた。

精度的には、全体の平均値で TS と 8mm 程度の差であり、正確な内空変位の測量を実施する精度には課題があるが、構造物を設置する際の面的な建築限界等の空間情報を把握することについては、現地で歩きながら計測する TS の方式より効率的であると考ええる。今後は、適用範囲や適用場所を明確にし、広範囲かつ連続的なデータを整備できる特徴を活かしながら、更なる高精度化を図るための手法を検討することが必要であると考ええる。また、他の計測装置で取得されたデータも 3 次元データと紐づけることで、多方面に活用されるデータとして整備していくことが求められる。

参考文献

- 1)大嶋ら：ITS を活用した大型車通行マネジメント技術の開発、土木技術資料 59-4, 2017.
- 2)井関ら：MMS によるトンネル出来形管理への適用検証、日本写真測量学会秋季学術講演会、G-3, pp.93-96, 2017.

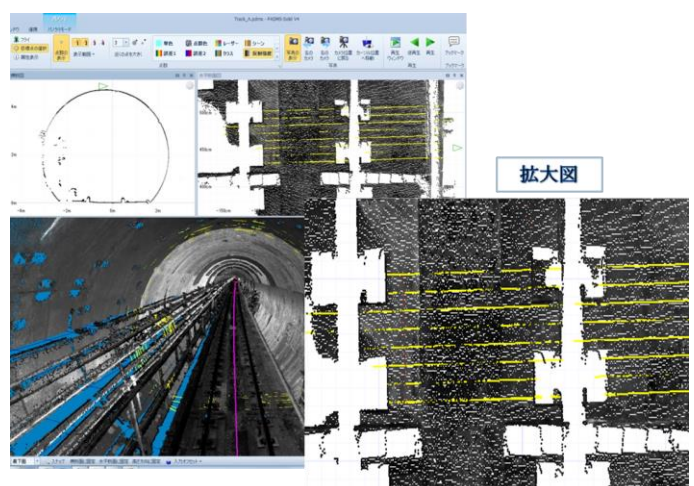


図 3. トンネル断面図の抽出状況

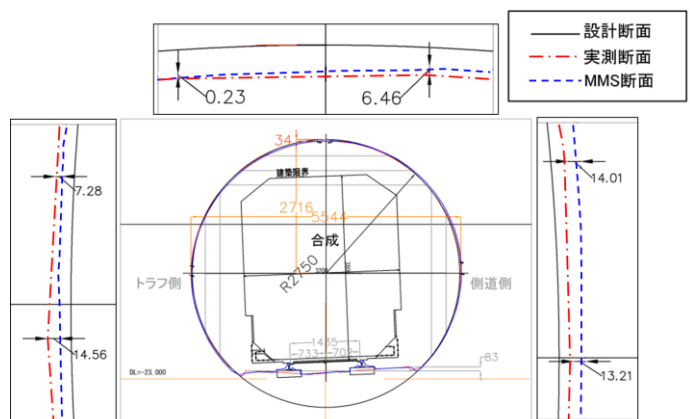


図 4. MMS データと TS データの比較状況