

MMSで取得した三次元点群データの精度検証と構造物の変状検知技術

国土交通省 中国地方整備局 中国技術事務所 ○鈴木 敏成
 岡山大学学術研究院 環境生命自然科学学域 正会員 西山 哲
 岡山大学大学院 環境生命自然科学研究科 正会員 茨木 克博

1. 目的

高度経済成長期に建設された数多くのインフラ構造物の老朽化が深刻化している。そこで維持管理計画を立案するために、各インフラ構造物の健全性を診断する点検作業が行われている。しかしながら、作業は目視あるいは打音に頼った労力を要するものであり、技術者あるいは予算が限られていく状況に対して、効率的な点検が行なえる技術の実用化が求められている。このような背景を鑑み、本研究では、車載写真レーザ測量（以下MMS: Mobile Mapping Systemと称する）を用いて、インフラ構造物の変状を検知する手法を検討する。MMSは、デジタル画像機器とレーザスキャナ、そして車両位置を計測するGNSS装置等を装備し、走行しながら道路周辺の構造物の3次元点群と画像情報を取得することで道路台帳現況図を更新する作業に用いられている。国土交通省の各地方整備局には、既に地図情報レベル500（水平及び標高点の標準偏差0.25m）の要求精度を満たすMMSが配備されている。このMMSによって取得されたレーザ点群から構造物に発生した変状を検知できれば、道路台帳の作成だけでなくインフラ構造物の点検を支援する効率的な点検技術が実現する。本論文では、MMSによるレーザ点群から変状発生箇所を抽出するスクリーニング技術と、それによって変状発生箇所が特定された後、当変状を定量化するための技術の開発に取り組んだ成果を報告する。本結果により、MMSの新たな利活用の可能性が展開できると考える。

2. 法面の変状発生箇所抽出実験と結果の概要

図-1に実験状況を示す。MMSに搭載しているレーザスキャナは、1秒間に27,000点スキャンできる仕様である。計測対象として、国道54号線沿いの全長120m、高さ約6mのブロック積擁壁を選択した。法面上には、1辺0.5mの標定点を4箇所、10、30、50、70、90mmの厚みをもつ板状の供試体を、図のように法面上の上下段に設置した。図-2にMMS上のレーザスキャナと法面の位置や距離等を示す。これらの供試体を法面上の変状と見なして、MMSによって取得されたレーザ点群によって変状を検知する能力および変状を定量化する能力の開発を試みる。

3. スクリーニング技術の開発結果

図-3に30km/hおよび50km/hの速度で走行したMMSによって取得された法面上のレーザ点群密度の分布を示す。また表-1は、50km/hで走行したMMSによる点群から求めた標定点の中心の座標値をTS（トータルステーション）の値と比較した結果である。図より、法面上の上下段ではレーザ点群密度が大きく異なること、また走行速度が速くなると200点/m²以上の高密度点群が分布する面積が小さくなるのが分かる。



図-1 MMSによるレーザ点群取得時の状況



図-2 計測時のMMSと法面の状況

キーワード MMS, 3次元レーザ点群, 変状箇所検知, 変状定量化, インフラ構造物維持管理
 連絡先 〒736-0082 広島市安芸区船越 2-8-1 国土交通省 中国地方整備局 中国技術事務所
 TEL: 082-822-2340 (代)

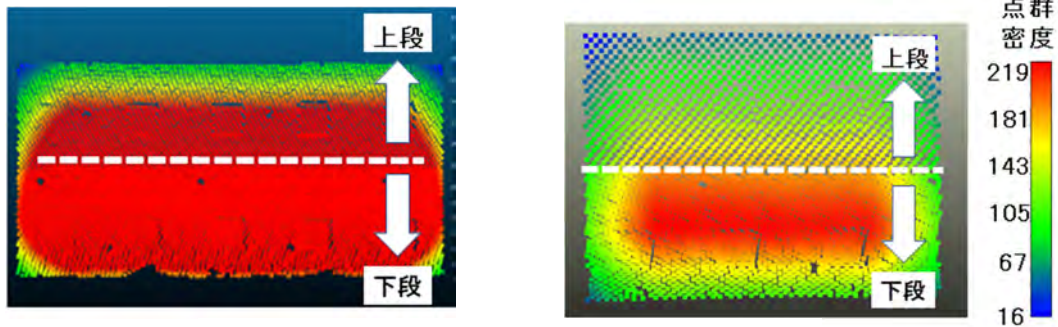


図-3 法面上でのレーザ点群の密度分布

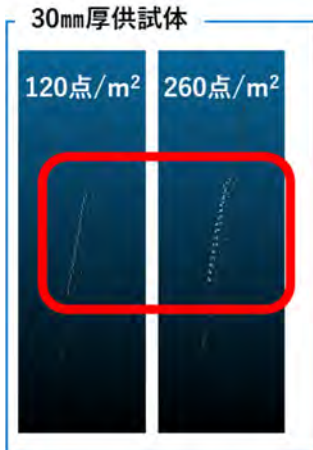


図-4 法面の断面図

表-1 レーザ点群の精度の検証結果

	平均較差 (mm)		RMSE(mm)	
	ΔXY	ΔZ	ΔXY	ΔZ
上段	162	36	163	42
下段	156	43	157	47

また表の結果より、法面上段と下段ではレーザ点群密度は異なるが、計測された座標の精度は変わらないことが分かる。図-4に、

法面上の供試体を設置した個所の断面図を示す。120点/m²と260点/m²のレーザ点群密度での供試体断面形状を比較すると、前者は供試体の認識が困難であった。このように、MMSの走行速度によってレーザ点群密度の分布が大きく異なり、結果として供試体を検知できる能力が大きく変わる。そこで、走行速度などの計測状況への供試体の検知能力の依存性を解消するために、MMSを複数回走行させて取得した点群を重ね合わせることで、法面上の点群を200点/m²以上の高密度化させる手法の有用性を試みた。図-5は、1回のみ計測によるレーザ点群を使った場合と、3

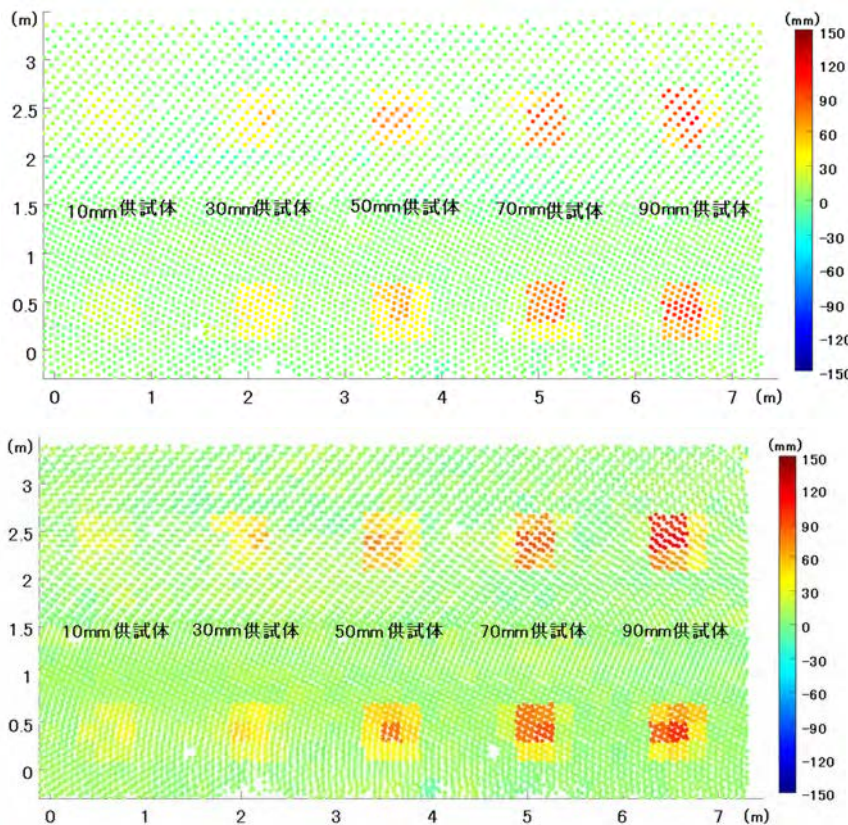


図-5 MMS計測データによる法面の段彩図

上図：1回計測のみ 下図：3回の計測データを重ねたもの

回の計測によるレーザ点群を重ね合わせた場合の法面の段彩図を描いたものである。いずれもMMSの走行速度は50km/hであった。これより、計測値を重ね合わせることにより、10mm厚の供試体の位置も抽出できるようになる。なお、複数回の走行数による計測値を重ねるに当たって、ICP (Iterative Closest Point) という点群処理として普及している自動処理アルゴリズムを使った^{1),2)}。さらに、この自動処理アルゴリズムを使って、供試体を設置していない場合と、設置した場合の2時期の点群を重ね合わせて供試体の検出を試みた結果が図-6である。2時期目は50km/h走行による3回の計測データを重ね合わせたものを使った。図-5と同様に、10mm厚の供試体を把握することができ、地図情報レベル500の仕様のMMSを使

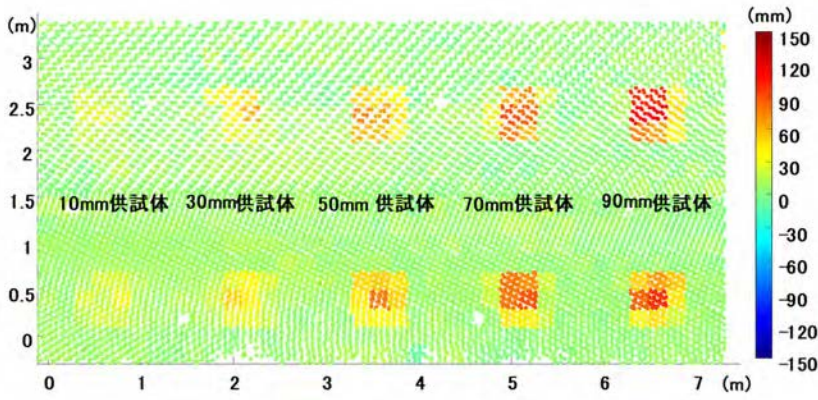


図-6 供試体を設置した場合としない場合の MMS 計測データを重ねたものの法面の段彩図

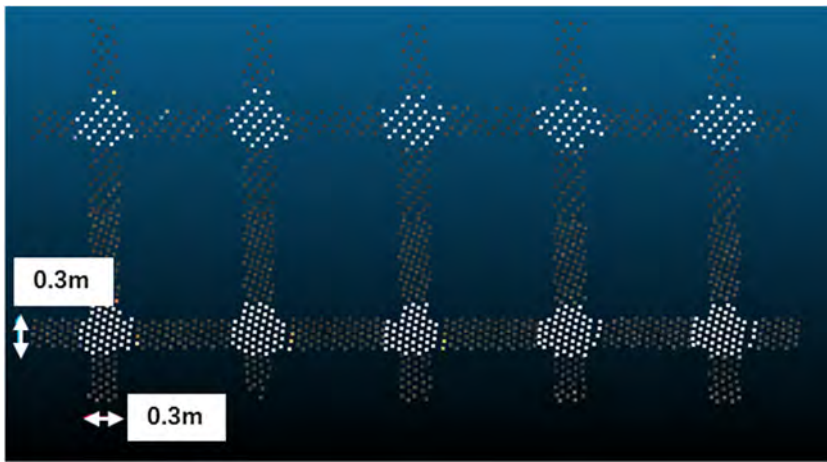


図-7 法面の断面を見るために切り出す幅を示した図

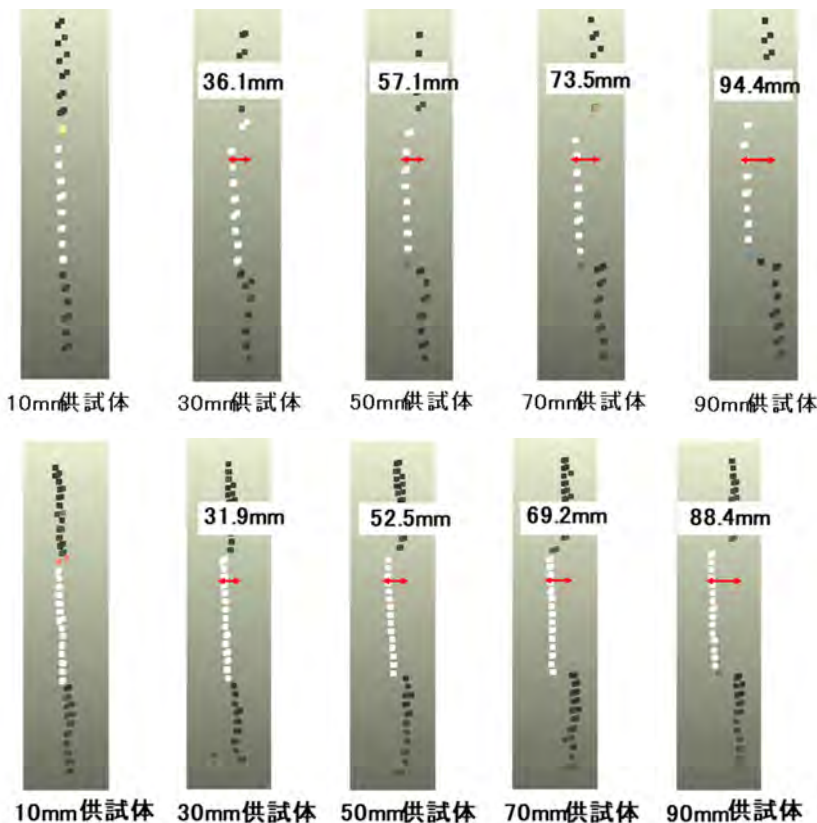


図-8 法面の断面図 上図：法面上段 下図：法面下段

って変状箇所の検知が可能であることを実証した。

4. 変状定量化技術の開発

前章で MMS を使った変状箇所を特定するスクリーニング技術の開発成果を述べた。ここでは、この特定された変状を定量化する技術の開発成果を報告する。図-5 および図-6 に示す段彩図でも、法面上の各供試体の位置は把握できるが、その形状まで正確に再現することは困難である。そこで、図-7 のように法面上の供試体設置箇所を 0.3m の幅で切り出して断面を作成したものを図-8 に示す。図は、MMS を 50km/h の走行速度で 1 回だけの計測データを使った場合である。図より、30 mm 以上の厚みの供試体の厚みが正確に把握でき、さらに 10 mm 厚の供試体も、その形状を把握することが可能であることが分かる。このように、前章で述べたスクリーニング技術によって変状が発生した箇所が検知された後、当該箇所の断面を見ることにより、変状を定量化することが可能である。

なお図-9 と図-10 に、法面上に設置した 50 mm 厚の供試体の断面を見る際に、切り出す幅を 0.3m, 0.1m および 0.03m の各幅で切り出した場合の結果を示す。図-9 は、MMS を 50km/h の走行速度で 1 回だけ走行させたデータを使った場合であり、図-10 は 50km/h の走行速度で 3 回計測したデータを重ねた場合である。レーザ点群密度は、前者は約 170 点/m² であり、後者は約 560 点/m² である。図に示すように、切り出し幅によって、供試体の厚みの確認が容易になる場合と困難になる場合が生じた。これより、切り出し幅を調整することで、レーザ点群密度が高なくても、変状と見なした供試体の厚みを把握できることが実証できた。



図-9 50 mm厚の供試体を見た法面の断面図
図中の数字は切り出し幅を示す。
1 回だけの MMS データを使った場合

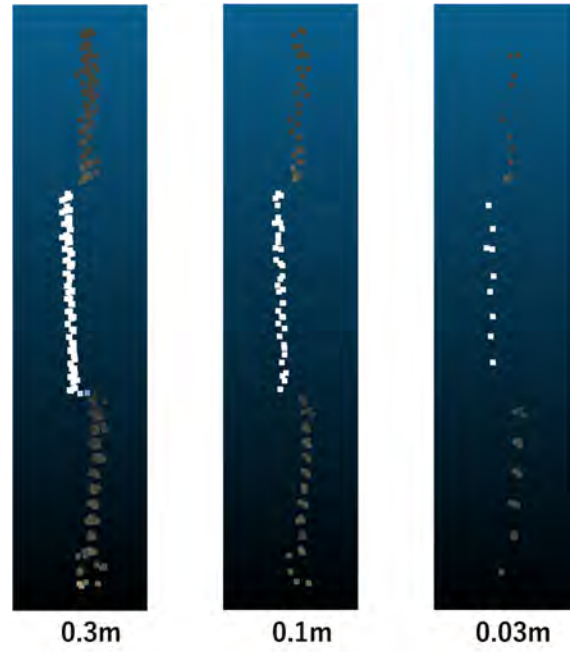


図-10 50 mm厚の供試体を見た法面の断面図
図中の数字は切り出し幅を示す。
3 回の MMS データを重ね合わせた場合

5. まとめ

本研究では、地図情報レベル 500 の仕様のセンサを搭載した車載写真レーザ測量 (MMS) によって取得されたレーザ点群を活用して、インフラ構造物に発生した変状を検知する手法を検討した。具体的には法面上に変状と見なす供試体を設置し、MMS データを使って当供試体の位置を検知する手法ならびに検知した当供試体の厚みを定量化する方法を検討した。その結果、インフラ構造物の変状を検知するために必要となるレーザ点群密度を明らかにし、さらに道路台帳図を製作する地図情報レベル仕様の MMS でも、複数回走行させて取得したレーザ点群を重ね合わせることで、供試体すなわち変状発生個所を検知できることを示した。その後、当該所を一定の幅で切り出して断面の形状を調べることで、変状と見なした供試体の厚みを把握することも実証した。これら一連の研究成果により、国土技術政策総合研究所が構築している DX データセンターに保管された MMS 点群データと、その後取得された点群データと重ね合わせることにより、インフラ構造物の維持管理に有用な情報を得る工程を確立できたと考える。

謝辞

本研究は国土交通省中国技術事務所と岡山大学との包括協定に基づく受託研究によって実施された。本委託研究の実施に協力して頂いた関係者に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 野村 碧都, 西山 哲, 佐守 直人, 藤木 三智成: 車載型センシング装置を用いた道路法面の変状検出法, 第 47 回土木情報学シンポジウム講演論文集, II-3, 2022 年 9 月
- 2) 佐守 直人, 西山 哲, 崎田 晃基, 藤木 三智成, 小野 尚哉: Mobile Mapping System によるレーザ点群データを用いた法面変状の定量化, 土木学会中国支部研究発表会発表概要集, VI-20, 2020 年 6 月