

# 舗装修繕工の活用に向けた MMS の精度向上と生産性向上 2 つの取り組み

○福田道路株式会社 事業本部 技術部 技術部長 北添 慎吾  
アジア航測株式会社 社会インフラマネジメント事業部 技師 菊池 拓  
大陸建設株式会社 常務取締役 櫻庭 晃

## 1 はじめに

建設業の慢性的な人手不足の解消と生産性向上に向けて始まった i-construction。ICT 土工は明確な効果が見えているものの ICT 舗装に関しては未だにそのメリットが見いだせていないのが現状である。特に舗装修繕工に関しては既設舗装を基準に設計されることから、基準点を用いた測量そのものに疑問を感じている。基準点測量にこだわらない厚み管理が可能になれば、生産性向上につながられるのではないかと考え、今回の取り組みを実施した。

## 2. ICT 舗装（修繕）の課題

### 2.1 TLS の課題

通常、ICT 舗装工（修繕）の起工測量には地上型レーザースキャナ（以下 TLS と表記）が使用されている。しかし、通過車両によるノイズやオクリューション（欠損）を考慮した計測をおこなうと、測量時間の増加（1km 当たり 2 日間）やソフトウェアによる処理に手間（1km 当たり 2～3 日間）がかかる。また、歩道のない道路や自動車専用道路などでは安全性が確保できないという課題もあり、ICT による生産性向上のメリットが見いだせていない。

### 2.2 MMS の課題

この課題を解決するためにモバイルマッピングシステム（以下 MMS と表記）の活用を推進している。MMS は交通規制なしで移動しながら 3D 点群データ取得でき、ノイズも少ないことから TLS による計測と比べ作業人員削減・工期の短縮

が期待できる。また、点群データ取得と同時に路面性状の測定が可能（一般財団法人土木研究センターの性能確認試験に合格した車両）で、路面性状及び切削量を含む縦横断計画まで事前調査の大部分をカバーできる。



写真-1 MMS による計測状況

しかし、衛星取得状況・IMU（慣性計測装置）の精度・標定点の設置間隔・走行操作などすべてにおいて注意を払っても、IMU やソフトウェアで調整しきれない MMS のロールやピッチ誤差が発生することもあり、工区全体を通して TLS 並みの精度が得られなかった。その対応で各測点の再測量と再調整が必要となることもあり、精度向上への取り組みが喫緊の課題であった。

## 3. MMS 精度向上の取り組み

### 3.1 現場 A での取り組みと精度検証

実際の舗装修繕工事（現場 A）で実施した MMS 精度向上の取り組みを紹介する。MMS 活用のメリット（作業人員削減・工期の短縮・安全確保）を

活かすためには、TLS と同等の精度を前提とした上で標定点を少なくする必要があります。また標高チェック後の再調整をなくすことも重要で、それらの条件を満たすため下記のステップにて精度向上の取り組みを実施した。

ステップ 1 (水平位置調整用評定点設置)

工事基準点設置と同時に、TS による放射観測にて位置調整用評定点 (緑マーク) を 50m 間隔で千鳥状に配置する。



写真-2 TS による標定点設置状況  
ステップ 2 (MMS 計測)

MMS の走行計測により点群データを取得する。

ステップ 3 (1 次点群データ作成)

MMS で計測したオリジナルデータと位置調整用評定点をソフトウェアで紐づけし、区間全体で水平位置調整を行なった 1 次点群データを作成する。

ステップ 4 (標高調整用評定点=測点の逆打ち)

区間全体で位置調整を行なった 1 次点群データから中心線及び 20m ピッチで横断端部のデータ (黄色マーク) を作成する。作成した横断端部のデータを TS (トータルステーション) にて逆打

ちし、現地の各測点 (切削端) の標高取得と測点マーキングを同時におこなう。

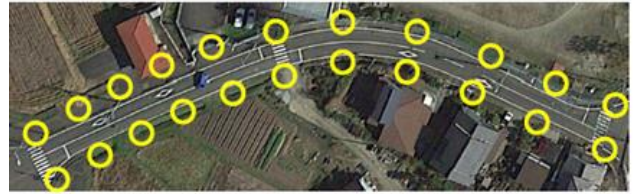


写真-3 TS 逆打ちによる測点マーキング  
ステップ 5 (検証点設置と 2 次点群データ作成)

ステップ 4 の測点逆打ちと同時に、20m ピッチに左・中・右の順で検証点データ (赤マーク) を取得して標高精度の検証に使用する。区間全体で位置調整を行った点群データと標高調整用データを再びソフトウェアで紐づけし、最終の 2 次点群データを作成する。



写真-4 検証点データの取得  
ステップ 6 (縦横断計画と切削量算出)

専用のソフトウェアで縦横断計画と切削量を算出する。

精度の検証

MMS で取得したオリジナルデータとステップ施行後の調整データの検証結果は表-1 のとおりである。

表-1 検証結果

	平均誤差		標準偏差	
	水平	標高	水平	標高
オリジナルデータ	27mm	47mm	16mm	19mm
ステップ施行後(成果)	4mm	4mm	1mm	3mm

標定 20m ピッチ  
検証フィールド延長 800m

ステップ施行後の調整データは、必要精度である水平 10mm 以内、標高±4mm 以内となり TLS と同等の精度であることが確認できた。

### 3.2 現場 B で調整後のプロファイル精度検証

TLS と MMS のプロファイルについては 2 年前から検証（3 現場）を実施しており、一般財団法人土木研究センターの性能確認試験に合格した MMS であればほぼ同等のプロファイルデータが得られている。但し、これまでは MMS のオリジナルデータと調整後のデータのプロファイルを任意の測点の較差のみで検証していた。仮に MMS のオリジナルデータの誤差が大きい箇所が存在していると、ソフトウェアによる調整によってデータにゆがみが生じるなどプロファイルそのものが変形している可能性が考えられる。それを防止するためにも更なる精度検証が必要と考え、全工区において較差に切削量体積比較を加え、プロファイルの精度検証を実施することにした。

表-2 プロファイルの比較（体積比較）

路線名: 舗装修繕工事(現場B)	延長: 651m		
計画層: 切削層	平均幅員: 6.5m		
	オリジナル	調整後	差分
断面積の合計(m <sup>2</sup> )	22.981	22.965	-0.016
体積(m <sup>3</sup> )	195.460	195.110	-0.350
考察	651mの路線延長における切削量の誤差は $0.35/195.460=0.18\%$		

現場 B においても現場 A と同様の方法で MMS による計測を実施した。この現場では調整データ（ソフトウェアによるロールやピッチ誤差の修正）とオリジナルデータを全測点で比較してプロファイルの精度の検証（表-2）を試みた。この結果から、延長 651m で 3700 m<sup>2</sup> の面積における切削量の差が 0.35 m<sup>3</sup>（全体積の 0.18%）となり、調整後のプロファイルとオリジナルデータのプロファイルに差は見られなかった。また、図-1 と図-2 に示す衛星取得状況の厳しいトンネル坑口付近の横断面を確認してみた。工区を通して最も差が大きかった測点の最大値が 3mm であったことを考えるとオリジナルデータと調整データとの差異はほとんどないと言え、

MMS のオリジナルデータと標定点の差であるロールやピッチ誤差をソフトウェアが的確に調整していることが検証できた。

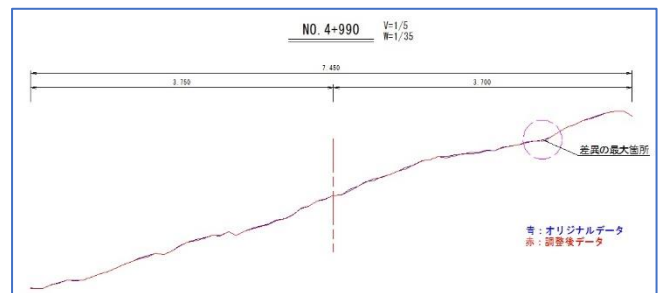


図-1 オリジナルデータと調整データの比較（衛星取得条件の厳しいトンネル坑口付近）

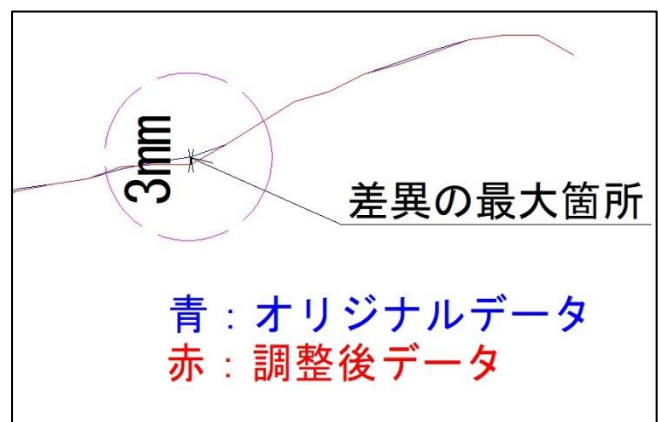


図-2 図-1 の拡大図

### 4. MMS 生産性向上に向けた取り組み

精度向上に向けた検証を経て、上記ステップによって TLS と同等の精度が担保されることが証明されたが、今後の生産性向上を考慮した場合、MMS のメリットを活かすためには正確な標高値を持たせないプロファイル重視の考え方が有効だと考える。MMS によって取得した点群データによるプロファイルは、これまでの現場で得られた MMS と TLS とのプロファイルを比較してもほとんど差異（4mm 以内）はなかった。但し、基準点ベースの絶対精度に関しては精度検証（水平 10mm 以内、標高 ±4mm 以内）に合格した MMS であっても、カーブや勾配変化そして衛星測位状況によって修正しきれない機械的誤差が生じる。これまでの 3 現場における各測点の TS とオリジナルデータのズレは XY 座標値で最大 30mm、



Z 座標値で最大 100mm であった。このズレがプロファイルの歪んだ誤差であればこのデータは使用できない。しかし、このプロファイルのズレが単純な縦横斜めのスライドしたズレであるならば、基準点ベースの座標値ではなく既設舗装を正として考えれば標定点による調整なしで舗装の縦横断計画が作成できることになる。したがって一般財団法人土木研究センターの性能確認試験に合格し、且つ精度検証（水平 10mm 以内、標高±4mm 以内）に合格した MMS であれば、プロファイルの精度が担保されると考えてよい。この方法は北海道の自動車専用道路や国道・道道（特に交通規制を極力減らしたい対面通行区間）において既に活用されている。

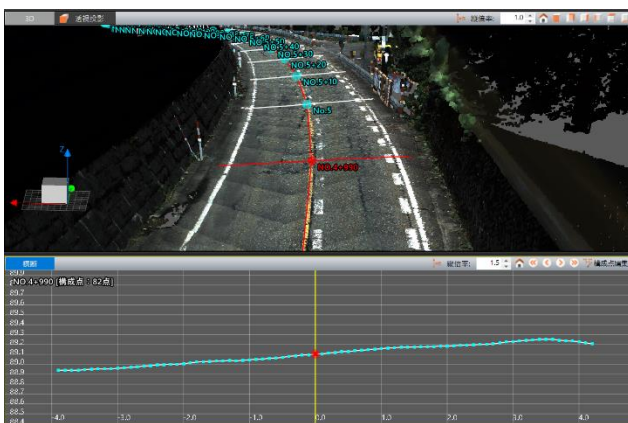


図-3 現場 B の点群データと横断面

この方法の作業手順は下記のとおりである。

#### ステップ 1 (測点マーキング)

基準点・標定点を設置せず、測点マーキングのみを実施する。但し起終点の位置や測点マーキングは内業時に特定しやすい明瞭な標が良い。

#### ステップ 2 (MMS の走行)

MMS の走行のみで点群データを取得する。

#### ステップ 3 (点群データ作成)

MMS 取得データから三次元点群を作成する。

#### ステップ 4 (縦横断計画と切削量算出)

MMS の後処理解析で算出された標高データ基準にして専用のソフトウェアで縦横断計画と切削量を算出する。※但し、極端な縦断凸凹や段差部

は別途測量が望ましい。

## 5. GNSS マシンコントロールシステムとの連携

現在、実証実験中の新しい切削機の GNSS マシンコントロールシステムでは、XY 座標は GNSS、Z 座標は 3 次元設計データと点群データの差から自動で厚みを計算してドラム高さをコントロールさせる。このシステムを使用すれば mm 単位の標高精度（プロファイルの精度が担保されれば設計厚さで管理可能）を求める必要がないので、これらを連動させれば事前調査の簡易化と路上でのマーキング作業が不必要となり、交通規制の回数が減少し現場での安全性と生産性は大きく高まるものとする。

## 6. おわりに

舗装修繕工事は既設舗装のデータを元に縦横断設計を実施している。新設の舗装工事のように正確な標高を持った基準点ベースの座標がなくても 1 層の切削オーバーレイ工なら既設舗装から 50mm 切削して 50mm 舗装するように計画すれば良く、凸凹や段差による縦断修正もプロファイルそのものが正確であれば、基準点ベースの座標値を持たせなくても問題はないと考える。

また、北陸地整管内においては調査点検業務として MMS による路面性状調査が実施されているので、このデータ（路面性状及び 3 次元データ）を工事にも積極的に利用していきたい。調査点検業務による舗装修繕計画を舗装工事につなげていくことができれば更なる生産性向上効果が期待できる。

これは、計画・調査・設計段階から 3 次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図る BIM/CIM につながるものと考えている。