

生産性および施工精度を向上させた
新しい路面切削機マシンコントロールシステムの開発

ワールド開発工業株式会社 正会員 ○藤永 知弘
ワールド開発工業株式会社 宮坂 大裕

1. はじめに

近年、生産年齢人口の減少が顕在化しており建設産業においても就業者の高齢化、若年者の入職率低下など大きな問題となっている。したがって、人材雇用の推進だけでなく、ICT 技術活用などによる省力化、生産性の向上、魅力の創出が急務である。国土交通省では 2016 年より i-Construction²⁾を導入し、トップランナー施策の一つである ICT の全面的な活用により生産性向上を目指している。機械施工における熟練オペレータの減少等を考慮すると、マシンコントロール技術（以下、MC）を使用することで機械操作が自動化/簡略化される技術は今後ますます必要になると考えられる。土工事におけるバックホウ、ブルドーザ等の MC は多くの実績があるが、舗装修繕工事における路面切削機の MC は技術開発途上である。これは、舗装修繕工事固有の特徴が影響していると考えられる。本報ではこの特徴を明らかにし、新たに開発した舗装維持修繕工事にも使用可能な MC 技術の施工結果を報告するものである。

2. 舗装修繕工事の特徴および MC 技術の問題点

舗装修繕工事における特徴は供用中の道路を規制して工事を行うことであり、これは工事作業に空間的制約と時間的制約を顕著に与える。前者は、道路延長が幅員に比べて極端に長く規制範囲は非常に狭いこと（極端な長方形型の工事区域となる）、後者は規制時間内（一般的には 8:30～17:00、21:00～06:00）に工事を行い安全に交通開放しなければならないことである。また、道路両端部は既存の排水構造物等が在り、これに擦付ける等の設計上の制約もある。現在 MC には Total Station（以下、TS-MC）を使用したものと GNSS を使用したもの（以下、GNSS-MC）に大別される。舗装修繕工事に使用した場合の両者の比較を経験等も加味して表-1 にまとめた。これより、道路修繕工事の特徴である延長方向に極端に長い場合 TS-MC は多くの制約を受けることとなる。一方、GNSS-MC は制約を受けにくいものの深さ方向の精度確保が問題である。この為、一般的にはローテティングレーザ等による補正やポテンショメータなどの外部の測定機器を使用する必要がある。ローテティングレーザを使用した場合は、TS-MC と同様の問題を生じる可能性があり、ポテンショメータの場合は、取付け方法等も影響を与える。

表-1 MC 施工比較

	GNSS-MC	TS-MC
測定精度	捕捉衛星の状況により異なるがRTK/VRSで補正した場合はX/Y軸方向は公称測定精度以下の誤差に収まる。 深さ方向(Z軸)の精度は期待できない。	X/Y軸に関してはTS等級に従った公称測定精度以下となる。Z軸方向の精度は比較的低い。 測定距離が延びると誤差が大きくなる。
施工性	GNSSの補正をVRSで行う場合は、現場に外部機器が少ないまたは必要がない。 従来工法に比べて非常によい。	TSの盛替による休止時間、管理人員などが必要となる。 カーブ等見通しが悪い場合は、盛替えが多くなる。
支障物による施工制限	上空視界が確保されている必要がある。 隣接したビル群等によりマルチパスの影響を受ける可能性がある。	TSとプリズムの間に、街路樹・電柱・通行車両等がなくてはならない。 施工時に安全にTSを据付けられる場所が必要となる。

3. GNSS-MC システムと切削レベリングシステムの融合技術

著者らはトプコン社 RD-MC システムと Wirtgen 社路面切削機 W210Fi のレベリングコントロールシステム (Level Pro Active. 以下 LPA)を技術融合することで上記の課題解決を試みた。RD-MC により GNSS による水平方向の位置情報 (X,Y) を得て、切削深さ (Z) は現況面の TIN データと計画面の TIN データの差分を演算することにより求める。このデータを 1Hz で出力、LPA に自動入力することで新しい MC システム（以下、開発 GNSS-MC）を開発した。切削深さのコントロールは完全に LPA のシステムに依存するので非常に高精

キーワード i-Construction, ICT の全面的な活用, マシンコントロール, 路面切削機, 舗装修繕
連絡先 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内 7484 ワールド開発工業株式会社 本社技術部 TEL 026-213-7028

度に施工することができる。施工状況を写真-1に示す。

4. 精度検証

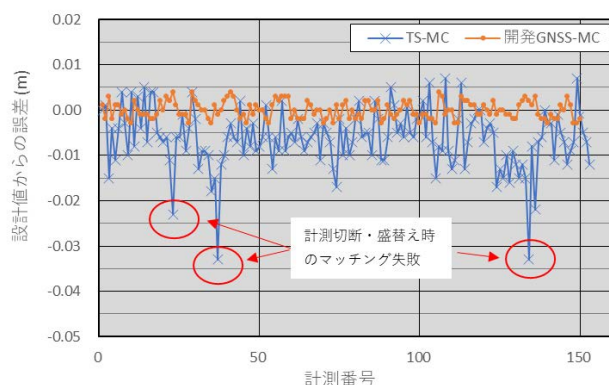
MC による計画設計面と実際の切削路面との誤差を、開発 GNSS-MC と TS-MC（使用機材は Wirtgen 社 W200）で比較した。結果を表-2に示す。また、計測箇所ごとの設計値と計測値との誤差分布を図-1に示す。これより、開発 GNSS-MC は TS-MC と比較して明らかに誤差の標準偏差が小さいことがわかる。これは TS-MC は切削機上部に取付けた地上高 4m 程度にあるプリズムの位置を測定して、間接的にその計測地点ごとに切削ドラム刃先を制御していること、プリズムは左右どちらかにしか取付けられない為、逆側はスロープセンサによる制御となることが原因であると考えられる。また、計測地点毎の制御なのでわだち掘れ等で極端にプリズムの高さに変化するような地点では機械制御が間に合わないと推察される。一方で開発 GNSS-MC は、切削機のサイドプレートと切削ドラム刃先との差分を LPA が両側それぞれコントロールして、計測位置と制御位置は同地点となっていることなどから計測位置での誤差が生じにくい。計測用のセンサは進行方向軸上の切削ドラム最下点から前後それぞれの油圧シリンダ内に設置されている。このため前方および後方の路面プロファイル変化を予測して制御でき、極端な切削厚さの変動を抑えることで精度良く切削できたものと推察できる。



写真-1 施工状況

表-2 精度検証結果

	開発GNSS-MC	TS-MC
平均誤差 (m)	0.000	-0.006
標準偏差 (m)	0.002	0.006
最大誤差 (m)	0.004	0.007
最小誤差 (m)	-0.003	-0.033
データ数	150	153



5. 結論と今後の課題

開発 GNSS-MC を使用することにより、舗装修繕工事固有の特殊な環境下でも障害がなく、さらに路面切削精度も大幅に向上することが確認された。開発 GNSS-MC の場合、TS-MC で必要となる TS の盛替え作業の人員やその為の時間ロスもないことから生産性も大きく向上する。また、開発 GNSS-MC の操作は LPA で行うことから、手動での路面切削作業の経験がある切削オペレータはシームレスに使用することができることも本システムの大きな利点である。

精度よく切削深さを制御するためには現況路面プロファイルの測量およびデータ作成がキーとなる。現状では地上設置型レーザスキャナを使用して現況路面のプロファイルを点群データとして取得している。この点群データに混在するノイズなどの不要なデータはほぼ人力での除去が必要とされる。この測量とデータ作成を効率化させることがさらなる生産性向上と技術普及への重要な課題である。また、GNSS による位置情報の測位方法は、山間部・都市部などでは上空視界やマルチパスが大きな影響を与え使用できない可能性がある。5G 通信による測位技術など、都市部等でも使用可能となるような代替技術開発も必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：建設産業の現状と課題, <https://www.mlit.go.jp/common/001187379.pdf>
- 2) 国土交通省 HP：i-Construction, <http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>