

地中レーダ探査技術を活用した 路面切削システムを開発

位置情報+舗装厚みデータによる自動制御

越村 聡 介・高山 拓 也・森 康 行

トータルステーションやGNSS測位を活用した3次元マシンコントロール技術は、飛躍的な進歩を遂げ、現在では定着した技術となりつつある。しかしその中で路面切削機のICT施工においては、事前検討が必要な事項も多く、実際には好条件の現場における適用に限定されてしまうケースが少なくない。

本稿では今回開発に至った路面切削機のマシンコントロールシステムについて紹介する。

キーワード：維持管理、路面切削、ICT、マシンコントロール、コンクリート床版

1. はじめに

近年は新設工事と比較し、予防保全のインフラメンテナンスをはじめとした修繕工事が増加基調にある。また、舗装工事におけるICT技術は飛躍的に進歩し、現在では一般的な技術として幅広く活用されている。しかしながら、路面切削機のマシンコントロール技術（以下、MC技術）については、運用の難しさ等から導入メリットが見出せず、敬遠しがちな施工者も少なくないのが現状である。

この状況に対応すべく、昨今ではトータルステーション（以下、TS）を使用せず、GNSS測位のみで施工可能な制御システムも開発・展開されている。これにより、敬遠されがちであった施工開始前のTSの設置などの煩わしさが大幅に解消された。しかし、道路工事における路面切削はその他にも問題を抱えている。例えばコンクリート床版橋（以下、RC床版）の修繕工事における舗装切削では、橋梁の強度により上部工にたわみが生ずること等から、従来のシステムのみでは高さ（切削深さ）制御が困難であることが分かっている。

そこで、今回、橋梁上に敷設された既設舗装版の厚みを地中レーダ（写真—1）で計測し、施工データに反映することで、設計深さ（厚み）通りに切削を行うことが可能なシステム（以下、当該システム）の、ベース機の開発に至った。本稿では、当該システムについての概要、および今後の展開について報告する。



写真—1 地中レーダ探査機

2. 背景および開発経緯

(1) 路面切削におけるMC技術の問題点

(a) 遮蔽物の影響による施工の中断

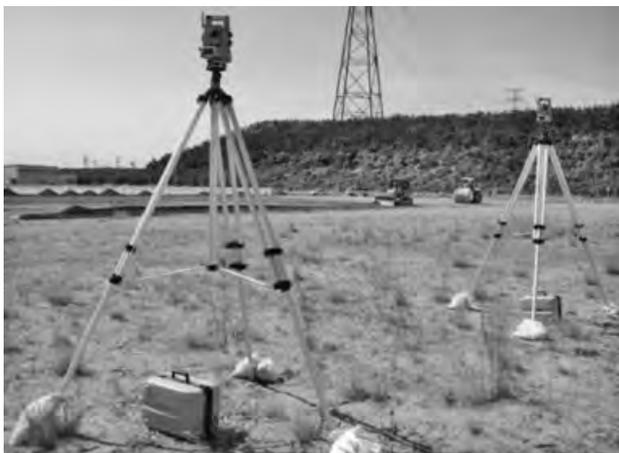
前項で述べた通り、切削工におけるMC技術についてはいくつかの課題がある。例えば自動追尾式TSを使用した場合、交通車両や街路樹、標識などが遮蔽物となり、自動追尾が停止し、施工が中断する事象も確認されている（写真—2）。従って、設置場所の入念な事前検討や、後続の路面清掃車などによる追尾の遮断を防止するため、高所に器械を設置可能な特殊機材等が必要となる（写真—3）。

(b) TSの盛替えによる時間ロス

通常のMC技術と同様、路面切削機においても、施工距離に応じてTSを盛替えていく必要がある。路面切削機は、他の施工機械と比較して施工速度が速く、約10分間で100m以上進むケースもあり、1日



写真一 市街地における MC 施工の状況



写真二 TS 設置状況

当たりの施工延長も長い。従って TS の盛替え作業等に人・手間を要していた。

(2) RC 床版上の舗装切削における問題点

RC 床版の出来形規格値は、基準高 ± 20 mm となっている。従って、実際に切削を行うまでは、RC 床版上の既設舗装の厚みを把握することは不可能である。切削ドラムが既設舗装版より深く入り過ぎた場合、床版の母体を傷付け、強度を減退させてしまうことが懸念されるため、数回の行程に分けて切削を行わざるを得ない。また、橋梁の強度にもよるが、路面切削機やダンプトラックの重量により上部工がたわみ、標高が数 cm 単位で変動するため、品質への影響も懸念される。従って、標高値を基準とした設計データを使用する方法では、所定の品質を得るのは困難であった。

3. 当該システムの紹介

(1) データ作成から施工までの流れ

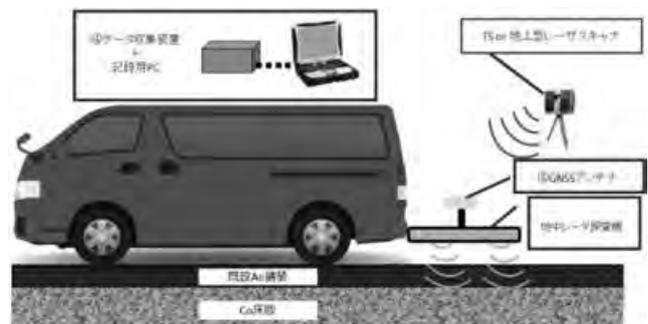
通常の MC 施工は、位置情報および標高のデータ

を基に施工データを作成するが、当該システムは標高の代わりに舗装版の厚みデータにより切削ドラムの高さを制御する。切削オーバーレイの場合、切削深さは標高値から計画高を減じた値が舗装厚となる。一方、RC 床版の既設舗装版における切削の場合は、地中レーダにて計測した舗装厚がそのまま制御に使用可能なデータとなる。

データ作成から施工までの手順は、「事前計測作業」と「施工」に大きく分けられる。事前計測作業では、切削オーバーレイ、RC 床版共に TS、もしくは地上型レーザスキャナ（以下、TLS）を使用した現況観測を行う。切削オーバーレイの場合、計測した現況観測データ、および計画高を使用し、2つの TIN メッシュデータを作成する。一方 RC 床版の場合は、現況観測データおよび、地中レーダにて計測した舗装厚のデータを使用し、同じく 2 面の TIN メッシュデータを作成する。最後に、それぞれ作成した 2 面のメッシュデータを制御 PC に取り込み、施工を行う、といった流れである。地中レーダによる計測のイメージを図一 1 に、計測状況を写真一 4 に示す。

(2) システム構成

当該システムの構成を写真一 5 に示す。



図一 地中レーダによる事前計測



写真三 計測状況



写真—5 システム構成

①制御 PC

各機器からの情報を集約し、アクチュエータに制御信号を送信する。

②GNSS アンテナ

取得した位置情報を制御 PC へ送信する。

③レーザー距離センサ

路面切削機の切削ドラムから路面までの距離を計測し、制御 PC へ送信する。

4. 精度検証試験

当該システムの施工精度を検証するため、下記の要領で試験施工を実施した。試験施工の概要を表—1に示す。

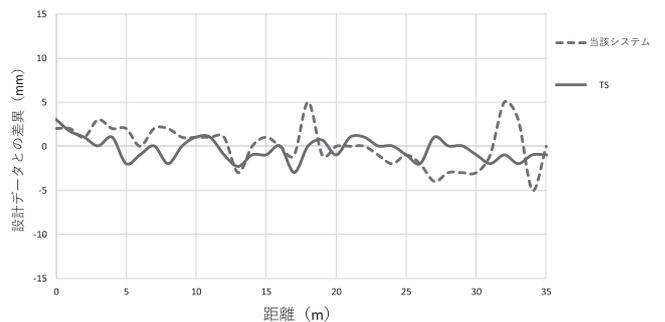
表—1 試験施工概要

使用機械	大型路面切削機 (ホイール式)
	スキャニングトータルステーション
	GNSS アンテナ, レーザー距離計, 傾斜センサ
施工面積	施工面積 150 m ² (延長 30 m × 幅員 5 m) 平均切削深さ 45 mm

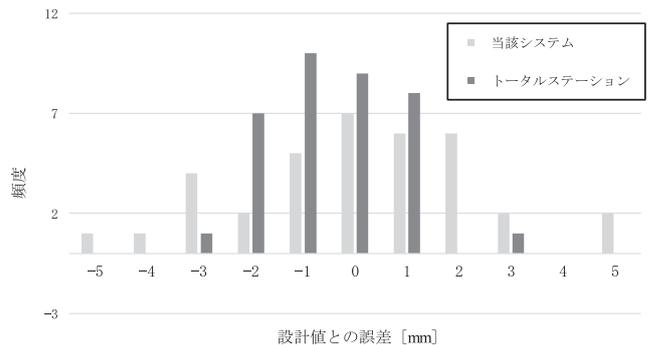
路面切削機はホイール式の大型切削機を使用し、スキャニングトータルステーションにより現況路面の事前計測を行った。また、TS による MC 施工との精度比較を行うため、今回は切削オーバーレイを想定した試験とした。計測した現況路面および計画設計データはそれぞれ 20 cm 角の TIN メッシュデータに変換し、2 面の設計データを制御 PC に取り込んだ。

5. 試験結果

当該装置を使用した場合と、TS 制御による MC 施工の 2 ケースにおいて、路面切削を行った。測定結果を図—2に、施工精度比較を図—3に示す。施工精度のばらつきに関しては予測通り、若干 TS による MC 施工の方が良好な結果を得られる結果となったが、測定結果をみると、TS とほぼ同等の精度を得られていることが確認できた。また、標準偏差は、当該装置が 2.28 mm, TS 制御が 1.28 mm であった。



図—2 測定結果



図—3 施工精度比較

6. まとめ

従来の路面切削における MC 施工の課題を抽出し、今回開発を行った当該システムで、切削オーバーレイを想定した精度検証試験を実施し、良好な結果を得ることができた。

当該システムは、次のステップである、RC 床版における路面切削のベースとなるシステムであり、現在も改良を進めている状況である。

7. 今後の展開

(1) 制御システムの改良

RC 床版は、通常の道路を対象としたコンクリート舗装とは異なり、路面には凹凸が目立つ。そのため、

作成したデータ通りに施工を行った場合、路面の凸部と路面切削機のビットが接触し、床版を傷めてしまう恐れがある。

当該システムは、2面の設計データから、施工エリア全域の舗装厚を制御PC上で把握することが可能である。従って、事前計測にて取得した既設舗装版の表面の凹凸性状と、同位置における舗装厚から作成した設計データ、および切削ドラムの現在の位置を照合することで、切削幅内部におけるRC床版の凹凸性状も考慮しながら、正確な切削深さを導き出すことが可能であり、現在もシステムの改良を行っている。

(2) 地中レーダによる計測データの蓄積

地中レーダで得られるデータの波形は、アスファルト混合物の種類や劣化の程度により反射強度も異なるため、若干差異が生じる。現時点においてはそのデータ数が少ないため、今後も積極的にデータ収集を行い、精度を高めていきたい。

8. おわりに

i-Constructionの推進に伴い、道路建設におけるICT技術は著しく進歩しているが、それらのシステムを使いこなせる労働者が不足しているのも現状であ

る。そのため、システムの利便さはもちろん、実際に使用するオペレータの馴染みやすさという面も重要であると考ええる。そういった面では、建機のエンジン始動後、自動制御のスイッチ操作のみで施工が開始できる、というのも当該システムの魅力であるといえる。今後とも、新たなニーズや課題を抽出し、さらなる改良を行うことで、将来技術の一助となれば幸いである。

JCMMA

【筆者紹介】

越村 聡介 (こしむら そうすけ)
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部
課長代理



高山 拓也 (たかやま たくや)
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部 機械技術センター
主任



森 康行 (もり やすゆき)
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部 機械技術センター
主任

