

29. 舗装工事における各種 ICT 機器を用いた施工と 施工性能評価について

前田道路株式会社

○ 宇田川 健治
古島 勝
菊地 重徳

1. はじめに

弊社では、モーターグレーダ、ブルドーザ、アスファルトフィニッシャ、スリップフォームペーパー等の情報化施工に積極的に取り組んでいる。

今回、東京都内のアスファルト舗装工事現場において、TS（トータルステーション）式ブルドーザを用いて路床工～上層路盤工、TS式モーターグレーダを用いて上層路盤工、GNSS（汎地球測位航法衛星システム）式アスファルトフィニッシャを用いて基層工、超音波式アスファルトフィニッシャを用いて表層工の施工を行った。

施工後、レーザ式縦断プロファイラを使用し、各層（下層路盤工、上層路盤工、基層工、表層工）で平坦性・IRI（国際ラフネス指数）の測定を行い、施工性能及び品質を確認した。

また、非破壊式アスファルト舗装密度の測定も行ったので、その概要も報告する。

2. 目的と概要

2.1 目的

当現場では路床工、下層路盤工、上層路盤工、基層工、表層工全てにおいて、情報化施工機器（表-1）を利活用した施工を行った。施工後に、レーザ式縦断プロファイラによる平坦性測定、国際ラフネス指数（IRI）の測定、非破壊式アスファルト舗装密度の測定による、施工性能評価を行う。

表-1 情報化施工機器

工 種	施工機器
路床工	TS式ブルドーザ
下層路盤工	TS式ブルドーザ
上層路盤工	TS式ブルドーザ
上層路盤工（仕上げ）	TS式モーターグレーダ
基層工	GNSS式アスファルトフィニッシャ
表層工	超音波式アスファルトフィニッシャ

2.2 各自動制御機器の概要

(1) TS 式ブルドーザ、モーターグレーダ

TS 式は、近年舗装工、路盤工等に適用され始めている三次元マシンコントロール技術の1つである。重機制御のための計測技術にトータルステーション(TS)を利用するため、高精度な高さ精度が得られ、舗装工、路盤工等の仕上げ精度が要求される作業に最適なシステムである。TS 式のシステム概要を図-1 に、主要諸元を表-2 に示す。

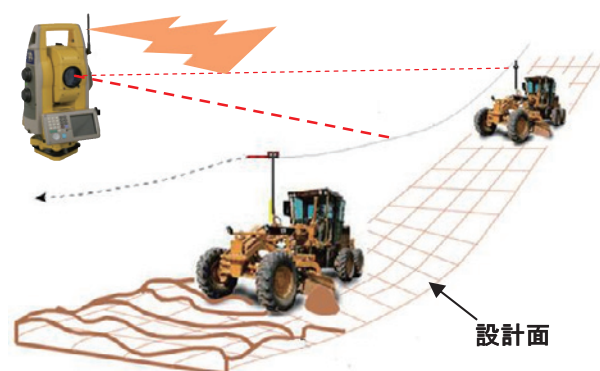


図-1 TS式概要

表-2 TS式主要諸元

最大追尾速度	85° /秒
測距範囲	1000m(全周プリズム)
測距精度	ファストコース ± (30mm+2ppm×D) m. s. e.
表示単位	10mm
測距時間(初回)	約 0.04 秒(2.5 秒)
測角方式	アブソリュート測角方式
測角精度	3"
無線機能	約 300m
使用時間	連続追尾：約 3.5 時間
国土地理院登録	2 級 A トータルステーション

(2) GNSS（汎地球測位航法衛星システム）式アス

ファルトフィニッシャ

GNSS 式は、近年舗装工、路盤工等に適用され始めている三次元マシンコントロール技術の1つである。重機制御のための計測技術に GPS (アメリカ合衆国製) 及び、GRONASS (ロシア連邦製) などの人工衛星を使用している。測位方式にはリアルタイムキネマティック測位方式 (RTK 測位方式) を採用し、水平精度±数cmを確保している。また、高さ方向に幅を持つ回転レーザを併用することにより、高さ精度を mm 単位で設定することが出来る。GNSS 式のシステム概要を図-2 に、主要諸元を表-3 に GNSS 式基地局設置状況を写真-1 に示す。

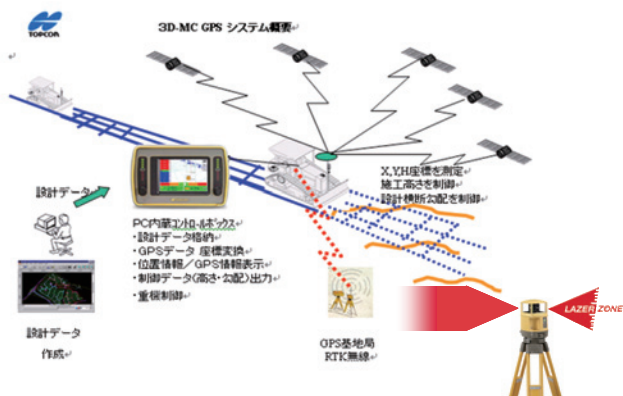


図-2 GNSS 式概要

表-3 GNSS 式主要諸元

RTK 観測	受信衛星	GPS (24 衛星) アメリカ GLONASS (現在 14 衛星) ロシア
	受信衛星数	最大 20 個
	データ出力	10Hz
	水平精度	± (10mm+1.5ppm×D) m. s. e.
レ ー ザ	使用範囲	±10° (5~30m) ±5m (30~300m)
	高さ精度	分解能 1"
	回転数	600min ⁻¹
	チャンネル	4ch
設定単位		1mm

(3) 超音波式アスファルトフィニッシャ

超音波式は、3次元設計データに基づいた制御ではなく、超音波センサによりロープ、縁石、既設路面などの基準高までの距離を測定する。測定したデータはコントロールボックスへ送られ、スクリーンを自動制御する。超音波式の取り付け状況を、写真-2 に、主要諸元を表-4 に示す。



写真-1 GNSS 式基地局設置状況



写真-2 超音波式取り付け状況

表-4 超音波式主要諸元

検出範囲		0.4m~1.0m
検出分解能		0.7mm
超音波	発信音の広がり	直径 15cm at60cm 直径 25cm at90cm
	温度補正	温度センサ、温度補正金具
	反射面寸法	φ=3mm 以上
	反射面角度	± 4° 以内 (鏡面) ±10° 以内 (散乱面)
制御範囲		±3cm (標準)
設定単位		1mm

3. 施工性能評価方法

3.1 工事概要

本検証は、東京都内のアスファルト舗装工事現場で実証した。

3.2 施工性能評価方法

今回の施工性能評価方法は、3つの指標 (平坦性、IRI、テクスチャ) を同時に測定することが出来るMRP2000を使用し、平坦性 (3mプロファイルメー

タによる方法)測定と、国際ラフネス指数 (IRI)、を測定した。又、非破壊式アスファルト密度測定機 (PQI302) による密度測定を行った。

(1)舗装路面の平坦性測定

3 mプロフィールメータにより、平坦性を測定する。

(2)国際ラフネス指数 (IRI)

国際ラフネス指数 (IRI) は、1986 年に世界銀行が提案した路面のラフネス指標で「2 軸 4 輪の車両の 1 輪だけを取り出した仮想車両モデルをクォーターカー (図-3) と呼び、このクォーターカーを一定の速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比 (m/km または mm/m) を、その路面のラフネスとする」と定義され、各国で採用されており、我が国においても、高速道路における平坦性の評価に優れる IRI を新たな平坦性の指標として採用されている。

又、今回の路面の凸凹等の測定方法と IRI の算出方法は、縦断プロフィール測定装置で縦断プロフィールを測定し、QC (クォーターカー) シミュレーションにより IRI を算出した。

図-3 にクォーターカーモデルを示す。

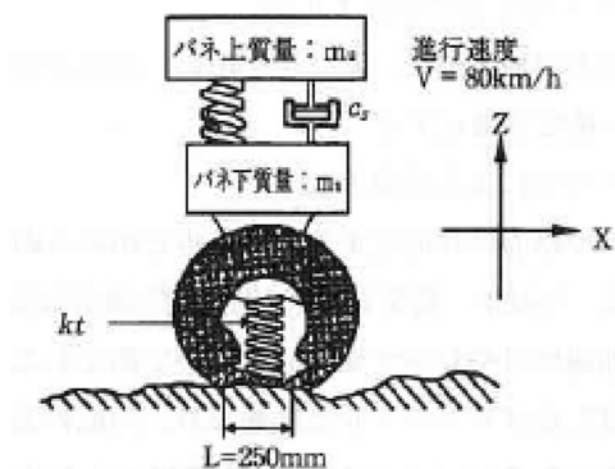


図-3 クォーターカーモデル



写真-3 PQI301 測定状況

(3)アスファルト舗装密度測定器(PQI301)

PQI301 は、測定面 (底面) より電磁波を出し、設定した舗装厚さの密度を約 3 秒で測定できる。コア採取することなく測定することが出来るため、施工管理、監督の簡素化を図ることが期待できる。PQI301 の測定状況を、写真-3 に示す。

4. 結果と考察

4.1 検証施工の実施

TS 式ブルドーザによる施工状況を写真-4 に、GNSS 式アスファルトフィニッシャーによる施工状況を写真-5 に示す。各制御機器により舗設された路面は、良好な仕上がりであった。



写真-4 TS 式ブルドーザ路盤施工状況



写真-5 GNSS 式基層施工状況

4.2 各種試験結果

(1)舗設路面の平坦性

MRP-2000 による平坦性測定結果を表-4 に測定状況を写真-6 に示す。

(2)国際ラフネス指数 (IRI)

MRP-2000 による IRI 測定結果を表-5 に示す。

表-4 平坦性測定結果

上層路盤工	$\sigma=2.68\text{mm}$
基層工	$\sigma=1.96\text{mm}$
表層工	$\sigma=1.10\text{mm}$



写真-6 MRP-2000 測定状況

表-5 国際ラフネス指数測定結果

上層路盤工	4.73
基層工	2.54
表層工	1.77

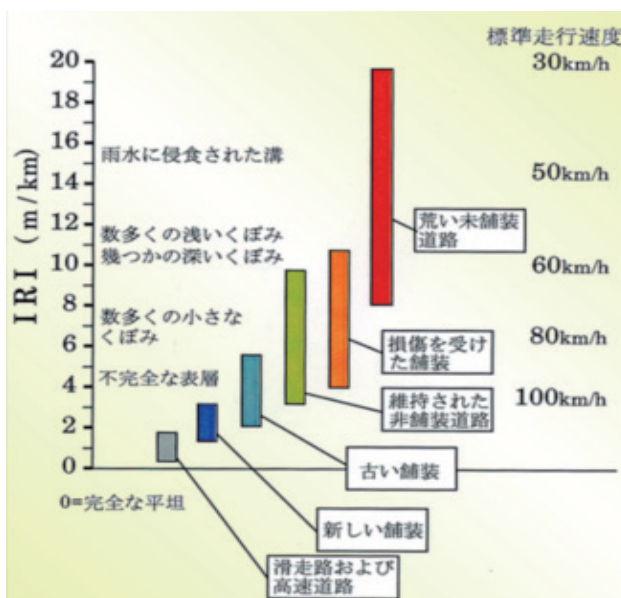


図-4 路面性状とラフネスの関係

(3)アスファルト舗装密度測定器(PQI301)

PQI302 による、現場密度の測定結果は、コア供試体の採取による密度の測定結果と同等の測定結果が得られた。

4.3 考察

(1) 情報化施工による、品質の向上

3D-MCなどの情報化施工機器を用いて施工

することにより、従来工法と比較すると均一で高精度な品質が得られる。

(2) 情報化施工による、品質の確保、管理の効率化

現在、舗装工事における出来形、品質管理では、コア供試体により、舗装厚さ、現場密度の測定、アスファルト量などの現場試験が行われている。

しかし、コア供試体の採取方法や、コアの穴の埋戻しが適切でないと、そこから舗装が破損することがあり、舗装のライフサイクルコストを低下させている。

そこで、「施工管理データを搭載したTS（トータルステーション）による出来形管理」や、PQI301などの非破壊でアスファルト舗装の出来型、品質管理を行う手法を採用する事により、施工現場でコア採取することなく出来形、品質管理を行うことが出来ると考えられる。

4.4 今後の課題

情報化施工機器は、高精度な仕上がりが得られるが、次のような課題もある。

①初期導入コストが高い。

②システムを取り扱う専門知識を有した技術者が必要。

4.5 まとめ

情報化施工により、施工の効率化や施工精度が確保できる。TSによる出来型管理、非破壊式アスファルト舗装密度測定器等の採用により、施工管理、監督の効率化を図ることができる。

5. おわりに

近年、地球温暖化問題が大きく取り上げられ、情報化施工による施工効率の向上が、CO₂の発生低減につながると期待されている。また、少子高齢化による、熟練オペレータ不足の適応策としても、期待されている。しかし、情報化施工を構成する主要技術は、機械制御技術、油圧制御技術、TS・GNSSによる測量・測位技術、3次元設計データを扱う情報利用技術など、多岐にわたる。そのため、システムを取り扱う技術者の育成が急務である。弊社では、生産性の向上、高精度な施工を実現する情報化施工を様々な現場で利活用していきたいと考えている。

最後に、今回の検証施工に多大なご協力を頂いた発注者、現場担当者、(株)トプコン販売、(株)クマタカエンジニアリング、西尾レントオール(株)殿に、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 舗装調査・試験法便覧，社団法人 日本道路協会，平成19年6月
- 2) 情報化施工推進戦略，国土交通省，平成20年7月31日