

3 7. 舗装工における建設機械の位置情報技術を利用した 施工・施工管理の提案

国土交通省 関東地方整備局

金澤 哲也

国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所

○坂本 鋼三

1. はじめに

国土交通省では、位置把握技術、通信技術、情報処理技術等の IT（情報技術）を建設生産に適用して施工に係わる情報の効率的利用を図ることで、施工の効率化、安全性の向上、品質の確保、環境保全の向上と、監督・検査業務の改善を目指した情報化施工の推進を図ってきた。本報文は、公共事業に占める割合の高いアスファルト舗装工を対象に IT を組み合わせた施工・施工管理手法を構築し、試行工事を行った結果について報告するものである。

2. 現行の施工・施工管理方法

舗装工の施工管理項目は、出来形と品質である。出来形については、下層路盤までは、基準高さに対する仕上がり高さの管理が、その上位の上層路盤から表層までは厚さの管理が必要である。路盤の仕上がり精度が基層・表層の出来形と品質に直接影響するため、現行の施工法では、路盤の施工精度を保つため、仕上がり高さの目標となる丁張りを多く設置し、モータグレーダによる整形と高さ検測の繰り返し作業を行っている。このため、路盤整形作業には多くの労力と時間を要し、さらに、仕上がり高さの目標がない丁張り間はオペレータの高度な技能が要求される。

また、舗装施工後の出来形・品質確認においては、掘り起こしやコア抜き等の破壊検査が行われているが、この手法では施工面に対して点的な管理となることや、既に締固めた舗装を破壊することにより局所的な舗装の品質低下を招くという問題がある。

3. 適用した情報化施工システム

現行の施工・施工管理手法の問題点を解決・改善す

るため、図-1 に示す IT を利用した情報化施工システムを構築し、その利活用マニュアルとして「舗装の情報化施工要領（試案）」を作成した。そして写真-1 に示す 2 現場で運用した。以下にシステムの概要を説明する。

A 工事



B 工事



写真-1 試行工事対象現場

3.1 三次元重機制御グレーダシステム

光通信機能を備えた自動追尾トータルステーション(以降、自動追尾 TS という)と、道路線形の設計データを入力したコントロール用 PC(自動追尾 TS と直結)及びグレーダ側に設置された各種センサ、油圧制御部等で構成されている。本システムの主な特徴は下記のとおりである。

- ① 光通信機能付きの自動追尾 TS を用いて、施工中、常にブレードの位置を追尾、測定できる。
- ② 自動追尾 TS に直結しているコントローラよりブレードの現在位置における設計高さ・横断勾配を、リアルタイムで出力できる。
- ③ 自動追尾 TS に内蔵された光通信装置により重機側のレーザセンサにブレードの設計高さおよび横断勾配を送信し、ブレードが設計どおりの位置になるよう自動制御できる。

3.2 締固め回数管理システム

本システムは、締固め機械の走行位置座標を RTK-GPS で取得し、締固め対象物の品質を施工と同時に、かつ連続的に締固め回数で管理するものである。システムは、締固め機械に搭載した RTK-GPS 移動局とパソコン（以降、車載 PC という）、RTK-GPS 基地局、無線機等で構成されている。本システムの主な特徴は下記のとおりである。

- ① 施工中、締固め機械の平面位置を、数 cm の精度で連続的に計測できる。
- ② 施工中は、締固め範囲を一边が 0.25m の正方形のメッシュに分割した管理ブロック毎に、締固め機械が通過した回数を自動的にカウントできる。
- ③ 上記の締固め回数を、施工中、車載モニタに表示することにより、オペレータは締固め作業の進捗状況を面的に把握できる。

3.3 三次元座標計測システム

設計データや施工管理データを搭載し、計測対象

点の三次元座標を出力できる光波測距儀（以降、TS という）およびデータコレクタで構成される。指定した平面位置にターゲットを誘導する機能を有し、各層の仕上がり高さを定点計測できる。試行工事では、この機能を用い各層の締固め作業終了後に、指定する管理点の三次元位置座標(x,y,z)を、TS を用いて測量し、z 座標の差から路盤・基層・表層の層厚を求めた。

4. 試行工事の結果

情報化施工と現行施工の比較のため、2 現場で試行工事を実施した、確認された情報化施工の導入効果を以下に紹介する。

4.1 路盤整形作業の効率化

現行施工では、モータグレーダによる路盤整形作業と、写真-2 に示すような丁張りを利用した出来形確認作業を、多数回繰返ししながら路盤を目標高さに近づける。一方、情報化施工では写真-3 に示すように、路盤面を整形するブレードの高さを自動制御し

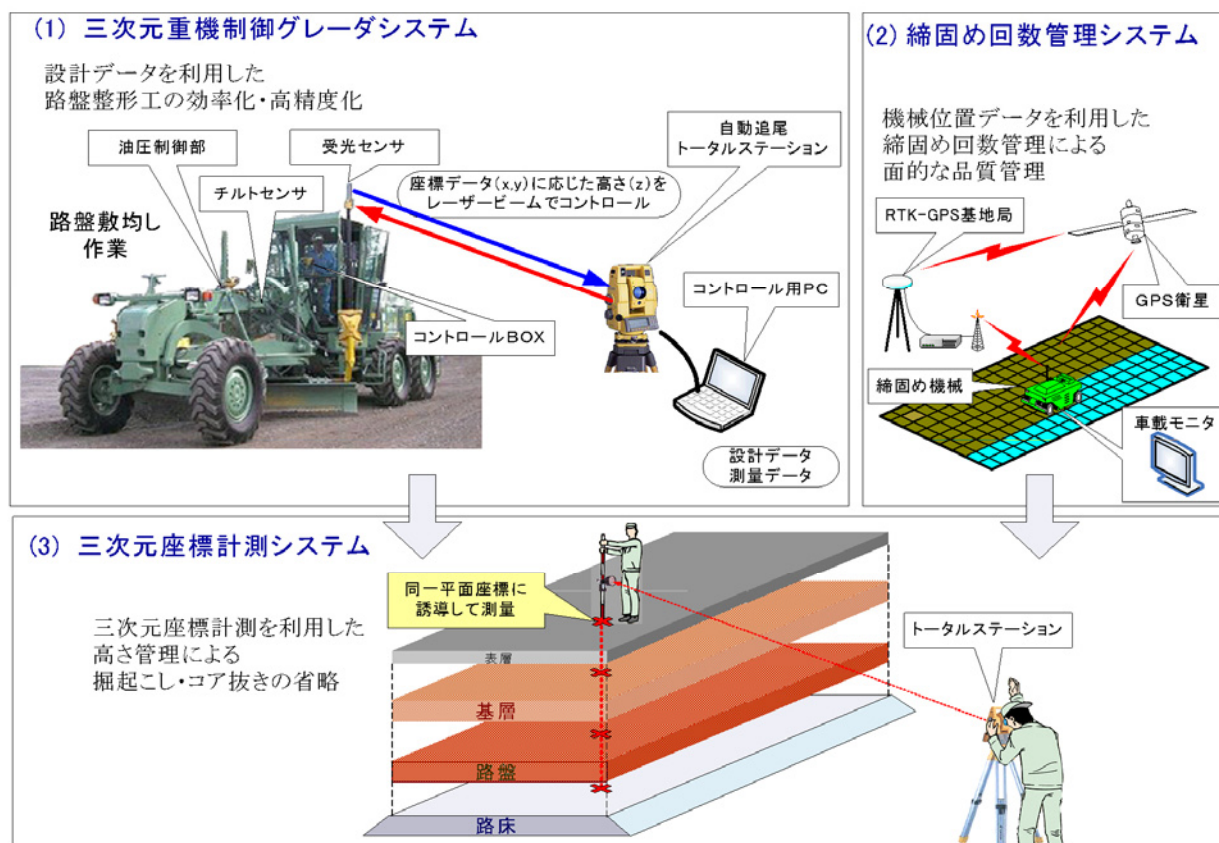


図-1 舗装工の情報化施工システム

て、目標高さに仕上げることから、出来形確認のための施工中断を低減でき、また表-1 に示すように短時間で仕上げ作業が完了する。現行施工と比較して作業効率が、A工事では 46%、B工事では 84%向上した。B工事の方が作業効率の向上率が大きいのは、A工事よりもB工事の道路線形の方が複雑であったため、情報化施工の効果がより顕著に表れたものと考えられる。



写真-2 現行施工による路盤の出来形確認



写真-3 情報化施工の路盤整形作業

表-1 作業効率の比較

項目	作業面積 (m ²)	施工区分	作業時間 (hr)	作業能力 (m ² /hr)	作業能力比 ①/②
A工事	900	①情報化施工	3	300	1.46
		②現行施工	4.4	205	
B工事	1,350	①情報化施工	5.4	250	1.84
		②現行施工	9.9	136	

4.2 環境負荷の軽減と安全性の向上

路盤整形作業の効率向上により約30～40%の燃料消費が削減され、環境負荷が軽減した。また重機周りの出来形確認作業を軽減し安全性が向上した。

4.3 出来形精度の向上

ブレードの上下動と横断勾配を設計どおりに自動制御する機能により、路盤の施工精度が向上した(図-2、表-2 参照)。その結果、情報化施工区間の表層の平坦性が向上した。また、施工時間は精度が向上しながらも前項で記したように短時間であっ

た。路盤の施工精度の向上は、材料費が高い基層・表層の材料ロス軽減に繋がるものと考えられる。

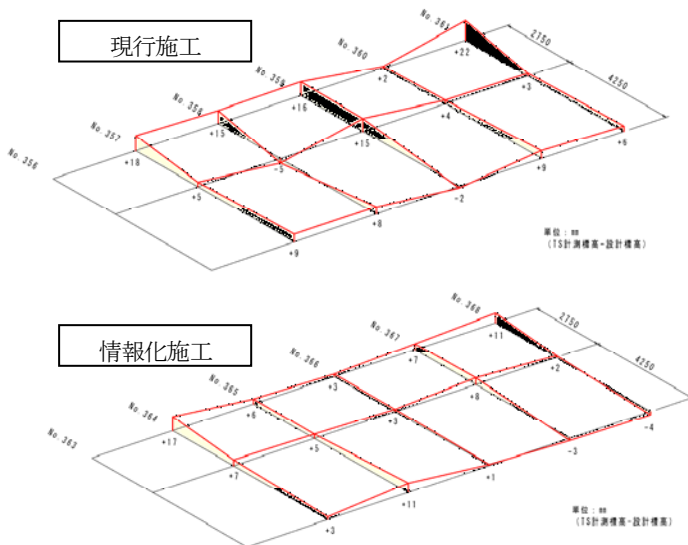


図-2 上層路盤の仕上がり精度比較

表-2 設計値と仕上がり値の比高(単位: mm)

区分	平均値	標準偏差	最小値	最大値
現行施工	8.3	6.4	2	22
情報化施工	5.1	4.3	1	17

4.4 施工品質の均一化

図-3は、幅約8m×延長約100mの施工範囲を分割した管理ブロック毎に求めた、累積締固め回数を色分け表示した締固め回数分布図である。同図より、オペレータが締固め回数をカウントする現行施工の場合は、規定の締固め回数に満たない範囲(黒く着色された以外の部分)が存在し、その割合は路盤及

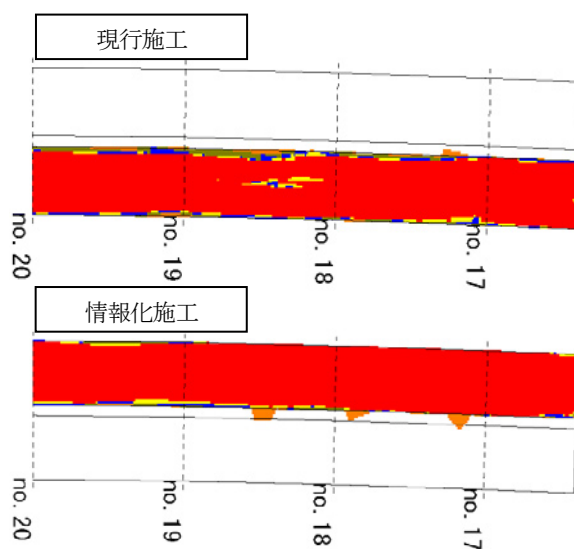


図-3 締固め回数分布図

び基層・表層とも施工範囲全体の4～10%程度であった。一方、車載PCのモニタで締固め回数を連続的に管理する情報化施工では踏み残しがほとんどなく施工範囲の全面が均一に締固められおり、全ての密度計測箇所で規格値を満足する結果が得られた。

4.5 新たな出来形管理手法

図-4はTSによる定点測量で得られた基層・表層の仕上がり面の標高から算定した舗装厚と、この定点測量位置で採取したコア寸法との差を示したものである。同図より、TS測量による層厚とコアの層厚では、最大で約6mm、平均で約0.93mmの誤差が生じた。しかし、コア測定においても寸法測定位置の違いによって2～3mm程度のばらつきがあることから、TS測量による層厚の計測は実用上十分な精度があると評価できる。なお、厚さだけでなく幅員についても舗装の左右端の2点で平面座標を計測し、この座標差から求めることができた。

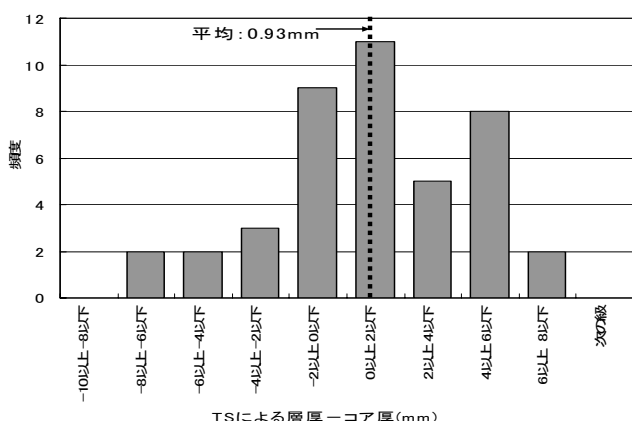


図-4 TS計測とコアによる計測値の差

4.6 監督・検査業務の改善

現行の監督・検査での出来形や品質の確認は、広い面積を点で代表させた管理手法である。情報化施工における監督・検査では、自動記録データを利用し、面的あるいは多数点の出来形や品質を短時間で効率的に確認できる。また、層厚確認においては、TSに搭載した表層設計標高データと各層の標高データとの差を任意点で容易に確認できる。監督職員は、この機能を活用し、適正な舗装厚を確保できることを事前に確認することが可能である。このような監督・検査手法は、良好な品質を確保するため有効なものと考えている。

4.7 コスト削減

舗装工に情報化施工を導入した場合のコスト削減効果について、概略の試算(直接工事費)を行った。

(1) 路盤工

作業効率の向上が約50%期待できる反面、モータグレーダ及びローラと組み合わせるIT機器費の増分を計上する必要がある。このため、現状においては現行施工とほぼ同等の費用がかかる。

しかし、情報化施工の普及に伴うIT機器の低価格化や施工管理の合理化あるいは工期短縮に伴う間接費の削減が期待できる。これらの事項を含めたコスト削減効果については、今後検証を進めていく。

(2) 基層・表層

基層・表層の作業効率は現行施工と大きな差がない。したがって、直接工事費だけに着目した費用比較では、ローラと組み合わせるIT機器の費用が増分となる。

5. 今後の課題

ITを組み合わせた舗装の情報化施工の施工・施工管理上の課題として、以下の事項が挙げられる。

(1) 3次元CADデータの流通

三次元重機制御グレーダシステムの制御データは、設計図書の線形計算書等を元に、手入力で作成した。しかし設計図書は、元々設計者が3次元CADで作成している場合が多い(発注者への納品時、2次元に変換されてしまう)。したがって、設計者から施工者に直接、3次元CADデータが渡される環境を整備し、制御データ作成に費やされる時間・労力を削減する必要がある。

(2) 多点管理に対応した施工管理基準の策定

情報化施工によるTSを利用した、多点での面的な層厚管理となるため、これに対応した適切な管理基準および規格値の策定が必要である。

6. おわりに

今後は、さらにフィールド試験を実施し、データの蓄積と試案の再検証や従来施工との比較検討などを行い、ITを利活用した「舗装の情報化施工管理要領(案)」の策定に向けた検討を行っていく予定である。