

21. 舗装検測作業の省力化に向けたデジカメ測量技術の開発

(株) NIPPO 総合技術部生産開発センター ○ 其田 直樹
 同 相田 尚
 同 梶原 寛

1. はじめに

わが国では、i-Construction の取組みにより、2025 年までに建設現場の生産性を 2 割向上させ、魅力ある建設現場の実現を目指すことが推進されている。中でもトップランナー施策の一つである「ICT の全面的な活用」は、施工会社にとって関係の深い施策である。「ICT の全面的な活用」とは、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを一貫して使用する ICT を全体的に導入することであり、建設現場の抜本的な生産性の向上を図ることをその目的としている。

2017 年度から導入された ICT 舗装工では、事業フェーズや目的に応じて段階的に取組みが進められている。路盤工における MC グレーダと地上型レーザスキャナーによる出来形面管理が ICT 舗装工の第一段として導入され、施工管理の生産性向上への取組みに大きな注目が集まっている¹⁾。しかし、道路規制時間に制約を有する舗装修繕工事への適用は、データ取得や解析に費やす時間の関係上、導入には慎重にならざるを得ない。

道路舗装工事の大半を修繕工事が占める昨今において、舗装修繕工事に対応した省力化・省人化技術の導入は喫緊の課題である。本報告は、今般開発した舗装修繕工事の出来形検測作業に対応したデジカメ測量技術の概要と開発要求事項における検測結果について述べるものである。

2. 開発の背景

従来、舗装修繕工事では、工種毎の高さや幅の仕上がり確認のため、水系による下がりとメジャーによる幅の検測を実施している。この検測作業方法は数十年に渡り同様の方法を用いている。写真-1 に、水系下がり検測確認状況を示す。ここでは、水系下がり検測に必要な人員は、撮影者 1 名、手元 3 名の計 4 名であることがわかり、水系下がり検測と同時に施工幅員の検測も行っている。この検測作業を現場の決められた工事測点毎に素早く

正確に行うことが次工程への円滑な移行に繋がるものである。また、計測した測定値はメモを取り、施工担当者が事務所に戻った後、速やかにその日の出来形を帳票にしており、このような事務所での内業も効率化が求められている。さらに、計測精度において、切削オーバーレイ工の規格値²⁾は、表-1 に示すとおりミリメートル単位であり、高精度な計測精度を要求されるため、水準測量と同程度の精度を有した計測手法が求められる。



写真-1 水系下がり検測状況

表-1 切削オーバーレイ工の規格値

		単位：mm	
工 種	測定項目	規 格 値	
		個々の測定値 (X)	平均の測定値 (X ₁₀)
切削オーバーレイ工	厚さ t (切削)	-7	-2
	厚さ t (オーバーレイ)	-9	
	幅 W	-25	

3. 技術の概要

本開発技術では、計測精度確保の観点から、フォトグラメトリ技術(デジカメ測量技術)を採用した。フォトグラメトリ技術とは、3次元の物体を複数の観測点から撮影して得た2次元画像から、視差情報を解析して寸法・形状を求める写真測量技術のことである。本開発技術の機材構成を写真-2に示す。デジタルカメラは、一般に入手可能な市販の一眼レフカメラを選定した。また、この特殊なターゲットは、表面に独自の配列を持った模様が施されており、各々の配列によって役割が付与されている。



写真-2 機材構成

4. 開発における検討事項

4.1 撮影枚数とターゲットサイズの選定

本開発技術は、フォトグラメトリ技術を採用していることから、計測対象を複数の観測点から撮影する必要がある。そのため、計測エラーを起こさない必要撮影枚数の設定とターゲット自体のサイズの屋内外の検討が必要であった。表-2に検討した計測条件と計測結果を示す。計測幅員は3.5mを想定とする。

表-2 計測条件と計測結果一覧

撮影枚数 サイズ	屋内			屋外		
	6枚	8枚	12枚	6枚	8枚	12枚
30mm	3/4	4/4	4/4	1/1	0/1	1/1
40mm	1/2	4/4	4/4	0/4	4/4	4/4
50mm	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
60mm	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4

・表内の数値は、「計測成功回数/計測回数」とする

表-2より、撮影枚数が6枚かつターゲットサイズが30mmまたは40mmの場合、計測エラーが生じた。撮影枚数を8枚以上かつターゲットサイズ

を50mm以上とすることですべての計測に成功した。したがって、撮影枚数は8枚以上、ターゲットサイズは50mm以上を選定することにした。

4.2 計測面の不陸およびターゲットの道路直角方向設置ズレによる計測誤差の検討

写真-2に示してある通り、本開発技術は下がりや幅の計測箇所に設置するターゲットの他に、水平方向と鉛直方向を算出するターゲットを設置する必要がある。そのため、ターゲットを設置する計測面の不陸の影響や道路直角方向のターゲット設置のズレの許容を検討した。図-1に計測面不陸と道路直角方向設置ズレのシミュレーションを、表-3に変位量による計測値の影響を示す。

表-3より、鉛直方向ターゲットに20mmの不陸が生じた場合の下がり値への影響は、0.1~0.3mm程度と非常に小さい。また、水平方向ターゲットに100mmの道路直角方向のターゲット設置ズレが生じた場合の幅計測値への影響も、1mm程度となり、計測精度へは大きな影響が無い。したがって、鉛直方向ターゲット設置個所に局所的な20mm程度の不陸が生じた場合や水平方向ターゲットが道路直角方向に100mm程度のズレが生じた場合は計測結果に大きな影響は無く、許容できることを確認した。

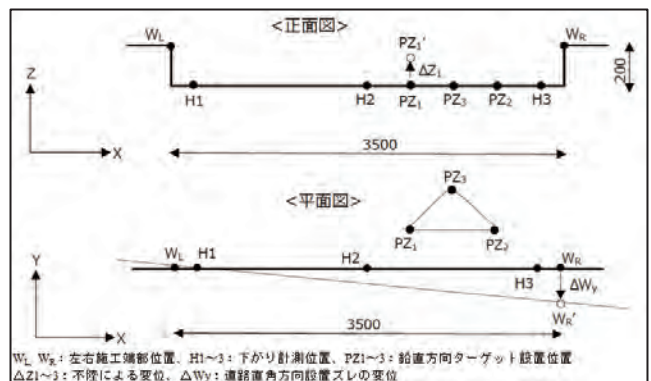


図-1 不陸と設置ズレのシミュレーション

表-3 変位量における計測値の影響

パターン	不陸やズレ量				計測値			
	ΔZ_1	ΔZ_2	ΔZ_3	ΔW_y	H1	H2	H3	W
1	0.0	0.0	0.0	0.0	200.00	200.00	200.00	3500.00
2	20.0	0.0	0.0	0.0	199.94	199.94	199.94	3500.00
3	0.0	20.0	0.0	0.0	199.94	199.94	199.94	3500.00
4	0.0	0.0	20.0	0.0	199.75	199.75	199.75	3500.00
5	0.0	0.0	0.0	100.0	200.00	200.00	200.00	3501.43

4.3 解析ソフトの仕様検討

工事測点毎に撮影された画像は、専用のソフトウェアを介して読み込み解析を現場内にて行う。

写真-3に専用ソフトウェア画面の一例を示す。

次工程への円滑な移行のためにも、迅速な計測結果の把握が必要になることから、画像の読み込みから解析をボタン一つで自動的に行い、数十秒で算出結果の確認ができるような仕様とした。ま



写真-3 専用ソフトウェア画面の一例

た、工種毎における設計の下がり値や厚さ、幅の数値を示す欄や計測値の合否判定も搭載した。この計測値の合否判定は、画像に映り込んだターゲット認識の確からしさや規格値による計測値の合否を判断させている。さらに、解析終了後は計測結果を自動的に帳票化させる仕様としている。写真-4に自動帳票化された画面の一例を示す。

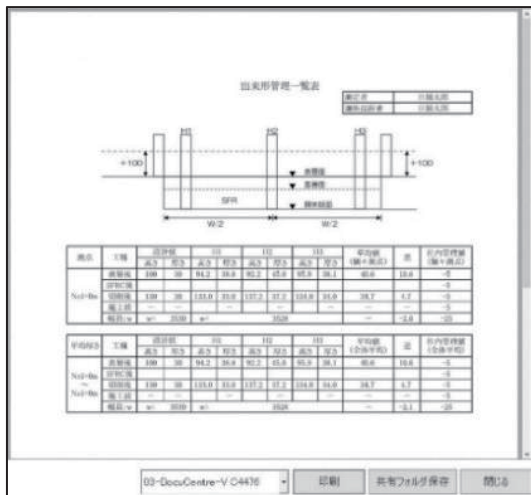


写真-4 自動帳票化された画面の一例

5. 水系下がり比較試験

本開発技術の計測値と水系下がり計測値を水準測量と比較し、路面における精度確認を行った。計測箇所は、切削面と表層面にて実施した。表-4に路面計測精度確認試験結果を示す。

表-4 路面計測精度確認試験結果

		水系下がり		水準測量	差	開発技術	水準測量	差	
				単位:mm					
切削後	1	135	134	1	133.0	134	-1.0		
	2	137	139	-2	137.2	139	-1.8		
	3	136	133	3	134.0	133	1.0		
	幅				3496	3496	0		
表層後	1	97	94	3	94.2	94	0.2		
	2	93	91	2	92.2	91	1.2		
	3	96	96	0	95.9	96	-0.1		
	幅				3556	3560	-4		
		最大	3		最大	1			
		最小	-2		最小	-2			
		平均	1		平均	0			
		偏差	1.9		偏差	1.2			

表-4より、水系下がりと本開発技術の測定値を水準測量結果と比較すると、水系下がり平均測定値の誤差が1mm（標準偏差1.9mm）に対し、本開発技術は平均測定値が0mm（標準偏差1.2mm）であった。このことは、本開発技術が水系下がり検出と同等以上の測定精度を持つことを示している。また、切削面と表層面の施工面仕上りの違いによる計測結果の変化がないことから、舗装修繕工事における代表的な工種に対応できることが確認できた。さらに、本開発技術は、下がり計測と同時に施工幅員の計測も可能であることも確認できた。

6. 現場試用

6.1 現場での流れ

本開発技術の計測方法は、写真-2で示した各種ターゲットを工事測点の路面に配置し、計測撮影を行う。水平方向兼幅ターゲットは施工箇所の両端部に設置し、下がりターゲットを計測したい箇所設置する。下がりターゲットは3箇所下がりと4箇所下がりのどちらにも対応できる仕様になっているため、現場毎の要領に従って対応が可能である。ターゲットを配置したのち、デジタルカメラにてターゲットを映しこむように撮影する。図-2に本開発技術と水系下がり検出の作業フロー比較を示す。

図-2より、本開発技術は事前の事務所作業から現場での計測作業まで一人で行うことができる。計測作業に作業人員を要しないため、別作業の進捗を妨げることがない。また、出来形帳票は自動作成されるため、施工管理後の事務所作業の削減にも期待できる。さらに、出来形帳票は、IoTの活用により現場内からインターネットクラウドにアップロードが可能である。

6.2 実施結果

共用車線の切削オーバーレイ工の現場にて、本開発技術を出来形検出として試用し、計測時間や

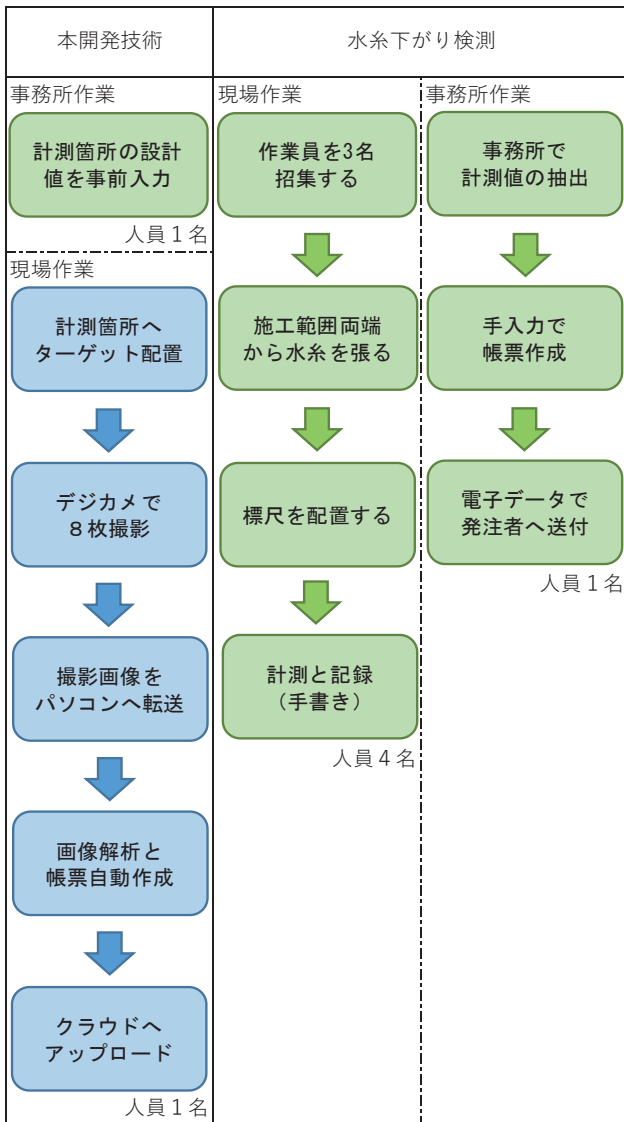


図-2 作業フローの比較



写真-5 現場試用状況 (ターゲット配置)

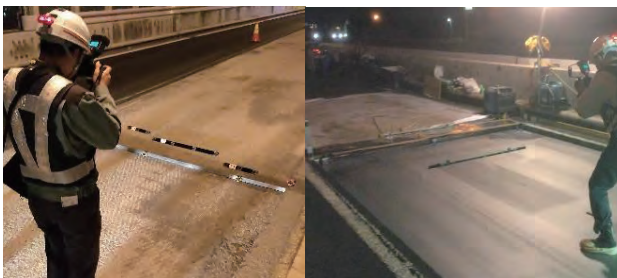


写真-6 現場試用状況 (撮影)

その場でのデータ確認等の有用性を確認した。写真-5, 6に現場試用状況を示す。

計測者1名にて、ターゲット設置1分、撮影30秒、画像読込・解析30秒、ターゲット撤去30秒、次測点への移動1分、計5分以内に実施することができ、他作業に支障を与えることなく一連の検測作業を完了した。本開発技術が切削オーバーレイ工の現場で有用であることを確認できた。

7. まとめ

本開発技術を舗装維持修繕工事で活用した場合の期待される効果を表-5に示す。

表-5 期待される効果の一覧

内容	期待される効果
一人での検測	出来形検測の省人化
(作業員不要)	施工の効率化
デジタル検測	計測精度の均一化
ソフトウェアによる一元管理	結果確認の効率化
出来形帳票の自動作成	内業の省力化
IoT活用	リアルタイムな情報共有

表-5に示す通り、出来形検測作業の省人化のみならず、検測をデジタル化することで目視による個人毎の計測数値のばらつきを抑制し、計測精度の均一化も図られる。さらに、現場内で出来形帳票の自動作成とクラウドアップロードによる情報共有により、施工担当者の事務所での内業も省力化に期待できる。

8. おわりに

道路舗装工事の大半を占める修繕工事において、本開発技術の活用により、出来形検測作業の省力化と施工の効率化、計測精度の均一化、内業の省力化に寄与できるものと考えられる。また、その場で出力した帳票はIoT活用により、発注者との情報共有の有用なツールとして活用が可能であり、舗装修繕工事の新しい施工管理手法として期待できる。施工者だけでなく発注者と連携をとった展開を図るとともに、今後さらに、本開発技術を実路面で試用し、課題抽出と改良・改善に努める所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：ICT舗装工について、2017年3月7日
- 2) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値(案)、2018年3月