



国道舗装修繕工事におけるICT活用について

(株)ガイアート 関西支店 大阪北営業所 尾本 乾

1 はじめに

現道の国道の舗装修繕工事(切削オーバーレイ工)は、日々の施工ごとに交通規制の制約がかかるため、工事日数の短縮が困難な工事である。また、準備工として起工測量および事前調査による、現況を基準とした幅員調書や縦断図および横断図の設計が求められ、路面性状調査(MCI)による路面の評価も必要となり、調査は計測から調査報告書作成までに多大な時間と労務が費やされる。

さらに車線規制が必要となり、交通規制協議等による工期の圧迫が懸念される。安全面でも、交通規制により渋滞や近隣住民等の社会的負担もかかり、交通災害のリスクが懸念される。また近年では建設業の慢性的な人材不足や、働き方改革による労働時間の改善が求められている。これらのことから、国道の舗装工事のICT活用は基準化され、舗装修繕工事においても、ICTの活用が求められている。

本報文は、ICTの活用により、舗装修繕工事における生産性の向上について報告するものである。

2 工事概要

工事名：国道163号他舗装修繕工事
発注者：国土交通省 近畿地方整備局
大阪国道事務所
ICT対象工種：舗装工(路面切削工) 18,680㎡

3 ICT活用工事(舗装修繕工)活用項目

舗装修繕工事におけるICT活用工事は、以下の5項目である。

- ① 3次元起工測量(必須)
- ② 3次元設計データ作成(必須)
- ③ ICT建設機械による施工(施工管理システム)(選択)
- ④ 3次元出来形管理等の施工管理(選択)
- ⑤ 3次元データの納品(必須)

ICT活用工事の施工段階では①・②・⑤は必須項目であり、具体的には、起工測量から路面切削の計画までが必須である。また、③・④は選択項目になっており、路面切削の3次元設計データを使用したMC切削機の使用による施工履歴データの取得や、そのデータの出来形管理は選択ができる。本工事では、必須項目のみ実施した。

選択項目を選択しなかった理由として、夜間規制での施工量の規模では省人力化が難しい。また、歩道が狭い、中分がないなど、トータルステーション(以下、TS)の設置場所を確保できない、さらにマシンコントロール(以下、MC)切削機やTSの設置・設定やTSの追尾ロスによる施工の遅延が懸念された。

以上の理由より、本工事には不適と考え、選択を断念した。

4 実施内容

① 3次元起工測量

地上レーザースキャナーと空中写真測量(UAV)による色彩補填測量併用で、起工測量を行った。

② 3次元設計データ作成

設計図書や①で測量した起工測量計測データを用いて、現況の縦断図および横断図を作成した。また、それに伴い、現況の路面に沿って計画し、3次元設計データを作成した。

⑤ 3次元データの納品

3次元出来形管理を選択しなかったため、②の3次元設計データを納品することとした。

4-1 地上型レーザースキャナー

着手前の現場地形を把握するための起工測量を、地上型レーザースキャナーを用いて計測した(写真-1)。計測したデータは、大容量点群データであり、不要な点を削除し、面データを構築し、起工測量計測データを作成した。起工測量計測データは、計測実施範囲の3次元座標を持ったデータ群となる。



写真-1 地上型レーザースキャナー

4-2 空中写真測量(UAV)による色彩補填測量

空中写真測量(UAV)(写真-2、3)により、路面を上空から撮影し、高精細オルソ画像(空中写真を正射変換された画像)(図-1)により、計測データに色彩を補填することができる。これにより、点群データの判別が困難な場合や、計測密度にばらつきがある場合に、判別可能となる(図-2)。

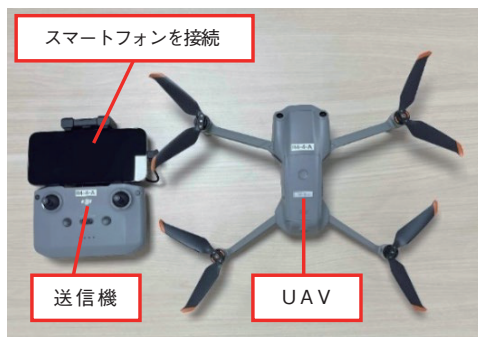


写真-2 UAV(無人航空機)



写真-3 空中写真測量状況

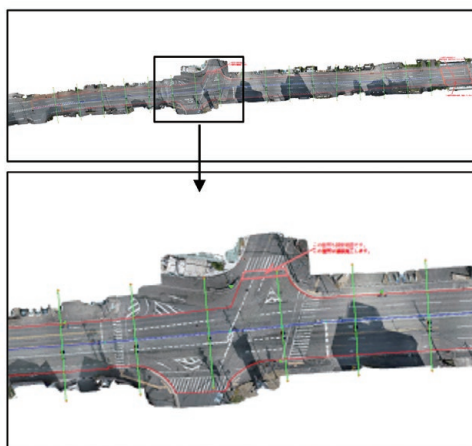


図-1 高精細オルソ画像



図-2 色彩補填された起工測量計測データ

(1) UAVの飛行許可について

飛行空域は現道上かつ DID 区間（人口密集地）であり、通常飛行禁止空域の場所であったが、国土交通省航空局より許可および承認を得られた協力業者により空撮を行った。

「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準じた項目は、表-1のとおりである。

表-1 無人航空機の飛行に関する許可及び承認の審査要領

許可承認書の番号	阪空運第 34266 号
申請条項	航空法第 132 条第 1 項第 2 号 (人又は家屋の密集している地域の上空) (人又は物件から 30m 以上の距離が確保できない飛行) 航空法第 132 条の 2 第 1 項第 7 号 (無人航空機が人又は物件と衝突することの防止)
許可等の期間	令和 4 年 4 月 1 日から令和 5 年 3 月 31 日
飛行の経路	日本全国（飛行マニュアルに基づき地上及び水上の人及び物件の安全が確保された場所に限る）

また、所轄警察署との道路使用許可（歩道・路肩規制）が必要となるが、主に UAV 操縦者と補助者の通行確保のための許可であり、UAV 自体は歩道路肩からの離発着のみで、飛行の際は上空のため航空局の管轄となり、よって比較的容易に取得できた。

(2) UAVの飛行の安全管理

無人航空機飛行マニュアル（国土交通省航空局標準マニュアル②（令和3年7月1日版））を遵守した。具体的には、飛行開始前に風速の計測や機械の飛行テスト、物件投下のための操作テストなど様々な飛行テストを行った。また、操縦ライセンスのある熟練者の操縦や、目視内飛行を継続する

ための補助者の配置など、飛行の安全に万全を尽くした。

(3) 起工測量計測データの副次的成果物

起工測量観測データから抽出できる副次的成果物と、その詳細について以下に記す。

● わだち（路面形状）の可視化

起工測量観測データ（3次元点群データ）を解析し、基準面からの高低差をわだち（路面形状）として、わだち分布のヒートマップ化により、路面全体の劣化状況を一度に可視化できる（図-3）。また、これを基にわだち掘れ量調査横断面図を作成した（図-4）。

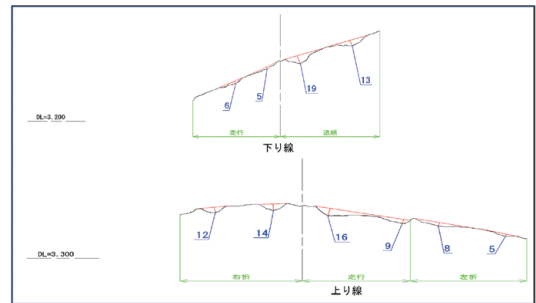


図-4 わだち掘れ量調査横断面図

● 路面の IRI による判定

車線の車輪通過箇所の起工測量観測データ（3次元点群データ）を、3D点群処理測量CADシステムにて縦断方向に高さを読み取り、エクセル変換し縦断プロファイルデータを得て IRI 計算ソフト（ProVAL Ver3.61）にて計算し、IRI を測定した（図-5）。IRI による判定基準を表-2に示す。

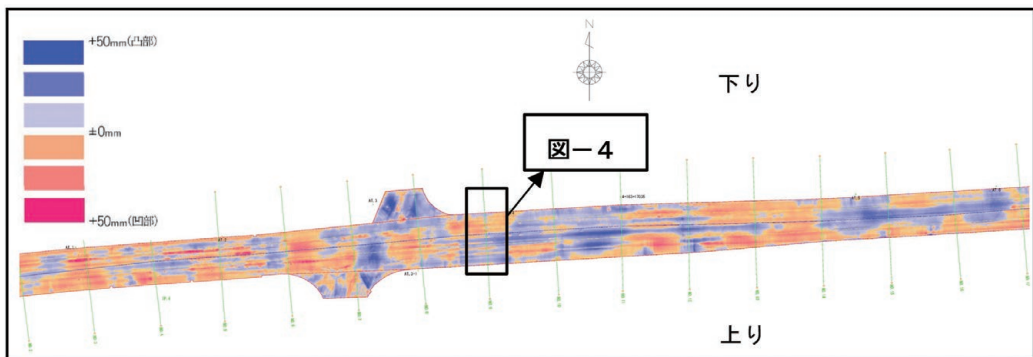


図-3 わだちヒートマップ

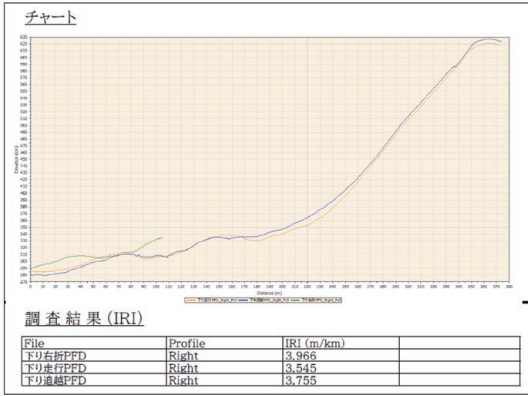


図-5 路面のIRI結果

● 路面のひび割れ率の算出

高精細オルソ画像(空中写真を正射変換された画像)にCADソフトでメッシュ割りし、クラックを目視で抽出して、ひび割れ率を従来どおりの書式(舗装調査・試験法便覧法)で自動判定した(図-6)。計算式およびひび割れ面積の基準を図-7に示す。

表-2 IRIによる判定基準

IRIによる判定基準	判定結果の詳細
8mm/m程度以上 損傷レベル：大 (早急な補修が必要)	(概ね IRI = 11 ~ 12 mm/m 以上)古い舗装の場合で劣化が進行し、明確な損傷が連続的に発生している状態。常に振動を感じるレベル。50km/hでは走行できない。多くのポットホールが存在する路面と同等である。 (概ね IRI = 9 ~ 10 mm/m 程度)古い舗装の場合で劣化が進行し、明確な損傷が部分的に発生している状態。50 ~ 60km/hで強く認識できる揺れを感じ、車両の損傷につながりかねない。10mに1箇所程度路面のへこみが存在するような路面。
3 ~ 8mm/m程度 損傷レベル：中 (補修が必要)	(概ね IRI = 7 ~ 8mm/m 程度)古い舗装の場合で劣化がかなり進行したような状態。高速で走行すると強く認識できる揺れを感じ、車両の損傷につながりかねないような路面。20mm前後の路面の凹凸(うねり)が存在しうる。 (概ね IRI = 4 ~ 5mm/m 程度)古い舗装の場合で劣化がやや進行したような状態。高速で走行すると適度に車両が振動・うねりを感じるような路面。10mm前後の路面の凹凸(うねり)は存在しうる。
0(完全平坦) ~ 3mm/m程度 損傷レベル：小 (望ましい管理水準)	新設舗装と同等のレベル。路面の凹凸量は目立たない。(良好なアスファルト舗装面で、IRI = 1.4 ~ 2.4mm/m 程度)

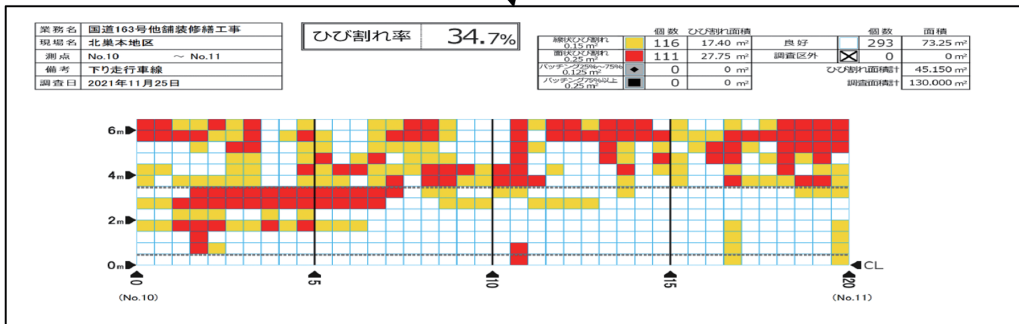
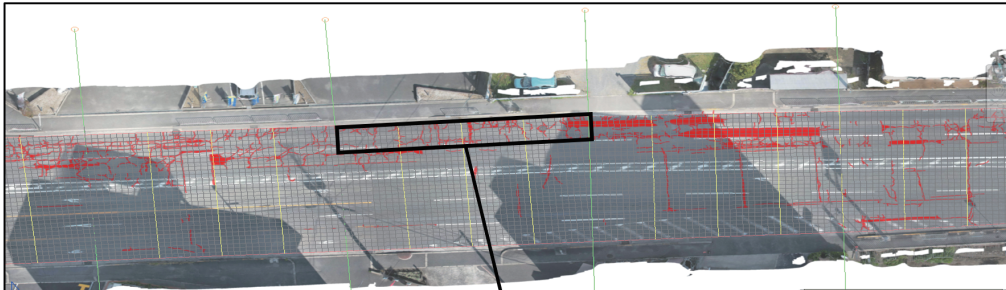


図-6 路面のひび割れ率の算出

ひび割れ率(%) = $\frac{\text{ひび割れ面積 (m}^2\text{)}}{\text{調査対象区間面積 (m}^2\text{)}} \times 100$ (式-1)

- ① 線状ひび割れが1本だけある場合は、0.15m²のひび割れが生じているものとする。
- ② 線状ひび割れが2本以上ある場合は、0.25m²のひび割れが生じているものとする。
- ③ パッチングの占める面積が0%以上25%未満の場合には、ひび割れ面積は0m²とする。
- ④ パッチングの占める面積が25%以上75%未満の場合には、0.125m²のひび割れが生じているものとする。
- ⑤ パッチングの占める面積が75%以上の場合には、0.25m²のひび割れが生じているものとする。

図-7 ひび割れ率の計算式およびひび割れ面積の基準

5 導入後に得られた効果

導入後に得られた効果として、

- 起工測量計測データと3次元設計データを重ねることで、ピンポイントで確認したい位置の高低差がデスク上で分かり、路面切削の体積が算出することができた。
- 平面図が写真で表現できているため、設計幅員の設定や、路肩・交差点の施工範囲の確定、区画線の現況復旧の際の数量の判別(図-8)など、発注者および協力業者との打ち合わせ・協議等が容易になった。

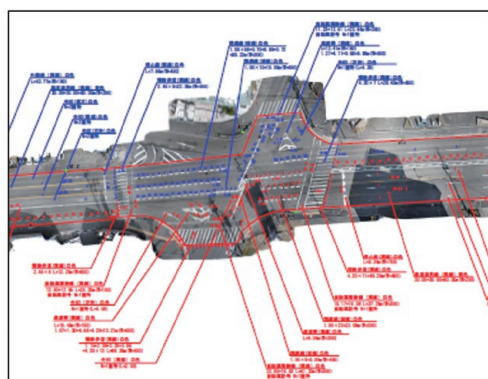


図-8 区画線平面図

- 切削の割付図からの切削厚の確認ができた。
- マンホールの高さが分かるので、蓋調整の有無を判断することができた。
- 一度の測量で、起工測量と事前調査が、既設路面のコア採取以外すべて完了することができた。
- 車線規制が不要となるため、省人力化になり、経済性・社会性・安全面でも効果的であった。
- わだちヒートマップにて可視化することで、劣化判定が効率化することができた。
- ひび割れ率の算出の従来方法は、ひび割れの観測者によって大きく結果にばらつきが見られたが、高精度オルソ画像により、ひび割れ自体が正確で分かりやすく抽出でき、誰にでも同じ結果を得ることができた。
- 再計測などの手戻りがなく、現況のすべてを持ち帰るような計測ができた。

6 ITC活用による生産性の向上

● 労務

労務人日数が64人日から20人日に、44人日削減できた(68.8%削減)。

● 工程

事前調査の交通規制の回数が減少し、準備工にかかる日数が減少できた。

従来は縦横断測量、路面調査、データ整理まで1,000m²当たり5日間を要したが、3次元起工測量の活用により現地測量からデータ整理まで2日間で行えた。よって3日間の時間短縮となった。

● 設計

3次元設計データ用の解析・製図等に時間がかかったが、現場の詳細な確認がデスク上で確認でき、現場間の移動時間の短縮ができた。

● 施工

3次元設計データを基に、TSを使用して容易にマーキングができ、素早く施工できることを体感した。

● 管理

路面切削の厚みの管理が容易にでき、切削割付けの作成時間の短縮により、他の作業に時間をかけることができた。

● 安全

地上レーザースキャナーを使用することにより、交通規制の回数が減り、第三者災害の発生確率が低減できると体感した。

7 その他 生産性の向上への取り組み

7-1 電子小黒板・写真管理の連携

カメラ機能付きタブレット端末(写真-4)とクラウドサービスを使用して、撮影情報の入力、その情報を基にした電子小黒板入り工事写真の撮影、撮影した写真の工事写真台帳の自動作成までを一貫して行え、効率化、経済性の向上があった。従来の写真管理業務は工種担当別で行っていた

が、写真情報が自動転記・仕分けされるため事務方でもできる業務となった。

また、従来は黒板の持ち運び・記入・撮影・写真整理の工程で行っていたが、電子小黒板により撮影、データ取込のみとなり、工程の短縮により1日当たり約2時間の時間短縮することができた。



写真-4 カメラ機能付きタブレット端末

7-2 工事書類の簡素化

近畿地方整備局企画部発案の土木工事書類作成マニュアル(案)(令和元年11月)により、工事関係書類提出に関する事前協議を実施したが、実施内容一覧の中で書類の提出方法が紙提出以外は電子提出となっており、竣工検査時も電子書類として検査を受けた。しかし、実施内容以外での書類提出は認められず、工事成績評定での加点は認められなかった。

ただし、工事概要書、施工計画書(全体版)、検査書類一覧表、出来形・品管管理資料(総括表・工程能力図・ヒストグラム等)など、従来作成していた竣工検査のための書類は作成不要となり、受注者の業務の効率化を推進することができた。

8 まとめ

地上レーザースキャナーと空中写真測量(UAV)を活用した3次元設計データの作成と、このデータを利用したわだち掘れ量、IRI、ひび割れ率の路面性状調査方法は、交通規制の必要もなく迅速な調査が行えるのみならず、そのデータを利用したマシンガイダンスによる切削および舗設が行え

る。そのため、労働時間の大きな改善ができ、働き方改革および生産性の向上に貢献できるであろうと考える。

9 今後の課題

冒頭③のICT活用工事(舗装修繕工)の選択項目である③ICT建設機械による施工(施工管理システム)と、④3次元出来形管理等の施工管理を実施可能にするには、GNSS(衛星測位システム)方式のマシンガイダンスを使用することで、TSの設置が不要となり、追尾ロス等の遅延がなく、切削精度も向上し、更に、切削深さのマーキングが不要となり、3次元設計データ作成後の切削厚の計算も不要となるため、マーキング作業の省人化により安全性の向上が見込める。

また、マシンガイダンスによる施工履歴の記録により、3次元出来形管理が実施可能となる。一方、切削機やGNSSの設置・設定による準備に時間を費やすため、夜間作業では騒音作業時間の圧迫が懸念され、規制時間内で対応できるか検討する必要がある。

ICT活用工事の費用は現段階では業者見積もりが採用されているが、今後単価が統一されると思われるため、協力業者の外注だけでなく、自社にて3次元測量の計測から解析、ソフトの活用など、ICTを活用した施工のノウハウを確立することが、課題であると思われる。

【参考文献】

- 1) ICT活用工事(舗装工(修繕工))実施要領
国土交通省 近畿整備局
- 2) 無人航空機飛行マニュアル
(令和3年7月1日版)
国土交通省航空局標準マニュアル②
- 3) 総点検実施要領(案)【舗装編】
(平成25年2月版) 国土交通省 道路局
- 4) 舗装調査・試験法便覧
(平成31年版) (公社)日本道路協会
- 5) 土木工事書類作成マニュアル(案)
(令和元年11月) 国土交通省 近畿整備局