

法面分野の生産性向上について

横尾 良一¹ 関 徹也²

¹一般社団法人 全国特定法面保護協会 ライト工業(株)中国統括支店 技術部。

²一般社団法人 全国特定法面保護協会 ライト工業(株)施工技術本部 機械統括部 ICT推進企画部

建設業界のみならず日本全体で人手不足は顕在化している。国土強靱化政策や安心・安全な国土づくり、激甚化する自然災害、インフラ老朽化対策に必要な予防保全策などで事業量が増加するなか、特に法面工事のような専門工事について熟練の技能労働者が欠かせない。また、人手不足や後継者不在問題など、地域経済の守り手となるべき建設業の技能労働者が不足する中、法面工事における生産性の向上は喫緊の課題といえる。このような現状において、国土交通省ではi-Construction2.0が提唱されており、施工の高度化、オートメーション化を求めている。

本稿では、業界が抱える課題を解決するため、専門工事業者が開発してきた技術を紹介する。また、既存の技術を生かしつつ、未来の生産性の向上を促進させるための技術も併せて紹介するものである。

キーワード：法面、生産性の向上、施工管理の効率化、担い手確保

1. ICT活用工事（法面工）について

国土交通省は、i-Constructionの施策のうち、「ICTの全面的な活用」の実現に向け、平成28年度のICT土工を始め、ICT活用工事の工種拡大および、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」の拡充を進めている。

表-1 ICT活用工事の基準類の整備

2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
	ICT土工							
		ICT舗装工(2017年:アスファルト舗装・2018年:コンクリート舗装)及びICT浚渫工(港湾)						
		ICT浚渫工(河川)						
				ICT法面工(2019年:吹付工、2020年:法砕工)				
				ICT地盤改良工(2019年:浅層・中層混合処埋、2020年:深層混合処埋)				
				...				
								小規模工事・更なる工種拡大

出典：国土交通省ICT導入協議会第17回会議資料2に加筆修正 国土交通省

ICT法面工に使用可能な3次元計測技術は単点計測技術と多点計測技術に大別され、単点計測技術はトータルステーション（以下、TS）、ノンプリズム方式のTS、RTK-GNSS測量を対象とする。一方、多点計測技術は空中写真測量、地上式レーザースキャナおよび、地上移動体搭載型レーザースキャナを対象とする。



2. 法面工事における生産性の向上について

建設業における将来の担い手を確保し、持続可能な産業へ向けて生産性の向上、施工の機械化や自動化・自律化を実現するため、当協会員は各社様々な観点やチャレンジ精神をもって、試行錯誤を繰り返しながら現場実装を進めている。そのような現在の背景において、最新の法面工事技術を紹介する。

- 1) UAVを用いた空中写真測量による吹付法砕工の出来形計測
- 2) 全自動吹付システム「Automatic-Shot R」
- 3) ICT削孔管理システム
- 4) 無線操縦式バックホウドリル「リモートスカイドリル」

3. 最新の法面工事技術

3.1 UAVを用いた吹付法砕工の出来形管理

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) とは、ドローンに代表されるような無人航空機をしめす。国土地理院における無人航空機 (UAV) を用いた公共測量によると、「UAVを用いた公共測量マニュアル (案)」を作成しており、このマニュアルは公共測量だけではなく、国土交通省が進める i-Constructionに係る測量作業において適用することを前提にしており、測量業者が円滑かつ安全にUAVによる測量を実施できる環境を整え、建設現場における生産性の向上に貢献するものである。

3.1.1 UAVを用いた空中写真測量

UAVマニュアルに準拠した直下方向への撮影を法面に適用すると、法肩付近と法尻付近で撮影対象法面との対地高度が異なり、同一の画素寸法が確保できない。また、オーバーハング部などの法面形状や高さを持った3次元構造物という法枠の特徴により、不可視領域が増加する事を考慮し、同一画素寸法かつ法面の特徴を明確に撮影可能な法面に「正対向き」での撮影を行っている。

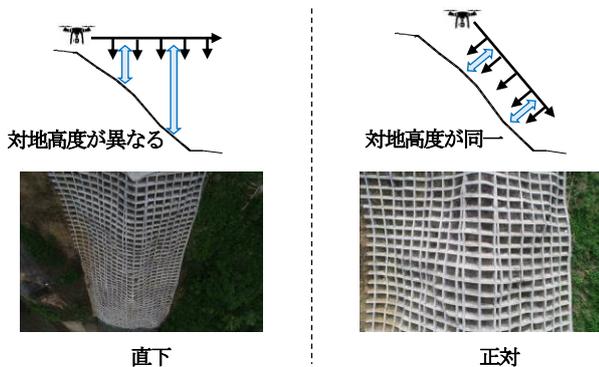
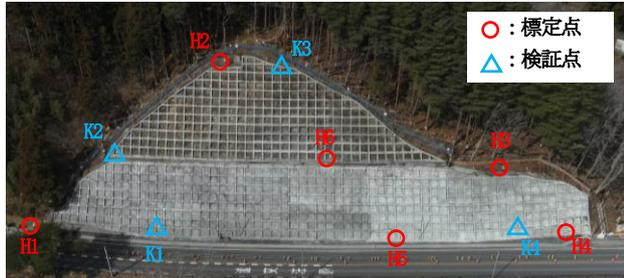


図-1 評定点の設置状況(例)と正対向き撮影説明資料

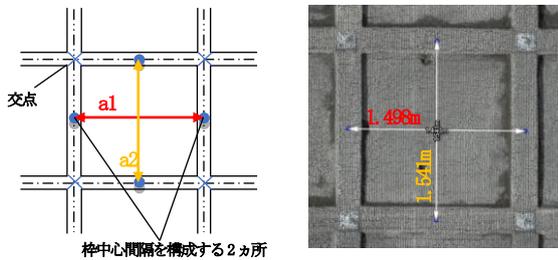


図-2 枠中心間隔の計測

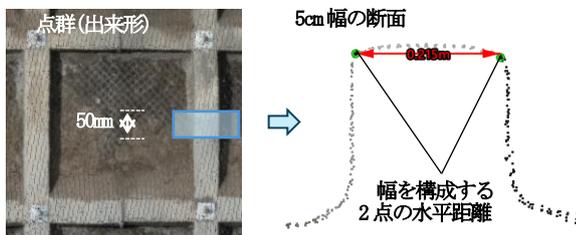


図-3 法枠の幅の計測

図-2, 3に示すのは、法枠の枠中心間隔、幅の計測結果を示すもので、国土交通省出来形管理基準(案)にある出来形基準の規格値をUAVによる空中撮影を行った後に現地の出来形を机上(PC)にて計測する様子である。

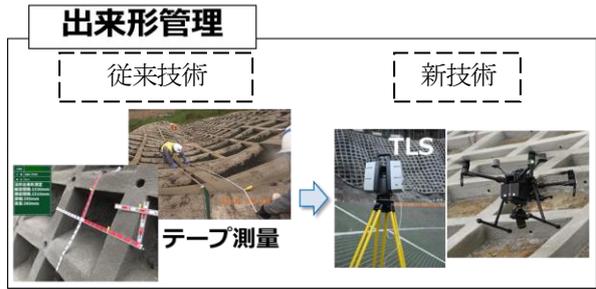


写真-1 従来技術との比較

3.1.2 UAVを用いた空中写真測量による吹付法枠工の出来形計測の効果と今後の課題

UAVによるICT法枠工の出来形計測技術を用いることで斜面上における計測作業を行わないため、現場の作業効率化、安全性向上に大きく繋がっている。一方で、ICT活用工事のさらなる普及拡大や小規模工事へのICT導入も必要と考えられることから、計測の簡易化など計測業務や事務作業にかかる負担を軽減する技術開発が求められる。

3.2 全自動吹付システム「Automatic-Shot R」

3.2.1 システムの概要

現状のモルタル・コンクリート吹付技術は、出来高や品質確保が吹付機オペレーターの個人技量に依存する。熟練オペレーターは年々減少しており、技能者不足を補い、さらには、生産性を向上させるため全自動吹付システム「Automatic-Shot R」(以下A-SRという)を開発した。

A-SRは、従来、吹付プラント人員として3~4名の配置が必要であったものを1~2名の人員で作業を可能とするシステムであり、かつ、材料の製造過程においても自動運転を可能とすることで、熟練オペレーターが操作した時と同じような品質の安定と出来高向上を可能とした吹付システムである。図-4, 5に従来施工とA-SR施工との違いを示す。

モルタル吹付工

- ・従来型方式での材料製造及び圧送フロー



図-4 従来型方式吹付プラント人員配置

モルタル吹付工

・A-SR方式での材料製造及び圧送フロー

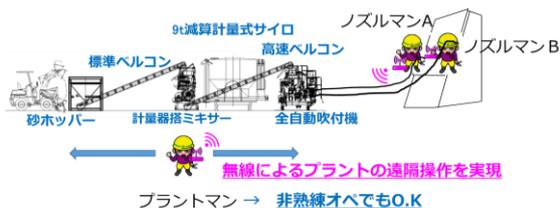


図-5 A-SR方式吹付プラント人員配置

A-SRシステムの付帯機能として、吹付け材料の吐出を中断/再開、非常停止をリモコンによる遠隔操作でも行えるので吐出量の調整が可能となり、操作性と安全性が向上している。さらに、保守用にクラウドと連携させることにより、A-SRの動作状況を現場以外の場所でもリアルタイムに確認でき、遠隔でトラブル対応やプログラム更新が実行可能で、日常の進捗工程の管理を行うことができる。また、骨材の種類やホース長、高低差などの現場条件を入力した現場のデータを蓄積し、最適な動作を可能とするような設定の簡易化が望める。



写真-2 A-SR吹付プラントと作業状況

3.2.2 現場実装結果

A-SRの現場実装による活用効果は以下の通りである。

- ・プラント人員は非熟練者1名で稼働可能
- ・モルタル吹付で従来比1.5倍以上の生産性が向上
- ・従来比による出来高向上によりCO₂排出量を削減
- ・自動緊急停止機能による安全性の向上

今後、更なる現場データの収集により、システムデータを最適化していくことで現場条件に応じた工程管理の実施、職人頼みだった技術力が機械技術による技術継承が可能となることへの期待が高まっている。

3.3 ICT削孔管理システム

3.3.1 システムの概要

法面工事のアンカーや鉄筋挿入工などで行う削孔作業は、機械の据付角度や削孔長の検測に測定・計測作業が行われる。ICT削孔管理システムは、削孔角度や削孔長などの出来形計測を自動で行い、リアルタイム表示、ならびにデータ化機能により現場管理業務の負担軽減と効率化を図るICT計測システムである。

3.3.2 特徴

ICT削孔管理システムで計測する内容およびシステムの特徴は以下のとおりである。

- ① 削孔角度・方位計測
- ② 削孔長計測
- ③ 計測データ出力機能
- ④ 遠隔での施工状況確認



写真-3 従来の管理状況



写真-4 ICT削孔管理システムの施工状況

3.3.3 効果

ICT削孔管理システムでは、オペレーターがモニターに表示されている設計値を常時確認しながら作業が出来るのでヒューマンエラーによる手戻り作業がなくなる。

また、計測と同時に記録が出来るので、現場で定められた帳票の様式をあらかじめ登録しておけば出来形帳票を即時作成することが可能となり、施工管理業務の軽減が図られる。さらに、当計測システムは汎用機械にも取付が可能で、法面工事のみならず、地盤改良工事などで

行う大深度削孔等にも適用が出来るため削孔作業が行われる現場において施工管理の拡張展開にも期待が出来る。

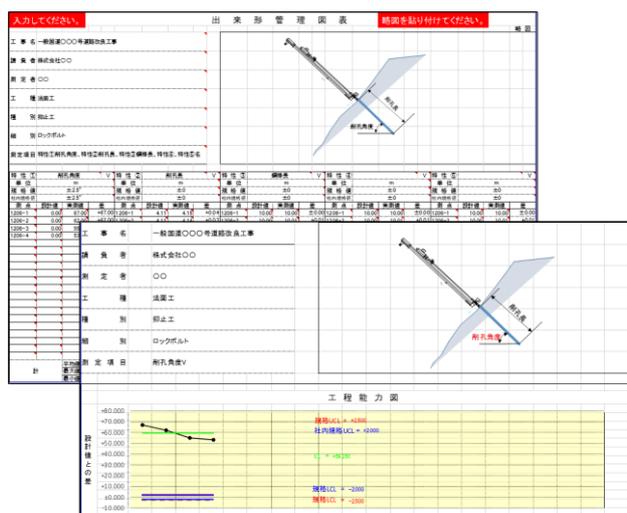


図-6 ICT削孔管理システムによる工程能力図出力例

3.4 無線操縦式バックホウ式ドリル「リモートスカイドリル」

3.4.1 概要

本システムは、法面の鉄筋挿入工（地山補強土工）における省人・省力化、および施工性・生産性の向上を目的としたICT削孔システムである。無線操縦式バックホウドリルと施工管理システムを併用させたものであり、ICT土工で用いられているMG（マシンガイダンス）のような操作性で削孔位置への迅速な誘導とセットを行うことができ、削孔作業、削孔長管理に必要な作業員がバックホウのオペレーター1人で行えるため、1人当たりの生産性向上が見込められる。

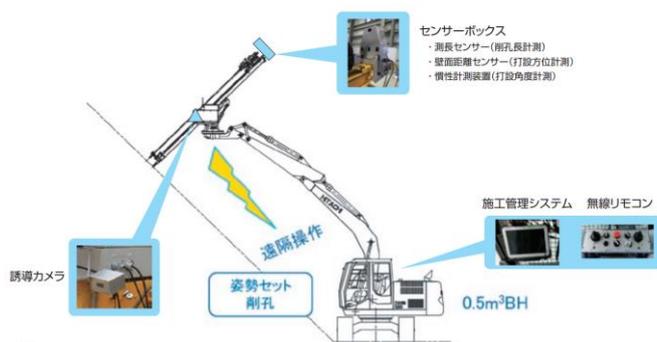


図-7 リモートスカイドリルの機械構成

管理システムでは、計測データを遠隔表示させることで、施工の履行状況がリアルタイムで確認が出来るため、遠隔臨場などに使用すると検査の省力化にもつながる。

施工を進めるための労務数は当システムを用いることにより、従来3人体制であった人員配置が2人体制で

施工が可能となった。特に、高所作業となる法面上での作業時間が大幅に少なくできるため、危険作業の軽減に寄与している。

また、管理システムによる計測データを遠隔表示させることで、施工状況の「見える化」を図っており、削孔機は従来0.8m³級バックホウを使用していたものが、小型化されて0.5m³級バックホウによる施工が可能となったこと、また、空圧駆動から油圧駆動にし、専用パワーユニットを不要としたことで、機動性が向上した。また、低排気量の重機を使用することや生産性向上による工程短縮が見込めることにより、施工にかかる燃料コストやCO₂排出量を最大5割削減が可能となる見込みである。

4. まとめ

当論文により、法面工に係る4つの技術を紹介させていただいた。

これらの技術は近年の社会的課題に対して情報通信技術等を法面分野に活用することにより解決するための取り組みである。

開発にあたり、関係各位のご尽力により、法面分野のICTを活用した施工機械の開発や施工管理、DXの推進による施工の省力化、省人化、担い手の確保による事業の持続可能性などについて方向性が見えつつある。しかし、同時に法面工事の特殊性や法面構造の持つ特性や工事成果品の品質証明などに対応する必要がある、技術開発にかかるコストや人員の確保等に課題やリスクが存在することも明らかになりつつある。

法面工事のICT技術を活用した将来の現場施工について、社会的課題に向き合い、新しい施工プロセスや価値観を創造していくこと、また、建設業界の大改革時代を乗り切るため、当協会としても社会に必要とされる業界として微力ながらも貢献していきたい。

5. 参考文献の引用とリスト

参考文献

- 1) (一社)全国特定法面保護協会：のり面保護工施工管理技術テキスト
- 2) 土木施工—土砂災害対策のICT活用新技術「全自動吹付システム[Automatic-Shot R]の開発」(2023.6月号)関 徹也
- 3) 基礎工—報文「UAVを用いた空中写真測量による吹付法枠工の出来形計測(2023.8) 平尾 裕斗
- 4) 基礎工—報文「全自動吹付システム Automatic-Shot R およびICT削孔管理システム(2023.8) 黒柳 啓、関 徹也