

—国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所—

[シリーズ No.5]

DX・i-Construction
建設技術展示館

ICT を取り込んだ法面施工から 出来形管理「ICT 法面技術」

省人化を実現した全自動吹付システム「Automatic-Shot R」、
出来形管理の効率化を実現した「ICT 削孔管理システム」

くろやなぎ ひろし せき てつ や
ライト工業株式会社 黒柳 啓，関 徹也

1. はじめに

近年，調査や測量および土工事においてデジタル化や ICT 活用が進み，工事分野では ICT を備えた建設機械がメーカーから市場に投入され，広く使われるようになってきている。しかし，同じ建設業でも，斜面防災分野においてはデジタル化や ICT 活用技術の普及が遅れている。これは，使用する機械や使用方法が特殊であるため，土工事などで用いられる ICT 活用技術や ICT 建機が使えないことが大きな要因である。

斜面防災事業が対象とする現場は傾斜地，いわゆる自然斜面や人の手が加えられた法面である。そのため，斜面や法面で使用される建設機械に特化した機械のデジタル化や ICT 活用が求められる。

ここでは，当社が新しく開発した斜面防災事業で活躍が期待される次の二つの最新技術について説明する。

- ① 全自動吹付システム Automatic-Shot R
- ② ICT 削孔管理システム

2. 開発の背景と現状の施工課題

(1) 全自動吹付システム Automatic-Shot R の開発背景と現状の課題

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の個人技量に依存する。また，新規就労者の減少と熟練技能者の引退などで技術伝承が懸念されている。法面吹付工事は，ロープ足場での作業が多く専門技能者の確保が必須だが，近年は技能者不足に陥っている。また，吹付機の操作も熟練の技術が必要だが，熟練オペレータは年々減少しており，生産性向上を困難にする大きな要因となっている。

【課題】

- ・吹付機の操作が熟練技能者による手動操作である。
- ・オペレータの技量が施工能力に大きく影響する。
- ・プラント人員が3名必要である。
- ・吹付仕上げを行うノズルマンは，材料吐出やエア量の調整，および起動停止操作ができない。

(2) ICT 削孔管理システムの開発背景と課題

斜面防災対策では，モルタル・コンクリート吹付工と同様に広く活用されている工法にグラウンドアンカー工や鉄筋挿入工がある。これらの工法は，設計に基づく条件で地山を削孔し，アンカー tendon や補強材を挿入して地山と一体化することで抑止効果が得られる構造となる。それ故，削孔管理が適切に行われることが重要である。

削孔管理は所定の位置に機械を設置した後，打設角度や所定深度到達時の削孔長を測定する。現場従事者が角度計や削孔ロッド・検尺ロッドなど

の測定器具を用いて、直接測定することで適正かを確認する。

この測定管理は機械のオペレータ、測定者、写真を管理する者たちが共同で行う。検尺・測定に要する人員と時間は、施工の効率性を低下させる要因となっている。

【課題】

- ・角度や削孔長の測定管理に3～4名必要である。
- ・測定は手作業のため時間を要する。
- ・測定のたびに削孔操作が止まる。
- ・計測結果は野帳に記録を残す必要がある。

3. 機械および計測システムの開発

モルタル・コンクリート吹付工およびアンカーや鉄筋挿入工における削孔作業の課題を解決すべく、機械および計測システムを開発した。

(1) 全自動吹付システム Automatic-Shot R

【概要】

Automatic-Shot Rとは、吹付機の操作を全自動化し、計量器搭載ミキサーやセメントサイロと連動することで、独立する機械操作を全自動吹付機でコントロールする吹付システムである。これにより、プラント作業の省人化と生産性向上を実現させた。

全自動吹付機は、Automatic-Shot Rを構成する主たる機械である(写真-1)。開発に際しては、熟練オペレータの操作ノウハウの再現を目標とし



写真-1 全自動吹付機

て設計した。空気量や圧力などの自動制御により、熟練オペレータと同等の生産性を実現している。

また無線リモコンでの操作ができ、吹付機のオペレータだけでなく、ノズルマンからの遠隔操作も可能である。操作盤は、モニター画面にて吹付機の稼働状況が把握できる仕様としている。トラブル時は警報やメッセージが表示されるほか、圧力に異常を検知した場合は自動停止する仕組みであり、安全性にも配慮している。

【効果】

① 安定した施工能力

切土法面勾配1:1.0のモルタル吹付(ラス金網あり、4,624 m², t=10 cm)に Automatic-Shot Rを導入した現場では、非熟練者の操作で熟練オペレータと同等の出来高を確認した。

② 省人化・省力化の効果

一般的な吹付プラントは、各機器が独立した手動操作であり、人員は標準で3名必要とするが、Automatic-Shot Rでは全ての機械が連動しており、非熟練者1名で操作運用できる。吹付機の吐出量の調整・中断・再開はノズルマンがリモコンで操作できるため、プラントマンとノズルマンのどちらも作業の軽減となった。プラントの余剰人員は他の作業に回るなど作業効率が向上した。

【利点】

- ・全ての機械を自動化し非熟練者での稼働を実現
- ・プラントを1名で稼働させることで省人化を実現
- ・吹付吐出量などの調整はノズルマンからも操作可能
- ・ホース閉塞など異常時は吹付機が自動で吐出停止

【施工事例紹介】

写真-2～4に国土交通省 東北地方整備局 三陸国道事務所「船越地区防災工事」(岩手県下閉伊郡山田町)の吹付枠工に導入した Automatic-Shot Rの施工状況を示す。

吹付プラントは、機械ヤードの制約から設備を縮小するため、砂とセメントの練混ぜを生コン工場で行い、空練り状態のモルタルをミキサー車で



写真-2 Automatic-Shot R 吹付プラント



写真-3 法枠工 吹付状況



写真-4 工事完成

搬入した。空練りモルタルは計量器搭載ミキサーで1バッチ分ごとに計量して全自動吹付機に入れ、水を加え攪拌してモルタルとした。

プラントは熟練オペレータが1名で対応した。全自動吹付機の操作は初めてであったが、はじめに操作手順の指導を受けてすぐに新しい操作に慣れた。全自動吹付機を操作したオペレータからは、一様に「慣れると楽だ」との声を聞く。これまで手動で行っていた風量や圧力等の調整には数値表示がなく、経験とノズルマンからの情報により微調整しながらモルタルの安定した吐出と閉塞に留意してきた。Automatic-Shot Rでは機械の状態が全て数値で表示されるため、より理解しやすくなり、非常に有効なシステムとの評価を得た。

当現場は、吹付期間中の故障やトラブルもなく、順調に吹付作業を終えることができた。現場担当者からは、機械を操作するガンマンの負担が少なくなり、作業能率が上がるとの見解が得られた。

(2) ICT 削孔管理システム

【概要】

アンカーや鉄筋挿入工などの削孔作業では、機械のセット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作業の負担軽減と効率化を図る ICT 計測システムである（図-1）。

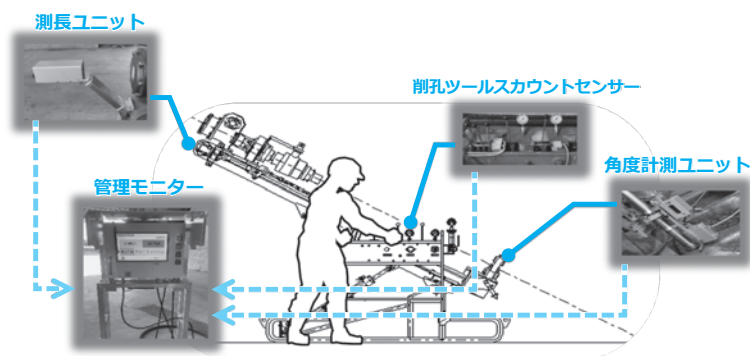


図-1 ICT 削孔管理システム 概要図

【特 徴】

ICT 削孔管理システムで計測する内容ならびにシステムの特徴を示す。

- 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

【効 果】

ICT 削孔管理システムは、これまで人が測定器具を使って手作業で行っていた管理作業を自動計測化した。これにより、計測時間の短縮、削孔作業の効率化、リアルタイムに測定値の確認が可能となり、また計測データの出力によって管理作

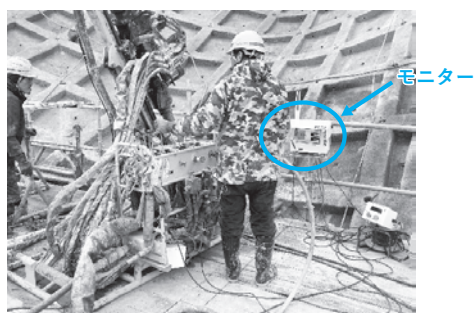
業の負担が軽くなった。

さらに、計測作業では機械回転部に近寄る必要がないため、巻き込まれや挟まれ事故が回避され、管理作業の安全性向上にも貢献する（写真－5）。

【施工事例紹介】

写真－6～8に国土交通省 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所「R3 栢ヶ舞地区アンカー工事」（群馬県藤岡市）で導入した「ICT 削孔管理システム」の状況を示す。

削孔角度計測において当現場では、管理モニターを削孔機の側部に据えて現場担当者が確認を行った。削孔機の角度設定では、ケーシングの角度を測定ユニットで測り、所定の角度に誘導して



写真－5 ICT 削孔管理システムによる施工（例）



写真－6 削孔長管理システム



従来式スラント計測



ICT 削孔管理（角度）

写真－7 削孔角度確認検証



従来式スタッフ計測



ICT 削孔管理（削孔長）

写真－8 削孔長確認検証

セットする。モニターには角度がリアルタイムで表示されるため容易に確認できた。

削孔長の測定では、ガイドセルの後方に取り付けられた測長ユニットと機械操作盤の削孔ツールスカウンターによるケーシング先端の深度がモニターに表示される。所定深度への到達は画面に表示される深度で判断した。

この工事では出来形管理に ICT 削孔管理システムを導入したが、従来どおりの管理方法による値と一致することを、工事の早い段階で確認したことで発注者の承諾を得ている。この現場での ICT 削孔管理システムの導入は現場担当者も協力会社の作業員も初めてであったこともあり、本システムによる出来形管理の承諾を受けた後も自主的に従来どおりの直接検測を続けたが、デジタル値とアナログ値に相違はなかった。

二つの特徴である計測データの出力機能であるが、データは管理モニターに装着した記録媒体に記録保存される。記録媒体にはアンカー 1 本ごとに角度と削孔長のデータが設計値と実測値で記録され、パソコンに移して出来形管理表の作成を行った。現場からは、データ整理および書類作成が早くなったと良好な評価を得た。計測データに間違いや記録忘れがないため、現場管理と書類整理がスムーズに行われ、仕事の効率化につながった。

段階検査の立会いでは全てモニターに表示されるデジタル数値で行われ、削孔作業を確認しながらの立会いを行った。

4. 今後の課題

今回、斜面防災分野での生産性向上を目的として新しい技術を紹介した。この最新技術を現場に導入した結果、生産性向上につながる技術であることを確認できたが、一方で新たな課題が見えてきた。

(1) 全自動吹付システム Automatic-Shot R

- ・骨材によってはモルタルの吐出が安定しないこ

とがあるため、データの蓄積と活用によりあらゆる条件下でも熟練オペレータの技術を確実に再現できるよう自動制御の精度を向上させていく必要がある。

- ・植生基材吹付工の材料である緑化基盤材への対応に向けた改良を進め、全自動吹付システムの適用性を高める。

(2) ICT 削孔管理システム

- ・計測ユニットの軽量化
- ・計測データの無線化
- ・機械オペレータ専用モニター

削孔長管理では、ICT による削孔管理と重ねて検尺ロッドでの検測を行ったが、これは現場が ICT 計測に不慣れなことから、リスク管理としての予備的検測作業であった。この重複する計測は、作業の効率化を妨げることになるが、本システムによる削孔管理が未経験だったために行われた。現場は ICT 計測の機会を得ることで、そのシステムに対する信頼性が高まり、こうした重複作業は行われなくなる。そのためにも ICT 計測システムの活用を推進して ICT に触れる機会を増やしていく必要がある。

5. おわりに

斜面という特殊な施工条件により、デジタル化や ICT 施工への移行が遅れている斜面防災技術において、ここでは運用を始めた二つの最新技術を紹介した。ともに解決すべき技術的課題はあるものの、デジタル化や ICT による新しい技術は、建設業が抱える担い手不足、建設従事者の高齢化、技術ノウハウの継承といった課題を解決し生産性を高める原動力となる。

災害が多い我が国では、斜面防災分野でのデジタル化、ICT の活用を推進していく必要がある。そして、今回紹介した二つの技術は、作業性を改善し生産性を高める技術であり、今後は着実に発展・拡張させて斜面防災分野での ICT 活用を先駆的に実施していく所存である。