

「削孔管理システム IoT」の活用による生産性向上

蜂谷工業株式会社 土木事業部 工事部 部長 つうち たかみつ 津内 崇充

1. はじめに

建設業界においては、担い手不足の課題を抱え、働き方改革を進めていく必要があります。生産性の向上が喫緊の課題となっています。

一方で、大地震による強い揺れと地盤変状によってインフラ施設が甚大な被害を受けています。また、南海トラフ巨大地震をはじめ、日本全国において大規模地震の発生が指摘されています。このような地震に対し、救急・救命活動や緊急物資輸送の際に必須となる道路施設等の被害を防止・軽減し、事前に強化を図っておくことも喫緊の課題となっています。

そういった課題を踏まえた中、国土交通省では土工事を中心として舗装工事や地盤改良工事等において、近年 ICT 技術が進歩・普及し、生産性向上が図られています。しかし、インフラ施設の補修・補強工事においては、ICT 技術に代わる新技術開発は少ないのが現状です。

当社は以前から、橋梁の耐震補強工事を多く受注してきました。いつも感じていたのは、「耐震補強工事の施工管理業務において、生産性向上を図りたい」という思いでした。それは、現場からの切なる願いでもあったので、どの部分の生産性を向上させるべきか、改善点の洗い出しを行ったところ、四つの課題が浮かび上がり、その中でも

一番現場で苦勞している課題に着目しました。

この課題を解決すべく、平成 30 年度より国土交通省で開始されている、建設現場の生産性向上を目指す「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に応募することを決意しました。プロジェクトを遂行するにあたり、当社と合わせて 2 社によるコンソーシアムを発足させました。

先に述べた「耐震補強工事の施工管理業務において、生産性向上を図りたい」という願いの中で、洗い出した改善点は以下の 4 点です。

- ① 鉄筋探査の精度を向上させて、探査結果を発注図に反映させられないか。
- ② 削孔結果の平面的な位置関係を簡易に図面に反映させられないか。
- ③ 削孔長・削孔径の測定・写真撮影および出来形管理図（調書）の作成を自動で行えないか。同時に写真整理まで自動で行えないか。
- ④ アンカー定着後の突出長の測定・写真撮影および出来形管理図（調書）の作成を自動で行えないか。同時に写真整理まで自動で行えないか。

今回は、「③削孔長・削孔径の測定・写真撮影および出来形管理図（調書）の作成を自動で行えないか。同時に写真整理まで自動で行えないか」に着目し、耐震補強工事の施工管理業務において労働生産性の向上を図るべく、「削孔長・削孔径の測定・写真撮影および出来形管理図（調書）の

作成を自動で行う」削孔管理システム IoT の開発・試行を行いました。また、本業務は、西日本高速道路株式会社 中国支社発注の「山陽自動車道 第二西藤橋他1橋耐震補強工事」施工現場において実施しました。

2. 耐震補強工事 施工管理の現状

橋梁の耐震補強工事の施工管理の工数は非常に多く、施工管理者へ負担がかかっているのが現状です。

工数・負担が多い理由は、例えば落橋防止システムの場合、削孔数が通常の工事で3,000～5,000孔/現場当たりと非常に多いこと（本工事は4,771孔、写真-1）によります。また、1孔ずつ全数の削孔長・削孔径・定着長等を測定・写真管理する必要があり、その作業に多大な時間を費やします。管理数が多いと、管理図・成果表作成と写真整理に多大な時間を費やします。

現状の橋梁の耐震補強工事の施工管理方法は、以下のように行っています。

① 撮影・測定工程

3人1組で削孔内に目盛りのついた棒（塩ビ製）を差し込み、削孔長、ノギス等で削孔径を測定し、目盛りが見えるように写真撮影します（1孔ずつ全数、写真-2）。

② 報告書作成工程

撮影後、測定・撮影結果データを持ち帰って、出来形管理図表と出来形管理成果表をエクセルで作成し、併せて撮影した写真整理を行います。エクセルと写真を紙に印刷して提出し、立会も受けます。

以上のとおり、橋梁の耐震補強工事の施工管理の工数が非常に多く、施工管理者へ負担がかかっていることが分かっていたかと思えます。

3. AI・IoT等の新技術の試行

導入技術である「削孔管理システム IoT」の概



写真-1 既設橋脚の削孔状況



写真-2 現状の測定状況 3人1組

要について説明します。

距離センサデバイスとそれに連動するタブレットアプリケーション、そしてそのデータを受けて帳票作成をするウェブシステムを開発および改良します。距離センサデバイスは距離センサにより、橋梁壁面に掘削した削孔長（削孔の深さ）のデータを取得します。

また、距離センサデバイスはタブレット内のアプリケーションに Wi-Fi 通信によりデータを送信し、サーバ側でデータベースに格納します。サーバ側アプリケーションは現場ごとに CSV ファイルに出力し、出来形管理図表/出来形管理成果表を自動作成します。

次に開発の目標として、従来手法と比較し、以下の2点を掲げました。

- ① 削孔長・削孔径の測定および写真撮影工数の削減を図ります（省人化：従来手法の90%以上削減）。
- ② 出来形管理図表と出来形管理成果表の作成工数の削減を図ります（省人化：従来手法の80%以上削減）。

写真-3が「削孔管理システム IoT」の全景となります。デバイス・タブレット、伸縮可能な

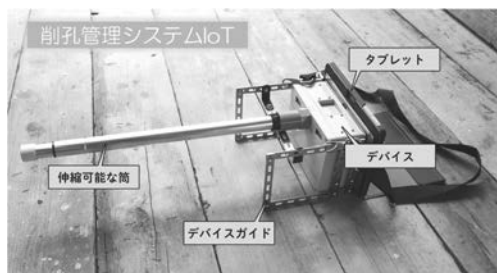


写真-3 削孔管理システム 全景

筒、デバイスガイドと大きく四つの構成となっています。

次に、削孔長測定の方法を説明します。

壁に当たるレーザーセンサが二つあります。伸縮可能な筒の中にもレーザーセンサがあり、削孔の底の距離が測定できます。この壁に当たる二つのレーザーセンサの値と伸縮可能な筒の中のレーザーセンサの値との差分で削孔長を計測します。

続いて、削孔径測定の方法を説明します。

写真-4 が削孔径測定時のタブレット画面となります。AIによって検出された円が画面に数個、表示されます。測定者が選択ボタンにより選出します。タブレット付属カメラとコンクリート壁面までの距離と画像データにより、実寸直径が算出されます。



写真-4 タブレット画面

最後に、「削孔管理システム IoT」のシステム構成について説明します。レーザーセンサを三つ搭載したデバイスでセンシングした削孔長・削孔径計測データ、写真データは、タブレットのLTEまたはWi-Fi通信により、クラウド上へ自動で記録されます。

実際に測定している状況が写真-5 のとおりで、測定方法は以下のとおりです。

- ① デバイスガイドをコンクリート壁面に沿わせ



写真-5 測定者1人による測定状況

水平を保ちます。

- ② センサのデータとカメラ画像の解析により削孔長・削孔径の測定を行います。
- ③ 現場写真撮影とセンサによるデータ取得を同時に行い、その結果はクラウドに自動でアップロードされます。
- ④ 測定データは、サーバ側でCSVデータに出力できます。
- ⑤ 写真データは、サーバ側で工事写真帳に利用できる形で保存されます。

4. 試行結果の取りまとめ

対象現場において、試行およびシステムの実施試験を行いました。測定精度について、削孔長は従来測定方法である曲がらない棒による計測と比較したところ、最小2mm、最大6mm、平均2.4mmの誤差が生じました。削孔径は、従来測定方法による計測と比較したところ、最小1mm、最大126mm、平均3.5mmの誤差が生じました。

現場での使いやすさについては、試作機の筐体・伸縮ロッド・デバイスガイドが足場の単管パイプと干渉し、計測できない削孔がありました。今後は、どんな環境下でも測定できるように筐体・伸縮ロッドの改良を進めていく予定です。

作業人員の縮減に関する効果について報告します。従来方法は、測定者・黒板保持者・カメラ撮影者の3名必要ですが、「削孔管理システム IoT」では、1名のみで測定可能となりました。

次に、作業時間の縮減に関する効果を報告します。従来方法では一度に3名必要となり、平均作

表-1 作業時間の縮減効果

支取替工 削孔長出来形管理において【削孔長出来形計測+写真撮影】の作業時間を比較した（2022年3月15日）

測定箇所：第一西藤橋 上り線 P1 起点側・終点側

| 回数 | 測定孔数 | 従来方法 作業時間 | 削孔管理システム 作業時間 | 作業時間差 |
|-----|------|--------------|------------------|--------|
| 1回目 | 24孔 | 24分30秒 | 7分30秒 | 17分00秒 |
| 2回目 | 24孔 | 25分00秒 | 7分30秒 | 17分30秒 |
| 3回目 | 24孔 | 24分30秒 | 7分00秒 | 17分30秒 |
| 4回目 | 24孔 | 24分30秒 | 7分00秒 | 17分30秒 |
| 平均値 | 24孔 | 24分38秒 | 7分15秒 | 17分23秒 |

業時間は約24分でしたが、「削孔管理システムIoT」では1名で作業することができ、平均作業時間は約7分となりました。1孔当たりの作業時間を1人当たりの時間で比較すると、約90%の削減が可能となり、大きな効果を得られ、目標を達成することができました（目標90%以上、表-1）。

三つ目に施工管理の効率化・高度化に関する効果を報告します。共通の効率化として、1孔ずつ削孔長・削孔径の出来形測定結果と写真データが直接クラウドにアップロードされるため、現場から離れた事務所や会社からリアルタイムで測定結果・写真を確認することができます。それにより、施工管理の効率化を図ることができました。

出来形測定結果データ整理の効率化については、アップロードされた測定結果データは、エクセルに自動入力され、CSVデータにて出力が可能であるため、測定結果をエクセル帳票へ入力する手間が完全に省略できます。それにより、入力間違い防止の効果が得られました。

写真データ整理の効率化については、アップロードされた写真データが、撮影日時・時間および撮影した順番にファイル名に番号が付与され、撮影日ごとにフォルダーが作成されるため、工事写真帳の作成時に撮影箇所の間違いがなく効率よく作業できる効果が得られました。同時にGPS情報も付与され、測定出来形エクセル帳票の情報とリンクするため、写真データ改ざん防止となり、信ぴょう性が得られる効果がありました。

5. 今後の展開について

最後に、今後の展開について報告します。ソフ

ト面の課題として、出来形測定結果データ整理の効率化や削孔径の計測精度の向上を目指します。ハード面の課題としては、どんな環境下でも測定できるように、伸縮ロッドの改良や筐体の軽量化をさらに進めていきます。

現在は特許取得（2023年2月）し、NETIS登録を目指しています。さらに試行・開発を進め、「削孔管理システムIoT」の販売・リースを実現し、多くの施工管理者の生産性を向上させることを目指します。

また、大きな展望として、土木工事共通仕様書の一部変更を目指しています。土木工事共通仕様書中国地方整備局版の第10編 道路編 落橋防止装置工の中で、二つの項目に着目しています。

一つ目として、「受注者は、出来形管理としてアンカーボルト孔の削孔長を曲がらない定規で全数確認することとし…」とあります。また、二つ目として、「削孔長の出来形管理図表を全数作成し、出来形管理写真を全数撮影する」とあります。これら二つの項目、「曲がらない定規を使用し全数測定」、「全数撮影の管理」に膨大な労力と時間を要しています。

そこで、この「削孔管理システムIoT」を使用して管理することが可能となれば、作業人員・作業時間が大幅に縮減可能となり、冒頭で述べました、「耐震補強工事の施工管理業務において、生産性向上を図りたい」という現場の願いがかないます。そういった意味で、土木工事共通仕様書の一部変更を目指して、尽力していきたいと思えます。

6. おわりに

これらの課題を実現し、建設業に携わる全ての人の労働生産性の向上を図り、働きやすく魅力ある建設業を目指していきたいと思えます。

また本業務を遂行するにあたり、ご協力いただいた、西日本高速道路株式会社中国支社、ならびに中国地方整備局に感謝申し上げます。