

(37) 構造物情報の一元化と建設生産システムでの一気通貫の活用を目指して

田原 孝¹・矢吹 信喜²

¹正会員 大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 博士後期課程
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail : u032066b@ecs.osaka-u.ac.jp

²フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail : yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

鉄道事業における建設工事プロジェクトでは、工事の進捗に伴い、幾度も情報の交換を重ねていくが、それらのために多くの時間と労力がかかっているという課題がある。特に工事施工段階では、構造物の品質管理を目的とした検査を毎日実施するため、検査およびそれに伴うデータの集約に多くの時間を費やしており、効率的な検査およびデータ管理手法の導入が求められている。そこで、計画段階に付与した構造物のIDを用いて、品質管理業務とデータ管理を行うツールを開発した。現場での試験を行った結果、検査業務とその後のデータの管理が効率的になること、構造物の情報が現場で瞬時にわかること、設計～施工段階を跨いだ情報連携へと繋がることを示した。

Key Words: construction information, information exchange, Web application, database, RFID

1. はじめに

鉄道建設工事では、建設生産システムの上流（企画・計画段階）から下流（維持管理段階）に至る各段階で、幾度も情報の交換を重ねながらプロジェクトを進捗させていくが、多大な量の情報を作成するため、時間と労力がかかるという課題がある。その原因のひとつとして、情報の交換は、紙媒体の図面や台帳を中心に行われるため、情報交換の場面やニーズに応じて、データや図面の加工・編集作業を繰り返すことが挙げられる。作業の効率化を図っていくためには、情報の電子化と情報の蓄積・交換手法に新たな仕組みを導入することが必要である。そこで、情報の一元的な管理のための3次元情報共有プラットフォームとプロダクトモデルに付与したID（identifier）を活用して品質管理業務を効率化するツールについて検討を行った。本編では後者を中心に述べる。

2. 情報共有プラットフォーム

情報共有プラットフォームは、図-1に概略イメージを表すように、プロジェクトの情報を一元化した上で、業

務プロセス段階を跨いだ複数の関係者間での利用を可能とするもので、これにより情報の蓄積と交換を効率的にする。また、構造物の情報を3次元モデルにより視覚化したものとデータベース（以下、DB）の連携を図ることで、視覚的に情報を把握することが可能となり、理解力の向上と手戻りの減少が期待される。

この仕組みを実現するためには、情報を蓄積する媒体、情報を記録させる媒体、情報を視覚化する媒体、業務プロセス段階を跨いで情報を交換する媒体の整備が必要で、情報交換のためのツールとして、構造物情報管理支援ツールを開発し、併せて情報蓄積のためのサーバと視覚化のためのプロダクトモデルを導入した。

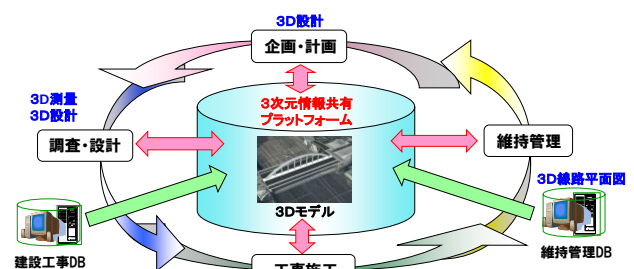


図-1 新たな情報交換の仕組み

3. 構造物情報管理支援ツール

(1) 品質管理業務について

工事施工段階では、発注者側の監督者は原則として毎日現場の巡回を行い、構造物の施工状況と出来形の確認を行っている。これは品質管理業務と呼ばれている。

出来形の管理手順は、まず、施工者が設計図面をもとに検査記録簿を作成する。次に、現場で構造物の寸法や形状を確認し、その結果を検査記録簿に記入した後、規格値を満たしているかチェックを行う。そして、発注者側の監督者が施工者の事前の測定値をもとに立会い確認検査を行う。最後に、一連のこれらの測定記録を紙媒体の報告書として整理するために書き写す。この作業を工事の進捗に応じたブロックごとに何度も繰り返し行う。

この過程において、検査対象構造物の取り違い、検査記録簿の記入欄の間違い、測定値の誤記入といった事象が発生しているため、見誤り、勘違い、書き間違いといったヒューマンエラーを減らすためには読み書きをする機会を減らすことと自動的な処理の仕組みを導入することが望ましい。

そこで、自動認識技術に着目し、同技術の持つ個体識別特性を活用することにより、一意での対象物特定が可能になり、また、追記特性により容易にデータの更新が可能になると考え、自動認識技術のひとつであるICタグと携帯式端末を用い、品質管理業務を支援する構造物情報管理支援ツール（以下、本ツール）の開発を行うことにした。

(2) 情報管理支援ツールの概要

本ツールの概念は、図-2に示すように、構造物に付与したID（ここでは、高架構造物の1ブロックに「A1」というIDを付けた）をもとに、設計段階で作成した「A1」のプロダクトモデルの属性情報を構造物に取り付けたICタグを通して、施工・維持管理段階の情報を逐次追加・更新するツールであり、かつ施工段階の品質管理業務、維持管理段階の点検業務を支援し、業務の効率化を可能にするものである。

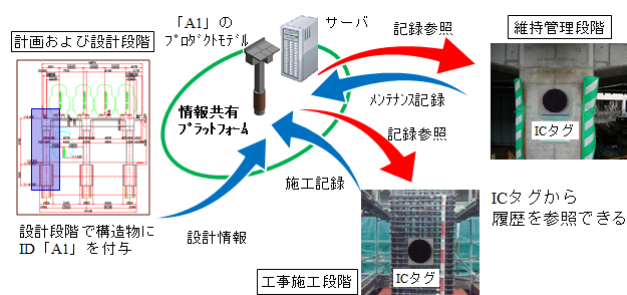


図-2 情報共有プラットフォームとICタグでの連携

ツールは、ICタグと携帯式端末、DBサーバ、および通信回線で構成され、r/w（reader/writer：読み取り/書き込み）にはNFC（Near field communication）のものをを用いている。設計段階で構造物の任意の単位（例えば、コンクリートの打設単位とした場合、図-3に示す構造物では、打ち継目で分けた3つのブロック）ごとに付与した各IDに応じたデータを収納するDBを構築し、DBとの紐付けを行ったICタグを施工段階において構造物に設置する。このICタグをr/wにより認識すると、携帯式端末にそのIDに関する構造物情報が呼び出され、設計情報の参照や品質管理記録や維持管理記録の登録が可能となる。

従来の品質管理業務では、出来形の確認検査を実施する段階、出来形管理記録を報告書として整理する段階、および施工者から発注者に提出された報告書の内容を確認する段階において多くの時間を要している。また、プロジェクトを通して提出される報告書の量が膨大となるため、その保管場所が嵩むことや書類の検索に手間取ることが問題となっていた。そのため、本ツールでは、出来形の確認検査における閾値判定の自動化、検査結果データを報告書として監督員へそのまま提出できるワークフローシステムの導入により、処理の迅速化を図るとともに、報告書のDB化により保管上の課題を解消した。

ICタグを用いて、情報管理を効率化する取り組みは従来から多くなされている^{1)~9)}が、本研究は将来的に構造物を所有する工事の発注者が、情報共有基盤を整備・管理し、調査・計画段階から維持管理段階まで一貫して、その基盤を通して受発注者を含めた関係者間での情報の共有・活用を行うことを目標として、情報蓄積、情報交換を行うためのツールを開発するものである。また、現地構造物に設置したICタグを通じて、構造物の情報を取得できる手法のため、工事施工段階では設計の趣旨を知り、維持管理段階では施工の状況をその場で知ることができ、技術者の迅速な判断を可能とする。これら一連の情報連携を一つのツールを通して行うことは、既往の研究とは異なる新たな取り組みである。

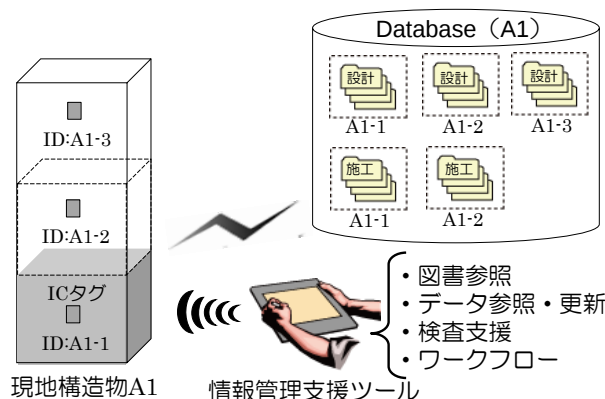


図-3 IDの割付とDBの構成

4. 現場での確認試験

鉄筋コンクリートラーメン高架橋の建設工事現場の鉄筋工の工程において、組み立て段階の鉄筋にICタグを取り付け、開発したツールの機能確認試験を行った。

(1) 個人IDの登録

本ツールでは、発注者と施工者がアプリケーションを共用することにより、情報交換の効率化を図っている。あらかじめユーザIDを登録したICカードを端末使用時に認識させることによりユーザが特定され、発注者・施工者のそれぞれのユーザ（監理技術者、助役など）に対応したアプリケーションが起動する仕様になっている。このユーザID登録時に定めた承認順序により、報告書の回付が実行される。試験では、図-4の左の写真に示すように、r/wにICカードをかざし、携帯式端末でツールを起動させ、ユーザが認証されていること、ユーザに対応したアプリケーションが起動していることを確認した。

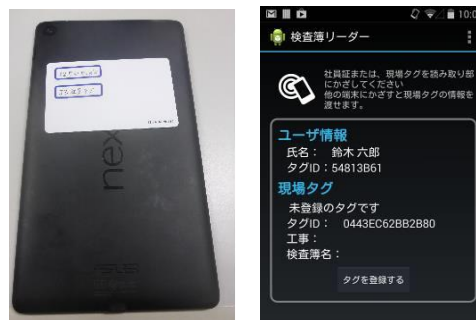


図-4 個人管理用 IC カード認証状況

(2) ICタグの認識、検査記録簿・図面の参照

図-5に示すように、鉄筋にICタグを取り付け、r/wによる読み取り確認を行った。r/wには通信距離の短いNFCを採用したため、鉄筋や隣接のタグに影響されことなく、正常にタグを認識し、ICタグに紐づいたIDの構造物情報（検査記録簿、設計情報）をDBから瞬時に読み出すことに成功した。また、複数の異なるICタグの読み込みを行い、それぞれに紐づいた情報を呼び出しできることを確認した。これにより、現場での構造物情報の照合を一意に、瞬時に行えることを示した。



図-5 構造物管理用 IC タグと認証時の画面

(3) 検査記録の登録、報告書の提出

前節で読み出しを確認した検査記録簿について、検査記録の入力とDBへの結果の登録が正常に行われるか、ツールの動作確認を行った。試験的に規格値を超える数値を入力した場合、図-6に示すようにセルが着色表示され、従来の赤ペンによる数値チェック作業を省略できることを確認した。また、検査値の入力後、登録を実行すると検査記録はIDごとにそれぞれDBに登録された。

本ツールは、検査記録の整理と報告書承認を迅速化するため、IDごとに集約された検査記録をそのまま報告書として利用し、監督員に提出する仕組みとし、報告書の作成作業と書類の提出作業を削減している。そのため、ツールとメーラーを連動させ、メール上に貼られたリンクから検査記録の入ったDBを参照できるようにし、また、ユーザID登録の際に設定した承認順序に応じて、ワークフローでの承認（または否認）行為が進むシステムとした。今回の試験では、現場で登録した出来形の確認



図-6 検査記録簿の構成と規格値判定状況

検査データがワークフローに応じて最終承認者まで処理され、図-6の承認欄に電子押印されることを確認した。

(4) フローと作業時間の比較

現状の出来形管理フローと本ツール導入後のフローを比較し、図-7に整理した。フローのうち二重線で囲んだ作業は、現状の作業と作業方法が変更となるもので、こ

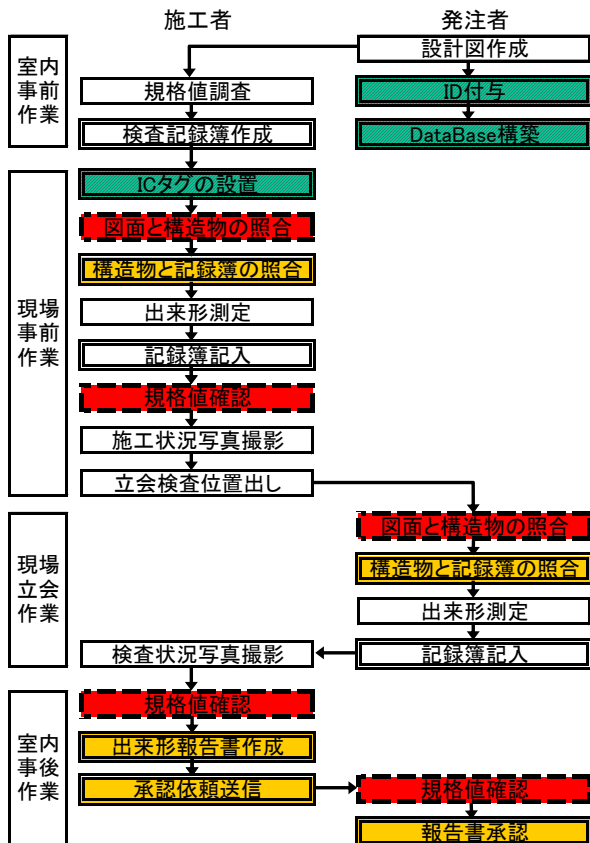


図-7 出来形管理のフローの変化

のうち、斜線を付けた「ID付与」と「DB構築」、「ICタグの設置」の作業は、従来の作業方法にはなく新たに発生するが、淡色で色付けをした作業は手数が減少すると考えられる。また、破線で囲んだ作業は、作業そのものが省略となる。

現場試験において、現状の作業時間と本ツール導入時の作業時間を2箇所計測した。比較したものを図-8に表す。各回の左側が現状の作業時間、右側が本ツール利用時の時間を表す。2回の試験とも承認の時間が現状に比べ大幅な時間短縮となっている。この要因は、現場と発注者執務箇所への書類の運搬による足ロスの削減されたこと、ツールにより報告書類の記載内容の確認が容易になったこと、ワークフローシステムにより、承認行為がスムーズにできるようになったことが挙げられる。検査記録簿作成と検測時間については、第1回試験では現状に対して時間が増加しているが、これはシステム端末の操作に不慣れなことが原因である。そのため、操作に慣れた第2回試験では所要時間が短縮し、現状の作業と同程度となっている。

現時点では、室内事前作業の手数が増加となるが、将来的な建設生産システムでは、DBを構築して情報を共有することを計画しているため、手数の増加は過渡的なものとなると考える。

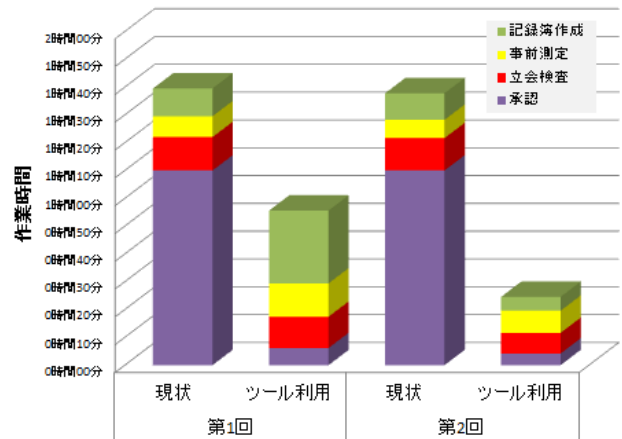


図-8 ツール導入前後での作業時間の比較

5. 結論

本研究では、情報の蓄積方法の改善と品質管理業務の効率化を目的として、情報管理支援ツールを作成した。建設工事現場での試験の結果、検査時の規格値のチェックが瞬時に行えること、IDごとに検査記録値をDBに登録できること、またそれらを現地構造物に取り付けたICタグから参照できることを確認した。また、検査後の報告書作成・承認作業において、検査記録の蓄積・読み出し、承認が行えることを確認した。これにより、出来形確認検査から報告書提出までの処理が迅速になる。

本ツールは、建設ライフサイクルの上流の情報を現地構造物を通じて瞬時に得ることができる。そのため、現場の技術者の判断が迅速化し、円滑な施工やメンテナンス作業の着手に繋がることが期待される。

参考文献

- 1) 松本慎也, 大久保孝昭, 森達哉, 小山至: PCa コンクリート部材の施工における RFID 技術の活用に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.253-258, 2007.
- 2) 君島健之: 次世代社会資本整備と電脳コンクリート, 建設マネジメント技術, No.351, pp.24-27, 一般財団法人経済調査会, 2007.
- 3) 嶋田善多, 矢吹信喜, 坂田智己: 土木設備の維持管理体系における巡視点検と IC タグの活用, 土木学会論文集, No.777/VI-65, pp.161-173, 2004.
- 4) 金子智弥: タブレット端末を利用した配筋検査支援システム, コンクリート工学, Vol.50, No.9, pp.835-840, 公益社団法人日本コンクリート工学会, 2012.
- 5) 田辺要平, 清水友理, 佐藤康弘: 次世代携帯端末を用いた施工管理手法の開発 その1 システム概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.955-956, 2011.