

受入れコンクリートの性能を考慮したコンクリート構造物の施工履歴の評価システム

大成建設(株) フェロー会員 ○大友 健 正会員 渡邊 高也
 同 上 正会員 片山 三郎 正会員 石井 喬之
 同 上 正会員 佐藤 駿介 正会員 直町 聡子
 同 上 正会員 長谷川 正人 正会員 伊藤 正寛

1. はじめに

著者らは、生コンクリート供給者から施工者への納品と検査、監督者の施工検査について、これらのデータをすべて電子化し、クラウド上で製造・施工・監督の三者がリアルタイムに共有、立会も遠隔臨場を可能とすることで、現場打ちコンクリート工の生産性と施工品質を向上させることを「生コン情報の電子化」として、取組みを継続してきている。さらに、コンクリートの受入れ管理を全数化する試み、異なるセクター間で引き渡される情報を、施工に関する情報も含めて、最終的に CIM に統合して、施工者のアカウントビリティを明示し、将来的に維持管理に寄与できるストレートラインを提唱してきた¹⁾ (図-1)。この要素技術としての全数品質情報の取得、打込み情報の取得と表示の手法を図-2 および図-3 に示す。これらの試みは、2018~2020 年度の「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 (PRISM)」を活用して試行され、コンクリート生産性向上検討協議会で議論されるサプライマネージメントの改善を具現化するものとなっていた²⁾。

2021 年度の PRISM の試行においては、コンクリート構築工を対象としてさらなる「自動化/効率化」が望まれたことから (図-4)、「全数取得の品質リアルタイム情報の施工への反映」と「施工情報の自動取得と適切な打込み作業の評価」をテーマ³⁾として、実際の施工 (関東地整:「R2 国道 357 号塩浜立体山側下部工事」) においてデータを取得、解析に供している所である。本報告ではこのシステムの概要を紹介する。

2. 全数の品質リアルタイム情報の施工への反映

「生コン情報の電子化」では、クラウド型品質管理システムにより生コン車 1 台毎に、製造から運搬、受

入れまでの時刻歴が自動的に記録される。これに「全数管理システム」を適用すれば、受入れコンクリートのスランプと温度を生コン車 1 台毎にリアルタイムに知ることができる。ここで、コンクリートの性能をあらかじめキーワード コンクリート、生産性向上、施工性能、全数管理、トレーサビリティ、PRISM

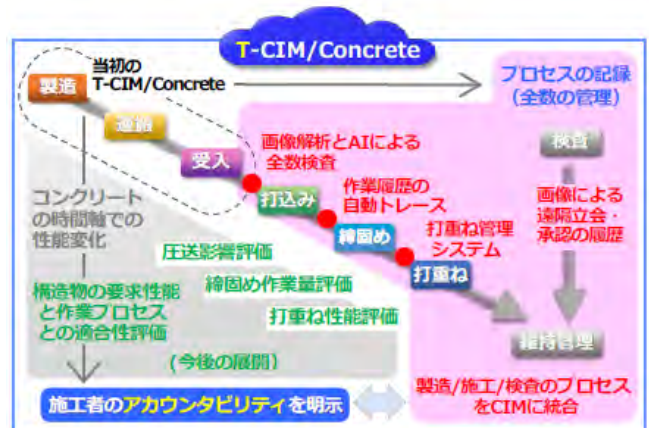


図-1 コンクリート構造物の維持管理に至るストレートライン

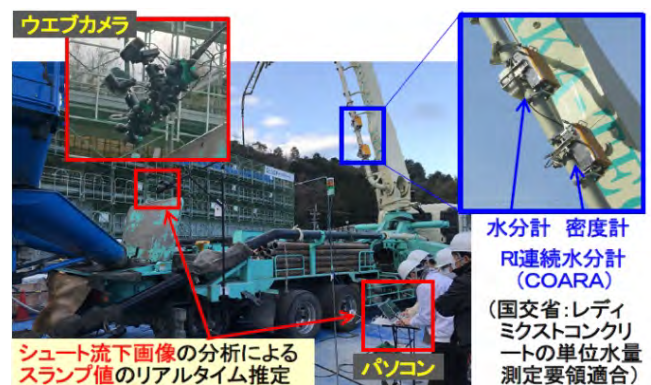


図-2 スランプと単位水量の全数測定システム

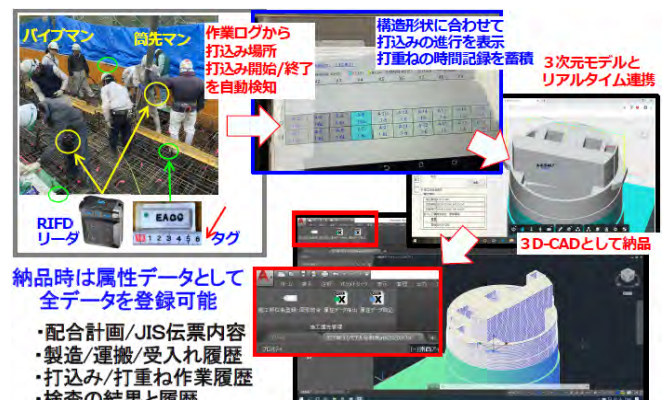


図-3 打込み位置の自動判定と CIM 連携

コンソーシアム：大成建設(株)、成和コンサルタント(株)、横浜国立大学、(一社)
 日本建設業連合会、パナソニックアドバンステクノロジー(株)、ソイルアンド
 ロックエンジニアリング(株)、KYB(株)、極東開発工業(株)、エム・エス・ティ(株)
 試行場所：R2国道357号塩浜立体山側下部工事

- ・過年度プリズムで試行した「クラウド型品質管理システム」と受入れコンクリートの「全数管理システム」について、無人化/リモートでの運用を目指します。
- ・打込み/締固め/打重ねの位置と作業量を自動把握、コンクリートの性状変化に合わせた適切作業をガイダンスし、現場作業時間を短縮して効率化を図ります。



図-4 PRISM2021 技術 I (自動化/効率化)の概要

はじめ調べておけば、施工に要する時刻歴情報を付加することで、実際の打込みプロセスでの品質変化状態を定義でき、施工プロセスとその時のコンクリートの性能から、最適な施工のガイダンスを行うことが可能になるものと考えた(図-5)。

ここでコンクリートの性能として、図-6に示すように、スランプの経時変化(アジテータ車から荷下したコンクリートの静置状態での変化)と、打重ね性能(スランプ試験に使用する突き棒の貫入量から判定する許容打重ね時間)を調べるものとした。図-7は、塩浜立体工事において取得したコンクリートのスランプの経時変化特性であり、ここで現着の時間、コンクリート温度と受入れ時のスランプを知れば、その後のスランプの経時変化状態が定義できるものとなる。

図-8は、実際の施工において、生コン車全台の打込み終了までの経過時間とその時点のスランプ値を示したものである。打込み箇所でのスランプが定義できれば、どのぐらいの締固めを行えば適切かの判定に利用できる。

また、同様に、許容打重ね時間をあらかじめ知り、it-Concrete 打重ね管理システムの運用⁴⁾により記録された施工ブロックの履歴時間と照合することで、打重ねの余裕度の算定も可能となる。

3. 施工情報の自動取得と適切な打込み作業の評価

PRISM2019の試行(図-3)では、締固め作業の位置情報をRFIDタグとRFIDリーダーにより取得していた。本年度、塩浜立体における試行では、作業の位置情報をより位置精度の高いGPSにより取得した。これは、この2年の間にGPSがよりポータブルで安価となったことによる。また、他現場(中部地整：津屋川10P橋脚)に



図-5 全数品質情報の施工最適化への反映概念図

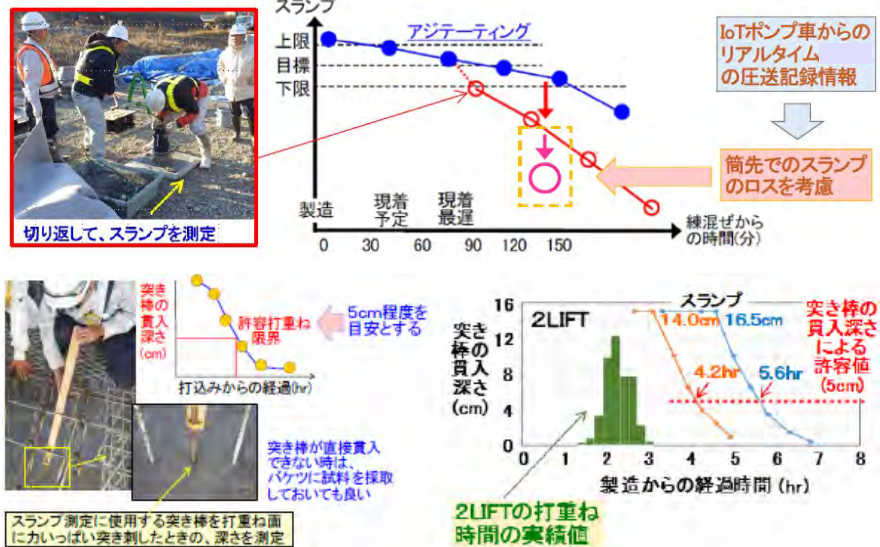


図-6 スランプの経時変化特性と打重ね性能の取得方法

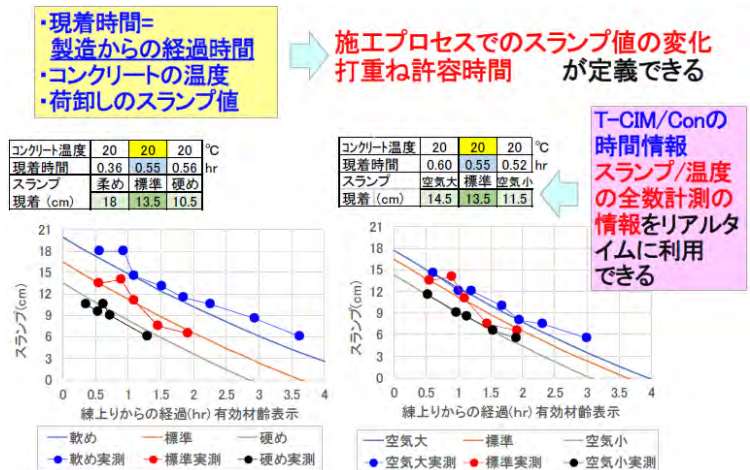


図-7 スランプの経時変化の設定例

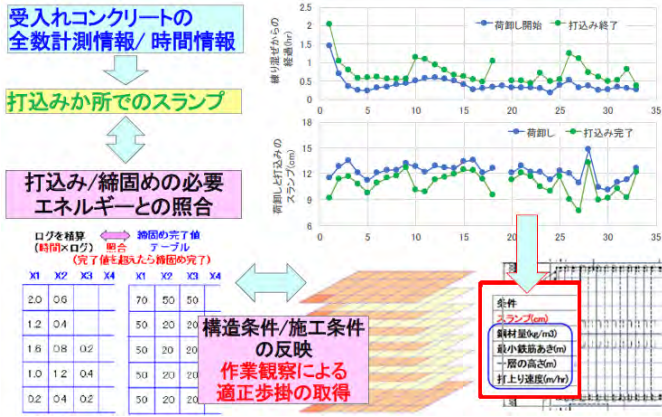


図-8 打込みのスランプと所要エネルギーとの照合

おける試行では GPS を図-9 に示すように作業員のヘルメットに装着していたが、切梁直下など作業員が立ち入らない場所で欠測する傾向となったことから、塩浜立体の試行では、GPS を図-10 に示すようにポンプマン・パイプマンの両肩に設置し、作業方向のベクトルを取得できるようにしている。これにより、打込み作業については位置と方向、締固め作業については実際の作業位置をより精度よく記録できるものとなった (図-11)。

この作業の位置と時間を図-12 に示すようにエレメント毎に積算することでエネルギー量を算定し、締固め完了を判定する仕組みを構築した。現在、打ち込み時点のスランプ値とエレメントの構造条件 (配筋条件)、実際の施工における作業の観察結果を照合させ、この判定基準について検討を進めているところである。

今回の試行ではコンクリートの打込みに極東開発工業の IoT ポンプ車を使用している (図-13)。

これにより打込みの位置情報とコンクリートの吐出情報もリアルタイムに得ることができる。ここで、コンクリートの吐出速度と吐出範囲を定義することで、打込みそのもののエネルギーについても、締固めと同様手法により積算できるものと考え、取得データの分析を加えているところである。

4. 打込み経過の表示と CIM との連携

生コン車 1 台ごとの製造・運搬から施工の時刻

履歴、打込み場所情報については、現在、クラウド型の品質管理システムである it-Concrete および it-Concrete 打重ね管理システム⁴⁾に統合するものとしており、2. に示したコンクリート自体の全数の管理情報、時刻歴依存の性状については it-Concrete 上で、また 3. に示した打込み・締固めの完了情報については、図-14 に示すように打重ね管理システムの画面上に表示できるようにしている。

図-15 は、打込み個所のガイダンスの例を示したものである。その時点までの打込みの履歴を反映して、次

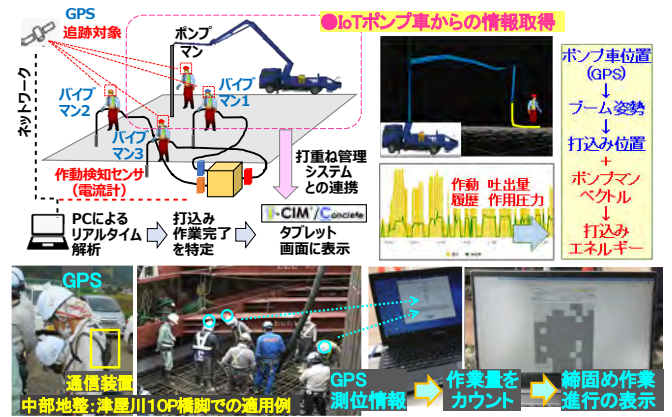


図-9 GPS による打込み位置情報の取得概念



図-10 実施工での作業履歴取得 (塩浜立体での試行)



図-11 実施工での作業履歴取得 (塩浜立体での試行)

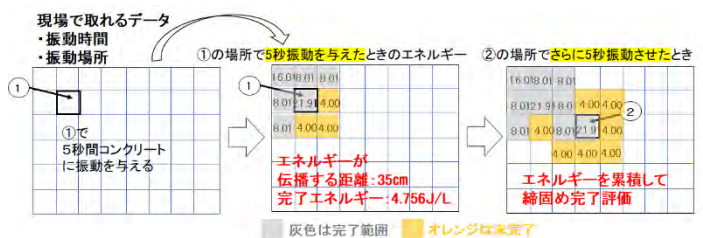


図-12 締固め作業の積算による締固め完了の判定

IoTポンプ車からのリアルタイムの情報取得



図-13 IoT ポンプ車からの圧送情報の取得状況

に打つべき場所を AI がガイダンスするものとなっている。

施工結果については、図-16 に示すように、it-Concrete および it-Concrete 打重ね管理システム の表示と連動して、3D-CIM モデルとして施工ブロック 単位で表示できるものとなっており、打込みの進行 と連動したリアルタイム表示も可能なシステム化 を図っている。

今後、塩浜立体で取得した多くの打込み・締固めの 情報を分析して、これらプロセスの詳細についても 構造物の 3D-CIM に統合して蓄積し、施工者のア カウンタビリティーを確保するとともに、将来の維 持管理に適用できるようにすることを想定してい る。

5. おわりに

本報告は、大成建設、成和コンサルタント、横浜 国立大学、日本建設業連合会、パナソニックアドバ ンストテクノロジー、ソイルアンドロックエンジニ

アリング、カヤバ、極東開発工業、エム・エス・ティー、パシフィックシステムからなるコンソーシアムによる調査業務の一部です。いまだ解析途中の部分が多くありますが、機会を得て順次報告できるようにしたいと考えております。なお、本報に記載していない試行内容とその成果については、第 11 回コンクリート工生産性向上検討協議会での公表資料²⁾を参照いただきたく存じます。

参考文献

- 1) 大友健, 前川宏一: 電子化した生コン情報をクラウド上で共有しCIMモデルと連携—製造・施工・検査の全数情報取得と活用の試み—, 土木学会誌, Vol.105, No.10, 2020.10
- 2) 国土交通省ホームページ: コンクリート生産性向上検討協議会 (第 11 回), 資料-3 および資料-4, https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000092.html (2022.8.5 確認)
- 3) 国土交通省ホームページ: 資料-2 試行内容 (概要) の紹介 技術 I No.5, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001447205.pdf> (2022.8.5 確認)
- 4) 渡邊高也ほか: クラウド型品質管理システム T-CIM /Concrete を利用したコンクリートの打込み管理と CIM モデル連携, 第 2 回 i-Construction の推進に関するシンポジウム, 2020.7.2

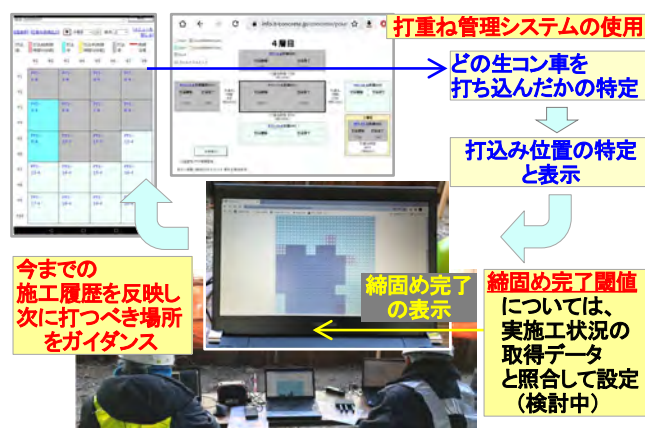


図-14 締固め完了情報の表示と履歴の保存



図-15 最適打込み個所のガイダンス例

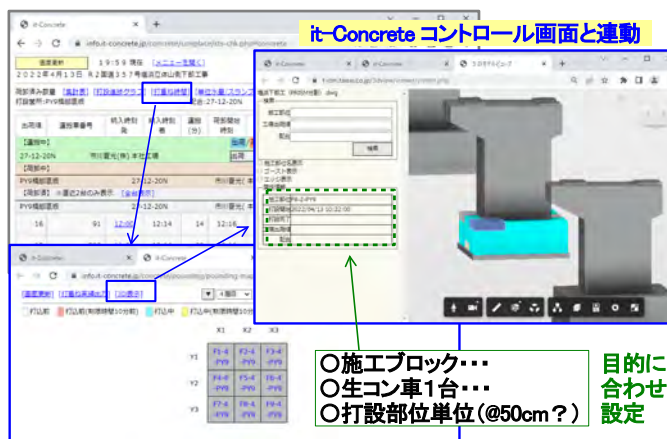


図-16 塩浜立体橋脚の 3D-CIM モデル