

土木学会 2022年度 第14回公共調達シンポジウム

コンクリート構築工におけるDX技術： クラウド/AI/IoTの活用による コンクリート製造～運搬～施工履歴と 全数品質情報の自動取得・CIMへの統合 —PRISMIによる試行例—

2022. 6. 21

大成建設 土木技術部 大友 健
大成建設 千葉支店 塩浜立体作業所



コンクリート構築工の i-Constructionの推進に向けて

国土交通省「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)」を活用した

Ⅱ)品質管理の高度化等を図る技術の試行
Ⅰ) 施工現場の労働生産性の向上を図る技術の試行



R2国道357号塩浜立体山側下部工事での取組み
(PRISM2018～2020での成果を含めて・・・)



国交省 コンクリート工生産性向上検討協議会 議論

i-Construction(コンクリート工)が目指す建設現場のイメージ 国土交通省

従来方法 (現場打ち)



現場打ちの効率化

(例)鉄筋をプレハブ化、プレキャストの埋設型枠により、現場作業の一部の工場化や型枠撤去作業等をなくす施工 ハーブプレキャスト工法など

(例)流動性を高めた現場打ちコンクリート適用 スランブ厚8cm～12cm

プレキャストの進化

(例)鉄筋の適用作業なし クレーンで設置 組立て作業 中詰めコン打設

(例)流動性を高めた現場打ちコンクリート適用 スランブ厚8cm～12cm

生コンクリートを利用前提

(例)各部材の規格(サイズ)を標準化し、定型部材を組み合わせて施工

(例)イメージ解析やAIを活用した品質管理

サプライチェーンの効率化

(例)材料、施工、品質等のデータをクラウド化し、関係者間の情報を一元管理

材料・品質等データの記録 計測データの記録 品質データの電子化

(例)点検データを活用した成果形管理



材料/施工/品質のデータをクラウド化、関係者で一元管理

生コン情報の電子化 国土交通省

●コンクリートの仕様・配合・製造等の情報は、工場で発行した紙伝票で伝達。工事情報の共有・保管・提出時にデータ入力発生
●運搬状況や現場での試験結果がリアルタイムで共有不可。相互のやりとり時間と打設手戻りなどのロス発生

○生コン工場における出荷状況や施工現場における打設状況など、情報の電子化を図り「見える化」による品質の向上やロスの削減によるコストの縮減を図る。
○出荷状況や現場での受け入れ検査など管理帳票作成を効率化し、コンクリート工における生産性の向上を図る。

○生コン情報の従来型運用



電子化と情報共有のイメージ



生コン工場 工事事務所等 発注者 施工現場

WEBサーバー 記録・確認 更新・保存

品質管理の確認 記録・確認

出荷情報の入力 打設状況の確認

出荷状況の確認 打設進捗状況の記録 受け入れ検査結果の記録



電子化された生コン情報をAI/IoT活用品質管理に展開

i-Construction(コンクリート工)が目指す建設現場のイメージ 国土交通省

②「電子化された生コン情報」の活用

AIによる解析による数値化
連続した計測による全数検査

2020年度に追加

(例)画像解析やAIを活用した品質管理

①「生コン情報電子化」の社会実装推進

サブライチエーンの効率化

(例)材料、施工、品質等のデータをクラウド化し、関係者間の情報を一元管理

クラウドシステム

(例)画像解析やAIを活用した品質管理

5

日建連フォローアップ会議 生コン電子化 & PRISM

国土交通省

【機密性2】
作成日:作成担当:用途:保存期間:

●R1年度のPRISM試行
生コンの品質管理に新たな技術を活用し、省力化・効率化及び将来な全数検査を目指す

●R2年度のPRISM試行
生コンの運搬に関わる情報を電子化、管理し、書類の削減や戻りの削減等を目指す

●現在の手法

●代替手法を提案

18工場/35工場

10工場/18工場

スランプ・単位水量等の全数管理

千葉西部を含め4生コン協組

OR3年度のPRISM試行

●JIS改定の検討

●PRISM以外での試行

●システム普及に向けた検討(3協組を使用する直轄工事は、システム利用を義務化)

塩浜立体工事での試行

①生コン情報電子化 ②IoT/AI利用全数検査

6

生コン供給/品質管理の全面的デジタル化 検討項目

第10回コンクリート工生産性向上検討協議会 (2021. 2. 9)

・主な議論の内容から・・・

検討項目	取組み方針(案)
生コン情報の電子化(継続)	配合計画、伝票等のデータ化によるペーパーレス(JIS規定の見直し)
2018/2020年度検討	2021年度実施
情報の共有による効率化(継続)	製造、施工、検査データ等の一元管理による検査の合理化に向けた監督・検査基準の改定
コンクリートにおける3次元データの利活用(継続)	3次元データ(BIM/CIM)の活用による、出来形や品質管理など 新たな施工管理基準の策定
2019～2020年度検討	新たな技術の適用に向けた基準書の整備
革新的技術・工法の導入(継続)	施工(製作)～検査データの取扱いによる、サンプル調査から全管理検査など品質管理の高度化に向けた管理基準等の策定
※土木学会などにおける調査・研究開発との連携が必要	
※他分野における技術との連携も視野に検討	

クラウド/AI/IoT

<2021年度の取組み>

- ① JIS 規定改正 に向けて、
 - ◇ 生産者メリットをさらに付与した実装化の推進・メリット検証
 - ◇ 実装化(JIS 取入れ)に向けての問題解決方法の検討
- ② 管理基準策定 のため、
 - ◇ 受発注者を含む関係者の合意形成に供するデータの提供
 - ◇ 画像とAIによるスランプ推定のさらなる精度向上
 - ◇ スランプ以外、空気量・圧縮強度・温度全数計測技術の確立

7

生コン情報共有のベースクラウドシステム“it-Concrete”

生コンの伝票情報を自動取得(工場連携)

打設累計

経過時間

品質管理の動画や写真も登録

生コン1台毎

現着時入力管理

運搬・受入・打込み状況の表示

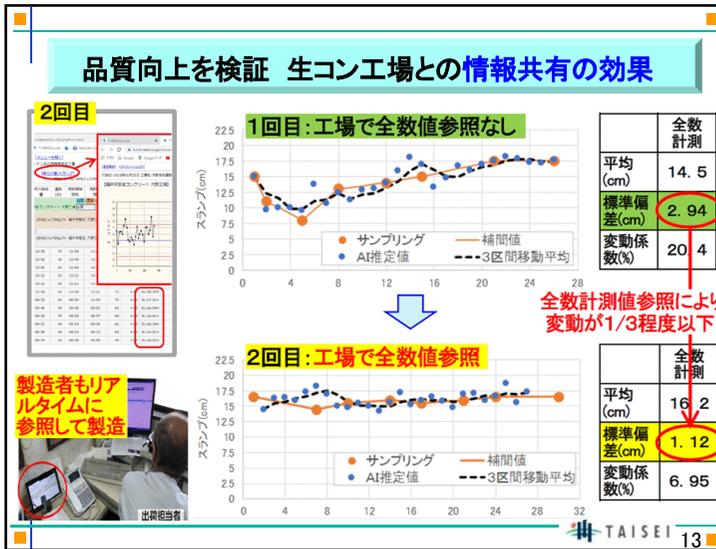
進捗グラフ

集計表

施工終了後 帳票自動作成

運搬～打込みのリアルタイム状況

8



コンクリート種別の相違 DB取得/AI学習と実施工評価

プリズム2020実績

(2019)天ヶ瀬・構築/スラブ15cm
 ○中流動コン: スラブフロー50cm
 ○一般躯体: スラブ12cm(普通強度)
 ○トンネル覆工: スラブ15cm(富配合)
 ○PC上部工: スラブ18cm(富配合)

プリズム2021取得

<スラブコンクリート>
 ●塩浜立体 ●津屋川10P橋脚
 ●鹿児島東西道路 ●熊野川河口大橋

<特殊コンクリート>
 <ダムコン SL8cm> ●南摩ダム(水資源)
 <吹付コン SL23cm> ●上曽トンネル(茨城県)
 <高流動コン SF65cm> ●鹿児島東西道路 ●王子給水所(東京都)

⇒ 推定精度向上 ⇒ 管理基準案策定のためのデータ取得を期待

立会試験をクラウド/AI/IoT利用全数モニタリングで代替

● 現行の手法 (立会を伴うサンプリング検査)

● 代替手法

シュート流下画像解析 → AI学習
 スラブ全数計測 → 品質管理反映

スラブ/単位水量の他
 空気量
 温度
 圧縮強度
 サンプリング代替には?

クラウド連携されたデータをタブレット上リアルタイム表示

製造者も参照

塩浜立体: スラブ/空気量/圧縮強度のDBを取得

DB取得パラメータ

単位水量	スラブ標準
変化(表面水準調整)	スラブ大
調整	スラブ小
空気量	空気量大(スラブ大)
調整	空気量標準
	空気量小(スラブ小)

スラブ推定(温度推定)
 単位水量・密度測定
 スラブ(温度)
 単位水量
 空気量
 圧縮強度(テストピースを採取)

圧送情報

<サンプリングの・スラブ/温度・空気量/圧縮強度>

各々の推定値との比較(調整)

インターネット
 水量と密度
 AI単位水量計
 画像の取得/AI解析

塩浜立体: コンクリート特性のパラメータ(水量と空気量)

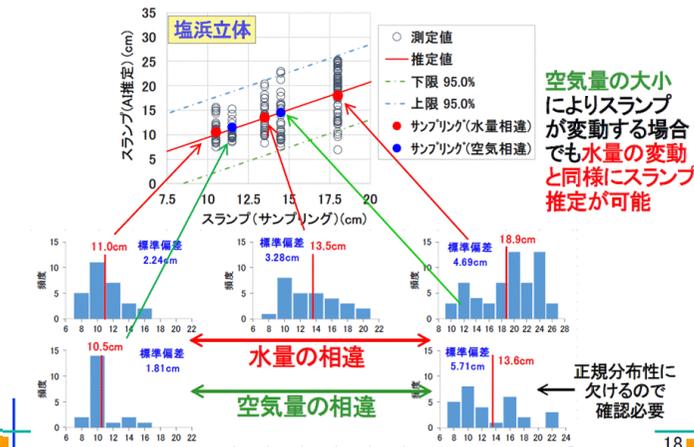
表面水率
設定の
相違による
スランプ大小

種類 パラメータ	塩浜立体橋梁コンクリート 保の		27-12-20N 標準	観音崎 敷の
スランプ 画像				
スランプ	10.5 cm	13.5 cm	18.0 cm	
フロー(参考)	240 mm	260 mm	334 mm	
空気量	3.8 %	4.1 %	4.5 %	
温度	15.5 °C	17.5 °C	17 °C	
単位水質量(配合表上)	-3.2	0.3	7.9	
単位セメント(配合表上)	313 kg/m ³	312 kg/m ³	319 kg/m ³	
推定水セメント(配合表上)	83.0 %	54.2 %	56.6 %	
圧縮強度(測定値)	42.2 N/mm ²	40.9 N/mm ²	35.9 N/mm ²	
圧縮強度(実測値から算定)	44.0 N/mm ²	41.7 N/mm ²	37.0 N/mm ²	
測定空気量(4.5%)に補正	47.4 N/mm ²	46.0 N/mm ²	35.9 N/mm ²	

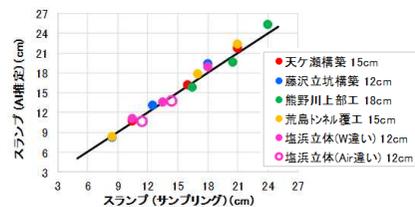
空気量の
相違による
スランプ大小

種類 パラメータ	塩浜立体橋梁コンクリート 空気の		27-12-70N 標準	観音崎 空気の
スランプ 画像				
スランプ	14.5 cm	19.5 cm	11.5 cm	
フロー(参考)	285 mm	260 mm	248 mm	
空気量	6.5 %	4.1 %	3.5 %	
温度	17 °C	17.5 °C	16.5 °C	

塩浜立体データでAI学習(水量と空気量をパラメータ)

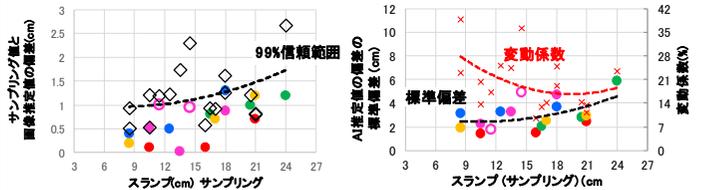


「様々なコンクリートのDB」に塩浜立体データを追加

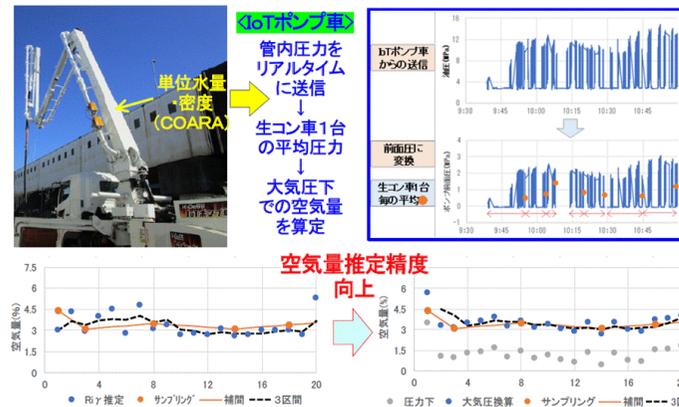


おおむね1cm程度の誤差でスランプ推定が可能
偏差の標準偏差は配合(使用材料)により異なる(2020までの知見と同等)

⇒特殊コンクリートに関する知見は、今後追加予定



IoTポンプ車の情報を利用して空気量推定精度を向上



it-Concrete画面への全数計測値の表示システム

全数履歴のグラフの表示

- スランブ
- 空気量
- 温度
- 単位水量
- 圧縮強度の推定値
- デジタル値の一覧表

試料番号	スランブ (cm)	単位水量 (kg/m³)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm²)	コンクリート温度 (°C)
1	110	170.0	4.9	30.9	22.6
2	120	170.0	5.2	30.9	22.6
3	122	177.5	5.6	30.9	22.6
4	120	180.0	5.2	30.9	22.6
5	113	182.0	4.9	30.3	22.4
6	108	170.0	4.2	30.5	22.2
7	111	176.4	4.9	30.2	22.2
8	112	180.0	4.9	30.2	22.2
9	115	176.0	4.9	30.2	22.2

1台毎の表示

全数管理の代替意義と管理方法の考え方(検討中)

現行手法	全数管理	効率化・高度化
生コン車のサンプリング試料についてスランブ試験	生コン車のシュート流下画像を解析、AIがスランブを判断	○現場の試験業務が不要(クラウド上で確認)
構造物種類によるが、20~150m3毎、生コン車5~35台毎	生コン車の全数	○いままで知りえなかった値も確認可能
工場に電話等で連絡し調整を依頼	タブレット上にリアルタイムに表示し、共有	○状況を即時に把握し調整可能
所定用紙に結果を記録、写真を撮影しまとめて提出	クラウド上への保存(日報の自動出力も可能)	○紙書類の作成・提出手間の削減
品質規格値への適合	施工中はトレンドを評価し最終的には規格値と比較	○構造物の全体を評価といえる
なし	従来のサンプリング値に全数管理を前提とした評価方法・管理方法を案出が必要	↓ ○効率的で高度な管理が可能

現行の手法:サンプリング

スランブ試験(サンプリング)の誤差±2cm

本提案:全数調査

移動平均で表示

・区間平均表示によりばらつきを平準化し、スランブの変化トレンドを把握(報告値?)

実施工における全数管理値のばらつきの評価例

1回目, 2回目, 3回目, 4回目, 5回目

従来のスランブ試験の測定誤差は±2.0cm、偏差の標準偏差で1.01cm程度とされている

画像解析とAIにより平均としては、おおむねサンプリングのスランブと同等の精度での評価ができていけると考える

検討結果を、生産性向上検討協議会WGの議論に提供

R3 i-Constructionの主な取り組みより (R3.4.1)

2.2 現場打ちコンクリートの品質確認の効率化のためのJIS規格の改訂

国土交通省

- 現場打ちコンクリートの品質管理試験では、画像解析やAI活用等デジタル技術が多く活用されているが、試験結果伝票はJISによる紙伝票の提出が求められることが多い
- 画像解析やAI等を用いた品質管理試験の伝票をデジタル処理可能とするためのJIS改訂に向け、令和3年度中に改定案を整理し、4年度の改訂を目指す。

●ICT技術の活用によるサプライチェーンや品質管理の効率化

(例) 画像解析やAIを活用した品質管理

協議会下に2つのWGが設置(R4.2月に第1回目を開催)

<生コン電子化媒体WG>

- ・JIS改正原案の提示(電子化ルート活用するための品質管理基準/検査要領の策定)
- ・社会実装の推進のためのガイドインの策定

<IoT活用試験の管理基準検討WG>

- ・従来試験に代わるAI/IoTシステムを活用するための品質管理基準/検査要領の策定
- ・受発注者間で合意形成方法の検討

受入れコンクリートの性能変化を施工履歴と連携

■ 製造～運搬～受入れ～打込みの電子情報を異なるセクターで引渡し
 ■ 変化するコンクリート性能をリアルタイムにフィードバックする施工システム

供給者 T-CIM/Concrete
 製造～受入れの時間管理
 運搬
 受入
 コンクリートの時間軸での性能変化
 構造物の要求性能と作業プロセスとの適合性評価
 高品質が得られ、かつ将来の維持管理性の向上に寄与できる一連の施工管理システムを構築

施工者
 プロセスの記録(全数の管理)
 画像解析とAIによる全数検査
 作業履歴の自動トレース
 打込み
 締固め
 打重ね管理システム
 打重ね性能評価

監督者
 検査
 画像による遠隔立会・承認の履歴
 維持管理
 製造/施工/検査プロセスをCIMに統合

一連の作業を時間と空間についてトレースを可能とする
 コンクリートの性能に対する作業の適切さを評価するルーチンを付加
 将来的に構造物性能の発揮を保證できるアカウントビリティを確保

TAISEI 25

全数検査～施工履歴情報のCIMモデルへの統合

受入スラブ/品質の評価 (製造～運搬の履歴)
 打込み・締固め作業履歴
 コンクリート性能の変化
 スラブの経時変化
 突き棒の貫入量
 打重ね限界
 コンクリート製造からの経過時間

3D-CIMモデルに統合
 打込みプロセスでの管理 ⇒ 時間短縮 ⇒ 品質向上
 「T-Con.PAS」
 打重ね時間間隔
 施工履歴とコンクリート性能からAIがその後の最適作業をガイダンス

製造～施工の履歴と全数の品質情報

TAISEI 26

打込み・締固め作業の自動トレース 作業完了判定

GPS 追跡対象
 ボンプマン
 パイプマン1
 パイプマン2
 パイプマン3
 打重ね管理システムとの連携
 打込み作業完了を特定
 タブレット画面に表示

IoTボンプ車からの情報取得
 ボンプ車位置(GPS)
 ブーム姿勢
 打込み位置
 +
 ボンプマンペクトル
 ↓
 打込みエネルギー

作業 吐出力
 履歴 作用圧力

PCによるリアルタイム解析
 打込み作業完了を特定
 タブレット画面に表示

IoTボンプ車GPS
 2ポイントGPS
 GPS測位情報
 作業量をカウント
 締固め作業進行の表示

TAISEI 27

GPSを用いた作業情報の取得の工夫

施工計画を反映
 ①GPS座標を作業平面に特定
 ②作業員位置を特定(ログ取得)パイプレータマン
 ③作業ログの積算→判定
 ④締固め作業完了の表示

パイプレータの有効性を電流から判定
 打込み高さ情報を打重ね管理システムのボンプマン情報から取得
 作業位置のログと定義されたブロックを生成コン車1台ごとクラウドに保管
 クラウドに送信して画面表示
 打込みの開始/終了の判定閾値をいかに設定するか!

パイプマン/ボンプマンのGPSグローバル座標
 ↓
 GPS局所座標
 ↓
 パイプマン
 ↓
 IoTボンプ車からグローバル座標をもちょう構造部位座標に変換

吐出力
 吐出力

TAISEI 28

塩浜立体DB取得:コンクリートの性能変化を定式化

• 現着時間=製造からの経過時間
 • コンクリートの温度
 • 荷卸しのスランプ値

→ 施工プロセスでのスランプ値の変化
打重ね許容時間が定義できる

コンクリート温度	20	20	20	℃
現着時間	0.36	0.55	0.56	hr
スランプ	差め	標準	硬め	
現着 (cm)	18	13.5	10.5	

コンクリート温度	20	20	20	℃
現着時間	0.60	0.55	0.52	hr
スランプ	空気大	標準	空気小	
現着 (cm)	14.5	13.5	11.5	

it-Concreteの時間情報
スランプ/温度の全数計測の情報をリアルタイムに利用できる

線りからの経過(hr)有効材齢表示

軟め 標準 硬め
 ●軟め実測 ●標準実測 ●硬め実測

空気大 標準 空気小
 ●空気大実測 ●標準実測 ●空気小実測

TAISEI 29

コンクリートの特性を反映した適正作業の閾値設定

受入れコンクリートの全数計測情報/時間情報

↓

打込みか所でのスランプ

↓

打込み/締固めの必要エネルギーとの照合

ログを積算 ← 締固め完了値 (材料×ログ) 照合 アーブル (完了後も起すから締固め完了)

構造条件/施工条件の反映
作業観察による適正歩掛の取得

締固め完了の表示

締固め完了の閾値については、実施工状況の取得データと照合して設定(検討中)

X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3	X4
2.0	0.6			70	50	50	
1.2	0.4			50	20	20	
1.5	0.8	0.2		50	20	20	
1.0	1.2	0.4		50	20	20	
0.2	0.4	0.2		50	20	20	

条件
スランプ(cm)
材料量(kg/m³)
最小鉄筋あり(m)
一層の高さ(m)
打上り速度(m/hr)

TAISEI 30

2ポイント式GPSによる位置取得+積算による作業量

2022 4/13 日建連主催見学会

パイプマン1 ▲
パイプマン2 ▲
パイプマン3 ▲
ポンプマン ▲

この時間の打込み箇所

パイプマン1 | パイプマン2 | パイプマン3 | 1+2+3 後追いパイ

TAISEI 31

打込むコンクリートの特定と作業完了表示を自動化

打重ね管理システムの使用

→ どの生コン車を打ち込んだかの特定

↓

打込み位置の特定と表示

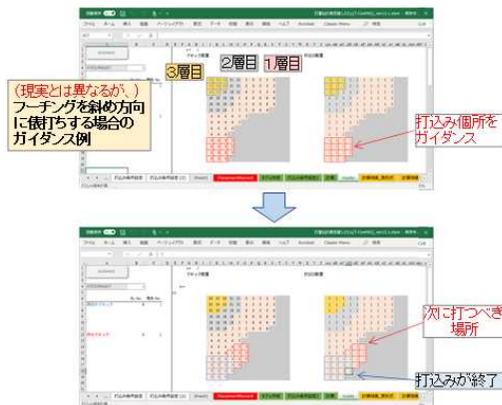
今までの施工履歴を反映し次に打つべき場所をガイダンス

締固め完了の表示

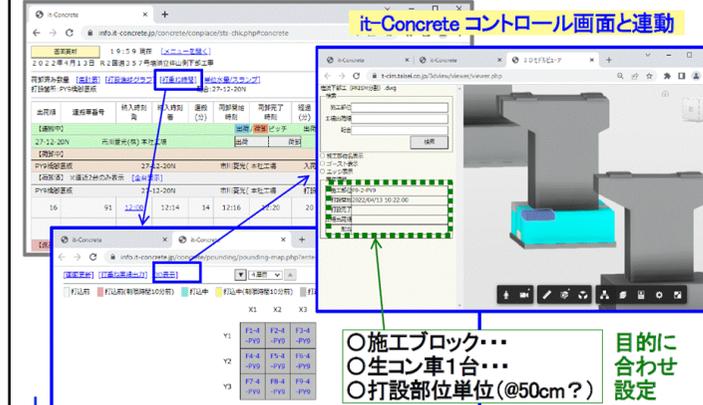
締固め完了の閾値については、実施工状況の取得データと照合して設定(検討中)

TAISEI 32

施工履歴を反映し合理的打回しをAIがガイダンス



施工結果を3D-CIM表示(部位単位に属性を付与)



さいごに

本報告は、国土交通省の行う「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)による、2018、2019、2019追加、2020および2021年度の調査業務によるもので、コンソーシアム(構成員:大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学(前川宏一教授)、日本建設業連合会、住友システム開発、ハカルプラス、パシフィックシステム、エムユー情報システム、リパティ、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、応用技術、エムエスティー、以上順不同)の成果の一部となります。

試行にあたり、極めて多くの方々のご協力とご助言をいただくとともに、現状におきましても、とくに「生コン電子化媒体」、「IoT活用試験の管理基準検討」のテーマにつきましては、産官学の皆様のご指導をいただいているところで、早急に社会実装に展開できますように努力してまいりたいと考えておりますので、ご助言・ご協力のほどをよろしくお願い申し上げます。

以上