

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

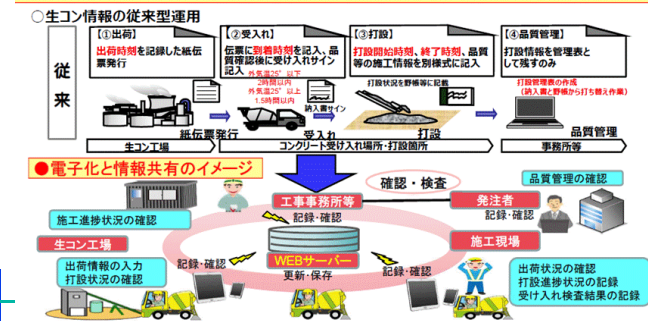
i-Construction(コンクリート工)が目指す建設現場のイメージ 国土交通省



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。



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

クラウドシステム

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

日建連システム or 自社システム?

日建連クラウド

T-CIM/Concrete

スランプ・単位水量等の全数管理 → 千葉西部含め4生コン協組

OR3年度のPRISM試行 → 塩浜立体工事での試行

- ・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)

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...
・今後の検討項目から...

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等の整備
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、

② 管理基準策定 のため、

◇ 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

◇ 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

生コン受入れ管理自動化(出荷情報⇒運搬車識別⇒入力)

塩浜立体工事では4生コン工場に導入

JIS伝票データを自動送信
2021までに
出荷システム会社7社
(シェア95%)に対応

運搬車NO読取り
↓
車番テーブル/
配車順序と照合
↓
クラウドに送信
自動的に
画面に表示

塩浜立体工事での試行

「工場連携」による自動入力
「運搬車自動識別」による自動入力

工場番号	運搬車番号	車種	積載量	到着時刻	出発時刻	作業時間	作業内容	備考
13	220	11.11	14	11:11	11:11	0	待機中	
14	224	10.95	14	11:11	11:11	0	待機中	
12	182	10.96	19	11:09	11:09	0	待機中	
12	189	10.94	19	11:09	11:09	0	待機中	
11	153	10.34	10	10:52	11:00	0	待機中	
10	130	10.25	21	10:25	11:08	43	作業中	作業内容: 打込み(5m)
11	153	10.34	10	10:52	10:58	32	作業中	作業内容: 打込み(5m)

専用の車両認識ソフトをit-Concreteと連携

TAISEI 9

クラウド型品質管理システム 生産性/品質の向上効果

工場発 現場着 荷卸開始 荷卸終了 荷卸開始 荷卸終了

次の生コン車が運れて来ている時
ゆっくり打ち込んで
途切れないようにする

ポンプを止めることなく
打ち続けることが作業
時間と打重ね時間の
双方を短縮できる工夫

打重ね時間間隔
count=1 200e+02

プリズム 2018にて検証

- 現場作業時間の最大20%の短縮
- 打重ね時間短縮→施工品質の向上
- ペーパーレスによる内業の75%削減

TAISEI 10

PRISM2018 評価と宿題⇒2019 維持管理へ展開

委員からのコメント

- 品質管理の効率化と打設するコンクリートの品質向上の両方で、大きな導入効果が得られたと評価した。
- 生産工程全体に及ぶシステム化を行って、生産性に寄与するところが大きい。将来はCIMモデルと連携することで、維持管理段階でも参照できる情報にして届けられれば一層有効なのではないでしょうか。

生コン車 1台1台分の電子情報を..

OCIMモデルとの連携 「構造物のどこに」打ち込んだのか?
維持管理段階での参照 コンクリートの「どんな品質を」?

将来的に参照すべき品質情報

- 構造体強度 ⇒ 単位水量全数の測定
- 施工の確実さ ⇒ スランプ値全数の測定
- 検査のプロセス ⇒ 画像と音声・承認行為の保存

PRISM2018 近畿地整: 天ヶ瀬ダム工事にて展開

シームレスな画像の分析によるスランプ値のリアルタイム検定

水分析 密度計
連続水分計 (COORNA)
RFIDタグ
RFIDリーダー
RFIDタグ
RFIDリーダー
RFIDタグ
RFIDリーダー

RFIDタグは属性データとして全データを登録可能
配合計画・RFID内容
製造/運搬/入庫履歴
打込み/打量/作業履歴
検査の結果と強度

TAISEI 11

2019PRISMで試行 画像解析/AI活用のスランプ判定

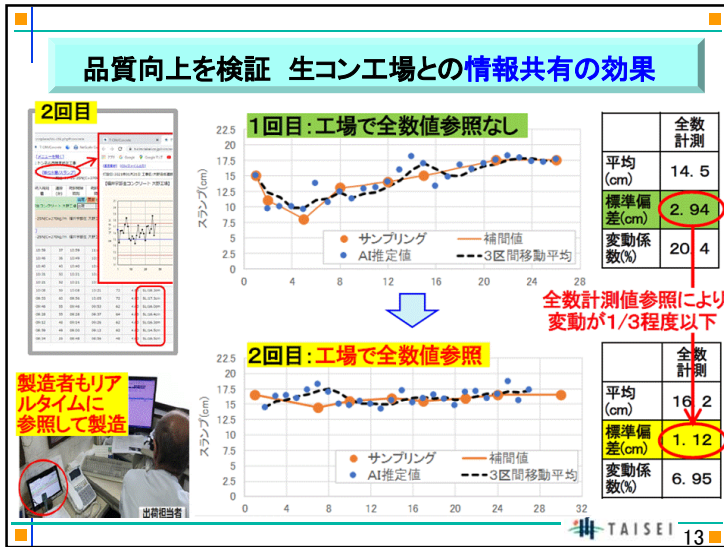
自動車の自動運転に使用する画像解析技術を活用

画像解析により
流速・流量・
シュート角度を検知
AIがスランプを推定

クラウドにデータ送信

品質管理システムの時間記録と連動させて、生コン車1台毎のスランプ値としてタブレット画面に表示

TAISEI 12



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

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

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

各々の推定値との比較(調整)

インターネットカ行

水量と密度

画像の取得/AI解析

AI単位水量計

塩浜立体: コンクリート特性のパラメータ(水量と空気量)

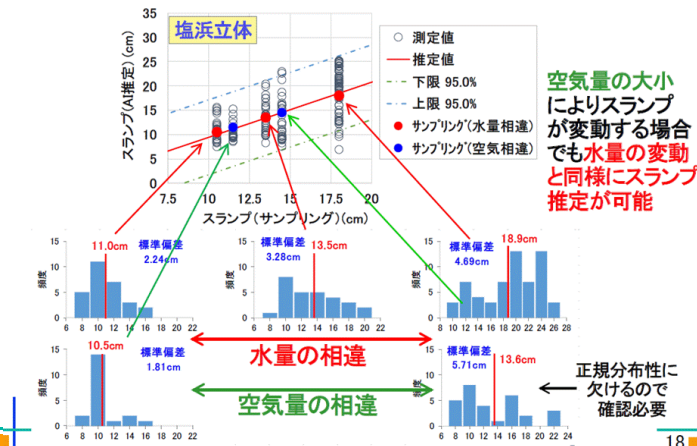
表面水率
設定の
相違による
スランプ大小

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	

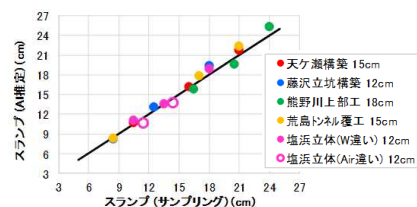
空気量の
相違による
スランプ大小

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)

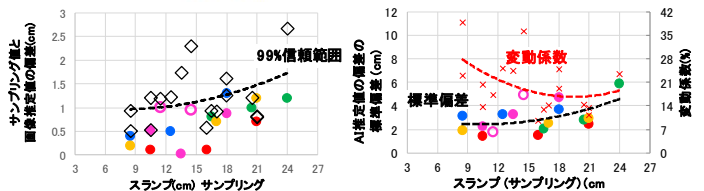


「様々なコンクリートのDB」に塩浜立体データを追加

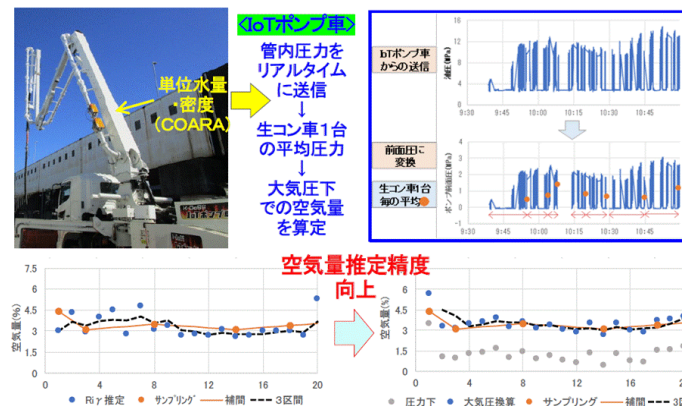


おおむね1cm程度の誤差で
スランプ推定が可能
偏差の標準偏差は配合
(使用材料)により異なる
(2020までの知見と同等)

⇒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ID	スランブ (cm)	単位水量 (kg/m ³)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	コンクリート温度 (°C)
1	110	170.0	4.9	30.9	22.0
2	120	170.0	5.2	30.9	22.0
3	122	177.5	5.0	30.9	22.0
4	120	180.0	5.2	30.9	22.0
5	113	182.0	4.9	30.3	22.4
6	108	170.0	4.2	30.5	22.0
7	111	176.4	4.9	30.2	22.0
8	112	180.0	4.9	30.2	22.0
9	115	176.0	4.9	30.2	22.0

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、20~150m ³ 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) 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 | 計画データの記録 | 品質データの電子化

(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
 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
 吐量
 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

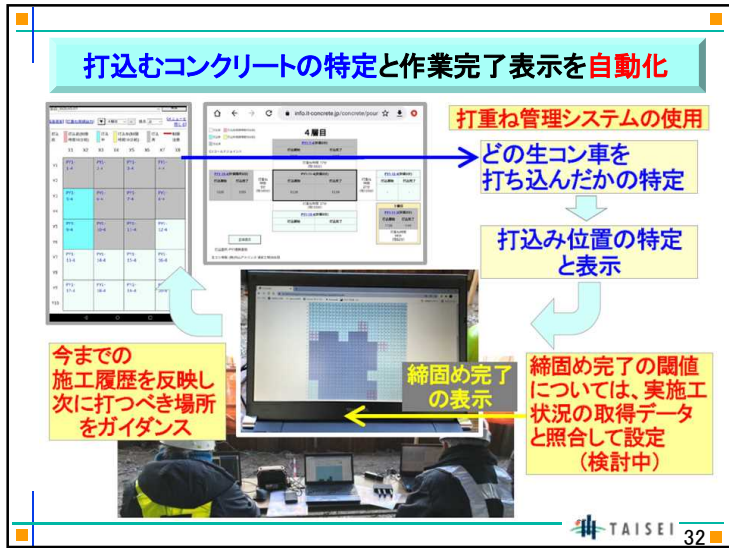
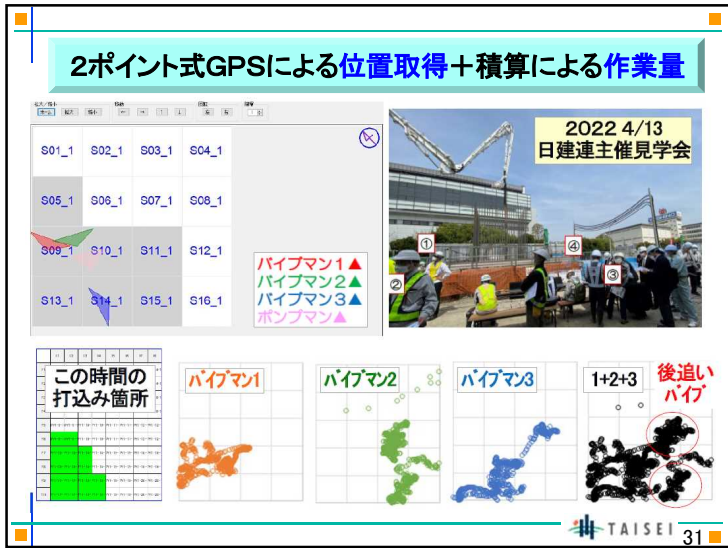
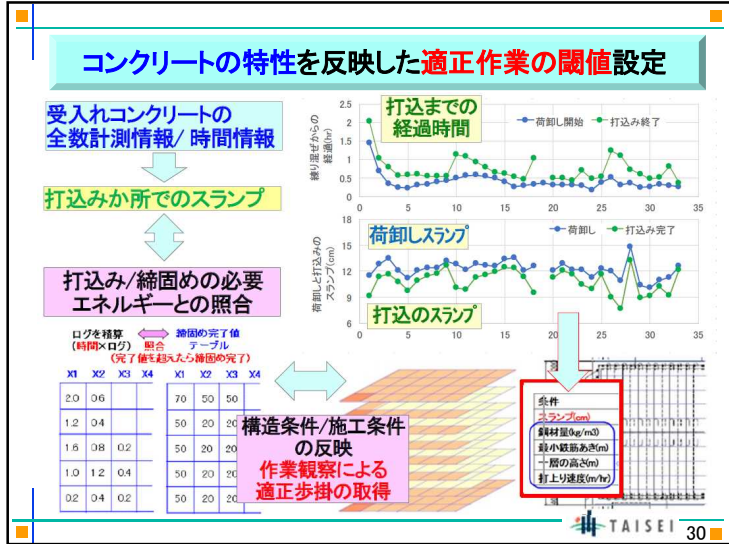
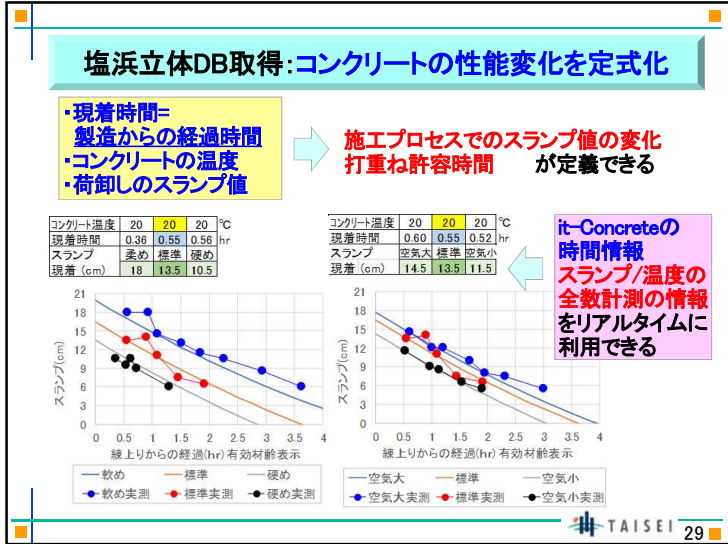
施工計画を反映
 ①GPS座標を作業平面に特定
 ②作業員位置を特定(ログ取得)パイプレータマン
 ③作業ログの積算→判定
 ④締固め作業完了の表示

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コン車1台ごとにクラウドに保管
 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!

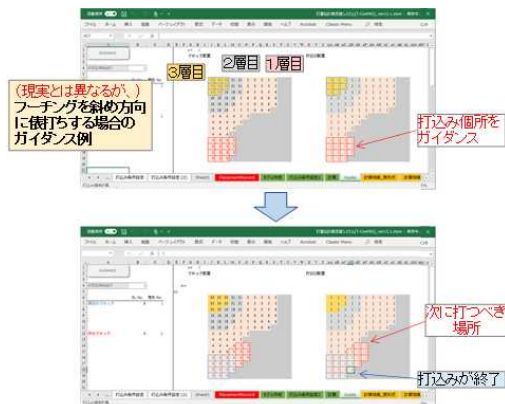
パイプマン/ボンプマンのGPSグローバル座標
 ↓
 GPS局所座標
 ↓
 パイプマン
 ↓
 IoTボンプ車からグローバル座標をもちょう構造部位座標に変換

吐量
 吐量

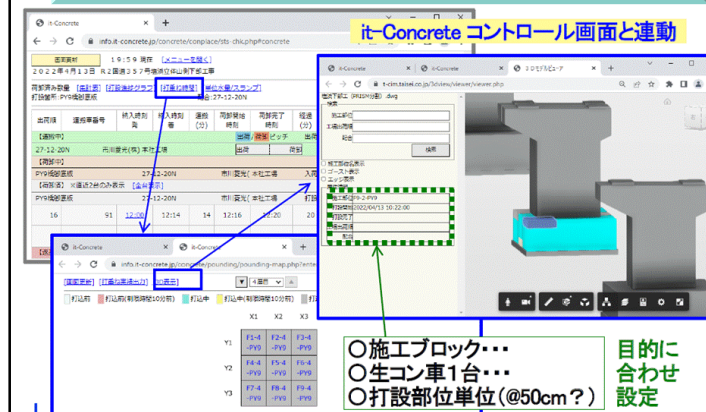
TAISEI 28



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