

「生コン情報の電子化」の実証と汎用化に向けた課題の考察

大成建設(株) 土木本部 土木技術部 正会員 ○渡邊 高也
大成建設(株) 土木本部 土木技術部 正会員 大友 健

1. はじめに

国土交通省はICTによる生産性向上を目指して「i-Construction」を推進している。その中でコンクリート工の効率化の一つとしてサプライチェーンマネジメントがあり、具体策として「施工関連情報の電子化」¹⁾が挙げられている。この動きを受けて国土交通省の「第6回 コンクリート生産性向上検討協議会」において「生コン情報の電子化」²⁾が日本建設業連合会（以下、日建連）より提案された。

本報告では、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」³⁾を活用し、2018年度に国土交通省発注工事において「生コン情報の電子化」を試行した結果を紹介し、今後広く運用するための課題について考察する。

2. 「生コン情報の電子化」の背景

フレッシュコンクリートの品質は練上がりからの時間の経過とともに変化するため、コンクリート標準示方書にて打込み完了までの時間を定めている。工事現場では、その時間管理を生コン車毎に行い、品質記録として打設記録帳票を作成している（図-1）。

これまでは、工場の練混ぜ開始から現場への到着までがレディーミクストコンクリート納入書（いわゆる「生コン伝票」，図-2），打込み完了時刻（実務上は荷卸完了時刻）の野帳への記録という「紙」の情報であり、生コン車の運搬や打設進捗の状況は、繁忙のなか電話や無線で連絡を取り合う必要があった。また打設作業完了後は残業をして紙情報から帳票を入力する必要があった（図-3）。

生産性向上のためには、これら「紙」情報の電子化を行い、帳票作成作業を省力化することが必要である。また電子化することにより工事関係者がリアルタイムに情報共有を行うことが可能になる。



図-1 コンクリート工事の管理フロー

図-2 生コン伝票のイメージ

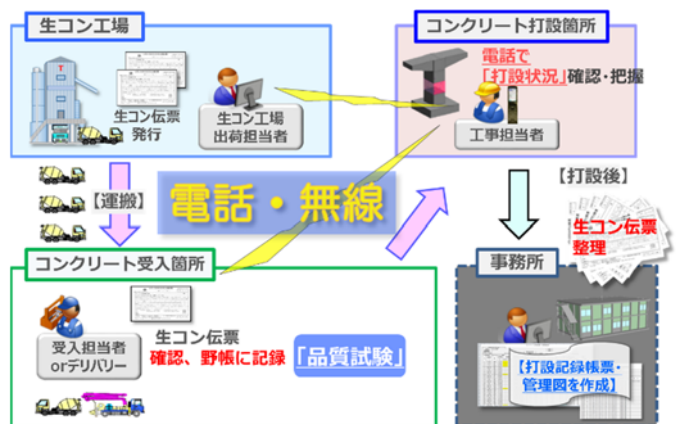


図-3 これまでの情報の伝達と整理

これまでゼネコン各社では生コン打設の情報共有システムを開発し、練混ぜ開始時刻の把握のために工場でICカードをタッチする、タブレット端末でワンタッチ入力する等の操作を生コン工場へ個別に依頼してきた。しかし、このことは工場の出荷担当者にも負荷となっており、操作忘れ・間違いのリスクや工事現場の受入側の入力項目も多いことなどの課題があった（図-4）。

3. 今回の試行内容と適用システム

「生コン情報の電子化」のイメージを図-5に示す。

今回、JISで規定されている生コン伝票の記載内容を、製造時に生コン工場の出荷管理システムから電子データとしてクラウド上の「生コン情報共有サーバ」に自動送信し、工事現場における伝票の「納入時刻発」（練混ぜ開始時刻）、運搬車車番、納入容積の入力を省略した。現場到着、打込み開始・終了の各時刻については工事現場にてタブレットでワンタッチ入力することで、打込みの状況を「見える化」した。

なお、本試行では監督・検査業務の効率化に向けた試行として、現場で行うスランプ試験等の動画配信を行い、動画・写真の画像情報も品質試験情報に関連付けしてクラウド上に保存することも併せて実施している。これらの情報は供給者・施工者・発注者の三者にてリアルタイムに共有できるようにした。

試行の実施体制を図-6に示す。試行は、現行で品質管理システムを活用している大成建設、効果の調査を担当する成和コンサルタント、コンクリート生産性向上協議会の議長である横浜国立大学の前川宏一教授と生コンの出荷伝票情報を扱う出荷管理システム会社5社（住友セメントシステム開発、ハカルプラス、パシフィックシステム、ユー・エム・システム、リバティ）で構成するコンソーシアムが担当した。また、試行にあたり、日建連および全国生コンクリート工業組合連合会が協力した。

使用した品質管理システムはT-CIM®/Concrete⁴⁾をベースとしたもので、協力工事での実証には日建連向けに汎用版のシステムを別サーバにて用意した（図-7）。

本品質管理システムはWebブラウザによる表示のため、パソコン、タブレット／スマートフォンを問わず利用することが可能となっている。品質管理シ

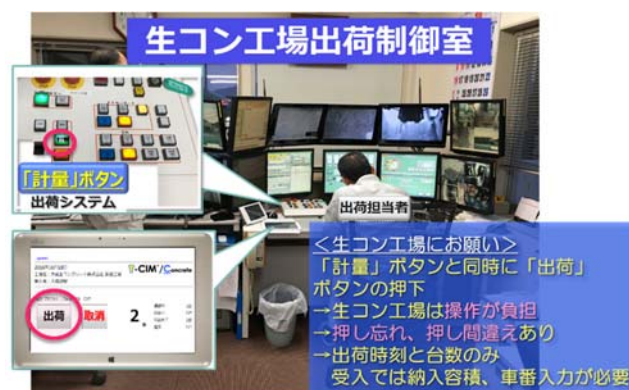


図-4 従来のシステム化の例（工場側の操作）



図-5 今回の生コン情報電子化のイメージ

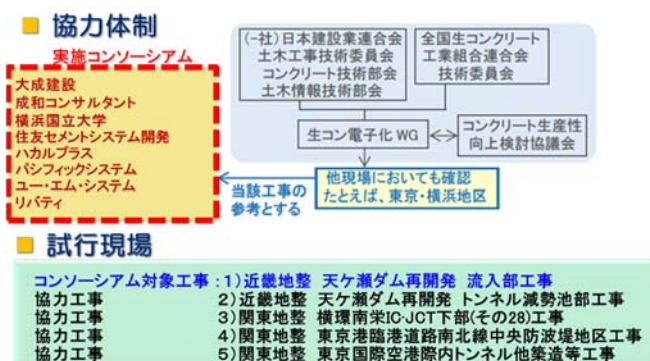


図-6 試行の実施体制

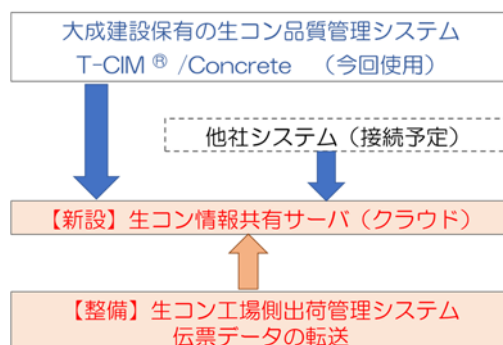


図-7 「生コン情報電子化」システムの構成

テムでの表示画面例を図-8に示す。

4. 電子化試行工事と取得データの分析

電子化の試行は次の5工事で行い、2)～5)の工事では「生コン情報の電子化」の利用前と利用後での差異を計測した。

近畿地方整備局

- 1) 天ヶ瀬ダム再開発トンネル流入部の躯体工事
- 2) 天ヶ瀬ダム再開発トンネル減勢池部の覆工

工事

関東地方整備局

- 3) 横環南栄 IC・JCT の橋脚・フーチング工事
- 4) 東京港臨港道路南北線中央防波堤内側地区のカルバート頂版工事
- 5) 東京国際空港際内トンネルのカルバート側壁工事

(工事名は略称である、文末の経緯参照)

調査項目は表-1の通りである。

各試行工事での比較分析の対象は表-2の通り、可能な限り同種工事・同規模の工事を比較分析した。各工事での運搬から打込みのプロセスにおける時間データと構造物の打設層間の打重ね時間間隔を表-3に示す。

工事2)～5)では従来方法と電子化の打設を比較できる。(工事3-2は、打設数量が異なるがポンプ1台当たりの打設ペースはほぼ同様であるため比較が可能である)。

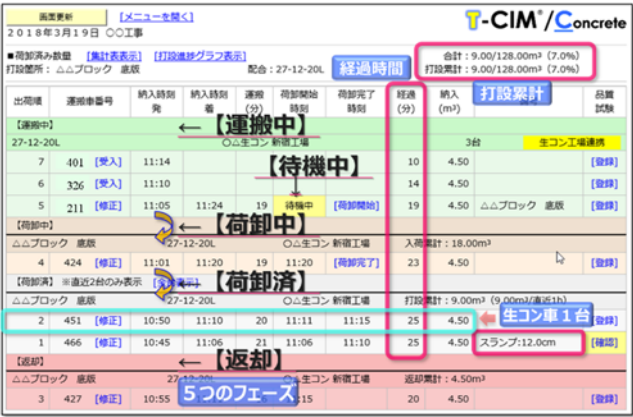


図-8 生コン品質管理システムの表示画面例

表-1 生コン情報電子化の効果に関する調査項目

項目	調査内容	概要
1)生コン運搬の効率化	1-1 生コン車での運搬時間	「荷卸し地点到着」ー「練混ぜ開始」
	1-2 生コン車の現場内の待機時間	(「打込み開始時間」ー「荷卸し地点到着」)
	1-3 生コン車の打込みまでの待機時間	(「打込み開始時間」ー「練混ぜ開始」)
	1-4 生コン車の打設完了までの時間	「打込み完了」ー「練混ぜ開始」
2)コンクリートの品質確保	2-1 「練混ぜ開始」から「荷卸し地点到着」までの時間	1-1と同じ
	2-2 「練混ぜ開始」から「打込み完了」までの時間	1-4と同じ
	2-3 打重ね時間間隔	打設状況の観測あるいは、構造物形状と打込み方法、生コンの打込み速度の記録から算定する
3)工事全体の生産性向上	3-1 プラント・受入れ担当・施工担当者間の電話連絡回数	
	3-2 一定m3あたりの生コン配車台数	
	3-3 戻りコンの数量	
	3-4 生コン工場の実作業時間	対象現場に対して出荷を開始してから、最終車がプラントに帰って残コン処理と、ドラム内の清掃を終えるまでの時間
	3-5 生コン工場での内業時間	生コン工場における出荷後のデータ整理に関する内業時間
	3-6 打設現場での実作業時間	
	3-7 現場事務所での内業時間	打設作業終了後のデータ整理などの開業に要する時間

表-2 生コン情報電子化の効果の比較分析の対象

試行現場	工種	試行区分	施工規模(概算数量)	比較方法
1) 天ヶ瀬ダム流入部本体	層状打設の躯体	電子化①～⑤	420～550m3	(画像の転送等の検討)
2) 天ヶ瀬ダム減勢池部他	トンネル覆工	従来①	200m3	従来①②の平均と電子化①②の平均を比較
		従来②	155m3	
		電子化①	155m3	
3-1) 横環南栄IC・JCT	橋脚躯体	従来	34m3	小規模打設の従来と電子化を比較
		電子化	34m3	
3-2) 横環南栄IC・JCT	フーチング	従来	1000m3	大規模打設どうしを比較(打設数量が異なる分は換算)
		電子化	2800m3	
4) 東京港臨港道路	ボックスカルバート頂版	従来	1200m3	大規模打設での従来と電子化を比較
5) 東京国際空港際内トンネル	ボックスカルバート側壁	従来	1200m3	
		電子化	160m3	比較的小規模打設での従来と電子化を比較

表-3 取得した時間データ

調査現場		太字 電子化により改善したデータ										細字 電子化により改善がないデータ												
		1)天ヶ瀬流入部(躯体) (工場連携式)					2)天ヶ瀬減勢池部 (トンネル覆工)			3-1)横環南栄 (橋脚)			3-2)横環南栄 (フーチング)			4)臨港道路南北線 (BOX頂版)			5)際内トンネル (BOX側壁)					
		①	②	③	④	⑤	従来	電子化	短縮時間	従来	電子化	短縮時間	従来	電子化	短縮時間	従来	電子化	短縮時間	従来	電子化	短縮時間	従来	電子化	短縮時間
施工時間(h:m)		22L	23L	24L	25L	26L																		
打設数量(m3)		965	387	540	421	429	158	142	(h:m:s)	36	36	(h:m:s)	984	2711	(h:m:s)	1204	1249	(h:m:s)	149	160	(h:m:s)			
①運搬時間	平均	0:33	0:33	0:31	0:31	0:31	0:34	0:34		0:35	0:35		0:34	0:38		0:30	0:32		0:21	0:16				
	最大	1:11	0:44	0:41	0:43	0:41	0:42	0:49		0:55	0:41		0:56	1:06		1:07	1:13		0:42	0:38				
②現場内での待機時間	平均	0:09	0:14	0:11	0:14	0:14	0:19	0:16	0:02:37	0:06	0:05	0:01:01	0:14	0:07	0:07:14	0:09	0:09	-	0:18	0:26	-			
	最大	0:48	0:42	0:36	0:48	0:35	0:44	0:47		0:29	0:13		0:49	0:32		0:48	0:29		0:42	0:43				
③打込みに要した時間	平均	0:06	0:08	0:06	0:07	0:07	0:12	0:13	-	0:04	0:07	-	0:05	0:07	-	0:04	0:04	-	0:10	0:08	0:02:02			
	最大	0:35	0:27	0:17	0:26	0:24	0:33	0:31		0:13	0:12		0:18	0:19		0:22	0:18		0:18	0:20				
④打込み終了までの時間(①+②+③)	平均	0:49	0:55	0:49	0:53	0:53	1:06	1:04	0:01:52	0:47	0:49	-	0:54	0:53	0:01:48	0:44	0:46	-	0:50	0:51	-			
	最大	1:33	1:26	1:12	1:25	1:22	1:31	1:33		1:37	1:04		1:37	1:22		1:27	1:32		1:12	1:05				
⑤運搬車が現場内にいた時間(④-①)	平均	0:16	0:22	0:18	0:22	0:22	0:31	0:29	0:02:17	0:11	0:13	-	0:20	0:14	0:05:23	0:13	0:13	-	0:29	0:35	-			
	最大	0:48	0:52	0:40	0:56	0:46	0:59	0:57		0:42	0:23		0:57	0:38		0:49	0:38		0:51	0:51				
⑥運搬車のポンプ付け間隔	平均	0:08	0:09	0:07	0:09	0:09	0:04	0:03	0:00:58	0:15	0:07	0:07:45	0:07	0:06	0:00:59	0:07	0:06	0:00:42	0:12	0:08	0:03:43			
	最大	0:45	0:35	0:28	0:29	0:33	0:15	0:09		0:31	0:30		0:42	0:38		0:44	0:44		0:35	0:20				
⑦打設層の打重ね時間間隔	平均	1:19	1:45	1:20	1:55	1:56	1:09	1:04	0:05:20	0:20	0:16	0:04:01	打設面積が異なるので比較しない											
	最大	1:44	2:16	2:01	2:25	2:17	1:30	1:35		0:36	0:25													
打設現場での作業時間(h)		11.2	7.4	8.8	8.4	8.1	12.0	10.7		4.1	3.4		打設数量が異なるので比較しない			9.0	8.7		7.8	6.5				
打設量換算での改善度(%)								11.9	-1			-17					8.4	-7		6.1	-22			

従来の方式と今回の電子化の結果を比較すると現場の打込み作業時間について運搬車のポンプ付け間隔が平均1～7分、打設層の打重ね時間間隔が平均で1～5分工事短縮されていることが分かった。

図-9には、施工者へのヒアリングの結果を含めて明らかになった打込みの工夫を示した。生コン情報の利用により、次の運搬車が現場に到着する時間がリアルタイムに予測できるようになると、次のような工夫をして「できるだけコンクリートの打込みが途切れないように」調整する施工を行っている。

- ・次の運搬車が続けてきている場合：③の打込みを早めて、次の運搬車をポンプに速やかにつける。
- ・次の運搬車がおくれてきている場合：③の打込みを遅くして、次の運搬車の到着まで打込みを引き延ばし、次の運搬車が付いた時点で速やかにポンプ車につける。

このように現場作業で行う打込みの工夫（打込み速度に緩急を付けた管理の仕方）が明らかとなり、生コン情報の電子化が現場の生産性と施工品質の双方の向上に効果があることが明らかになった。

図-10に示すように電話の回数については半分以下となり、打込み状況の共有により繁忙時に電話で確認する手間が省けていることがわかる。一方、戻りコンについては電子化による情報共有とは必ずしも相関していないという結果になった。また、施工者や供給者である生コン工場にヒアリングを行った結果と合わせると図-11のように打設現場の作業時間は最大20%程度短縮される。特に打設記録帳票を作成する工事事務所の内業は50%以下となることが確認できた。特に施工者については、生コン情報の電子化が生産性向上に大きく寄与していると認められる。

試行関係者へのヒアリングでは次のような事項がメリットとして挙げられた。

【施工者】

- ・到着時刻が予測できるため、打設のサイクルを調整できる。
- ・運搬車が途切れると分かったときに休憩するなど労務管理にも有効。
- ・工場との出荷調整の話がスムーズだった。
- ・電話の回数、内業時間の削減に効果があった。

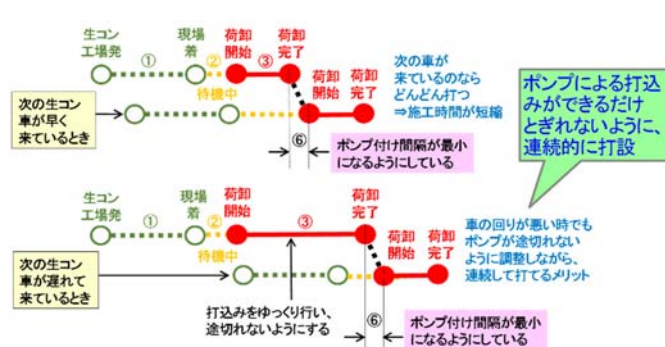


図-9 打込み品質確保に関する工夫の概念

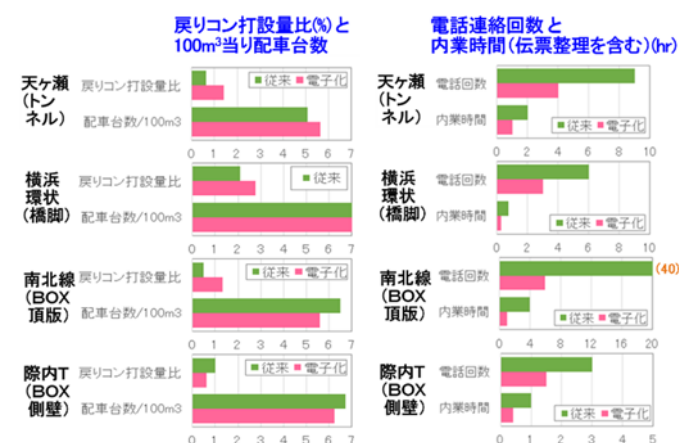


図-10 戻りコンや電話連絡回数などの比較

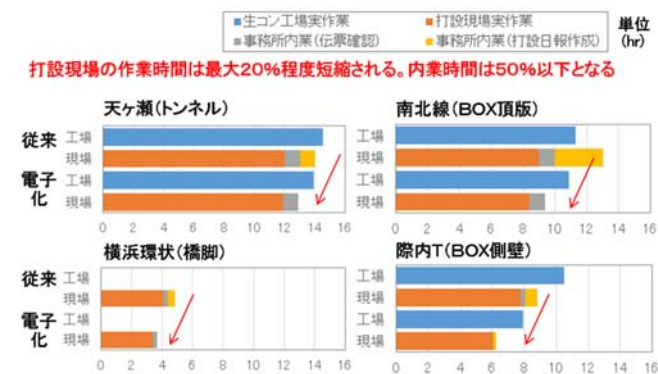


図-11 工場と現場での作業に要する時間の比較

【供給者】

- ・出荷管理システムと連動することで、品質管理システム向けにボタン押下げなど特別な操作が不要になったことは良い。
- ・プラントと現場の状況が同時にリアルタイムでわかるのは利点である。
- ・共同納入時に現場と他工場の双方の状況が同時にわかるのが良い。
- ・工場側でGPSを併用している場合でも運搬車個々の運搬時間が記録されるので渋滞の発生時期が

かみやすい。

- ・現場に何台いて、うち何台が待機中かわかるのが便利である。

【発注者】

- ・工事の進行状況全体の把握がしやすいと評価。
- ・品質試験の動画による確認は可能であることは分かったが、通信の双方向性や検収の方法について工夫が必要。

このように「生コン情報の電子化」には生産性向上や施工品質の更なる向上に効果があると考ええる。

5. 「生コン情報の電子化」の汎用化に向けた課題

本試行でのヒアリングなどを通じて今後、広く汎用化して展開していく上での課題もあることが分かった。

(1) システム環境面

a) 生コン工場のネットワーク環境

出荷管理システムのバージョンが古いもしくは生コン組合や工場のグループ会社のネットワークに直接接続されているため、インターネット環境を利用できない場合がある。

伝票データ受信のクラウドサーバは通常のファイアウォールやウイルス対策の他に通信経路の暗号化やWAF (Web Application Firewall) 導入による情報セキュリティ対策を講じているが、生コン工場側のパソコンについても既存のインターネット接続がない場合には接続先を限定するなどのセキュリティ対策を講じた上でネットワーク接続を推進する必要がある。

b) 生コン伝票情報統合サーバの管理

今回の試行では、日建連が成和コンサルタントに委託し、日建連向け品質管理システムと「生コン伝票情報統合サーバ」を1台のサーバ上に構築した。今後、利用が拡大した場合に、次項の「生コン伝票のペーパーレス化」にも関連して「生コン伝票情報統合サーバ」を独立させ、維持運用費を課金する仕組みが必要と考える。供給者側の関連組織もしくは、いずれかの公的機関で運用されることを検討する必要がある。

c) 生コン伝票のペーパーレス化

現在、生コン伝票自体はJIS A 5308 : 2019 の 12. 2

に「生産者は、運搬の都度、運搬車1台ごとに、レディーミクストコンクリート納入書を購入者に提出しなければならない。」と規定されている。そのため、伝票記載内容のデータ情報の送信とは別に現状、「紙」伝票の交付・受領が必須となっている。

伝票自体がペーパーレス化されれば、供給者、施工者共に伝票整理・保管作業が簡素化され、生産性向上に寄与する。併せて「レディーミクストコンクリート配合計画書」についてもペーパーレス化されると供給者、施工者共にメリットがあると考えられる。今回の試行では技術的検証として保管された伝票データから改ざんが困難な読み取り専用の伝票 PDF ファイルを生成し、施工者の品質管理システムで表示を行った。国土交通省の i-Construction に関するロードマップ⁵⁾でもペーパーレス化に関連しては「JIS 等基準改定協議」(2019 年度以降)として取り上げられている。

一方で現状の「紙」伝票には以下の二つの機能があり、実際の運用を考慮しながら、検討される必要があると考える。

1) 商取引上の納品書、受領書

2) 生コン車の運転手に対する作業指示書

まずはペーパーレス化と並行して伝票記載情報の電子化の定着が進んでいくことを期待したい。

(2) 運用面

a) 生コン組合の理解

各生コン工場に導入されている出荷管理システムが各地区の生コンクリート協同組合の所有の場合や組合のネットワークに接続されている場合がある。今回は試行として特別に許可が出たが、地区毎に理解を得る必要がある。

生コン組合へ説明をした際にも「見える化への懸念」として配車数がぎりぎりの時に渋滞の影響などによる到着遅延が明らかになるため、施工者側から増車要求などの根拠にされると本来の目的から外れてしまうことになるという指摘があった。

また、広く展開していくために供給側のメリットを検討していく必要がある。

b) 各施工者の生コン伝票データの共通活用

これまで各施工者は工場からの情報取得にあたり、独自に開発したシステムを通じ、配合や出荷順、運搬車車番、納入時刻発、納入容積などの情報を取

得してきた。生コン組合や工場も、各施工者が個々にシステムの利用を依頼していくことにはネガティブである。

今回の伝票情報のクラウド化にあたってはまず伝票情報交換の共通フォーマットを定義した。記載項目の増加など拡張性を考慮し、XML ファイル形式を採用している。国内シェアの約 85%を占めるシステム 5 社間で共通フォーマットを統一できたことは利用拡大に有効と考えられる。

今後は工場からの情報取得について今回の試行成果として得られた共通データフォーマット・通信方式を適宜開示していきたい。生コン伝票データという「上流」部分は共用し、品質管理システムは個社の特徴のあるシステムでも、汎用化された安価なシステムでも自由に利用できる共通基盤を関係機関で構築していく必要があると考える。

今回の試行では、生コン伝票受信サーバと個社の品質管理システム（T-CIM®/Concrete）のサーバの間で、システム間連携の実証を行い、問題がないことは確認できている。

c) 建築分野との協働

生コン組合や工場とのヒアリングの中では施工者の建築分野による参加への大きな期待があった。建築分野への出荷は生コン全数量の 60%程度を占めており、首都圏に至っては 90%程度に達する。

「生コン情報の電子化」を進めるにあたっては生コン組合や工場に関わる「伝票データの電子化」について土木・建築での共通化が求められている。生コン組合や工場は施工者毎、土木・建築毎で異なるシステムの利用を工場に要望されることに負担を感じており、工場の操作について統一されることに期待している。

6. おわりに

システム展開上の課題は残るものの、生コン組合や工場に個別の理解を得ながら、「生コン情報の電子化」は一部地域から徐々に進んでいる。建設業の生産性向上と更なる品質向上に向けて、大きな流れとなっていくことを願ってやまない。

謝辞

「生コン情報の電子化」については日本建設業連合会の土木工事技術委員会のコンクリート技術部会・土木情報技術部会および全国生コンクリート工業組合連合会技術委員会により、「生コン電子化ワーキンググループ」を組織頂き、天ヶ瀬ダム流入部工事以外におきましても試行工事を実施することができました。試行にあたり、当該工事の発注者様、施工者様および関連の東京都区・神奈川・洛南の各生コンクリート協同組合様、組合所属の生コンクリート工場様の多大なるご協力を得ました。ここにお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省「i-Construction 推進コンソーシアム 第 4 回企画委員会 資料-1」
http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/01.4_kikaku_siryoul.pdf
- 2) 国土交通省「第 6 回 コンクリート生産性向上検討協議会 資料 5」
<http://www.mlit.go.jp/common/001226251.pdf>
- 3) 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」
http://www.mlit.go.jp/tec/tec_fr_000050.html
- 4) 大成建設プレスリリース 2016 年 11 月 22 日
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2016/161122_3811.html
- 5) 国土交通省 i-Construction ロードマップ
http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/180601_roadmap.pdf