

# 委員会報告 コンクリートのトレーサビリティ確保技術に関する研究委員会

杉山 央<sup>\*1</sup>・渡辺 博志<sup>\*2</sup>・有川 智<sup>\*3</sup>・大久保 孝昭<sup>\*4</sup>・中村 秀明<sup>\*5</sup>・  
角倉 英明<sup>\*6</sup>・渡邊 悟士<sup>\*7</sup>・荒金 直樹<sup>\*8</sup>・藤本 郷史<sup>\*1</sup>・上田 洋<sup>\*9</sup>

要旨：本研究委員会では、2012年度から2013年度の2年間にわたり、コンクリートの製造および施工過程におけるトレーサビリティ確保技術に関する研究活動を行った。トレーサビリティを確保するためには個別のコンクリートに識別記号を付与し、それに対応した履歴情報を記録・管理することが重要となる。そこで、本研究委員会では、(1)建築・土木分野におけるトレーサビリティ確保に関する現状技術の調査・整理、(2)個別のコンクリートに識別記号を付与する技術の検討、(3)コンクリートの製造・施工過程において記録・管理すべき履歴情報の整理、(4)トレーサビリティシステムの試行実験の4つの課題に対して研究活動を行うことにより、コンクリートのトレーサビリティ確保技術のあり方について検討した。

キーワード：品質保証，信頼性向上，透明性，ユーザー保護，履歴情報，識別番号

## 1. はじめに

「製品などの生産・流通履歴を明確にすることで、その製品の安全性等が証明できること」をトレーサビリティという。電化製品、自動車、食品などの分野ではトレーサビリティへの取り組みが進んでいるが、コンクリートについても製造・施工過程におけるトレーサビリティ確保への要望が高まっている。コンクリートは硬化前の半製品のような状態で生コンクリート製造工場から出荷され、建設現場に納入される。適正な強度や耐久性を有しているかどうかを判明するのは硬化後である。硬化後に不適切なコンクリートであることが判明した場合、その修復には多大な費用・労力が必要となる。このような点で、コンクリートは他の工業製品よりも綿密なトレー

サビリティ確保体制が必要な製品といえる。

図-1および図-2に、建築分野および土木分野におけるコンクリートのトレーサビリティのイメージをそれぞれ示す。いずれもコンクリート材料の供給者、生コンクリート製造者、施工者、発注者・販売業者、建築物または土木構造物の所有者・居住者・管理者の流れに従って、製造・施工に関する情報を確実に引き渡すことが重要となる。コンクリートのトレーサビリティ確保技術が実現すれば、コンクリートの信頼性向上に寄与するとともに、品質管理や検査等の合理化・省力化にも役立つ。さらに、建築物・土木構造物の維持管理段階では貴重な情報となり、ひいてはそれらの長寿命化に貢献する等のメリットが期待できる。

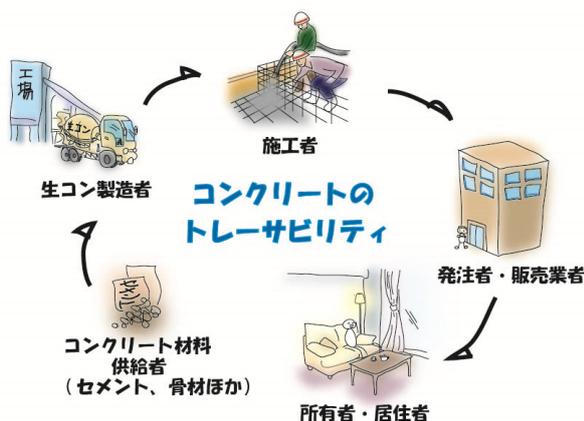


図-1 トレーサビリティのイメージ (建築分野)

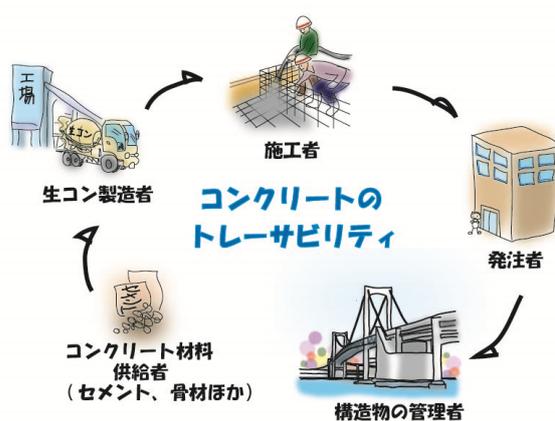


図-2 トレーサビリティのイメージ (土木分野)

\*1 宇都宮大学大学院 博士(工学) (正会員)

\*3 東北工業大学 博士(工学)

\*5 山口大学大学院 博士(工学) (正会員)

\*7 大成建設 博士(工学) (正会員)

\*9 鉄道総合技術研究所 博士(工学) (正会員)

\*2 土木研究所 博士(工学) (正会員)

\*4 広島大学大学院 工博 (正会員)

\*6 建築研究所 博士(工学)

\*8 東洋建設 工修 (正会員)

このような背景のもと、日本コンクリート工学会では「コンクリートのトレーサビリティ確保技術に関する研究委員会（JCI-TC-123A）」を設置し、2012年度から2013年度の2年間にわたり、コンクリートの製造および施工過程におけるトレーサビリティ確保技術に関する研究活動を行った。本委員会の構成を表-1に示す。トレーサビリティを確保するためには個別のコンクリートに識別記号を付与し、それに対応した履歴情報を記録・管理することが基本となるが、本委員会では次の4つの専門WGを設置して、コンクリートのトレーサビリティ確保技術のあり方について検討した。

- (1) 現状技術調査WG(WG1): 建築・土木分野におけるトレーサビリティ確保に関する現状技術を調査・整理する。
- (2) 識別技術検討WG(WG2): 個別のコンクリートに識別記号を付与する技術を検討する。
- (3) 履歴情報検討WG(WG3): コンクリートの製造・施工過程において記録・管理すべき履歴情報を整理する。
- (4) 試行実験WG(WG4): トレーサビリティシステムの試行実験を行う。

本稿では、これらの研究活動の成果の概要を報告する。

表-1 委員会の構成

委員長 (WG4主査)	杉山 央 (宇都宮大学)
副委員長	渡辺博志 (土木研究所)
幹事 (WG1主査)	有川 智 (東北工業大学)
	(WG2主査) 中村秀明 (山口大学)
	(WG3主査) 大久保孝昭 (広島大学)
委員 (WG1幹事)	角倉英明 (建築研究所)
	(WG2幹事) 荒金直樹 (東洋建設)
	(WG3幹事) 渡邊悟士 (大成建設)
	(WG4幹事) 藤本郷史 (宇都宮大学)
	上田 洋 (鉄道総合技術研究所)
	江里口 玲 (太平洋セメント)
	草野昌夫 (住友大阪セメント)
	古賀純子 (国土交通省)
	鈴木澄江 (建材試験センター)
	田沼毅彦 (都市再生機構)
	西田 朗 (清水建設)
	丸岡正知 (宇都宮大学)
オブザーバー	相良貴光 (ウェルキャット)
事務局 (日本コンクリート工学会)	
	(2012.9まで) 川上明大
	(2012.10より) 岡田 遼

## 2. 建築・土木分野におけるトレーサビリティ確保に関する現状技術

### 2.1 我が国におけるトレーサビリティに関する取り組み

これまでも製品の生産・流通履歴を把握することは、バーコードによる商品の追跡管理など、様々な取り組みがなされてきた。これらは、「効率」による企業競争力の強化を求める経済的ニーズと「安心」、「信用」を求める社会的ニーズの双方から要請されたものであり、平成15年4月に「商品トレーサビリティの向上に関する研究会（経済産業省）」が出した中間報告において我が国の基本的な方針が示された。この報告では、RFIDの活用や識別コードの標準化、効率的な流通システムの構築に重点を置き、トレーサビリティ向上への取り組みを行うべき主だった分野として、自動車や家電製品などと並んで「建材/住宅/住宅設備」を挙げている。トレーサビリティは、その目的・用途によって、また多様なステークホルダーによって、必要とされる履歴情報の内容が異なる。しかし、個々の分野の内部であれば、履歴情報の内容や管理方法は共通化されていることが望ましく、各分野において先進事例となるような「ひな形(Reference Model)」を作成することが求められている。

### 2.2 現状のトレーサビリティ関連技術の調査

#### (1) 調査目的と方法

我が国の建築・土木分野におけるトレーサビリティ関連技術の情報を網羅的に収集するため、現在までに発表されている研究報告（論文や技術レポート等の公表された資料）、各社が個別に試行している技術などの情報を計139編収集した。これらの技術情報をコンクリート分野・土木分野・建築分野・その他に大別し、さらにトレーサビリティ確保の目的や対象あるいは手段によって技術系統として類型化した。その中で、活発な技術開発を行っている研究グループや特徴的な事例を表-2に示すような技術系統A~Hとして抽出し、分析を行った。

#### (2) コンクリート分野

生コンクリートは流動性を持つ状態で納品されるため、トレーサビリティ確保で重要な製品の識別においては、電化製品に貼付されるシールのようなものを利用することは困難である。そこで、注目されるのが非接触通信を可能とするICタグに代表されるRFID技術である。

生コンクリートのトレーサビリティ確保にICタグを利用することで、情報の改ざん・偽装防止、ペーパーレス化に加えて、施工後に不具合事象が発生した場合の原因追求を容易にすること等のメリットも期待できる。

このような効果が期待されるICタグを活用した研究例として「コンクリート内部に投入したICタグを用いた情報管理システム」（技術系統A）がある。

表 - 2 建築・土木分野における現状のトレーサビリティ関連の技術

分野	技術系統	目的	技術の概要	技術の特徴	研究報告数
コンクリート	A	情報管理	ICタグ投入コンクリート	RFID (ICタグ)	12
土木	B	維持管理	鉄道構造物のモニタリング	センサ機能付きICタグ	1
	C	維持管理	構造物の劣化モニタリング	センサ機能付きICタグ	3
	D	品質管理	流通情報のデータベース化	タブレット端末	1
	E	配筋検査支援	配筋検査結果の管理	RFID (ICタグ)	5
建築	F	維持管理	構造物の振動モニタリング	無線加速度センサ	2
	G	維持管理	構造物の変位モニタリング	無線センサ	1
	H	施工管理	鉄骨部材の生産履歴情報の管理	RFID (ICタグ)	3

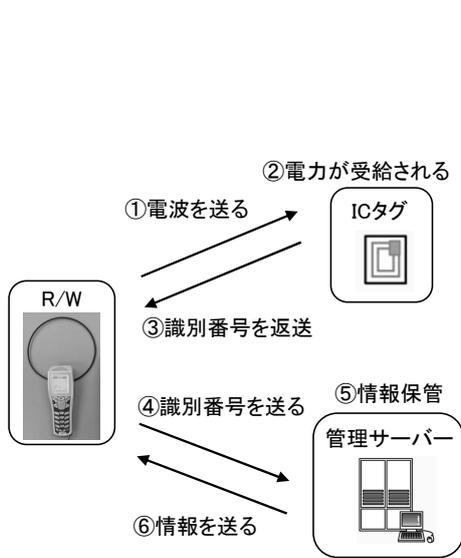


図 - 3 IC タグと R/W の情報通信<sup>1)</sup>

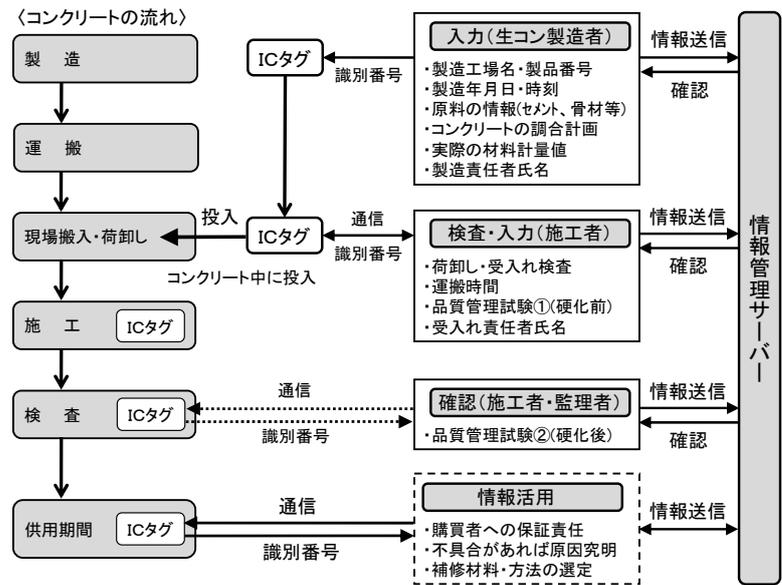


図 - 4 生コンクリート製造過程のトレーサビリティ確保技術の例<sup>1)</sup>

IC タグは、コンクリートとそれに対応した製造情報（配合計画、計量値、品質管理試験結果など）を紐付けするための識別媒体として用いられる。製造情報と紐付けるための固有の ID が書き込まれた IC タグをコンクリート中に投入し、図 - 3 に示すようにコンクリート外部のリーダ/ライタ (R/W) と無線通信することで ID の識別とそれに対応したデータベース内の情報の読み込みを行う。荷卸し検査や強度試験の結果を加えることで生コンクリートの製造に関する各種の情報を入手し、図 - 4 に示すようなコンクリートのトレーサビリティを確保する仕組み<sup>1)</sup>を構築している。

IC タグが内部に入ることによってコンクリートの強度や耐久性には悪影響がないことが確認されている<sup>2)</sup>。また、コンクリート内部の IC タグの通信可能深さ<sup>3), 4)</sup>や通信角度等の実験を通じて、通信指向性や投入数量<sup>1)</sup>、または通信の安定性といった点で一長一短であることが明らかにされている。したがって、実用化にあたっては長所を活かした活用方法等を検討する必要がある。

### (3) 土木分野

鉄道事業において、高度成長期に大量に建設された構造物は 50 年が経過しても供用する必要があり、運用の安全性を確保するための効率的な維持管理方法の開発が必要である。このため、センサ機能付き IC タグを利用して、構造物の損傷レベルをモニタリングするシステム（技術系統 B）が検討されている。同じく、センサ機能付き IC タグを利用して、構造物内部の鉄筋の腐食状況を検知しようとするシステム（技術系統 C）も検討されている。

土木分野の工事においては IT 化を進める動きがある。例えば、工事および維持管理に関する情報をデータベース化して一元管理することで、トレーサビリティを明確化している。橋梁の定期検査にタブレット端末を用い、その検査結果をデータサーバに送信・蓄積するような取り組み（技術系統 D）もなされている。

### (4) 建築分野

建築分野におけるトレーサビリティ確保技術の活用を時系列で分類すると、資材管理への活用、施工管理への

活用，維持管理への活用に大別できる。

建設現場に搬入される資材の性能および数量を把握した上で資材管理を行うことは，建築物の性能の確保だけでなく，工事の円滑な進行のためにもきわめて重要である。この分野におけるトレーサビリティ確保技術の研究・適用は，生コンクリート，プレキャストコンクリート，鉄筋，鉄骨，木材などの構造材料に関するものが多いが，併せて産業廃棄物などへの適用も見られる。

施工管理段階では，建設現場に搬入された資材が計画どおりの部位に配置され，適切に接合されることが求められる。特に，生コンクリートのように搬入された段階ではまだ最終的に要求される性能を有していない資材を取り扱う工事については，その施工の良否が部材の性能に大きな影響を及ぼすため，施工管理の重要性は高い。この分野におけるトレーサビリティ確保技術の研究・適用は，前述した資材管理からの一連の流れとして行われる場合が多く，設置されるべき箇所が特定されるプレキャストコンクリート，鉄骨（技術系統 H），木材などの部材の建方作業の合理化に関するものが中心であり，その他には鉄筋工事の合理化に関するもの（技術系統 E）などがある。

前述した資材管理および施工管理が適切になされていれば，構築された建築物には所定の性能が期待できる。しかし，供用期間中における地震などの外力や雰囲気環境における劣化，さらに補修や補強などによって建築物の性能は時々刻々と変化していく。したがって，供用期間中における維持管理でもトレーサビリティ確保技術は必要となる。この分野におけるトレーサビリティ確保技術の研究・適用は，地震時の建築物の振動特性に関するもの（技術系統 F および G）などが見られる。

### 3. コンクリートに識別記号を付与する技術

#### 3.1 各種識別技術の概要

コンクリートに限らず様々な情報を管理する上で，一番重要なことは，「識別できる」ことである。例えば，インターネット上でコンピュータを識別するためには，IP アドレスがあり，ネットワーク上では，各コンピュータは，この IP アドレスという ID で管理されている。

コンクリート構造物についても部材ごとに個々の識別を可能にすることにより，材料や施工などの情報を明らかにすることができ，トレーサビリティ確保が実現できる。

流通業界では，これまで対象物の個体識別番号を管理する媒体としてバーコードが使用されてきた。バーコードは縞模様状の線の太さによって数値や文字を表すもので，レジスターなどに主に使われている。ドットを縦横に配列し多くの情報を表す二次元コード（QR コード）

もスマートフォンの普及などにより世界的に普及している。最近は無線の特徴を生かした IC タグ（RFID）が媒体として広く注目されている。IC タグは極小の IC チップにアンテナを取り付けたものであり，センサなどと無線で情報をやりとりすることによって対象物の流通経路等の情報を得ることができる。さらに GPS の測位精度の向上から位置情報を用いた方法も考えられる。コンクリートのトレーサビリティに適用可能な各種識別技術の比較を表 - 3 に示す。

表 - 3 各種識別技術の比較

	紙の 帳票	バー コード	二次元 コード	IC タグ	位置 情報
一元管理の容易さ					
記憶容量の大きさ		×			×
書き込み可否		×	×		×
データの信頼性	×				
耐環境性		×			
遮蔽物の影響	×	×	×		

#### 3.2 IC タグ（RFID）を利用した識別技術

RFID とは Radio Frequency Identification の略で，電波を用いて非接触で IC タグのデータ（製品や物・人などの各種情報，ID 番号・製造番号など）を読み書きできる自動認識ツールである。RFID は，周波数帯，チップの性能，アンテナの形状，リーダ/ライタの出力によって大きく異なるが，一般的に以下の長所を有する。

- ・データ容量が大きく，データの書き換えが可能。
- ・複数読取り（アンチコリジョン）が可能。
- ・様々な形状に加工可能。
- 一方で，RFID の弱点として以下があげられる。
- ・通信には金属，水，ノイズの影響を受けやすい。
- ・バーコードと比較して価格が高い。
- ・IC タグとリーダ/ライタの向きによって通信距離が異なる（指向性を有する）。

このような特徴を持つ IC タグを利用した生コンクリートのトレーサビリティシステムについての研究が進められており，実証実験も行われている。詳細な内容については 5.2 に示す。

#### 3.3 GPS を利用した識別技術

正確な位置測位が行えると，空間上の位置座標は，それぞれが重複しない値を持つため，この位置情報を活用した識別が可能となる。位置測位に関しては，米国の GPS（Global Positioning System）がよく知られており，広く普及している。我が国でも独自の位置測位システムの確立を目指しており，それは準天頂衛星システム

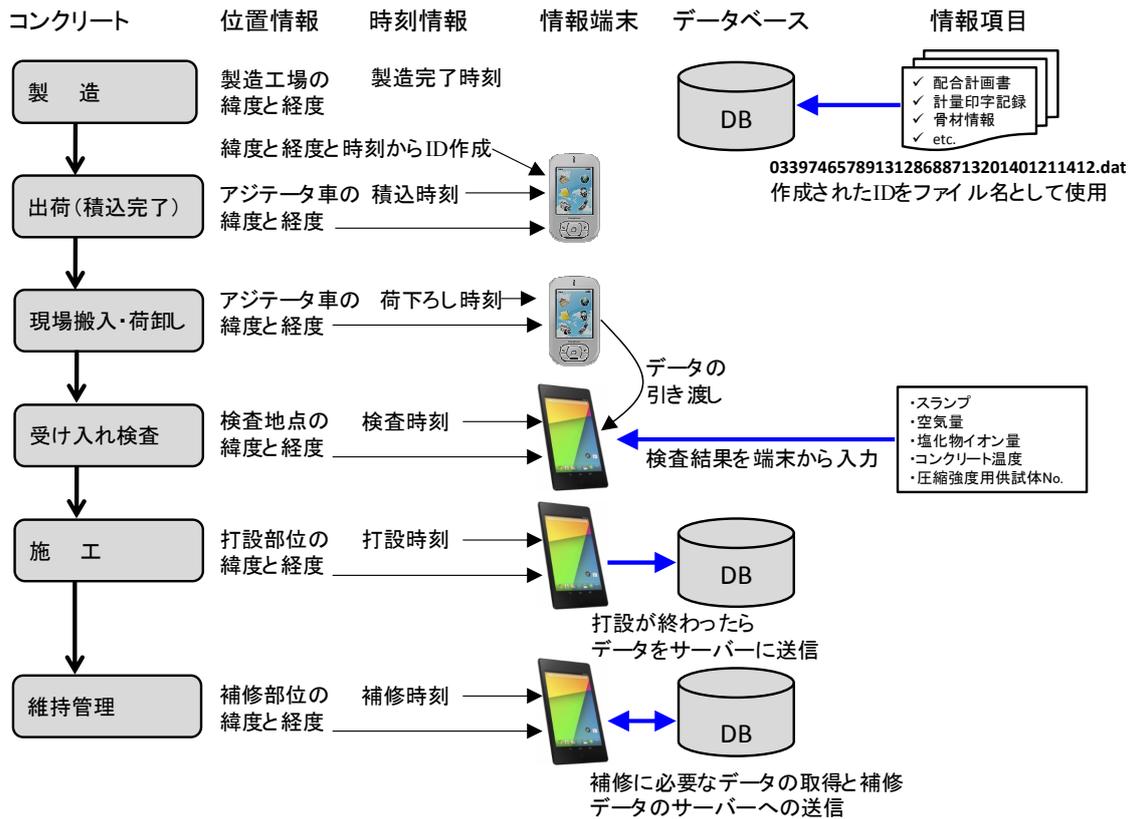


図 - 5 位置情報と時刻を利用したコンクリートのトレーサビリティシステムの全体構想

(Quasi-Zenith Satellite System, QZSS) と呼ばれている。その特徴としては、GPS など一般的な静止衛星の仰角は  $40^\circ$  から  $50^\circ$  程度であるのに対し、準天頂衛星は、その仰角が  $60^\circ$  以上とほぼ日本の真上にくることから、山間部や都市部の高層ビルの影でも信号を受信することが可能である。また、準天頂衛星システムは、現在我が国で使用している GPS 信号そのものを補強し、高精度な位置測位が行える機能も備えており、一般的な GPS では約 10m 程度の誤差が生じる可能性があるのに対し、準天頂衛星システムの精度は数 cm 程度と言われている。

空間上の位置情報と時刻を利用したコンクリートのトレーサビリティシステムの全体構想を図 - 5 に示す。このトレーサビリティシステムは、コンクリートの流れに沿って、製造から維持管理までのコンクリートに関するデータをサーバ上で参照可能とするものであり、その紐付けに位置と時刻の情報を利用している。以下ではそれぞれの段階における識別方法とデータの紐付けについて説明を行う。

(1) 製造段階

製造段階では、生コンクリート製造工場において、アジテータ車 1 台ごとの生コンクリートの製造情報（配合計画書、計量印字記録、骨材情報、セメント情報、骨材表面水率、練混ぜ時間 etc.）を電子ファイルとして保存し、この電子ファイルを識別できる ID を次の段階に引

き継いで行く。この際、全国各地に存在する生コンクリート製造工場の電子ファイルを識別するため、生コンクリート製造工場の緯度・経度と製造日時からなる 34 桁の ID を用いる。

(2) 出荷（積み込み完了）

出荷の際には、生コンクリートの製造情報と紐付ける ID を製造工場から受け取り、端末内に保存するとともに、端末に備えられた GPS から得られた積み込み完了時の位置や時刻についても端末内に保存する。製造情報については、この ID をもとに、製造情報を記した電子ファイルが特定できれば、その内容を参照することで把握できる。具体的には、アジテータ車の運転手は、出荷の際、積み込みが完了した時点で、端末のボタンをクリックする。これにより生コンクリート製造工場から ID を受け取るとともに、端末内の GPS で位置や時間の情報を端末内に記録する。

(3) 現場搬入（荷卸し）

アジテータ車が現場に到着すると、出荷（納入）伝票に到着時刻を記入し、規定の時間内に搬入されているか確認する。このトレーサビリティシステムでは、現場到着時にアジテータ車の運転手は、端末のボタンをクリックすることにより、搬入場所である現場の位置や到着時刻を端末内に記録する。出発時刻は端末内に既に保存されているため、これらと比較することにより、運搬時間

が瞬時にわかる。

生コンクリートが現場に搬入された後は、施工者がコンクリートを扱うため、これまでのデータを施工者に引き継ぐ必要がある。このトレーサビリティシステムでは、アジテータ車の運転手が持っている端末内のデータを、施工者が持っている端末に転送することにより、データの引き継ぎを行う。端末間のデータ転送は、使用する端末や現場でのネットワークの状況により、Wi-Fi 経由でのデータ転送、NFC（近距離無線通信）を使ったデータ転送、SD カードを使ったデータ転送、Bluetooth を使ったデータ転送などがある。

#### (4) 受け入れ検査

生コンクリートの荷卸時に受け入れ検査を実施する場合がある。その場合には、受け入れ検査時のデータを位置や時刻とともに、端末内に保存する。圧縮強度については、その時点では入力できないので、別途、圧縮強度試験終了時にその結果をサーバに送信する。

#### (5) 施工

施工の際には、生コンクリート製造工場から受け取った生コンクリートがどこの場所（部位）に使われたかを記録しておく必要がある。ポンプ車の筒先に端末を持っていくことが可能であれば、筒先に端末を持って行き、端末のボタンをクリックする。それにより、筒先の座標とその時刻が端末に保存される。筒先に端末を持って行けない場合や、ビルなどのように鉛直方向に造られる構造物では、打設部位が特定できるように構造物名、構造物詳細、リフト名（部材名称）を端末の画面上から入力する。現在の GPS による測位では、高さ方向（z 方向）の精度は水平方向に比べて著しく劣るため、打設位置がわかるようにリフト名や部材名称の入力が必要である。

施工が終わったら、端末に保存されているアジテータ車 1 台分のコンクリートの情報をサーバに転送する。

#### (6) 維持管理

維持管理の場面では、どのようなコンクリートが使われていたかを把握する必要がある。打設位置や部材名称がわかっているならば、サーバに格納されているデータを検索することで、使われた生コンクリートの情報を把握することができる。さらに今後の維持管理のことを考え、補修や補強の履歴や、維持管理を行った時点での点検データなどを新たな情報として追加し、サーバに蓄えておくことで、次の維持管理に役立てることも可能である。

### 4. コンクリートの製造・施工過程において記録・管理すべき履歴情報

#### 4.1 履歴情報の抽出・分類・整理の方法

コンクリートのトレーサビリティ確保のために保管する情報に関するアンケート調査を実施した。このアンケ

ート実施の主な目的は、コンクリートに関する情報の重要度を項目ごとに把握し、保管対象を重要度の高い項目に絞り込むことで、データ容量を最小限に抑え、情報量過剰による関係者の情報に対する意識の希薄化を抑制し、合理的な情報保管を可能にすることである。なお、ここで言う重要度とは、コンクリートの製造管理、コンクリート工事における施工管理、コンクリート構造物の供用時における維持管理などへの有効活用の可能性の観点から評価されたものである。したがって、アンケート回答者の立場ごとに評価が異なると推測される。そこで、アンケートは、A：生コンクリート・コンクリート製品製造関連（コンクリート材料製造・供給者、生コンクリート製造者、プレキャストコンクリート製造者など）、B：コンクリート構造物設計・施工関連（設計者、建設コンサルタント、施工者など）、C：コンクリート構造物供用・維持管理関連（施主、デベロッパー、調査・診断会社など）の3つのグループ（業務分類）について、概ね均等になるように91名（A：30名、B：28名、C：33名）を対象として実施した。

また、必ずしも試験が実施されない項目については、情報の入手自体が困難である。さらに、情報を電子データとして半永久的に保管することを想定した場合に、データ容量が大きい情報は容量の小さい情報媒体への保管が困難である。したがって、情報保管における費用対効果を考える上では、情報の重要度だけではなく、前述した情報入手やデータ容量などに関する情報保管の難易度についても検討すべきである。ただし、難易度については、重要度に比べると立場ごとの評価に大きな差は生じないと考え、委員内での回答を中心とし、委員以外については任意回答の形式を取った。

アンケートの対象とした情報の項目は、JIS A 5308、建築工事標準仕様書 JASS 5、コンクリート標準示方書、当会「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」および「コンクリート診断技術」による管理で対象となる情報項目と併せて、集合住宅や鉄道構造物などの維持管理における検査で対象となる情報項目を含めた260項目とした。なお、情報を入手する手段としては、情報が保管されている場所を示す情報を現地に保管し、それをもとに情報保管場所で入手するというのも想定されるため、ここでは各情報の採取者の情報も調査対象とした。

アンケートは、できる限り重要度に対する意識が明確にわかるように「1・2・4・5」の4段階で評価し、どうしても判断できない場合のために「判断できない」という選択肢を設けた。

#### 4.2 アンケート結果の概要

##### (1) 回答者全体の傾向

全体的な傾向として、構造物の建設年、構造形式、建

設位置などといった一般的な情報、コンクリートの強度に関する情報、過去の調査結果、補修・対策内容などの情報が保管重要度の上位30位までを占めていた。これらに続いて、塩化物量、水セメント比など、不具合の原因を特定するための情報の重要度が高かった。さらにこれらの情報に続いて、竣工検査や受入れ検査結果、施工時の重要度が高かった。

また、重要度が低いと評価されているのは、使用材料試験結果と責任者や担当者など人に関する情報であった。コンクリートの使用材料試験結果の重要度が低い結果だ

ったことは、JIS認証を受けていないものは使用しないのが原則であるため、認証を受けているものであれば問題なく、直接不具合の原因と結びつかないと判断されたためと考えられる。また人に関する情報の重要度が低いのは、不具合がなければ活用されないことや、人の異動等があるために、時間が経てば情報の有用性がなくなるためと考えられる。

(2) 生コン・コンクリート製品製造関連業務に携わる技術者の回答傾向  
コンクリート製造に関わる技術者の回答では、全体的

表 - 4 保管重要度が高くかつ保管が容易な情報

重要度 (順位)	重要度 (点数)	情報項目	難易度 (順位)	難易度 (点数)
1	4.49	構造物の諸元-建設年	258	1.37
3	4.46	構造体コンクリート強度の検査-圧縮強度試験結果	217	1.88
9	4.36	設計図書コンクリート関連情報-設計基準強度	256	1.55
16	4.28	構造物の諸元-構造形式	257	1.41
25	4.16	配合計画書-呼び方-呼び強度	249	1.74
27	4.10	配合計画書-配合条件-水セメント比	240	1.76
28	4.07	構造物の諸元-建設位置	259	1.33
31	4.04	配合計画書-呼び方-コンクリートの種類による記号	240	1.76
32	4.04	構造物の諸元-名称	260	1.20
35	4.02	構造体コンクリート強度の検査-試験材齢	236	1.79
36	4.02	使用材料試験結果-セメント-種類	240	1.76
38	4.01	設計図書コンクリート関連情報-水セメント比	206	1.94
39	4.00	配合計画書-単位量-水	240	1.76
39	4.00	構造体コンクリート強度の検査-供試体の養生方法	255	1.70
42	3.99	施工者情報-会社名	254	1.72
43	3.94	配合計画書-単位量-セメント	240	1.76
44	3.93	配合計画書-指定事項-骨材のアルカリシリカ反応性による区分	206	1.94
46	3.92	使用材料試験結果-骨材-種類	224	1.82
46	3.92	配合計画書-呼び方-スランプ、スランプフロー	249	1.74
46	3.92	配合計画書-指定事項-セメントの種類	233	1.79
50	3.91	配合計画書-単位量-混和材	233	1.79
52	3.91	配合計画書-呼び方-セメントの種類による記号	249	1.74
54	3.90	配合計画書-指定事項-骨材の種類	224	1.82
56	3.89	配合計画書-配合条件-水結合材比	236	1.79
57	3.89	配合計画書-呼び方	224	1.82
61	3.84	打込み時の品質管理-気象条件-天気	200	1.97
62	3.83	配合計画書-単位量-細骨材	240	1.76
62	3.83	配合計画書-単位量-粗骨材	240	1.76
66	3.81	使用材料試験結果-混和材-種類	224	1.82

表 - 5 保管重要度が高くかつ保管が難しい情報

重要度 (順位)	重要度 (点数)	情報項目	難易度 (順位)	難易度 (点数)
2	4.48	過去の対策に関する詳細情報(調査報告書など)	10	3.15
6	4.43	構造体コンクリートの外観目視調査-鉄筋腐食・錆汁	47	2.73
7	4.42	構造体コンクリートの外観目視調査-仕上げ材の劣化・浮き・剥落	63	2.65
8	4.39	過去の調査結果	42	2.75
10	4.32	過去の対策履歴-対策方法	24	2.89
11	4.31	図面	2	3.55
12	4.30	過去の対策履歴-対策時期	58	2.70
13	4.29	過去の不具合・補修状況	31	2.81
15	4.28	過去の対策履歴-対策部位	37	2.78
19	4.26	過去の対策履歴-対策の区分	19	2.92
20	4.25	対策後の状況	8	3.19
21	4.25	設計図書	4	3.39
22	4.22	採取コアによる構造体コンクリート強度等-フェノールフタレン溶液による中性化深さ試験	61	2.67
24	4.16	過去の対策履歴-健全度判定区分の変更	30	2.85
26	4.12	採取コアによる構造体コンクリート強度等-塩化物量	25	2.86
29	4.06	構造体コンクリートのかぶり厚さ-測定値	37	2.78
30	4.05	構造体コンクリートのかぶり厚さ-調査位置	32	2.81
34	4.02	構造体コンクリートの仕上りの検査-ひび割れ	36	2.79
37	4.01	検査結果詳細	41	2.76
45	3.92	補修工事状況 写真	27	2.85
54	3.90	構造体コンクリートの仕上りの検査-打込み欠陥部	49	2.71
65	3.83	構造体コンクリートのかぶり厚さ-測定方法	47	2.73
67	3.81	建造物周辺環境変化	13	3.11
68	3.80	構造体コンクリートのかぶり厚さの検査-測定値と最小かぶり厚さとの関係	15	3.04
70	3.79	検査状況 写真	19	2.92

な傾向と同様に、過去の調査結果や補修・対策内容等の情報の重要度が高かった。ついで、水セメント比、受入れ検査のスランブや配合計画書の情報の重要度が高い結果となった。配合計画や試験結果など自らの業務に関わる情報の重要度が高いように思われる。

重要度の低い情報としては、他のグループと同様にコンクリートの使用材料試験結果と人に関する情報であった。使用材料試験結果の中では、特に混和材・剤の項目が低かった。また受入れ検査のブリーディングの重要度も低い。これは一般的に検査をすることが少なく、また計測に時間を要するため、情報としての価値が低いと判断されたものと推察される。

#### (3) コンクリート構造物設計・施工関連業務に携わる技術者の回答傾向

本グループに該当する技術者はほとんどが総合請負会社(ゼネコン)の技術者である。全体的な傾向と同様に、過去の調査結果や補修対策・内容の重要度が高かった。コンクリート関連の情報では、特に強度に関する情報の重要度が高かった。またコンクリートの性能に関する情報や施工時の情報よりも、建築物の情報(竣工後の情報)を重視しているように思われる。

重要度の低い情報も、他のグループと同様にコンクリートの使用材料試験結果と人に関する情報であった。

#### (4) コンクリート構造物供用・維持管理業務に携わる技術者の回答傾向

本グループに該当する技術者は、建設コンサルタント会社あるいは役所・公的試験機関の技術者がほとんどであり、コンクリート診断士の有資格者も多い。このグループの回答では、特に過去の補修・対策履歴の重要度が高く、それらに続いて調査結果や不具合の原因を特定するための情報(例えば、セメント、塩化物量などの使用材料試験結果や配合計画の情報)の重要度が高いという評価であった。

### 4.3 具体的に抽出された重要な情報項目

全体の重要度上位70位までのうち、比較的情報保管の難易度が低い情報項目を表-4に、また難易度が高い情報項目を表-5にそれぞれ示す。双方ともアンケートで重要度が高いと評価されたものであるが、表-4に示した情報については文字数が固定されており、情報量は多くないため、現状のICタグ等で保管できる可能性がある。他方、表-5に示した情報については情報が多く、保管が難しいため、これらを容易に保管し、活用できるようにする新技術の開発が今後の課題となる。

## 5. トレーサビリティシステムの事例紹介

### 5.1 試行実験の概要

試行実験は、宇都宮大学陽東キャンパス8号館の耐震

改修工事現場において実施した。試行実験に係るコンクリートの施工箇所は、スラブ増床部分、増設壁部分および屋上設備基礎部分である。スラブ増床部分および壁増設部分では「ICタグを利用したトレーサビリティシステム」に関連するICタグ投入を実施し、さらに「ICタグを利用した強度試験用コンクリート供試体の管理」に関連するコンクリート供試体の採取も実施した。

### 5.2 ICタグを利用したトレーサビリティシステム

本試行実験に適用するトレーサビリティシステムは、国土技術政策総合研究所を中心に進めたICタグを用いて生コンクリートのトレーサビリティを確保する技術を検討する共同研究(平成21~23年度)の一環として開発されたものである。具体的には、ICタグを用いてコンクリートの製造者と施工業者間で情報を正確に伝達することを目的とした基礎アプリケーションを中心としたシステム<sup>5)</sup>である。

#### (1) ICタグの利用方法

生コンクリート製造工場より出荷される製品とその製造過程を明示する情報とが同一性を保ちながら施工業者側に情報伝達されることが肝要である。しかし、生コンクリートは出荷、荷卸しおよび打設時には流動体である。コンクリート硬化後に具体的な施工部分と固有の製造情報を確実に紐付けるため、本システムではICタグをコンクリート内に投入する方式とした。

#### (2) トレーサビリティシステムの技術要件

生コンクリートの製造情報を施工業者に伝達するため、図-6に示すシステムを想定した。このトレーサビリティシステムでは、生コンクリート製造工場において製造時に生成される配合計画値や計量値等の情報を履歴情報として使用する。ICタグは生コンクリート内部に投入されるため、施工後にはコンクリート表面からリーダ/ライタを用いて非接触通信を行う。

#### (3) アプリケーションの概要

本アプリケーションの使用は、図-7に示すように生コンクリート製造工場の製造・出荷管理システムで生成される配合計画値および計量値をサーバ内に築いたデータベースに移行し、保存するところから始まる。ハンディ型リーダ/ライタを用いてICタグのIDを読み込み、IDに紐づく情報がデータベースから引き出される。その結果は、リーダ/ライタの画面およびPCの画面に出力される。また、生コンクリートの流通の過程で行われる受入検査や強度試験の結果をICタグを通じてデータベースに書込み、生コンクリートの履歴情報として拡充できる。なお、データベースは「配合計画」と「計量印字記録」に関する2つのデータテーブルに区分され、共通する「運用日付」、「予定No.」、「出荷連番」などでIDが構築される。

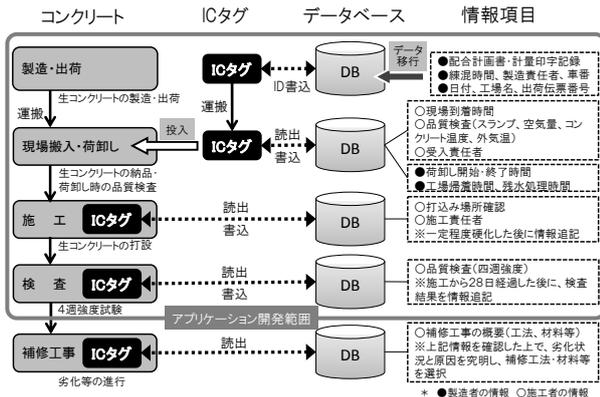


図 - 6 IC タグを利用したトレーサビリティシステム<sup>5)</sup>

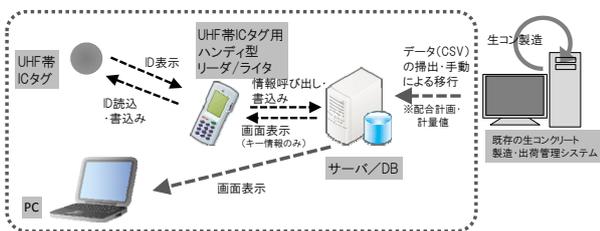


図 - 7 システムと機器構成<sup>5)</sup>

5.3 スラブ増床工事における IC タグの投入実験の状況

IC タグのコンクリートへの投入実験の実施状況を図 - 8 に示す。IC タグはポンプ圧送車のコンクリート受入口に投入した。コンクリート打込み後には、IC タグが浮いていないことを目視により確認した。IC タグの投入数量はアジテータ車 1 台につき 10~20 個である。コンクリ

ート硬化後に IC タグの通信の可否を調査したところ、おおまかに半数近くの IC タグが通信可能であった。なお、コンクリートに投入した IC タグの正確な通信可能確率については、今後詳細に調査する予定である。

また、5.2 に示した IC タグを利用したトレーサビリティシステムを現地で試行し、その有用性を検証するとともに、今後に向けての課題を抽出した。

5.4 IC タグを利用した強度試験用コンクリート供試体の管理

情報を記録した IC タグを強度試験用コンクリート供試体に埋設することにより、供試体の取り間違いや転記ミスを防ぐことを目的とした供試体のトレーサビリティシステムである。今回の実験では、構造物打設時に採取したコンクリート供試体に IC タグを埋設し、サンプルソフトを使ってその効果を確認した。

IC タグの登録作業は、初期値入力と IC タグ識別番号登録の 2 つを行い、初期値入力では試験名称、打設日、試験場所、生コン工場、試験立会者に関するデータを入力する。続いて、埋設予定の IC タグを読み取り識別番号でそれぞれ登録する。実験では、図 - 9 に示すようにコンクリート供試体 ( 100×200mm ) の側面から 10mm、上面から 20mm の深さの位置に IC タグを埋設した。供試体に埋設した IC タグ識別番号を照合し、タグ ID、物件名などより該当供試体であることを確認することができ、埋設した IC タグにより供試体のデータ管理が可能であった。

ここで示したシステム以外に、GPS を利用したトレーサビリティシステムの試行実験および鉄筋固定型 IC タ



1) コンクリートをポンプ圧送車へ



2) IC タグの投入



3) コンクリートの圧送



4) コンクリート打込み (遠景)



5) コンクリート打込み (近景)



6) コンクリート打込み終了

図 - 8 スラブ増床工事におけるコンクリートへの IC タグの投入実験

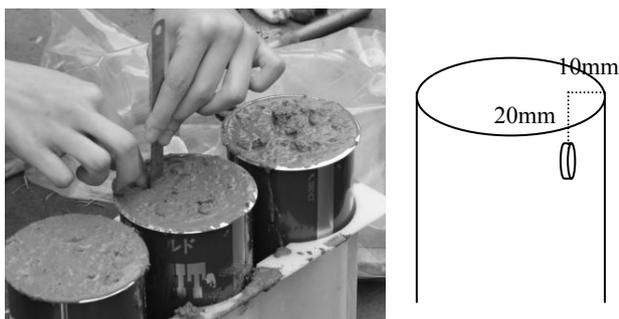


図 - 9 コンクリート供試体への IC タグの埋設状況

グの適用実験を実施した。詳細については、日本コンクリート工学会「コンクリートのトレーサビリティ確保技術に関する研究委員会報告書<sup>6)</sup>」に紹介している。

## 6. まとめと今後の展望

コンクリートの製造から施工，構造物の完成，そして供用，補修・補強などの維持管理までも含めた一連のサイクルすべてに単独の技術者あるいは団体が携わることは不可能である。したがって，それらの間で正しい情報が適切に伝達されるとともに，構造物の所有者あるいは構造物の管理者のもとで情報が保管されなければならない。多くのフェーズを経て機能するコンクリート構造物においては，トレーサビリティの確保が重要となる。トレーサビリティ確保の重要性が最近ますます高まっている背景としては，以下の事項が挙げられる。

- (1) 社会全体としてのコンプライアンスにかかわる不具合の発生に対して，非常に注意を払っている。コンクリート分野では，硬化したコンクリートの外見上から適切なプロセスで製造されたものであるかが分からない場合が多く，問題が生じると不安感や不信感を払しょくしにくい。また，不具合の顕在化にまでは時間がかかり，不具合の影響も大きなものとなる。
- (2) コンクリート構造物の老朽化が進行し，この維持管理や長寿命化が重要度を増す。構造物の点検や診断，必要に応じて補修対策を講じる機会も多くなると考えられる。このような維持管理計画を立てるうえで，構造物の点検記録ばかりではなく，構造物完成時点までの情報も当然必要となってくる。また，複数の既存コンクリート構造物群から構成されるアセットの効率的なマネジメントの実現に当たっては，単に紙ベースでの情報保存にとどまらず，デジタルデータ化して複数の管理技術者が相互に参照可能なデータベースの構築にまでつなげることが望まれている。

- (3) 材料の省資源や自然環境の保護といった観点から，リサイクル材料の有効活用への期待が高まっている。リサイクル材料の有効活用に当たっては，使用する材料のトレーサビリティが特に重要な意味を持つてくる。また，コンクリート構造物がその役割を終えて解体され，再生骨材や路盤材などのリサイクルの工程に入ることも考えられる。リサイクルにかかわる組織への的確な情報の伝達に心掛けることも，リサイクル材料の品質に対する信頼性の確保にも利用できる。

このようにコンクリートに対するトレーサビリティの確保が重要であるが，これを大きな負担とならないように実現していくためには，構造物の施工や維持管理に関連する保存すべき情報の見極めや，必要となる情報の検索性の改善なども併せて行い，省力化につなげていくことも重要である。IC タグや GPS といった IT 分野の技術をうまく活用することにより，情報の取得ならびに保存に際して，一層の省力化が望まれるところである。

## 参考文献

- 1) 杉山 央，角倉英明，江里口 玲：IC タグを活用したコンクリートのトレーサビリティ確保技術 - コンクリート中に投入する IC タグの必要数量算出手法 - ，日本建築学会構造系論文集，第 78 巻，第 688 号，pp.1045-1053，2013.6
- 2) 大久保孝昭ほか：コンクリートのトレーサビリティ確保のための IC タグの活用技術 - 製造時に投入する IC タグの評価 - ，日本建築学会技術報告集，第 18 巻，第 38 号，pp.31-36，2012.2
- 3) 杉山 央ほか：大型コンクリート試験体に埋め込んだ各種 IC タグの通信性に関する研究，日本建築学会技術報告集，第 17 巻，第 35 号，pp.5-10，2011.2
- 4) 江里口 玲ほか：コンクリートのトレーサビリティ確保のための IC タグの活用技術 - コンクリート舗装施工実験 - ，日本建築学会技術報告集，第 18 巻，第 40 号，pp.829-834，2012.10
- 5) 角倉英明：IC タグを用いたコンクリートトレーサビリティ用基礎的アプリケーションの開発，第 19 回建築の自動化技術シンポジウム，pp.11-16，日本建築学会，2012.1
- 6) 日本コンクリート工学会：コンクリートのトレーサビリティ確保技術に関する研究委員会報告書，2014.6