

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

Development of Basic Application for the concrete traceability system with IC-tags

○角倉英明¹⁾
SUMIKURA Hideaki

The basic application for the concrete traceability system with IC-Tags was developed to support the visualizing information about concrete production. This application was designed based on a system as to communicate with IC-Tags installed inside concrete through the handy terminal. IC-Tags and handy terminal corresponding to UHF band and HF band, and PC were chosen as the devise of this application. This report mainly indicated about some of the results we gain through some experiments on communication frequency of IC-tags inside concrete, the outline and work procedure of the basic application for UHF band, and also the image of its screen.

Keywords : IC-tags, Concrete, Traceability, Application, Visualization

1. はじめに

製品がどのような材料・方法・プロセスを経てつくられたかを示す生産情報の可視化は、消費者による安全・安心な購買を促進するとともに、欠陥等が生じた場合にも対象製品に関わる情報の追跡を可能にする。このような枠組みは、一般的に「トレーサビリティ」と呼ばれ、近年大きな注目を集めている。産地偽装・欠陥品などへの対応や在庫・納品管理などの合理的な手法として、食品業界や家電業界、流通業界等にて先進的な取り組みが実施されている。リーダー/ライター等の無線通信機器との非接触通信による情報管理（書込み・読み出し等）を可能にした IC タグが用いられるケースが多い。

住宅履歴情報に代表されるように、住宅・建築分野においても生産情報を可視化できるトレーサビリティへの関心が高まりを見せている。このような中で生コンクリート業界において、平成 20 年に法律上許可されていない材料を使用した製品が出荷・施工され、一部の建築物のコンクリート部材に不具合が発生する事態も起きた。

このような現状認識の下、国土技術政策総合研究所、建築研究所、広島大学及び 5 都県の生コンクリート工業組合（東京、神奈川、千葉、埼玉及び茨城、以下、工組と略称）は、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できる技術を検討する共同研究を開始した。当該研究の一環として、コンクリートの製造者と施工者間での正確な情報伝達を目的に、IC タグを用いる基礎的アプリケーション（以下、アプリケーションと略称）を開発した。

そこで、本稿はコンクリート内に埋設した IC タグの通信傾向と、今般開発した基礎的アプリケーションの仕組み、操作手順の概要及び画面イメージを報告することを目的とする。

2. IC タグ及びその関連技術の概要

表 1 に示したように、IC タグは IC チップ、アンテナ及びこれらを被覆する外装材で構成され、電磁誘導または電波の原理を用いてリーダー/ライターと非接触で通信し、データ伝送する媒体である。市販されている IC タグには、サイズ、形状から周波数帯の違いから様々な規格・種類が存在する。

表 1 IC タグの一般的な特徴

構成	アンテナ+ICチップ+外装材
特徴	①非接触による通信 ②被覆しての通信 ③移動しての通信 ④複数個との同時通信 ⑤チップ単体に個別の識別子(ユニークID) ⑥情報の追記・更新 ⑦様々なサイズ・形状への加工 ⑧高い耐久性
周波数帯	2.4GHz帯・UHF帯(952~954MHz)・HF帯(13.56MHz)等
バッテリー	アクティブタグ(内蔵)・パッシブタグ(非内蔵)
メモリー容量	ICタグの記憶容量は、ICチップにより異なる
伝送方式	電磁誘導方式・電波方式

1)国土技術政策総合研究所，研究官，博士（工学）

NILIM, Research Officer, Dr. Eng.

IC タグの使い方には、IC タグ内に直接情報を記録するメモリ方式と IC タグにコードを与えて情報とひも付ける ID 方式という2つが一般的である。なお、リーダー/ライターもハンディターミナル型やゲート型等の様々なタイプが製品化されている。

3. 本研究における IC タグの利用方法

生コンクリートのトレーサビリティシステムの構築は、コンクリート製造工場（以下、製造者と略称）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者（購入者）側に情報伝達されることが肝要である。現時点でも JIS A5308-2008 に従い、製造者には配合計画書及び納入書の提出、並びに購入者からの要求があれば計量印字記録の提出が義務付けられている。

また、コンクリートのトレーサビリティという観点からすれば、コンクリート硬化後に、具体の施工部分と固有の製造情報とが紐付く必要がある。しかし、生コンクリートは荷卸し時点では流動体である。そのため、製品表面に製造情報を記載した書面はもとより IC タグも貼付することはできない。

このような製品特性を考慮して、本研究では、現行の技術的要件を満足させながら、IC タグをコンクリート内部に埋設する方式を検討している。

4. コンクリート内部の IC タグの通信傾向

コンクリート試験体の内部に埋設した IC タグの通信距離を測定した結果について概説する。

4. 1. コンクリート試験体

IC タグの通信距離測定のために製作したコンクリート試験体は、表 2、写真 1 のとおりである。2010 年 2 月と 3 月の 2 回に分けて、それぞれ実大の柱部材及び床部材を模擬したコンクリート試験体を 2 体ずつ製作し、各回小計 4 体、合計 8 体を製作した。

なお、試験体内部には、試験体表面より 5、10、15、20、25、30cm の深さに市販されている UHF 帯・HF 帯 IC タグを埋設した。

4. 2. コンクリート内部の IC タグの通信距離

表 3、表 4 によれば、材齢に関わらず、UHF 帯 IC タグでは埋込み深さ 250mm まで、HF 帯 IC タグでは埋込み深さ 150mm まで読取可能である IC タグがあることが分かる。埋め込みが深くなるに従い、IC タグ

の通信可能なコンクリート表面からの距離は短くなることも分かる。

なお、コンクリート中に埋設した UHF 帯 IC タグは、HF 帯 IC タグと比較しても、通信可能な距離は長いですが、材齢の経過にともなって通信できなかったものも散見される。一方で、通信可能な HF 帯 IC タグの埋め込み深さは UFF 帯 IC タグに比べて浅いが、通信傾向は比較的安定した状態が維持されている。

表 2 IC タグ通信距離測定用コンクリート試験体

	高強度試験体	普通強度試験体
製作日	2010年2月4日	2010年3月2日
製作場所	建築研究所	建築研究所
設置場所	同上	同上
呼び強度	54程度	24程度
鉄筋	無筋	無筋
試験体寸法 (縦×横×高さ)	床部材: 1500×1500×150mm 柱部材: 800×800×800mm	床部材: 1500×1500×150mm 柱部材: 800×800×800mm
作製数	各種2体	各種2体
ICタグ埋込深さ	床部材: 5、10cm 柱部材: 15、20、25、30cm	床部材: 5、10cm 柱部材: 15、20、25、30cm
ICタグ種類	9種類(UHF6、HF3)	9種類(UHF5、HF4)



写真 1 コンクリート試験体製作（左）と設置（右）

表 3 IC タグ通信距離測定結果（高強度試験体）

ICタグ	UHF帯(950Mhz)						HF帯(13.56Mhz)			
	埋込深さ	A	B	C	D	E	T	F	G	H
42日	50mm	945	1500	498	40	105	260	105	65	85
	100mm	890	1230	340	55	40	55	45	15	40
	150mm	305	435	125	x	x	x	x	x	x
	200mm	155	285	x	x	x	x	x	x	x
	250mm	x	125	x	x	x	x	x	x	x
	300mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7ヶ月	50mm	670	990	390	x	50	230	80	50	95
	100mm	x	880	330	x	x	130	45	x	40
	150mm	x	350	150	x	x	x	x	x	x
	200mm	x	260	x	x	x	x	x	x	x
	250mm	x	70	x	x	x	x	x	x	x
	300mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(単位: mm、コンクリート表面からの距離)

表 4 IC タグ通信距離測定結果（普通強度試験体）

ICタグ	UHF帯(950Mhz)					HF帯(13.56Mhz)				
	埋込深さ	A	B	C	D	E	Sb	Sa	G	H
2ヶ月	50mm	700	1050	335	150	x	55	120	75	60
	100mm	425	500	210	x	x	x	65	20	25
	150mm	230	365	105	x	x	x	10	x	x
	200mm	125	235	x	x	x	x	x	x	x
	250mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	300mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6ヶ月	50mm	870	960	440	x	80	30	85	55	30
	100mm	x	750	200	x	x	x	50	5	25
	150mm	x	350	130	x	x	x	x	x	x
	200mm	160	230	x	x	x	x	x	x	x
	250mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	300mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(単位: mm、コンクリート表面からの距離)

5. アプリケーションの開発概要

5. 1. 開発対象及び条件

(1) 想定するトレーサビリティシステム

前述したような技術的要件の下で、本研究に製造者側として参画する工組と協議を重ね、IC タグを用いた理想的なトレーサビリティシステム（以下、理想型システム案と略称）と現行の IC タグ及びその関連技術の水準等を考慮した、現実的にトレーサビリティを確保できるシステム（以下、現実型システム案と略称）が工組により提案された。それらの特徴は、以下の5つにおおよそ整理できる。

①IC タグの取扱情報

両システム案に共通して IC タグへ書込まれる情報は、配合計画書、計量印字記録及び出荷伝票に記載される情報、配合値、並びに荷卸時の受入検査（以下、品質検査と略称）及び四週強度試験の結果に関する情報である。ただし、理想型システム案ではこれら以外に混練時間、工場出発時刻、現場到着時刻、受領書サイン、工場帰着時刻・残水処理時間の記録が提示されている。

②生コンクリートへの IC タグ投入

理想型システム案では、IC タグ内の記録情報の信頼性向上のために、工場生コンクリートをアジテータ車に積込む段階で IC タグを投入する。

一方で、現実型システム案では、アジテータ車に IC タグが残存する可能性を考慮し、生コンクリートの荷卸し時に実施される品質検査後に投入するケースと生コンクリートの打込み時に投入するケースという2ケースが提示された。

③使用する IC タグの周波数帯

一般に使用されている周波数帯の IC タグのうち、UHF 帯 IC タグ、または HF 帯 IC タグのどちらかに限定しない。

④IC タグの使い方

理想型システム案では、DB と紐付ける ID 方式、または直接 IC タグ内に情報を記録するメモリ方式のどちらかには限定した使い方は想定していない。一方で、現実型システム案では、IC タグの記憶容量が現時点では上記の情報を記憶するためには十分ではないため、IC タグにはコードのみを付与する ID 方式を指定した。

表 5 工組提案のトレーサビリティシステム案

段階	生コンクリート製造手順と取扱情報			理想型システム案		現実型システム案	
	作業項目	作成書類	取扱情報	実施	ICタグ	実施	ICタグ
計画	配合計画書作成	配合計画書	①工事名称②所在地③納入予定時期④適用期間⑤打込み箇所⑥設計条件⑦使用材料⑧配合表	●	書込	●	書込
	納入日決定	出荷指示書	納入日	●		●	
製造	骨材表面水率測定		表面水率	●		●	
	配合設定	製造日報	配合値	●	書込	●	書込
	材料の計量	計量記録	計量印字記録(各種材料の計量値)	●	書込	●	書込
	練込		①混練開始時刻②混練終了時刻	●	書込	●	
出荷	出荷伝票発行	出荷伝票	①納入年月日②納入先③納入場所④工事発着時刻⑤納入容積⑥累計納入容積⑦呼び方⑧配合表⑨配合の種別⑩納入工場名⑪車番	●	書込	●	書込
	出荷(工場出発)		工場出発時刻	●	書込	●	
運搬 I	(現場到着)	出荷伝票	現場到着時刻	●	書込	●	
	出荷情報確認		配合計画書・製造日報・計量印字記録 出荷伝票	○	読込		
荷卸	出荷情報確認		配合計画書・製造日報・計量印字記録 出荷伝票			○	読込
	品質検査(荷卸時受入検査)		①スランブ・スランブフロー②空気量③コンクリート温度④外気温⑤コンクリートの状態	●	書込	●	書込投入1
	荷卸し	運搬日報	①荷卸開始時刻②荷卸終了時刻	●		●	
運搬 II	受領	受領書	サイン	○	書込	○	
	(工場帰着)	運搬日報	①工場帰着時刻②残水処理時間	●	書込	●	
施工	打設			○		○	投入2
4週強度試験	強度試験測定		4週強度	●	書込	●	書込

●製造側作業 ○施工側作業

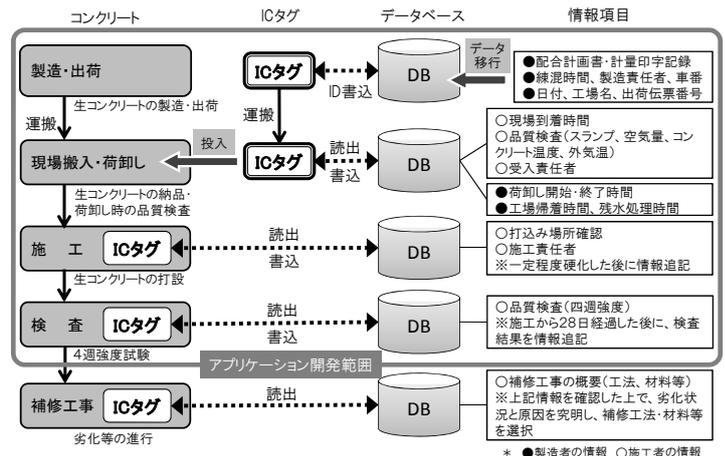


図 1 現実型システム案と開発範囲

⑤IC タグ活用による効果

両システムに共通して、配合計画書・計量印字記録及び出荷伝票のペーパーレス化が提示されている。理想型システム案では、これらの情報に加えて、運搬日報や受領書の電子化・ペーパーレス化に加えて、生コンクリートの製造から出荷、運搬、荷卸までで生じる各作業の時刻記録により業務の効率化を図る提案がなされている。

当該アプリケーションの開発では現実型システム案を想定し、それは以下のように特徴を整理できる。

(a) IC タグの投入：荷卸し時に投入する。

(b) IC タグの使い方：ID 方式とする。

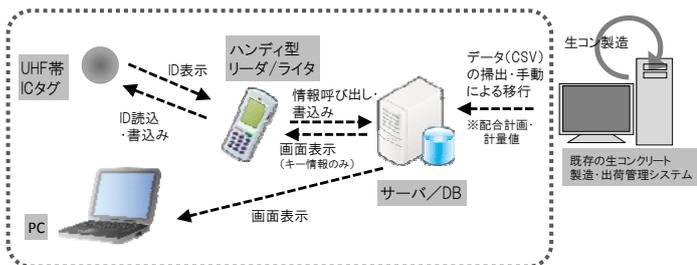


図 2 アプリケーションの開発イメージ

表 6 DB 構造とデータコンテンツ

伝票データ		バッチデータ
運日付	粗骨材種類	運日付
予定No.	粗骨材産地	予定No.
出荷連番	混和剤種類	出荷連番
現場名	混和剤品名	バッチNo.
施工者コード	細骨材の塩化物量	台数
呼び方	水の区分	製造時刻
契約番号	水セメント比	バッチ製造量
社内契約番号	水結合剤比	配合番号
配合計画書No.	細骨材率	車番
配合番号	配合計画者名	呼び方
台数	予備	契約番号
車番	スランブ・スランブフロー	社内契約番号
伝票製造量	空気量	配合計画書No.
配合計画値	コンクリート温度	施工者コード
配合表区分	外気温	施工者名
逆算配合計画値	四週強度	現場コード
設定値単位量	書込済フラグ	現場名
運搬車1台平均単位量	納入日時	容積補償
工場名	受入検査日時	スラッジ濃度
工場コード	四週強度書込済フラグ	固定分率
コンクリートの打込み箇所	四週強度検査日時	設定値
セメント種類	更新日時	計量値
セメント生産者名		表面水
混和材種類		貯蔵ビン区分
混和材品名		工場コード
細骨材種類		出荷伝票No.
細骨材産地		予備

※1網掛けしたデータ項目は、主キーである。

※2網掛け白抜きしたデータ項目は、品質検査及び四週強度試験の結果追記用である。

(c)IC タグの周波数帯：UHF 帯 IC タグ及び HF 帯 IC タグとする。

(d)IC タグの取扱情報：製造時に生コンクリートの配合計画書、出荷伝票と計量印字記録の記載情報、荷卸し時に品質検査の結果、並びに施工後 28 日経過時点で四週強度試験の結果を記録する。

(2) アプリケーションの開発条件

当該アプリケーションは、IC タグを用いて生コンクリートの製造情報を施工者側へ伝達する、トレーサビリティシステムの基盤となる部分を対象とし、以下に示す開発条件を設定した。(図 1)

- ① IC タグと非接触通信する端末はハンディ型リーダー/ライター (以下、ハンディと略称する) とする。
- ② 配合計画値及び計量値に関するデータは、既存の生コンクリート製造・出荷管理用システムから CSV 形式で出力できるデータを使用する。当該アプリケーションでは、これら 2 つの情報を紐付ける必要から、それぞれに共通するデータ項目により ID を構成する。

③ DB 内に記録・保存されるデータレコードは、車単位の生コンクリート製造情報とする。

④ 製造者が使用する既存システムへの影響を考慮して、CSV 形式データの DB 移行は手動で行う。

⑤ IC タグの周波数帯は、UHF 帯 IC タグ及び HF 帯 IC タグとする。それぞれの周波数帯の IC タグに対応可能なアプリケーションを同様の設計思想の下で開発する。

このような開発条件の下、本研究では、当該アプリケーション用 DB を共有・共用できる UHF 帯 IC タグ用アプリケーションと HF 帯アプリケーションをそれぞれ 1 つずつ開発した。

5. 2. アプリケーションの全体構成

次に、前記の開発要件を満たすように、開発したアプリケーションの全体構成について記述する。

図 2 に示したように、アプリケーションを構成する主な使用機器等は、①サーバ/DB、②IC タグ、③リーダー/ライター、④PC、及び⑤アクセスポイントがある。各要素機器の役割は以下の通りである。

①サーバ/DB

出荷単位毎の生コンクリート製造情報を、DB 内データテーブルにデータレコードとして記録・管理する。

DB 構造は、計量印字記録をまとめる「バッチデータ」用と、出荷伝票や配合計画書の記載情報、品質検査結果など他の情報をまとめる「伝票データ」用の 2 つのデータテーブルに分割される。これらのデータテーブルは、表 6 に示した主キーにより紐付けられる。

また、前述のとおり、これらの「バッチデータ」用及び「伝票データ」用データテーブルに格納される情報は、前述のとおり、工場が設置している既存の生コンクリート製造・出荷用管理システムから CSV 形式で出力されたデータを手動で移行し、記録・保存される。

②IC タグ

ユーザ領域に固有の ID を持ち、DB 内のデータレコードを照合する。UHF 帯 IC タグについては、ユーザ領域に 512bit 以上の容量を持つ市販 IC タグを用いる。HF 帯 IC タグについては、ユーザ領域に 112byte 以上の容量を持つ市販 IC タグを用いる。なお、車単位で出荷・納入される生コンクリー

ト製造の特徴と製造情報との同一性担保を考慮して、表 6 で示した主キーとなる工場番号、出荷番号（伝票番号）、納入日（製造日）及び出荷連番の組み合わせを ID とする。

③ハンディ

IC タグに付与された ID と紐付いた DB 内データレコードを読み出す機能、IC タグへの情報書き込み及びデータレコード内の情報を更新する機能を備えるリーダ/ライターである。なお、ここでは弊所が所有する UHF 帯用ハンディ及び HF 帯用ハンディを使用する。

④PC

表示画面の小さいハンディとは別に、製造情報を画面表示する。なお、施工現場等での携帯性・実用性を考慮してノート PC、またはタブレット・スレート PC とした。

⑤アクセスポイント

ハンディ、サーバ、及び PC といった端末間の無線通信を中継する。

5. 3. アプリケーション操作手順と画面イメージ

本研究では、UHF 帯 IC タグ及び HF 帯 IC タグ用アプリケーションをそれぞれ開発した。ここでは UHF 帯 IC タグ用アプリケーションで概説する。



写真 2 UHF 帯 IC タグ用アプリの構成機器



写真 3 UHF 帯 IC タグとアプリの使用イメージ

5. 3. 1. 生コンクリート製造段階

この段階は、工場内で製造者が製造する生コンクリートの出荷情報等を IC タグに紐付けてから出荷するため、以下の手順で操作する。

(a) 出荷情報の DB 移行

既存の生コンクリート製造・出荷管理システムから出荷単位（車単位）で生成される、配合計画書及び計量印字記録を CSV 形式で出力し、手動で DB に移行する。

これにより、DB 内のデータテーブルに出荷情報（主キー含む）が記録される。

(b) IC タグへの出荷情報の書き込み

ハンディを用いて主キーの情報（工場番号、出荷予定番号、納入日及び出荷連番）と適合する出荷情報を DB 内で検索し（H-2）、入力条件に合致した出荷情報を IC タグに書き込む（H-3）。「書込」ボタンを押下し、IC タグを複製できる。

(c) 出荷情報の確認

ハンディで IC タグを読み取り（H-5）、出荷情報を読み出す。出荷情報確認（H-6）及びレディーミクストコンクリート配合データ（M-1）と計量記録（M-2）がハンディ・PC 画面に表示される。

5. 3. 2. 生コンクリート荷卸し段階

この段階は、施工現場で生コンクリートを荷卸しする時に行われる品質検査の結果を、施工者が IC タグを通して DB 内のデータレコードに追記するため、以下の手順で操作する。

(d) 出荷情報の確認

施工現場において手順(c)と同様の操作を行い、出荷情報を読み出す。出荷情報確認の上で、これまで通りに品質検査を実施する。

(e) 品質検査結果の DB への追記登録

ハンディで IC タグ読み取り（H-7）、品質検査の結果入力フォームに従ってスランプ、空気量、外気温及びコンクリート温度を数値入力し（H-8）、表示結果を確認して「完了」ボタンを押下する（H-9）。DB 内のデータレコードへ追記され、受入れ検査日時としてタイムスタンプも記録される。

(f) 品質検査結果の確認

手順(c)と同様の操作を行い、出荷情報及び品質検査結果を読み出す。検査結果は受入れ検査日時と合わせて、PC 側のレディーミクストコンクリート配合デ

