

IC タグを活用したコンクリートの偽装防止対策に向けて

杉山 央・大久保 孝 昭

コンクリート製造分野における偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード：コンクリート、IC タグ、トレーサビリティ

1. はじめに

平成 20 年 6 月、本来使用が認められていない材料を混入させた生コンクリートが出荷され、マンションや戸建住宅の建築に使用されていた事実が発覚した。この偽装事件は大きな社会問題となり、コンクリート製造分野におけるトレーサビリティ確保の重要性が強く意識されるようになった。なお、トレーサビリティとは「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」という意味を持つ。

そもそもコンクリートは硬化前の半製品のような状態で生コン工場から出荷され、建設現場に納入される。納入時にスランプ、空気量等の試験を行うが、圧縮強度は適正か、耐久性を損なうような不具合は発生しないかどうか等が判明するのはコンクリート硬化後（一般的に製造から 28 日以後）である。この時点で不適切なコンクリートであることが判明しても、その修復には多大な費用、労力を必要とし、工期へのダメージも大きい。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および偽装防止体制を必要とする建設材料といえる。

一方、近年では製品の生産管理、流通過程におけるトレーサビリティの向上を目的として、食品産業や流通産業を中心に IC タグの技術が導入されている。コンクリートの製造・施工過程においても IC タグ技術の導入により、トレーサビリティの高度化や偽装防止対策をはじめとして、品質管理や検査等の合理化・省力化にも寄与するなど数多くのメリットが期待できる。

本稿では、コンクリート製造分野における偽装防止

および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた取り組みについて紹介する。

2. IC タグとは

IC タグとは書き込み可能な IC チップと小型アンテナを内蔵した荷札である。IC チップ内の情報は専用の無線通信機器（リーダー/ライター）を用いて外部から読み書きすることができる。IC タグには次のような数多くのメリットがあり、これまで利用されていたバーコード等に代わる次世代の個体識別・管理技術として期待されている。

- ①非接触で通信するため、隠れていてもデータの読み書きが可能である。
- ②新たなデータを追記することができる。また、データの変更を禁止することもできる。
- ③複数の IC タグのデータを同時に読み取ることができる。
- ④写真—1 に示すようにカード型、スティック型、コイン型など各種形状に加工できる。
- ⑤周波数帯によっては通信距離が長いものもある。

IC タグの通信に使用する周波数については、現在日本で最も普及している HF 帯（13.56 MHz）に加え、135 kHz 以下、2.45 GHz および UHF 帯（860～960 MHz）がある。UHF 帯は日本では主に携帯電話の周波数帯として用いられているが、2006 年 1 月改正の国内電波法により IC タグの分野でも利用可能となった。日本では UHF 帯の中でも 952～954 MHz



写真—1 各種 IC タグ



写真—2 ハンディ型リーダー/ライタの例

の帯域が IC タグの通信に利用されている。表—1 に IC タグの周波数帯別の特徴を示す。

IC タグは電波の送受信方式によってパッシブタグ（受動タグ）とアクティブタグ（能動タグ）に分けられる。パッシブタグはリーダー/ライターからの電波をエネルギー源として動作するため、電池を内蔵する必要がない。すなわち、リーダー/ライターから比較的強めの電波を送信し、IC タグからの非常に微弱な反射波を受信する原理となっており、IC タグ内の情報はこの反射波に乗せて返される。パッシブタグはアクティブタグに比べて通信距離は短い、ほぼ恒久的に利用することができる。他方、アクティブタグは電池を内蔵した IC タグである。自ら電波を発するので、通信距離が長い。ただし、電池の寿命とともに機能が停止するため、継続使用するためには電池を交換する必要が生じる。

リーダー/ライターには据置型、ゲート型、ハンディ型などがある。写真—2 にハンディ型リーダー/ライターを示す。

3. なぜコンクリートに IC タグが必要なのか

コンクリートのトレーサビリティを確保する上で、なぜ IC タグが必要なのか。コンクリートの製造情報を生コン工場やゼネコンのコンピュータ内に保存しておけば済むのではないかという意見をよく聞く。もちろん、製造情報をコンピュータ内に保存しておくことは必須であるが、それだけではトレーサビリティ確保の仕組みは成立しない。その情報がどこの建物のどの部分のコンクリートに該当するのか正確に特定できることが重要である。例えば、電化製品や自動車には識別のための目印（製造番号、バーコードなど）が記されたシールやプレートが必ず取り付けられている。販売後に安全上の問題が見つかった場合にはリコール等の対策が行われるが、その際この識別記号（製造番号）が重要な役割を果たす。

コンクリートについては、硬化前の流動体のような

表—1 IC タグの周波数帯別の特徴

	135 kHz 以下	HF 帯 (13.56 MHz)	UHF 帯 (952 ~ 954 MHz)	2.45 GHz
伝送方式	電磁誘導方式	電磁誘導方式	電波方式	電波方式
通信距離*1	~ 10 cm	~ 20 cm	~ 5 m	~ 1 m
指向性	弱い	比較的弱い	比較的強い	強い
水の影響	小さい	比較的小さい	やや大きい	大きい
金属の影響*2	比較的小さい	大きい	大きい	大きい
日本での利用状況	旧式の IC タグに利用されている。	現在日本では主流として利用されている。	欧米では主流として利用されている。日本でも普及しはじめている。	日本でも一部では利用されている。
参考	船舶無線の周波数帯	ラジオの周波数帯	携帯電話の周波数帯	電子レンジの周波数帯

* 1 パッシブタグの通信距離を示す。なお、通信距離は IC タグの形状・寸法、リーダー/ライターの出力やアンテナの大きさ等によって異なる。

* 2 金属の影響を少なくするための対策が施された特殊仕様もある。

状態で購入者に引き渡されるので、シールやプレートを取り付けることは不可能である。そこで、無線通信でデータの読み書きが可能なICタグに着目した。硬化前のコンクリートにICタグを埋め込んでおけば識別するための目印となり、硬化後もコンクリート中に固定されるので製造番号としての役割も十分に果たす。ただし、コンクリート中のICタグに記録された情報をコンクリート外部から読み取れることが前提となる。

4. ICタグをコンクリートに埋め込んでみる

一般にICタグは接着剤、ビス等を用いて取り付けるが、硬化前のコンクリートにICタグを埋め込む方法では、接着剤、ビス等が不要であり、ICタグが剥がれて紛失することもない。さらに、コンクリートによってICタグが衝撃や劣化から保護されるというメリットも期待できる。しかし、ICタグとリーダー/ライタとの間に障害物や水分が存在すると通信性能が著しく低下することが知られている。

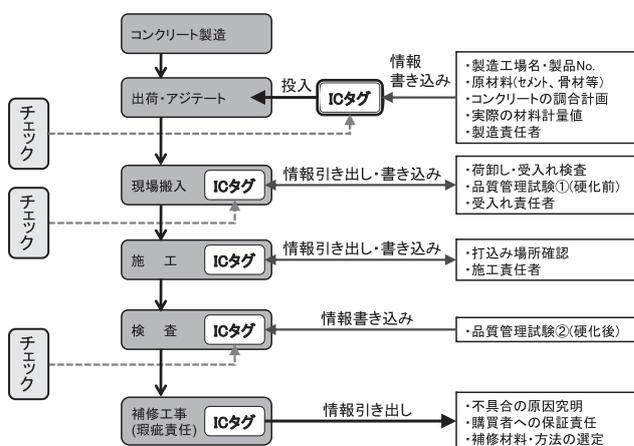
そこで、写真—3に示すように小型コンクリート試験体(寸法100×100×400mm)にHF帯、2.45GHzおよびUHF帯の各種ICタグを埋め込んで、コンクリート外部から通信可能かどうかを調べる基礎実験を行った¹⁾。その結果、試験体の表面から深さ50mmの位置にICタグを埋め込んでも、コンクリートが硬化して含水率がある程度低下した状態であればコンクリート外部のリーダー/ライタから通信可能であることが明らかになった。なお、小型試験体を用いた実験であるため、50mmを超える埋め込み深さについては調査していない。



写真—3 小型コンクリート試験体にICタグを埋め込んでいる様子

5. ICタグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステム

ICタグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティシステムについては種々の方法が考えられる。一例として、図—1に示すように初期情報を記録したICタグを出荷前のコンクリートに投入し、現場での受入れ検査、施工後の検査等において発生した新たな情報をコンクリート中のICタグに追記する方法が考えられる。このトレーサビリティシステムでは、次のようなメリットが期待できる。



図—1 ICタグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステムの例

- ①一度コンクリート中に入れたICタグを取出すことは困難なので、情報の改ざん防止になる。(ICタグ内の情報については、追記のみ可能であり、変更や消去は不可能な仕組みとする。)
- ②履歴情報がコンクリート自身に保存されるため、紛失することがない。いわば保証書のような役割を果たす。
- ③建物において、どの部分のコンクリートが、どこの生コン工場から出荷されたものか明確にわかる。大きなマンション建設など複数の生コン工場から出荷されたコンクリートを使用した場合、容易に識別が可能である。
- ④万が一、瑕疵が発生した場合、原因究明、保証責任、補修材料・方法の選定に役立つ。
- ⑤受入れミスの防止をはじめ、施工の合理化・省力化につながる利用も期待できる。

これまでプレキャストコンクリート製品や小型コンクリート試験体にマーキングの代わりとしてICタグを貼り付けるという試みは行われているが、出荷前のフレッシュコンクリートに履歴情報を記録したICタ

グを投入する（埋め込む）という試みは例がない。このような点で、とても大胆な取り組みともいえる。

その一方で、生コン運搬車でのアジテート中にICタグが破損しないか、コンクリート荷卸し時にICタグが確実に排出されるか（生コン運搬車に残らないか）、コンクリート部材の深部にICタグが位置した場合に通信可能かどうか等の種々の問題が予想される。このため、コンクリート荷卸し時に購入者の立会いのもとICタグを投入する等の様々なケースも検討する必要がある。

さらに、将来実用化の段階に至った際にはコストの問題が浮上する。このようなシステムを生コン工場に導入する場合には設備投資が必要なのももちろんのこと、コンクリートの価格にICタグの価格が上乗せされることになる。1 m³のコンクリート中に何個のICタグを入れるかという点がポイントになるが、通信距離が短いICタグであれば数多く入れる必要があり、通信距離が長い高性能なICタグであれば1個で十分かもしれない。ICタグが生コン運搬車に残ってしまう可能性があるならば、余裕を持った数量としておく必要がある。

ICタグの利用期間（情報の保存期間）についても課題となる。建物が解体されてコンクリートが再生骨材として再利用されるような時期すなわち50～100年後までICタグが利用できれば理想的である。しかし、ICタグの耐久性や規格の存続については不透明な部分があり、今後検討していく必要がある。

6. 共同研究プロジェクト

コンクリート製造分野における偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、ICタグを活用してコンクリートの製造から現場への運搬、荷卸し、施工に至る履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた官学民共同研究が昨年8月にスタートした。参加機関は、国土技術政策総合研究所、広島大学、独立行政法人建築研究所のほか、東京都、神奈川県、茨城県、千葉県、埼玉県の各生コンクリート工業組合である。共同研究では次の項目を検討対象としている。

(1) コンクリートに投入するICタグに要求される基本性能に関する検討

- ①物理的性能（形状、耐水性、耐熱性、耐衝撃性、耐摩耗性および耐久性）
- ②通信性能（コンクリート中での通信、リーダー/ライ

タへの要求性能）

③記録情報の保存性

(2) トレーサビリティシステムの構築

- ①全体フローの形成
- ②各種ケーススタディの詳細検討（ICタグの投入時期、情報を記録するタイミング）
- ③記録情報の整理（記録・保存すべき情報）

(3) 生コン製造工場および施工現場におけるフィールド実験

- ①生コン製造過程
- ②運搬・荷卸し過程
- ③施工過程
- ④トレーサビリティシステム導入による合理化・省力化の効果の評価

通常、この種の研究は大学や国の研究機関が独自に技術や手法を開発し、それを業界に導入するという流れを取ることが多い。しかし、本共同研究プロジェクトは、スタートの段階から生コンクリート製造業界とタッグを組み、技術協力や意見交換をしながら実用的な技術開発を目指そうとするところに特色がある。

現在、共同研究は「コンクリートに投入するICタグに要求される基本性能に関する検討」を中心に進行しており、埋め込まれたICタグがコンクリートの強度、耐久性等に及ぼす影響について詳細に調査しているところである。また、写真—4に示すような大型コンクリート試験体の深部にICタグを埋め込んで、写真—5のように外部からの通信の可否を調査する実験も行っている。4章で紹介したように共同研究に先行して行った基礎実験では、コンクリート表面から深さ50 mm以内にICタグが位置していれば通信可能であることが確認された。しかし、実際の建物においては



写真—4 ICタグを埋め込んだ大型コンクリート試験体



写真—5 コンクリート中に埋め込んだICタグとの通信性調査

コンクリートの表面から50 mm以上の深部にICタグが位置するケースも想定されるため、どの程度の深さまで通信可能かどうかを解明しておく必要がある。

7. あとがき

平成20年6月に発覚したコンクリートの偽装事件はとても稀なケースであるが、コンクリートのトレーサビリティについて真剣に考えなければならない時期に至ったように感じる。

近年の先端技術の一つであるICタグと古くから建設に使用されてきたコンクリートという興味深い組み合わせであるが、生コンクリート製造業界と協力して偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化に役立つ技術の開発に尽力していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 杉山 央, 大久保孝昭ほか: コンクリート中に埋め込んだ各種ICタグの通信性に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 日本建築学会, 第15巻, 第29号, pp.9~14, 2009.2

(2010年3月9日受付)

【筆者紹介】



杉山 央 (すぎやま ひさし)
国土交通省国土技術政策総合研究所
住宅研究部住宅生産研究室
室長



大久保 孝昭 (おおくぼ たかあき)
広島大学大学院 工学研究科
社会環境システム専攻
教授