

建築生産における IC タグの活用

— コンクリートのトレーサビリティ確保技術の高度化に向けて —

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
杉山 央

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。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、建築現場に納入される。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築材料といえる。

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。

※ “トレーサビリティ” は追跡可能性などと訳され、「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を証明することができる」ことを意味する。

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／ライタ）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** に示すようにラベル型、カード型、コイン型、スティック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。

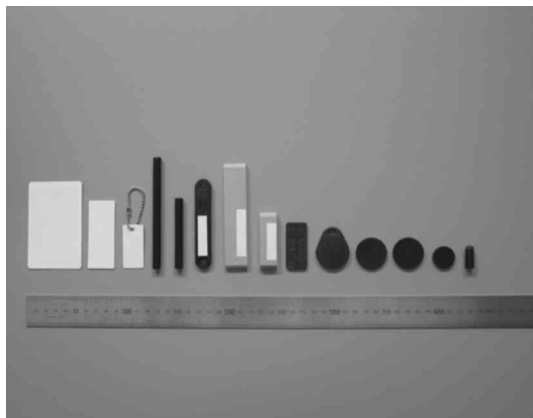


写真1 各種 IC タグ



写真2 ハンディ型リーダ/ライタ

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、135kHz 以下、2.45GHz および UHF 帯 (860~960MHz) 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 952~954MHz 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/ライタ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/ライタ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

表1 IC タグの周波数帯別の特徴

	135kHz 以下	HF 帯 (13.56MHz)	UHF 帯 (952~954MHz)	2.45GHz
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	~10cm	~30cm	~5 m	~1 m
通信速度	非常に遅い	遅い	速い	速い
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、通信距離はアンテナの大きさ、リーダ/ライタの出力等によっても異なる。

*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。

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／ライタには据置型、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／ライタを示す。

3 IC タグをコンクリートに埋め込む

一般にICタグは接着剤、ビス等を用いて取り付けますが、コンクリートでは硬化前にICタグを内部に埋め込むという方法も考えられる。この方法では、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。ICタグをコンクリート中に埋め込んでも通信、すなわち情報の読み書きが可能かどうかについては、写真3に示すようにすで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タグを埋め込んだ基礎研究を実施している^{1),2)}。その結果、コンクリート中のICタグは空気中よりも通信距離は短くなるが、情報の読み書きは可能であることが明らかになった。特にUHF帯のICタグおよびリーダ／ライタを使用した場合には、ICタグをコンクリート

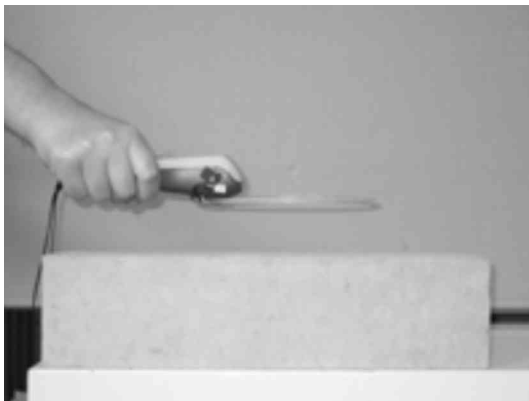


写真3 コンクリート試験体中に埋め込んだICタグの通信距離の測定状況

中の深さ50mmの位置に埋め込んでも1,000mm以上の通信可能距離が得られた（小型試験体のため、埋め込み深さ50mm以上の実験は未実施）。

しかし、埋め込まれたICタグがコンクリートの耐久性等に悪影響を及ぼさないか、コンクリート中のどの程度の深さまで埋め込んでも通信可能か等については解明されていない部分が多く、今後詳細に検討する必要がある。

4 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タグを製造過程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。

- ① 一度コンクリート中に入れたICタグを取り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やコンクリ

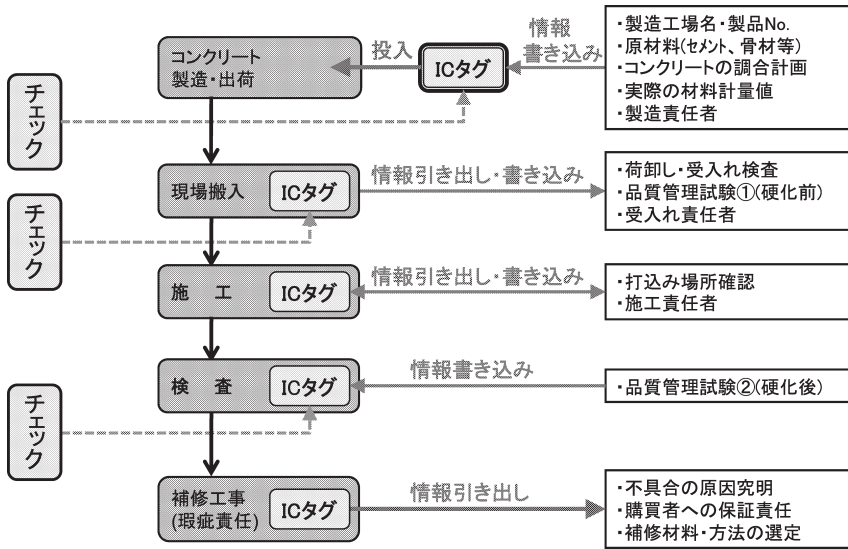


図1 ICタグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステムの例

ート強度管理用供試体にマーキングの代わりとしてICタグを埋め込む(貼り付ける)という試みは行われているが、上記のように製造中の製品そのものに履歴情報を記録したICタグを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、コンクリート製造中や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)などの問題が予想される。このため、コンクリート荷卸し時に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はもちろんのこと、コンクリートの価格にICタグの価格が上乘せされることになる。1㎡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。

い。前記のように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る。私見であるが、新築住宅の瑕疵担保責任期間である10年後までICタグが利用できれば、とりえず大きな役割は果たせるものと考えられる。

5 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、国土交通省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。共同研究を推進するための委員会が組織され，委員長には大久保孝昭教授（広島大学大学院 工学研究科 社会環境システム専攻）が就任した。共同研究では次の項目を検討対象としている。

I 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／ライターへの要求性能）
- (3) 記録情報の保存性

II 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）
- (4) 記録情報をチェックする仕組みの検討

III 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

IC タグについては，通信に使用する周波数や形状のほかに，データ記憶領域の大小による別もある。データ記憶領域が大きければ，IC タグ内のチップそのものに情報を記録・保存できる。データ記憶領域が小さければ，IC タグには製造番号のような固有の番号を付しておき，情報は別途サーバー等から引き出すことになる。それに応じてトレーサビリティシステムも変わってくるが，共同研究では様々な可能性を検討する方向である。

また，トレーサビリティシステムの有用性を現場で検証するため，実際の生コン製造設備を使って，製造，出荷，荷卸し等を行うフィールド実験を予定している。フィールド実験は施工過程まで幅を広げる計画もあり，今後ゼネコンへの協力要請を進める方向である。

6 あとがき

我が国のほとんどの生コン工場では徹底した製造管理のもと，品質の高いコンクリートを製造し，出荷しているのが実情である。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稀なケースである。しかし，コンクリートは使用する原材料，調合設計，計量，品質管理等を欺いても見破るのが難しい建築材料であるという問題を再認識させられる出来事であった。また，一度でもこのような事件が発生すると，すべてのコンクリートに対する信頼が低下してしまうのも事実である。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段階に至ったように感じる。

近年の先端技術の一つである IC タグと古くから建築に使用されてきたコンクリートという対照的な組み合わせであり，しかも製品であるコンクリート自体に保証書の役割も兼ねて IC タグを埋め込むという斬新な技術の実現を目指した共同研究プロジェクトがスタートした。コンクリートの製造・施工・品質管理の合理化や偽装防止対策に役立つことを期待したい。

（参考文献）

- 1) 杉山 央，大久保孝昭，中島史郎：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
- 2) 杉山 央：コンクリート中に埋め込んだ各種 IC タグの通信性調査，セメント・コンクリート，セメント協会，No.749，pp.18～27，2009.7