

D-013

土木構造物に埋め込まれた RFID タグを用いたデータ管理システム

Data Management System with RFID Tags Embedded in Concrete Modules

清水 彰浩†
Akihiro Shimizu原田 史子†
Humiko Harada島川 博光†
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年さまざまなものが RFID タグによって管理できるようになってきた。そのひとつの試みとして、コンクリートを透過する長波 (134.2kHz) を周波数とする RFID タグをコンクリート製材料部品に埋め込むことが行われている。これら材料部品から構成される土木構造物の保守管理が実現すれば、地震などの災害時に土木構造物の点検、破損時の復旧対策が迅速にとれるからである。しかしながら現在提案されている RFID 管理手法[1][2]では土木構造物は管理することができない。なぜなら破損時には土木構造物には切れるなどのバースト的な傷が入ることが多いので、埋め込まれた RFID タグが破壊されるおそれがあるからである。また、現在の構造物の管理は主にデータベースで管理されており、現場での対応は通信端末を使いデータベースにアクセスし構造物の情報を得る。しかしながら通信が行えない状況やデータベースが破損した場合迅速な対応が行えなくなってしまう。そのため本研究では構造物に冗長性をもたせて RFID タグを埋め込み、それらのタグに情報を記録し、現場での迅速な対応を行えるようなシステムを提案する。

2. 構造物管理の現状

2.1 現在の構造物管理

現在の構造物の防災対策では、擁壁や橋梁の耐震対策等、個別の構造物に対して耐震性能の向上が図られてきている。構造物に求められる性能は、例えば道路の場合、人や車両の通行を確保することであると考えると、道路のたとえ一箇所のみでも構造物が破壊して車両の通行が困難となる状況では、道路の機能は確保されないこととなる。したがって、構造物の維持管理においては、災害発生時に、個々の構造物の健全度を把握する必要があり、同時に構造物の使用上の機能を確保しているかどうかを速やかに調査して状況を把握し、構造物管理上適切な判断することが重要である。

2.2 求められる管理手法

災害時などに参照すべきデータは近年データベースに保管されており、データベースにアクセス出来れば情報を引き出すことができる。しかしながらデータベースにアクセスできる携帯端末を持っていたとしても、通信回線がとぎれたり、データベースが破壊してしまうと、判定をするための情報が得られなくなってしまう。それでは現場での迅速な対応がとれず、復旧作業に時間がかかってしまうことが考えられる。すなわち、いかなる場合でも現場で必要なデータを入手できるシステムが必要となる。

3. 構造物の情報記憶

3.1 トランスポンダによる記録

現場で情報を得る手法として、本研究では構造物自身に情報を記憶させ、その場で情報を得る方法を提案する。構造物に情報を記憶させるためにコンクリートを透過してデータの読み書きが行える 134.2kHz 帯の RFID システム [3]を用いる。本システムのタグはトランスポンダと呼ばれ 16 バイトのデータを読み書きでき、金属以外の物質を透過し最大で 2メートルの読み取り距離を持っている。トランスポンダを構造物建設時に埋め込み、それに情報を読み書きすることにより、あたかも構造物自身に情報を登録できるようなシステムが構築できる。

構造物は複数の部品によって構成されると考えており、また、部品ごとに製造条件が異なる場合も存在するため、部品単位での情報の登録を行う。ひとつのトランスポンダの容量が 16 バイトと少ないため複数のトランスポンダをひとつの部品に埋め込み、登録できる容量を増やす。構造物全体の情報はいずれかの部品のトランスポンダに書き込めばよいため、書き込まれる情報はすべてのトランスポンダに書き込む情報、いずれかの部品のトランスポンダに書き込む情報、部品ごとに記憶させる情報の 3 パターンに分けられる。それらのパターンと登録すべき情報を表 1 に示す。また、トランスポンダには少量のデータしか保存できないため、異常点検時のデータなどは判定を数段階に分け、それらの段階や、不可、可のみを保存し、残りの情報は本システムのデータベースから引き出す。

表 1: トランスポンダに登録させる情報

すべてのトランスポンダに書き込む情報	・タグID ・構造物ID ・部品ID
いずれかの部品に書き込む情報	・構造物の種類 ・設計基準書 ・設計者 ・施工者 ・竣工年月 ・最も近い検査日 ・検査種目 ・異常点検時に緊急判定を行える情報
部品ごとに記憶させる情報	・補修、補強年月 ・部品の製造条件 ・建設条件

3.2 ツリー構造を利用した記録手法

いくつかのトランスポンダが破損してもできるだけ情報を読み出せるように、ツリー構造を用いてデータを記憶する手法を提案する。本システムのツリーの各ノードは必ず 4 つの子ノードをもち 4 階層からなる。すなわちノードの総数は 85 個となる。基本的にはひとつのノードに 1 カテゴリーの情報を格納するが、ひとつに入りきらない場合は複数にまたがって格納させる。ここでひとつのトランスポンダが破損した場合でも情報を引き出せるようにするため、情報を分割し、コピーを子ノードに分配する。

† 立命館大学理工学研究科

元となる情報を4分割し、自身の4つの子ノードにコピーを作る。さらにそのコピーも4つに分割し、次の子ノードにコピーを作成する。2段階の複製により、補完機能の高いものとなる。一番最下層と、その一つ上の層はコピーの数が少ないため、重要度の低い情報を書き込む。逆に重要な情報ほど根に近いノードで記録させ、情報の信頼性をあげる。図1にツリーの例を示す。図においてアルファベットは情報の識別子であり、数字は情報を分割した場合の分割内での識別子である。また読み取り時のエラーに備え一部のビットをエラーチェック用のデータに当てる。表2にひとつのトランスポンダに記録させる情報と、その容量を示す。

例えば図1のID2のデータが読み取れなかったり、トランスポンダが破損した状況を考える。情報Bのノードは失われるが、ID6~ID9に分割された情報Bのデータがコピーされているため、それらを復元することにより情報Bを得ることができる。また同時にID1のトランスポンダが破損した場合はID3~ID5のデータと、ID6~ID9のデータを組み合わせて復元することにより情報Aを得ることができる。すなわちいくつかトランスポンダが破損したとしても、重要な情報は引き出すことが可能である。

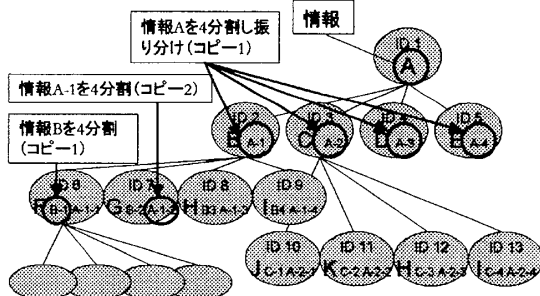


図1：ツリー構造解説

表2：記録内容と容量

書き込む内容	容量
タグID	1バイト
構造物ID	2バイト
部品ID	2バイト
構造物情報	8バイト
コピー-1	2バイト
コピー-2	0.5バイト
エラーチェック	0.5バイト

3.3 3次元表示システム

記録している情報を読み取るさいは、3次元表示システムを使い視覚的分かりやすく明示する。3次元表示は小さな四角いキューブを単位として使い、そのキューブの組み合わせで構造物を表現する。図2にイメージを示す。3次元表示で任意のキューブを選択するとその場所の情報が情報表示欄に表示される。情報はデータベースに保管されており、そこから選択された情報を読み出す。構造物が欠落し近づけない状態の場合などデータベースを経由するが安全にデータを取り出せる。任意のキューブを選択することにより、そのキューブの製造条件や、成分、過去の定期点検のデータなどが表示されるため、破

損時の状況と照らし合わせ、原因の究明を手助けすることが出来る。

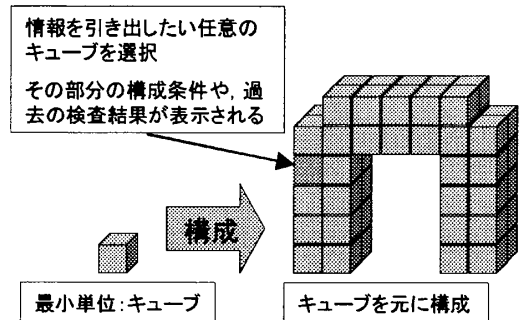


図2：三次元表示システム

4. 現場での使用方法

構造物建設時にトランスポンダを埋込み、そのさいに、初期登録に必要なID、設計図等を記録する。定期検査時はシステムに検査結果を入力し、構造物に埋め込まれたトランスポンダにリーダをかざすことによりデータを更新していく。実際に災害が発生した場合は、リーダを用い災害箇所の情報を読み取る。災害箇所が危険で近づけない場合には三次元表示システムを用い災害箇所のデータを特定する。

構造物から情報を得ることにより、その構造物の危険度判定基準などが読み取れるため、それを元に復旧や通行規制などに対応することができる。また、構造物の構成条件や、設計図などを読み取れるため、現場での瞬時の判断で応急処置を行うことを可能にする。さらに三次元表示システムにより蓄積されたデータを時系列で一覧表示することができるので、それらの情報から今後の対策に役立てることが出来る。

5. おわりに

本稿では134.2kHz帯RFIDシステムを構造物に埋め込み、それに情報を記録し、現場での的確な対応を支援する手法を提案した。本手法を用いることにより、災害時などの緊急時に現場で構造物に埋め込まれたRFIDから情報を取り出すことができ、構造物のデータベースにアクセスできない場合や、それが壊れてしまった時でも対応できる。これにより、現場での迅速な対応が行え、応急処置や復旧作業に役立てることが出来る。また本システムのツリーを用いた記録手法により、いくつかのRFIDが破損した場合でも情報を復元することができ、信頼度の高い情報管理が行える。今後はデータの記録手法をさらに工夫し、より多くの情報を構造物に格納し引き出せる手法について検討する予定である

参考文献

[1] 秋本 誠：ICタグ技術を活用したパソコン資産管理システム、東芝レビュー、Vol.60, No2, pp.74-77
 [2] 池田 大輔：高性能RFIDリーダ付き書架の性能評価と新たな図書館サービスの提案、デジタル図書館、Vol29, pp15-26
 [3] <http://www.tij.co.jp/rfid/products/transponders/index.htm>