

施工管理への電子タグとプロダクトモデルの 適用に関する検討

室蘭工業大学 矢吹 信喜*¹
 室蘭工業大学大学院 ○志谷 倫章*²
 " 植田 国彦*³
 " 小谷 隼*³

Nobuyoshi Yabuki, Tomoaki Shitani, Kunihiko Ueta, Jun Kotani

土木構造物の建設及び維持管理においては、設計・施工に関する情報及び各種点検データを残し、必要な時に即座に引き出せるようにすることが望ましいが、実際は困難である。その一因は、現場の部材そのものと情報との間で関連付けを行うことが難しいからだと考えられる。我々は、電子タグを現場の部材に取付け、部材に関する基本情報や点検データを蓄え、PDA やパソコンによりデータの読書きが出来るシステムを開発している。また、異なるアプリケーションシステム間で構造物のデータの相互運用を可能にするために、3次元プロダクトモデルを、IFC に基づいて、PC 中空床版橋を対象として開発している。そこで、本研究では、施工中の鉄筋やパイプ等、コンクリートの中に埋め込まれる部材の長期にわたる品質管理を見据えながら、電子タグとプロダクトモデルを統合化したモデルを開発し、簡単な RC 構造物を適用可能な事例として示した。

【キーワード】施工管理, RFID, 電子タグ, IC タグ, プロダクトモデル, CALS/EC

1. はじめに

土木構造物を、長期間安全かつ経済的に供用・利用するためには、建設過程および完成後の点検や補修・更新に関する記録をきちんと残しておき、必要な時に直ぐに引き出せるようにする必要がある。これまでに各種構造物のデータベースが開発されたが、現場において効果的に運用されている例は少ない。それは、現場の特定の部材や機器のデータにアクセスするための、データと現場の部材そのものとを関連付ける有効なデバイスがほとんどないことが一因だと考えられる。製造業や流通では、バーコードやシリアル番号が利用されているが、建設分野では、パイプや鉄筋等の部材は、コンクリートや土の中に埋められるため、維持管理での利用を考えると不適である。

そこで、我々は電子タグ¹⁾(RFID:Radio Frequency

Identification, IC タグ)を部材に取り付け、ID 番号のみならず、点検データや注意事項等を電子的に蓄え、必要な時に即座に現場において取り出せるシステムの開発を行っている。

一方、構造物の形状や属性データを特定の CAD システムに依存することなく蓄えるためには、標準化されたデータモデルであるプロダクトモデルを定義する必要があることから、我々は、土木構造物のプロダクトモデルの開発を実施している。

そこで、本研究では、構造物のデータを一元的に管理するとともに、現場で必要なデータに容易にアクセスできるようにし、また、長期間にわたって、構造物や各部材の履歴を記録しながら、管理することを目指して、電子タグとプロダクトモデルとを統合化したモデルを開発することとした。

* 1 工学部建設システム工学科 TEL: 0143-46-5219

* 2 工学研究科建設工学専攻

* 3 工学研究科建設システム工学専攻

2. 電子タグシステム

データ等の情報を電子的に記憶させたボタン状のものや小型のカード等は、電子式データキャリアと呼ばれ、データの読取・書込時に装置と非接触的に行う「非接触型」のデータキャリアは、一般に電子タグあるいはRFIDシステムと呼ばれる。リーダライタと電子タグとの間のデータ交換は電磁界を用いて行われる。電子タグは、データ容量が通常 240 Byte 程度と小さいが、電池が不要で、耐久性が高く、コンクリートの中に埋め込むことが可能であることから、土木分野に向いていると考えられる。

電子タグシステムは、電子タグ、リーダライタ及びパソコンで構成されている。図-1に電子タグシステムの外観を示す。携行する携帯コンピュータとしては、図-2に示すように、小型のリーダライタを PDA (Personal Digital Assistants) のコンパクトフラッシュスロットに直接挿入したものもある。

3. 電子タグの建設現場への応用

電子タグが最も利用されている分野は、流通である。今後、電子タグの市場規模が大きくなり、価格が下がることにより、ほとんど全ての建設資材の商品に電子タグが付けられ、現場での資材受渡し際の確認等に有効に利用されるようになる。また、建設作業員一人一人に電子タグを付けることにより、トンネル坑内への進入と退出管理や事故時の個人情報の取得による素早い対応等、様々な利用方法が考えられる。

電子タグの現場の点検業務への活用については、ID 機能、トリガー機能、及び簡易データ保管機能等が考えられる。

- ID 機能は、電子タグに記憶されている ID 番号と読取機器内のインデックス機能により、電子タグが設置されている場所や関連付けられている部材や設備等を判別するのに使用される。これにより、

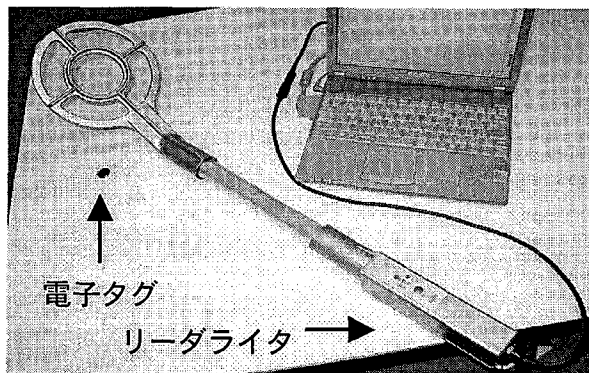


図-1 電子タグ及びリーダライタ

GIS (地理情報システム) や 3 次元 CAD システム等と組合せて、作業ルート等の巡視ナビゲーションやデジタルカメラによる現場写真の管理業務効率化等が図れると考えられる。

- トリガー機能は、電子タグの ID 番号や格納データを読取ると同時に、計算、図化、音声注意喚起、作業手順プログラム等を起動させるのに使用される。
- 簡易データ保管機能は、前回の計測データや管理基準値等のデータや点検上のアドバイスなどの簡単なナレッジを記憶させるのに使用される。

4. プロダクトモデル

各種構造物や製品のライフサイクルの中で、異なるアプリケーションシステム間において、形状や材料等に関するデータの相互運用を図るために、プロダクトモデルの開発や研究が行われている。プロダクトモデルの開発に関しては、国際標準として ISO10303 の STEP (STandard for the Exchange of Product model data) ²⁾ があり、機械関連分野については、規定化が進んでいる。建築の業界標準としては、IAI (International Alliance for Interoperability) において IFC (Industry Foundation Classes) ³⁾ が策定され、将来は STEP の一部として取り込まれることを目指して、モデルの仕様等が開発されている。これらのモデルは、オブジェクト指向技術に基づいて構築されている。土木分野においては、日本では建設 CALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce) ⁴⁾ の中で、2次元 CAD 図面データの互換運用ができるよう、共通フォーマットが取り決められている。しかし、2次元 CAD データでは、CAD 以外のアプリケーションシステムに渡しても、部材そのもののデータが伝達されないことから、3次元のプロダクトモデルに関する研究や開

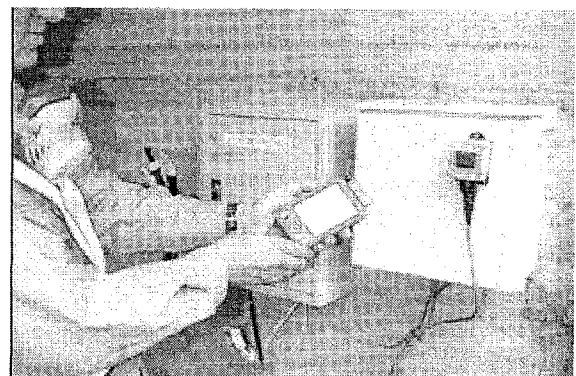


図-2 リーダライタ付き PDA

発が関係各方面で行われるようになった^{5)～8)}。

5. IFC をベースにした RC・PC 土木構造物のプロダクトモデル

我々はこれまでにいくつかのプロダクトモデルの構築を独自の方法で行ってきたが、今後の国際標準を見据え、IFC を基盤として RC および PC 土木構造物のプロダクトモデルを開発することとした。IFC にも似たような部材のモデルはあるが、鉄筋、PC 鋼線、シース、パイプといったコンクリート内部に含まれる部材をオブジェクトとして表現することができなかったことから、必要なクラスを開発した。

我々は、開発したクラスにより、比較的複雑で種々の部材を有し、標準設計があまり適用されない PC 中空床版橋を対象としてプロダクトモデルを構築した⁹⁾。さらに、このモデルの有効性を検証するために、実際の PC 中空床版橋を対象として、プロダクトモデルを中心に、3 次元 CAD システム、設計解析ソフトウェア、鉄筋のかぶりチェックシステムの 3 つの異なるアプリケーションシステムの統合化を行った¹⁰⁾。

6. 電子タグとプロダクトモデルの統合化

本研究では、電子タグを鉄筋や PC ケーブル等の部材や構成要素に貼付け、ID 番号のみならず、開発したプロダクトモデルデータの該当する各部材の属性や設計・施工情報を記憶させることにより、電子タグとプロダクトモデルとを統合化したモデルを開発した(図-3)。電子タグは、非接触でデータの読み書きが可能であり、電磁波はコンクリートもある程度の厚さならば通過できるため、鉄筋や PC ケーブル等に貼り付けた電子タグのデータは読み書きすることが可能である。将来、あらゆる部材や構成要素に、製造過程で電子タグが予め取り付けられるようになると予想されるが、そこに記録されるデータは、製品番号、製造会社、製造工場、製造年月日等の製造者側から提供されるものに限られよう。本モデルでは、この電子タグあるいは別に貼り付ける新しい電子タグに、構造物における部材や構成要素としてのデータを記憶させるものである。そのデータとしては、部材としての ID 番号、部材名、部材の位置情報、形状データ、材料情報、その他設計者や施工担当者が残しておきたいと考えた情報等があげられる。

電子タグとプロダクトモデルの情報を統合化するためには、両者間でデータの取捨選択、変換を行うコンバータが必要である。プロダクトモデルデータから

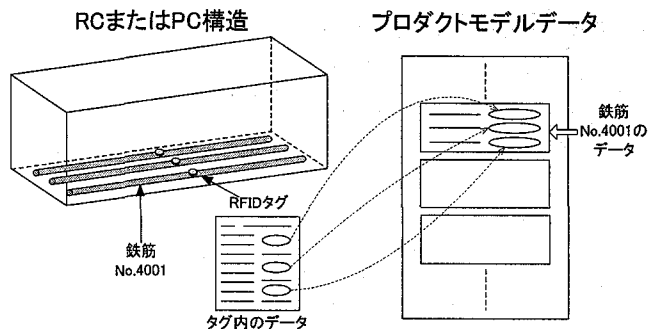


図-3 RFID タグとプロダクトモデルを統合化したモデル

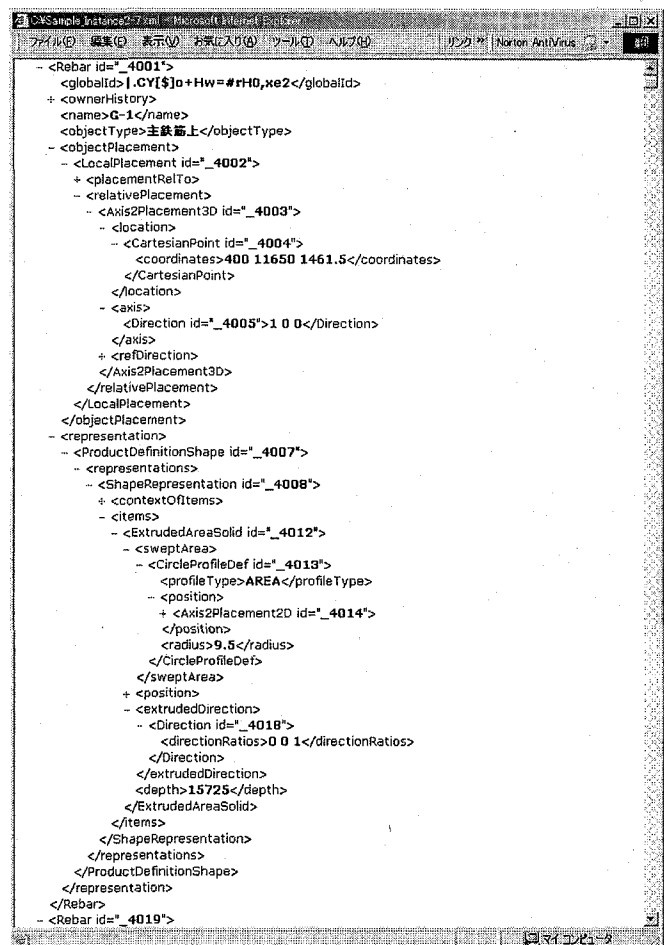


図-4 鉄筋 No.4001 のインスタンスモデルの一部

電子タグへは、ifcXML で記述されているデータをパーサ (Parser) により読取り、必要なデータを別ファイル等に格納してから、電子タグに書き込む。逆の場合も、同様である。

適用事例として、PC 中空床版橋のプロダクトモデルのインスタンスファイルにおけるある鉄筋 (No.4001) に関する部分を図-4 に示す。このデータから

The screenshot shows a software window titled "CIVILMARKER DATA MANAGEMENT SYSTEM v4.10". On the left, a tree view lists "0001 PC中空床版橋", "1001 RFID No.1", and "1002 RFID No.2". The main area displays a table of data for "Rebar id 4001".

項目名	データ
1 Rebar id	4001
2 name	G-1
3	
4 coordinates	400 11650 1461.5
5	
6 radius	9.5
7 depth	15725
8 Direction	1 0 0
9 directionRatios	0 0 1
10	
11 SteelStandard	S0845
12 NominalName	D16
13 EmbedmentLength	
14 Joint	
15	

At the bottom, the date "2003/09/20" and the number "202" are visible.

図－５ 鉄筋 No.4001 に取り付けた RFID 内のデータ

必要な箇所を読み取り、電子タグに記憶させるファイルを図－５に示す。これにより、施工現場においても、鉄筋が図面通りに配置されているかをチェックすることが出来るし、維持管理の段階においては、内部にどのような鉄筋がどのように配置されているかをデータレベルで確認することが可能となる。

7. おわりに

本論文では、これまでに開発を行ってきた電子タグシステムとプロダクトモデルを統合化させ、建設現場において、各部材の製造データ、設計データや施工情報などを効率的に管理運営する手法を提案し、可能な適用事例を示した。

今後は、実際の施工途中の鉄筋や PC ケーブルに電子タグを貼り付け、プロダクトモデルデータを作成して、統合化の実証試験を実施したいと考えている。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、財団法人日本建設情報総合センターから助成を受けた。ここに深謝の意を表します。

参考文献

- 1) AIM : <http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/>
- 2) ISO10303-1 : Industrial Automation Systems and Integration-Product Data Representation and Exchange, Part 1:Overview and Fundamental Principles, 1994.
- 3) IAI : <http://iaiweb.lbl.gov/>
- 4) 国土交通省 : <http://www.mlit.go.jp/tec/cals/>
- 5) 三上市蔵, 田中成典, 石井由美子, 奥裕子: 鋼道路橋維持管理業務支援のための三次元モデルライブラリシステムの開発, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.129-136, 2001.
- 6) 矢吹信喜, 志谷倫章, 宮島良将, 岸徳光: 統合化された鋼構造接合部の設計システムに関する研究, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.175-184, 2001.
- 7) 矢吹信喜, 古川将也, 加藤佳孝, 横田勉, 小西哲司: プロダクトモデルによる PC 中空床版橋の設計照査と概略積算の統合化, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.213-220, 2001.
- 8) 矢吹信喜, 齊藤大輔: 3次元プロダクトモデルと電子タグによる水圧鉄管の点検情報システム, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.113-120, 2001.
- 9) 矢吹信喜, 志谷倫章: IFC に基づいた PC 中空床版橋の3次元プロダクトモデルの開発, 土木情報システム論文集, Vol.11, pp.35-44, 2002.
- 10) 矢吹信喜, 志谷倫章: プロダクトモデルを用いた包括的設計支援システムの開発, 情報利用技術論文集, Vol.12, 2003. (掲載決定)

An Investigation on Application of RFID System and Product Models to Construction Management

Nobuyoshi Yabuki, Tomoaki Shitani, Kunihiro Ueta, Jun Kotani

Although it is desirable to store and have rapid access to the information of design and construction and inspection data when necessary, it is quite difficult in practice. One of the reasons is the difficulty in relating the member itself at the site and the information. We have been developing and using the RFID tag system, where tags are placed on each member and the information is stored in the tags and can be retrieved by PDA or PC. Moreover, we have been developing a product model for prestressed concrete hollow slab bridges. Therefore, in this research, we proposed an integrated model of the RFID tag system and the product model for improving the long-term quality of internal objects such as reinforcing bars, pipes, etc. A simple application example is illustrated.