

IC タグを用いたセグメントの品質管理システム

皆内 佳奈子 山本 新吾

概 要

トンネル工事で用いるコンクリート製セグメントは、工場で打設後現場に製品として納入され、使用される。近年、IC タグ技術の発展に伴い、建設現場でも IC タグを用いたシステムが注目されている。本稿では、コンクリート製セグメントに IC タグを内蔵して品質管理や維持管理に活用するためのシステムについて報告する。一般的に、IC タグをコンクリート製セグメントに埋設する場合、タグの位置、通信精度、コンクリート強度などに問題が生じる。そこで、コンクリートに埋設してもコンクリート強度に影響がない IC タグを採用し、これをセグメント形成に用いるスペーサーに内蔵することで、これらの問題を解決した。また、IC タグへのデータの読み書きを行うためのシステムを開発し、利用者が使いやすい画面インタフェースを考慮して簡単に操作及びデータ管理ができるようにした。本システムにより、IC タグにセグメントの製造情報や施工情報、トンネルの掘削情報などを書き込み、工事のトレーサビリティが図れる。さらに、セグメントがあるその場でセグメント情報が確認でき、竣工後にもセグメントの維持管理として役立てることができる。

Quality Control System of Concrete Segment using the IC tag

Abstract

Concrete Segments for use in the tunnel construction are cast in a factory and are delivered to the construction site. With recent developments in IC tag technology, construction site systems using IC tags are becoming more common. In this paper, we report about the system to ensure quality control of Concrete Segments using IC tags. However, some problems arise when common ICs are embedded in the Concrete Segment - such as location of the IC tag and communication accuracy between the IC tag and the Reader-Writer and a concrete strength.

So we fix the special tag to a spacer that is used in segment placing. And we developed the system for reading data from the tag and writing data to it. Data contained in the tag include mixing plan of concrete and results of concrete strength test, curing condition, demolded date, excavation information, construction information, etc.. With this system, we can trace the construction by reading information we need from the tag. Additionally, the information is utilized in control of maintenance of the segment after completion of construction.

キーワード: コンクリート製セグメント、IC タグ、
品質管理

§1. はじめに

トンネル工事において、一般的にセグメントと呼ばれる断面が円弧板状のコンクリート部材を筒状に組み立てて施工する。一方、近年 IC(Integrated Circuits)タグ技術の発展により、様々な分野で IC タグによる品質管理や情報提示等が行われるようになってきている。製品についての情報を書き込んだ IC タグを製品に内蔵させ、製品の完成後に外部から IC タグ読み取り機(リーダ)で無線通信を介して情報を読み取ることで、製品の詳細情報の取得や品質管理への活用が可能になる。これによって、従来は 1 個の製品情報を確認する際に、それに関する膨大な書類の中から必要なデータを探して参照するという煩雑な作業が発生していたが、これが簡略化される。また、個々に IC タグが内蔵されるので、参照ミスや書類の紛失などの危険性を低減できる。このことから現在、IC タグを用いたコンクリートの施工情報や品質の管理などが注目されている。しかし、市販されている汎用的な IC タグをコンクリートに埋設する場合、様々な問題が生じる。

本稿では、セグメントの品質管理に IC タグを用いるための手法とセグメント情報を IC タグのリーダライタをセグメントにかざすだけでその場で容易に確認できるように開発した IC タグへのデータ読み書きシステムについて報告する。

§2. セグメントと IC タグ

2.1 コンクリート製セグメント

今回報告するシステムを適用したのは、コンクリート製のセグメントであり、型枠の内部に鉄筋を配置し(写真 1)、その中にコンクリートを打設して形成される(写真 2)。

セグメントはセグメント工場で打設され、工事現場に製品として納品される。そして、現場に納品されたセグメントの寸法やコンクリート強度検査結果、打設日、養生方法などの情報は、報告書で提出される。しかし、どのセグメントを納品するかは、トンネルの掘削状況に応じて変わるため、セグメントの打設日や型番号等と納品順番には規則性がない。そのため、セグメントを組み立てた後に任意のセグメントについて調べようとした場合、膨大な資料の中から該当するセグメントに関するものを探さなければならない。さらに、トンネルによっては 1000 リング以上ものセグメントを有するので、それが何番目のセグメントかを把握することは困難である。

近年、個々のデータを管理して後に容易にそれを閲覧できることから、IC タグを用いたコンクリートのデータ管理システムが開発されている。そこで我々は、セグメントのデータ及び品質、維持の管理に IC タグを用いることにした。

2.2 一般的な IC タグ

IC タグは、一般的に IC チップが樹脂素材によって覆わ



写真 1 コンクリート製セグメントの型枠



写真 2 コンクリート打設後のセグメント(脱型前)

れている。そのため IC タグをそのままコンクリートに埋設すると、異質材料である樹脂を埋め込むことになり、コンクリート強度確保の面で問題が生じる場合がある。また先に述べたように適用するのはコンクリート製セグメントであり、型枠の内部に鉄筋が配置されている。IC タグは、リーダライタと通信する際、電波を伝達して通信する。そのため、IC タグの近傍に鉄筋がある場合は、導電体からなる鉄筋によって電波が阻害され、IC タグとリーダライタの通信が困難、データの読み書きが正確にできない等、誤動作する場合がある。さらに、打設するコンクリートの中に直接埋めた場合、打設中に流動するコンクリートと共に IC タグが型枠内で移動してしまう。そのため、セグメントの形成後では IC タグの位置をセグメント表面から一意に定めることができず、リーダライタによる IC タグの情報の読み書きが困難になる。

これを解決するために、コンクリート製セグメントに後付する部品に IC タグを内蔵して管理するシステムが開発されている。しかしこの手法では、タグの取り付け作業がセグメントを現場で組み立てた後になるため、部品をつけるセグメントを間違えてしまう可能性があった。

そこで本システムでは、コンクリート製セグメント本体において、IC タグの位置をセグメント表面から一意に特定できて IC タグとの通信を確実にし、コンクリート強度も低下しないセグメントとそれに伴うシステムを開発した。

2.3 IC タグによるセグメント管理

本システムで用いる IC タグ^{*1}は、コンクリートに埋設した

¹ 株式会社相武生コン製1)

場合でも通信可能であり、さらにICタグ内のデータを暗号化できるので、安全性が高い。また、ICタグのコーティングにはコンクリートを接着する用途にも利用される素材が採用されているので、コンクリートに埋設した場合でもコンクリートの品質に影響がない。形状は 17mm×17mm×17mm であり、ICタグの通信距離は、80mm～130mm²である(写真 3)。写真 4 に専用のリーダライタを示す。

コンクリート製セグメントの鉄筋には、スペーサーと呼ばれる型枠内の鉄筋を保持する器具が用いられる(図 1、写真 5)。スペーサーはセグメントの内周面に所定間隔で埋設される。IC タグをスペーサーのベースに埋め込むことで、セグメント内で IC タグと鉄筋の間に隔たりができ、非接触の状態を作ることが可能になる。これにより、鉄筋の影響による IC タグの通信時の障害発生を回避できる。また、スペーサーの位置は一意に定められるので、セグメント製造後も IC タグの位置は容易に検知できる。以上のことから、本 IC タグをスペーサーに埋設することで、セグメント本体にコンクリート強度を低下させることなく、また鉄筋とも電波干渉せず



写真 3 相武生コン製 IC タグ



写真 4 IC タグのリーダライター

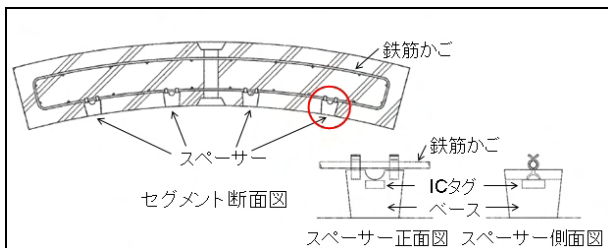


図 1 セグメントとスペーサー



写真 5 IC タグを埋め込んだスペーサー

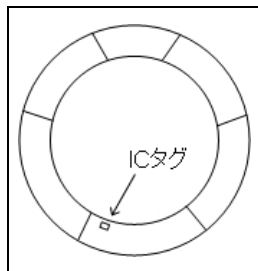


図 2 セグメント1リングの断面イメージ

に容易にその位置を特定できる IC タグを内蔵することを可能にした。本システムを適用する現場で用いるセグメントは、7 ピースで 1 リングを構成しているが、個々のピースは同じ条件の下施工管理されているとし、7 ピースのうち特定の 1 ピース中のスペーサー1 個を IC タグ 内蔵スペーサーにした(図 2)。

§3. セグメント品質管理システム

本システムは、セグメントに内蔵した IC タグに対してデータの読み書きを行う際に用いる『セグメント品質管理システム』と、そのシステム用にデータを変換する『データ作成アプリケーション』の 2 つのソフトから構成される。

3.1 データ作成アプリケーション

従来、セグメント工場では形成された個々のセグメントにおける設計データや試験結果、管理データ等をそれぞれ異なる独自フォーマットで管理していた。そのため、セグメント品質管理システムにそれらのデータを適用するためには、対応するフォーマットへの変換が必要である。そこで、工場で管理している 7 種類のデータファイルを指定形式に変換するためのデータ作成アプリケーションを作成した。工場では、このアプリケーションでデータを専用ファイルに変換することで、新たに書類を作成する必要もこれまでの管理方法を変えることもなく、IC タグに書き込む製作管理情報を得ることができる(図 3)。



図 3 データ作成アプリケーション画面イメージ

3.2 セグメント品質管理システム

セグメントに内蔵されている IC タグへは、専用のリーダライターで通信を行い、データの読み書きを行う。その際、読み書きするデータは、PC から選択して操作する。工場や工事現場での利用を考慮してタブレット PC (OS: windows 7) を使用し、リーダライターと PC との通信は Bluetooth で行う(図 4)。

²現在、通信距離 180mm の IC タグも開発済

表 1 利用者別利用可能機能

利用者	読み書き可能項目および利用可能メニュー
セグメント工場	配合計画書・製造管理情報
現場	配合計画書・製造管理情報、受入れ検査、リング情報、施工情報、出来形情報、メンテナンス情報
メンテナンス者 (現場、施主、管理会社等)	配合計画書・製造管理情報、受入れ検査、リング情報、施工情報、出来形情報、メンテナンス情報
システム管理者	配合計画書・製造管理情報、受入れ検査、リング情報、施工情報、出来形情報、メンテナンス情報、ユーザ設定、履歴管理

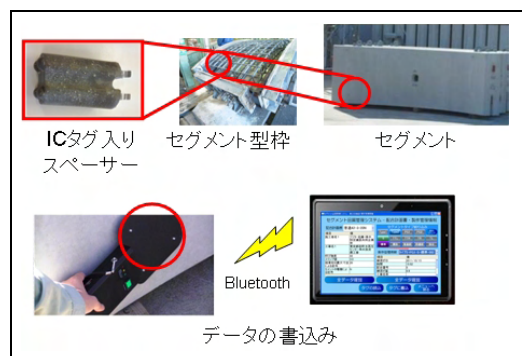


図 4 IC タグによるセグメントの品質管理

本システムの利用場面は、セグメント工場でのセグメントの搬出時、工事現場でのセグメントの受入れ時、施工時、施工後に行うメンテナンス時等に分かれる。本システムはIDとパスワードで管理でき、表 1 に示す 4 種類の権限が設定できるので、第三者によって IC タグの中身が書き換えられることはない。

図 5 はセグメント品質管理システムのメニュー画面である。6 個のメニューがあり、画面上の対象メニューをタップして操作を進める。全ての画面において、ユーザが直感的に操作できるようなインタフェースを考慮してデザインした。共通操作として、IC タグが埋設されている部分にリーダライターを近づけ、『タグに書込』ボタンをタップすると IC タグにデータが書き込まれ、『タグの読込』ボタ

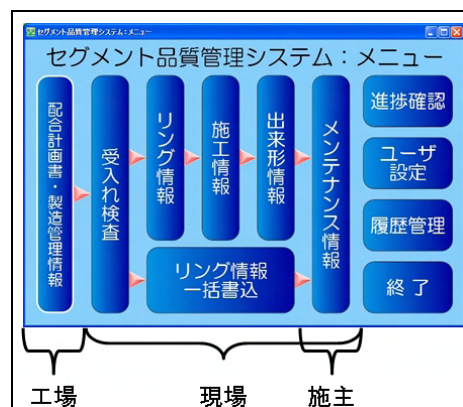


図 5 セグメント品質管理システム(メニュー画面)

ンをタップすると IC タグに書き込まれているデータをソフト上に表示する。各メニューで書き込むデータの一例を表 2 に示し、各メニューについて次で簡単に説明する。

【配合計画・製作管理情報】

まず、セグメント工場でセグメント搬出日にコンクリートの配合計画やセグメントの製作、管理などに関するデータを IC タグに書き込む。

図 6 に IC タグへの配合計画と製作管理情報の読み書き操作画面を示す。対象とするセグメントの配合計画書と製作管理情報を一覧から選択すると、それぞれの内容の一部

表 2 IC タグに書き込むデータ

書き込み内容	詳細項目
配合計画	工事名、施工会社情報、製造工場情報、コンクリートの配合設計、管理値等
製造管理情報	コンクリート強度試験結果、打設日、養生データ、脱型日、天気、寸法等
受入れ情報	受入日、受入検査結果
リング情報	組立て時のリング No.
施工情報	リング No..、掘進開始・終了日、掘進開始・終了時間、切羽水圧
出来形情報	真円度(上下)、真円度(左右)、蛇行量(上下)、蛇行量(左右)
メンテナンス情報	検査日、検査主体、検査者、フリーテキストメモ

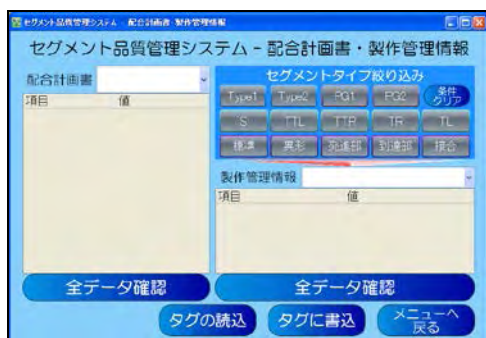


図 6 配合計画・製作管理情報の読み書き操作画面



図 7 配合計画の詳細



図 8 出荷時のデータ書き込み

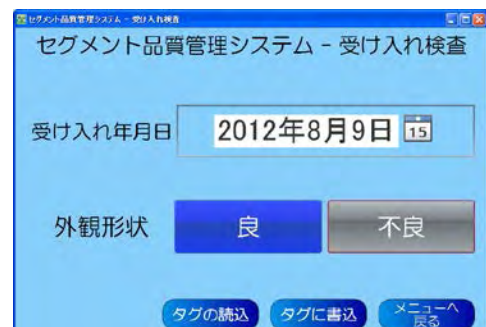


図 9 受入れ検査の操作画面

が画面上に表示される。『全データ確認』ボタンをタップすると配合計画書あるいは製作管理情報の全データを参照することができる(図 7)。今回本システムを適用した現場では、1000 リング以上のセグメントを使用し、セグメントの種類によって複数パターンに分けられる。そのため、一覧から任意のセグメントについて探すだけでも時間を要してしまうため、絞り込み機能をつけて、操作を容易にしている。

IC タグに書き込むデータを選択した後に、『タグに書き込』ボタンをタップすると、図 8 のような出荷日と天気、気温を入力する画面が表示される。これは、配合計画書や製作管理情報のデータは予め分かっているデータなので、変換ソフトで作成したファイルから参照可能だが、出荷時の情報はその場で入力する必要があるためである。

これにより、IC タグには工場出荷時点でセグメントの配合計画と製作管理情報が書き込まれているので、工事現場ではセグメント情報を容易に確認することができる。

【受入れ検査】

工事現場にてセグメント納品後、受入れ年月日とセグメント外観形状の検査結果を選択し、IC タグにそれらを書き込む(図 9)。受け入年月日は、カレンダーを表示して日付を選択することで入力できる。

【リング情報・施工情報・出来形情報】

ここで書き込むデータは、セグメントの組立て後の計測データである。リング情報では、対象のセグメントが何番

目に組み立てたものかを示すリング No.を書き込む(図 10)。リング No.をタップすると、テンキーが表示されるので、そこから容易に入力できる。次の施工情報では、あるリング No.のセグメントを組み立てるための施工情報の掘進開始日時や終了日時、切羽水圧を書き込む(図 11)。そして出来形情報では、セグメントの出来形情報の真円度と蛇行量を書き込む(図 12)。施工情報と出来形情報の計測データを書き込む際に必要なデータファイルは予め PC に入れておく必要がある。

以上の 3 ステップに関しては、作業の省力化の為に一括で書き込む機能を設けている(図 13)。

【メンテナンス情報】

施工後や施主へ引き渡した後、個々のセグメントのメンテナンス情報を IC タグに書き込ことで、維持管理に役立てることができる(図 14)。メンテナンス情報は、4 回分書き込めるようにしているので、メンテナンス状況のトレースにも役立つ。

以上のメニュー操作を行うことで、セグメントに内蔵した IC タグにコンクリート情報から管理値、寸法、計測データ等が書き込まれるので、セグメントの品質管理およびトレーサビリティが図れる。また、従来は個々のセグメントについての膨大な資料の中から対象のデータを探し、参照していたが、本システムによって、セグメントにリーダライターをかざして

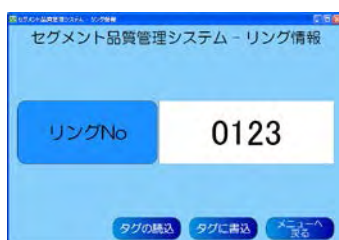


図 10 リンク番号の操作画面

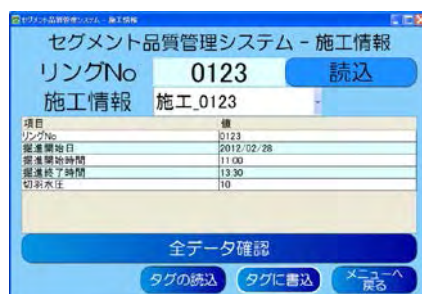


図 11 施工情報の操作画面

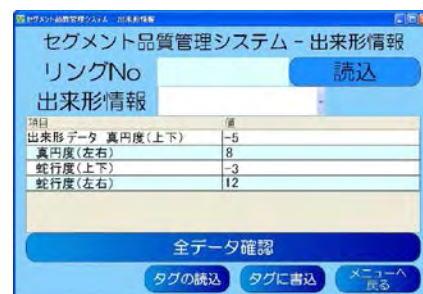


図 12 出来形情報の操作画面

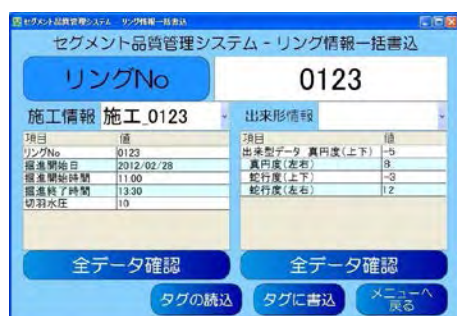


図 13 リンク情報から出来形情報までの一括操作画面

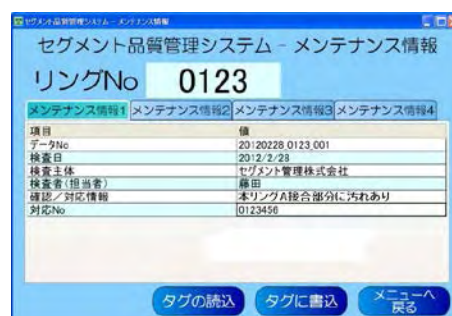


図 14 メンテナンス情報の操作画面

通信するだけで、その場でセグメントの形成から組立て、メンテナンスまでの情報を知ることができるので、確認作業が省力化できる。また、書類の紛失や管理者が変わった場合でもセグメントの品質確認、維持管理が容易にできる。

§4. まとめ

本稿では、IC タグを用いてコンクリート製セグメントの品質管理を行うための手法と IC タグヘデータを読み書きするためのシステムについて報告した。

一般的な IC タグをセグメントに埋設してデータの読み書きをする場合、IC タグの位置や通信精度、コンクリート強度に問題が生じることがあった。そこで、IC タグをスペーサーに埋め込むことで、セグメント内で IC タグと鉄筋の間に隔たりを作り、非接触の状態にした。これにより、鉄筋の影響による IC タグの通信障害を回避することが可能になり、セグメントの製造後も IC タグの位置の検知が容易に可能となった。また、特殊加工を施した IC タグを用いることで、コンクリート強度を低下させることなく、セグメント本体に IC タグを内蔵することを実現した。IC タグへのデータの読み書きを行うシステムを開発し、これまで膨大な量の書類で管理していた情報を個々のセグメントの IC タグに書き込み、管理の省力化、データの信頼性の向上を図った。また、セグメント工場で作成および管理されていた書類形式を変えることなく、そのまま本システムに適用するために、変換ソフトを開発した。

本システムにより、セグメントの品質管理が容易にでき、現場でセグメント情報をすぐに確認できるようになった。ま

た、メンテナンス情報も書き込むことができるので、引渡し後も施主が管理しやすく、個々のセグメントの時系列的な情報を閲覧することもできる。

本システムを適用している現場は、まだ稼働中であり、システムのフォローを続けている。使い勝手やニーズなどをヒアリングし、次に繋がるものを作っていきたい。

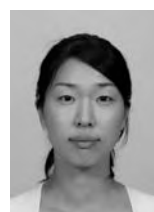
なお、本システムは、工法特許申請中である(2012-126292)。

謝辞

IC タグを用いたセグメント品質管理システムは、石川島建材工業株式会社、関東セグメント株式会社および相武生コン株式会社と共同で開発したものです。本システムの開発において、多大なるご協力をいただいたことをここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 相武生コン:IC タグを活用した生コン品質管理システムの開発, 月刊コンクリートテクノ,
Vol.28, No.11, Page27-29 (2009.11.01).



皆内 佳奈子

ひとこと

現場ニーズを引き出すだけではなく、異なった視点から物事を見て、現場の品質管理、省力化に貢献したい。ユーザに苦手意識を持つことなく利用してもらえるようなシステム作りを心がけたい。