

基礎等地中構造物の損傷検知センサの開発

(財) 鉄道総合技術研究所	正 会 員	○ 田 中 祐 二
同 上	正 会 員	大 村 寛 和
同 上	正 会 員	篠 田 昌 弘

1. はじめに

杭や地中梁等のように地中に構築された構造物材については、その損傷の有無や程度を直接目視することは困難である。筆者らは、このような構造物材の損傷検知を目的として、RF-ID タグ（属性情報を無線により発信可能なタグ）を用いたパッシブ式損傷検知センサを開発した。

2. 地中部材の損傷自己検知システムの開発概要

構造物の基礎は、通常、地中に構築されているため、また、流水部に位置する橋脚では橋脚躯体の下部が水中に没しているため、基礎および橋脚躯体下部の状態を直接目で確かめることは困難である。

また、鉄道に多い構造形式であるラーメン高架橋に関しても橋脚同様、基礎や地中梁、さらに柱下端部が地中にあることから、その状態を目視することが困難といえる。

このような構造物では、地震やその他の異常時外力によって損傷が生じたかどうかを確認するためには、地上部にある構造物を入念に目視し、この結果、地中部に変状が発生しているおそれがあると判断されたものについては非破壊検査が適用されるが、最終的には掘削し、直接目視することが余儀なくされている。

しかし、「掘削し、目視する。」と言っても、列車が往来する時間帯に構造物の基礎を掘削することは安全上制約があり、そのため夜間の僅かな時間帯に行わなければならない、現実的には著しく困難である。

このように直接目視することが困難な土木構造物の検査・診断をサポートすることを目的として、RF-ID タグ（属性情報を非接触により伝送可能なタグ）を有効に活用した「地中部材の損傷自己検知システム」を開発した。

3. システムの設置イメージと利用法

図1に、システムの設置イメージを示す。この図にあるように、損傷検知部（損傷検知センサ）をあらかじめ損傷が生じやすい杭頭部、地中梁、柱基部等に埋め込み、このセンサからリード線を伸ばし、地上部の部位に埋め込んだ RF-ID タグから検査担当者が構造物の情報を非接触で受け取ることとなる。

なお、駅部においては店舗が設けられるため、柱は通常の場合、化粧壁等で覆われるが、開発したシステムはその壁を剥ぎ取ることなく対象構造物の損傷の有無、程度を知ることが可能である。

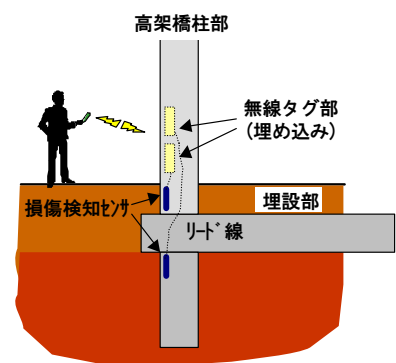


図1 システムの設置イメージ

4. センシングシステムの構成

(1) パッシブ方式の採用

一般的な RF-ID タグは電源（バッテリー）を保有し、これにより微弱無線等による通信距離を伸ばすアクティブタグ方式として構成されているが、今回開発したシステムでは埋め込まれるセンサ、タグにはバッテリー等の電源を保有させず、外部から電磁誘導方式により電源を非接触で送る方式の RF-ID タグを使用して完成させた。これがパッシブ方式と呼ばれるもので、センサ部の電池交換等、構造物のメンテナンスのためのシステムメンテナンスが不要となっている。これにより、RF-ID タグをコンクリートに埋め込んだ状態で、長期に亘って構造物の状況をモニタリングすることが可能となった。

本システムは、損傷検知センサと RF-ID タグ、R/W（リーダライタ）、それと制御およびデータの収集を行う PC（または PDA）により構成されている。RF-ID タグは、先述のとおり電磁誘導方式のパッシブタグを使用している。

(2) センサ部の構造

損傷自己検知センサの検出パラメータは電気的な抵抗値である。これを出力させるため市販の 1 軸ひずみゲージを用い、これと RF-ID タグと組み合わせ、抵抗値の変化からひずみ量の変化をリーダライタから PC へ表示・保存を行う仕組みとしている。システムの基本構成を図2に示す。

センサ部については、ひずみゲージのゲージ長が 1cm 程度のものから長くとも数 cm 程度のものであるため、1

キーワード：センシング、損傷検知、地中構造物、RF-ID タグ

連絡先 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 基礎・土構造研究室 TEL042-573-7262

枚のゲージのみでセンサ部を製作すると、部材に生じた損傷を検知できないおそれがある。そこで、本システムのセンサ部は3枚のゲージで構成させ、あらかじめ損傷が発生しやすい部位に対し直列に3枚貼り付けることにした。なお、RF-IDタグを3チャンネル対応として製作することで1個のタグにより各々の抵抗値、つまり部材のひずみ量が計測可能となった。

(3) データの受け渡し

RF-ID タグ部は、損傷検知センサのインターフェースとして存在するもので、外部より電源供給を受けた時だけひずみゲージの抵抗値を検出し、データを伝送することとなる。

外部では、検査担当者が手にする R/W（リーダライタ）および、R/W の制御を行うためのアプリケーションソフトを搭載した、PC（または PDA）をもち、この R/W をかざすことによって非接触の状態で電磁誘導方式により RF-ID タグを起電させ、抵抗値の検出から収録までを実行させる仕組みとなっている。写真1にモニタリングの様子を示す。

(4) センサの設置

図3は実際の施工時の据付イメージである。センサ部（ステンレスカバーにより耐食性を確保したひずみゲージ）を構造物内の鉄筋に点溶接により貼り付け、さらにコーティング剤で覆い固める。リード線は地上部まで鉄筋に添わせる形で這わせ、RF-ID タグ部と接続させる。これらはコンクリートが打設される前に主鉄筋にしっかりと固定し、設置する。



写真1 モニタリングの様子

5. モニタリングによる検証

紹介したセンサは、現在までに鉄道のラーメン高架橋 10箇所に設置しており、設置から約1年半モニタリングを実施している。図4にモニタリング結果の一例を示す。図の値はひずみの値である。センサの設置以降、建設の進行に伴う梁、スラブ、軌道敷設等段階的な死荷重の増加や気温の影響によるひずみの増減はあるものの、全体的に安定した値となっている事が分かる。以上により、現在まで、正常に作動していることを確認できている。

6. おわりに

実高架橋に設置した本システムは順調に稼働している。今後、機会があればその後の状況を報告していく予定である。また、新たなデータ伝送手法として、リーダライタを用いずに、携帯電話網を用いたデータ伝送手法を検討中である。

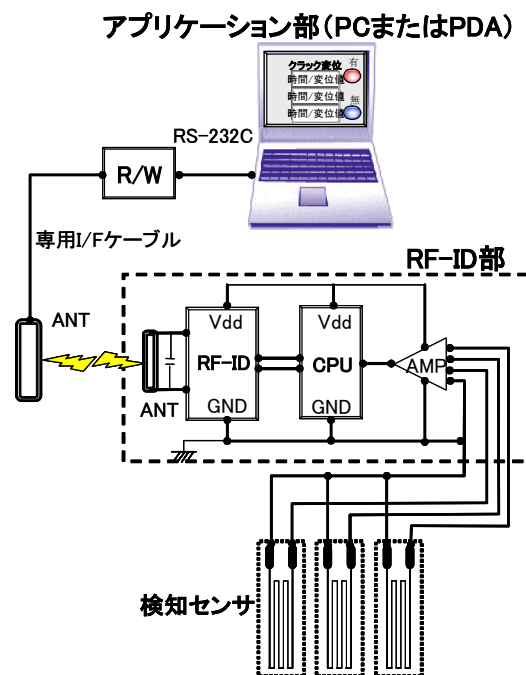


図2 システムの基本構成

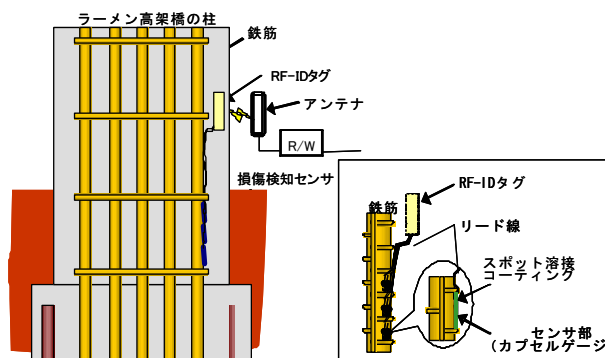


図3 施工時の据付イメージ

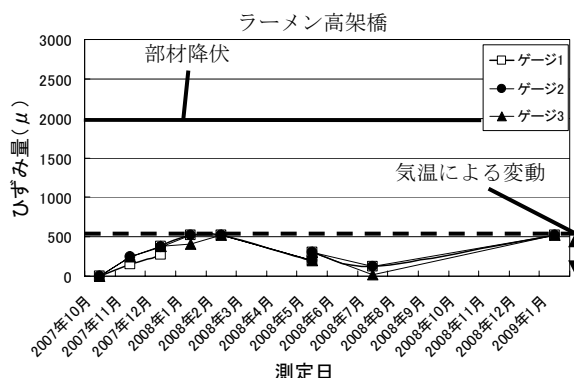


図4 モニタリング結果