

無線によるひずみ計測システムの開発

大成建設株式会社 正会員 ○竹中 計行
立山科学 川崎 洋一 福島 慎吾

1. はじめに

昨今、橋梁等の多くの構造物が老朽化しており、構造物の調査診断技術への期待が高くなっている。施工時や供用時に構造物の変位や変形を把握することは構造物の状態を評価する上では重要な指標となるが、従来の有線計測では配線処理が煩雑で、また無線計測も短距離で高価な製品が多く普及していない。そこで、筆者らは、無線による計測システムを安価で長距離にも対応できることを目標とした技術開発を行ったので、その内容について報告する。

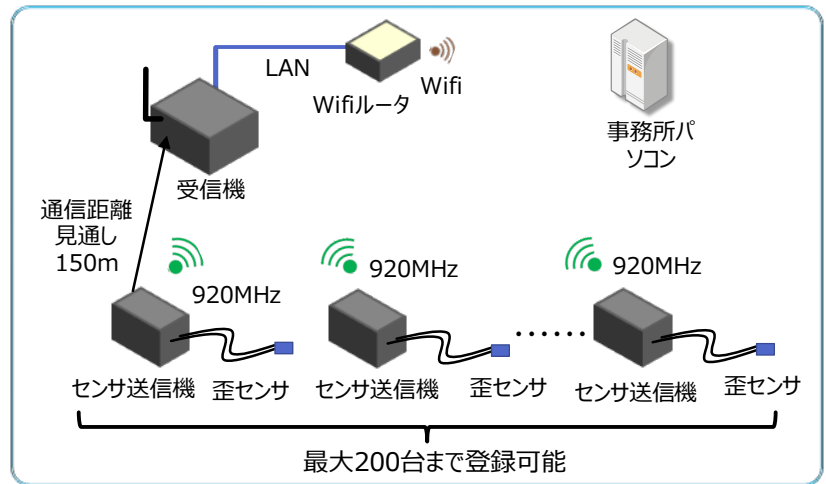


図-1 計測システム

2. 計測システム

無線による計測システム構成を図-1に示す。本システムは、ひずみセンサに送信機を接続し、取得したデータを920MHz特定小電力無線により受信機まで転送するものである。送信機は、歪データをデジタル変換するAFE基板、制御メモリー機能のある中継基板、無線モジュール、リチウム電池から構成される（写真-1参照）。受信機はAC100Vにて動作し、バッテリーロコ等の移動体にも設置可能である。

特徴としては、通信速度が速い920MHz帯の無線規格を使用することで、通信距離が見通し最大150m、送信機最大200台、測定ピッチ50msに対応できる。また、送信機にはリチウム電池を最大5本まで搭載でき、1時間のインターバル計測で最大5年まで駆動できる。

3. 载荷試験

ひずみ計測システムの精度については、曲げ試験と圧縮試験を実施して、鋼材に設置した有線ひずみセンサと無線ひずみセンサのデータ比較することで評価した。曲げ試験は鋼板（B50×H16×L800 SM490）を使用し、2点载荷の純曲げ試験（支点間距離600）とした。圧縮試験は丸鋼（φ50×H100 S55C）を使用し、1点载荷の純圧縮試験とした。ひずみセンサは曲げ試験では純曲げ区間、圧縮試験では試験体中央に設置し、同条件の試験体を3体製作し試験を実施した。曲げ試験の結果を図-2、圧縮試験の結果を図-3に示す。

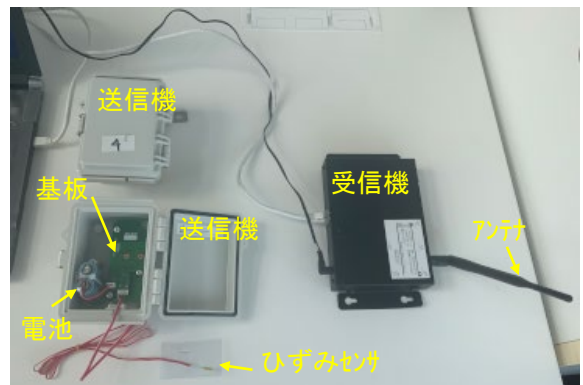


写真-1 送信機と受信機

表-1 計測機器の仕様

適合ブリッジ抵抗	120Ω 350Ω
測定範囲	0～±2000×10 ⁻⁶ ひずみ
分解能	1×10 ⁻⁶ ひずみ
精度	1%FS（±20×10 ⁻⁶ ひずみ）
測定データ	時刻、測定値、電池電圧、温度
測定データ件数	200件
測定間隔	50ms～
電池	リチウム電池 最大5本搭載 参考）20℃ 1h計測 1年/本
消費電力	計測時 43mA スリープ時 0.01mA
使用温湿度範囲	-10～50℃ 85%以下 結露なきこと
送信機外形寸法	B120×H70×D90 350g
無線変調方式	920MHz FSK変調
無線通信距離	150m（見通し最大）

キーワード 無線, センサ, ひずみ, 送信機, 受信機

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター 生産技術開発部 TEL045-814-7229

曲げ試験から無線ひずみセンサは有線ひずみセンサと最大荷重 (1200 μ) までほぼ同じ挙動を示し、直線性も 1% 以下であった。また、圧縮試験も無線ひずみセンサは有線ひずみセンサと最大荷重 (1650 μ) までほぼ同じ挙動を示し、直線性も 0.9% 以下であった。載荷試験から、無線ひずみセンサの計測値は、有線ひずみセンサと同等の精度でデータ取得できることを確認した。

4. 暴露試験

ひずみセンサ及び送信機の耐久性と電池の寿命を確認するために、写真-2 に示すように建屋の屋上にて暴露試験を実施した。試験体は曲げ試験体を利用して行い、試験①ひずみセンサと送信機を直接暴露した状態、試験②ひずみセンサは遮蔽し送信機を暴露した状態 (切梁設置を模擬)、試験③ひずみセンサと送信機をパイプ内に入れた状態 (トンネル内設置を模擬) の 3 ケースとした (写真-2 参照)。暴露試験の結果を図-4 に示す。2021 年 9 月から実施しているが、温度によりひずみ量にばらつきはあるものの 2022 年 3 月現在まで 3 ケースとも計測データを無線転送している。

5. 現場実証実験

実証実験は、現場における耐久性と通信性能等の実用性の確認のために、関東地区のトンネル工事現場において実施した (写真-3 参照)。セグメントにひずみセンサを設置した後、組立し、その後送信機と受信機を取付けて計測を実施した。現在まで約 4 ヶ月間問題なくデータを無線転送している。

6. まとめ

載荷実験と現場実証実験等を行い、有線センサと同じ精度で、長期間かつ長距離無線通信できる「無線によるひずみ計測システム」を開発し、実用化した。

今後は、送信機に対応できるセンサの種類とチャンネル数を増やして、より使いやすい無線計測システムの完成を目指して早急に開発に取り組み、現場ニーズに応じていく所存である。

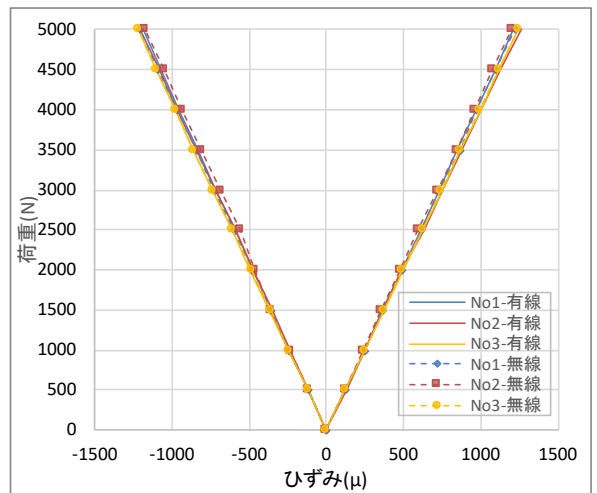


図-2 曲げ試験の結果

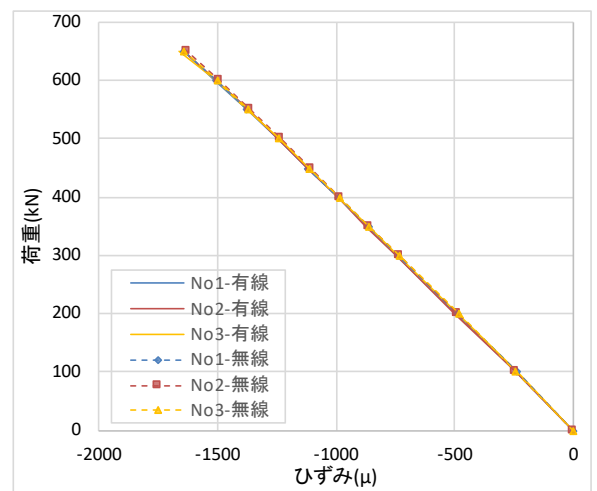


図-3 圧縮試験の結果

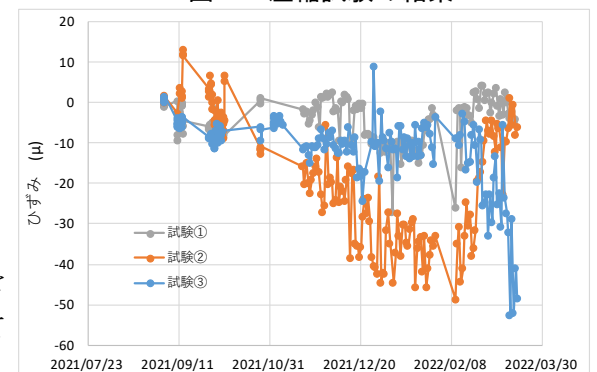


図-4 暴露試験の結果

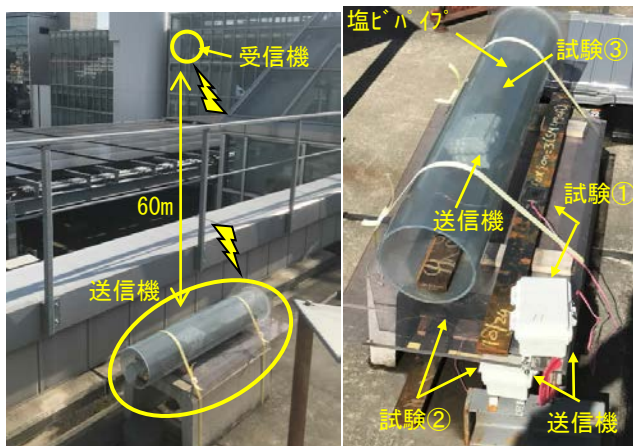


写真-2 暴露試験状況



写真-3 現場実証実験状況