

建設分野における MEMS の実用化 ーマルチセンサ対応無線センサ端末の開発ー

株式会社リプロ フェロー会員 ○高田知典
株式会社テスコム 佐藤 隆秀

1. はじめに

建設分野では、新規の公共事業が抑制される中で、公物管理、保守点検、健全性の確認、防災を目的とした構造物のモニタリングや評価手法が求められており、小型で省電力を実現する MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)を活用したモニタリング技術への期待は大きくなってきている。MEMS は、センサ、アクチュエータ、電子回路、通信回路を一つの基板上に集積化したデバイスを指す。現在、圧力センサ、加速度センサなどが市販されており、実用化の段階になってきている。

一方では、無線センサ技術の土木現場への導入にあたっては課題も指摘されている。さまざまな地形や自然環境での無線通信距離の確保、頻繁に現場に入れない場合の長期間駆動の実現、災害時や緊急時での安全で簡易な設置方法の確立、遠隔地へのデータ伝送方法など、実用化への開発課題があげられている。

そこで、筆者らは、これらの課題を踏まえ、屋外での使用を前提としたマルチセンサ対応の無線センサ端末を開発した。また、現場での利便性・経済性・環境への配慮から、センサ端末を再生プラスチック杭に内蔵したシステムを構築し、防災、施工管理を目的とした種々の用途への展開を図っている(表-1)。

本稿では、無線センサ端末の機能、仕様について記し、本端末を用いた「斜面崩壊検知システム」の機能、構成について報告する。

2. マルチ無線センサ端末の機能・仕様

開発にあたっては、以下を基本的な要求機能とした。

①屋外で使用する、②小型軽量である、③防水・耐衝撃・耐圧構造である、④安定した長距離の無線通信が可能である、⑤複数のセンシング機能がある、⑥長期間の使用が可能である。

次に、無線センサ端末(図-1)の仕様を示す。

(1) 計測データ(センシングデータ)

- ・衝撃：一定以上の衝撃が加わると検知(1.5G~6G)
- ・角度：1秒ごとに角度を計測し、初期傾斜角度から端末が一定以上傾くと検知(0度~90度)。
- ・水浸：水検知部が水に浸かると検知(0~40cm)
- ・振動：加速度より振動(dB)に変換。

(2) 特定小電力無線装置

- ・技術基準適合証明取得の特定小電力無線設備(10mw)
- ・「RCR STD-30」標準規格に準拠
- ・周波数 426.5125MHz(固定)
- ・送信距離は、半径 300m 以内(見通し距離)

(3) 完全密封型で防水構造(IP56・防塵、防水)

(4) DC3Vのリチウム電池で動作(内蔵)

- ・電源情報出力機能(20%程度電圧低下通報)
- ・電池寿命：通信間隔1日1回の場合は2年程度。
通信間隔1時間1回の場合は1.5年程度

(5) 寸法・重量：(W)79×(D)78×(H)31.2 約120g

表-1 無線センサ端末の用途事例

No	名称	用途	測定データ	範囲	備考
1	斜面崩壊センサ	・崩壊危険斜面の動き(傾斜)の計測と警報	角度	0度~90度	・4段階の角度設定 ・通信距離~300m(中継局の場合~2000m) ・使用期間~2年
2	落石・土石流センサ	・落石や土石流による衝撃の検知、ID送信と警報	衝撃	1.5G~6G	・4段階の衝撃設定 ・通信距離~300m(中継局の場合~2000m) ・使用期間~2年
3	河川土砂洗掘検知システム	・河川の高水敷などの土砂流失を杭の転倒・流失により検知し、被害場所の特定と通報を行う	衝撃+角度	0度~90度 1.5G~6G	・河川流出(浮遊)時を検知 ・1秒ごとのID発報機能
4	杭探査システム(杭探)	・ハンディ型送受信装置による端末(杭内蔵)の探査 ・境界杭や基準点杭の探査、埋設物の探査	—	探査距離~80m	・杭(ID)ごとの設定が可能 ・使用可能期間10年
5	道路冠水センサ	・集中豪雨や異常出水による道路の冠水検知、河川の水位上昇の検知と警報を発する	水検知	0cm~40cm	・通信距離~300m
6	振動センサ	・解体工事、基礎工事などに伴う建設振動の計測と監視 ・異常振動、異常行動(畜産)の検知	振動(dB)	0~90dB	・通信距離~300m

キーワード MEMS, 無線センサ, モニタリング, 情報化施工, 防災, 杭
連絡先 〒170-0003 東京都豊島区駒込 2-5-1-301 (株)リプロ 東京事務所 TEL 03-5974-1191



図-1 無線センサ端末
(マグネットスイッチによる起動状況)

図-2 受信装置・コントロールボックス

図-3 杭設置状況

3. 斜面崩壊検知システム

(1) 機能

本システムは、無線センサ端末を杭に内蔵し、斜面崩壊の危険性がある斜面に、杭を複数設置し、斜面の動き（傾斜）を計測し、閾値を超えた場合（例：30度）に無線で連続的にセンサ ID・角度を送信し、受信局にて記録・警報を発するシステムである。

従来のワイヤセンサなどと比較して、①簡易に多点計測・遠隔監視できる。②杭に内蔵することで、現地作業にあたって特別な施工機器や技能を必要とせず、迅速かつ安全に設置ができる。③電源設備や通信設備のない現場での早期モニタリングの実現が可能である。④安価である。などの効果が期待できる。

(2) システム構成（図-4 機器構成）

システムは、以下の機器で構成される。

①プラスチック杭（図-3）：

形状 90mm×90mm（L=500mm～1500mm）

②センサ端末：稼働開始後、1秒間隔で角度計測。

③受信装置（図-2、図-4の基地局）：1 受信装置に対して 12 式までセンサ端末の接続が可能。

④コントロールボックス：検出 ID（下一桁）の表示、端末異常時点灯、減電圧状態での点滅、リセットスイッチ、シリアル出力、データロガー接続、の機能を有する。

⑤警報装置（メール送信機能はオプション）パトライト、音声で異常を発報する。

⑥データロガー：CF カードにデータを記録する（ヘルスチェック時、異常転倒時）。

⑦電源：AC100V もしくは DC（ソーラバッテリーで対応可能）で駆動。

⑧中継装置：中継局～基地局間は長距離通信（2Km）が可能。端末～中継局は～300m。

4. おわりに

現在、斜面崩壊センサは数カ所の地スベリ危険地帯において稼働中でデータ取得を継続している。今後の普及に向けての大きな課題として、端末の電源の問題がある。緊急時や災害時などはデータの取得間隔を短くして、よりリアルタイムに多くのデータを取得する必要がある。現状では、センサ端末の電源は一次バッテリーであり長期間の使用では、交換が必要となる。そこで、杭の大きさ程度のソーラパネルで蓄電する小型蓄電装置を検討している。曇天、積雪時でも充電が可能で、24 時間連続稼働、不日照稼働日数 3-4 日の確保、を目標にしている。アドホック通信が可能となるばかりか、双方向通信により必要な時に必要な頻度・間隔でデータ取得が可能となり、他システムと連動した自動監視システムの実現が期待される。また、多様なセンサの組み込み、送受信方法・データ・インタフェースの標準化、低価格化などの検討も必要となる。

今後は、本センサ端末を、公物管理や保守点検だけでなく施工管理への適用も図り、より実用的なシステムとすべく改善に努める所存である。

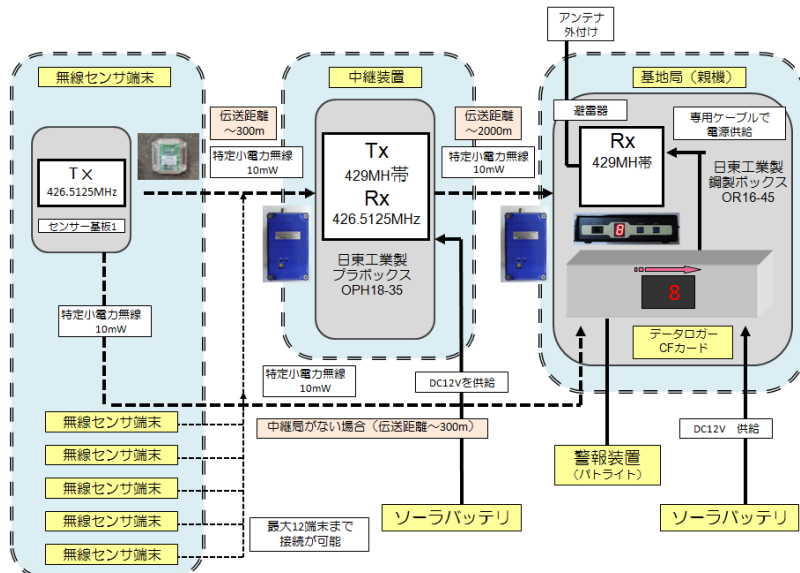


図-4 「斜面崩壊検知システム」構成例