

MEMS 無線センサを活用した構造物診断システムの開発

ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)
 ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)
 ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)
 広島大学 大学院 建築学専攻
 (株) 建診技術研究所

正会員
 正会員
 正会員
 非会員
 非会員

○三上 淳
 羽矢 洋
 石橋忠良
 大久保孝昭
 松浦辰彦

1. はじめに

少子高齢化が進む我が国の情勢を踏まえると、今後、将来に亘って土木構造物の取換え・新築は難しく、それ故、既設構造物の診断業務の重要性はさらに高まると予想される。しかし、一方でメンテナンス技術者の若返りによる専門技術者不足が大きい問題としてクローズアップされるなど、土木構造物の管理者の立場は一層厳しいものとなっている。筆者らは、こうした現状を踏まえ、診断業務の軽減化・効率化・高精度化を図るため MEMS センサを活用した既設構造物の診断サポートシステムを構築したので報告する。

2. 開発システムの概要

システムの構築では、これまで大久保等が科学研究費補助金テーマ(基盤研究(B)22360227)の一環として構築してきた RS Network System¹⁾を原型に、土木構造物の診断業務における利便性を勘案したシステムとして開発した。開発コンセプトとしては、

- ① 土木構造物が保有する周波数帯域において微動から列車通過時の大加速度レベルまで高精度に計測可能であること
- ② 十分な無線通信距離を確保できること
- ③ 鉄道橋梁下部工の診断法として活用されている衝撃振動試験等をサポート可能であること
- ④ 診断システムとしてだけでなくモニタリングシステムとしても活用できること
- ⑤ 高精度かつ安価なセンサにより構成すること

を掲げ、Bluetooth・小電力無線・携帯電話回線等、通信機能の充実と各種解析ツールをラインナップすることで、ユーザーの技術レベルに応じた要求に対応可能なシステム構成を実現した(図1)。

3. センサ概要

システムに組み込まれるセンサは3成分(x,y,z軸方向) MEMS サーボセンサである。MEMS に関してはゲーム機のコントローラや携帯電話に組み込まれるような市場価格にすると100円前後で取引される程度のものといった認識がいまだ根強く、そのため「安かろう、悪かろう」という印象が払拭されずに残っている。しかし、現在では航空産業から宇宙産業にまで活用されるに至った。その背景には安価であることは無論のこと、高い精度を有し、しかも頑丈であるといったメリットがある。

センサは、構造物の微動から最大 2G 程度の衝撃的な加速度波形が収録可能なレンジが保障され、また、センサの周波数特性として 0.1Hz~200Hz までフラット特性を有し、さらに位相特性に関しても同様の周波数領域においてゼロ特性を担保している。図2にセン



図1 システム構成概観

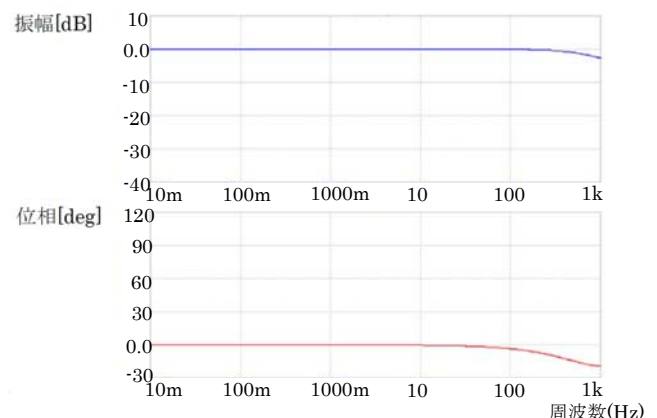


図2 センサの周波数特性

キーワード: MEMS センサ, モニタリング, 診断システム

連絡先〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目11番1号メトロポリタンプラザビル19F

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 メンテナンス事業部 TEL. 03-6846-1194

サの周波数特性を、また、表 1 に、センサの性能を示す。

4. 波形解析ツール概要

波形収録においてはサンプリング時間、サンプリング周波数、また、トリガーレベルの設定、サンプリング後の LOW パス/HIGH パスフィルターの任意設定メニュー等、充実を図っている。また収録後の解析ツールとしては FFT/WAVELET 解析をはじめ、多点収録の場合にはモード・リサージュ図化、震度階換算（気象庁相当値）、センサ設置個所における傾斜角の検出といった多くの OUTPUT メニューを用意するとともに、ユーザーの要望に対し柔軟な対応が可能な体制を整えている。

表 1 センサの性能一覧

	単位	実測値
レンジ	G	2
感度	mV/G	2003±37
ノイズ	$\mu\text{Grms}/\sqrt{\text{Hz}}$	0.63-0.99
周波数特性	Hz	726-740
消費電流	mA	5.6
電源電圧	±V	±5

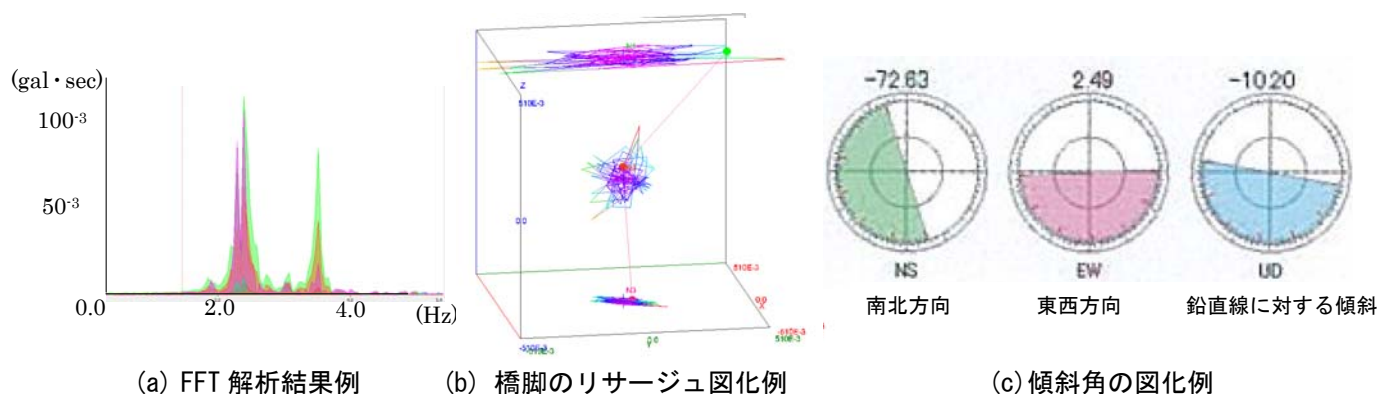


図 2 解析結果の例

5. 事例の紹介

開発したシステムを用い、東日本大震災直後から橋梁、電車線柱、駅舎の長期にわたる余震観測を行い、これにより寒冷地の屋外使用といった厳しい環境下においてもトラブルのない構造物のモニタリングシステムとして完成していることを実証した。

図 4 には列車通過時の桁のたわみ計測結果の例を示す。計測値の信頼性を確認するため、非接触のレーザー式ドップラー計測器を使用し、波形の整合性を確認した。

図 4 には列車通過時の桁のたわみ計測結果の例を示す。計測値の信頼性を確認するため、非接触のレーザー式ドップラー計測器を使用し、波形の整合性を確認した。両者ともに列車通過維持の加速度・速度波形を積分することでたわみを算出している。この図より長周期成分に幾分誤差が認められるが、最大、最小値は保障され、また両波形に位相は生じてはならず、ほぼ整合が取れていることが確認できた。

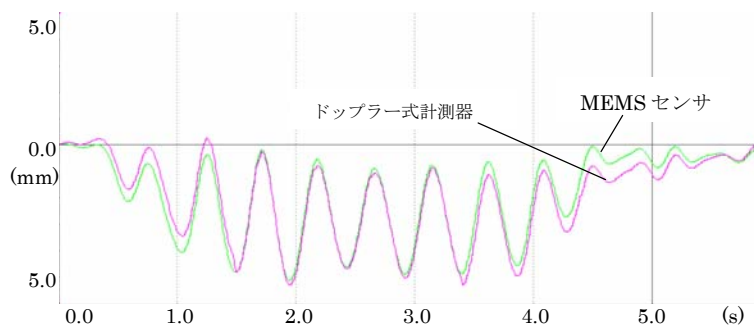


図 4 性能比較波形

6. 今後の活用

開発したシステムの活用法として、①出水、地震等、偶発的作用によって安全性の低下が懸念される構造物の診断や②都市部における近接施工の影響評価、さらに③連続する同一形式構造物、部材を同時に計測することで、損傷・劣化等健全度の低下が進行している構造物の抽出といった「診断システム」や、④進行的に生じる河床低下によって安全性の低下が懸念される構造物のモニタリング、⑤山間部においては、落石による防護工の損傷、崩壊検知、⑥地震後の早期復旧を目的とする土木構造物および沿線（地表面、地中）の地震時モニタリング、⑦地震直後の駅舎内の旅客の避難・立ち入り制限のための旅客誘導システムといった「モニタリングシステム」への活用を考えている。

参考文献

- 1) 大久保孝昭、松本慎也、藤本郷史：実建築物への適用性を重視した MEMS 活用型の耐久性診断技術の確立に関する研究、科学研究費助成事業データベース、2011 年度 研究実績報告書