

小型無線 AE センサシステムによる道路橋床版のイベントドリブン型損傷評価計測

(株)東芝, NMEMS 組合 正会員 ○渡部一雄
 (株)東芝, NMEMS 組合 非会員 碓井隆
 (株)東芝, NMEMS 組合 非会員 上田祐樹
 西日本高速道路(株) 正会員 福田雅人
 京都大学 正会員 塩谷智基

1. はじめに

社会インフラ構造物の老朽化が進む中、インフラの予防保全に向けたインフラヘルスマニタリングが注目を集めている。筆者らは、橋梁内部の劣化を検知する手段として AE (Acoustic Emission) に着目し、AE センサを用いた構造物ヘルスマニタリングシステムの開発を進めている。これまで、高速道路橋 RC 床版において、交通荷重に伴う AE 計測を実施し、コア採取により整合性を検証することにより、橋梁の劣化診断への AE 分析の有効性を確認してきた¹⁾。一方、床版内部の損傷を継続的に監視するには、常時モニタリング可能な AE 機器及び、合理的な信号取得アルゴリズムが必要となる。本稿では、高速道路橋の RC 床版に小型センサシステムを設置し、長期計測を行った結果を報告する。

2. モニタリングシステム

開発したセンサユニットを図 1 に示す。ユニットには、4 つの AE センサが接続可能となっており、内部の回路基板上にはアナログ・フロント・エンド、A/D コンバーター、FPGA、無線システム等が搭載されている。無線システムは、伝搬特性の良い 920 MHz 帯の ISM(Industry Science Medical)バンドを使用した。

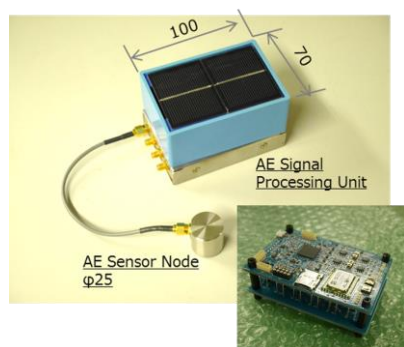


図 1 開発したセンサユニット

センサユニットの電源には、橋梁に設置する際に商用電源の配線が不要で、かつ、長期動作が可能となるようにユニット上面と概ね同サイズ(90 mm × 60 mm)の太陽光パネルを発電源とし、発電した電力を一時的に蓄電する蓄電池としてリチウムイオンキャパシタを内蔵した。このセンサユニットを利用した橋梁でのモニタリングシステムの構成を図 2 に示す。計測対象の RC 床版下面に 4 つの AE センサを設置し、センサユニットは主桁ウェブ面に固定する。AE センサが検知した AE 信号はユニット内で検知時刻、振幅などの特徴量が抽出され、ユニットに搭載された無線システムを介して、橋脚近傍に設置したロガーへデータが送信される。ロガーで収集されたデータは、情報送信用のコンセントレータを介して遠隔サーバーへと無線回線を通して送信される。上述の通り、センサユニットは太陽光に基づいた自立電源のみで動作する。しかし、センサユニットを起動したまま、計測・データ伝送を継続しつづけると、高周波帯の波形を演算することもあり電力が枯渇してしまう。そこで、イベントドリブン動作を実装したシステムを発案した。図 3 はイベントドリブン動作の概念図である。

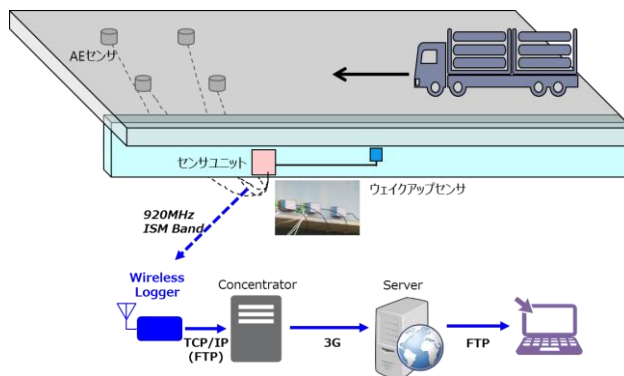


図 2 モニタリングシステムの構成

キーワード AE, IoT, 床版, インフラヘルスマニタリング, エナジーハーベスティング

連絡先 〒212-8582 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究開発センター TEL 044-549-2361

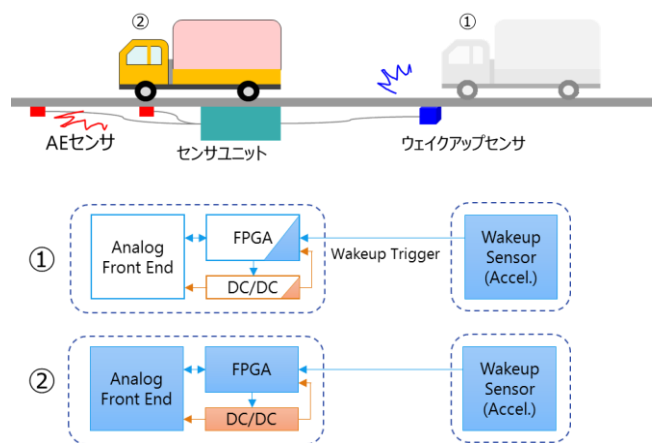


図3 イベントドリブン動作



図4 橋梁外観とセンサ設置箇所

通常は低消費電力のウェイクアップセンサ以外はスリープさせておき、電力消費を抑制する（図3①）。RC床版の疲労への寄与が大きい、例えば大型車が通過した時のみ計測動作を行なう。このため、大型車走行に相当する一定レベル以上の振動加速度をセンサに設定し、設定値を超えた加速度を検出したときにシステム全体を起動させ、AE計測を行なう（図3②）。この動作により、電力消費を抑えつつ、かつ有効な計測が可能なシステムを実現した。

3. 高速道路橋での実証実験

西日本高速道路管内の鋼鈑桁橋(供用開始後約40年)のRC床版を対象に、開発した橋梁モニタリングシステムの実証実験を行なった。橋梁外観とセンサ設置箇所の様子を図4に示す。床版下面に設置したAEセンサ間の間隔は約80cmである。

図5に、2017年12月14日から21日の交通量とシステム起動およびAE計測回数のデータを示す。緑が小型車、黄が大型車の1時間毎の交通量を、赤および青はシステム起動回数とAEヒット数をそれぞれ表している。小型車の交通量とは関係なく、大型車の交通量に概ね比例してシステムが起動するという所望の動作をしていることが分かる。

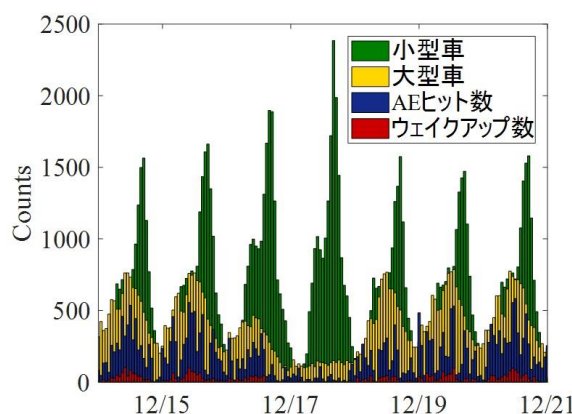


図5 一週間の交通量とAE計測動作の様子

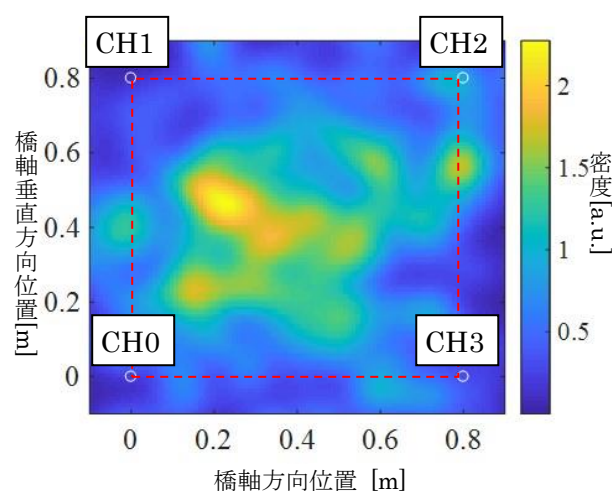


図6 AE源位置標定結果

図6は約一か月のAE計測で得られたデータに基づいてAE源の位置標定を行なった結果である。計測エリアの一部でAE源が集中している箇所が見られており、今後内部損傷との相関を検証していく。

4. まとめ

低消費電力で計測が可能な小型センサユニットを用いたモニタリングシステムを開発し、高速道路橋梁のRC床版を対象に実証実験を行なった。大型車走行に応答したイベントドリブン動作が想定通り実施されていることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託研究業務の結果得られた成果である。また、本研究の実施にあたっては、京都大学インフラ先端技術共同研究講座の支援をいただいた。関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 渡部, 高峯, 宮田, 西田, 塩谷: 高速道路橋床版の交通荷重 AE 分析とコア採取による整合性検証, 土木学会第71回年次学術講演会(2016), pp. 43-44