

スマートセンサを利用した高速道路高架橋群の振動計測

東京大学大学院	学生会員	○牛田	満士
東京大学大学院	正会員		長山 智則
東京大学大学院	フェロー		藤野 陽三

1. 背景

社会基盤構造物の老朽化が進行する中で、構造物の状態を定量的に把握する手段として、振動モニタリングに対する期待が大きい。密な計測を行うことで、支承の振る舞いや空気力を明らかにした例が報告されているものの、センサ設置にかかるコストが高いため、現状では計測点数、頻度は限られている。有線センサは特に構造物が大きい場合には、ケーブル自体のコストに加えて設置に時間、労力がかかり、高コストとなる。計算能力と無線通信機能を有したスマートセンサは設置コストの低さと簡易性から密な振動計測を可能とし、それに基づく状態把握に大きく寄与すると期待される。本研究ではスマートセンサを利用して、高速道路高架橋の交通振動を計測し、加速度計測システムとしての性能を検証する。また、構造上同じように設計されている、多数橋梁の振動を相互に比較し、その振る舞いの違いを明らかにする。

2. 無線振動計測システム

本研究で用いるスマートセンサは、最大 416MHz の高速 CPU と 256kB の SRAM を搭載し、演算能力が高い Imote2(図 1)である。無線機能は利用せずに、各々のノードがそれぞれ独立に振動計測をするシステムを構築した。各ノードは起動後自動的に振動計測をし、フラッシュメモリにデータを記録する。フラッシュメモリ上のデータは、ノード回収時に PC に接続して読み取るシステムである。ただし、同じ交通条件下での振動計測をするためには、全てのノードがほぼ同時刻に計測を行う必要がある。そこでタイマー機能を利用し、計測開始時間を調整することで、これを実現した。

3. 計測対象橋梁

首都高 3 号渋谷線の高架橋 10 スパンを Imote2 で計測する(図 2)。スパン 1 から 9 は桁の長さが 29.5m で、3 スパンずつが床版のみ連続で桁は不連続となっている構造である。スパン 10 は他のスパンと構造が異なり、桁の長さが 32m の床版も桁も不連続という構造である。各スパンの橋桁中央に 1 個ずつ合計 10 個の Imote2 を設置する。それぞれの Imote2 にタイマーを一定時間ずらして設定しておき、スパン 1 から一定時間おきにスイッチを入れ、同時計測を行う。3 方向の加速度データを 280Hz で 60000 点収集し、高架橋の挙動を確認する。

4. 計測結果

スパン 1 の 3 軸方向の交通振動のデータを図に示す(図 3)。別途行った実験で加速度計のノイズレベルの RMS 値が 0.39 gal とわかっており、交通振動の大きいところは 100gal 程度であるため、加速度計の分解能が交通振動を計測するのに十分であることがわかる。各スパンの鉛直方向振動データからパワースペクトル密度関数を推定した結果を示す(図 4)。これらを比較するとスパン 10 の卓越振動数が他のスパンよりも小さくなっていることがわかる(表 1)。また他のスパンでは卓越振動数がほぼ一致している。各スパンの鉛直方向の振動データから高周波数領域(55Hz~75Hz)でパワースペクトル密度関数の積分値を計算したものを示す(表 1)。スパン 10 において、積分値が突出していることが読み取れる。これらパワースペクトル密度関数の推定値と積分値の違いが構造特性の違いによるものかは、数値計算を通して検証する必要がある。スパン 1-9 については、互いに同様に振舞っているようであるが、平行して行った有線センサによる計測のデータも含めて今後詳細な分析を行う予定である。

キーワード スマートセンサ, 構造ヘルスマニタリング

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-5841-6097

Imote2 による計測は一人で行い、10 スパンでのセンサ設置、計測、データ収集、片付け全てを含めて3時間で終了した。同じ区間の3橋梁を有線センサでも計測したが、5人で1スパンに15個の加速度計を設置した場合で設置のみで7時間要した。本研究の計測が有線センサで行った計測と比べ、簡易であったといえることができる。

5. まとめ

本研究により、Imote2 を用いて複数スパンの振動データを収集し、パワースペクトル密度関数の推定やRMS値の計算といった振動データ分析を行えることが示された。また Imote2 の計測システムの簡易性を示した。今後無線システムの構築により、無線を用いた同期や遠隔操作が可能となり、簡易な構造物多点計測が可能となることが期待される。

謝辞

本研究に当たり、首都高速道路技術センターの時田英夫様、仲野孝洋様、首都高速道路株式会社の津野和宏様に貴重なご意見を頂戴しました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- ・ 長山智則, B. F. Spencer, Jr., 藤野陽三: スマートセンサを用いた多点構造振動計測のためのミドルウェア開発, 土木学会論文集(印刷中).
- ・ 牛田満士, 長山智則, 藤野陽三: スマートセンサを用いた自律分散型の構造物アクティブセンシングシステムの開発, 第63回土木学会年次学術講演会, 2008.9.



図1. Imote2

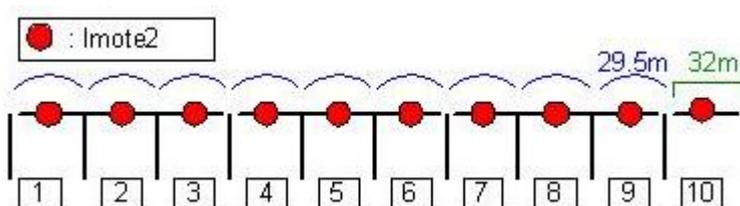


図2. 計測対象橋梁模式図

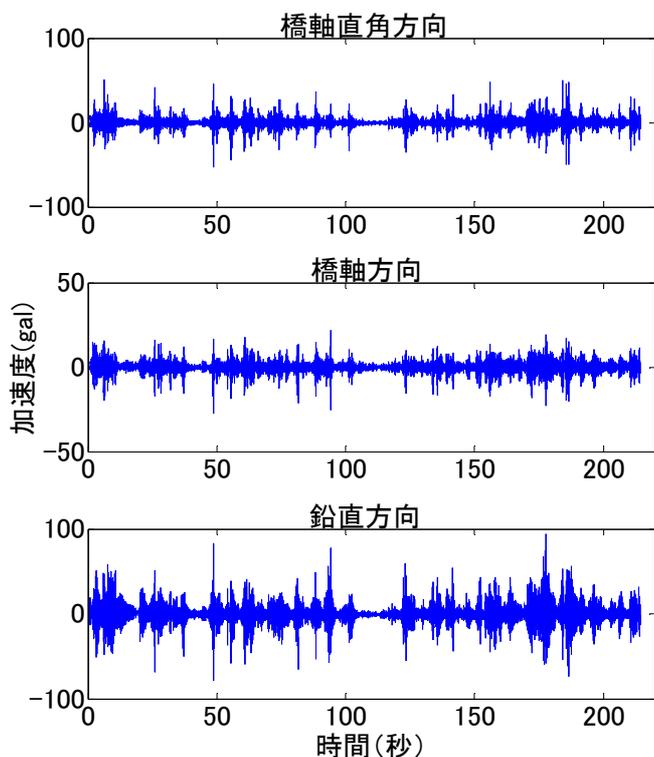


図3. スパン1の加速度応答

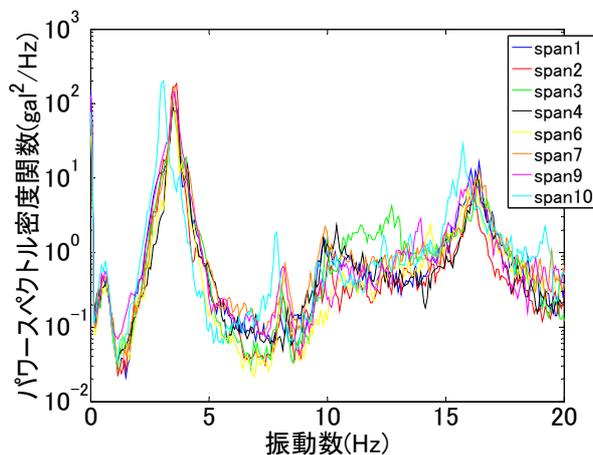


図4. 鉛直方向加速度応答パワースペクトル密度関数

表1. 固有振動数と鉛直方向パワースペクトル積分値

スパン	固有振動数(Hz)	積分値(gal ²)
1	3.555	130.4287
2	3.623	25.372
3	3.486	66.9302
4	3.486	62.3318
6	3.486	351.0923
7	3.555	331.1874
9	3.486	103.9444
10	3.076	4058.096