

動特性に着目した道路付属物の損傷検知に関する研究

茨城大学工学部 学生会員 石山大祐
 茨城大学工学部 フェロー 横山功一
 茨城大学工学部 正会員 原田隆郎

1 はじめに

経年劣化、腐食、繰り返し交通荷重による疲労損傷等が原因となり、近年、照明柱の折損・落下や伸縮装置の外れ事故といった道路付属物の損傷事故が多発している。そのため、数多く存在する道路付属物の損傷事故を未然に防ぐために、効率的に道路付属物の損傷モニタリングを行うことが求められる。一方、生活環境の身近な所で活用の用途が広い IC タグは流通分野などで実用化されており、その特性から建設分野での活用が期待され、活用に向けた動きが活発化している¹⁾。

そこで、本研究では、走行車両の振動による構造の動特性の変化を捉えることで、照明柱や伸縮装置の損傷検知を行うことを目的とする。また、MEMS 加速度センサと IC タグを組み合わせた IC タグ加速度センサを用いることで、動特性を利用したヘルスマニタリングの効率化、低コスト化の実現を目指す。

2 動特性を利用した道路付属物の損傷検知システムの概要

2-1 システムの流れ

IC タグ加速度センサを用いた道路付属物モニタリングの流れを図 1 に示す。各道路付属物に IC タグ加速度センサを取り付け、車両による振動を計測する。振動データはアクセスポイントを搭載した走行パトロール車が無線で収集し、そのデータから各道路付属物の動特性を把握し、損傷判定をする。

2-2 IC タグ加速度センサの概要と現在の性能

システム実現に向けて、図 2 に示すワイマチック株式会社製の IC タグ加速度センサ²⁾を用いることを考えている。MEMS 加速度センサ LIS3LV02DQ、CPU、RTC、フラッシュメモリ (64Kbyte)、電池からなるセンサ基盤と産業技術総合研究所とワイマチック株式会社が共同開発した超小型無線ネットワークモジュール SNODE-2 で構成されている。現状の性能として、測定範囲 $\pm 2g$ 、 $\pm 6g$ 切替、サンプリング周波数最大 100Hz、送信データは、1 軸加速度となっている。現在、計測波形にノイズが見られるという問題がある。

3 損傷による照明柱の動特性の変化

茨城大学工学部構内に点在する図 3 のような同一構造の照明柱 5 箇所に打撃を与え、従来型の有線加速度センサ ARF-20A で振動を計測し、FFT で振動数分析を行った。1 箇所のみ照明灯具と柱部を止めるネジの緩みが生じており、他の 4 箇所については目視等で損傷は発見されなかった。損傷のない照明柱とネジの緩みのあった照明柱について、それぞれ計測結果を FFT でスペクトル表示した結果を図 4 に示す。図 4 を見ると、ネジの緩みのあった照明柱では、スペクトルのピークの山が損傷無しの照明柱と比較してなだら

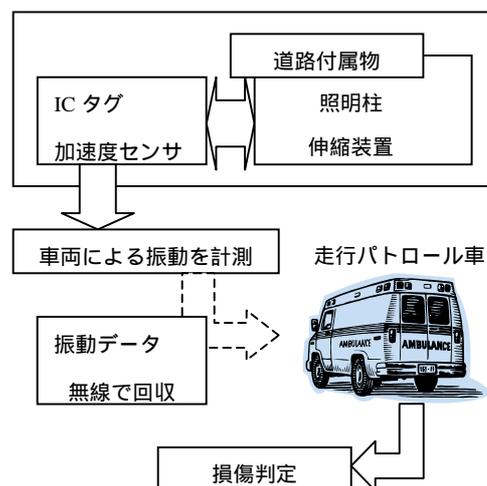


図 1 システムの流れ



図 2 IC タグ加速度センサ



図 3 対象照明柱

キーワード 損傷検知 動特性 IC タグ加速度センサ 照明柱 伸縮装置

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学日立キャンパス TEL : 0294-38-5172 FAX : 0294-38-5268

かであることがわかる。このことから、この損傷が照明柱の減衰定数を変化させたことがわかる。また、固有振動数に着目すると、損傷無しの照明柱では4箇所とも19.3Hz程度であ

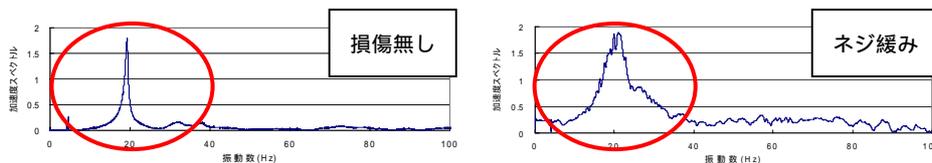


図4 スペクトル表示の比較（損傷無しとねじの緩みあり）

たのに対し、ネジの緩みのあった照明柱では21.1Hz程度と2Hzほど高い値となった。これらの結果より、動特性から照明灯具の落下事故の原因となりうるネジの緩みを検知できたといえる。

4 現場計測による照明柱、伸縮装置の動特性の把握

動特性の変化から損傷検知を行うための第一段階として、実際に一般橋梁のT字型照明柱、伸縮装置（フィンガージョイント）について一般車両走行（車種・速度ともにランダム）によって生じる振動を計測し、FFTでの振動数分析によって固有振動数を把握できるのか検証した。計測は、従来型の有線加速度センサARF-20Aを用いて行った。（図5）



図5 振動計測状況

照明柱の計測結果（橋軸方向）とスペクトル表示の1つ（図6）を見ると、10.1Hz付近にはっきりとした卓越が見られた。計4回計測した振動についてFFTでスペクトル表示をした結果も図6と同様の傾向となり、卓越振動数はすべて10.0Hz程度となった。車両の条件が異なるにもかかわらず卓越振動数の値に差異はほとんど見られなかったため、照明柱の固有振動数は通行車両の条件に係わらず精度良く把握することができ、動特性から損傷検知できる可能性を示せた。

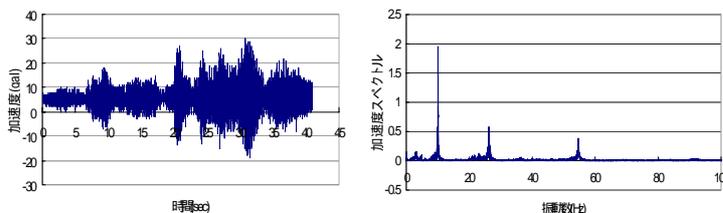


図6 照明柱の加速度波形とスペクトル表示（橋軸方向）

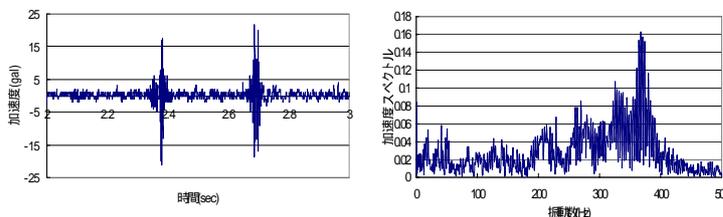


図7 伸縮装置の加速度波形とスペクトル表示（鉛直方向）

次に、伸縮装置の計測結果（鉛直方向）のスペクトル表示の1つを見ると、ピークの山は見られるものの、照明柱のようなはっきりとした卓越ではないことがわかる（図7）。今回行った複数回の計測結果のどの計測番号においてもスペクトル表示を見るとピークの山は200Hz~400Hzで見られた。しかし、複数回計測した振動の卓越振動数を見ても、値のばらつきが激しく、伸縮装置の固有振動数と思われる一定の傾向を得ることはできないという結果になった。このような結果となった理由として、車両による伸縮装置の振動は衝撃的で減衰時間が短いため固有振動数の特定が困難であることが考えられる。

5 おわりに

照明柱については、車両による振動から動特性を把握でき、ネジ緩みによる動特性の変化を確認できた。伸縮装置については、車両による振動から動特性を把握できなかった。よって、照明柱については、車両による振動から損傷検知できる可能性を示すことができた。今後、損傷検知システム実現に向け、伸縮装置の振動数分析手法の検討、ICタグ加速度センサのノイズ発生の改善等を行う予定である。

参考文献

- 1) 財団法人日本建設情報総合センター 『IC タグの建設分野での活用に関する研究会（概要版）』 pp1,11
- 2) ワイマチック株式会社 HP：AccStickUSB/WL 取扱説明 <http://www.ymatic.co.jp/>