

無線センサネットワークを用いた鋼橋部材の疲労損傷原因の特定方法の研究

東京工業大学 正会員 ○田辺 篤史, 学生員 山口 浩, フェロー 三木 千壽

1. はじめに

構造物の疲労損傷の発生要因の一つに変位誘起疲労がある。変位誘起の疲労損傷の対策としては、局所の補強よりも疲労損傷の原因となる変形自体を抑制することで効率的に対策できる。したがって、疲労損傷の発生原因となる変形の把握が重要となる。

部材挙動と局所応力の関係を把握するためには、局所のひずみの他に構造物全体の挙動、損傷部材近傍の挙動などを把握することが望まれる。従来はひずみ測定による把握が中心であったが、配線等の作業が大掛かりになり測定が制限される。従って、より簡易的な挙動同定システムが現場での作業効率上望ましい。無線センサネットワークを用いると、配線作業が不要となり設置が容易となる。また MEMS センサ(組込用 IC チップ型小型センサ)を用いることでセンサ自体の価格が押えられるので、多点での計測も容易となると考えられる。

本研究では疲労損傷原因の究明への利用を念頭に置き、無線加速度センサネットワークを用いた構造物挙動同定システムを構築し、これにより計測した加速度データと局所ひずみデータを組合せて、構造物の挙動を効率的に把握する手法についての検討を行う。

2. 動態計測用無線センサネットワーク

無線センサネットワークとは、センサと無線モジュールが一体となったノードとデータを受信するベースステーションにより構成され、計測するとともに、隣接ノードのデータ転送を中継する事で計測・通信網を構成したものである(図-1)。本研究では、センサモジュールとして MOTE-IRIS を使用し、6 台のノードによりネットワークを構築した。

MOTE-IRIS はノード間で

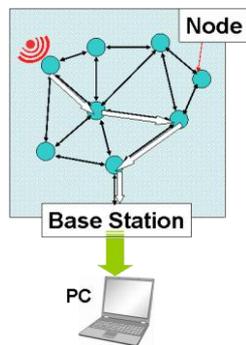


図-1 無線センサネットワーク概念図

互いに通信、データ転送可能な小型アドホック型無線センサデバイスである。アドホック型ネットワークは近距離にあるノードが相互に無線通信で連絡し、データを中継するもので、通信障害に強いという特徴があり、計測には適すと考えられる。その一方で、中継点が増えると転送しなければならないデータ量が増加し、計測に影響を与える可能性がある。

MOTE-IRIS は温湿度などの長期モニタリングを主目的として開発されており、橋梁の動態観測を行うにはサンプリング周期が不足する。そこで 100 S/Sec のサンプリング周波数で加速度を測定できるアプリケーションを独自に開発した。

3. 検証実験

構築したシステムにおけるデータの取得状況を実験により確認した。

部材挙動を同定するシステムの検証における着目点は、加速度記録を離れた場所から無線ネットワークにより取得可能であるか、計測データから部材挙動を同定し疲労損傷原因となる変形を推定できるかの 2 点である。そこで、加振実験を実験室で行い、そのデータを無線ネットワークにより隣接する建物 3 階の研究室で取得を試みた。

供試体、センサ配置および実験状況を図-2 に示す。スパン 3.4m の梁に付属構造物を模して張り出し部を設けた供試体とその近傍に無線センサ A~F を配置し、2 点で繰り返し載荷して計測した。センサの配置を図-2 に示す。図中がないセンサ E は中継目的として実験室と研究室の中間となる位置に配置した。実構造物での移動荷重を再現するため、位相差を与えて載荷した。張り出し部と梁の交差点部に疲労損傷が発生すると仮定し、この部分のひずみを計測した。なお、ひずみは通常の動ひずみ計で計測した。

図-3 に張り出し部の加速度軌跡を示す。鉛直軸(y)軸方向の成分が卓越しているため、y 軸方向成分に着目して検討した。図-4 にひずみと加速度の比較を示す。

ひずみと加速度の間に明確な関係は見られない。そこで、ひずみは相対変形により生じることから、ひずみゲージ添付位置である B 点を基準とした相対加速度を算出しひずみと比較した(図-5)。B-A 点間の相対加速度と Z 方向ひずみが良い一致をしている。よって Y 方向のひずみは B 点に対して A 点が鉛直上下方向に変動したことにより生じたことがわかる。

X 方向のひずみは付属物のねじれによるものと想定されるので、梁と付属物先端での相対回転角を次式により簡易的に求めて比較をおこなった。

$$\theta_r = (A_A - A_C) - (A_B - A_D)$$

ここで、R : 相対回転角, A_x : x 点での加速度である。相対回転角と X 方向成分ひずみの比較を図-7 に示す。相対回転角とひずみが逆位相であるが波の形状が良い一致をしている。これより、X 方向成分のひずみは張り出し部と桁が相対的に捻れる挙動により生じたものであると推定できる。

4. 結論

無線センサネットワークにより計測した加速度およびそれより計算した相対加速度の時刻歴と局部ひずみの時刻歴を組合せることで、ひずみの発生原因となる挙動を推定可能である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金基盤研究 (S)「重度の疲労損傷を受けた鋼橋の機能回復・機能向上の目的とする橋梁再生工学の確立」(課題番号：18106010)の補助により実施しました。ここに記して感謝いたします。

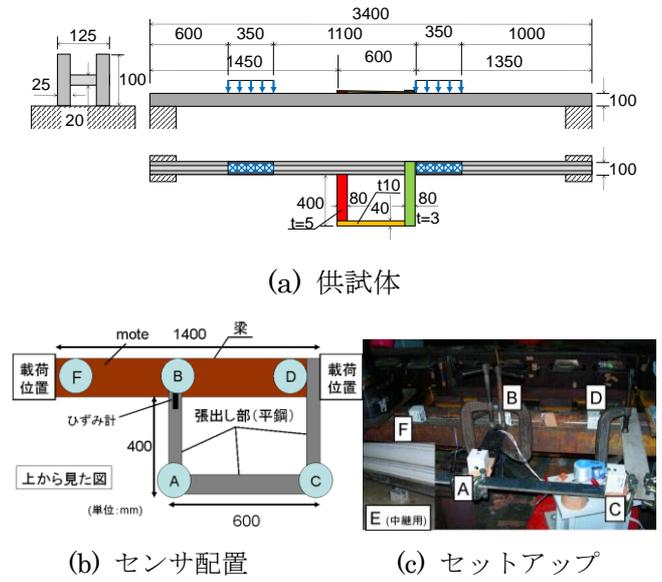


図-2 供試体および実験セットアップ

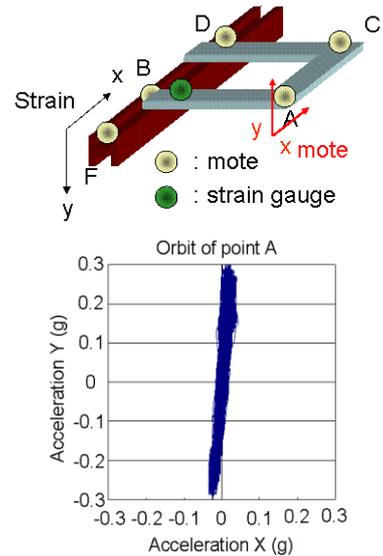


図-3 張り出し部の加速度軌跡

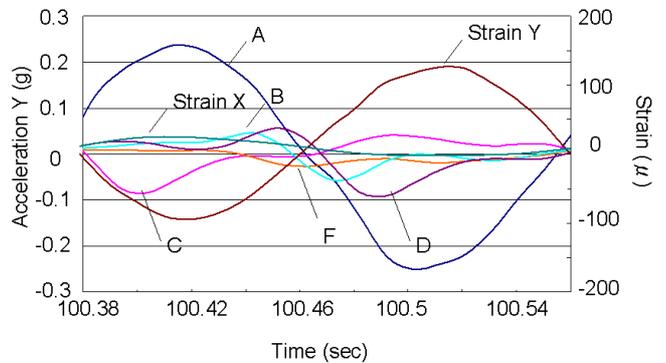


図-4 ひずみと加速度の比較

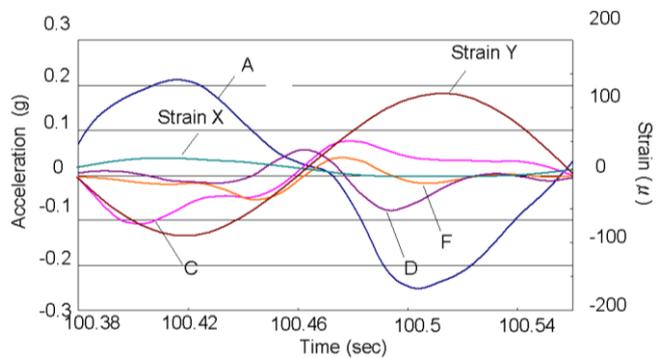


図-5 ひずみと B 点からみた相対加速度の比較

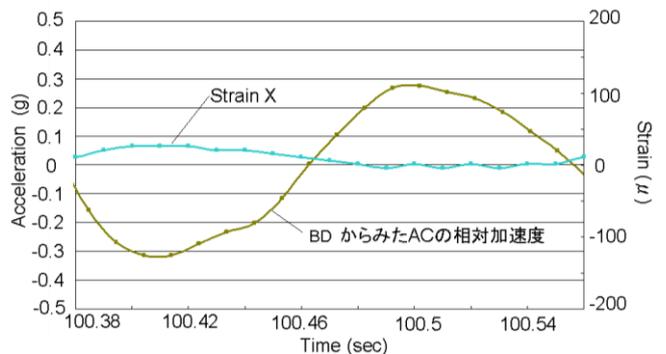


図-6 ひずみと梁から見た AC の相対加速度