

低周波数帯における加速度センサの性能評価に関する研究

東京都市大学 学生会員 ○永井 孝宏

東京都市大学 正会員 丸山 収 東京都市大学 正会員 関屋 英彦

東京都市大学 正会員 小西 拓洋 東京都市大学 正会員 三木 千壽

1. はじめに

現在、橋梁の維持管理手法の1つとして、加速度センサにより観測データを取得して、橋梁の状態を把握する橋梁ヘルスマニタリングが注目されている。一般的に橋梁の場合、外力に対する応答は低周波数帯に集中する。したがって、加速度センサを橋梁ヘルスマニタリングに適用する際には、低周波数帯を精度よく読み取れる加速度センサを選定する必要がある。そこで、本研究では同一条件下での振動実験を通して市販の複数の加速度センサの性能評価を行う。

2. 振動実験概要

本実験は、図-1にあるように、9種類の加速度センサを同一条件下で振動台上に設置し、予め数値計算により作成した橋梁応答の時系列データを与えることにより、各種加速度センサの計測を行った。また、振動台の振動制御が正しく行われているのかを検証するために不動点からレーザー変位計を用いて振動台の変位量の計測を行った。ここでは省略するが、振動台が橋梁の複雑な応答を忠実に再現することができないことが分かったため、本研究では、レーザー変位計で得られた変位波形が振動台の動きを正確に表していると仮定した。本研究では、レーザー変位計で得られた変位波形を基準の波形、9種類の加速度センサで得られた加速度波形を計測波形とし、基準の波形と計測波形の両者を比較することにより各種加速度センサの性能評価を行う。レーザー変位計で得られた変位波形を図-2に、各種加速度センサで得られた加速度波形を図-3に示す。

3. コヒーレンスを用いた各種加速度センサの性能評価

本研究では、各種加速度センサの性能評価手法としてコヒーレンスを採用した。コヒーレンスとは、ある2つの時刻歴波形の両者の各周波数成分ごとでの相関の程度を示す指標であり以下の式で与えられる。



図-1 振動実験実施図

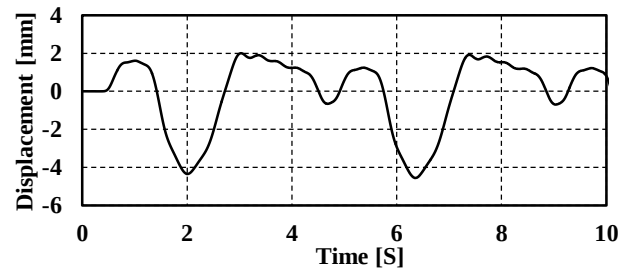


図-2 レーザー変位計で得られた変位波形

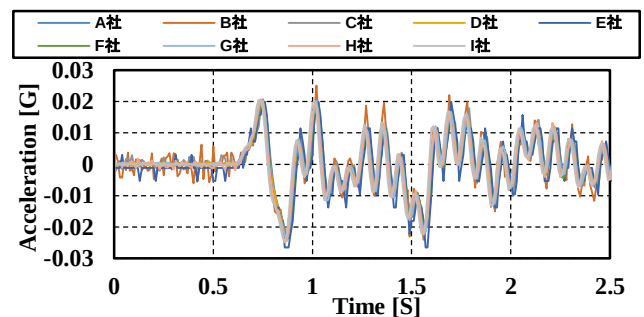


図-3 各種加速度センサで得られた加速度波形

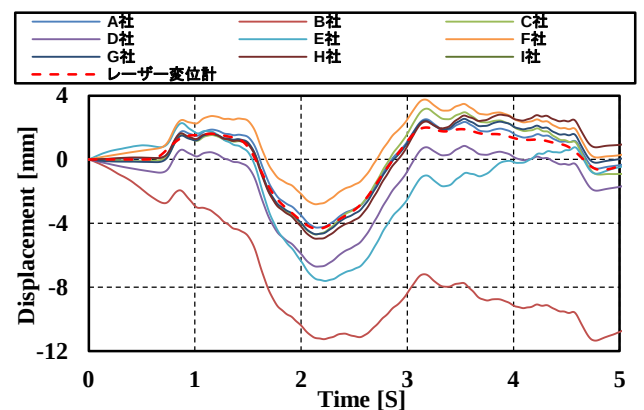


図-4 各種加速度センサの二階積分結果

キーワード 橋梁ヘルスマニタリング, 加速度センサ, コヒーレンス

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL. 03-5707-0104 E-mail : g1681719@tcu.ac.jp

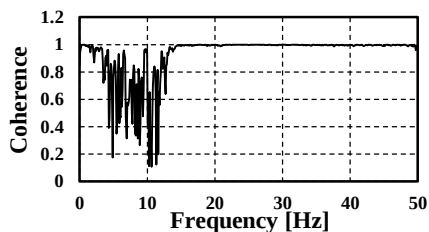


図-5.1 A 社

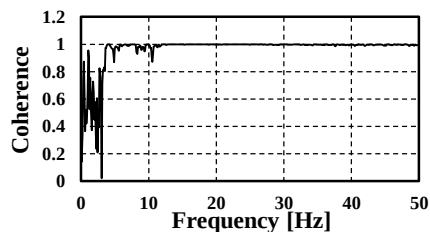


図-5.2 B 社

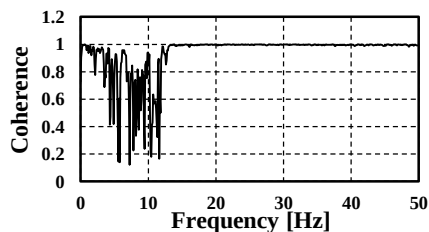


図-5.3 C 社

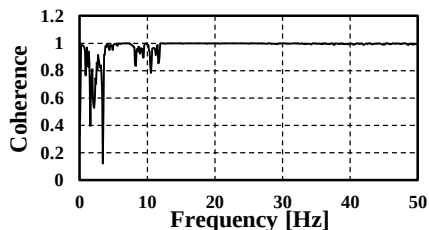


図-5.4 D 社

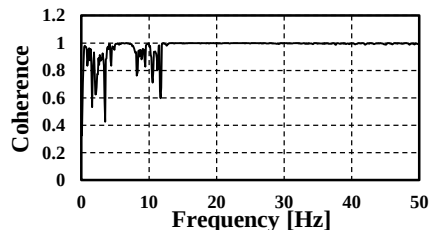


図-5.5 E 社

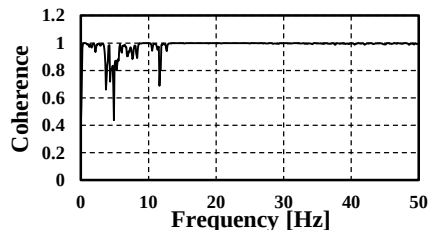


図-5.6 F 社

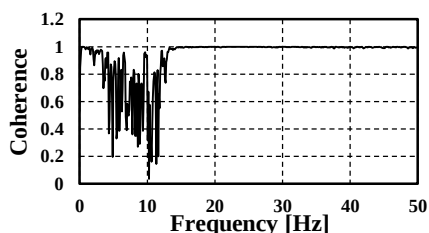


図-5.7 G 社

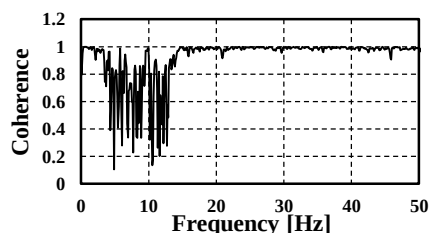


図-5.8 H 社

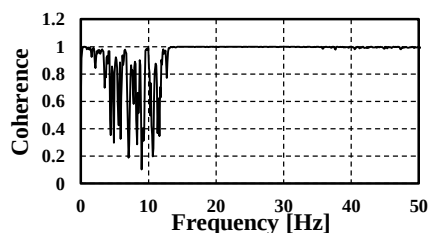


図-5.9 I 社

図-5 コヒーレンスを用いた各種加速度センサの性能評価

$$0 \leq \text{coh}^2(\omega) = \frac{|S_{xy}(\omega)|^2}{S_{xx}(\omega)S_{yy}(\omega)} \leq 1 \quad (1)$$

式(1)より、コヒーレンス値が1に近づくほどその周波数帯における強い相関が認められる¹⁾。一般的に相関の程度は、ノイズや位相差により決定される。本研究では、同一条件下で実験を行ったため、位相差による影響はないものとする。ところで、コヒーレンス算出にあたっては両者の物理量を統一する必要がある。よって、今回は各種加速度センサで得られた加速度波形を二階積分²⁾し、変位波形に統一することによりコヒーレンスを算出する。図-4に各種加速度センサで得られた加速度波形を二階積分し変位波形に変換した結果とレーザー変位計で得られた変位波形を比較したグラフを示し、図-5に図-4の波形を元に、レーザー変位計に対する各種加速度センサのコヒーレンスを計算した結果を示す。図-5より、全種類の加速度センサは15.0[Hz]以降でコヒーレンス値が常に1に近く、ノイズの影響をほとんど受けていないことが分かり、測定精度が良好であることが分かる。その反面、15.0[Hz]以下では、各種加速度センサの性能によりコヒーレンス値にばらつきがみられ、橋梁ヘルスマニタリングにおいて重要となる低周波数帯においてD社やF社のコヒーレンス値の変動が他のセンサに比べて小さく、A社やH社のコヒーレンス値の変動が他のセンサに比べて大きいことが分かった。

4. まとめと今後の方針

振動実験を通して、基準の波形と計測波形の両者を、コヒーレンスを用いて比較することにより各種加速度センサの性能評価を行った。その結果、各加速度センサごとに測定可能な周波数帯を示すことができ、加速度センサの性能評価がある程度可能となった。しかし、今回得られた結果は、二階積分時の誤差が多少なりとも反映されている。よって、レーザー変位計で計測された変位波形を二階微分し、加速度波形に統一して同様の計算を行い、図-5で得られた結果と比較し、考察を行う必要があると考える。

参考文献

- 1) 日野幹雄：スペクトル解析，朝倉書店，pp.63-66，pp.231-234，1977.
- 2) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版社，pp.153-162，1994.