

橋梁用ヘルスマニタリングシステムに用いる加速度センサの性能確認

東京都市大学 正会員 ○関屋 英彦
 東京都市大学 フェロー 三木 千壽
 東京都市大学 正会員 白旗 弘美

1. はじめに

近年、センサ技術の進歩に伴い、センサを用いた構造物のヘルスマニタリングが注目されている。特に、加速度センサは設置が簡易であり、さらに安価なことから社会基盤の常時モニタリングへの適用が期待されている。加速度センサを用いたヘルスマニタリングによって得られる活荷重に対する変位応答は損傷箇所及び損傷原因の特定を可能にし、供用中の構造物の性能を知る上で非常に効果的である。ただし、活荷重に対する橋梁の変位応答は低周波となるため、橋梁の変位応答を加速度センサで測定するには低周波側（10Hz 以下）を精度良く測定出来る加速度センサを選定する必要がある。

2. 研究の概要

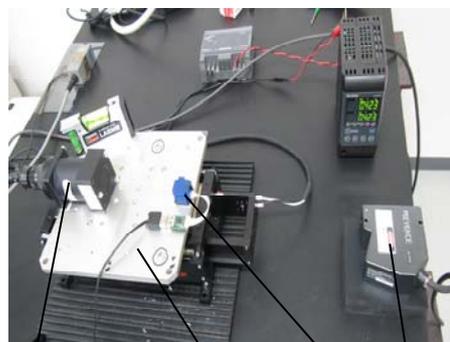
ここでは、橋梁のヘルスマニタリングに適した加速度センサの選定を行うことを目的としている。まず、現在、入手できる主要な加速度センサ 8 機について、静置試験、振動加振器を用いた SIN 波(周期 0.5Hz, 振幅 ±38.8mm)の振動台実験及び振動加振器を用いた橋梁主桁のたわみの再現実験を行い、各加速度センサの低周波帯における性能を評価する。振動加振器はサーボ式の加速度センサでリアルタイムに加速度を測定し、それを制御しているコンピューターにフィードバックを行う事で振動台の制御を行っている。振動加振器及び加速度センサの仕様を表-1, 表-2 に示す。振動加振器に加速度センサの設置した状況を写真-1 に示す。

表-1 振動加振器の仕様

	周波数帯 [Hz]	最大振幅 [mm]	駆動力
振動加振器	0.1~1000	±40	永久磁石

表-2 加速度センサの仕様

タイプ	検出軸	周波数帯域幅 [Hz]	検出範囲 [G]	ノイズ密度 [$\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$]	サイズ W×D×H [mm]
A	3	0.1~330	±5.0	28	44×47×14
B	3	0.1~20	±5.0	10	24×24×19
C	3	0.1~50	±1.7	20	20×45×27
D	3	0.1~100	±2.0	-	45×45×18
E	3	0.1~260	±2.0	400	37×46×12
F	2	0.1~28	±0.5	-	38×41×14
G	3	0.1~260	±16.0	400	36×34×10
H	3	0.1~500	±2.0	-	14×10×6



制御用サーボ式加速度センサ 振動台 加速度センサ レーザー変位計

写真-1 振動加振器設置状況

3. 静置試験及び振動台実験

(1) 静置試験

静置した状態で加速度を測定し、測定したい周波数帯における加速度成分が小さいほど、その領域での性能が優れていると言える。静置試験の状況を写真-2 に示す。また、静置試験の結果を図-1 に示す。縦軸に各周波数における加速度成分[G]、横軸に周波数[Hz]を示す。図-1 より、Bの加速度センサは他の加速度センサに比べ、1.0Hz 以下における加速度成分が約 1/10 倍となっており、低周波帯において優れた性能を持っている事が分かる。

キーワード ヘルスマニタリング, 加速度センサ, 低周波帯, 振動台実験

連絡先 〒158-0082 東京都世田谷区等々力 8-15-1 東京都市大学 総合研究所 TEL 03-5706-3693

(2) SIN 波振動台実験

振動台実験では、周期 0.5Hz、振幅±38.8mm の SIN 波を再現した。静置試験において、低周波帯の性能が優れていた加速度センサ A, B, F, H の振動台実験の結果を図-2 に示す。図-2 より、加速度センサ A, B, F, H の全てにおいて、周波数 0.5Hz の時の加速度成分を検知出来ている事が分かる。



写真-2 静置試験状況

(3) 橋梁主桁の再現実験

供用中の橋梁の下フランジにおいてレーザー変位計で測定した変位記録を基に、振動台にて橋梁主桁のたわみの再現実験を行った。たわみ波形とそれに対応した加速度波形を図-3、図-4 に示す。再現実験の結果を図-5 に示す。加速度センサ B においては低周波帯におけるノイズが少ない為、 1.0×10^{-5} [G] の加速度成分を検知する事が出来ている事が分かる。しかし、加速度センサ B 以外のセンサにおいては、静置状態における低周波帯の加速度成分が 1.0×10^{-5} [G] 付近にあるため、低周波帯における加速度成分の検知は困難となると考えられる。

4. まとめ

橋梁用ヘルスマニタリング、特に活荷重作用時の変位応答の把握に適した加速度センサを選定するため、静置試験及び振動台実験を行った。静置試験の結果、加速度センサの性能には大きく差があり、ヘルスマニタリングに用いるには、適切な性能を有する加速度センサを選ぶ必要がある事が明らかになった。

謝辞: 本研究は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(A)課題番号 25249063)により実施したものである。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 杉崎ほか: 連行荷重を受ける構造物の加速度計測による変位推定方法, 土木学会論文集 A1, vol.69, No.3, 516-526, 2013.
- 2) 松岡ほか: 逐次データ同化を利用した列車走行時の橋梁加速度応答に基づく変位応答推計, 土木学会論文集 A1, vol.69, No.3, 517-542, 2013.

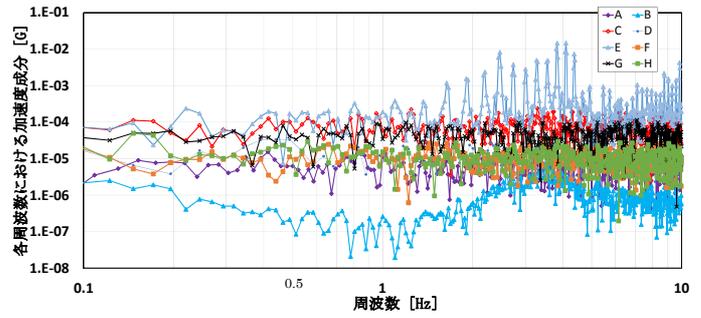


図-1 振幅スペクトル (静置試験)

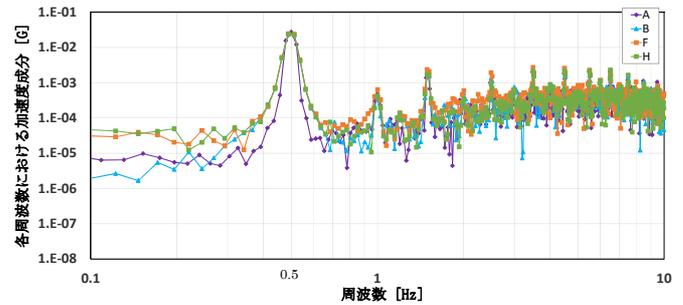


図-2 振幅スペクトル (0.5Hz SIN 波振動台実験)

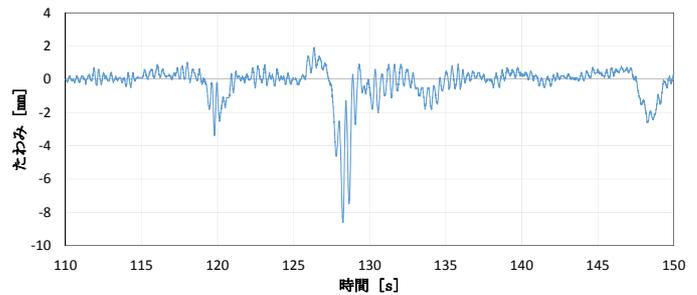


図-3 たわみ波形 (橋梁主桁)

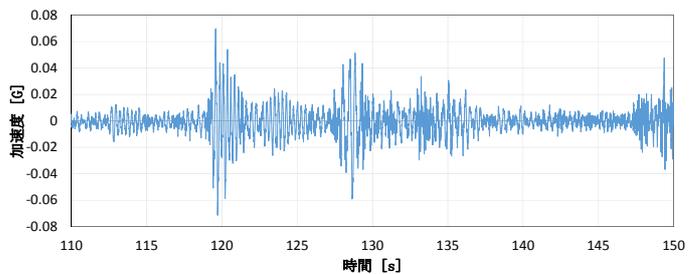


図-4 加速度波形 (橋梁主桁)

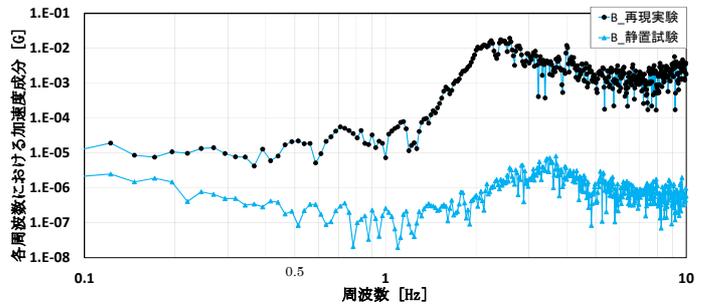


図-5 振幅スペクトル (橋梁主桁の再現実験)