

経験的モード分解を用いた鋼ニールセンアーチ人道橋の減衰特性の検討

東京理科大学大学院	学生会員	木村 公亮
東京理科大学(研究当時)	非会員	前田 恭佑
東京理科大学	フェロー	木村 吉郎

1. はじめに

橋梁の維持管理の重要性が増している。橋梁に損傷等の異常が発生した場合、振動特性に変化が生じる場合がある。そのため、橋梁の振動特性を精度良く知ることができれば、維持管理に活用できる可能性がある。本研究では、振動特性の中でも減衰特性を、経験的モード分解 (Empirical Mode Decomposition:EMD) とランダム減衰法 (Random Decrement:RD) を用いて検討することを目的とした。



図1 ふれあい橋

2. 対象橋梁

本研究の対象としたのは、千葉県流山市の「ふれあい橋」である。スパン 90m(ライズ: 12m 全幅: 6.2m) の鋼ニールセンアーチ形式の人道橋である。

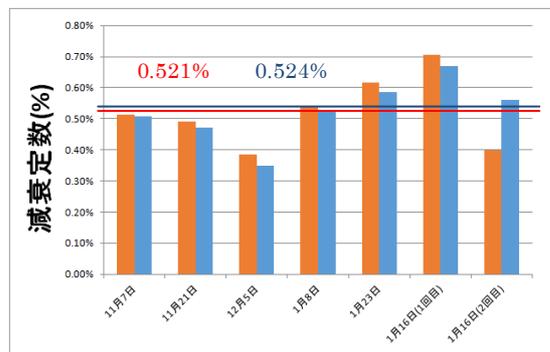
3. 測定および解析手法

測定により得られる1時間の鉛直加速度の常時微動の時刻歴から、RD法により擬似的な減衰自由波形を求め、減衰定数を算出した。本研究では、その過程で、バンドパスフィルタを適用する場合と、EMD法を適用する場合を比較し、EMD法の有用性を検討した。

EMD法を適用する場合、EMD法により常時微動時刻歴を固有モード関数 (Intrinsic Mode Function:IMF) に分解する。そこから求めたい固有振動数成分を持つIMFを抽出し、複数 (2~3) 個を合成する。その合成したIMFについて、RD法を用いて減衰定数を求めた。常時微動計測はサーボ型の加速度計 (共和電業製、サーボ型加速度計「ASQ-D-2」) を用い、L/2地点において2014年の11月7日、11月21日、12月5日と2015年の1月8日、1月23日の計5回実施した。また、L/4地点において1月16日に2回実施した。

4. 測定結果

L/2、L/4 地点で得られた常時微動時刻歴について、それぞれスペクトル解析を行った結果、最も大きいピークを示す振動数は全て 2.03Hz であった。そこで、全7回において振動数 2.03Hz 成分の減衰の同定を、EMD 法の場合と、バンドパスフィルタを用いた場合で試みた。EMD 法の場合、EMD 法によって、常時微動時刻歴をいくつかの IMF に分解。そのうち、振動数 2.03Hz 成分を含む IMF のみを合成することにより、2.03Hz 成分の減衰の同定を試みた。また、バンドパスフィルタを適用する際のバンド幅は、求めたパワースペクトルから毎回目視により決めたが、大体 0.2~0.4 m/s² 付近であった。どちらの場合にも、RD 法を用いるにあたり基準振幅 a₀



青の横線: 全7回の平均(EMD 法の場合)
赤の横線: 全7回の平均(バンドパスの場合)

図2 各回の平均減衰定数

キーワード 経験的モード分解, ふれあい橋, 動的特性, 対数減衰率, 固有モード関数

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501(代)

の値を $0.1\sim 0.2\text{m/s}^2$ (0.01 m/s^2 刻み)を変化させ、その導出した擬似的な減衰自由波形から減衰定数を求めた。各回での異なる基準振幅 a_0 に対する値の平均値を、バンドパスフィルタを適用した場合と EMD 法を適用した場合についてそれぞれ求め図 2 に示す。

L/2 地点: L/2 地点で全 5 回の常時微動計測を行った。各回において、どちらの場合も差はあまりなかった。全 5 回の計測の内、平均減衰定数は 11 月 7 日, 11 月 21 日, 1 月 8 日の 3 回において類似した値が得られた。また図 3 に示した, 1 月 23 日において、基準振幅 a_0 に対する、減衰定数の値が、EMD 法の場合とバンドパスフィルタを用いた場合で大きな違いがみられた。

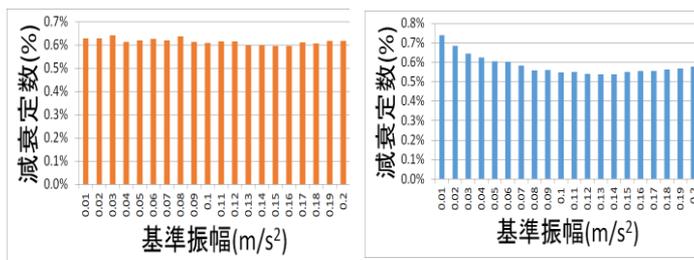
L/4 地点: 全 2 回で最も大きいピークを示す振動数は 2.03Hz であったが、L/2 地点のスペクトルと比べると、ピーク時のスペクトルは小さかった。これは、L/2 地点で最も振幅が大きくなる振動モードが発生しているためだと考えられる。それぞれについて基準振幅を変化させて、減衰定数を求めた結果を図 4、図 5 に示す。RD 法を適用した際の波形の重ね合わせ回数は、EMD 法の場合は、全ての基準振幅で 1000 回以上であったが、バンドパスフィルタの場合は、基準振幅 0.08 m/s^2 以下で 1000 回以上となり、 0.09 m/s^2 以上は 1000 回以下となった。2 回の計測は、ほぼ連続した 2 時間で実施したが、得られた減衰定数の値は有意に異なっているように見える。

5. まとめ

EMD 法またはバンドパスによりフィルターした時刻歴に RD 法を適用して得られた減衰定数は、全体的には概ね一致しているが、基準振幅の違いに対する傾向や値が異なる場合もあった。また、連続した計測でも、得られる減衰定数が異なる場合があった。こうした違いが、減衰定数の特性そのものに起因するのか、それともデータの分析法が原因なのか、さらに検討が必要と考えられる。また EMD 法は、IMF への分解が波形に従って行われるため、それぞれの IMF の周波数帯が測定された時刻歴波形によって変わる。こうした特性を持つ EMD 法を用いて時刻歴をフィルターすることの精度への影響も検討が必要である。

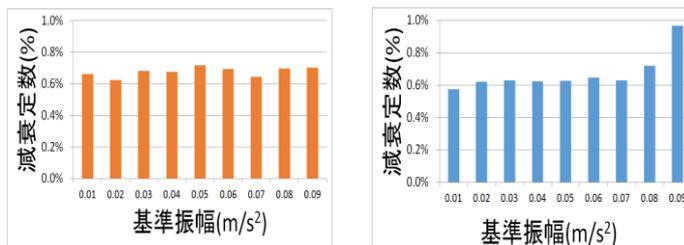
参考文献

1) 田村, 佐々木, 塚越, “RD 法による構造物のランダム振動時の減衰評価”, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 454 号, 1993 年
 2) N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C. C. Tung and H. H. Liu, “The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis,” Proceedings of the Royal Society of London, A454, pp.903-995, 1998



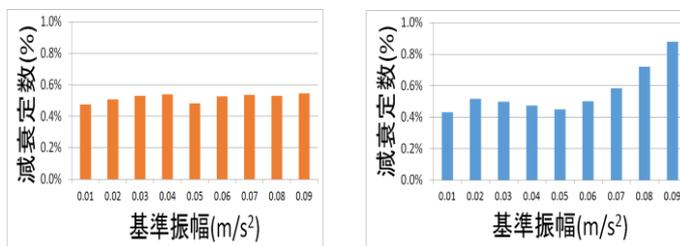
(a) EMD 法の場合 (b) バンドパスの場合

図 3 基準振幅 a_0 の違いによる減衰定数の違い(1月23日)



(a) EMD 法の場合 (b) バンドパスの場合

図 4 基準振幅 a_0 の違いによる減衰定数の違い(1月16日, 1回目)



(a) EMD 法の場合 (b) バンドパスの場合

図 5 基準振幅 a_0 の違いによる減衰定数の違い(1月16日, 2回目)