

第 I 部門

気温変動に着目した歩道橋の長期振動モニタリング

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 京都大学大学院 正会員 金 哲佑
 神戸大学大学院 学生員 尾崎 隆弥 神戸大学大学院 学生員 利波 立秋
 神戸大学工学部 学生員 ○伊勢本 遼

1. はじめに

近年，戦後から高度経済成長期に建設された橋梁の劣化・老朽化が問題となっている。また，日本において，トラス斜材の破断や高速道路ジャンクションの曲線桁橋において支承セットボルトの破断などが報告されており，橋梁の安全性に対する意識が高まっている。それに伴い，橋梁におけるヘルスマニタリングに注目が集まっている。通常，構造物においては，部材の損傷や劣化は，固有振動数，減衰比や振動モード等の振動特性の変化として現れると報告されており¹⁾，構造物の振動特性の長期的変化に着目した長期振動モニタリングは異常診断の技術として有効であると考えられる。しかしながら，振動特性は風や交通，気温などといった外的影響によっても変化すると報告されており²⁾，長期振動モニタリングによる異常診断を行う上で，外的影響を考慮することは必要である。よって本研究では気温変動に着目し，その他の外的影響が比較的少ない歩道橋を対象に長期振動モニタリングを行い，振動特性の変化を検討することを目的とする。本研究では，約1年間の振動モニタリング結果について報告する。着目する振動特性として振動数，減衰定数について検討する。振動数，減衰定数ともARモデルを用いて推定する³⁾。

2. 歩道橋実験概要

本研究の対象橋梁は，神戸大学構内の歩道橋で，Fig. 1に示すような橋長32.4m，支間長31.8m，有効幅員3.75mの単純鋼床版I桁橋である。有線加速度計を5台，動ひずみ測定器を2台用いる。サンプリング周波数は100Hz，10分間の計測を1セットとし3セット行う。各測点をFig. 2に示す。振動計測は'08年8月，'09年2月，8月，9月，10月，11月，12月，'10年1月の計7回行う。

3. 加速度波形とFFT分析結果

計7回行った振動実験のうち，例として'08年2月，'09年8月の測点Iにおける3セット目の加速度波形とフーリエスペクトルをFig. 3に示す。気温は気象庁の神戸市のデータを参考にしたものである。

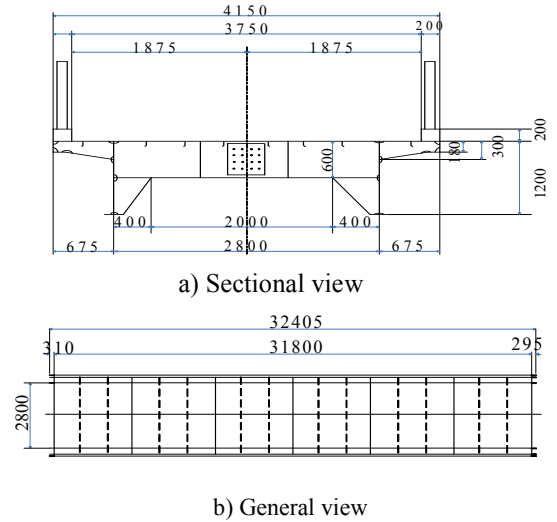


Fig. 1 Observation bridge

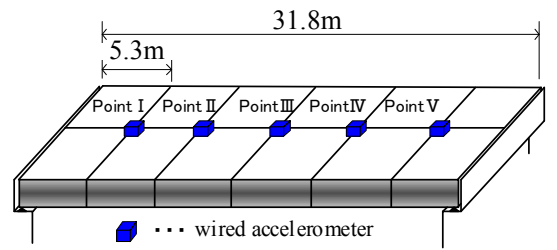
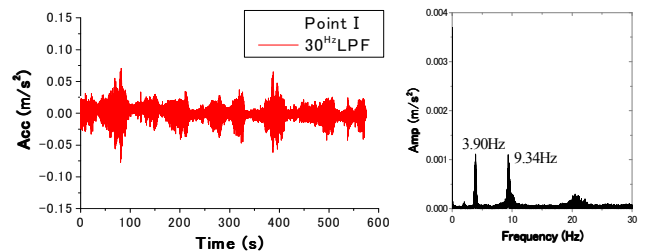
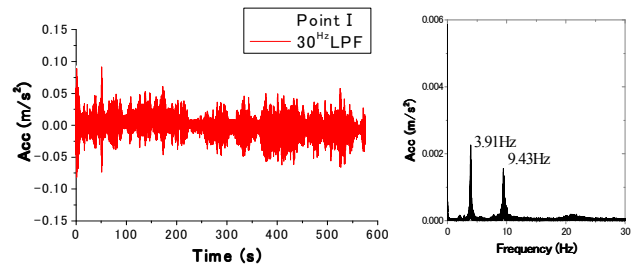


Fig. 2 Observation points



a) 31.8°C (August, 2008)



a) 6.9°C (February, 2009)

Fig. 3 Accelerations and Fourier spectra

4. 気温変動と固有振動数の変化の検討

FFT 分析結果と AR モデルによる推定結果を用いて気温変動と固有振動数変化の相関について検討を行う。5 測点, 3 セットの一次固有振動数, 二次固有振動数の平均と気温の関係を表したグラフをそれぞれ Fig. 4 と Fig. 5 に示す。ただし, FFT 分析結果, AR モデルによる推定結果とも, 99%信頼区間より上界, 下界を求めプロットしている。気温が上昇するにつれて一次固有振動数, 二次固有振動数ともに減少する傾向にあると言える。この傾向は既往の研究と一致する傾向である²⁾。一部, 傾向から外れている実験結果があり, 今後も検討が必要と考える。

5. 気温変動と減衰定数の変化の検討

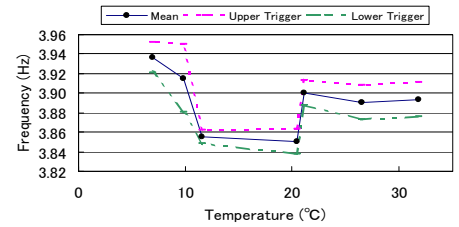
振動数の気温変動に対する変化量は微少であった。そこで, 損傷に対する感度は高いが, ばらつきが大きい減衰定数についても振動数と同様にして気温変動に対する変化を検討する。10 回推定, 5 測点, 3 セットの減衰定数の平均を Fig. 6 に示す。ただし, 一次モード減衰定数, 二次モード減衰定数とも, ばらつきが大きいので, 振動数と同様にして, 99%信頼区間より上界, 下界を求めプロットしている。気温が上昇するにつれて一次モード減衰定数, 二次モード減衰定数とも増加する傾向にあると言える。一方, 振動数と同様, 一部傾向から外れている実験結果も現れている。

6. まとめ

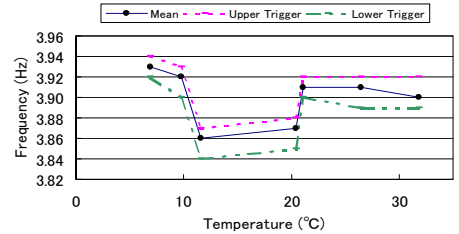
本研究では, 外的影響の中でも気温変動に着目し, その他の外力が比較的少ない歩道橋を対象に 1 年間の振動モニタリングを行い, 固有振動数と減衰定数の変化を検討してきた。固有振動数については気温が上昇するにつれて減少する傾向となった。また, 減衰定数については気温が上昇するにつれて増加する傾向となった。しかし, 固有振動数, 減衰定数とも傾向から外れる実験結果もあり, その原因については, 現在も検討中である。今後も振動計測を継続して行い, こうした傾向から外れる結果が, データの異常によるものであるのか, もしくは対象橋梁の特性であるのかについて検討を行う必要があると考える。今回は, 固有振動数と減衰定数に着目し検討を行ったが, 振動モードに関しても検討を行っていく予定である。また, 気温変動と振動特性の変化を把握し, 閾値の設定などに組み込んでいきたいと考える。

【参考文献】

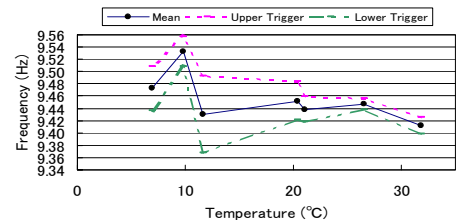
- 1) H. Wenzel, and D. Pichler: Ambient Vibration Monitoring, John Wiley & Sons, p. 77, 2006.
- 2) Jeong-Tae Kim, Jae-Hyung Park, Byung-Jun Lee: Vibration-based damage monitoring in model plate-girder bridges under uncertain temperature conditions, Engineering Structures, Vol.29, pp. 1354-1365, 2007.
- 3) 川谷, 金, 郝, 岡林: 中小スパン橋梁の振動モニタリングに着目した模型走行実験と多次元 AR モデルの適用, 土木学会第 63 回年次学術講演会概要集, 1-570, pp.1157-1158, 2008.9.3.



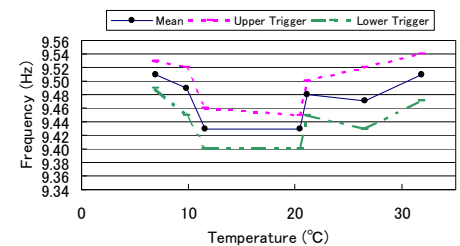
a) Frequencies from FFT



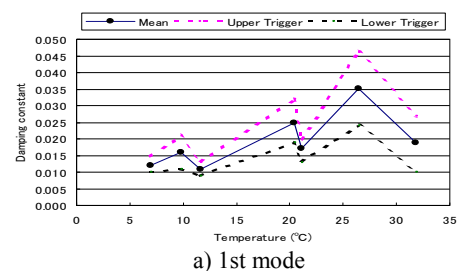
b) Estimated frequencies by AR model
Fig. 4 Variation of 1st mode frequency according to temperature



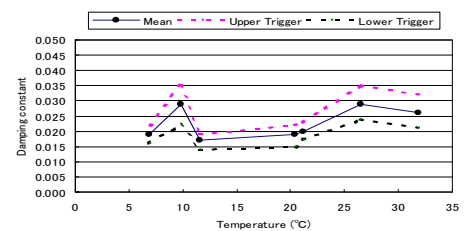
a) Frequencies from FFT



b) Estimated frequencies by AR model
Fig. 5 Variation of 2nd mode frequency according to temperature



a) 1st mode



b) 2nd mode

Fig. 6 Variation of damping constant estimated by AR model according to temperature