

実橋梁における温度変化による振動特性の変化に関する定量的評価

長崎大学大学院 学生会員 ○小島孝仁 長崎大学大学院 正 会 員 奥松俊博
長崎大学大学院 正 会 員 中村聖三 長崎大学大学院 正 会 員 西川貴文

1. はじめに

橋梁の振動特性の変化から健全度診断を行う手法が多く用いられている。振動特性の変化は損傷などの健全度に関わる要因以外にも常時の環境因子によって変化することが確認されている。そこで本研究では温度変化による固有振動数の変化に着目し、実測で得られた相関関係に対して詳細なメカニズムを明らかにすることを目的とする。その際、温度変化によって橋梁全体の剛性や減衰が変化することによって固有振動数が変化すると仮定し、計測と解析の結果から振動数特性の変化を定量的に評価する。

2. 対象橋梁と計測概要

本研究における対象橋梁は長崎県内に位置する鋼中路ローゼ橋(桁長 134.8m)で、平成 26 年 11 月～平成 27 年 12 月にわたり長期の連続計測を行った本研究においては温度変化による影響を詳細にみるため、1 月 1 日～3 日、9 月 3 日～5 日の夏季と冬季のそれぞれ 3 日間の橋体温度と鉛直加速度のデータを使用し温度変化による影響について検証する。温度計サーミスタ(赤)および加速度計(緑)の設置位置を図-1 に示す。

3. 計測結果

次に計測により得られた加速度データに対して AR モデルによる振動数の推定を行った結果を示す。加速度データは図-1 の加速度計 A2 の鉛直加速度データを使用した。温度データは全計測点のデータの平均として評価した。図-2 に夏季、図-3 に冬季の 1 次振動数を示す。グラフより、どちらの計測期間においても固有振動数と温度の間には負の相関が見られ、2 次および 3 次の振動数においても同様の結果がみられた。温度と固有振動数の変化について詳細にみるために図-4 に温度に対する各次固有振動数の分布を示す。1～3 次の振動数いずれにおいても温度が上昇すると固有振動数が減少する傾向がみられた。また、夏季と冬季における固有振動数の差については表-1 に示すように 1 次振動数が最も大きく、各次平均として 1.1Hz の変化がみられた。

4. 固有振動数変化に関する検討

固有振動数の変化の要因として、損傷や劣化が発生しやすい支承の回転拘束度の変化が考えられる。そこで、対象

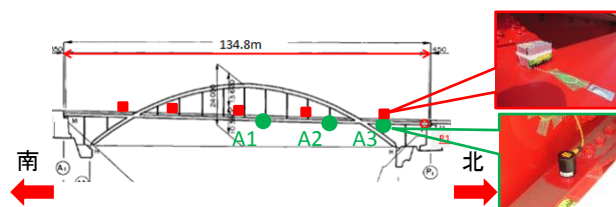


図-1 計測機器設置位置

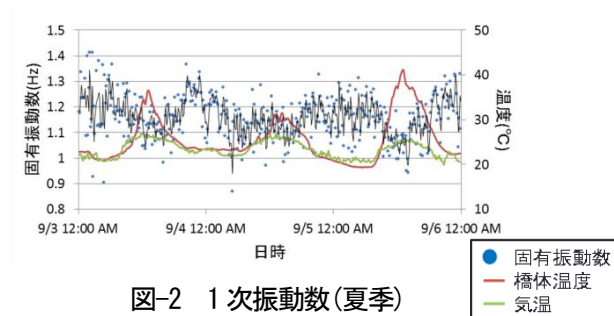


図-2 1次振動数(夏季)

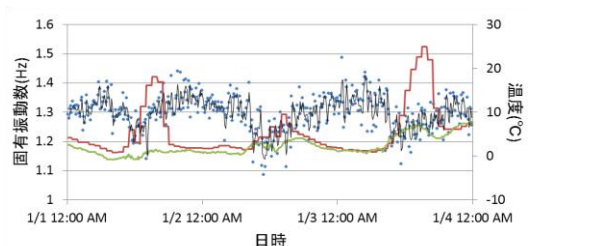


図-3 1次振動数(冬季)

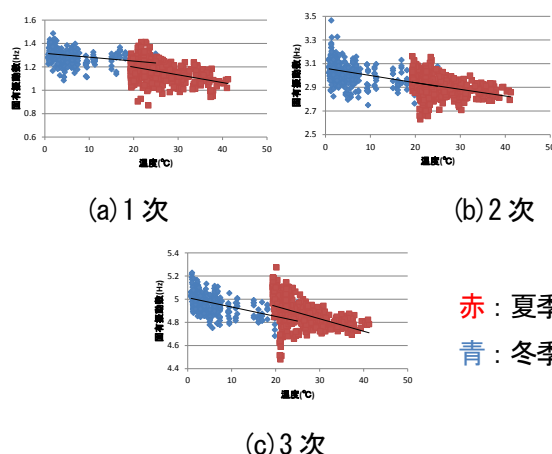


図-4 温度変化に対する各次固有振動数

表-1 固有振動数

	夏季	冬季	
	平均値	平均値	差
1次(Hz)	1.16	1.30	0.13
2次(Hz)	2.91	3.03	0.12
3次(Hz)	4.88	4.97	0.09
橋体温度(℃)	25.60	5.41	20.19

橋梁に対して行った荷重車走行試験結果と土木専用構造解析ソフト Midas Civil を用いて解析を行った結果をもとに支承の拘束度を定量的に評価し、拘束度の変化による固有振動数の変化を見る。Midas Civil を用いて作成したモデルを図-5 に示す。表-2 に荷重車走行試験によって得られた補剛桁ひずみより算出した軸力と支承周りのモーメントの釣り合いから算出した支承の曲げモーメントを示す。また、表-3 には支承の位置にばね支承を挿入し行った解析結果を示す。解析に関しては、ばね支承の拘束度を変化させて拘束度を上げながら解析を行った。これらの結果より対象橋梁の支承の拘束度をばね定数として定量的に評価するとおおよそばね定数 $400000\text{kN}\cdot\text{m}/[\text{rad}]$ で計測結果と一致した。同様に上記のばね定数に設定のもとで固有値解析を行った結果のモード図を図-6、固有振動数を表-4 に示す。実測結果と比較すると、1 次モードに関してはおおむね一致しているが、実測値における 2 次、3 次振動数はモードの形状から 3 次モードが計測点の節に位置しているため、実測値の 2 次、3 次振動数は解析値における 4 次、5 次モードの結果と一致していると考えられる。また、各次の振動数で若干の誤差があるのは解析モデルの床板、アスファルト等の剛性を考慮していなかったためであると考えられる。

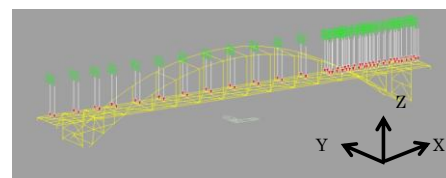


図-5 解析モデル

表-2 荷重車走行試験結果

ケース	補剛桁軸力(kN)	支承曲げモーメント(kN・m)
1	66.08	32.42
2	69.78	32.87

表-3 ばね定数変化に対する各解析結果

ばね定数 ($\text{kN}\cdot\text{m}/[\text{rad}]$)	補剛桁軸力(kN)	支承曲げモーメント(kN・m)
160000	71.77	-17.65
400000	72.94	-33.91
800000	74.07	-48.98

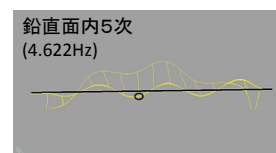
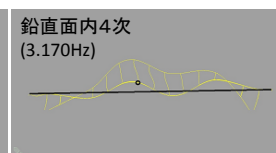
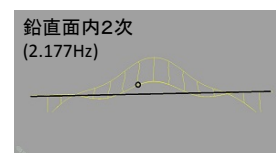
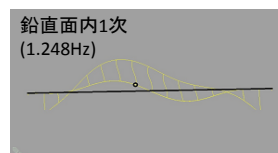


図-6 固有振動モード図

表-4 固有振動数比較(解析値・実測値)

鉛直面内モード	解析値	実測値
1次	1.249	1.231
2次	2.177	
3次	3.047	
4次	3.170	2.968
5次	4.622	4.925

表-5 減衰定数(実測値)

	1次	2次	3次
冬季	0.038	0.055	0.075
夏季	0.036	0.050	0.071

5. 減衰定数の推定

次に、加速度の実測データから AR モデルにて減衰定数を推定した結果を表-5 に示す。実測から得られた減衰定数は高次になるにつれて増加する傾向がみられる。また、夏季と冬季で比較すると各次の振動数において冬季の方が高い値となった。以上より減衰定数の変化に関しても温度変化に依存していると考えられる。

6. まとめ

本研究において、実橋梁における橋体温度の変化と固有振動数変化の間に負の相関性を見出すことができた。解析による結果から支承の回転拘束の変化に伴う固有振動数の変化はみられなかった。その要因として、①解析モデルの床板、アスファルト舗装等の剛性を考慮していなかったこと。②風や車両通行などの外乱的な影響を受けていること。などが考えられる。また、減衰定数に関しても固有振動数同様、温度変化に対して負の相関が見られた。また減衰定数は高次になるにつれて増加する傾向がみられた。今後は、モデルの再検討および外乱的な影響の考慮することにより詳細な分析を行い温度変化による固有振動数変化および減衰定数の変化をより定量的に評価する手法を見出すことが必要である。

参考文献

奥松俊博：ソールプレート補強に伴う中路アーチ橋の振動計測，第 23 回鋼構造年次学術講演会，2015，p147-p153