

損傷の発生した橋梁の補修前後および温度変化に伴う固有振動数の変化

長崎大学 学生会員○松本拓賢 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
長崎大学大学院 学生会員 小島孝仁 長崎大学大学院 学生会員 毛利淳樹

1. はじめに

現在供用されている橋梁の多くは高度経済成長期に架設されたものの割合が高く、維持管理の重要性が年々増している。さらに、交通量の増大、車両の大型化などの影響により損傷発生の可能性が増している。橋梁健全度診断の分野では、振動特性の変化から健全度を評価する振動モニタリングに関する研究がこれまで行われてきているが、局所的な部材の損傷また補強によって生じる振動数の変化の割合は小さいと考えられている。本研究では、損傷の発生した橋梁の補修工事前後の桁鉛直方向の加速度を連続的に計測し、AR モデルで固有振動数を推定した。補修工事および温度変化に伴う固有振動数の変化について検討を行った。

2. 対象橋梁および振動計測の概要

対象橋梁は長崎県内の中路ローゼ橋（橋長約 210 m）（図-1）であり、P1 橋脚部固定支承部におけるプレートを接合する 4 本のボルトのうちの 1 本の破断、またソールプレート 4 隅のき裂発生が確認された。2014 年 9 月、当該箇所に対する補修工（応急対策工：ソールプレート部の補強）が行われ、その前後に原因究明に向けた各種の計測が行われている。本報告で対象とする計測項目は、桁鉛直方向の加速度（計 3ch）、橋体温度（計 4ch）であり、それら各センサー設置位置は図-1 に示すとおりである。使用した加速度計は圧電型（TEAC 710）を使用し、サンプリングレート 100Hz で 5 分ごとに保存した。計測状況を図-2 に示す。

橋体温度は、当該橋の橋軸が南北よりであることから、橋体温度の時間的変化をとらえるために東西各支承周辺の内外側に熱電対（K タイプ）を設置した。計測期間は、補修工事前において 8/21～9/18、補修工事後において 11/8～12/8 の各約 1 ヶ月とした。補修前後の代表的な温度変化の例として、8/22 および 11/10 の各 1 日の温度変化の時間的推移を図-3 に示す。後者は同時刻において 10℃程度温度が低下している様子が認められるが、熱電対設置位置ごとの温度変化の傾向はおおよそ同じである。

3. AR モデルによる構造振動特性の推定

本研究では、固有振動数の同定に AR モデル¹⁾を適用した。AR モデルは、過去のある区間のデータからその特性値を同定するものであり、ここでは 30 秒（3000 個）ごとの加速度データから 1 組の固有振動数を推定・抽出する。なお AR 次数は経験的な数値を用いて 60 に設定した。

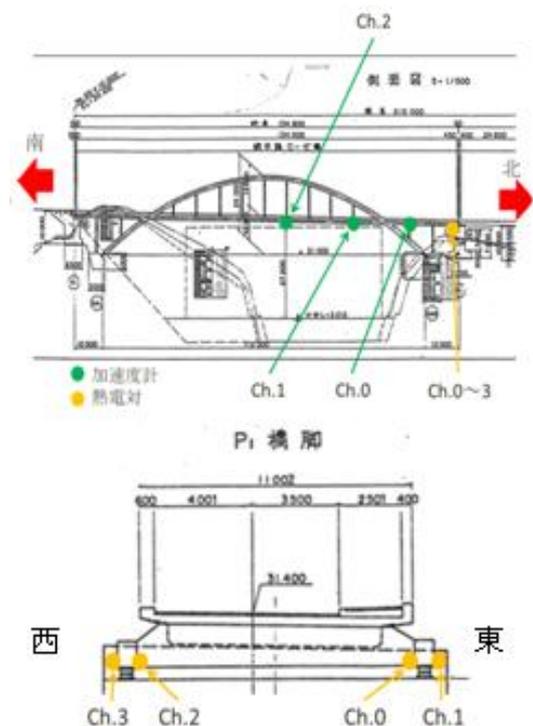


図-1 計測器設置位置
（上：一般図／下：断面図）



図-2 計測状況

AR モデルでは, SI-SO (Single Input-Single Output) に基づく計算を行っているため, 局所的な振動に起因して, ch 毎の同定結果 (固有振動数) には若干の差異が生じる. そのため, ここでは, 比較的安定して固有振動数が同定できた ch1 の結果 (計測日: 8/22) について検討を行う. 図-4 は AR モデルで推定した固有振動数推定結果 (ch1) であり, 縦軸は振動数 (Hz), 横軸は推定回数である. 図のように, 1, 3, 5, 6.5, 8.5 Hz 付近に固有振動数の存在が認められ, 便宜的にそれぞれ 1~5 次とするが, 高次になるほどばらつきが大きくなるため, 検討対象次数は 3 次までとする.

4. 計測結果

温度変化による固有振動数の変化の傾向を把握するため, 温度の高い時間帯 (昼) と温度の低い時間帯 (夜) に大別し, 1~3 次の固有振動数の統計値 (平均値, 標準偏差, 変動係数) を求めた (表-1). 表-1 中の変動係数より, 1 次の固有振動数は, 他次数に対して比較的ばらつく傾向にある. また昼の方が全体的にばらつく傾向にあるのは, 交通車両の影響によるものと考えられる.

1) 温度変化による影響

固有振動数は, 補修前後それぞれにおいて, 昼より夜の方が全体的に大きくなる傾向が確認されている. 変化率は 1 次が 10% 程度, 3 次が 3% 程度であった. 過去の研究結果¹⁾と同様な傾向を示しており, それらは, 温度低下に伴う部材伸縮に対して支承拘束あるいはアーチによる拘束が働いているのが理由ではないかと推測できる.

2) 補修による影響

一方, 補修前後で見比べると多少の変化はあるが, 全て標準偏差内に収まっており, 補修工事前後における固有振動数の変化について大きな差が見られない. 今回示した一部のセンサーからの解析結果によると, 支承部のソールプレートの局所的な補強程度では, 固有振動数は変化しないという結果が得られたことになる. ただし, 車両走行の影響を含めて検討項目が現時点では十分ではなく, さらには温度変化による影響の分離, あるいは, 他 ch のセンサー情報を用いた解析等不十分であり, これらの結果は講演時に補足をする予定である.

5. まとめ

本研究の結果からは, 補修工事前後で固有振動数の変化はほとんど見られなかった. 今回の結果には補修前後の温度変化における部材伸縮等の影響を考慮していないため, これらについても考慮しなければならない. 前章で不確定要素についての補足をしたが, 車両走行の影響の分離を含め適切に評価関してする必要がある. 本計測は, 長崎県の関係各位のご協力を得て実施したものである. ここに記して謝意を表す.

【参考文献】1) 奥松ほか: 橋梁遠隔モニタリングシステムによる鋼ランガートラス橋の固有振動数の推移観測, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.844-852, 2007.

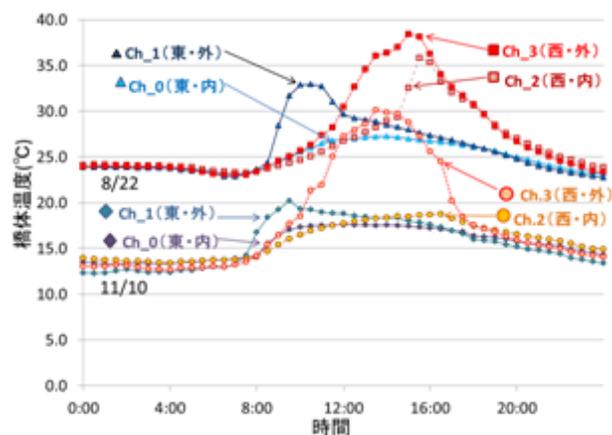


図-3 橋体温度の 1 日の変化
(上: 8/22 / 下: 11/10)

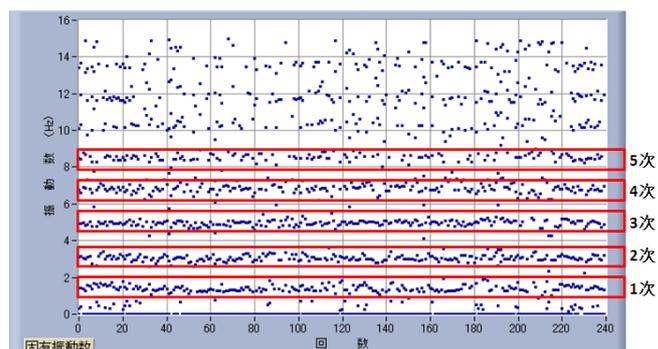


図-4 AR モデルによる固有振動数の推定結果 (ch1)

表-1 固有振動数の変化

	次数	補修工事前			補修工事後		
		平均値(Hz)	標準偏差(Hz)	変動係数(%)	平均値(Hz)	標準偏差(Hz)	変動係数(%)
昼	1次	1.209	0.184	15.2	1.126	0.15	13.3
	2次	2.944	0.146	5.0	2.927	0.152	5.2
	3次	4.792	0.195	4.1	4.777	0.189	4.0
夜	1次	1.326	0.124	9.4	1.284	0.096	7.5
	2次	2.939	0.117	4.0	2.996	0.145	4.8
	3次	4.957	0.138	2.8	4.936	0.156	3.2