

長期モニタリングによる少数主桁橋の動的応答特性の経年変化と補修工事の影響

Investigation of aging and repair work on dynamic characteristics of a minor girder bridge by long term monitoring

北見工業大学大学院 学生員 ○柴田 祐貴
北見工業大学 正会員 宮森 保紀
日本航空電子工業(株) 正会員 富岡 昭浩

北見工業大学大学院 学生員 吉中 正滋
日本航空電子工業(株) 大胡 拓矢
長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

1. はじめに

橋梁の健全度診断(SHM)に関してはこれまで多くの研究が行われているが、近年センシング技術やデータ処理技術の高度化により、多量のデータを長期間にわたって蓄積できるようになってきた。これまで著者らは北海道北見市内の橋梁で2016年から長期モニタリングを行ってきたが、2019年に補修工事が行われた際の状態変化が橋梁の振動特性に与える影響を分析したのでその結果を報告するものである。

2. 対象橋梁とモニタリング内容

対象とした橋梁の外観を図-1に示す。対象橋梁は、2007年に架設された北見市内にある橋長212mの4径間連続鋼合成少数主桁橋である。計測対象の第4径間(支間長35m)は、2主桁となっており、3軸加速度計(JA-70SA)を5基、温度計(RTR-502)を9基設置している。本研究では、加速度計は2016年8月4日から、温度計は、2018年5月16日から計測し、2020年2月20日までの計測データを利用する。加速度計、温度計の配置を図-2に示す。加速度計のサンプリング周波数は1000Hzとし、10分間の測定データを1単位として後述する振動解析を行った。温度計は10分に1回計測をしている。

本橋では2019年9月2日から12月2日の期間でG-1側の壁高欄の補修工事が行われた。図-3に工事期間中に設置された吊り足場を示す。この工事ではコンクリートの剥離が発生している壁高欄に対し、図-4のように表面30~35mmをはつり、断面を修復した。

3. 部材温度の変動

部材温度の経年変化を図-5に示す。図-5(a)はG-3側の桁に設置した温度計1、図-5(b)はG-1側に設置した温度計4の計測結果である。南側の温度計1は9月1日から翌年の4月14日まで日射を受けるため温度上昇が大きい。温度計4はアメダス北見観測点の気温²⁾と同様の変動をしている。2018年と2019年で温度変化の傾向は変わらないが各測点での部材温度の年平均は2019年のほうが約1℃高く、アメダス観測値と同様の傾向である。

4. 固有振動数の変動

固有振動数の算出は膨大なデータを高速に処理するために10分間ごとの加速度波形に対してフーリエスペクトルを求めピークピッキング法を用いた²⁾。この際、ス



図-1 対象橋梁

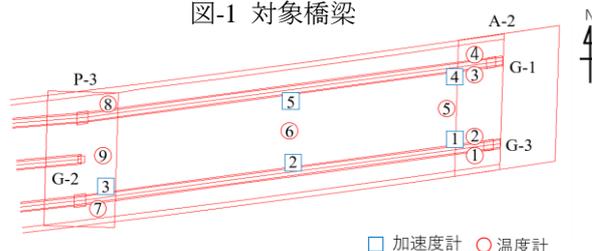


図-2 計測機器の配置



図-3 吊り足場

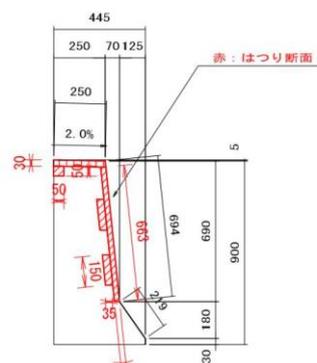
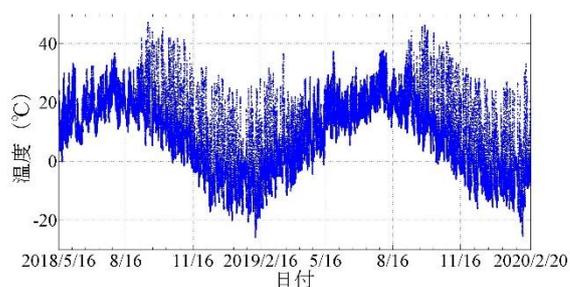
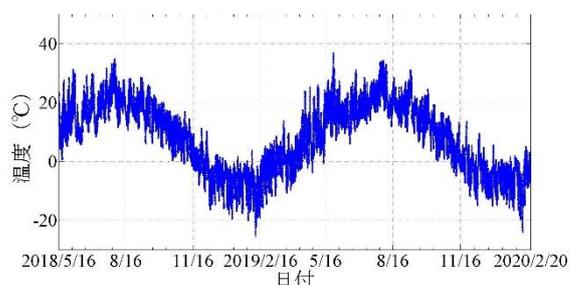


図-4 壁高欄補修概要



(a) 温度計1(G-3主桁)



(b) 温度計4(G-1主桁)

図-5 部材温度の変動

キーワード 長期モニタリング, 振動特性, 補修工事

連絡先 〒090-8507 北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9472 (宮森保紀)

ペクトルのピークが経時的に変動するため、モードごとに振動数の検索範囲を決め、その範囲内で抽出された卓越振動数の平均を固有振動数とした。このうち低次の4モードについて表-1にまとめ、3次モードと4次モードについてモード形状を図-6に示す。

表-1 固有振動数とモード形状

モード	検索範囲 (Hz)	固有振動数(Hz)	モード形状
1	1.5-2.0	1.73	鉛直曲げモード
2	2.6-3.1	2.88	鉛直曲げモード
3	3.4-3.8	3.65	鉛直曲げモード
4	3.8-4.3	4.01	鉛直ねじれモード 橋軸直角曲げモード

卓越振動数の変動について、図-7(a)に3次モードでの加速度計5における鉛直方向の経時変化、図-7(b)に4次モードでの加速度計5における橋軸直角方向の経時変化を示す。卓越振動数の年変動は冬季の部材温度低下時に高くなり、夏季の部材温度上昇時に低くなる。さらに、図-8に補修工事期間中の2019年9月21日から11月6日とその前年、図-9に補修工事後の2020年1月10日から2月19日とその前年の温度計1の温度に対する卓越振動数の関係を示す。鉛直曲げモードとなる3次モードでは該当期間での卓越振動数による回帰直線は概ね一致した。一方で4次モードのように橋軸直角方向に卓越するモードでは、補修工事期間では0°Cで卓越振動数が前年より0.063Hz低下し、補修工事後については0.040Hz上昇していた。

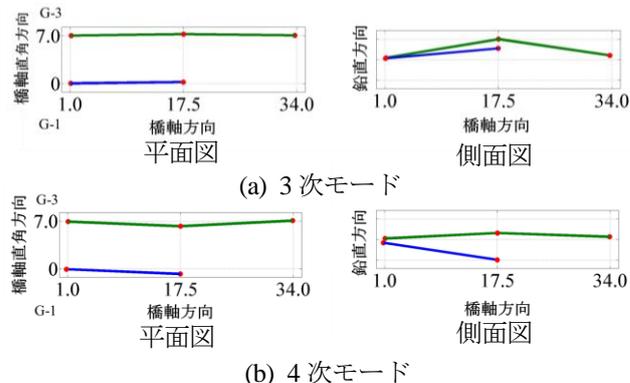


図-5 第4径間のモード図

このような変化は壁高欄のはつりおよび断面の修復により剛性が変化したことが考えられる。補修工事では吊り足場が設置されたため、これによる質量や剛性の増加も考えられるが橋梁全体の質量に対して、吊り足場の質量は小さく、また、吊り足場の単管パイプは連続していないため曲げ剛性にはほとんど寄与していないと考えられる。一方、はつりによる壁高欄の断面減少は中立軸から距離がある水平曲げ方向に影響を与え、振動数の低下として表れたものとして考えられる。

5. まとめ

本研究では長期モニタリングによる経年変化とモニタリング中に実施された補修工事による動的応答特性への影響を調査した。対象橋梁での壁高欄の補修工事による状態変化では、橋軸直角方向に卓越するモードにおいて卓越振動数の変動が表れた。今後の課題は計画されているG-3側での壁高欄の補修工事でも同様の傾向が発生するか確認したうえで、損傷同定への適用について検討する。また、壁高欄の劣化を数値モデルで再現し、実際の損傷を想定した解析を検討する。

謝辞：本研究の長期橋梁計測に際しては、国土交通省北海道開発局網走開発建設部北見道路事務所に協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 気象庁：過去データ，
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>，2020。
- 2) 吉中正滋，宮森保紀，大胡拓矢，富岡昭浩，宮下剛：長期モニタリングによる鋼桁橋の部材温度が動的特性に与える影響，令和元年度土木学会北海道支部論文報告集，第76号，A-13，2020。

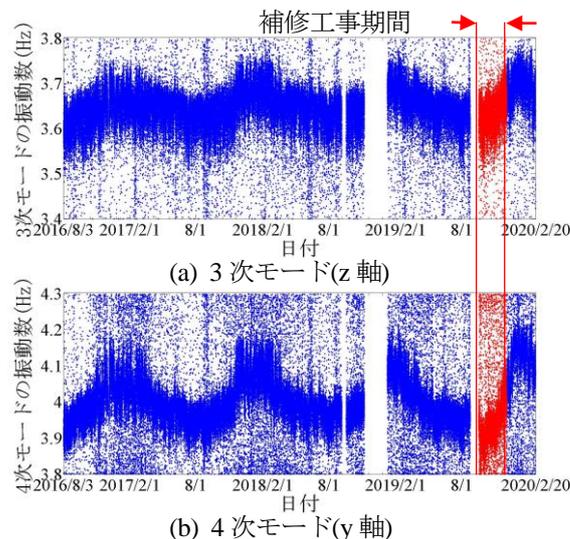


図-7 固有振動数の変動

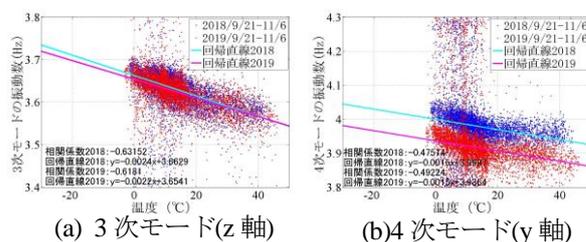


図-8 固有振動数と部材温度の補修工事期間との比較

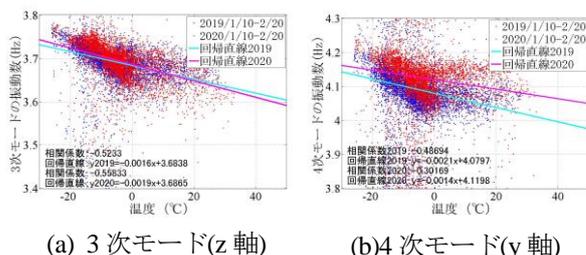


図-9 固有振動数と部材温度の補修工事後での比較