

継続計測に基づく鋼ランガートラス橋の横桁取付部の損傷と橋体振動の関連性に関する考察

長崎大学工学研究科 学生会員 古家仁成
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 正会員 奥松俊博

1. はじめに

鋼ランガートラス橋の横桁とトラス鉛直材の接合部にき裂が発生した事例（図1）において、当該の損傷の主たる原因は交通荷重の繰り返し作用であると推察されている。一方で、当該橋梁は、夏季の台風や冬季の季節風などの強風の影響を受けやすい環境にあり、風の作用による橋体振動が損傷に関与している可能性も考えられる。そこで、本研究では橋体振動と疲労損傷の関連性を明らかにすることを目的として一定期間にわたる実橋計測を実施するための計測環境を構築し、橋体振動の発生状況と橋体振動時の応力変動状況を把握することで発生した損傷と橋体振動の関連性を分析した。

2. 継続計測環境の構築

本研究における計測の主眼は振動発生時のき裂近傍の応力変動状況の把握である。そこで、①橋梁全体系の振動、②振動発生時の応力（ひずみ）変動の2項目を計測対象とした。まず、3次元弾性梁要素でモデル化された対象橋梁のモデルの固有値解析を実施した。表1に得られた固有振動数を示す。橋梁全体系の振動モードの節とならない点である径間1/2点、径間1/3点、径間1/4点、径間1/5点を加速度計測位置に選定した。また、径間1/2点と径間1/4点においては橋軸直角・水平方向の加速度も計測項目とし、合計6点の計測点を設定した。

応力変動の計測点については、前回調査時のレインフロー法による発生応力振幅の頻度の集計結果をもとに、大きな応力変動と発生頻度が確認された端横桁と中間横桁のき裂先端部および関連する中間横桁の無損傷部位の観測点を選定した。併せて、加速度計測点近傍の横桁取付部における応力変動についても計16点の計測点を設定した。各計測点の位置を図2に示す。

また、本計測では一定期間にわたって継続計測を実施する計測環境構築のため、図3に示すように対象橋梁と計測拠点間をインターネットで接続し、データの送受信を行う遠隔計測システムを構築した。これにより現地で計測・集録したデータの取得と計測・集録状況のリアルタイムでの把握が可能となった。

3. 橋梁全体系の振動計測結果

2022年12月から2023年1月かけて計測された加速度応答の10分間RMS値を定量的指標として振動強度を比較した。図4に

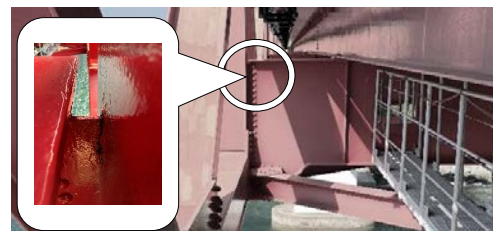


図1 き裂発生状況の一例

表1 固有振動数

モード	固有振動数 [Hz]
2次	1.083
4次	2.730
6次	5.065

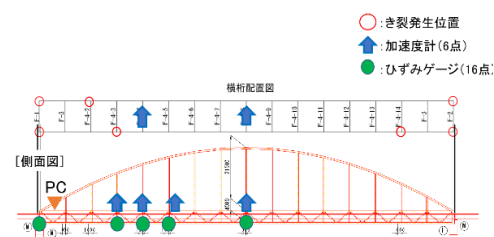


図2 計測点全体図

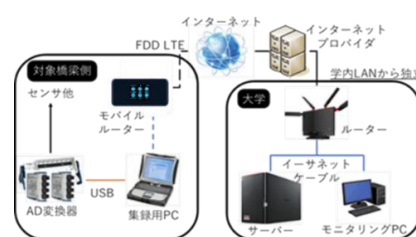


図3 対象橋梁と計測拠点間のネットワーク構成

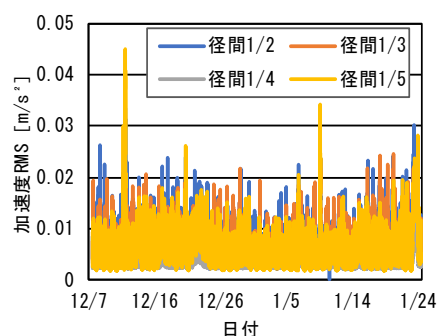


図4 加速度RMSの変動状況

キーワード 疲労き裂, 橋梁, 橋体振動, 応力変動, 遠隔計測

連絡先

〒852-8131 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科 TEL 095-819-2626

橋軸鉛直方向振動加速度の 10 分間 RMS 値を示す。この期間中の数日間において冬季の季節風と思われる強風が観測され、特に径間 1/5 点において数度の大きな振動の発生が確認された。

4. 振動発生時の応力変動状況

大きな振動強度が観測された時間帯を抽出し、振動発生時の応力変動状況を確認した。径間 1/5 点において、観測期間中の最大振動強度を記録した時刻を挟む 10 秒間の加速度応答とパワースペクトルを図 5 に示す。この時間帯においては継続的に 0.1m/s^2 を超える振幅が生じており、これは通常時の加速度振幅 (0.005m/s^2 程度) の約 20 倍の加速度振幅である。対象の時間帯におけるレインフロー法により集計された発生応力振幅の頻度分布を図 6 に示す。最大の発生応力振幅は $25\sim 30\text{N/mm}^2$ であり、対象部位の構造に対して想定される継手等級の変動応力打ち切り限界 (D 等級: 39N/mm^2) を超過する応力振幅は見られなかった。その他の大きな振動強度が観測された時間帯についても同様に確認したが、変動応力打ち切り限界を下回る応力振幅であった。

5. 10 分間最大応力振幅の変動状況

径間 1/5 点近傍の横桁取付部の観測点において集計された発生応力振幅の頻度データを用いて、計測期間中の 10 分間最大応力振幅の変動状況を図 7 に示す。想定される継手等級の変動応力打ち切り限界 (D 等級: 39N/mm^2) を超過する応力振幅が観測された時点がみられた。図 8 に図 7 中の①に示す変動応力打ち切り限界を超過した際の最大応力振幅発生時の応力応答を、図 9 に図 8 の赤枠の時間帯における加速度応答とパワースペクトルを示す。発生した大きな応力振幅はあくまで瞬間的なものであり、対応する時刻の加速度応答においても交通荷重が作用した際の特徴的な応答が見られないため、この応力振幅は所謂計測ノイズの一種であると判断した。

6. まとめ

前回の原因究明調査に加えて、冬季の季節風環境下において対象橋梁に計測環境を構築し、継続計測を実施した。計測期間中に数度の比較的大きな橋体振動の発生が確認され、橋体振動発生時の応力変動状況を分析したが、想定される継手等級の変動応力打ち切り限界を超える応力振幅は振動発生時には発生せず、本研究における計測期間中に観測した橋体振動は対象とする疲労損傷には関与が見られなかった。冬季の季節風以外の強風環境として春季の強風や台風が想定されるため、今後も継続観測を実施し、データの蓄積と分析によって発生した損傷と橋体振動の関連性をより明らかに出来るであろうと考えられる。

参考文献

- 1) 西川貴文ら：空力励起振動するトラス部材の遠隔計測の実現と長期運用，構造工学論文集，Vol.55A，pp. 91-99，2015.3

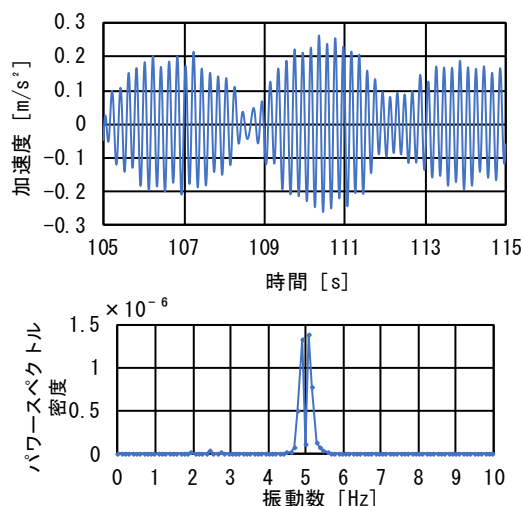


図 5 最大振動強度観測時の振動状況

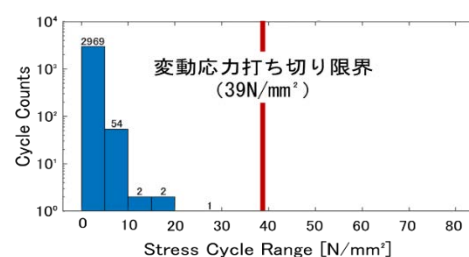


図 6 発生応力振幅の頻度分布図
(2022/12/12 8:10 から 10 分間)

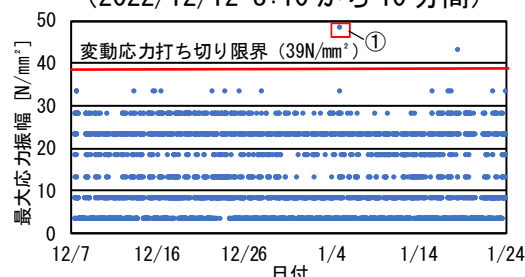


図 7 10 分間最大応力振幅の変化

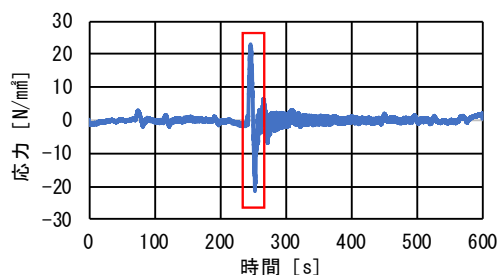


図 8 最大応力振幅①発生時の応力応答

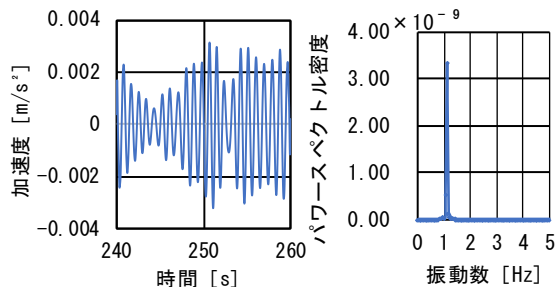


図 9 最大応力振幅①発生時の振動状況