

空力励起振動するトラス橋部材の遠隔計測と統合分析

長崎大学 正会員 ○西川 貴文
 長崎大学 正会員 中村 聖三
 長崎大学 正会員 奥松 俊博

1. はじめに

橋梁の振動問題は、その原因となる地震動や交通荷重、風など、橋梁の供用環境に強く依存する。特に、加振期間が長い交通振動や風による励起振動が発生する橋梁においては、疲労損傷が主問題となる。

長崎県北西部に位置する鋼トラス橋である生月大橋は、架橋地点を通過する強風の作用によって部材振動が励起される環境にあり、過去に一部材において疲労損傷に起因する損傷が発生している。当該橋は類似の諸元を有する多数の部材によって構成されており、他部材において同様の損傷が発生する可能性は低くない。そこで、架橋地点および損傷発生部材周辺の風況と部材の振動状況を把握するため、長期計測を実施した。本報告では、構築・運用した長期計測システムと、現在までに得られた各種のデータの統合的な分析結果を示す。

2. 遠隔計測システム

対象大橋は、平成3年7月に開通した橋長960mの3径間連続曲弦下路鋼トラス橋である。図1に対象橋梁を示し、架橋位置を図2に示す。当該橋は、計測基地である長崎大学から約150km隔たった二つの離島間に架橋されているため、長期計測とリアルタイムなモニタリングを実現するための遠隔計測システムを構築した。その第一の目的は、風によって励起される部材振動と部材周辺の風況の現象把握にある。計測項目は表1に示すとおりであり、過去に損傷が生じた部材およびそれと類似する諸元を有する部材のトラス主構面の面内・外振動を振動計測の対象とした。また、振動計測対象部材の周辺の風向・風速状況を把握するために、中間橋脚のそれぞれの天端に風向・風速計を設置した。

さらに、斜材基部格点付近の突き合わせ溶接部にひずみゲージを貼付し、部材振動時のひずみを測定し、



図1 計測対象橋梁（生月大橋，長崎県平戸市）



図2 計測地点とモニタリング・ベースの位置

表1 計測項目

対象	位置	数量
主構面内振動	斜材	8 (P5・P6 上各 4 部材)
主構面外振動	斜材	2 (P5・P6 上各 1 部材)
部材ひずみ	斜材	10 (P5・P6 上各 1 部材)
水平風速	斜材周辺	6 (P5・P6 上各 3)
鉛直風速	斜材周辺	2 (P5・P6 上各 1)
風向	斜材周辺	6 (P5・P6 上各 3)
映像	斜材	1 (P6 上)

当該領域の応力状態の把握を図った。前述のとおり、計測データの管理が容易ではない環境下での長期計測であるため、第3世代の携帯電話通信と光通信を利用し、インターネットを介して計測データを自動的に送受信するシステムを構築した。橋梁側と計測基地間のネットワーク構成の概要を図3に示す。

キーワード 橋梁，振動，空力励起，モニタリング，遠隔通信

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 工学研究科社会環境デザイン工学 TEL:095-819-2625

3. 風況の観測・分析

当該橋の特徴として、主構の後流による風の乱れによって、下流側で高い速度の空気の流れが生じる事例が観測された。風速の変動の大きさを風速の標準偏差、ガストファクタ、および時系列データから評価した結果、高い平均風速が観測される環境下では、下流側で局所的な風の乱れによって高い速度の空気の流れが生じるケースがあることがわかった。また、風速の変動は、主となる風向と上流側の主構部材との位置関係によって小さな空間領域で大小することが明らかになった。

4. 部材振動の計測・分析

(1) 部材振動の発生状況

約 20~25m/s の高風速域で斜材が大きく振動する現象を確認した。約 6~8m/s の低風速域にも一次振動が励起される現象が見られたが、部材振動の加速度振幅は高風速域の 1/3~1/4 であった。これらを観測した風向は、おおむね橋軸直角方向であった。

(2) 部材振動と風況の相関

風速と斜材振動の 10 分間加速度 RMS 値の相関関係について、前述の低風速域および高風速域において RMS 値が大きくなる傾向が得られた。風向の差異を合わせて 3 変量の関係の一例を図 4 に示す。図に示した P5 南側主構面の中央径間側斜材においては、南からの低速域と高速域の風によって励振される傾向が顕著に見られる。

5. 応力（ひずみ）の計測・分析

(1) 応力の発生状況

期間中に観測された最大応力範囲は P6 斜材で約 160N/mm² で、P5 斜材で約 70 N/mm² であった。いずれもおおむね橋軸直角方向から約 15m/s を超えるような強風が通過する場合であった。低速域の風が橋軸直角方向から作用する場合にも励起振動の発生が確認されたが、発生した応力範囲は最大でも 30N/mm² 程度であった。

(2) 疲労損傷に有意な励起振動発生時の風況

計測対象部材において、疲労損傷に関して 30N/mm² 以上の応力範囲が発生するのは、10 分間平均風速が 15m/s を超えるような強風が、概ね橋軸直角方向にあたる北東から東北東にかけての風向から作用する場合であった。多くの励起振動が 10 日以内の間隔で発生していた。

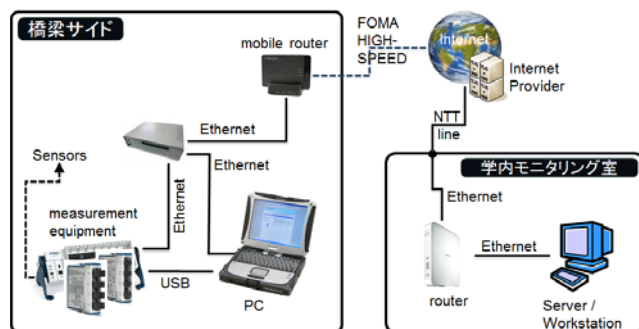


図3 遠隔計測システムの全体像（概要）

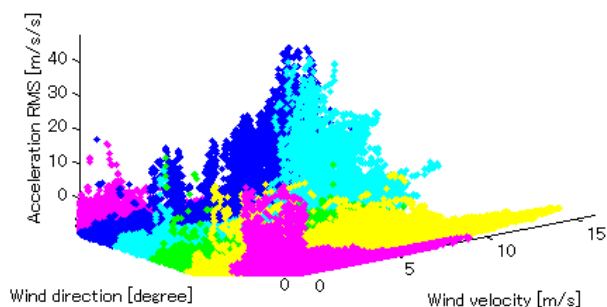


図4 風向・風速と部材振動の相関（振動：P5 南・中央径間側斜材，風：P5 南側測点）

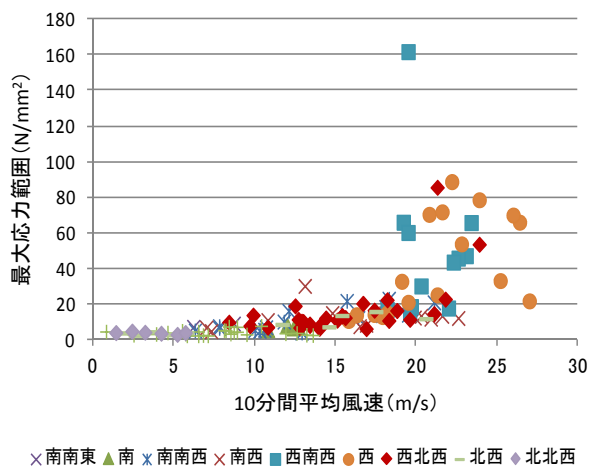


図5 強風域の励起振動発生時の最大応力範囲

6. まとめ

構築した計測・通信システムによって、遠隔地の対象橋梁の対象部材の空力励起振動の現象把握を詳細に、かつ効率的で簡便に実現することが可能であった。当該橋の特徴的な現象として、異なる二つの速度域の風による部材励起振動が観測された。本計測は今後も継続して実施する予定である。