

実測データに基づく生月大橋斜材の疲労損傷度の推定

長崎大学 正会員 中村 聖三
長崎大学 正会員 奥松 俊博

長崎大学 学生会員 ○橋本 東次郎
長崎大学 正会員 西川 貴文

1. はじめに

長崎県北西部平戸島と生月島を結ぶ生月大橋において、平成21年12月8日、中間橋脚P6近傍の下斜材にき裂が発見された。補修に伴い撤去された損傷部材の調査の結果、本き裂はフランジ突合せ溶接部止端から疲労き裂として発生したと推定された。疲労き裂発生原因としては、一般に自動車や風による動的作用が考えられる。しかし、生月大橋の交通量は約3,000台/日であり、重車両が頻繁に通行する路線ではないため、発生したき裂は風によって励起された振動による可能性が高い。そこで本研究では、部材に発生する応力を計測した結果に基づき、計測期間内の疲労損傷度を算定し、風況との相関を明らかにするとともに、部材寿命の推定を試みる。

2. 研究概要

計測対象部材は、図1および図2に示すように、中間橋脚P5、P6上の鉛直材に隣接する下斜材（P5では北面中央径間側、P6では南面中央径間側）である。

ひずみゲージはP5斜材に5枚、P6斜材に6枚、それぞれ図3のように貼付した。風況は、P5・P6それぞれの北側と南側、およびスパン中央部に設置された風車型風向・風速計で観測した。風向・風速計の設置位置を図4に示す。

ひずみ、風向・風速ともに100Hzのサンプリング周波数で収録し、10分ごとのデータを1ファイルとして現地に設置したPCのHDDに保存するとともに、定期的に長崎大学へ転送した。ただし、風向・風速計のデータは1Hzにダウンサンプリングして分析した。

3. 結果と考察

3.1 日最大応力範囲

図5は平成24年4月1日から11月30日までにP6に設置したひずみゲージOS-7から得られた一日ごとの最大応力範囲の推移である。日最大応力範囲が30MPa（対象継手の変動振幅応力に対する打ち切り限界程度）を超えたのは4/3、5/11、10/18、11/13だけである。平成23年8月20日から平成24年3月1日には、30MPa以上を記録した日数が12日間あり、そのうち50MPa以上を記録した日数が4日であった。すなわち、今年度は昨年度と比較し、振動の励起頻度が低いと言える。

3.2 日最大応力範囲と風況の関係

図6は今年度の計測で最大の応力範囲を記録した平成24年4月3日におけるP6ひずみゲージOS-7の10分間最大応力範囲とスパン中央の風向・風速計で得られた10分間平均風速を、風向ごとに分けて散布図で表したものである。風向が西南西、西、西北西のときに振動が励起されているのがわかる。

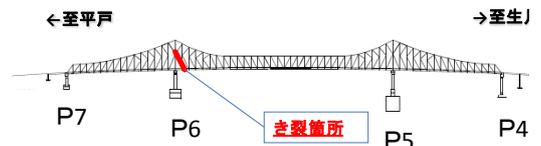


図1 生月大橋概略図およびき裂箇所

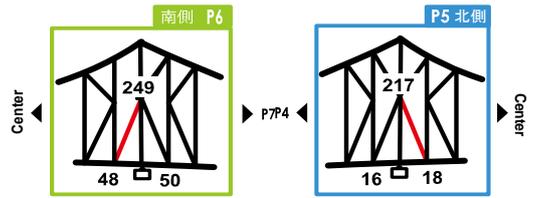


図2 計測対象部材



図3 P5・P6ひずみゲージ貼付状況

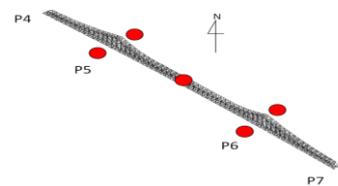


図4 風向・風速計設置位置

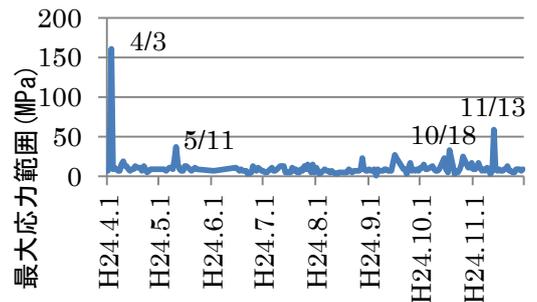


図5 日最大応力範囲(P6 OS-7)

特に西南西の風のときに最大値を記録している。

図7は平成24年11月9日のP5斜材に設置されたひずみゲージIN-7における10分間最大応力範囲とスパン中央の風向・風速計で得られた10分間平均風速を風向ごとに分けて散布図で表したものである。この日の応力発生範囲は4月3日と比較して小さいが、風速5m/sから8m/sの間で振動が励起されている。風向が東の場合には振動はあまり励起されていないが、東北東から北東の場合に振動が励起されている。これは生月大橋の橋軸方向がおよそ南東-北西方向であるため、橋軸直角方向からの風で振動が励起されていることになる。

3.3 疲労損傷度

計測された応力の時刻歴をレインフロー法で処理して得られた応力範囲の頻度分布を用いて、打ち切り限界を考慮しない修正マイナー則で疲労損傷度の計算をおこなった。継手の疲労強度等級はDと仮定した。4月からの累積疲労損傷度の変化を図8に示す。4月3日に相対的に大きな疲労損傷が蓄積されているが損傷度の値自体は極めて小さく、平成24年4月から11月には、ほとんど疲労損傷が発生していないと言える。一方、図9に示した平成23年8月20日から平成24年3月1日の累積疲労損傷度は図8と比較して20倍程度と大きく、9月19日～9月21日と12月1日に特に大きな疲労損傷が蓄積されている。

3.4 疲労寿命の試算

今回の計測期間186日間における累積疲労損傷度0.00098と昨年度の195日間における累積疲労損傷度0.01883を用いて部材の疲労寿命を算定すると53.8年となった。これは供用開始からき裂が発見されたときまでの期間である18年の3倍程度である。応力を計測した部材とき裂が発見された部材とは異なるとはいえ、疲労寿命の推定精度はあまり高くないと言わざるをえない。

4. まとめ

今回の研究で、橋軸直角方向から吹く風速5~8m/s、あるいは20m/s以上の風に対して振動が励起されることが確認できた。また、今回の実測データをもとに求めた部材の寿命は実際にき裂が発見されるまでの時間より3倍程度とかなり長くなった。年度によって振動の励起状況が大きく異なることから、今回のような比較的短期の計測では信頼性の高い予測を行うことは難しいと言える。今後も計測を継続して実施しデータを蓄積することで、より信頼性の高い寿命評価につなげたいと考えている。

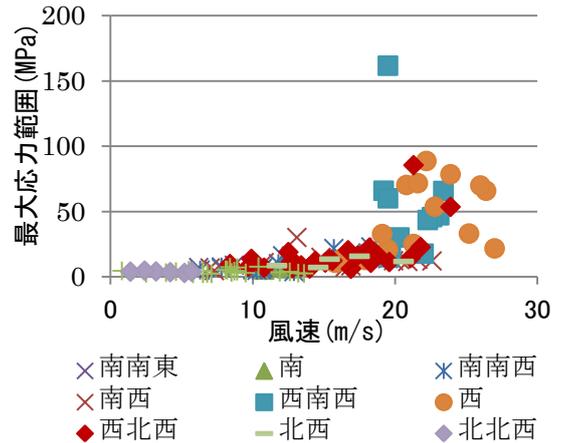


図6 4/3の風速と応力範囲 (P6 OS-7)

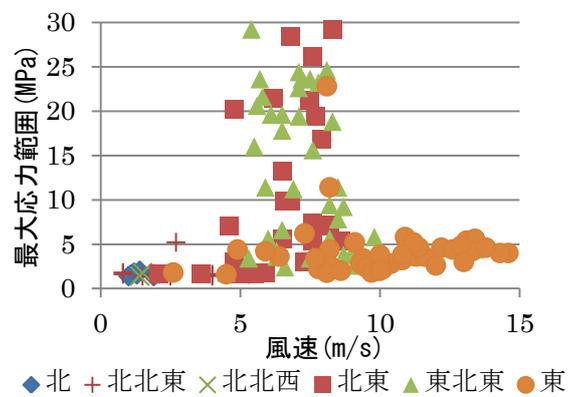


図7 11/9の風速と応力範囲 (P5 IN-7)

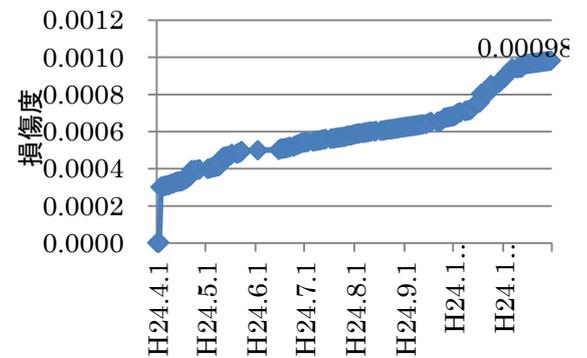


図8 今年度の累積損傷度の変化(D等級)

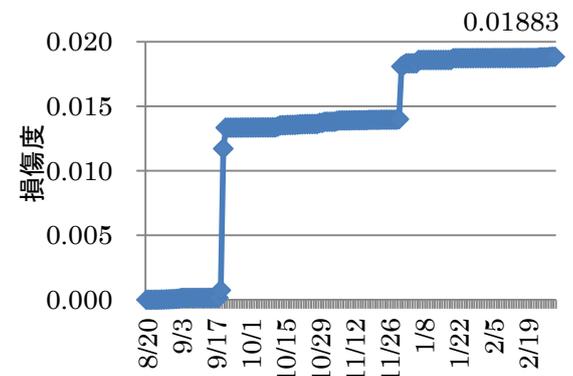


図9 昨年度の累積損傷度の変化(D等級)