

風荷重による生月大橋斜材部き裂発生の可能性

長崎大学工学部 正会員 中村聖三 長崎大学工学部 学生会員 ○立石公太
長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. はじめに

下路式の3径間連続トラス橋である生月大橋(橋長800m)は、耐用年数60年以上を予定され、平成3年に完成した。しかし、架橋から約20年しか経過していないにもかかわらず、2009年12月、中間支点付近の斜材部にき裂が発見された。本橋には年中季節風が橋軸直角方向に吹き付けることや、有効幅員が中央径間に対して極端に狭くなっていること、それほど大型車交通量は多くないことから、き裂の原因は風荷重であることが予想される。よって本研究では、3次元モデルを作成し、風荷重によるき裂発生の可能性を調査する。

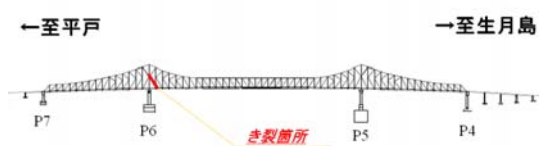
2. 橋梁と発生き裂の概要

2.1 橋梁概要

生月大橋は長崎県北西部の生月島と平戸市を結ぶ離島架橋である。昭和55年度に事業に着手し、平成3年7月に供用が開始された。本橋の橋梁形式は下路式の3径間連続トラス橋で、トラス部分の中央径間400m、側径間200mであり、完成当時世界最大規模であった。また、主構間隔13.50m、有効幅員は6.5mであり、中央径間長に対して有効幅員が極端に狭くなっている。なお、使用鋼材はSS400, SM520, SM570, およびSM490Yであり、損傷部の鋼材はSS400である。塗装については、耐候性・耐食性に優れ、累積塗装費用が少ないフッ素樹脂系塗装が使用されている。

2.2 き裂概要

き裂発生箇所は、北東に面している図—1に示すP6上の中間支点部斜材下部であり、箱断面の2面をほぼ切断するように発生していた。路面から見た発見時のき裂の状況を図—2に示す。また、路面からは確認できないが、外側の面についてもき裂が発生していた。



図—1 損傷箇所



(a) 損傷部写真

(b) 拡大図

図—2 損傷部写真

3. 解析概要

3.1 解析モデル

施工図面集及び工事誌¹⁾を参考にし、部材と節点を設定した。拘束条件は、鉛直方向及び橋軸直角方向変位は全て固定であり、橋軸方向変位についてはP6のみ固定である。3次元モデルを図—3に示す。使用要素については、床版のみ板要素、残りは梁要素である。

3.2 風荷重の設定

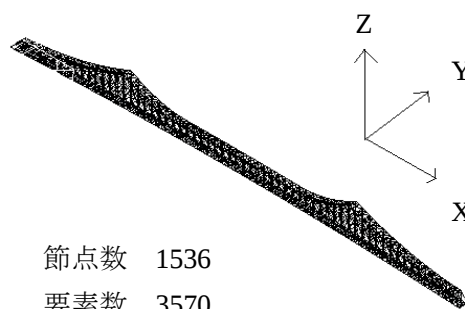
(1) 現地の状況

2007年10月から2010年1月(802日間)までの支間中央部における風観測記録の結果²⁾では、3月から7月にかけては南西の風が卓越し、8月から2月にかけては北東の風が卓越する状況であった。発生風速は15m/sを超えた日数が91日(11.3%)で、25m/sが記録された日数は3日、観測期間中の最大瞬間風速は約30m/sであった。なお、風向はいずれも橋軸直角方向であった。

(2) 載荷条件

風速 V は次式を用いて風荷重に変換する。

$$P_w = 0.5 \times \rho \times V^2 \times C_D \times \nu_4$$



節点数 1536

要素数 3570

図—3 解析モデル

ここに、空気密度： $\rho=0.12(\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3)$ ，抗力係数： $C_D=2.6$ ，荷重補正係数 $v_f=1.1$ である³⁾。本研究で考慮する代表的な風速に対する風荷重は表—1 の通りであり，算出した風荷重 P_w を橋軸直角方向(北東，南西)から等分布荷重として，風荷重の作用方向側面の全要素に載荷する。

4. 解析結果

4.1 発生応力度

上記条件による損傷部材の解析結果を次に示す。表—2 が (a)南西方向及び(b)北東方向からの風荷重に対して発生した損傷部材下端の各応力値である。組み合わせ応力とは絶対値が最大となる軸応力値と曲げ応力値の和である。同表から，北東風載荷時に南西風載荷時よりも大きい曲げ応力が発生することがわかる。

4.2 き裂発生の可能性

図—4 は横軸に風速，縦軸に応力範囲をとり，南西と北東からの風荷重による損傷部分の発生最大応力を示す。曲線はそれぞれ右上がり(南西風)，右下がり(北東風)による発生応力を示している。着目部位の発生応力は，南西風では引張であり，北東風では圧縮である。南西風は北東風に比べ勾配がゆるやかである。発生した組み合わせ応力を打ち切り限界と比較するため，応力を絶対値にしたものを図—5 に示す。なお，き裂発生位置が板厚変化を伴う突き合わせ溶接の止端部であるため，打ち切り限界は一定振幅応力，変動振幅応力に対して，それぞれ 84N/mm^2 ， 39N/mm^2 とした⁴⁾。南西風による作用組み合わせ応力は引張で，応力範囲が各打ち切り限界を超えるのは風速 63.2m/s ，および 43.1m/s のときであった。また，北東風による作用組み合わせ応力は圧縮であり，風速 41.8m/s および 28.5m/s のときに各打ち切り限界を突破した。

5. まとめ

本解析の条件下では，風観測期間中(2007 年 10 月～2010 年 1 月)に損傷部分に発生した最大応力は -41.3N/mm^2 である。この値は一定振幅応力に対する打ち切り限界としての応力範囲 84N/mm^2 の $1/2$ 程度であるが，変動振幅応力に対する打ち切り限界としての応力範囲 39N/mm^2 をわずかに超えている。よって，風荷重によるき裂発生の可能性は皆無ではないが，作用応力が応力範囲 39N/mm^2 を超えるような風速が発生した日数はわずか 1 日のみであり，風荷重の静的作用により疲労損傷が発生したとは考えにくい。今後は，より詳細なモデルで，引き続き風荷重によるき裂発生の可能性を調査する。

参考文献

- 1) 長崎県道路公社：生月大橋工事誌，1996.2
- 2) 長崎県土木部・長崎県道路公社：生月大橋 緊急対策委員会 風観測記録資料
- 3) 長崎県道路公社：生月大橋工事誌，p113「設計風荷重」
- 4) 社団法人 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針

表—1 風荷重

風速(m/s)	15	25	30
風荷重(kg/m)	38.61	107.25	154.44

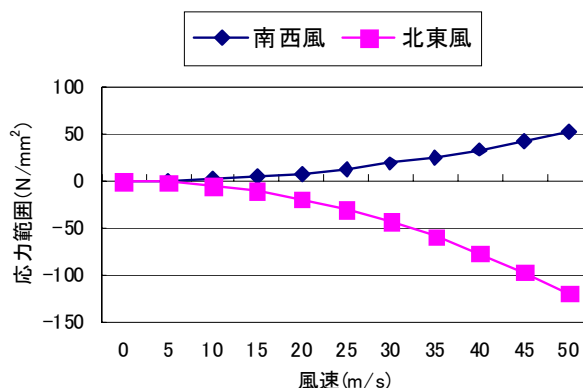
表—2 発生応力

(a) 南西風載荷時

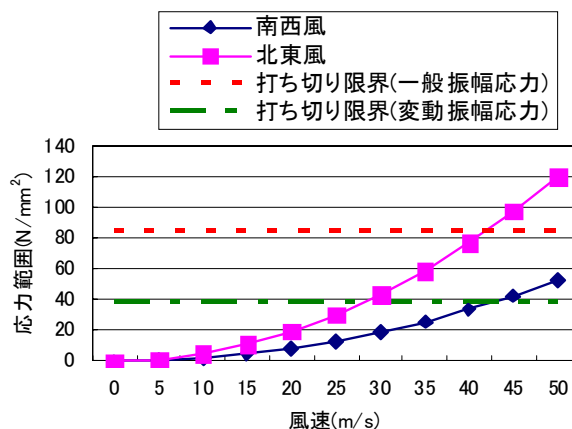
風速(m/s)	15	25	30
応力(N/mm ²)			
軸応力 σ_x	3.8	10.5	14.3
せん断応力 σ_y	0	0.1	0.1
せん断応力 σ_z	0	0	0
曲げ応力 σ_{by}	-0.5	-1.5	-2
曲げ応力 σ_{bz}	-0.5	-1.3	-1.8
組み合わせ応力 $\sigma_{\max}$	4.8	13.3	18.1

(b) 北東風載荷時

風速(m/s)	15	25	30
応力(N/mm ²)			
軸応力 σ_x	-3.8	-10.5	-14.3
せん断応力 σ_y	-0.6	-1.6	-2.2
せん断応力 σ_z	0	0	0
曲げ応力 σ_{by}	6.7	18.5	25.2
曲げ応力 σ_{bz}	0.5	1.3	1.8
組み合わせ応力 $\sigma_{\max}$	-11.2	-30.3	-41.3



図—4 各風速と組み合わせ応力



図—5 絶対値表示