

生月大橋斜材の渦励振発現風速の推定

長崎大学大学院 正会員 中村聖三 長崎大学大学院 学生会員 ○吉竹 亮
 長崎大学大学院 正会員 奥松俊博 長崎大学大学院 正 会 員 西川貴文
 長崎大学大学院 フェロー 岡林隆敏

1. はじめに

本研究の対象橋梁である生月大橋（図-1）は、橋長 800m の下路式 3 径間連続トラス橋であり、1991 年 7 月に完成した。しかし、架橋から 18 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。き裂破面の調査結果から、本部材のき裂は疲労によって発生・進展したものと考えられている。また、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、それほど大型車交通量は多くないことから、疲労き裂の発生原因は風による振動であることが予想される。よって本研究では、各斜材をその両端に回転ばねを有するはりでモデル化して固有振動数を求め、それぞれの渦励振発現風速を推定する。



図-1 生月大橋

2. 解析概要

2.1 固有振動数の算定

施工図面集及び工事誌¹⁾を参考にして、全斜材を 3 次元はり要素でモデル化し、各斜材に作用する軸力を考慮した固有値解析を行った。モデルの分割数に関しては、部材軸方向に 10 分割としている（図-2）。使用したソフトウェアは midas Civil である。境界条件は、両端を回転バネ支持とする。バネの剛性は、実測値が存在する 4 部材の固有振動数をもとに算出する。ただし、Y 軸回りのモーメント以外は剛とみなす。対象とした 4 部材それぞれにバネ剛性を試行錯誤的に変化させて、実測固有振動数にほぼ一致する値を求め、その平均値（SRy : $2.0 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$ ）を全斜材に適用する。鋼材のヤング率 200 kN/mm^2 、ポアソン比 0.3、質量密度 7850 kg/m^3 を仮定した。斜材部材断面の例を図-3 に示す。

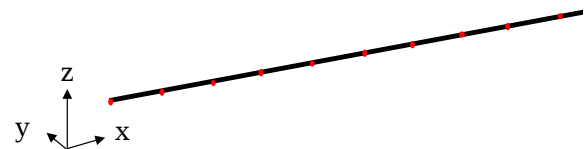


図-2 解析モデル（要素数；10）

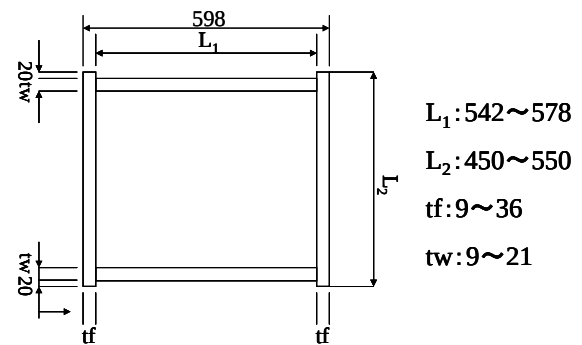


図-3 斜材断面例（mm）

表-1 ストローハル数

断 面	D/B	S
	0.50	0.085
	0.75	0.115
	1.00	0.125
	1.25	0.123
	1.50	0.123
	2.00	0.127

2.2 渦励振発現風速の推定方法

渦励振は、一種の共振現象であるため、部材が揺れやすい振動数で渦が発生すれば、比較的低い風速であっても発生する可能性がある。渦励振発現風速 U_{cr} は、部材の断面形状とその固有振動数から式(1)で推定することができる²⁾。

$$U_{cr} = \frac{f_s D}{S} \quad (1)$$

ここに、 f_s ：部材固有振動数、 D ：気流直角方向の断面高さ、 S ：ストローハル数である。矩形断面の場合、ストローハル数の値は D と気流方向の断面幅 B の比により、表-1のようになる²⁾。本研究では、各部材の D/B の値に応じて、表-1に与えられた値を線形補間し、ストローハル数を算定する。

3. 解析結果と考察

3.1 実測固有振動数による解析結果の検証

図-4に、ハンマリング試験から得た北東側斜材の加速度応答のパワースペクトルを示す。3つのピークが存在しており、それぞれが1次～3次の固有振動数に対応するものと考えられる。このようにして得られた実測固有振動数と解析から得た同斜材に関する固有振動数の比較を図-5に示す。誤差は最大でも10%程度であり、よく一致している。すなわち、解析結果は妥当なものであると判断できる。

3.2 渦励振発現風速の推定

算出対象部材は、中央径間ブロック中央から橋門工までの北側下部斜材31部材である。算定された渦励振発現風速は最小で24.3m/s、最大で44.3m/sであった。また、き裂が発生した部材では26.0m/sであった。図-6に渦励振発現風速の頻度分布を示し、図-7に部材別渦励振発現風速を図-6の渦励振発現風速範囲の色と合致するように示す。き裂部材の渦励振発現風速26m/sと同程度(30m/s)以下となる部材が8つあることが確認できる。したがって、き裂発生が確認された部材以外、特にこれら8つの部材においても、同様のき裂が発生する可能性を否定できない。

4. まとめ

今回の解析により、実測固有振動数による解析結果は妥当であることが確認できた。また、き裂発生部材の渦励振発現風速 U_{cr} は26.0m/sであり、この他に9部材が、同程度の風速範囲で渦励振が発現する可能性があることがわかった。今後の課題として、現地の観測により渦励振発現風速を確認することで本研究の結論を検証するとともに、振動する部材に関してはその対策を立案することが必要であると考え。

参考文献

- 1)長崎県道路公社：生月大橋工事誌，1996.2
- 2)社団法人 日本道路協会：道路耐風設計便覧 1992.7

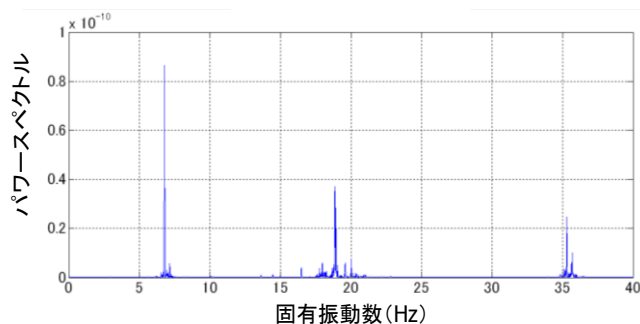


図-4 加速度応答のパワースペクトル

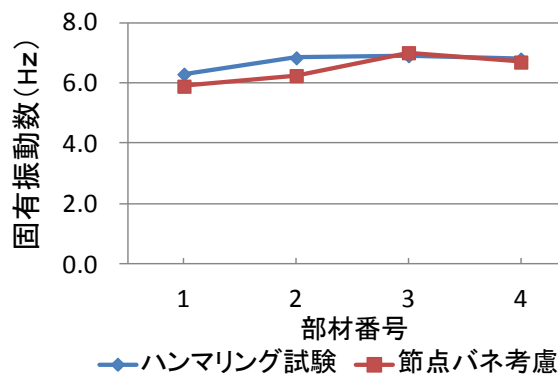


図-5 固有振動数の比較

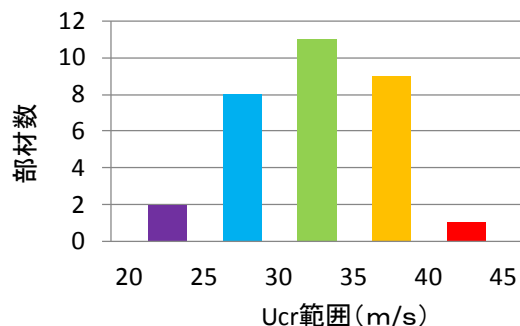


図-6 渦励振発現風速 U_{cr} の分布

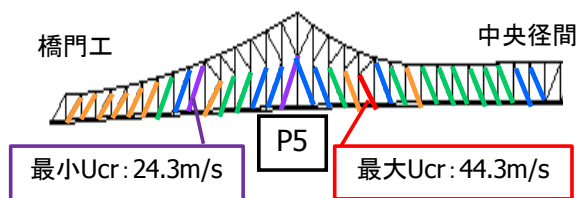


図-7 部材別渦励振発現風速 U_{cr} の比較