

連続斜張橋の主桁渦励振照査方法に関する一検討

大日本コンサルタント 正会員 ○中村正人 正会員 吉岡勉 正会員 松浦雅史
 阪神高速道路 正会員 杉山裕樹 正会員 平山靖之

1. はじめに

主桁の渦励振に対する使用性の照査では、不快に感じないための加速度を定め、渦励振が発生する振動モードの振動数より許容振幅を算出する。許容振幅は、加速度 100gal を使用限界の目安として速度に換算して許容振幅を設定する道路橋耐風設計便覧¹⁾の式のほか、加速度 100gal を振幅に換算して設定する事例²⁾もある(表-1)。これは支間長が 200m を若干超える橋梁に 100gal 程度の渦励振が発生しても初通過破壊が生じないこと、風速の発生頻度分布を仮定すれば疲労破壊にも至らないことなどが採用の背景になっている。許容加速度 100gal が一定の場合、当然ながら振動数が高いと許容振幅は小さくなるが、これまで振動数が大きい高次モードでの渦励振に対する使用性はあまり問題とされていなかった。径間数が多く可撓性の高い連続斜張橋の場合、渦励振共振風速が照査風速以内となるモードが複数存在する。該当する複数モードは高次になるほど振動数が高くなり、振動数に反比例する許容振幅は漸増的に低下し、低次モードの照査を満足した場合であっても高次モードの照査を満足しない。そこで本稿では、高次モードにおける渦励振の使用性について合理的な照査方法を検討した。

表-1 たわみ渦励振許容振幅

	道路橋耐風設計便覧	許容加速度 100gal
たわみ渦励振許容振幅 h_a	$h_a = 0.04 / f_n$ (m)	$h_a = 100 / \omega^2$ $= 100 / (2\pi f_n)^2$ (cm) $= 1 / (2\pi f_n)^2$ (m)

※ f_n : 固有振動数

2. 対象橋梁

対象橋梁は、図-1 に示す最大支間長 650m の 5 連続斜張橋とする。対象路線は自動車専用道路であり、10 分間の平均風速が 20m/s 以上となる場合に通行止めの措置を取る。

3. 主桁の耐風特性

鉛直たわみ対称 1 次モードを対象にバネ支持模型試験を行い、渦励振発見風速、および発見振幅を求めた。

キーワード 連続斜張橋, 渦励振, 高次モード, 使用性, 許容振幅, 車両振動解析

連絡先 〒330-6011 さいたま市中央区新都心 11-2 大日本コンサルタント(株) 関東支社 TEL 048-600-6691

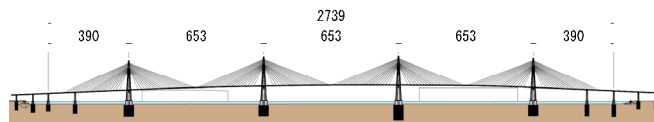


図-1 対象橋梁 (単位: m)

高次モードの発見風速および発見振幅はそれぞれ振動数および等価質量をもとに補正して推定する。試験結果より鉛直たわみ対称 1 次 (0.132Hz) では発見風速 3.0m/s, 発見振幅 4.8cm となる。照査対象となる風速域は通行止めを想定する風速 20m/s 以下と設定する。対象モードは鉛直たわみ対称 1 次～鉛直たわみ逆対称 11 次の 23 個となるが、1 次モードでの発見風速が低いため、高次モードでの発見風速も同様に低く、風速 20m/s 以下となる対象モードが高次まで及ぶ。一方、発見振幅については高次モードでも等価質量はほとんど変わらないため、ほぼ同等の振幅となる。

4. 主桁の渦励振に対する使用性の照査

許容振幅を加速度 100gal 相当とした場合の主桁の使用性照査結果を図-2 に示す。高次モードの許容振幅が極端に小さくなり鉛直対称 9 次モード以上では照査を満足しない結果となる。

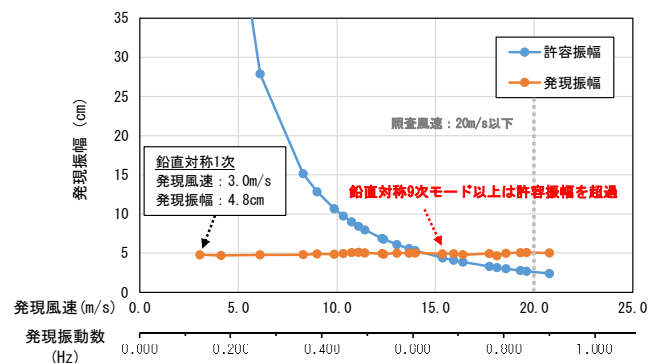


図-2 使用性照査結果 (許容振幅 100gal 相当)

5. 渦励振により振動する橋梁上の車両応答の評価

(1) 車両振動解析

渦励振により振動する橋梁上の車両応答を評価することで、高次モードの使用性を合理的に照査できないか検討する。停止車両を対象に、25t トラックを模擬し

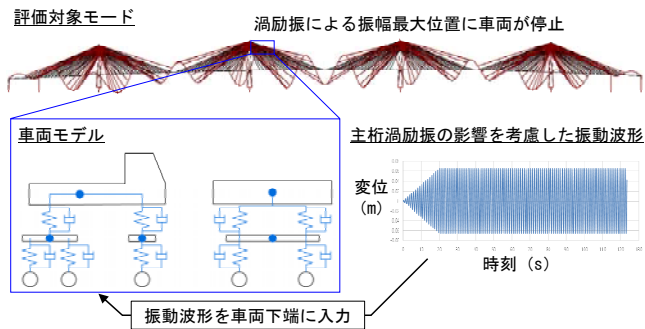


図-3 車両振動解析の模式図

たバネマスをもつ車両モデルによる車両振動解析を行う。車両振動解析の模式図を図-3に示す。車両モデルの下端より主桁の渦励振の影響を考慮した振動波形を入力することで得られた車両ばね上の応答加速度の時刻歴から求めた加速度スペクトルを1/3オクターブバンド分析する。入力波形は対象モードの最大変位位置に車両が停止している状態を想定して作成した。検討対象モードは鉛直対称1次モードと高次モードを代表して鉛直対称13次モードとした。

(2) 橋梁上の車両応答の評価指標

橋梁上の車両応答の評価は、許容加速度100galに加えてISO2613-1全身振動暴露評価の国際規格(JIS B 7760-25)による乗り心地の評価も行う。車両応答は、鉛直振動、前後回転、左右回転の3軸成分があるが、ここでは乗り心地影響の主要因となる鉛直振動に着目する。

(3) 車両応答による使用性の照査

鉛直対称1次モードの渦励振により振動する橋梁上の車両の振動加速度と使用性の照査結果を図-4に示す。橋梁の卓越振動数0.132Hz、車両ばね上の卓越振動数2.032Hz、車両ばね下の卓越振動数10.520Hzにおいて車両の振動加速度が大きくなるが、許容加速度100galを下回る結果となる。また、ISOによる乗り心地の評価は「知覚閾値」～「不快でない」の間に位置することから、使用性は問題ないと考えられる。

鉛直対称13次モードの車両の振動加速度と使用性の照査結果を図-5に示す。橋梁の卓越振動数である0.900Hzにおいて車両の振動加速度が大きくなり、許容加速度100galを上回る。また、ISOによる乗り心地の評価は「不快」～「極度に不快」の間に位置する結果となる。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧（平成19年12月）
- 2) 由井・山本・森川・中垣・森越：新湊大橋の鋼桁耐風対策について、沿岸技術研究センター論文集，No.13，pp.45-50，2013。

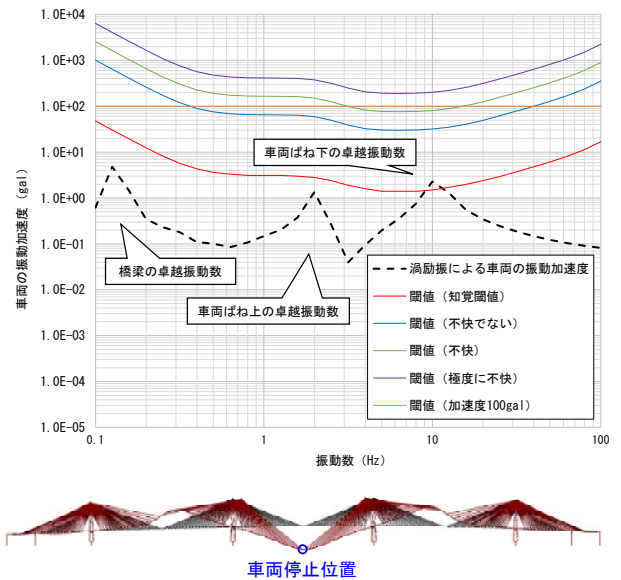


図-4 鉛直対称1次モードの車両応答の評価

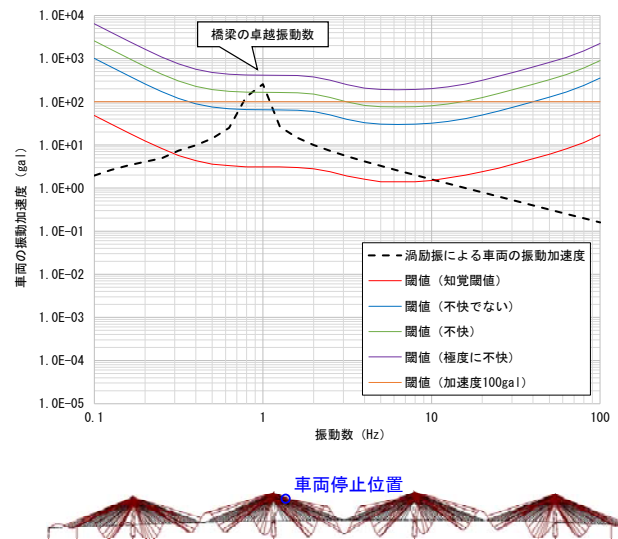


図-5 鉛直対称13次モードの車両応答の評価

6. おわりに

渦励振により振動する橋梁上の車両応答を評価した結果、橋梁の渦励振応答と同様に鉛直対称13次モードの使用性照査を満足しない結果となり、車両を介することによる応答の低減効果はあまり見られなかった。今回の検討では停止車両を評価対象としたが、今後は、走行車両に対して評価を行うことで、応答の低減を図れないか検討し、使用性に対する合理的な評価方法を確立したい。また、今回は車両の鉛直振動を対象として照査方法を検討したが、横風に対する使用性の評価についても検討課題と考える。