

常時微動観測波形を用いた星の降る里大橋の固有振動特性評価

北海道開発局 正員 三田村 浩 北海道開発局 正員 内藤 勲
 北海道開発土木研究所 正員 池田 憲二 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 (株) K G E 正員 ○高橋 朋代

1. はじめに

北海道開発局では強震観測網の整備を行っており、北海道芦別市に建設されている星の降る里大橋にも強震観測を目的としたサーボ型加速度計の設置を計画している。このような背景により、開発局では加速度計の効率的な配置のための基礎資料を得ることを目的として常時微動観測による固有振動特性評価を試み、かつその妥当性を検討するために車輛走行試験も併せて実施したのでその概要を報告する。

2. 測定および試験の概要

星の降る里大橋は、平成 13 年度に一般国道 452 号線に建設された図-1 に示すような二径間連続斜張橋である。本橋の風荷重下における常時微動観測を実施するために、図に示されるように桁上にデジタルサーボ型加速度計を全スパンに渡って設置した。すなわち、曲げ振動成分観測時には桁中央に 18ch、ねじり振動成分観測時には上下流側端部に 20ch 配置することとした。なお、ねじり振動成分観測時には上下流側の両測点の波形を差引きした合成波形よりねじり振動成分のみを抽出して検討することとした。加速度計からの出力波形は 10ms のサンプリングタイムでメモリレコーダ/アナライザにて収録している。また、高欄上には風速計を設置し、風速を同時収録している。本観測時の風速は 2～4m/s 程度であった。

一方、車輛走行試験は、荷台に砂利を積載して 209.5kN に調整した 11 トントラックを片側車線を用いて走行速度を時速 5～45km/h に設定して走行させ、観測を実施した。本研究では、車輛走行後の減衰自由振動波形を用いて後述のデータ整理を行っている。

3. データ整理の概要

常時微動観測および車輛走行後の加速度応答波形を用いた固有振動特性評価は以下の過程に基づき実施した。

3.1 固有振動モードおよび固有振動数の決定

1) 主要な測点の加速度波形に関して、ある一定時間についてフーリエスペクトルを求め、低次固有振動数であると考えられる卓越振動数を抽出する。

2) 固有振動モードを求めるために、1)で着目した卓越振動数における全測点のフーリエスペクトル値および位相スペクトル値を求める。

3) 時間軸を統一し、かつ橋軸方向の最大振幅で正規化した状態で 1/2 振幅毎の値をプロットする。

4) 3)で作成したモード分布の節や腹が軸方向に変形していないことを確認して固有振動モードおよび固有振動数を決定する。

3.2 減衰定数の決定

1) 固有振動モードが卓越する測点に関するフーリエスペクトルに、着目している固

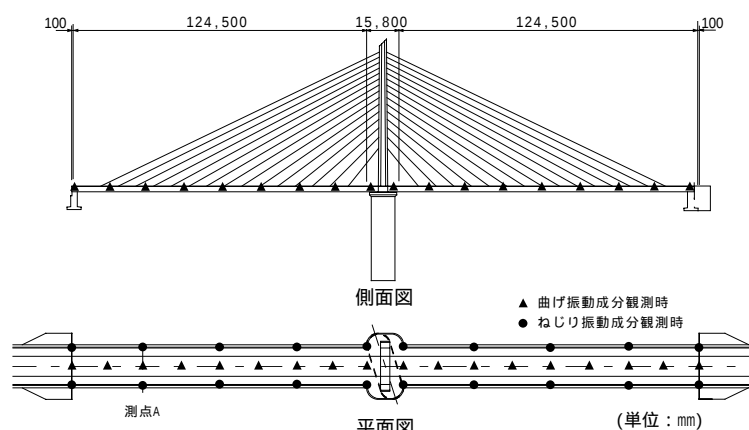
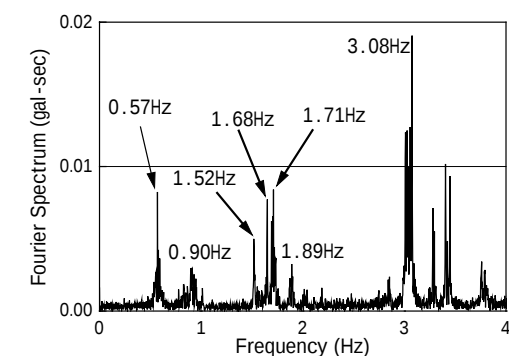


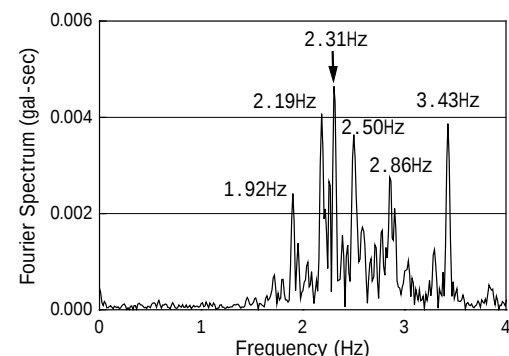
図-1 星の降る里大橋の概要と計器配置

KEYWORD：固有振動特性評価，常時微動，車輛走行試験

札幌市東区北 20 条東 15 丁目 3-1 (株)KG エンジニアリング tell:011-731-2489 fax:011-731-2469



(a) 曲げ振動成分観測波形



(b) ねじり振動合成波形

図-2 フーリエスペクトル図

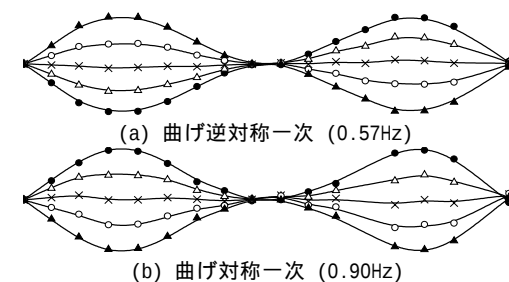


図-3 モード分布図

表-1 固有振動数一覧

振動モード	風荷重時 平均風速3.7m/s	車両走行後				
		時速5km/h	時速10km/h	時速20km/h	時速45km/h	
曲げ	逆対称1次	0.57Hz	-	-	-	0.56Hz
	逆対称2次	1.52Hz	-	-	1.53Hz	1.53Hz
	逆対称3次	-	-	-	2.73Hz	-
	対称1次	0.90Hz	-	0.90Hz	-	0.90Hz
	対称2次	1.71Hz	-	1.73Hz	1.75Hz	1.73Hz
	対称3次	-	-	3.31Hz	-	-
ねじり	逆対称1次	2.31Hz	2.37Hz	-	-	2.37Hz
	逆対称2次	-	4.38Hz	4.38Hz	4.38Hz	4.38Hz
	対称1次	-	2.54Hz	2.54Hz	2.54Hz	-

有振動成分の振動数を中心としてバンドパスフィルタ処理を施し、波形を生成する。

- 2) 常時微動観測時の波形に関して、RD法を適用してランダム成分の除去を行う。
- 3) 得られた波形に対して減衰自由振動を仮定し、最小二乗法を適用して減衰定数を決定する。

4. 結果および考察

図-2(a)、(b)には、曲げ振動成分観測波形およびねじり振動合成波形に対応する測点Aのフーリエスペクトルを示している。各卓越振動数に着目してモード分布を作成し、固有振動数の特定を行った。図-3(a)、(b)には一例として曲げ逆対称および対称一次振動に関するモード分布を、表-1には各固有振動数を示している。図より、各モードに対して節や腹が明瞭に現れていることより、固有振動数に対応するものであることがわかる。表より、曲げ逆対称および対称振動に関しては、それぞれ二次振動まで特定され、ねじり振動に関しても最低次の固有振動数の特定が可能であった。なお、表に示されていない卓越振動数に関しては連成振動モードであることを確認している。

また、車両走行試験では走行速度を時速5~45km/hに設定し、走行後の各減衰自由振動波形から固有振動特性の評価を試みた。表-1には特定された固有振動数を示している。曲げ振動に関しては、時速5km/h時には固有振動数の特定が不可能であった。しかしながら、速度を上げるにより徐々に可能となり、時速45km/hでは最低次の固有振動の特定が可能となった。一方、ねじり振動に関しては、時速5km/h時には3個のねじり振動が検出された。これらの固有振動数を常時微動観測時の結果と比較すると、最低次の固有振動数が検出されている時速45km/h走行後では両者の差が5%以内で類似の値を示していることが明らかとなった。

次に、常時微動観測時と時速45km/hの車両走行後の観測波形より、最低次振動に対する減衰定数の算定を試みた。本論文では、固有振動成分のみを卓越させるためにバンドパスフィルタ処理を施した。フィルタ域は0~0.70Hzとした。なお、常時微動観測時にはRD法を適用しランダム成分の除去を行っている。得られた減衰振動波形を用いて減衰定数を求めると、常時微動観測時では1.69%、車両走行後では1.35%であった。従って、最低次固有振動に対する減衰定数は両者同程度の値を示していることが明らかとなった。

5. まとめ

本橋において、風速何m/s下の常時微動観測によって低次固有振動数を適切に評価可能であることが明らかとなった。また、最低次固有振動数に対応する減衰定数は1.69%であり、車両走行後の減衰定数1.35%と同程度の値を示した。