

神納橋を対象とした固有振動特性評価に関する常時微動観測法の適用性

室蘭工業大学 学生員 ○堀越 弘美 (社)北海道開発技術センター フェロー 新山 惇
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光 国土交通省北海道開発局 正員 三田村 浩
 国土交通省北海道開発局 正員 佐藤 昌志

1. はじめに

本報告は、簡易に長大橋の固有振動特性を評価する一手法として常時微動観測法を取り上げ、神納橋を対象として、その適用性を検討したものである。本研究では、低次固有振動数、固有振動モードに着目し、三次元有限要素法を用いた固有振動解析と比較することにより適用性を検討している。

2. 神納橋の概要

神納橋は昭和37年に一般道道旭川深川線の石狩川に架設された橋梁で、主径間部は図-1に示すように二径間連続鋼床版二箱桁斜張橋である。本斜張橋は二径間連続桁を連続する2本のケーブルで吊った構造で、横断方向には両端に箱桁を配し、床版部は鋼床版型式となっている。主塔は下端がヒンジ、上端はケーブルに固定している。

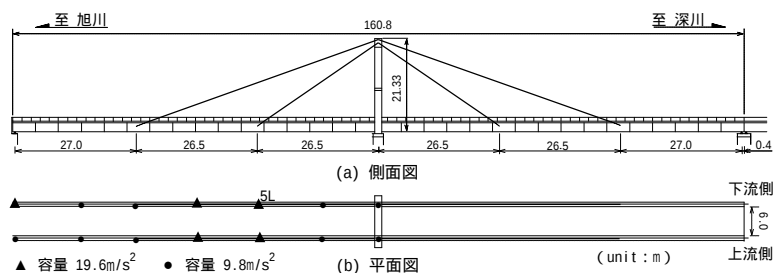


図-1 本斜張橋の概要図および加速度計(●, ▲)設置位置

3. 常時微動観測の概要

測定位置は構造系や振動モードの対称性、経費の節約を考慮して旭川側の半スパンに限定し、両箱桁にサーボ型加速度計(容量: 9.8 m/s^2 あるいは 19.6 m/s^2 , 周波数特性: DC ~ 100 Hz)を14台設置した。図-1に配置位置を示している。また、観測は車輛通行を規制しないこととし、夜間に実施した。加速度波形の収録は車輛通行後の減衰自由振動が励起された状態に対して行った。1回の波形収録時間は130秒間で、サンプリングタイムは10msとした。波形の収録回数は全5回である。

4. データ処理の概要

卓越振動数の抽出、固有振動モードの決定、固有振動数の決定は以下のデータ処理過程に基づいて行うこととした。

- 1) 各観測加速度波形に関してFFT処理を施しフーリエスペクトルを求める。
- 2) 主要な点に関するフーリエスペクトルから卓越振動数を抽出する。
- 3) 各卓越振動成分に対するモード分布を、フーリエスペクトル値および位相スペクトル値を用いて生成する。
- 4) 振幅の大きい測点の波形を基準にし、1/2 振幅毎の振動モードを求め、高次振動モードやねじり振動モードとの連成、非連成を確認し、より確からしい固有振動モード、固有振動数を決定する。

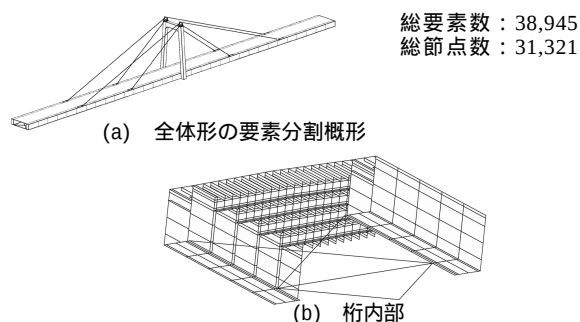


図-2 本斜張橋の要素分割状況

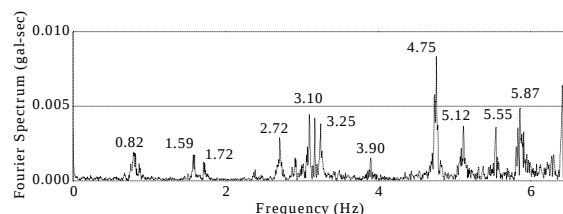


図-3 フーリエスペクトル(測点5L)

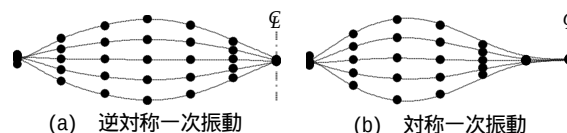


図-4 卓越振動数に対するモード分布

表-1 振動モードおよび減衰定数

振動モード		卓越振動数
曲げ	逆対称一次	0.82
	逆対称二次	2.72
	対称一次	1.59 および 1.72
ねじり	一次	3.10 および 3.25
	二次	4.75

キーワード: 常時微動, 鋼床版斜張橋, 有限要素法

連絡先: 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

5. 有限要素法を用いた固有振動解析仮定

要素分割は全スパンに対して行い、横構およびケーブルに三次元梁要素、その他の部材に4節点シェル要素を用いた。また、アスファルト舗装と鋼床版は一枚のシェル要素でモデル化し、質量が等しくなるように密度を換算して評価した。図-2には、要素分割の状況を示している。なお、鋼材、ケーブルの材料定数は鋼材の公称値を用いることとし、弾性係数 E 、ポアソン比 ν 、密度 ρ をそれぞれ $E_s = 206 \text{ GPa}$ 、 $\nu_s = 0.30$ 、 $\rho_s = 7,850 \text{ kg/m}^3$ と仮定した。また、アスファルトの密度は $\rho_a = 2,300 \text{ kg/m}^3$ と仮定した。

固有振動解析は、弾塑性構造解析用汎用プログラムである ABAQUS を用いることとし、ケーブルに作用張力を導入して実施している。なお、本研究では主桁の固有振動性状に主眼を置いていることよりケーブルの連成振動は無視することとし、ケーブルの質量を主塔と主桁定着部に振り分けることにより考慮することとした。また、境界条件として、中央支点到相当する節点は固定、その他の支点到相当する節点は、上下流方向、鉛直方向のみを拘束することとした。なお、主塔の基部はピン支持とした。

6. 常時微動観測結果

図-3には、フーリエスペクトル図を示している。図より、本観測波形は高次振動成分のスペクトル値が低次のそれに比べ大きく、低次振動成分に比較して高次振動成分がより励起されていることがわかる。

次に、固有振動モードの特定を行った。表-1に卓越振動数とそれに対応する振動モードを示す。表に示しているように、複数の卓越振動数から類似の振動モードが抽出された。また、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。本観測では測点を全スパンに渡って設置していないことより、これらの固有振動数に関する詳細な特定は不可能であった。図-4には逆対称一次および対称一次 (1.59 Hz) 振動のモード分布を示している。

7. 解析結果

図-5には、解析結果の一例として逆対称一次振動モードを、表-2には解析結果の固有振動数を観測結果と比較して示している。本解析では全体系を対象として実施しているため、ねじり対称、逆対称一次振動が出現している。また、観測結果で2つのモードが求められている対称一次振動は明確に一つのモードとして特定されている。表より、逆対称一次振動に関しては観測値と一致しているが、その他は解析結果が観測結果より多少大きく評価していることがわかる。

また、図-6には各固有振動モードに関するモード分布を観測結果と比較して示している。(a) (b)図より、逆対称一次、二次振動モードは両者良く対応していることがわかる。(c)図より、観測結果の 1.59 Hz、1.72 Hz の振動モードはいずれも解析結果の対称一次振動モードとよく対応していることがわかる。また(d)、(f)図より、観測結果の 3.10 Hz、3.25 Hz の振動モードは解析結果のねじり逆対称一次とねじり対称一次振動成分のいずれであるかの明確な区別がつかないが、両観測結果とも解析結果のねじり逆対称一次とねじり対称一次振動モードと良く対応していることがわかる。

8. まとめ

今回の常時微動観測では、全ての低次固有振動モードを正確に抽出することは不可能であった。これは、測点を適切に配置しなかったことによるものと推察される。しかしながら、解析結果の固有振動モードと比較的良好に対応していることより、長大橋の固有振動特性は、加速度センサーを全スパンに渡って適切に配置し常時微動観測法を適用することによって工学的に適用可能であるものと考えられる。

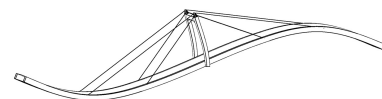


図-5 解析結果のモード分布図

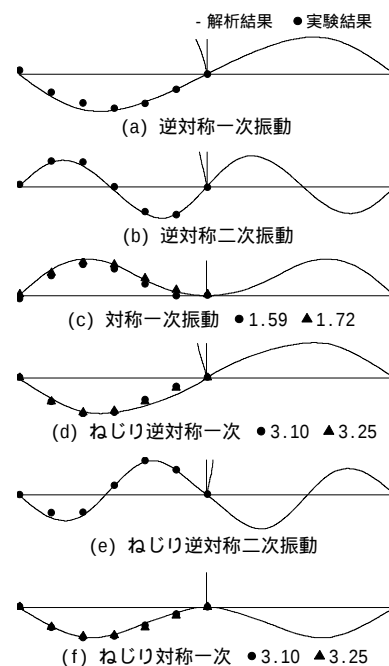


図-6 モード分布に関する比較

表-2 固有振動数に関する比較

振動モード		解析値	観測値
曲げ	逆対称一次	0.82	0.82
	逆対称二次	2.90	2.72
	対称一次	1.68	1.59・1.72
	対称二次	3.72	--
ねじり	逆対称一次	2.37	3.10・3.25
	逆対称二次	5.27	4.75
	対称一次	2.88	3.10・3.25