

4 径間連続 PC 曲線箱桁橋に関する固有振動特性評価

(株) 構研エンジニアリング

室蘭工業大学

北海道道路エンジニアリング(株)

正会員 ○牛渡 裕二

正会員 瓦井 智貴

正会員 赤代 恵司

室蘭工業大学

室蘭工業大学

北海道開発局

正会員

名誉会員

非会員

小室 雅人

岸 徳光

須田 典一

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に多くの橋梁が建設されており、今後急速に老朽化することが懸念されている。そのため、合理的な維持管理を実施するためには、供用開始前における橋梁の構造性能を把握しておくことが重要であると考えられる。本研究では、供用開始前の4径間連続PC曲線箱桁橋を対象に、車両走行および人力加振による現地振動実験を実施し、同橋に関する固有振動特性の把握を行った。また、得られた結果と三次元有限要素モデルによる固有振動解析の結果を比較した。なお、本解析にはLS-DYNAを使用した。

2. 橋梁概要

図1には対象橋梁の一般図および加速度計の設置位置を示している。本研究で対象とした橋梁は、夕張市から芦別市に至る国道452号の一部に架かる橋長274m、幅員8mの4径間連続PC曲線箱桁橋である。

写真1には対象橋梁の全景および支承部を示している。本橋梁は曲線かつ縦断勾配(最大勾配3.6%)を有する特徴的な形状となっている。下部工形式は、A1、A2が逆T式橋台、P1～P3は張出式橋脚であり、各支承部には鉛プラグ入り積層ゴム支承が用いられている。

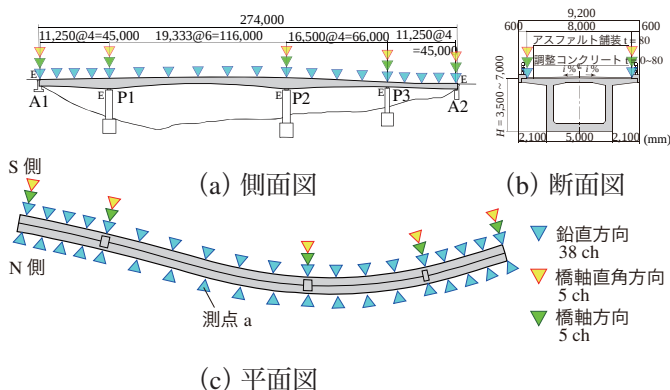


図1 一般図および加速度計配置図

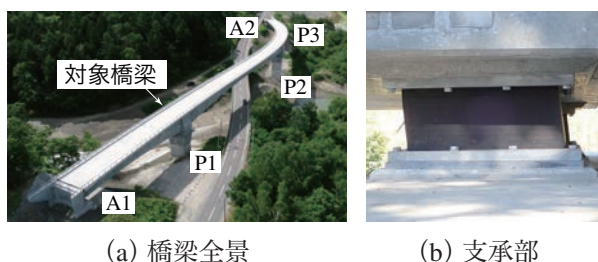


図2 加速度波形とフーリエスペクトル

3. 振動実験概要

振動実験では、図1に示すようにデジタルサーボ型振動計を橋梁上部工に48ch(鉛直方向:38ch, 橋軸および橋軸直角方向:各5ch)設置した。また、ここでは、(1)大型車両(重量:20t)走行による加振後、(2)常時微動の自由振動状態および(3)各径間中央部における人力加振後の加速度データを収録した。なお、大型車両を用いた加振では、幅員中央部を1台のみが走行する場合と2台が直列に走行する場合について、走行速度や進行方向を変えて複数回実施した。

図2には実験結果の一例として図1に示す測点aにおいて車両走行後に得られた加速度波形と、その加速度波形から求められたフーリエスペクトルを示している。(a)図に示す加速度波形を見ると鉛直方向に最大0.9gal程度の加速度が得られており、車両走行後に減衰自由振動状態に至っていることが分かる。また、(b)図に示すフーリエスペクトルより、複数の卓越振動数が確認できる。これらの卓越振動数や位相スペクトルを用いて固有振動数および固有振動モードの特定を行った。

4. 数値解析概要

図3には、本研究で用いた数値解析モデルを示している。ここでは振動特性を適切に評価するために、対象橋梁の平面線形や縦断勾配、あるいはゴム支承の形状などを、可能な限り詳細にモデル化している。なお、上部工や

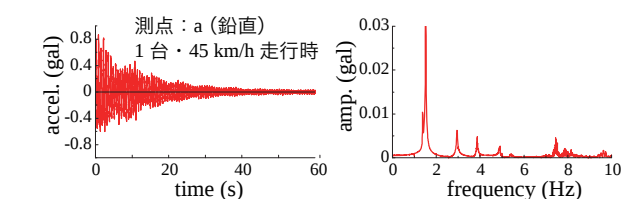


図3 有限要素モデル

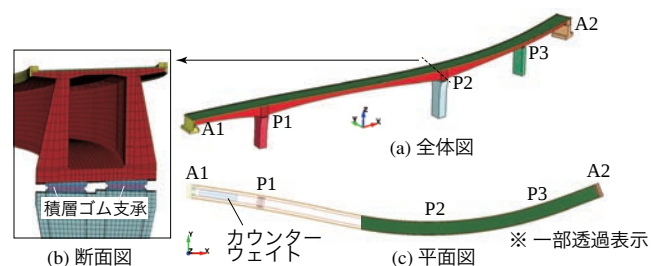


写真1 対象橋梁の全景および支承部

図3 有限要素モデル

キーワード 4径間連続PC曲線桁橋、現地振動実験、固有振動、有限要素法

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1 室蘭工業大学 もの創造系領域 社会基盤ユニット TEL0143-46-5228

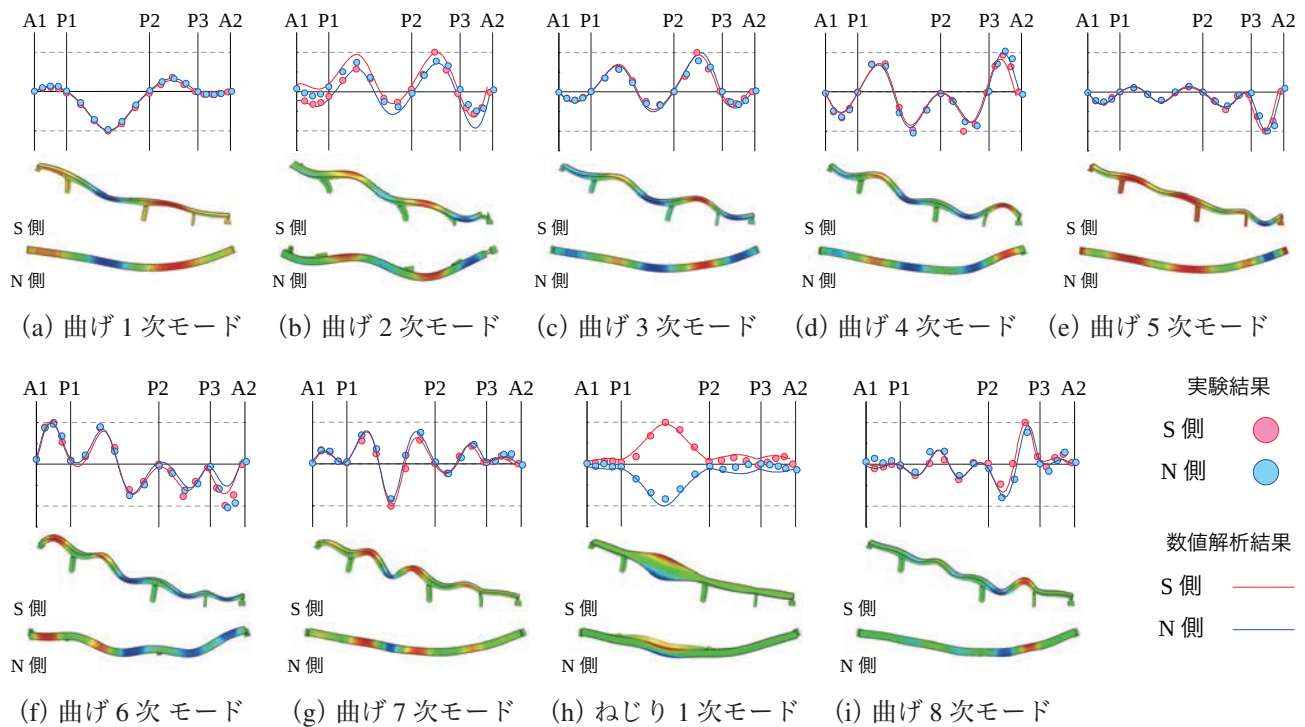


図 4 振動モード分布の比較

支承，下部工には全て 8 節点固体要素を使用した。ゴム支承に関しては，上下鋼版とその間のゴム材を断面図に示すように簡易にモデル化しており，ゴム材の弾性係数については設計時の値を参考に設定した。コンクリート部材については，設計時の圧縮強度を基に弾性係数を算出し，密度やポアソン比については公称値を用いた。境界条件は，橋脚下部を覆う地盤の影響を無視し，橋台底面もしくは橋脚のフーチング上面を完全固定と仮定した。なお，実構造では鉄筋や PC ケーブルなどが複雑に配置されているが，本解析モデルにおいては，それらをモデル化せず断面形状のみを再現している。

5. 実験結果および固有振動解析結果との比較

図 4 には振動実験で得られた振動モード分布について，固有振動解析結果と比較する形で示している。また，N 側と S 側の振幅を比較するため，すべての振動モードにおいて S 側の最大振幅が 1 となるように正規化し，図中の点線は，基準となる正規化振幅を示している。実験結果より，8 つの曲げ振動モードの他，ねじれ振動モードを含む 9 つの振動モードを特定した。(b)，(c) 図の曲げ 2, 3 次振動モードを見ると，両者ともに最大径間(P1-P2 区間)の中央部において節が確認され，類似の振動モードを呈している。しかしながら，曲げ 2 次振動モードの場合には，橋軸直角方向のフーリエスペクトルにおいて小さな振幅が確認されており，鉛直方向と橋軸直角方向の振動モードが連成した性状を示している。この振動モードは，本橋梁が曲線かつ縦断勾配を有することに起因しているものと推察される。(h) 図のねじり 1 次振動モードを見ると，

表 1 数値解析結果と実験結果の固有振動数の比較

No.	固有振動モード	固有振動数 (Hz)	
		実験結果	数値解析結果
1	曲げ 1 次	1.51 ~ 1.53	1.51 (−1.3 %)
2	曲げ 2 次	2.52 ~ 2.56	2.64 (+4.8 %)
3	曲げ 3 次	2.94 ~ 2.97	3.01 (+2.4 %)
4	曲げ 4 次	3.84 ~ 3.88	3.96 (+3.1 %)
5	曲げ 5 次	4.86 ~ 4.93	4.87 (−1.2 %)
6	曲げ 6 次	5.39 ~ 5.44	5.43 (+0.7 %)
7	曲げ 7 次	7.45 ~ 7.49	7.64 (+2.6 %)
8	ねじり 1 次	7.81 ~ 7.89	8.09 (+3.6 %)
9	曲げ 8 次	9.57 ~ 9.67	9.65 (+0.8 %)

() : 実験結果との最大誤差

実験結果および数値解析結果はともに最大支間 (P1-P2 区間) で最大振幅を示している。また，振幅が N/S 側で異なっていることより，ねじり振動モードを呈していることが分かる。

表 1 には，本研究で実施した複数回の振動実験より特定された固有振動数を，数値解析結果と比較する形で一覧にしている。表より，数値解析結果はいずれのモードにおいても実験結果の固有振動数を概ね適切に評価しており，その差は 5 % 以下となっている。

6. まとめ

- 1) 現地振動実験より，9 つの固有振動数および振動モード分布を特定した。
- 2) 有限要素法を用いた三次元固有振動解析結果から得られた固有振動数および振動モードは，実験結果と大略一致することが確認された。