

強制加振実験および数値解析による美原大橋の固有振動特性評価

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○加藤 剛
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

(独) 北海道開発土木研究所 正会員 三田村 浩
(株) KGE 正会員 伊藤 有希恵

1. はじめに

美原大橋は、道央圏連絡道路（一般国道 337 号）美原バイパスの中央部に位置する石狩川を渡河する 3 径間連続鋼斜張橋である。北海道開発局では耐震上および維持管理の観点から建設当初における美原大橋の固有振動特性を把握するために、強制加振実験を実施した。本論文では、この概要を報告すると共に、三次元有限要素法による固有振動解析を実施し、強制加振実験結果との比較により解析結果の妥当性を検討した。なお、強制加振実験は供用開始前の平成 17 年 3 月に実施した。

2. 美原大橋の概要

本橋は、全長 972 m、斜張橋部が 648 m (154 m + 340 m + 154 m)、主塔の高さが 80 m の 3 径間連続鋼斜張橋である。2 基の主塔には逆 Y 字型の構造型式が採用され、主桁部を主桁中央部で 1 面吊りする構造型式となっている。

3. 強制加振実験の概要と結果

強制加振実験は、トラッククレーンによる重錘上下法を用いて実施した。

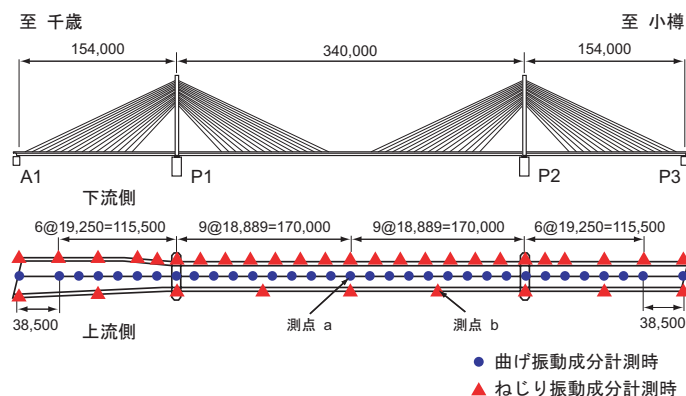


図-1 加速度計設置位置図

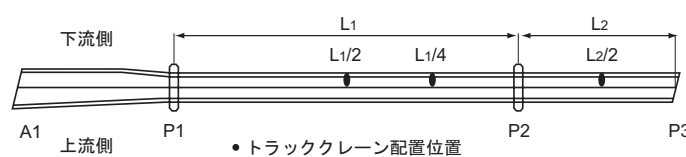
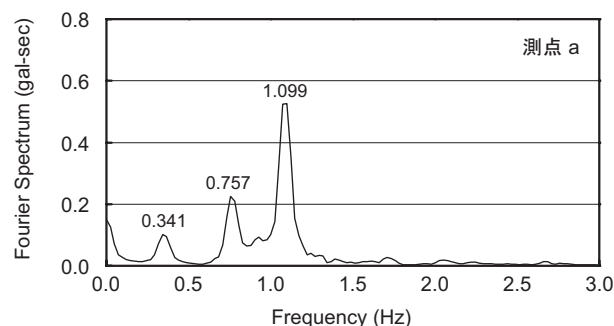


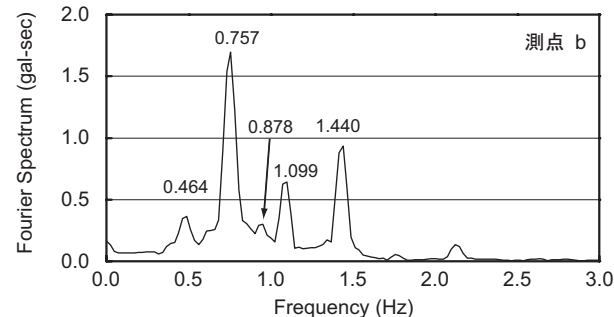
図-2 加振位置図

実験では、固有振動特性を正確に把握するために、図-1に示すように曲げ振動成分計測時には桁中央部に 33 ch、ねじり振動成分計測時には上流側端部に 9 ch と下流側端部に 25 ch のデジタルサーボ型加速度計を設置した。なお、計測は、10 ms のサンプリングタイムでメモリーレコーダ・アナライザーにて一括収録している。

図-2 には、強制加振のための 50,000 kg トラッククレーン設置位置を示している。加振は、下流側車線に固定したトラッククレーンに 3,000 kg 重錘を取り付けて行うこととした。曲げ振動を励起するための加振時には橋軸方向に、ねじれ振動を励起するための加振時には橋軸直角方向にブームを張り出すことにより、設定した振動モードが効率よく励起されるようにした。なお、 $L_1/2$ 点加振は橋軸方向対称振動モード（以後、単に対称振動モード）を、 $L_1/4$ 点加振は橋軸方向逆対称振動モード（以後、単に逆対称振動モード）の励起を想定して実施した。



(a) 曲げ振動成分



(b) ねじり振動成分

図-3 加速度波形から得られたフーリエスペクトル

キーワード：鋼斜張橋、固有振動特性、強制加振実験、有限要素法

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1 番 1 号 株式会社 構研エンジニアリング

TEL 011-780-2816・2817（ダイヤルイン） FAX 011-785-1501

表－１ 使用物性値一覧

使用材料	弾性係数 E (GPa)	密度 ρ (g/cm ³)	ポアソン比 ν
鋼材	206	7.85	0.30
鉄筋コンクリート	30	2.50	0.20
ECC	150	1.90	0.20

図－３には、実験結果の一例として測点 a および測点 b で計測された加速度波形から求められた曲げ振動成分およびねじり振動成分のフーリエスペクトルを示している。なお、各固有振動モードおよび固有振動数は、各測点の対応する振動数におけるフーリエスペクトル値と位相スペクトル値を用いて橋全体のモード分布を求め、節および腹の変動やモードの連成の無いことを確認して特定した。

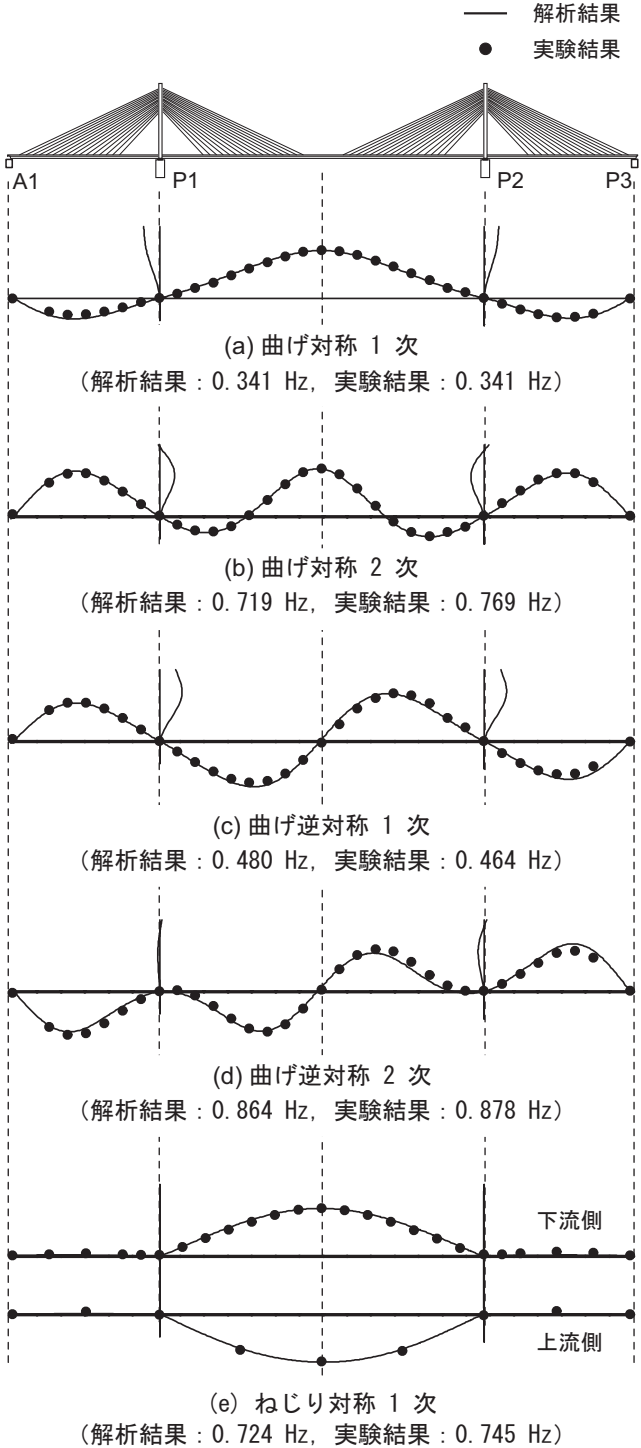
4. 三次元有限要素法を用いた固有振動解析仮定

解析対象範囲は斜張橋部の 648 m としている。本橋は、千歳側の側径間部において主桁幅員が約 28.8 m から約 39.3 m に拡幅されており、非対称な構造となっている。このため、本解析では橋梁全体をモデル化して解析を行うこととした。本解析モデルの総節点数および総要素数は、それぞれ 157,472、209,414 である。モデル化のために、主桁部および主塔部に 4 節点あるいは 3 節点シェル要素、橋脚部に 8 節点固体要素、ケーブルに 3 次元トラサ要素を用いた。なお、計算の簡素化のため鋼床版上の鉄筋コンクリート、ECC、アスファルトおよび高欄は、その軸剛性および質量を鋼床版に付加する形で一枚のシェル要素にモデル化している。また、ケーブル質量は主塔および主桁ケーブル定着部に等しく付加し、解析上ケーブルの振動は励起させていない。なお、ケーブルには設計条件と等しい初期張力（約 2,800 ～ 6,500 kN）を導入している。

境界条件は、設計条件と同様に主桁下面の可動支点に相当する節点を橋軸直角方向および鉛直方向に拘束し、主塔基部を完全固定としている。表－１には本解析で使用する物性値を一覧にして示している。なお、本解析には、三次元構造解析汎用プログラム ABAQUS を用い、弾性固有振動解析を行った。

5. 数値解析結果および強制加振実験結果との比較

図－４には、本解析によって得られた固有振動モードおよび対応する固有振動数を強制加振実験結果と比較して示している。図より、数値解析結果は実験結果とほぼ一致していることがわかる。これより、提案の解析手法は本橋梁の固有振動特性評価のための数値解析手法として十分適用可能であることが明らかになった。



図－４ 数値解析結果と強制加振実験結果の比較

6. まとめ

- 本論文で得られた結果を整理すると、以下のようになる。
- 1) 強制加振実験を実施することにより、低次の固有振動数および対応する固有振動モードを特定することができた。
 - 2) 三次元有限要素法を用いた数値解析結果と実験結果との比較により、固有振動数および固有振動モードが両者共に、ほぼ一致していることから、本解析手法は本橋梁の固有振動特性評価手法の 1 つとして十分適用可能であることが明らかになった。