

旭橋の強制加振実験と固有振動特性評価

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○西 弘明 土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 石川 博之 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人 北海道開発局旭川開発建設部 正会員 堀 暁児

1. はじめに

本研究では、耐震上および維持管理の観点から旭橋（国道40号、北海道旭川市）の動的振動特性を把握することを目的として、強制加振実験、急制動試験、常時微動観測を実施した。本論文では、特に強制加振実験に関する概要を報告すると共に、当初設計図を基に作成した三次元有限要素モデルによる固有振動解析を実施し、竣工当時における固有振動特性を求め、実測による固有振動特性との比較により、現状における健全度評価（損傷状況）について検討を行っている。なお、本実験は平成17年10月に実施した。

2. 旭橋の概要

旭橋は、北海道旭川市に位置し、市内を流れる石狩川に架かる橋長225.43mの道路橋であり、昭和7年（1932年）に架設された鋼橋である。また、平成14年に土木学会選奨土木遺産に認定された日本を代表する名橋である。本橋は、全長225.43mであり、上部構造は中央径間がブレーストリブ・キャンチレバータイドアーチ、側径間がポニー形式のワーレントラスである。なお、本論文では、中央径間部に着目して検討を行うこととする。

3. 強制加振実験の概要

図1には加速度計およびトラッククレーン（質量：26,500 kg）の設置位置を示している。強制加振実験は、トラッククレーンを用いた重錘上下法（重錘質量：5,000 kg）により実施した。曲げ振動励起加振ではブームを橋軸方向に、ねじり振動励起加振ではブームを橋軸直角方向の桁外に張り出すことにより、効率よく強制振動が励起されるようにした。写真1には、ねじり加振実験状況を示している。計測方法は、橋梁各点に設置したサーボ型加速度計（桁端：34 ch, ランガー部：12 ch, 計46 ch）からの出力を同時計測し、得られた加速度波形を基にFFT処理を施しフーリエスペクトルを求め、低次の各固有振動数および固有振動モードの特定を行った。なお、計測は5 msのサンプリングタイムで収録用PCにて一括収録している。

図2には、実験結果の一例として $L_c/2$ 点における曲げ加振時の測点a（図1参照）で計測された加速度波形から求めたフーリエスペクトルを示している。図より、複数の卓越振動数を確認することができる。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

図3には、本解析モデルの要素分割状況を示している。解析対象範囲は中央径間部の193.8 mとし、上部工のみをモデル化している。使用要素は、主桁部



写真1 ねじり加振状況

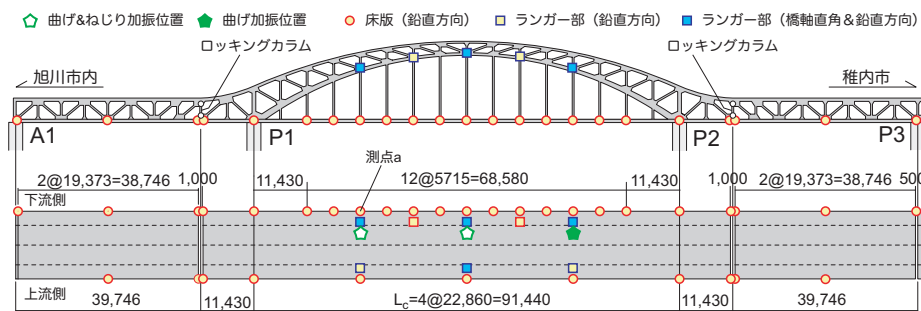


図1 加速度計およびトラッククレーンの設置位置

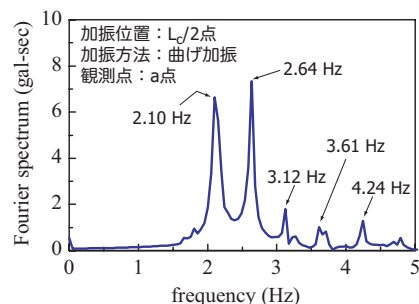


図2 フーリエスペクトルの一例

キーワード：旭橋、固有振動特性、強制加振実験、有限要素法

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3-1-34（独）土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム TEL：011-841-1698

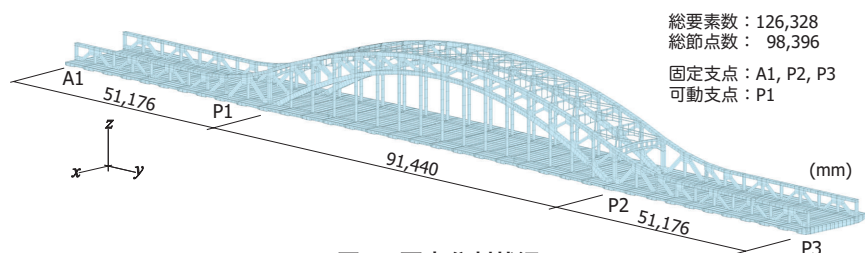


図3 要素分割状況

表1 材料物性値

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
コンクリート	30	2.35	0.20
アスファルト	9.8	2.30	0.35

およびアーチ部には4節点シェル要素を、支承部には8節点固体要素を、対傾構には、モデルの簡略化のために2節点ビーム要素を用いた。なお、主桁上のコンクリート床版およびアスファルト舗装部に関しては、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、本解析では強制加振時の実験条件と同一となるように、トラックレーンの質量とその位置を考慮している。表1には、本解析の使用物性値を一覧にして示している。本解析では、三次元構造解析用汎用プログラム ABAQUS を用い、弾性解析を行った。境界条件は、設計条件と同様に主桁下面の可動支点到相当する節点を橋軸直角方向および鉛直方向に拘束し、固定支点到相当する節点を完全固定とした。

5. 結果と考察

図4には、数値解析および強制加振実験より得られた代表的な固有振動モードおよび対応する固有振動数を比較して示している。ここでは、 $L_c/2$ 点下流側加振時の数値解析結果と実験結果を、比較している。なお、ねじり振動以外のモードは、全て下流側の加速度計出力から求めたものである。

図より、固有振動数に着目すると、ねじり振動モードに関しては、9%程度の誤差が生じているものの、曲げ振動モードの誤差は最大で1%（曲げ対称1次振動）程度となっており、解析結果は実験結果と大略一致したものとなっている。次に、主桁の振動モードを比較すると、ねじり逆対称1次振動モードに関しては、側径間部および上流側において実験結果と解析結果に大きな差異が見られるものの、その他の振動モードに関しては、実験結果と比較的よく一致している。また、ランガー部の振動モードに関しては、いずれの振動モードにおいても両者はよく一致していることが分かる。これより、現況における断面剛性等は当初設計時から大きく変化していないものと考えられることより、本橋の健全性は保持されているものと推察される。

6. まとめ

- 1) 強制加振実験により、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固有振動解析結果と強制加振実験結果は、比較的よく一致している。
- 3) これより、現況の断面剛性等は当初設計時から大きく変化していないことが確認され、本橋の全体系挙動に与える大きな損傷や材料劣化は生じていないものと推定される。

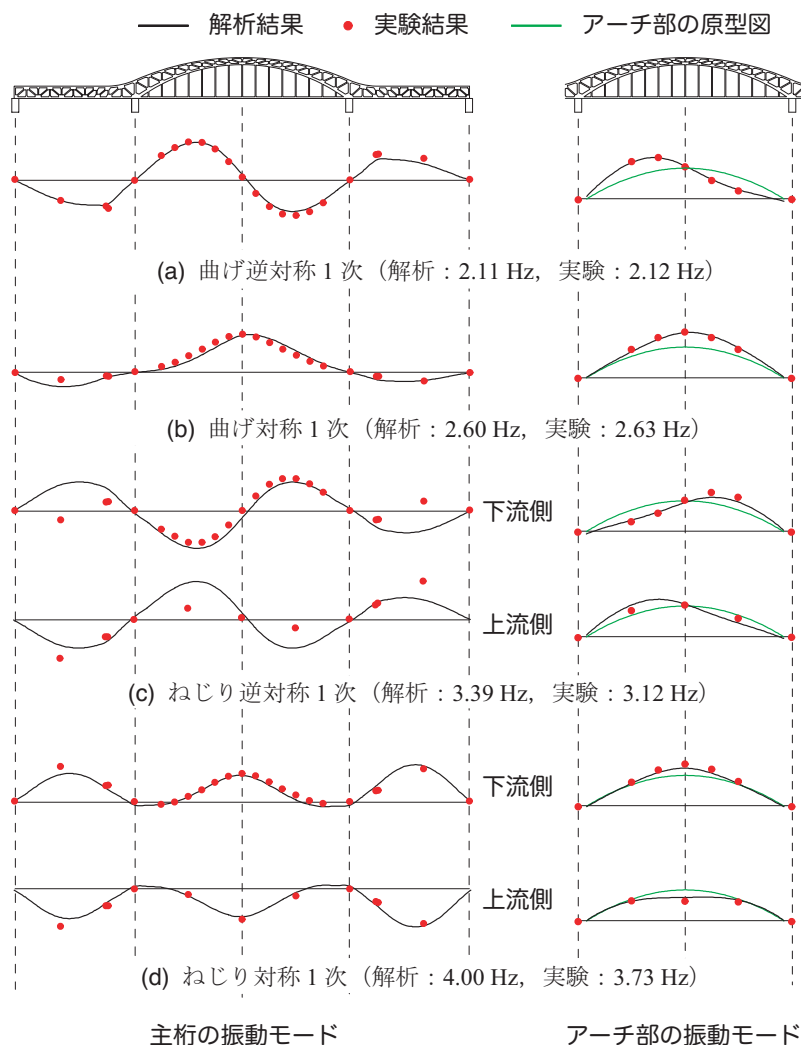


図4 解析結果と強制加振実験結果の比較