

## 常時微動観測および強制加振実験による石狩河口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  
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京  
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

(株) 構研エンジニアリング 正会員 京田 英宏  
 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 正会員 小室 雅人

### 1. はじめに

北海道開発局では、耐震および維持管理上の観点から現況における石狩河口橋の固有振動特性を把握するため、常時微動観測および強制加振実験を実施した。本論文では、これらの常時微動観測および強制加振実験結果を基に、固有振動数および固有振動モードを特定した。さらに、三次元有限要素モデルによる固有振動解析を試み、常時微動観測および強制加振実験結果との比較により解析手法の妥当性を検討した。

### 2. 石狩河口橋の概要

一般国道 231 号石狩河口橋は、石狩川河口から 5.5km 上流に位置する橋長 1,412.7m の長大橋梁である。その主橋梁部は全長 288.0m、中央径間 160.0m の三径間連続鋼斜張橋（以後、単に本斜張橋）であり、主桁は幅員 11.4m、桁高 2.0m の鋼床版箱桁、主塔は A 型、2 面ケーブル形式であり、ケーブルは主塔および主桁にヒンジ結合されている。また、耐風安定性向上のために主桁両側面にはフェアリングが設置されている。

### 3. 常時微動観測および強制加振実験の概要

図-1には、常時微動観測および強制加振実験の加速度計設置位置を示している。振動計測にはデジタルサーボ型加速度計を使用し、サンプリング周波数 200Hz で鉛直成分のみを測定した。図に示すように、加速度計は上り線および下り線の地覆部にそれぞれ 17ch の計 34ch を設置した。常時微動観測は、強風時あるいは大型車輛が通行した場合に測定した。強制加振実験は、トラッククレーン（全質量 26.5t）を用いた重錘上下法（重錘 2t）により実施した。加振位置は、中央径間長を  $L$  として  $L/2$  点および  $L/4$  点とした。ここで、 $L/2$  点加振は橋軸方向対称振動モード、 $L/4$  点加振は橋軸方向逆対称振動モードの励起を想定している。加振方法は、曲げ振動を励起させる場合にはクレーンを下り線に配置しブームを橋軸方向に張り出し、ねじり振動を励起させる場合にはクレーンを上り線に配置し橋軸直角方向にブームを張り出して加振することとした。ここでは、ねじり振動モードを効率よく励起させるため、トラッククレーン位置近傍にカウンターウェイトとして 20t の重錘を設置している。実測加速度波形を用いた低次固有振動数の抽出および各固有振動モードの決定方法は、既往の論文<sup>1)~2)</sup>を参考に実施している。

### 4. 数値解析概要

図-2には、本解析モデルの要素分割状況を示している。本解析では、ねじり振動モードの特定を行うため、構造の対称性を考慮せず橋梁全体をモデル化している。また、主桁および主塔内部には補剛材が複雑に配置されていることから、これらをできるだけ忠実に再現することとした。使用要素は、主桁および主塔には 4 節点シェル要素、対傾構には三次元ビーム要素、ケーブルには三次元トラス要素を用いた。また、鋼床版上には 65mm 厚のアスファルト舗装が施されているが、ここでは、計算を簡素化するためアスファルト舗装

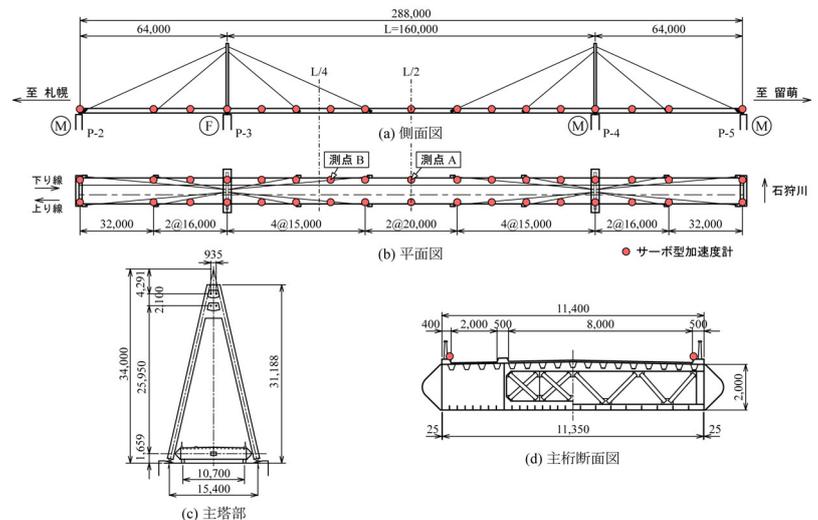


図-1 石狩河口橋の概要と加速度計設置位置

キーワード 鋼斜張橋, 固有振動特性, 常時微動観測, 強制加振実験, 三次元有限要素モデル

連絡先 〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1 番 1 号 (株) 構研エンジニアリング 橋梁部 TEL.011-780-2816 FAX.011-785-1501

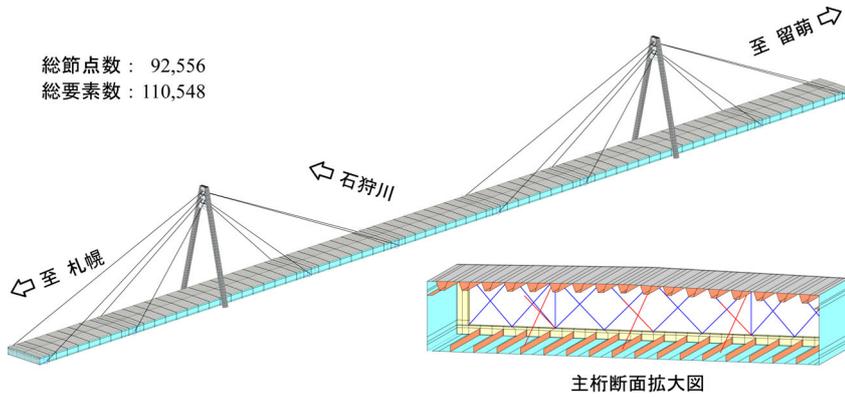


図-2 要素分割状況

の曲げ剛性は無視し、その軸剛性と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。

本解析は、三次元構造解析汎用コード ABAQUS を使い、ケーブルに作用張力を導入し、固有振動解析を実施している。また、本解析では、ケーブルの連成振動は無視することとし、その質量を主塔および主桁のケーブル定着部に等しく付加している。

各支点の境界条件は、固定支점에相当する節点は、変位を拘束し、面内回りの回転のみ許容している。可動支점에相当する節点は、橋軸直角方向および鉛直方向変位のみを拘束している。なお、主塔基部の支点はヒンジ構造であるが、本解析では完全固定とした。

鋼材およびケーブルの材料物性値は公称値を用いており、弾性係数  $E=206\text{GPa}$ 、ポアソン比  $\nu_s=0.3$ 、単位体積質量  $\rho_s=77.0\text{kN/m}^3$  としている。

5. 数値解析結果と実験結果の比較

表-1には、本解析により得られた固有振動数を実験結果と比較して示している。表より、ねじり対称1次振動に関しては、若干の差異が見られるものの、他の振動モードは良く一致していることがわかる。また、常時微動観測では曲げ対称3次振動および曲げ逆対称2次振動を抽出することができなかった。図-3には、本解析によって得られた固有振動モードを常時微動観測結果および強制加振実験結果と比較して示している。図より、曲げ逆対称2次振動に関しては、解析結果と強制加振実験結果に若干の差異が見られるものの、その他の振動モードは概ね一致していることがわかる。

6. まとめ

本論文では得られた知見をまとめると、以下の通りである。

- 1) 常時微動観測を実施することにより、主要な低次の固有振動数および固有振動モードを把握することができた。
- 2) 三次元有限要素モデルによる解析結果と実験結果の比較により、曲げ逆対称2次振動の固有振動モードに若干の差異が見られるものの、その他の振動モードは概ね一致している。したがって、本解析は本斜張橋の固有振動特性を概ね再現しているものと考えられる。

参考文献

- 1) 新山 惇, 岸 徳光, 佐藤 昌志, 池田 憲二, 高橋 朋代: 常時微動観測を用いた石狩河口橋の振動特性評価, 土木学会北海道支部研究発表論文報告集, 第57号, pp.116-119, 2001.2
- 2) 新山 惇, 佐藤 昌志, 小室 雅人, 岸 徳光: 供用後27年経過した三径間連続鋼斜張橋の自由振動特性, 土木学会構造工学論文集 Vol.47A, pp.1093-1102, 2001.3

表-1 固有振動数一覧

| 振動モード | 常時微動観測 | 強制加振実験 |        | 数値解析 |      |
|-------|--------|--------|--------|------|------|
|       |        | 加振点L/2 | 加振点L/4 |      |      |
| 曲げ振動  | 対称1次   | 0.73   | 0.71   | 0.71 | 0.73 |
|       | 対称2次   | 1.95   | 1.93   | 1.95 | 1.72 |
|       | 対称3次   | —      | 2.76   | 2.78 | 2.53 |
|       | 逆対称1次  | 1.27   | 1.27   | 1.25 | 1.15 |
|       | 逆対称2次  | —      | 2.25   | —    | 2.08 |
| ねじり振動 | 対称1次   | 3.20   | 2.93   | 3.20 | 2.86 |

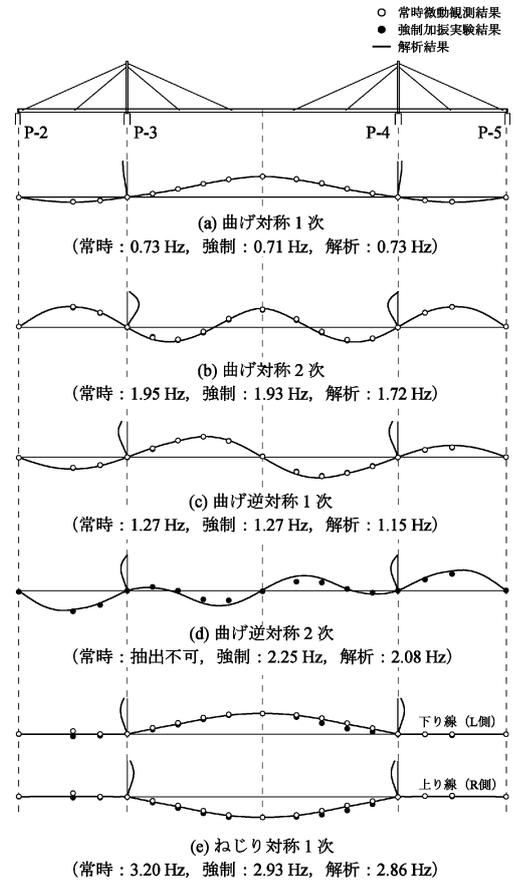


図-3 解析結果と実験結果の比較