# 新石狩大橋ランガー橋部の強制加振実験と固有振動特性評価

Forced vibration test and evaluation of natural vibration characteristics for Shin-Ishikari bridge

フェロー	岸	徳光 (Norimitsu Kishi)
正 員	小室	雅人 (Masato Komuro)
正 員	岡田	慎哉 (Shin-ya Okada)
正 員	伊藤	有希恵 (Yukie Ito)
○学生員	吉澤	佳展 (Yoshinobu Yoshizawa)
	フェロー 正 員 正 員 正 員 ○学生員	フェロー 岸   正員 小室   正員 岡田   正員 伊藤   ○学生員 吉澤

### 1. はじめに

近年,橋梁構造物の維持管理や劣化度診断を行う一つの 手法として,橋梁の固有振動特性の経年変化に着目した評 価法が検討されている.この手法は,定期的に固有振動特 性や減衰定数を測定し,それらのデータを蓄積することに よって,数年後あるいは地震発生後における振動特性をそ れ以前に蓄積されたデータと比較することにより,経年劣 化の程度や損傷の有無を適切に評価しようとするものであ る.このため,維持管理上重要と考えられる橋梁に関して は,現時点における振動特性を適切に把握しておくことが 必要となる.

このような観点から、本研究では昭和43年に建設され た新石狩大橋を対象に、強制加振実験および常時微動観測 を実施し、現在の固有振動特性の評価を試みた.本論文で は、特にバランスド・ランガー橋部の強制加振実験に関す る概要を報告するとともに、三次元有限要素法による固有 振動解析を実施し、強制加振実験結果および常時微動観測 結果との比較を行うことにより、本解析手法の妥当性を検 討した.なお、本実験は平成17年9月に実施した.

# 2. 新石狩大橋の概要

新石狩大橋は石狩川河口上流約24kmに位置する国道 275号江別市の橋長917.8mの長大橋梁で,昭和43年に竣 工した.上部構造は5径間連続鋼合成桁橋2連,単純鋼合 成桁橋2連,バランスド・ランガー橋1連,3径間連続鋼 合成桁橋1連で構成されている.**写真-1**には,新石狩大 橋のバランスド・ランガー橋部(以後,単にランガー橋部) を示している.



写真-1 新石狩大橋 (バランスド・ランガー橋部)

#### 3. 強制加振実験

強制加振実験は、加振位置を比較的容易に変化させるこ とが可能であるトラッククレーンを用いた重錘上下法に より実施した.実験は、抽出する振動モードが明確に確認 できるように、加振位置を2種類(L/2点およびL/4点、 図-1参照)に変化させて実施した.また、計測方法は橋 梁各点に設置した加速度計からの出力を同時計測し、得ら れた加速度波形を基に低次の各固有振動数および固有振動 モードの抽出を行った。

#### 3.1 計測システム

測定する振動成分は全て加速度成分とし、主桁上およ びランガー部にデジタルサーボ型加速度計を設置した. 図-1(a)には加速度計の設置位置を示している.本実験 では、主桁の振動特性に着目したケース1(計18 ch)と、 主桁およびランガー部の振動特性に着目したケース2(計 32 ch)でそれぞれ加速度計の設置位置を変化させている. なお、計測は50 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.

### 3.2 加振位置および加振方法

図-1(b)には、トラッククレーン(質量:26,500 kg)に よる加振位置を示している。強制加振は、クレーンに質 量3,000 kg 重錘を取り付けて行い、曲げ振動励起加振では ブームを橋軸方向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。一方、ねじり振動励起加振で





# 平成17年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第62号

表 ー 1	数值解析結果	と実験結果の」	比較
-------	--------	---------	----

	垢動エード		固有振動数 (Hz)			
派動モート		強制加振	常時微動	数值解析		
	曲げ振動	対称1次	1.48	1.53	1.38	
		対称2次	2.00	2.07	1.91	
		逆対称1次	1.07	1.09	1.10	
		逆対称 2 次	2.39	-	2.34	
	ねじり振動	対称1次	2.90	2.92	3.18	
		逆対称1次	3.83 / 3.90*1	3.93	4.36	

\*1 n/m n:上流側加振時, m:下流側加振時

は、吊り材の影響により、ブームを橋軸直角方向の桁外に 張り出すことができないため、橋軸直角方向の桁内に張 り出し、ねじり加振を行った.また、ねじり加振について は、トラッククレーンを上流側および下流側の2ヶ所に設 置し、計4地点で実験を実施した.なお、L/2 点加振は橋 軸方向対称振動モードを、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.本実験では上述の加振実 験の他に常時微動観測も実施している.

### 3.3 固有振動数の決定

実測加速度波形を用いた低次固有振動モードおよび固有 振動数の決定方法は,既往の論文<sup>1),2)</sup>を参考に,以下の仮 定に基づいて実施した.

- 1) 重錘を断続的に上下させて上部工に振動を励起させて 全加速度波形を収録する.
- 全測点の収録波形に関して所定の時間帯について FFT 処理を施しフーリエスペクトルを求める。
- 主要な測点に関するフーリエスペクトルから低次固有 振動数と考えられる卓越振動数を抽出する。
- 4) 固有振動モードを求めるために、各測点において3) で求めた卓越振動数に近傍のフーリエスペクトル、位 相スペクトル分布を考慮して波形を生成する。
- 5) 4) で求められた各測点の加速度波形について、振幅の 大きい測点の波形を基準にして 1/2 振幅毎の時間にお ける各測点の振幅値から振動モードを求め、モードの 節および腹の位置が各振動で移動せず、振動モードが 連成していないことを確認し、固有振動モードを決定 する。

#### 3.4 強制加振実験結果

図-2には、実験結果の一例として図-1(b)に示すA 点(L/2点上流側)加振時およびB点(L/4点)加振時にお ける測点aで計測された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.図より、フーリエスペクト ルには複数の卓越振動数が存在することが分かる.また、 表-1には強制加振実験および常時微動観測から特定され た各振動モードの固有振動数を示している.表より、加振 実験の固有振動数は、常時微動観測結果よりも小さな値を 示していることが分かる.これはトラッククレーンの質量 による影響と考えられる.なお、表中において、ねじり逆 対称1次振動モードでは、加振位置によって固有振動数に 若干の差異が生じており、この要因については、今後詳細 な検討が必要であるものと考えられる.

#### 4. 三次元有限要素法を用いた固有振動解析

本研究では、今後の維持管理の観点から加振実験の他 に、ランガー橋部を対象に三次元有限要素法を用いた固有



図-2 加速度波形から求められたフーリエスペクトル

振動解析を実施し,実験データと比較することにより,本 解析手法の妥当性を検証している.

### 4.1 有限要素モデル

図-3には、本解析で用いたランガー橋部の要素分割状況を示している。解析対象範囲はランガー橋部および両側に位置する合成桁部を含む228.8mとしている。本解析では、ねじり振動モードの特定を行うため全体系のモデル化を行った。使用した要素は、主桁部、アーチ部、支承部には4節点シェル要素あるいは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。本解析モデルの総節点数および総要素数は、それぞれ124,468,120,237である。

また、本解析では強制加振実験条件と同一となるよう に、トラッククレーンの質量とその位置を考慮している. 表-2には、本解析で使用した物性値を一覧にして示して いる.

#### 4.2 数値解析条件

本解析では、三次元構造解析用汎用プログラム ABAQUS<sup>3)</sup> を用い、弾性解析に基づいて実施した.なお、橋梁全体の 固有振動特性の把握に主眼を置いていることより、吊り材 の振動の励起を防ぐ目的で、吊り材の質量はそれぞれ吊り 材の定着部に等しく付加することとした.

各支点の境界条件は,設計条件と同様に主桁下面の可動 支点に相当する支承部の節点を橋軸直角方向および鉛直方 向に拘束し,固定支点に相当する支承部の節点を完全固定 とした.なお,ここではランガー橋部の振動特性の把握に 主眼を置いていることより,吊り径間部(44.4 m×2)の 振動については無視して整理することとした.



図-4 解析結果から得られる振動モード

表-2 使用物性值一覧

	弾性	単位体積	ポアソン
使用材料	係数	質量	比
	E (GPa)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	ν
鋼材	206	7.85	0.30
鉄筋コンクリート	30	2.50	0.20
アスファルト	9.8	2.30	0.35

# 5. 数値解析結果および実験結果との比較

図-4には、固有振動解析結果より得られたランガー橋部の振動モード図を示している.また、表-1には、固有振動解析結果より得られた固有振動数を強制加振実験結果 および常時微動観測結果と比較して示している.表より、 曲げ振動モードに関しては、解析結果と強制加振実験結果 との差が最大7%(曲げ対称1次振動モード)程度となっ ており、解析結果は実験結果と大略一致している.一方、 ねじり振動モードに関しては、10%程度の誤差が生じて おり、曲げ振動と比較して若干誤差が大きい.

図-5には解析結果および強制加振実験から得られた振動モード分布を比較して示している.ここでは、主桁部と ランガー部の振動モードを分かりやすくするために両者を 区別して示している.なお、ねじり振動以外のモード分布 は、全て上流側の加速度計出力から求めたものである.ま た、別途実施した常時微動観測においても、同様なモード 分布が確認されている.

図-5より,曲げ振動モード分布に着目すると,曲げ逆 対称2次振動モードで若干の差異が見られるものの,他の 振動モードについては,実験結果とほぼ一致していること が分かる.次に,ねじり振動モード分布に関しては,対称 1次および逆対称1次振動モードともに振動数が実験結果 よりも大きな値を示している.また,ねじり対称1次振動 モードに関してはモード分布はほぼ一致するものの,逆対 称1次振動モードに関しては吊り径間との掛け違い部分で 大きな差異が見られる.



図-5 解析結果と強制加振実験結果による振動モード分布の比較

一方, ランガー部のモード分布に関しては, 曲げ対称 2 次振動モード分布に若干の差異が見られるものの, 他の振 動モードは非常によく実験結果と一致している.

# 6. **まとめ**

本研究で得られた結果を整理すると,以下のようになる.

### 強制加振実験結果より

- 1) 各固有振動数に対応する固有振動モード分布図を得る ことができた。
- 2) 強制加振実験の固有振動数は、常時微動観測結果のそれと比較して全ての振動モードで低い値を示すことより、トラッククレーンの質量が橋梁全体の固有振動数に影響を与えるものと推察される。
- 3) ねじり逆対称モードに関して、上流側と下流側加振時で固有振動数に若干差異が見られた.この要因については、今後詳細な検討を行う必要がある。

三次元有限要素法を用いた解析結果より

4) 三次元有限要素法を用いた固有振動解析により、主桁 部およびランガー部の振動特性を大略評価が可能であ ることが明らかとなり、本解析手法の妥当性が証明さ れた。

# 参考文献

- 新山 惇,岸 徳光,佐藤昌志,池田憲二,高橋朋代:常時 微動測定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
- 三田村浩,岸 徳光,小室雅人,細川真利,松本一希:車輌 走行実験による星の降る里大橋の振動特性評価,土木学会 北海道支部研究発表論文報告集,第59号,pp.6-9,2003.1
- ABAQUS/Standard User's Manual, Ver. 5.8, Hibbitt Kalsson & Sorensen Inc., 1998.