

## (67) PC斜材を有する箱桁橋の振動特性

東日本旅客鉄道株式会社 建設工事部 ○中山弥須夫  
 建設工事部 正会員 小林 薫  
 東北工事事務所 菅原 正美  
 東京工事事務所 正会員 津吉 毅

### 1. はじめに

第一玉川橋梁は、田沢湖線角館・鶯野間に位置する橋長 188m、中央径間 85m の PC 斜材を有する斜張橋形式の 3 径間連続 PC 箱桁橋であり、秋田県の河川改修事業並びに秋田新幹線計画とあわせ、現在別線方式で改築工事が進められているところである。本橋梁は斜材を PC 部材とすることにより、耐疲労性、耐風安定性に対して優位となり、また橋梁の面外剛性を高め列車走行安定性を向上させた構造となっている。

今回、本橋梁の振動特性を把握し、保守上の基礎データとすることを目的とし、常時微振動による振動試験および衝撃による強制振動を用いた振動試験を行ったのでその結果を報告する。

### 2. 構造概要

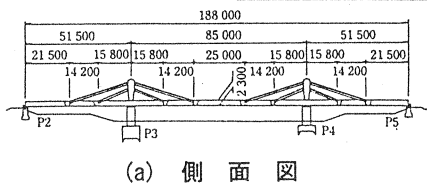
本橋の構造的特徴を以下に示す。

- ①斜材を PC 部材とし橋梁の面外剛性および耐疲労性を高めたこと。
- ②主塔は工程短縮のためプレキャスト部材としたこと。
- ③主塔と橋脚を剛結とすると不静定力の影響が大きくなるため、主塔と主桁を剛結とし、上部工と橋脚の縁をきったこと。

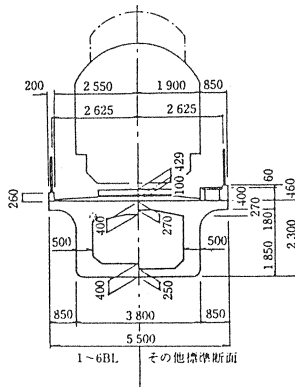
下部工は、P3、P4 橋脚にケーソン基礎を採用した。また、支承はゴムシューとし、P2、P5 橋脚に鋼角ストッパーを P3、P4 橋脚にはダンパー式ストッパーを採用したり 2. 橋梁諸元を表 - 1 に示し、一般図を図 - 1 に示す。

表 - 1 橋梁諸元

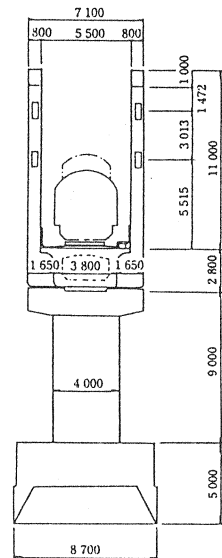
線名	田沢湖線
桁種	プレストレストコンクリート鉄道橋
軌道構造	スラブ軌道
主桁形式	1室PC箱桁 桁高 2.3m
橋長	187.800m
支間割り	51.5+85.0+51.5m
塔高さ	13.8m
幅員	5.5m
列車荷重	E A - 1 7
曲線半径	R = ∞



(a) 側面図



(b) 主桁断面図



(c) 断面図 (P4 橋脚)

図 - 1 橋梁一般図

### 3. 試験概要

#### 3.1 試験項目

試験項目は、以下に示す 2 項目に大別できる。

#### ①常時微振動試験

全体系および部材系の固有振動数、振動モード、伝達関数、減衰定数の測定。

#### ②衝撃による強制振動試験

①で測定が難しい系の固有振動数、振動モード、伝達関数、減衰定数の測定。

### 3. 2 振動試験

図-2に振動計の設置箇所を示す。計測は振動ピックアップにより行い、低周波振動計およびローパスフィルタを通して、デジタルデータレコーダおよびFFTサーボアナライザを用いて記録を行った。ローパスフィルタにより20Hz以上の高周波成分をカットした。デジタルデータレコーダによるサンプリング周波数は200Hz(0.005sec)とし、FFTサーボアナライザを用いてスペクトルと伝達関数を計算した。

#### ①常時微振動試験

橋梁は常に地盤からの微小なランダム振動により振動している。この振動を振動ピックアップにより計測した。この際、地盤応答伝達関数を求めるため、地表面上にも振動ピックアップを設置した。

#### ②衝撃による強制振動試験

常時微振動試験により計測が困難な系については、(a)砂袋落下法、(b)掛矢打撃法により計測を行った。砂袋落下法は、20kgの砂袋を高さ5.3mの足場から加振位置(中央径間1/2、中央径間1/4)に落下させることにより加振を行ない、全体系の面内振動モードの計測に用いた。掛矢打撃法は、掛矢を用いて加振位置(斜材中央部、主桁側面部)を打撃することにより行ない、全体系の面外振動モードおよび部材系の面内、面外振動モード、固有振動数の計測に用いた。

## 4. 固有振動数と振動モード

### 4. 1 固有振動数

全体系の固有振動数の計測については、常時微振動による振動試験を行った。面内方向加速度フーリエ

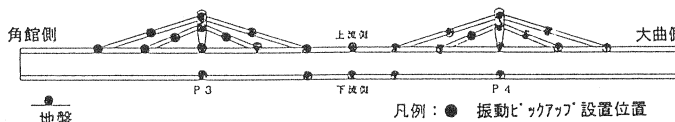


図-2 振動計設置箇所

スペクトルを図-3(a)に示す。上部構造では、卓越した振動成分が1.375Hz付近および2.275Hz付近にみられる。また、面外方向加速度フーリエスペクトルを図-3(b)に示す。上部構造の面外方向では、卓越した振動成分が1.525Hz付近にみられる。

各部材系の固有振動数の計測については、掛矢打撃法による強制振動試験を行った。斜材上段・下段・主塔・橋脚の面内・面外方向加速度フーリエスペクトルを図-4に示す。斜材上段の面内方向では4.200Hz付近に、面外方向では2.225Hz付近に卓越した振動成分がみられる。斜材下段の面内方向では14.400Hz付近に卓越した振動成分がみられるが、面外方向では主塔との連成振動が卓越し、斜材下段単独の固有振動数は計測できなかった。主塔の面外方向でも連成振動が卓越し、主塔単独の固有振動数は計測できなかった。橋脚の面内方向では9.550Hz付近に、面外方向では9.450Hz付近に卓越した振動成分がみられる。

近似スペクトル曲線を用いて求めた固有振動数を表-2に示す。今後、橋面工が行われると固有振動数はさらに小さくなると考えられるため、本橋梁の固有振動数は一般的な鉄道橋に比べて小さいと考えられる。

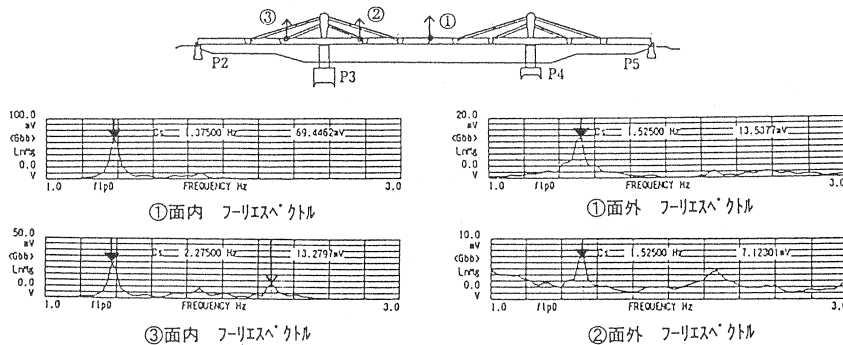


図-3 加速度フーリエスペクトル(固有振動数)

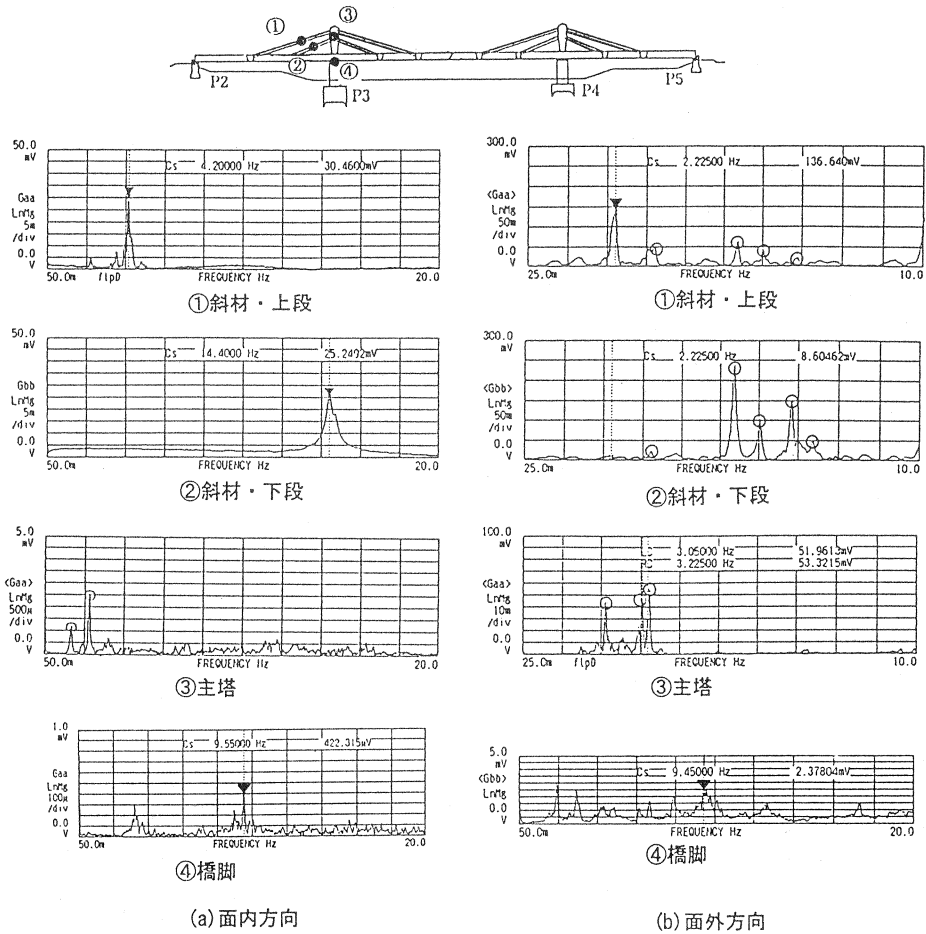


図 - 4 各部材系の加速度フーリエスペクトル

4. 2 振動モード

常時微振動による面内方向加速度成分の振動モード図を図 - 5(a)(b)に示し、強制振動による面外方向加速度成分の振動モード図を図 - 5(c)に示す。

図 - 5(a)によると、面内方向の1次の振動モードは固有振動数 1.382Hz の振動モードであり、上部工の P3、P4 支点を中心に主桁が上下に振動し、中央径間と側径間が逆位相で振動する振動モードである。図 - 5(b)によると、2次の振動モードは固有振動数 2.275Hz の振動モードであり、上部工の P3、P4 支点および中央径間 1/2 地点を中心に主桁が上下に振動し、中央径間と側径間が逆位相で振動す

表 - 2 固有振動数

		振動モード		固有振動数	減衰定数
全体系	面内 1 次			1.382Hz	0.014
	面内 2 次			2.275Hz	0.011
	面外 1 次			1.513Hz	0.014
部材系	斜材軸法線方向 1 次(斜材面内)	P3	角館側・上段	4.195Hz	0.010
			角館側・下段	14.414Hz	0.012
		大曲側	上段	4.269Hz	0.012
			下段	14.550Hz	0.010
	斜材橋軸直角方向 1 次(斜材面外)	P3	角館側・上段	2.217Hz	0.021
			角館側・下段	---	---
		大曲側	上段	2.233Hz	0.017
			下段	---	---
橋脚軸方向 1 次 (P3橋脚面内)			9.546Hz	0.006	
橋脚橋軸直角方向 1 次 (P3橋脚面外)			9.463Hz	0.007	

る振動モードである。両モードとも主塔の面内方向曲げ振動がみられる。

図-5(c)によると、面外方向の1次の振動モードは固有振動数 1.513Hz の振動モードであり、上部工の P3、P4 支点を中心に主桁が左右に振動し、中央径間と側径間が逆位相で振動し、若干主塔が面外曲げ振動する振動モードである。

#### 4. 3 減衰定数

各振動モードにおける測点毎の振幅、減衰定数の測定値を表-3に示す。減衰定数は  $1/n/2$  法により、算出した。表によると、本橋梁の減衰定数は 0.014 程度であると考えられる。また、減衰定数と振幅、振動数との関係は今回の試験では確認できなかった。

#### 5. まとめ

今回の試験により、斜材を PC 部材とした斜張橋形式の箱桁橋の振動特性について、いくつかの基礎データを得ることができた。得られた知見を以下に示す。

- ・今回行った常時微振動による試験でも十分なデータが得られることが分かった。
- ・本橋梁の固有振動数は、面内1次が 1.382Hz、面内2次が 2.275Hz、面外1次が 1.513Hz となり、鉄道橋としては小さい値となった。
- ・本橋梁の減衰定数は、0.014 程度であると考えられる。

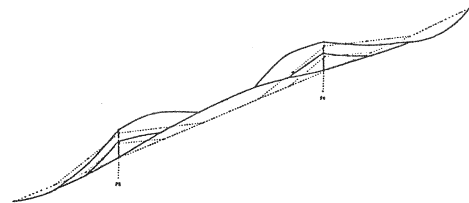
今後、基礎を含む橋梁全体の固有値解析を行い、その結果についても報告したいと考えている。



(a) 面内1次振動モード



(b) 面内2次振動モード

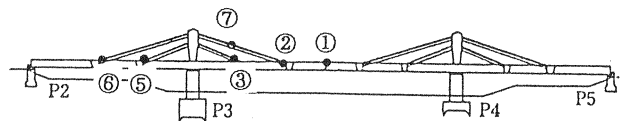


(c) 面外1次振動モード

図-5 振動モード図

表-3 減衰定数の測定値

	測定点No.	振 幅	減衰定数
面内1次 1.382Hz	①	73.0mgal	0.014
	②	65.2mgal	0.014
	⑥	40.1mgal	0.017
面内2次 2.275Hz	⑤	30.7mgal	0.011
	⑥	16.7mgal	0.010
	⑤	13.5mgal	0.010
	②	11.6mgal	0.010
面外1次 1.513Hz	③	9.1mgal	0.014
	⑦	18.9mgal	0.014
	①	15.2mgal	0.014
	②	13.2mgal	0.014
	③	8.0mgal	0.014



#### 【参考文献】

- 1) 津吉・菅原・大庭・石橋：第1玉川橋梁の設計、プレストレストコンクリート、Vol.38 No.3(1996 MAY)
- 2) 小林・津吉・大庭・石橋：3径間連続PC斜材付き箱桁の耐震設計、プレストレストコンクリート技術協会 第5回シンポジウム論文集(1995.10)
- 3) 稲富・竹田・大保・山野辺：地震観測に基づくPC斜張橋「青森ベイブリッジ」の地震応答特性について、構造工学論文集(1994.3)