

## 鉄道 RC 高架橋における部材振動性状の簡易推定法

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○原田 和洋  
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部正道  
 株式会社ビーエムシー 正会員 杉崎 光一  
 大阪大学大学院 正会員 貝戸 清之

### 1. はじめに

近年、新幹線の営業速度や試験最高速度は飛躍的に向上しており、更なる速度向上への技術開発も進められている。しかし、最も一般的な鉄道構造物である RC ラーメン高架橋では、部材単位での振動特性や振動モードが十分に明らかにされていないのが実状である。以上の背景から本研究では、以下を研究の目的とした。

- (1) 鉄道 RC ラーメン高架橋を対象として、実験解析によるモード形同定手法を用いて、多点同時計測結果から振動特性、特に振動モード形および固有振動数を推定する。
- (2) 上記の成果を踏まえ部材振動の簡易な推定方法を提案する。

### 2. 実験解析を利用した振動性状の把握

近年では、安価なセンサーが開発されたことで、多点同時計測を簡易に行なうことができるようになった。以下、鉄道構造物に設置した加速度センサーの応答値を利用して、振動モード形を把握する方法を述べる。まず、構造物上に推定される振動モード形を想定し、加速度センサーを配置する。インパルスハンマーによる打撃加振を行い、加速度応答を計測する。加速度センサーの内、いずれのモードの節にならない点、かつ低次モードの腹にならない点を基準点とした。次に、基準点と各計測点のクロススペクトルを算出する。さらに、基準点を入力し、各計測点を出力として全計測点の伝達関数も併せて求めた。例として図1に計測したクロススペクトルを示す。この図より複数のピークを確認することができるが、これらのピーク周波数を固有振動数の候補としてストックした。対応する振動数での伝達関数の振幅を読み取り、振動モード形の振幅とした。また、ピーク周波数の位相情報を利用して、 $-\pi/2 \sim \pi/2$  であれば同位相、それ以外であれば逆位相として振動モードに $\pm$ の符号を与え、振動モードを同定した。

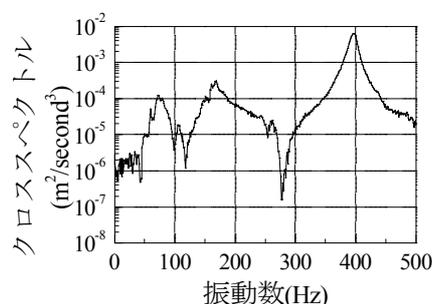


図1 クロススペクトル

### 3. 実コンクリート構造物の振動特性

計測はコンクリート構造物、特に RC ラーメン高架橋を対象として行った。RC 単純 T 型桁における部材でも同様の試験を行った。計測対象構造物を表1に示す。RC ラーメン高架橋を図2に示す。これらを選定した理由として、構造物の中で割合が多いためである。

RC ラーメン高架橋中間スラブの計測におけるセンサー配置を図3に示す。センサーは縦梁のスパン方向に6等分、横梁のスパン方向に4等分し、その格子点に25個を配置した。同定した振動モードおよび振動数を図4に示す。得られた振動モード図は最大振幅が1となるように基準化を行っている。計測結果の1次の固有振動数は20Hzと推定される。96Hzでは2次の振動モードが得られた。また、三次元FEM解析により固有モードを算出し、比較した。解析結果を図5に示す。解析結果では21Hzで同様の振動モードが得られた。

表1 計測対象構造物

構造物	対象部材
ラーメン高架橋	中間スラブ
	張出しスラブ
	縦梁・横梁
RC 単純 T 型桁	中間スラブ
	張出しスラブ

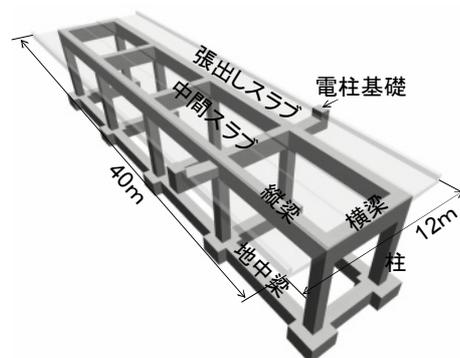


図2 RC ラーメン高架橋

キーワード 鉄道 RC ラーメン高架橋, 振動モード, 固有振動数, 多点同時計測

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

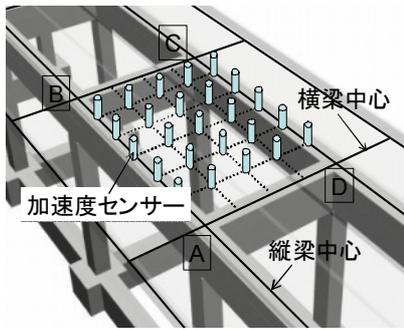
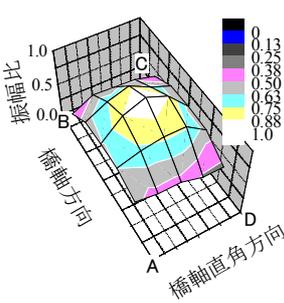
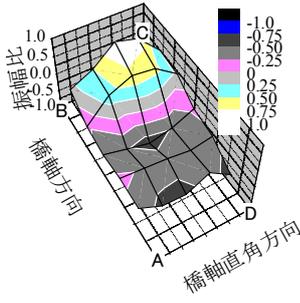


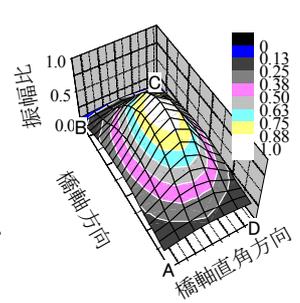
図3 センサー配置



(a) 20Hz



(b) 96Hz



21Hz

図5 解析振動モード

表2 振動数の比較

		計測 (Hz)	FEM 解析 (Hz)	簡易式				材料定数	
				固定支持(Hz)		単純支持(Hz)		E (kN/m <sup>2</sup> )	単位重量 (kN/m <sup>3</sup> )
				路盤コンクリート		路盤コンクリート			
				非考慮	考慮	非考慮	考慮		
ラーメン高架橋	中間スラブ	20	21	30	61	16	31	2.5E+7	24.5
	張出しスラブ	13	13	13					
	縦梁	34	29	25	33	11	14		
	横梁	48	45	94	143	40	63		
単純T型桁	中間スラブ	19	17	42	79	21	40		
	張出しスラブ	11	12	13					

4. 実コンクリート構造物の部材振動推定法

土木学会の構造力学公式集<sup>1)</sup>では、部材の固有振動数を求める際の算定式が提案されている。また、鉄道構造物設計標準・同解説<sup>2)</sup>は、その設計の手引き<sup>3)</sup>において衝撃係数を算定する際に必要とされる部材の固有振動数の推定式を提供している。計測結果、解析結果および構造力学公式集による推定法より求めた振動数の一覧を表2

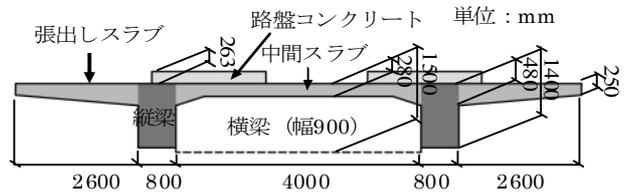


図6 断面図

に示す。支持条件は固定支持と単純支持とした。路盤コンクリート剛性の考慮の有無についても検討した(図6)。ヤング係数や路盤コンクリートの影響が明確でないため、必ずしも全ての現象を説明しきれていないが、設計への対応の観点からは表中で着色したケースが妥当であると考えられる。

縦梁は、ラーメン径間数が多いため支持条件の固定度が高くなっていると推定される。また全スパンに渡り路盤コンクリートが設置されているためその影響も大きくなったと推定される。

横梁、中間スラブは、計測および解析より支持条件の固定度があまり大きくないことが推定され、また路盤コンクリートも間欠となるため影響は少ないと推定される。

5. まとめ

本研究では、実験解析によるモード形同定手法を用いて、以下の知見を得た。

(1) 多点同時計測結果から標準的な鉄道RCラーメン高架橋の振動特性、例えば、張出しスラブ1次13Hz、中間スラブ1次20Hzなど、固有振動数及び振動モードを推定した。

(2) 上記の推定値を簡易式で評価する手法について適用式の種類及び剛性の考慮方法を整理した。

参考文献 1)(財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説ーコンクリート構造物，丸善，2004.4

2)(財)鉄道総合技術研究所：照査例RCラーメン高架橋，2005.3

3)土木学会，構造力学公式，博栄社，1986.6