

LDV を用いた鉄道高架橋の振動性状把握

東海旅客鉄道 正会員 ○吉田 幸司

東海旅客鉄道 正会員 庄司 朋宏

東海旅客鉄道 フェロー 関 雅樹

1. はじめに

構造物の健全度が何らかの要因で損なわれた場合、構造物の応答等に健全な構造物と異なる特異な現象が現れる。こうした現象を適切かつ効率的に把握・診断することが維持管理上重要であり、そのための新たな計測技術や測定結果の評価手法が必要である。最近では、上半ら¹⁾により、レーザードップラー速度計（以下、「LDV」という。）を用いた常時微動計測・解析評価による固有振動数に着目した構造物の損傷度評価に関する研究がなされている。本研究では、鉄道高架橋を対象に、LDV を用いた常時微動と列車走行による強制加振時の振動性状（振動モード、固有振動数）の把握について、実構造物での測定を基に基礎的検討を実施する。

2. 測定概要

測定は表-1 に示す東海道新幹線の標準的な高架橋（1 層 2 柱式 3 径間ラーメン高架橋）の近接する 2 ブロックである。測定は、高架橋の常時微動と列車走行時の動的応答を 100Hz までの帯域で計測する。列車走行時の計測は 1 列車走行中の 4 秒間で測定点 2 点を計測（2sec/point）し、9 列車分を重ねる方法である。リファレンス用レーザー（以下、「REF」という。）を使用し（REF 測定点は図-1 の■表示.），各測点の位相をあわせる。表-2 に LDV の測定条件を、図-1 に測定点を示す。いずれも測定結果から周波数分析により卓越周波数を確認する。また 3 つの測定点で三角形要素を構成し、要素内を直線で内挿することで全体の振動モードを面的に表示することで視覚的に振動性状を捉える。

3. 測定結果と考察

(1)常時微動 表-3 に測定結果の周波数分析結果を示す（なお、表中には列車走行時の結果も併記）。図-2 に常時微動での周波数分析結果を示す。また、図-3 に A 高架橋における卓越周波数 2.56Hz と 11.31Hz の振動モード図を示す。2.56Hz は高架橋全体が振動する振動モード（1 次モード）であり、11.31Hz は張出し部の振動するモードである。なお、卓越する周波数に差異はあるが、B 高架橋も概ね同傾向である。

ここで、1 次モードに着目すると、A 高架橋 2.56Hz、B 高架橋 2.75Hz と A 高架橋の方が低い。両高架橋は高さを除き概ね同形式であり、高さが低い A 高架橋（0.5m 低い）が理論上 1 次モードの固有振動数が高くなるはずである。近接する高架橋のため地盤条件が概ね同様であると考えるならば、A 高架橋において固有振動数を低下させる要因（例えば、剛性低下等）が生じている可能性が考えられる。

表-1 測定対象高架橋

No.	橋長 (m)	柱断面 寸法(m)	高さ (m)	基礎 種別	杭長 (m)
A高架橋	24.0	0.6×0.6	6.5	RC杭	10.0
B高架橋	24.0	0.6×0.6	7.0	RC杭	10.0

表-2 LDV 測定条件

No.	測定項目	測定時間	測定 点数	周波数 分解能
A高架橋	常時微動	400sec	25	62.5mHz
	列車走行	36sec	17	500mHz
B高架橋	常時微動	400sec	25	62.5mHz
	列車走行	36sec	17	500mHz

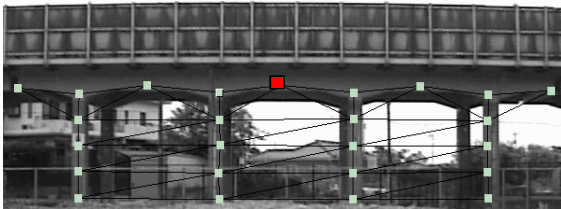


図-1(a) 常時微動測定（A 高架橋）

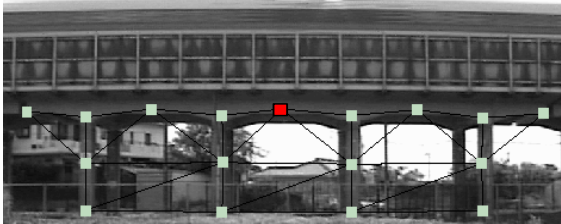


図-1(b) 列車走行時測定（A 高架橋）

表-3 周波数分析結果

No.	測定項目	主な卓越周波数(Hz)		
		1	2	3
A高架橋	常時微動	2.56	9.88	11.31
	列車走行	3.0	8.5	11.0
B高架橋	常時微動	2.75	8.88	10.06
	列車走行	2.5	8.0	11.0

キーワード：LDV，鉄道高架橋，健全度，固有振動数，常時微動

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道技術開発部 TEL.0568-47-5375 FAX.0568-47-5364

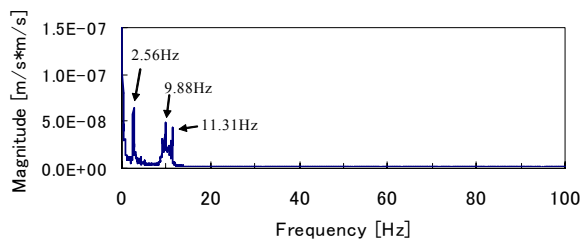


図-2(a) A 高架橋の周波数分析 (常時微動)

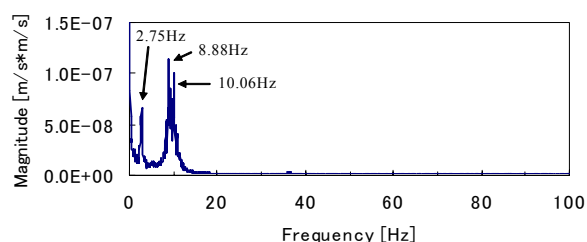


図-2(b) B 高架橋の周波数分析 (常時微動)

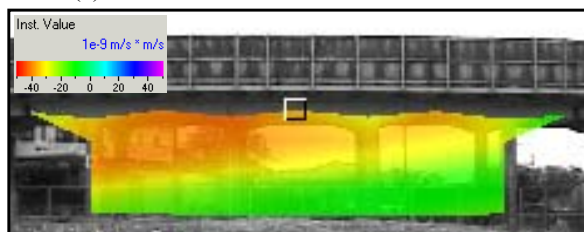


図-3(a) A 高架橋の振動モード図 (常時微動)

卓越振動数：2.56Hz

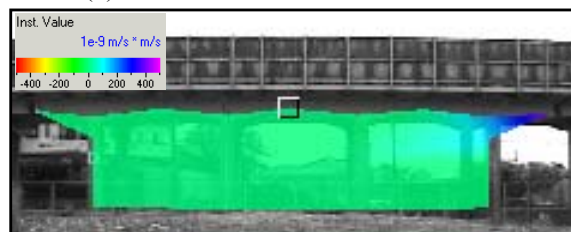


図-3(b) A 高架橋の振動モード図 (常時微動)

卓越振動数：11.31Hz

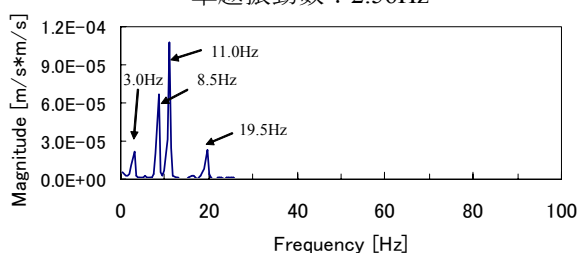


図-4(a) A 高架橋の周波数分析 (列車走行時)

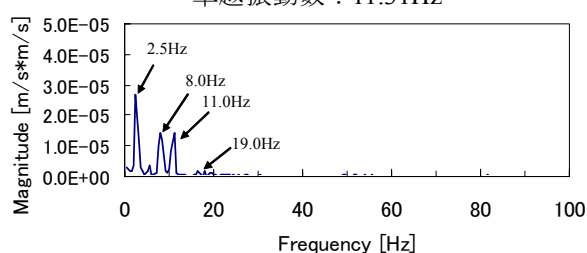


図-4(b) B 高架橋の周波数分析 (列車走行時)

(2) 列車走行時の動的応答 図-4 に列車走行時の動的応答の周波数分析結果を示す. 測定時の周波数分解能が異なるため周波数の値には若干の差異があるが, 常時微動で卓越した 2.5Hz 付近, 10Hz 付近に卓越が見られる. また, 常時微動では卓越しなかった 20Hz 付近にも卓越周波数が見られ, 走行列車により励起される特徴的な振動モードであると考えられる. これらの振動モードは張出し部の振動が卓越するもので, 列車走行時の高架橋振動では張出し部の応答に着目すべきという知見²⁾と一致する. 次に, A 高架橋において応答が顕著に卓越する 11.0Hz の振動モードを図-5 に示す. この振動モードでは, 張出し部の振動が卓越する点は前述したが, 反対側の柱下端部の振動も見られ, ややねじれを伴った振動モードである. なお, この振動性状は B 高架橋には見られないため, A 高架橋に特徴的なものであると考えられ, 今後この点に着目し健全度評価を深度化していく.

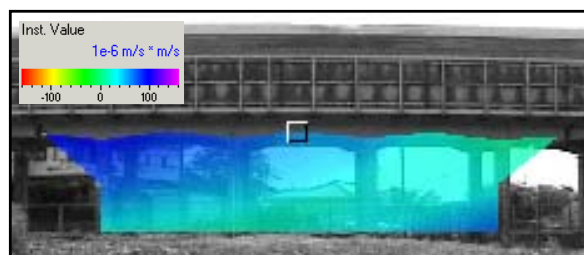


図-5 A 高架橋の振動モード図 (列車走行時)

卓越振動数：11.0Hz

4. まとめ

LDV を用いた鉄道高架橋の振動測定を実施し, 常時微動と列車走行時の振動特性を把握した. その結果, 常時微動により高架橋の複数の卓越周波数と振動モードが計測可能であることを確認した. また, REF を用いた複数列車の測定結果を重ね合わせることで, 列車走行時の動的な振動性状の把握が可能であることを実証した. 今後は, 測定事例を積み重ねるとともに, 各測定点に着目した詳細な分析を踏まえ, LDV を用いた固有振動数や振動モード等による構造物の健全度評価や, 各種補強工を施工した際の振動性状への効果確認の手法について検討していく.

参考文献 1)Fumiaki UEHAN, Kimiro MEGURO : Assessment of Seismic Damage to Railway Structures using Applied Element Method and Microtremor Measurement, 13WCEE, No.1407, August 1-6,2004.

2)吉田幸司,関雅樹,曾布川竜,西山誠治,川谷充郎 : 鉄道高架橋の部材剛性低下による振動特性への影響評価,構造工学論文集,Vol.51A,pp.447-458,2005.3.