

仮線高架化方式鉄道高架橋の振動特性について

京阪電気鉄道 運輸事業本部 工務部 正会員 平川良浩・島田昌樹

奥村組 土木設計部 正会員 三木英通・情報システム室 正会員 森尾 敏

1. はじめに

近年、鉄道立体化等の都市整備事業に対しては、従来の都市機能面だけではなく環境面での改善要求が強まっている。本論文は、「環境にやさしい交通機関」と言われる鉄道システムのさらなる環境面での改善を目的として、環境影響主要因子である振動の低減を図るために、鉄道高架橋の振動特性について報告するものである。

2. 研究の手順

対象構造物は、図1に示すように市街地鉄道立体化事業において一般的に採用される仮線高架化方式のビームスラブ式ラーメン高架橋である。また測定高架橋の選定にあたっては、速度・制動の影響把握が可能な縦断勾配部で、かつ環境面で負荷を与えやすい曲線部を選定した。

研究の手順は図2に示す通りである。検証測定は、基本測定によって推定される高架橋の振動特性を検証する位置付けで行った。図3に、検証測定の計測器設置位置および測定項目を示す。

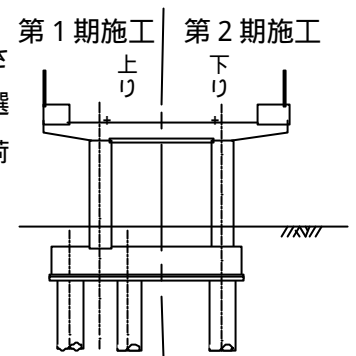


図1 橋軸直角方向断面

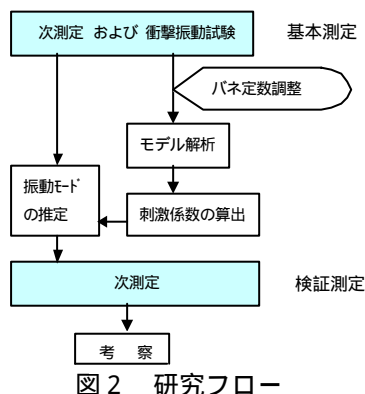


図2 研究フロー

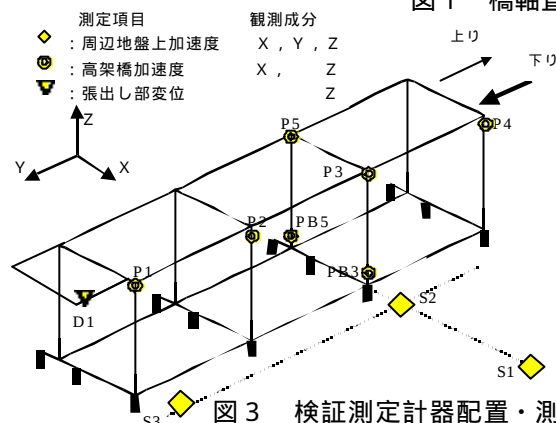


図3 検証測定計器配置・測定項目

3. 測定結果と考察

図4に、列車台車の移動による加振波形と、高架橋並びに地盤への波動の伝搬状況を示す。加振波形は、張出し部(D1)変位波形を列車速度とP3までの距離を考慮して時間軸をずらしたものである。～は車両番号である。加速度波形は、12～16Hzのバンドパス・フィルターを通したものである。地盤における観測では「うなり」の有無で2分でき、卓越周波数の違いは、有り(15Hz)：無し(20Hz)であった。図5にこれらの観測加速度の時刻歴を示す。「うなり」有りでは、図6に示すように近接した2つの卓越周波数(13.6Hz・15Hz)が計測された。

表1に固有値解析の結果一覧を示す。図7(上段)に示すように、観測された15Hz(上記の卓越周波数)での振動モードは、衝撃振動試験結果を用いて基礎パネ定数を調整したモデル解析の15次固有モード(鉛直方向刺激係数最大)と一致している。このモードは、鉛直方向剛性が下り側で劣る構造に起因し、下り列車走行時に発生する可能性が非常に高いと考えられる。図7(下段)は観測の20Hzと16次固有モードを比較した。

一方、車両側は13Hz前後に固有周波数がある。13.6Hzは車両の固有周波数と推定され、車両と高架橋の振動特性に起因するうなり現象が発生していると考えられる。

キーワード：鉄道高架橋、振動特性、仮線高架化方式の高架橋、うなり

〒573-0032大阪府枚方市岡東町25-9 京阪電気鉄道 運輸事業本部 工務部 TEL072-841-0381 FAX072-844-6529

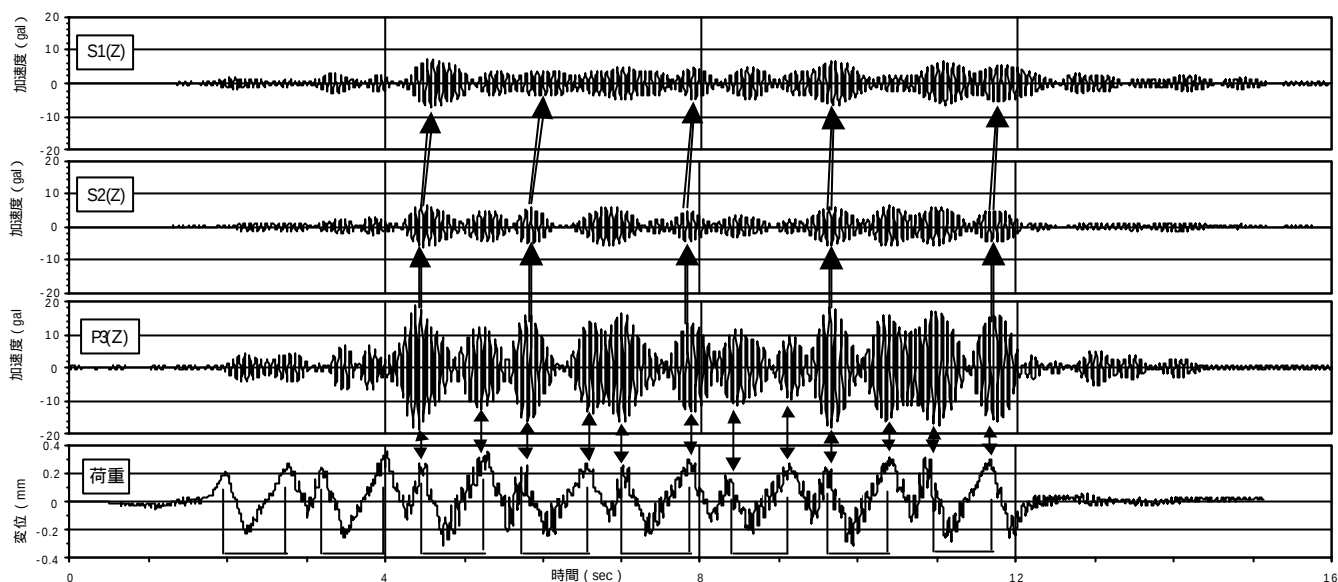


図4 時刻歴波形からみた台車荷重と「うなり」の関連および伝搬状況

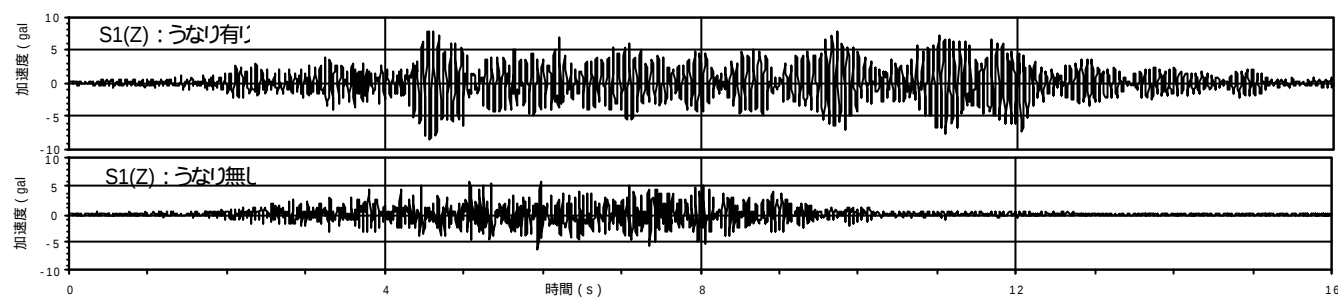


図5 「うなり」の有無による時刻歴波形の比較

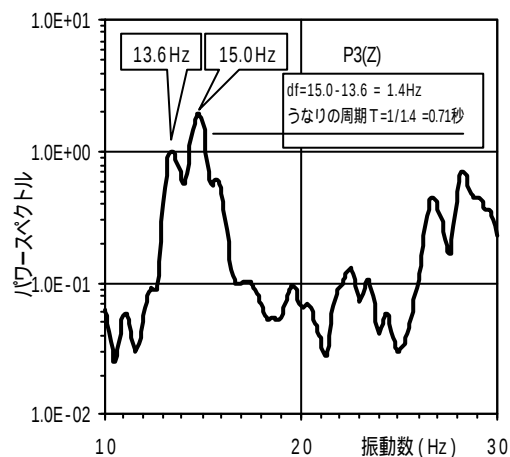


図6 パワースペクトル

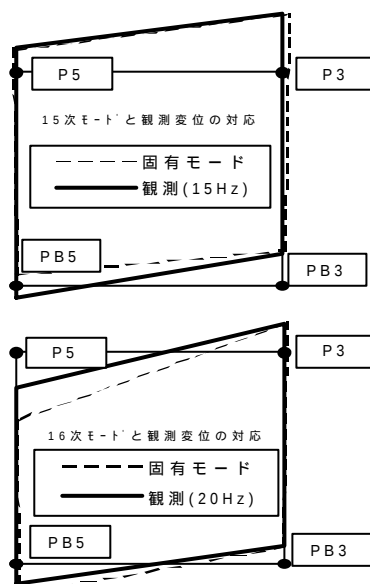


図7 固有振動モード

表1 3次元固有値解析結果一覧

次数	固有周期 (Hz)	刺激係数			備考
		橋直方向	橋軸方向	鉛直方向	
1	4.24	1.23	0.00	-0.02	橋直方向 橋軸方向
2	4.47	0.00	-1.04	0.00	
3	5.00	0.00	0.07	0.00	
4	6.57	0.30	0.00	-0.01	鉛直方向
5	7.81	0.00	0.00	0.00	
6	8.99	0.00	-0.01	0.00	
7	10.27	0.00	0.00	0.00	
8	12.37	0.00	0.01	0.00	
9	13.67	-0.11	0.00	-0.49	
10	14.70	0.02	0.00	0.01	
11	15.18	0.00	-0.04	0.00	
12	15.28	0.06	0.00	0.00	
13	16.15	-0.02	0.00	-0.50	
14	16.34	0.00	-0.02	0.00	鉛直方向
15	16.37	0.09	0.00	2.20	
16	18.33	0.12	0.00	-0.98	鉛直方向
17	19.80	0.00	0.00	0.00	
18	23.07	0.00	0.00	-0.17	
19	23.66	0.00	0.00	0.00	
20	24.13	-0.01	0.00	-0.64	

4. おわりに

本研究から鉄道システムの設計において、列車と構造物間の相互作用により発生する「うなり」現象に対する安全性を考慮した総合的なシステム設計の必要性が明確となった。構造物側の改良案としては、図1の非対称形構造を改善した、単線高架時に2柱で対応できる1柱1杭方式3柱対称形の構造形態が挙げられる。

今後、さらに列車振動の特性について研究し、安全面のみならず環境面での安全率の高い鉄道システム立案に貢献したい。