

跨座型モノレールPC高架橋の地震応答解析

神戸大学大学院  
(株)エイト日本技術開発

フェロー 川谷 充郎  
正会員 ○小野 和行

京都大学大学院  
神戸大学大学院

正会員 金 哲佑  
森本 裕介

1. はじめに 本研究は、2011年8月に実施したモノレール高架橋交通振動実測<sup>1)</sup>を踏まえた高架橋モデルにて、地盤性状を考慮し実施した橋梁-車両連成解析結果<sup>2)</sup>をもとにレベル1地震応答解析を行うものである。

参考文献2)では、基礎-地盤相互作用の関係を地表ばねモデル、杭有限要素モデルとした杭集約モデルにて橋梁-車両連成解析を実施した。本解析では、さらに杭基礎を詳細にモデル化した杭分散モデルによる解析を行いより実現象に近い振動特性の把握を試みる。

2. 解析モデル 対象とした高架橋は、大阪モノレール彩都線 NP228~NP229 径間とする。この橋梁の構造諸元は図-1に示すとおりである。

解析モデルは、図-2に示すように隣接径間を考慮して3径間高架橋を3次元有限要素にてモデル化する。また、橋脚の基礎構造については、基礎-地盤相互作用の影響を評価するために図-2に示すように杭を1本ずつモデル化した杭分散モデルにて考慮する。なお、解析結果は地表ばねモデル、杭集約モデルについても示し、各モデルでの違いを評価する。また、対象橋梁付近の地盤特性は表-1に示すとおりである。道路橋示方書・同解説V編によればNP228~NP229はI種地盤となる。

3. 解析条件および解析ケース モード解析の際に考慮する振動次数は最大振動数を20Hzまでとし、NP228~NP229高架橋モデルでは、32次( $f_{32}=19.1\text{Hz}$ )までとする。橋梁の減衰定数は1次2次の固有振動モードに対して $h=0.05$ とし、Rayleigh減衰とする。Newmark $\beta$ 法に用いる最適な積分時間間隔は考慮する最小固有周期の1/5~1/6程度が良いとされているため、最小固有周期の1/6よりも値が小さい $\Delta t=0.005\text{sec}$ とする。解析時間は地震波の加震時間に合わせており、30秒間とする。ただし、R.M.S.評価時間はそれぞれの地震波の主要動部分を考慮して調節を行う。解析着目点はP2橋脚(第2橋脚)頂部の橋軸直角方向とする。なお、入力地震波は図-3に示すとおり道路橋示方書・同解説V編に示されるI種地盤におけるレベル1設計地震動を用いる。また、解析ケースは表-2に示すとおりである。

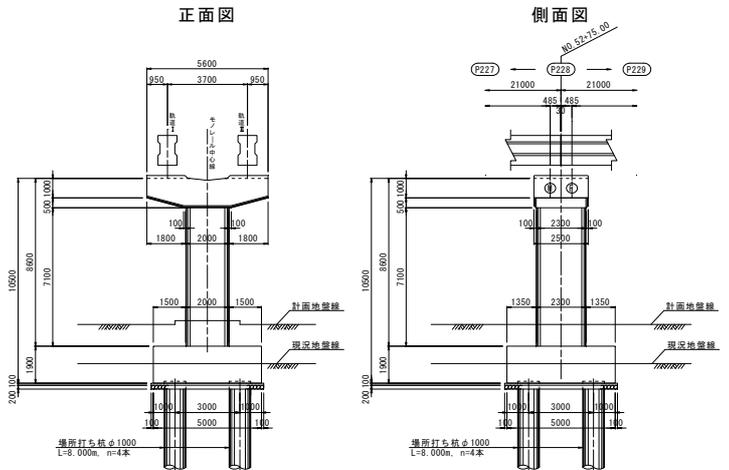


図-1 構造諸元

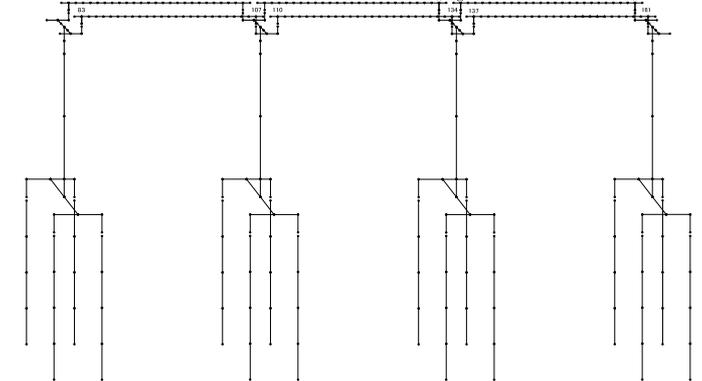


図-2 3次元有限要素モデル

表-1 地盤特性

No.	Layer thickness (m)	Depth (m)	Soil type	N-value	Deformation modulus (kN/m <sup>2</sup> )
1	0.34	0.34	Cohesive soil	8.76	2.45×10 <sup>4</sup>
2	1.20	1.54	Sandy soil	23.00	6.44×10 <sup>4</sup>
3	1.30	2.84	Cohesive soil	27.00	7.56×10 <sup>4</sup>
4	0.80	3.64	Sandy soil	30.00	8.40×10 <sup>4</sup>
5	0.75	4.39	Cohesive soil	31.15	8.72×10 <sup>4</sup>
6	5.51	9.90	Sandy soil	43.42	1.22×10 <sup>5</sup>

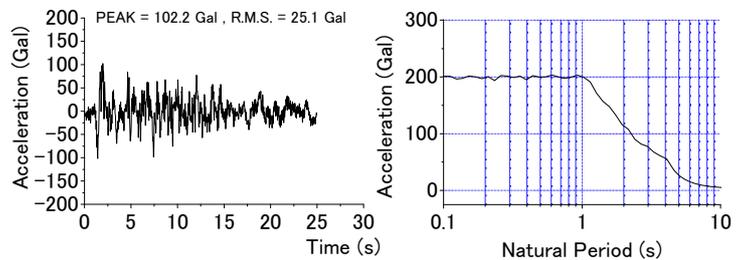


図-3 入力地震波

表-2 検討ケース

解析CASE	条件	
CASE1	Only bridge	死荷重時
CASE2	Train as mass	車両を付加質量
CASE3	Train moving	車両を振動系とし、かつ走行状態を考慮

キーワード：橋梁-車両連成振動解析, モノレール, 地盤性状, 基礎ばね, レベル1地震動

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 Phone:078-803-6278

4. 解析結果 地震応答解析は、基礎-地盤系モデルを地表ばねおよび杭基礎集約モデル、杭分散モデルにて実施する。

杭分散モデルに対して設計地震波入力時の P2 橋脚頂部の橋軸直角方向加速度および周波数分布を図-4 に示す。これより CASE1 と CASE2 を比較すると、CASE2 の方で加速度応答のピーク値は小さくなっているものの R.M.S 値は若干大きくなっている。また、車両を付加質量として考慮すると固有振動数が低周波側で卓越し小さくなっていることが確認できる。さらに車両を振動系として考慮する CASE3 において、車両のダンパー効果により振動が低減される傾向が見られる。

次に杭集約モデルに対して設計地震波入力時の P2 橋脚頂部の橋軸直角方向加速度および周波数分布を図-5 に示す。これより CASE1 と CASE2 を比較すると、CASE2 の方で加速度応答のピーク値は小さくなっているものの R.M.S 値は大きくなっている。なお、杭分散モデルとは CASE2 の方で加速度波形が少々異なる。これは CASE2 の固有振動数が影響しており、杭分散モデルおよび地表ばねモデルの同ケースに比べ低周波側への移行が顕著でないことが要因であると考えられる。車両を振動系として考慮する CASE3 においては他のケースと同様、車両のダンパー効果により応答が小さくなっていることが確認できる。

地表ばねモデルに設計地震波を入力した結果を図-6 に示す。基礎地盤モデルの違いに着目した場合、杭分散モデルと地表ばねモデルは 3 つの振動スケールおよび周波数分布ともに概ね近似していることが確認できる。なお、杭集約モデルについては加速度波形および周波数特性が他のケースと異なることが確認できる。特に低周波側ではそれが顕著である。

5. まとめ 本研究では、モノレール高架橋の現地実測結果に基づく橋梁-車両連成解析結果を踏まえ、基礎-地盤系のモデル化の違いに着目した地震応答解析を実施した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・基礎-地盤系のモデル化による応答の違いが確認できた。
- ・地表ばねおよび杭分散モデルは概ね同様の結果であった。
- ・各モデルとも車両を振動系として考慮した場合、車両のダンパー効果により加速度応答が小さくなることが確認できた。
- ・杭集約モデルでは、高周波成分が卓越し CASE2 の加速度応答波形が他のモデルと異なることが確認できた。

【参考文献】

1) 小野和行, 川谷充郎, 金哲佑, 延命卓哉, 柏木栄一, 岡重嘉泰: 跨座型モノレールPC桁高架橋の交通振動実測, 構造工学論文集 Vol.59A, pp.272-280, 2013.3

2) 川谷充郎, 金哲佑, 小野和行, 延命卓哉, 谷川櫻: 跨座型モノレールPC高架橋の振動特性, 平成26年度土木学会年次学術講演会, I-037, 2014.9

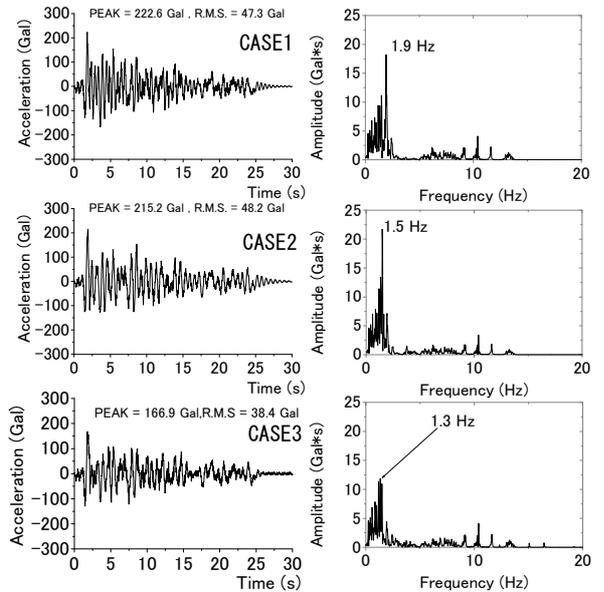


図-4 橋脚天端加速度応答：杭分散モデル

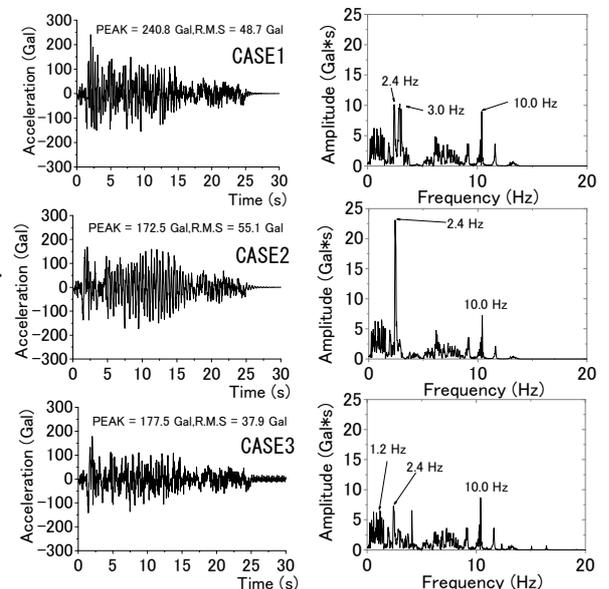


図-5 橋脚天端加速度応答：杭集約モデル

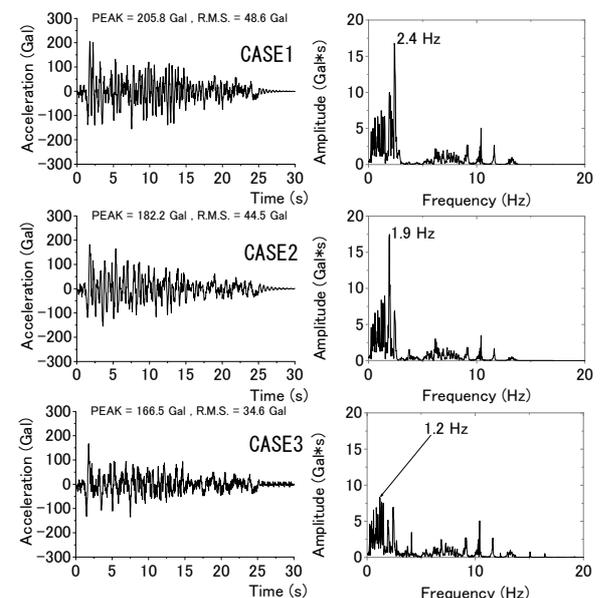


図-6 橋脚天端加速度応答：地表ばねモデル