

橋脚の地震応答に対する基礎との相互作用と免震支承の効果

徳島大学大学院 学生会員 ○三上 卓 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
阿 南 高 専 正 会 員 笹田 修司 徳島大学工学部 正 会 員 成行 義文

1. はじめに

平成 7 年 1 月の兵庫県南部地震では、橋桁の落下や橋脚の倒壊など、道路橋が大きな被害を受けた。これらの原因としては、兵庫県南部地震の地震動が、従来から、道路橋の設計で考慮されてきた地震力を大きく上回るものであったことの他に、橋脚を支える基礎や地盤の影響も指摘されている。また、平成 8 年 10 月に改訂された道路橋示方書では、設計地震力に兵庫県南部地震クラスの地震動を考慮することや免震設計に関する規定が盛り込まれている。それゆえ、本研究では、基礎との相互作用を考慮した免震橋の時刻歴応答解析を行い、その結果より、橋脚の地震応答に対する相互作用と免震支承の効果について、若干の考察を加えた。

2. 解析モデル

本研究では、解析の対象として、(財)国土開発技術研究センターの「道路橋の免震設計法ガイドライン」に掲載されている、3 径間 PC 合成桁橋 (I 種地盤) の 1 橋脚を用いて解析を行った。桁橋全体の設計条件を以下に示す。

- 1) 上部構造は 3 径間 PC 合成桁橋とし、総重量は 2163tf とする。
- 2) 免震支承としては鉛プラグ入りゴム支承 (LRB) を用いる。
- 3) 地盤条件は I 種地盤を想定する。

表-1 橋脚の構造諸元

節点	z座標 (cm)	質 量 (kgf・s ² /cm)	層	剛 性 (kgf/cm)	降伏変位 (cm)
1	1750.0	0.7361*10 ³	1	0.6068*10 ⁵	1.15
2	1667.4	0.9886*10 ²	2	0.9200*10 ⁶	0.07914
3	900.0	0.2073*10 ³	3	0.8400*10 ⁶	0.07914
4	112.3	0.3649*10 ³	4	0.1410*10 ⁷	0.1087
5	0.0	I ₀ =0.2595*10 ⁸ (kgf・cm・s ²)	5	0.2260*10 ¹² (kgf・cm/rad)	0.003406 (rad)

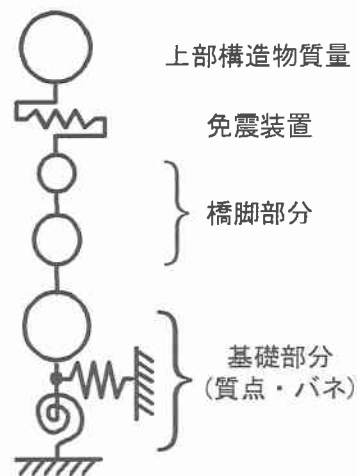


図-1 動的解析モデル

このような条件で設計された橋脚を 4 質点 5 自由度系にモデル化して解析を行った。表-1 に橋脚の構造諸元を、図-1 に解析モデルを示す。

3. 入力地震動

入力地震動としては、基本的に、兵庫県南部地震における神戸海洋気象台で得られた記録を用いた。なお、入力地震動の最大加速度による影響を検討するため、最大加速度を 500gal と 300gal に正規化して用いた。また、入力地震動

表-2 入力地震動特性 (模擬地震動)

地震名	LEVEL	TYPE	地盤 種別	M	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)
MS01	2	1	I	8.0	100	304.577
MS02	2	1	I	8.0	200	338.555
MS03	2	1	I	8.0	300	342.909
MC01	2	2	I	7.2	5	707.294
MC02	2	2	I	7.2	10	617.565
MC03	2	2	I	7.2	20	756.991
MC04	2	2	I	7.2	30	775.684

特性による影響も検討するため、道路橋示方書で規定された加速度応答スペクトルを目標として作成された模擬地震動を用いた。作成した模擬地震動の地震動特性を表-2 に示す。

4. 解析結果

本研究では、時刻歴応答解析を行った結果得られた、固有周期および桁・支承・橋脚頂部における応答加速度・

応答変位・履歴吸収エネルギーを、時刻歴応答性状と最大応答値という観点から考察を行った。また、解析条件を表-3に示す。

表-3 解析条件

	橋脚の剛性	基礎の剛性		免震支承	基礎
CASE-1	1倍	1倍	CASE-A	無	固定
CASE-2	1倍	2倍	CASE-B	有	固定
CASE-3	1倍	1/2倍	CASE-C	無	考慮
CASE-4	1/2倍	1倍	CASE-D	有	考慮

1) 固有周期：解析モデルの

4 質点 5 自由度系全体の固有周期における解析条件の違いによる影響を表-4に示す。この表より、従来解析で用いられてきた基礎固定・固定支承に比べ、基礎もしくは免震支承を考慮した方が固有周期がかなり長周期化していることがわかる。また、基礎の剛性の影響が大きいことも示されている。

表-4 系全体の固有周期

	CASE-A	CASE-B	CASE-C	CASE-D
CASE-1	0.284	0.739	0.741	1.007
CASE-2	---	---	0.561	0.880
CASE-3	---	---	1.010	1.228
CASE-4	0.401	0.786	0.793	1.045

2) 時刻歴応答性状：図-2には、免震橋における上部構造・橋脚躯体の履歴吸収エネルギーを示す。上側は基礎を固定とした場合、下側には基礎を考慮した場合の結果である。この図から、免震装置により履歴吸収エネルギーが分担されていることと、相互作用を考慮した場合に全体の履歴吸収エネルギーが減少していることがわかる。

3) 最大応答値：図-3に、解析条件の違いが桁・橋脚頂部・支承での最大応答変位に及ぼす影響

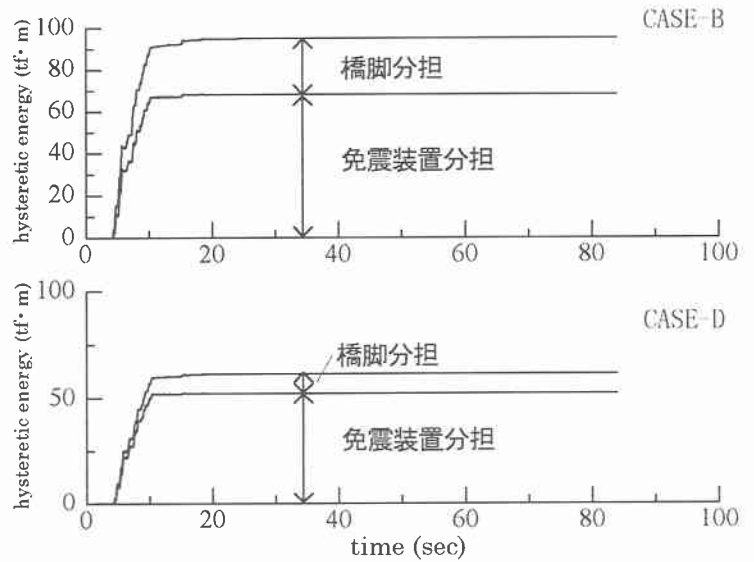


図-2 履歴吸収エネルギー(免震橋)

を示す。図-4には、桁・橋脚頂部での最大応答加速度を示す。なお、入力地震動は神戸海洋気象台の記録を用いた。これらより、入力最大加速度が小さいほど最大応答変位・最大応答加速度は小さく、基礎および支承の解析結果への影響はかなり大きいことがわかる。

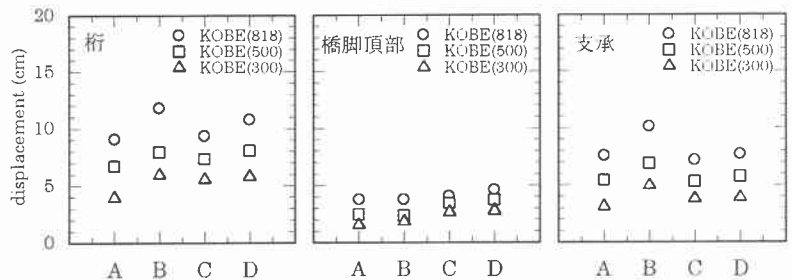


図-3 最大応答変位

5. おわりに

地震応答に対する基礎との相互作用と免震支承の影響は大きいことがわかった。しかし、それらの影響は必ずしも良い結果を示すものではない。また、基礎の剛性は、免震支承および基礎との相互作用の影響より、かなり、大きな影響があることがわかった。このことより、橋梁の設計において、免震支承をバランス良く設計すれば、地震応答に関して、かなりの効果が得られる。また、基礎についても、強固に設計するだけでなく、上部構造物とのバランスを考えて設計する必要がある。

6. 参考文献

1) 道路橋示方書・同解説(案), V耐震設計編, 1996. 10.

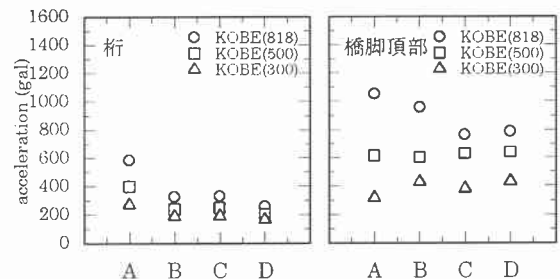


図-4 最大応答加速度