

兵庫県南部地震における地震力を用いた免震橋梁の設計

九州大学工学部 学生員○楊 光遠

建設技術研究所 正 員 入江 達雄

九州大学工学部 正 員 松田 泰治

九州大学工学部 学生員 アラン スマヤ

1. はじめに

近年、地震時に下部工に作用する慣性力を低減するために、免震支承を使用する設計が増加している。兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様²⁾ (以下、復旧仕様) ではエネルギー吸収性能を有する免震支承の採用が勧められており、変形性能の照査のための動的解析に兵庫県南部地震で観測された地震力が用いられている。この地震力は従来の保有水平耐力照査用地震力の2倍に近い値を示すため、従来より大きな応答値が予想されている。本論文では震度法レベルで設計し、地震時保有水平耐力法レベルで照査された橋軸方向を免震化した4径間連続P C箱桁橋(図-1)に対し、兵庫県南部地震で観測された地震力を作用させ、各部材の応答値を計算した。

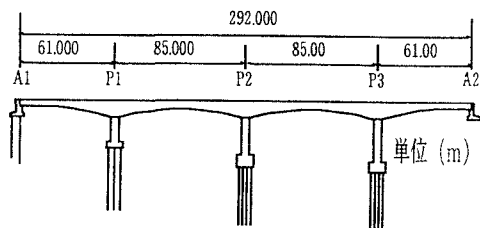


図-1 橋の一般図

2. 解析方法

(1) 解析手法

本検討では、次の5種類の解析手法を用いる。

- ① 1 質点系モデルによる静的解析
- ② 骨組みモデルによる静的解析
- ③ 骨組みモデルによる応答スペクトル解析
- ④ 骨組みモデルによる線形時刻歴解析
- ⑤ 骨組みモデルによる非線形時刻歴解析

(2) 検討地震力

次の3種類の地震力レベルで検討を行う。

- ① 震度法レベル
- ② 地震時保有水平耐力法レベル
- ③ 復旧仕様動解レベル

地震時の変形性能の照査を行うレベルで、非線形の効果を考慮した動的解析を行う場合は、J R 西日本鷹取駅⁴⁾で観測された波形を用いる。加速度応

答スペクトルは長周期領域において固有周期の逆数に比例して低減するように設定した。

すべての解析において地域係数0.85を考慮した。

(3) 免震支承の動的特性

免震支承は高減衰積層ゴム支承で、その動的特性はひずみに依存するため、等価線形モデル・非線形モデルはひずみの関数として与えられる³⁾。

本検討で等価減衰を求める時用いるひずみは、1質点系の静的解析で得られた有効せん断ひずみを用いる。免震支承は保有水平耐力レベルで設計されているため復旧仕様動解レベルではひずみが大きくなり、式の適用範囲を越える。このためひずみを2.0、剛性比率 $K_1/K_2=8$ と仮定して特性値を定める。

3. 解析結果

各地震力レベルにおいて、各解析手法による応答値を、表1～3および、図-2～5に示す。

表1 震度法レベル応答値

橋軸方向		1 質点	静的	応答 スペクトル	線形 時刻歴	非線形 時刻歴
固有周期	1 次	1.42	1.52	1.40		
パネ変形 (cm)	P 1	7.80	8.05	6.60	5.95	5.94
	P 2	7.48	7.41	6.19	5.70	6.16
	P 3	7.29	7.16	6.02	5.49	5.32
下部天端 水平力 (tf)	P 1	496.10	515.00	509.50	459.10	446.00
	P 2	488.00	485.00	486.80	447.90	460.30
	P 3	483.00	475.00	479.00	436.30	420.10
桁変位 (cm)	P 1	9.77	10.45	8.27	7.55	7.32
	P 2	9.77	10.44	8.27	7.55	7.29
	P 3	9.77	10.46	8.28	7.55	7.29

表2 保有水平耐力法レベル応答値

橋軸方向		1 質点	静的	応答 スペクトル	線形 時刻歴	非線形 時刻歴
固有周期	1 次	1.99	2.03	2.02		
パネ変形 (cm)	P 1	43.60	45.38	43.90	37.60	39.10
	P 2	42.68	41.33	40.70	35.00	35.00
	P 3	42.14	39.44	39.30	34.40	34.60
下部天端 水平力 (tf)	P 1	1464.80	1524.80	1486.00	1273.90	1259.30
	P 2	1434.00	1388.50	1378.20	1183.20	1143.90
	P 3	1416.00	1325.20	1328.60	1163.00	1092.50
桁変位 (cm)	P 1	49.40	52.65	48.80	42.10	41.30
	P 2	49.40	52.66	48.80	42.10	41.20
	P 3	49.40	52.71	48.90	42.10	41.20

表3 復旧仕様動解レベル応答値

橋軸方向		1 質点	応答	線形	非線形
			スペクトル	時刻歴	時刻歴
固有周期	1 次	2.00	2.02		
パネ変形 (cm)	P 1	59.28	68.00	52.40	46.60
	P 2	58.03	63.20	49.60	43.40
	P 3	57.30	61.10	47.60	43.30
下部天端 水平力 (tf)	P 1	1991.80	2284.60	1761.50	1498.80
	P 2	1949.80	2124.90	1665.30	1409.90
	P 3	1925.30	2051.90	1599.00	1407.40
桁変位 (cm)	P 1	67.17	75.60	58.00	51.10
	P 2	67.17	75.60	58.00	51.10
	P 3	67.17	75.70	58.00	51.10

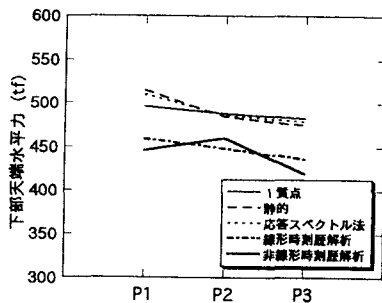


図-2 震度法レベルでの応答

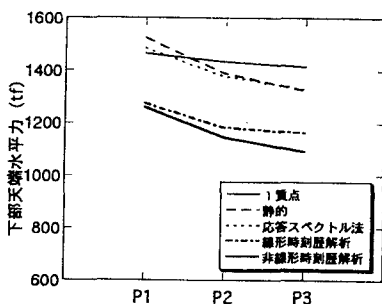


図-3 保有水平耐力法レベルでの応答

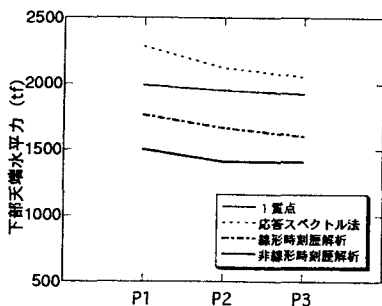


図-4 復旧仕様動解レベルでの応答

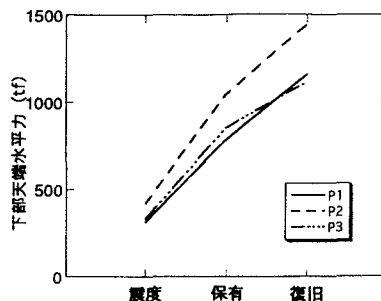


図-5 各地震力における下部天端水平力

・復旧仕様動解レベルの応答値は、保有水平耐力レベルの応答値より30～50パーセント増加した。

・静的解析の応答値は動的解析の応答値を上回り、安全側の値を示している。

・今回設定した復旧仕様動解レベルの加速度応答スペクトルは、長周期領域において鷹取の加速度応答スペクトルより大きい、応答スペクトル法では時刻歴解析法より大きな応答値を示す。

4. 結論

1) 復旧仕様動解レベルと保有水平耐力レベルで比較した場合、地震力の増加率に比べて応答値の増加率が小さいのは免震支承の効果と考えられる。

2) 橋軸方向では1次の振動モードが卓越するため、静的解析により得られる応答値は動的解析より得られる値と相関も高くかつ安全側の値となっている。

3) 免震支承のせん断ひずみが2程度の場合、等価剛性がほとんど変化しないため保有水平耐力法レベル・復旧仕様動解レベルで各モードにおける固有周期の差はほとんど見られない。

参考文献

- 1) 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様, 1995年
- 2) (社) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 1990年
- 3) (財) 土木研究センター, 建設省道路橋の免震設計法マニュアル (案), 1992年
- 4) (社) 日本道路協会, 「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料 (案), 1995年