

I-657

鋼免震橋の耐震解析における解析手法の違いが応答特性に及ぼす影響

○ 摂南大学 正 頭井 洋

神戸製鋼 大谷 修

神戸製鋼 浜崎義弘

神戸製鋼 正 櫛田賢一

1 まえがき

免震橋は地震時の応答特性が、一般の非免震橋と比べかなり異なり耐震設計においても震度法や保有耐力照査に加え、応答解析による照査が行れる。応答解析の手法としては、応答スペクトル法が一般的であるが、免震支承は地震時に非線形挙動を示すため、その等価線形のモデルが必要になり、モデル化の妥当性について十分検討しておくことが望まれる。本文では、文献1)で設定された5径間連続鋼橋を対象に、平面骨組モデルを用い、応答スペクトル解析に加え等価線形化した時刻歴応答解析および免震支承の非線形性を考慮した時刻歴応答解析とを行い、これらの比較より等価線形化の妥当性や応答解析の手法の違いによる免震橋の応答特性の相違を検討した。

2 解析モデルと条件

文献1)では、スパン65mの5径間連続鋼橋を対象に免震化による耐震性の向上について検討している。本文では、同じ橋を対象に、レベル1(L1)地震動、レベル2(L2)地震動の2種類の地震入力について解析を行う。解析モデルは、分布質量梁-質点系の平面骨組モデルとし、文献1)の震度法により決定された免震支承バネの等価剛性、等価減衰、地盤ばねおよび下部構造寸法、剛性、減衰を用いた。免震支承の等価剛性と等価減衰は、文献2)に基づき計算した。応答解析は、橋軸方向の地震入力について行った。時刻歴応答解析では、応答スペクトルに対応する時刻歴波形を用い、ニューマーク β 法による直接積分法で計算した。非線形の時刻歴応答解析では、免震支承をバイリニア型のヒステリシス効果を忠実に再現できる非線形ヒステリシス要素に置き換え、そのほかの条件は等価線形化したモデルと同じとした。

3 解析結果

上部工の変位、免震支承の相対変位、免震支承に働くせん断力、橋脚根元の断面力に着目して、表-1に解析結果を示した。応答スペクトル解析の採用モード数は、50次までとした。表-1で、A1、P1、P2は橋脚位置を示す。表-1より、つぎのようなことがいえる。線形の時刻歴応答解析は、応答スペクトル法に比べ変位、断面力とも30%前後小さい応答値を与える。非線形の時刻歴応答解析は、さらに20ないし30%程度小さい応答値を与えている。ただ、レベル1の断面力については、線形の時刻歴応答解析よりやや大きい応答値となっている。しかし、応答スペクトル解析の結果よりは小さくなっている。また、非線形解析による免震支承の時刻歴応答波形を図-2に、履歴曲線を、図-3に示す。レベル1の応答値はほとんど線形の範囲に留まっており、レベル2の応答値では、かなりの非線形履歴特性を示していることがわかる。この差が減衰効果の差となって現れ、レベル1では比較的大きな断面力になったものと考えられる。すなわち、等価線形の時刻歴応答解析に用いた免震支承の等価減衰は、8.8cmの相対変位を仮定し、25%としている。一方、非線形の時刻歴応答解析では、免震支承の減衰効果は、履歴減衰効果としてのみ考慮しているので、レベル1の計算では、図-3に示すように免震支承の相対変位は最大値2.3cmにとどまっているため履歴減衰効果はほとんど現れておらず、このため等価線形の時刻歴応答解析より大きな断面力を与えたものと思われる。したがって、等価線形化した応答スペクトル解析や時刻歴応答解析の結果得られた免震支承の相対変位が、免震支承の等価剛

表-1 解析結果のまとめ

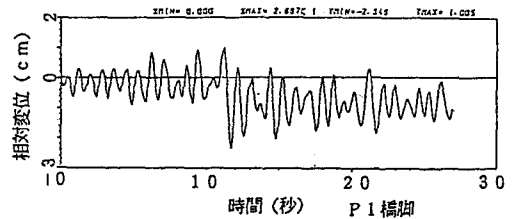
		応答スペクトル解析						等価線形時刻歴応答解析						非線形時刻歴応答解析					
		L1			L2			L1			L2			L1			L2		
		A1	P1	P2	A1	P1	P2	A1	P1	P2	A1	P1	P2	A1	P1	P2	A1	P1	P2
変位 (mm)	支保相対変位	78.9	80.2	80.4	471	401	402	47.9	38.0	33.2	311	278	273	33.8	23.5	20.8	180	158	155
	脚柱天端	0.8	14.8	14.8	2.7	83.0	82.7	0.5	9.1	9.1	2.1	43.7	43.8	0.5	12.2	13.4	2.1	32.2	33.3
	フーチング下面	0.3	1.0	1.0	1.0	4.3	4.2	0.2	0.7	0.7	0.9	3.0	3.1	0.2	0.9	1.0	0.9	2.5	2.4
	脚天端	—	220	221	—	939	941	—	131	121	—	646	640	—	196	190	—	459	453
	脚付け根	51.1	238	231	175	987	976	30.4	158	149	109	691	686	30.4	228	224	109	530	523
脚付け根B. M (t-m)		192	2780	2740	857	11830	11570	113	1870	1740	407	8100	8040	113	2590	2540	407	8070	8000

性や等価減衰を求めるうえで仮定した相対変位に比べ相当小さい場合は、免震支承の等価剛性や等価減衰を設定しなおして応答計算を行うことが望ましい。そのようにした場合、文献2)に基づき免震支承を等価線形化した応答スペクトル法は、動的解析による照査として安全側の大きな断面力を与える。

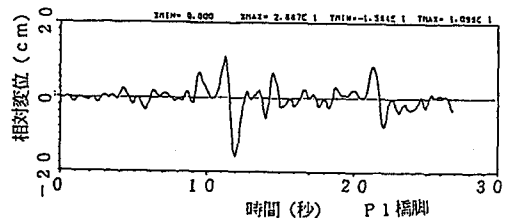
4 免震化による耐震性の向上

応答解析の結果、免震支承を採用することにより、特にレベル2地震のような大きい地震入力に対しその減衰効果が橋脚に作用する水平力をかなり低減でき、耐震性の向上が期待できることが明らかになった。また、震度法や応答スペクトル法による設計は、十分安全側になることも確認できた。

なお、本研究は建設省官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発に関する研究」の一環として実施したものである。

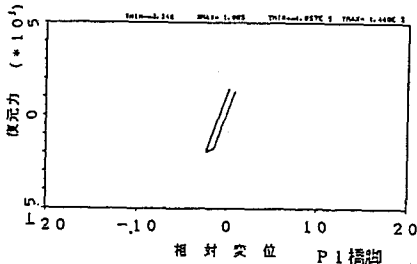


(a) レベル1地震動

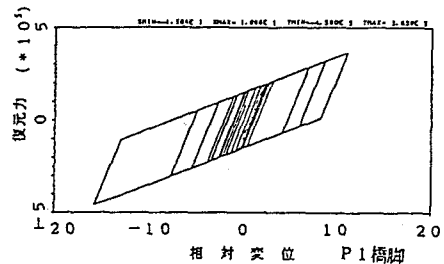


(b) レベル2地震動

図-2 非線形解析による免震支承の時刻歴応答波形



(a) レベル1地震動



(b) レベル2地震動

図-3 非線形解析による免震支承の履歴曲線

参考文献

- 1) 岡戸他 鋼免震橋の耐震性向上について 本講演概要集 1991.9
- 2) 官民連帯共同研究報告書 道路橋の免震構造システムの開発に関する共同研究報告書（その1）1990.3