

I-666

免震橋梁、宮川橋の動的解析について

静岡県 土木部 正員 松尾芳郎
静岡県 土木部 正員 原 広司
開発コンサルタント(株) 〇正員 山下幹夫

1. まえがき

筆者らは免震設計法の現場への適用性確認のために、免震橋(宮川橋)の建設を前提とした設計を実施してきたが、設計段階で橋梁の静的設計諸値に対して動的解析を実施し、静的設計の妥当性や免震効果の確認を行った。本文はその動的解析の概要を報告するものである。

2. 解析概要

2.1 解析モデル及び解析手法

動的解析に用いたモデルは本橋が直橋であり、免震方向も橋軸方向のみであるため図-1に示すような平面骨組モデルとした。応答計算手法はモード合成法を採用し、各モードにおける構造減衰定数は表-1に示すような値でひずみエネルギー比例減衰により設定した弾性解析を実施した。

2.2 解析ケース

解析のケースとしては設計水平震度にあたる震度法(レベル1)と保有水平耐力法(レベル2)の2種類について、前者では応答スペクトル解析、時刻歴応答解析を、後者では時刻歴応答解析を行った。

震度法におけるスペクトル設定は道路橋示方書V耐震設計編に示された値を用い、各ケースの時刻歴応答解析には建設省土木研究所耐震研究室から借用した図-2に示すようなI種地盤用標準時刻歴応答解析波形やI種地盤保有耐力照査波形をそれぞれ使用した。

2.3 解析結果

振動モード解析結果からレベル1のモード1~4を図-3に示す。桁の水平振動はモード1であり、その時の固有周期はレベル1で0.772秒、レベル2で1.016秒で、静的設計の周期0.764秒、1.010秒と良く合致していることが確認できた。応答解析結果からレベル1における橋脚の断面力について設計値と比較しながらまとめたものを表-2に示すが、その比率からも判るように、いずれも設計値を大きく下廻る結果となっている。このことは静的設計の段階で免震装置の減衰効果による断面力を推定する場合、免震装置の等価減衰定数を考慮した橋梁の等価減衰定数を用いて、道路橋示方書V耐震設計編に示される減衰定数別補正係数(CD)を静的設計値に乗ずることで求められる値と良く合致することが判明した。

解析結果を応答スペクトル法と時刻歴応答の手法差で比較すれば時刻歴応答結果が若干大きめの値を示した。これは解析に用いた入力波形が減衰5%の状況で加速度応答スペクトル曲線と合致するように作られたものであり、卓越モード減衰23.5%に及ぶような状況下では応答スペクトル法で設定された加速度応答スペクトル値とは合致していないことから生ずるものであった。次に、レベル1における時刻歴応答解析での桁部、橋脚天端の加速度応答状況を図-4に示すが上部工の加速度応答値は橋脚に比べて57%ほど低下している。また、免震装置をモデル化した上部工と下部工間のバネ反力から各支点の同時刻の水平力の総和を求めた場合、その値は上部工質量の14.5%程度が最大であった。

レベル2のケースにおける応答計算は橋脚保有耐力照査が目的で、橋脚下端の曲げモーメントから許容塑性率を考慮した作用力は125.3tfと算定された。この値は静的設計での値153.2tfより18%も少ないものとなった。本来の橋脚の持つ耐力は塑性率を求める安全係数を3としても179.7tfであり、十分耐力的にも問題ないレベルであることが確認できた。

3. あとがき

本報告は免震装置の減衰効果を考慮した動的解析結果について述べた。この解析検討では静的設計値と動的解析結果を比較して静的設計値の妥当性を確認すると共に、静的設計段階でも動的応答値の推定が容易に可能となるような方針が策定できたことである。現状では震度法レベルの免震設計に装置の減衰効果を考慮し、震度を低減して経済的な橋梁を建設するまでの段階ではないが、本報告がより良い免震橋梁の建設に向けての一参考資料となれば幸いである。また、解析についてご指導受けた建設省土木研究所及び、建設省道路局『免震橋梁連絡会』のご関係の皆様に厚くお礼申し上げます。

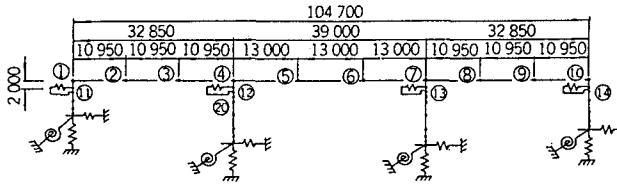
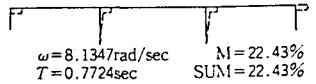


図-1 解析モデル図

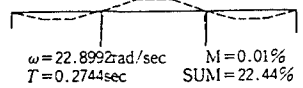
表-1 モード別減衰定数表

モード次数	震度法		保有水平耐力法	
	振動周期(sec)	減衰定数	振動周期(sec)	減衰定数
1	0.7724	0.2355	1.0156	0.1216
2	0.2744	0.0324	0.2748	0.0312
3	0.2121	0.1776	0.2419	0.0987
4	0.1941	0.0996	0.2206	0.0938
5	0.1906	0.1080	0.1927	0.0341
6	0.1593	0.0464	0.1594	0.0416
7	0.1425	0.1457	0.1583	0.0848
8	0.1103	0.1523	0.1108	0.1000
9	0.0876	0.1138	0.0885	0.0882
10	0.0812	0.1341	0.0876	0.0790

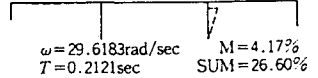
モード1



モード2



モード3



モード4

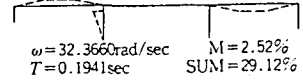
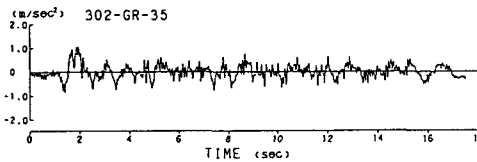


図-2 振動モード図

震度法標準波形



保有耐力照査地震波形

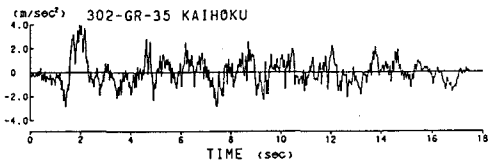


図-3 時刻歴解析入力波形図

表-2 橋脚応答断面力比較表

番号	P 1 木橋用印				P 2 木橋用印			
	せん断力(tf)		曲げモーメント(tf.m)		せん断力(tf)		曲げモーメント(tf.m)	
	設計値	時刻歴応答解析値	設計値	時刻歴応答解析値	設計値	時刻歴応答解析値	設計値	時刻歴応答解析値
1(天端)	101.0	69.8	0	0	99.0	64.2	0	0
2		72.3	72.2	34.9		68.9	71.3	32.1
3		92.7	288.8	143.3		85.8	285.4	135.3
4		109.8	649.8	367.5		101.2	642.1	342.8
5		123.4	1010.8	642.0		115.1	998.8	595.9
6(基下端)	190.0	123.4	1299.6	890.5	189.2	115.1	1284.2	826.0

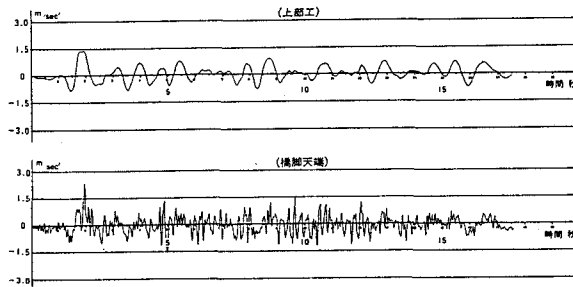


図-4 震度法レベル加速度応答状況図