

免震を考慮した橋梁の地震応答解析に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○中崎 稔仁
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 正会員 木村 至伸

1. はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震において従来の耐震設計法に基づいて設計された構造物にも大きな被害が生じた。このため、構造物中に免震装置を導入して構造物を長周期化させ、免震装置で地震エネルギーを消費させることにより構造物に働く慣性力を低減させる免震設計法についての多くの研究が行われた。本研究では、橋梁構造物が地震力を受ける場合の耐震性を明らかにするため非免震時と免震装置導入時の地震応答を比較して免震効果について検討した。

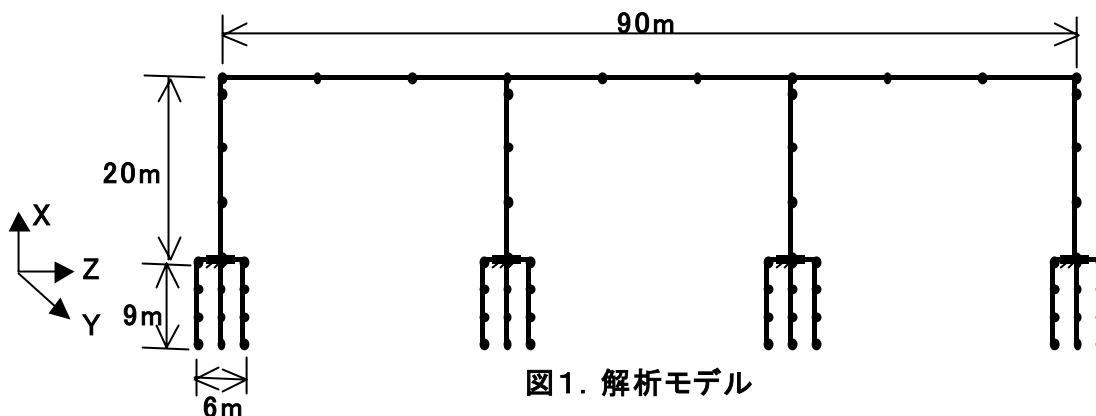


図1. 解析モデル

2. 解析概要

解析モデルを図1に示す。モデルは節点数74、要素数73で橋桁長さ90m、橋脚は等橋脚で1本の長さを20mとした3径間連続免震橋梁構造物を用いた。橋脚1本に対してウィンクラーばねを用いた杭基礎を3本ずつ導入した。部材は鋼材を用い、橋桁部は外径2.5m、内径2.4m、橋脚部は外径2.5m、内径2.45mとした。また、橋桁と橋脚天端の間に免震支承として鉛入り積層ゴムを導入した。

免震橋梁構造物の地震応答解析を行うために時間刻み0.005秒としてNewmarkの β 法を用いた。 $\beta=0.25$ として平均加速度法を用いた。

本研究で使用した入力地震動を表-1に示す。解析では入力地震波の振動特性を比較するために最大入力加速度を300galで加速度振幅を基準化したものを用いて比較し、さらに最大入力加速度を200galから600galまで100gal刻みで基準化して入力して比較した。ここでは神戸海洋気象台地盤上で観測された南北方向波(kobens)を用いた場合の結果についてのみ示す。ウィンクラーばねのばね定数(k)を10000、30000、50000kN/m³に変えた場合にどのような応答を示すか検討する。また固有値解析によりばね定数の値を変えたときの解析モデルの1次固有周期を表-2に示す。

表-1 入力地震動

地震名	タイプ	観測点
宮城県沖地震	I (海洋プレート型)	開北橋周辺地盤上
日向灘沖地震		板島橋周辺地盤上
日本海中部地震		津軽大橋周辺地盤上
兵庫県南部地震	II (内陸直下型)	神戸海洋気象台地盤上
		JR鷹取駅構内周辺地盤上
		ポートアイランド内地盤上

表-2 固有周期

	1次固有周期(sec)	
	非免震時	免震導入時
k=10000	1.41	1.62
k=30000	1.38	1.59
k=50000	1.36	1.57

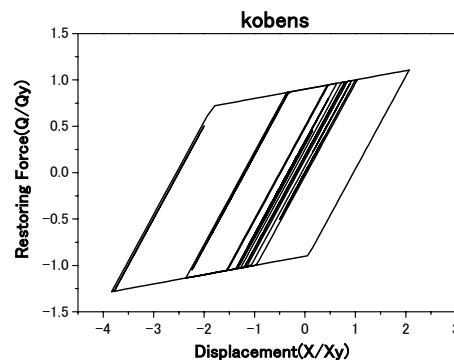


図-2 履歴特性

3. 解析結果

図-2 はばね定数 $k=30000\text{kN/m}^3$ 、最大入力加速度 300gal にしたときの免震支承での履歴特性を示している。図より、免震支承でのエネルギー吸収があることが分かり、構造物に免震支承を導入した効果が確認できる。

図-3 はばね定数 $k=30000\text{kN/m}^3$ 、最大入力加速度 300gal にしたときの橋脚天端の時刻歴応答変位を示している。図より、非免震時より免震導入時に変位が小さくなっていることが分かる。これは免震支承でのエネルギー吸収によって応答変位が小さくなり免震支承の効果が確認できる。

図-4 はばね定数 $k=30000\text{kN/m}^3$ にして、最大入力加速度を 200gal から 600gal まで 100gal 刻みで入力した。またそのときの時刻歴応答から橋脚基部の曲げ応力の最大値を取り出して比較している。図より非免震時のときより免震導入時で曲げ応力の最大値が小さくなっていることが分かる。また、入力加速度が大きくなっても曲げ応力の最大値があまり大きくなっていないことが分かる。

図-5 はばね定数(k)を変化させて、最大入力加速度を 200gal から 600gal まで 100gal 刻みで入力した。またそのときの時刻歴応答から橋脚天端の応答変位の最大値を取り出して比較している。図よりばね定数が大きくなるほど最大応答変位が小さくなっていることが分かる。このことより、地盤が軟弱なときより地盤が固いときのほうが最大応答変位は小さくなることが分かる。またばね定数が違っても 400gal まではあまり応答変位が大きくならないがその後はほぼ一定に大きくなっているのが分かる。

図-6 はばね定数(k)を変化させて、最大入力加速度を 200gal から 600gal まで 100gal 刻みで入力した。またそのときの時刻歴応答から橋脚基部の曲げ応力の最大値を取り出して比較している。図よりばね定数が大きいほうが曲げ応力が小さいことが分かる。また入力加速度の変化による曲げ応力の違いはあまり出ていない。

4. まとめ

杭基礎を有する免震橋梁構造物の地震応答について検討した。構造物に免震支承を導入すると固有周期が長周期化することにより橋脚天端の変位応答は軽減されるが、杭基礎の影響を受けて変化する。免震支承を導入すると橋脚基部の曲げ応力は入力加速度の影響に比べて、杭基礎の影響を大きく受ける。そのため、免震支承を有する構造物の耐震性は杭基礎の影響を把握しておくことが重要であることが分かる。

参考文献：日本道路協会 道路橋の耐震設計に関する資料 5-1～5-36

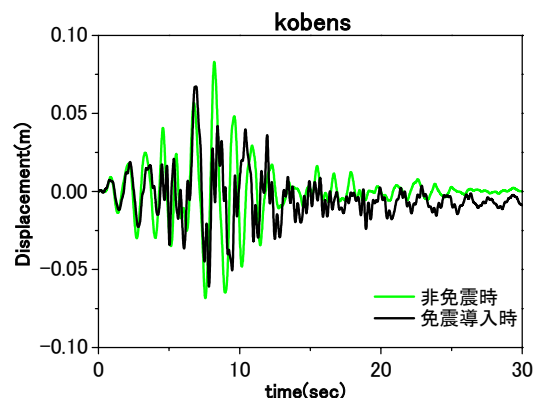


図-3 橋脚天端の時刻歴応答変位

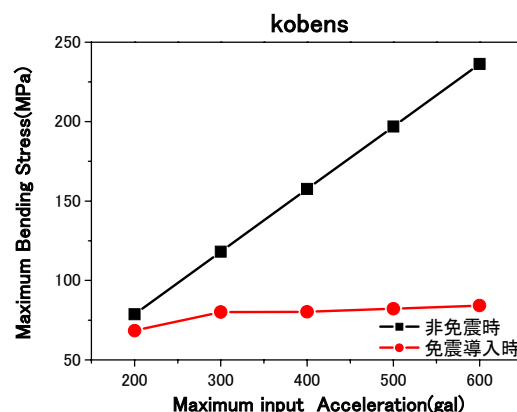


図-4 橋脚基部最大曲げ応力

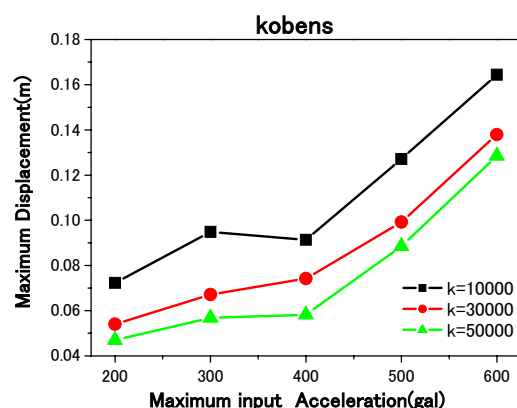


図-5 橋脚天端最大応答変位

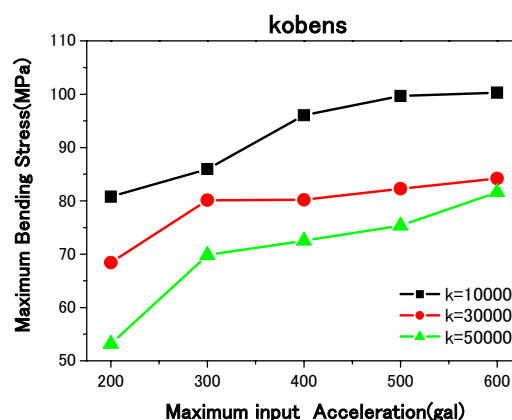


図-6 橋脚基部最大曲げ応力