

I - B332 免震支承に関する実験的研究（免震ゴム支承の振動台試験）

川崎重工業 正会員 玉木利裕, 坂井藤一, 小川一志
斎藤敏雄, 小林秀和, 河 東 鎬

1. はじめに

1995年の阪神大震災ではいくつかの高架橋で甚大な被害を被った。免震装置は加速度応答スペクトル値が小さくなる領域まで橋梁構造を長周期化することにより、地震動の影響を受けにくくし、高減衰化することにより、構造物の応答を低減することを目的とするものであり、橋梁の耐震性向上に有効なものと考えられる。しかしながら、従来のLRB（鉛プラグ入り積層ゴム支承）や高減衰積層ゴム支承などの免震支承では、阪神大震災クラスの地震に対して、橋桁の水平変位が30～70 cmにもなる可能性があり、伸縮装置部（橋桁と橋台の繋ぎ部）の設計が問題となることがある。そこで変位応答のより小さい免震装置が望まれる。

筆者らは、地震時の変位応答をより小さくできる新しい免震装置として、摩擦ダンパー支承¹⁾および変位制御装置付き免震支承²⁾の開発を行ってきた。これらの免震装置はゴム支承による長周期化と摩擦要素によるエネルギー吸収を組み合わせるものである。筆者らは、これらの免震装置の効果を検証するために、桁モデルを用いた振動台試験を行った^{3,4)}。本論文では、効果の比較のために行った、ゴム支承のみに支持される桁モデルの振動試験結果について述べる。

2. 振動台試験

本研究では5径間連続鋼製箱桁橋の試設計例⁵⁾を検討対象とし、その1スパン分の支承より上の部分を1/5縮尺の力学的相似モデルとして製作した。ゴム支承による長周期化によって、実橋梁の1次固有周期が2秒程度に相当するようなゴム支承モデルを選択した。桁モデル諸元を図-1に示す。

モデルの基本的振動特性を計測するために正弦波加振と地震時の応答特性を計測するための地震波加振を行い、振動台、桁の加速度、変位を計測した。

地震波加振では、実橋は橋脚に支持されているので、橋脚の剛性・質量・減衰と上部工をあわせて2自由度モデルとし、橋脚下端に地動加速度を入力したときの橋脚頂部の絶対加速度応答を、振動台加速度指令値とした。橋脚下端入力加速度として、文献5)の地震時保有水平耐力照査標準波および、阪神大震災記録波⁶⁾を用いた。これらの加速度波形の例を図-2に示す。

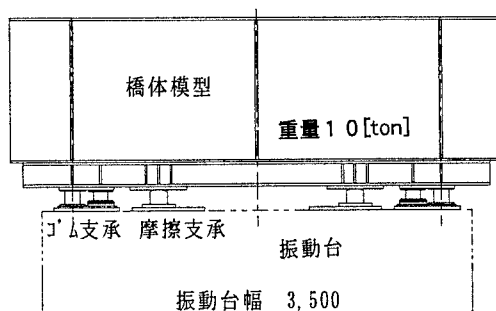
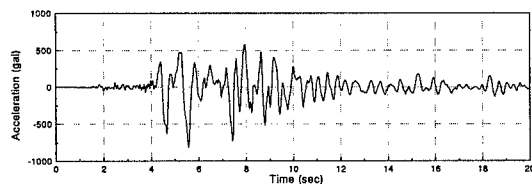
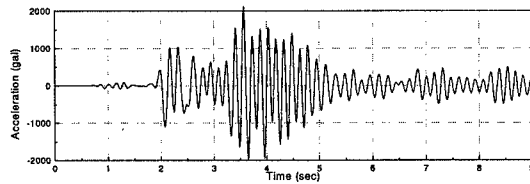


図-1 振動試験橋桁モデル



(1) 橋脚下端入力波



(2) 振動台加速度指令値（橋脚頂端応答波）

図-2 入力地震波（兵庫県南部地震神戸海洋気象台NS記録）

キーワード：橋梁, 免震装置, 摩擦, 振動試験, 非線形バネ

連絡先 : 〒136 東京都江東区南砂 2-11-1 tel.:03-3615-5127, fax.:03-3615-6988

3. 実験結果

3-1 正弦波加振

振動台の加振振幅を、変位応答がゴム支承の許容変位を超えない範囲で、4, 8, 16, 20 gal と設定し正弦波加振を行った。その結果から得られた周波数応答曲線を図-3に示す。加速度応答が最大になる周波数と位相遅れが90度になる周波数はよく対応している。この結果からゴム支承が、振幅が増大すると剛性が小さくなる非線形性を持っており、加振振幅の増大により固有振動数は加振振幅の1.42 Hz から1.26 Hzに変化する。この固有振動数の値は、目標値 $0.5 \times \sqrt{5} = 1.12 [\text{Hz}]$ に対しやや高めである。減衰比は0.025から0.031程度であり、加振振幅の影響は小さい。また、定常加振試験の結果から線形モデルとバイリニアモデルを作成した。

3-2 地震波加振

振動台の制限のため、入力加速度は本来の値を定数倍したものをを用いた。最大加速度応答と最大変位応答を表-1にまとめた。

地震波加振の例として図-2(2)の入力（神戸 JMA (NS)）に対する応答の計測値とバイリニアモデルの解析結果を図-4に示す。計測と解析の最大値の差は1.7%であり、ゴム支承の特性はバイリニアモデルで表現できることがわかった。

表-1 地震波加振による最大応答

入力地震波	振動台加速度	加速度	変位
修正開北橋	248 (100)	368 (148)	54.8
修正板島橋	172 (100)	401 (233)	65.0
修正津軽大橋	156 (100)	288 (185)	41.7
神戸 JMA (NS)	542 (100)	371 (68)	55.4
JR 鷹取駅 (NS)	221 (100)	450 (204)	69.2
東神戸大橋 (NS)	236 (100)	355 (150)	62.2

単位は gal と mm, () 内は振動台の加速度記録に対する比 (%)

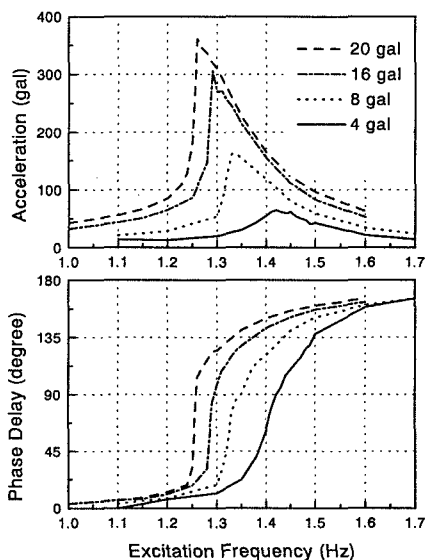


図-3 周波数応答曲線

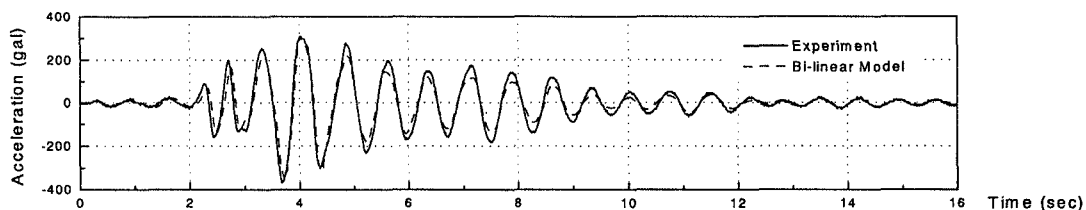


図-4 計測値と解析値との比較

4. まとめ

振動台試験により、免震ゴム支承の特性を把握し、免震装置の試験に適切であること、バイリニアモデルで十分な精度で表現できることを確認した。

参考文献

- 1) 土居, 他, 『摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について』, 土木学会, 免震・制震コロキウム, 1996. 11.
- 2) 坂井, 他, 『変位制御装置付き免震支承』, 土木学会, 免震・制震コロキウム, 1996. 11.
- 3) 河, 他, 『免震支承に関する実験的研究(摩擦ダンパー支承の振動台試験)』, 土木学会年講, I, 1997(投稿中)
- 4) 斎藤, 他, 『免震支承に関する実験的研究(変位制御装置付き免震支承の振動台試験)』, 土木学会年講, I, 1997(投稿中)
- 5) 建設省, 『道路橋の免震設計法マニュアル(案)』, 1992. 3.
- 6) 気象庁 87 型電磁式強震計記録, 他