

I-287 減衰機構の異なる免震支承のハイブリッド地震応答実験

(株)栗本鉄工所 正員 ○田中正明

京都大学工学部 正員 山田善一 京都大学工学部 正員 家村浩和
 埼玉大学工学部 正員 William Tanzo 阪神高速道路公団 正員 南庄 淳

1. はじめに 近年、メカニズムの異なる各種の免震支承が開発されており、それらの確認試験法も様々なものが提案されているが、京都大学耐震工学研究室ではオンライン・ハイブリッド地震応答実験が最も合理的な試験手法の一つであると考えている。今回、標準積層ゴム支承(CRS)、鉛入りゴム支承(LRB)、高減衰ゴム支承(HDR)、さらに摩擦型ダンパー・標準積層ゴム併用型支承(SRB)の4種類の支承に対して実験を行ない、各種地震波形に対する応答値を比較、検討した。これらの支承の形状は表-1に示すとおりで、平面寸法は30×30cmに統一されている。SRBはCRSと同じ積層ゴムの直下に滑り摩擦型のダンパーを有する構造になっている。

表-1 各支承の形状 (mm)

	総厚	ゴム層	プレート	備考
CRS	134	6 @ 11.0	5 @ 6.0	天然ゴム使用
LRB	140	11 @ 7.0	10 @ 2.3	鉛プラグ φ60
HDR	143	15 @ 4.8	14 @ 2.2	-
SRB	摩擦面: 400×300 純テフロン & ステンレス			

2. ハイブリッド実験概要 1自由度系にモデル化された免震支承-上部構造系の運動方程式は次式のようになる。

$$m\ddot{u}_t + c\dot{u}_t + [f_t]_{\text{expt}} = -m\ddot{z}_t \quad (1)$$

振動質量 m は静的繰り返し載荷実験の結果得られた各免震支承の等価剛性より構造物モデルの等価固有周期が2.0秒になるように換算した。また、振動モデルには免震支承の減衰以外に1%の粘性減衰を仮定した。載荷実験には同研究室において1990年に開発された実験システムを用いた。鉛直に設置された2台のアクチュエーターにより水平載荷ビームを介して免震支承に設計荷重相当の40tfの軸力を与え、もう1台のアクチュエーターにより免震支承を水平方向にせん断変形させる。計測した水平復元力を上記の運動方程式に取り込んで応答計算を行なう。数値積分には中央差分法を用い、計算された次の時刻の応答変位は載荷装置にフィードバックされる。入力地震波としては道路橋示方書に示された第1種から第3種地盤用の地震波形を用いた。各地震波形のデータきざみ間隔は0.01秒である。

3. 実験結果 (履歴形状・時刻歴) 第2種地盤用の地震波を入力する実験の結果得られた各支承の履歴曲線と加速度応答時刻歴を図-1に示した。地震波入力の大さは各支承によって異なった値となっているが、実験の最大応答変位が各支承の総厚から上下のフランジ厚を差し引いた高さにはほぼ等しくなるような入力値を予測して採用してある。加速度応答の最大値を見ると、CRS以外の3つの免震支承では入力値に対する応答倍率は70~80%程度となっている。SRBについては摩擦ダンパー部分単独の水平変位も測定したので、摩擦ダンパー部分(Slide)と積層ゴム部分(Bearing)のそれぞれの履歴曲線を描くことができる。この図から、大変形時にはスライディングプレートの変位が滑り遊間のゴム製パッキン材によって抑えられている様子がよく分かる。

(バイリニア近似) 静的載荷実験の結果から図形的にバイリニア型復元力モデルを作成して応答計算を行ない、ハイブリッド実験の結果と比較した。応答計算結果は図-1に実験結果と共にプロットしてある。SRBにおいては履歴形状が複雑なことなどからハイブリッド実験の結果よりも大きめの計算結果となったが、他の支承では実験結果を精度良く再現している。

(加速度応答の低減) 実験と同一の入力による1自由度線形モデル(固有周期 T 、減衰定数5%)の最大加速度応答値に対する実験の最大応答値の比率を低減率と定義し、各支承を用いた免震化によって加速度応答をどの程度抑えることができるか考察した。免震前のモデルの固有周期 T をパラメータにした各支承の低減率を図-2に示した。LRB、HDR、SRBでは固有周期1秒以下の線形モデルに対して加速度応答が50%以下に低減されており、比較的軟弱な第3種地盤上での地震波(EQ-3)に対しても大きな低減率を示していることが注目される。一方、1自由度線形モデルの最大変位応答値に対する実験値の比

率を伸長率と定義し、低減率と同様に図-3に示した。例えば固有周期0.5秒の構造物を免震化すると最大変位は約5倍から8倍程度に大きくなり、設計時には注意を要すると言える。

4. まとめ 今回実験を行なった各種免震支承においては免震化による応答加速度の低減、ひいては地震時慣性力を地震波の種類によらず低減できることが明らかになった。

《参考文献》

- 1) 山田・家村他「ハイブリッド地震応答載荷実験手法による高減衰ゴム支承の免震効果」土木学会構造工学論文集 Vol.37A, 1991年3月

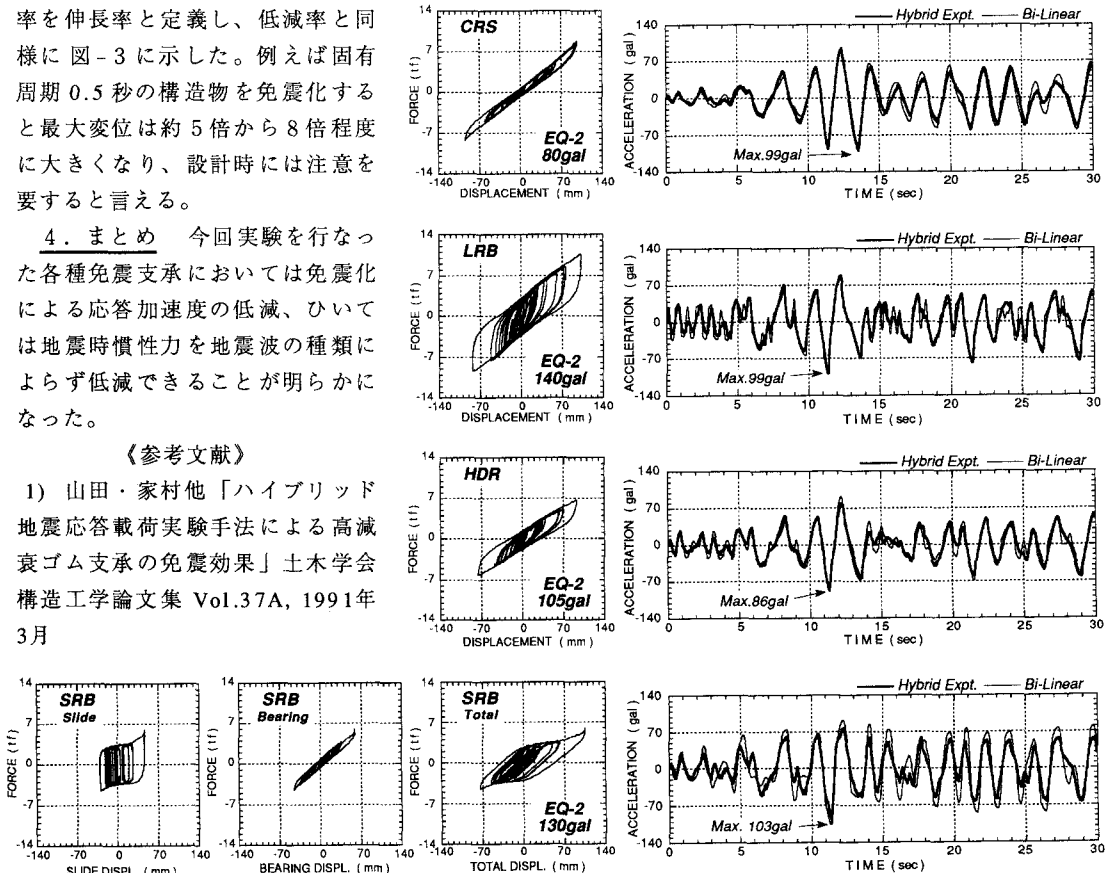


図-1 ハイブリッド実験による各支承の応答(EQ-2)

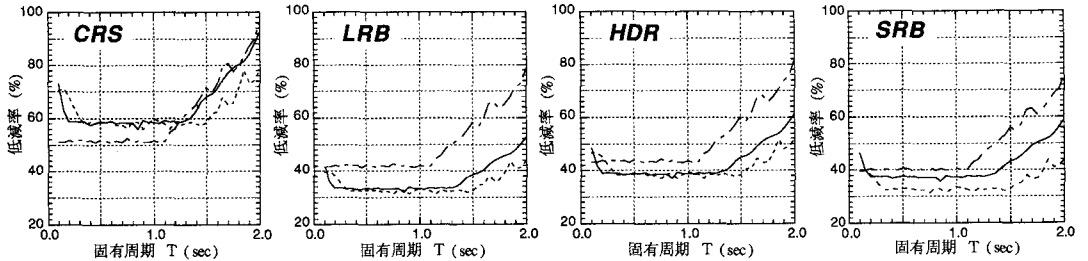


図-2 最大加速度応答の低減率

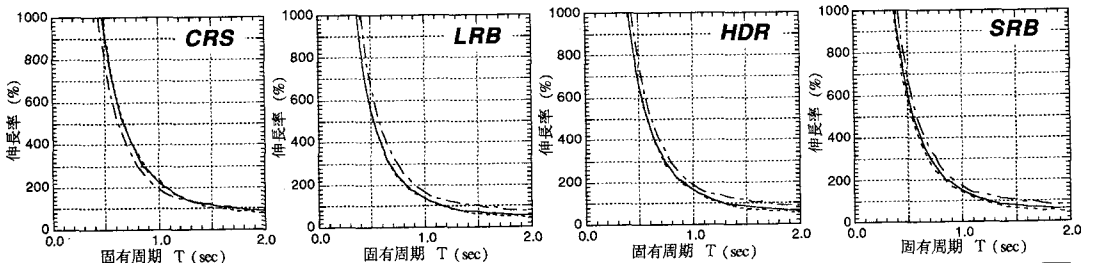


図-3 最大変位応答の伸長率