

高減衰ゴムダンパーを用いた高橋脚桁橋と斜張橋のハイブリッド実験

京都大学工学研究科 学生員 ○多屋 文子
 京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃

京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和
 京都大学工学研究科 正会員 豊岡 亮洋

1. 概要

本研究は、ハイブリッド実験により高減衰ゴムを用いた大ストローク、大容量の新型ダンパーの制震効果を検証し、2種類の橋梁への適応性を検討したものである。対象構造物の数値モデルを作製し、高減衰ゴムを用いたダンパー(以下、HDR ダンパーとする)を設置した場合の応答をハイブリッド地震実験により求め、本ダンパーの有効性について検討した。

2. HDR ダンパー

HDR ダンパーは、図1に示すように2基の高減衰ゴムを水平に配置した構造となっている。HDR ダンパーの高減衰ゴムには軸力を作用させないため、ゴム層の座屈や偏心载荷の心配がなく、水平方向に非常に大きなストロークを確保することが可能となる。

3. 対象橋

対象橋として、以下の2種類の橋梁を用いる。1種類目は、スパン 150m であり橋脚が1本である高橋脚桁橋を用いる。橋脚が高いため地震発生時に大きく変位応答することが考えられる。この対象橋に対して、図2に示すように HDR ダンパーを設置し、ケーブルで連結することにより橋軸方向変位を抑えることを目的とする。2種類目は斜張橋の対象橋としてスパン 885m の斜張橋を用いる。本橋の特徴として、橋桁はケーブルによってのみ主塔に繋がっていることが挙げられる。よって、地震発生時には橋軸方向に遊動円木運動することが考えられる。図3に示すように設置し、橋桁の橋軸方向変位を抑えることを目的とする。

4. モデル化

ハイブリッド地震応答実験では、高速計算を行うために大きく自由度を低減した。高橋脚桁橋については、図4に示すような1自由度モデルを採用した。質点は橋桁の質量、バネは橋脚の剛性を示す。斜張橋については、図5に示すような3自由度モデルを採用した。質点1は橋桁位置の主塔、質点2は主塔上部、質点3は橋桁を示す。バネ1は橋桁より下側の主塔の剛性、バネ2は主塔上部の剛性、バネ3はケーブルの剛性を示す。ここで、対象とする斜張橋はスパン中央に対して対象であることから1/2スパン分についてモデル化を行った。

高減衰ゴム

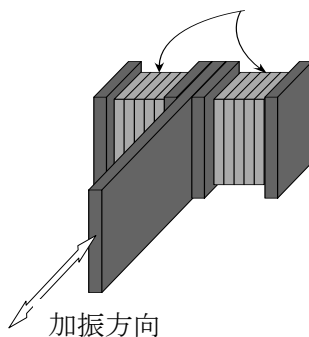


図1 HDR ダンパー

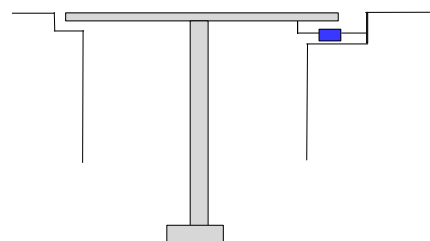


図2 高橋脚桁橋へのHDRダンパーの設置方法

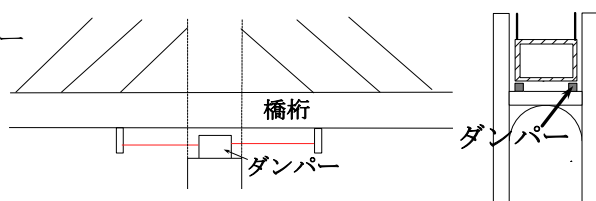


図3 斜張橋への設置方法

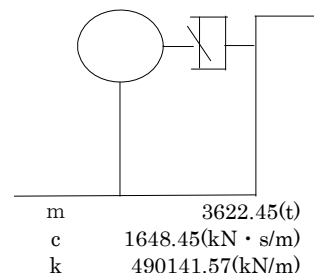
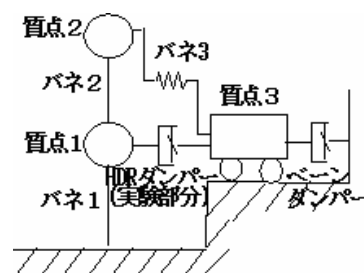


図4 高橋脚桁橋モデル



構造物の 質量行列 (t)	$\begin{pmatrix} 1316.7 & 0 & 0 \\ 0 & 1966.7 & 0 \\ 0 & 0 & 8150 \end{pmatrix}$
剛性行列 (kN/m)	$\begin{pmatrix} 82163 & 4990 & -96580 \\ 4990 & 72030 & -75920 \\ -96580 & -75920 & 113390 \end{pmatrix}$
減衰行列 (kN・s/m)	$\begin{pmatrix} 1971.7 & 2.225 & 2131.4 \\ 2.225 & 662.56 & 1797.61 \\ -208.6 & -542.39 & 3695.9 \end{pmatrix}$

図5 斜張橋モデル

キーワード ハイブリッド実験、高減衰ゴム、ダンパー、橋梁制震

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院構造ダイナミクス分野 075-383-3244

5. 実験概要

ハイブリッド実験において、計測値は HDR ダンパーの復元力であり、外力として地盤振動を想定する。地盤振動の外力として兵庫県南部地震の 1995 年兵庫県南部地震神戸海洋気象台記録 NS 成分を用いた。式(1)を時々刻々解くことにより HDR ダンパーの効果を検討する。

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} + \mathbf{f}_d = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}_g \quad (1)$$

ここに、

$\mathbf{M}, \mathbf{C}, \mathbf{K}$: 斜張橋モデルの質量、減衰、剛性行列

$\ddot{\mathbf{x}}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{x}$: 計算部分の地盤に対する相対加速度、相対速度、相対変位ベクトル

$\mathbf{f}_d$: 実験で得られる HDR ダンパーの復元力

$\ddot{\mathbf{u}}_g$: 地盤の加速度

6. 実験結果

高橋脚桁橋についての実験結果を図6、図7に示す。

図6は、橋桁の変位について、HDRダンパー設置前の HDRダンパーを設置した場合の高橋脚桁橋の応答を重ねたものである。図7は供試体の履歴ループである。HDRダンパーを設置しない場合の最大応答値は0.21(m)であったのに対し、ハイブリッド実験で得られたHDRダンパー設置後の最大応答値は0.12(m)であった。

斜張橋についての実験結果を図8、図9に示す。図8は、橋桁位置の主塔と橋桁の相対変位について、HDRダンパー設置前の斜張橋の応答とハイブリッド実験より得られたHDRダンパーを設置した場合の斜張橋の応答を重ねたものである。図9は供試体の履歴ループである。HDRダンパーを設置しない場合の最大応答値は0.22(m)であったのに対し、ハイブリッド実験で得られたHDRダンパー設置後の最大応答値は0.11(m)であった。

7. 結果

高橋脚桁橋と斜張橋の現状での地震応答と、ハイブリッド地震応答実験から得られたHDRダンパーを設置したときの地震応答とを比べた。その結果HDRダンパーの制震効果は、高橋脚桁橋の場合、橋桁の変位についてダンパーを設置しない場合の60.2%に低減させることができた。斜張橋の場合橋桁の変位についてダンパーを設置しない場合の57.3%に低減させることができた。以上の実験結果より、HDRダンパーはこれらの橋梁の変位を小さくし、制震性能が十分あると言える。

謝辞

東海ゴム工業から供試体の提供を、また阪神高速道路株式会社からは長大橋の基本データの提供を受けた。さらに、実験を推進するに当たって科学研究費補助金(基盤研究(A))、および科学技術振興調整費の援助を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

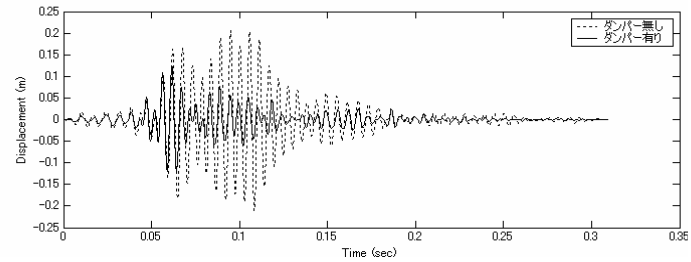


図6 高橋脚桁橋のダンパーが有る時と無い時の変位についての比較

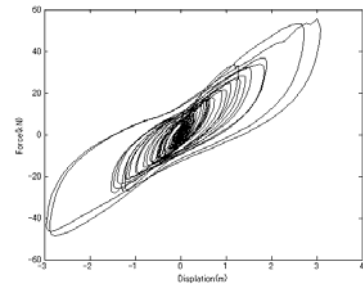


図7 供試体の履歴ループ

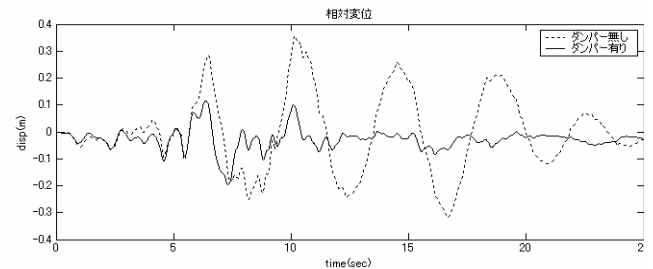


図8 斜張橋のダンパーが有る時と無い時の変位についての比較

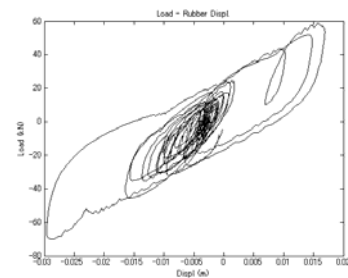


図9 履歴ループ