

高減衰ゴムダンパーの制震性能に及ぼす载荷速度の影響

京都大学大学院

近畿職業能力開発大学校

京都大学工学研究科

鉄道総合研究所

学生員 ○藤井 健太

フェロー 家村 浩和

正会員 五十嵐 晃

正会員 豊岡 亮洋

1.はじめに

大ストローク、大容量の橋梁用制震ダンパーとして、積層高減衰ゴムを用いたダンパー（以下HDRダンパー）が提案されている(図1、図2)。HDRダンパーの特性の実験的検討はすでに実施されているが、実験時の载荷速度の実時間現象との相違がHDRダンパーの性能評価に及ぼす影響については未検証であった。振動数を変化させた正弦波加振試験と実時間スケールの異なるハイブリッド実験により検証を行った。

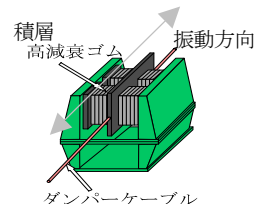


図1 HDR ダンパー

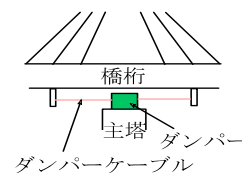


図2 斜張橋への設置方法

2.実験方法と実験試験体

2.1 実験方法

実験装置概略図を図3に示す。HDRダンパーの一部を模した、2ヶの積層高減衰ゴムを载荷用鋼板を介して向かい合わせに固定した供試体に対し、油圧式高速アクチュエータにより载荷を行った。正弦波加振およびハイブリッド実験により指定される動的変位をアクチュエータで制御し、供試体の復元力を計測した。

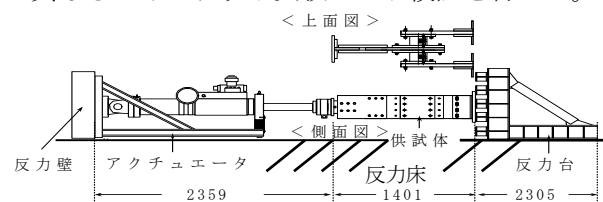
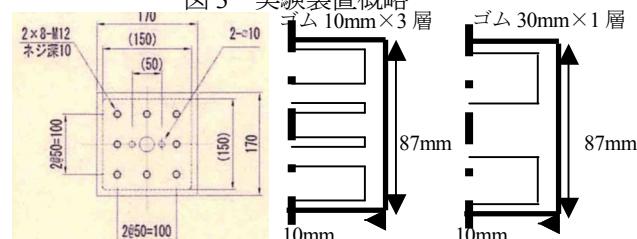


図3 実験装置概略



(a)平面図 (b)3層タイプ (c)1層タイプ

図4 供試体積層高減衰ゴム

2.2 実験試験体

供試体に用いた積層高減衰ゴムのサイズは各々150×150×87(mm)、ゴム総厚30mmである。層数が3層、1層のタイプを用いた。図4にその概略図を示す。

3.正弦波加振実験

変位振幅が7.5[mm]で振動数0.05、0.25、0.5、1.0、1.5[Hz]の5種の11回サイクル正弦波を入力した結果を示す。なお、実験より得られた荷重-変位履歴曲線と等価剛性、等価減衰定数、切片荷重を最大ひずみ速度について整理したものを図5に示す。なお、等価剛性、等価減衰、切片荷重の値は第2回サイクルから第11回サイクルまでから得られる平均値とした。最大ひずみ速度が大きくなるに従って等価剛性は増加、等価減衰定数は減少、切片荷重は増加し、最大値は最小値に比べて、それぞれ13.8%、15.3%、5.9%大きかった。ただし、0.05Hzの場合は処女载荷のため異なった傾向となっている。

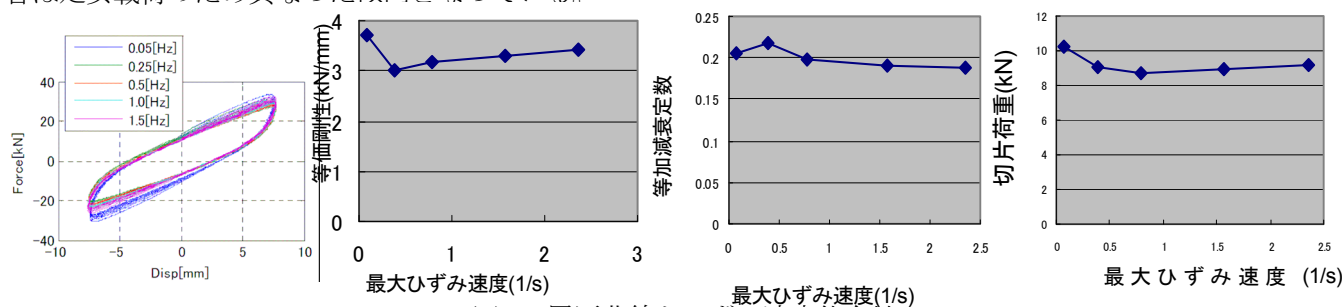


図5 履歴曲線とひずみ速度依存性

キーワード 高減衰ゴムダンパー ハイブリッド実験

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

4. ハイブリッド実験

4.1 対象橋とモデル化

スパン885m の斜張橋を想定し、地震入力時の橋軸方向応答のみ考慮する。なお、橋桁と橋脚の間に設置したバーンダンパーをモデルに含む。ハイブリッド実験で高速計算を行うため、図6に示す3 自由度モデル^[1]を用いた。

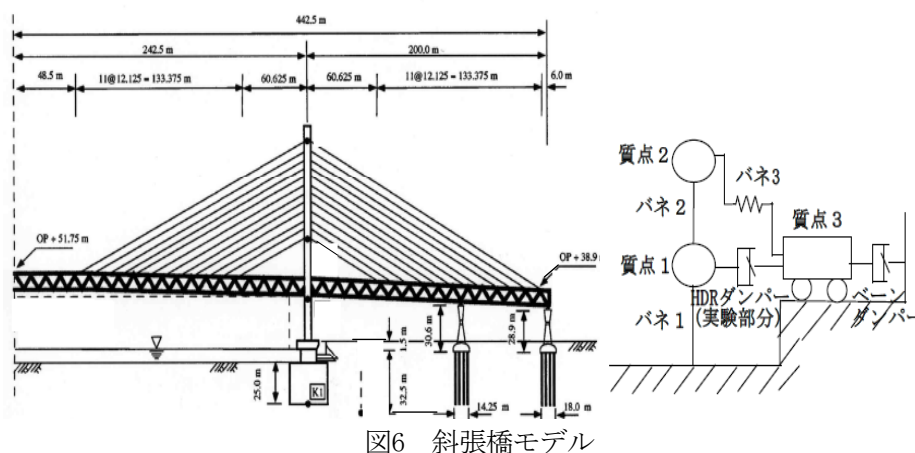


図6 斜張橋モデル

4.2 実験手法

本実験ではHDR ダンパー部分を実験部分とし、残りの斜張橋(半スパン)部分を計算部分とした。想定するHDR ダンパーの寸法は950×950×200 (mm) とする。2.2で述べた供試体に対し、変位はひずみを一致させるように、力は面積と基数に比例するように寸法相似率を決定した。ひずみを一致させた場合、実時間で載荷したときはひずみ速度も一致する。入力波は1995年兵庫県南部地震時の東神戸大橋周辺記録を用い、実時間で載荷した場合と時間軸を10倍に伸ばした場合の2ケースを行った。

4.3 ハイブリッド実験結果

1995年兵庫県南部地震東神戸大橋周辺記録を入力波とした場合の結果を図7に示す。この図は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層数が1層、3層のHDR ダンパーを設置した場合の斜張橋の応答と基部の曲げモーメントを重ねたものである。HDR ダンパーを設置しない場合に比べて、ハイブリッド実験で得られたダンパー3層設置後の最大変位は41.2%減、最大モーメントは34.3%減であった。また、層数の違いによる差は1%以内となった。

ダンパー1層について実時間で載荷した場合と時間軸を10倍に伸ばした場合の履歴ループを示したものが図7である。実時間の方が最大変位が6.1%小さく、剛性が高くなっている。その理由としてHDRダンパーの速度依存性や、時間軸を10倍にした場合でのHDRダンパーのリラゲーションが考えられる。

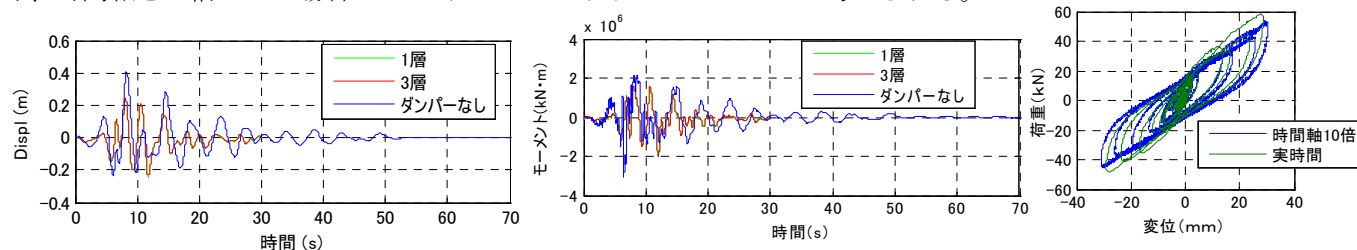


図7 応答結果と履歴曲線

5. 結論

最大ひずみ速度が大きくなるに従って等価剛性は増加、等価減衰定数は減少、切片荷重は増加した。最大値は最小値に比べて、それぞれ13.8%、15.3%、5.9%大きくなると考えられる。

現状とハイブリッド実験で得られた3層タイプのHDR ダンパー設置後の地震応答を比べると最大変位は41.2%、基部の最大曲げモーメントは34.3%低減する制震性能が示された。

1層タイプについて時間スケールを変えて加震した場合、実時間で加震したほうが最大変位が6.1%小さくなり剛性は大きくなる結果となった。HDR ダンパーの検証においては、載荷速度の影響についても慎重に検討する必要がある。

参考文献

- [1] 家村 浩和、五十嵐 晃、豊岡 亮洋、井本 佳秀、茅屋 文子：HDR を用いた橋梁用ダンパーの開発と制震性能に関するハイブリッド実験、土木学会地震工学論文集、2007 年 8 月