

第 I 部門 高減衰ゴムを用いた橋梁用制震装置の開発と性能試験

京都大学工学部
 京都大学工学研究科
 京都大学工学研究科
 京都大学工学研究科

学生員 ○井本 佳秀
 フェロー 家村 浩和
 正会員 五十嵐 晃
 正会員 豊岡 亮洋

1 概要

本研究では、斜張橋のように大きなストローク及び高いエネルギー吸収量が要求される橋梁用制震装置として、高減衰ゴム（HDR）を用いたダンパー（以下 HDR ダンパーと記す）を考案した。また、アクチュエータを用いて HDR ダンパーの動的载荷加振実験を行い、HDR ダンパーの力学特性に関する実測データを収集するとともに、その復元力特性として等価剛性、等価減衰定数を算出し、それらのせん断ひずみ依存性を示した。

2 HDR ダンパーの開発

斜張橋は地震時に非常に大きな水平変位が発生することが予想されるが、通常のダンパーを用いて、その水平変形に追従できるだけのストローク容量を満足するには、コスト、施工、残留ひずみなどの面から困難であると考えられる。そこで大ストローク・大容量を満足する新しい制震装置として、図 1 に示すような HDR ダンパーを考案した。

これは、通常の HDR 2 基を軸力を作用させない状態で水平に並べた構造をしている。ゴムには軸力が作用しないため座屈の危険性が少なく、大きなひずみ領域まで追従可能なので、斜張橋のように地震時に大変形を生じる構造に対して特に有効であると考えられる。また、ゴムの復元力特性により、残留ひずみが通常の粘性・摩擦系ダンパーを用いた場合と比較して小さくなるものと期待される。

HDR ダンパーの斜張橋への設置の仕組みは、図 2 に示すように、ダンパーを斜張橋の主塔の上に設置し、ダンパーと橋桁はダンパーケーブルを介して接続する。

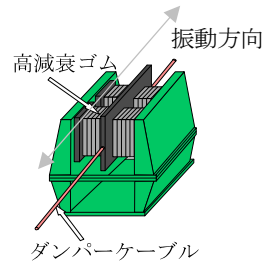


図 1 HDR ダンパー

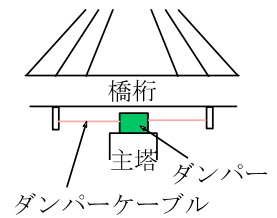


図 2 斜張橋への設置方法

3 HDR ダンパーの性能試験

3.1 実験装置および実験供試体

実験装置概略図を図 3 に、写真を図 4 に示す。実験装置は供試体（HDR ダンパー）、アクチュエータ、反力台からなる。

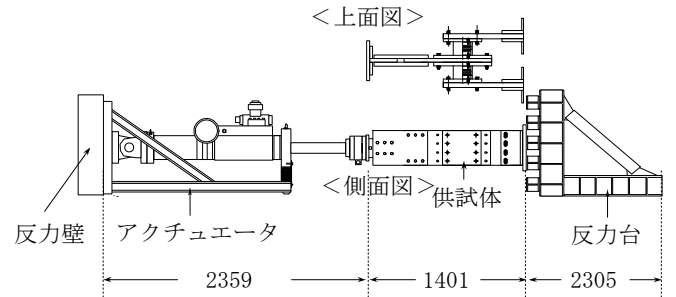


図 3 実験装置概略図

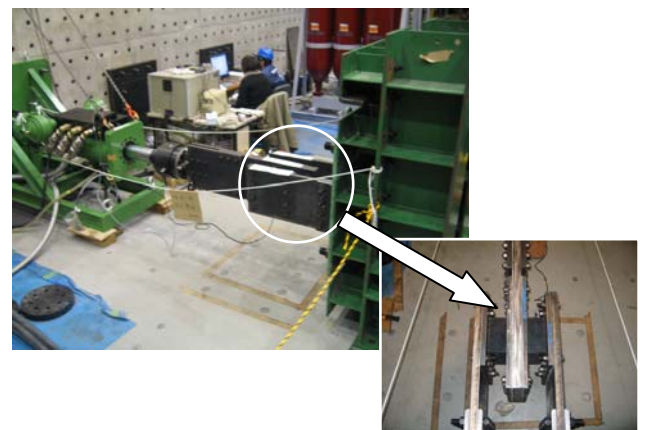


図 4 実験装置（写真）

また、本実験で用いた供試体を図 5 に示す。供試体は2基の HDR を鋼板を介して接合し、並列に使用したものであり、軸力が作用しない構造となっている。HDR はせん断弾性係数 G12 クラスとして配合設計されたもので、HDR 1 基あたりの諸元を表 1 に示す。

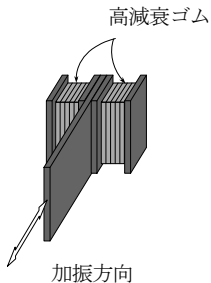


表 1 HDR の諸元

辺長 (mm)	□150
1 層厚み (mm)	6
層数 (層)	5
ゴム総厚 (mm)	30

図 5 実験供試体

3.2 入力波

本実験は変位制御で行い、振動数が 0.1[Hz]でせん断ひずみがそれぞれ 0.25、1.0、1.75、2.5、3.0 で^[1]ある 5 種の正弦波を入力した。なお、各正弦波において 1 1 回の繰り返し载荷を行った。

4 実験結果

実験により得られた水平荷重—水平変位の履歴曲線を図 6 に示す。

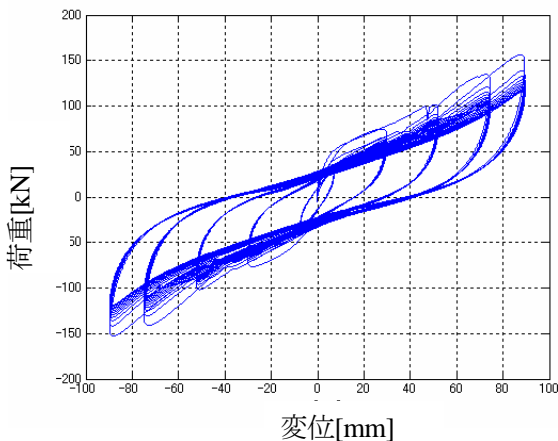


図 6 HDR ダンパーの履歴曲線

得られた履歴曲線から各せん断ひずみにおける等価剛性、等価減衰定数を求め^[2]、プロットしたものを図 7、図 8 に示す。軸力がある場合と比較するため、T 社が行った面圧 6.0[N/mm²]における正弦波加振実験の結果も同時にプロットした。なお、等価剛性、等価減衰の値は第 2 回目から第 1 1 回目までの繰り返し履歴

曲線から求めた平均値とした^[2]。

等価剛性はせん断ひずみが大きくなるに従って低下するが、その変化の大きさはひずみ領域によって異なり、小さなひずみ領域において等価剛性は大きく変化することがわかった。

等価減衰定数はせん断ひずみが大きくなるに従って小さくなり、大きなひずみ領域でより大きな低下がみられた。その値はせん断ひずみ 0.25 において最大値 0.195 となり、せん断ひずみ 3.0 において最小値 0.141 となった。また、軸力が作用している時と比較すると最大でも 0.015 の差であり、どのせん断ひずみにおいても大きな差は無かった。

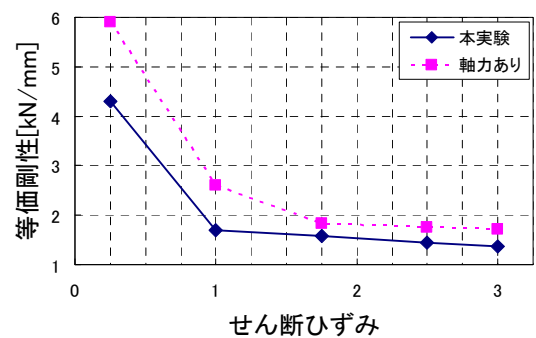


図 7 等価剛性—せん断ひずみ

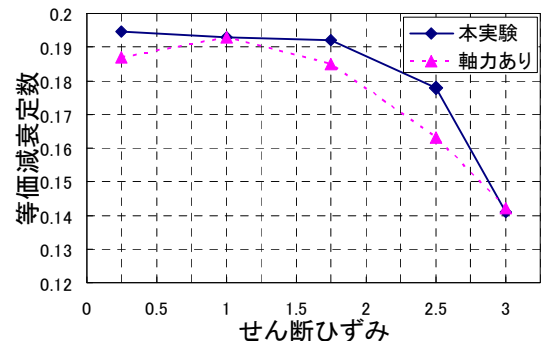


図 8 等価減衰定数—せん断ひずみ

5 結論

等価剛性、等価減衰定数ともにせん断ひずみが大きくなるに従って小さくなることがわかった。また、HDR ダンパーの基本性能として、等価減衰定数は 0.141~0.195 となり、軸力が作用する場合と比べても、HDR ダンパーは期待した効果が得られた。

参考文献

- [1] 日本ゴム協会：免震用積層ゴムハンドブック, pp143-144, 2000. 1
- [2] 日本道路協会：道路橋支保便覧, pp200-205, 2004. 4