

第 I 部門

積層数の異なる高減衰ゴムダンパーの復元力特性に関する研究

京都大学工学部 正会員 ○滝波 真澄

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 五十嵐 晃

京都大学工学研究科 正会員 豊岡 亮洋

1. 概要

橋梁用の大ストローク・大容量・低コストを満たす水平ダンパーとして開発されている高減衰積層ゴムダンパーに関して、合理的なダンパーの積層構造を検討することを目的とし、積層数を 5 層、3 層、1 層にした供試体について、高速アクチュエータを用いた正弦波加振試験を行った。得られた履歴曲線から等価剛性及び等価減衰定数を算出し、積層数の影響について考察した。その結果、積層構造にはやや劣るものの、非積層構造もダンパーとして十分な減衰性能を有していることを示した。

2. 高減衰積層ゴムダンパー

高減衰積層ゴムをダンパーとして実際に設置する場合は、図 1 のように積層ゴムを横に立てて 2 基ずつ並べた構造を想定している。このダンパーは、例えば図 2 のように斜張橋の主塔に固定され、橋桁とは 2 基のダンパー間の鋼板に繋がったダンパーケーブルを介して接続される。ゴム免震支承として既に幅広い適用実績がある高減衰積層ゴムをダンパーとして用い、面圧が働かない状態でも十分な減衰性能を発揮することは既往の研究^[1]で示されている。

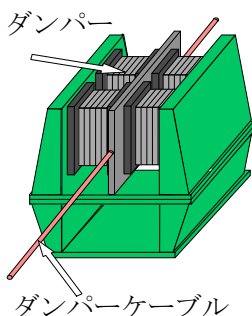


図1 ダンパー設置図

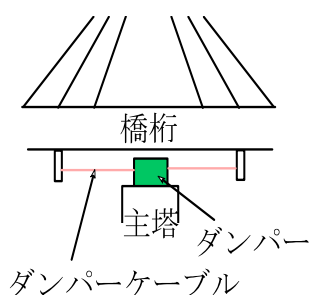


図2 斜張橋への設置例

本研究ではこのダンパーのコストを更に下げるためにゴムの積層数に注目した。ゴム免震支承と違い面圧が働かない高減衰ゴムダンパーには座屈の可能性がほぼ無く、積層間の鋼板を無くしても水平復元力特性は損なわれないという推測が成り立つ。積層構造を無くせばコスト削減となり、またゴムと鋼板の接着にかかる製造上の手間も少なくすることができる。よって積層数を少なくした構造を考案し、その影響について調べた。

3. 载荷試験

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。実験装置は高減衰ゴムの供試体、アクチュエータ、反力台からなる。

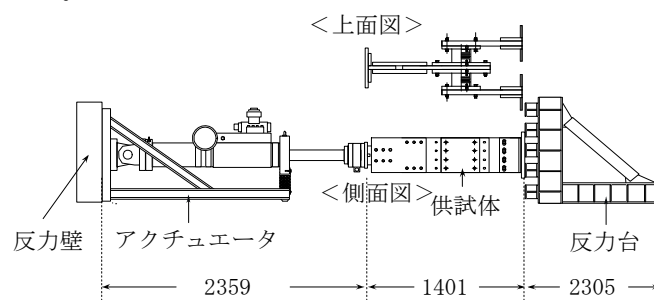


図3 実験装置概略図



図4 実験装置写真

また、本実験で用いた供試体の写真を図 5 に示す。積層数による履歴特性を見るため、鋼板で挟まれたゴムの総厚 30mm をどれも同じにして、層数のみを 5 層、3 層、1 層と変えた供試体を用意した。供試体 1 基あたりの諸元を表 1 に示す。

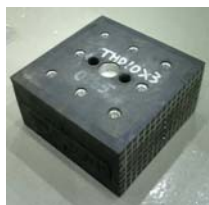


図 5 供試体写真

表 1 供試体の諸元

辺長 (mm)	□150		
1 層厚み (mm)	6	10	30
層数 (層)	5	3	1
ゴム総厚 (mm)	30		

ゴムの材質については、従来の高減衰ゴム（商標名：HDR-S）と、せん断変形性能を高め、温度依存性を低減した新しいゴム（商標名：THD）の二種類を用意した。

3.2 载荷方法

供試体への载荷は変位制御により行い、入力波は正弦波を用いた。入力した正弦波の振動数及び振幅は表 2 の○にて示した。振幅の大きさは、大ストロークでの特性を調べる必要性から、ゴム総厚を 30mm としたときのせん断ひずみ 200%にあたる 60mm を最大値とした。

表 2 入力波

		振幅の大きさ(mm)				
		7.5	30	45	52.5	60
振動数(Hz)	0.05	○	○	○	○	○
	0.25	○	○	○	○	○
	0.5	○	○	○		
	1	○				
	1.5	○				

4. 実験結果

4.1 履歴曲線・最大荷重の傾向

履歴曲線は変位が小さいときは楕円に似た軌道を描き、変位が大きくなるにつれ最大荷重付近で鋭くなり、バイリニア型のモデルに近くなっていく。

THD5 層の履歴曲線は、他の供試体と違い中央でくびれた曲線を示し、供試体を固定するネジの一部に緩みがあったことが推測され、他と比較するにはデータに信頼性が無い。また HDR5 層は時間の関係上実験を行えなかった。よって以降の考察では両ゴム材質とも 1 層と 3 層の比較を材料とする。

4.2 等価剛性及び等価減衰定数

各履歴曲線についてサイクルごとに求めた等価剛性及び等価減衰定数の、1 サイクル目を除いた 2～11 サイクルまでの値の平均値を取り、その履歴曲線の等価剛性及び等価減衰定数とした。

等価剛性については、両材質とも層数による影響はほとんど見られなかった。

THD の等価減衰定数は図 6 に示すように、小変形時には 1 層のほうが大きくなり、大変形時には 3 層のほうが大きくなる。両供試体ともせん断ひずみ 200%、周波数 0.25Hz のときに最小値を取り、3 層が 0.1713、1 層は 0.1621 である。これは十分実用に耐える値であり、層数を少なくしても高い減衰性能を維持していることを示している。

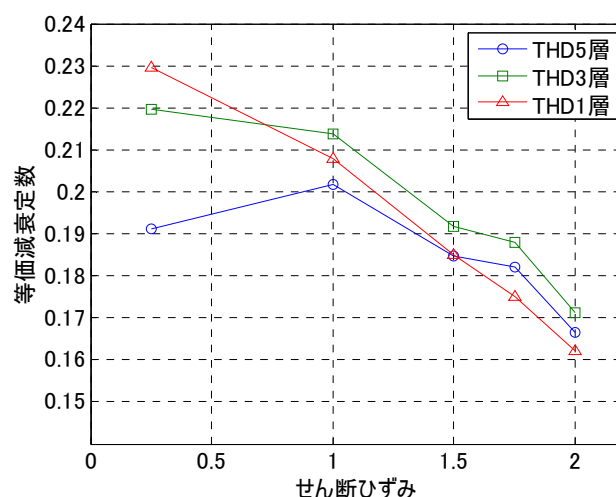


図 6 THD、周波数 0.25Hz での等価減衰定数

HDR の場合は、総じて等価減衰定数は 3 層のほうが大きかった。最小値を取るのには THD と同じくせん断ひずみ 200%、周波数 0.25Hz のときで、3 層が 0.1519、1 層は 0.1477 であった。

5. 結論

積層数を減少、あるいは非積層としたゴムダンパーの減衰性能は、多積層構造と比べわずかに劣る。しかし実験を行った範囲においてその差は大きなものではなく、その開発は十分検討するに値する。

参考文献 [1]家村浩和・五十嵐晃・豊岡亮洋・井本佳秀・多屋文子：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，pp503-509，2007 年 8 月