

特別講演(1)

各種拡大機構を用いた磁気ダンパ、摩擦ダンパ、弾塑性ダンパ および粘弾性ダンパの開発

明治大学理工学部 大亦 絢一郎

1. 受動型および準能動型ダンパの種類と特徴¹⁾

表1 受動型制振デバイスの種類と特徴

分類	デバイスの名称	デバイスの特徴
流体ダンパ	オイルダンパ	機械、建築などさまざまな分野で広く用いられている。大きさの割に大きな減衰力を発生する。1mm程度の微振動領域から大振幅領域において幅広い減衰特性を有する。調整弁のみを有し減衰力がほぼ速度に比例するリニア型と、調整弁とリリーフ弁を有し一定速度以上で発生減衰力の増大を小さくしたバイリニア型がある。直線型の他に回転型もある。性能劣化を調べるメンテナンスが必要である。
	粘性ダンパ 粘性体ダンパ	高粘度のシリコンオイル(粘性ダンパの場合)または高粘度の高分子化合物(粘性体ダンパの場合)を使用して、単層または多層抵抗板と粘性体の間の相対運動により粘性せん断抵抗力を発生させる。免震建物、免震床、制振壁などに応用されている。粘性体の粘度変化、ごみ・ほこりの侵入、空気の巻き込みなどを避ける工夫が必要である。
	エアードンパ	経年変化がなく、保守が容易で、抵抗力の温度依存性も少ないが、空気の粘性が非常に小さいため高精度の加工が要求され、大きな減衰力を得ることは難しい。7000Ns/m程度の粘性減衰係数を持つシリンドラ型の動圧エアードンパが市販されている。空気の弾性によりばねの特性を併せ持つ。空気ばねと組み合わせたタイプのものもある。
	磁性流体ダンパ	磁性流体は、水、エステルなどの液相中に10nmサイズの強磁性粒子(マグネタイトなど)を極めて安定に分散させたコロイド溶液。MR流体に比べて磁界の印加による粘度上昇が少ないので、ねじり振動防止用イナーシャダンパや除振テーブル用のパッシブダンパに適用されているが、セミアクティブダンパに使用された例もある。
永久磁石	磁気ダンパ	非磁性導体板が希土類磁石による磁束を横切って運動する時に導体板に生じる渦電流誘起力を利用した非接触式ダンパ。抵抗力は完全に速度比例型で、100を越える高温中でも使用可能であるが、減衰力が小さいので拡大機構を併用するか、減衰が小さくて済む追加共振器に用いるのに適している。最近、渦電流方式より1桁以上高い減衰係数を持つMS磁気ダンパが開発されている。
固体ダンパ	摩擦ダンパ	一般に簡単な構造で強力な減衰力が得られ、温度変化にも強いので、手頃な減衰として免震建物、配管系、工作機械、タービン、電子機器などに用いられている。また鋼より線の弾性と庫摩擦を利用して、ばねと減衰を与えているものもある。非線形特性のために設計時の取扱いが複雑となり、最終停止位置(残留変位)や摩擦面の摩耗などの問題がある。
	弾塑性ダンパ	延性金属材料の曲げまたはねじりの塑性変形により振動エネルギーを消散させる。構造が簡単、安価で低高温中でも使用できるなどの利点を持つ反面、耐久性に劣るので、構造物の免震・耐震あるいは交通機械の単一衝撃緩衝用のみ使用されている。弾塑性ダンパの弾性は系の固有振動数とモードに影響を与え、小変形時には減衰性を持たないことに注意を要する。
	鉛ダンパ	U字形にオフセット変形が与えられた鉛柱の面内・面外塑性変形またはシリンドラ内の鉛をピストンで移動させる時の塑性流動により振動エネルギーを消散させる。弾性は殆どない。履歴特性は矩形に近く、比較的小変形時から減衰性能を発揮する。免震建物に多く使用されており、積層ゴムと一体化した鉛入り積層ゴムの形でも広く使用されている。
粘弾性ダンパ	防振ゴム	防振ゴムは、用途に応じた各種加硫ゴムを用いて金型で製造され、圧縮、引張りまたはせん断で使用される。三次元方向にばねと減衰作用を持つが、減衰作用はあまり大きくない。自動車のエンジンマウント用から航空機計器盤などの軽荷重用まで幅広く用いられている。
	積層ゴム	積層ゴムは、薄いゴムシートと銅板を交互に積層させたものであり、水平方向に柔らかく鉛直方向に硬い特徴を持つ。天然ゴム系積層ゴムは減衰性能が小さいので種々のダンパと組み合わせることが必要であるが、高減衰型積層ゴムは粘性が高く、ダンパ・粘性一体型である。耐震建物の層間エネルギー吸収用の高減衰ゴムダンパも開発されている。
	粘弾性ダンパ	粘弾性材料は複合材料・制振銅板あるいは防振ゴムの形で機械や構造物の制振に用いられてきたが、最近では構造物の耐震補強用ダンパとしても用いられている。2枚の銅板の間、あるいは中央のスライドプレートの両面と外側の銅板の間に粘弾性体を挟み込んでせん断変形で使用するケースが多い。非線形特性を有するため、動力学特性の定量的な設計が難しい。温度・周波数・振幅依存性がある。
マグスンパ	インパクトダンパ 粉粒体衝撃ダンパ	鋼球などの単一質量が容器側壁に衝突する時の衝撃力で振動を抑制するインパクトダンパの試みは古くから行われており、橋の主柱の制振などに利用されている。最近では、粒子間の衝突と摩擦を利用した直線振動用及びねじり振動用の粉粒体ダンパが開発されており、個々の粒子の運動を考慮した解析も行われている。