

3 段ユニット間柱型粘弾性ダンパーシステムの開発と実大制振システムを用いた自由振動実験

正会員 ○藤原悠祐¹ 同 金亨國¹
同 辻聖晃¹ 同 吉富信太¹
同 竹脇出¹

微振動 制振 3 段ユニット
間柱型 高硬度ゴム 速度依存型ゴム

1. 序

本研究の目的は、交通振動等による振幅 0.1mm 程度の微小振動から地震時の大変形まで安定した減衰効果を発揮する戸建住宅用制振システムを提案し、実物大供試体に対する自由振動実験を実施して、提案する制振システムの減衰性能を検証することである。

2. 制振システムの概要

本研究で提案する制振システムは、図 1 に示すように、ダンパーユニットと呼ぶ機構にエネルギー吸収要素である粘弾性ダンパーを組み込み、このダンパーユニットをブレース材及び上下フレームを介して建築骨組に設置することで構成される。この制振システムを、本研究では 3 段ユニット間柱型粘弾性ダンパーシステムと呼ぶ。本システムを採用することにより、剛性の高い上下フレームがダンパーユニットの回転を拘束するため、村田らが提案するポストテンション型制振機構^{1), 2)}では必須であった制振システムへのポストテンションの導入が不要となる。

本研究では、粘弾性ダンパーとして、高硬度ゴムあるいは速度依存型ゴムの 2 枚の鋼板に加硫接着したものをを用いる。高硬度ゴムは、歪が小さいときに高い等価剛性と等価減衰を示す著しい歪依存性の減衰性能を有する材料である³⁾。一方、速度依存型ゴムは、抵抗力が主として歪速度に依存し、減衰性能の歪依存性は高硬度ゴムに比べると小さい。

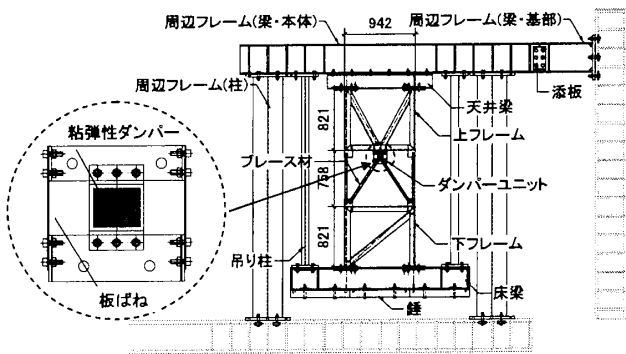


図 1 実験供試体

3. 実大制振システムを用いた自由振動実験

3.1 自由振動実験の目的

自由振動実験により、以下の項目を明らかにする。

1. 提案する制振システムの有効性の実証。

2. 自由振動実験結果との比較により、シミュレーションに用いた解析モデルの妥当性を検証する。
3. 本研究で扱う高硬度ゴムダンパー等が有する減衰性能の歪依存性³⁾の自由振動実験による実証。

3.2 載荷方法

載荷は、所定の振幅に達するまで吊り柱に荷重をかける人力加振により行う。表 1 に載荷ケースを示す。

表 1 載荷ケース

モデル ※1	ケース番号-使用ダンパー量(mm ²) (ゴム厚 3.2mm)						
	①- 36	②- 72	③- 100	④- 196	⑤- 400	⑥- 1000	⑦- 6000※2
A	○	○	○	○	○	○	○
B	—	—	○	○	○	—	○
C	—	—	○	○	○	—	○

※1 各モデルの詳細は以下の通りである。

モデル A…載荷フレーム+制振システム(高硬度ゴム)

モデル B…載荷フレーム+制振システム(速度依存型ゴム 1)

モデル C…載荷フレーム+制振システム(速度依存型ゴム 2)

モデル D…載荷フレーム+制振システム(ダンパーなし)

モデル E…載荷フレーム

※2 粘弾性ダンパーを 6000mm²組み込んだケースについては、この実験に用いる錘の質量では自由振動の様子を観察することが困難であるため、オイルジャッキによる準静的載荷実験のみを実施した。

4 実験結果

4.1 高硬度ゴムダンパー量による比較

ダンパーユニットに組み込む高硬度ゴムダンパーの面積を変えて自由振動させた場合の応答波形を図 2 に示す。図 2 より、ダンパー量が大きくなるにしたがい減衰が増大していることがわかる。このことにより、本制振システムに組み込まれた高硬度ゴムがエネルギー吸収効果を発揮していることが示された。

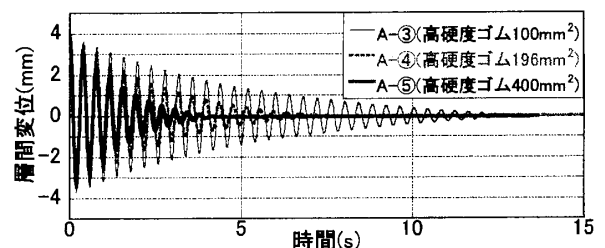


図 2 高硬度ゴムダンパー量による比較

4.2 粘弾性ダンパーの種類による比較

粘弾性ダンパーの種類による減衰性能の違いを明らかにするため、図3に、制振システムに3種類の粘弾性ダンパー(高硬度ゴム, 速度依存型ゴム1, 速度依存型ゴム2)をそれぞれ400mm²ずつ組み込んだ場合の供試体の自由振動波形の比較を示す。図3より、今回の自由振動実験における変形レベル(粘弾性ダンパーのせん断歪で200%以下)と振動数レベル(3Hz以下)では、同じダンパー量を組み込んだ場合において高硬度ゴムの減衰性能が最も高いことがわかる。また、速度依存型ゴム1あるいは速度依存型ゴム2を組み込んだ場合には応答が小さくなってからもしばらく供試体が振動しているのに対して、高硬度ゴムを組み込んだ場合には、速やかに供試体の振動が停止していることがわかる。これは、微小変形領域において極めて高い減衰性能を発揮する高硬度ゴムの歪依存性によるものである。

次に、図3に結果を示した各供試体が有する減衰定数を変形レベル毎にみる。図4に、各変形レベルの平均振幅に対する減衰定数(対数減衰率より評価したもの)の変化を示す。なお、図4には、粘弾性ダンパーを組みこまない場合の供試体の減衰定数も併せて示してある。図4からも、微小変形領域において、高硬度ゴムを組み込んだ供試体が他の供試体に比べて極めて大きな減衰定数を有することがわかる。

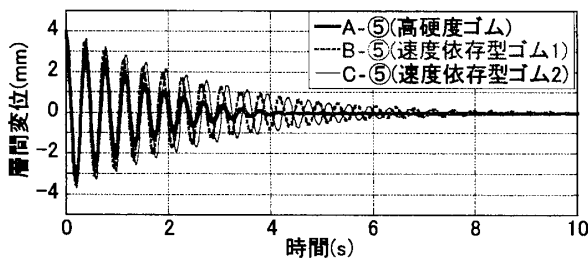


図3 粘弾性ダンパーの種類による比較

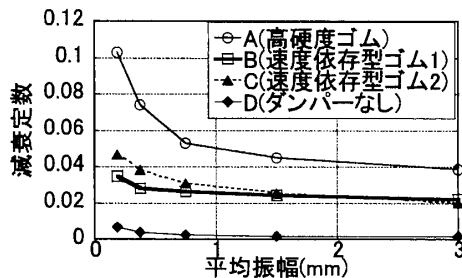


図4 各変形レベルにおける供試体の減衰定数

5. シミュレーションと実験結果の比較

非線形時刻歴応答解析によるシミュレーションと実験結果の自由振動波形の比較を行う。なお、シミュレーションに用いた汎用構造解析ソフト(SNAP)は、粘弾性ダンパー要素として本研究で扱う高硬度ゴムを内蔵している。

シミュレーションに用いた解析モデルは図5に示すような1質点系のせん断型モデルである。ここで、 D :高硬度ゴムダンパーの復元力モデル、 k_p :板ばねの水平剛性、 k_b :ダンパー周辺部材(上下フレーム、ブレース材及び取付接合部)の水平剛性、 m :供試体を1質点系に置き換えたときの質量、 k :吊り柱の水平剛性である。シミュレーションにおいて、供試体の固有周期のみ実験結果に適合するように調整した。

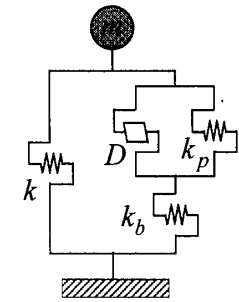


図5 シミュレーション解析モデル

ケースA-⑤について比較を行った結果を図6に示す。図6より、高硬度ゴムを制振システムに組み込んだ場合においては、シミュレーションと実験結果が極めて良好な精度で一致することを確認した。

ケースA-⑤について比較を行った結果を図6に示す。図6より、高硬度ゴムを制振システムに組み込んだ場合においては、シミュレーションと実験結果が極めて良好な精度で一致することを確認した。

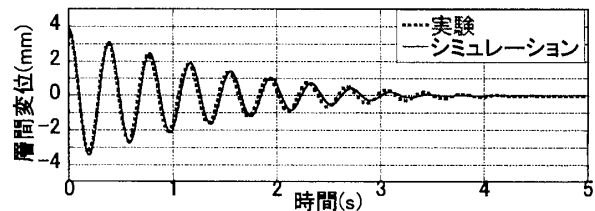


図6 シミュレーションと実験結果の比較

6. 結論

1. 交通振動等による振幅0.1mm程度の微小振動から地震時の大変形まで安定した減衰効果を発揮する戸建住宅用制振システムを提案した。
2. 本論文で提案する制振システムの実大自由振動実験を行い、以下の項目を明らかにした。
 - 提案する制振システムの有効性を実証した。
 - 自由振動実験結果との比較により、シミュレーションに用いた解析モデルの妥当性を示した。
 - 本論文で扱う高硬度ゴムダンパーが有する減衰性能の歪依存性を自由振動実験により実証した。

謝辞 本研究の一部は、平成21年度科学研究費補助金による。また、自由振動実験においては住友ゴム工業(株)より高硬度ゴム及び速度依存型ゴムの材料特性に関して有益な意見を頂戴した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 辻聖晃他：戸建て住宅の微小振動制御のためのポストテンション型制振機構、鋼構造年次論文報告集(第17回鋼構造シンポジウム), pp.127-132, 2009.11.
- 2) 辻聖晃他：戸建て住宅の微小振動制御のためのポストテンション型制振機構 簡略化モデルによる実効率の解析, 構造工学論文集 Vol.56B, pp.171-178, 2010.4.
- 3) 谷翼他：高硬度ゴム粘弾性体の微小変形から大変形までのひずみ・振動数依存性のモデル化：構造系論文集 No.629, pp.1079-1086, 2008.7.

*1 京都大学大学院

*1 Kyoto University