

高減衰ゴムを用いた靱性型高倍率パッシブ制振機構の開発 その1 ダンパーと滑り接合部の加力実験

正会員 ○新原 剛*
同 古田 智基**
同 中尾 方人***

高減衰ゴム 制振 滑り接合部
K型筋かい 在来軸組構法 等価粘性減衰定数

1. はじめに

木造住宅用の様々な制振デバイスが開発され、実用化されているが、壁倍率を取得しているものは少ないため、壁量計算では算入されていないことが多い。それゆえ、エンドユーザーにとっては、その効果が分かりにくいものとなっている。

本研究では、高減衰ゴムを用いて、高い剛性とエネルギー吸収性能を有するパッシブダンパーを開発し、その性能評価を行う。なお、このダンパーは、エンドユーザーにもその性能を把握しやすいよう、壁倍率を取得することを目標としており、滑り接合部を併用することで、システム全体でバイリニアに近い復元力特性を実現する。

2. ダンパーおよびシステムの概要

ダンパーは、図1のように、大小2つの鋼管を入れ子にし、その間のスペースに高減衰ゴムを充填したものであり、外筒と内筒の長さ方向に相対変位が生じると、高減衰ゴムにせん断ひずみが生じて、剛性および減衰力を発生する。

高減衰ゴムは、せん断ひずみが100%程度以上になるとハードニングが生じて、減衰力が低下する。さらにせん断ひずみが増加すると、ゴムの破断や、剥離が生じる。そこで、ゴムのせん断ひずみが100%付近で、滑り接合部に滑りが生じるようにシステム的设计を行う。

このダンパーは、2本を1組とし、図2のようにK型に設置する。壁倍率取得を目標とする場合、高減衰ゴムのような、ひずみとともに応力が増加しつづける復元力特性では、塑性率 μ が小さく、構造特性係数 D_s が大きくなりがちであり、高減衰ゴムの剛性を生かすことができない。そこで、滑り接合部を設け、ある荷重に達すると滑りが生じて、耐力が頭打ちになるようにする。

ここでは、壁倍率7として木造住宅に搭載することを目標としており、バラツキや低減係数も考慮し、図3のような復元力特性になるように各部の設計を行った。その結果、ダンパーの剛性は8.6kN/mm、滑りが生じる荷重は100kNとなった。

3. ダンパーの動的加力実験

ダンパーは、表1のとおり、外筒と内筒の径を2種類

とし、また、剛性を2/3としたものも製作した。各試験体で使用したゴムは同じものであり、せん断剛性 $G=0.8\text{N/mm}^2$ である。加振パラメータは、表2に示す7とおりとし、各加振は正負4回繰り返した。

図4にダンパーNo.1の荷重-変位関係、図5に最大変位時の割線剛性と等価粘性減衰定数(以下 H_{eq} と記す)を示す。いずれも、3回目のループの値である。剛性は、目標よりやや低い値であり、 H_{eq} は最大で25%程度である。比較的小さい振幅での加振においては、治具に若干のガタがあったため、 H_{eq} は概して小さめの評価である。

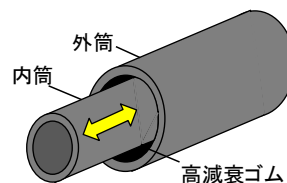


図1 ダンパーの外形

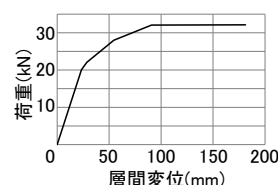


図3 目標とする復元力特性

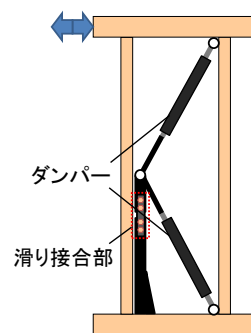


図2 ダンパーの設置方法

表1 製作したダンパー

No.	外筒内径 (mm)	内筒外径 (mm)	ゴム厚さ (mm)	ゴム長さ (mm)	せん断ひずみ100%時設計耐力 (kN)	設計剛性 (kN/mm)
1	75	65	5.0	243	42.8	8.6
2	83	70	6.5	293	56.3	8.7
3	75	65	5.0	162	28.5	5.7
4	83	70	6.5	196	37.7	5.8

表2 加振パラメータ

No.	振幅 (mm)	周波数 (Hz)	最大速度 (mm/sec)	想定変形角 (rad)
1	6	静的加力		1/67
2	1	3.0	18.8	1/400
3	2	2.0	25.1	1/200
4	4	1.5	37.7	1/100
5	6	1.0	37.7	1/67
6	9	0.67	37.9	1/50以上
7	12	0.5	37.7	1/50以上

4. 滑り接合部の静加力実験

図 6 に滑り接合部の詳細を示す。H 形鋼のウェブの両側に摩擦材（アルミ）を挟みこみ、高力ボルトで締め付けたものである。写真 1 に実験の実施状況を示す。

各高力ボルトを 430N・m で締め付け、静的加力を行った結果を図 7 に示す。概ね、目標とする 100kN で滑りが生じたが、変位の増減とともに、荷重の変動が生じた。これは、H 形鋼のウェブの表面処理や厚さの精度の影響と考えられ、今後、改良が必要であると考えている。

5. 増分解析による壁倍率の推定

今回の実験で得られたダンパーと滑り接合部の実験結果をモデル化して図 8 のようなフレームモデルを作成し、増分解析を実施した。ダンパーの復元力特性モデルを図 9 に示す。滑り接合部は、100kN で降伏する完全弾塑性型の復元力特性とした。

図 10 は、増分解析で得られた荷重－層間変位関係である。この荷重－層間変位関係を評価すると、壁倍率は 9.96 であり、バラツキ係数を 0.95、低減係数 α を 0.85 とした場合は 8.0 となった。従って、各要素の性能は、目標に達していると考えられる。

6. まとめ

高減衰ゴムダンパーに滑り接合部を併用したパッシブ制振機構のダンパーと滑り接合部の実験を行い、各要素は、目標の性能に達していることを確認した。

今後、このシステムと軸組との接合部仕様を検討し、軸組に搭載した状態での実験を行う。

謝辞

本研究は、科研費 基盤研究(C)「高減衰ゴムを用いた靱性型高倍率パッシブ制振機構の開発および簡易応答予測法の提案」（課題番号：15590746、代表者：古田智基）にて行われました。本実験の計画や実施にあたり、建築研究所・山口修由氏、ユニオンゴム工業(株)・後藤晃宏氏、(株)カネシン・植田剛氏には多大なご協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

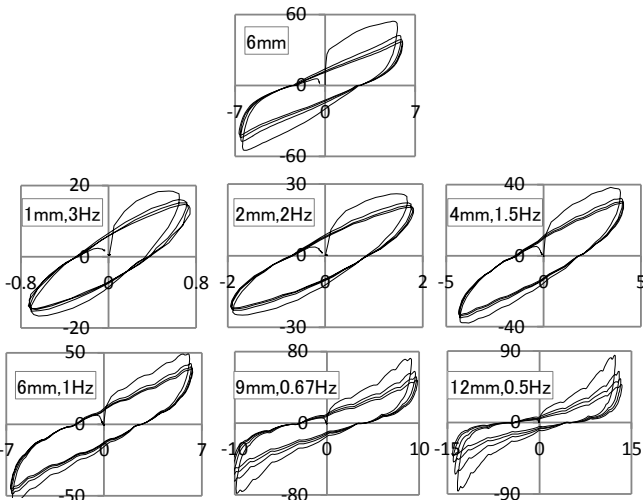


図 4 ダンパーNo.1 の荷重(kN)－変位(mm)関係

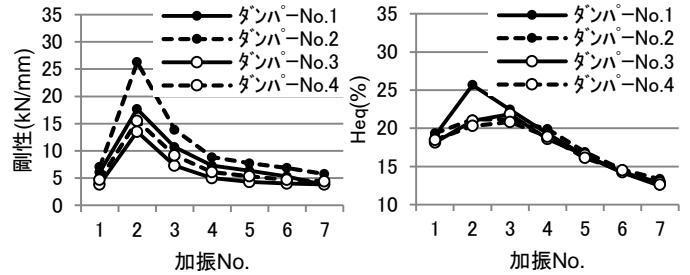


図 5 各ダンパーの剛性と等価粘性減衰定数

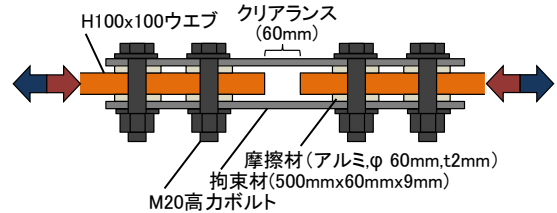


図 6 滑り接合部

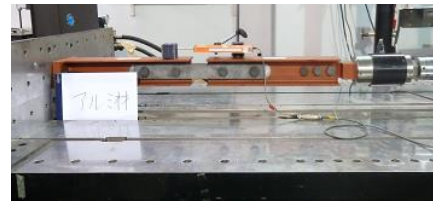


写真 1 滑り接合部実験の状況

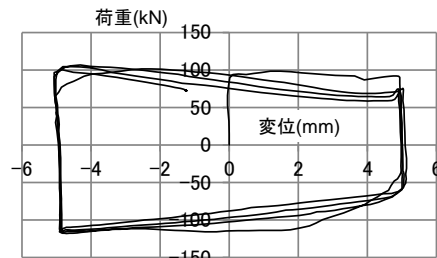


図 7 滑り接合部実験の結果

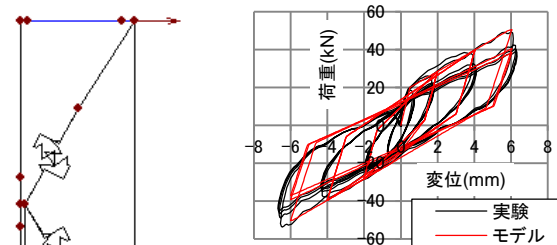


図 9 ダンパーの復元力特性モデル

図 8 フレームモデル

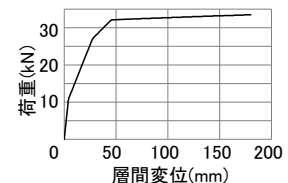


図 10 増分解析結果

* 鎌田建設株式会社

** 第一工業大学 建築デザイン学科 教授・工博

*** 横浜国立大学 特別研究教員 博士(工学)

* Kamada Construction Co., Ltd.

** Professor, Daiichi Institute of Technology, Dr. Eng.

*** Research Associate, Yokohama National University, Dr. Eng.