

次世代型ダンパーを用いた長周期地震動対応戸建て免震システム  
その3 性能可変ダンパーの実用化実験

オイルダンパー 性能可変 戸建て免震システム  
長周期地震動 やや長周期パルス

正会員 ○皆川隆之\*<sup>1</sup> 同 花井 勉\*<sup>2</sup>  
同 飯場正紀\*<sup>3</sup> 同 中田信治\*<sup>4</sup>

1. はじめに

筆者らは免震層に設計余裕の少ない戸建て住宅用免震システムに対し、長周期地震動、やや長周期パルス地震動のように免震層の限界変位を超える地震動が作用した時に、その応答速度に感応して減衰性能が大きくなる性能可変型オイルダンパーの開発を行なっている<sup>1)2)</sup>。その1ではダンパーの必要性能とダンパーの設計を、その2では低速度での性能試験とモデル化解析による応答確認を行なった。本編では実用化に向けた高速度性能試験の結果および戸建て免震システムの免震層に組み込んだ実大振動台実験の結果を報告する。

2. 次世代型ダンパー高速度性能試験

その2のモデル化解析で明らかとなった最適なダンパーの性能を図1のように定めて製作し、各種依存性試験を含めた性能試験を行なった。図中の初期減衰性能①は既存免震住宅の補強用として低速度ではほとんど減衰しないで既存の免震性能を維持するタイプ、②は新築用に最初からダンパーの減衰を見込んで免震層設計するタイプである。尚、高速度の加振装置として1軸の振動台を用いている。

試験では設定どおりダンパーの速度が50cm/sを超えると減衰力が急激に増加し、高減衰の履歴となった。ただし、速度が速くなるとダンパー圧縮反転時に減衰力の立ち上がりに遅れが生じ、荷重変形履歴に欠けが生じている。(図2)

依存性試験では、同一SWEEP波での繰り返し試験、正弦波2Hz~0.5Hzの振動数依存性試験、および30度と43度の温度依存性試験を行なったが、ダンパー性能にほとんど影響がないことを確認した。

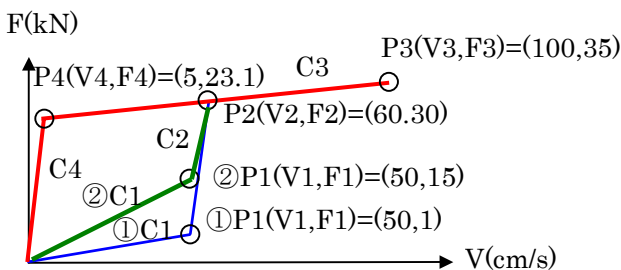


図1.ダンパー特性

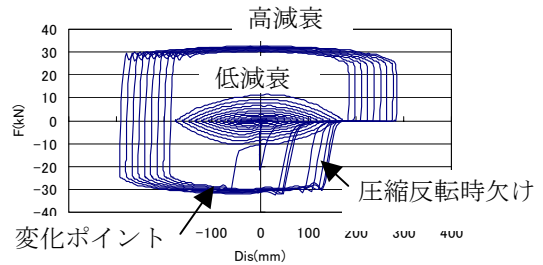


図2 SWEEP 加振結果

3. 次世代型ダンパー改良試験

圧縮反転時の欠けの原因を圧縮時のオイルの吸い込み不足とみて、以下の改良を行った。

3.1 改良試験1

吸い込み不足改良のため、チェック弁のオイル通過穴の面積を2倍とする(図3)。また、空気圧縮比、オイル量を調整しタンク圧力を上昇させる改良を行なったが、改良の効果は見られなかった。

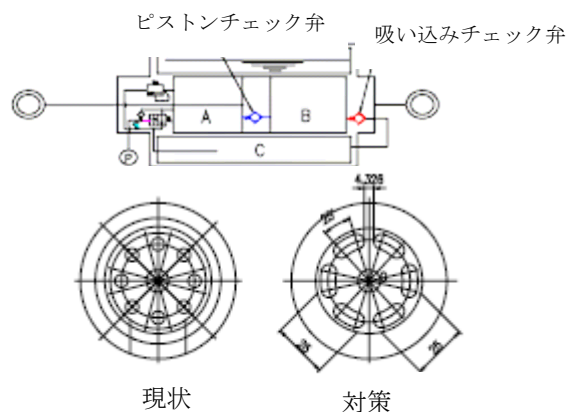


図3 チェック弁の改良

3.2 改良試験2

改良1に加え、図4のように吐き出しパイプを300→820mmに長くして吸い込み口に近づける。チェック弁の動きをスムーズにするため、内径形状をR形状にする(改良2-1)。油面を高くするため補助タンクを追加する(改良2-2)。改良2-1では加振波により性能がばらつくものの、圧縮反転時の欠けの改善がみられた。改良2-2では補助タンクの効果が見られず、補助タンクを外した性能は改良2-1と変わらなかった。

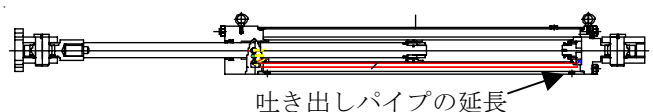


図4 ダンパーの改良

### 3.3 改良試験 3

ダンパー性能の不安定さの原因を解明するため以下の試験を行なった。

- 油量の違う装置 3 体を試験する
- タンク内の空気による悪影響をなくすため、外部にアキュームレータを装着する
- 減衰力を可変させずに最初から高減衰とする
- ダンパーのリリーフ荷重（降伏荷重）を 30→20kN に下げる

アキュームレータの試験では、横向きに装着したことで、油をうまく吐き出せず試験を中止した。最初から高減衰とする試験でも改良が見られないことから、原因は可変装置でないことを確認した。降伏荷重を下げ、油量により圧力を上げた装置で圧縮反転時の欠けの改善がみられた。ただし、最も圧縮された状態（第 3 象限）ではタンク内圧力が高圧になり想定より減衰力が上がる現象が現れている（図 5）。

### 4. 実大振動台実験

一部屋の上部架構を戸建て住宅の免震装置で支持する試験体の免震層に、改善履歴の得られた設定の違う 2 種類のダンパー（A,B）を組み込んで地震波による一方向加振を行い、実大の免震層に組み込んだ場合のダンパーの応答抑制性能を確認した（図 6）。加振波はその 2 の解析でダンパー効果の大きかった観測波のレベルを調整して用いた。また、高減衰化が上部架構に及ぼす影響を見るためアスペクト比が約 6 の本棚を床上に配置した。

実験の結果以下の知見が得られた。

- 試験ダンパー A, B 共に免震層が所定の速度に達すると減衰力が切り替わり、高い制動力を発揮する。特に柏崎波では、ダンパー無しの時の免震層予測変位は免震層の限界変位 350mm を超える大きく超える 577mm に対し、ダンパー A 装着時の変位は 124mm にとどまっている（図 7）。
- 減衰力が切り替わる前は本棚はほとんど応答していないが、降伏荷重  $P_y$  を 20kN と低めに設定したダンパー B でも減衰力が切り替わると本棚が動き出す現象がみられる。
- 神戸波ではダンパー圧縮反転時に荷重の立ち上がりが遅れ、応答履歴が欠ける現象が数回見られた。取り外して調査するとダンパー内にエアが発生していて圧縮方向に無抵抗の領域が数十ミリ存在する。
- 解析モデルは、ダンパー単体試験より設定したが、図 8 のようにダンパー圧縮反転時の欠けを除いては比較的合っていると見える。

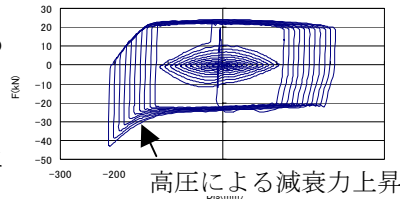


図 5 圧縮側の欠けが改善した SWEEP 加振結果



図 6 実大振動台実験外観

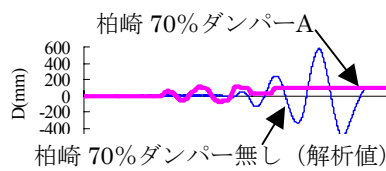


図 7 柏崎波ダンパー有無の免震層応答比較

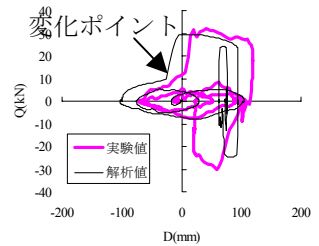


図 8 柏崎波ダンパー履歴

### 5. まとめ

単体のダンパー試験、振動台実験を通して以下の知見が得られた。

- 1) 想定どおり免震層が所定の速度に達するとダンパーの減衰力が切り替わり高い制動力を発揮する。長周期地震動等の想定外の地震動に対して免震層応答を限界変位以内に収めるために有効な装置であることが確認された。
- 2) ダンパーの繰り返し、振動数、および温度依存性はほとんどない。
- 3) 振動台実験により解析モデルの整合性が確認された。
- 4) ダンパーが高減衰に切り替わると上部架構の応答が上がり、アスペクト比の高い家具が転倒するおそれがある。ダンパーの設置と共に家具の転倒防止策を講じるとよい。
- 5) 加振波によってはダンパーが高減衰に変化した後、圧縮方向に高速反転する時にオイルの吸い込みが間に合わず、ダンパー内に空気が溜まるなど不具合が発生する場合がある。この不具合は免震応答の片振りを誘発するので改良する必要がある。

### 謝辞

本開発は国土交通省平成 22 年度住宅・建築関連先端技術開発助成事業に採択されたものである。共同開発者 鎮目武治氏、近藤信雄氏に感謝申し上げる。

### 参考文献

- 1) 飯場正紀、花井 勉、皆川隆之、飯田秀年：次世代型ダンパーを用いた長周期地震動対応戸建て免震システム その 1.性能可変ダンパーの必要性能とその設計、その 2.性能可変ダンパーの性能試験結果とモデル化による応答、日本建築学会大会学術講演梗概集、B2、pp.321-324、2010.9

\*1 えびす建築研究所  
\*2 えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)  
\*3 建築研究所 博士(工学)  
\*4 旭化成ホームズ 博士(工学)

\*1 Ebisu Building Laboratory Co.,  
\*2 President, Ebisu Building Laboratory Co.,Dr. Eng.  
\*3 Director, Building Research Institute, Dr. Eng.  
\*4 Asahi kasei Homes Co.,Dr. Eng.