

家具転倒防止ダンパの開発

哇 将 也

1 はじめに

近い将来、首都直下型地震や南海トラフ地震などの大地震が高確率で起こると言われている。そのため建物の耐震化は多く普及してきた。しかし家具の固定については、家具転倒の危険性は認知されているものの、「家具や壁に傷がつく」、「効果がないのでは」などの理由により、実際に対策している人は多くない。

東京消防庁の調査¹⁾によると、近年発生した大地震での負傷原因の30～50%は家具類の転倒、落下や移動によるものと報告されている。そのため家具類による負傷や二次的被害を防ぐには、転倒・移動防止対策が非常に大切である。

一般的な転倒防止器具にはL字金具、チェーン式、ベルト式など家具と壁を固定するタイプや、ポール式など天井と家具を突っ張るタイプがある。しかし、それらの転倒防止器具は震度6強以上の大きな地震ではあまり効果が無いことが分かっている。また家具と床や壁などを完全にアンカー固定した場合には設置や取り外しの施工に多額の費用が必要になる。

そこで、KYBではコア技術である制振技術を活かし、ダンパを用いた転倒防止器具の開発が社内プロジェクトから始まった。本報ではその家具転倒防止ダンパの開発品について紹介する。

2 製品仕様

2.1 製品概要

本製品は、写真1のように1台の家具に対して2本のダンパを取り付ける。家具奥側の両端の天板と天井の隙間に傾けて取り付け、家具の転倒を防止する器具である。通常はダンパ内部のバネによる反発力で本製品を固定（設置）している。地震が発生し家具が転倒しようとする時、ダンパの縮み方向で油圧による減衰力が働き、家具の転倒を防ぐことができる。



写真1 家具転倒防止ダンパ外観

2.2 家具転倒防止のしくみ

本製品は静止時と伸長時にはスプリングによる反発力のみ、圧縮時には反発力と油圧による減衰力が働く構造となっている。家具転倒防止のしくみを図1に示す。

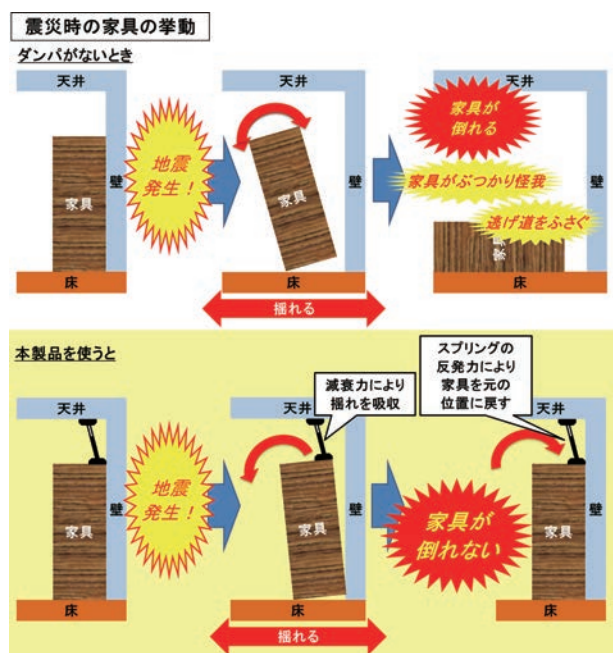


図1 家具転倒防止のしくみ

静止時は、60～140N程度の比較的小さめの反発力で家具を固定することができる（反発力は設置後のダンパを縮めている量によって変化する）。地震時に家具が転倒しようとする時、圧縮方向で減衰力が働き、家具の転倒を止めることができる。家具が元の位置に戻ろうとすると、反発力で瞬時に伸びるので、その手助けをする。

ダンパ軸部と台座の接合部は既存のポール式と異なり、回転可能なピン接合となっている。そのため家具の傾きに伴い台座が追従してずれない機構であり、安定した挙動に寄与している。

2.3 製品構成

製品構成を図2に示す。本製品は傾けて設置するため、台座シートには摩擦係数の高い材質を使用している。角度調整ブラケットにダンパを接触させて取り付けることで、適切な角度（垂直方向に対して約17°）での取り付けを容易にしている。

圧縮バンドは取り付けを補助するため、ダンパを縮めた状態に保持している。取り付け時に切断することで、反発力によりダンパが伸びて、自動的に天井と家具天板の隙間に設置することができる（設置後に圧縮バンドは取り外す）。



図2 製品構成

2.4 適用範囲

2.4.1 製品バリエーション

本製品の高さ方向の使用範囲を表1に示す。各使用範囲の設置高さは、家具天板と天井の隙間の垂直距離である（図3）。

2.4.2 家具と壁の隙間範囲

本製品は背面に壁がある家具にのみ対応する。対応できる家具と壁の隙間範囲は、ダンパの作動ストローク範囲を超えないようにするため、3cm未満としている（図4）。

表1 高さ方向の使用範囲

製品型式	設置高さ [cm]
PD16-43	43～50
PD16-50	50～60
PD16-60	60～74

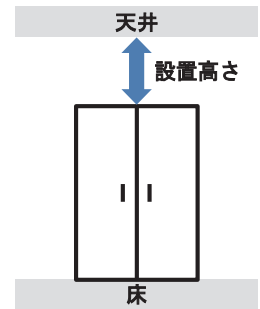


図3 使用範囲の設置高さ

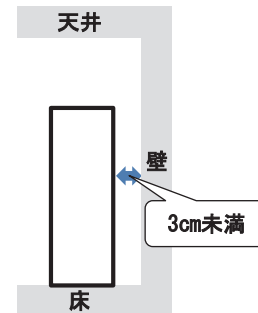


図4 家具と壁の隙間範囲

2.4.3 設置可能な天井

軽量鉄骨製または木製野縁と石膏ボードなどの面材で構成される天井に設置する。

使用できる天井は面材（石膏ボード等）が留められているビス・釘が確認でき（クロス張りで隠れている場合もある）、かつ台座位置を指で押して、目に見えて凹まない天井である。

使用できない天井は羽目板天井、システム天井（面材が枠に置いてあるだけの天井）、強度の弱い構造の天井、水平ではない天井である。

2.4.4 設置可能な家具

使用できる家具は十分な強度があり、家具天板が水平で、安定して設置されている家具である。

キャスター付きなどの不安定な家具には使用できない。

2.4.5 床について

フローリング、たたみ等、材質に制限はない。フローリングやタイル仕上げ等の滑りやすい床面には、横滑り防止のために同梱の滑り止めシートを家具底部の前側両端に設置することで、効果の低下を防ぐことができる（図5）。

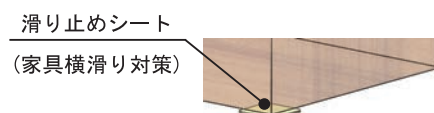


図5 滑り止めシート

2.5 ダンパ仕様

本製品のダンパは自動車にも用いられているステアダンパをベースに、ピストンロッドを上側（天井側）にして取り付け、圧縮側にのみ減衰力が発生する構造とした。ダンパの簡易的な内部構造を図6に示す。自動車用ステアダンパの反発力は一般的に内部の窒素ガスによって発生させるが、本製品では窒素ガスの代わりに金属バネを使用している。理由は長期使用によるガス圧（反発力）低下を防止するためである。

また自動車用ステアダンパと異なり、ストローク範囲は常にピストンが作動油内で摺動するよう、ピストンロッドに筒状のストッパを設定した。このストッパにより、ストローク範囲内はどの位置でも必ず減衰力が発生するようにした。

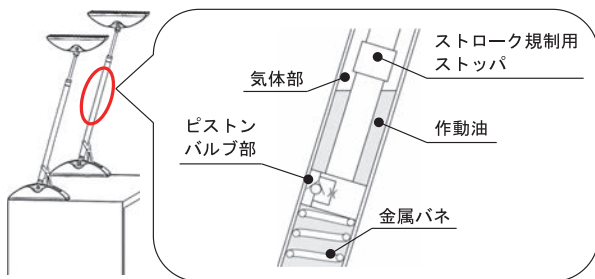


図6 ダンパ内部構造

設定したダンパの減衰力は3軸振動台実験を数種類の減衰力違いで実施し、3.1に記述する公的評価で最高ランクを取得できる見込みのある値に設定した。

3 性能評価

3.1 公的評価

3.1.1 公的評価基準

本製品の性能評価は第三者機関である一般財団法人（以下（一財））建材試験センターにより、「転倒防止器具性能試験・評価基準」²⁾に基づいて行われた。一般的に普及している家具（高さ180cm、幅90cm、奥行40cm、質量100kg以上）を使用し、兵庫県南部地震で観測された神戸海洋気象台波震度6強（以下JMA神戸波）で振動台を加振した際の家具の挙動を測定して評価される。

その評価は☆の数で表される。☆（1スター）、☆☆（2スター）、☆☆☆（3スター）と数が増えるほど評価が高くなる。最高ランクの☆☆☆に属するグループは、「対象とした試験体において、震度6強相当の地震動に対して、試験体の揺れを最小限に抑え、転倒を防止することが可能である」と分類される。

図7に性能評価のグループ分け基準のグラフを示す。☆☆☆の基準は家具頂部の実効加速度と最大変

位をプロットした場合、図中の赤色の直線、すなわち「実効加速度400gal、最大変位30mm」という基準点と「実効加速度800gal、最大変位0mm」の点を通る直線と、原点を結んだ三角形領域に入ることである。

また、目視による試験体の挙動がほぼ安定しており転倒防止器具の変形や、損傷・逸脱も見られない必要もある。

3.1.2 公的評価結果

試験では3回連続加振し、最も挙動が不安定な結果を評価対象とする。本評価試験では質量122kgの家具を使用した。

結果は図7に示す通り、最高ランクである☆☆☆の基準内であった。家具は僅かに揺れたが、加振後もほぼ元の位置のままであった。

現在（2018年1月時点）、（一財）建材試験センターに性能証明を申請中である。

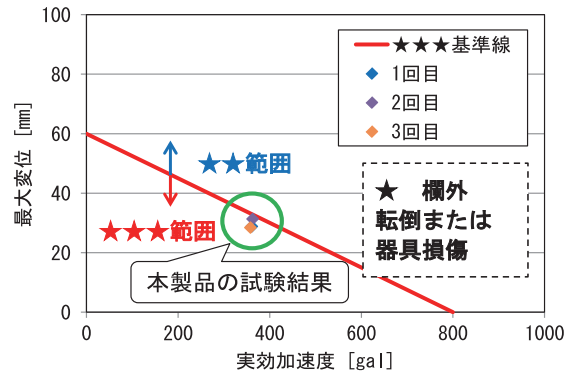


図7 性能評価のグループ分け基準と試験結果

3.2 各種振動台実験

3.2.1 様々な地震波での評価

過去に発生した地震波（表2）での転倒防止性能について確認した。3軸振動台実験の状態を写真2に示す。



写真2 3軸振動台実験状態

振動台に設置した部屋と家具は3.1 公的評価と同様とした。家具と床の間（前側両端2箇所）には横滑り防止として、滑り止めシートを設置している。

表2 地震波説明

地震波	震度	説明
JMA神戸波	6強	1995年 兵庫県南部地震において、神戸海洋気象台で観測された波形
JMA神戸波 NS方向1.3倍	7 相当	JMA神戸波をNS方向（家具前後方向とした）のみ1.3倍にした波形
K-NET仙台	6弱	2011年の東北地方太平洋沖地震において、仙台市K-NET ^{注1)} で観測された波形
KiK-net益城 前震	7	2016年の熊本地震において、益城町KiK-net ^{注2)} で観測された前震の波形
KiK-net益城 本震	7	2016年の熊本地震において、益城町KiK-net ^{注2)} で観測された本震の波形

注1) 国立研究開発法人防災科学研究所により運用されている全国強震観測網。

注2) 国立研究開発法人防災科学研究所により運用されている基盤強震観測網。

試験結果は表3に示す通り、震度7相当（JMA神戸波NS方向1.3倍）の地震波でも家具転倒には至らなかった。熊本地震KiK-net益城の前震と本震では前震の方が家具は揺れた。理由は前震の方が地震波の上下最大加速度が大きいためで、家具が浮きあがったところに前後左右の加速度が加わったからではないかと考えられる。

表3 地震波別実験結果

波形	結果
JMA神戸波	家具はほとんど揺れずに安定していた。
JMA神戸波 NS方向1.3倍	家具はほとんど揺れずに安定していた。
K-NET仙台	家具はほとんど揺れずに安定していた。
KiK-net益城 前震	家具はある程度揺れたが、転倒には至らなかった。
KiK-net益城 本震	家具は小さく揺れたが、安定していた。

3.2.2 模擬天井による評価

3.1 公的評価の天井仕様は試験条件に従い、十分な強度を有していた。ここでは一般木造住宅の天井とオフィスビルの天井を模擬して実験を行った。写真3に一般木造住宅、写真4にオフィスビルを模擬した天井を示す。加振する地震波はJMA神戸波とし、振動台に設置した部屋の天井以外と家具は3.1 公的評価と同様とした。



写真3 一般木造住宅模擬天井



写真4 オフィスビル模擬天井

結果は表4に示す通り、一般木造住宅とオフィスビルを模擬した天井ともに損傷は見られなかった。また天井がたわむことで、家具の揺れは大きくなったが、転倒には至らなかった。近年建築された建物は模擬した天井よりも強固であることが多いので、さらに家具の挙動は抑えられると考えられる。

表4 天井別実験結果

天井	結果
一般 木造住宅 模擬	家具はある程度揺れたが、転倒には至らなかった。また天井の損傷は見られなかった。
オフィス ビル模擬	家具はある程度揺れたが、転倒には至らなかった。また天井の損傷は見られなかった。

3.3 天井強度評価

地震時のダンパの発生減衰力と天井強度の関係について、確認を行った。写真5のように本製品の台座を模擬した試験ジグで鋼製下地の天井サンプルを圧縮し、静的破壊荷重を測定した。天井サンプルの圧縮位置は最も強度の不利な位置とした。また野縁間隔は一般社団法人（以下（一社））石膏ボード工業会「石膏ボードハンドブック」³⁾の鋼製下地例を参考にした。

静的破壊荷重の結果は約1300Nであった。3.1公的評価の試験条件の場合、ダンパの発生減衰力の測定値は最大約800Nであったので、天井は破損しないことが分かる。ただし、家具の重さや地震波により、ダンパの挙動は変化するので天井の破損、また石膏ボードの状態にも注意が必要である。



写真5 天井静的破壊荷重測定

4 設置状況

本開発品は2016年3月よりモニタ設置を開始した。取り付け数はKYB社内と社外合わせて209セット（418本）となった。各設置場所では数名の方に取り付けを実施して頂き、ほとんどの人が取扱説明書の通り取り付け可能であることを確認した。写真6にKYB熊谷工場に設置している写真を示す。



写真6 KYB熊谷工場モニタ設置状態

5 おわりに

KYBのコア技術である制振技術を活かし、震度7に対応した家具転倒防止ダンパを開発することができた。2017年10月よりKYB-YS株式会社から企業向けに販売を開始した。現在、KYB-YS株式会社にて受注活動、原価低減、性能、バリエーション向上に向けた活動を推進して頂いている。

最後に、本開発にあたりご指導、ご支援頂いた関係各位に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東京消防庁：家具類の転倒・落下・移動防止対策ハンドブック，（2015年度版）。
- 2) （一財）建材試験センター：転倒防止器具性能試験・評価基準，（2008年4月）。
- 3) （一社）石膏ボード工業会：石膏ボードハンドブック，（2016年版）。

著者



畦 将也

2009年入社。技術本部事業開発推進部（熊谷駐在）。新規事業の開発に従事。