

製品紹介

# パッシブ切替型オイルダンパ （都市型狭小土地向け免震ダンパ）

中原 学

## 1 はじめに

地震による被害から人と建物を守るため、多様な対策がとられている。“耐震構造”は、「建物の粘りや強さ」を補強し、建物に加わった地震力に耐える。“制振構造”は建物に加わった地震力を制振装置で弱めるもので、どちらも建物に加わった地震力にいかに対応するかの技術といえる。

これに対して“免震構造”は「建物に加わる力そのものから免れる（絶縁する）」ことで建物の揺れを大幅に低減する。免震構造は、地震による強く激しい揺れを、大きくゆっくりとした揺れに変える。建物本体が損傷しないだけでなく、建物内部の家具、設備機器の移動、転倒を防止する。実際の地震においても効果が確認されてきている。

**耐震・制振・免震**（用語解説「耐震・制振（震）・免震」p.44参照）。

地面との絶縁はアイソレータと呼ばれる装置を用いる。アイソレータには免震ゴム、滑り支承、転がり支承があり、この上に建物を建てることで地面の揺れが直接建物に伝わることを防ぐ。ただし、魔法の絨毯の様に完全に建物を宙に浮かせられるわけではないので、免震構造で地震による強く激しい揺れを大幅に低減しても、ゆっくりとした揺れは建物に伝わる。地震が収まってもアイソレータでは揺れを止めることができない。

カヤバシステムマシナリー(株)では、大きな地震の

際のこのような揺れを早く止めるためのダンパを製造している（写真1）。

## 2 狭小土地への適用の課題

免震構造は、建物が地震から免れるため、建物を地面に対して自由に動くようにしているが、地面に対して建物が移動することになる。従来の免震構造では建物の周囲に60cm以上の余裕（現状のアイソレータの可動限界、特にビル用免震ゴムの可動限界が約60cm）が必要であるが、都心部では高層建築物が密集して建っており、免震構造が必要とする土地の余裕がとり難い。

一般に、建物の移動量はダンパを増やし止める力（減衰力）を大きくすることで減少させられるが、建物の移動量と加速度には二律背反の関係があり（短い距離で速く止めると反動が大きい）、建物周囲の余裕を小さくしようとダンパ数量を増やすと、比較的頻度の高い中小地震に対して、揺れを建物に伝えないという免震の効果が損なわれてしまう。

## 3 製品の目的

本報で紹介するパッシブ切替型オイルダンパ（狭小土地向け免震ダンパ）は、大成建設(株)殿と共同開発した製品である。前記の二律背反を解消するべく、以下の目的で免震構造の改善を図った。

### 3.1 狭小土地向け免震構造の目的

- (1)30cm以内の建物周囲の余裕で最適な免震構造建物を提供する。（従来必要とする余裕の半分）
- (2)震度5までは、地震の揺れを建物に伝えない免震の機能を十分に発揮させる。
- (3)大地震では、狭い免震層の壁に建物が衝突する前に、大きな減衰力を発揮して揺れを抑える。

図1に、従来の免震構造と狭小土地向け免震構造の地震の大きさと効果の比較を示す。

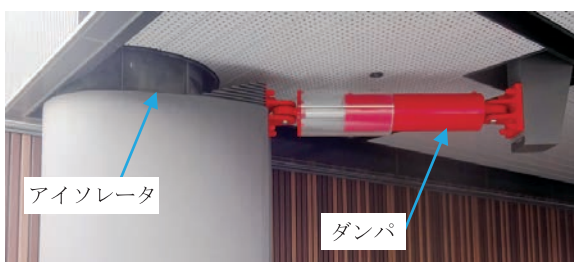


写真1 免震構造 事例（当社工場）

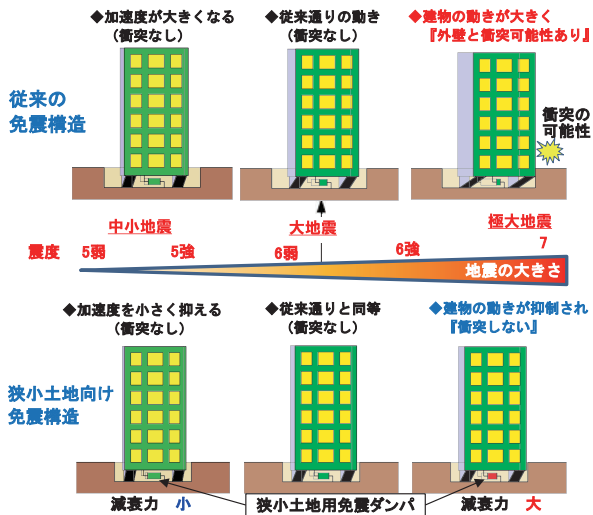


図1 通常の免震構造と狭小土地向け免震構造との地震の大きさと効果の比較

### 3.2 狭小土地向け免震ダンパの要件

(1)大地震時に建物を衝突させないため発揮される高い減衰力と、中小地震以下で有効な低い減衰力の2種の設定を一つのダンパで持つ。

(2)設定した変位（ダンパストローク）で上記高減衰と低減衰の切り替えを電気信号を利用せず、全てをメカニカルに行う。

このダンパにより、頻度の高い中小の地震では免震効果を最大限に引出すことができ、かつ、まれに起こる大地震では建物周囲の余裕の無い場所でも衝突による建物の破損しないようにすることができる。

## 4 開発ダンパの構成

図2に今回の開発ダンパの基本となる油圧回路構成を示す。二種類の減衰力を切替えることができる。（本回路は本報用に簡略化しているが、公開特許公報 特開2014-159850で公開済み）

①で示す二点鎖線で囲まれた部分は、標準的な当社の免震用ダンパBDS型オイルダンパ（Building Damper hi-Speed type）と共通のダンパであり、この部分だけで減衰力を発揮している状態を“高減衰モード”と呼称する。

②で示す二点鎖線で囲まれた部分が、本ダンパ専用に装備したバルブブロックである。このバルブブロックは③、④の配管で①ダンパと接続されている。

②のバルブブロック内を油が流れると、①のダンパに装備する減衰力発生用バルブに流れる油の量が少なくなり、同じ速さでダンパが動作しても減衰力が小さくなる。この状態を“低減衰モード”と呼称する。

“高減衰モード”と“低減衰モード”とを切替えているバルブが、⑤シャットオフバルブ（機械操作式）

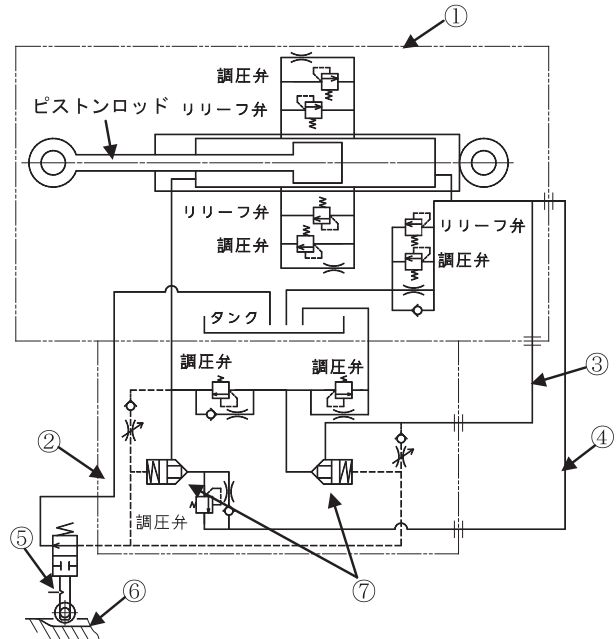


図2 油圧回路図

である。これはバルブ筐体の外に飛び出している棒（プランジャ）を押すことで、油の流れを切替える。本ダンパでは通常は開いており油を流すが、プランジャを押すと油の流れを遮るように設定されている。この⑤シャットオフバルブに組合せて⑥検出ロッドが取り付けられている。

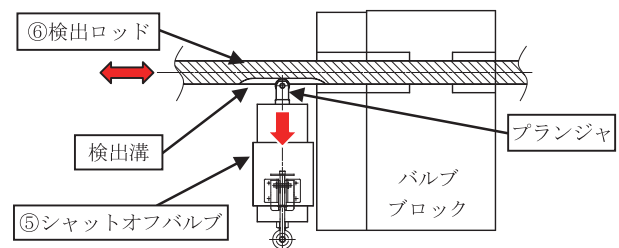


図3 ⑤シャットオフバルブと⑥検出ロッド

図3に⑤シャットオフバルブと⑥検出ロッドの取付状態を示す。検出ロッドには途中で切り欠き（検出溝）が設けられており、通常状態では検出溝にプランジャ先端が位置し、プランジャは押されておらず、“低減衰モード”となっている。⑥検出ロッドはダンパのピストンロッドに取付けられ、ピストンロッドと同じ動きをする。ピストンロッドが検出溝の長さよりも大きく動く（大きな地震）と⑥検出ロッドの溝のない部分がプランジャの位置に移動する。この時、プランジャは⑥検出ロッド外周面に押され、⑤シャットオフバルブは切替わり、油の流れを遮る。

⑤シャットオフバルブにはデテント機構が装備されており、切替った状態を維持する。

⑤シャットオフバルブで遮るのは、⑦ロジックバルブ後部の流路である。この流路はタンク室に繋がっており、通常は抵抗なく油が流れる。この状態では⑦ロジックバルブは自由に動き、③④配管から流れてきた油を②バルブブロック内のバルブに流す。

⑤シャットオフバルブは⑦ロジックバルブ後部油路を閉じるので⑦ロジックバルブは動くことができなくなり、③④配管から流れてくる油を堰き止めて②バルブブロック内のバルブへの流れを止める。

その結果、①の内蔵バルブのみで力を発生させることになり、“低減衰モード”から“高減衰モード”へ切替る。

以下にまとめると、

- (1)低減衰モードのダンパのピストンロッドが大きな地震によって、検出溝の設定された長さ以上に動く。
- (2)ピストンロッドに取り付けられた検出ロッドがシャットオフバルブのプランジヤを押す。
- (3)シャットオフバルブが切替り、油の流れを止めることでロジックバルブの動きを止める。
- (4)ロジックバルブが動けないことで、低減衰モードで流れていたバルブブロックのバルブへの油の流れが止まる。
- (5)バルブブロックのバルブへ油が流れられないため、ダンパ内部のバルブだけで油の流れを処理し、高い減衰力を発揮する。

写真2にダンパの外観を示す。ダンパ外部にバルブブロック、配管、検出ロッドを確認することができる。



写真2 狭小土地免震向けダンパの外観

## 5 減衰能力の比較

減衰力切替機能を持った本開発ダンパと、当社製の標準的なダンパとの効き方の違いを比較する。

図4が標準的なダンパの効き方である。本図は解析により描いたものを部分的に取り出したグラフで、徐々に移動量（変位、ダンパストローク）を増やしたものである。変位が大きくなると速度も大きくなるため、減衰力が大きくなることから渦巻の様な解析結果になる。

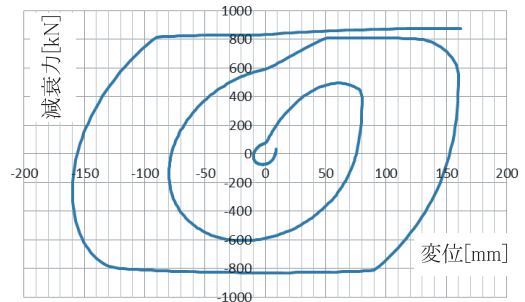


図4 標準型ダンパの変位-減衰力線図

図5に開発ダンパと標準型ダンパを比較したグラフを示す。

図4と同じ条件で描かせたグラフであるが、図4に対し、加振開始直後に減衰力の低い部分がある。これが、“低減衰モード”の領域である。本グラフでは“高減衰モード”への切替えポイントを50mmとしているので、赤丸で示した点で急に減衰力が大きくなっていることがわかる。

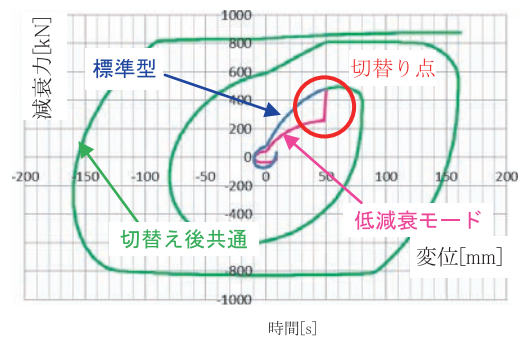


図5 狭小土地免震向けダンパと標準型ダンパの比較用 変位-減衰力線図（重ね書き）

図5の結果の横軸を時間に置換えたものを図6に示す。グラフ中には変位と減衰力を示しており、変位の変化は一定（つまり、速度は一定）であるのに、途中で減衰力が大きく増えていることが分かる。

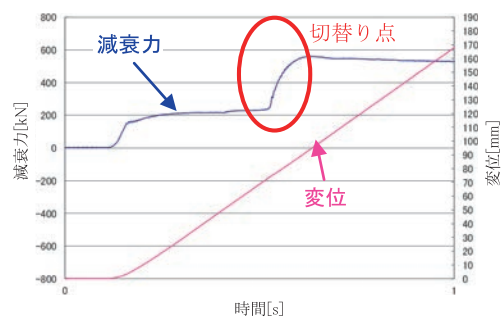


図6 減衰力、変位の線図



## 6 実施建物

開発ダンパを適用した建物がいくつかあるが、その一例を紹介する。

### 6.1 大成建設(株)殿技術センターZEB実証棟(写真3)

この建物は、共同開発者である大成建設(株)殿の“ゼロ・エネルギー・ビル”(ZEB)実証実験設備であるが、大成建設株式会社殿はこの建物で第16回日本免震構造協会賞技術賞を受賞されている。



写真3 大成建設(株)殿技術センターZEB実証棟 外観

### 6.2 ヒューリック新宿ビル(写真4)

「まちなか免震」として、都心部の貴重な土地を有効に利用できる免震構造となっている。

写真中央のビルであるが、近隣のビルが近いことが分かる。

環境配慮として、自然換気システムを導入し中期には自然換気のみによる空調を実現している他、自然採光システム(特殊形状の固定ルーバー)によって、動力を使うことなく、変化する季節・時間(太陽の位置・高度)において常に太陽光を室内天井面に取り込んでいる。

この建物は、日本政策投資銀行殿(DBJ)より「GreenBuilding認証制度」の最高ランクである「5つ星」の認証を授与された。



写真4 ヒューリック新宿ビル 外観

## 7 終わりに

本製品の開発にあたって協力いただいた社内各部門、関連協力業者の皆様、大成建設(株)技術研究所のご担当の皆様には、深く感謝申し上げます。

開発ダンパは、昨年末にとして免震用部材としての国土交通大臣認定(認定番号MVBR-0498)を取得した。ビルの密集地への免震建物の適用を検討されている皆様は、ぜひ当社へご連絡いただけますようお願いいたします。

終わりに、快く写真の掲示を許可いただいた各所の皆様には感謝いたします。

## 著者



中原 学

1991年入社。カヤバシステムマシナリー(株)技術部。オイルダンパ開発業務に従事。