

## 製品紹介

## ロック機構付き免震用オイルダンパシステムの開発

伊藤 禎 浩 ・ 鈴木 太輝雄

## 1 はじめに

巨大地震を経験すると、そのデータを基に安全対策が強化され、地震対策もより進歩する。1995年の兵庫県南部地震をきっかけに免震構造を備えた建物の普及が急速に進み、記憶に新しい2011年の東北地方太平洋沖地震、今後予想される巨大地震への対応などで、現在「免震」という言葉は広く世間に認知されている。

免震構造は一般的に地面と建物の間に免震層を設け、アイソレータ（免震ゴム等）で建物へ伝わる振動を低減し、減衰装置で振動を減衰する。減衰装置としては、鋼材ダンパ<sup>注1)</sup>や鉛ダンパ<sup>注2)</sup>等も存在するが、東北地方太平洋沖地震を経て、大地震後も継続して使用可能な耐久性の観点で、オイルダンパが有力とされている。本報では強風時に風揺れを低減させるロック機構付きオイルダンパ（最大減衰力1,000kN）を例に紹介する。

注1) 鋼材の塑性変形によるエネルギー吸収を利用した履歴型ダンパ

注2) 鉛材の塑性変形によるエネルギー吸収を利用した履歴型ダンパ

## 2 ロック機構付きオイルダンパ

通常免震構造は、台風などによる強風に対して、風揺れにより居住性を損なう可能性もある。

ロック機構付きオイルダンパ（写真1）を用いた免震構造は、写真2のように取り付けられ、通常時（ロックOFF）には免震用オイルダンパとして機能し、強風時にはダンパの伸縮をロック（ロックON）することができる。この機能により、通常免震構造と比較して、強風時における建物の居住性を向上することができる（図1, 2）。

風揺れ対策としてダンパをロックする考え方は、戸建住宅用としてKYB技報第23号でも紹介しているが、本報で紹介するロック機構付きオイルダンパ

は、高層ビル等の大型建築物向けに対応している。



写真1 ロック機構付きオイルダンパ



写真2 ロック機構付きオイルダンパ取り付け例

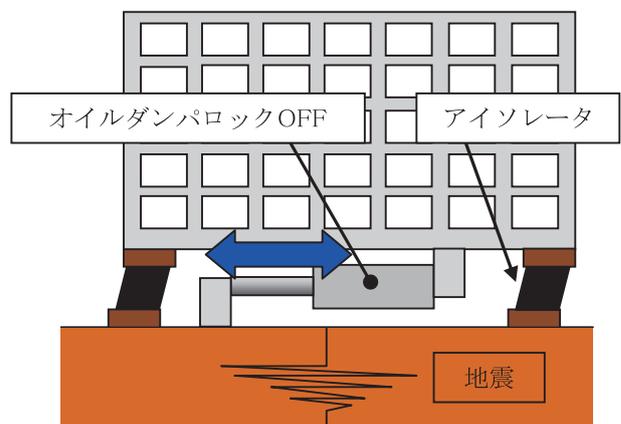


図1 地震時はダンパが伸縮し揺れを減衰

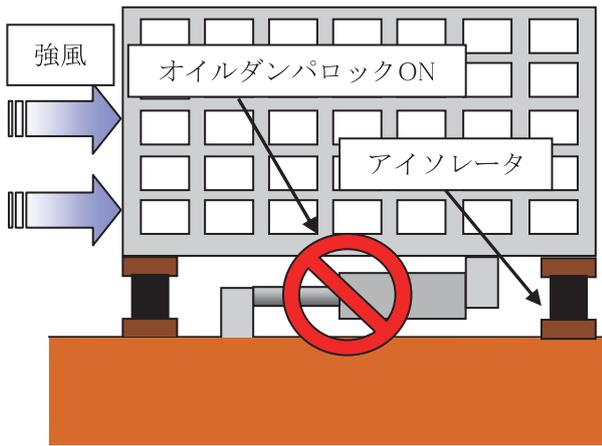


図2 強風時はダンパをロックし風揺れを低減

### 3 システム開発背景

2012年に日本免震構造協会より「免震建築物の耐風設計指針」が刊行され、建物の耐風性能が明確にランク付けされて記載された。耐風性能について高い評価を獲得できれば建物の付加価値も高まるため、ロック機構付きオイルダンパの需要が高まっている。

このような背景もあり、従来のロック制御システムについて、施工性・コスト・機能を見直し、ラインアップの基本として開発した新標準の制御システムを紹介する。

なお、ロック機構付きオイルダンパ本体の開発背景については、KYB技報第29号（2004年10月）にて詳述しているのでそちらを参照されたい。

### 4 ロック機構付きオイルダンパの構造と作動

#### 4.1 ロックOFF時の構造と作動

ロック機構付きオイルダンパは、図3に示すように減衰特性を得るための調圧弁、ロック機構を制御するロック弁と電磁弁、ロック時の過大な荷重に対し破損を防止する安全弁が、バルブブロックにまとめて内蔵されている。

ロック機構付きオイルダンパは、ロックがOFFの状態において免震用オイルダンパとして機能する。ダンパの伸縮共に作動油が共通の調圧弁を通過するユニフロー型のため、伸縮時は図4、図5に示すように作動する。減衰特性はリリーフ弁等を設けず、調圧弁のみで減衰力を制御し、速度に比例して減衰力が上昇するリニア型を採用している。

図3に示すように「インナーチューブ内径断面積（A室：2）」と「インナーチューブ内径断面積からロッドの断面積を引いた値（B室：1）」の比を2：1としている。この構造により、伸縮共に調圧弁へ

流れる作動油の流量と圧力を等しくしている。作動油の流量はオイルダンパの速度に、圧力は減衰力に変換されるため、伸縮時における作動油の流量と圧力を等しくすると伸縮時のオイルダンパの減衰特性を等しくすることができる。

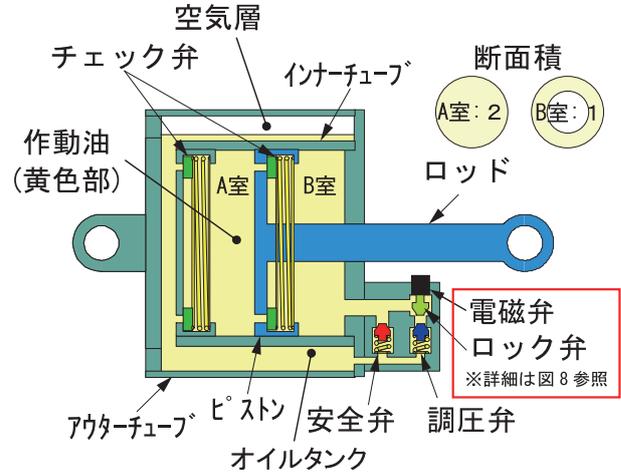


図3 ダンパ構造

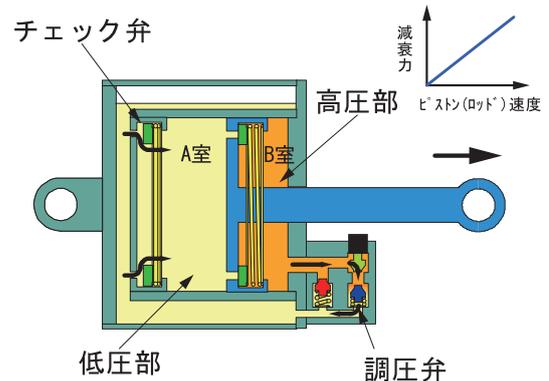


図4 ダンパの作動（伸び方向）

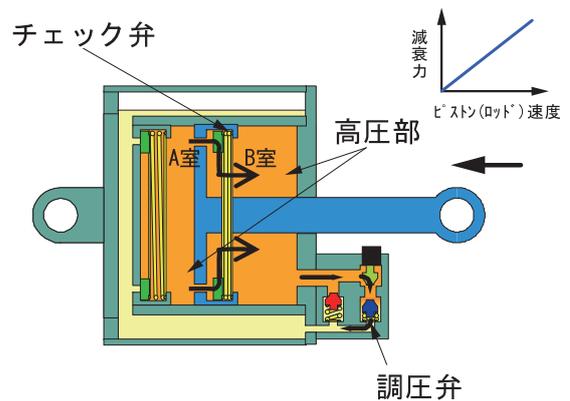


図5 ダンパの作動（縮み方向）

#### 4.2 ロックON時の構造と作動

ロックがONになると図6に示すようにロック弁が閉じ、調圧弁への通路を遮断する。前述の通り、ロック機構付きオイルダンパはユニフロー型のため、調圧弁への通路を遮断されると、伸縮できずロック

された状態となる。

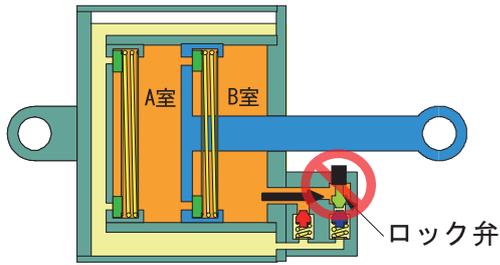


図6 ロック時ダンパの作動

#### 4.3 安全弁

ロック機構付きオイルダンパの最大減衰力は1,000kNであり、ロックONの状態地震等により荷重がこれを超える1,100~1,200kNに到達すると、図7に示すように安全弁が作動し、過大な負荷でダンパが破損することを防ぐ。

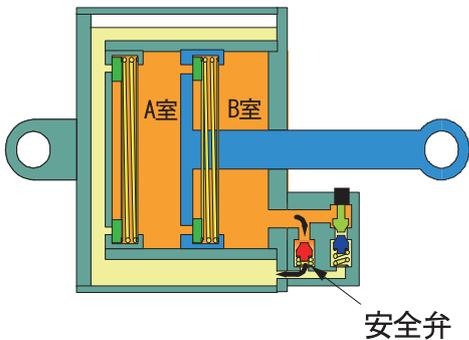


図7 安全弁の作動

#### 4.4 ロック弁と電磁弁

ロック弁と電磁弁（ソレノイドバルブ）は、バルブブロック内部で図8に示すような構造となっている。

ロックOFFでは電磁弁が開いており、オイルタンクへの通路が開いている状態となる。そのため、ダンパの伸縮による内圧は、ロック弁を開く力として断面①にかかり、閉じる力として断面②にかかるが断面①の面積が大きいため、ロック弁を開く力が勝り、調圧弁への通路も開いた状態となる。

ロックONでは、電磁弁が閉じており、ダンパの伸縮による内圧は断面①・②・③にかかるがこの状態では、ロック弁を閉じる力は断面②・③にかかるため、ロック弁を閉じる力が勝り、調圧弁への通路が閉じた状態となる。

#### 4.5 電磁弁とコネクタ

電磁弁の開閉は電気信号で制御される。電磁弁が内蔵されたバルブブロックは写真3に示すようにダンパのロッド側に4個設けられている。

また、写真4に示すコネクタが各電磁弁についており、ここから制御システムに接続する。

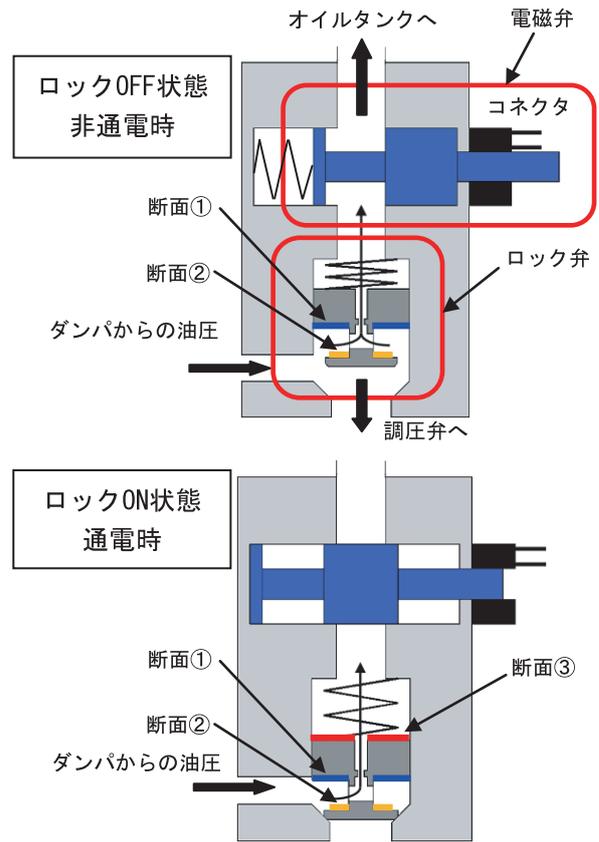


図8 ロック機構

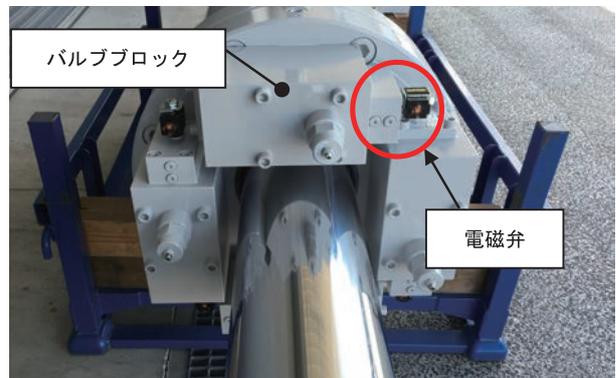


写真3 バルブブロック



写真4 バルブブロックコネクタ

## 5 制御方式

制御方式は、風情報と地震情報を共に使用する標準制御方式と、建物の使用条件と費用を考慮した上で風情報又は地震情報のどちらか一方で制御する簡易方式（2種）を準備している。

以下に標準制御方式について説明をする。

### 5.1 標準制御方式のシステム構成

図9に標準制御方式のシステム構成を示す。地震を検知するための加速度計（写真5）、強風を検知するための風速計（写真6）、各検知器からの情報を元に電磁弁への電気信号を制御する制御盤（写真7）、ロック機構付きオイルダンパ1本当たり4個の電磁弁があるため、制御盤からの1本のケーブルを4本に分岐するための中継ボックス（写真8）で構成されている。各検知器はフェールセーフを考慮し、2台以上を推奨している。

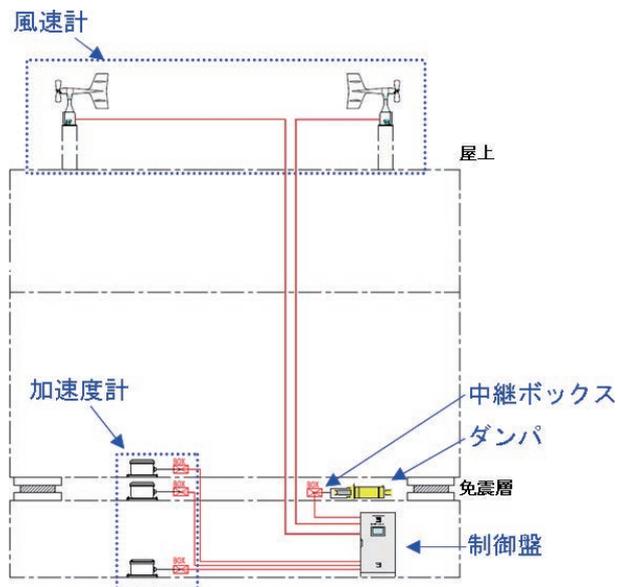


図9 システム構成



写真5 加速度計 外観



写真6 風速計 外観



写真7 制御盤 外観



写真8 中継ボックス 外観

また、地震時のロック機構付きオイルダンパの免震効果を検証したいというお客様のご要望に応じるため、免震層上部にも加速度計を設置し、地震時の加速度データを記録している。

## 5.2 システムの制御

図10に標準制御方式のフローチャートを示す。オイルダンパのロックOFF状態を初期状態とし、自動モードと手動モードで使用できるが、通常は自動モードを使用する。自動モードは、風速信号が設定値を超えると自動的にロック機構付きオイルダンパをロックする。ロック中に加速度信号が設定値を超えるか又は一定時間経過するとロックをOFFし、免震ダンパ状態へ戻る。

手動モードは、制御盤面上のタッチパネルスイッチ操作（写真9）によりロック及びロックOFFを選択する。ただし、自動的にロックをOFFする条件は、自動モードと同様である。

各検知器の設定値及び各タイマ設定値は、同タッチパネルにて運用開始後も容易に変更可能としている（写真10）。

電気制御で問題となる停電時は、ノーマルオープンの電磁弁を採用しており電磁弁に電気が流れないため、ロック機構付きオイルダンパはロックがOFFとなり、免震用オイルダンパとして機能することで建物の安全を担保している。

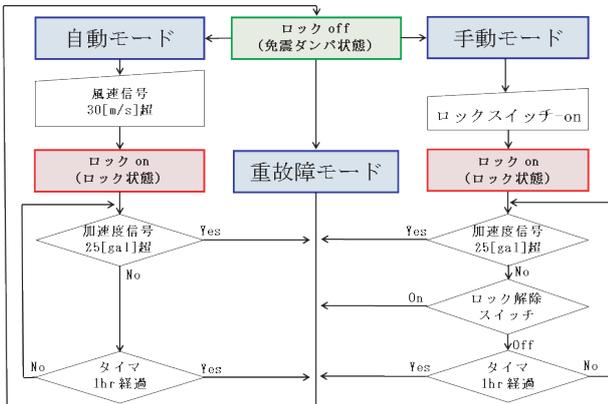


図10 標準制御方式フローチャート



写真9 制御画面

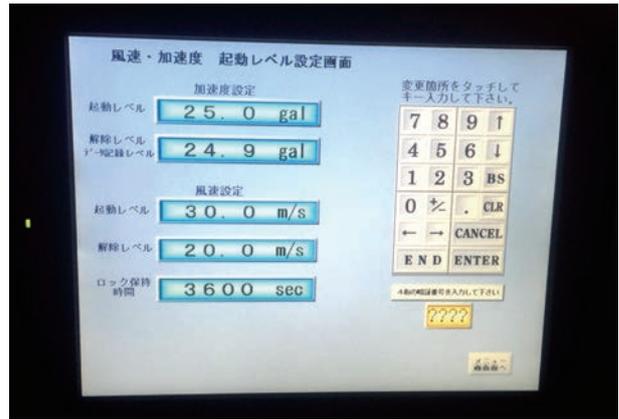


写真10 風速・加速度起動レベル設定画面

## 6 導入事例

本システムを導入した建物はいくつかあるが、その一例を紹介する。

### 6.1 六本木グランドタワー

地下2階、地上43階の建物に、風速計2台、加速度計8台（制御・記録兼用：2台、記録専用：6台）、ロック機構付きオイルダンパ4台の標準制御方式を導入した事例である（写真11）。



写真11 六本木グランドタワー 外観

### 6.2 鉄鋼ビルディング

地下3階、地上26階の建物に、風速計3台、加速度計7台（制御・記録兼用：2台、記録専用：5台）、ロック機構付きオイルダンパ32台の標準制御方式を導入した事例である（写真12）。

本事例は、お客様が導入された地震・風観測装置より出力された信号を制御盤に取り込み、ロック機構付きオイルダンパのロック及びロックOFFを制御している。



写真12 鉄鋼ビルディング 外観

## 7 おわりに

ロック機構付き免震用オイルダンパシステムを開発し、3種類の制御方式を準備したことで、本システムの導入増加、免震建物の居住性向上に役立つ事が期待される。

今後、IoT<sup>注3)</sup>技術等を活用することで、オイルダンパシステムの状態を逸早く把握する技術を高めることができると考えられる。

最後に、本システムの開発にあたってご協力いただいた関係者の皆様及び快く写真の掲示を許可いただいた各所の皆様には、深く感謝申し上げます。

注3) Internet of Thingsの略。モノをインターネットに接続して計測データ等の通信をすること。

## 著者



伊藤 禎浩

2008年入社。カヤバシステムマシナリー(株)三重工場 技術部。制御設計・開発に従事。



鈴木 太輝雄

2009年入社。カヤバシステムマシナリー(株)三重工場 品質保証部。