

# 免震建物用エレベーター

Elevator for Seismic Isolated Building

## 要旨

近年、地震後の建物機能保持、事業継続に対する要求の高まりに伴い、免震装置で地震時の建物揺れを軽減する免震建物の需要が増加している。免震建物の中でも、建物の中間階に免震装置を設置する中間階免震方式を採用する場合、地震時は基礎側と免震側の境界が存在する免震層部分で建物が分割される。

そのため、特殊な機器対策を施した免震建物用エレベーター(以下“免震エレベーター”という。)を市場投入しているが、世の中の変化に伴い免震エレベーターに対する要望も年々変化しており、新たな製品開発が求められている。

今回の開発では、従来の当社製品と比較して次の3点を新たに提供し、製品の競争力を強化するとともに、基本仕

様を標準化することで、市場ニーズに幅広く対応した。

(1) 仕様の拡充

最大積載量2,500kg, 最大定格速度300m/minまで適用範囲を拡大した。

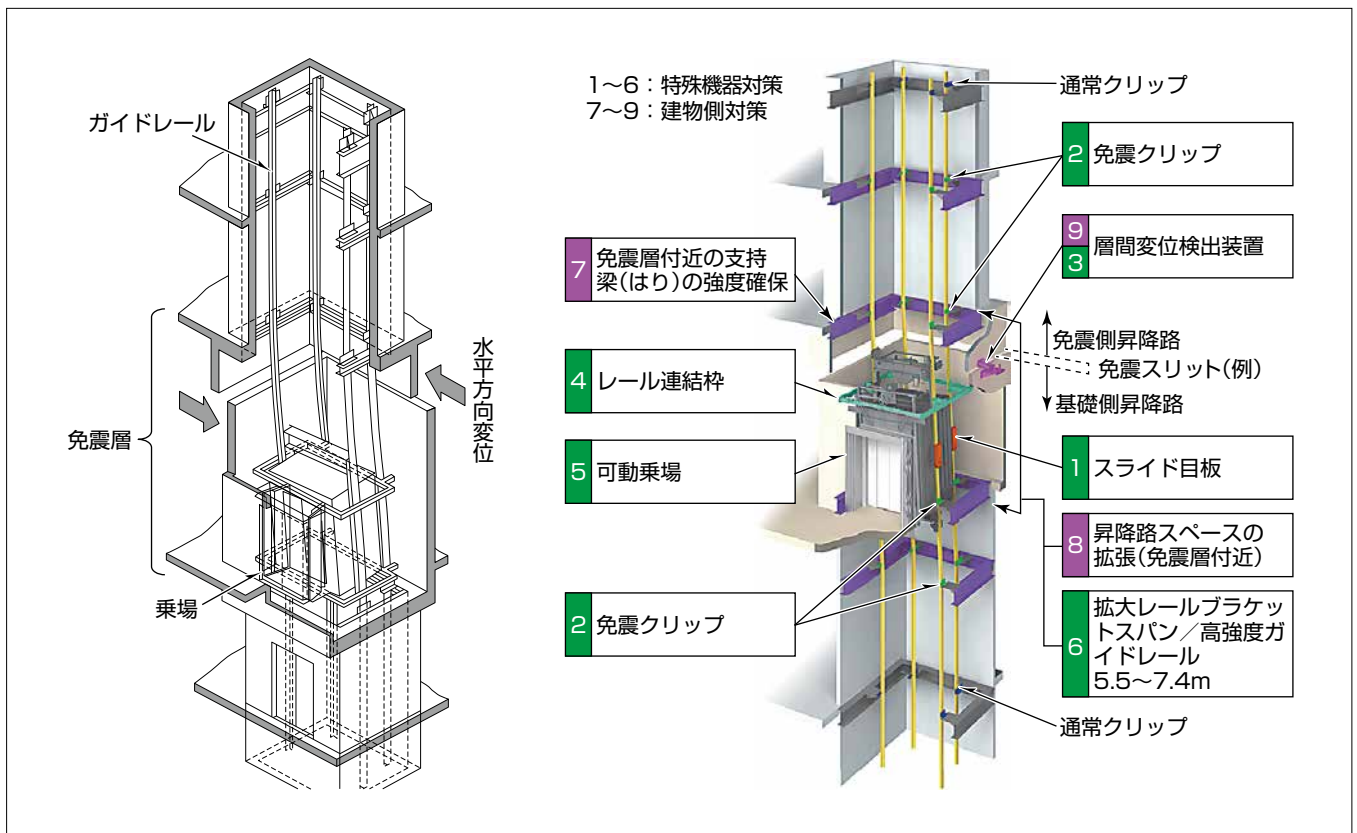
(2) 省スペース

免震対策機器を小型化し、建築レイアウト性を高めた。

(3) 据付け工期の短縮

部品点数削減や機器の設置位置を工夫することで、据付け作業を効率化し、工期を短縮した。

これらの市場ニーズをとらえつつ、機械システムの構造簡素化による部品点数の削減、及び部品共通化による生産性向上を図った。



## 免震エレベーターの構造

地震時に免震層で生じる水平方向変位への対策として、通常のエレベーターに加えて様々な特殊機器対策を施している。これらの機器対策によって、地震時の建物変位への追従や機器の強度を確保している。

## 1. ま え が き

近年、地震後の建物機能保持、事業継続に対する要求の高まりに伴い、免震装置によって地震時の建物揺れを軽減する免震建物の需要が増加している<sup>(1)</sup>。免震建物の中でも、建物の中間階に免震装置を設置する中間階免震方式を採用する場合、地震時は基礎側と免震側の境界が存在する免震層部分で建物が分割される。

そのため、免震建物に通常のエレベーターを設置すると、かごや釣合いおもりを案内するガイドレールの変形や機器同士の干渉が発生する。これを避けるため、免震層での建物の水平方向変位(以下“層間変位”という。)に追従可能なエレベーターの適用が必要になる。

そこで、三菱電機では通常のエレベーターに加えて様々な特殊機器対策を施した免震エレベーターを開発し、2002年から市場投入してきた。しかし、世の中の変化に伴って免震エレベーターに対する要望も年々変化しており、それに応える新たな製品開発が求められている。

本稿では、新たに開発した免震エレベーターの市場投入に向けた取組み、及び適用技術について述べる。

## 2. 免震エレベーターに対するニーズの変化

ビルの高層化が進む中で、免震エレベーターの高層建物への適用が増加している。そのため、エレベーターの輸送効率が増加するよう、高速化や大容量化といった仕様拡充が求められている。

また、建物側からの省スペース化の要求が増加し、対策機器の設置に必要な昇降路寸法の確保が困難になってきている。そこで、機械システムの構造簡素化や対策機器の小型化によって、昇降路寸法の拡大を抑制し、建築レイアウト性を高める必要がある。

さらには、建築工事全体(着工から竣工(しゅんこう)まで)の期間短縮が進む中、エレベーターの据付けをより一層効率化する必要がある。

上記市場ニーズをとらえつつ、対策機器の部品点数の削減による機械システムの構造簡素化、及び部品共通化による生産性向上など機器コストの低減を図った。

## 3. 免震エレベーターへの適用技術

開発した免震エレベーターの構造を図1に示す。免震層付近で機器側と建物側それぞれに様々な対策を行うことで、層間変位への追従や機器の強度を確保している。

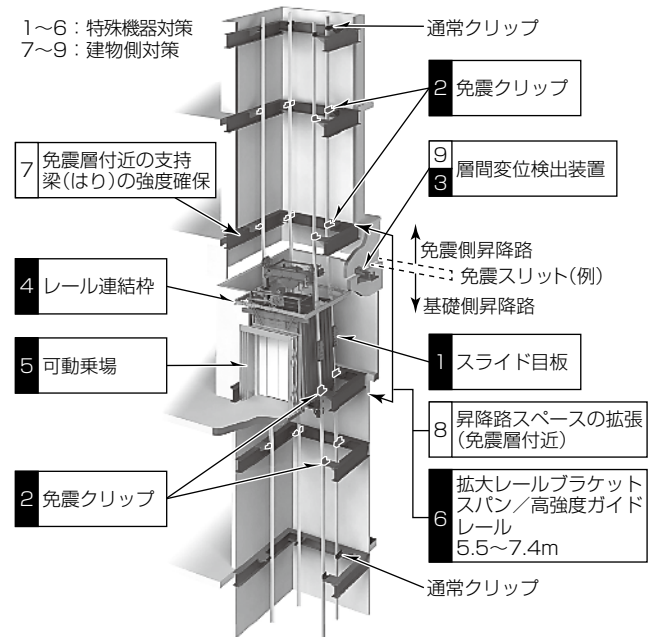


図1. 免震エレベーターの構造

### 3.1 機械システムの構造簡素化

免震エレベーターでは、層間変位発生時に免震層付近のガイドレールに発生する曲げ応力を抑制するため、免震層をまたぐガイドレールの固定間隔を一般階に比べて拡大し、層間変位に伴うガイドレールの傾斜量を低減している。しかし、非常止め作動時の荷重をガイドレールの圧縮荷重として支持する場合、この固定間隔の拡大には、ガイドレール細長比の制限<sup>(2)</sup>を考慮する必要がある。

従来の当社製品では、免震層上方のある部分からガイドレールをつり下げ、さらには、つり下げられたガイドレールは鉛直方向に動きを拘束しない特殊なレールクリップ(以下“免震クリップ”という。)で固定している(図2(a))。この方式では、非常止め作動時の荷重を引張荷重として、ガイドレールつり下げ部で支持するため、前述の細長比制限を考慮する必要がなく、ガイドレール固定間隔を6.5~9.0mまで拡大していた。一方で、ガイドレールつり下げ部の施工、そのつり下げ部から下方の全てのガイドレール固定部に免震クリップを適用するなど、対策機器の適用数が増加する。

そこで、免震層をまたぐガイドレールの固定間隔の拡大を細長比制限の範囲内とし、非常止め作動時の荷重を圧縮荷重として支持する新たな免震エレベーター機械システムを開発した(図2(b))。この方式では、ガイドレールの細長比制限によって、免震層のガイドレール固定間隔は5.5~7.4mと従来品に比べて短縮されるが、ガイドレールつり下げ部の廃止、免震クリップの適用数削減が可能になる。

しかしながら、圧縮荷重支持方式にすることで、層間変

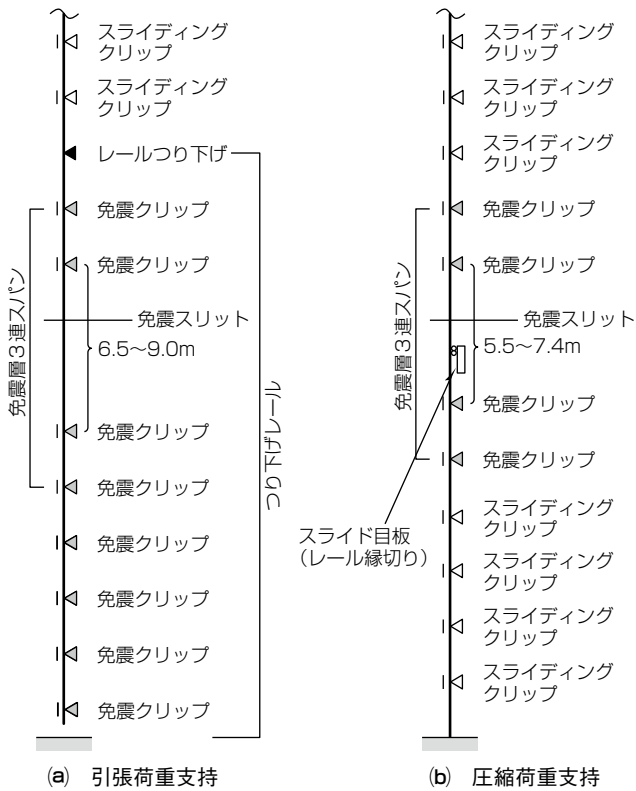


図2. 免震エレベーターの機械システム

位による免震層付近のガイドレール変形に対応する新たな技術の確立が必要になった。層間変位発生時、ガイドレールはS字に湾曲するが、このときガイドレールの長さは不変のため、層間変位発生によってガイドレールは鉛直方向に引き上げられるように変位する。

そこで、新しい機械システムでは、免震層をまたぐガイドレールを縁切りし、その縁切り部のガイドレールに“スライド目板”という鉛直方向の変位を吸収する機器を開発した。スライド目板は、図3に示すように縁切り部の上方を可動側レール、縁切り部の下方側を固定側レールとし、その間にローラを介して固定することで、可動側レールが上方に引き上げられる際、そして地震後に元に戻る際の変位を可能にしている。

これまで述べたように、ガイドレールの荷重支持方式を変更することで、対策機器の適用数を削減し、機械システム構造の簡素化を実現した。

### 3.2 対策機器の改良開発

免震エレベーターの対策機器に求められる仕様を明確化し、可能な限り通常のエレベーターで使用される部品を適用することで、部品共通化による生産性向上を実現した。次に、その代表事例について述べる。

#### 3.2.1 免震クリップ

免震クリップは、ガイドレール荷重支持方式の変更に

よって、機能としてはレールクリップ固定部での上下の摺動(しゅうどう)は不要になり、単純なレール固定支持だけが求められる。そこで、通常のエレベーターで使用するレールクリップを基に機器を構成し、部品共通化を図った。

ただし、免震層のガイドレール固定部には、層間変位によって建築梁から受ける強制変位荷重やかごと釣合いおもりから受ける地震時荷重が作用するため、通常のレールクリップだけでは強度不足になってしまう。そこで、補強部材としてレールラッチをレールクリップ上面に配し、さらには強度区分の高いボルトで締結することで、作用荷重への耐力を確保した(図4)。

#### 3.2.2 層間変位検出装置

免震エレベーターでは、層間変位量に応じてエレベーターの走行速度を管理する特殊な管制運転を行う必要がある。その際、層間変位量を検知する機器として、層間変位検出装置を適用している。

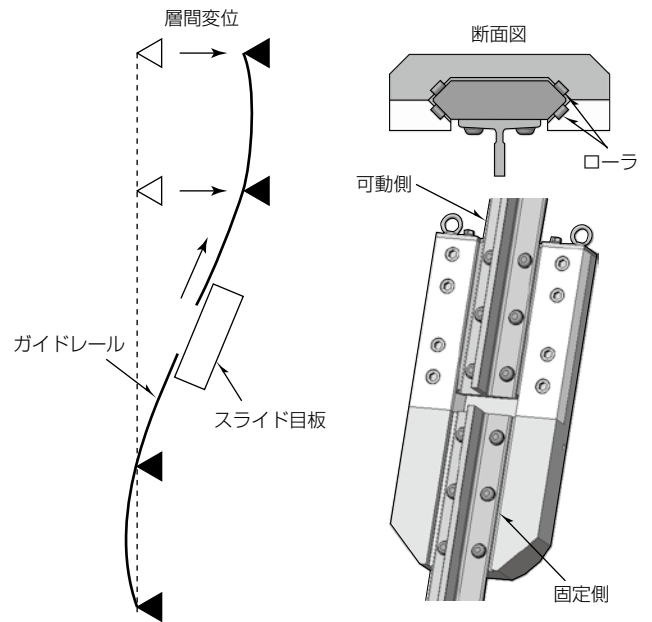


図3. スライド目板

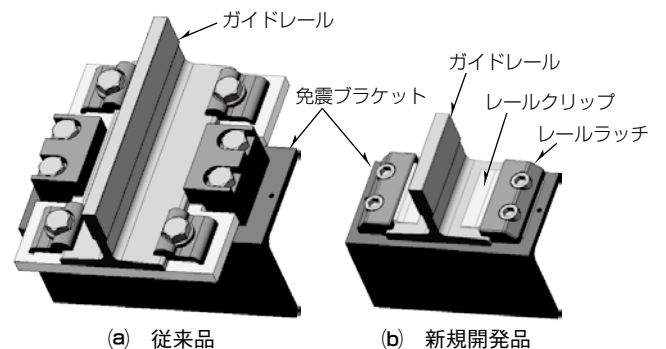


図4. 免震クリップ

免震層を挟むように検出体上にリミットスイッチを設置し、このときスイッチ先端が押し込まれた状態を通常時とする。そして層間変位が発生すると、検出体からスイッチが外れ、先端の押し込みが解消されることで、層間変位の発生を検知し、エレベーターが管制運転へ移行するという仕組みである(図5)。

機器の特長として、一つの装置で2種類の異なる変位量の検知を可能にし、部品点数を削減した。さらには、地震後の自動復帰を可能にするため、検出体の形状を円錐(えんすい)形にし、層間変位が元に戻るのに合わせてスイッチが検出体を乗り上げ、自動復帰する構造にした(図6)。

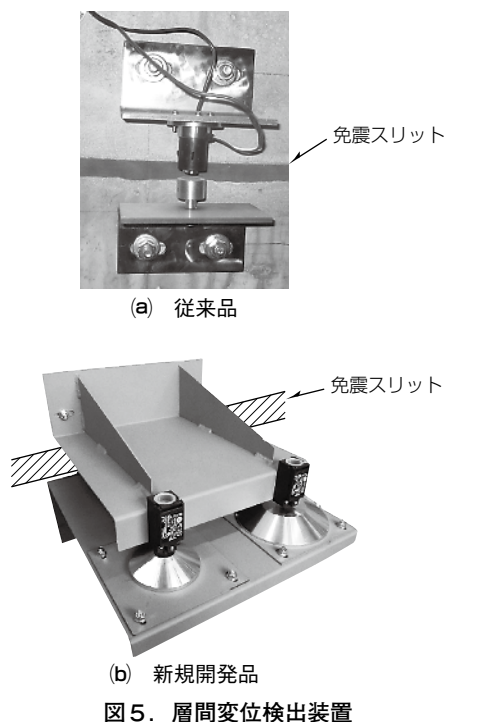


図5. 層間変位検出装置

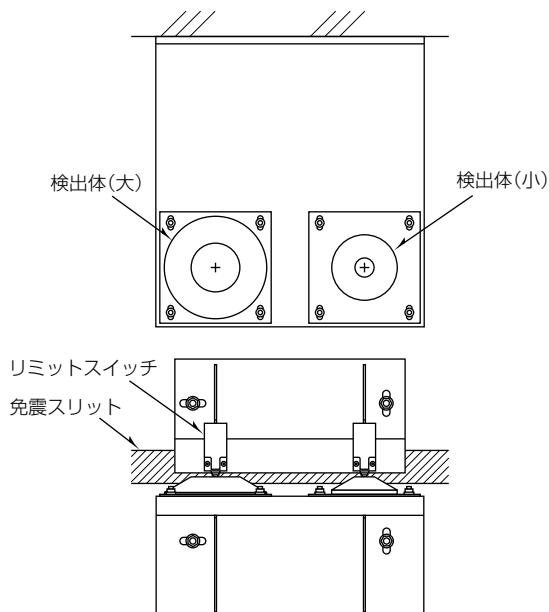


図6. 検出体の設置と外形

### 3.3 大容量・高速化

免震エレベーターでは、層間変位量に応じた管制運転を行うことで、層間変位発生時のガイドレール変形部をかごが通過する際の安全な走行を提供する。

そこで、解析モデルによるシミュレーションや実機評価によって、管制運転時の減速、ガイドレール変形部のかご通過時の安全性などを確認することで、最大積載量2,500kg、最大定格速度300m/minまで適用範囲を拡大している。

### 3.4 省スペース

従来の機械システムでは、ガイドレールつり下げ部を固定するために梁やファスナープレートを建物側に設置していた。これらは、非常止め作動時の荷重を支持する強度を確保するために断面積や板厚の大きい部材を適用しており、つり下げ部付近の昇降路寸法が拡大していた。

新たに開発した機械システムでは、ガイドレールつり下げを廃止して昇降路寸法の拡大を抑制することで、省スペース化を実現した。

### 3.5 据付け・保守作業の効率化

3.1節と3.2節で述べたとおり、対策機器の部品点数削減や通常エレベーターで使用する機器と部品を共通化することで、据付け・保守作業の標準化を行った。

さらには、層間変位検出センサについて、従来はその設置場所を昇降路内部にしていたため、据付け・保守時はかご上に搭乗して作業を行う必要があった。そこで、設置場所を免震装置が設置される建物側の免震フロアへと変更し、据付け・保守時はかご上に搭乗することなく、容易なアクセスを可能にした。

## 4. む す び

新たな免震エレベーターの開発での取組みと、製品の特長を述べた。

この開発によって、製品の競争力を強化するとともに、基本仕様を標準化することで、市場ニーズに幅広く対応可能な製品を提供している。今後も日々変化する市場ニーズを的確に取り入れ、訴求力の高い昇降機を開発していく。

### 参考文献

- (1) 一般社団法人 日本免震構造協会：免震建物の最近の動向(2017)  
<https://www.jssi.or.jp/menshin/doc/keizoku2.pdf>
- (2) 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター、ほか：建築基準法及び同法関連法令 昇降機技術基準の解説 2016年版(2016)