

# 免震建物対応エレベーター

Elevators Compatible with Seismic Isolation Buildings

森 正人 Masahito Mori

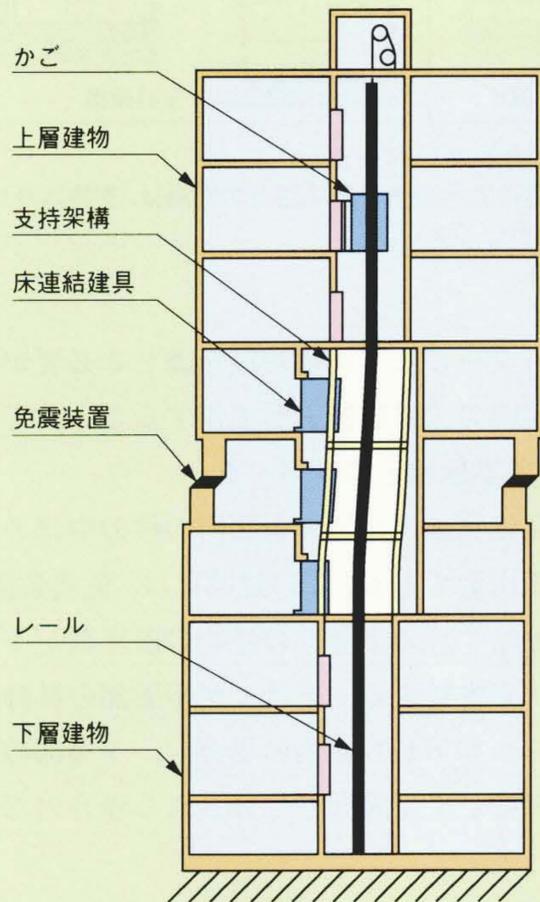
酒井佳人 Yoshihito Sakai

西村正宏 Masahiro Nishimura

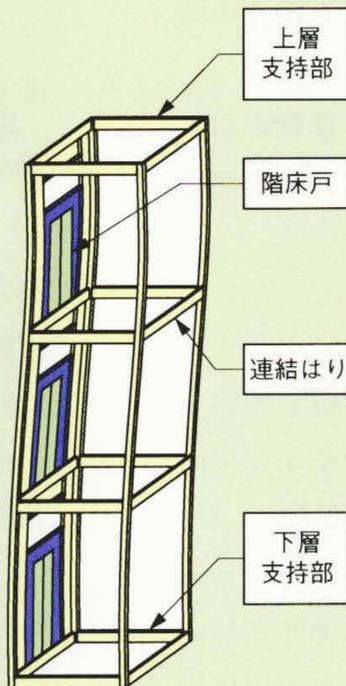
重田政之 Masayuki Shigeta

中里眞朗 Masao Nakazato

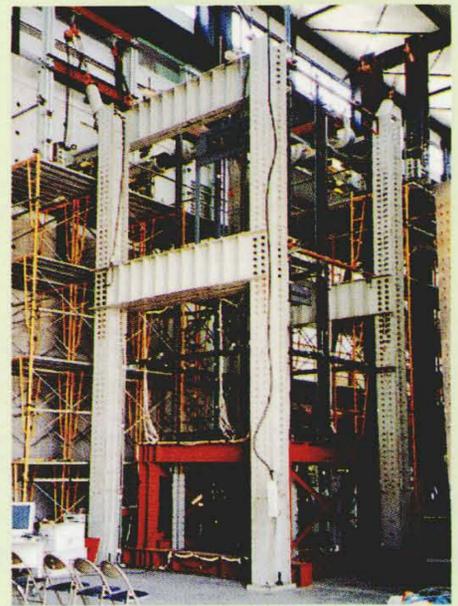
有賀正記 Masaki Ariga



エレベーターの構造



支持架構の構造



支持架構の変形とかご昇降確認試験  
(大成建設株式会社技術研究所)

## 中間階免震建物対応のエレベーターの構造とレール支持部、および支持架構の強度と安全性の確認試験実施状況

中間階免震建物とは、中間階の柱の中ほどに積層ゴムを設ける建物で、特別の免震基礎を必要としない。この建物の中間階部分のレールや乗り場の階床戸は、はり構造の支持架構で支持する。この支持架構を上下の昇降路間に設けることにより、地震や強風時に免震建物特有の水平変位が発生しても、エレベーターは曲がった支持架構の中を昇降することができる。

阪神・淡路大震災以降の都市の防災強化に呼応して免震ビルが多く建設される中で、免震構法の合理化や、免震構法による耐震改修でさまざまな技術開発が進められている。これらの技術の一つとして開発が進められている中間階免震構造は、中間階の柱の一部に免震装置を介在させてエレベーターの昇降路を二分する建屋構造である。この中間階免震構造に対応して、ビル内の交通の利便性の観点から、中間階での乗り継ぎなしのエレベーターの開発が必要となった。

このような背景の下で、日立グループは大成建設株式会社と共同で中間階免震対応エレベーターの開発を行った。そして、その第1号機を、大成建設株式会社開発の

中間階免震構法で耐震改修した、同社の湯河原研修クラブ(16階建て免震階8階、速度90 m/min、12人乗り)に納入した。

このエレベーターでは、中間階部分の水平相対変位に対して昇降路内の機器を支持する支持架構方式を新たに採り入れている。構造の安全性を実機大のモデルで確認するとともに、中間階免震対応の地震・強風時管制運転方式を開発し、昇降システムの安全確保を図っている。

日立グループは、これらの技術を基に、地震後の都市機能の早期復旧のために進められている建物の用途別耐震強化や建物の耐震改修に要求される昇降機設備のさまざまな課題に取り組んでいる。

## 1. はじめに

阪神・淡路大震災の反省の下に、地震後の都市機能の早期復旧の観点から、建物の用途に応じた耐震設計基準の見直しが進められている。特に、官庁施設の建物とその付帯設備に対しては、「官庁施設の総合耐震計画基準<sup>1)</sup>」の中で重要度に応じた耐震安全設計の考え方が導入された。既存の建物に対しても、耐震診断と、必要とされる耐震改修の行政指導が行われている。また、震災以降は免震建物が多く建設され、免震構法の合理化や既存建物の耐震改修工法の開発が進んでいる。

ここでは、今後の防災都市構造にかかわる建物の耐震増し計画や耐震改修計画に合わせて開発した、免震建物対応のエレベーターについて述べる。

## 2. 免震建物とエレベーター

エレベーターは建物同様に今まで多くの地震で被害を受け、地震時の乗客の安全確保と被災後の速やかな復旧の観点から、その耐震設計指針が見直されてきた。また、阪神・淡路大震災でも多くのエレベーターに被害が発生し<sup>2)</sup>、建物の用途に応じた耐震設計の基準が見直されようとしている。一方、1980年ごろから始まった実用化研究中心のビルの免震構法は、阪神・淡路大震災をきっかけに都市の建築物の防災強化構法として注目が集まり、同構法の評定実績は平成9年3月までの累計で400件近くに達している。

これまで免震建物は主として、マンションや事務所ビルへの適用が大半であったが、建物の用途別の耐震増しの設計が要求される今日では、今後、病院などの地震後の緊急対応が必要な施設へ多く適用されることが予測される。

この免震建物は、建物を水平方向に軟らかい積層ゴムの免震装置で支持する建物で、地震時の建物の加速度応答は通常の非免震建物と比較して小さい。

したがって、都市の防災強化の一環として高耐震性が要求される建物設備機器にとって、免震建物に期待するところが大きい。

この免震建物の構造は、免震装置の建物への設置位置により、(1)基礎免震建物と、(2)中間階免震建物に分けられる(図1参照)。

### 2.1 基礎免震建物とエレベーター

基礎免震建物は、建屋基礎上に免震装置を配置して、その上に建屋を設置する構造で、エレベーターはすべて免震された建物の中に据え付けられる。したがって、この建

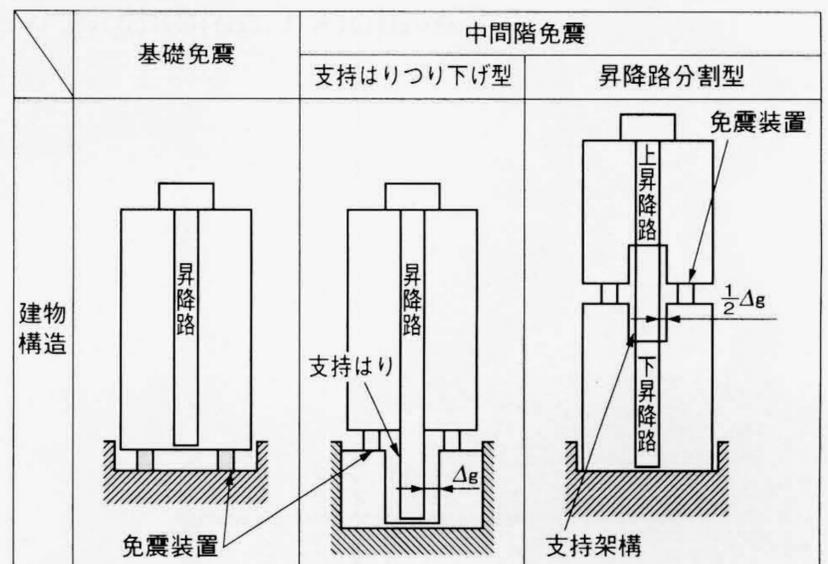


図1 免震建物とエレベーター

昇降路分割型の支持架構と昇降路壁の間隔は、支持はりつり下げ型の間隔 $\Delta g$ の半分でよい。

物のエレベーターには特別の対策を講じる必要がなく、耐震強化の建物の設備機器として供することができる。

### 2.2 中間階免震建物とエレベーター

中間階免震建物は、建屋の中間階の柱の中ほどに免震装置を設ける構造である。この建物には、免震装置階(以下、免震階と略す。)の下層部の建物の階床数が1~3階程度でレールを支持する支持はりが下層部の昇降路の中に上層部からつり下がる建物の場合と、下層部の階床数が多く、昇降路が上下層間で二分される場合の二つのタイプがある。

#### (1) 支持はりつり下げ型のエレベーター

支持はりつり下げ型の下層部は一般に地下設置の場合が多く、つり下がる支持はりと下層部の昇降路との間に一定の間隔 $\Delta g$ を設けているが、この間隔 $\Delta g$ の部分に橋渡しをする床連結建具を必要とする。この建具部分を除けば、一般のエレベーターと変わらない。

#### (2) 昇降路分割型のエレベーター

免震階部分で二分される昇降路を乗り継ぎなして昇降するエレベーターの構造を図2に示す。

上層と下層間の中間階部のレールや階床戸は中間階部の昇降路に設置する支持架構で支持し、階床戸と建屋の床の間に乗客の橋渡しをする床連結建具[図2(c)]を設けている。

支持架構は型構造材で構成し、地震時や強風時の水平相対変位で図2(b)に示す曲げ変形となるが、この曲げが発生してもかごは昇降でき、上層と下層に二分された昇降路を乗り継ぎなしてエレベーターが利用できる。

なお、支持架構と昇降路壁の間隔は、支持架構を上層と下層の建物の高さ方向に等配置するため、支持はりつ

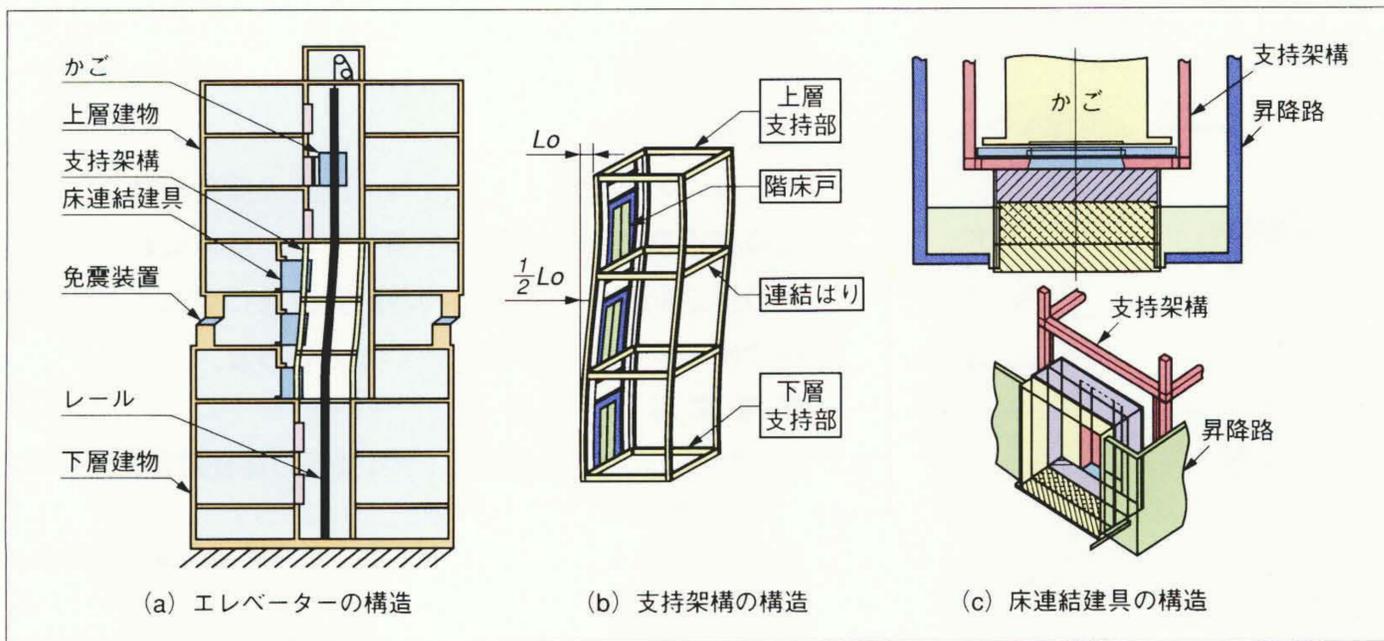


図2 中間階免震建物用エレベーターの構造

エレベーターは曲がった支持架構の中を昇降し、二分された昇降路内を乗り継ぎなしでサービスする。水平変位を $L_0$ とすると、支持架構と昇降路壁との間隔は $\frac{1}{2}L_0$ でよい。

り下げ型の間隔 $\Delta g$ の $\frac{1}{2}$ でよい。

### 3. 中間階免震対応エレベーターの安全設計

一般のエレベーターに適用される安全基準<sup>3)</sup>に加え、中間階免震建物用エレベーターの地震、強風、火災事象に対するシステムの安全基本設計の考え方について以下に述べる(表1参照)。

(1) 地震力事象に対して

昇降機技術基準の解説のエレベーター耐震設計・施工指針に準拠した。

(2) 上下層間の水平相対変位事象に対して

地震時や強風時の免震階の上下層間の水平相対変位により、支持架構は曲げ変形を受ける。この水平相対変位事象に対する安全確保の考え方を以下に述べる。

高層建築物や免震建物の評定業務での耐震設計の考え方では、地震波の速度が25 cm/s以上のレベル1の地震

動に対しては建屋の機能維持を、速度がレベル1の2倍のレベル2の地震動に対しては人命の安全確保をそれぞれ目標としている。エレベーターの耐震設計の考え方には、このレベル1、レベル2ような扱いはないが、水平相対変位事象に対しては建物と同様の安全設計思想とした。

また、強風事象に対しては、建築基準法に定める風力による免震階上下層間の水平相対変位量を基にエレベーターの運転パターンを定める、強風時管制運転方式を導入した。

(3) 火災事象に対して

火災事象に対しては、建築基準法に準拠した支持架構部、床連結建具部の構造とする。すなわち、支持架構は一般のエレベーターのレールを支持する中間ビームの扱いとし、床連結建具部はエレベーターの階床戸と三方枠を含めた乗り場出入口の基準に準拠した。

### 4. 地震・強風時管制運転方式

エレベーターの耐震設計・施工指針では、地震時の二次被害を少なくすることをねらいとして、地震の加速度を感知してエレベーターの運転を制御する管制運転方式を取り入れることを推奨している。この考え方を取り入れるとともに、免震建物特有の地震時や強風時の水平相対変位に対しても管制運転を取り入れた。これらの地震・強風時管制運転方式を図3に示す。

地震に対しては、初期微動を感知するP波感知器と、主要動を感知するS波感知器を用いて、P波とS波の到達時間差を利用し、P波感知で停止させ、レベル1相当のS波の到達前にエレベーターを停止させる。すなわち、支持架構がレベル1相当の地震力を受ける前にエレベーターを停止させて、地震後の被害を最小限にとどめる地震管

表1 エレベーターの安全基本設計の考え方

一般エレベーターの安全基準に加え、免震建物の安全設計の考え方を取り入れた。

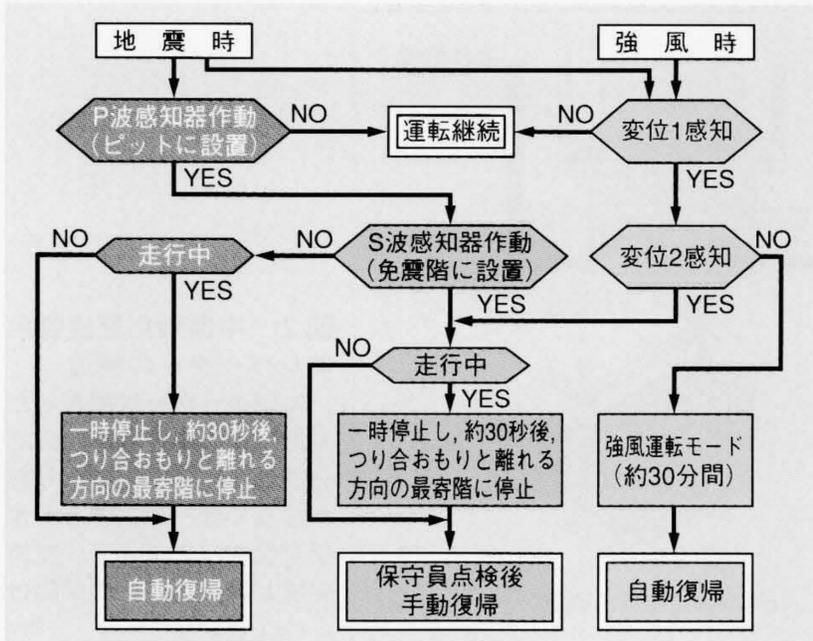
対象事象	システム	支持架構	連結建具
地震力	現行基準に準拠	同左	同左
上下層相対変位	地震 <sup>*2</sup> レベル1	機能維持	同左
	レベル2	安全確保	同左
強風	強風時管制運転の導入 建築基準法で定める風力での相対変位を基に、運転パターンを定める。		
	火災	現行基準に準拠	同左 中間ビーム扱い

注：\*1 建物の評定値による。

\*2 レベル1；地震波の速度 25 cm/s

レベル2；レベル1の2倍の速度

エレベーター耐震設計・施工指針にはこれらの扱いの定義はない。



**図3 中間階免震エレベーターの管制運転方式**  
 この方式は、P波(初期微動)とS波(主要動)との到達時間差を利用し、支持架構が地震力を受ける前にエレベーターを停止させ、エレベーターの地震後の被害を少なくする運転方式をとっている。

**表2 構造計画時の留意事項**

建屋計画に依存するエレベーターの仕様決定事項を示す。

免震装置のクリーブに対する配慮
● 積層ゴムのクリーブ量分を見込んだ支持架構の支持構造と階床戸のレベル調整機構
支持架構の強度評価荷重
● 建屋からの強制水平変位荷重
● エレベーター機器の地震時の慣性力荷重
レールの強度評価項目
● エレベーター機器の地震慣性力による強度
● 支持架構の強制変形による強度
床連結建具の構造
● 強度：階床戸と同等の扱い
● しゅう動部間隙(げき)：階床戸の周りの規定以下
● 耐火性：出入口の幕板部と同等

制運転としている。

また、水平変位の大きさを2段階に感知し、その感知の大きさに応じた変位管制運転モードを取り入れ、地震と強風の両事象に対する乗客の安全確保を図っている。

支持架構の水平変形時でも、この管制運転や救出運転ができることを実機大モデル試験で確認している。なお、中間階免震対応エレベーターを計画するうえでの構造計画上の留意点を表2に示す。エレベーターの使用期間(約25年、第1回リニューアルを含めると約50年)中の免震装置のクリーブ量を考慮して、据付けと配置を計画する必要がある。

## 5. おわりに

ここでは、日立グループが大成建設株式会社と共同で開発した免震建物対応のエレベーターについて述べた。

昇降路を二分する中間階免震建物対応のエレベーターは、支持架構方式を取り入れることによって乗り継ぎなしで昇降ができる。

これらの技術により、阪神・淡路大震災以降の、地震後の都市機能の早期復旧を図るために進められている建物の用途別耐震強化や建物の耐震改修に要求される昇降機設備の課題にこたえていく考えである。

### 参考文献

- 1) 社団法人公共建築協会：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説書(平成8年版)
- 2) 社団法人日本エレベーター協会：兵庫県南部地震の昇降機被害調査報告，エレベーター界，3～7(1995-7)
- 3) 財団法人日本建築センター：昇降機技術基準の解説書(1994年版)

### 執筆者紹介



**森 正人**

1972年大成建設株式会社入社，技術本部 技術開発第一部 機械システム開発室 所属  
 現在，建築工事の機械化・自動化，宇宙関連施設の開発に従事  
 日本機械学会会員，電気学会会員，日本建築学会会員  
 E-mail：morimasa@kiku.taisei.co.jp



**酒井佳人**

1977年大成建設株式会社入社，技術本部 技術開発第一部 機械システム開発室 所属  
 現在，無重力実験施設の開発，免震エレベーターの開発に従事  
 E-mail：sakai@kiku.taisei.co.jp



**西村正宏**

1981年大成建設株式会社入社，技術本部 技術開発第一部 機械システム開発室 所属  
 現在，建築工事の機械化・自動化，建築関連機械装置の開発に従事  
 日本建築学会会員  
 E-mail：nisimura@kiku.taisei.co.jp



**重田政之**

1963年日立製作所入社，1995年日立水戸エンジニアリング株式会社に転属  
 現在，エレベーター製品の開発に従事  
 日本機械学会会員  
 E-mail：Shigeta-HM@cm.mito.hitachi.co.jp



**中里真朗**

1966年日立製作所入社，昇降機事業部 所属  
 現在，昇降機の製品企画に従事  
 電気学会会員  
 E-mail：mnakaza@cm.head.hitachi.co.jp



**有賀正記**

1977年日立製作所入社，水戸工場 エレベーター設計部 所属  
 現在，機構システムの開発設計に従事  
 日本機械学会会員