

エレベーターの安全・快適技術

船井 潔*

近年、都市生活のバリアフリー化の要求がますます強まってきている。特に公共設備やビルにおける垂直移動は、健常者にとっても、ましてや身体的弱者にとって、大きな障壁である。したがって、これらの垂直移動を可能にするエレベーターを代表とする昇降機設備は、バリアフリー化の重要な鍵の一つとすることができる。本稿ではエレベーターを安心して利用するための、安全性と快適性を支える技術について述べる。特に安全性については、エレベーターには垂直に移動するという他の水平移動交通手段とは異なる大きな特徴があるため、電氣的、機械的に何重もの安全装置を備えている。また快適性については、特に影響の大きい、上下方向加減速度、水平振動および騒音に対する対策について述べる。

Technologies of Safety and Ride Comfort for Elevators

Kiyoshi FUNAI*

In the recent years, the request of building a barrier-free society for the senior citizens and physically handicapped is getting stronger. The vertical migration in such as public facilities and buildings is, especially, a severe barrier not only for physically handicapped but even for healthy people. Therefore, it can be said that the facility of elevators and escalators that which make vertical migration possible is one of the important keys to realize a barrier-free society. In the paper, I would like to describe the technologies to support the safety and ride comfort for elevators to use them without danger. Since there is a typical feature that elevators move vertically not like other horizontal transportation, there are a lot of electrical and mechanical safety devices for elevators. Regarding ride comfort, the countermeasures of acceleration and deceleration during the operation, horizontal vibration of the car and noise in the cage which are very important for ride comfort are described.

1. はじめに

近年、高齢者や身障者など身体的弱者に優しい社会を実現する、バリアフリー化がますます重要になってきた。特に都市の発展に伴う建物の高層化や都市交通システムの複雑化とともに、垂直方向の交通手段であるエレベーターやエスカレーターなどの昇

降機設備は、バリアフリーを実現する重要な手段の一つとなっている。また、最近では高齢者層の増加により、家庭用のホームエレベーターの普及率も高まっている。このように、昇降機設備を利用する機会は、今後ますます増加すると予想される。昇降機設備の中でもエレベーターは、自動車や鉄道などの他の公共交通手段と異なる、下記のような特徴を持っている。

垂直方向に移動する交通手段である
乗客による自動運転である
建物内を密閉された空間内で移動する
エレベーターでは潜在的に大きな不安要素である

* 三菱電機株式会社稲沢製作所開発部機械システム開発課
課長
Manager, Elevator Mechanical System Development Sec.,
Elevator Development Dept., Inazawa Works,
Mitsubishi Electric Co.
原稿受理 2002年5月16日

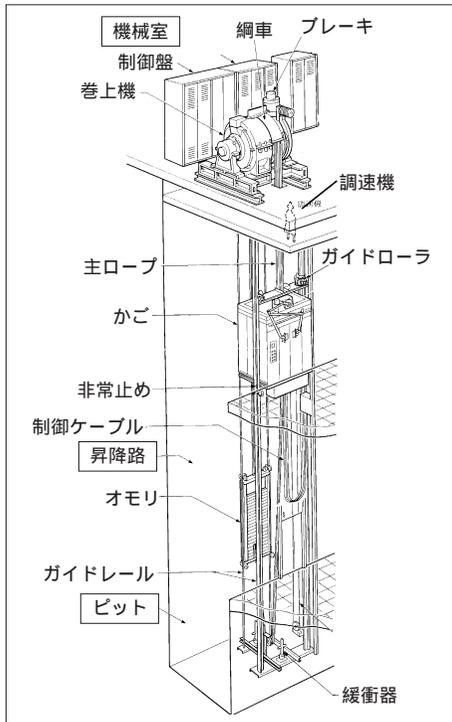


Fig. 1 エレベーターの構造

落下に対する安全性を二重三重に確保する必要があり、また、運転者や車掌が同乗するタイプの交通手段以上に、乗客の安全を守るためのシステムを完璧にする必要がある。

また、走行時のかごの振動や騒音が乗客の快適性に与える影響が非常に大きい。そのため、エレベーターではできるだけ乗客の快適性を高めるための技術を開発してきた。

本稿では、このようなエレベーターの独自の特徴を踏まえて、エレベーターの安全性と快適性を支える技術について述べる。

2. エレベーターの構造

エレベーターには駆動装置として電動機を用いるロープ式エレベーターと、油圧ポンプを用いる油圧式エレベーターがある。ここでは、日本での設置台数が圧倒的に多いロープ式エレベーターを例に説明する。

Fig.1にロープ式エレベーターの基本的な構造を示す¹⁾。ロープ式エレベーターは、トラクション式エレベーターとも呼ばれているように、巻上機の綱車にかけられたロープの摩擦力(トラクション)によってかごを駆動する。ロープの一端にはかごを取り

付け、他端にバランスをとるためのオモリを取り付けているため、つるべ式とも言われる。オモリの重量は、一般的に積載量の半分の乗客を乗せたときのかご側重量につりあうように決めている。

このように構成されたシステムにおいて、巻上機の電動機を電氣的に制御することによってかごを所定の速度で走行させ、目的の階床位置で停止させる。

3. エレベーターの安全技術

エレベーターの安全を支える技術は下記のような二段階で考えることができる。

かご走行の異常を未然に防止する

かごの位置、速度に異常があった場合に、かごを安全に停止する

これらに応じた安全装置について、以下で説明する。

3-1 遠隔監視装置

エレベーターは、乗客が自ら乗り場ボタンを押してかごを呼び、かご内の操作ボタンで行き先を指示する、完全な自動運転式の乗り物であり、鉄道やバスのように運転手や車掌による監視がない。そのため、エレベーターでは保守員による定期的な点検・保守が義務付けられている。さらに最近では、かごの故障やトラブルを未然に防止するために、エレベーターの稼動状態を表す情報を保守会社に公衆電話回線を用いて伝送し、保守会社のコンピューターシステムにより常時監視するシステムが構築されるようになってきた。

このようなシステムにより、エレベーターに異常が発生する前の兆候を事前にキャッチし、故障やトラブルの発生を最小限にとどめることができる。

また、このようにして収集された監視結果を蓄積、分析することにより、定期点検項目の設定や、故障を未然に防止する予防保全活動を実施している。

3-2 異常検出、停止装置

鉄道や自動車などの水平交通システムでは、故障が発生しても駆動装置が止まれば、次第に減速し最終的には停止することが期待される。しかしながら垂直交通であるエレベーターでは、かごまたはオモリの重い方が、重力の方向に増速、つまり落下する危険が本質的に存在する。

そこで、故障やトラブルが発生しても絶対安全なように、異常を検出し、かごを緊急に停止することができる何重もの安全システムが構築されている。

近年のエレベーターの走行は、ほとんどマイクロ

コンピューター(マイコン)により電子制御されているため、異常が発生した場合は電気信号により異常を検知し、故障やトラブルの程度により巻上機の電源を遮断する。電源が遮断されると同時に巻上機に設けられたブレーキが作動し、巻上機は強制的に停止、その結果かごが停止する。このように電気的なスイッチにより巻上機のブレーキを作動させる安全装置を電気的安全装置と呼ぶ。

さらに電気的安全装置が故障したり、ロープと綱車のスリップなどが原因で巻上機のブレーキが利かない場合に備えて、かご自身を停止するための機械的安全装置を備えている。機械的安全装置としては、かごに設けた非常止め装置や、昇降路底部(ビット)の、かごの衝突の衝撃を緩和するための緩衝器などがある。

3-3 電気安全装置

1) オーバースピード(OS)検出装置

かごの走行時に走行速度が所定の速度を超えた場合、调速機に設けたオーバースピード検出装置によりモーターの電源が遮断され、巻上機のブレーキが作動しかごを停止させる。なお、本装置については、機械的安全装置と連動しているため、詳細は後述する。

2) ターミナルスローダウン(TSD)スイッチ

かごが建物の中間階を走行時に異常が発生した場合は、OS検出装置によりブレーキが作動する。また、かごが建物中間部の目的階に近づいた場合は、コントローラーの制御により目的階に精度よく停止するように速度がコントロールされる。

しかしながら最上階や最下階の終端階において、位置検出センサーなどの故障などが原因でかごが十分減速しなかった場合、昇降路底部や頂部にかごが衝突する可能性がある。そこでこれを避けるために所定の位置にTSDスイッチを設け、スイッチの位置をかごが通過したときのかご速度指令値が正規の指令値よりも高かった場合、正規の速度になるようにかごを強制的に減速させる。

3) ファイナルリミットスイッチ

ファイナルリミットスイッチは、かごが終端階を行き過ぎた場合に作動する。スイッチが入ると巻上機の動力を遮断するとともに強制的にブレーキを作動させ、かごを緊急停止させる。

4) ドアスイッチ

エレベーター走行中に、かごまたは乗り場の戸が少しでも開くと、すきまから乗客が落下したり、ま

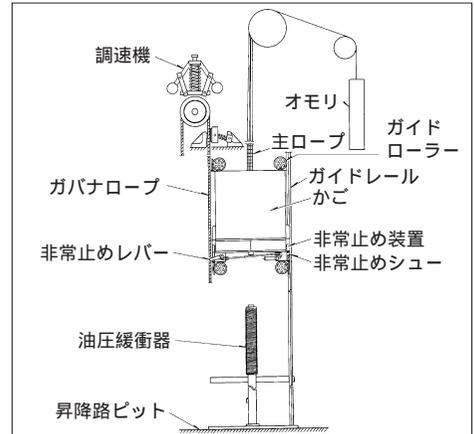


Fig. 2 非常止め装置の構造¹⁾

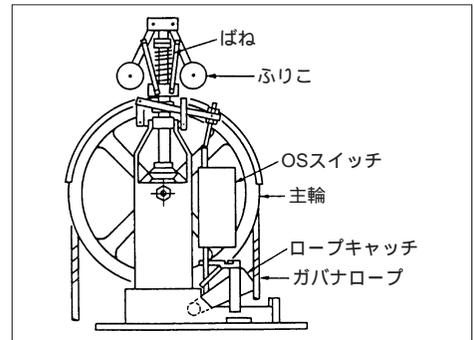


Fig. 3 调速機の構造²⁾

たかごが昇降路機器に衝突して機器を損傷する。そこでエレベーターでは、かごまたは乗り場の戸が開いている場合は運転回路が作動しないためのスイッチが設けられている。またこのスイッチにより、かごの走行中にかごまたは乗り場の戸が開いた場合、巻上機のブレーキにより停止するようになっている。

5) ウォッチドッグタイマー

上記のような電気的安全装置は、すべてマイコンによってコントロールされている。しかしながらマイコン自体が故障した場合、故障ではないのに緊急停止したり、逆に故障なのに安全装置が働かないなどの誤動作が発生する危険がある。そこで、マイコン自体の故障を検知するため、常時監視する装置を設け、マイコンの故障を検知した場合はかごを緊急停止させる。

3-4 機械安全装置

上述の電気安全装置により、エレベーターに故障や異常が発生したときには自動的に巻上機のブレーキが作動し、かごが安全に停止するようになっている。しかしながら、もし電気的安全装置が壊れたら

とか、駆動装置のブレーキが効かなかつたら、あるいはロープが切れたらという不安を抱く人があるかもしれない。そこで、エレベーターではそのような場合でも絶対に乗客の安全が確保できるように、さらに次のような機械安全装置を備えている。

1) 非常止め装置

電気安全装置はかごの速度異常が生じたときに、巻上機に設けられたブレーキにより巻上機を停止させる。しかしながら、綱車とロープの摩擦力が減少してロープが滑ったり、最悪ロープが切れたりした場合^{*1}、かご自体を停止させる必要がある。そこで、かごの速度を検出して異常を検知した場合にはかごを停止させることのできる非常止め装置を備えている。Fig.2に非常止め装置の全体構成図を、Fig.3に調速機の構造を示す。

Fig.2において調速機(ガバナー)は、かごの速度を検出するための装置であり、一般に機械室に設置されている。また非常止め装置は、かごを強制的に停止させるための装置であり、一般的にかごの下部に設置される。

かごに固定されたガバナーロープは、かごの走行に応じて調速機主輪を回転させる。かごの走行速度が異常に速くなると、主輪に連結した振子が遠心力で外側に開き、OSスイッチを動作させ、巻上機の電源を遮断するとともに巻上機のブレーキを動作させてかごを停止させる(OS検出装置)。OSスイッチの動作速度は法規により定格速度の1.3倍以内に定められている。

巻上機のブレーキが故障していたりロープが滑ったりして、さらにかごの速度が増加した場合は、振子がさらに大きく開き、ガバナーロープを掴むためのトリップ(TR)スイッチを動作させる。この動作速度は法規により定格速度の1.4倍以内に定められている^{*2}。

TRスイッチが作動すると、ガバナーロープは調速機のロープキャッチにより固定される。かごがさらに走行することにより、かご下でガバナーロープに連結された非常止めレバーが引き上げられ、非常

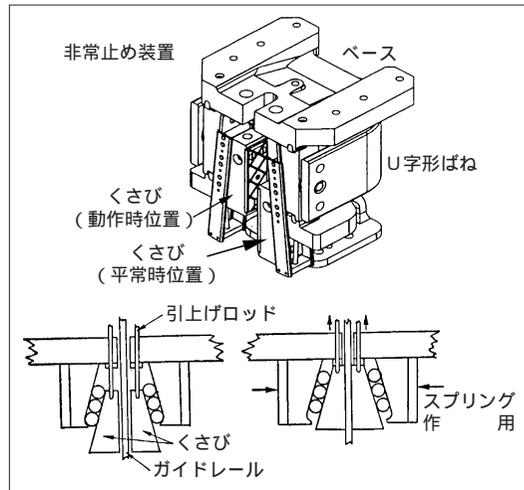


Fig. 4 非常止め装置の動作³⁾

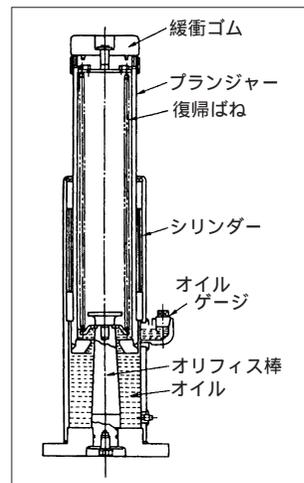


Fig. 5 油入緩衝器の構造²⁾

止め装置が動作する。非常止めはシューでガイドレールをしっかり掴み、かごを強制的に停止させる。

Fig.4に非常止め装置の動作を説明する。これは次第ぎき非常止め装置と呼ばれるタイプで、くさび状のシューが引き上げ棒によって引き上げられ、くさび効果によってレールに押し付けられその摩擦力によってかごを停止させる。

非常止めが作動した場合、できる限り速やかにかごを停止させる必要があるが、あまり急激にかごが停止すると、かご内の乗客が衝撃により怪我をしたりする可能性がある。そこで一般には非常止めによる平均減速度は 9.8 m/s^2 以下になるように、機器が設計されている。

2) 緩衝器

* 1 ただしエレベーターのロープは、十分な安全率で使用され、かつ定期的に点検して基準を満たしていなければ交換される。したがってロープが切れることは、まず考えられない。

* 2 定格速度の小さなもの(45m/分以下)に対しては、検出レベルを低くすると誤作動のおそれがあるため、OS、TRスイッチの動作速度をそれぞれ、63m/分、68m/分とすることが許容されている。

昇降路の底部にはFig.5に示すような緩衝器(バンプアー)が設けられている。これらの装置は一般にはロープが切れてかごが落下した場合に衝撃を吸収して乗客の安全を確保するためのものと誤解されていることがある。しかしながら、実際は先に述べたようにロープが切れることはまずないし、たとえそのようなことがあった場合でも上述の非常止め装置により、かごは昇降路底部に衝突する前に停止する。

緩衝器の役割は、終端階近傍でかごが増速し非常止めによる停止が間に合わない場合、あるいは終端階のファイナルリミットスイッチが故障して停止しなかった場合などに、かごが昇降路底部に衝突する衝撃を緩和するためのものである。

Fig.5に示した緩衝器は、定格速度60m/分を超えるエレベーターで用いられる油入緩衝器である。ピストン内のオイルがオリフィスの隙間を流れるときの流体抵抗で生じる減衰作用によって、かごの衝突による衝撃を低減する構造になっている。かごが緩衝器に衝突したときの衝撃力はかご自重と速度によって決まるが、その平均減速度は非常止めと同様に、かご速度が定格速度の115%で衝突したときに 9.8m/s^2 以下となるように設計されている。なお、比較的短いストロークでも安全に停止させることのできる定格速度60m/分以下のエレベーターでは、ばね緩衝器が使用される。

高速エレベーターの場合は、上記の減速度条件を満足するように緩衝器を設計すると、ストロークを非常に大きくする必要があり、緩衝器のサイズが巨大になる。そこで終端階近傍のかご位置と速度を検出し、所定の速度以上の場合は強制的に非常ブレーキがかかるような安全装置(ETS装置)を別途設けることにより、緩衝器の大きさを小さくする工夫をしている。

以上のように、エレベーターにおける乗客の安全は何重にも設けられた電氣的、機械的な安全装置と、さらに24時間365日の監視体制によって守られている。

4. エレベーターの快適技術

エレベーターは乗客が密閉された空間内で移動する交通手段であるため、乗客が不安を抱く原因となる振動や騒音をできるだけ小さくすることが要求されている。また、エレベーター走行時の快適性という点からも、振動や騒音はできるだけ小さいほうが望ましい。

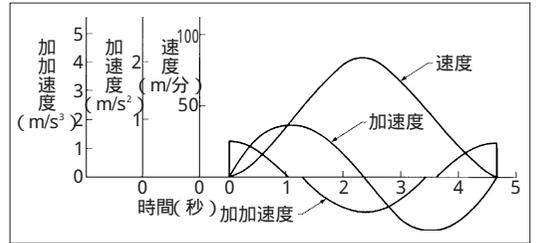


Fig. 6 理想運転曲線

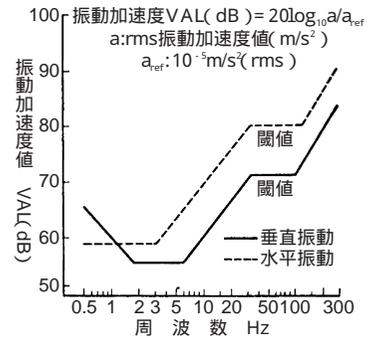


Fig. 7 振動の感覚閾値

以下では、エレベーターにおける快適性について走行時の運転曲線、振動、および騒音低減技術について述べる。

4-1 運転曲線

エレベーターの輸送能力を高めるためには、定格速度に達するまでの加速度や停止時の減速度をできるだけ大きくすることにより、走行時間を短くすることが望ましい。しかしながら、あまり加減速度が大きいと乗客に不快感を感じさせることになる。そのため、乗客の快適性と走行時間短縮のバランスが取れるように加減速度を最適に決めることが重要である。

そこで、乗客に不快感を感じさせない加減速度の限界を調べるため、エレベーター試験塔で種々の加減速度曲線の場合について、乗客の乗り心地の体感評価をまとめた¹⁾。その結果、一般に乗客が非常に乗り心地がよいと感じるレベルは、最大加速度が 0.9m/s^2 であり、最大加加速度(加速度の時間変化率)が 1.3m/s^3 であることが統計的に求められた。

Fig.6に階床間隔が3.400mm程度の走行において乗り心地と走行時間の双方から見て理想的な走行曲線の一つと考えられているものを示す⁴⁾。この図において加減速度の変化部分が正弦波曲線となっているので、「正弦波運転曲線」と呼ばれている。

4-2 振動

走行時の加減速度とともに、かご室の振動が乗客に与える不快感や不安感はエレベーターの品質を決定する非常に重要な要因である。そのため、エレベーターの振動に関する基準は、走行中に乗客に振動をほとんど感じさせないレベルとしている。

Fig.7に人間の振動に対する感覚について、振動の周波数を横軸に、加速度振幅を縦軸に表した結果を示す⁵⁾。この図のように、人間の感覚で振動に対してもっとも鋭敏なのは2~8Hz前後であることがわかる。このことからエレベーターのかご内の振動は、特に2~8Hz前後の周波数の振動を10cm/s²程度以下に低減する必要のあることが分かる。ただし8Hzよりも高い周波数の振動でも、足裏へのびびり振動による不快感や、さらに周波数が30Hz以上になると音として不快感を感じさせることになるため、いずれにしろできるだけ振動の原因を除去するようにする必要がある。

1) 上下振動

上下方向の振動は前節で述べたエレベーターの運転曲線に大きな関係がある。エレベーターはFig.1に示したように、かごとオモリがロープで吊り下げられているが、ロープは柔らかなばねの役割を果たし、かごに上下方向の力が加わると低い周波数の上下振動が発生する。したがって運転曲線が十分滑らかでないと、その影響で上下振動を励振する場合がある。そのため、エレベーターの駆動制御は、電動機をできるだけ滑らかに回転し、かつ滑らかな運転曲線を実現する高度な制御を必要とする。

近年、半導体とマイコンの進歩により、エレベーターの電動機もそれまでの直流機から交流機に変わり、またモーター制御の主流もVVVF (Variable

Voltage Variable Frequency) インバーター方式となった。さらに、エンコーダーで検出したモーター回転速度を利用したフィードバック制御や、オプティカル制御などの高度な駆動制御技術の開発により、モーターの回転振動を低減することが可能になった。これらの技術により、エレベーターの乗り心地は格段に改善された。

2) 水平振動

かごの水平方向の振動の原因としては、かごの走行をガイドするガイドレールの曲がり昇降路壁やすれ違う隣接かごから受ける空気圧の変化

主ロープの振動

つりあいロープ、制御ケーブルの振動

などがある。

特にビルが高層となり、走行速度が上がるとやを原因とする励振力が大きくなり、振動レベルが増大する。

Fig.8にエレベーターのかご構造を示す。エレベーターはガイドレールに沿ってローラーガイドに案内されて走行する。このとき、レールのわずかな曲がりなどによる変位を原因として、かごを振動させる外力がかごに伝わる。この外力をかご枠にできるだけ伝えないように、ローラーガイドはばねなどで弾性的に支持されている。また、かご室とかご枠の間には、防振ゴムやダンパーを設けることにより、これらの振動がかご枠からかご室に伝播しないように考慮されている。

このようにかごはばねや防振ゴムでできるだけ振動が伝わらないように工夫されているが、それでも速度の速い高速エレベーターでは、レールのわずかな曲がり原因でかごの振動が発生する。

そこで、従来のエレベーターでは、これらの振動を低減し、乗り心地を向上するため、

ローラーガイドやかごにオイルダンパーや摩擦ダンパー、粘弾性ダンパーなどを設ける

レールの加工精度、据え付け精度を向上しレールからの加振力を低減する

などの受動的な方法を用いてきた。

しかしながら高層ビル向けなどとして必要とされる高速エレベーターでは、このような受動的な制振方法では十分な振動低減力を得ることが難しい。また、レールの加工精度や据え付け精度を上げるためには熟練技術を必要とし、据え付けにかかる時間増などがコストアップの要因となる。

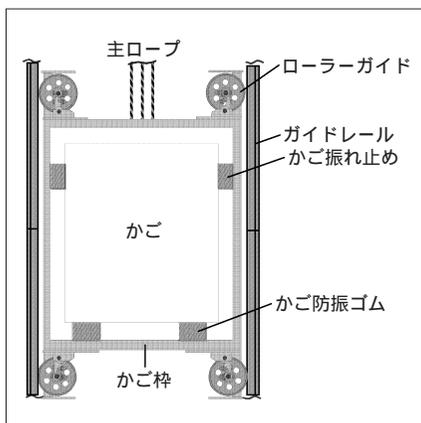


Fig. 8 エレベーターのかご構造

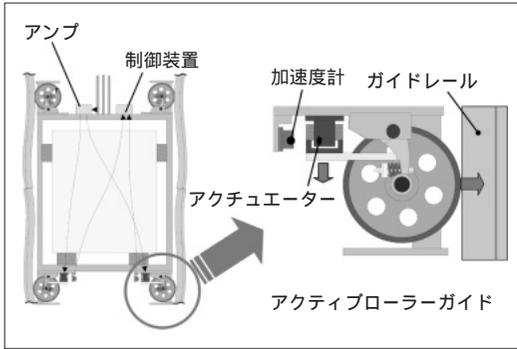


Fig. 9 アクティブローラーガイドの構成

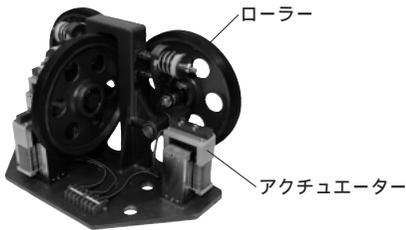


Fig. 10 アクティブローラーガイドの外観図

そこで最近、水平振動を低減するための画期的な方法として、アクチュエーター(駆動装置)を用いて振動を能動的に抑制するアクティブ制振技術が開発されている。エレベーターにおけるアクティブ制振方式としては、

アクティブローラーガイド方式^{6,7)}

かご室床下アクティブ制振方式^{7,8)}

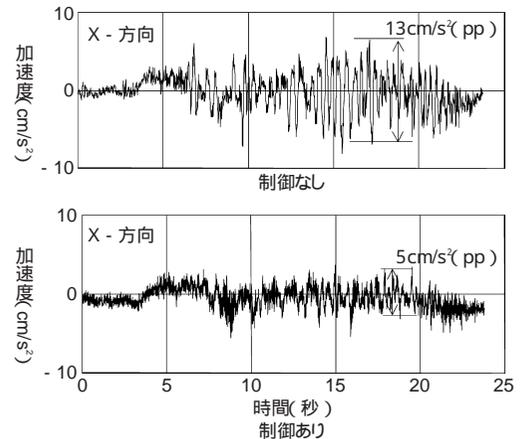
アクティブマスダンパー(AMD)方式⁹⁾

などの方式が提案されているが、ここでは一例として、アクティブローラーガイド方式を紹介する。

Fig.9にアクティブローラーガイド構成を、Fig.10に装置の外観写真を示す。

アクティブローラーガイドは、ガイドレールの曲がりによってかごに作用する外力を、ローラーに取り付けたアクチュエーターを用いてキャンセルすることによってかごの振動を低減する。アクチュエーターはかごに取り付けた加速度センサーで測定されたかごの振動に基づき、制御装置によってローラーをレールに押し付ける力を制御し、かごを振動させる外力と反対の方向の力を発生することによりかごに伝わる振動を低減する。

前後方向の制御力はレールを挟んで相対するローラーの押し引きで、また左右方向については、右側と左側の各ローラーの押し引きで実現する。結局左右6個のローラーに対し水平方向の合計3自由度の



注) pp : peak to peak.

Fig. 11 アクティブローラーガイド試験結果

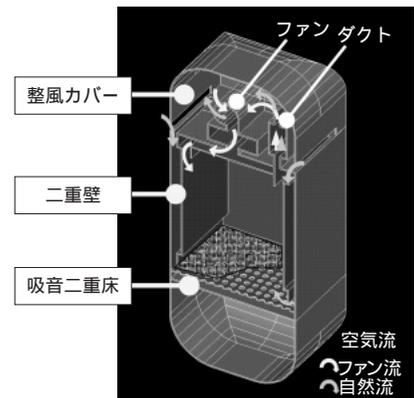


Fig. 12 超高速エレベーターのかご騒音対策

力を制御することにより、水平方向の全方向に対する振動を低減することができる。なお本装置ではかご下部の2組のみアクティブとしている。これは通常、かご室、かご枠の重心位置は床レベルに近く、かご室の振動を抑えるためには下部のローラーの方が効果的であることによる。

Fig.11にアクティブローラーガイドの制御を作動させた場合と、作動させない場合の試験結果を比較して示す。この図から分かるように、アクティブローラーガイドを用いることにより、かごの水平振動を 10cm/s^2 以下という、乗客に走行中の振動をほとんど感じないレベルに低減でき、エレベーターの乗り心地を格段に向上させることができる。

4-3 騒音

走行中のかご内の騒音の原因としては、ガイドローラーの転動音、かご室のファンやクーラーの騒音、また機械室から漏れてくる巻上機の音などが上げら

れる。しかしながら、高速エレベーターで特有の問題として、かごが昇降路内を高速で走行するときに引き起こされるかご周りの空気流の乱れによって生じる音、いわゆる風音がある。風音のエネルギーはエレベーターの走行速度の6乗に比例して増加することが知られており、特に超高層ビル向けの超高速エレベーターでは風音対策が重要な技術となる。

そこでここでは、現在世界最高速のエレベーターである横浜ランドマークタワー（昇降行程：267m、速度：750m/分）で実施したかご内騒音対策について概要を説明する（Fig.12参照）¹⁰⁾。

1) 新かご構造

a) 二重壁構造

昇降路内をエレベーターのかごが高速で走行する場合、かご室の周りに空気流の乱れによる圧力変動が発生する。この圧力変動は、かご室の外壁を振動し、かご内の騒音の原因となる。

そこで、外壁の振動がかご内に伝達しないように二重壁構造とし、外側の壁と内側の壁を独立させ振動を絶縁した。さらに外壁の材料として制振鋼板を使用し、振動の発生をできるだけ抑えた。

b) 吸音構造換気ダクト

昇降路内の騒音は、かご室の隙間や穴を通過がかご内に侵入する。したがって騒音対策のためには、かごの隙間や穴をできるだけふさぐのが望ましい。しかしながらエレベーターのかごは、停電などで緊急停止し、かご内に乗客が閉じ込められた場合にかご内の酸素量が低下しないように十分な換気を確保する必要がある。そこで換気量を減らすことなく騒音の侵入を防ぐため、吸音ダクト構造にすることによって遮音性を向上させた。

以上のような対策により、750m/分で下降運転時に従来の何の対策もしない場合に比べて、かご内の騒音を約10dB(A)低減することができた。

2) 流線型カバー

前述したかご室周りの空気流の乱れは、それ自体が風音となり騒音の大きな原因となる。そこでFig.13に示すような流体力学のコンピューターシミュレーションおよび12.5分の1モデルを用いた風洞実験を行い、かご周りの空気流の乱れを抑制する流線型カバーの最適形状を決定した。

さらにかご室の出入り口側面と昇降路壁面との間で生じる空気流の乱れを抑制するために、流線型カバーのかご室出入り口側に整風用スポイラーを取り付けた。また流線型カバーの内側に吸音材を貼り、

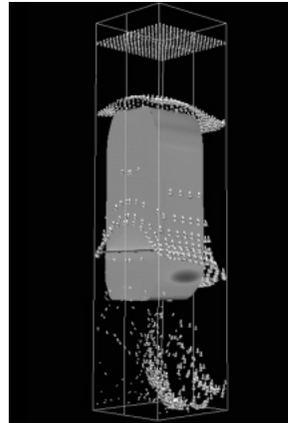


Fig. 13 かご周りの空気流シミュレーション

カバー内の騒音を抑制し、かご室天井から流入する音を小さくした。

これらの対策の結果、さらに約8dB(A)の減音効果が得られた。

3) 吸音二重床

エレベーターのかご室は四方を壁に囲まれた閉空間であるため、外部から流入した騒音はかご室壁からの反響の影響（残響効果）により騒音レベルが上昇する。そこでランドマークタワー向けエレベーターでは、従来のかご室では考慮されていなかったかご室内の残響効果を抑制するための対策として、吸音二重床構造をとった。

すなわち床に多孔質材であるじゅうたんを敷き、さらにその下面にパンチングメタル(穴あき板)と空気層を設けた二重床構造を設けた。このような対策の結果、かご室内の残響音パワーレベルを約40%低減できることを確認した。

以上の新かご室構造、新流線型カバー、吸音二重床に加え、ドアの遮音性向上など各種対策を実施し、かご内騒音を上昇時に50dB(A)、下降時に52dB(A)に抑えることができた。

5. まとめ

1889年に初めてニューヨークにおいて電気式エレベーターが登場して以来、建物の高層化とともにエレベーターの高揚程化と高速化は加速度的に進んできた。現在世界最高速のエレベーターは横浜ランドマークタワーの分速750mのものであるが、今後ともさらに高速、高揚程のエレベーターが実現されると予測される。その際最も考慮する必要があるのは、エレベーターが一般の人が使用する公共の交通機関

であることから、利用者である乗客の安全性と快適性を確保することである。

本論文では、従来のエレベーターで実現してきたエレベーターの安全性と快適性を実現するための技術について述べたが、その実現を支えたのはマイクロエレクトロニクスや新材料、またコンピューターによるシミュレーションなどの最新の科学技術である。今後とも、新しいエレベーター開発に向けて、これらの技術はさらに重要になると思われる。

参考文献

- 1) 寺園、松倉『エレベーターハイテク技術』オーム社、1994年
- 2) 「建築基準法及び同法関連法令」『昇降機技術基準の解説2002年版』(社)日本エレベータ協会
- 3) 木村、木村『昇降機設備のためのエレベーター、エスカレーター』オーム社、1973年
- 4) 渡辺「超高速・高揚程エレベータの速度制御の動向と課題」『電学論D』Vol.109、No.9、1989年
- 5) 谷口編『振動工学ハンドブック』養賢堂、1985年
- 6) Utsunomiya, Okamoto, et al.: Active Roller Guide System for High speed Elevators, ELEVCON 2001, 2001
- 7) 船井、桧垣他「エレベーター用アクティブ制振装置の開発」『昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩』日本機械学会、2002年
- 8) 桧垣、山崎他「超高速エレベータ対応アクティブ制振技術の開発」『日本機械学会第13回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集』2001年
- 9) 豊島、上村他「AMDによる超高速エレベータの振動制御」『日本機械学会第5回交通物流部門大会後援論文集』1996年
- 10) 棚橋、西村他「横浜ランドマークタワー向け速度750m/minエレベーターの振動・騒音対策と電気システム」『三菱電機技報』67、No.10、1993年