

超高速エレベーターの昇降路用機器

石川雅洋*
白附晶英*

Electric Devices for High Speed Elevator

Masahiro Ishikawa, Akihito Shiratsuki

要旨

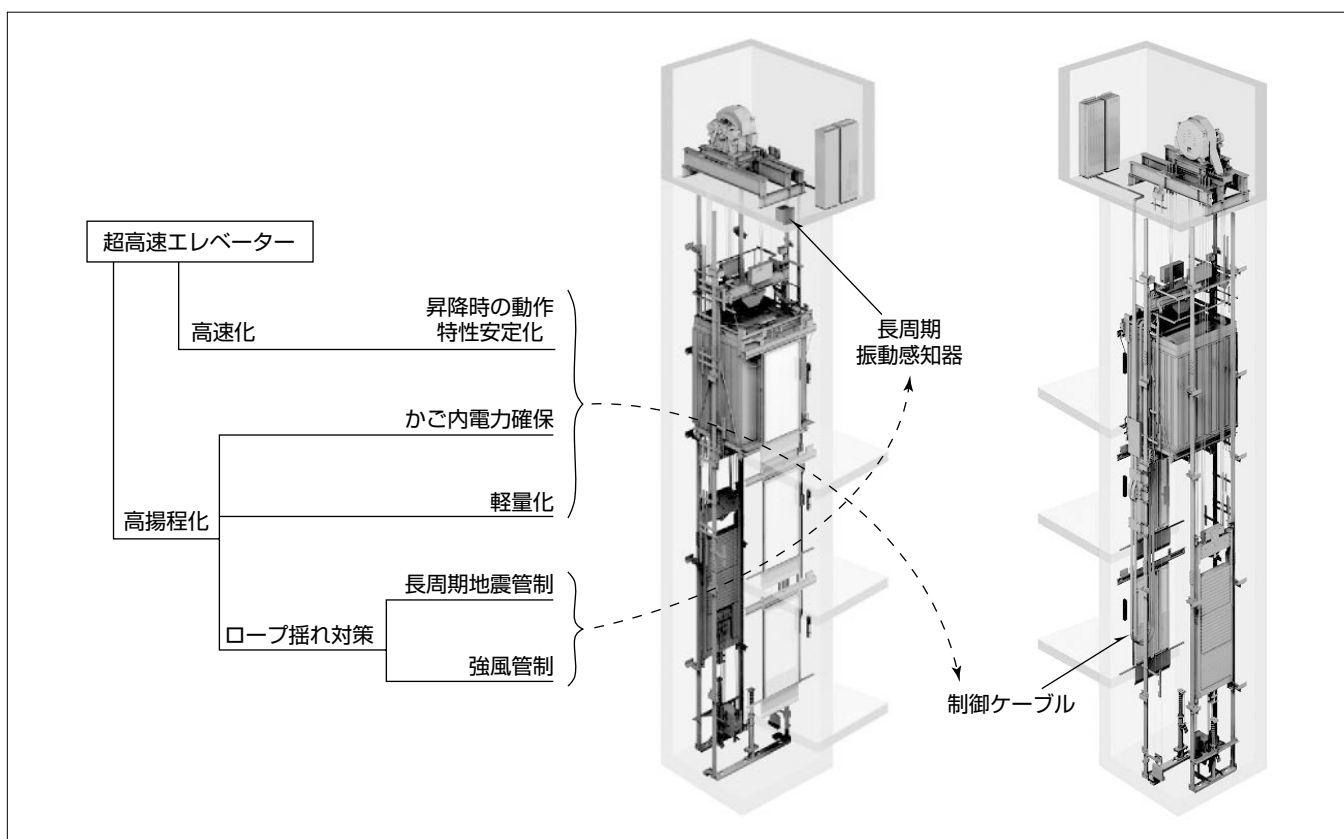
相次ぐ超高層ビル建設に伴い、長距離を短時間で移動できる超高速エレベーターのニーズが高まっているが、超高速エレベーターの実現では、高速昇降時の機器の安定動作、建物揺れへの対応、高速昇降時に感じる不快感解消、そしてモニュメンタルな建物にふさわしい付加仕様への対応等の検討課題がある。

三菱電機では、次に述べる昇降路用機器の開発によって、これらの課題を解決した。

かごへ電力と制御信号を送る制御ケーブル(テールコード)では、多心化によって使用本数を抑制することで昇降路スペースの制約に対応し、かつ付加仕様にも対応できるだけの導体数と光ファイバ、ツイストペア線を確保し

た。そして、制御ケーブルの外装(シース)及び絶縁体に、それぞれ従来材質(ビニル材)より軽量の耐熱弾性ポリオレフィン、エチレンプロピレンゴムを採用し、従来のビニル材に比べ約20%の軽量化を図るとともに、温度による特性変動を抑制し、超高速での昇降時における動作特性の安定化を実現した。

また、長周期振動や強風によるロープ揺れ対策として、建物と共振する場合のロープの振れ幅をリアルタイムで推定可能な長周期振動感知器と、それを用いた建物振動管制運転を開発し、サービスの低下を最小限にしつつ、ロープ類の破損、昇降路機器への引っかかり対策を行った。



超高速エレベーターの検討課題と昇降路用機器

高速化、高揚程化に伴い上図に示すような検討課題が生じるが、制御ケーブル、長周期振動感知器を開発することでこれらの課題を解決した。

1. ま え が き

近年、世界各地、特に中東やアジアで超高層ビルの建築が増加している。台湾の台北101(高さ508m, 2004年竣工(しゅんこう))や、アラブ首長国連邦のブルジュ・ハリファ(高さ828m, 2010年竣工)はその好例である。昨今の景気減速の影響によって、開発プロジェクトの凍結や中止が伝えられる案件もあるものの、今後も超高層ビル建設のトレンドは継続することが予想される。

超高層ビルでは、縦方向の移動手段として、高揚程の超高速エレベーターが要求される。超高速エレベーターの実現には、かごやそれを動かすための巻上機、制御盤といった主要機器のほか、かごが移動する昇降路に設置された機器(昇降路用機器)でも、超高速の昇降に対応するための設計が必要となる。

本稿では、超高速エレベーターを実現するための昇降路用機器について述べる。

2. 超高速エレベーターの全体構成

超高速エレベーターでは、ロープ式エレベーターの代表的な駆動方式であるトラクション方式が採用されている。これは、かごとつり合いおもりをロープで連結し、“つるべ”式に綱車にかけ、ロープと綱車との摩擦力(トラクション)を利用して昇降させる構造である⁽¹⁾。

かごには制御ケーブルと呼ばれる、かごで必要な電力と制御信号を伝達するためのケーブルが接続されている(図1)。

昇降路の頂部には機械室と呼ばれるスペースがあり、かごを昇降させる巻上機、制御盤はここに設置される。その他、かごの速度が規定値を超えたことを検出し、エレベーターを停止させるための调速機や、ロープの揺れを検出するためのセンサである長周期振動感知器も機械室に設置される(図2)。



図1. かご外観の一例

3. 昇降路用機器

3.1 制御ケーブル

制御ケーブルは可動ケーブルの一種である。その一端は昇降路の中間部に設けられた懸架器具(吊手)に吊り下げられている。もう一端はかご下に設けられた吊手に吊り下げられ、昇降路内でU字形を描いた状態になっている。かごが昇降すると、制御ケーブルはかごと連動して昇降し、その昇降速度(U字形底部の移動速度)は、かごの昇降速度の1/2となる。

超高速エレベーター用の制御ケーブルでは、次の項目に留意した最適設計を行った。

(1) 導体構成

超高速エレベーターはモニュメンタルな建物に据え付けられるため、かごにエアコンや防犯カメラ、カードリーダーなどの付加仕様の機器が付く場合が多い。これらに対応するには多くの電線が必要となるが、昇降路内の機器配置スペースの制約から、制御ケーブルの本数を増やすことでは解決できない場合がある。特に、定員が少なく、かごが小さいエレベーターでは対応が困難となることが多い。

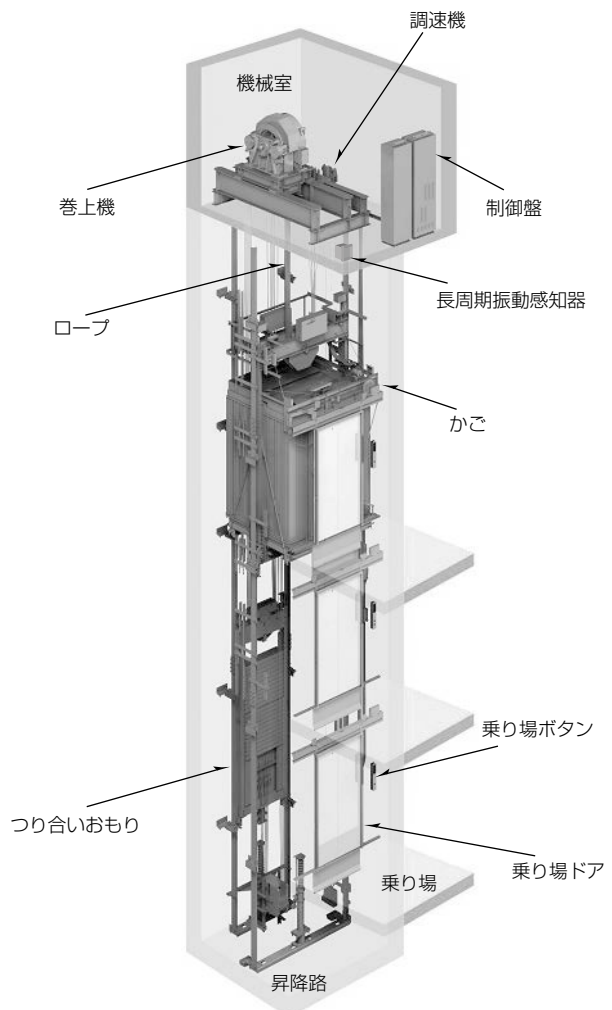


図2. 昇降路全体



図3. 制御ケーブルの一例⁽²⁾

そこで、照明やドアなどの標準仕様の機器に加えて、付加仕様の機器の電力や駆動・制御信号を不足なく伝達可能で、かつ制御ケーブルの本数が少なくなるよう、1本の制御ケーブルの中に導体(断面積 0.75mm^2)や光ファイバ、ツイストペア線を合計100本以上複合した構成を採用した(図3)。

(2) 軽量化

超高速エレベーターは高揚程になる場合が多いため、制御ケーブルの吊り下げ長さも大きくなること、また先に述べたように多心化の必要性があることから、制御ケーブルの質量は増加する傾向になりやすいが、質量増は他の機器に与える影響が大きいので注意を要する。例えば、かごには非常止め装置と呼ばれる、かごの速度が規定値を超えた場合に動きを止めるための安全装置が設けられているが、制御ケーブルの質量増によって負担過重が増大すると、非常止め装置が大型化するといった例が挙げられる。

そこで、質量増を抑制するため、制御ケーブルの外装(シース)及び絶縁体に、それぞれ従来材質(ビニル材)より軽量の耐熱弾性ポリオレフィン、エチレンプロピレンゴムを採用した。これによって、従来のビニル材に比べ約20%の軽量化を実現し、先に述べたような他機器への悪影響を防止した。

(3) 特性の安定化

一般に、シース及び絶縁体は温度によってその特性が変動し、制御ケーブルの曲がりやすさに影響を与える。特に影響が大きいのは低温時で、シース及び絶縁体が硬くなることで曲げ特性が悪化すると、かごの昇降に伴う曲げ伸ばしに制御ケーブルが追従せず、動作特性が悪化する(昇降時に制御ケーブルの振れが大きくなる)傾向にある。また、超高速エレベーターではかごが高速で昇降するので、ケーブルの曲げ伸ばしも高速となり、動作特性は悪化傾向となる。

今回開発した制御ケーブルでは、温度による特性変動が小さい材質を採用し、この点に対処している。すなわち、シース及び絶縁体の材質改善によって、特性安定化と先に述べた軽量化の両方を実現している。



図4. 長周期振動感知器

また制御ケーブルの断面形状を、ケーブルでは一般的な丸形ではなく薄平形としていることも、ひねりや回転を抑制し、安定した挙動を維持するのに寄与している。

3.2 長周期振動感知器

長周期振動とは、数秒から10数秒のゆっくりとした周期の揺れのことを指す。この揺れが数分にわたり継続し、高層建物の固有周期と一致すると、大きな建物振動が数分以上継続し、これに共振したロープ類が大きく振れる場合がある。実際、2003年の十勝沖地震や2004年の中越地震などで、発生した震源から150km以上距離のある平野部での比較的長い周期(4~7秒)の地震動によって、地震感知器(P波、S波)が動作しなかったにもかかわらず、ロープ類が大きく振れて昇降路機器と接触し、ロープ類が破損にいたる事象が確認されている。

これに対処するため、長周期振動を検出可能な長周期振動感知器と、これを用いた建物振動管制運転を開発した(図4)。

長周期振動感知器は、長周期で加速度が小さく、従来の地震感知器では検出できない長周期地震動を検知し、建物と共振する場合のロープの振れ幅をリアルタイムで推定し、振れ幅に応じた管制運転を実施する。乗客が避難した後は、退避運転機能によってロープが共振しにくい階へかごを自動的に退避させ、機器の損傷を低減する。また、ロープの振れ幅が小さい場合には、建物の揺れが収束し所定の時間が経過した後に、自動的に通常運転に復帰し、サービス低下が最小限になるよう設計した(図5)。

ところで、強風によっても建物揺れは発生するので、地震の発生しない地域でもロープ揺れ対策が必要となってくる。先に述べた感知器及び管制システムは強風管制にも対応可能としているが、この場合には、長周期振動感知器を用いるのではなく、建物に設置されている風速計の計測値を利用して管制運転を行うシステム構成もある。

なお日本国内では、2005年に発生した千葉県北西部地震を契機として、“昇降機耐震設計・施工指針”が2009年度版として改定され、この中に長周期地震対策が盛り込まれた。ここでは、建物高さが120mを超える場合に長周期振動感

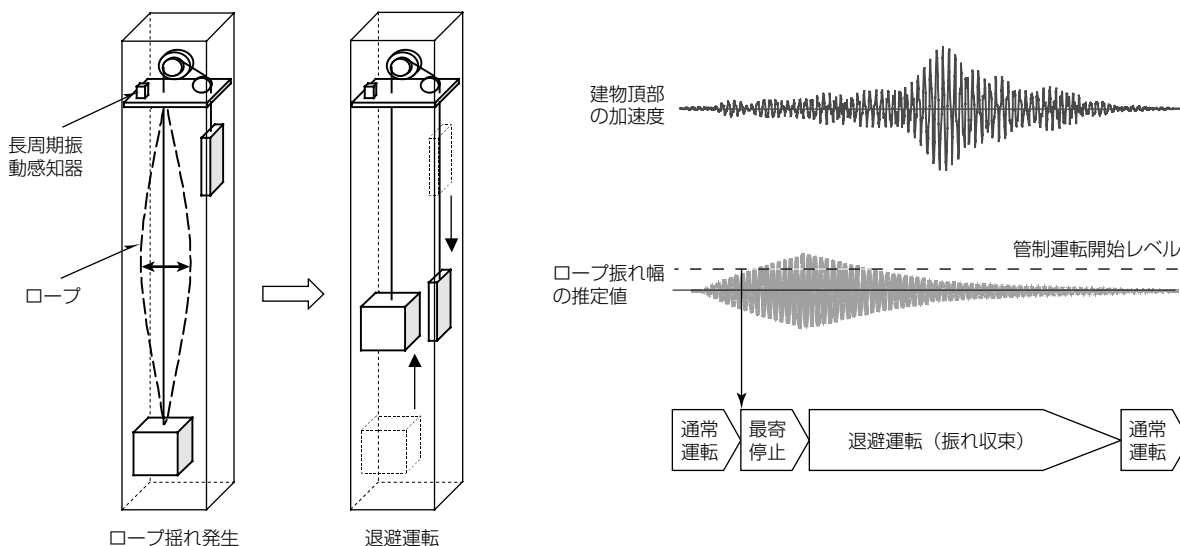


図5. ロープ揺れと管制運転のイメージ

知器を適用することや、振れ感知周波数範囲をおおむね0.1から0.5Hzの範囲とすること、そして管制運転のフローが示されている⁽³⁾。当社の長周期振動感知器及び建物振動管制運転は、この指針を満たす設計としている。

4. むすび

冒頭に述べたように、超高層ビルは今後も増加していくと予想され、それらに必要不可欠である超高速エレベーターのニーズも高まっていくものとする。本稿では、超高速エレベーターを実現するための昇降路機器について述べた。これらの機器開発を進め、この事業を推進していく所存である。

参考文献

- (1) 三菱電機(株)：エレベーター・エスカレーターの仕組み <http://www.mitsubishi-elevator.com/jp/html/inquiry/mechanism/index.html>
- (2) (株)フジクラ：ノンハロ難燃軽量型超多心エレベーターケーブル初納入，フジクラニュース，No.345 (2010) http://www.fujikura.co.jp/f-news/1198873_4018.html
- (3) 国土交通省 住宅局 建築指導課，(財)日本建築設備・昇降機センター，(社)日本エレベーター協会：建築基準法及び同法関連法令 昇降機技術基準の解説 2009年度版 分冊 昇降機耐震設計・施工指針 2009年度版，(2009)