

高速エレベータ用15T巻上機

🌀 巻上機，エレベータ，PMモータ，シーブ，ブレーキの2重化

* 東 義高 Yoshitaka Higashi ** 豊川 慶 Kei Toyokawa
 *** 井上重夫 Shigeo Inoue **** 山田幸治 Koji Yamada

概要

世界のエレベータ市場の拡大は著しく、大都市部への人口の集中に伴い、より高速・大容量のエレベータへの要求が高まっている。当社は、積載荷重2000kg - 速度240m/minに対応する高速エレベータ用15T巻上機を開発・製品化した。従来、高速エレベータではシーブ（綱車）の両側に軸受けスタンドを配置して軸荷重の保持を行う両持ち構造が一般的であったが、片持ち構造を採用して、シーブの容易な交換を可能とした。また、巻上機構造の最適化により従来機比10%の軽量化を実現した。

2009年9月30日施行の建築基準法改正に伴い、エレベータ巻上機には、ブレーキの2重化、軸受けの油漏れ対策が必要となり、この新安全基準に対応した設計を行った。



高速エレベータ用15T巻上機

1. ま え が き

エレベータ分野においては、機器の小形・薄形化と共に、据え付け調整の簡易化及びメンテナンス時間短縮が要求されてきた。近年、省エネルギー化の要求の高まりに伴い、巻上機は減速機付き誘導電動機から永久磁石式同期電動機（PMモータ：Permanent Magnet Type Synchronous Motor）を用いたギヤレス形へ移行し、駆動装置はIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）インバータが主流となり、更に回生電力を有効活用するために回生コンバータが適用されている。

当社は、30年以上にわたりエレベータ用電気品の製品開発を行ってきた。最近では、取り分けPMモータ及び巻上機の開発に注力しており、本稿では、**高速領域の巻上機とその特長について紹介する。**

2. 適 用 範 囲

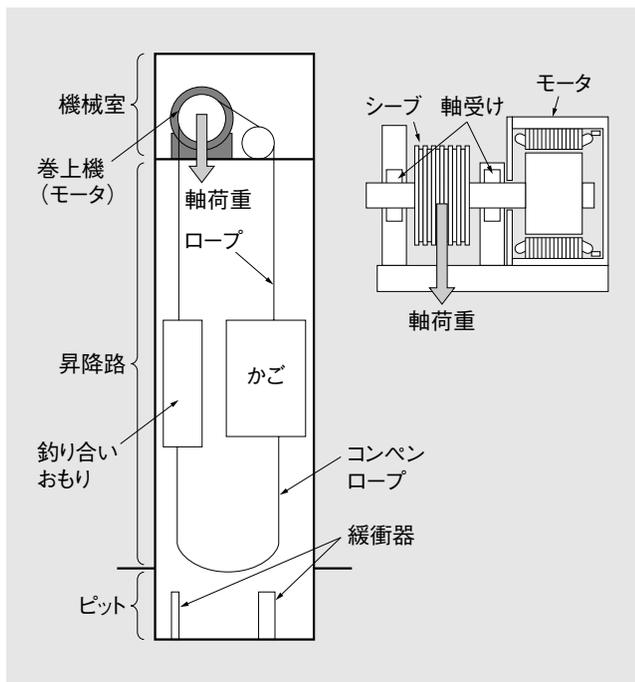
第1図に当社エレベータ用電気品の適用範囲を示す。昇降速度105m/min以下の領域は中低速に区分され、120-240m/minの領域が高速領域である。

昇降速度 (m/min)	速度区分	積載荷重 (kg)			
300-900	超高速	30-100T			
120-240	高速	15T			
30-105	中低速	3T	5T	10T	IM
		450-1000	1150-2000	2500-3500	4000-6000

第1図 エレベータ用電気品の適用範囲
 当社エレベータ電気品に適用可能な積載荷重と昇降速度の関係を示す。

*回転機技術部 **MEIDEN HANGZHOU DRIVE SYSTEMS CO., LTD. (MHD)

MEIDEN SHANGHAI CO., LTD. (MTS) *電動力応用事業開発部



第2図 高速エレベータの構造
一般的にビルなどで使用される高速エレベータの内部構造である。

る。当社は、この高速領域に適用可能な軸荷重15tクラスの巻上機を開発・製品化した。

3. 仕様

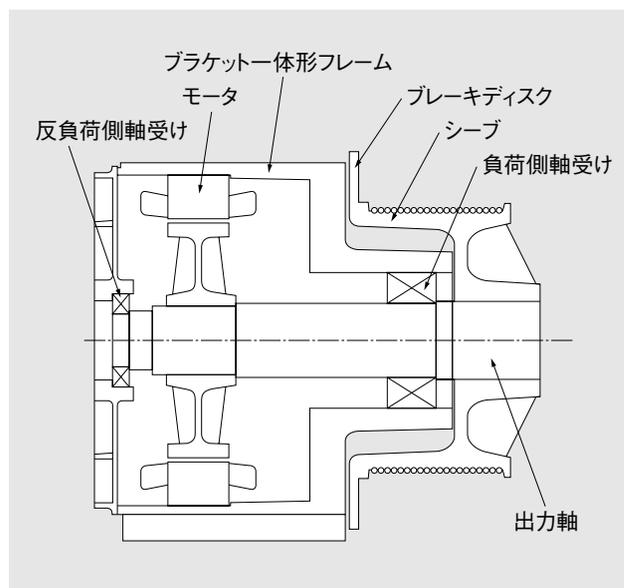
第2図に高速エレベータの構造を示す。巻上機は最上階の機械室に設置され、モータでシーブ（綱車）を回転させることによってロープを動かし、かごと釣り合いおもりを昇降させる。また、巻上機の軸には、ロープ・かご・釣り合いおもりの質量を支持するために大きな軸荷重がかかる。低速エレベータではモータ出力軸で荷重を支える片持ち構造が主流であるが、高速エレベータでは、昇降行程が長くなり、ロープ質量が増すため軸荷重が増加する。そのため、高速エレベータではシーブの両端に軸受けスタンドを配置し、軸荷重に対する構造部材の強度と軸受け寿命を確保する両持ち構造が一般的である。但し両持ち構造では、軸受け支持部を分解しなければシーブの取り付け・取り外しができないため、容易にシーブの交換ができない問題があった。

以上のような高速エレベータ特有の現状と課題に対応し、当社の巻上機は以下の特長を有する。
(1) 高速エレベータ用巻上機としては初めてシーブ片持ち構造を採用することにより、シーブの交換を容易とし、メンテナンス性の向上を実現

第1表 基本仕様

外形寸法は、従来の両持ち構造に比べて体積比15%減の小形化を実現した。

項目	仕様
積載荷重	2000kg
昇降速度	240m/min
定格出力	50kW
極数	24極
定格回転数	255min ⁻¹
軸荷重	147,000N
シーブ直径	600mm
ブレーキトルク	3377N・m
寸法	W1012×H1030×L1127mm



第3図 シーブ片持ち構造図
シーブの内側に負荷側の軸受けを潜り込ませる構造であり、従来のシーブ両持ち構造よりも小形化できる。

- (2) 電磁界解析を駆使し、磁石形状を最適化することにより、低トルクリプルと滑らかな乗り心地を実現
- (3) 低速・高トルクな特性を持たせることにより、ギヤレス化を実現

第1表に本エレベータ巻上機の基本仕様を示す。

4. 15T巻上機における検討事項

4.1 シーブ片持ち構造の実現

シーブをモータ出力軸で支える片持ち構造で両持ち構造より体積・質量を小さくするには、軸受けにかかる荷重を大きく低減することが重要となる。その上で、フレーム強度の確保とシーブのたわみ量を低減する必要がある。

本巻上機では第3図に示すように、シーブの内

径に負荷側の軸受けを潜り込ませる構造を採用した。また、フレームと負荷側ブラケットの一体化・シーブとブレーキディスクの一体化を行うことで以下のことを達成した。

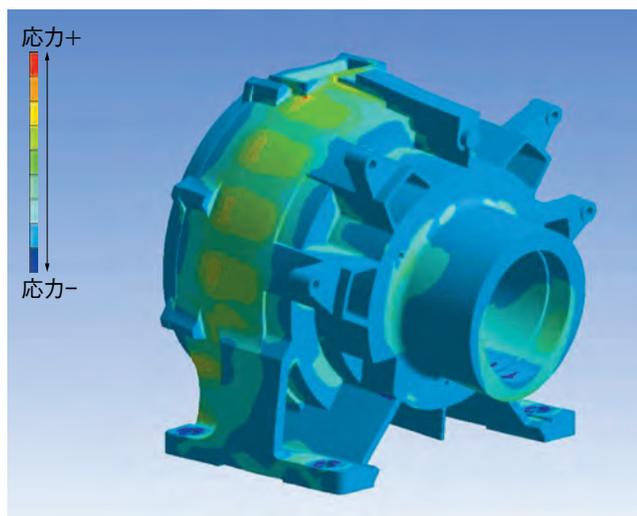
- (1) 負荷側軸受けからシーブ荷重中心までにオーバーハング量短縮により、軸荷重の曲げモーメントを縮小
- (2) シャフトのたわみを縮小
- (3) シーブの傾きを縮小
- (4) 軸受け寿命の確保

4.2 軽量化と小形化

CAE解析によりフレームの強度解析を行った。特に応力集中を発生させないよう形状を最適化した。具体的には、応力が大きい隅部のR径を拡大し、微小な範囲にかかる応力集中部分は円筒形状に近づけることにより応力を拡散させた。第4図にフレームのCAE解析結果を示す。応力の小さい部分は薄肉化を実施し軽量化した。シーブ内に軸受けを潜り込ませる構造で軸受け寿命を確保し、且つ軸方向の長さを短縮した。また、シーブとブレーキディスクの一体化で小形化した。これらにより従来の両持ち構造より質量比で10%減、体積比で15%減を達成した。

4.3 低トルクリプル化・高効率化

固定子の分数スロット、スロットスキューの採用及び電磁界解析による磁石形状の最適化により、エレベータ用として望まれる低トルクリプル化と高効率化を実現した。



第4図 CAE解析結果

シーブ内に軸受けを潜り込ませる構造により、応力を拡散させて強度を確保した。

4.4 国交省新安全基準への対応

2009年9月30日に施行された建築基準法改正に伴い、エレベータ用巻上機の安全性に対して、主に以下2点の要求が追加された。本巻上機は、この新安全基準に対応している。

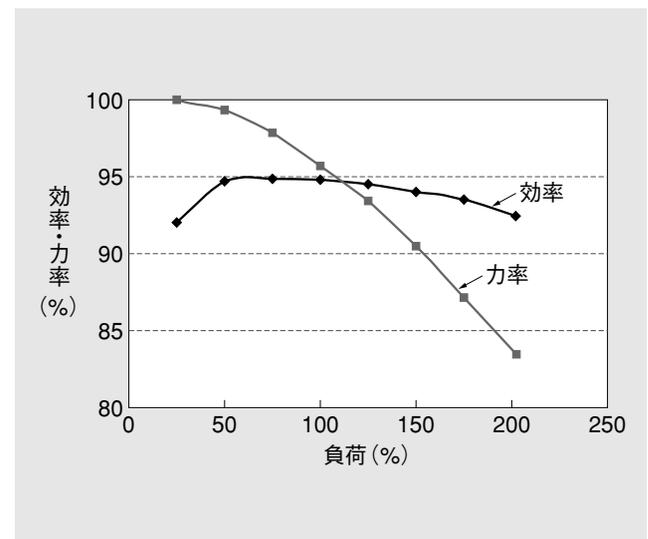
- (1) ブレーキの2重化 新安全基準ではブレーキ装置を2組設けることにより、1個のブレーキで定格積載の100%荷重の制止保持及び制動能力があることが求められている。本巻上機は2つの電磁クランプと大径ブレーキディスクを配置することで上記条件を満足し、シーブとブレーキディスクを一体化することでディスクの円環強度を増し、ブレーキディスク面の変位量を低減している。
- (2) 軸受けの油漏れ対策 新安全基準では制動力に影響を与える場所に油が付着するのを防止し、保守点検時に外部から油漏れを確認できる構造が求められている。

本巻上機の油漏れ対策はオイルシールとラビリンス構造の2重シールとなっており、また、オイルシールが劣化した場合の油漏れについては、モータ下部のドレンから確認できる構造としている。

5. 実機による検証試験

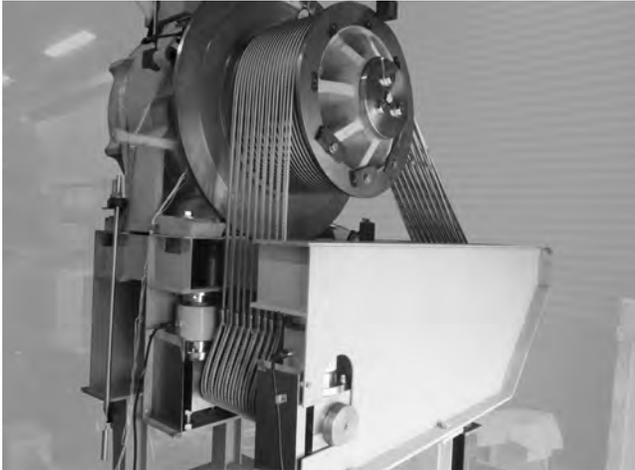
5.1 実負荷試験

第5図に本モータの効率・力率のグラフを示す。定格出力で効率94%、力率95%以上を達成しており、近年の省エネルギー化のニーズに十分対応できることを確認した。



第5図 実負荷試験における効率・力率

定格出力での効率・力率測定結果であり、高効率である。



第6図 軸荷重試験装置

軸荷重試験の実験構成を示しており、応力とフレーム強度を測定することを示す。

5.2 軸荷重試験

軸荷重試験では、フレームにかかる応力の解析値との比較及びフレーム強度の確認を行った。

第6図に軸荷重試験装置を示す。試験より、応力集中部の応力は解析値と十分に合っており、負荷される軸荷重に対して十分な強度を確保していることを確認した。

5.3 ブレーキディスクの変位量測定

最大軸荷重（147,000N）負荷時に、ブレーキディスクがブレーキパッドと接触しないような変位量であることを解析及び実測で確認した。最大軸荷重負荷時のブレーキディスクの変位量は、ブレーキギャップ長に対し十分余裕があり、解析値ともよく一致していた。

5.4 油漏れ試験

油漏れ試験を行い、油漏れに対する構造の検証を実施した。油はドレンから排出され、ドレン以外から油が漏れることはなく、ブレーキ制動面には到達しないことを確認した。

6. む す び

以上、高速エレベータ用15T巻上機について紹介した。今後、更なる性能・安全性のニーズがより一層強くなるものと思われる。当社は、これらの要求に対応するため、開発に取り組む所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



東 義高 Yoshitaka Higashi
電動機の開発に従事



豊川 慶 Kei Toyokawa
電動機の開発に従事



井上重夫 Shigeo Inoue
電動力応用システムのエンジニアリング業務に従事



山田幸治 Koji Yamada
電動力応用システムのエンジニアリング業務に従事