810 m/min エレベーター 非常止め装置用摩擦材

岡田 亮二¹⁾ 山田 俊宏²⁾ 簀河原 準³⁾

1. 緒 言

ビルの超高層化に伴い、ビル内の垂直輸送手段であるエレベーターの高速化はますますその必要性を増している。エレベーターの高速化は、駆動機器、制御機器ばかりでなく、安全装置も性能向上を必要とし、特に速度の2乗に比例する運動エネルギーを持つかごを停止させる非常止め装置は、その性能向上が不可欠である。

従来用いられてきた鋳鉄を中心とする鉄系材料では、800 m/min を超える速度では制動が困難になると予測⁽¹⁾され、特殊セラミックスを摩擦材に用いた非常止め装置が開発されている⁽²⁾。

今回、810 m/min という超高速のエレベーターを開発するため、従来を大幅に上回る運動エネルギーを持つかごを安定に制動できる非常止め装置用摩擦材の開発を進めた⁽³⁾。開発した摩擦材の特性と、開発した摩擦材を用いた非常止め装置の性能について報告する。

2. 非常止め装置の課題

(1) 非常止め装置の構造

非常止め装置とはロープが破断し、かごが落下した場合、乗客の安全を確保するため、平均減速度が0.35~1 Gの範囲で落下する乗りかごを停止させる安全装置である。図1は非常止め装置構造の概略を示す。非常止め装置は通常かごの下端部に2台(1組)設置されており、かごが最高速度を超え所

定の速度に達すると、くさび状の摩擦材が壁に固定されたレールをはさみ込み、落下するかごを摩擦によって停止させる構造である。

(2) 非常止め装置の課題

図2は各種仕様から試算した非常止め装置が制動すべきエネルギー(制動エネルギーと称する)を比較した結果である。最高速度が810 m/minのエレベーターでは非常止め装置の動作速度が950 m/minを超え、制動エネルギーは非常に大きくなる。その結果、従来の鉄系材料では摩擦熱と摩耗によって落下するかごを安定に停止させることが困難となっており⁽¹⁾、特性の優れた摩擦材の開発が求められていた。

3. 摩擦材の開発

(1) 検討材料

非常止め装置用摩擦材には高摩擦係数、耐摩耗性が求められ、制御エネルギーが大きくなると耐熱性が必要となる。さらに、人命を守る安全装置の部材であるため、摩擦係数の安定性、靱性、加工性などの特性が不可欠である。

図1 非常止め装置。

* 株式会社日立製作所
機械研究所：1)主任研究員 2)センター長
水戸工場：3)主任技師
Braking Materials for Emergency Stop Device of Super High Speed Elevator (810 m/min); Ryoji Okada, Toshihiro Yamada, Jun Sugahara (Hitachi, Ltd.)
1995年1月25日受理

図2 制動エネルギーの比較.

そこで、筆者らは耐熱性は劣るものの摩擦係数の安定性、靱性、加工性に優れ、従来非常止め装置摩擦材として実績の有る鋳鉄を中心に検討した。しかしながら、前述のごとく従来の鋳鉄では、図2に示すような3 MJを超える制動エネルギーは、摩擦熱の影響によって安定に制動することは困難である。そのため、耐熱性の改善を中心に Cr, Ni, P を添加した鋳鉄を試作して摩擦特性を評価し、最適な組成・組織の鋳鉄を決定した。

(2) 摩擦試験機と試験条件

図3は試作材の評価に用いた摩擦試験機の概略を示す。本試験機はレール材料であるSS400で制作した円盤状の試験片TP2($\phi 720$ mm)、試作鋳鉄で制作したピン状の試験片TP1、TP1をTP2に押し付け移動させるXテーブル、Yテーブル、さらに駆動系と測定制御系から構成される⁽⁴⁾。

試験は、回転するTP2にTP1を押し付け、同時にTP2の回転を減速させ、非常止め装置動作時の減速する速度変化を模擬する。この間の停止に至るまでのTP1の押し付け力、TP1とTP2との間の摩擦力、回転数、摺動半径を測定し、摩擦速度と摩擦係数との相関を測定した。試験条件は810 m/min エレベーター用非常止め装置の動作条件から設定した。表1に試験条件をまとめる。

(3) 開発摩擦材の特性⁽⁵⁾

図4は上記摩擦試験で決定した摩擦特性の最も優れた材料(以後、開発材と称する)と、従来摩擦材の一つであるFC250の、摩擦開始から停止に至る摩擦係数の変化を示す。開発材はFC250と異なり、摩擦直後の摩擦係数の低下が認められず、変動が少なく高く安定した値を示す。

図5、6は摩擦試験機結果から求めた平均摩擦係数と比摩擦耗量をFC250の値と1.0として相対値で示したものである。開発材はFC250に比較し、平均摩擦係数が約1.5倍、比摩擦耗量が約1/10の優れた特性を示す。

表1 摩擦試験条件.

面 圧	6~10 kg/mm ²
摩 擦 速 度	10~16 m/s
減 速 度	6~10 m/s ²

図3 摩擦試験機.

図4 摩擦係数の変化.

4. 落下試験による確認

開発した摩擦材を採用した非常止め装置を用いて、実機エレベーターと同等の動作条件で性能を確認する落下試験を行い、最終性能を確認した。図7は落下試験結果の一例を示す。この結果は全重量が13000 kgとなる錘を積載したかごを約40 mの高さから落下させ、964 m/minに達した時点で非常止め装置を動作させて、落下するかごを停止させた際の速度変化である。

摩擦材とレールとが摺動した摩擦跡から求めた摺動距離を用いて算出した平均減速度は0.76 G(7.45 m/s²)であり、かごの傾きとともに国内規格およびANSI(American National Standards Institute)規格の規定範囲内である。

図5 摩擦係数の比較.

図6 比摩擦耗量の比較.

図8は、上記落下試験における摩擦係数の変化を示す。摩擦係数は変動が少なく、安定した特性を示し、摩擦試験機で求めた特性とほぼ一致している。

また本非常止め装置は、540 m/min エレベーター用非常止め装置の制動エネルギーの3倍以上である約3.5 MJを保証し、さらに装置質量の軽量化を達成している。

5. 結 言

(1) Cr, Ni, Pの添加によって高温強度の低下を防ぎ、FC250に比較して平均摩擦係数約1.5倍、比摩擦耗量約1/10の鋳鉄を開発した。

(2) 開発材を採用した非常止め装置を用いて落下試験を行い、13000 kgの落下質量を964 m/minの速度から所定減速度で停止させることができた。かごの傾きとともに国内規格およびANSI規格の規定範囲内であることを確認した。

(3) 540 m/min エレベーター用非常止め装置の制動エネルギーの3倍以上を保証し、さらに軽量化を達成した高性能

図7 落下試験結果.

図8 落下試験における摩擦係数.

非常止め装置を実現した。

(4) 摩擦材と非常止め装置に関連し、特許10件を出願している。

文 献

- (1) 岡田亮二, 岡田克巳, 吉田忠弘, 土方明躬: 潤滑, **24**, 1 (1979) 27.
- (2) 杉田和彦, 西村信寛, 岡田浩二: 日本機械学会 (No. 930-6) 講演会講演論文集, (1993), 37.
- (3) 重田政之, 目黒都志雄, 稲葉博美, 岡田亮二: 日立評論, **75**(1993. 7), 7.
- (4) 岡田亮二, 簀河原 準, 田中正勝: 日本金属学会秋期大会講演概要集, (1993), 225.
- (5) 岡田亮二, 山田俊宏, 簀河原 準: 日本機械学会 (No. 940-57) 講演会講演論文集, (1994), 183.