

## 事故原因についての考察

### 1. はじめに

港区が4号機で行った実験から、5号機のソレノイドの出力がどれだけ低下すれば、ブレーキライニングの磨耗が発生するかを推定し、エスイーシーエレベータが事故機で測定したソレノイドなどのデータを用いて、事故機のソレノイドの出力がどの程度低下していたかを予測し、ブレーキライニングが磨耗した原因を考察します。

### 2. 港区の実験（日経ものづくり2007年12月号[1]）

表1. 実験結果

電流	ブレーキ	摩擦力	磨耗	すべり
0.75A以上	完全に開放	0	0	—
0.7A		100Nm	0.1mm	発生せず
0.55A		140Nm	最大	自重で発生
0.48A	一瞬動く	360Nm		—
0.25A	完全に閉			

巻き線数をTとすると、ソレノイドは0.75T以上でブレーキを開放することができ、0.48T以下でブレーキを閉状態にできる。そして0.55Tの時に磨耗量が最大となるような不十分な閉状態となる。

ブレーキコイルの定格電圧は80Vであり、コイルの抵抗値は44Ωなので、直列抵抗11Ωを介してDC100Vが印加されている。

### 2. 実験結果の考察

(1) 0.75A以上でブレーキが開放することから、ブレーキスプリングのバネ定数をk、変位をxとする。コイルの巻き数をT、ストロークをsとすると、 $0.75T = kx$ であり、0.75A以上ではストロークストッパーに当たってそれ以上バネの圧縮ができない構造になっている。

(2) 0.7Aで摩擦力が発生するから、 $0.7T = kx$ の  $x = s * (0.7 / 0.75)$   
 $= 0.93s$

ストロークの7%の変位で摩擦が発生する。

つまり、ブレーキが開放する起磁力から起磁力が7%低下すると摩擦が発生する構造になっていることが分かる。

(3) 0.48A以下では閉状態になる。 $0.48T = kx$ の  $x = s * (0.48 / 0.75)$   
 $= 0.64s$

つまり、起磁力が64%以下になるとブレーキは閉状態になる構造になっていることが分かる。

従って、起磁力がブレーキ開放から7%低下から36%低下の間ではブレーキライニングの磨耗が発生する。

### 3. ブレーキライニングの磨耗が発生した原因

F T A分析の結果[2]によれば、ブレーキライニングの磨耗が発生した原因として考えられる事象の一つが a. 機械的な故障、b. 地絡(本来ならソレノイドのコイルを流れる電流が途中からソレノイド外装等に対地短絡し、その先のコイルに電流が流れないことからソレノイドの出力低下が発生)、c. 線間短絡・層間短絡(本来なら線に沿ってコイル全体を流れるべき電流が、隣り合った線の間や層の間で起きた短絡箇所を介して部分的に電流の流れないところが生じ、ソレノイドの出力低下が発生)などの故障によるソレノイドの出力低下によりブレーキアームが開き切らなくなったことがあります。

実際、事故後のソレノイドの抵抗測定結果[3]では、本来、 $44\ \Omega$ であるべき、抵抗値が $27.5\ \Omega$ になっていました。このことから、コイルのターン数は実質的に、本来のターン数の $27.5 / 44 = 0.63$ に低下していたと考えられ、電流は $1.42$ 倍になっていますから、起磁力としては $0.89$ と $11\%$ 低下していたと考えられます。これは $7\%$ 低下から $36\%$ 低下の間に入りますから、ブレーキアームを引き切れず、そのために、ブレーキライニングとブレーキドラムの上に摩擦力が発生し、このような状態で長期間運転している間にブレーキライニングがすべりが発生するまでに磨耗したと考えられます。

地絡または、線間短絡・層間短絡が発生した原因としては、[2]で述べられているように、「本件エレベーターのブレーキ機構の特徴として重たいソレノイドが両ブレーキアームの間で吊り下げられている状態にある。もしアームに取り付けられているボルトが緩んでいると、ソレノイドの重さによって、スタッドボルトとブレーキアームの穴の間若しくはソレノイドの中のコイルの内側の部分とアクチュエータの間でせり(傾きが発生して接触面の摩擦抵抗がおおきくなる状態)が生じる可能性がある。」そうすると、コイルの絶縁膜が剥がれ、地絡や線間短絡・層間短絡が発生する可能性があります。

### 4. 参考文献

[1]港区エレベーター事故の再現実験を検証：日経ものづくり2007年12月号 PP38-41

[ここ](#)

[2]シティハイツ竹芝エレベーター事故調査中間報告書(第3次)

[ここ](#)

[3]「シティハイツ竹芝」No. 5号機エレベーターの挟まれ事故に関する見解書

[ここ](#)