

엘리베이터 사고예방을 위한 승강기 부품의 최적 수명 추정에 관한 연구

A Study on the Estimation of the Optimum Lifetime of Elevator Components for Elevator Accident Prevention

김 한 진* · 황 민 수** · 최 옥 만*** · 이 안 기**** · 김 재 철†
(Han-jin Kim · Min-soo Hwang · Og-man Choi · An-ki Lee · Jae-chul Kim)

Abstract - As of December 2016, there are 608,828 elevators in operation in Korea and 179,790 elevators in more than 15 years. 30.4% of all elevator are aging. Improved maintenance of the elevator and proactive replacement of the parts of the elevator can extend the lifetime of the elevator and ensure safety. An unclean environment reduces the lifetime of elevator parts. If you do not clean the environment and prevent preventive parts replacement, eventually shortening the lifetime of the parts connected to the failed part or causing more damage will result in greater economic loss. Also, the risk of elevator safety accidents due to failures of elevator parts will be increased accordingly. The study of optimum replacement time of elevator parts will contribute to prevention of safety accident of elevator and prolongation of lifetime of elevator through preventive replacement of elevator parts.

Key Words : Elevator lifetime, Expected lifetime, Preventive replacement, Optimum replacement time, Failure rate, Remodeling

1. 서 론

1.1 연구의 배경

2016년 기준으로 전체 승강기의 노후화 비율이 30%를 초과함에 따라 매년 3만대 이상의 승강기의 리모델링 및 교체공사가 진행되고 있다. 그러나 승강기 관리주체는 노후된 부품에 대한 전문지식과 자료 부족으로 교체시기를 놓치는 경우가 많기 때문에 승강기 수명에 관한 연구가 필요하다[1].

종전의 연구들은 고장이나 내구수명에 따른 평균 수명을 제시하였으나, 승강기는 설치된 건물의 용도나, 사용빈도, 설치환경 등 여러가지 상황에 따라 승강기 부품수명이 달라진다. 노후된 승강기 부품의 교체시기는 사용량과 열화정도에 따라 승강기마다 다르기 때문에 승강기 부품의 교체시기를 결정하는 것은 쉽지 않은 일이다. 승강기를 관리하는 관리주체와 승강기 유지보수업체는 승강기 고장전에 부품을 교체하는 예방교체보다 승강기 고장 후에 교체하는 사후교체를 선호하며, 선호하는 이유는 예방교체

시 불필요한 교체인지, 반드시 필요한 교체인지 증명하기가 어렵고, 예방교체와 사후교체에 대한 장단점을 비교 분석한 자료가 전무하기 때문이다.

본 논문은 와이블 분포를 이용하여 기대수명을 예측하고, 경제적인 부품의 교체시기를 추정을 제안하고자 한다.

1.2 연구 목적 및 방법

본 논문은 승강기 부품의 최적 교체시기 추정과 기대수명을 예측하기 위하여 승강기 제조사와 유지관리업체, 철도운영기관에서 2006년부터 2015년까지 약 10년간의 승강기 부품교체 데이터를 확보하였다. 누적고장확률의 추정은 Kaplan-Meier 추정법을 적용하였고, 이를 Weibull 분포로 가정하여 신뢰도 함수를 도출하였다. 또한 최적 교체시기 추정을 위해 연령교체모델(Age Replacement Method)를 적용하였다.

2. 본 론

2.1 국내승강기 설치현황

표 1에서는 국내에서 2016년까지 설치된 승강기 총 설치대수는 598,489대이며, 승객의 운반을 목적으로 하는 장애인용, 비상용, 전망용, 침대용, 피난용, 승화물용 등의 승객용 엘리베이터는 522,209대로 87.25%를 점유하고 있다. 승객을 운반을 목적으로

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, Korea

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

* Korea Elevator Safety Agency(KoELSA), Korea

** Korea Electrical Contractors Association(KECA), Korea

*** Korea Land & Housing Corporation(LH), Korea

**** Hanjin Heavy Industries & Construction(HHIC), Korea

Received : April 26, 2017; Accepted : July 25, 2017

표 1 승강기 종류별 보유현황

Table 1 Holding status by elevator type

| Install Year | Sum | Passenger | Small | Cargo | Dumb waiter | Auto-mobile | E/S | M/W | Wheelchair lift |
|--------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|
| '00이전 | 138,464 | 118,198 | 10 | 6,075 | 2,209 | 5,836 | 5,210 | 835 | 91 |
| '01-'02 | 41,326 | 35,852 | 7 | 1,678 | 798 | 722 | 1,227 | 866 | 176 |
| '03-'10 | 215,033 | 185,499 | 109 | 8,785 | 3,582 | 2,655 | 10,474 | 2,478 | 1,451 |
| '11 | 27,368 | 23,237 | 24 | 1,326 | 598 | 209 | 1,488 | 284 | 202 |
| '12 | 29,372 | 25,423 | 34 | 1,350 | 442 | 267 | 1,368 | 275 | 213 |
| '13 | 30,291 | 26,735 | 19 | 1,268 | 524 | 294 | 1,001 | 241 | 209 |
| '14 | 34,891 | 31,679 | 20 | 874 | 250 | 232 | 1,372 | 229 | 235 |
| '15 | 37,746 | 35,076 | 21 | 695 | 120 | 274 | 1,144 | 168 | 248 |
| '16 | 43,998 | 40,510 | 28 | 814 | 90 | 331 | 1,848 | 123 | 254 |
| Total | 598,489 | 522,209 | 272 | 22,865 | 8,613 | 10,820 | 25,132 | 5,499 | 3,079 |
| Rate | 100% | 87.25% | 0.05% | 3.82% | 1.44% | 1.81% | 4.20% | 0.92% | 0.51% |

하는 승강기 중에서 15년 이상 된 노후 승강기는 179,790대로 전체 설치된 승강기의 30.4%이다.

매년 15년 이상 된 노후 승강기는 약 3만대씩 증가하고 있고, 신규 설치되는 승강기도 약 3만대 가량 증가되고 있는 추세이다.

특히, 15년 이상 된 노후 승강기 중에서도 그림 1과 같이 승객용 노후 승강기가 11.76%로 가장 비중이 높으며, 16층 이상의 고층건물에 설치된 비상용 승강기는 노후 비율이 5.29%로 승강기 부품의 교체시기가 이미 지났거나, 임박했음을 추측할 수 있다.

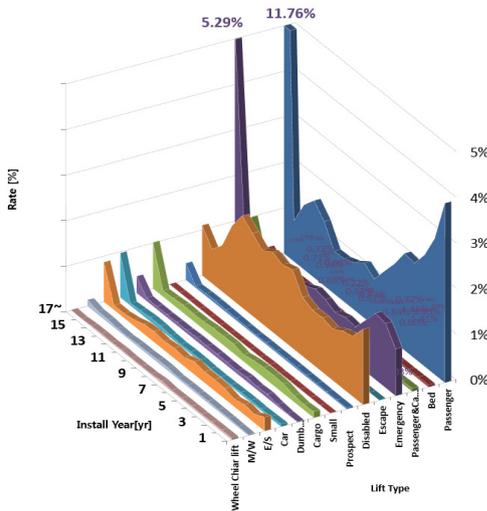


그림 1 국내승강기 종류와 설치기간별 현황

Fig. 1 Status of domestic elevator type and installation period

2.2 승강기 부품의 연구현황

2006년 산업자원부 기술표준원 승강기안전부품수명평가 방법에 따르면 2002년 7월 1일부터 2002년 11월 26일까지 제조사와 유지보수업체의 설문자료와 이론수명을 근거로 예방정비시 사용

환경과 빈도를 고려하여 교체시점을 판단하도록 예측수명 자료를 제시하였다[2]. '2006 공동주택의 승강기 설비에 대한 오동작 원인 조사 및 고찰'에서는 승강기의 순간적 오동작 및 간헐 사고의 원인은 전원품질과 상호 연관성을 갖는다고 분석하였다[3]. 2008년 대한주택공사의 하절기 승강기 고장저감 연구용역에 따르면 2004년부터 2006년까지 월별 고장원인을 분석하여 하절기의 고장증가 원인을 규명하였다[4]. 2014년 승강기 고장 사례분석을 통한 고장분류에서는 고장원인의 체계적 분류로 승강기 고장 및 사고 발생률을 감소시킬 것으로 기대했다[5]. 그러나 고장원인과 고장에 따른 2차 사고 위험성 분석 등의 연구는 활발하게 진행되었으나, 고장확률이나 기대수명에 대한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 와이블 분석을 이용하여 기대수명을 예측하고, 연령 교체방법에 의한 최적교체 시기를 제시하고자 한다.

3. Weibull Distribution

3.1 Kaplan-Meier 추정법

승강기 부품의 고장은 운전시간이 증가함에 따라 증가하는 패턴을 보이며, 일반적으로 비모수 추정에 평균순위 추정법(Mean Rank Estimation), 중위수 순위 추정법(Median Rank Estimation) 등을 사용한다. 각각의 부품의 운전시간이 다르고, 고장이 아닌 관측 중단 자료가 혼재되어 있는 경우에는 카플란-마이어(Kaplan-Meier) 추정법을 사용하는 것이 효과적이다[6-7].

카플란-마이어 추정법은 비모수 구간생존률 $P_i(t)$ 과 누적생존률(신뢰도 함수, $R_i(t)$)을 이용한다. 비모수 구간생존률과 누적생존률은 식 (1)과 (2)의 과정을 이용하여 산출한다.

$$P_i(t) = \frac{i\text{번째 고장자료의 생존시료수}}{i\text{번째 고장자료의 대상시료수}} \quad (1)$$

$$R_i(t) = R_{i-1}(t) \times P_i(t) \quad (2)$$

카플란-마이어 추정법은 반복식을 이용하여 각 고장시점에서의 비모수 신뢰도 $R_i(t)$ 를 구하고 $F_i(t) = 1 - R_i(t)$ 의 관계를 이용하여 누적고장확률을 추정한다. 이때 $R_i(t)$ 는 100%이다[8].

3.2 Weibull Distribution

데이터를 처리하는 확률분포는 와이블 분포, 정규분포, 지수분포, 감마분포 등 여러 가지 형태의 분포 함수가 존재한다. 수명평가나 파괴통계에서 와이블 분포가 빈번하게 이용되고 있으며, 일반적으로 고장률 함수 $\lambda(t)$ 의 분포는 감소형 고장률(Decreasing Failure Rate, DFR), 상수형 고장률(Constant Failure Rate, CFR), 증가형 고장률(Increasing Failure Rate, IFR)의 3가지 형태가 있으며, m 은 형상모수(shape parameter)로 분포의 모양을 결정하며, λ 는 척도모수(scale parameter)로 가로축의 척도를 규정한다. λ 는 와이블 분포를 따르는 부품들의 63.2%가 고장나는 시간을 나타내며, 이때 m 의 값에 따라 고장률 함수의 경향이 변하게 되는데, m 값에 따른 고장률의 경향을 아래의 표 2에 나타

내었다[9-10].

형상모수 m 은 직선의 기울기와 같으며, m 을 추정하는 방법에는 단순회귀법(Simple Linear Regression), 모멘트법(Moment Method), 와이블 확률지에 의한 추정법 등 대표적인 3가지 방법이 있다.

표 2 형상모수에 따른 고장률 함수 형태

Table 2 Trend of Failure Rate by shape Parameter

| Failure Rate Type | Shape Parameter of Weibull Distribution(m) |
|-------------------------|--|
| Decreasing Failure Rate | $m < 1$ |
| Constant Failure Rate | $m = 1$ |
| Increasing Failure Rate | $m > 1$ |

따라서 고장률 함수의 분포에 따라 적절하게 표현할 수 있도록 만든 확률 분포가 와이블 분포이며, 와이블 분포는 2개 혹은 3개의 모수를 이용하여 표현하며, 아래의 수식 (3)부터 (6)까지는 2개의 모수를 이용한 와이블 분포의 함수이다.

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right] \quad (3)$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right] \quad (4)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right] \quad (5)$$

$$\lambda(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} \quad (6)$$

그림 2는 신뢰도 함수로 t 시간 동안 고장나지 않을 확률을 나타낸 그래프이고, 그림 3은 불신뢰도 함수로 t 시간 내 고장날 확률 그래프이고, 그림 4는 고장확률 분포함수로 특정시간 t 시간에서 고장확률을 나타낸 그래프이다. 그림 5는 전동기의 누적고장률 나타내는 그래프로 단위시간당 고장비율을 나타낸 그래프이다.

여기서, 승강기 부품에 대한 와이블 분포 분석결과 선형적 결과 데이터가 나타났으며, 와이블 분포 분석을 통해 특성수명 η 와

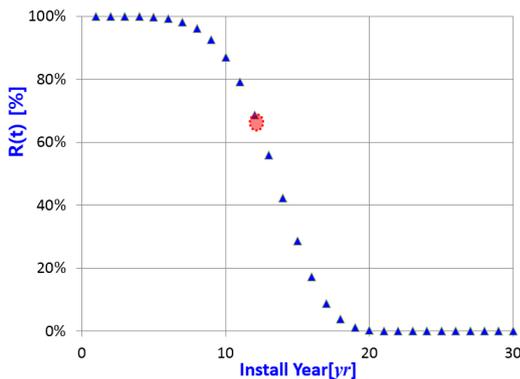


그림 2 전동기의 신뢰도함수 R(t)의 분석
Fig. 2 Analysis of the Reliability Function R(t) of Motor

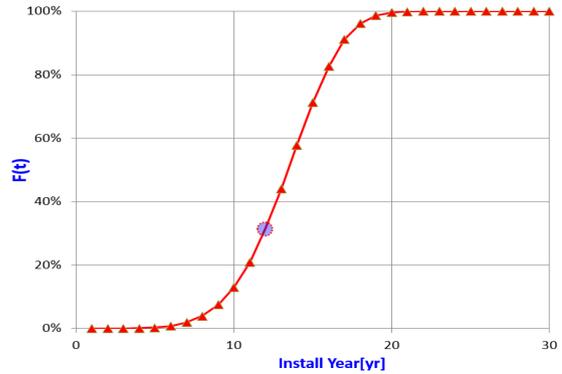


그림 3 전동기의 불신뢰도 함수 F(t)의 분석
Fig. 3 Analysis of the Failure Function F(t) of Motor

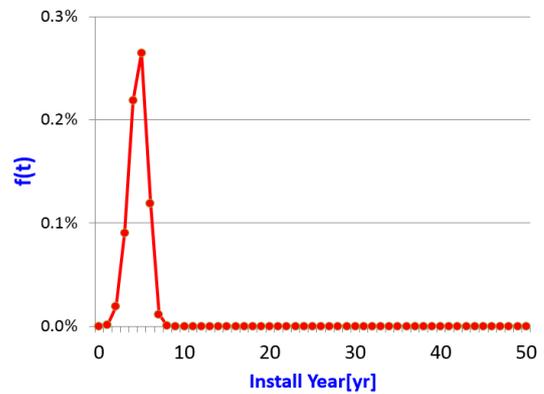


그림 4 전동기의 고장확률분포함수 f(t) 분석
Fig. 4 Analysis of the Failure Probability Distribution Function f(t) of Motor

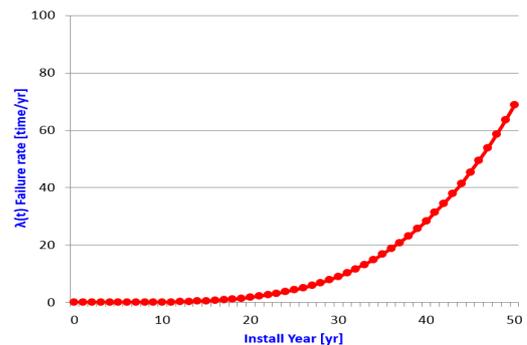


그림 5 전동기의 누적고장률 λ(t) 분석
Fig. 5 Analysis of cumulative failure rate λ(t) of motor

기대수명을 추정할 수 있었다.

3.3 Age Replacement Method

시스템이 효과적으로 가동되기 위해서는 효과적인 보전방식 (Maintenance Method)이 수립되어야 한다. 보전은 청소처럼 일

상적인 부분부터 부분적 수리, 부품교환, 사전에 세워진 계획에 따라 추진되는 시스템의 기능 회복을 위해 실시되는 모든 작업의 총칭이다. 보전은 정해진 간격대로 고장여부를 점검하여 보전여부를 결정하는 점검방식(Inspection Method)과 점검 없이 정해진 간격으로 부품을 교환하거나 상태를 바로잡는 교체방식(Replacement Method)이 있다.

교체방식에는 사전에 교체하는 예방교체(Preventive Replacement)와 고장 이후에 교체하는 사후교체(Corrective Replacement)가 있다.

운전시간이 증가함에 따라 고장률이 증가할 경우 유지비용의 부담은 증가하므로 승강기 부품의 교체시점에 대한 결정은 고장에 따른 투입비용의 최저점에서 결정하여야 한다.

고장에 따른 투입비용의 최저점에서 결정하기 위하여 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C(T_a) = \frac{C_p \times R(T_a) + C_f \times F(T_a)}{\int_0^{T_a} R(t) dt} \quad (7)$$

여기서, $C_p < C_f$

$C(T_a)$: 시간당 소요되는 비용(비용률)

C_f : 사후교체비용

C_p : 예방교체비용

$R(T_a)$: T_a 시점의 신뢰도 함수

$F(T_a)$: T_a 시점의 불신뢰도 함수

3.4 사례 연구

승강기 부품은 승강기의 운전시간이 증가함에 따라 고장률이 증가하며, 2차 사고 확률도 증가하고, 유지관리비용의 부담도 증가한다. 승강기 제조업체, 유지관리업체, 철도운영기관의 승강기 부품 35종의 고장으로 수명 종료된 교체데이터의 1,748건을 통계처리를 통해 분석하였다. 표 3과 표 4는 승강기 주요부품인 전동기와 브레이크 콘택터의 고장데이터를 Kaplan-Meier 추정법을

표 3 Kaplan-Meier 추정을 위한 전동기 고장 데이터

Table 3 Motor failure data for Kaplan-Meier estimation

| Install Year[yr] | Reliability Rate R(t) [%] |
|------------------|---------------------------|
| 6.00 | 98.5% |
| 7.00 | 95.4% |
| 7.99 | 92.3% |
| 8.99 | 86.2% |
| 9.99 | 81.5% |
| 10.99 | 64.6% |
| 11.99 | 60.0% |
| 12.99 | 38.5% |
| 13.99 | 27.7% |
| 14.99 | 21.5% |
| 16.99 | 3.1% |
| 17.99 | 1.5% |

통해 분석한 결과로 전동기와 브레이크 콘택터의 가동연수에 따라 신뢰도는 급격히 감소됨을 알 수 있었다.

그림 6은 전동기 고장데이터를 이용한 Weibull 분석 결과로 형상모수 m은 4.966이며, y절편은 -12.89이고, 그림 7은 브레이크 콘택터의 형상모수 m은 2.3351이며, y절편은 -3.145이다.

표 4 Kaplan-Meier 추정을 위한 브레이크 콘택터 고장 데이터
Table 4 Brake contactor failure data for Kaplan-Meier estimation

| Install Year[yr] | Reliability Rate R(t) [%] |
|------------------|---------------------------|
| 1.00 | 95.4% |
| 2.00 | 84.6% |
| 2.50 | 81.5% |
| 3.00 | 43.1% |
| 3.50 | 38.5% |
| 4.00 | 24.6% |
| 4.50 | 23.1% |
| 5.00 | 9.2% |
| 6.00 | 4.6% |
| 7.00 | 3.1% |
| 7.99 | 1.5% |

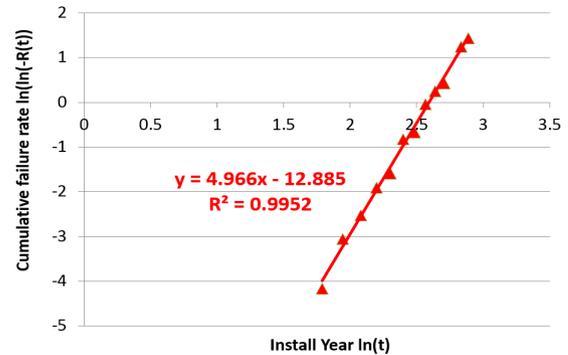


그림 6 전동기의 Weibull 분석 결과

Fig. 6 Result of Weibull distribution for electric motor

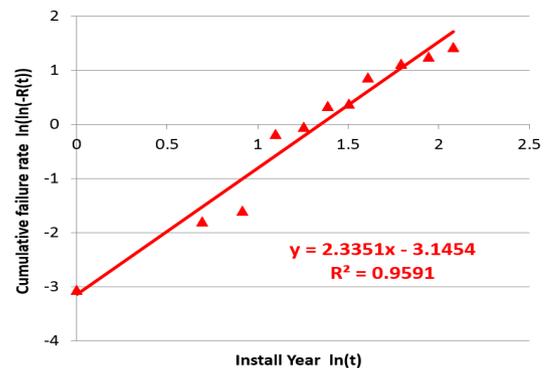


그림 7 브레이크 콘택터의 Weibull 분석 결과

Fig. 7 Result of Weibull distribution for electric brake contactor

표 5는 전동기와 브레이크 콘택터 고장데이터의 Weibull 분석 결과를 이용하여 승강기 부품인 전동기의 척도모수와 기대수명을 산출한 결과이다.

표 6은 연령교체모델을 이용하여 비용을 및 최적 교체주기 산출 결과로 승강기 부품인 전동기와 브레이크 콘택터의 사후교체 비용과 예방교체비용의 비율 변화에 따라 최적 교체주기를 산출

표 5 와이بل 분포에 의한 전동기와 브레이크 콘택터 기대수명
Table 5 Expected life by Weibull distribution(motor & brake contactor)

| Division | Motor | Brake Contactor |
|-------------------|--------|-----------------|
| <i>m</i> | 4.966 | 2.335 |
| <i>b</i> | -12.89 | -3.15 |
| <i>n</i> | 13.4 | 3.8 |
| expected life[yr] | 12.3 | 3.4 |

표 6 C_f/C_p 비율에 따른 전동기/브레이크 콘택터 최적교체주기 및 비용을

Table 6 Optimal motor/brake contactor replacement cycle and cost ratio according to C_f/C_p ratio

| Division | Motor | | Brake Contactor | |
|---------------|-------|----------|-----------------|----------|
| | T_a | $C(T_a)$ | T_a | $C(T_a)$ |
| $C_f/C_p=4.6$ | 7.9 | 0.16 | 2.0 | 0.91 |
| $C_f/C_p=10$ | 6.5 | 0.19 | 1.3 | 1.33 |
| $C_f/C_p=20$ | 5.6 | 0.22 | 1.0 | 1.82 |
| $C_f/C_p=30$ | 5.2 | 0.24 | 0.8 | 2.18 |
| $C_f/C_p=40$ | 4.8 | 0.26 | 0.7 | 2.48 |
| $C_f/C_p=50$ | 4.6 | 0.27 | 0.63 | 2.73 |
| $C_f/C_p=60$ | 4.5 | 0.28 | 0.60 | 2.95 |
| $C_f/C_p=70$ | 4.3 | 0.29 | 0.55 | 3.16 |
| $C_f/C_p=80$ | 4.2 | 0.30 | 0.52 | 3.35 |
| $C_f/C_p=90$ | 4.1 | 0.30 | 0.49 | 3.52 |
| $C_f/C_p=100$ | 4.0 | 0.31 | 0.47 | 3.69 |

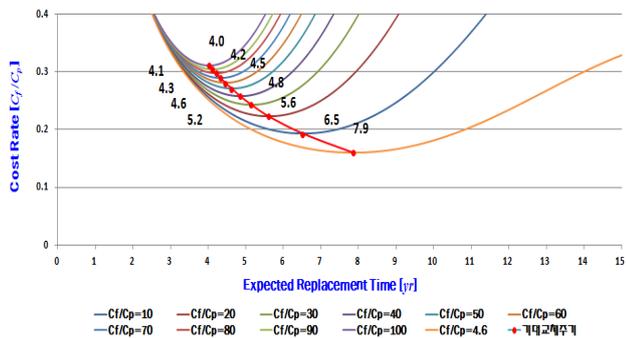


그림 8 연령 교체방법에 의한 전동기의 최적 교체주기
Fig. 8 The optimum replacement time by age replacement method (motor)

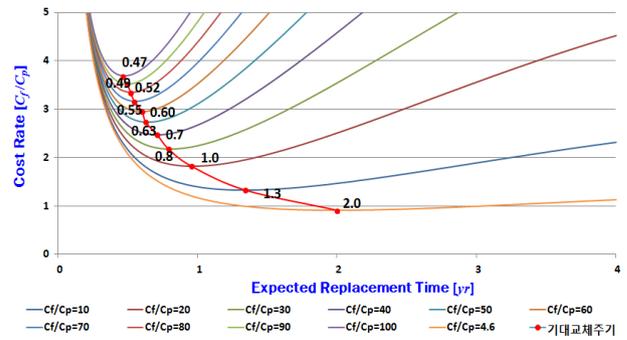


그림 9 연령 교체방법에 의한 브레이크 콘택터의 최적 교체주기
Fig. 9 The optimum replacement time by age replacement method (brake contactor)

하였다.

그림 8은 승강기 부품인 전동기의 C_f/C_p 의 비율에 따라 분석된 최적 교체주기이며, 실제 $C_f/C_p = 4.6$ 일 경우 7.9년이 최적 교체시기로 예측하였다.

그림 9는 승강기 부품인 브레이크 콘택터의 C_f/C_p 의 비율에 따라 분석된 최적 교체주기이며, 실제 $C_f/C_p = 4.6$ 일 경우 2.0년이 최적 교체시기로 예측하였다.

5. 결 론

승강기는 초고층 빌딩사회에서 없어서는 안 될 수직 교통시설이다. 그러나 중요한 시설임에도 사후교체에 의존하기 때문에 승강기 부품의 고장으로 인하여 2차 사고의 위험에 노출되어 있다.

전동기의 경우 주요 고장은 부하측과 반부하측 베어링의 손상으로 교체하는 경우와 전동기와 권상기의 연결부위의 커플링 부위의 손상, 전동기 코일의 절연저하 등이 고장의 주요 원인이다. 그리고 전동기의 고장으로 예견되는 2차 사고로는 베어링 손상으로 인한 전동기 급정지, 전동기와 권상기 연결부위의 손상되어 승강장문 바닥과 카문 바닥의 단차가 발생되어 이로 인한 전도사고, 전동기 코일의 절연내력 저하로 인한 견인력 부족이나 과열, 과전류 발생 등이 있을 수 있다.

브레이크 콘택터의 경우 주요 고장은 콘택터의 접점마모로 아크가 발생되고 접촉면에서의 순간 과전압이 시스템의 오작동을 일으키거나 브레이크 접점 용착의 원인이 된다. 브레이크 콘택터 접점마모로 인한 예견되는 2차 사고는 브레이크의 콘택터의 접점이 용융되어 용착되면 순간적 통제불가능의 상태가 되기 때문에 승강기가 도착층에 도착하지만 승강기문이 열린채 승강기가 위로 올라가는 개문출발사고가 발생되어 승객이 승강기에 협착되는 위험한 상황이 발생할 가능성이 상당히 높아진다.

그러므로 승강기 부품의 예측수명을 기준으로 예비부품을 준비하고, 예방정비를 통해 미리 부품교체를 실시하여야 승강기의 기대수명도 연장할 수 있고, 승객의 안전도 확보할 수 있다 [11-12].

기타 다른 승강기 부품의 분석결과도 승강기 부품의 내구연한 보다 짧은 기대수명이 예측되었으며, 사후교체비용과 예방교체비용의 비율에 따라 분석한 결과 C_f/C_p 비율이 클수록 예방교체시기가 짧아짐을 알 수 있으며, 2차 사고시 피해 보상금액과 고장 파급이 클수록 교체주기가 짧아짐을 알 수 있었다.

최적 교체시기는 승강기 설치현장의 특성을 많이 반영하지만, 예방교체시기에 교체하고, 고장 전이라도 예방 교체시기가 지났다면 즉시 교체하는 것이 승강기의 최적 상태를 유지한다고 판단된다.

최적 교체시기에서의 예방교체가 더 경제적이며, 브레이크 부품과 과부하 감지장치, 문닫힘 안전장치, 도어스위치 등 승강기 주요부품의 고장으로 심각한 2차 사고로 이어지기 때문에 승강기 부품을 예방 교체할 경우 승강기의 예측수명이 연장되고, 승강기의 안전도와 경제성이 높아진다.

향후에는 승강기 부품고장에 대한 위험성 평가를 실시할 예정이다.

References

[1] Jun-Gyu Lee, "The Replacement Issues for Elevator Remodeling", KIEE Autumn Conference, pp. 135-138, October 2016.

[2] KATS, "How to evaluate the lifetime of elevator safety parts", 2006

[3] Gi-Hyun Kim, "The Cause Analysis and Research of Malfunction for Elevator Equipment of the Apartment House", KIIEE Vol. 20, No. 4, pp. 65~71 May 2006.

[4] KNHC, "Research service for the failure of elevator in summer", 2007.

[5] Nak-hoon Kim, "Classification of Elevator Failure Using The Analysis of Failure Case", J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 16 No. 3 September 2014

[6] H. T. Lee, J. C. Kim, J. F. Moon, and C. H. Park, "Analyzing of the Time Varying Failure Rate of Components of Power Distribution System using Weibull Distribution", KIEE Autumn Conference, 2003.

[7] Kook Hyun Han, "A Study on life Prediction of Relay for Point-Machine using Kaplan Meier", The Korean society for Railway, 2016 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway, 2016.10 13-15 (3pages)

[8] Hui-Seok Chai, "Study on the Random/Wear-out Failure rate Calculation by Fault Management", 2016 Summer Conference of The Korean Institute of Electrical Engineers, 2016.07 pp. 135-138, 2016.

[9] H. S. Jung, Y. I. Kwon, and D. H. Park, "Reliability Test Analysis Evaluation", Young Ji Publishers, 2009. 02.

[10] Hack Hyun Lee, "The State Diagnosis of Distribution Line Equipments According to the Infrared Monitoring and Weibull Analysis", Mok po National University, Thesis for the Degree of Doctor of Electrical Engineering, 2007.08

[11] Bong-Chan Kim, "persisting period of elevator components", KSPE 2010 Spring Conference, Vol. 2010. 5, 259-260 (2 pages)

[12] S. H. Sohn, "Reliability Assessment of Elevators Using Life Data of the Components", Journal of the Korea Society For Power System Engineering v.14, n.6, pp. 61~66, 2010.12

저 자 소 개



김 한 진 (Han-jin Kim)

1971년 2월 17일생. 1995년 수원대학교 졸업. 2009년 서울시립대 전자전기공학과 졸업(석사). 2012년 숭실대학교 박사과정 수료. 1995~2000년 동아·현대엔지니어링 근무. 2001~2003년 (주)진광·대신 근무. 2003~현재 한국승강기안전공단 과장.
Tel : 031-704-3157
E-mail : sk4686w@koelsa.or.kr



황 민 수 (Min-soo Hwang)

1968년 3월 29일생. 2010년 서울과학기술대 졸업. 2012년 서울과학기술대 전기공학과 졸업(석사). 2015년 숭실대학교 박사과정 수료, 1992년~현재 한국전기공사협회 신성장동력팀 팀장.
Tel : 02-3219-0542
E-mail : hwang@keca.or.kr



최 옥 만 (Og-man Choi)

1963년 8월 4일생. 1989년 조선대 전기공학과 졸업. 1997년 고려대 전기공학과 졸업(석사). 2016년 숭실대 박사과정 수료, 1990년~현재 한국토지주택공사 공동주택관리지원센터 부장.
Tel : 02-820-0695
E-mail : ogman@lh.or.kr



이 안 기 (An-ki Lee)

1966년 11월 30일생. 1993년 서울과학기술대 졸업. 2009년 서울시립대 전자전기공학과 졸업(석사). 2012년~현재송실대 전기공학과 박사과정. 1995년~현재 (주)한진중공업 흥대 입구 복합시설 개발공사 전기 부장.

Tel : 02-401-6961

E-mail : koranki@empal.com



김 재 철 (Jae-chul Kim)

1955년 7월 12일생. 1979년 송실대 전기공학과 졸업. 1987년 서울대대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 송실대 전기공학부 교수.

Tel : 02-820-0647

E-mail : jckim@ssu.ac.kr