

승강기 고장 사례 분석을 통한 고장분류

김낙훈*, 정병호*

*전북대학교 산업정보시스템공학과

Classification of Elevator Failure Using The Analysis of Failure Case

Nak-hoon Kim* · Byung-ho Jeong*

*Dept. of Industrial & Information Systems Engineering, Chonbuk National University

Abstract

An accident related with elevators can cause death or serious injury of operators or passengers. This kind of a fatal accident is due to a failure of elevator. The reduction of failures of elevators is important to reduce the occurrence of elevator accident. Thus, this paper presents the results of analysis for the failure of elevators using the failure data of elevator. The results of analysis can be used to make a maintenance process of elevators.

Keywords : Failure location, Detailed parts failure, Elevator failures and accidents

1. 서론

승강기는 기계, 전기, 전자, 자동제어, 건축의 복합장치로 구성된 첨단 설비이나 사고가 발생하면 사망이나 중상 등 치명적인 인명피해를 가져올 수 있다. 승강기 사고는 중상 이상이 전체의 68.1%를 차지하며 이용자 과실 및 관리·보수부실에 의한 사고가 약 83.9%를 차지하고 있어 승강기 사고가 얼마나 치명적인지 알 수 있다[1]. 한국승강기안전관리원 통계에 의하면 최근 5년간(2008~2012년) 승강기 사고건수는 평균 126건이 발생한 것으로 나타났다.(1만대 당 2.98대).

국민 대부분이 하루에도 수차례 이용할 수밖에 없는 건물 내 혈관의 역할을 담당하고 있는 승강기는 2만여개의 부품으로 이루어진 정밀한 기계설비로서 일반 이용자의 눈에 보이지 않는 장치의 부실로 인하여 발생한 고장은 사고로 이어질 가능성이 매우 높다. 승강기내 갑힘, 급정지, 개문출발, 운행불가 등의 현상으로

불특정 다수의 사람들이 당황하여 무리하게 탈출을 시도하는 등 자체처리, 이용자 안전수칙을 준수하지 않는 이용자과실로 인하여 2차사고로 이어지는 경우가 대부분이다.

승강기안전관리제도 관련 연구[2-6], 승강기사고사례 분석 관련 연구[7-13], 승강기안전장치 및 기능 관련 연구[14-16] 등 승강기의 안전에 관한 연구가 활발히 이루어져왔다. Yun & Kwon[8]은 승객용 승강기의 사고사례 분석을 통해 사고 및 재해 형태별 원인분석을 통해 불안정한 상태 또는 불안정한 행동에 대한 예방 대책을 수립하였다. Lee[10]은 동일유형의 반복되는 사고사례에 대한 조사와 EN81-1을 근거로 한 모델별 위험요인 조사를 통해서 사고사례와 원인 및 이에 따른 개선방안을 제시하였다.

† Corresponding Author : Byung-ho Jeong, 561-756 23-1, Samsung 1-gil, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea Dept. of Industrial & Information Systems Engineering, Chonbuk National University, Tel : 063-270-2329, E-mail : jeong@jbnu.ac.kr

Received February 20, 2014; Revision Received June 18, 2014; Accepted September 18, 2014.

그러나 승강기 안전사고의 1차적 원인이 되는 승강기 고장 관련 연구는 고장 관련 데이터 수집의 어려움, 고장 분류의 어려움 등으로 연구가 미흡한 현실이다. Kim et. al.[17]은 2000년 이후 설치된 아파트를 대상으로 332건의 고장 및 보수일지에 대한 조사를 통해 고장시간대, 고장 및 오동작 유형 등에 분석 결과를 제시하였다. Kim et. al.[18] 역시 승강기 보수업체의 보수일지 및 공동주택관리사무소 보수일지와 2004년도 119 구조대 구조건수의 설문조사를 토대로 승강기 고장 시간대, 고장 및 오동작형태 및 원인에 대해 조사 분석 결과를 제시하고 있다. Jeon[19]는 국내 승강기의 제조사 4개 모델, 설치장소, 연도별 고장현황을 파악하고 보수 수수료 체계와 타 산업 선진보수체계와 비교 분석하고 있다. 이러한 승강기 고장 관련 연구는 고장 시간대, 오동작 유형 및 개별 고장의 원인에 관한 것으로 상대적으로 적은 분량의 고장 데이터를 이용했다는 한계가 있다.

본 논문은 전북지역의 유지보수업체에 신고된 승강기 고장 사례들을 이용하여 승강기의 주요 고장 부위에 대한 분석을 실시하였다. 인적 물적 피해를 일으키는 승강기 안전사고의 대부분이 승강기가 고장으로 정지된 상태에서 적절히 대응하지 못함으로써 발생하기 때문에 승강기 고장을 감소시키는 것이 2차적을 발생하는 승강기 안전사고의 예방에 도움이 될 것이기 때문이다. 승강기 구조상 대분류/중분류/소분류로 구분하여 주요부품별 고장발생 현황을 파악하고 제조사 및 협력 보수회사별로 고장이 발생하는 위치와 부품부위를 분류하여 조사함으로써 유지보수 정책 수립의 기초자료를 제시하는데 목적이 있다.

즉, 본 논문은 이차적인 승강기 안전사고로 이어질 개연성이 높은 승강기의 고장 발생 실태에 대한 조사 분석을 통해 승강기 유지보수 정책의 기초자료를 제공하기 위한 것이다. 이를 통해 승강기 고장 발생률을 낮춤으로써 안전사고 발생률 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

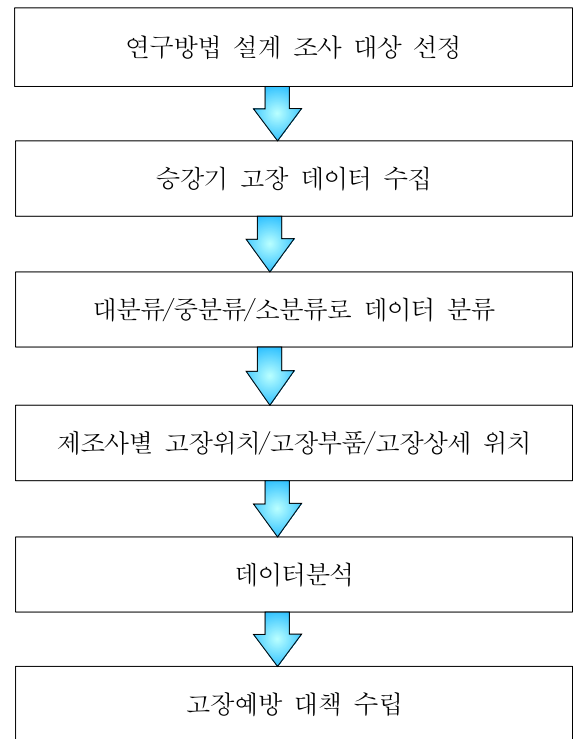
2. 연구 방법

2.1 연구 절차

본 논문의 연구는[Figure 1]과 같은 절차를 거쳐 이루어졌다. 연구 조사 대상을 선정하고, 조사 대상으로부터 승강기 고장 데이터를 수집하였다. 다음은 고장 데이터의 분류를 위한 고장 분류 체계를 설계하고 이에 따라 고장 데이터를 분류하였다. 마지막으로 분류체

계와 고장 위치에 대한 분류 결과를 분석함으로써 결론을 도출하였다.

[Figure 1]The procedure of the study



2.2 자료 수집

전라북도 6개 시, 8개 군 지역에서 2012. 1. 1.부터 2012. 12. 31.까지 공동주택, 근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 의료시설, 교육연구복지시설, 업무시설 및 공장에 설치되어 운행중인 승강기를 대상으로 하였다. 대상 승강기는 승객용, 침대용, 승객화물용, 비상용, 장애인용, 전망용, 화물용, 텀웨이터, 자동차용 등 모든 승강기 종류를 대상으로 고장사례를 수집하였다. 승강기 관리주체와 유지관리업체가 보관하고 있는 고장·수리일지를 통해서 자료를 수집하였다. 교류 제어방식과 인버터제어방식을 포함하여 국내의 대표적인 제조회사인 “가” 제조회사 14모델과 “나” 제조회사 18개 모델을 대상으로 하였다. “가” 제조회사 겸 보수회사 1개 업체와 “가” 협력유지보수업체 5개 회사의 고장신고 자료 약 5000건을 수집하였다. 수집한 자료 중 고장분류가 가능하고 중대고장유형에 속하는 2,914건이 사용되었다. “나” 제조회사 겸 보수회사 1개 업체와 “나” 협력유지보수업체 4개 회사의 고장신고 자료 약 9000건의 수집 자료 중에서 고장분류가 가능하고 중대고장유형에 속하는 3,643건이 분석에 사용되었다.

2.3 고장분류체계 설계

2.3.1 승강기 고장분류 체계

대분류/중분류/소분류는 로프식 승강기의 구조에 근거하여 고장이 발생한 위치 영역이 겹치지 않도록 하였다. 이용자나 관리주체 및 자체점검자가 쉽게 이해하고, 고장을 일으키는 기능부분이 누락되지 않도록 추가하여 분류 체계를 설계하였다. 일반적으로 승강기구조를 분류할 때는 위치별로 크게 기계실, 카, 승강로, 승강장, 피트로 구분하고 있다. 그러나 본 논문에서는 대분류를 기계실, 카내, 카도어, 카워, 승강로, 승강도어, 승장버튼, 피트, 비상용 기능, 장애인기능, 기타(감시반) 11개로 분류하였다.

중분류는 각 대분류에 속하는 위치별 부품들로 대분류 항목인 기계실을 예로 들면 기계실의 주요부품들로 가장 중요하고 핵심적인 고가의 부품들이라고 할 수 있다. 수전반, 전동기, 제동기, 권상기, 주/보조 도르래, 제어반 CP, 조속기, 유압모터/펌프, 메인 인버터포함 9개 부품으로 구성되어있다. 불특정 다수의 사람들이 타고 다니는 카내에 해당하는 주요부품들로 카틀 및 카실과 천장, 카내 개폐 버튼 및 등록버튼, 카내 조작반의 스위치포함 3개 부품이다. 카도어에 해당하는 카도어 인버터/보드/모터, 카도어(gate)스위치, 카도어 개폐장치, 무단힘안전장치 포함 4개 부품이다. 카위에 해당하는 카상부 스위치, 층검출장치 포함 2개 부품이다. 승강로에 해당하는 주로프, 카/균형추, 이동케이블, 리미트 스위치류, 균형체인 및 가이드 바 포함 5개 부품이다. 승강도어에 해당하는 승강도어개폐장치 상태, 승강인터록스위치 포함 2개 부품이다. 승장버튼에 해당하는 승장버튼 PCB보드상태, 승장버튼작동 상태, 승강과킹 스위치 포함 3개 부품이다. 피트에 해당하는 완충기, 조속기 텐션폴리, 안전스위치류, 과부하감지장치, 콤펜체인장치 포함 5개 부품이다. 비상용기능에 해당하는 카내 비상운전스위치, 승장비상운전스위치 포함 2개 부품이다. 장애인기능에 해당하는 점형/점자, 대기시간포함 1개 부품이다. 기타(감시반)에 해당하는 감시반표시, 스위치포함 1개 부품 등으로 총 37개 항목으로 세분화하였다.

소분류는 대분류와 중분류에 해당하는 위치별 부품을 고장이 발생하는 정확한 상세 부품의 위치를 찾기 위해 부품상태별로 작게는 1개 부품부터 많게는 7개 부품으로 총 71개 부품으로 세밀하게 분류하였다.

2.3.2 승강기 고장분류 코드화

앞에서 언급한 고장 분류 체계에 따라 고장 사례를 분석하기 용이하도록 코드화하였다. 대분류는 A~K 까지, 중분류는 A0~K0 까지, 소분류는 A00~K01 까지 코드화 하여 이력추적이 쉽게 하였다.

〈Table 1〉 Sub-categories of Machine Room(A) for failure classification

중분류	소분류
A0.수전반	A00.주개폐기(NFB) 상태
A1.전동기	A10.모터 구동상태
	A11.위치검출기(엔코더, 셀렉터)
A2.제동기	A20.브레이크 라이닝두께
	A21.브레이크 스위치상태
	A22.Brake플린저, 코일작동상태
	A23.카. 로프브레이크 작동상태
A3.권상기	A30.권상기 구동상태
	A31.권상기 오일상태
A4.주(보조)도르래	A40.도르래 마모상태
A5.제어반	A50.제어반내 릴레이
	A51.제어반내 마그네틱, 콘택
	A52.제어반연결잭, 단자대, 부품
	A53.제어반내 퓨즈
	A54.제어반CPU(속도,운전)회로
	A55.제어반PCB보드손상
A6.조속기	A60.조속기작동상태(로프, 슈브)
	A61.조속기스위치 상태
A7.유압 모터, 펌프	A70.유압펌프, 모터작동상태
A8.메인인버터	A80.메인인버터(IGBT, IPM)소자
	A81.메인인버터 웬, 기타
	A82.메인인버터(전압, 전류)회로

〈Table 2〉 Sub-categories of Car inside(B) for failure classification

B0.카틀 및 카실, 천장	B01.카내 방범창 등
B1.카내개폐 및 등록버튼	B10.카내 버튼류 작동 등록 상태
	B11.카내 등록 PCB보드상태
	B12.카내 버튼 연결 잭 상태
B2.카내조작반의 스위치	B2.카내 조작반의 스위치 상태

〈Table 3〉 Sub-categories of Car door(C) for failure classification

C0. 카도어인버터& 보드, 모터	C00.카도어Invertor상태
	C01.카도어PCB보드상태
	C02.카도어Moter 축 및 풀리
	C03.카도어릴레이, 마그네틱, 캡
C1. 카도어스위치	C10.카도어 스위치 작동상태
C2.카도어 개폐장치	C20.카도어패널 및 도어슈 상태
	C21.카도어실 관리상태
	C22.카도어 행거롤러상태
	C23.카도어Gripper 작동상태
C3. 문닫힘안전장치의상태	C30.문닫힘안전장치 스위치상태
	C32.문닫힘안전장치 배선상태

〈Table 4〉 Sub-categories of Car above(D) of failure classification

D0. 카상부(점검용)스위치	D00.정지(구출구)스위치작동상태
	D01.수동운전스위치 작동상태
	D02.비상정지(안전)장치, 스위치
D1. 층검출장치	D10.카위인덕터(포지)상태
	D11.위치검출기 가이드슈

〈Table 5〉 Sub-categories of Hoistway(E) for failure classification

E0.로프	E00.주로프 체결 및 장력상태
	E01.주로프 마모 및 과단여부
E1.카,균형추	E10.카, 균형추가이드슈, 롤러상태
	E11.카, 균형추 레일오일의 상태
E2.이동케이블	E20.케이블배선연결, 손상여부
E3.리미트스위치	E30.리미트스위치의 고정상태
	E31.리미트스위치의 작동상태
E4.균형체인, 가이드바	E40.균형체인 및 가이드작동상태

〈Table 6〉 Sub-categories of Landing door(F) for failure classification

F0. 승장도어개폐장치상태	F00.승장도어패널 및도어슈
	F01.승장도어실관리상태
	F02.승장도어연동로프, 스프링
	F03.승장도어행거롤러상태
F1. 승장인터록스위치상태	F10.승장인터록스위치 및 배선 상태

〈Table 7〉 Sub-categories of Landing button(G) for failure classification

G0. 승장버튼 PCB보드상태	G00.승장버튼PCB보드 접촉 상태
	G01.승장버튼류 잭 및 배선라인
G1. 승장버튼 작동 상태	G10.승장버튼 작동상태
G2. 승장과킹스위치	G20.승장과킹스위치 작동상태

〈Table 8〉 Sub-categories of Pit(H) for failure classification

H0.완충기	H00.완충기스위치 작동상태
H1. 조속기 텐션풀리	H10.텐션풀리베어링 및 스위치
H2. 안전스위치류	H20.피트정지 및 리미트 스위치류
H3. 과부하 감지장치	H30.과부하감지장치스위치상태
H4. 콤펜체인장치	H40.콤펜체인장치 및 스위치

〈Table 9〉 Sub-categories of Emergency(I), Handicapped function(J), Monitoring panel(K) for failure classification

I1.카내비상운전스위치	I10.카내비상운전스위치 작동
I2.승장비상운전스위치	I20.승장비상운전스위치 작동
J0. 점형/점자, 대기시간	J01.고정 및 작동 상태
K0.표시, 스위치	K01.표시기 및 스위치 작동 상태

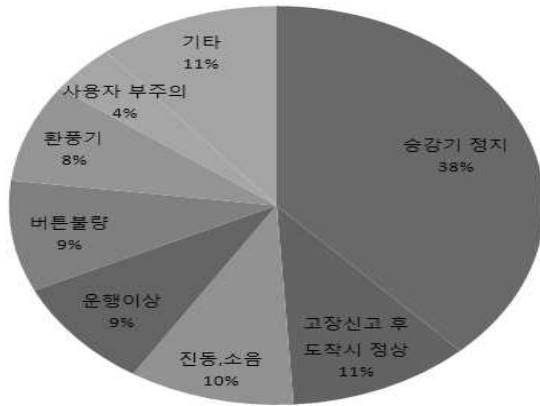
2.4 고장사례 데이터의 기초 분석

두 제조회사의 승강기 관련 유지 보수업체의 고장·수리일지로부터 약 14,000 건의 고장 데이터를 수집하였다. 이들 중 내용이 일부 누락되어 고장 내용을 파악하기 힘들거나 단순한 고장으로 기록되어 있는 자료들은 분석에서 제외하였다. 따라서 고장부위나 고장원인이 명확하게 분류가능하고 간헐, 정지, 운행불가 등 2차 사고로 이어질 수 있는 중대 고장에 해당하는 6,500 건 정도가 분석에 이용되었다.

“가”제조회사 겸 보수회사와 “가”협력유지보수업체 5 군데의 전체 고장 유형을[Figure 2]에서 보여주고 있다.

전체 고장신고 중에 간힘, 정지 등 중대고장 유형에 해당하는 고장건수가 56%를 차지하고 있어 2차 사고로 이어질 개연성이 있다는 사실을 보여주고 있다. <Table 10>과 <Table 11>에서는 유지보수 업체별로 전체 고장건수와 중대고장 건수를 요약하여 보여주고 있다.

"가"제조회사 전체고장신고 유형



[Figure 2]The entire failure reports of elevator manufacturer "가" and related maintenance company

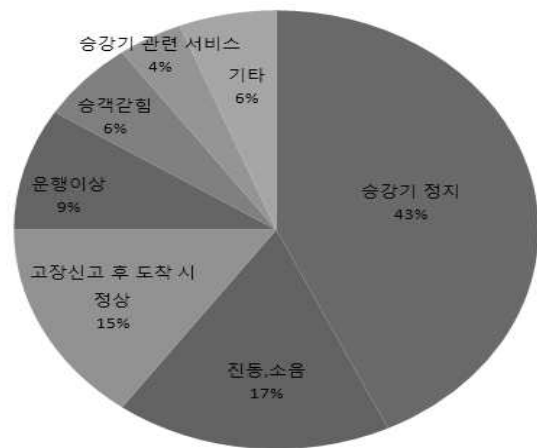
"가"제조회사 점 보수회사와 가-1 회사는 전체 고장건수에서 차지하는 비율에 비해 중대고장유형에서 차지하는 비율이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 반면 가-2와 가-3 회사는 전체고장과 중대고장유형에서 모두 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타나 유지 보수 과정에 대한 점검이 필요한 것으로 보인다. 반면에 가-4와 가-5 회사는 다른 업체에 비해 상대적으로 전체고장과 중대고장유형의 비율이 낮게 나타나고 있다는 것을 알 수 있다.

<Table 10> The entire and serious failure reports of elevator manufacturer "가" and related maintenance company

	전체 고장		중대고장유형	
가 제조	879	17.9%	416	14.3%
가-1	911	18.5%	476	16.3%
가-2	1,638	33.3%	1,014	34.8%
가-3	1,140	23.2%	742	25.5%
가-4	276	3.0%	216	7.4%
가-5	75	1.5%	50	1.7%
합계	4,919	100.0%	2,914	100.0%

[Figure 3]은 "나"제조회사 점 보수회사와 협력유지보수업체 4군데의 전체고장신고를 유형 별로 분류하여 보여주고 있다. 전체 고장신고 중에 간힘, 정지 등 중대고장 유형에 해당하는 고장건수가 49%를 차지하고 있어 2차 사고로 이어질 개연성이 있다는 사실을 보여주고 있다.

"나"제조회사 전체고장신고 유형



[Figure 3]The entire failure reports of elevator manufacturer "나" and related maintenance company

<Table 11>에서는 유지보수업체별로 분석에 이용한 중대고장 유형 건수를 요약하여 보여주고 있다. 전체적인 고장 건수와 중대고장 유형 모두 나-3 유지보수 업체의 비율이 월등히 높게 나타나고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 나-3 회사의 유지보수 관리 체계의 전반적인 점검이 필요하다는 것을 시사한다.

<Table 11> The entire and serious failure reports of elevator manufacturer "나" and related maintenance company

	전체 고장		중대고장유형	
나 제조	760	8.43%	241	6.62%
나-1	773	8.58%	356	9.77%
나-2	1,565	17.37%	591	16.22%
나-3	5,125	56.87%	2,097	57.56%
나-4	789	8.75%	358	9.83%
합계	9,012	100.00%	3,643	100.00%

3. 통계적 분석과 결과해석

3.1 통계적 분석

본 논문에서는 승강기 중대고장 데이터로부터 승강기 제조회사와 주요 부위의 고장 빈도 사이에 연관성이 있는지를 알아봄으로써 승강기 유지보수 정책 수립의 기초자료를 제공하기 위한 것이다. 이를 위해 제조회사와 고장 위치 사이에 독립성이 있는지를 알아보기 위하여 교차분석을 실시하기로 한다.

교차분석은 실제빈도와 기대빈도 간의 비교 분석을 통해 두 변수 간의 독립성 및 동질성 여부를 분석하기 위하여 사용되는 분석기법이다.

독립성검증은 두 변수 간의 관련성이 모집단에서 존재하는지 여부를 검정한다.

기대빈도

$$e_{ij} = \frac{i\text{행의 빈도합} \times j\text{열의 빈도합}}{\text{총빈도}}$$

여기서 e_{ij} 는 i 행과 j 열이 만나는 셀의 기대빈도를 나타낸다[20].

카이제곱검정절차는 기대빈도와 관측빈도의 비교를 통해 계산되는 카이제곱통계량(χ^2)을 이용하여 수행된다. 표본으로부터 산출된 카이제곱통계량이 귀무가설이 사실이라는 가정 하에서 카이제곱분포 상에서 얼마나 희박한 경우인가 혹은 흔하게 관찰될 수 있는 경우인가를 판단하게 된다.

$$\chi^2 = \sum_{ij} \frac{(o_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

여기서 χ^2 : 카이제곱통계량, o_{ij} : 관측빈도, e_{ij} : 기대빈도, i : 행, j 는 열을 나타낸다[21].

3.2 분석 결과

먼저 제조회사별로 고장 발생 위치에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 제조회사와 대분류 항목의 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시하였다.

〈Table 12〉에서 이에 따른 교차표, 〈Table 13〉에서 카이제곱 검정의 검정 통계량과 유의확률을 보여주고 있다. 〈Table 13〉으로부터 제조회사와 고장위치가 독립적이라는 귀무가설을 기각할 수 있음을 알 수 있

다. 즉, 제조회사에 따라 고장 발생 위치에 차이가 있다고 말할 수 있는 결과를 보여주고 있다.

〈Table 12〉 Cross table of Chi-square test for the main category by manufacturers

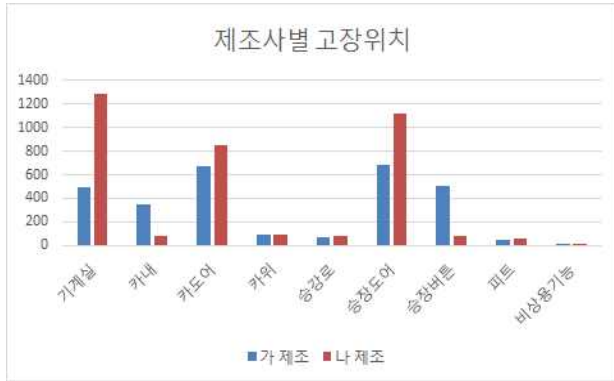
		대분류									전체
		A	B	C	D	E	F	G	H	L	
가	빈도	495	348	675	88	69	683	505	50	1	2,914
	%	17	11.9	23.2	3	2.4	23.4	17.3	1.7	0	100
나	빈도	1286	79	849	91	76	1,117	82	60	3	3,643
	%	35.3	2.2	23.3	2.5	2.1	30.7	2.3	1.6	0.1	100
전체	빈도	1,781	427	1,524	179	145	1,800	587	110	4	6,557
	%	27.2	6.5	23.2	2.7	2.2	27.5	9.0	1.7	0.1	100

〈Table 13〉 P values of Chi-square test for the main category by manufacturers

카이제곱 검정			
	값	자유도	P-value
Pearson 카이제곱	882.254a	8	.000
우도비	932.539	8	.000
선형 대 선형결합	141.650	1	.000
유효 케이스 수	6557		

제조회사와 대분류 항목의 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과, 고장발생이 가장 많은 위치는 승강도어, 기계실, 카도어 순으로 발생하였다. “가” 제조회사의 경우 고장발생이 가장 많은 위치는 승강도어, 카도어, 기계실 순으로 발생하였다. “나” 제조회사의 경우 기계실, 승강도어, 카도어 순으로 발생하였다.

아래 [Figure 4]는 제조회사별로 고장발생 위치의 분포를 그래프로 나타낸 것이다.



[Figure 4] Failure components in the main category by the manufacturer

다음은 각 대분류에 속한 중분류 항목들에 대하여 제조회사에 따른 독립성이 있는지를 알아보기 위하여 교차분석을 실시하였다. 상당량의 고장 발생이 존재하는 대분류 A~H에 대하여 각각의 대분류에 속한 중분류 항목별 고장 발생 빈도가 제조사와 연관성이 있는지를 알아보기 위한 것으로 각 교차분석의 유의성 결과를 요약하면 <Table 14> 와 같다. 즉, 승강로, 승장도어, 피트를 제외한 5개 대분류 항목에서 중분류 항목들의 고장 발생 빈도가 제조사에 따라 차이가 있다고 할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 교차분석 결과 독립성이 유의한 항목들에 대하여 중분류항목들의 교차분석 결과를 요약하기로 한다.

<Table 14> P-values of Chi-square test for each sub-category within the main categories

대분류	카이제곱 값	자유도	P-value
기계실	113.555 ^a	8	.000
카내	35.693 ^a	2	.000
카도어	12.978 ^a	3	.005
카워	15.320 ^a	1	.000
승강로	1.707 ^a	4	.789
승장도어	1.826 ^a	1	.177
승장버튼	45.143 ^a	2	.000
피트	3.300 ^a	4	.509

제조회사별로 기계실 내의 중분류 항목 및 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과 제조사별로 중분류항목의 고장빈도는 <Table 15> 와 같다. 기계실에서 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 제어반 CP A5(63.0%), 메인 인버터A8(10.7%), 조속기

A6(9.1%) 순으로 발생하였다. 제조사별 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 “가” 제조회사의 경우 고장발생 건수는 A5, A8, A2 순으로 발생하였다. “나” 제조회사의 경우 고장발생 건수는 A5, A6, A8 순으로 발생하였다. 공통적으로 제어반에서의 고장이 다른 부품고장보다 절대적으로 많은 비중을 차지하고 있다.

<Table 15> Cross table of Chi-square test for sub-category in Machine room(A) by manufacturers

		기계실								전체	
		A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A8
가	빈도	8	28	69	2	6	248	37	0	97	495
	%	1.6	5.7	13.9	0.4	1.2	50.1	7.5	0.0	19.6	100
나	빈도	27	67	91	0	0	874	125	8	94	1,286
	%	2.1	5.2	7.1	0.0	0.0	68.0	9.7	0.6	7.3	100
전체	빈도	35	95	160	2	6	1,122	162	8	191	1,781
	%	2.0	5.3	9.0	0.1	0.3	63.0	9.1	0.4	10.7	100

제조회사별 중분류 항목의 카내 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과 <Table 16> 과 같다. 카내에서 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 카내 개폐버튼 및 등록버튼 B1(88.5%), 카내 조작반 스위치 B2(10.1%) 순으로 발생하였다. 제조사별 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 “가, 나” 제조회사는 B1, B2 발생하였다. 카내 개폐 및 등록버튼 고장이 다른 부품고장보다 절대적으로 많은 비중을 차지하고 있다.

<Table 16> Cross table of Chi-square test for sub-category in Car inside(B) by manufacturers

		카내			전체
		B0	B1	B2	
가	빈도	1	322	25	348
	%	0.3	92.5	7.2	100
나	빈도	5	56	18	79
	%	6.3	70.9	22.8	100
전체	빈도	6	378	43	427
	전체 %	1.4	88.5	10.1	100

제조회사별 중분류 항목의 카도어 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과 <Table 17> 과 같다. 카 도어에서 고장발생이 가장 많은 위치

의 부품은 카도어 개폐장치 C2(33.8%), 카도어 인버터 및 보드와 모터 C0(24.5%), 문닫힘안전장치 상태 C3(22.9%) 순으로 발생하였다. 제조사별 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 “가, 나” 제조회사는 C2, C0에서 발생하였다. 제조회사별 발생 비율이 비슷한 하므로 동일한 관점에서 관리하여야 한다.

〈Table 17〉 Cross table of Chi-square test for sub-category in Car door(C) by manufacturers

		카도어				전체
		C0	C1	C2	C3	
가	빈도	184	108	214	169	675
	%	27.3	16.0	31.7	25.0	100
나	빈도	189	179	301	180	849
	%	22.3	21.1	35.5	21.2	100
전체	빈도	373	287	515	349	1,524
	전체%	24.5	18.8	33.8	22.9	100

제조회사별 중분류 항목의 카위 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과 〈Table 18〉과 같다. 카위 에서 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 층검출장치 D1(73.2%), 카상부 스위치 D0(26.8%)순으로 발생하였다. 제조사별 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 “가, 나” 제조회사는 D1, D0에서 발생하였다. 층검출 장치를 더욱더 집중적으로 유지관리 하여야 한다.

〈Table 18〉 Cross table of Chi-square test for sub-category in Car above(D) by manufacturers

		카위		전체
		D0	D1	
가	빈도	12	76	88
	%	13.6	86.4	100
나	빈도	36	55	91
	%	39.6	60.4	100
전체	빈도	48	131	179
	전체 %	26.8	73.2	100

제조회사별 중분류 항목의 승장버튼 고장발생 건수의 독립성 조사를 위한 교차분석을 실시한 결과 〈Table 19〉와 같다. 승장버튼에서 고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 승장버튼작동 G1(77.2%)와 승장버튼 PCB보드 G0(20.3%)순으로 발생하였다. 제조사별

고장발생이 가장 많은 위치의 부품은 “가, 나” 제조회사는 G1, G0에서 많이 발생하고 있다. 부품 품질관리와 자체점검시 세심한 유지관리가 필요하다.

〈Table 19〉Cross table of Chi-square test for sub-category in Landing button(G) by manufacturers

		승장버튼			전체
		G0	G1	G2	
가	빈도	104	397	4	505
	%	20.6	78.6	0.8	100
나	빈도	15	56	11	82
	%	18.3	68.3	13.4	100
전체	빈도	119	453	15	587
	전체 %	20.3	77.2	2.6	100

이상 분석결과를 종합하면 대분류항목별 고장발생률이 제조사에 따라 차이가 있는 것으로 나타났으며, 승강로, 승장도어, 피트를 제외한 5개 대분류 항목의 중분류 항목에 따른 고장 발생 빈도 역시 제조사에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 제조사 및 승강기 유지보수 업체별로 고장 발생 위치 또는 부품에 대한 차이는 유지보수 과정에서 중요한 자료가 될 것으로 보인다.

4. 결론

승강기 안전사고는 승강기 고장에 대한 사후처리 미숙 또는 안전조치 미이행에서 기인한다. 승강기 고장을 줄이면 승강기 안전사고 역시 감소하게 된다는 것은 자명하다. 따라서 본 논문은 승강기 고장 사례분석을 통해 승강기 유지보수에 필요한 기초자료를 제공하는데 초점을 두었다. 이를 위해 제조회사 겸 유지보수업체와 협력유지보수회사에 신고된 승강기 고장 사례들을 이용하여 승강기 고장 위치에 대한 분석을 실시하였다.

승강기 구조상 대분류/중분류/소분류로 구분하여 주요부품별 고장발생 현황을 파악하고, 제조사 및 협력유지보수회사별로 고장이 많이 발생하는 위치가 제조사에 따라 차이가 있는지를 알아보기 위한 독립성 조사를 위해 교차분석을 실시하였다. 분석결과 대분류항목에 따른 고장발생률이 제조사에 따라 차이가 있는 것으로 나타났으며, 승강로, 승장도어, 피트를 제외한 5개 대분류 항목의 중분류 항목에 따른 고장 발생 빈도역

시 제조사에 따라 차이가 있다고 할 수 있는 것으로 나타났다.

이러한 승강기 고장 위치에 대한 분석 결과는 승강기 유지보수 절차의 수립에 있어서 승강기 제조사별 특성을 반영하기 위한 기초자료로 활용됨으로써 승강기의 고장 발생률을 감소시킬 수 있을 것으로 기대한다. 승강기 고장의 감소는 승강기 고장의 2차 사고로 나타나는 승강기 안전사고의 예방 및 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대한다. 따라서 승강기 고장분석 결과를 승강기 유지보수 과정의 개선에 활용하기 위한 연구가 계속되어야 한다.

5. References

- [1] Trouble Accident Statistics Korea Elevator Safety Institute
- [2] Sin-Hong Kang(1989), "A Study on Safety Control Measures and The Realities of Safety Management System in Elevators in Korea." Master's thesis,
- [3] Don-Ku Choi(1995), "A Study on Elevator Safety Management System." Master's thesis, Kon Kuk University,
- [4] Gi-Heung Choi(2007), "Analysis on Safety Management of Elevator." Korea Society of Safety, No. 22
- [5] Yun-Yong Kim(2010), "A Study on the Lift safety certificate system against Mutual Recognition Agreement between countries." Korea Polytechnic University
- [6] Sa-Dong Kim(1989), "A Study on the Safety Control for Elevators in High-rise Apartment Houses." Lighting and Electrical Installation Engineers. Vol3, no2
- [7] Sun-Geol Kwon(1997), "A study on the establishment of safety and security for an elevator accident protection." Master's thesis, Hanyang University
- [8] Yu-Seong Yun, Oh-Heon Kwon(2002), "Accident Prevention Counterplan of the Elevator for the Passenger." Industrial Safety Research, 17, No. 2
- [9] Hee-Woo Lee(2003), "A study on the Prevention from lift accidents using the ISO/TS 14798(Risk Analysis Methodology)." Master's thesis, Seoul National University,
- [10] Jong-Chul Lee(2005), "Traditional risk factors and safety improvements elevator." Korea Elevator Safety Institute of Technology,
- [11] Kyu-Rok Chung(2007), "A Study on Causes of Elevator Accidents and Improvement of Safety Management System." Master's thesis, Seoul National University Graduate School of Industry,
- [12] Korea Elevator Safety Institute(2008), "elevator repair status and analyze the relationship between thinking and research."
- [13] Ho-Jung Ryu(2011), "A Study on Management System Based on Analysis of Elevator Accident." Master's thesis. University of Science and Technology, Seoul,
- [14] Doo-Ik Son, Jae-Suk Park(2003), "Evaluation of Replace period and Useful lifetime of the Wire ropes for the Passenger's Elevator," Occupational Safety and Medicine, 18: 35-38,
- [15] Ki-Hyun Kim, Jae-Chul Kim(2006), "The Study of Measurement and Performance Evaluation for Elevator Equipment by Instantaneous Power Quality," Lighting and Electrical Installation Engineers, Vol 20, No5: 42-48
- [16] Won-Hak Hong(2010), "Using image recognition and EID Elevator Safety Institute and security systems for the development of crime prevention," dissertation, University of Ulsan,
- [17] Ki-Hyun Kim, Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Kwang-Su Hwang(2005), "Analysis for Fault and Malfunction of the Elevator for the Passenger." Illuminating and Electrical Installation Engineers,
- [18] Ki-Hyun Kim, Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Suk-Myong Bae, Jae-Chul Kim(2006), "The Cause Analysis and Research of Malfunction for Elevator Equipment of the Apartment House," Lighting and Electrical Installation Engineers, Volume 20, No. 4.
- [19] Hae-Jin Jeon(2007), "elevator malfunctions and study the relationship between structure and maintenance," Korea Society elevator,
- [20] Gi-Young Gwak(2011), "Business Statistics Analysis - IBM SPSS STATISTICS utilization," gyeongmunsa Seoul, 186-191,

저 자 소 개

정 병 호



한양대학교 산업공학과에서 학사, 한국과학기술원에서 석사, 박사를 취득하였으며, 현재 전북대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 관심분야로는 AHP, 다요소의사결정, DEA, 시뮬레이션 모델링 등이며, 특히, 산업공학 이론의 현장 응용에 관심을 기울이고 있다.

주소 : 561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14 전북대학교 산업공학과

김 낙 훈



조선대학교 기계공학과에서 학사 취득 전남대학교 산업대학원 기계공학과에서 석사를 취득하였으며, 전북대학교 산업시스템공학과에서 박사를 취득하였다.

조흥전기주식회사 생산부에 근무하다가 한국승강기안전관리원에 재직중이다.

주소 : 전북 전주시 덕진구 백제대로 556번지 14층(금암동)