엘리베이터 오버밸런스율 제어와 안전을 위한 개선방안 연구

이호철¹ · 최영규^{2*}

A Study on the Elevator Overbalance-Ratio Control and Improved Scheme for Safety

Lee Ho-Cheol¹ · Choi Young-Kiu^{2*}

¹PhD Student, Department of Electronic & Electrical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

²Professor, Department of Electrical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

요 약

엘리베이터는 도르래와 와이어로프 사이의 마찰력으로 구동된다. 균형추는 카의 반대편에 와이어로프로 연결되어 있다. 도르래를 기준으로 항상 무게의 불균형이 발생하는 이러한 구조는 엘리베이터 구동의 핵심이 된다. 이러한 구조 때문에 엘리베이터의 오버밸런스는 구조적 효율과 안전성 요인의 중요한 요소가 된다. 그러나 국내의 승강기 검사 기준에는 아직까지 이러한 부분이 명확하게 기준으로 정의되어 있지 않다.

이 논문에서는 엘리베이터의 사고를 줄이기 위하여 이러한 무게 불균형을 제어에 대하여 기술하였다. 또한 현재 엘리베이터 유지관리 현황을 분석해 보고 안전을 위한 근본적인 개선방안을 제안하고자 한다.

ABSTRACT

An elevator is driven by the friction between the pulley and wire rope. A balancing counter weight is connected to the elevator car with a wire rope. This structure is essential to drive elevators while it always has weight unbalance problems on each side. The overbalance-ratio of elevators may be an important factor for safety and structural efficiency; however, it is not yet clearly defined in the Requirements of Korea Elevator Inspection.

This paper describes these "weight unbalance ratio" for control of elevators to reduce the number of accidents. It includes the analysis of current elevator maintenance situations and also proposes some fundamental improvement schemes for safety.

키워드 : 엘리베이터, 오버밸런스, 안전, 검사기준

Key word : elevator, overbalance-ratio, safety, requirements of inspection

접수일자 : 2013. 07. 17 심사완료일자 : 2013. 08. 15 게재확정일자 : 2013. 09. 02

* **Corresponding Author** Choi Young-Kiu(E-mail:ykichoi@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-2371)

Professor, Department of Electrical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2013.17.12.2785>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

『한국승강기 100년사』에 따르면 우리나라에 승강기가 지난 1910년 조선은행에 화폐운반용 엘리베이터가 최초로 설치된 지 100년이 지났다. 1972년의 『주택건설 촉진법』 제정과 1976년 『도시재개발법』 제정, 1981년 경기활성화조치로 500만호 주택건설계획, 그리고 1987년 200만호 주택건설계획 발표로 승강기 수요가 급증하게 되었다. 더불어 국토의 효율적 사용을 위하여 고층 건물과 아파트 건설의 붐이 일어남으로써 우리나라의 승강기 설치 증가율은 1990년대 까지 지속적으로 크게 증가하게 되었다[1].

현행 승강기와 관련된 법제는 승강기의 설치요건과 제조, 설치, 사용에 따라 「건축법」, 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률」, 「교통약자의 이동편의증진법」 등의 개별법령에서 규정되고 있으며 정부의 소관부처 또한 다원화되어 있다[2].

국내에는 통상 어떠한 시설 또는 제품에 대한 안전기술기준의 경우 국가표준에 의한 관리체계를 갖추고 있으며, 승강기 분야의 경우 “산업표준화법”에 의한 한국산업기준(KS)을 가지고 있다. 실제 검사 등에 있어서는 1991년에 “승강기제조및관리에관한법률”이 제정되고 승강기검사제도가 시행됨으로써 1992년 “승강기제조및관리에관한법률”에 따라 검사기관인 한국승강기안전관리원이 설립되었으며 현재는 개정된 “승강기시설안전관리법” 제13조 제4항 및 같은 법 시행령 제14조의 2의 규정에 따라 안전행정부 장관이 별도로 “승강기검사기준”을 정하고 고시하여 승강기의 검사가 실시되고 있다. 2005년에는 승강기에 대한 인증기준이 제정되어 운영되고 있으나, 주요 부품 이외의 전체적인 승강기에 대한 인증제도는 의무화되어 있지 않으므로 실제 승강기 검사기준에 충족이 못 미치는 것이 현실이다.

승강기의 카를 올리거나 내리는 적절한 작동을 위한 변수는 주로프와 권상도르래 사이의 마찰에 달려있다. 부적절한 마찰력은 제어상태와 무관하게 로프 미끄러짐으로 인한 개문발차의 원인이 되며 실제 치명적인 인명사고도 발생되었다. 이러한 로프 미끄러짐의 원인으로는 불법 정격속도 변경, 도르래 및 로프의 마모, 불균등한 로프 장력, 과적재 사용, 카와 균형추와의 과도한 무게 불균형율(오버밸런스율) 그리고 부적절한 제동력 등이 있다.

본 논문에서는 이러한 승강기 사고를 유발하는 문제를 줄이기 위하여 검사기준에 명확하게 정의되어 있지는 않지만 전기식 엘리베이터의 구조상 효율성과 불안전 요소에 중요한 요인이 될 수 있는 오버밸런스율의 조건에 따른 최대 출력과 최악조건 제동거리를 시험하여 현재 엘리베이터 유지관리상태의 문제점과 현황을 분석하고 근본적인 개선책을 제안하고자 한다.

II. 엘리베이터 견인력과 제동력의 요소

전기식 엘리베이터의 구조적 시스템은 구동전동기와 주 도르래(main sheave) 및 브레이크 장치를 포함한 권상기, 승강기(car)와 균형추(counterweight) 그리고 이를 연결하는 로프(rope)로 구성된다. 엘리베이터 상부의 연결 구조를 보면 주로프의 한쪽 끝에는 카의 자중이 매달려 있고, 로프의 다른 쪽 끝에는 균형추가 매달려진다. 이러한 구조는 기계실이 있는 구조(MR)와 기계실이 없는 구조(MRL)로 나뉘며 일반적인 기계실이 있는 전기식 엘리베이터의 구조는 그림 1과 같다.

그림 1. 일반 엘리베이터 구조
Fig. 1 Structure of general elevators.

이러한 엘리베이터의 최소 견인력을 결정하고 제어하는 기본적인 요소로는 권상비(traction ratio), 권상도르래와 주로프의 접촉면적 및 마찰계수, 가감속도 등이 있다. 이러한 요소들이 부적절해지면 로프 미끄러짐의 가장 흔한 원인이 된다.

엘리베이터 시스템의 브레이크 장치가 포함된 권상기는 다음 그림 2와 같은 구조이다. 제동력은 강력한 스프링에 의해 주어지고, 전동기에 전원이 투입되고 있는 동안에는 마그네틱 코일의 전자력에 의하여 브레이크가 개방되는 구조이다.

그림 2. 권상기와 제동기의 구조

Fig. 2 Structure of the traction machine and the brake system

가장 일반적인 권상기 브레이크의 모델은 스프링 브레이크이며 권상기 브레이크는 카가 승강장에 정차하고 있을 때 오로지 부하의 모멘트를 떠맡는 붙들기 브레이크(holding brake)로 채용하는 것이 보통이다. 그렇지만 정전과 같은 비상시에는 정격부하에서 정격속도로 주행 중에도 정지시킬 수 있어야 한다.

직접식 구동장치인 MRL의 브레이크는 가능하면 권상도르래(traction sheave)에 가깝게 설치해서 동일한 축에 작용한다는 것이 특징이다. 또 다른 모델로는 디스크 브레이크와 환절 스프링 브레이크(segment spring brake)가 있으며 마찰력 F_R 을 구하는 식은 다음과 같다 [3].

$$F_R = F_A \cdot \mu_R \cdot n \quad (1)$$

단, F_R 는 브레이크 마찰력, F_A 는 스프링 압력, μ_R 은 마찰계수, n 은 마찰면의 개수 이다.

전달 가능한 브레이크 토크는 이 마찰력과 브레이크 디스크의 유효 직경의 결과로서 생긴다.

본 저자가 엘리베이터의 권상능력 평가에 있어서 설계검토를 한 결과 로프와 도르래 사이의 마찰계수는 물론이고 안전여유를 고려하여 설계가 되고 있다는 것은 확인되었지만, 카 측과 균형추 측의 과도한 무게 언밸

런스는 브레이크의 능력 저하로 이어져 전동기의 관성을 제지하지 못하고 역 구동되는 일이 있을 수 있기 때문에 권상평가가 충분하다고 하여도 충분한 안정성평가를 만족하기 위하여 오버밸런스를 검토되어야 하고 지속적으로 유지 관리되기 위한 기준도 마련되어야 할 것이다.

이와 관련하여 권상도르래와 주로프의 접촉마찰력이 저하된 상태 또는 제동장치의 고장 등 여러 가지 원인으로 목적 층에 정지 후 도어가 열린 상태에서 서서히 미끄러져 움직이는 현상에 대한 안전장치로 카 브레이크 또는 로프 브레이크와 같은 개문출발방지장치가 필요하며 이러한 장치에 대한 실험적 연구와 로프 브레이크 시스템 설계에서 마찰의 특성연구 결과 신뢰성을 가지고 있음이 확인되었다[4-5].

III. 권상비와 오버밸런스를 분석

엘리베이터를 설계할 때 균형추의 총중량은 빈 카의 자중에 정격적재 하중의 40~60%의 중량을 더한 값으로 하는 것이 일반적이다. 이때, 정격적재 하중의 몇 %가 오버밸런스율이다. 이 비율은 에너지의 효율적 관리와도 상관관계가 있으며, 와이어로프가 쉬브와 미끄러지지 않게 하는 권상비를 개선하는데도 중요한 요인이 된다. 권상평가에 의해 적합하게 설계된 엘리베이터는 오버밸런스율이 정격적재 하중의 40~60 % 사이로 설계되어있다.

권상평가에서 권상비는 카측 로프에 매달려 있는 중량과 균형추측 로프에 매달려 있는 중량의 비(T_1/T_2)로서 무부하 또는 전부하 측정 시 큰 쪽을 분자로 하므로 1.0 이상의 값이 된다[6-8].

양쪽에 매달린 중량의 차를 적게 하면 전동기의 출력을 작게 할 수 있어 소비전력이 적어지고, 권상비가 작을수록 마찰력이 작아도 되므로 로프를 손상하지 않는 홈 형을 적용할 수 있어 로프의 수명을 길게 할 수도 있다[9].

전기식 엘리베이터의 검사기준 KS B EN81-1의 9.3항에서 규정하고 있는 권상평가에 대한 기준은 다음 표 1과 같다.

표 1. 로프식 권상평가의 기준

Table. 1 Requirements of the rope traction evaluation

관련항목	내 용
9.3	로프권상은 다음 3가지 조건을 충족하도록 되어야 한다. a) 8.2.1 또는 8.2.2에서와 같이 125%까지 부하가 주어졌을 때 카가 층높이에서 미끄러짐 없이 유지되어야 한다. b) 무 부하 또는 정격하중이 실려 있더라도 행정거리가 작아진 완충기를 포함하여 어떠한 비상제동이 완충기의 설정값을 초과하지 않는 값으로 카가 감속되도록 하는 것이 보장되어야 한다. c) 카운터웨이트가 완충기위에 정지하고 있을 때 그리고 구동기가 “상승”방향으로 회전되고 있을 때 빈 카를 들어 올리는 것이 가능하지 않아야 한다. 설계에 고려할 사항들은 KS B EN81-1 부속서 M에 있다.

상기의 검사기준에서 규정한 권상평가에 대한 기준은 다음과 같은 공식의 조건을 만족시켜야 한다.

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{fa} \quad (2)$$

: 카에 부하 및 비상제동 조건에 대한 평가.

(카가 정지상태에서 정격하중의 125%를 적재하거나, 비상제동구간에서 카의 가속도에 따른 관성 및 모멘트를 고려하여도 미끄러짐이 없을 것)

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{fa} \quad (3)$$

: 카가 정지된 조건에 대한 평가.

(균형추가 완충기 위에 정지된 상태에서 전동기가 상승방향으로 회전 시 도르래의 미끄러짐이 발생할 것)

e^{fa} : 허용권상능력

f : 마찰계수

a : 권상도르래의 로프 접촉각

T_1, T_2 : 카측 및 균형추측 양쪽 로프에 걸리는 힘

(T_1/T_2) 의 비율은 카의 위치 및 부하조건(빈 카 또는 정격하중)에 기초하여 가장 나쁜 경우에 대해 평가

되어야 한다.

이 권상비가 커지면 로프가 쉬브에서 미끄러지는 슬립현상이 발생할 수 있으며, 권상능력 또는 제동기의 제동능력이 부족해지는 원인으로 작용하여 사고로 이어지는 위험한 요인이 될 수 있다.

본 논문의 시험에서는 설치한지 15년이 경과한 엘리베이터에서 오버밸런스율만 달리하고 아래 그림 3과 같은 방법으로 전동기 단자대의 출력전류와 제동거리를 측정하여 소비되는 전력의 효율과 안정성을 분석해 보았다.

사 양
적재용량: 900 kg 정격속도: 60 m/min 모터출력: 11 kw 정격전압: 330 V 정격전류: 26 A 최대허용정지거리: 800 mm
전류측정방법: 카가 상승 또는 하강 시에 카와 균형추가 교차하는 위치가 될 때 측정 제동거리측정방법: 동력차단 시 카의 최대정지거리를 로프에서 실측

그림 3. 측정방법

Fig. 3 Measuring method

특히, 엘리베이터의 오버밸런스율을 달리하며 상승 또는 하강의 경우 중 가장 나쁜 경우를 고려하여 제동거리를 시험해 보았다. 현장 검증한 결과는 표 2와 같이 소비전력에는 차이가 있었으나 제동거리는 최대정지거리(감속주행거리 + 균형추측 주행여유거리)의 검사기준 이내에서 크게 벗어나지 않음을 확인하였다.

$$\text{감속주행거리} = \frac{1}{2} \times V \times t_a = \frac{V^2}{2a} \quad (4)$$

단, t_a 는 감속시간, V 는 정격속도, a 는 감속도

본 현장검증의 결과를 분석해 보면 출력이 가장 작아 소비전력의 효율이 높다고 볼 수 있는 오버밸런스율이 30~40 % 사이에 있음이 확인되어 부적절하게 설정되어 있으며, 제동거리는 시험한 모든 경우에서 검사기준에 적합하였다.

표 2. 오버밸런스를 변화에 따른 효율과 제동거리의 상관관계 시험 결과

Table. 2 Correlation test results of efficiency and braking distance by overbalance-ratio

오버 밸런스율 (%)	측정 전류(A)		최대 출력 (w)	최악조건 제동거리 (mm)
	상승	하강		
110	24.3	11.1	8019	780
100	21.3	9.7	7029	627
90	20.3	8.7	6699	610
80	17.8	7.8	5874	588
70	16.1	7.6	5313	562
60	13.7	7.4	4521	515
50	11.7	7.5	3861	498
40	9.6	7.8	3168	471
30	8.3	8.7	2871	455
20	7.9	10.6	3498	481
10	7.5	12.7	4191	503
0	7.4	15.2	5016	548

이것은 제조사에서 제동장치의 설계단계에서 이미 이러한 부분을 고려하여 안전여유를 충분히 반영하고 있음을 확인 한 것이다. 하지만 제동장치의 기계적인 노후 또는 유지관리의 부실 문제로 인하여 제동력 기능의 저하가 진행되었을 경우에도 과적재라는 최악의 경우에서 제동거리가 큰 차이가 없을 것이라는 것은 보장될 수 없을 것이다.

또한 오버밸런스율이 30% 이하 또는 70% 이상의 부적절한 비율은 엘리베이터의 구조상 과적재와 같은 상황으로서 사고를 유발하는 원인이 될 수 있다.

IV. 오버밸런스를 안전관리 현황

엘리베이터의 사고는 사망 또는 중상에 이르는 경우가 피해의 과반수로서 국민의 생활안전에 매우 심각한 위해요소가 될 수 있다. 우리나라는 2009년 6월30일 행전안전부 고시로 설치한지 15년이 경과한 승강기는 정밀안전검사를 받도록 의무화 하는 강화된 검사제도가 시행되었다.

본 논문은 설치한 지 15년이 경과하여 2010년도에 첫 정밀안전검사 대상이 되는 전국 엘리베이터 43,670 대 중 표 3과 같이 서부경남 12 지역 138곳의 건물에서 정밀안전검사를 실시한 593대(전국 대상의 약 1.36%)의 엘리베이터를 대상으로 조사 및 검사한 결과들을 분석해 보았다.

표 3. 조사 대상

Table. 3 The investigated object

지역	현장 수 (곳)	대 수 (대)
김해	29	254
통영	20	58
거제	16	51
진주	41	116
사천	17	75
거창	6	18
합천	2	6
함양	1	1
산청	1	4
하동	3	8
남해	1	1
고성	1	1
계	138 곳	593 대

이하 현황 분석표의 지역구분은 김해, 통영, 거제, 진주, 사천 그리고 나머지는 거창, 합천, 함양, 산청, 하동, 남해, 고성을 묶어 기타 지역으로 구분하였으며, 정밀안전검사를 실시한 결과는 표 4와 같은 오버밸런스율 현황으로 조사되었다.

표 4. 15년이 경과한 승강기의 오버밸런스율 현황

Table. 4 Overbalance-ratio situation of elevators after a lapse of 15 years.

(표본수 단위 : 대)

O/B 율 지역	10 % 이하	10~ 20%	20~ 30%	30~ 40%	40~ 50%	50~ 60%	60~ 70%	70% 이상	계
김해	0	8	27	146	61	9	3	0	254
통영	0	3	4	28	19	3	1	0	58
거제	0	2	10	16	16	5	2	0	51
진주	0	10	21	44	35	4	2	0	116
사천	0	3	5	44	19	4	0	0	75
기타	0	4	11	16	5	3	0	0	39
계	0	30	78	294	155	28	8	0	593
현황	0 %	5.1 %	13.2 %	49.6 %	26.1 %	4.7 %	1.3 %	0 %	100 %

대체적으로 오버밸런스율이 40~60 %로 유지관리가 잘되고 있는 표본수는 전체 593대 중 183대로서 30.86 %에 불과하였으며, 시정을 권고할 수 있는 30~40% 또는 60~70 %의 오버밸런스율 현황은 표본수 302대로서 50.93 %였고, 이 범위를 벗어나 안전사고 예방을 위하여 반드시 시정이 필요한 오버밸런스율 현황은 표본수 108대로서 18.21 %에 해당되었다.

이번 조사 대상의 승강기를 승강기검사제도가 시행된 1993년도를 기준으로 이전에 설치되어 완성검사를 받지 않은 대상들과 승강기검사 시행 이후에 설치되어 완성검사를 받은 대상으로 구분하여 분석해 보았을 때 표 5와 같이 분석되었다.

승강기검사제도가 시행된 1993년도 이전에 설치되어 완성검사를 받지 않은 승강기의 표본 중 적절하게 오버밸런스율이 40~60 %로 유지 관리되고 있는 경우는 전체 표본수 325대 중 91대로서 28.0 %에 불과하였

으며, 1993년도 이후에 설치되어 완성검사를 받은 승강기의 표본 중 적절한 오버밸런스율로 유지 관리되고 있는 경우도 전체 표본 수 268대 중 92대로서 34.33 %에 불과했다.

표 5. 승강기검사제도 시행 전후 설치 구분에 따른 오버밸런스율 현황

Table. 5 Overbalance-ratio situation before and after inspection system enforcement.

(표본수 단위 : 대)

O/B 율 기준	10% 이하	10~ 20%	20~ 30%	30~ 40%	40~ 50%	50~ 60%	60~ 70%	70% 이상	계
제도 시행 전	0	13	50	168	77	14	3	0	325
	0 %	4 %	15.4 %	51.7 %	23.7 %	4.3 %	0.9 %	0 %	100 %

제도 시행 후	0	17	28	126	78	14	5	0	268
	0 %	6.3 %	10.5 %	47.0 %	29.1 %	5.2 %	1.9 %	0 %	100 %

- ※ 1. 전 : 1993년 이전에 설치된 58곳 325대 대상
- 2. 후 : 1993년 이후에 설치된 80곳 268대 대상

이것은 전반적으로 오버밸런스율 안전관리에 문제가 있는 것으로 분석된다. 특히 검사제도 이전에 설치된 노후 승강기의 경우 오버밸런스율의 부적합률이 더 높다.

이러한 오버밸런스를 변형의 원인으로는 그림 4와 같이 카 내부의 바닥에 대리석 인테리어 시공 등으로 카 자중의 증가 또는 균형추의 웨이트 일부를 제거하거나 카 위로 옮겨 놓음으로써 오버밸런스가 부적절하게 변했을 경우 그리고 전동기의 노후로 인한 기능의 저하가 원인이 될 수 있다.

그림 4. 오버밸런스의 변형 원인

Fig. 4 Causes of the overbalance-ratio translation.

본 저자는 현재 엘리베이터를 유지관리 하고 있는 사례 중 무분별한 구조변경으로 인한 무게 변경과 이와 관련된 임의의 오버밸런스를 변경에 대하여 제도적으로 보완하지 않으면 엘리베이터의 개문발차 사고 등 치명적인 사고의 원인이 될 수 있음을 말하고자 한다.

V. 안전개선 방안 제언

본 논문에서는 다음과 같은 세 가지를 제언 하고자 한다.

첫째, 오버밸런스를 검사기준으로 적용하는 방안 제언.

현재 국내의 검사기준에는 오버밸런스에 대한 검사기준이 없다. 이에 대한 개선방안으로 우선 최초 완성검사의 기준에서 오버밸런스의 설계범위가 적절한지부터 우선 검토될 수 있어야 하며 현장에서는 설계에 맞게 균형추가 적절히 설치되었는지를 확인하도록 하

는 검사기준항목을 추가하여야 한다. 또한 매년 실시되는 정기검사에서도 최초 설치된 균형추의 개수가 변동되었음이 확인될 경우 지적하여 강제적으로 보완될 수 있도록 하는 검사항목이 추가되어야 한다.

이렇게 오버밸런스를 유지를 검사기준으로 적용함으로써 안전사고 예방을 기대할 수 있다.

둘째, 학교 과정에서 전문가 양성 학과 또는 교과목 신설을 제언.

현재 국내에는 자동차학과와 같은 체계적인 승강기 전문가 양성 시스템이 부족하다.

이에 대한 개선방안으로 특성화고등학교와 대학교 정에서 관련학과 또는 관련 교과목을 개설하여 체계적으로 전문가를 양성할 필요가 있다.

또한 유아와 초등학생들에게 실시되는 교통안전 교육과정에 엘리베이터의 안전교육프로그램이 보급될 필요가 있으며, 대학교의 유아교육학 과정에서는 어린이 엘리베이터 안전이용 교과목이 필수과목으로 채택되어 교사들을 통하여 어린이들에게 안전이용 교육이 보급될 수 있도록 할 필요성이 있다.

이러한 시스템 개선을 통하여 매년 증가하는 엘리베이터 대수와 이용자들에 대한 안전관리 효과를 기대할 수 있다.

셋째, 승강기를 대중적 교통수단으로서의 인식전환을 위한 환경 개선을 제언.

엘리베이터는 불특정 다수인 사용 또는 공동소유라는 이유로 안전관리가 소홀한 것이 현실이며, 이용자 안전사고의 위험성에 대한 정보가 부족한 것 또한 현실이다.

자동차가 수평 방향으로의 교통수단이라면, 엘리베이터는 상하방향으로의 중요한 교통수단이다.

따라서 국민에게 엘리베이터가 교통수단으로서의 인식이 되도록 하여야 하며 사고를 줄이기 위한 안전수칙과 유지관리요령 등이 보편적으로 알려질 수 있도록 정보의 홍보매체 등을 통하여 적극적으로 알릴 필요가 있다.

이렇게 함으로서 대다수 국민들로 하여금 승강기 안전사고 예방활동에 자발적인 참여를 기대할 수 있다.

VI. 결 론

우리나라에서는 엘리베이터 이용자의 안전을 위하여 관리주체 또는 관리주체로부터 권한을 위임 받은 자가 운행관리자로 선임되고 법정교육을 이수하도록 의무화 되어있다. 그러나 끊이지 않는 승강기 사고와 치명성을 고려하면, 이용자의 안전을 보장하기 위하여 현재의 안전 시스템 보완이 필요하다.

따라서 본 저자는 승강기 안전사고 예방과 이용자들의 자발적인 참여를 유도하기 위하여 제안과 같이 오버밸런스율에 대한 검사기준 강화, 체계적인 전문가 양성 교육 그리고 교통수단으로서의 승강기에 대한 인식 전환 홍보라는 사회적 안전시스템 보완을 제안하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Korea Elevator Safety Institute, "Korea Elevator History for 100 Years", 2010.
- [2] Ministry of Security and Public Administration, "A Study on the Elevator Safety Inspection Improvement based on the Accident Cases", 2009.
- [3] Winfried Quadfasel, *Brakes for Lift Systems*, pp. 2-3, March 2004.
- [4] Kyung-Taek Chung, Dong-Bok Kim, "An Experimental Study of Spring Acting Rope Brake for Lift", SARK Summer conference, pp. 1258-1261, 2011.
- [5] Joosup Jang, "Design Parameters Considering Friction Characteristics for Rope Brake System of Elevator", KSTLE, vol. 29, No. 3, pp. 171-179, June 2013.
- [6] K. Rajaraman and S. K. Nagaraja, "An elevator speed-control system using squirrel-cage induction motors," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. IE-31, no.2, pp.164-167, May 1984.
- [7] Hiromi Inaba, K. Hirasawa, Takeki Ando, Mitsuyuki Hombu, and M. Nakazato, "Development of a high-speed elevator controlled by current source inverter system with sinusoidal input and output", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 28, no. 4, July 1992.
- [8] N. Mutoh, N. Ohnuma, A. Omiya, and M. Konya, "A motor driving controller suitable for elevators," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 13, no. 6, pp. 1123-1134, Nov, 1998.
- [9] D.N. Dyck and P.E. Caines, "The logical control of an elevator," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 40, no. 3, pp. 480-486, Mar 1995.

이호철(Lee Ho-Cheol)

1992년 동아대학교 전자공학과 공학사
2011년 경상대학교 전기전자공학과 제어계측 공학석사
現 부산대학교 대학원 전자전기공학과 박사과정
現 (특)한국승강기안전관리원 경남지원 팀장
※관심분야 : 엘리베이터 제어계측, 제어및시스템 등

최영규(Choi Young-Kiu)

1980년 서울대학교 전기공학과 공학사
1982년 한국과학기술원 전기전자제어 공학석사
1987년 한국과학기술원 전기전자제어 공학박사
現 부산대학교 공과대학 전기공학과 교수
※관심분야 : 로봇제어, 지능제어, 신경회로망 등