

엘리베이터 피난계산 고려인자에 관한 연구 A Study on the Consideration Factors for the Calculation of Elevator Evacuation Time

김학중[†] · 박용환*

Hak-Joong Kim[†] · Yong-Hwan Park*

(주)진일엠이씨, *호서대학교 소방방재학과
(2009. 10. 6. 접수/2010. 2. 12. 채택)

요 약

최근 건축물이 초고층화, 심부화 되면서 화재발생시 거주자의 피난시간 단축을 위한 노력이 필요한 시점이다. 화재시 엘리베이터를 피난도구로 사용하는 것은 현재까지는 득보다 실이 많아 금지되어 왔다. 하지만 엘리베이터를 피난에 적합하고 화재시 화염 및 연기에 안전하도록 설계하여 피난에 이용함으로써 전체 피난시간을 단축하려는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 실제 엘리베이터를 이용한 피난시 피난시간을 계산하기 위하여 고려되어야 할 인자에 대하여 분석하고자 한다. 엘리베이터 피난계산에 고려되어야 할 인자는 시작시간, 왕복이동시간이 있으며, 왕복 이동시간은 대기시간과 운행시간으로 나뉘게 된다. 이러한 인자들의 조합과 효율을 반영하여 전체 엘리베이터 이용한 피난시간을 계산하게 된다. 엘리베이터를 피난용으로 활용하기 위해서는 제연, 구획화, 방수, 전력공급과 같은 부가적인 연구가 필요하다.

ABSTRACT

It is more important to study for reducing the evacuation time of occupant in fire, because the building has been taller and deeper. It has known that elevator was not safe in fire situation. So, the using elevator for evacuation has been prohibited. But the study of elevator evacuation is progressed with designing the elevator safe from flame and smoke. This study analyze the consideration factors for the calculation of elevator evacuation time. The factors for elevator evacuation calculation is starting time, round trip time. And round trip time is divided into standing time and travel time. The elevator evacuation time can be calculated by compounding these factors and adding the efficiency. For using elevator to evacuate, we need additional study for smoke control, compartment, water proof and safe electric power supply.

Key words : Elevator evacuation, Evacuation calculation, High-rise building

1. 서 론

최근 해외뿐만 아니라 국내에서도 건물이 초고층화 되고 있으며 지하층의 심부화가 진행되고 있다. 이러한 현상은 화재발생시 피난 측면에서 볼 때 매우 부정적임에 틀림없다. 화재 위험으로부터 다수의 사람들이 단시간내에 피난 할 수 있는 피난 방안이 요구되고 있다. 우리나라를 비롯한 거의 모든 국가에서 화재발생시 피난수단으로 엘리베이터를 이용하는 것이 금지되어 있다. 이는 화재발생시 엘리베이터의 사용은 인명

피해 측면에서 득보다 실이 많기 때문이다. 하지만, 911 테러이후 피난도구로써 엘리베이터의 이용 필요성이 제기되고 엘리베이터를 이용한 피난방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 초고층 건물의 경우 수직이동거리의 증가로 인해 전체 거주자 피난시에 피난계단만으로는 허용 피난 시간내에 전원이 피난하는 것은 무리가 있기 때문에 엘리베이터를 이용한 피난시간의 단축이 필요한 시점이다. 또한, 고령화 사회에 접어들어 건물의 거주자중 거동이 불편한 사람과 장애인 등 정상적인 피난활동에 어려움이 있는 경우(피난곤란자)가 증가하고 있다. 본 연구의 목적은 엘리베이터를 이용한 피난시 예상되는 피난시간 계산을 위한

[†]E-mail: khj4513@hanmail.net

적용인자와 계산방법을 제시함으로써 엘리베이터 피난에 대한 기초적인 자료를 제시하는 데 있다.

2. 본 론

2.1 고층건물의 화재 현황 및 인명피해 요인

Table 1은 1960년 이후 발생한 세계 각국의 고층건물 화재 건수 및 사망자 수를 나타내고 있다.¹⁾ 고층건물 화재의 특징은 선진국의 경우 발생 건수가 많은 반면 사망자 수가 적으나, 개발도상국의 경우 발생 건수는 적으나 사망자 수가 선진국의 30~50배 정도로 많음을 알 수 있다. 특히, 우리나라의 경우 화재 발생 건수는 2건 임에도 불구하고 사망자수는 201명으로 화재 건당 사망자수가 100명 이상임을 알 수 있다.

Table 2는 국내 화재의 경우 사망자의 발생 장소를 화재 발생층을 기준으로 하부층, 화재층, 상부층으로 나누어 나타낸 것이다. 이를 살펴보면 화재 상부층에서의 사망자 발생율이 화재층에서의 사망자 발생율보다 더 크다는 사실을 알 수 있다. 화재시 사망에 이르는 요인은 매우 복잡적이고 다양하지만 피난 실패의 주요 요인은 피난 개시시간의 지연, 피난로의 오염 및 차단, 피난시설의 배치불량 등으로 볼 수 있다.

또한, 초고층 건축물은 수직피난 동선이 길어지므로 화재 발생시 다음과 같은 위험요소를 가지게 되어있다.

Table 1. The Number of Occurrence and Death Toll in High-rise Building Fires

국 가	화재 건수	사망자 수
미국	226	590
캐나다	11	26
멕시코	2	4
푸에르토리코	1	96
브라질	3	202
콜롬비아	1	4
프랑스	1	2
필리핀	1	10
일본	1	32
인도	1	1
한국	2	201

Table 2. The Percentage of Death Toll on the Each Floor

	화재층	화재 상부층	화재 하부층	기타
사망자(%)	37.0	62.9	0	0.1

(1) 건물층수가 100층이 넘는 건축물의 경우 계단을 통하여 지상층까지 피난하는데 2~3시간 이상 소요된다.

(2) 초고층 건축물에서의 피난은 전층피난으로 이어지므로 각층에서 계단실로 진입하는 사람들로 인하여 병목현상이 발생하고 피난하중이 증가하게 된다.

(3) 노약자, 부상자, 장애인 등은 자력피난이 어렵고 피난속도가 느려 전체 피난속도를 늦추는 결과를 가져온다.

이러한 위험요소를 줄이기 위해 다양한 방안을 강구해 볼 수 있지만 엘리베이터를 이용한 피난은 피난 시간을 줄이고 장애인 및 낙오자의 피난이 용이하다는 점에서 피난실패로 인한 사망자 수를 줄이는 유효한 방법이 될 수 있다.

2.2 피난수단으로서의 엘리베이터

2.2.1 피난에 이용되는 엘리베이터 기준

NFPA 5000에 따르면 대피구역에 설치되는 엘리베이터는 대피구역을 제외한 건물 내에서 발생한 화재로 인한 전원차단으로부터 보호되어 동력공급이 지속적으로 가능하여야 하고 또 연기유입이 되지 않도록 급기가압되는 샤프트내에 설치되어야 한다. 2차 피난로로 사용가능한 엘리베이터의 경우 스프링클러로 방호되어야 하고 점유인원이 90인 이하여야 하며 승강기와 관계없는 피난용량을 별도로 100% 확보하여야 한다.²⁾

피난용 엘리베이터는 다음과 같은 구조를 갖추어 운영 되어야 한다.

1) 피난능력이 최소 8인 이상이어야 한다.

2) 엘리베이터가 운행되는 모든 층에 승강장을 설치하고 승강장의 방화벽은 최소 1시간 이상의 내화성을 보유하여야 하고 방연벽의 기능을 하여야 한다.

3) 엘리베이터 승강장의 문은 최소 1시간 이상의 방화성을 보유하여야 하고 화재에 노출된 후 30분 경과시점에서 측정된 최대 전이온도가 주변온도보다 250°C를 초과하지 않아야 하며 연기감지기 및 화재경보설비에 의해 자동폐쇄 되어야 한다.

4) 엘리베이터가 물에 의한 수손 위험이 없도록 배치되어야 하며 상용전원과 비상전원이 모두 설치되어야 하고 전력 및 제어용 배선은 화재가 발생하더라도 최소 1시간 이상 작동성능을 확보하여야 한다.

5) 엘리베이터 및 승강장에는 중앙제어반과 양방향 통신설비가 설치되어야 하고 지진이 발생했을 경우에도 엘리베이터가 작동할 수 있도록 지진 방호대책을 확보하여야 한다.

2.2.2 엘리베이터를 이용한 피난의 종류

엘리베이터를 이용한 피난은 세 가지로 구분할 수 있다.

1) 전체 비상피난은 건물 전체 거주자들이 건물로부터 완전히 피난하는 것을 목적으로 하는 비상피난을 의미한다. 전체피난은 극히 드문 경우에 적용되지만 대형화재, 폭탄테러, 생화학적 공격위협, 기상이변, 자연재해 등의 경우에 전체피난이 요구될 수 있다. 또한 건물 전체의 정전, 단수 등의 사용제한과 대피가 요구되는 상황에서도 전체피난이 고려될 수 있다.

2) 단계적 비상피난은 건물의 일부분에 거주하는 거주자의 피난 또는 안전구역으로 이동을 목적으로 하는 피난이다.

3) 부분적 비상피난은 건물내 특정 거주자 그룹의 피난이나 안전구역으로의 이동을 목적으로하는 피난이다.

2.3 엘리베이터 피난의 필요성 및 문제점

2.3.1 엘리베이터 피난 필요성

전 세계 대부분의 국가에서 일반인들에게 엘리베이터를 이용한 피난을 금지하고 있다. 그러나 최근 건물이 초고층화, 심층화됨에 따라 장애인, 노약자뿐만 아니라 일반인들도 계단을 통한 피난이 어려워지고 있으며, 피난시간이 건물 내화시간 이상으로 증가되는 결과를 가져오기도 한다. 이에 따라 거주자의 피난시간 단축이 요구되고 있는 시점이다. 기존 고층건물 화재에서 엘리베이터를 이용하여 탈출한 사람들의 사례가 발표되면서 엘리베이터를 이용한 피난에 대한 관심이 증대되고 있다. 실제 엘리베이터를 이용한 피난이 계단을 이용한 피난의 보조적인 역할을 하게 된다면 계단실의 피난하중을 저감하고 전체적인 피난시간 단축에 기여를 할 것으로 판단된다.

2.3.2 엘리베이터 피난 문제점

화재시 엘리베이터를 이용한 피난시 다음과 같은 문제점이 예견될 수 있다.³⁾

(1) 엘리베이터를 이용하여 피난하는 사람들은 일정 시간 엘리베이터 앞에서 기다려야 하는데 이 시간동안 화재나 연기에 노출될 가능성이 존재하고 패닉현상이 발생할 수 있다.

(2) 버튼누름에 의해 자동으로 운전되는 엘리베이터의 경우 화재층 상부에서 내려갈 때 자동적으로 화재층에서 정지하여 문이 열림으로써 탑승자가 화재와 연기에 노출될 가능성이 존재한다.

(3) 현재의 대부분의 엘리베이터는 문이 완전히 닫히지 않는 경우 출발할 수 없다. 다수의 피난자가 엘리베이터로 몰릴 경우 엘리베이터가 출발할 수 없는 경우가 발생할 수 있다.

(4) 화재에 의해 전력공급 케이블이 소실되는 등 전

원공급의 실패가 엘리베이터의 작동을 불가능하게 하거나 엘리베이터 내에 피난자들을 가두는 결과를 초래할 수 있다. 화재시에는 엘리베이터에 갇힌 사람들을 비상탈출구나 비상문을 통하여 구조할 시간이 없을 수 있다.

2.4 엘리베이터 피난계산 고려 인자

2.4.1 출발 시간(t_u)

엘리베이터 피난 출발시간은 엘리베이터가 움직여서 왕복 이동을 시작하기 전까지의 시간이다. 자동 엘리베이터의 경우 모든 엘리베이터가 피난층으로 이동된 후에 엘리베이터 피난이 시작된다고 가정한다. 이 경우 출발시간은 엘리베이터가 피난층으로 이동하는 시간과 탑승자가 엘리베이터에서 하차하는 시간의 합계이다.⁴⁾ 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$t_u = t_r + (t_u + t_d)(1 - \mu) \quad (1)$$

t_r : 가장 먼 층에서 피난층까지의 엘리베이터 이동 시간

t_u : 피난자들이 엘리베이터를 떠나는 시간

t_d : 엘리베이터 문이 한번 열고 닫히는 시간

μ : 총 이동 효율

수동 엘리베이터의 경우에는 엘리베이터 운전자가 화재 경보를 받는 시간과 경보를 받은 후 엘리베이터에 탑승하는 시간이 출발시간이 된다. 이 경우 식 (1)에 의해 계산된 출발 시간보다 크게 증가할 수 있다.

2.4.2 왕복 이동 시간(t_r)

왕복 이동은 2.4.1에서 전제된 것처럼 피난층에서 시작하게 된다. 왕복이동은 엘리베이터 문이 닫히고 엘리베이터가 이동한 후 엘리베이터 문이 열리고 피난자가 탑승하고 다시 문이 닫혀 피난층으로 이동하고 문이 열려 피난자가 하차하는 순서로 이루어진다.

$$t_r = 2t_r + t_s \quad (2)$$

t_s : 대기시간

t_r : 왕복이동 중 편도 이동 시간

이 식은 엘리베이터가 오직 피난자가 탑승하는 한 층에서만 정지한다는 것을 기준으로 한다. 대부분의 엘리베이터는 한 층에서 가득차고 피난층으로 이동할 것으로 예상된다. 만약 피난자를 태우기 위해 한 층 이상 정지할 경우 식 (2)가 변경되어야 한다. 총 이동 효율에 엘리베이터가 여러층에서 멈추는 것을 반영할 수 있다.

2.4.3 대기시간(t_s)

대기시간은 엘리베이터 문을 두 번 열고 닫는 시간

과 사람들이 엘리베이터에 탑승하는 시간, 그리고 사람들이 엘리베이터에서 내리는 시간의 합이다. 이동 효율을 고려하면 왕복이동에 대한 대기시간은 다음과 같다.

$$t_s = (t_i + t_d + 2t_d)(1 + \mu) \quad (3)$$

여기서, $\mu = \alpha + \varepsilon + \gamma$

기본 이송 비효율 α 는 정지가능성, 문 작동 시간, 문 작동 시작 및 정지시간, 예상치 못한 사람들 행동에 적용한다. 일반적으로 10%를 적용한다.

일반적인 엘리베이터 배치와 다른 엘리베이터의 배치는 효율을 떨어뜨리고 기본 이송 효율 값을 증가시키게 된다. 일반적이지 않는 엘리베이터의 배치에는 엘리베이터가 분리되거나 많은 엘리베이터가 일렬로 배치되거나 엘리베이터들이 각을 이루는 배치, 구석배치의 경우 등이 있다. 엘리베이터의 분리는 엘리베이터를 기다리다가 다른 쪽 엘리베이터가 도착했을 때 걸어가려는 승객의 탑승시간을 증가시킨다. 만약 분리간격이 너무 크면 탑승자들이 탑승하지 않은 채로 엘리베이터를 지나 보내게 된다. 한 줄로 너무 많은 엘리베이터를 사용하는 것도 유사한 비효율을 가지게 된다. 각을 이룬 배열의 경우 좁은 쪽 끝 엘리베이터는 서로 너무 가깝고 넓은 쪽 끝 엘리베이터는 너무 떨어져 있는 경향이 있다. 구석진 배열의 경우 엘리베이터를 탑승하거나 하차하는 승객들이 서로 엉키는 경향이 있다.

문의 비효율, ε 는 1,200mm 광폭 중심 작동 문의 이

동시간보다 증가하는 것을 보정하는데 적용된다. ε 값은 Table 3에 나타나 있다.

비효율 γ 는 특이형상의 엘리베이터나 승객의 신체적인 능력 때문에 엘리베이터 안에서 움직이는 시간 증가와 같이 엘리베이터로 탑승하거나 하차하는 사람들의 이동에 대한 비효율을 나타낸다. 대부분 병원엘리베이터의 경우 γ 는 0.05가 적용된다. 일반적으로 업무용 건물의 경우 γ 는 0이다.

엘리베이터 문이 열리고 닫히는 시간 t_d 는 Table 3에 나타난 것처럼 문의 폭과 형태에 따라 달라진다. 닫히는 문의 운동에너지는 엘리베이터 안전 코드에 의해 제한되고 일반적으로 0.29J을 넘지 않는다. 그러므로 각기 다른 제조사의 문들도 열림과 닫힘 시간을 동일한 값으로 적용할 수 있다.

문의 작동시간은 피난시 수없이 많이 열리고 닫히기 때문에 중요하다.

더 나아가 엘리베이터는 문이 닫혀 잠기기 전에는 출발할 수 없고 탑승객들은 문이 완전히 열리거나 거의 완전히 열리기 전에 하차할 수 없다. 일반적으로 엘리베이터 문은 엘리베이터가 멈추고 도착층 바닥과 레벨이 맞을 때 까지 열리지 않는다. 하지만 몇몇의 중심 열림 문의 경우 엘리베이터가 레벨링을 하는 동안 문이 열리기 시작하므로 Table 3에 나타난 시간은 미리 열리는 문의 경우 1초까지 줄일 수 있다.

승객이 엘리베이터에 탑승하는 시간 t_i 는 탑승하는 사람의 수 N 에 달려있다. 앞에서 언급된 것처럼 대부분의 엘리베이터는 한 층에서 가득차서 피난층까지 이동하는 것으로 가정한다. 하지만, 엘리베이터는 승강장에 기다리는 사람의 수가 충분하지 않을 때 가득차지 않고 일부만 탑승하여 이동하게 된다. 그러므로 분석시 일부만 탑승한 엘리베이터에 대하여 검토하여야 한다. Strakosch는 엘리베이터에 탑승하지 않고 다음 엘리베이터를 기다리는 승객에 대하여 관찰하였다. 이르게 관찰된 값은 엘리베이터에서 1인당 0.22m²의 바닥 면적에 기준을 두고 있다.⁵⁾ ASME A17.1(1987) 엘리베이터 표준에서는 최대 탑승을 1인당 0.14m²까지 허용한다.⁶⁾ 그러나 이러한 고밀도 운전은 정상시에 발생하지 않는다.

Strakosch의 관찰값은 엘리베이터에 가득 탑승한 사람들의 수로 사용될 수 있고 그 값은 Table 4에 나타나 있다.

엘리베이터 문이 열릴 때 문은 일정시간 열린상태로 남아있게 되는데 이것을 정지시간 t_{dw} 라 한다. 문이 열려있는 시간은 문을 가로지르는 빛을 막거나 안전 모서리를 누름으로써 늘릴 수 있다. N 명의 사람이 탑승

Table 3. Door Operating Time and Transfer Inefficiency

문 형태	폭 mm(in)	개폐시간, t_d (s)	비효율, ε
단독미끄럼형	900(36)	6.6	0.1
이중 속도	900(36)	5.9	0.1
중심 작동	900(36)	4.1	0.08
단독미끄럼형	1100(42)	7.0	0.07
이중 속도	1100(42)	6.6	0.07
중심 작동	1100(42)	4.6	0.05
이중 속도	1200(48)	7.7	0.02
중심 작동	1200(48)	5.3	0.0
이중 속도	1400(54)	8.8	0.02
중심 작동	1400(54)	6.0	0.0
이중 속도	1600(60)	9.9	0.02
중심 작동	1600(60)	6.5	0.0
이중 속도, 중심 작동	1600(60)	6.0	0.0

Table 4. Elevator Size and Observed Loading

용량 kg(lb)	폭 mm	깊이 mm	면적 m ²	탑승객(명)
1200(2640)	2100	1300	2.73	10
1400(3080)	2100	1450	3.05	12
1600(3520)	2100	1650	3.47	16
1600(alt.)	2350	1450	3.41	16
1800(3960)	2100	1800	3.78	18
1800(alt.)	2350	1650	3.88	18
2000(4400)	2350	1800	4.23	20
2250(4950)	2350	1950	4.58	22
2700(5940)	2350	2150	5.05	25

하는 시간 t_i 는 다음과 같다.

$$t_i = t_{dw} \quad N \leq 2 \quad (4)$$

$$t_i = t_{dw} + t_{io}(N - N_{dw}) \quad N > 2 \quad (5)$$

여기서 N_{dw} 는 정지시간동안 엘리베이터에 탑승하는 사람들의 수이고 t_{io} 는 엘리베이터에 탑승하는 한사람의 평균시간이다. 정지시간동안 엘리베이터에 탑승하는 사람수는 t_{dw}/t_{io} 로 소수점이하를 버리는 정수이다. 엘리베이터에서 하차하는 사람에 대한 시간도 동일한 방법으로 표현될 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 경우 정지시간을 4초로 잡고 엘리베이터에 탑승하는 한사람의 평균시간을 1초로 한다. 그리고 엘리베이터에서 하차하는 한사람에 대한 평균시간을 0.6초로 한다.

2.4.4 운행시간

일반적인 엘리베이터 움직임이 Figure 1에 나타나 있다. 엘리베이터의 이동은 등 가속도로 시작하고 전이 가속도가 되었다가 등속도 운전이 된다. 엘리베이터가 미리 선정된 속도에 도달했을 때 등가속도에 이르게

된다. 미리 선정된 속도는 일반적으로 정상운전속도의 60%이다. 업무용 건물에서 정상 운전속도는 일반적으로 1~9m/s이고 가속도는 0.6~2.4m/s²이다. 감속은 가속과 동일한 값이며 총가속시간은 총 감속시간과 동일하다.

정상 운전속도에 도달한 엘리베이터 움직임은 다음과 같으며, 이동거리가 짧은 엘리베이터는 정상 운전속도에 항상 도달하는 것은 아니다. 이러한 짧은 이동에 대한 분석은 별도로 연구한다.

등가속도 움직임에 도달한 시간(t_1)은 식 (6)과 같다.

$$t_1 = \frac{V_1}{a} \quad (6)$$

등가속도 기간중 이동 거리(S_1)는 식 (7)과 같다.

$$S_1 = \frac{V_1^2}{2a} \quad (7)$$

전이 가속도에 도달하는 시간(t_2)은 식 (8)과 같다.

$$t_2 = \frac{V_m^2 + V_1^2}{2V_1 a} + t_1 \quad (8)$$

전이가속도에 도달할 때 이동거리(S_2)는 식 (9)과 같다.

$$S_2 = \frac{1}{3a} \left(\frac{V_m^3}{V_1} - V_1^2 \right) + S_1 \quad (9)$$

편도 이동시간(t_3)은 식 (10)과 같다.

$$t_3 = 2t_2 + \frac{S_T - 2S_2}{V_m} \quad (10)$$

총 이동시간을 계산하기 위해서는 상기 시간에 레벨링 시간이 추가되어야 한다.

$$t_T = t_3 + t_k \quad (11)$$

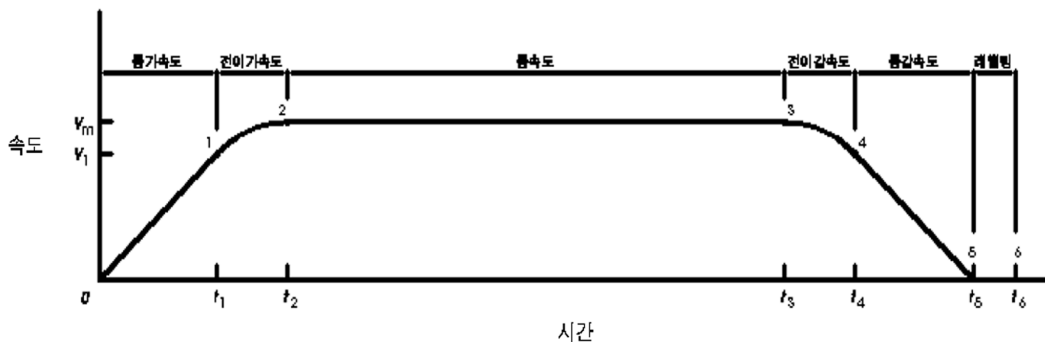


Figure 1. Velocity of elevator reaching normal operating velocity.

일반적으로 엘리베이터는 원하는 층에 정확히 멈추지 않는다. 그러므로 엘리베이터는 정지층에 맞추기 위하여 약간 오르락 내리락 하여야 한다. 레벨링 시간 t_k 를 0.5초로 가정한다.

2.4.5 피난시간

엘리베이터 피난 동안 거주자의 움직임 분석은 거주자 수와 건물내 엘리베이터 배열에 의해 설명될 수 있다. 일반적으로 엘리베이터는 8개까지 그룹으로 설치된다. 그룹내에서 엘리베이터는 서로 근접해서 설치되며 효율적으로 거주자를 이동하기 위해 함께 제어된다. 여기에서 적용된 분석 방법은 엘리베이터 한 그룹에 대한 피난시간 계산에 대한 것이다. 여러 그룹의 엘리베이터를 보유한 건물의 경우 이 접근방법을 각 그룹의 엘리베이터에 각각 적용한다.

한 그룹의 엘리베이터를 사용한 거주자의 피난시간은 왕복시간의 합을 엘리베이터 수로 나눈 값에 엘리베이터 피난의 시작에 필요한 시간과 엘리베이터 로비에서 밖이나 안전지역으로 이동하는 시간을 합한 값이다. 엘리베이터 운전의 효율을 반영하면 피난 시간은 식 (12)으로 나타낼 수 있다.

$$t_e = t_a + t_o + \frac{(1 + \eta)}{J} \sum_{j=1}^m t_{r,j} \quad (12)$$

$t_{r,j}$: 왕복 이동 시간,

j, m : 왕복 횟수

J : 엘리베이터 수량

η : 이동 효율

t_a : 엘리베이터 피난 시작 시간

t_o : 엘리베이터 로비에서 밖이나 안전구역으로의 이동시간

왕복이동시간은 엘리베이터의 이동시간과 엘리베이터에 의해 이동하는 거주자 수에 따라 달라지게 된다. 엘리베이터 로비에서 안전 구역으로 이동하는 시간은 인간 움직임에 대한 전통적인 방법에 의해 평가할 수 있다. 이동 효율은 비어있는 층 운행과 몇 명의 낙오자만을 이송하는 경우에 적용한다. 엘리베이터 수량 J 는 고장난 엘리베이터를 고려하여 그룹내 엘리베이터 수보다 작을 수 있다. 엘리베이터가 고장날 확률은 엘리베이터 사용연한과 유지보수의 질과 관련된 수많은 요인에 달려있다. 고장난 엘리베이터는 엘리베이터 피난시간을 크게 증가시키기 때문에 모든 엘리베이터 피난시간 계산 분석에서는 이러한 조건을 고려하여야 한다.

2.4.6 왕복 이동시간 계산

KS B ISO 41902-1 적재하중 1150kg 비상용 엘리베이터를 이용하여 왕복이동시간을 계산하였다.

- 건물 층수: 30층

- 건물 용도: 업무용

- 총 엘리베이터 이동거리: 90m

- 엘리베이터 속도 및 가속도: 3m/s, 1.2m/s²

- 엘리베이터 문: 1,100mm, 중심작동형

- 엘리베이터 최대 정원(N): 17명

- t_d : 4.6, e : 0.05(Table 3)

- α : 0.1, γ : 0

2.4.6.1 엘리베이터 탑승시간(t_i)

$$t_i = t_{dw} + t_{io}(N - N_{dw}) = 4 + 4(17 - 4) = 17s$$

2.4.6.2 엘리베이터 하차시간(t_u)

$$t_u = t_{dw} + t_{io}(N - N_{dw}) = 4 + 0.6(17 - 6) = 11s$$

2.4.6.3 대기시간(t_s)

$$t_s = (t_i + t_u + 2t_d)(1 + \mu) \\ = (17 + 11 + 2 \times 4.6)(1 + 0.105) = 41.11s$$

2.4.6.4 편도 이동 시간(t_1)

$$V_1 = 0.6 \times 3 = 1.8m/s$$

$$t_1 = 1.8/1.2 = 1.5s$$

$$S_1 = 1.8^2/2 \times 1.2 = 1.35m$$

$$t_2 = 32 - 1.8^2/(2 \times 1.8 \times 1.2) + 1.5 = 2.83s$$

$$S_2 = 1/(3 \times 1.2) \times (33/1.8 - 1.82) + 1.35 = 4.62m$$

$$t_3 = 2t_2 + \frac{S_T - 2S_2}{V_m}$$

$$= 2 \times 2.83 + (90 - 2(4.62))/3 = 32.58s$$

2.4.6.5 총 이동 시간(t_T)

$$t_T = t_3 + t_k = 32.58 + 0.5 = 33.08s$$

2.4.6.6 왕복 이동시간(t_r)

$$t_r = 2t_T + t_s = 2 \times 33.08 + 41.1 = 107.26s$$

3. 결 론

엘리베이터 피난 계산시 적용되는 주요 인자에 대하여 살펴보았다. 이러한 인자를 각 건물의 특성에 맞추어 적용하여 적절한 엘리베이터 피난 시간을 구할 수 있다. 이러한 인자를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 엘리베이터 피난계산 인자에는 출발시간, 왕복이

동시간, 대기시간, 운행시간이 있다.

(2) 엘리베이터가 여러 층에서 정지하거나 피난자의 변화는 효율값을 적용하여 피난시간에 반영할 수 있다.

(3) 엘리베이터 피난시간 계산 시에는 엘리베이터가 고장 날 확률을 고려하여야 한다.

(4) 엘리베이터와 피난 계단을 함께 사용 할 경우 전체 피난시간 단축이 예상된다.

(5) 30층 업무용 건물의 비상용 엘리베이터의 왕복 이동시간은 107.26s로 향후 피난용 엘리베이터의 피난 시간 계산에 활용가능하며 엘리베이터 피난시간과 계단 피난시간의 비교 연구가 필요하다.

(6) 건축물 초기 설계 시 엘리베이터 제작업체에 엘리베이터 관련 Data를 요구하고 확보하여야 한다.

(7) 피난용 엘리베이터를 활용하기 위해서는 제연, 구획화, 방수, 전력공급 등 부가적인 검토가 선행되어야 한다.

참고문헌

1. 이강훈, “건축방재 계획론”, 경남대학교 출판부, pp.13-20(1999).
2. NFPA 5000, “Building Construction and Safety Code”, pp.178-179(2006).
3. (사)한국소방기술사회, “초고층건축물 안전관리 매뉴얼”, pp.762-770(2009).
4. John H. Klote and Daniel M. Alvord, “Routine for Analysis of the People Movement Time for Elevator Evacuation”, NIST, pp.3-12(1992).
5. G.R. Strakosch, “Vertical Transportation: Elevator and Escalators”, 2nd Edition. Wiley & Sons(1983).
6. ASME, “American Standard Safety Code for Elevator, Escalators, Dumbwaiters and Moving Walks”, A17.1(1987).]