

고층건물에서의 피난 엘리베이터의 효율성에 관한 연구

박두원, 노삼규, 김종훈, 김운형*

광운대학교 건축공학과, 경민대학 소방안전관리과*

A Study on Efficiency of Elevator Evacuation in High-Rise building

Doo-won Park , Sam-Kew Roh, Jong-Hoon Kim, Woon-Hyung Kim*

Kwangwoon University, Kyungmin College*

1. 서론

현대의 승강기는 수송능력이 높고 편리한 운송수단이지만 여러 화재 사고들의 교훈에 의하여 화재시에는 사용이 불가능한 이동수단으로 인식되었다. 그러나 최근에는 초고층 건축물과 심층 지하 공간 등의 등장 및 “9.11 세계무역센터 테러” 이후 일반 거주자와 거동이 불편한 사람들 등을 위한 피난 수단의 확보가 제도적으로 요구되면서 각국에서는 승강기를 이용한 피난 모델링과 계단을 이용한 피난 수계산 등을 사용하여 피난 방법들의 특성을 비교분석하여, 고층 건물에서 승강기를 피난 수단으로 이용 시에 발생할 수 있는 피난 효과에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 고층 건물에서의 피난 형태

현재 고층 건물에서 피난방법으로는 화재발생을 지각한 후에 통로와 복도를 거쳐 계단실로 들어가 이동을 하는 방법을 수행하고 있으며, 1997년 11월 20일에 출판된 일본의 『신·건축방재계획지침』에서는, “대피계획에서 초고층건물 등 대규모 건축물에서는 단순히 짧은 시간에 옥외로 대피할 수 있으면 좋다고 사고방식으로는 안전을 확보할 수 없다. 그것은 급격한 연기 확산으로 인해 대피로가 차단되기 때문이다. 그러므로 대피계획에는 기본적인 사고방식으로 화재공간에서 빠르게 혼란 없이 대피할 수 있게 하는 동시에, 화재 공간 이외 공간의 안전성을 확보하고 대피로의 설정과 방화·방연구획 등의 측면에서 안전의 한 축으로 건축계획을 세우는 것이 건축방재에 있어 중요한 개념이다”라고 되어있다.

또한 “대피행동에 관한 구체적인 시설계획은 화재발생장소에서 대피로의 대피, 층 전체에서 대피, 계단으로 대피, 대피 층으로 대피, 그리고 당해 건축물에서 퇴각하는 식으로 차례로 화염에서 대피시키는 것이 기본적인 계획법이다”라고 정의하고 있다.

하지만 많은 나라에서 실제 화재발생시 승강기를 이용한 피난 사례는 어렵지 않게 찾을 수 있다. 한 예로 1996년 10월 일본 히로시마에서 발생한 20층 고층 아파트 화재에서도 대피자의 47%가 승강기를 42%가 계단을 7%는 이 두 가지 방법을 모두 사용

한 것으로 나타났다. 이를 분석해보면 승강기 이용자 대부분은 안전수칙을 알고 있지만, “아직은 괜찮겠지”라는 생각 내지는 자신도 모르는 사이에 승강기를 이용하였으며, 특히 평소 계단을 거의 이용하지 않는 고층 거주자들 대부분은 승강기를 이용하여 피난한 것으로 나타났다.

3. 피난 수단으로서의 필요성

승강기의 피난 수단으로서의 필요성은 다음과 같다.

- (1) 화재발생 시 정상적인 보행이 어려워 타인의 도움이 필요하거나 계단을 이용하는데 많은 위험을 가지는 장애인의 피난 수단 확보가 요구된다.
- (2) 초고층일 경우 장애가 없는 사람일 경우에도 많은 계단을 이용하여 안전한 피난이 어려우므로 체력이 약한 노약자들을 위해 승강기를 피난수단으로 사용할 필요가 있다.
- (3) 승강기와 계단을 함께 사용할 시에는 전체 피난 시간을 단축하여 피난안전성을 확보할 수 있다.

4. 고층 건물피난에 사용한 피난 모델링 및 수식

본 연구에서는 승강기와 계단을 이용한 피난을 해석하기 위하여 승강기는 1992년 미국 NIST에서 J.H.Klote 과 D.M.Alvord에 의해 개발된 ELVAC VERSION 1.0을 사용하였다. 이 모델링은 건물에서 사람들이 엘리베이터를 이용하여 피난을 할 경우 소요되는 시간을 예측하기 위해 만들어졌다. ELVAC에서는 층간의 거리, 피난층, 승강기 (Elevator Car)의 개수, 이동속도, 최대 적제인원, 승강기로부터 하차하여 안전지대까지 도달하는데 소요되는 시간, 승강기의 피난개시에 소요되는 시간, 문의 형태, 비효율성과 같은 요소들에 대한 입력을 통하여 피난에 소요되는 시간을 예측한다.

계단에서의 피난 해석은 Ai Sekizawa의 연구에서 사용한 계단피난식을 사용하였다. 이 식에는 피난인의 최대 수평이동거리, 수평이동거리, 최대수직이동거리, 수직이동거리, 계단에서의 피난인의 수, 첫 번째 층 계단에서의 평균 흐름율, 유효한 계단의 폭, 첫 번째 층의 문의 흐름율, 첫 번째 층의 유효한 문의 폭과 같은 요소들을 이용하여 피난에 소요되는 시간을 예측한다.

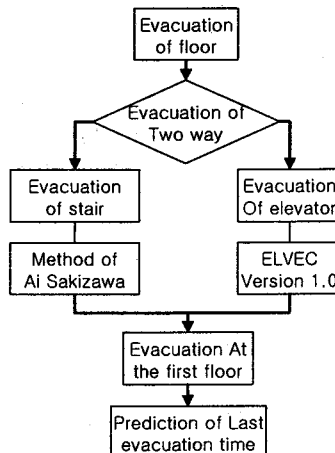


그림 1. 최종 피난 시간 예측 방법

이 두 가지 모델링과 수식을 규합하여 그림 1과 같은 형태로 연구를 진행하여 고층 건물에서의 피난시간을 예측하고 그에 따른 피난 효과를 알아보았다.

4.1 대상건물의 개요

본 예측의 대상건물은 지상 38층으로 1층에서 5층까지는 판매시설로 사용되고 있으며, 6층과 7층은 사무실로 사용되고 있고, 8층에서 38층까지는 오피스텔로 사용되는 건물이다. 1층 층고는 5.7m이며, 2층에서 7층까지는 각 4.5m이고, 8층에서 38층까지는 3.4m로 1층부터 38층까지의 높이는 138m이다. 1층의 인원은 415명, 2층에서 5층까지는 각 590명씩, 6층과 7층은 각 138명씩, 8층에서 38층까지는 각 91명씩 있어, 1층부터 38층까지의 총 거주 인원은 5872명이다.

4.2 승강기의 특징

대상건물의 승강기는 승객용 고속 승강기로 1350kg의 하중에 정원은 20명이고 속도는 210m/min 이다. 문은 Center Opening Door로 90cm 폭을 가지고 있으며, 건물 중앙에 모든 승강기가 위치하며 총 6대로 3대씩 양쪽으로 마주하고 있다.

4.3 모델링을 위한 가정

대상건물에서 화재발생시 1층에서 7층까지는 승강기를 사용하지 아니하며, 8층에서 38층은 피난수단으로 승강기 사용을 가능한 것으로 가정한다. 각 층에서 승강기를 이용하는 비율은 1층에서 7층은 0%이며, 8층에서 38층은 100%, 75%, 50%, 25%, 0%로 각각 설정하고 승강기를 이용하지 않는 나머지 인원은 계단을 이용한 피난으로 설정하였다.

단 피난 층에서 승강기 하차에서부터 안전지대로의 이동시에 아무런 장애요소가 없는 것으로 설정하고, 피난에 이용되는 승강기는 기계적인 오작동이나 피난하는 사람들로 인한 파손 등이 발생하지 아니하며 충분한 전원의 공급이 이루어지고 승강기승강장은 방화구획 되어있다는 가정 하에 연구를 진행하였다.

```

C:\WDOCUME~1\박두원\바탕화면 - 1\2006 - 1\ELVAC\NET\ELVAC.PRG
*****
ELVAC VERSION 1.00
WRITTEN BY DANIEL M. ALUORD AND
JOHN H. KLOTE

CONTRIBUTION OF THE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND
TECHNOLOGY, (U.S.)
NOT SUBJECT TO COPYRIGHT

FOR COMPILED VERSION ONLY - PORTIONS (C) COPYRIGHT MICROSOFT
CORPORATION, 1988. ALL RIGHTS RESERVED.

DOCUMENTATION: KLOTE, J.H., ALUORD, D.M., ROUTINE FOR ANALYSIS OF
THE PEOPLE MOVEMENT TIME FOR ELEVATOR EVACUATION, NATIONAL
INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, (U.S.),
NISTIR 4730, 1992.
*****
Do you want to read about the model (Y or N)? y_
  
```

그림 2. ELVAC 수행장면

Method of Ai Sekizawa

$$T_{str} = \frac{L_h}{V_h} + \frac{L_s}{V_s} + \max\left(\frac{P_{str}}{(N_{str} \cdot W_{str})}, \frac{P_{str}}{(N_{\xi t} \cdot W_{\xi t})}\right)$$

- T_{str} : evacuation time by stairs(s)
- L_h : maximum horizontal walking distance(m)
- V_h : horizontal walking speed(m/s)
- L_s : maximum vertical walking distance(m)
- V_s : vertical walking speed(m/s)
- P_{str} : number of evacuees by stairs(persons)
- N_{str} : average flow factor in stairs on the first floor (persons/m-s)
- W_{str} : available stairs width(m)
- $N_{\xi t}$: flow factor of the door on the first floor(persons/m-s)
- $W_{\xi t}$: available door width on the first floor(m)

4.4 모델링과 수식을 이용한 연구진행 결과

지상 38층 건물을 모델링과 수식을 이용한 연구를 수행하여 피난 대상이 되는 층에 대하여 승강기와 계단을 나누어 피난한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 모델링과 수식을 이용한 피난시간

	승강기 피난시간(s)	계단 피난시간(s)	최종 피난 시간(s)
승강기 100% 계단 0%	3221	0	3221
승강기 75% 계단 25%	2692	1104	2692
승강기 50% 계단 50%	1687	1341	1687
승강기 25% 계단 75%	1072	1579	1579
승강기 0% 계단 100%	0	1806	1806

승강기와 계단을 각각 100%로 이용할 시에는 최종 피난 시간이 승강기는 3221초, 계단은 1806초이지만 승강기와 계단을 적정 비율로 나누어 이용한 결과 승강기 25%, 계단 75%일 때 1579초로 고층 건물에서 승강기와 계단을 사용 시 전체 피난시간에 매우 효과적인 것을 알 수 있다. 단 위와 같은 결과와 비율은 해당건물에 적용되는 것으로

다른 건물에서는 각각 건물, 승강기, 계단 등의 특징을 고려 적정 비율을 산정하여 피난효과를 좀 더 나은 피난효과를 도출할 수 있을 것이다.

5. 결론

최근 초고층 심부하층 건축물들이 지속적으로 늘어나고 있는 상황에서 장애인과 소방대뿐만 아니라 일반인도 이용할 수 있는 피난수단으로서의 승강기는 매우 유용한 수단임에 틀림없다. 본 연구를 통해서 승강기를 이용함으로써 피난 시간 단축에 매우 효과적인 것을 알 수 있었다. 그리고 평면, 승강기 그리고 계단을 동시에 평가 할 수 모델에 대한 연구가 진행될 필요성이 있는 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Elmer F. Chapman, Elevator design for the 21st century: Design criteria for elevators when used as the primary means of evacuation during fire emergencies, J. APPLIED FIRE SCIENCE, vol 1(4) 339-347, (1990)
2. Workshop on Elevator Use During Fires, NISTIR 4993, (1993)
3. Ai Sekizawa, Study on Feasibility of Evacuation by Elevator in a High-Rise Building, Proceedings of the 4th Asia-Oceania Symposium on Fire Safety and Technology, 24-26 May. (2000)
4. John H. Klote, A Method for Calculation of Elevator Evacuation Time, J. of Fire Protection Engineering (1990)
5. 백민호, 초고층 건물의 방재계획, 방재연구지 제5권 제 3호, 2003