

고시원 화재시 복도 및 비상구 폭에 따른 피난소요시간 변화에 관한 연구

김진호*, 양정훈**, 석호태***

*영남대학교 대학원 건축학과(jeje3149@ynu.ac.kr), **영남대학교 건축학부, ***영남대학교 건축학부

A Study on the Variation of Evacuation Time according to the Width of Corridor and the Emergency Exit in Gosiwon's Fire State

Kim, Jin-Ho*, Yang, Jeong-Hoon**, Seok, Ho-Tae***

*Dept. of Architecture, Graduate School, Yeungnam University(jeje3149@ynu.ac.kr),

**Dept. of Architecture, Yeungnam University,

***Dept. of Architecture, Yeungnam University

Abstract

The purpose of this study is to present an alternative plan in order to reduce the required time to flee from the inside of the gosiwon in danger. The data were derived from changing the width of corridors and emergency exits and the number of stairs in the building EXODUS, which is computer simulation program. The analyzed conclusions from the data are following as below

- (1) Increasing the exits and the number of stairs are efficient to reduce the accumulated time for standing by.
- (2) Increasing the number of stairs is efficient to decrease the distance to get out of the building to exit.
- (3) Increasing the number of stairs is efficient to reduce the time to get out of the building to exit.

Keywords : 고시원(Gosiwon), 피난시뮬레이션(Evacuation simulation), 누적대기시간(Cumulative waiting time), 피난소요거리(Required evacuation distance), 피난소요시간(Required evacuation time)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

접수일자 : 2000년 00월 00일, 심사완료일자: 2000년 00월 00일

최근 국내에서는 다양한 화재사건·사고가 발생하여 국민의 생명과 재산을 위협하고 있는 상황이 마스크를 통해 보도되고 있다. 특히 다양한 형태의 고시원¹⁾ 화재사고들을 계기로 정부에서는 「다중이용업소 안전관리

에 관한 특별법」 개정안을 마련하여 시행중이다. 그러나 대다수의 고시원이 샌드위치 판넬을 이용하여 실을 구획하고 있고, 학생과 고시생을 위한 시설이 아닌 변형된 숙박 시설로 이용되고 있어 화재발생 위험도가 높고 유독가스발생으로 인한 대규모의 인명피해가 예상된다. 따라서 본 연구에서는 피난 소요시간 단축을 위한 대안제시를 연구의 목적으로 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

화재시 피난은 인구 밀도가 높은 대형 쇼핑몰, 지하역사, 대규모공연장 뿐 아니라 극장 등 사람이 생활하는 공간이라면 어느 곳에서도 중요하게 고려해야 할 사항이다. 그러나 피난 안전수준을 확보하기 위해 필요한 긴급 상황에서의 인간행동 예측 및 다양하고 복잡한 변수들의 관계로 인하여 특정 기준이나 법규를 통하여 모든 건물의 피난안전성을 일률적으로 평가·관리하는 것은 현실적으로 한계가 있다.

본 연구에서는 다중이용업소로 분류되어 관리되고 있는 고시원시설의 복도 폭 변화, 비상구 위치 변화, 피난계단의 수 변화가 피난소요시간 변화에 미치는 정도를 정량적으로 검토하였다. 이를 위해 상용 피난시뮬레이션 프로그램인 building EXODUS를 사용하여 분석하였다.

1.3 고시원시설의 현황

서울특별시 소방재난본부에서 2008년에 3,451개소의 고시원을 대상으로 실태를 파악한 결과²⁾를 요약한 「고시원 특별 소방검사 결과 및 관리현황」에 따르면 전체 이용자수는 108,428명으로 나타났다. 그 중 대다수

의 고시원이 학생과 고시생을 위한 곳이 아닌 변형된 숙박시설로 이용되는 것으로 조사되었다. 또한 화재발생시 인명대피와 직결되는 비상구를 법정 크기인 너비 0.75m, 높이 1.5m 이상을 갖추지 못한 곳이 637개소였고, 복도 및 통로 폭이 현행법 규정에 미달하는 업소가 1,052개소로 조사되었다. 또한 국회정무위원회의 검토보고서³⁾에 따르면 고시원 화재는 2006년 15건에 재산피해액 204억원, 2007년 26건에 817억원, 2008년 22건에 1천 347억원과 인명피해가 사망 7명, 부상 11명으로 고시원 화재로 인한 인적·물적 피해가 급격히 증가하고 있는 것으로 나타났다.

2. 피난시뮬레이션 개요

2.1 피난시뮬레이션의 필요성

피난이란 건물 내 화재나 기타의 재해가 발생한 경우 그 건물 내에 있는 사람들이 피난 경로를 거쳐 안전한 장소로 이동하여 신변의 안전을 지키는 것이라고 정의 할 수 있다. 이를 위한 적절한 피난 시스템은 거주자의 인명안전을 확보하기 위해 중요하게 고려해야 할 사항들 중 하나이다. 그러나 피난 시스템의 적절성을 판단하기 위해 사용되는 KS2815의 피난소요시간 예측 방법은 거실(화재실)에서 계단실 또는 특별피난계단의 전실 안으로 피난하는 시간까지를 계산하고 있어 피난자가 출구에 도착한 시점을 고려하지 못하는 한계를 갖고 있다. 이러한 현실적 제약을 극복하기 위해 다양한 피난시뮬레이션 모델이 개발되어 활용되고 있다. 본 연구에서는 피난시뮬레이션 프로그램들 가운데 건물의 공간 구획이 node의 연결에 의해 이루어지는 fine network model 중 하나인 buildingEXODUS를 활용하여 피난소요시간을 도출하였다.

1) 구획된 실(室) 안에 학습자가 공부할 수 있는 시설을 갖추고 숙박 또는 숙식을 제공하는 형태의 영업

2) 고시원 특별 소방검사 결과 및 관리현황, 서울특별시 소방재난본부, 2008

3) 이명규, 화재로 인한 재해보상과 보험가입에 관한 법률 일부개정 법률안, 국회정무위원회, 2008

2.2 buildingEXODUS v4.0의 개요

영국 화재공학협회에서 승인한 EXODUS는 복잡한 구조의 건물 내에서 다수 거주자의 움직임과 피난을 묘사할 수 있도록 디자인된 피난해석 전용의 상용소프트웨어이다. EXODUS 피난모델은 airEXODUS, buildingEXODUS, maritimeEXODUS로 구성되어 있으나 본 연구에는 병원, 극장, 기차역, 공항, 학교와 같은 건물에 적용 및 people-people, people-fire, people-structure의 상호작용 고려 및 피난자들 개개인의 성별, 나이, 신장, 행동특성, 거주위치, 보행속도, 반응시간 등을 자세히 지정할 수 있는 buildingEXODUS를 사용하여 피난소요시간을 도출하였다.

2.3 buildingEXODUS의 피난관련 이론

buildingEXODUS는 rule-based 기술(미리 규정해 놓은 규칙 몇 가지 중 상황 따라 우선하는 순서대로 수행)을 사용한 상용소프트웨어이며 개인의 행동과 움직임은 heuristics(평가시 몇 가지 측면만을 고려하여 행동을 결정) 또는 rules에 의해 결정되어 수행된다. 이러한 rule의 적용을 위해 5가지(Occupant, Movement, Behavior, Toxicity, Hazard) 상호작용하는 하위모델로 구성되어 있다. 5가지 하위모델 가운데 개인 특성에 바탕을 둔 Behavior submodel에서 거주자의 반응, 복잡한 결단, 추월 등과 같은 행동을 고려한다. 다양한 국지적 상황에서의 판단절차는 개인이 발견한 상황과 관련된 이용 가능한 정보에 따른다. 따라서 본 연구에서는 각 검토 case 별로 5회씩 시뮬레이션 한 평균값을 이용하였다.

3. 해석대상 고시원의 개요

3.1 피난소요시간 분석 방법 및 입력조건

본 연구에서는 각 지역별로 다양한 고시원을 대상으로 평면 특성을 검토한 후 일반적

인 고시원 평면 특성을 가진 경상북도 G시에 위치한 ○○고시원을 검토 대상건물로 선정하였다. 그 후 buildingExodus 피난시물레이션을 이용하여 피난소요시간을 시나리오별로 분석하였다. 대상 고시원에서의 건축 공간적 상황에 따른 피난소요시간을 도출하는 것을 연구의 목적으로 하였으므로 경보설비, 소화설비, 소화활동설비 등의 설비적 효과와 열 및 연기 등의 효과는 고려하지 않았다. 피난시물레이션의 입력조건은 표 1과 같다.

표 1. 피난시물레이션 입력조건

규모	지상 4층
건축면적	170m ²
거주인원 (명)	27
성별구성비 (남:여)	1 : 0
연령 (세)	25
키 (m)	1.8
몸무게 (kg)	80.0
거주자특성	거주자
서행속도 (m/s)	0.3
보행속도 (m/s)	1.35
속보속도 (m/s)	1.5
계단 오름/내림 (m/s)	0.67 / 1.01
반응시간 (sec)	0.0
출구유동계수	1.33occ/m·s ^{제1}
출구상태	개방

주) occ/m·s : 비상구폭 1m에서 1초간 피난가능 인원

3.2 피난시물레이션 모델링 및 해석 CASE

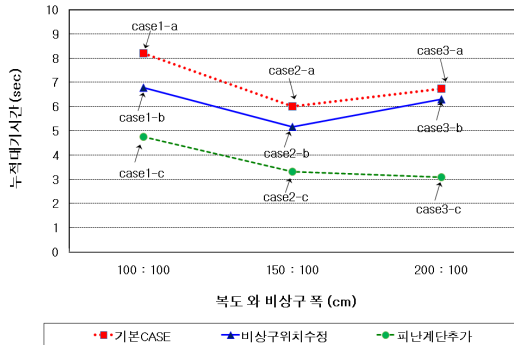
복도·비상구 폭 변화, 피난계단의 수가 피난소요시간에 미치는 정도를 파악하기 위하여 복도 폭과 비상구 폭을 100cm, 150cm, 200cm로 변화하는 것으로 가정하였다. 비상구 위치에 따라 복도에서의 병목현상 감소가 가능할 것으로 예상됨으로 비상구를 복도와 직선상에 위치하도록 하였다. 또한 비상구 주위에 물건을 적재하거나 비상구를 폐쇄하는 것으로 인하여 양방향 피난이 불가능한 상황이 발생하고 있음을 고려하여 피난계단이 1개소인 경우와 2개소인 경우로 나누어 비교하였다. 모든 case에서 재실자의 위치는 동일하고 동일한 밀도로 거주하고 있는 것으로 가정하여 모델링하였다.

4. 피난시물레이션 결과 분석

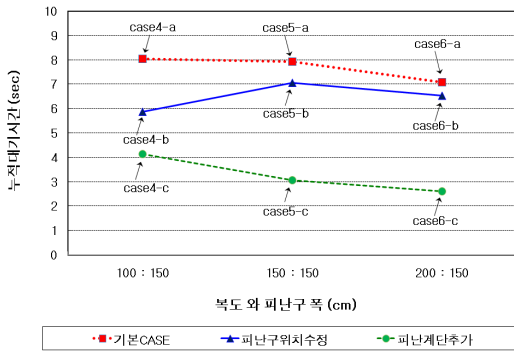
4.1 누적대기시간

buildingEXODUS 피난시물레이션에서 정확한 결과를 도출하기 위해서는 통계학적인 방법을 사용하여 조화평균을 구할 것을 추천하고있다. 이를 위해 본 연구에서는 5회의

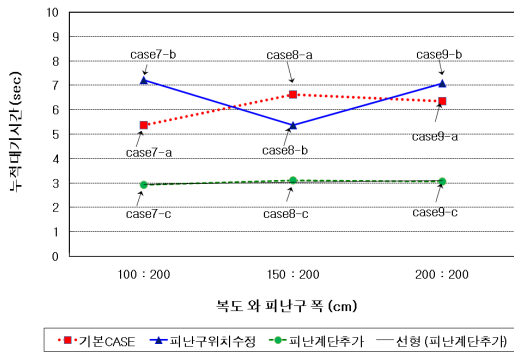
시물레이션을 수행하여 도출된 결과를 평균한 값을 사용하였다. 그림 1은 누적대기시간(CWT : Cumulative Waiting Time)을 나타낸다. 비상구 폭이 100cm인 그림 1(a) 그림에서 복도 폭이 100cm인 경우 기본 case와 비상구 위치를 복도와 직선상에 위치하도록 비상구 위치를 수정한 case에서는 복도 폭이



(a) 비상구 폭 100cm

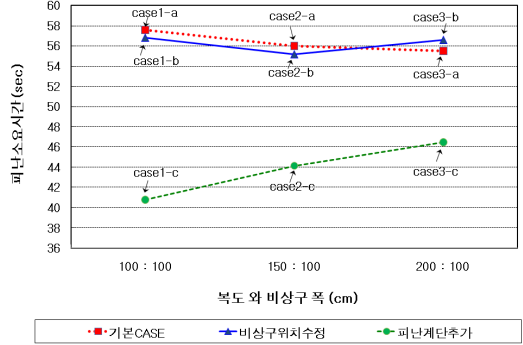


(b) 비상구 폭 150cm

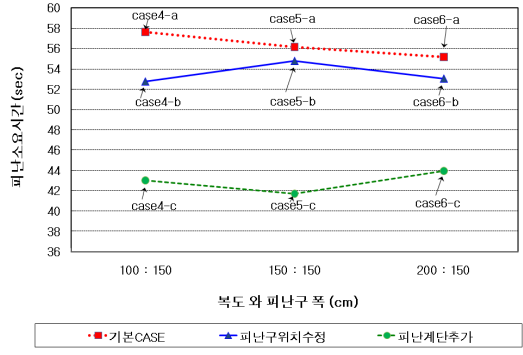


(c) 비상구 폭 200cm

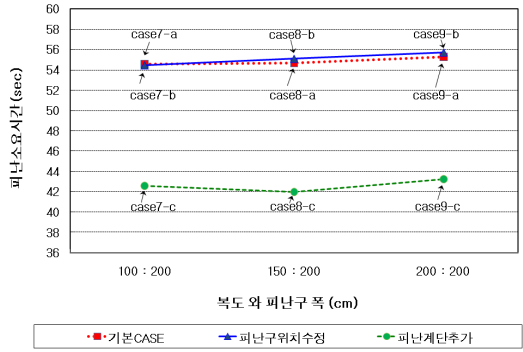
그림1. 누적대기시간



(a) 비상구 폭 100cm



(b) 비상구 폭 150cm



(c) 비상구 폭 200cm

그림2. 피난소요시간

150cm인 case2-a와 case2-b에서 피난소요시간이 5.17~6.02초로 복도 폭이 200cm인 경우보다 짧게 나타났다. 이는 복도 폭이 넓을수록 평균 누적대기시간이 감소할 것이라는 일반관념에 반하는 것으로 계단의 수용한계 이상으로 넓은 복도는 오히려 평균 누적대기시간을 증가시킨다는 것을 알 수 있다. 피난계단을 1개소 추가한 case1-c ~ case3-c는 복도 폭이 200cm인 경우가 복도 폭이 100cm인 경우의 평균누적대기시간 4.82초보다 짧은 3.07초로 나타났다. 이를 볼 때 피난자의 평균 누적대기시간을 감소시키기 위해서는 복도와 비상구 폭 뿐 아니라 피난계단의 수를 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

비상구 폭이 150cm인 그림 1(b)의 경우 기본 case와 피난 계단을 1개소 추가한 case에서는 복도 폭이 200cm일 때 평균 누적대기시간이 7.09~2.61초로 가장 짧게 나타났다. 즉 복도 폭과 비상구 폭의 관계를 적절히 조절함으로써 평균 누적대기 시간 감소가 가능할 것이다. 그러나 이 경우에도 복도 폭이나 비상구 위치를 수정하는 방법보다 피난계단을 1개소 추가하는 것이 누적대기시간 감소에 효과적이라는 것을 도출된 그래프를 통해 알 수 있다.

4.2 피난소요시간

피난소요시간이란 재실자가 피난을 시작하는 순간부터 건물의 출구까지 나가는데 소요되는 시간을 측정하는 것으로 정의한다. 대상 고시원에서의 피난시뮬레이션 실시 결과를 표 5에 나타내었고 비상구 폭에 따른 피난소요시간(PET : People Evacuation Time)은 그림 3(a)~(c)와 같이 나타났다.

그림 3(a)의 비상구 폭이 100cm인 경우 기본 case와 비상구의 위치를 복도와 직선상에 위치시킨 case의 경우 피난소요시간은 55~57초로 복도 폭 변화에 따른 차가 크지 않았다. 그러나 피난계단을 1개소 추가하였을 경

우가 기본 case와 비상구의 위치를 복도와 직선상에 위치시킨 case보다 피난소요시간이 9~17초 단축되는 것을 알 수 있다.

비상구 폭이 150cm인 그림 3(b)의 경우에도 기본 case에 비하여 비상구의 위치가 복도와 직선상에 위치 한 경우 피난소요시간이 복도 폭에 따라 2~5초 단축되었다. 피난계단을 1개소 추가 한 case의 경우 피난소요시간이 11~14초 단축되었다.

그림 3(c)의 비상구 폭이 200cm인 경우 비상구 위치를 복도와 직선상에 위치시킨 case에서 피난소요시간은 54~55초로 기본 case에 비하여 큰 변화가 없었으나 피난계단이 1개소 추가되었을 경우 42~43초로 나타나 기본 case의 피난소요시간에 비하여 12초 가량 단축된 것으로 나타났다. 피난자의 피난소요시간 단축을 위해서는 복도 폭이나 비상구의 위치를 변화시키는 것보다 피난계단의 수를 증가시키는 것이 효율적임을 알 수 있다.

5. 결 론

최근 고시원시설의 피난안정성 확보를 위하여 정부 및 지자체와 관련분야의 전문가들이 다양한 대안들을 제안하고 있는 상황이다. 본 연구에서는 고시원시설의 피난안정성 확보를 위한 대안들 중 정량화가 가능한 복도 폭의 변화, 비상구 폭 및 위치 변화, 피난계단 수의 변화가 피난자의 누적대기시간, 피난소요거리, 피난소요시간 단축에 미치는 정도를 분석하였다. 이를 위해 상용 피난시뮬레이션 프로그램인 buildingEXODUS를 이용하였다. 시뮬레이션 결과 도출된 누적대기시간, 피난소요시간을 바탕으로 피난소요시간 단축을 위한 대안제시를 연구의 목적으로 하였다. 도출된 연구결과는 다음과 같다.

1) 복도 폭을 증가시켰을 경우 누적대기시간 감소가 두드러지게 나타나지 않았으나 비상구 위치를 조정하였을 경우 1~2초(누적대

기시간 5~8초) 정도, 피난계단을 1개소 추가하였을 경우에는 2~5초 가량 누적대기시간이 감소하는 것을 알 수 있었다. 즉 누적대기시간 단축을 위해서는 비상구의 위치수정 및 피난계단의 수를 증가시키는 것이 효율적이다.

2) 복도·비상구 폭을 증가시켰을 경우 피난소요시간은 2~5초(피난소요시간 54~58초) 단축되는 것으로 나타났으나 피난계단 수를 1개소 증가시켰을 경우 12초 가량 단축되는 것을 알 수 있었다. 즉 피난소요시간 단축을 위해서는 피난계단의 수를 증가시키는 것이 효율적이다.

따라서 고시원의 피난시설 효과를 극대화하기 위해서는 비상구를 상시 사용가능하도록 비상구 주위에 물건을 적재하거나 비상구를 폐쇄하는 등의 행위를 엄격히 규제하여 상시 2방향 피난이 가능하도록 해야 할 것이다. 또한 비상구가 1개소인 고시원시설의 경우에는 비상구를 추가 설치(옥외피난계단 등)하여 피난소요시간을 단축하는 것이 거주자의 인명을 보호하는데 크게 기여할 것으로 판단된다.

감사의글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호#06 건설핵심 B03)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률, 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법, 2006
2. 고시원 특별 소방검사 결과 및 관리현황, 서울특별시 소방재난본부, 2008
3. 이명규, 화재로 인한 재해보상과 보험가입에 관한 법률 일부개정 법률안, 국회정무위원회, 2008

4. Henry Weckman, Evacuation of a theatre : Exercise vs calculation, Fire and Materials, Vol.23, pp.357-361, 1999
5. J.Fruin. Pedestrian planning and design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971
6. E.R. Galea, Approximating the Evacuation of the World Trade Center North Tower using Computer Simulation, Journal of Fire Protection Engineering, 2008
7. E.R. Galea, buildingEXODUS v4.06 User Guide and Technical Manual, University of Greenwich, 2006
8. Maohua Zhong, Study of the human evacuation simulation of metro fire safety analysis in China. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2008