

A-07

신체특성과 재실자밀도를 고려한 국내외 피난안전규정 비교연구

A Comparison Study on the International Egress Safety Standards
Considering the Physical Characteristics and Occupant Density

김동은* · 서동구** · 황은경*** · 황금숙**** · 권영진*****

Kim, Dong Eun · Seo, Dong Goo · Hwang, Eun Kyung

Hwang, Geum Suk · Kwon, Young Jin

Abstract

Recently with the increasing economics, many high-rise and complicated building with new architecture features are constructed in Korea. These tall and big building have many difficulties of fire safety concerns, especially evacuation plan. so, If a fire breaks out in big shopping center in the super tall building, how should the occupants evacuate?

In the side of this evacuate problem of big shopping center, It is the aim of this study to compare and analyze the difference between America and Korea. Considering the Physical Characteristics and Occupant Density.

Key word : occupants evacuate, Physical Characteristics

1. 서론

최근 경제와 기술의 발달로 인해 초고층 및 대형 건축물, 지하가 등 다중이용시설 건축물들이 많이 시공되고 있다. 이러한 건축물들은 피난용량을 고려한 피난안전규정이 필요하나 국내의 경우 획일적인 단위면적 기준과 설비적인 측면으로 규정하고 있는 현실이다. 이러한 규정은 인구밀도가 높은 건축물의 화재 시 피난 안전성을 확보하기가 어려울 것으로 사료된다. 또한 국내의 피난 시뮬레이션을 활용한 연구문헌을 분석해 본 결과 한국인의 신체특성과 재실자 밀도를 고려한 연구는 거의 존재하지 않고 있다. 외국인들의 신체특성을 이용한 피난시뮬레이션의 연구는 국내에서는 적합하지 않다고 판단된다. 2009년도 시행예정인 화재영향평가제는 건축물의 초고층화와 복합화에 따라 현행 소방시설 설치기준만으로는 화재에 적절하게 대처하기 어렵다고 판단해 건물 설계 단계에서 화재 발생 가능성과 재난시 영향 등에 대한 평가를 받아 안전성을 확보하도록 하는 제도다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 국내 판매순위가 높은 대형 판매시설의 재실자 밀도 실측조사값과 한국인의 신체특성을 통하여 국내의 피난안전규정을 국외의 CODE와 비교하고 이에 따른 피난시뮬레이션을 활용하여 보다 합리적인 피난안전설계 및 성능설계의 기초적인 자료로 제시하고자 한다.

2. 한국인의 신체특성 및 대형할인마트의 재실자 밀도 조사

2.1 한국인 신체의 특성

표 1은 한국인의 표준체형과 보행속도에 관하여 조사한 표이다. 우선 한국인들의 표준체형을 남여로 구분하여 10대에서 50대까지 조사하였다. 신체지수는 피난시뮬레이션(SIMULEX)에 필요한 전체 몸 둘레 크기와 어깨를 뺀 몸 둘레크기, 몸 둘레를 뺀 어깨둘레의 크기의 3가지 유형으로 조사하였으며, 자료는 한국기술표준원(KATS)의 자료를 인용하였다.

* 정희원 · 호서대학교 소방방재학과 · E-mail : kde29@nate.com

** 정희원 · 호서대학원 소방방재학과

*** 한국건설기술연구원

**** 한일엠이씨(HIMEC)

***** 정희원 · 호서대학교 소방방재학과 · 교수 공박

표 1. 한국인의 표준체형과 보행속도

구분	남성					여성				
	10대	20대	30대	40대	50대	10대	20대	30대	40대	50대
몸둘레 (mm)	215	224	232	235	241	219	228	237	244	262
몸-어깨 (mm)	123	130	138	141	144	128	137	142	150	165
어깨 (mm)	92	94	94	94	97	91	91	95	94	97
속도 (m/s)	1.5	1.7	1.3	1.3	1.2	1.5	1.7	1.3	1.3	1.2

* 한국기술표준원(KATS) - 5차 인체치수결과(2003)

또한, 일반적으로 방해를 받지않는 재실자의 보행속도는 0.8~1.7m/s의 범위로 입력하였으며, 피난 시 재실자의 보행속도는 피난경로의 설정, 개인별 특성 및 위치의 지정, 주변 사람과의 밀집상태에 따라 밀치기, 앞지르기에 의한 보행속도의 감소 등을 고려한다. 각 개인은 정상적인 방해가 없는 조건의 보행속도를 가지며 표 2와 같이 밀도가 증가하면 개인별 이격거리와 보행속도 감소식(Thompson & Marchant, 1995)을 기준으로 피난 시 보행속도가 결정된다. 따라서 식(1)에서 나타난 D의 값은 본 연구 2.2의 국내 대형할인마트의 재실자 밀도 조사 값을 대입하여 감소보행속도는 2~3m/s로 산정되었으며, 이는 피난 시 재실자의 병목현상으로 보행속도가 감소되는 수치를 나타낸 것이다.

표 2. 개인별 이격거리와 보행속도의 감소식

2-(a) 개인별 이격거리
(Thompson & marchant, 1995)

$$d = \sqrt{\frac{1}{D}} \text{ (m)} \quad \text{(식1)}$$

여기서, d = 각 개인별 이격거리
D = 재실자밀도

$$W = \frac{V(d-0.25)}{0.87} \text{ (m/s)} \quad \text{(식2)}$$

여기서, V = 정상 보행속도
W = 감소 보행속도

2.2 국내 대형할인마트의 재실자 밀도조사 결과 값

조사대상은 국내에서 판매순위가 높은 대형할인마트를 선정하였으며, 조사시기는 이용자가 많을 것이라 예상되는 추석의 전 주인 2007년 9월 15일부터 16일까지 조사하였다. 조사방법은 모든 출입구 및 매장내부, 각 무빙워크에 인원을 배치하여 유동인구를 10분단위로 체크하였다. 또한 같은 해 9월 13일 오후에 모의 조사를 통하여 조사 당시의 문제점을 최소화하였다. 재실자밀도 결과는 1층과 2층 그리고 전관으로 구분하여 시간별 최대 인수에 따른 각 면적별 재실자 밀도를 표 3과 같이 정리하였다.

표 3. 재실자 밀도의 결과값

구분	1층	2층	전관
최대재실자수 I	2,046	1,054	3,100
최대재실자수 II	2246	1154	3400
면적(㎡)	5274	5858	11,132
밀도(인/㎡)	0.43	0.20	0.31

• 최대재실자수 I : 판매시설물의 이용자와 고려한 재실자 인원수
 • 최대재실자수 II : 판매시설물의 관계자를 포함한 재실자 인원수
 • 면적(㎡) : 가구 레이아웃을 제외한 면적

3. 국내 · 외 피난규정기준

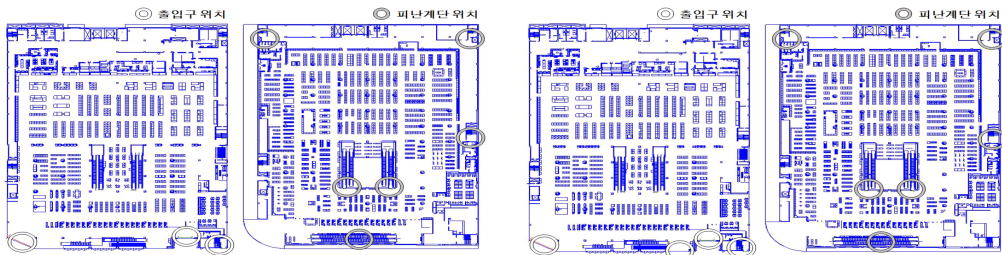
피난에 대하여 피난로수와 계단간 이격거리, 출구 폭, 내부출구폭, 계단 폭, 계단의 설치기준에 대한 규정을 국내(건축법 시행령, NFSC 301)와 국외(NFPA 101)와 비교를 하여 다음 표3와 같이 나타내었다.

표3 국내 · 외 피난규정기준

항 목	국 내	국 외
	건축법시행령 34, 35, 48조 / NFSC 301	NFPA 101
피난로 수	<ul style="list-style-type: none"> 가상의 모든 부분에서 작동계단까지의 보행거리를 초과하지 않도록 설치 용도에 따른 면적에 따라 2개소 이상 설치 <p>국내 현행기준은 거실에서 계단까지의 보행거리와 용도에 따라 하나의 계단을 이용하는 재실자의 수가 증가하여 피난시간이 오래 걸릴수록 증가에 따른 피난시간의 지연을 예방</p>	<ul style="list-style-type: none"> 500명 이하 : 2개소 500~1,000명 : 3개소 1,000명 이상 : 4개소 <p>다른 면적에 따라 일괄적으로 적용하여 재실 밀도가 증가 시 하나의 계단을 이용하는 재실자의 수가 증가하여 피난시간이 지연되나, 외국의 경우 재실밀도에 따라 최소 계단 수를 규정하고 있다</p>
계단 간 이격거리	<ul style="list-style-type: none"> 피난에 지장이 없도록 일정한 간격 유지 <p>국내 기준에는 과거에 규정되었다 없어진 규정으로 양방향 피난에 필수적이 규정임. 건물 내 계단간 거리를 규정함으로써 계단이 건물의 내부에서 한쪽으로 쏠림현상을 방지하여 어느 곳에서도 양방향피난이 가능하도록 계획을 유도</p>	<ul style="list-style-type: none"> 건물 대각선 길이의 1/3이상 이격
출구 폭	<ul style="list-style-type: none"> 90cm 이상 (피난 및 특별피난계단) 기타계단 기준 없음 <p>피난 및 특별계단의 출입문은 국내의 규정이 외국의 최소규정보다 넓은 폭으로 규정하고 있으나, 재실인원의 증가에 따른 고르가 되어있지 않고 피난 및 특별피난계단을 제외한 계단에 대한 기준이 없어 재실자의 안전을 확보할 수 있는 최소한의 규정이 필요</p>	<ul style="list-style-type: none"> 최소 31in(81cm) 이상 재실인원수에 따라 변화
내부 출구 폭	<ul style="list-style-type: none"> 내부 매장에 대한 기준 없음 <p>건물 내 대형 상가 및 임대공간에 대한 규정이 없어, 출구 위치, 개소, 출입문 폭 등에 대한 규정이 없음. 특히 마트 및 대형 매장의 경우 수 출입구의 비상시 사용 할 수 있는 피난구에 대한 기준을 규정하여 대형 물과 같은 것이 대한 안전성 향상 필요</p>	<ul style="list-style-type: none"> 매장 내 보행거리 23m 이상 재실인원 50인 이상 피난 출구 2개소 이상 설치
계단 폭	<ul style="list-style-type: none"> 초, 중, 고등학교 : 150cm 이상 문화집회, 판매영업 : 120cm 이상 상부층 200㎡ / 지하층 100㎡ 이상 : 120cm 이상 <p>국내 현행 기준은 외국현행기준에 비해 상당히 강화된 기준을 가지고 있음. 하지만, 복합건축물로 구성된 고층 또는 초고층 건물의 경우 피난이 계단으로 이루어질 경우 누적 인원에 따른 계단용량이 작아져 피난이 어려워 질 수 있으므로 재실자수를 고려한 계단폭의 계획이 필요</p>	<ul style="list-style-type: none"> 최소 44in(112cm) 이상 재실인원수에 따라 변화 2,000명 이상 최소 142cm 이상(건물전체인원수)
계단의 설치기준	<ul style="list-style-type: none"> 직통계단 상호간에는 각각 거실과 연결된 복도 등 통로를 설치 <p>계단의 설치기준은 양방향 피난의 확보를 위한 계획으로 국내 현행기준은 단순히 복도 등의 통로만을 설치하도록 규정하고 있음. 거실 및 피난로에서의 양방향 피난 계획의 확보를 위하여 계단의 위치는 거실에서 양방향 피난이 가능한 곳에 위치하도록 계획하여 단일 피난통선이 발생하지 않도록 함.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 서로 다른 보행로를 통해 2개 이상의 승인된 비상구접근이 가능해야 함. <p>국내 현행기준은 단순히 복도 등의 통로만을 설치하도록 규정하고 있음. 거실 및 피난로에서의 양방향 피난 계획의 확보를 위하여 계단의 위치는 거실에서 양방향 피난이 가능한 곳에 위치하도록 계획하여 단일 피난통선이 발생하지 않도록 함.</p>

4. 신체특징과 재실자 밀도를 고려하여 피난 시뮬레이션 연구비교

4.1 연구에 이용된 시뮬레이션의 개요



1-(a) 국내규정 적용(왼쪽부터 1층, 2층 평면도)

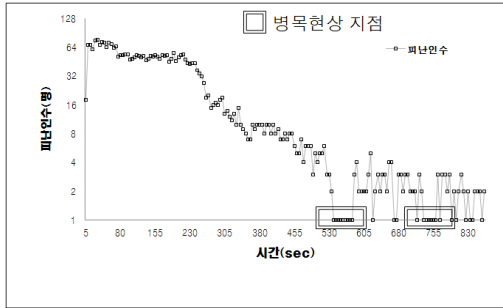
1-(b) 국외규정 적용(왼쪽부터 1층, 2층 평면도)

차이점	국내규정	⇒	국외규정
피난로	2개소이상 설치(현재 3개소 배치)	⇒	1,000명이상의 4개소 설치
계단폭	모든 120cm 설치로 설치	⇒	2,000명이상 142cm 이상 설치
출구폭	90cm이상 설치(주부 출입구 제외)	⇒	재실자 인원수에 따라 변경 (최소 110cm 이상 설치)

그림 1. 국내 · 외 피난규정을 적용한 피난로 배치현황

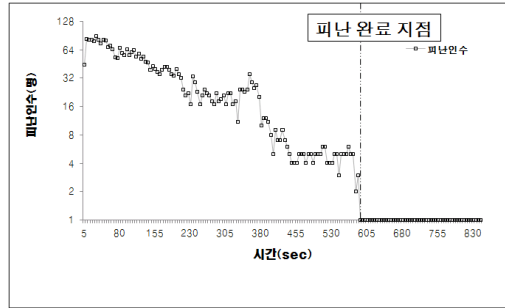
이번 연구에 이용된 피난시뮬레이션은 SIMULEX으로서 표 1의 한국인의 신체특징과 표 2의 층간 재실자 밀도를 적용하였다. 특히, 재실자의 심리적 효과(Response Time)는 Normal로 지정해주었다. 본 연구에서는 건축 공간적 요인과 신체 특징만을 다루어 경보, 스프링클러, 배연시설 등의 설비적인 요소와 열 및 연기 등의 요소는 제외하였다. 그림 2는 SIMULEX에 국내규정에 들어갈 2층에서 1층으로 이동하는 피난로와 1층의 출입구를 지정해 국외 규정에 따른 평면도의 모습이다. 국내와 국외규정의 피난계단 및 출입구의 폭은 각각 규정에 맞게 평면도의 구성을 바꾸어 피난시간을 계산하고, 이의 결과 값을 비교하였다.

4.2 국·내외 규정을 적용한 SIMULEX 결과 비교



2-(a) 국내 규정을 적용한 그래프

피난 소요시간 : 845초



2-(b) 국외 규정을 적용한 그래프

피난 소요시간 : 580초

그림2 국내·외 규정에 따른 피난시물레이션(SIMULEX) 결과 값

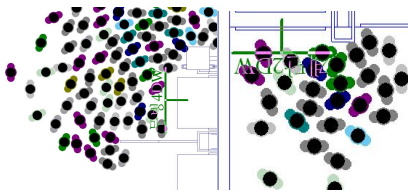


그림3 SIMULEX상의 병목현상

그림 2의 SIMULEX 결과 값은 5초단위로 피난인수를 계산하였다. 전체 피난 시간을 비교하면 국내규정을 적용하였을 경우 845초, 국외 규정은 580초로 국내보다 국외의 경우를 적용하였을 경우 265초 빠르게 피난을 완료하였다. 특히 국내의 규정을 적용한 경우 그림 3에서와 같이 병목현상이 발생하여 피난 시 감소보행속도의 범위 중 최대치가 적용되었을 것으로 사료된다.

5. 결론

소방선진국인 미국(Nation Fire Protection Association, International Building Code), 영국(British Standard) 등은 건축물 용도에 따른 재실인원수를 고려하여 피난로 및 피난계단을 계획하고 있으며 특수한 경우를 제외하고는 모든 건물에서 양방향 피난이 가능하도록 피난기준이 정립되어 있는 반면, 국내의 피난관련법규는 단순히 건축물의 용도, 면적 그리고 층수에 따라 피난계단의 구조 및 형식을 규제하고 있어 화재 발생 시 재실자의 피난안전을 보장하지 못하고 있다. 따라서 향후 국외의 피난계단 및 피난로 폭의 규정을 참고하여 국내에 적합한 피난안전설계의 기초적인 데이터 구축이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 (2007-0022-1-1)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 이현진 외 6명, “대형판매시설물의 피난안전규정을 위한 재실자 밀도에 관한 현장조사연구”, 한국화재소방학회 추계학술발표대회, 2007.
- 박창영 외 1명, “신체특징이 피난시간과 흐름유에 미치는 영향에 관한연구”, 대한건축학회논문집 통권 218호, 2006.
- NFPA 101, “Life Safety Code Edition”, 2006.
- 한국표준기술연구원(KATS), 5차 인체치수결과(2003)
- Dr. Peter Thompson, “Simulex: simulated people have needs too”, UK