

B-09

## 복합 상영관의 피난 안전 성능 평가에 관한 연구

노승엽, 지남용\*,

한양대학교 건축공학부 석사과정, 한양대학교 건축공학부 조교수\*

### A Study on The Evaluation of Egress Safety Performance in Cine-Plex Theater

Seung-Yup Roh, Nam-Yong Jee\*

#### 1. 서론

21세기 들어 경제적 풍요로 인한 소득의 증대와 주5일제의 시행 등으로 인하여 사람들의 관심은 삶의 양적 향상에서 벗어나 질적 향상으로 변화하였고 그에 따라, 문화적 욕구 충족을 위한 새로운 문화 공간의 총아로써 복합 상영관이 등장, 부각하게 되었다. 그러나 수많은 인파가 몰리는 복합 상영관의 편리성과 다양한 기능 이면으로 복합 상영관이 가지는 화재 위험도에 대해서는 간과해 온 것이 사실이다.

따라서, 본 연구에서는 화재 발생 시 가장 우선시되어야 하는 인명과 관계된 피난 계획에 대하여 살펴본 후, 국내 복합 상영관을 선정하여 피난 안전 성능 평가를 하여 그 피난 안전 성능 평가 방법의 타당성을 검토하였다.

#### 2. 복합 상영관의 공간 특성에 따른 화재 위험도

복합 상영관과 같은 복합 용도의 건축물은 구획에 의한 공간 구성 형태로 피난 개시와 동시에 발화 층 또는 대상 층의 피난 대상자들(occupancy)이 발화 층에서 모두 빠져나감과 동시에 피난이 종료되는 층피난으로 피난 안전도를 확보한다.

그러나 이는 완전한 피난 안전도라 할 수 없다. 피난 안전도는 가장 극한 상황 및 가장 위험한 상황에서 건물 내 피난 대상자가 건물의 외관 또는 안전구역까지 오는 것을 의미하나, 복합 용도의 건축물은 각각의 용도에 따라 다르게 피난을 평가함으로써 제대로 된 피난 안전도라 할 수 없다.

##### (1) 연소 특성

복합 상영관에서의 연소는 공기의 공급 조건에 의해 지배적인 영향을 받는 환기제배형 화재(Ventilation controlled fire)와 같다. 영화관은 무창층 구조로서 외부와는 거의 차단되어 있어 공기의 유입이 쉽지 않고 따라서 공기의 흐름이 거의 없거나 적다. 이런 현상으로

일반화재에서 쉽게 볼 수 있는 연소 현상인 초기, 중기, 성장기, 최성장기, 쇠퇴기의 변화 과정이 화재 발생 시 적용되지 않고 영화관 내의 내장재 가연선정도, 위험물의 방치여부, 가연성 가스 취급에 따라 다소 차이가 있을 수 있다. 또한 그 내부의 공간적 한계로 말미암아 연소열이 축적되기 쉽고 농축 열에 의해 피해의 위험성이 예상보다 클 수도 있다고 할 것이다.

## (2) 연기 특성

복합 상영관에서 화재는 객석 의자, 영상 기기류 등의 내장재로 인하여 발생초기부터 많은 연기를 발생하게 된다. 그리고 일정시간이 지남에 따라 공기의 흐름이 거의 없기 때문에 나중에는 연기는 점점 더 진해진다. 발생한 연기는 외부로 빠져 나오지 못할 뿐 아니라 유독성을 띄고 있다. 또한 연기의 건물 내 이동은 외기의 풍향, 온도, 환기, 설비, 출입구와 창문 등의 개구부 조건에 영향을 받으며 영화관 내에서의 이동은 기계 환기 이외의 영향은 적고 폐쇄 공간내의 자연 대류에 의한다고 말할 수 있다. 따라서 기계 환기의 구동력을 가하지 않는 한 연기의 이동속도는 비교적 적다고 본다.

## (3) 심리적 특성

복합 상영관은 밀집, 밀폐된 공간으로 불특정 다수의 사람들이 이용하며 화재 및 정전 시 공포(Panic)를 강하게 느끼고, 개방된 일방적인 생활공간으로부터 격리감을 의식하게 된다. 그러므로 화재 발생 시 군중 심리 현상이 발생하고 일시적으로 수많은 사람들이 피난을 시도하여 2차적인 재해 발생 요인이 되기도 한다.

또한 연기의 확산으로 농연 등이 화재발생 공간 내 여러 곳에 미치기 때문에 화재 발생 장소의 오인이 쉽고, 발화점 및 연소 범위의 파악이 곤란하다.

# 3. 복합 상영관의 피난 안전 성능 평가

## 3.1 대상의 선정

현재 국내에 위치하고 있는 복합 영화관을 유형에 따라 분류해 보면, 먼저 그림 1과 같이 단면상의 배치 형태에 따라 최상층형, 지상형, 지하형, 지상·지하형, 1층형으로 나누어 볼 수 있다. 또한, 평면상의 구성 형태로 분류해 보면, 수직형, 수평형, 수직·수평형의 중간 형태인 조합형 등으로 나눌 수 있다. 이를 정리하면 그림 2과 같다.

이상의 결과를 토대로 대상 복합 상영관을 선정하기 위하여 단면상으로는 건물의 대형화와 고층화로 인하여 대부분의 복합 상영관이 대형 지하 공간 또는 초고층 건물의 상층부에 십여개의 상영관과 다양한 문화시설이 자리 잡고 있다는 점과 수직형의 평면 구성을 갖는 복합 상영관과 수평형의 복합 상영관이 갖는 피난 동선에 차이가 있으며, 조합형은 그 중간형이라는 점을 감안하였다.



그림 1. 복합 상영관의 단면 구성상의 분류

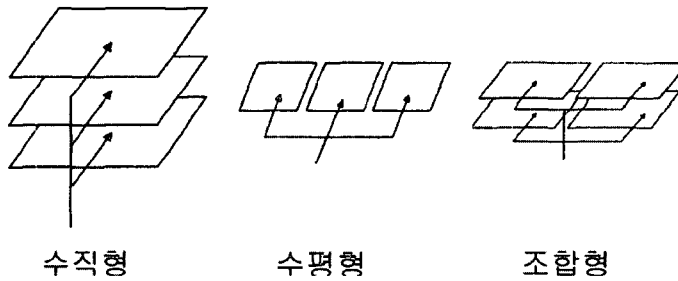


그림 2. 복합 상영관의 공간 구성상의 분류

표 1. 대상 복합 상영관 개요

	A 복합 상영관	B 복합 상영관
건물의 개요	지상 8개 층의 건물로 최상층인 8층, 한 개 층을 상영관으로 사용	지하 4개층, 지상 10층으로 지하 4개층을 상영관으로 사용.
상영관 수	5개	8개
상영관 수용 인원	70~100명	150~300명
단면 구성상의 분류 형태	최상층	지하형
공간 구성상의 분류 형태	수평형	수직형

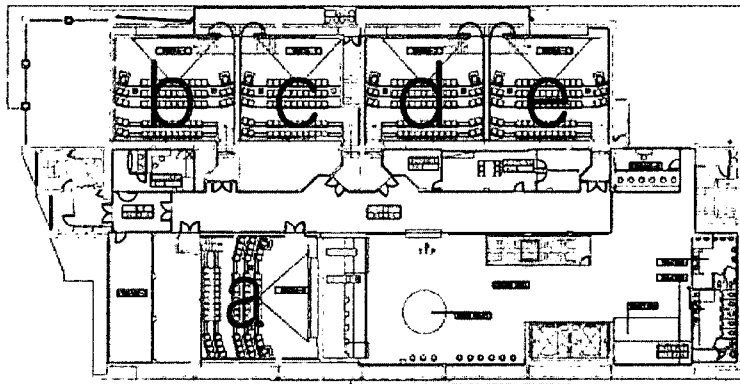


그림 3. A 복합 상영관의 평면도

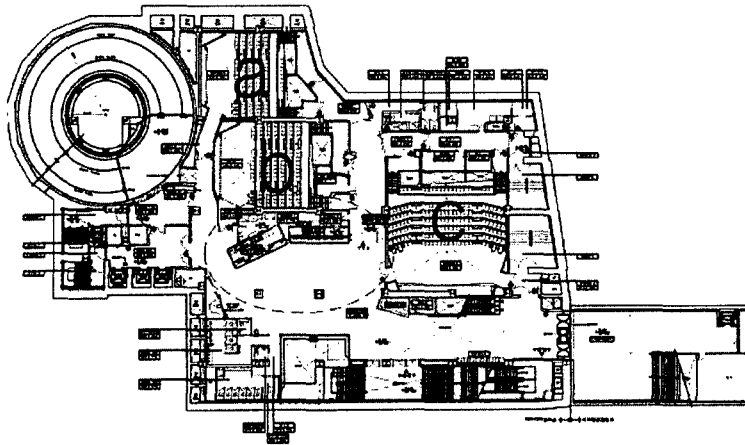


그림 4. B 복합 상영관의 평면도

### 3.2 피난 성능 평가의 방법

피난 안전 성능을 평가하기 위해서 가상의 화재 시나리오를 작성하였고, 피난 안전 성능 평가의 방법으로 먼저, 피난 경로 및 피난 통로에 대한 법적 기준을 충족하고 있는지의 여부를 확인한 후, 일본 건축 기준법(1995)을 통하여 피난의 정량적인 계산을 실시하였다. 또한, 다른 방법으로써 피난 시뮬레이션을 실시하여 피난에 걸리는 총 소요 시간과 피난 행동 시 일어나는 행동 패턴에 대하여 알아보았다. 여기서 피난은 발화 층 을 피난 대상자가 모두 빠져나갈 때까지의 시간을 의미하는 층 피난으로 하였으며, 이는 대부분의 복합 상영관이 복합 용도의 건축물에 위치함으로써 다른 용도와의 구획에 의한 조닝이 이루어져 있다고 판단된다, 그리고 이러한 특성으로 인하여 완전한 피난인 전관 피난 성능을 평가할 수 없었다.

#### (1) 화재 시나리오의 작성

피난 안전 성능을 평가하기 위해서 화재 시나리오를 작성하였으면 시나리오는 다음과 같다.

영화 관람 중 영화관에서 원인 미상의 화재가 발생하여 화재가 다음과 같이 진행된다.

- 화재는 영화 관람 중 영화관에서 발생하여 연결 개구부를 통하여 영사실과 복도로 점차 확대된다.
- 화재 발생시 발생된 연기는 영화관과 개구부를 통해 연결된 영사실 및 복도에 확산 된다.
- 피난 시간의 측정은 복합 상영관에서 피난 통로를 통하여 피난 출구까지 재실자가 모두 빠져나올 때까지의 시간을 측정한다.
- 피난 시간은 복합 상영관의 특성상 발화 40초 후부터 경고 방송과 함께 동시에 진행되며 최종 시간은 350초를 넘지 않는 범위에서 진행된다.(영국 기준)

(2) 피난 경로 및 통로에 대한 법적 기준 검토

대상 복합 상영관이 피난 통로에 대한 법적인 기준을 준수하고 있는가의 여부는 피난 안전 성능 평가의 전제 조건이라 할 수 있는 것이다. 그리하여, 대상 복합 상영관의 피난 시설과 그 외 사항들이 국내법 및 국제 기준으로 IBC(International Building Code)를 사용하여 국내 건축법에서 지나치고 있는 항목이나 상세한 규정을 보완하여 검토하였다.

(ㄱ) 피난 통로 및 경로에 관한 법적 기준

① 피난 통로의 개수 적정성

- 국내 건축법: 일정 규모의 용도에서 최소 양방향 피난 통로의 확보 요구. 단, 문화·집회시설은 관람실 별로 2개 이상의 출입구 설치 의무
- IBC 기준: 총 수용 인원 600명 초과 시 3개소 이상 확보 의무.

② 피난 통로(문)의 폭 적정성

- 국내 건축법: 비상문 1개소 당 최소 폭 기준 (0.9m)이며 갑종 또는 을종 방화 문을 설치.
- IBC 기준: 총 수용 인원이 22명 이상 시 1인당 5mm의 비율로 문의 최소 폭 제한함.

(ㄴ) 결과

이를 검토한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 피난 통로의 법적 기준 검토

	항 목	국내 건축법		IBC 기준	
		A 상영관	B 상영관	A 상영관	B 상영관
1	피난통로의 개수	○	○	○(3개)	○(3개)
2	피난통로의 이격각도	-	-	○	○
3	피난통로의 폭	○	○	○(3m)	○(4.5m)

이를 통하여 볼 때, 대상 복합 상영관은 대부분 국내 건축법 및 국제 기준으로 사용되어 지고 있는 IBC(International Building Code)의 기준을 준수하고 있는 것으로 나타나고 있다.

(3) 정량적 피난 계산 (일본 건축 기준법, 1995)

① 평가

이를 통하여 본 피난 성능 평가 결과는 표 3, 4와 같다.

표 3. 피난 계산에 의한 거실 피난 성능 평가

		거실 피난 평가							
항목	대상	A 상영관					B 상영관		
		a	b	c	d	e	a	b	c
	거실 면적	76.4	65	50	65	65	72.2	135.9	268.1
	피난대상인수	80	70	70	70	70	116	209	344
	출구 문 폭의 합계	3.6	2.7	2.7	2.7	2.7	5.7	5.8	7.3
	문의 통과 시간	14.8	19.8	19.8	19.8	19.8	13.6	24	31.4
	실내 보행 시간	20.5	16.9	11.4	16.9	16.9	24.7	23.7	22.4
	거실 피난 시간	20.5	19.8	19.8	19.8	19.8	24.7	24	31.4
	거실허용 피난시간	17.5	16.1	14.1	16.1	16.1	17	23.3	32.7
	평가	No	No	No	No	No	No	No	OK

표 4. 피난 계산에 의한 복도 피난 성능 평가

복도 피난 시간의 평가		
	A 상영관	B 상영관
피난 인원	500	1000
복도 피난 시간	$48.6/1=48.6$	$46.4/1=46.4$
복도허용 피난시간	$4\sqrt{996.2}=126.25$	$4\sqrt{1643}=162.13$
평가	OK	OK

표를 볼 때에 층 피난에서 최종 피난 시간인 복도 피난 시간 평가에서는 안전한 것으로 판명 되었으나, 대상 피난 복도까지 빠져 나가기까지 걸리는 거실 피난 평가는 대상 복합 상영관 두 군데 모두 부적절 한 것으로 나타남을 알 수 있다.

#### (4) 피난 시뮬레이션

대상 복합 상영관에 대하여 피난 시뮬레이션을 시행하였으며, 시뮬레이션 프로그램으로는 Simulex program을 사용하였다. 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 프로그램 중 하나이며 프로그래밍 단계에서 다음과 같은 전제 조건을 갖는다.

- 피난은 층 피난으로 간주한다.
- 복층 구조의 평면을 피난 시뮬레이션을 수행할지라도 각각을 한 개 층으로 인식하여 수행한다.
- 피난 대상자는 피난 출구를 선택함에 있어서 최단 거리만을 생각한다.
- 마지막 피난 대상자가 피난 출구에 도착함과 동시에 피난은 완료된다.

##### ① 입력 조건

피난 시뮬레이션을 시행하기 위한 입력 조건을 정리하면 다음 표 4와 같다.

표 5. 복합 상영관의 시뮬레이션 입력 조건

항목	대상	복합 상영관	
		A	B
피난 대상자의 분류		Japanese	Japanese
피난 대상자의 수		500명	1000명
피난 인지 시간		40초	40초
피난 속도		0.7m/s	0.7m/s

피난 대상자를 분류함에 있어서 우리의 체형과 가장 비슷한 Japanese를 사용하였으며, 그 수는 각 상영관의 최대 수용 인원수에 대기 공간의 총면적에  $0.25\text{인}/\text{m}^2$ 으로 산출하였다. 또한, 피난 인지 시간은 상영관에서 화재가 발생한 후 경고 방송이 발하는 데 걸리는 시간으로 간주한 40초로 하였으며, 불특정 다수인 거주 대상 건물에서 연기 중 피난 속도인  $0.7\text{m}/\text{s}$ 로 설정하였다.

② 결과

① A 복합 상영관

대상 복합 상영관의 시뮬레이션 결과, 피난 대상자 500명이 발화 층을 모두 빠져나가는 데 걸리는 시간은 3분 03초(183초)로 층 피난에 필요로 한 350초보다 더 적게 나와 안전한 것을 판명되었다. 또한 국내의 소방대원 도착 시간이 5분 이내임을 감안할 때도 안전한 것으로 평가된다. 하지만, A 복합 상영관에서는 특별 피난 계단의 위치를 정확하게 파악하기 힘들어 특별 피난 계단이 제 역할을 한다고 볼 수 없다. 즉, 이것은 피난 시뮬레이션 상에서도 특별 피난 계단이 아닌 다른 방향에 동시에 출구를 잡아주게 되면, 피난 대상자들은 그 방향으로 피난을 하게 된다는 것을 통해 알 수 있다. 또한, 복도로의 피난을 위한 거실 출입문에서의 정체 및 병목 현상이 일어나는 것을 알 수 있는데 그것은 거실 피난이 전혀 되지 않고 있다는 것을 알 수 있다.

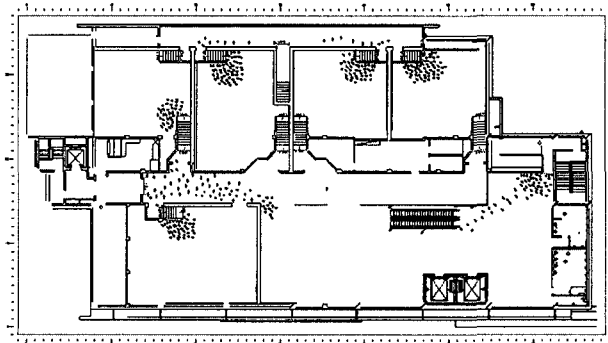


그림 5. A 복합 상영관의 시뮬레이션

㉠ B 복합 상영관

대상 복합 상영관의 시뮬레이션 결과, 피난 대상자가 피난을 완료하는 데 걸린 시간은 4분 57초(297초)였다. 이는 피난 안전 시간으로 가정하였던 350초보다는 적게 나와 안전한 것으로 판명되었다.

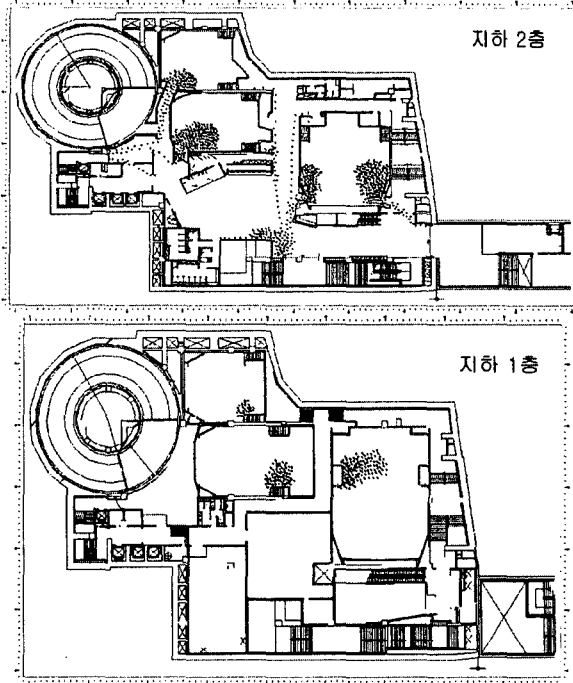


그림 6. B 복합 상영관의 피난 시뮬레이션

지하에 분포하는 이 상영관 또한 피난 출구 및 통로를 쉽게 알아 볼 수 없을 정도로 어렵게 되어 있다. 또한, 특별 피난 계단 중 하나는 안쪽으로 들어가 있어 상영관 내 스태프의 도움 없이 발견하기 쉽지 않을 것으로 사료되어 지며, 이 복합 상영관도 실제 거실에서 복도로 나갈 때에 병목 및 정체 현상이 일어나고 있다는 것을 볼 수 있는데, 이 또한 거실 피난이 제대로 이루어지지 않고 있다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 피난 성능 평가 기법의 타당성 고찰

현재 사용되어지고 있는 피난 성능 평가 방법으로 대상 복합 상영관을 평가해 본 결과, 대부분 허용 시간 내에 피난이 완료되어 안전한 것으로 나타났다.

그러나 일본 건축 기준법을 사용한 피난 성능 평가에서 거실 피난이 부적절하다는 결과와 피난 시뮬레이션에서 거실 출입구에서 정체 및 병목 현상이 나타남을 비교해 볼 때에 대상 복합 상영관은 거실 피난이 이루어지지 못하고 있다. 이러한 결과에도 불구하고 현재 사용되어지고 있는 피난 성능 평가의 방법은 피난 행동의 최종 값, 즉 마지막 피난



대상자가 피난 출구까지 도달하는 데 걸리는 시간만으로 피난의 안전성을 평가함으로써 거실 피난 안전성 여부를 간과하고 있다. 즉, 현재의 피난 안전 성능 평가의 방법은 거실 피난의 안전성의 문제를 지나치고 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 복합 상영관 두 곳을 선정하여, 대상 복합 상영관의 공간 구조와 화재 위험도를 분석한 후 국내외 피난 안전에 관련한 법규의 준수 여부를 검토하였다. 이를 토대로 일본 건축 기준법(1995)을 통한 피난 계산법과 Simulex로 피난성능을 평가한 후, 분석하였다. 그 결과, 피난 종료 시간만으로 볼 때, 피난 안전 성능은 확보되는 것으로 나타났다. 그러나, 이에 는 다음과 같은 문제점이 있다고 사료되어진다.

- 피난 종료 시간만으로 피난 안전 성능을 평가하고 있으나 거실 피난 성능을 충족하지 못한 상태에선 피난 종료 시간이 아무런 의미도 갖지 않는다.
- 복합용도의 건축물에서 단지 층 피난만을 평가함으로써 다른 용도 부분 또는 발화층 이외의 층의 피난을 동시에 고려하지 못하고 있다.
- Simulex 프로그램은 프로그램 자체의 가정된 상황에서의 피난을 실시하기 때문에 완벽한 피난이라 단정 지을 수 없다.

따라서, 복합 상영관의 피난 안전 성능 평가 시에는 복합 상영관의 화재 위험도와 그에 따른 화재 특성을 감안하여 거실 피난 안전 성능에 대한 검토 및 안전성 확보를 하여야 하며, 복합 상영관과 같은 복합 용도의 피난 안전 성능 평가 시 더 안전한 피난의 평가를 수행해야 한다.

## 참고 문헌

1. NFPA 101, Life Safety Code, 2000
2. International Building Code, ICC, 2000
3. 日本建築センター, “新・建築防災計劃指針”, 1995
4. 임지현, “초고층 건축물의 피난 성능 평가에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사 논문, 2002
5. James G, Quintiere, "Principle of Fire Behavior", P197-224, 1997
6. 이강훈, “건축방재계획론”, 경남대학교 출판부, 1999
7. 허준호·윤명오, “국내 복합 상영관 시설의 방재 대책에 관한 연구”, 한국화재·소방학회 2002년 제2호
8. 김종훈·김운형, “건물피난성능평가 프로그램 개발”, 2002년도 한국화재·소방학회 춘계학술대회 논문집