

지하 멀티 플렉스 영화관 방재 대책

다중 이용시설인 영화관을 지하화 함으로서 발생될 수 있는 안전상 문제점을 예측하고 그에 대한 대책에 대해 검토한다.

허종구

국가 경제가 고도성장기를 거치면서 산업사회, 정보화 사회를 실현 시켰고, 이것은 필연적으로 도시인구의 집중화, 지가양등을 불러왔다. 이로 말미암아, 한정된 도시공간에 많은 도시육구를 충족시키기 위하여, 도시 건축물은 하늘로 더 높이, 지하로 더 깊이 지하공간을 활용하려는 노력을 계속하여 왔다.

특히, 지하공간은 암흑, 습기, 폐기성, 압박감 등 부정적 요소들이 있음에도 불구하고, 온실효과, 아늑한 유토피아적 환경을 구현할 수 있는 등 긍정적 요소들이 많아, 사우나, 레스토랑, 수영장 등 근린생활시설 등의 용도로 많이 사용되었으며, 지하철, 대형 주차공간 등으로 확대 사용되기에 이르렀다.

70년대 가정용 TV가 확대 보급되면서 한때 쇠퇴의 길을 걷던 영상산업도 근자에 들어 영상문화에 대한 과감한 투자와, 인식의 변화, 여가 수준의 향상으로 활력을 되찾게 됨으로서 복합건물을 중심으로 영화관 신설이 증가하는 추세에 있다.

영화관은 불특정 다수인이 과밀하게 운집하는 장소로 반드시 지상층에 설치를 원칙으로 하였으나, 에너지절약, 암흑, 조용하고 아늑한 공간연출이 가능한 지하공간에 설치를 시도한 곳이 어려운 과정을 거쳐 생겨났으며, 그것에 대한 첫째 조건을 지하공간으로서 최대 취약점이라 할 수 있는 인명 안전에 대한 확고한 대책이 뒷받침되어야 한다는 것이다.

영화관 화재 발생 사례

영화관 화재시에는 그 어떤 종류의 건물보다도 많은 인원이 고밀도를 모여 있음으로 인명손실이 크다

허종구 용도엔지니어링(jkhu@ungdo.co.kr)

는 것이다. 표 1은 영화관 화재발생 사례를 보여준다.

지하 영화관 화재특성

지하공간은 그 폐쇄성으로 인하여 화재발생시 지상공간과 사뭇 다른 양상을 보여준다.

열과 연기의 축적

지하공간은 외기 급배기를 위한 개구부의 제한으로 불완전 연소가 발생하고, 발생한 불완전 유독성 연기와 열기는 방산되지 못하고, 공간 및 구조체에 축적됨으로서 지상공간에 비하여 상대적으로 짧은 시간내에, 열과 연기로 인한 위험 수준에 도달 될 수 있다.

덕트를 통한 화재 전이 용이

지하공간은 필연적으로 환기 및 공기조화 설비를 하여야 함으로 덕트를 통하여 여러공간이 상호 연통될 수 있어, 이를 통하여 인접공간으로 화재 확산이

<표 1> 영화관 화재발생 사례

건 물 명	발화일시	인명 사망	피해 부상	피해액 (천 원)	비 고
·리세우 오페라극장 (스페인 바르셀로나)	94.1.31	-	-	-	무대부에서 용접 불티가 튀어, 막에 옮겨 불음
·브로드웨이극장 (한국 대구)	94.8.22	-	-	32,000	소방저널 (94.11)
·우정홀 극장 (중국, 신장성)	94.12.8	312	150	-	위험과 보험 (95.여름)
·동승아트센터 (한국 서울)	95.4.12	-	7	600	소방 2000(95.5)
·테엔탕 극장	60.3.29	74	50	미확인	상영중이던 극장에서 발생한 불은 인접 다른 상연관으로 번짐.

용이할 수 있다.

피난 때닉

대피방향, 위치, 구조에 익숙치 않은 불특정 다수인 입으로 복도의 폭, 계단의 숫자, 대피문의 크기등을 충분히 검토하여 설치하지 않을 경우, 화재시 혼란과 체류로 인한 상당한 인명 피해가 우려됨으로 피난 계산 및 시뮬레이션을 통한 과학적 검증이 필요하며, 최근 지하 20-30층까지 지하공간 개발이 추진되고 있기는 하나, 영화관의 경우 3층까지는 인간 자력으로 단숨에 올라갈 수 있으나, 그 이상은 상당한 체력을 요함으로, 과도한 깊이에 위치시킴은 곤란할 것이다.

구조진입 활동의 어려움

연기 및 피난방향과 역행하여 지하로 진입하여야 하고, 축적된 열기로 인하여, 화재 지점에 도달 및 진압구조 활동에 어려움 예상된다.

지하 영화관 방재계획

조기 감지, 소화, 배연구획, 피난 등 방호대책을 구성하는 각 요소가 신뢰성을 확보할 수 있도록 중첩적으로 구성하는 한편, 기술적 측면에서도 기능장애가 일어나지 않도록 하여야 한다.

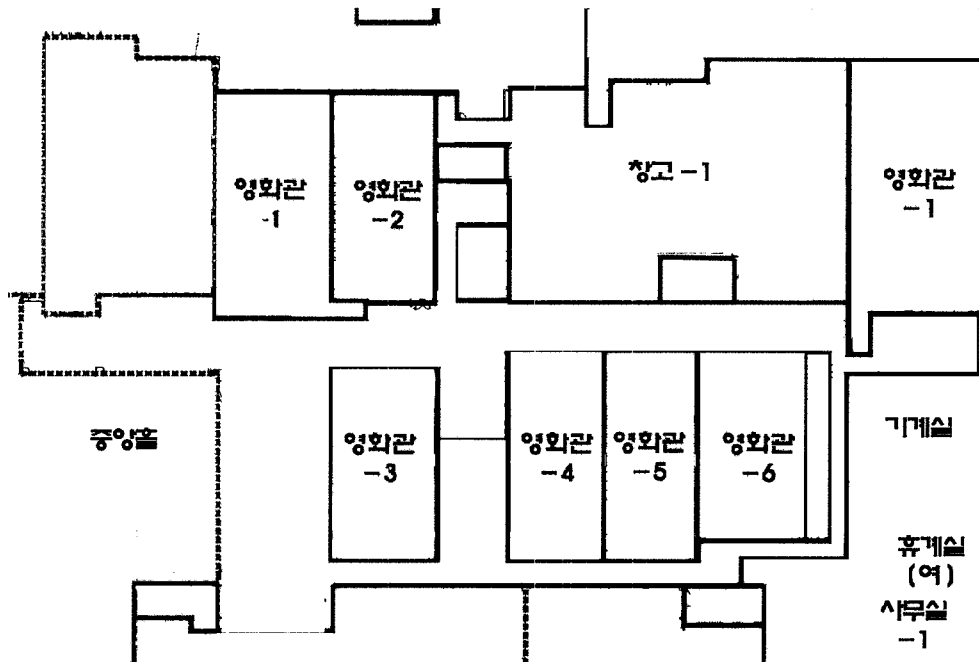
조기발견

화재가 성장기에 접어들면 폭발적으로 연기와 열기를 생산해 냄으로, 안전 피난 및 초기 진화등 적절한 조치를 취할 수 있도록 화재발생 사실을 초기에 발견할 수 있음은 매우 중요한 사항이다.

천정이 높아 열감지기는 곤란하고, 성능 좋은 연기 감지기가 적절하며, 오작동을 방지할 수 있는 아날로그형이 권장된다.

화재 확산 방지

- 그림 1은 지하 2층에 7개의 영화관이 상호인접하



[그림 1] 지하영화관 방화구획도

여 위치해 있음을 보여준다.

- 영화관 별도 단독 및 복도부분과도 상호내화구조의 벽, 방화문등으로 구획하여 다른 구역으로 화재가 확산되지 못하게 하였다.
- 또한 환기 및 공기조화 시스템은 영화관별 단독 전용 시스템이 바람직하며, 부득이 타 구역을 관통하게 될 경우에는 방화댐퍼(250℃이상)를 설치하여야 한다.
- 스프링클러 등 자동소화설비를 설치하여야 하며, 천장고가 높음으로 신속하게 작동할 수 있는 일체 개방식 시스템이 적합할 것이다.

인명 안전 대피

지하공간 더욱이 다중인이 집합하는 지하영화관의 경우, 무엇보다도 가장 우려되는 것은 화재발생시 인명안전에 대한 조치이며, 이에 대한 여러 가지 안전조치를 강구하여 관람객들로 하여금 화재로 인한 불안과 우려를 불식시켜야 한다. 그러기 위하여는 다음과 같은 관점에서 계획시부터 철저히 검토되어야 한다.

- 임의의 모든 지점에서 양방향 피난이 가능하도록 하여야 한다.
- 무대부가 적어 제연설비에 해당하지 아니하나, 지하층임을 고려 자진설치하는 것이 좋으며, 배연 시스템 기능장애시에도 연기층이 피난 위험 높이에 도달이전에 전원이 퇴출 가능하도록 통로, 문의 용량을 확보하고, 시뮬레이션을 통하여 확실하게 피난성능을 검증해 보아야 한다.
- 유도등, 비상조명등, 비상방송설비 채택하여 수용인원을 혼란없이 안전하게 유도 대피시킬 수 있어야 한다.
- 계단실, 수직피난통로는 방화, 방연구획하고, 지상에 이르는 통로, 계단은 단순하고, 최단거리가 되도록하며, 다른 용도와 겸용되지 않도록 전용으로 하여야 한다.
- 분지 정원(sunken garden)을 두어, 화재시 피난 및 연기의 자연 배출구로 활용 연기층의 하강 시간을 지연시킬 수 있도록 하여야 한다.
- 장애자를 위한 지상에 이르는 전용 승강기가 있

어야할 것이다.

내장재 불연화

모든 내장재는 불연성 철재류를 사용하고 부득이 목재, 커튼, 카펫, 섬유를 사용시 방염 난연처리하여야 하며 전선류 또한 방염 피복하여야 할 것이다.

피난 성능 검토

정량적 검토

영화 상영관, 통로, 계단 지상에 이르는 피난루트가 그 허용 피난시간내에 전원이 퇴출 가능한지 여부를 문짝의 크기, 개수, 통로폭, 길이 등을 수치적으로 계산 검토해 보아야 한다.

• 영화관 내부 피난시간 검토

$$\text{문통과 시간 } T_1 = \frac{N_1}{1.5 \times \sum B} \text{ (sec)}$$

$$\text{거실 피난시간 } T_2 = \frac{Lx + Ly}{V} \text{ (sec)}$$

여기서 N_1 : 피난대상 인원

(거실면적 $A_1 \text{m}^2 \times$ 인구밀도.인/ m^2)

B_1 : 출입구 문폭의 합계 (m)

V : 군집 보행속도(영화관의 경우 0.7m/s)

$Lx+Ly$: 영화관 내부 가장 먼 곳까지의 직각 보행거리(m)

A_1 : 영화관 #1의 바닥면적 m^2

영화관 내부 피난시간은 문통과 시간 T_1 값과 거실 피난시간 T_2 중 큰 값을 채택하며, 이 값이 영화관 내부 허용 피난시간 (rT_1) $\approx 2\sqrt{A_1}$ 보다 적을 경우, 안전한 것으로 보며, 큰 경우 문짝 수를 늘려야 할 것으로 봄.

• 통로 피난 시간 검토

$$\text{통로 피난시간 } T_3 = T_{31} + \text{Max} (T_{32}, T_{33})$$

$$\text{통로보행시간 } T_{31} = \frac{Ls}{V}$$

$$\text{전실문 통과 시간 } T_{32} = \frac{N_2}{1.5 \times B_2}$$

$$\text{전실문 도착시간 } T_{33} = \frac{L}{V} + \frac{N_2}{1.5 \times B_3}$$

여기서 N_2 : 통로 피난 대상인원 수 (인)

L : 복도 최대 보행 거리 (m)

B_2 : 계단실 문 폭 (m) B_3 : 거실 문 폭 (m)

A_{1+2} : 화재층 거실 및 통로 면적합계 (m^2)

통로 피난시간 T_3 는 통로 보행시간 T_{31} 과 전실문통과 시간 T_{32} 와 전실문 도착시간 T_{33} 중 큰 값의 합계이며, 이 값은 통로 허용 피난기산 (rT_3)= $4A_{1+2}\sqrt{A_{1+2}}$ 보다 적을 경우 안전한 것으로 보며, 큰 경우, 통로의 폭과 문짝의 크기를 조정하여야 할 것이다.

• 층 피난 시간 검토

$$\text{층 피난시간 } T_4 = \frac{L_f}{V}$$

$$\text{층 허용 피난시간 } sT_f = 8\sqrt{A_{1+2}}$$

여기서 L_f : 수직 계단 피난거리(m)

V : 군집 이동 보행 속도

층 피난시간 T_4 는 층 허용 피난시간 sT_f 보다 적어야 안전할 것으로 판단할 수 있다.

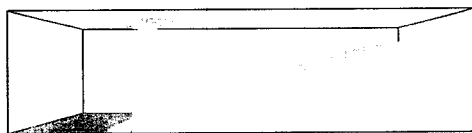
시뮬레이션을 통한 안전성 검증

• 연기 시뮬레이션

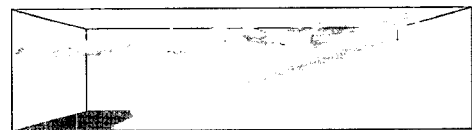
적용 소프트웨어 : NIST Fire Dynamic Simulator (FDS)

적용 컴퓨터 : 슈퍼 컴퓨터(CRAY II)

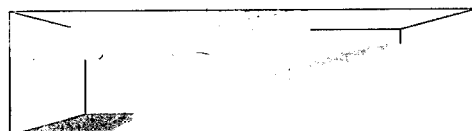
그림 2에서 그림 5는 5MW의 화원을 사용 연기의 확산상태를 시간개념과 연계하여 속도 벡터를 활용 동영상 시뮬레이션 해 본 것이다.



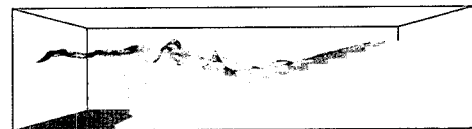
[그림 2] 연층하강[발화40초후, 5MW]



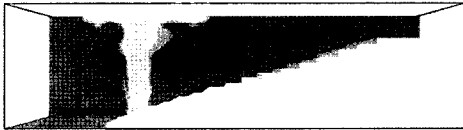
[그림 4] 연층하강[발화100초후, 5MW]



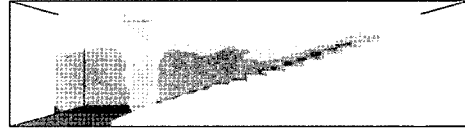
[그림 3] 연층하강[발화80초후, 5MW]



[그림 5] 연층하강[발화130초후, 5MW]



[그림 6] 열온도 분포[발화30초후, 5MW]



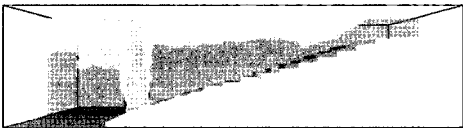
[그림 9] 열온도 분포[발화120초후, 5MW]



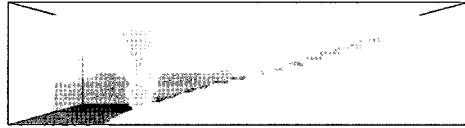
[그림 7] 열온도 분포[발화60초후, 5MW]



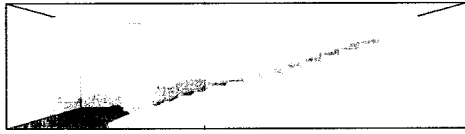
[그림 10] 열온도 분포[발화150초후, 5MW]



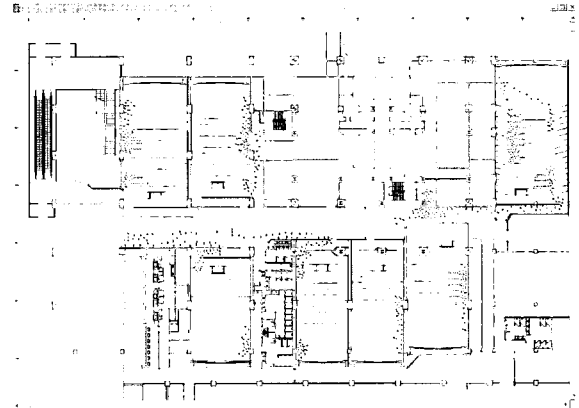
[그림 8] 열온도 분포[발화90초후, 5MW]



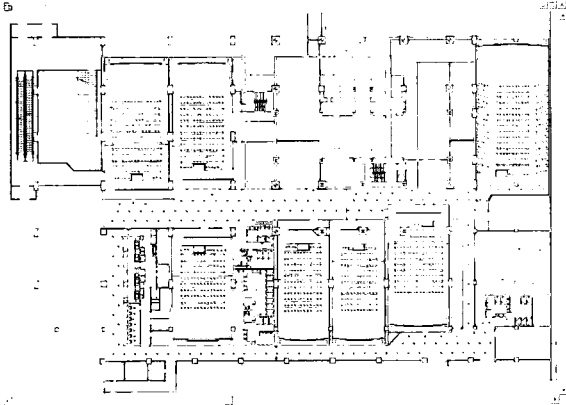
[그림 11] 열온도 분포[발화180초후, 5MW]



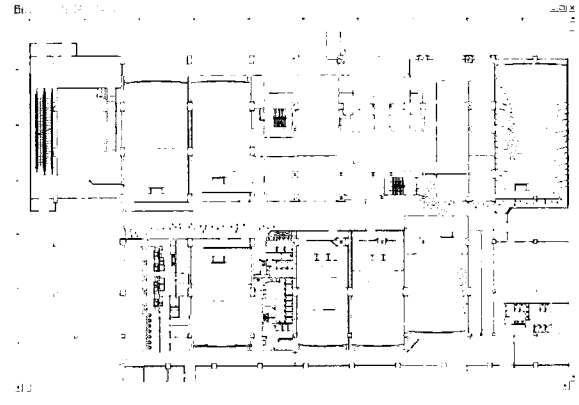
[그림 12] 열온도 분포[발화210초후, 5MW]



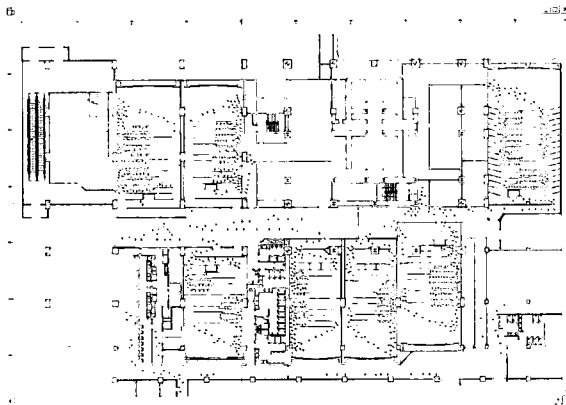
[그림 15] 피난시작[70초 후]



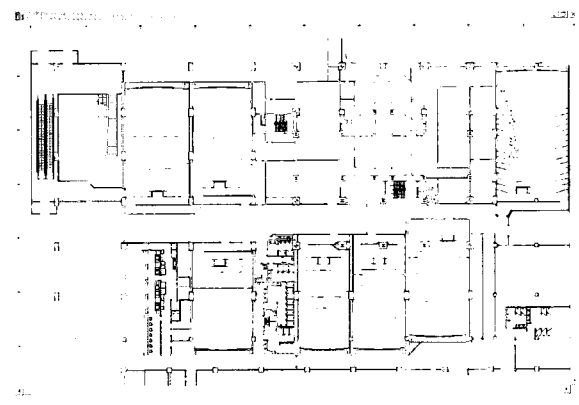
[그림 13] 피난시작



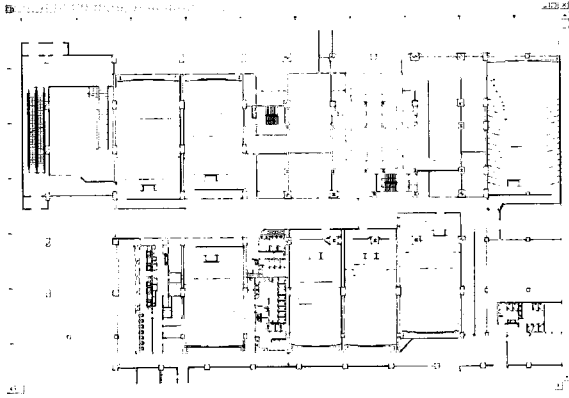
[그림 16] 피난시작[110초 후]



[그림 14] 피난시작[50초 후]



[그림 17] 피난시작[140초 후]



[그림 18] 피난시작[160초 후]

각 그림은 실내공기와 연기의 온도가 5℃ 이상 차이를 갖는 가스층을 연기로 취급하고 이 경계면 즉 연층의 하강 상황을 순차적으로 보여준다. 화재 발생 120초 후, 상영관 상부 피난 출구에서 클리어 하이트(clear height)가 피난조건의 한계를 넘어서며, 하부는 약 180초 후 피난한계를 넘어서게 된다.

• 열 온도 시뮬레이션

그림 7에서 그림 12까지는 5MW의 화원을 이용 열 온도의 변화 상황을 보여준다.

점화후 초기에는 화원 주변과 직상부의 온도가 급격히 상승하고, 시간이 지남에 따라, 연층이 뜨거워지는 영역이 넓어지며, 벽면에서 생긴 와류와 겹쳐 천장을 따라 확산된다. 그림은 발화 120초 경과시 상부 출입구 근처가 35℃ 정도에 이르고 180초 경과시 중간 이상 부분이 80℃ 정도에 이르며 210초 경과시 천장 부근 온도 100℃에 이르는 것을 보여준다.

• 피난 시뮬레이션

피난모델 SIMULEX(영국) / 펜티엄 PC

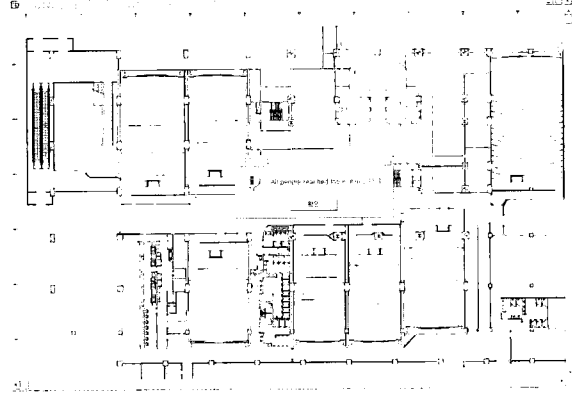
EXDUS(영국) / 펜티엄 PC

인원 : 좌석수에 입석수 2/m² 합한 수

보행속도 : 0.7 m/s

화재 인지후 피난개시 준비시간 40초 설정

그림 13에서 그림 19까지는 상기 Tool과 조건을 사



[그림 19] 피난완료

용하여 지하 영화관의 피난 시뮬레이션을 수행한 결과물을 보여준다.

영화관내 모든 피난대상자가 계단 또는 인접 구획으로 피난완료하는데 최초피난개시 준비시간 40초 포함 약 170초 정도 소요됨을 보여준다. 이는 연기 및 열발산 시뮬레이션에서 보여주는 피난 허용시간 180초보다 짧은 시간임으로 안전하다는 결론을 내릴 수 있게 한다.

맺음말

도시 건축물의 지상 부분은 용적율, 건폐율, 밀도제한, 고도제한 등 여러 가지 제한을 가하여 어느 한계에 도달하지만 지하부분은 이러한 규제가 없어, 더 많이 지하 공간을 활용하려는 노력은 앞으로 더욱 경주될 것이다. 그러나, 지하공간은 환기 불량, 채광, 습기, 화재 안전에 대한 우려 때문에, 업무, 주거, 관람집회장 등의 용도로 기피되고 있기도 하다.

따라서, 지하 공간 활용을 보다 활성화 하기 위하여는 보다 진전된 입장에서 업무 및 관람집회장소에 대한 제연설비 의무화(현재 해당안됨), 옥외로 직접 통하는 독립 계단의 설치, 장애인 피난고려, 피난능력 검증 등 법규적, 기술적 뒷받침을 함으로서 보다 안심하고 더 많이 지하 공간을 활용하려는데 이바지 하여야 할 것이다. ☼