

C-14

피난의 적정성 검토에 관한 연구

오혁진, 백승태, 김우석, 이수경, 강제명*
서울산업대학교 안전공학과, *서울산업대학교 신소재공학과

A Study on Investigation of the Evacuation Appropriateness

*Hyuk-Jin Oh, Seung-Tae Baek, Woo-Seok Kim, Su-Kyung Lee, Kae-myung Kang**
*Seoul National University of Tech Dept. of Safety Eng, *Seoul National University of Tech Dept. of
Materials Science & Eng.*

1. 서론

화재성상을 미리 예측하는 기술이 발달되기 이전의 건축물 방재계획은 방재관련 법규에서 정하는 기준만을 일률적으로 적용하였다. 그러나 현재는 화재 상황을 방화공학적으로 분석하여 Simulation을 통한 적합한 방재대책을 제시하는 성능위주의 방화설계(Performance - Based Fire Protection Design)가 보편화되어 가는 추세에 있다. 따라서, 건축물의 구조나 용도에 따라 법규에서 정한 기준을 적용하지 않더라도 충분한 안전성이 확보된다면 법규에서 정한 기준을 완화하여 적용함으로써 공사비와 공사기간을 절약할 수 있다. 또한 설계단계에서부터 비상시에 대비하여 적용함으로써 구조물 및 설비에 의하여 생길 수 있는 오류를 최소화 할 수 있다.

2. 연구범위 설정 및 목적

대상건물에 대하여 다음과 같은 사항을 평가하여 화재 및 피난에 관한 적정성을 평가하고자 한다.

- 화재 시나리오 제시
- 대상공간의 연기층의 온도 분석
- 대상공간의 연기층의 하강속도 계산
- 대상공간내 연기확산 평가
- 거주자의 특성 분석
- 대상건물의 피난 시간 및 정체구간 분석
- Simulation 결과를 통한 설계대안의 평가 및 제안
- 방재 관련 규정의 적정성 검토

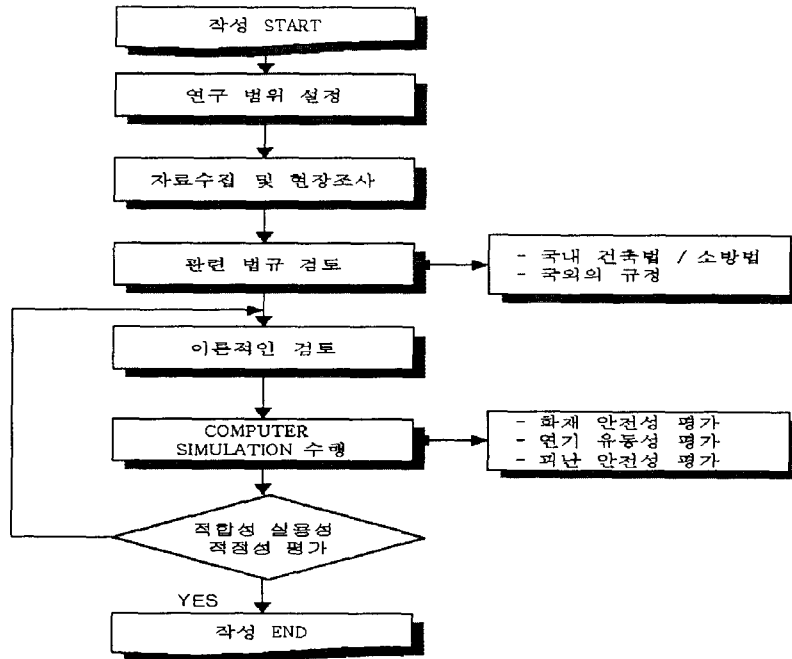


그림 1. 연구 흐름도

표 1. 대상건물의 개요

층 별	세 부 기 능	면적
지하층	유틸리티시설	528.45 m ² (159.85 평)
1 층	전기실, 통신관련시설	2,171.46 m ² (666.86 평)
2 층	통신관련·지원 및 복지시설	1,626.61 m ² (492.04 평)
3 층	전기·설비 및 숙박시설	1,626.61 m ² (492.04 평)
4 층	유틸리티시설	225.90 m ² (68.33 평)
5 층	부대시설	127.44 m ² (38.55 평)
6 층	통제시설	169.02 m ² (51.12 평)

3. 피난시설의 적용

(1) 피난 동선 흐름도

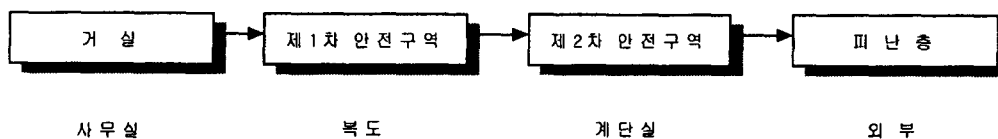


그림 2. 피난동선의 흐름도

(2) 대상건물의 피난설비 : 피난계단은 6개소, 비상구 6개소, 비상조명등은 전층에 설치한다.

표 2. 운전분소 / 승무관리사무소의 계단분포

Staircase No.	Width(m)	Length(m)	Connection
Staircase 1	1.8	46.6	Floor -1~4
Staircase 2	1.8	22.9	Floor 1~3
Staircase 3	1.13	33.9	Floor 1~4
Staircase 4	1.13	33.9	Floor 1~4
Staircase 5	1.0	12.7	Floor -1~1
Staircase 6	1.0	27.0	Floor 4~6

(Staircase No.는 계단실의 번호와 동일)

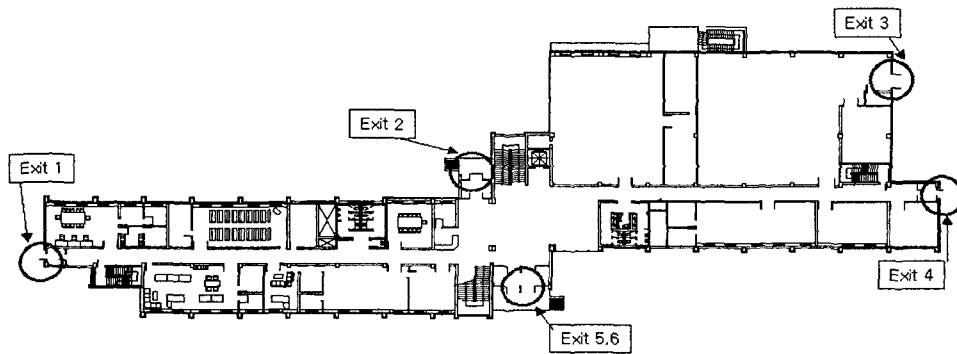
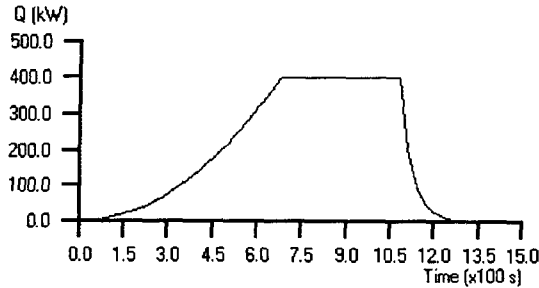


그림 3. 비상구 위치(1층)

4. Fire Scenario # 1

표 3. 화재실 및 화원의 개요

화재실의 크기		3(W) × 6.9(L) × 2.4(H)m
개구부 면적		0.85(W) × 2m(H) 1개소
내장재	벽	바탕 : THK 12.5 석고보드 2 PLY 마감 : 발포비닐벽지
	천정	바탕 : 경량철골 천장틀 (M-BAR) 마감 : THK 9.5 석고보드 / 발포비닐벽지
화원		Mattress with Innerspring, 0.8(W) × 2(L)m



화재발생시 소화작업이 이루어지지 않고 연소되는 최악의 조건하에서 2차 화재는 없는 것으로 한다. 680sec에서 최대 발열량 403,167W까지 상승하고 1,400sec에서 화재가 소멸된다. 최대발열량의 유지시간은 400sec (680~1080sec)이다.

그림 4. 화원의 HRR

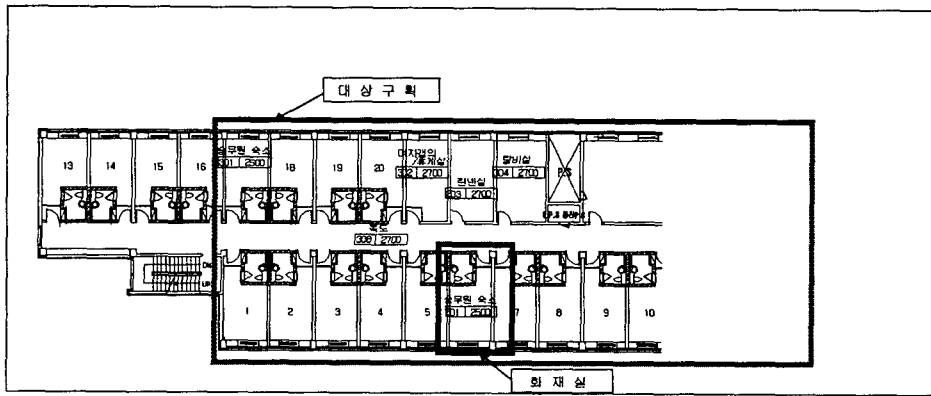


그림 5. 대상구획 및 화재실

피난인원의 산정은 대상건물의 인원 산정표에 근거로 층당 사무실 분포로 나누었다.

표 4. 피난 인원의 산정

층	지하층	1층	2층	3층	4층	5층	6층	총
재실자	29	100	102	59	10	12	10	322

5. Scenario # 1의평가

	화재실	복도
Upper Layer Temp (K)	294.5	293.2
Lower Layer Temp (K)	293.2	293.1
HHR (W)	1,679.39	0
Layer Height (m)	1.93	2.4
O ₂ Fraction	0.229	0.23
CO ₂ Fraction	0.00019	0.00001
CO Fraction	0.00001	0

표 5. 25.2초까지의 FAST의 결과 Data

화재시나리오에 의한 화재발생시 화재층인 3층에서 모든 재실자가 화재구획을 벗어나는 시간은 25.2sec이다. 이때의 피난 통로인 Compartment 2(복도)로 연기가 유출되지 않았음을 알 수 있다. 연기유동시물레이션의 결과에서도 25.2sec에서는 복도로 연기가 누출되지

않았음을 알 수 있다. 이는 연기에 의해 피난에 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

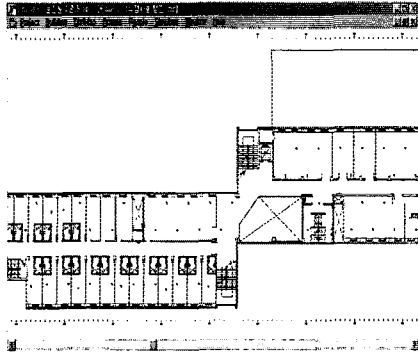


그림 6. Simulex 설정(3층)

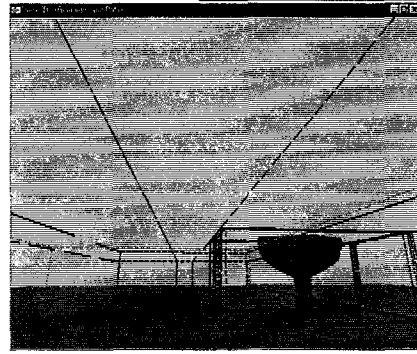
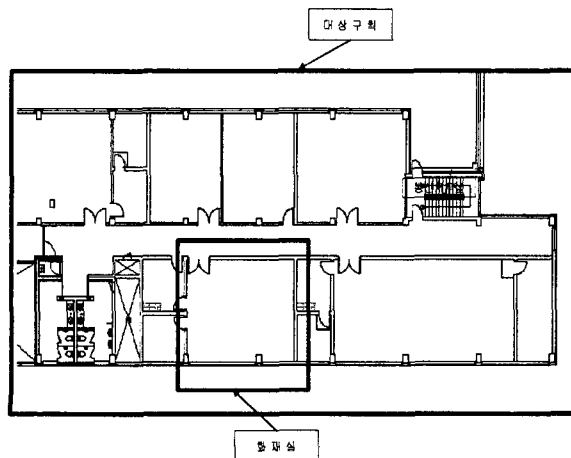


그림 7. Jasmine 결과25.2초

6. Fire Scenario # 2

표 6. 화재실 및 화원의 개요

화재실의 크기		9(W) × 6.6(L) × 2.4(H)m
개구부 면적		1.7(W) × 2(H)m
내장재	벽	바탕 : THK 12.5 석고보드 2PLY 마감 : 비닐계 수성페인트
	천장	바탕 : 결량철골 천장틀 (TACK-BAR) 마감 : THK 12 압면흡음텍스
화원		주화원 : Sofa 보조화원 : Urethane Chair 3(HRR 3.412MW)



인접한 추가 가연물을 배치하여 화재 확산에 의한 화재하중의 증가 및 Flash Over의 발생유무를 판단하고자 한다. Sofa의 최대발열량(Peak Heat Release Rate)는 3.5MW이고 390~410sec 동안 유지된다.

그림 8. 대상구획 및 화재실(2층)

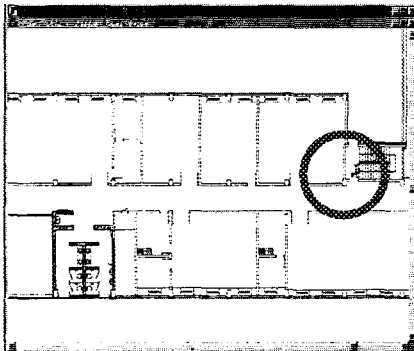
표 7. 대상건물의 피난 인원 산정

단위 : 명

구분	지하 1층	지상 1층	지상 2층	지상 3층	지상 4층	지상 5층	지상 6층
재실자	57	100	122	175	25	14	19

거주밀도 : 9.3 $m^2/人$ (NFPA code 101)

7. Scenario # 2의 평가



시뮬레이션 결과, 393.2sec에 Flash Over가 발생한 것으로 나타났으며, Upper Layer Temperature가 대략 425sec 경에 900K를 넘었으며 시뮬레이션 종료시에는 456.7 K를 나타내었다. HRR은 400~410sec에 최대값(4.2MW)을 기록하였다. 종료시의 HRR결과와 Sofa의 HRR을 비교해 보면 330초부터 차이가 나는 것을 알 수 있다. 즉, 330sec 부근에서 Sofa에서 Chair로 화재가 전파됨을 알 수 있다.

그림 9. 2층 마지막 피난자의 피난 화면 (85.5sec, Simulex)

또한, 연기층이 바닥에서 2.1m(≈2.09m)까지 하강하는데 걸리는 시간은 대략 1min 48sec(108sec)정도로 나타났다. 피난 시뮬레이션에서 산출된 수평피난시간은 1min 25.5sec(85.5sec)이고, 일본건축학회식에 의한 총 층피난 허용시간은 5min 23sec이다.

즉, 연기유동이나 일본건축학회에서 허용하는 피난시간을 모두 만족하므로 피난의 안전성은 확보된다.

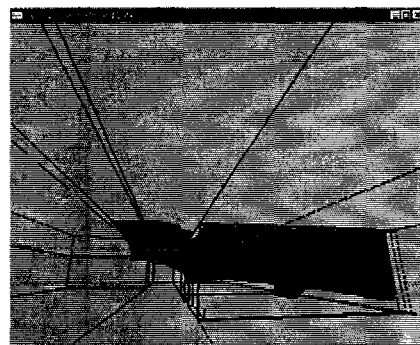
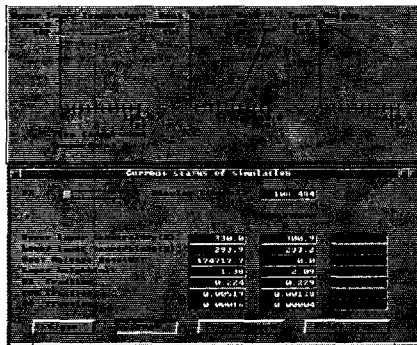


그림 10. 연기층의 2.1m 도달 (108sec, FAST) 그림 11. 108sec 경과시의 연기유동 (Jasmine)

6. 결론

대상건물에 대한 피난 시뮬레이션 결과 총 피난시간은 각각 2min 12.8sec, 2min 26.6sec로 거주자의 피난행동개시에 걸리는 시간을 고려하여도 3분 이내에 피난이 가능하다. 일반적으로 화재 경보신호가 울린 후 약 5분 이내에 소방대가 도착하는 것으로 볼 때, 이 시간내에 수평피난을 하지 못한 경우 화재 진압보다는 구조구급을 최우선적으로 수행해야 할 시나리오가 우선되므로 최소 5분 이내에 수평피난을 완료하여야 소방관의 조력 없이 안전성 확보가 가능할 것으로 사료됨. 대상건물의 각 층의 피난계단 출구에 대한 보행거리는 어느 지점에서든 법적 최소 보행거리 기준인 50m와 미국 NFPA 기준인 45m 보다 이내에 있는 것으로 판단됨.

참고문헌

1. Gregory North et al, "Simple Analytical and Numerical Techniques for Modeling Flame Spread on Solids", Department of Fire Safety Engineering, Report 7014, Lund 2001, Sweden.
2. Peter A. Thompson & Eric W. Marchant "A Computer Model For the Evacuation of Large Building Populations." Fire Safety Journal 24 1995, pp. 131~148.
3. "Fire Safety in Tall Buildings" Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 8A Published 1992, pp.93~150.
4. 안미선, "화재시 재실자의 피난행태를 고려한 지중건물의 공간계획에 관한 연구", 연세대학교 건축공학과 석사학위 논문, 1992.
5. Roderick A. Smith, "Engineering for Crowd Safety" London, UK, March, 1993, pp.17~18.