

# 화재 시뮬레이션 FDS와 피난시뮬레이션 Pathfinder 사례분석

김종윤(서정대학교 소방안전관리과 조교수)\*

전용한(상지영서대학교 소방안전과 조교수)\*\*

## 국문 요약

본 연구에서는 화재 시뮬레이션인 FDS와 피난 시뮬레이션인 Pathfinder를 이용하여 건물의 중앙제어실을 화재발생 지점으로 설정하여 화재안전성 평가 연구를 수행하였다.

먼저 화재시뮬레이션을 이용하여 시간의 경과에 따른 가시거리 분포, 온도분포, CO의 농도분포 등의 정량적 결과를 도출 하였으며, 이 결과를 토대로 피난시뮬레이션을 실시하여 재실자들의 피난시간을 계산함으로써 최종적인 피난안전성 평가 결과를 도출하였다.

화재 시뮬레이션 결과 가시거리의 분포에 따라 위험도가 증가하기 때문에 이 값을 이용하여 피난시뮬레이션을 실시하였으며 그 결과 최종적으로 127.9초에 모든 인원이 대피하는 결과를 얻을 수 있었다. 수치해석 결과 건물 내 모든 장소에서 피난 소요시간이 피난 허용시간을 초과하지 않는 것으로 분석됨에 따라 대피자의 안전성이 확보되는 것으로 분석되었다. 이러한 안전성 평가의 결과는 최악의 조건인 소방설비의 미작동에 근거한 종합안전성평가로서 실제 화재 발생 시 소방설비와 연계한다면 보다 우수한 피난안전성능이 확보될 것으로 평가할 수 있다.

핵심주제어: 건물화재, 화재 피난시뮬레이션, 피난소요시간, 피난허용시간

## I. 서론

산업 발전과 인구의 급격한 증가에 따라 건축물은 고층화, 대형화 및 다양화 되어가면서, 화재로 인한 인적·물적 손실은 계속적으로 증가하고 있다.

이에 건축물에서의 화재발생을 대비하여 다양한 공학적인 분석기법을 통하여 연기 및 유동가스의 흐름을 분석하고 대피자의 위험도를 평가하여 소방대책의 수립에 반영함으로써 인명 및 재산피해를 최소화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

화재발생의 원인 및 분석을 위해서는 실제 크기의 실험을 통해 위험도 평가를 실시하는 것이 가장 바람직하지만 엄청난 예산과 시간이 필요할 뿐 아니라, 여러 변수에 의하여 지극히 제한적인 정보의 획득만 가능하므로 실제 대부분의 연구에서는 단순화된 화재실험에 의한 기초자료를 토대로 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 화재확산이나 피난특성을 설계에 적극적으로 반영하고 있다.

화재 시뮬레이션에서는 화재의 성장 과정과 발생한 연기의 확산 현상을 예측할 수 있으며 화재 시 발생하는 CO, CO<sub>2</sub> 뿐만 아닌 연기에 의한 가시거리, 표면온도, 복사열, 대류열 등

을 시간에 따라 시각적이며 정량적으로 평가할 수 있다. 또한 피난 시뮬레이션에서는 재실자의 대피시 신체적, 심리적, 경험적 조건을 부여하여 개인별 대피특성을 분석할 수 있으며, 옆걸음 뒷걸음과 같은 대피자와 대피자간의 상호관계, 벽을 인식하여 우회하는 등의 심리적 및 다양한 상황적 특성의 부여가 가능하다.

본 연구에서는 화재 시뮬레이션인 FDS와 피난 시뮬레이션인 Pathfinder를 사용하여 대형 건축물에서 화재 발생 시 다양한 위험요소에 대한 재실자의 안전성을 평가하고, 건축물의 피난 및 방화시설의 적정성을 검토함으로써 인명피해의 최소화 및 최적의 피난계획 수립도출을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

## II. 수치해석

본 연구에서는 Ministry of Public Safety and Security(2015)의 ‘소방시설 등의 성능위주 설계방법 및 기준 시행령 별표1’에서 제시된 인명안전 기준 및 피난시간 기준을 적용하여 화재 및 피난 안전성 평가를 하였으며, 세부적인 평가방법은 미국 SFPE(Society of Fire Protection Engineers: 미국소방기술사

\* 제1저자, 서정대학교 소방안전관리과 조교수, kimjy@seojeong.ac.kr

\*\* 교신저자, 상지영서대학교 소방안전과 조교수, kevj76@hanmail.net

투고일: 2015-12-10 · 수정일: 2015-12-18 · 게재확정일: 2015-12-22

회)에서 발간된 DiNunno(2008)의 'The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering'에서 제시된 방법으로 평가하였다.

### 2.1 화재해석

화재에 의한 재실자의 위험도 상승 요인은 일반적으로 열, 가시거리, 독성가스로 나눌 수 있다. 이러한 건축물 화재에 의한 재실자의 피난 시 국내에서 적용되는 인명안전기준은 Ministry of Public Safety and Security(2015)의 '소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준 시행령 별표1'을 따르며 그 내용은 <표 1> 과 같다.

<표 1> 재실자 인명안전기준

구 분	성능기준	
호흡 한계선	바닥으로부터 1.8m 기준	
열에 의한 영향	60℃ 이하	
가시거리에 의한 영향	용도	허용가시거리 한계
	기타시설	5m
	집회시설 판매시설	10m
독성에 의한 영향	성분	독성기준치
	CO	1,400ppm
	HCN	80ppm
	O2	15% 이상
	CO2	5% 이하

출처: 소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준 시행령 별표1

본 연구에서는 재실자의 인명안전기준을 토대로 화재 및 대피 시 재실자의 대피 안전성을 평가하기 위해 대피자의 호흡 한계선인 바닥으로부터 1.8m 평면에 대해 열, 가시거리, 독성가스에 의한 위험도 증가를 시간에 따라 위치별로 분석하였으며 분석된 위험도는 인명안전기준에서 제시된 내용과 비교하여 허용기준치를 초과할 경우 해당 위치는 위험한 지역으로 판단하게 되며 그 시간을 해당 위치에 대한 피난 허용시간 (ASET : Available Safe Egress Time)으로 판단하였다.

본 연구에서는 DiNunno(2008)가 제시한 열에 의한 영향, 가시거리에 의한 영향, CO에 대한 위험도를 평가하였다.

화재해석 시뮬레이션 평가 프로그램은 설정된 위치의 위험요인을 정해진 시간에 따라 출력하는 기능을 포함하고 있다. 그러나 이러한 출력데이터를 해당 위치에서의 위험 값으로 판단하는 것은 실제 대피자의 호흡간격을 고려하지 않았으며 화재의 특성으로 인해 유동성(fluxional behavior)이 커짐에 따라 실제 대피자의 위험도를 과대나 과소평가할 우려가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 대피자의 호흡 간격을 고려한 분석을 실시하였다.

호흡의 일반적인 간격은 평상시 성인의 경우 분당 12~20회 하는 것으로 보고되고 있다. 이는 1회당 3~5초의 시간간격으로 호흡하는 것으로 본 연구에서는 재실자의 대피 시 심리상황과 대피 속도를 고려하여 분당 20회의 호흡간격 즉 1회당

3초를 적용, 다음의 수식으로 분석하였다.

$$R_{cal,t} = \frac{\sum_{i=-1.5}^{1.5} R_{out,t+i}}{n}$$

$R_{cal,t}$  : t시간의 계산된 위험 값

$R_{out,t+i}$  : t+i시간의 FDS 출력 위험 데이터

n : 출력 위험 데이터 수

### 2.2 피난해석

피난 중에 나타나는 거주자의 이동을 예측하는 것은 성능 위주의 건축물 화재안전 분석 방식에 있어 핵심적 측면이다.

이와 관련하여

이러한 피난은 다양한 요인에 의해 대피가 지연되며 이로 인해 최종적인 피난 소요시간 (RSET : Required Safe Egress Time)이 증가하게 된다.

국내에서는 감지, 통보, 조치, 피난개시에 대한 지연 시간 (Delay time to start)을 건축물의 용도에 따라 다양하게 구분하고 있으며 훈련과 경보설비 등에 의해서도 지연시간을 다르게 구분하고 있다.

본 연구에서는 피난 시뮬레이션에서 수행하는 평가 지점 중 화재실의 경우 화재상황을 재실자가 직접 인지하여 대피하는 것으로 가정하였으므로 통보, 조치, 피난개시에 대한 지연시간이 발생하지 않는다. 따라서 화재안전성 평가 시 화재실의 경우 재실자의 대피 지연시간을 화재 감지기의 감지시간으로 고려하며 화재실 이외의 지역에 대해서는 화재 감지기의 감지시간과 추가로 1분의 지연시간을 가정, 적용하여 피난 시뮬레이션을 실시하였으며 최종적인 피난 소요시간을 산정하였다.

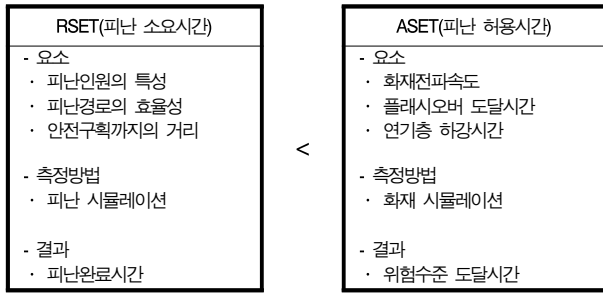
### 2.3 피난 안전성 평가 방법

방재 설계의 최종적 목표는 대상 건축물에서 화재 발생시 연기 등으로 인한 피해가 발생하기 이전에 건축물 내 모든 재실자가 설계된 안전한 장소로의 피난이 가능하도록 함에 있으며 Ronchi & Colonna(2012), Qu & Chow(2013), D'Orazio et al(2015)이 최근 안전성평가에 관련된 연구를 수행하였다.

방재 설계의 평가는 기본적으로 화재 발생 후 건축물 내부의 재실자들이 위험한 상황에 도달하게 되는 시간과 재실자들이 피난을 완료하는데 필요한 시간과의 비교를 통해 이루어지게 된다. 여기서 거주자들이 대상공간에서 피난을 완료하는데 필요한 최소피난요구 시간을 RSET(Required Safe Egress Time : 피난 소요시간)이라 하며, 화재로 인하여 위험에 도달하게 되는 시간을 ASET(Available Safe Egress Time : 피난 허용시간)이라 한다.

Poon(2014)과 Wang, et al.(2015)에 따르면 방재 설계의 목표달성은 <그림 1>에 제시한 바와 같이 RSET이 ASET 이하가 되는 경우로 판단하며, 만약 그 반대라면 대상 건축물의 피난

안전성능은 확보되지 못한 것으로 판단한다.



<그림 1> 피난 안전성 평가 방법

## 2.4 화재 및 피난 안전성 평가 대상

Ministry of Public Safety and Security(2015)의 소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준에서 제시하고 있는 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성기준에 의하면 피난 안전성 평가의 대상을 선정 시에 고려해야할 사항으로 시나리오 적용이 가능한 모든 유형 중 가장 피해가 클 것으로 예상되는 지점이거나 화재발생 빈도가 가장 높을 것으로 예상되는 지점에 대한 피난 안전성 평가를 실시한다.

본 연구에서는 건축물에서의 화재 시 위험도가 가장 높을 것으로 예상되는 중앙제어실을 화재지점으로 설정하여 시나리오를 작성하였으며 이에 따른 화재안전성 평가를 수행하였다.

<표 2>는 중앙제어실에서의 화재발생시 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오를 나타낸다.

<표 2> 화재 및 피난시뮬레이션 시나리오

화재위치	중앙제어실	
재실자	56명	
피난 시나리오	화재실	감지기 작동 시 피난
	비화재실	감지기 작동 후 피난 지연시간 1분 적용
화재 시나리오	전자기기 과열로 인한 화재	
- 화재시 위험도가 가장 높을 것으로 예상되는 위치에 대해 화재 영향성 평가 시나리오 실시 - 화재원인은 전자기기의 과열로 인한 화재 - 최악조건의 산정을 위해 스프링클러 등 소방시설이 작동하지 않는 조건 - 화재실의 경우 모든 재실자는 화재상황을 직접 확인하여 대피판단을 할 수 있으므로 감지기 작동 시 대피 시작 - 비화재실의 경우 경보가 발생한 후 화재여부를 판단하여 대피 시작 (본 연구에서는 1분 적용)		

## 2.5 수치해석 프로그램

본 연구에서는 화재시뮬레이션과 피난시뮬레이션을 각각 수행하였다.

건물 화재는 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션이 주를 이루고 있으며 최근 Roh & Ryou(2009), Abolghasemzadeh(2013)등 여러 연구자들이 CFD를 이용한 화재해석을 실시하였다.

본 연구에서 사용된 화재시뮬레이션은 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 FDS(Fire dynamics simulator)프로그램이며 화재에 의해 발생하는 열과 연기 등 유체유동을 다루기 위한 화재전용 시뮬레이션 소프트웨어이다. FDS는 Navier-Stokes Equations에 기초하고 있으며 FDS에 의해 연산된 결과를 Smokeview라는 가시화 툴을 활용하여 연기와 온도의 유동을 평가할 수 있으며, 또한 수치해석 결과를 Data sheet 형태로 출력하여 시간과 위치에 따른 정량적인 평가가 가능하다. (McGrattan, 2010)

현재 국내에서 FDS는 Yoo(2015)등이 사용한 바와 같이 건물이나 터널, 지하철에서의 화재시 적정 대피 루트나 화재에 대한 인원의 대피안전성에 대한 평가에 주로 사용하고 있으며 이에 대한 많은 적용사례가 있다. 또한 체연설비와 스프링클러 설비 그리고 건축물의 내화구조평가까지 가능함에 따라 성능위주의 피난 안전성 평가에 대표적으로 활용되고 있다.

피난시뮬레이션은 THUNDERHEAD사에서 개발한 Pathfinder로서 거주자 피난경로를 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램이다.

Pathfinder는 DiNunno(2008)의 SFPE handbook에 기초하여 개인적 행동양식을 표현하고 있으며, 인간행동의 분석은 컴퓨터를 기반으로 한 기술을 사용하여 수집하고 있다. 또한 대피자의 행동양식을 대피자 상호간의 충돌, 기존경로 이탈, 점유자 밀도와 지형에 따른 이동속도 변화, 추월이나 뒷걸음질 등의 다양한 가정을 통하여 표현함으로써 실제 상황과 유사하게 모사하고 있다. 외국에서는 Nan, et al.(2014)등의 사례가 있으며 국내에서는 건축물이나 터널, 지하철에서의 화재시 적정 대피루트나 비상계단 및 비상출입구의 크기를 결정하고 검토하고 있으며 이에 대한 많은 적용사례가 있다.

## III. 수치해석 설정

### 3.1 화재 시뮬레이션 설정

화재 시뮬레이션을 위한 설정조건을 <표 3>에 나타내었으며 화재 시뮬레이션 모델을 <그림 2>에 나타내었다. 좌측상부에 중앙제어실(P-01)이 위치해 있으며 하부에 비화재실(P-02)과 최종 피난구(P-03)가 설치되어 있다. 화재는 중앙제어실의 가운데 설치된 전자기기의 과열에 의하여 발생하도록 설정하였으며 실제와 유사한 화재를 모사하기 위하여 화재성능곡선을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 전자기기의 화재 성능곡선은 <그림 3>에 나타내었으며 미국 NIST(미국표준기술연구원의 화재실험 자료(Single Office Workstation)를 사용하였다.

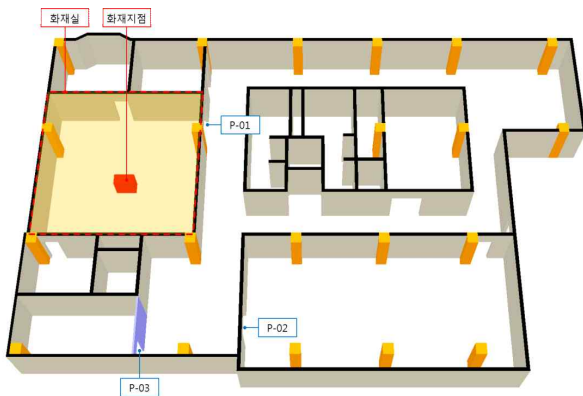
분석은 대피자의 호흡선을 고려하여 피난구 바닥기준 1.8m 상부의 높이에서 위험도를 분석하였으며 각각의 피난구 위치에서 호흡간격을 고려한 평균분석을 실시하였다. 또한 각 피난구의 온도(Temperature), 가시거리(Visibility), CO농도 분석하였으며 Ministry of Public Safety and Security(2015)의 ‘소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준 시행령 별표1’에서 제시

된 재실자 인명안전기준에 의거하여 분석된 위험요소가 해당 성능기준에 도달하였을 경우 위험한 것으로 판단하였다. 출구별 위험요소를 각각 분석하여 해당 위험요소에 대한 허용한계시간을 산출하고 산출된 허용한계시간 중 해당 출구별 가장 보수적인 시간을 평가하여 그 출구에 대한 피난 허용시간 (ASET : Available Safe Egress Time)으로 판단 안전성 검토를 실시하였다.

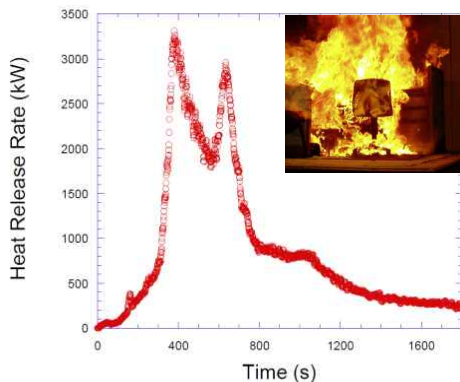
중앙제어실의 천정에 연기감지기를 설치하여 감지기가 작동하는 시간을 산정할 수 있도록 하였고 이에 따라 피난시뮬레이션에서 재실자의 피난시작 시간을 도출할 수 있도록 하였다.

<표 3> 화재 시뮬레이션 설정조건

전체크기	32.8m × 21.2m × 4.2m
중앙제어실 크기	10.0m×10.0m×4.2m
해석격자수	270,984개
	Multi mesh (164×106×15+24×71×6)
초기온도	20°C
발화물질	Red Oak(CH1.700.72N0.01)
최대발열량	3,300kW
CO발생분율	0.004 kg/kg
연기발생분율	0.015 kg/kg
감지기	연기감지기(피난시뮬레이션에서 시작시간 산정)
소화설비	미작동(최악조건고려)
제연설비	미작동(최악조건고려)



<그림 2> 화재시뮬레이션 모델



<그림 3> 전자기기의 화재성능곡선

### 3.2 피난 시뮬레이션 설정

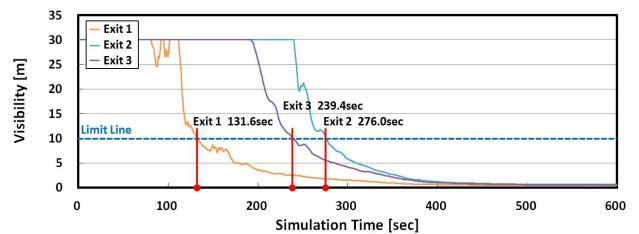
피난 시뮬레이션은 Ministry of Public Safety and Security (2015)의 소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준에 따라 조건을 설정하였다. 설정조건의 총 인원은 시나리오에서 제시한 바와 같이 56명으로 하였으며 이 중 중앙제어실(P-01)의 배치인원을 6명으로 하고 비화재실(P-02)의 배치인원을 50명으로 하였다. 중앙제어실의 인원은 상주인원이며 비화재실의 경우는 배치된 고정 좌석수를 기준으로 인원을 산정하였다. 화재실의 경우 감지기 감지 즉시 피난을 실시하였고 비화재실의 경우 시나리오에서 제시한 바와 같이 감지기가 작동하고 피난지연시간 1분 후 피난을 개시한 것으로 설정하였다. 또한 최종피난완료 시간은 FDS에서 계산된 연기감지기 작동 시간을 고려하여 계산하였다.

## IV. 수치해석 결과

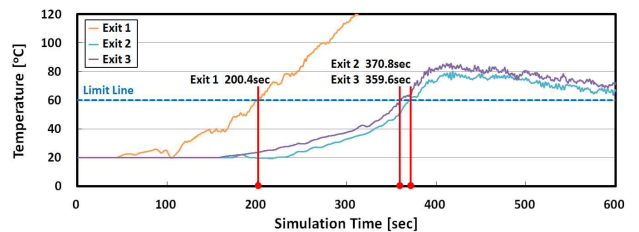
### 4.1 화재 시뮬레이션 결과

화재시뮬레이션을 통하여 시간의 경과에 따른 가시거리분포, 온도분포, CO의 농도분포 결과를 도출하였으며 각 결과 그래프에 한계선을 표시하여 허용한계시간을 계산하였다.

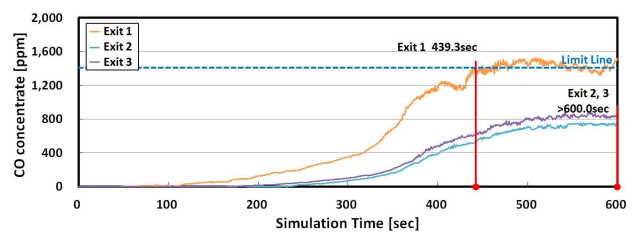
<그림 4>는 화재시뮬레이션의 결과를 나타낸 것이다. 먼저 각 그래프를 비교하여 보면 가시거리 분포가 가장 짧은 시간에 허용한계에 도달함을 알 수 있으며 상대적으로 CO농도 분포가 가장 느리게 허용한계에 도달함을 알 수 있다.



a) 가시거리 분포에 따른 위험도



b) 온도분포에 따른 위험도



c) CO농도 분포에 따른 위험도

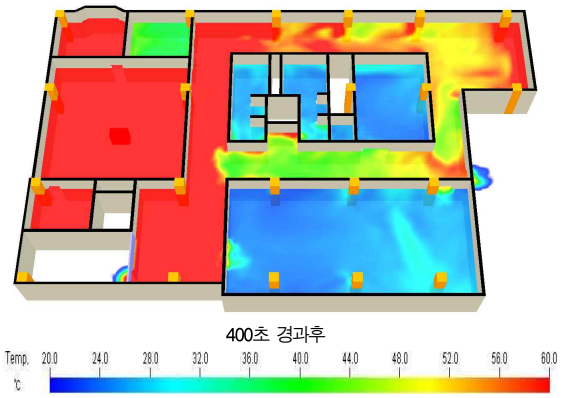
<그림 4> 화재시뮬레이션 결과

또한 장소별 위험도를 확인하여 보면 화재가 발생한 중앙계어실 부분의 위험도가 가장 높음을 알 수 있으며 상대적으로 비화재실의 위험도가 가장 낮음을 알 수 있다.

<표 4> 피난구별 피난 허용시간

구분	가시거리	온도	CO 농도	피난 허용시간 (ASET)
P-01 화재실 피난구	131.6초	200.4초	439.3초	131.6초
P-02 비화재실 피난구	276.0초	370.8초	600초 이상	276.0초
P-03 최종 피난구	239.4초	359.6초	600초 이상	239.4초

각각의 위험요소에 대한 허용한계시간을 산출하여 비교하여 보면 모든 피난구에서 가시거리의 허용한계시간이 가장 짧으므로 피난허용시간(ASET)은 가시거리의 허용한계시간으로 설정됨을 알 수 있다. 각 피난구별 피난 허용시간을 정리하면 <표 4>와 같이 나타낼 수 있다.

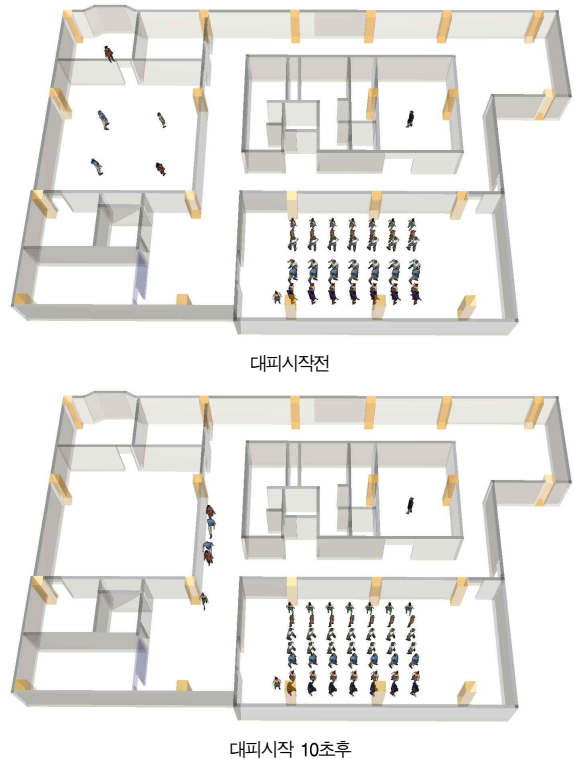
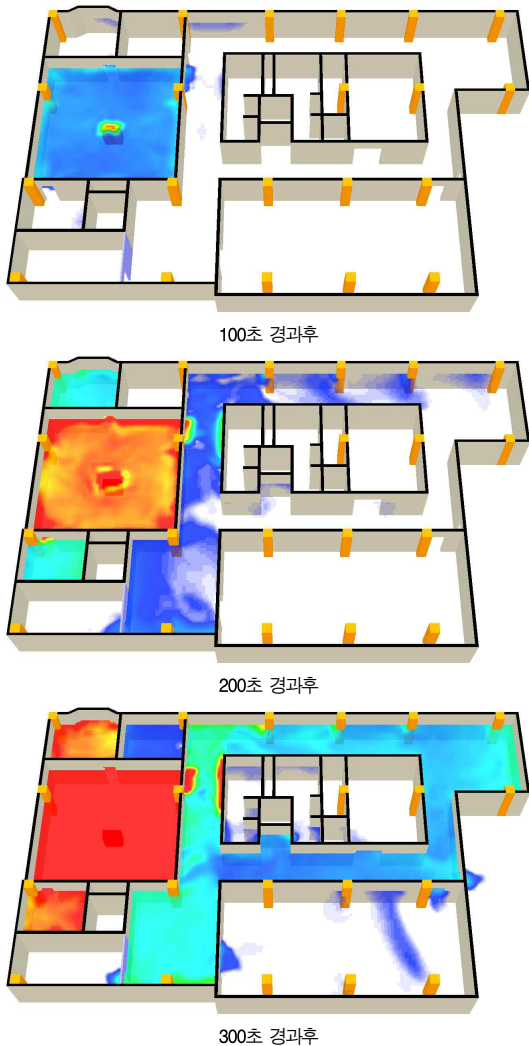


<그림 5> 시간의 변화에 따른 온도분포

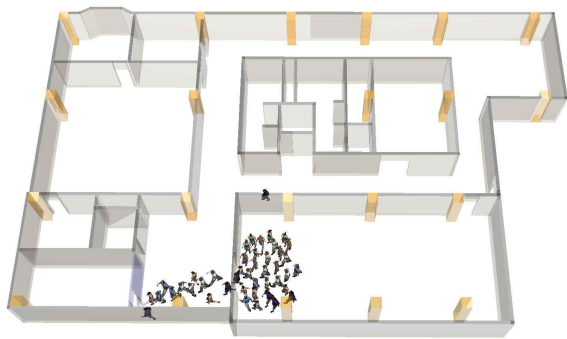
<그림 5>는 해석공간에서의 시간의 변화에 따른 온도분포 변화를 나타낸 것이다. 그림에 나타나는 바와 같이 화재가 발생한 중앙계어실 부분의 온도가 매우 빠른 속도로 증가함을 알 수 있으며 상대적으로 비화재실이 온도가 가장 낮으며 천천히 증가함을 알 수 있다. 그러나 차후 시간이 경과함에 따라 비화재실의 온도도 증가하며 비화재실의 온도가 낮을 지라도 최종피난구의 온도가 증가하여 피난 할 수 없게 됨을 알 수 있다. 따라서 이 경우 비화재실은 최종피난구의 피난허용시간을 고려하여야 할 필요가 있다.

#### 4.2 피난 시뮬레이션 결과

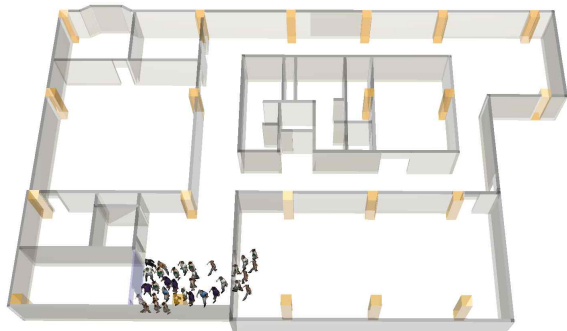
중앙계어실 화재 발생시 시간의 변화에 따른 재실자 피난시뮬레이션 결과를 <그림 6>에 나타내었다.



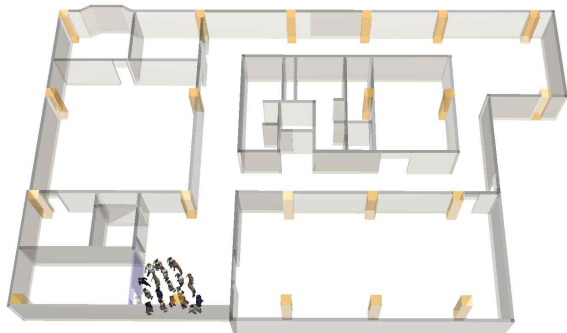
<그림 6> 피난 시뮬레이션 결과(계속)



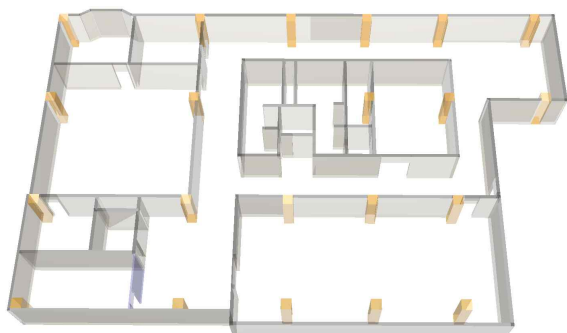
대피시작 70초후



대피시작 80초후



대피시작 90초후



대피시작 107.5초 후 피난완료

<그림 6> 피난 시뮬레이션 결과

그림에 나타난 바와 같이 화재가 발생하면 피난시나리오에 따라 중앙제어실의 재실자들은 즉시 피난을 시작하게 되며 비화재실의 재실자들은 1분 후 피난을 시작하게 된다. 피난자들은 시뮬레이션에 주어진 여러가지 가정을 통하여 다양하고 지속적인 피난 행동을 하게 되며 피난 개시 107.5초 경과 후 모든 피난이 완료된다. 여기에 FDS에 의한 화재시뮬레이

션에서 계산된 연기감지기 작동시간 (20.4초)을 더하면 최종적인 피난소요시간을 산정할 수 있으며 <표 5>와 같이 각 피난구별 피난 소요시간을 산정할 수 있다.

최종적으로 <표 4>의 피난 허용시간과 <표 5>의 피난 소요시간의 결과를 비교하여 중앙제어실의 화재 발생 시 재실자들의 피난에 대한 안전성 여부를 분석하며 보면 피난 소요시간이 피난 허용시간을 초과하지 않는 것으로 분석됨에 따라 화재 발생 시 재실자의 피난 안전성능이 확보되는 것으로 평가 되었다.

<표 5> 피난구별 피난 소요시간

구분	피난 시뮬레이션 결과	감지시간	피난 소요시간 (RSET)
P-01	화재실 피난구	7.2초	27.6초
P-02	비화재실 피난구	82.1초	102.5초
P-03	최종 피난구	107.5초	127.9초

또한 비화재실의 대피자들은 최종피난구의 피난허용시간을 고려하여 피난할 필요가 있으며 본 연구의 결과를 분석하여 보면 이 경우 또한 안전성능이 확보되는 것으로 평가되었다.

본 연구의 결과는 최악의 조건인 소방설비의 미작동에 근거한 종합안전성평가로서 실제 화재 발생 시 소방설비가 정상적으로 작동한다면 보다 우수한 피난안전성능이 확보될 것으로 평가할 수 있다.

## V. 결론

본 연구에서는 화재 시뮬레이션인 FDS와 피난 시뮬레이션인 Pathfinder를 이용하여 건물 화재 시 위험도가 가장 높을 것으로 예상되는 중앙제어실을 화재발생 지점으로 설정하여 화재안전성 평가를 수행하였다.

수치해석 결과 건물 내 모든 장소에서 피난 소요시간이 피난 허용시간을 초과하지 않는 것으로 분석됨에 따라 대피자의 안전성이 확보되는 것으로 분석되었다.

이러한 안전성 평가의 결과는 최악의 조건인 소방설비의 미작동에 근거한 종합안전성평가로서 실제 화재 발생 시 소방설비와 연계한다면 보다 우수한 피난안전성능이 확보될 것으로 평가할 수 있다. 또한 본 연구에서의 화재 안전성평가 방식을 다른 건물에 적용한다면 보다 원활한 성능위주의 소방설계를 수행 할 수 있을 것으로 예상 된다.

## REFERENCE

DiNunno, P. J. (2008). *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th edition*, USA: National Fire Protection Association

- McGrattan, K. (2010). *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*, USA: National Institute of Standards and Technology
- Yoo, J.(2015). A study on evacuation characteristic by cross-sectional areas and smoke control velocity at railway tunnel fire, *Journal of Korean Tunnel Underground Space Association*, 17(3), 215-226
- Ministry of Public Safety and Security(2015), *Method and standard of Performance-based design for fire fighting facilities*, Notification No. 2015-1 of Ministry of Public Safety and Security.
- Poon, S. L. (2014). A Dynamic Approach to ASET/RSET Assessment in Performance based Design, *Procedia Engineering*, 71(1) 173-181
- Abolghasemzadeh, P.(2013). A comprehensive method for environmentally sensitive and behavioral microscopic egress analysis in case of fire in buildings, *Safety Science*, 59(1), 1-9
- Roh, J. S. & Ryou, H. S.(2009). CFD simulation and assessment of life safety in a subway train fire, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 24(4), 447-453
- Ronchi, E. & Colonna, P.(2012). The evaluation of different evacuation models for assessing road tunnel safety analysis, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 30(1), 74-84
- Qu, L. & Chow, W. K. (2013). Common practices in fire hazard assessment for underground transport stations, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 38(1), 377-384
- Wang, S., Wang, W., Wang, K. & Shih, S.(2015). Applying building information modeling to support fire safety management, *Automation in Construction*, 59(1), 158-167
- Mu, N., Song, W., Qi, X., Lu, W. & Cao H.(2014). Simulation of Evacuation in a Twin Bore Tunnel: Analysis of Evacuation Time and Egress Selection, *Procedia Engineering*, 71(1), 333-342
- D'Orazio, M., Longhi, S., Olivetti, P. & Bernardini, G.(2015). Design and experimental evaluation of an interactive system for pre-movement time reduction in case of fire, *Automation in Construction*, 52(1), 16-28

## The Case Analysis through Fire Simulation FDS and Evacuation Simulation Pathfinder

Kim, Jong Yoon\*  
Jeon, Yong Han\*\*

### Abstract

In this study, using the FDS as the fire simulation and evacuation simulations of the Pathfinder, set the main control room of the building to the fire point fire safety assessment studies were carried out.

At first the quantitative result such as distribution of visibility as time passing, distribution of temperature, distribution of CO density produced results using fire-simulation and evacuation-simulation was carried out based on the result that produced the final safety evaluation result as being calculated of evacuation time.

As the risk increased with the distribution of visibility at the result of fire-simulation, evacuation-simulation was carried out using the result. Finally the result was made 127.9 sec that everyone could evacuate.

The numerical results are analyzed in case of the places in the building required safe egress time for safety as the analysis to be no more than available safe egress time was analyzed to be secured.

The results of this safety evaluation represent that more smooth evacuation safety performance can be secured by linking the event of fire firefighting equipment as a result of simulating the worst conditions.

*Keywords : Room fire, CFD simulation, Available Safe Egress Time, Required Safe Egress Time*

---

\* Assistant Professor, SeoJeong College, kimjy@seojeong.ac.kr

\*\* Assistant Professor, Sanggi youngseo College, kcv76@hanmail.net