

# 지하연계 복합건축물 ASET 기반의 수평 RSET 피난안전성 검증 프로세스 연구

## Study on Horizontal RSET Evacuation safety verification process Based ASET in Underground Link Multi-Complex building

송 창 영\* · 송 민 수\*\*

Song, Chang-Young · Song, Min-Su

### 요 약

지하연계 복합건축물의 건립이 급증함에 따라 건축물의 피난 성능이 중요시되고 있으며 복잡·다양해진 피난유도에 대한 피난시설 배치와 RSET(Required Safe Egress Time)이 필수적으로 관련 지침에 명시되고 있다. 그러나 RSET에 대한 신뢰성 검증 및 용도별 수용인원 산정 방법이 주관적인 관점에 의해 제시되고 있으며 이런 검증 자료의 검토기준이 정량적이지 않아 안전성 확보가 이뤄지지 않고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 지하연계 복합건축물의 피난 안전성을 확보하는데 가장 적합한 검증을 위해 방재 선진국의 ASET 기준을 심층적으로 분석하여 지하연계 건축물 등에서 국내 실정에 맞게 적용할 수 있는 최적화된 ASET을 도출하였다. 이러한 ASET의 신뢰성을 검증할 수 있도록 피난안전구역 및 준하는 구역의 현실 가능성을 분석하고 국내·외에서 상용화되고 있는 피난시뮬레이션 소프트웨어를 통해 건축물의 용도에 따른 수용인원 산정기준의 현실적 방안과 피난경로 설정의 Logic을 감안하여 피난의 안전 및 최단시간 가능성을 고려하였다. 따라서 지하연계복합 건축물에서 요구하는 피난성능과 수용인원의 최적화된 RSET을 정량적으로 도출함에 따라 피난 안전성에 대한 검증 프로세스를 제시하였다.

**keywords** : Evacuation, Refuge Area, 지하연계 복합건축물, 시뮬레이션

## 1. 서 론

본 연구는 지역 또는 도시의 랜드마크가 되고 있는 초고층 및 지하연계 복합건축물 중 지하연계 복합건축물의 피난 성능을 향상 시키고자 현행되고 있는 RSET(Required Safety Egress Time)프로세스의 표준화 제시를 목적으로 한다. 주관적인 안전성 검증을 정량화하기 위하여, 국내·외 적용되고 있는 ASET(Absolute-Available Safety Egress Time) 검증의 지침 및 사례를 분석하고 법에서 제시하는 피난안전구역에 준하는 구역을 도입하였을 경우 피난 안전상의 효용을 분석하도록 한다. 또한 건축물 용도에 따라 구분되는 수용인원 산정에 있어 Net Area 산정식의 현실성과 신뢰성을 분석하고 이를 국내·외에서 보편적으로 사용하고 있는 피난시뮬레이션 S/W(Path-Finder)에 도입하여 피난성능의 최적화된 설계 방법을 제시하고자 한다.

\* 정희원 · (재)한국재난안전기술원 이사장 Song4624@hanmail.net

\*\* (재)한국재난안전기술원 연구원 sms2682@nate.com

## 2. 본론

### 2.1 국내·외 RSET 기반의 안전성 기준 분석

미국의 SFPE(미국소방기술사회) 방화공학 핸드북에서는 화재에 대한 인명안전이 달성되게 위해 RSET이 ASET 보다 짧아야한다고 명시하고 있으며 피난 중에 나타나는 거주자의 이동을 예측하는 것은 건축물 화재안전 분석방식에 있어서 핵심적 측면이라고 볼 수 있다. 또한 SFPE 핸드북의 ASET에서는 화재에 의한 연소생성물의 독성 사정을 분석함에 따라  $CO_2$  과다 호흡 효과시간을 최대 6분, 보편적인 질식성 연소생성물에 대한 노출로 인한 무력화 또는 사망 방어능력한계시간은 5분 및 30분으로 제시되어 있다.

현재 국내에서는 소방방재청 관할의 특별법 및 기준에 의거하여 RSET 기반의 안전성 검토를 성능위주소방설계와 사전재난영향성검토협약에서 수행하고 있다. 성능위주소방설계는 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에서 명시하는 RSET의 안전성 검토를 SFPE에서 제시하는 계산법에 의거하고 있고 수평피난 RSET에 대한 안전성 검토만 이루어지고 있으며, 화재 확산에 의한 시나리오를 통한 안전성만을 고려하고 있다. 또한 그 대상이 일부로 국한되어 있어 지하연계 복합건축물 중 안전성 검토가 필요함에도 제외되는 현상이 발생하고 있다. 사전재난영향성검토는 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법」에서 명시하고 있는 사전재난영향성검토협약의 지침에 의거하여 ASET 기반의 안전성 검토를 시행하고 있다. 사전재난영향성검토협약의 수평피난 RSET은 유럽 피난 가이드라인 및 SFPE 핸드북에서 명기한 피난 알고리즘에 의한 계산을 통해 위락, 상업, 집회용도에 한하여 6분 이내 완료로 제한하고 있다.

### 2.2 지하연계 복합건축물의 피난안전구역 설정 분석

현재 “초고층 및 지하연계복합건축물 재난관리에 관한 특별법”에서는 16층 미만의 지하연계복합건축물을 대상으로 피난안전구역을 설치하도록 의무화 하고 있다. 거주자 대피에 있어서 계단실에서 발생하는 병목현상을 방지하고 피난가능시간을 확보하기 위한 전실구역의 개념으로 사용되어 지하층의 경우 선큰 및 선큰에 준하는 구역 등으로 설치할 수 있다. 이 경우 계획상 외부로의 출구가 요구되어 필요면적 전체에 대한 설치가 불가능할 수가 있어 전체 또는 선큰 면적의 부족분을 피난안전구역으로 설치하여 요구면적을 확보할 수 있도록 규정하고 있다. 지하연계복합건축물의 피난안전구역을 설치할 때 지상층인 경우에는 거주밀도가 1.5 인/㎡를 초과하는 용도를 대상으로 해당용도 바닥면적의 1/10을 피난안전구역으로 설치하도록 요구하고 있다. 단, 지하인 경우의 피난안전구역의 면적은 해당층 수용인원의 10%를 수용할 수 있는 공간으로 설치하되 1인당 필요 점유면적은 0.28㎡/인으로 규정하고 있다.

### 2.3 피난 시뮬레이션 S/W의 경로 설정 로직 분석



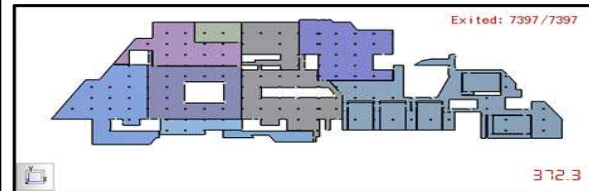
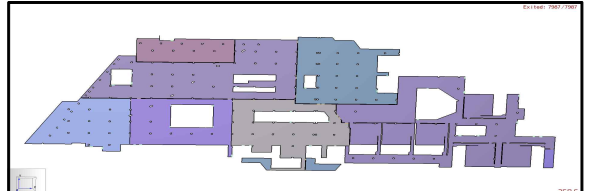
Pathfinder는 미국 Thunderhead Engineering 사에 의해 개발되었으며, CAD 파일을 기반으로 하여 3D 가시화를 시킬 수 있는 능력이나 각 요소 배치 및 설정의 용이성이 뛰어나 사용자 환경에 노력을 기울인 시뮬레이션 소프트웨어이다. 이 모델은 에이전트 기반 모델(Agent Based Model)이라고 할 만큼 각 에이전트 별 행동예측을 기반으로 전체적인 피난현상을 예측하는 미시적 모델(Microscopic Model)로서 뛰어나다고 할 수 있다. 이 모델의 이론적 장점은 3가지 이동현상 구현방식을 가지고 있다는 점이다. 이는 하나의 공간과 설정에 대하여 3가지 다른 방식(SFPE, Steering, Collision)의 접근을 통한 분석이 가능하다는 것을 의미한다.

## 2.4 피난시뮬레이션 활용 RSET 기반의 최적설계 검증 프로세스

피난 시나리오에 의한 피난시뮬레이션을 사용할 때 기존 건축면적에 의거하여 수용인원을 산정 할 경우 건축현황에 제공되는 면적산정식(Gross area)에 따라 계산을 하게 되어 불필요한 벽체, 공용면적 등까지 면적 산정되어 확실한 수용인원을 적용할 수 없으며 실제 거주자들이 사용하는 공간의 면적(Net area)만을 반영하고 피난에 필요한 용도별 거주밀도를 산정해야 정확한 피난안전성을 검증할 수 있고 결과 값도 신뢰성을 가질 수 있게 된다.

ASET에 의한 최적설계를 적용하기 위해서는 계단의 수 및 용량, 피난시설의 배치, 피난통로의 확보가 필수적이다. 건축물 용도에 따라 수용인원과 보행거리를 기반으로 계단의 수 및 용량이 산정되나, 건축법에 만족하는 계단을 설치하더라도 수용인원의 피난 안전성을 확보하기 어려운 경우가 발생한다. 또한 피난시설의 위치 및 용량이 RSET에 상당한 변화를 주고 있으며, 수용인원이 외부 및 안전구역으로 피난할 수 있는 통로의 거리 또한 RSET에 영향을 미친다. 본 연구에서는 위의 세가지 요소가 RSET에 미치는 영향과 이에 따른 최적설계를 위해 현재 신축설계 중인 동대구 복합환승센터(지하연계 복합건축물)를 대상으로 안전성 실험을 수행하였으며 최초 설계와 변경설계의 RSET 값 비교와 3개 요소 변경에 따른 영향을 분석하였다. 이 실험의 피난경로 설정 로직은 SFPE Mode에 기반하였으며 Collision을 포함하여 에이전트가 SFPE 산정식에 의해 피난하며 기존의 겹침현상이 아닌 충돌 및 분쟁 현상이 일어날 수 있도록 설정하였다. 실험내용은 아래 표와 같다.

표 1. 피난요소 설계변경에 따른 시뮬레이션 결과 비교

변경전 피난요소 배치에 의한 시뮬레이션 결과	변경전 피난요소 배치에 의한 시뮬레이션 결과
	
	

변경전과 변경후의 결과 RSET 만을 가지고 비교를 하였을 때 변경전 보다 13초의 성능을 확보하였다고 볼 수 있지만 수용인원의 결과를 놓고 보았을 때 확연한 차이를 찾을 수 있다. 변경전의 수용인원은 7,397명이며 변경후의 수용인원은 7,987명으로 수용인원이 590명 더 많은 것을 알 수 있다.

실험결과, 변경후의 도면은 피난시설의 배치, 확보만을 통하여 변경전보다 더 많은 수용인원에 대한 피난 안전성을 확보할 수 있었으며 건축물의 기능 및 공간확보 면에서도 더욱 유리하게 설계될 수 있었음을 도출하였다.

위와 같이 RSET의 최적설계를 위해 가장먼저 수행하여야 할 부분은 피난 용량 산정 부분이며 수용인원에 따른 피난출구의 폭을 확보하였는지 검토하는 것이 가장 중요하다. 출구폭의 확보와 RSET의 값은 상호 연관성이 크기 때문에 적절한 계획이 요구되며 출구폭을 만족시킨 후 피난요소에 대한 검토가 이루어져야 한다.

마지막으로 수행해야하는 방법은 피난유도(출구지정)를 통하여 사용율이 낮은 계단실 및 외부 출구로 대피를 하도록 유도하는 방법이다.

### 3. 결론

본 연구에서는 지하연계 복합건축물의 피난 안전성을 방재 선진국인 미국의 SFPE 핸드북에서 요구하는 피난시간계산과 연소생성물의 독성사정에 따라 국내 성능위주 소방설계와 사전재난영향성검토의 수평피난 안전성 검증을 분석하여 수평 ASET 6분 이내 제한을 도출할 수 있었다. 이에 따라 수평 RSET의 최적 설계를 위해 지하연계 복합건축물에서 요구하는 선근 및 피난안전구역의 설정을 분석하였고 피난안전구역에 준하는 구역(파고라) 설정을 도출하였다.

위의 분석 및 도출내용을 기반으로 수평 RSET의 피난안전성을 검증하기 위해 상용화되고 있는 Path-Finder를 사용하였으며, 이 S/W에서 시뮬레이션의 현실성을 가장 높일 수 있는 SFPE Mode+Collision 로직을 선택하였다.

이어서 해당 건축물의 용도를 구분한 수용인원 산정기준 분석은 실제 거주자들이 사용하는 공간의 면적(Net area)을 반영하여 용도별 거주밀도를 산정한 결과 신뢰성을 확보할 수 있었다.

이러한 과정을 거쳐 최종적으로 피난시뮬레이션을 수행하여 실사 기반 건축물의 피난 안전성능 및 요구되는 ASET에 따라 설계변경 전후를 비교하여 RSET을 도출한 결과, 설계변경 후 수용인원의 수는 증가했지만 RSET은 단축되었으며, 피난안전성이 더욱 확보되었음을 도출하였다.

결론적으로 피난안전성이 확보되지 않은 건물의 피난 안전성을 확보하는 방안은 설계된 도면에 대해 1차적으로 피난 시뮬레이션을 실행 한 후 2차적으로 실제 사용용도에 맞는 면적 및 거주밀도를 적용하여 수용인원을 계산하고 그에 맞게 출구 폭을 확보해야하며, 그에 따라 계획된 계단실이 균등하게 양방향 피난이 가능하도록 설계해야한다. 그 후 복도나 거실 출구의 위치를 조정하여 피난 경로를 확보하고 마지막으로 피난유도(출구지정)를 하여 계단실 사용률을 높여 최적의 피난성능을 갖도록 계획하여야 한다.

### 감사의 글

본 연구는 2014년 가천대학교 초고층방재융합연구소 및 (재)재난안전기술원 연구지원에 의해 수행한 것으로, 학교 및 기술원 당국에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 신현승 (2007) 미국 피난 안전 규정 변천에 관한 연구
- 김대희 (2008) 피난설계 예시도면 작성을 통한 피난소요 시간 비교·분석 연구
- 최준호 (2011) 초고층 건축물의 피난특성 분석을 통한 성능위주 설계 및 모델링 기법 개발
- (2003) SFPE 방화공학 핸드북 2003
- (2010) 성능위주 설계를 위한 피난시간 계산, 한국소방화재학회
- (2012) 지하연계복합건축물의 선근 피난 관련 기준 분석, 한국방재학회
- (2011) 고층의 주상복합건축물 계단폭과수용인원 산정기준에 따른 피난효율 비교, 한국화재소방학회
- Jo, Ju-Ho (2009) A Study on the Development of the Total Egress Time Estimation Program in a Subway Station