



초고층 화재 위험성 평가를 위한 대피 및 인명피해 시뮬레이터 검증에 관한 연구

박준 · 윤성욱 · 김효근 · 하희상 · 이상필
GS건설(주)

Application of Evacuation and Fatalities Simulator for Fire Risk Assessment in High-Rise Buildings

Park, Jun · Yoon, Sung Wook · Kim, Hyo Geun
· Ha, Hee-Sang · Lee, Sang-Pil
GS E&C

요 약

대피 및 인명피해 시뮬레이션 기술은 성능위주 설계의 핵심 기술 중 하나이다. 기존 해외에서 개발된 프로그램들은 단순한 인명피해 계산 방식과 비주열의 조약으로 한계성을 나타내고 있다. 본 연구에서 개발된 대피 및 인명피해 평가 프로그램은 기존의 프로그램의 한계점을 극복함과 동시에 다음의 관련 기술을 향상시키고 실제 사례에 적용하여 현재 사용되고 있는 상용 대피 프로그램과 비교/검증하였다. 첫째, 피난계단 뿐만 아니라 엘리베이터를 이용하여 대피할 수 있는 알고리즘을 적용하였다. 둘째, 미국 표준연구소(NIST)의 화재해석 프로그램 (FDS, Fire Dynamics Simulator)과 연계(Coupled)를 통해 화재에 의한 인명피해 발생여부 판단이 가능한 프로그램이다. 마지막으로 그래픽 전용 모듈을 적용하여 현실에 가까운 3차원 가상현실을 구현하였다.

1. 서 론

초고층 복합건물, 지하역사 등 대공간 구조물 화재시 거주자의 안전을 위해 가장 중요하게 고려되어야 할 사항 중 하나는 대피이다. 따라서 구조물의 계획 및 설계단계부터 대피계획을 세워야 하며 지하공간의 내부 구조는 세워진 대피 계획을 충분히 고려하여 디자인되어야 한다.

구조물 내 화재 시 대피 성능의 우수성을 판별하는데 있어 중요한 인자는 대피하는데 걸리는 시간과 대피 중 발생하는 인명피해인데 이것들은 대피자의 구성, 구조물 내부 구조, 화재 시나리오, 화재에서 발생하는 열 및 독성가스, 방재설비 설치 및 작동 여부, 대피자의 대피로 인지상태 등 다양한 변수에 의해 영향을 받는다. 이러한 복잡 다양한 변수를 고려하여 구조물 내에서의 대피 성능을 평가하기 위해 그 동안 국내에서는 SIMULEX (영국)로 대표되는 해외 개발 프로그램을 이용하여 방재설계 등에 적용하여 온 것이 현실이다. 이러한 해외 개발 프로그램들은 대피행동을 모사하는 우수한 알고리즘을 적용하고 있고 사용이 간편하며 그 동안 국내외의 많은 프로젝

트들에 적용되어 온 것이 사실이나 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 그림 1은 현재 대표적으로 사용되고 있는 상용 대피 시뮬레이션 프로그램의 특징과 본 연구에서 개발한 대피 및 인명피해 평가 시뮬레이터를 비교하였다.

구분		SIMULEX	Pathfinder	Building Exodus	EXITER
		미국	미국	영국	한국
도면 Import		○	○	○	○
다층해석		○	○	○	○
엘리베이터 피난		X	X	X	○
Visual	3D View	X	○	○	○
	Manual View	○	X	X	○
	Floor View	○	○	X	○
	VR View	X	X	X	○
인명피해계산		X	X	○	○

그림 5 개발 프로그램의 차별성

2. 연구 내용

2.1 대피 안전성 평가의 개념

대피 안전성 평가는 화재가 발생하는 여러 가지 시나리오를 설정한 뒤 각 시나리오별로 화연 확산 시뮬레이션 프로그램 등을 이용하여 가용 대피시간(ASET)을 계산한 뒤, 대피 시뮬레이션을 별도로 수행하여 가용 대피시간(ASET) 이후에도 안전지역까지 도달하지 못한 대피자들은 사망한다고 판별한다. 이 때, 최종적으로 각 시나리오 별 총 사망자 수를 계산하여 주어진 구조물에서의 종합적인 대피 안전성 평가를 내리게 된다. 재실밀도에 따른 이동속도 저하 알고리즘¹⁾과 유효 복용분량 계산 모델을 적용하였다.²⁾

이상에서 설명한 가용 대피시간(ASET)과 소요 대피시간(RSET)을 단순 비교하는 방식은 이해하기 쉽고 계산이 간편한 장점이 있으나 실제 현실에서 화연에 의해 인명피해가 발생하는 과정 등을 고려해 볼 때 문제가 있다. 가용 대피시간과 소요 대피시간을 단순비교하는 방식에서는 재실자가 특정 위치에서 열 또는 유독성 가스에 순간적으로 노출되어 인명피해가 발생한다고 가정하고 있으나 실제로는 대피자가 열 또는 유독성 가스에 지속적으로 노출됨으로 인해 데미지가 체내에 축적되어 사망에 이르는 경우가 더 많기 때문에 이러한 메커니즘을 고려한 방식이 더 합당하다. 따라서 개발된 프로그램에서는 기존 방식이 아닌 대피자 개개인 별로 열 및 유독가스 노출에 의한 데미지를 고려하는 방식을 새롭게 고안하여 기존의 방식보다는 보다 진보된 방식을 선택하도록 하였다.

개발방식: 연기 및 열에 의한 대피자의 인체에 누적되는 피해 고려



그림 6 인명피해 계산 알고리즘

앞서 언급한 바와 같이 초고층 복합건물, 대형 지하 정거장 등 대규모 구조물에서 총대피시간을 단축하고 노약자, 장애인 등의 대피를 원활하게 하기 위해 최근 국내외에서 대피용 엘리베이터의 적용이 고려되고 있는 점을 감안하여 피난 계단뿐만 아니라 엘리베이터를 이용해서 대피를 시뮬레이션 할 수 있는 모델을 그림 3과 같이 적용하였다.

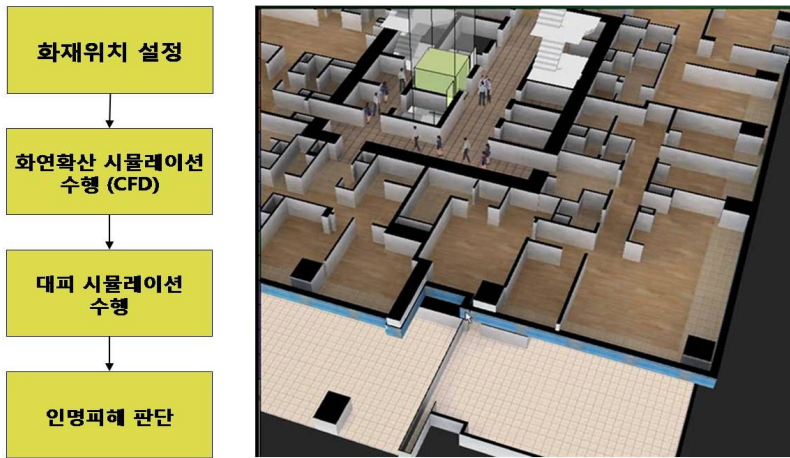


그림 7 인명피해 계산순서

2.2 개발 프로그램의 활용사례

그림 4는 당사에서 수행한 초고층 프로젝트에 대한 대피 및 인명피해를 평가하기 위해 개발된 프로그램을 적용한 사례이다. 특히 엘리베이터 피난을 포함한 대피시간을 계산한 결과 계단만을 이용하였을 경우, 252.54초에서 134.37초로 약 47%의 대피시간 단축효과를 예상할 수 있었다.

적용대상	
Xi 하버뷰	
목적	
계단 VS 계단+엘리베이터 총 대피시간 비교검토	
해석결과	
계단	252.54초
계단 및 엘리베이터	134.37초
단축효과	46.79% 단축

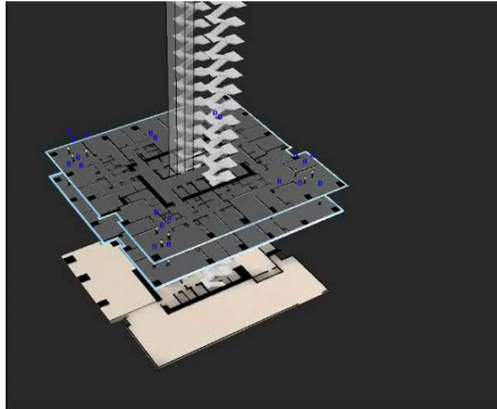


그림 8 당사 프로젝트 적용사례

3. 결 론

기존 유사 프로그램의 장단점을 분석하여 장점을 계승함과 동시에 화면에 의한 속도저하 알고리즘, 엘리베이터 대피 알고리즘, 진보된 인명피해 알고리즘, 강력한 3차원 visualization 등으로 차별화하였다. 초고층 복합건물, 지하 정거장, 지하 쇼핑몰과 같은 대규모 구조물 방재계획 및 설계를 위해 개발 프로그램 단독 적용이 가능하며 다양한 시나리오의 분석이 필요한 정량적 화재 위험도 평가 (Quantitative Risk Analysis) 수행 시에도 상당히 활용도가 높을 것으로 판단된다. 이미 세계적 수준에 뒤지지 않는 것으로 판단되나 향후 지속적인 연구활동을 통해 동 분야 국내 기술 발전에 이바지 할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부와 초고층빌딩 시공기술 연구단으로부터 지원을 받아 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 당국에 감사드립니다.

참고문헌

1. Thompson, P.A. and Marchant, E.W. Testing and Application of the Computer Model "Simulex", Fire Safety Journal 24, 1995, pp. 149-166.
2. Klote, J.H. and Milke J.A. Principles of Smoke Management, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2002, pp. 36.