

공동주택 및 오피스텔 지하층에 대한 피난 안전성 평가

강 현 권* · 전 용 한**

*상지대학교 스마트시티공학 박사재학 · **상지대학교 소방공학과 교수

Evacuation Safety Evaluation for Apartment Complexes and Officetel under Floors

Hyeon-gwon Kang* · Yong-Han Jeon*

*Department of Fire Protection Engineering, Sangji University

Abstract

Human and material damage can be reduced if the risk is evaluated by engineering analysis of fire combustion products, smoke concentration, and smoke movement speed in the event of a fire in apartment houses and officetels. In this study, a lot of research on related safety evaluation in the basement needs to be studied and reflected in design, so experimental research was conducted to analyze the flow of smoke through computer simulation and provide analysis data through evacuation safety evaluation.

First of all, the five-story underground parking lot subject to simulation has a large floor area, which is advantageous for improving evacuation safety performance, but it uses temperature detectors to increase detection time and fire spread speed. Second, it was analyzed that the evacuation time at all evacuation ports did not exceed the evacuation time, and as the time from the start of evacuation to the evacuation time was 216.9% compared to the travel time, it was evaluated that the safety performance of the evacuation was secured. Third, the above simulation results are a comprehensive safety evaluation based on the non-operation of fire extinguishing facilities in the fire room to increase safety, which means that smoother evacuation safety performance can be secured by linking fire extinguishing facilities.

Keywords : Fire, Evacuation, RSET, ASET

1. 서론

현대사회의 인구 밀집 등으로 인한 도시 건축물의 변화로 공동주택 및 오피스텔이 지속적으로 고층화 되는 반면 화재의 위험성도 증가되는 추세이며 여러 화재사례에서 증명되었듯이 화재로 인한 인명 및 재산 피해에 따른 화재 안전과 피난안전성평가의 중요성이 있으며 이에 따른 연구가 필요하다.

따라서 화재연소생성물에 대한 분석, 연기의 농도, 연기 이동 속도 등을 공학적으로 분석하여 위험도를 평가하여 소방계획 수립에 반영을 한다면 인적, 물적 피해를 줄일 수 있을 것이다.

이러한 공학적인 분석을 위해서는 실제 화재강도와 건

물 크기로 실험하여 위험도 평가를 하는 것이 가장 좋은 방법이다. 하지만 예산, 시간 및 장소 등의 한정이 있으며, 실제 실험에서는 다양한 데이터를 받기가 사실 매우 어려운 상황이다. 이에 많은 연구진들은 화재실험을 단순화한 데이터를 바탕으로 화재 확산 및 피난 특징들에 대해 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하여 건축 설계 등에 반영하고 있는 것이 현실이다.

이러한 화재시뮬레이션에 관한 연구는 세계적으로 진행되고 있으며, Yoo(2015)등은 화재가 발생하였을 경우 안전성 확보를 위한 피난 상황 구축에 관한 연구와 Nan, et al.(2014)등은 화재가 발생하였을 때 대피 시 피난자들의 행동 분석 및 충돌 등에 관한 연구를 실시 등을 하였으며 국내에서는 이승철(2011)등은 수치해석 및 모형실

†Corresponding Author : Yong-Han Jeon, Fire Protection Engineering, Sangji University, 83 Sangjidaegil, Wonju, Gangwondo, E-mail: kv76@hanmail.net

실험을 통한 초고층 공동주택의 화재안전성평가 연구와 김학경외(2022) 등은 공동주택 건축물 내 화재방호시스템이 피난안전성에 미치는 영향에 대한 수치해석 연구를 실시하였고, 민세홍외(2011) 공동주택의 화재위험성 분석 및 피난시설 개선에 관한 연구에서 16층 이하의 기존 공동주택을 중심으로 연구를 실시하였다. 하지만 지하층에 관련 안전성 평가에 대한 연구가 많이 연구되어 설계 등에 반영될 필요가 있어 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 연기에 따른 유동을 분석하고 및 피난 안전성 평가 등을 통해 분석데이터를 제공하고자 한다.

		Performance standards	
Effects of Toxic	ingredient	Toxicity reference value	
	CO	1,400ppm	
	HCN	80ppm	
	O2	More than 15%	
	CO2	Less than 5%	

2. 판정 기준

2.1 화재 시뮬레이션 평가 방법

화재에 의한 재실자의 위험도 상승 요인은 일반적으로 열, 가시거리, 독성가스로 나눌 수 있다. <Table 1>에 건축물 화재에 의한 재실자의 피난시 국내에서 적용되는 인명안전기준을 나타내었다.

대피자의 안전선을 평가하기 위해 호흡한계선 1.8m에서 위험도(열, 가시거리, 독성가스)증가를 시간에 따라 장소별로 분석한다. 이러한 데이터를 통해 <Table 1>인명 안전기준에 제시된 기준치를 벗어날 경우 그 위치를 위험 지역으로 설정하고 그 시간을 해당 휘치에 대한 ASET(피난 허용시간)으로 판단한다.

가시거리의 허용한계는 재실용도별로 구분되어 있으며 본 시뮬레이션 대상인 주차장, 공동주택 기준층 및 오피스텔 기준층은 5m로 적용한다.

<Table 1> Safety standards of an evacuationist

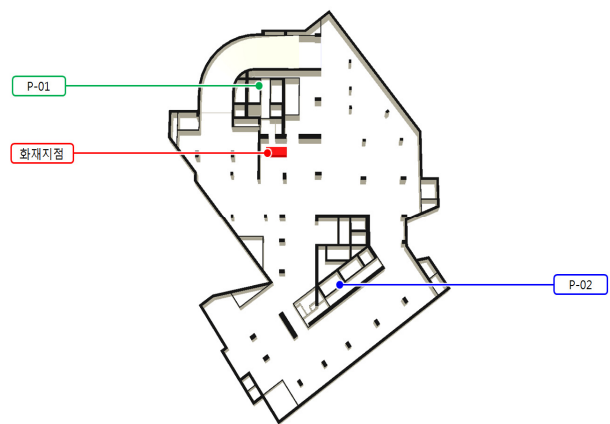
		Performance standards	
Respiratory limit line	Based on 1.8m floor		
Effects of heat	Below 60° C		
Effects of visible distance	Uses	Allowed distance limit	
	Other facilities	5m	
	Meeting facilities Sales facilities	10m	

2.2 피난 안전성 평가 방법

대피자들이 화재현장에서 피난을 완전히 끝나는 데 필요한 최소피난요구 시간을 RSET(Required Safe Egress Time : 피난 소요시간)이라 한다. 또한 화재로 인하여 위험에 도달하게 되는 시간을 ASET(Available Safe Egress Time : 피난 허용시간)이라 한다. 따라서 피난 안전성 평가는 최소피난요구 시간이 피난허용 시간 이하가 되는 경우로 판단하며, 피난허용 시간이 최소피난 요구 시간보다 크게 나타나면 피난안전성능은 확보되지 못한 것으로 판단한다.

3. 수치해석 결과 및 분석

3.1 화재 시뮬레이션



[Figure 1] Underground pump room analytical and grid shapes

[그림 1]에 연구 대상인 지하5층 주차장의 화재시뮬레이션 모델링 및 분석위치를 나타내었다. 해석대상인 홍보실의 체원은 64.4m × 87.6m × 3.2m이며, 대피자의 호흡선 1.8m 위치에서 위험도를 평가하였으며 분석방법은

- 바닥기준 1.8m상부의 위험도 분석
- 각각의 피난구 위치에서 호흡간격을 고려한 평균분석
- 각 피난구의 온도, 가시거리, CO 농도 분석
- “소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준 시행령 별표1”에서 제시된 재실자 인명안전기준에 의거하여 분석된 위험요인이 해당 성능기준에 도달하였을 경우 위험한 것으로 판단
- 분석하는 화재위험요인 중 가장 보수적인 시간을 그 출구에 대한 피난 허용시간(ASET : Available Safe Egress Time)으로 판단하였다.

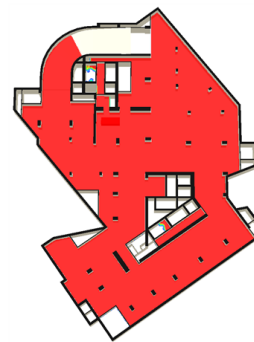
용하였으며, 가시거리, 온도, CO농도에 대한 결과를 도출하였다. 결과 그래프에 한계선을 표시하였으며, P-01 ~ P-02의 피난구별 허용한계시간을 계산하여 표시하였다.

<Table 2> Fire Simulation Settings Data

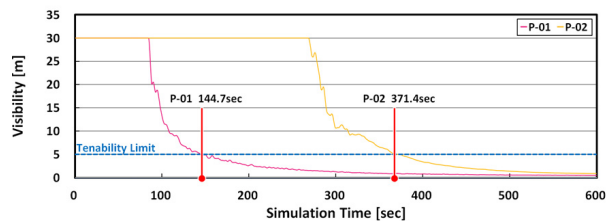
Analysis grid number	1,905,264	
	Multiple mesh(257×117×16+281×102×16+312×105×16+242×114×16)	
Grid resolution	δx : 20cm	
	$D^*/\delta x$: 12.05	
Initial temperature	20℃	
Ignition material	Red Oak(CH1.700.72N0.01)	
Fire scenario	Fire caused by overheating of car	
Maximum calorific value	10,000kW	
CO generation fraction	0.183 kg/kg	
Smoke generation fraction	0.133 kg/kg	
Disaster prevention equipment	combustion expansion prevention facility	<ul style="list-style-type: none"> - Special evacuation staircase doors are open - The fire door near the fire shutter is not opened.
	firefighting facilities	Non-operation of fire extinguishing equipment for calculating worst case conditions. •Operation of automatic fire detection equipment (differential heat detector) ※ Differential heat detector is applied to the actual design location. ※ Sensor defect rate: 1.30%



[Figure 2] Distribution of visible distance (After 100s)



[Figure 3] Distribution of visible distance (After 600s)

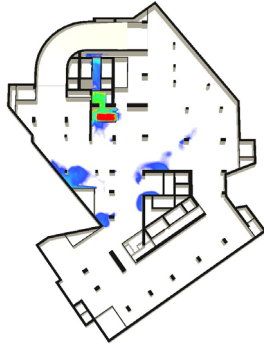


[Figure 4] Safety assessment. over time(visibility)

가시거리에 따른 안전성 평가 결과를 <그림 2> ~ <그림 4>에 나타내었다. 피난구인 P-02 지점과 피난구인 P-01 지점은 화재가 발생하고 각각 144.7초, 371.4초 이후 위험할 것으로 예측되었다.

3.2 화재 시뮬레이션 결과

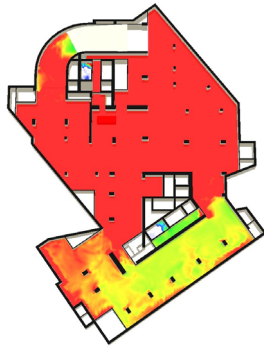
지하주차장의 화재 시뮬레이션은 FDS 프로그램을 사



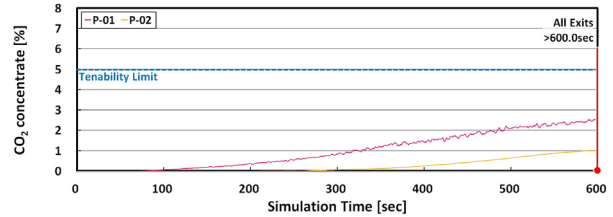
[Figure 5] Distribution of Temperature (After 100s)



[Figure 9] Distribution of CO concentrate (After 600s)

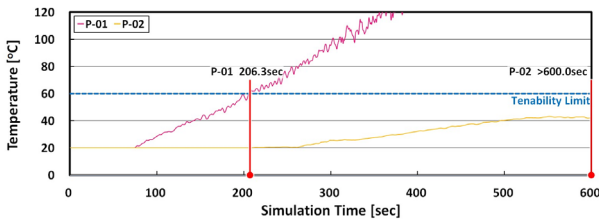


[Figure 6] Distribution of Temperature (After 400s)



[Figure 10] Safety assessment. over time(CO concentrate)

<그림 8> ~ <그림 10>에 일산화탄소 농도 분포에 따른 안전성 평가 결과를 나타내었다. 피난구인 P-01지점에서는 333.0초 후에 위험할 것으로 예측 되었으며, P-02 지점에서는 피난 완료까지 위험하지 않을것으로 예측 되었다.

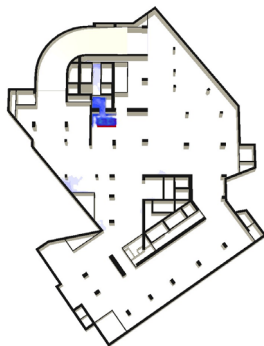


[Figure 7] Safety assessment. over time(Temperature)

온도 분포에 따른 안정성 평가를 <그림 5> ~ <그림 7>에 나타내었다. 피난구인 P-01 지점은 화재가 발생하고 각각 206.3초, 후에 위험할 것으로 예측되었으며, 피난구인 P-02 지점에서는 피난 완료까지 위험하지 않을것으로 예측되었다.

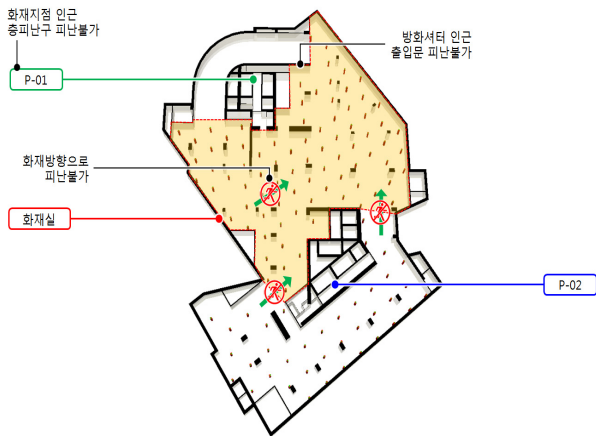
<그림 5> ~ <그림 10>에 나타난 결과를 토대로 가시거리가 P-01지점에서 144.7초로 나타난 것으로 판단하였으며 이를 통해 본 연구에서는 가시거리 분포에 따른 안전성 평가를 실시 하였다.

3.3 피난 시뮬레이션



[Figure 8] Distribution of CO concentrate (After 100s)

본 연구는 pathline 피난시뮬레이션을 사용하였으며, 피난인원 총 인원 124명 중 화재실에 84명으로 설정하였으며, 대상은 주차장으로 하였다. <그림 11>에 인원배치도를 나타 내었다. 대피자의 감지시간은 49.6초, 적용 감지시간은 78.8초로 설정하였으며 비화재실의 피난지연시간 60초로 설정하였다. 소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준 별표1에 따라 화재실은 주차장에서 인접하거나 화재를 직접 볼 수 있는 지점에만 자공하였으며 화원과 근접한 피난계단 입구(P-01)와 방화셔터 인근 방화문으로 피난하지 않는 것으로 설정하였다.



[Figure 11] Model of analysis and personnel placement

3.4 피난 시뮬레이션 결과



End of evacuation(212s)

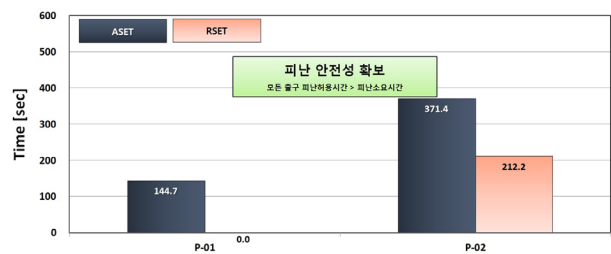
[Figure 12] Result of evacuation simulation

<그림 12>에는 화재 이후 시간에 따른 대피자들의 분포를 나타내었다. 그 결과 P-02 지점에서 감지시간 78.8초, 피난 지연시간 60.0초, 피난 이동시간 73.4초로 나타나 피난 소요 시간은 총 212.2초 나타났다.



100s after the evacuation

4. 결론



[Figure 13] Safety evaluation by evacuation area

1) 본 시뮬레이션 대상인 지하 5층 주차장은 연면적이 넓으므로 화재시 발생된 연기가 체류할 공간이 많아 피난 안전성능 향상에 유리하지만, 온도감지기를 사용하여 감지시간이 증가하며 화재강도가 높아 화재확산속도가 빠른 특성을 보이므로 해당 위험성에 적응 가능한 설비를 적용하여 안전성을 향상시켜야 한다.

2) 모든 피난구에서 피난 소요시간이 피난 허용시간을 초과하지 않는 것으로 분석되었으며, 재실자가 피난을 개시한 이후부터 피난 허용시간까지의 시간이 이동 시간에 비해 216.9%의 여유율이 확보되는 것으로 분석됨에 따라 화재 발생 시 해당 해석지점의 재실자 피난 안전성능이 확보되는 것으로 평가되었다.

3) 이상의 시뮬레이션 결과는 안전성을 높이기 위하여 화재실에 대한 소화설비의 미작동에 근거한 종합안전성평가로서 화재 발생에 따른 소화설비의 연계로 보다 원활한 피난안전성능이 확보될 수 있음을 의미한다.

5. References

- [1] P. J. DiNenno(2008), The SFPE handbook of fire protection engineering (4th ed). National Fire Protection Association, USA.
- [2] K. B. McGrattan(2010), Fire dynamics simulator version 5 user's guide. National Institute of Standards and Technology, USA.
- [3] J. O. Yoo(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.
- [4] S. L. Poon(2014), "A dynamic approach to ASET/RSET assessment in performance based design." Procedia Engineering, 71(1):173-181.
- [5] P. Abolghasemzadeh(2013), "A comprehensive method for environmentally sensitive and behavioral microscopic egress analysis in case of fire in buildings." Safety Science, 59(1):1-9.
- [6] J. S. Roh, H. S. Ryou(2009), "CFD simulation and assessment of life safety in a subway train fire." Tunnelling and Underground Space Technology, 24(4):447-453.
- [7] E. Ronchi, P. Colonna(2012), "The evaluation of different evacuation models for assessing road tunnel safety analysis." Tunnelling and Underground Space Technology, 30(1):74-84.
- [8] L. Qu, W. K. Chow(2013), "Common practices in fire hazard assessment for underground transport stations." Tunnelling and Underground Space Technology, 38(1):377-384.
- [9] S. C. Lee(2011), "Numerical study and model experiment on the fire safety assessment of a high-rise building." Crisisonomy, 7(4):177-186.
- [10] H. K. Kim, et al.(2022), "A numerical analysis study on the influence of the fire protection system on evacuation safety in apartment houses." Journal of the Society of Disaster Information, 18(1):38-50.
- [11] S. H. Min, et al.(2011), "A study on the analysis of fire risk by fire and the improvement of evacuation equipment for apartment (About existing 16 or fewer storey apartment)." Fire Science and Engineering, 25(6):127-135.

저자 소개



강 현 권

현재 상지대학교 스마트시티공학 박사재학
관심분야 : 열전달, 화재 및 피난



전 용 한

현재 상지대학교 소방공학과 정교수로 재직 중.
관심분야 : 열전달, 수치해석, 화재 및 피난